

16^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
4-6 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2023**



Πρακτικά Συνεδρίου

Αθήνα 2023

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μάσσας Ιωάννης
(Υπεύθυνος Διοργάνωσης)

Μπαρμπαγιάννης Νικόλαος
Αντωνιάδης Βασίλειος
Γασπαράτος Διονύσιος
Μπαρούχας Παντελής
Μιχόπουλος Παναγιώτης
Ευθυμιάδου Ασπασία
Γιαννακοπούλου Φωτεινή

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Πανεπιστήμιο Πατρών
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΣΠΕΛ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μάσσας Ιωάννης
Μπαρμπαγιάννης Νικόλαος
Αντωνιάδης Βασίλειος
Γασπαράτος Διονύσιος
Μπαρούχας Παντελής
Μιχόπουλος Παναγιώτης
Ευθυμιάδου Ασπασία
Γιαννακοπούλου Φωτεινή
Γκόλια Ευαγγελία
Ευαγγέλου Ελευθέριος
Καϊρης Ορέστης
Κάργας Γεώργιος
Λόντρα Παρασκευή
Ματσή Θεοδώρα
Οιχαλίωτης Κώνσταντίνος
Υψηλάντης Ιωάννης
Χατζηστάθης Θεωχάρης
Τριαντακωνσταντής
Τζανακάκης Βασίλειος

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Πανεπιστήμιο Πατρών
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΣΠΕΛ
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ
Πανεπιστήμιο Κρήτης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Παρουσιάσεις προσκεκλημένων ομιλητών

Νέα ΚΑΠ και έδαφος Κλωνάρης Ευστάθιος Καθ. ΓΠΑ8

Ο πίνακας ελέγχου της ποιότητας του εδάφους του Παρατηρητήριου Εδάφους της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUSO Soil Health dashboard) Λιάκος Λεωνίδα, Πανάγος Παναγιώτης11

Αναστολείς νιτροποίησης και ουρέασης: Προστασία της επικάλυψης των λιπασμάτων Καραμάνος Ρήγας12

2. Εκτεταμένες Περιλήψεις των εργασιών

Ενότητα 1: Υγεία Εδάφους

Προκλήσεις και προοπτικές στη χρήση προϊόντων λίπανσης στην Ελλάδα Γιαννακοπούλου Φ., Κατσουλιέρη Α., Βεβελάκης Ι., Κουτσούγερας Ν., Κυριακίδης Ν. και Ρουσσέας Δ.....14

Μπορούν οι εκπομπές N₂O να αντισταθμίσουν τα οφέλη από την εφαρμογή οργανικών εδαφοβελτιωτικών ως προς την αποθήκευση C σε αγροτικές γαίες; Γιαννόπουλος Γ., Πασβάντογλου Ε., Κουρτίδης Γ., Elsgaard L., Ζανάκης Γ., Αναστόπουλος Ι., Τζανακάκης Β., Μπαρούχας Π., Καλδέρης Δ., Λίτσας Β., Μονοκρούσος Ν., και Πολύδωρος Α.Ν.....16

Η διεύρυνση των εδαφοκλιματικών συνθηκών που ευθύνονται για τον “Ξαφνικό” θάνατο του φυτού της Ακτινιδιάς (*Actinidia deliciosa*) Έξαρχος Β., Χατζηγιαννάκης Ε., Στεφάνου Σ.....18

Φυσικοχημικές ιδιότητες των αποθέσεων ιζημάτων στα εδάφη της Θεσσαλίας που επηρεάστηκαν από τα πλημμυρικά φαινόμενα της κακοκαιρίας “Daniel” Ευαγγέλου Ε., Νούλας Χ., Τζιουβαλέκας Μ., Τσιτούρας Α., Πετσούλας Χ., Πάνκου Χ., Καργιωτίδου Α., Βλαχοστεργίου Δ.....22

Μεθοδολογική προσέγγιση για την ανίχνευση προβληματικών εδαφών και τη δημιουργία μιας κάρτας υγείας των εδαφών στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας με δείκτες ποιότητας Καλαντζόπουλος Γ., Παρασκευόπουλος Π., Μπουγιουκλής Ι., Τσώλης Β., Χριστοδουλοπούλου Κ., Δάββου Π. και Μπαρούχας Π.....20

Μελέτη της έννοιας της ασφάλειας, της υγείας και της ποιότητας του εδάφους Μουργελά Κ. και Μπαρούχας Π.....24

Επίδραση βιοεξανθρακώματος και βιοδιεγέρτη στις εδαφικές ιδιότητες και στην θρεπτική κατάσταση φυτών μαρουλιού σε αλατούχο έδαφος Τσώλης Β., Ζαφειρίου Ι., Μπίλιας Φ., Καλδέρης Δ., Χλουβεράκη Ε., Γασπαράτος Δ.....26

PRIMA SOILS4MED: Συστήματα παρακολούθησης της υγείας του εδάφους για αειφόρο διαχείρισή του στην περιοχή της Μεσογείου Τριαντακωνσταντής Δ., Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.....28

Έδαφος και Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Ο ρόλος της Εδαφολογίας και των Εδαφολόγων Τσαντήλας Χ.....30

Κυκλική οικονομία & βιώσιμη αγροτική παραγωγή: η περίπτωση της χρήση εξαντλημένης σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων σε γεωργικά εδάφη Τσίγκα Ι. και Γκόλια Ε. Ε.....32

Ο ρόλος του βιοεξανθρακώματος στην ελληνική αναγεννητική γεωργία Κοριζής Χ., Γασπαράτος Δ., Ωραιόπουλος Κ.....34

Συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε αυτοφυή εδάμια μανιτάρια που αναπτύσσονται στη μεταλλευτική ζώνη του Λαυρίου Χρυσανθάκη, Β., Κουτρώτσιος, Γ., Χριστοδούλου, Σ., Ιωάννου, Δ., Ζαφειρίου, Ι., Πολέμης, Η., Μάσσας, Ι. & Ζερβάκης, Γ.....36

Ενότητα 2: Χημεία-Ρύπανση & Αποκατάσταση Εδαφών

Διερεύνηση της χρήσης της κλωστικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) για τη φυτοαποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με κάδμιο (Cd). Επίδραση του Cd στο μυκορριζικό αποικισμό Ανδρούδη Μ., Γκόλια Ε. Ε., Τσαλίκη Ε., Υψηλάντης Ι., Τριανταφυλλίδου Ε. ...39

Εφαρμογή της ερυθράς ιλύος στην ακινητοποίηση του Ni σε διάφορους τύπους εδαφών Γεωργίου Ε., Ζαφειρίου Ι., Αγγελόπουλος Π., Ιωάννου Δ.....41

Βιοδιαθεσιμότητα Cd σε φυτά *Plantago coronopus* και *Sonchus oleraceus*: Επίδραση βιοδιεγερτικών ουσιών χουμικών και φουλβικών οξέων Γραμμένου Α., Πετρόπουλος Σ. και Αντωνιάδης Β.....43

Επίδραση διάφορων εδαφοβελτιωτικών υλικών στη βιοδιαθεσιμότητα δυνητικά τοξικών στοιχείων σε φυτά γλιστρίδας (*Portulaca oleracea*) Θαλασσινός Γ., Γραμμένου Α. και Αντωνιάδης Β.....45

Αστική αειφορία & έδαφος: Παρακολούθηση και εκτίμηση της εδαφικής ρύπανσης από πιθανά τοξικά στοιχεία στο κέντρο της Θεσσαλονίκης Κάντζου Ο.Δ., Γκόλια Ε.Ε., Ξαγοράρης Χ., Αλεξανδρίδης Θ., Μάσσας Ι.....47

Φυτοεξόρυξη εδάφους: Πρόσφατες εξελίξεις – Ανασκόπηση Κικής Χ. και Αντωνιάδης Β.....	49
Η χρήση των βιομηχανικών καλλιεργειών για τη φυτοδιαχείριση ρυπασμένων εδαφών- Ανασκόπηση Κικής Χ. και Αντωνιάδης Β.....	51
Συγκεντρώσεις και φορτία τιτανίου σε δασικά εδάφη. Η περίπτωση ενός δάσους ελάτης Μιχόπουλος Π., Κωστάκης Μ., Μπουρλέτσικας Α., Καούκης Κ., Θωμαΐδης Ν.....	53
Διερεύνηση της συνδυαστικής επίδρασης μικροπλαστικών, Zn και Cd, στις ιδιότητες του εδάφους και τη συσσώρευση μετάλλων από το φυτό <i>Lactuca sativa</i> L. Μπεθάνης Ι., Γκόλια Ε. Ε.....	55
Μικροπλαστικά ως αναδυόμενος ρύπος σε αγροτικά εδάφη και καλλιέργειες Μπεθάνης Ι., Γκόλια Ε. Ε.....	57
Διερεύνηση της ικανότητας του γαϊδουράγκαθου [<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.] για την φυτοαποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με μόλυβδο Παπαδήμου Γ. Σ., Μπαρμπαγιάννης Ν., Γκόλια Ε. Ε.....	59
Προκαταρκτική αξιολόγηση υπολειμμάτων απόσταξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ως βελτιωτικών υλικών ενός όξινου εδάφους Παράσχου Α., Καραγιάννη Α.Γ., Ματσή Θ.....	61
Διερεύνηση της χρήσης του συντελεστή εμπλουτισμού για τη διάκριση της φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης ιχνοστοιχείων σε εδαφικά δείγματα Ρούσσος Α., Κελεπερτζής Ε.....	63
Συσχέτιση των συγκεντρώσεων δυνητικά τοξικών στοιχείων σε νερά και ιζήματα ποταμών της Κεντρικής Ελλάδας. Τζιουβαλέκας Μ., Ευαγγέλου Ε., Παπαδόπουλος Σ., Τσιτούρας Α., Παπαδούλης Α., Τσαντήλας Χ.....	65
Ενότητα 3: Βιολογία Εδάφους	
Μυκορριζική εξάρτηση του <i>Festuca arundinacea</i> που αναπτύσσεται σε μητρικό υλικό από την αποσάθρωση παραγνεύσιου Μ. Αληφραγκή, Αλ. Κεφαλίδης, Μ. Ορφανουδάκης.....	68
Διαφοροποίηση της κοινότητας των νηματωδών μεταξύ ακαλλιέργητου εδάφους και ελαιώνα, υπό συνθήκες ρύπανσης από βαρέα μέταλλα Θεοφιλίδου Α. , Κέκελης Π. , Ζαφειρίου Ι. , Ασχονίτης Β., Γασπαράτος Δ., Μάσσας Ι., Μονοκρούσος Ν.....	70
Επίδραση δύο στελεχών <i>Bacillus subtilis</i> στην ενζυμική δραστηριότητα του εδάφους και στην απόδοση καλαμποκιού Θεοφιλίδου Α., Κατσένιος Ν., Ευθυμιάδου Α., Μονοκρούσος Ν.....	72
Διερεύνηση διαφοροποιήσεων των εδαφικών λειτουργιών και της σύστασης ριζοσφαιρικών και ενδορριζικών μικροβιακών κοινοτήτων στα φρυγανικά οικοσυστήματα Λεβέντης Γ., Τσικνιά Μ., Σταθοπούλου Δ., Πετράκης Γ., Οιχαλιώτης Κ.....	74
Επίδραση της εδαφικής αλατότητας στη συγκέντρωση ακεμαννάνης και στη σύνθεση των μικροβιακών κοινοτήτων εδάφους και ρίζας σε φυτά <i>Aloe vera</i> (<i>Aloe barbadensis</i> Miller) Νικολάου Χ., Χατζηαρτεμίου Α., Οιχαλιώτης Κ., Γασπαράτος Δ., Τσικνιά Μ.....	76
Η ουτοπία της χρήσης ενός είδους μύκητα σε πειράματα με μυκόρριζες Παπαβασιλείου Γ., Σιναπίδου Ε., Ορφανουδάκης Μ.....	78
Η επίδραση της αλατότητας στη νιτροποίηση: ο ρόλος του εδαφικού pH και των καλλιεργητικών πρακτικών Παπαϊωάννου Γ., Βασαρμίδα Ε., Τσικνιά Μ., Τζανακάκης Β. Α., Οιχαλιώτης Κ.....	80
Μεταβολές στο μικροβίωμα της φυλλόσφαιρας πριν την ανάπτυξη της ζώνης απόπτωσης καθορίζουν τη σύνθεση της μικροβιακής κοινότητας που ευθύνεται για την αποσύνθεση των φύλλων Παρανυχιανάκης Ν. και Φραντζέσκου Μ.....	82
Διερεύνηση διαφοροποίησης μυκορριζικών μυκήτων σε αμπελώνα μετά από εμβολιασμό και υδατική καταπόνηση Ρίζος Χ., Γκατζώλης Ι., Υψηλάντης Ι.....	84
Το ενδορριζικό μικροβίωμα στην ελιά καθορίζεται από τη γεωγραφική θέση και τα εδαφικά χαρακτηριστικά, αλλά όχι την ποικιλία και την εποχικότητα Τσικνιά Μ., Αρριανός Δ., Σκιαδά Β., Βασιλειάδης Σ., Καρπούζας Δ., Παπαδοπούλου Κ., Οιχαλιώτης Κ.....	86
Επιτόπου ανάπτυξη εμβολίου μυκορριζικών μυκήτων για κηπευτικά θερμοκηπίου Υψηλάντης Ι., Μπίλιας Α. Φ., Καραγιάννη Α. Γ.....	88
Επίδραση συγκαλλιέργειας χορτοδοτικών ψυχανθών-σιτηρών σε χημικές και μικροβιακές ιδιότητες του εδάφους Ψαροπούλου Α.Σ., Γ. Παπαγεωργίου, Φ. Μπίλιας, Ι. Υψηλάντης, Ι. Τσιάλτας.....	90

Ενότητα 4: Γονιμότητα εδαφών, λίπανση και θρέψη φυτών

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο σκληρό σιτάρι σε διαφορετικούς χρόνους σποράς Βίτσα Σ., Σπαράγγης Π., Κυριάκου Χ., Κατσένιος Ν., Ευθυμιάδου Α., Γασπαράτος Δ.....	93
Εφαρμογή επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης με τη χρήση καινοτόμου τεχνολογίας που στοχεύει στη διαχείριση της παραλλακτικότητας των εδαφικών ιδιοτήτων Ευαγγέλου Ε., Σταματιάδης Σ. και Τσαντήλας Χ.....	95
Κομποστοποίηση νεκρών ζώων ως εναλλακτική μέθοδος της ταφής, μεταποίησης και αποτέφρωσης Καβασίλης Στ., Ντούλα Μ.Κ., Ζορπάς Α.Α., Καμπάνης Λ.....	97
Αξιολόγηση της ανάπτυξης καλλιέργειας quinoa με τη χρήση δεικτών αζώτου Κακαμπούκη Ι., Μαυροειδής Α., Σταυρόπουλος Π., Ρούσσης Ι., Μπιλάλης Δ.....	99
Επίδραση της λίπανσης φωσφόρου και ψευδάργυρου σε εδαφικά, φυσιολογικά και αγροκομικά χαρακτηριστικά δύο ειδών λαθουριού Κάλφας Γ., Κωνσταντόπουλος Α., Μπίλιας Φ., Υψηλάντης Ι., Τσιάλας Ι.Θ.....	101
Επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων λίπανσης στην ανάπτυξη και τη θρεπτική κατάσταση της φράουλας (<i>Fragaria x ananassa</i>) καλλιεργούμενης υπό συνθήκες τοξικότητας βορίου Κουτσούγερα Δ., Γασπαράτος Δ., Ρούσσης Π. Α., Ζαφειρίου Ι., Καρύδα Α.Γ., Πετράκης Ν.....	103
Η ισορροπημένη θρέψη αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας, την αποτελεσματικότητα της χρήσης πόρων και θρεπτικών και βελτιώνει την υγεία του εδάφους. Δεδομένα από μακροχρόνια δοκιμή 65 ετών Jate Μ. και Κυριακίδης Ν.....	105
Επίδραση της λίπανσης και των περιβαλλοντικών συνθηκών στις αποδόσεις και την πρωτεΐνη στον καρπό του βυνοποιήσιμου κριθαριού Λουκάκης Ο., Κωτούλας Β., Παπαστυλιανού Π., Οικονόμου Γ.....	108
Επισκόπηση της γονιμότητας των εδαφών καρυδοκαλλιέργειας της περιοχής Βαμβακούς Λακωνίας Μάνθος Ι., Σωτηρόπουλος Θ., Χατζηστάθης Θ., Μπούντλα Α., Παπαδάκης Ι., Μαλούπα Ε.....	110
Αξιοποίηση των υπολειμμάτων καλλιέργειας μανιταριών <i>Pleurotus</i> και <i>Lentinula</i> για την ενίσχυση της προστιθέμενης αξίας compost παραγόμενου από γεωργικά παραπροϊόντα Μπεκιάρης Γ., Κεφαλογιάννη Η., Τσικνιά Μ., Τσιγωνάκης Δ., Τσάγκου Β., Ζαφειρίου Ι., Οιχαλιώτης Κ., Χατζηπαυλίδης Ι.....	112
Η ενσωμάτωση στοιχειακού θείου στο λιπασματικό κόκκο και η επίδραση αυτής της τεχνολογίας στη λειτουργικότητα της καλλιέργειας Μπουράνης Δ., Βενιεράκη Α., Χωριανοπούλου Σ. Ν.....	114
Επίδραση εδαφοβελτιωτικών-βιοδιεγερτών στη φυσιολογία και θρεπτική κατάσταση ποικιλίας ροδακινιάς εμβολιασμένης σε δύο υποκείμενα Παπαδήμας Θ., Ρούσσης Π., Γασπαράτος Δ.....	116
Επίδραση οργανικής και ανόργανης λίπανσης στην παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου στο μελάνθιο (<i>Nigella sativa</i> L.) Ι. Ρούσσης, Π. Σταυρόπουλος, Ι. Κακαμπούκη, Α. Μαυροειδής, Δ. Μπιλάλης.....	118
Μία πρώτη αξιολόγηση ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους στην αποδόμηση φυτικών υπολειμμάτων σε ορυζώνες της πεδιάδας Θεσσαλονίκης Στεφάνου Σ., Ορφανουδάκης Μ., Κουκίδης Χ.....	120
Προκαταρκτικά πειράματα για την ανάπτυξη οδηγίων λίπανσης του μαρουλιού Τρωγιάνος Γ.Ε., Ασημακοπούλου Α., Ρουκουνάκη Ε.....	122
«Κρυφές» τροφοπενίες που μειώνουν τις ποιοτικές αποδόσεις της ακτινιδιάς στην περιοχή Νεοχωρίου Άρτας Τρωγιάνος Γ.Ε., Τρωγιάνου Αικ.....	124
Από τον αμπελώνα στο ποτήρι: επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και του παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP στον κύκλο του αζωτού στο έδαφος, στην θρέψη του φυτού, και στην χημική σύσταση γλεύκου & οίνου για την ποικιλία Σαββατιανό. Τσικνιά Μ., Λεβέντης Γ., Σαπλαούρα Π., Μηλιόρδος Δ.Ε., Ζαφειρίου Ι., Κοντουδάκης Ν., Κοτσερίδης Γ., Οιχαλιώτης Κ., Μάσσας Ι.....	126
Αντίδραση εννέα υβριδίων καλαμποκιού στη φωσφορική λίπανση σε εδάφη όξινης και αλκαλικής αντίδρασης και η μυκορριζική τους συμβίωση Υψηλάντης Ι., Μπίλιας Φ., Καράς Π., Καρυπίδου Α., Μπακώσης Γ., Μυλωνάς Ι., Τσιάλας Ι.Θ.....	128
Εξοικονόμηση νερού και μείωση εισροών λιπασμάτων στους αμπελώνες της Κεφαλονιάς: Μια πρώτη προσέγγιση Φράγκος Α., Γεράκης Α., Κατσαλήρου Ε., Δαναλάτος Γ., Χατζηστάθης Θ., Μπινιάρη Κ.....	130

Ενότητα 5: Φυσική Εδάφους

Επίδραση της άρδευσης και των εδαφικών ιδιοτήτων στην πρόσληψη ιχνοστοιχείων από καλλιέργεια κρεμμυδιού (<i>Allium cepa</i> L.) Αγγελάκη Α., Γκόλια Ε.	133
Μια νέα κλειστού τύπου εξίσωση για τον υπολογισμό του χρόνου έναρξης του πλημμυρίσματος της εδαφικής επιφάνειας κατά τη διήθηση με βροχόπτωση Αργυροκαστρίτης Ι.Γ.	135
Επίδραση των μονοσθενών ιόντων καλίου και νατρίου στην υδραυλική αγωγιμότητα εδάφους Γουρδομιχάλη Π.Σ., Ψυχογιού Μ., Σγουμποπούλου Α., Ρίζος Σ.	137
Εφαρμογή της τεχνολογίας των νανοφουσαλίδων (Nano bubble-NB) στην διαχείριση του νερού άρδευσης σε παραγωγή φυλλωδών λαχανικών σε θερμοκήπιο Ζουκίδης Κ., Γκέρτσης Α., Χατζιαθανασίου Μ. Θ., Αποστολίδης Α., Φάββας Ε. και Βαρούτογλου Α.	139
Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης της υστέρησης του εδαφικού νερού Κάργας Γ.	141
Βαθμονόμηση του διηλεκτρικού αισθητήρα WET σε ορυκτό αιματίτη Κάργας Γ., Λόντρα Π. και Καρπενησιώτης Δ.	143
Επίδραση της θέσης δειγματοληψίας σε σχέση με τη γραμμή άρδευσης στις ιδιότητες και τα μακροθρεπτικά στοιχεία ενός αργιλώδους εδάφους σε καλλιέργεια βαμβακιού Μπίλιας Φ., Γασπαράτος Δ., Κουκουλή Π., Κόκκορα Μ., Καρπούζος Δ., Γεωργίου Π.	145
Σύγκριση των εφαρμοζόμενων ετήσιων ποσοτήτων άρδευσης, με τις προβλέψεις της νομοθεσίας και των ποσοτήτων που προκύπτουν από μετεωρολογικά δεδομένα στην κτηματική περιφέρεια του ΑΣ ΑΣΩΠΟΥ Μπουραζάνης Γ. Αργυροκαστρίτης Ι.	147
Σύγκριση της συγκέντρωσης νατρίου (Na ⁺) στο έδαφος πειραματικού αγρού που αρδεύεται με «καθαρό» νερό (KN) και με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (ΕΥΑΑ). Μπουραζάνης Γ., Αργυροκαστρίτης Ι.	149
Συγκριτική αξιολόγηση δύο υδρολογικών μοντέλων στην προσομοίωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας σε δάσος αειφύλλων πλατυφύλλων Μπουρλέτικας Α., Αργυροκαστρίτης Ι., Προύτσος Ν., Μιχόπουλος Π.	151
Η επίδραση του περλίτη στην ανάπτυξη της βουκαμβίλιας (<i>Bougainvillea spectabilis</i>) κάτω από συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης Παπαηλίου Σ., Ε. Γεωργίου, Ζαφειρίου Ι., Ιωάννου Δ., Μάσσας Ι., Γασπαράτος Δ.	153
Εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας με τη χρήση του ηλεκτρομαγνητικού αισθητήρα EM38-MK2 στη Λακωνία Πετσετίδη Π.-Α., Κάργας Γ., Λόντρα Π.	155

Ενότητα 6: Χαρτογράφηση & Αξιολόγηση Εδαφών

Προσέγγιση γεωχωρικής ανάλυσης για τη διερεύνηση των επιδράσεων της πυρκαγιάς στη βλάστηση, στο έδαφος και στην υδρολογία σε μια μεσογειακή λεκάνη απορροής Γραβάνη Σ.Π., Δοσιάδης Ε., Γιώβος Ρ., Σούλης Κ. Χ., Καλύβας Δ.	158
Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης των εδαφών μιας ευρείας περιοχής της Θεσσαλίας με χρήση των μεθοδολογιών RUSLE ΚΑΙ PESERA Καϊρης Ο., Κοπανέλης Δ., Κοσμάς Κ.	160
Έλεγχος και γεωχωρική επεξεργασία των εδαφολογικών χαρτών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ για τη διευκόλυνση της συνένωσής τους με τον εδαφολογικό χάρτη Ελλάδος Καλύβας Δ., Καϊρης Ο., Κοπανέλης Δ., Νικητάκης Ε.	163
Λεπτομερής χαρτογράφηση εδαφών Ιονίων Νήσων Κολοβός Χ., Ζάγκλης Γ., Τσιτσέλης Γ., Καβασίλης Σ., Κοσμίδης Σ., Ντούλα Μ. Κ.	165
Αξιολόγηση της απομείωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους στην υδρολογική λεκάνη του Ανθεμούτα στο πλαίσιο πρόληψης της ερημοποίησης και της αειφορικής διαχείρισης Κυνηγοπούλου Β., Χατζηγιαννάκης Ε., Στεφάνου Σ.	167
Αξιοποίηση του εδαφολογικού χάρτη της Ελλάδας για μια ταχεία ποιοτική εκτίμηση της κατάστασης των πεδινών εδαφών της Θεσσαλίας που επλήγησαν από την κακοκαιρία Daniel Μάσσας Ι., Κοπανέλης Δ., Καϊρης Ο.	169
Στρατηγική δειγματοληψίας ακριβείας για την οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης στην ελαιοκαλλιέργεια με χρήση μη επιβλεπόμενων μεθόδων μηχανικής μάθησης Μπουγιουκλής Ι., Πετρόπουλο Π., Χριστοδουλοπούλου Κ., Παρασκευόπουλος Π., Καλαντζόπουλος Γ., Τσώλης Β. και Μπαρούχα Π.	171
Υποβαθμισμένα αλατούχα ή διαβρωμένα παράκτια εδάφη στην περιοχή της Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης και προτεινόμενα μέτρα ήπιας αποκατάστασης για τη δημιουργία βοτανικού πάρκου Στεφάνου Σ., Παπαϊωάννου Ε.	173

LIFE GEOCARBON: Μια εφαρμογή γεωργίας άνθρακα με την χρήση του μοντέλου RothC Τριαντακωνσταντής Δ., Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.	175
LIFE GEOCARBON: Ένα σύστημα υποστήριξης γεωργίας άνθρακα με τη δημιουργία μιας χωρικής βάσης δεδομένων εδάφους Τριαντακωνσταντής Δ., Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.....	177
Δημιουργία Εθνικών Χαρτών Εδαφικών Ιδιοτήτων του Εδάφους Τριαντακωνσταντής Δ., Λώλος Ν., Μπατσαλιά Μ.....	179

Νέα ΚΑΠ και έδαφος

Κλωνάρης Ε., Καθηγητής

Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας & Ανάπτυξης, ΓΠΑ

Το έδαφος και η γη αναγνωρίζονται ολοένα και περισσότερο ως πεπερασμένοι πόροι ζωτικής σημασίας οι οποίοι υφίστανται αυξανόμενες πιέσεις, συμπεριλαμβανομένων των πιέσεων που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και την απώλεια βιοποικιλότητας. Η επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών —και ιδίως του στόχου αριθ. 15: Η ζωή των χερσαίων οικοσυστημάτων και του στόχου αριθ. 2: Εξάλειψη της πείνας— εξαρτάται από την υγεία του εδάφους και τη βιώσιμη χρήση της γης. Ποιος είναι ο ιδιοκτήτης της γης και των πόρων της; Ποιος αποφασίζει πώς μπορούν να χρησιμοποιούνται; Η χρήση της γης διέπεται συχνά από εθνικούς ή τοπικούς κανονισμούς για τη διατήρηση της όπως για παράδειγμα, οι δασικές περιοχές και τα δημόσια βοσκοτόπια. Σε άλλες περιπτώσεις, ορισμένες περιοχές προορίζονται μόνο για δημόσια χρήση. Ωστόσο, η γη δεν είναι μονάχα χώρος ή έδαφος. Δεδομένου του σύνθετου χαρακτήρα της διακυβέρνησης που σχετίζεται με το έδαφος και τη γη, υπάρχει σε μεγάλο βαθμό έλλειψη δεσμευτικών στόχων, κινήτρων και μέτρων για την προστασία των εδαφικών και χερσαίων πόρων. Τη στιγμή που όλοι μας χρησιμοποιούμε τη γη και βασιζόμαστε στους πόρους της, για τη βιώσιμη διαχείριση της απαιτείται η δημιουργία ενός κανονιστικού πλαισίου που θα ορίζει πιθανές συνεργασίες ιδιοκτητών, ρυθμιστικών φορέων και χρηστών από τοπικό μέχρι υπερτοπικό επίπεδο. Στην περίπτωση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, η ΕΕ κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα προχώρησε στη διαμόρφωση μιας Οδηγίας Πλαισίου (2000/16/ΕΚ) που θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην ΕΕ. Αντίστοιχη κοινή πολιτική που αφορά στην διαχείριση των εδαφών δεν υπάρχει και αυτό είναι ένα έλλειμμα για την ΕΕ. Αποτελεί αναγκαιότητα η διαμόρφωση πολιτικής εδαφών που συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των εδαφών και την καλή κατάσταση όλων των εδαφικών πόρων και να θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση τους. Παρά την έλλειψη κοινής πολιτικής που να αφορά την διαχείριση των εδαφικών πόρων σε επίπεδο ΕΕ, η ΚΑΠ που, ήδη από το 2003 είχε θέσει ως προτεραιότητα την προστασία των εδαφών, κατά την τρέχουσα περίοδο 2023-2027, αναβαθμίζει την φροντίδα για τα εδάφη, καθορίζοντας μία σειρά από μετρήσιμους στόχους και αυτό συνιστά άλλη μία πρόκληση διακυβέρνησης για την ορθολογική χρήση των εδαφικών πόρων.

Σε ό,τι αφορά την περίοδο 2023-27, η Κοινή Αγροτική πολιτική (ΚΑΠ), διαρθρώνεται γύρω από δέκα βασικούς στόχους. Οι στόχοι αυτοί εστιάζουν σε κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιδιώξεις και αποτελούν τη βάση επί της οποίας οι χώρες της ΕΕ κατάρτισαν τα Στρατηγικά τους Σχέδια για την ΚΑΠ.

Το εγκεκριμένο Στρατηγικό Σχέδιο της ΚΑΠ 2023-2027 για την Ελλάδα αποτελεί το βασικό κείμενο πολιτικής για την ανάπτυξη του πρωτογενή τομέα και των αγροτικών περιοχών της Χώρας για το αμέσως προσεχές μέλλον. Μέσω των παρεμβάσεων του, επιχειρεί να σηματοδοτήσει την στροφή σε ένα νέο παραγωγικό μοντέλο για την Ελληνική Γεωργία αλλά και το σύνολο του αγρο-διατροφικού τομέα, που

α) εδράζεται στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας, διασφαλίζοντας παράλληλα ένα δίκαιο γεωργικό εισόδημα στον παραγωγό, β) είναι προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις – προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής, με μείωση του περιβαλλοντικού και κλιματικού αποτυπώματος της γεωργίας παρέχοντας παράλληλα στον καταναλωτή ασφαλή και υγιεινά τρόφιμα.

Μεταξύ των εννέα Ειδικών Στόχων (ΕΣ) και ενός οριζόντιου ΕΣ που έχουν τεθεί από το κανονιστικό πλαίσιο πολιτικής, οι περιβαλλοντικοί και κλιματικοί στόχοι του Στρατηγικού Σχεδίου είναι:

ΕΣ 4: Η συμβολή στον μετριασμό και στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή,

ΕΣ 5: Η ορθολογική και αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών πόρων όπως το νερό, ο αέρας και το έδαφος, και

ΕΣ 6: Η προστασία της βιοποικιλότητας.

Είναι κατανοητό ότι η άμεση σχέση της νέας ΚΑΠ με το έδαφος αποτυπώνεται στις δράσεις που αφορούν την επίτευξη του ΕΣ 5. Οι σχεδιαζόμενες παρεμβάσεις της ΚΑΠ βασίστηκαν σε ένα πλέγμα διαπιστωμένων και ιεραρχημένων αναπτυξιακών αναγκών του αγρο-διατροφικού τομέα και των αγροτικών περιοχών οι οποίες που προέκυψαν από την SWOT ανάλυση και επικυρώθηκαν από την ευρεία δημόσια διαβούλευση που ακολούθησε. Η SWOT ανάλυση είναι μία μέθοδος για την εποπτική εξέταση ενός τομέα και των προσδιορισμό των Πλεονεκτημάτων και Αδυναμιών (Εσωτερικό περιβάλλον) καθώς και των Ευκαιριών Απειλών (εξωτερικό περιβάλλον). Βάση των ευρημάτων της SOWT ανάλυσης τεκμηριώνεται η λήψη αποφάσεων.

Όσον αφορά τους φυσικούς πόρους και ειδικότερα το έδαφος η SWOT ανάλυση κατέγραψε τα παρακάτω:

Πλεονεκτήματα

1. Το 35% των γεωργικών εδαφών της χώρας (1.211.350 ha) αντιμετωπίζουν μικρό κίνδυνο διαβρώσεων.

Αδυναμίες

1. Το 52% των γεωργικών εδαφών της χώρας (1.785.125 ha) αντιμετωπίζουν σοβαρό κίνδυνο διαβρώσεων. Ιδιαίτερα η Κρήτη με 92,2% της έκτασής της, Ιονίων νήσων με 91,07%, Νοτίου Αιγαίου με 90,13%, Βορείου Αιγαίου με 79,83% και Πελοποννήσου με 78,04%.

2. Σημαντική έλλειψη είναι η απουσία διαχειριστικών σχεδίων βοσκοτόπων.

3. Τα προσωρινά διαχειριστικά σχέδια βοσκοτόπων για τέσσερις Δήμους της Π.Ε. Ξάνθης υποδεικνύουν σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης λόγω υπερβόσκησης.

4. Το υπάρχον σύστημα AKIS δεν ανταποκρίθηκε στις αυξημένες απαιτήσεις κατάρτισης, εκπαίδευσης, συμβουλών που δημιουργούνται από το επείγον της εφαρμογής μέτρων και πρακτικών για την ορθή διαχείριση των φυσικών πόρων (ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα).

Ευκαιρίες

1. Η Κρήτη αλλά τα νησιά του Αιγαίου να παρουσιάζουν μικρή σχετικά επικινδυνότητα ως προς τα πλημμυρικά φαινόμενα.
2. Η ενισχυμένη αιρεσιμότητα προβλέπει αυξημένη προστασία για τους φυσικούς πόρους.
3. Με την αναμενόμενη βελτίωση λειτουργίας του συστήματος AKIS θα προωθηθεί η εφαρμογή μέτρων και πρακτικών ορθής διαχείριση των φυσικών πόρων (ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα).

Απειλές

1. Αύξηση των αντίξων καιρικών φαινομένων (αύξηση ημερών ξηρασίας, πλημμυρικών φαινομένων) λόγω της αλλαγής κλίματος.
2. Το 1/5 της έκτασης της χώρας βρίσκεται σε ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας με τις Περιφέρειες της Κεντρικής , Ανατολικής Μακεδονίας και τις Θεσσαλίας να έχουν τις μεγαλύτερες απειλούμενες ζώνες.
3. Υπάρχουν περιπτώσεις περιφερειών όπου η διαφοροποίηση ανάμεσα στις περιφερειακές ενότητες, ως προς τον κίνδυνο διάβρωσης, είναι σημαντική. Τέτοια παραδείγματα είναι οι Κεντρική Μακεδονία, Ήπειρος, Θεσσαλία και η Στερεά Ελλάδα.

Οι ανάγκες οι οποίες προέκυψαν μετά την ανάλυση SWOT και ιεραρχήθηκαν μετά από δημόσια διαβούλευση με όλους τους εμπλεκόμενους του αγροδιατροφικού τομέα και αφορούν το έδαφος ήταν:

1. Προσεκτικά σχεδιασμένη με έντονη χωρική διάσταση πολιτική για την προστασία των εδαφικών πόρων
2. Χωρικά προσδιορισμένα σχέδια και κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων στη γεωργία και τη δασοκομία από τα εντεινόμενα πλημμυρικά φαινόμενα και ξηρασία.
3. Έμφαση πρέπει να δοθεί στους βοσκοτόπους, με την έγκαιρη κατάρτιση αξιόπιστων και λειτουργικών σχεδίων διαχείρισης βοσκοτόπων.
4. Επιδίωξη συνεργειών και συμπληρωματικότητας με τις ενθαρρυνόμενες στην ενισχυμένη αιρεσιμότητα πρακτικές αλλά και τους περιορισμούς για την προστασία των εδαφικών πόρων.
5. Συμπερίληψη στο AKIS δράσεων ενημέρωσης, κατάρτισης και συμβουλών για δράσεις προστασίας των φυσικών πόρων.

Στο πλαίσιο της «Ενισχυμένης Αιρεσιμότητας», οι παρεμβάσεις που έχουν να κάνουν με την προστασία και την ποιότητα των εδαφών είναι οι παρακάτω Καλές Πρακτικές Γεωργικής και Περιβαλλοντικής Κατάστασης (ΚΓΠΚ):

- **ΚΓΠΚ 5:** Διαχείριση της κατεργασίας του εδάφους για την μείωση του κινδύνου υποβάθμισης και διάβρωσης του εδάφους λαμβάνοντας μεταξύ άλλων, υπόψη την κλίση του εδάφους.
- **ΚΓΠΚ 6:** Ελάχιστη κάλυψη του εδάφους για την αποφυγή ακάλυπτων εδαφών σε περιόδους που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες.
- **ΚΓΠΚ 7:** Αμειψισπορά σε αρόσιμη γη εκτός από καλλιέργειες που καλλιεργούνται κάτω από τα νερά.

Ο ΕΣ5 είναι ο τρίτος σημαντικότερος, από πλευράς χρηματοδοτικής βαρύτητας, στο ΣΣ ΚΑΠ, αντιπροσωπεύοντας το 11% των συνολικών πόρων του. Η βαρύτητα που αποδίδεται ΕΣ5 είναι απόρροια της έντασης των προβλημάτων, που αφορούν την ποσοτική (κυρίως) και ποιοτική κατάσταση των υδάτων, που επιτείνεται από την κλιματική κρίση και το πρόβλημα της διάβρωσης και περιορισμένης οργανικής ουσίας των εδαφών.

Οι παρεμβάσεις του Στρατηγικού Σχεδίου για την προστασία του εδάφους, των υδάτων και του αέρα περιλαμβάνουν τα οικολογικά σχήματα του Πυλώνα Ι, που αποτελούν το 56% των πόρων του ΕΣ5 με την συμβολή και των 10 οικολογικών σχημάτων, είτε στην προστασία του εδάφους, είτε στην προστασία των υδάτων με προεξέχουσα όμως συμβολή στην προστασία του εδάφους.

Τα αγρο-περιβαλλοντικά καθεστώτα του άρθρου 70 συγκεντρώνουν το 21% των πόρων του ΕΣ5 με εστίαση κυρίως στη βελτίωση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων και τον περιορισμό της χρήσης φυτοφαρμάκων, ενώ οι δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις του άρθρου 73 συνεισφέρουν στο 22% των πόρων του άξονα.

Οι παρεμβάσεις του ΣΣ ΚΑΠ με την σημαντικότερη συμβολή στην προστασίας του εδάφους είναι τα οικολογικά σχήματα:

- **ΠΚ1. 31_2** "Αποζημίωση για ζώνες οικολογικής εστίασης 10%",
- **ΠΚ1.31_3** "Εφαρμογή βελτιωμένων πρακτικών φυτοκάλυψης με παράλληλη ενίσχυση της βιοποικιλότητας",
- **Π1-31.4** "Εφαρμογές κυκλικής οικονομίας στη γεωργία", η οποία στοχεύει στην αύξηση της οργανικής ουσίας,
- **Π1-31.5** "Βελτίωση αγροδασικών οικοσυστημάτων πλούσιων, σε στοιχεία του τοπίου", που στοχεύει μερικώς στην προστασία από τη διάβρωση, λόγω της πολλαπλής στόχευσης της δεύτερης δράσης που αφορά στις δασο-κτηνοτροφικές εκτάσεις της παρέμβασης,
- **Π1-31.7** "Περιβαλλοντική διαχείριση κτηνοτροφικών συστημάτων",
- **Π1-31.8** "Διατήρηση και βελτίωση καλλιεργειών σε εκτάσεις με αναβαθμίσεις".

Η μόνη ουσιαστικά παρέμβαση του Πυλώνα ΙΙ με άμεση στόχευση στην προστασία του εδάφους είναι η Π3-73-3.3 "Μη παραγωγικές επενδύσεις για την προστασία από τη διάβρωση, για τη συγκράτηση του εδαφικού νερού και θρεπτικών συστατικών μέσω κατασκευής ή αναδημιουργίας αναβαθμίδων – λιθοδομών".

Τέλος η χρηματοδοτική βαρύτητα κάθε παρέμβασης και ολόκληρου του ΕΣ5 παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα

Πυλώνας	Κωδικός Παρέμβασης	Περιγραφή Παρέμβασης με κύρια συμβολή στον ΕΣ	Κοινοτική Συμμετοχή	Ποσοστιαία Κατανομή
Π-I	Π1-31.1	Χρήση ανθεκτικών και προσαρμοσμένων ειδών και ποικιλιών	43.061.803	3,0%
	Π1-31.2	Επέκταση της εφαρμογής περιοχών οικολογικής εστίασης	4.280.746	0,3%
	Π1-31.3	Εφαρμογή βελτιωμένων πρακτικών φυτοκάλυψης, με παράλληλη ενίσχυση της βιοποικιλότητας	44.863.778	3,1%
	Π1-31.4	Εφαρμογές κυκλικής οικονομίας στη γεωργία	47.345.020	3,3%
	Π1-31.5	Βελτίωση αγροδασικών οικοσυστημάτων πλούσιων, σε στοιχεία του τοπίου	13.312.914	0,9%
	Π1-31.6	Ενίσχυση παραγωγών για την εφαρμογή φιλικών για το περιβάλλον πρακτικών διαχείρισης, με τη χρήση ψηφιακής εφαρμογής διαχείρισης εισροών και παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων	189.189.657	13,3%
	Π1-31.7	Περιβαλλοντική διαχείριση κτηνοτροφικών συστημάτων	54.191.906	3,8%
	Π1-31.8	Διατήρηση και βελτίωση καλλιεργειών σε εκτάσεις με αναβαθμίδες	15.750.000	1,1%
	Π2-47.1	Επιχειρησιακά Προγράμματα Εργασίας Οργανώσεων Ελαιουργικών Φορέων (ΟΕΦ)	2.375.700	0,2%
	Π2-47.2	Επιχειρησιακά Προγράμματα των Οργανώσεων Παραγωγών Οπωροκηπευτικών	2.500.000	0,2%
	Π1-31.9	Διατήρηση μεθόδων βιολογικής γεωργίας και κτηνοτροφίας	419.679.528	29,5%
	Π2-58.6	Επενδύσεις σε υλικά και άυλα περιουσιακά στοιχεία με στόχο την ενίσχυση της βιωσιμότητας της οινοπαραγωγής	3.000.000	0,2%
	Π-I Άθροισμα			839.551.052
Π-II	Π3-70-1.3	Εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων φυτοπροστασίας με στόχο τη μείωση των φυτοφαρμάκων	239.205.157	16,8%
	Π3-70-2.1	Ενισχύσεις για τη μετατροπή σε βιολογικές πρακτικές και μεθόδους (νεοεισερχόμενοι στη βιολογική γεωργία και κτηνοτροφία)	61.000.000	4,3%
	Π3-70-4.1	Δάσωση και δημιουργία δασικών εκτάσεων (β' φάση δάσωσης που καλύπτει δαπάνες συντήρησης και αποζημίωση απώλειας εισοδήματος)	12.236.801	0,9%
	Π3-73-1.1	Έργα υποδομών εγγείων βελτιώσεων	240.000.000	16,8%
	Π3-73-1.3	Πρόληψη και αποκατάσταση ζημιών σε δάση εξαιτίας δασικών πυρκαγιών, φυσικών καταστροφών και διατήρηση δασικών γενετικών πόρων	12.500.000	0,9%
	Π3-73-2.2	Επενδύσεις στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ύδατος	18.521.084	1,3%
	Π3-73-3.3	Μη παραγωγικές επενδύσεις για την προστασία από τη διάβρωση, για τη συγκράτηση του εδαφικού νερού και θρεπτικών συστατικών, μέσω κατασκευής νέων αναβαθμιδών	1.900.000	0,1%
Π-II Άθροισμα			585.363.042	41,1%
Γενικό Άθροισμα ΕΣ			1.424.914.094	100,0%

Ο πίνακας ελέγχου της ποιότητας του εδάφους του Παρατηρητήριου Εδάφους της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUSO Soil Health dashboard)

Λιάκος Λ.^{1*}, Πανάγος Π.²

¹UNISYSTEMS, Rue du Puits Romain 29, Bertrange, L-8070, Luxembourg

²European Commission, Joint Research Centre, Via Enrico Fermi, 2749, Ispra, VA, 21026, Italy

E-mail: *leonidas.liakos@ext.ec.europa.eu και panos.panagos@ec.europa.eu

Το 2020 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέτει σε λειτουργία το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εδάφους (European Soil Observatory-EUSO) με κύριο στόχο να αποτελέσει ένα εργαλείο υποστήριξης, των επιμέρους περιβαλλοντικών, κλιματικών και αγροτικών πολιτικών που σχετίζονται άμεσα με το έδαφος και την ποιότητά του στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.). Το EUSO καλύπτει τις ανάγκες που προκύπτουν μέσα από την διακήρυξη της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (European Green Deal) δίνοντας έμφαση στην διάχυση δεδομένων και τον υπολογισμό δεικτών [1].

Η ίδρυση του Παρατηρητηρίου έρχεται επικουρικά και με στόχο να επεκτείνει την λειτουργία του Ευρωπαϊκού Κέντρου Δεδομένων Εδάφους (European Soil Data Centre-ESDAC), μιας υφιστάμενης δομής με αξιοσημείωτη δράση και παρουσία, τόσο στον επιστημονικό χώρο όσο και στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων των οργάνων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Το ESDAC παρέχει αδιάλειπτα, από το 2006, δεδομένα εδάφους, γεωγραφικά δεδομένα, χάρτες, έγγραφα και υποστηρικτικό συνοδευτικό υλικό κατά κύριο λόγο σε ευρωπαϊκή αλλά και παγκόσμια κλίμακα [2].

Σε συνέχεια του ρόλου που επιτελεί το ESDAC ως σημείο διανομής δεδομένων, τίθενται μέσω του Παρατηρητηρίου επιπλέον στόχοι που αφορούν τη συνεχή και συνεπή παρακολούθηση των εδαφών στην ΕΕ, την λειτουργία ενός επιστημονικού φόρουμ καθολικής συμμετοχής (επιστήμονες, πολίτες, αγρότες, χωροτάκτες κ.ά.) και την ενθάρρυνση περιφερειακών δράσεων αναφορικά με την έρευνα και ανάπτυξη σε θέματα αναφορικά με το έδαφος. Ανάμεσα στους στόχους αυτούς ανήκει και η δημιουργία του πίνακα ελέγχου (dashboard) της ποιότητας των εδαφών της Ε.Ε. Το dashboard, συμβατό με τους στόχους του νέου νόμου για την παρακολούθηση των εδαφών (Soil Monitoring Law), πρόκειται να αποτελέσει ένα εργαλείο επιτήρησης της επίπτωσης των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών για τη προστασία του εδάφους.

Το dashboard είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία που επί της ουσίας παρέχει συγκεντρωτική και εναρμονισμένη πληροφορία για τον βαθμό υποβάθμισης των εδαφών της Ε.Ε. Μεθοδολογικά βασιίζεται στην συγκλίνουσα τεκμηρίωση (convergence of evidence) μέσω της οπτικοποίησης, του συνδυασμού δεδομένων και δεικτών και του χωρικού εντοπισμού του βαθμού πίεσης και υποβάθμισης που ασκείται στο έδαφος από επιμέρους επιβαρυντικούς παράγοντες όπως τα βαρέα μέταλλα, την αιολική και υδάτινη διάβρωση, την συμπίεση, την αλάτωση κ.ά. Η θεμελιώδης διάκριση για το πότε ένας παράγοντας θεωρείται επιβαρυντικός ή όχι ορίζεται μέσω μιας οριακής τιμής (threshold) που έχει προκύψει μέσω επιστημονικής θεώρησης και που δίδεται διαφορετικά ανά περίπτωση.

Αναφορικά με το τεχνικό σκέλος, η επεξεργασία των δεδομένων και ο υπολογισμός των δεικτών για την πλατφόρμα ολοκληρώθηκε με την χρήση της Πλατφόρμας Ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analytics Platform, BDAP) του Κοινού Κέντρου Ερευνών (Joint Research Center, JRC) [3]. Επιπλέον για την οπτική απόδοση τους χρησιμοποιήθηκε η συλλογή εργαλείων Webtools της Ε.Ε. η οποία προσφέρει μια γκάμα από υπηρεσίες και προγραμματιστικές βιβλιοθήκες για την δημιουργία ιστοτόπων της Ε.Ε. με κοινά πρότυπα.

Λειτουργικά το dashboard χωρίζεται σε τρεις ενότητες όπου συνδυάζεται η οπτική με την περιγραφική πληροφορία. Ο χρήστης αρχικά λαμβάνει την πληροφορία για το ποσοστό της συνολικής επιβαρυνθείσας έκτασης του εδάφους της Ε.Ε. Στην συνέχεια η πληροφορία αυτή αποδίδεται χωρικά μέσω ενός ευρωπαϊκού χάρτη όπου κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας χαρακτηρίζεται από το πλήθος των παραγόντων που επιβαρύνουν το έδαφος του υποκείμενου χώρου. Επιπλέον παρουσιάζεται ο βαθμός χωρικής ταύτισης ανάμεσα στους παράγοντες. Στην τελική παρουσίαση η πληροφορία για κάθε δείκτη αναλύεται περαιτέρω χωρικά και αποτυπώνεται σε περιφερειακό επίπεδο (NUTS0, NUTS2) μέσω διαγραμμάτων και στατιστικά ζωνών. Το dashboard είναι προσβάσιμο διαδικτυακά στην παρακάτω διεύθυνση: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>
Στο μέλλον η χρησιμότητά του αναμένεται να ενισχυθεί καθώς θα εμπλουτιστεί με νέα δεδομένα κατόπιν της εφαρμογής νέων πολιτικών που θα ακολουθούν τις δεσμεύσεις του πρόσφατου Νόμου για την υγεία του εδάφους (EU Soil Health Law).

Λέξεις κλειδιά: dashboard, soil degradation, pollutants, harmonized data, convergence of evidence

Βιβλιογραφικές Αναφορές:

1. Panagos et al., (2022), <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00510>
2. Panagos et al., (2022), <https://doi.org/10.1111/ejss.13315>
3. Soille et al., (2018), <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.11.007>

Αναστολείς νιτροποίησης και ουρέασης: Προστασία της επικάλυψης των λιπασμάτων

Καραμάνος Ρ.

Η διαχείριση των αζωτούχων λιπασμάτων τυγχάνει μεγάλης προσοχής τόσο από το εμπόριο όσο και από τους καλλιεργητές. Από τη διακύμανση της τιμής των αζωτούχων λιπασμάτων έως τη μείωση των εκπομπών αμμωνίας, αερίου αζώτου, οξειδίων του αζώτου και την έκλυση και απορροφή θρεπτικών, η διαχείριση της αζωτούχου λίπανσης συχνά μπορεί να είναι περίπλοκη. Το κλειδί για τη διαχείριση των λιπασμάτων αζώτου είναι η μείωση των απωλειών αζώτου. Περισσότερο από το 50% του αζώτου με βάση την ουρία μπορεί να χαθεί μέσω των τριών οδών - εξάτμιση αμμωνίας, έκλυση νιτρικών και απονιτροποίηση. Τα λιπάσματα βελτιωμένης απόδοσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση των αζωτούχων λιπασμάτων προσφέροντας προστασία έναντι αυτών των μηχανισμών απώλειας.

Τα λιπάσματα βελτιωμένης απόδοσης μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ρόλο στην αρχή 4R Nutrient Stewardship (4Σ της διαχείρισης λιπασμάτων) – η σωστή πηγή με το σωστό ποσοστό που εφαρμόζεται, τον σωστό χρόνο και το σωστό μέρος.

Σήμερα οι παραγωγοί αναζητούν τρόπους για να εξακολουθήσουν να υιοθετούν τις αρχές του 4R Stewardship αλλά να αποκτήσουν και λειτουργική αποτελεσματικότητα. Τα λιπάσματα βελτιωμένης απόδοσης μπορούν να βοηθήσουν στη μετατροπή μιας αναποτελεσματικής γεωργικής πρακτικής σε μια πιο αποτελεσματική. Για παράδειγμα, επιφανειακή εφαρμογή μη σταθεροποιημένης ουρίας είναι αναποτελεσματική από την άποψη της διαχείρισης του αζώτου, επειδή το άζωτο είναι επιρρεπές σε απώλεια. Επιφανειακή εφαρμογή ενός λιπάσματος που περιέχει τόσο ουρέαση όσο και αναστολέα νιτροποίησης θα προστατεύσει το άζωτο και από τις τρεις μορφές απώλειας και θα συμβάλει στη διατήρηση υψηλότερου επιπέδου αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα έκλυσης και απονιτροποίησης, συμβάλλοντας στην βελτιστοποίηση της απόδοσης. Πολλοί καλλιεργητές εφαρμόζουν γραμμικά τα λιπάσματα ουρίας ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους – στη γραμμή σποράς- για να αποτρέψουν πιθανή απώλεια αζώτου που προκαλείται από την εξαέρωση. Ωστόσο, πρόσφατη μελέτη στον ανατολικό Καναδά έδειξε ότι η εφαρμογή του αζώτου σε βάθος μικρότερο από 5 εκατοστά είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες απώλειες αζώτου από την επιφανειακή εφαρμογή της ουρίας. Η χρήση ενός σταθεροποιητή αζώτου επιτρέπει στους παραγωγούς να διατηρήσουν την ταχύτητα και τη λειτουργική απόδοση που επιτυγχάνεται μέσω ρηχών ζωνών, ενώ παράλληλα προστατεύει το άζωτό τους από απώλεια.

Κατά τη στάθμιση των πολλών παραγόντων της διαχείρισης του αζώτου, τα λιπάσματα βελτιωμένης απόδοσης μπορούν να βοηθήσουν στην προστασία της δαπάνης για το άζωτο από απώλεια, επιτρέποντας ταυτόχρονα στον παραγωγό να διατηρήσει τις λειτουργικές αποδόσεις που απαιτούνται για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της αναπτυσσόμενης λειτουργίας του.

Ενότητα 1: Υγεία εδάφους

Προκλήσεις και προοπτικές στη χρήση προϊόντων λίπανσης στην Ελλάδα

Γιαννακοπούλου Φ., Κατσουλιέρη Α., Βεβελάκης Ι., Κουτσούγερας Ν., Κυριακίδης Ν. και Ρουσσέας Δ.

Σύνδεσμος Παραγωγών και Εμπόρων Λιπασμάτων, Βούρβαχη 16, 2ος Όροφος, Αθήνα 11743, E-mail:info@spel.gr

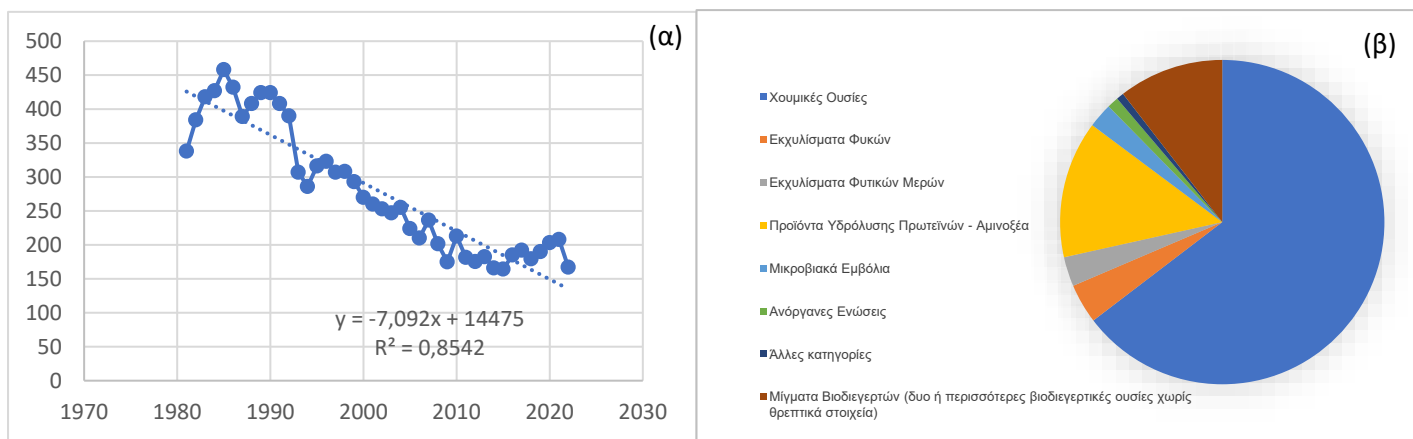
Περίληψη: Η Ευρωπαϊκή στρατηγική των τελευταίων χρόνων στοχεύει στη μετάβαση σε βιώσιμα συστήματα τροφίμων, θέτοντας νέους στόχους για όλους τους συντελεστές παραγωγής. Παράλληλα οι αλληπάλληλες κρίσεις -υγειονομική, ενεργειακή, κλιματική, γεωπολιτική- αναδεικνύουν τη σημασία της αγροδιατροφικής αλυσίδας στη διατήρηση της παραγωγής ασφαλών και ποιοτικών αγροτικών προϊόντων. Στο πλαίσιο αυτό η καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης, αλλά και των προκλήσεων και των προοπτικών που αντιμετωπίζουν οι γεωργικές εισροές και ειδικότερα ο κλάδος των προϊόντων λίπανσης, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαμόρφωση της εθνικής αγροδιατροφικής στρατηγικής. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση λιπασμάτων, όπως και οι μονάδες αζώτου διαχρονικά ακολουθούν έντονες διακυμάνσεις ανά έτος, παρουσιάζοντας πτωτική τάση, με τα ανόργανα λιπάσματα να εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια πηγή θρεπτικών στοιχείων στις καλλιέργειες. Από τα ανόργανα λιπάσματα, τα σύνθετα λιπάσματα χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό από τους Έλληνες παραγωγούς. Η χρήση ανόργανων λιπασμάτων που στοχεύουν στη διαχείριση αζώτου, δηλαδή λιπασμάτων με αναστολείς ουρεάσης/ νιτροποίησης, βραδείας αποδέσμευσης, αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Επίσης καταγράφεται ότι στο πλαίσιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των θρεπτικών στοιχείων στο σύστημα έδαφος-φυτό προστίθενται συνεχώς και προϊόντα λίπανσης με βιοδιεγερτικές ουσίες, κυρίως με χουμικές ουσίες και προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών – αμινοξέα. Η χρήση των προϊόντων με βιοδιεγέρτες ενισχύει το δυναμικό των καλλιεργειών, αυξάνει την αντοχή τους στις αβιτικές καταπονήσεις, καθώς και ενισχύει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων, ωστόσο η εφαρμογή τους απαιτεί επιστημονική γνώση και συνεχή τεχνική υποστήριξη σε επίπεδο αγροτεμαχίου και καλλιέργειας.

Λέξεις κλειδιά: ανόργανα λιπάσματα, λιπάσματα με αναστολείς, βιοδιεγέρτες, διαχείριση θρεπτικών στοιχείων

Εισαγωγή–Σκοπός: Η υγειονομική και ενεργειακή κρίση, καθώς και οι γεωπολιτικές ανακατατάξεις, αναδεικνύουν την ανάγκη της επισιτιστικής ασφάλειας της κάθε χώρας, αλλά αυξάνουν σημαντικά και το κόστος παραγωγής. Το 70-80% του κόστους παραγωγής αμμωνίας- πρώτη ύλη των ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων - συνδέεται με το κόστος ενέργειας, ενώ πολιτικές αποφάσεις, όπως εξαγωγικοί περιορισμοί που επέβαλαν οι κυριότερες χώρες παραγωγής λιπασμάτων (Ρωσία, Κίνα), αλλά και το εμπάργκο στη Λευκορωσία σε συνδυασμό με τις περιορισμένες πηγές πρώτων υλών (πχ του καλίου) οδήγησαν σε σημαντικές πιέσεις στη διαθεσιμότητα των ανόργανων λιπασμάτων [1]. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση με στόχο να καταστεί η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος μέχρι το 2050, έχει δημιουργήσει ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο, θέτοντας νέους στόχους και σε όλους τους κρίκους της αγροδιατροφικής αλυσίδας. Ενδεικτικά, η Στρατηγική από το «Αγρόκτημα στο πιάτο», για την περίπτωση των λιπασμάτων ορίζει μείωση 50% των απωλειών των θρεπτικών στοιχείων, χωρίς να υποβαθμιστεί η γονιμότητα του εδάφους. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται ότι θα μειωθεί η χρήση λιπασμάτων τουλάχιστον κατά 20% έως το 2030 [2]. Οι στόχοι αυτοί δεν είναι οριζόντιοι για κάθε κράτος μέλος, αλλά τα κράτη μέλη καλούνται να ενισχύσουν τις πολιτικές και τις δράσεις τους προς αυτή την κατεύθυνση. Συνεπώς όλοι οι κρίκοι της αγροδιατροφικής αλυσίδας καλούνται να καλύψουν τις αυξανόμενες διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού, να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα, αλλά και να συνδεθούν μέσα σε μια ολοκληρωμένη στρατηγική για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων. Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή των ποσοτήτων και τύπων των ανόργανων λιπασμάτων και λιπασμάτων/ προϊόντων με βιοδιεγέρτες, των μονάδων αζώτου από το 1985 έως το 2022, καθώς και των νέων γεωργικών πρακτικών που εφαρμόζονται στη θρέψη φυτών από τους Έλληνες αγρότες, ως ένα εργαλείο για τη διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων στο σύστημα έδαφος-φυτό, τη σχεδίαση προγραμμάτων λίπανσης, αλλά και τη χάραξη εθνικής στρατηγικής.

Υλικά και Μέθοδοι: Τα δεδομένα των μονάδων αζώτου και της κατανάλωσης λιπασμάτων προέρχονται από βάσεις δεδομένων του ΥΠΑΑΤ, της Eurostat, καθώς και τη βάση δεδομένων του ΣΠΕΛ. Ο Σύνδεσμος Παραγωγών και Εμπόρων Λιπασμάτων (ΣΠΕΛ), από το 2007 έως σήμερα συγκεντρώνει και καταγράφει στοιχεία για την κατανάλωση λιπασμάτων στη χώρα, ανά κατηγορία, τύπο και περιοχή μέσω μιας καινοτόμου πλατφόρμας με τη μέθοδο Black Box που έχει αναπτύξει, τηρώντας όλα τα πρωτόκολλα βιομηχανικής εμπιστευτικότητας. Με την ίδια μεθοδολογία, το 2022 για πρώτη φορά υπολογίστηκε η χρήση των λιπασμάτων/προϊόντων με βιοδιεγερτικές ουσίες για τα έτη 2021 και 2022.

Αποτελέσματα–Συζήτηση: Η κατανάλωση λιπασμάτων, όπως και οι μονάδες αζώτου, από το 1981 έως το 2022 στη χώρα μας παρουσιάζουν διαχρονικά πτωτική τάση. Ωστόσο εμφανίζονται σημαντικές διακυμάνσεις ανά έτος, που οφείλονται κυρίως στη ρευστότητα της αγοραστικής- καταναλωτικής συμπεριφοράς του παραγωγού, στο κόστος παραγωγής, στις Ευρωπαϊκές Πολιτικές, αλλά και στις πρόσφατες κρίσεις (οικονομική, ενεργειακή, γεωπολιτική, κλιματική). Συγκεκριμένα, ενώ το 1985 είχε υπολογιστεί ότι η κατανάλωση λιπασμάτων ήταν 2,3 εκ. τόνοι, το 2022 εκτιμάται ότι ήταν 742,6 χιλ. τόνοι [3]. Αντίστοιχα, για τα ίδια έτη είχαν χρησιμοποιηθεί 458 χιλ. τόνοι μονάδες αζώτου, έναντι 167 χιλ. τόνοι το 2022 (Σχήμα 1). Στο πλαίσιο των έντονων διακυμάνσεων που παρουσιάζει η αγορά των λιπασμάτων στη χώρα, αξίζει να σημειωθεί ότι η ενεργειακή κρίση και η αύξηση του κόστους παραγωγής του έτους 2022 οδήγησε σε μείωση 20% της κατανάλωσης λιπασμάτων, σε σχέση με το μέσο όρο της κατανάλωσης λιπασμάτων των ετών 2020 και 2021, στα οποία η κατανάλωση έχει αυξηθεί 12% σε σχέση με το μέσο όρο των ετών 2018 και 2019.



Σχήμα 1: (α) Μονάδες αζώτου που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα από το 1985 έως το 2022 (β) Κατανομή των βιοδιεγερτικών ουσιών στα προϊόντα λίπανσης με βιοδιεγέρτη

Χαρτογραφώντας τους τύπους λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην ελληνική γεωργία, παρατηρούμε κυριαρχούν τα σύνθετα ανόργανα λιπάσματα των κύριων θρεπτικών στοιχείων (NPK), των οποίων ο μέσος όρος των τελευταίων 16 χρόνων είναι 53%. Η επιλογή αυτή των παραγωγών συνδέεται πρωτίτως με τις καλλιεργητικές πρακτικές που ακολουθούνται και την οικονομική δυνατότητά τους και δευτερευόντος με τις ανάγκες θρέψης των καλλιεργειών. Επίσης τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι κατά μέσο όρο 35% των απλών αζωτούχων και 27% των σύνθετων ανόργανων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην ελληνική γεωργία ενσωματώνουν τεχνολογίες που στοχεύουν στη διαχείριση του αζώτου, δηλαδή τα λιπάσματα με αναστολείς ουρεάσης/ νιτροποίησης ή/και λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης. Στη σχεδίαση των προγραμμάτων λίπανσης, αλλά και στην καλλιεργητική πρακτική παρατηρείται ότι εντάσσονται προϊόντα λίπανσης με βιοδιεγερτικές ουσίες, παράλληλα με τη χρήση ανόργανων λιπασμάτων. Υπολογίστηκε ότι 20% ήταν ο μέσος ρυθμός αύξησης της χρήσης αυτών των προϊόντων μεταξύ των ετών 2021 και 2022. Ανάμεσα στα λιπάσματα/προϊόντα με βιοδιεγέρτες που διακινήθηκαν αυτά τα έτη στη χώρα, ως βιοδιεγερτικές ουσίες χρησιμοποιούνται κυρίως οι χουμικές ουσίες και ακολουθούν τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών – αμινοξέα. Αντίστοιχη αύξηση στη χρήση αυτών των προϊόντων λίπανσης με βιοδιεγέρτες παρατηρείται σε όλη την Ευρώπη. Με τη χρήση των προϊόντων αυτών, το φυτό γίνεται πιο ανθεκτικό σε συνθήκες περιβαλλοντικής καταπόνησης και συγκεκριμένα αυξάνεται η αντοχή του σε συνθήκες ξηρασίας, υψηλής αλατότητας, έλλειψης νερού και δυσμενών θερμοκρασιών [4]. Παράλληλα, το φυτό μπορεί να αξιοποιεί πιο αποτελεσματικά το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία, αλλά και να βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων αγροτικών προϊόντων [4]. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά των προϊόντων λίπανσης με βιοδιεγερτικές ουσίες, εξαρτάται από παράγοντες, όπως η θρεπτική κατάσταση του φυτού, οι εδαφικές ιδιότητες και οι συνθήκες καταπόνησης που επικρατούν κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού κύκλου και για αυτό απαιτείται συνεχής επιστημονική τεκμηρίωση και παρακολούθηση. Τα επόμενα χρόνια, εξαιτίας των ευρωπαϊκών πολιτικών, των επιστημονικών εξελίξεων, αλλά και της κλιματικής αλλαγής, εκτιμάται ότι θα ενισχυθούν οι καλλιεργητικές πρακτικές που στοχεύουν στην ολοκληρωμένη διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων στο σύστημα έδαφος- φυτό.

Συμπεράσματα: Οι προκλήσεις που αναδύονται από τις πρόσφατες κρίσεις, τις ευρωπαϊκές στρατηγικές, την ανάγκη υιοθέτησης φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων παραγωγής, τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αλλά και την κάλυψη των διατροφικών αναγκών του πληθυσμού, επηρεάζουν όλους τους κρίκους της αγροδιατροφικής αλυσίδας. Ειδικότερα, στον κλάδο των λιπασμάτων, παρατηρείται ότι αναπτύσσονται ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης των θρεπτικών στοιχείων και προϊόντα θρέψης, που στοχεύουν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της λίπανσης, στη μείωση των απωλειών των θρεπτικών στοιχείων και στην ενίσχυση του δυναμικού απόδοσης των καλλιεργειών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2022). Διασφάλιση της διαθεσιμότητας και της οικονομικής προσιτότητας των λιπασμάτων. COM(2022) 590 final Βρυξέλλες, 9.11.2022
2. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2020). Από το αγρόκτημα στο πιάτο. Μια στρατηγική για ένα δίκαιο, υγιές και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα τροφίμων. COM(2020) 381 final Βρυξέλλες, 20.5.2020.
3. Μανιάτης, Γ. (2020), Η συνεισφορά των εισροών στην αγροτική παραγωγή και το μέλλον του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα, σελ. 133, Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE).
4. Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definitions, concept, main categories and regulation. Sc. Horticulturae. 196:3–14.

Μπορούν οι εκπομπές N₂O να αντισταθμίσουν τα οφέλη την από εφαρμογή οργανικών εδαφοβελτιωτικών ως προς την αποθήκευση C σε αγροτικές γαίες;

Γιαννόπουλος Γ.^{1*}, Πασβάντογλου Ε.¹, Κουρτίδης Γ.¹, Elsgaard L.², Ζανάκης Γ.³, Αναστόπουλος Ι.⁴, Τζανακάκης Β.⁵, Μπαρούχας⁶ Π., Καλδέρης Δ.⁷, Λίτσικας Β.⁸, Μονοκρούσος Ν.⁹, και Πολύδωρος Α.Ν.¹

¹Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 54124, Ελλάδα

²Department of Agroecology - Soil Fertility, Aarhus University, Tjele, 8830, Denmark

³Corteva Agriscience Hellas SA, Θεσσαλονίκη, 57001, Ελλάδα

⁴Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Άρτα, 47100, Ελλάδα

⁵Τμήμα Γεωπονίας, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, 71410, Ηράκλειο, Ελλάδα

⁶Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μεσολόγγι, 30200, Ελλάδα

⁷Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Χανιά, 73100, Ελλάδα

⁸VL Sustainability Metrics LTD, Λευκωσία, 2416, Κύπρος

⁹Πανεπιστημιακό Κέντρο Διεθνών Προγραμμάτων Σπουδών, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, Θεσσαλονίκη, 57001, Ελλάδα

* Επικοινωνία: ggiannopoulos@gapps.auth.gr

Περίληψη: Η επαναχρησιμοποίηση οργανικών αποβλήτων ως εδαφοβελτιωτικά προωθείται ως μια οικονομικά αποδοτική λύση για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και της βιωσιμότητας του αγροσυστήματος. Μελετήθηκε η επίδραση της αστικής λυματολάσπης (παρουσία ή μη ουρίας-N η και βιοξαναθρακώματος(BC)) στον Κύκλο του N, στις αέριες απώλειες εδαφικού N και C, και στην ανάπτυξη επιλεγμένου φυτικού είδους. Παρατηρήθηκαν θετικές επιπτώσεις μέσω της ταυτόχρονης εφαρμογής λυματολάσπης με χημική λίπανση στη γονιμότητα του εδάφους. Ωστόσο, η προσθήκη εύκολα αποικοδομήσιμου C και σταδιακή συσσώρευση NO₃⁻, αύξησαν τις εκπομπές N₂O, χωρίς σημαντικό όφελος για τον C εδάφους. Όσον αφορά την χρήση BC, παρατηρήθηκε 2 φορές αύξηση το βάρος φυτομάζας σε σχέση με τον αντίστοιχο χειρισμό χωρίς BC. Η συν-εφαρμογή ουρίας και οργανικής λίπανσης μείωσε τον συντελεστή εκπομπής N₂O, κατά 5 φορές σε σύγκριση με την αστική λυματολάσπη, αλλά ήταν > 1% (IPPC). Η εφαρμογή λυματολάσπης και η συν-εφαρμογή της με ουρία ενίσχυσαν το ισοδύναμο CO₂ ανά μονάδα αποθήκευσης εδαφικού C, κατά 74% και 96% αντίστοιχα, υποδεικνύοντας την πλήρη απώλεια της προστιθέμενης οργανικής C κυρίως μέσω της αναπνευστικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών.

Λέξεις κλειδιά: κύκλος αζώτου, υποξείδιο του αζώτου, αποθήκευση άνθρακα, οργανικά εδαφοβελτιωτικά, βιοξαναθράκωμα

Εισαγωγή-Σκοπός: Σε συμφωνία με τους στόχους της Κυκλικής Οικονομίας, Πράσινης Συμφωνίας και Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών, τα οργανικά εδαφοβελτιωτικά προϊόντα προωθούνται ως μια οικονομικά αποδοτική λύση για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και της βιωσιμότητας του αγροσυστήματος. Η ιλύς αστικών λυμάτων είναι υποπροϊόν των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων (>7x10⁶ τόνους; Eurostat, 2023), όμως <30% επαναχρησιμοποιείται για τη γεωργία, ενώ το υπόλοιπο διατίθεται σε ΧΥΤΑ. Η αγρονομική χρήση οργανικών εδαφοβελτιωτικών συνοδεύεται από αβεβαιότητα σχετικά με το δυναμικό αφομοίωσης N σε καλλιέργειες και έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Είναι γνωστό ότι, οποιαδήποτε αλλαγή στον εδαφικό άνθρακα (C), οφειλόμενη στη προσθήκη εδαφοβελτιωτικών, μπορεί να ανατροφοδοτήσει αλλαγές στον βιοχημικό κύκλο του αζώτου (N), ενισχύοντας τις εκπομπές N₂O και αντισταθμίζοντας τα πιθανά οφέλη από την αύξηση του εδαφικού C. Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της λυματολάσπης (παρουσία ή μη αζώτου η και βιοξαναθρακώματος (BC)) στις αέριες απώλειες εδαφικού N και C και στην ανάπτυξη επιλεγμένου φυτικού είδους.

Υλικά και Μέθοδοι: Στο 1^ο πείραμα, διερευνήσαμε τη βραχυπρόθεσμη (90 d) κινητική του N σε μεσοκόσμους με αμμώδες έδαφος με εφαρμογή αστικής λυματολάσπης, με ή χωρίς λίπανση N, όπως υποδεικνύεται στον Πίνακα 1. Η λυματολάσπη είχε υποστεί θερμική επεξεργασία από την μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων ΟΥΑ Θεσσαλονίκης. Η ουρία ήταν εμπορικής ποιότητας (Corteva Agriscience Hellas SA). Το έδαφος συλλέχθηκε από ένα αγρόκτημα (με καλλιέργεια του *Gossypium hirsutum*) στο Αιγίνιο. Στο 2^ο πείραμα, μελετήθηκε η αφομοίωση N σε φυτό-δείκτη (*Lolium perenne* cv. BELIDA), με τους αντίστοιχους χειρισμούς του 1^{ου} πειράματος, επιπλέον, με προσθήκη βιοξαναθρακώματος (BC, από κλαδοκάθαρα *Olea europaea*) αποσκοπώντας στον προσδιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως υποδεικνύεται στον Πίνακα 1. Κατά τη διάρκεια της επώασης προσδιορίστηκαν το εδαφικό NH₄⁺, NO₃⁻, νιτρώδες NO₂⁻, με εκχύλιση KCl. Το N₂O και CO₂ προσδιορίστηκαν με υπέρυθρη φασματογραφία (LI-800; LI-COR, ΗΠΑ) και αέρια χρωματογραφία (Agilent, ΗΠΑ), αντίστοιχα [1,2]. Στο τέλος, προσδιορίστηκε η φυτική βιομάζα και υπολογίστηκαν οι σωρευτικές τιμές. Υπολογίστηκαν δύο δείκτες βιωσιμότητας, για να κατανοήσουμε καλύτερα το αποτύπωμα C και N από το κάθε χειρισμό. Ο πρώτος δείκτης ήταν ο συντελεστής εκπομπών N₂O ανά N που εφαρμόστηκε και ο δεύτερος δείκτης ήταν το ισοδύναμο CO₂ ανά οργανικό C που αποθηκεύτηκε.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η ουρία υδrolύθηκε γρήγορα και αυξανόμενες συγκεντρώσεις NH₄⁺ παρατηρήθηκαν σε όλους τους χειρισμούς. Μέγιστες συγκεντρώσεις NH₄⁺ παρατηρήθηκαν σε όλες τους χειρισμούς ουρίας (C+U, 88 mg kg⁻¹ και MSS+U, 371 mg kg⁻¹) και λυματολάσπης (127 mg kg⁻¹). Το εδαφικό NH₄⁺ μειώθηκε σε συγκρίσιμες συγκεντρώσεις με τον μάρτυρα στις 35 ημέρες για C+U, αντίθετα για τους MSS και MSS+U ήταν ανιχνεύσιμο μέχρι τις 42 ημέρες. Είναι προφανές ότι η προσθήκη ουρίας (C+U), λυματολάσπης (MSS) και η συνδυασμένη εφαρμογή τους (MSS+U) αύξησαν τη διαθεσιμότητα του NH₄⁺ κατά 3, 5 και 12 φορές σε σχέση με τον μάρτυρα, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε μια στιγμιαία απελευθέρωση NO₂⁻ στο έδαφος μόνο στο χειρισμό με ουρία (C+U, 128 mg kg⁻¹) και όχι στους άλλους (C, MSS και MSS+U). Όσον αφορά το εδαφικό NO₃⁻, το οποίο είναι προϊόν νιτροποίησης και υπόστρωμα για απονιτροποίηση, παρατηρήσαμε συσσώρευση σε όλους τους χειρισμούς (C+U, 399, MSS, 563 και MSS+U,

771 mg kg⁻¹), εκτός του μάρτυρα (< 5 mg kg⁻¹). Η συσσώρευση NO₃⁻ ήταν 13, 14 και 20 φορές περισσότερη για C+U, MSS και MSS+U, σε σχέση με τον μάρτυρα, αντίστοιχα. Εάν το εδαφικό NO₃⁻ δεν αφομοιωθεί από τις καλλιέργειες, υπάρχει υψηλός κίνδυνος απωλειών, δια αερίων εκπομπών N₂O ή και έκλυσης NO₃⁻ σε υδάτινους αποδέκτες. Λαμβάνοντας υπόψη τις αέριες εκπομπές CO₂ και N₂O, που είναι γενικά προϊόντα της αναπνοής του εδάφους, της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης, η προσθήκη λυματολάσπης (MSS) και της συν-εφαρμογής λυματολάσπης με ουρία (MSS+U), ενίσχυσε τις εκπομπές εδαφικού CO₂ κατά 2,5 και 2,5 φορές, και κατά 14 και 17 φορές για τις εκπομπές εδαφικού N₂O, αντίστοιχα. Η λίπανση μόνο με ουρία (C+U) δεν επηρέασε πολύ τις εκπομπές CO₂ (526 mg CO₂-C kg⁻¹) και N₂O (1258 μg N₂O-N kg⁻¹) σε σύγκριση με το μάρτυρα (C). Η φυτική βιομάζα (*Lolium perenne* cv. BELIDA) αυξήθηκε κατά 1.3, 3 και 4 φορές στους χειρισμούς C+U, MSS+U και MSS σε σχέση με τον μάρτυρα, αντίστοιχα. Η προσθήκη βιοεξανθρακώματος (BC) 2.5% wt, αύξησε κατά 2 φορές περίπου την φυτική βιομάζα σε σχέση με τον αντίστοιχο χειρισμό χωρίς BC. Στο MSS+U μειώθηκε ο συντελεστής εκπομπής N₂O, κατά 5 φορές σε σύγκριση με την επεξεργασία MSS, ωστόσο ήταν πολύ πάνω από τον συντελεστή εκπομπής IPCC του 1%. Η λυματολάσπη είναι πηγή C, αλλά παρατηρήσαμε ότι η λυματολάσπη (MSS, 74%) και η συν-εφαρμογή της με ουρία (MSS+U, 96%) ενίσχυσαν το ισοδύναμο CO₂ ανά μονάδα αποθήκευσης εδαφικού C, υποδεικνύοντας την πλήρη απώλεια της προστιθέμενης οργανικής C κυρίως μέσω της αναπνευστικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών.

Συμπεράσματα: Παρατηρήθηκαν θετικές επιπτώσεις μέσω της ταυτόχρονης εφαρμογής λυματολάσπης με χημική λίπανση στη γονιμότητα του εδάφους. Ωστόσο, η προσθήκη εύκολα αποικοδομήσιμου C και σταδιακή συσσώρευση NO₃⁻, αύξησαν τις εκπομπές N₂O, χωρίς σημαντικό όφελος για τον εδαφικό C. Λαμβάνοντας υπόψη το βασικό μας ερώτημα, συμπεραίνουμε ότι η συν-εφαρμογή ιλύς αστικών λυμάτων και λιπάσματος θα πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά κατά περίπτωση, καθώς επηρεάζει διαφορετικά αρκετές βασικές παραμέτρους του εδάφους. Ως εκ τούτου θα πρέπει να αναζητήσουμε νέους τρόπους για να ελαχιστοποιήσουμε τις απώλειες αερίων, ώστε να βελτιωθεί η βιωσιμότητα των αγροσυστημάτων.

Πίνακας 1. Πειραματικός Σχεδιασμός

Index	Χειρισμός	Λίπανση (Ουρία-N; kg/ha)	Λυματολάσπη (t/ha)	Biochar (%)
1^ο Πειραματικό Σχέδιο – εδαφικός μεσόκοσμος				
C	Control	0	0	0
C+U	Control+Urea-N	200	0	0
MSS	Municipal Sewage Sludge	0	50	0
MSS+U	Municipal Sewage Sludge+Urea-N	200	50	0
2^ο Πειραματικό Σχέδιο – εδαφικός μεσόκοσμος με φυτικό δείκτη				
C	Control	0	0	0
C+U	Control+Urea-N	200	0	0
MSS	Municipal Sewage Sludge	0	50	0
MSS+U	Municipal Sewage Sludge+Urea-N	200	50	0
C+BC	Control+BC	0	0	2.5
C+U+BC	Control+Urea-N+BC	200	0	2.5
MSS+BC	Municipal Sewage Sludge+BC	0	50	2.5
MSS+U+BC	Municipal Sewage Sludge+Urea-N+BC	200	50	2.5

Γνωστοποίηση Χρηματοδότησης: The research project was supported by the Hellenic Foundation for Research and Innovation (H.F.R.I.) under the 2nd Call for H.F.R.I. Post-Doctoral Research Projects; Nitro-Ag #01053 awarded to Dr Georgios Giannopoulos as Principal Investigator. This project was co-implemented with Corteva Agriscience Hellas SA.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Thers *et al.*, (2019). DMPP reduced nitrification, but not annual N₂O emissions from mineral fertilizer applied to oilseed rape on a sandy loam soil. *GCB Bioenergy* 11, 1396-1407.3. DOI: 10.1111/gcbb.12642
2. Giannopoulos *et al.*, (2020). Trace metal availability affects greenhouse gas emissions and microbial functional group abundance in freshwater wetland sediments. *Frontiers in Microbiology*. 11:560861. DOI: 10.3389/fmicb.2020.560861

Η διεύρυνση των εδαφοκλιματικών συνθηκών που ευθύνονται για τον “Ξαφνικό” θάνατο του φυτού της Ακτινιδιάς (*Actinidia deliciosa*)

Έξαρχος Β.¹, Χατζηγιαννάκης Ε.², Στεφάνου Σ.³,

¹Γεωπόνος Α.Π.Θ., Msc Υποψήφιος Διδάκτωρ Εδαφολογίας, email: info@fitoxoma.gr

²Διευθυντής Ινστ. Εδαφοϋδατικών Πόρων / ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, email: hatzigiannakis@gmail.com

³Αναπληρωτής Καθηγητής Εδαφολογίας, Δι.Πα.Ε. Σίνδος, stefst2@ihu.gr

Περίληψη: Το ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*) είναι ένα υποτροπικό φυτό, ένας πολυετής φυλλοβόλος θάμνος που εδώ και χιλιάδες χρόνια εξακολουθεί και ζει ως αυτοφυές στη Ν.Δ. Κίνα δίπλα στις ακτές του ποταμού Γιαγκ-Τσε. Η ζώνη “φυσικής” βλάστησης του φυτού είναι σε πεδινές και λοφώδεις περιοχές, ως αναρριχόμενο σε μεγάλα αιωνόβια δένδρα που εξασφαλίζουν συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας, προστασίας από τον άνεμο και την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Το κλίμα της ζώνης αυτής χαρακτηρίζεται ως υγρό με άφθονες και καλά κατανεμημένες βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου, με κρύους σχετικά χειμώνες, χωρίς την ύπαρξη παγετών και με μια μέση καλοκαιρινή θερμοκρασία 25°C - 27°C. Το έδαφος της περιοχής αυτής χαρακτηρίζεται ως γόνιμο, μεσαίας κοκκομετρικής σύστασης, στραγγερό, με πολλούς μακροπόρους, υψηλά ποσοστά οργανικής ουσίας, ικανοποιητικής δομής, καλής υδατοικανότητας, το οποίο διασφαλίζει τις παράλληλες υψηλές απαιτήσεις του φυτού σε οξυγόνο και νερό. Στην Ελλάδα η ακτινιδιά καλλιεργείται εδώ και 47 χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, οι προαναφερθείσες συνθήκες καλύπτονται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό σε ορισμένες περιοχές όπως η Πιερία, Πέλλα, Ημαθία, Καβάλα, Ξάνθη, Άρτα, Αιτωλοακαρνανία κ.α. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της “κλιματικής” αλλαγής και της “εντατικής” καλλιέργειας, το εδαφοκλιματικό περιβάλλον της Ελλάδας απομακρύνεται ακόμη περισσότερο από την ζώνη “φυσικής” βλάστησης του φυτού, με αποτέλεσμα να έχουμε πολλά σοβαρά προβλήματα, ένα εκ των οποίων είναι η απότομη ξήρανση τους καλοκαιρινούς μήνες, που στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγεί στον θάνατο του φυτού.

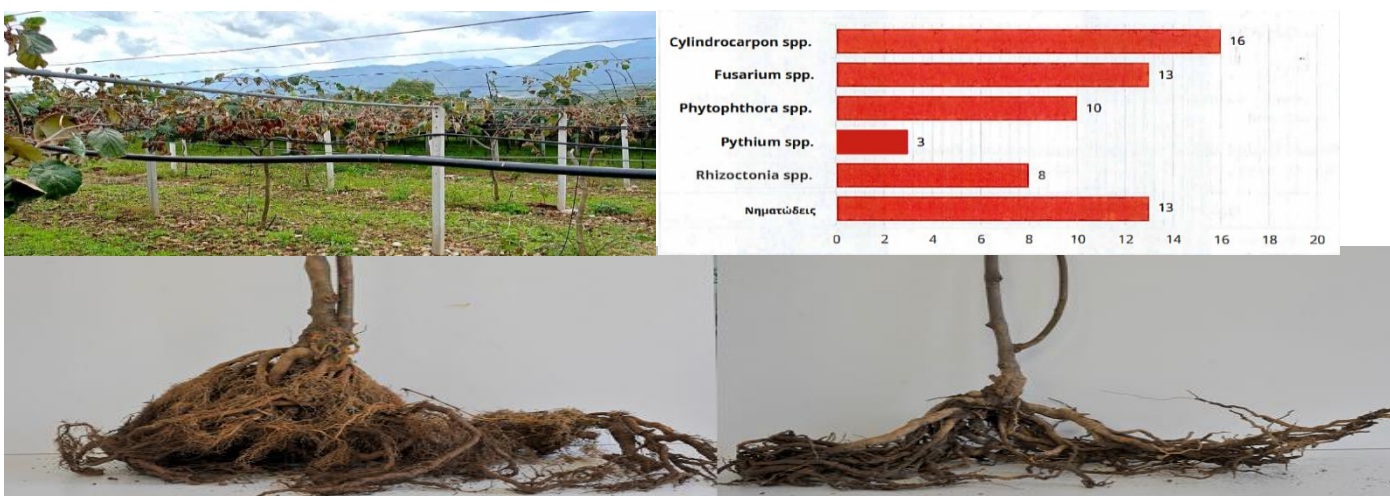
Λέξεις κλειδιά: ξαφνικός θάνατος ακτινιδιάς, μορία (KVDS), βακτήριο της ακτινιδιάς (PSA), δομή εδάφους.

Εισαγωγή–Σκοπός: Πριν μερικά χρόνια, την 3^η θέση της παγκόσμιας παραγωγής του πράσινου ακτινιδίου κατείχε η γειτονική Ιταλία. Αυτό όμως άλλαξε για δύο σημαντικούς λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι το βακτήριο της ακτινιδιάς (PSA) το οποίο εμφανίστηκε στη γειτονική χώρα εδώ και αρκετά χρόνια, αλλά σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του κράτους, στην Ελλάδα εμφανίστηκε σε ένα μόνο κτήμα χωρίς περαιτέρω επέκταση. Ο δεύτερος λόγος είναι ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα εδαφοκλιματικής αιτιολογίας, με την ονομασία “Μορία” (KVDS). Πρωτοεμφανίστηκε στην Ιταλία το 2012, ιδιαίτερα σε κτήματα τα οποία ήταν φυτεμένα σε αργιλώδη εδάφη και είχαν υποστεί μακροχρόνια εντατική καλλιέργεια, μετά από έντονες ακραίες βροχοπτώσεις της χρονιάς εκείνης. Μέχρι σήμερα στην γειτονική χώρα χάθηκαν περίπου 100.000 στρέμματα κτημάτων ακτινιδιάς λόγω των προβλημάτων αυτών. Η “Μορία” μοιάζει σε μεγάλο βαθμό, αλλά δεν είναι το ίδιο ακριβώς με τις πρόσφατες ξηράνσεις που έχουμε στη χώρα μας με την ονομασία “Ξαφνικός” θάνατος. Είναι πολύ σημαντικό να διερευνήσουμε τις αιτίες του δικού μας προβλήματος και να δώσουμε εγκαίρως λύσεις για ένα προϊόν όπως είναι το ακτινίδιο το οποίο έχει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον για την χώρα μας.

Συμπυματολογία – Πειραματική Διεθνής Ανασκόπησης: Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία, αντιθέτως όμως στην Ιταλία έχουμε πολλά πειραματικά δεδομένα τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν από εμάς λόγω της ομοιότητας των δύο προβλημάτων. Ακόμη, μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα συγκρίνοντάς τις συμπτώματολογίες. Τα αρχικά συμπτώματα τόσο της “Μορίας” όσο και του “Ξαφνικού” θανάτου είναι κοινά και παρουσιάζονται κυρίως τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο με ξαφνική και ολική φυλλόπτωση ορισμένων φυτών, χωρίς όμως αυτό να συνοδεύεται από καρπόπτωση (εικ.1). Στην περίπτωση της “Μορίας” η φυλλόπτωση εξελίσσεται σε όλα τα φυτά, με αποτέλεσμα να έχουμε μία εικόνα ξηρών φυτών σε όλο το κτήμα. Ενώ στην περίπτωση του “Ξαφνικού” θανάτου η εξέλιξη του φαινομένου περιορίζεται σε ορισμένα σημεία του κτήματος, γραμμικά ή σε κηλίδες, χωρίς να έχει καθολική μορφή. Ακόμη, στην “Μορία” τα φυτά με την πάροδο του χρόνου πεθαίνουν, ενώ στον “Ξαφνικό” θάνατο την επόμενη χρονιά, σε ορισμένα από τα προσβεβλημένα φυτά έχουμε αναβλάστηση. Τέλος, ενώ οι προσπάθειες επαναφύτευσης με ακτινίδια των ιδίων αυτών κτημάτων στην “Μορία” απέτυχε ολοσχερώς, στον “Ξαφνικό” θάνατο δεν ισχύει το ίδιο. Από τα πειραματικά δεδομένα που έγιναν στην Ιταλία, βρέθηκαν τα εξής: 1) Υψηλό ποσοστό προσβολής των φυτών αυτών από μύκητες του εδάφους και νηματώδεις (εικ.2). 2) Υποβάθμιση της δομής του εδάφους. 3) Υψηλά ποσοστά στο έδαφος χαλκού (Cu), τα οποία εξηγούνται από την εφαρμογή πολλών μυκητοκτόνων στην προσπάθεια να καταπολεμηθεί το βακτήριο της ακτινιδιάς (PSA). 3) Υπερλιπάνσεις που είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας και των μονοσθενών κατιόντων του καλίου K⁺ και νατρίου Na⁺. 4) Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας. 5) Αδιαπέρατος “συμπυκνωμένος” ορίζοντας σε βάθος 50-70cm. 6) Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών. 7) Μείωση των καλοκαιρινών βροχοπτώσεων.

Αποτελέσματα–Συζήτηση: Το ακτινίδιο είναι ένα φυτό που είναι επιτολαιόριζο με το 85% της ρίζας να βρίσκεται σε βάθος 70cm και σε απόσταση 90cm από τον “λαιμό” του φυτού, αυτό εξηγείται βέβαια λόγω των μεγάλων απαιτήσεων σε οξυγόνο των κυττάρων της ρίζας. Είναι ένα φυτό το οποίο τους θερινούς μήνες διαπνέει έντονα λόγω της μεγάλης φυλλικής επιφάνειας, της υψηλής υδραυλικής αγωγιμότητας στα αγγεία του και είναι πολύ ευαίσθητο στην ανοξία, μιας και ο κενός χώρος μεταξύ των κυττάρων στην ρίζα είναι μόνο το 2% του συνολικού όγκου σε σχέση με τα άλλα φυτά που είναι πάνω από το 5%. Λόγω αυτών των ιδιοτεροτήτων της φυσιολογίας του, θα μπορούσαμε να το χαρακτηρίσουμε σαν ένα φυτό “Δείκτης” της καλής δομής του εδάφους. Η εντατική καλλιέργεια της ακτινιδιάς στις κύριες χώρες παραγωγής της στη Μεσόγειο όπως είναι η Ελλάδα και η

Ιταλία, έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της δομής των εδαφών όπου καλλιεργείται, η οποία δεν είναι πάντα αναστρέψιμη και ως γνωστόν αυξάνει αθροιστικά, με αποτέλεσμα σε μερικές περιπτώσεις με την πάροδο του χρόνου να αποκτά “μόνιμο” χαρακτήρα. Έχοντας την πανελλαδική εμπειρία πολλών επισκέψεων σε ακτινιδιώνες, μπορούμε ως βασικές αιτίες του “Ξαφνικού” θανάτου να αναφέρουμε τα εξής: 1) Άσκοπη και επιζήμια μηχανική κατεργασία εντός των αγροκτημάτων και κυρίως όταν το έδαφος είναι υγρό, όπου οι παραγωγοί αντί να αρδεύουν στοχευμένα την ριζόσφαιρα, ποτίζουν όλο το χωράφι. 2) Η δημιουργία αδιαπέρατου “συμπιεσμένου” ορίζοντα, που έχει ως αποτέλεσμα να μην στραγγίζουν καλά τα νερά, ιδιαίτερα της χειμερινής περιόδου. 3) Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας. 4) Όχι καλά διαμορφωμένα κτήματα που νεροκρατούν σε ορισμένα σημεία τους. 5) Η αλόγιστη λίπανση η οποία αυξάνει την αλατότητα. 6) Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων αντί της χλοοκοπής. Όλα αυτά σε συνδυασμό με φυτοπαθολογικές προσβολές όπως μύκητες της ρίζας και εντομολογικές προσβολές όπως νηματώδεις, δημιουργούν ένα μειωμένο ριζικό σύστημα (εικ.3). Αποτέλεσμα αυτού είναι τα προσβεβλημένα αυτά φυτά να εκμεταλλεύονται λιγότερο έδαφος, οπότε τους καλοκαιρινούς μήνες αντλούν μειωμένες ποσότητες νερού και τα οδηγούν σε υδατικό “stress”. Πιο συγκεκριμένα απορροφούν νερό μόνο από τα επιφανειακά στρώματα (20cm), μιας και έχουν απωλέσει ριζικό σύστημα και όχι από βαθύτερα στρώματα (20-60cm). Παράλληλα το κλίμα, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, σε σχέση με το παρελθόν, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πολύ πιο θερμό με χαμηλότερα ποσοστά σχετικής υγρασίας, έντονη ηλιακή ακτινοβολία και όχι σωστά κατανεμημένες βροχοπτώσεις. Όλα αυτά ευθύνονται για την ανισορροπία μεταξύ ρίζας και φυλλικής επιφάνειας, τα φυτά διαπνέουν έντονα και τα φύλλα χάνουν το υδατικό δυναμικό τους, χάνουν την σπαργή τους και αν αυτό συνεχιστεί στο τέλος ξεραίνονται.



Εικόνα 3. (ρίζα ακτινιδίου σε υγιές φυτό)

(ρίζα ακτινιδίου με “Ξαφνικό” θάνατο)

Συμπεράσματα: Η παραγωγή της Ελλάδας υπολογίζεται ότι το 2024 θα ξεπερνά τους 350.000 τόνους. Με βάση αυτά τα δεδομένα θα είμαστε στο πράσινο ακτινίδιο 2^η χώρα παραγωγής στο βόρειο ημισφαίριο και 3^η παγκοσμίως (1^η η Κίνα και 2^η η Ν. Ζηλανδία). Βλέποντας τα προβλήματα της γειτονικής Ιταλίας και με βάση ότι τα επόμενα χρόνια η “κλιματική” αλλαγή θα επιδεινωθεί, πρέπει να φροντίσουμε για την αντιμετώπιση του προβλήματος που αναφέραμε ως “Ξαφνικό” θάνατο της ακτινιδιάς, το οποίο απειλεί την παραγωγή μας. Μετά από την μελέτη των πειραματικών δεδομένων της Ιταλίας και της εμπειρίας των πανελλαδικών επισκέψεων σε ακτινιδιώνες με το πρόβλημα αυτό, ως απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και αντιμετώπιση μπορούμε να προτείνουμε: 1) Βελτίωση της αποστράγγισης των εδαφών. 2) Ορθολογικό προγραμματισμένο πότισμα. 3) Αντιμετώπιση “παθογόνων” της ρίζας. 4) Ισορροπημένη λίπανση με την καθοδήγηση των εδαφικών αναλύσεων και της φυλλοδιαγνωστικής. 5) Μείωση των μηχανικών κατεργασιών εντός του κτήματος μόνο στις άκρως απαραίτητες. 6) Αύξηση οργανικής ουσίας. 7) Χλοοκοπή αντί εφαρμογής ζιζανιοκτόνων. Τελικά οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η λύση βρίσκεται σε μια “Αειφορική” διαχείριση της καλλιέργειας η οποία θα έχει ως στόχο μέτρα για την μη υποβάθμιση της “δομής” των καλλιεργούμενων αυτών εδαφών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Ben-Arie, R., Gross, J., & Sonogo, L. (1982) DOI: 10.1016/0304-4238(82)90104-2
2. Ferguson, A. R. (1991) DOI: 10.17660/actahortic.1991.290.14
3. Antunes, M. D. C. (2007) DOI: 10.2212/spr.2007.2.9
4. Asami, D. K., Hong, Y.J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003) DOI: 10.1021/jf020635c
5. Παναγιωτόπουλος Κ.Π., (2009). Εδαφοφυσική. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη. Ελλάς. Ε.Ε.

Φυσικοχημικές ιδιότητες των αποθέσεων ιζημάτων στα εδάφη της Θεσσαλίας που επηρεάστηκαν από τα πλημμυρικά φαινόμενα της κακοκαιρίας “Daniel”

Ευαγγέλου Ε., Νούλας Χ., Τζιουβαλέκας Μ., Τσιτούρας Α., Πετσούλας Χ., Πάνκου Χ., Καργιωτίδου Α., Βλαχοστέργιος Δ.

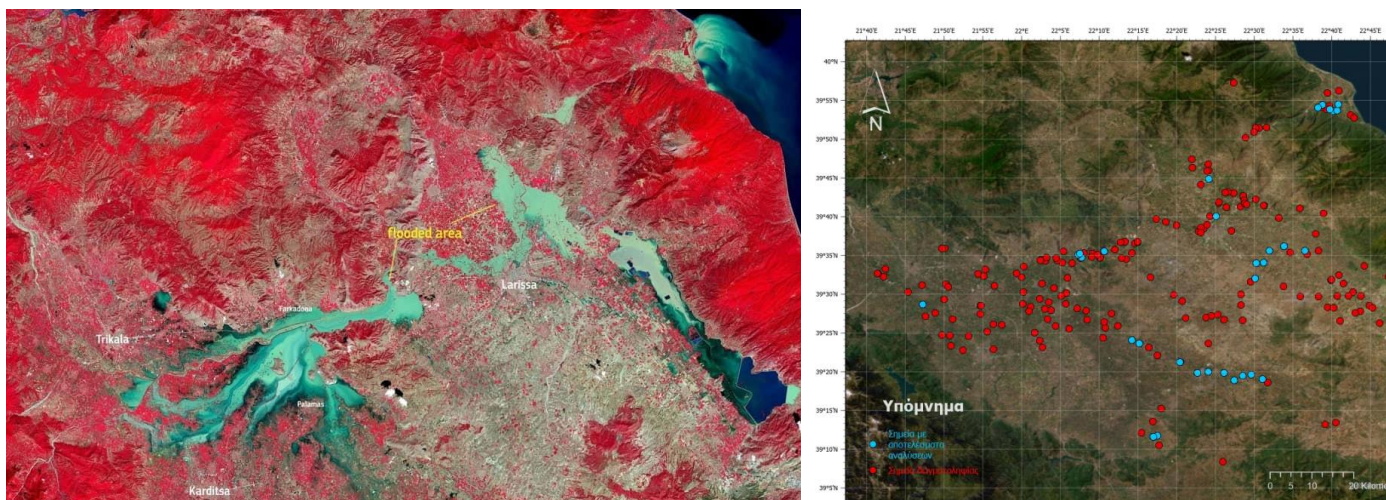
Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός Δήμητρα, Θεοφράστου 1, Λάρισα

Περίληψη: Το πλημμυρικό φαινόμενο από την κακοκαιρία «Daniel» του Σεπτεμβρίου 2023 στην πεδιάδα της Θεσσαλίας, επηρέασε άμεσα την ποιότητα του εδάφους και τις βασικές του λειτουργίες σε χιλιάδες στρέμματα αγροτικής γης. Το Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών φυτών από τις πρώτες ημέρες μετά το φαινόμενο, ξεκίνησε δειγματοληψίες στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας προκειμένου να ενημερώσει τους παραγωγούς για τη βέλτιστη διαχείριση των εδαφών υπό τις νέες συνθήκες που έχουν διαμορφωθεί. Στη εργασία παρουσιάζονται τα πρώτα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των αποθέσεων ιζημάτων που εναποτέθηκαν στα εδάφη αγροτικών περιοχών από τα πλημμυρικά φαινόμενα. Η πλειονότητα των εδαφών έχει αποθέσεις ύψους <30cm, με το 67% των εδαφών < 10cm, όπου φαίνεται εφικτή η ενσωμάτωση με το έδαφος όταν οι συνθήκες υγρασίας του αγρού το επιτρέψουν. Η ενσωμάτωση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, όπως αποδεικνύεται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ιζημάτων οι οποίες εμφανίζουν τιμές κοντά σε αυτές που απαντώνται στα εδάφη της Θεσσαλίας. Στις λίγες περιπτώσεις που το ύψος των ιζημάτων είναι πολύ μεγάλο και δεν είναι δυνατή η ενσωμάτωση τους στο έδαφος με τη βαθιά άρρωση, θα χρειαστούν μέτρα αποκατάστασης του εδάφους που πρέπει να εξεταστούν κατά περίπτωση.

Λέξεις κλειδιά: Κακοκαιρία “Daniel”, αποθέσεις ιζημάτων, φυσικοχημικές ιδιότητες

Εισαγωγή-Σκοπός: Το πλημμυρικό φαινόμενο από την κακοκαιρία «Daniel» του Σεπτεμβρίου 2023 στην πεδιάδα της Θεσσαλίας, επηρέασε άμεσα την ποιότητα του εδάφους καθώς και τις βασικές του λειτουργίες σε χιλιάδες στρέμματα αγροτικής γης. Οι τρεις βασικές άμεσες επιπτώσεις στα γεωργικά εδάφη, είναι: 1. Η εναπόθεση φερτών υλικών σε παραγωγικές εκτάσεις, 2. Η διάβρωση και μεταβολή της φυσικής κατάστασης των γεωργικών εδαφών 3. Η επίδραση στη χημεία, την γονιμότητα και το βιολογικό δυναμικό των εδαφών από τη συσσώρευση και παραμονή των υδάτων για μεγάλο διάστημα στους αγρούς. Το Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών από τις πρώτες ημέρες μετά το φαινόμενο, ξεκίνησε δειγματοληψίες στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας που επηρεάστηκε άμεσα από τα πλημμυρικά φαινόμενα, προκειμένου να ενημερώσει τους παραγωγούς της περιοχής για τη βέλτιστη διαχείριση των εδαφών υπό τις νέες συνθήκες που έχουν διαμορφωθεί. Πραγματοποιήθηκε συλλογή δειγμάτων σε 350 θέσεις αντιπροσωπευτικών για την επίδραση του φαινομένου περιοχών. Στη εργασία παρουσιάζονται τα πρώτα αποτελέσματα που αφορούν στις φυσικοχημικές ιδιότητες των αποθέσεων ιζημάτων που συσσωρεύτηκαν στα εδάφη αγροτικών περιοχών.

Υλικά και Μέθοδοι: Αμέσως μετά την κακοκαιρία Daniel σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες εδάφους και αποθέσεων ιζημάτων (Εικόνα 1). Σε κάθε θέση δειγματοληψίας γινόταν μέτρηση του ύψους του ιζήματος σε 3 σημεία από τα οποία συλλεγόταν 1 υποδείγμα προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σύνθετο δείγμα, χωριστά για το ίζημα και το έδαφος. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο διαπιστευμένο εργαστήριο αναλύσεων εδάφους, φυτών και νερών του Ινστιτούτου και αναλύθηκαν ως προς τις ιδιότητες του (Πίνακας 1).



Εικόνα 1. Τα σημεία δειγματοληψίας σε σχέση με τις πλημμυρισμένες εκτάσεις μετά τη κακοκαιρία Daniel.

Τα δείγματα των ιζημάτων αεροξηράνθηκαν σε θάλαμο με αέρα στους 29°C, λειοτριβήθηκαν και κοσκινίστηκαν στα 2mm προκειμένου να αναλυθούν η κοκκομετρική σύσταση (πυκνόμετρο Βουγιούκου), το pH και η EC σε αιώρημα εδάφους:νερού σε αναλογία 1:1, τα ανθρακικά άλατα με τη μέθοδο του ασβεστομέτρου κατά Bernard, η οργανική ουσία με πέψη με διάλυμα διχρωμικού καλίου και πυκνού θειικού οξέος, το ανταλλάξιμο K⁺ με τη χρήση φλογοφωτόμετρου, ο διαθέσιμος φωσφόρος κατά

Olsen, οι διαθέσιμες μορφές των μετάλλων Fe, Cu, Zn, Mn, ύστερα από εκχύλιση με διάλυμα DTPA, και οι ψευδο-ολικές μορφές των βαρέων μετάλλων Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης μετά από υγρή πέψη με μίγμα οξέων.

Αποτελέσματα–Συζήτηση: Η πλειονότητα των εδαφών έχει αποθέσεις ιζημάτων ύψους <30cm, με το 67% των θέσεων να είναι < 10cm, όπου φαίνεται εφικτή η ενσωμάτωση με το έδαφος χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα όταν οι συνθήκες υγρασίας του αγρού το επιτρέψουν. Το 7% των θέσεων δειγματοληψίας παρουσιάζει ύψος αποθέσεων >30 cm, όπου θα χρειαστεί αποκατάσταση των εδαφών αυτών αν δεν είναι εφικτή η ισοπέδωση και ενσωμάτωση. Παρατηρείται ένα μεγάλο εύρος τιμών της κοκκομετρικής σύστασης των ιζημάτων από «ελαφρά» αμμοπηλώδη με πολύ υψηλά ποσοστά άμμου που φτάνουν έως και το 66% έως και πολύ «βαριά» ιλλυοαργιλλώδη με 8% άμμο και 69% ιλύ, χωρίς να κυριαρχεί κάποια συγκεκριμένη κλάση κοκκομετρίας μεταξύ των δειγμάτων. Η έντονη αυτή διαφοροποίηση φαίνεται να οφείλεται στις διαφορετικές περιοχές από τις οποίες προήλθαν οι αποθέσεις, καθώς και της απόστασης των θέσεων απόθεσης από τα ποτάμια και τα ρέματα που πλημμύρισαν. Το pH παρουσιάζει ελαφρώς αλκαλική έως αλκαλική αντίδραση, και η ηλεκτρική αγωγιμότητα, κυμαίνεται σε ιδιαίτερα χαμηλές τιμές, εκτός μιας θέσης με 2050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ που θα πρέπει εξεταστεί περαιτέρω.

Πίνακας 1. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ιδιοτήτων των ιζημάτων.

Ιδιότητα	Αρ. δειγμάτων	Εύρος Τιμών	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Συντ. Παρ. %
Ύψος επικάλυψης ιζήματος, cm	104	0-60	10,5	12,8	21,4
Άμμος, %	37	8-79	31,30	19,43	61,9
Άργιλος, %	37	11-64	30,24	12,96	42,8
Ιλύς, %	37	8-63	38,37	14,15	36,8
pH (H ₂ O, 1:1)	35	7,66-8,41	8,04	0,18	2,2
EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$	35	166-2050	341	316	92,6
CaCO ₃ , %	35	0,44-23,76	8,19	6,89	84,1
Οργ. Ουσία, %	41	0,40-3,00	1,59	0,63	39,8
P Olsen, mg/kg	27	4,30-58,0	13,85	12,98	93,7
Ανταλ. K ⁺ , cmol/kg	23	0,11-0,91	0,37	0,25	66,4
Διαθέσιμος Cu, mg/kg	59	0,31-11,00	3,36	2,27	67,7
Διαθέσιμος Fe, mg/kg	59	4,12-192,44	41,73	32,60	78,1
Διαθέσιμο Mn, mg/kg	59	2,81-157,00	34,74	34,65	99,7
Διαθέσιμος Zn, mg/kg	59	0,39-30	1,68	4,41	262,1
Cd, mg/kg	20	0	0	0	0
Cr, mg/kg	20	46-90	66	15,8	24,0
Cu, mg/kg	20	10-32	20	6,7	33,7
Ni, mg/kg	20	74-250	125	40,9	32,7
Pb, mg/kg	20	4-10	6	1,6	26,3
Zn, mg/kg	20	24-58	41	8,7	21,0

Οι αποθέσεις είναι φτωχές σε οργανική ουσία, ο διαθέσιμος P παρουσιάζει μέτριες τιμές κατά μέσο όρο, αν και ένας αριθμός ιζημάτων έχει συγκεντρώσεις > 20mg/kg γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στον εμπλουτισμό των φτωχά σε P εδαφών μετά την ενσωμάτωση. Το ανταλλάξιμο K⁺ παρουσιάζει σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, αν και το 30% των δειγμάτων εμφανίζονται επαρκώς εφοδιασμένα. Για τις διαθέσιμες μορφές Cu, Fe, Mn, Zn σχεδόν το σύνολο των δειγμάτων παρουσιάζει συγκεντρώσεις επαρκείς για την ανάπτυξη των φυτών, με τιμές κοντά σε αυτές που απαντώνται στα εδάφη της Θεσσαλίας. Οι ολικές (ψευδο-ολικές) μορφές των βαρέων μετάλλων σε μικρό αριθμό αποτελεσμάτων μέχρι τη συγγραφή της εργασίας, παρουσιάζουν τις συνήθεις τιμές για τα εδάφη της Θεσσαλίας, με υψηλές συγκεντρώσεις Ni, και μηδενικές τιμές Cd.

Συμπεράσματα: Τα περισσότερα αγροτεμάχια έχουν δεχτεί φορτίο ιζημάτων που μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος με την κατεργασία του εδάφους με καλλιεργητή ή βαθιά άρρωση ανάλογα του ύψους του ιζήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, φαίνεται ότι τα ιζήματα παρουσιάζουν ιδιότητες που δεν αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά τις εδαφικές ιδιότητες των εδαφών μετά την ενσωμάτωση. Στις λίγες περιπτώσεις που το ύψος των ιζημάτων είναι πολύ μεγάλο και δεν είναι δυνατή η ενσωμάτωση τους στο έδαφος με τη βαθιά άρρωση, θα χρειαστούν μέτρα αποκατάστασης του εδάφους που πρέπει να εξεταστούν κατά περίπτωση.

Μεθοδολογική προσέγγιση για την ανίχνευση προβληματικών εδαφών και τη δημιουργία μιας κάρτας υγείας των εδαφών στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας με δείκτες ποιότητας

Καλαντζόπουλος Γ.^{1,3}, Παρασκευόπουλος Π.^{2,3}, Μπουγιουκλής Ι.¹, Τσώλης Β.¹, Χριστοδουλοπούλου Κ.¹, Δάββου Π.¹, Μπαρούχας Π.*¹

¹Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γ. Μηχανικής, Εργ. Εδαφολογίας

³Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας

Περίληψη: Η ποιότητα του εδάφους αναφέρεται στο σύνολο της ικανότητας του εδάφους να δημιουργεί οικοσυστήματα και υπηρεσίες μέσω των δυνατοτήτων που διαθέτει. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που αφορά ανθρώπινες παρεμβάσεις τροποποιούν τις ροές στοιχείων και ενέργειας στο έδαφος. Όταν αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται με αειφορικό τρόπο, η ποιότητα του εδάφους διατηρείται και το καθιστά μακροπρόθεσμα βιώσιμο και υγιές. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για την εκτίμηση της υγείας του εδάφους στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, με δείκτες ποιότητας. Για το σκοπό της παρούσας εργασίας που σκοπό έχει την εκτίμηση και καταγραφή της ποιότητας του εδάφους δημιουργήθηκε ένα φορητό δοκιμαστικό κιτ και η Ελληνική Κάρτα Υγείας του Εδάφους (HSHC), η οποία αναφέρεται σε μία κάρτα αναφοράς με παράγοντες που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία για την ποιότητα του εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε ποσοστό 80,41% της συνολικής εξετασθείσας έκτασης, τα εδάφη ανήκουν σε κλάση ποιότητας μεγαλύτερη ή ίση της Α, γεγονός που αποδεικνύει την εξαιρετική ποιότητα των εδαφών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Η προτεινόμενη (HSHC) μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο για την ταχεία αναγνώριση της ποιότητας του εδάφους και να γίνει ευρεία χρήση της για την παρακολούθηση της ποιότητας των εδαφών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας.

Λέξεις Κλειδιά: Ποιότητα εδάφους, κάρτα υγείας εδάφους, δείκτες ποιότητας

Εισαγωγή-Σκοπός: Η ποιότητα του εδάφους αναφέρεται στο σύνολο της ικανότητας του εδάφους να δημιουργεί οικοσυστήματα και υπηρεσίες μέσω των δυνατοτήτων που διαθέτει, να εκτελεί διάφορες δυναμικές λειτουργίες υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες, ως ανοιχτό και δυναμικό σύστημα. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του εδάφους από ανθρωπογενείς παράγοντες μεταβάλλει κατά συνέπεια τη λειτουργική ικανότητα του εδάφους. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που αφορά παρεμβάσεις του ανθρώπου (π.χ υλοτομία, εκχερσώσεις, κλπ.), καθώς και η εποχική διαχείριση του εδάφους από τον ίδιο (αποστράγγιση, καλλιέργεια, άρδευση, διαχείριση θρεπτικών ουσιών κ.λπ.) τροποποιούν τις ροές στοιχείων και ενέργειας. Η παρακολούθηση της ποιότητας του εδάφους και των χαρακτηριστικών υποβάθμισης χωρικά και χρονικά αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας, και της υγείας του εδάφους (1). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για την ανίχνευση προβληματικών εδαφών και την εκτίμηση της υγείας του εδάφους με δείκτες ποιότητας στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Η εκτίμηση της υγείας του εδάφους πραγματοποιείται εύκολα και γρήγορα στο πεδίο, καθώς οι τεχνικές προσδιορισμού είναι προσιτές, ενώ είναι δυνατό να συμβάλλουν και οι παραγωγοί, ύστερα από εκπαίδευση.

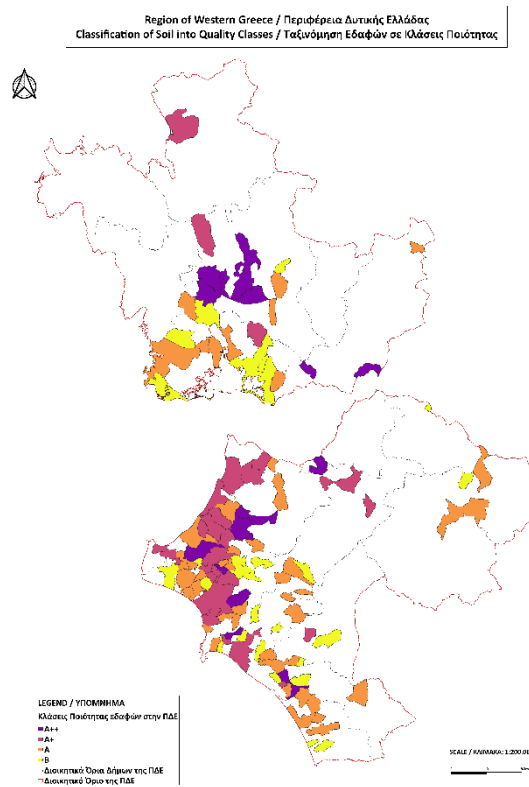
Υλικά και μέθοδοι: Για το σκοπό της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκε ένα φορητό δοκιμαστικό κιτ ποιότητας εδάφους (2), για την επιτόπια επιθεώρηση του εδάφους και την εκτίμηση κρίσιμων ιδιοτήτων στο πεδίο και η Ελληνική Κάρτα Υγείας του Εδάφους (HSHC) που αναφέρεται στη δημιουργία μιας κάρτας αναφοράς με παράγοντες που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη για την ποιότητα του εδάφους. Η Ελληνική Κάρτα Υγείας του Εδάφους περιλαμβάνει οκτώ κλάσεις κατάταξης. Οι εδαφικές ιδιότητες που έλαβαν μέρος στην βαθμολόγηση του εδάφους είναι η κλάση κοκκομετρίας, η διηθητικότητα, το pH, η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, η δομή, το ολικό ανθρακικό ασβέστιο, η οργανική ουσία, η σταθερότητα των συσσωματωμάτων και η κλίση του εδάφους. Η επιλογή τους έγινε με κριτήρια ανάλυσης κύριων συνιστωσών (3). Τα εδάφη που μελετήθηκαν ανήκουν γεωγραφικά στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας (ΠΔΕ), καταλαμβάνουν συνολική έκταση 2.205.798,75 στρεμμάτων και βρίσκονται εντός των διοικητικών ορίων 114 Καλλικρατικών Κοινοτήτων, έναντι συνόλου 705 Καλλικρατικών Κοινοτήτων της ΠΔΕ. Για το σκοπό της παρούσας εργασίας έγιναν συνολικά 456 επιτόπιες επιθεωρήσεις, σε 114 κοινότητες της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Με βάση τις οκτώ κλάσεις κατάταξης της Ελληνικής Κάρτας Υγείας του Εδάφους, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 16,64% των εδαφών ανήκουν στην A++ κλάση ποιότητας, το 27,74% των εδαφών ανήκουν στην A+ κλάση ποιότητας, το 36,03% των εδαφών ανήκουν στην A κλάση ποιότητας και το 19,59% των εδαφών ανήκουν στην B κλάση ποιότητας, ενώ δεν βρέθηκαν εδάφη στις κλάσεις C, D και E (Πίνακας 1, Εικόνα 1). Συνολικά, σε ποσοστό 80,41% της συνολικής εξετασθείσας έκτασης, τα εδάφη ανήκουν σε κλάση ποιότητας μεγαλύτερη ή ίση της Α.

Συμπεράσματα: Η εκτίμηση της υγείας του εδάφους πραγματοποιείται εύκολα και γρήγορα στο πεδίο, καθώς οι τεχνικές προσδιορισμού είναι προσιτές ύστερα από εκπαίδευση και στους παραγωγούς. Για τον λόγο αυτό, η προτεινόμενη ελληνική κάρτα υγείας εδάφους (HSHC) μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο για την ταχεία εκτίμηση της κλάσης της ποιότητας του εδάφους και να γίνει ευρεία χρήση της για την παρακολούθηση της ποιότητας των εδαφών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Η δημιουργία μιας εναρμονισμένης μεθοδολογίας και πρωτοκόλλου επεξεργασίας των δεδομένων για όλη την Ελλάδα, αποτελεί προϋπόθεση για την ορθολογική εκτίμηση της υγείας των ελληνικών εδαφών. Σε ποσοστό 80,41% της συνολικής εξετασθείσας έκτασης, τα εδάφη ανήκουν σε κλάση ποιότητας μεγαλύτερη ή ίση της Α, γεγονός που αποδεικνύει την εξαιρετική ποιότητα των εδαφών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας.

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση κλάσεων ποιότητας των εδαφών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας

SOIL QUALITY CLASS (SQC) ΚΛΑΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	SCORE %
A+++	91-100
A++	85-90
A+	80-84
A	70-79
B	60-78
C	50-59
D	40-58
E	0-39



Εικόνα 1. Χάρτης ποιοτικής κατάταξης των εδαφών της ΠΔΕ

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Tóth, G. et al. (2007), Soil Quality and Sustainability Evaluation - An integrated approach to support soil-related policies of the European Union. EUR 22721 EN. 40 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg ISBN 978-92-79-05250-7
2. USDA, Soil Quality Institute, July 2001: Guidelines for soil quality assessment in conservation planning, United States Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service, Soil quality unit. January 2001, Washington DC, USA.
3. Lenka, N. K. et al. (2022), DOI: 10.3389/fenvs.2022.865473

Μελέτη της έννοιας της ασφάλειας, της υγείας και της ποιότητας του εδάφους

Μουργελά Κ. και Μπαρούχας* Π.

Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, E-mail: pbar@upatras.gr

Περίληψη: Το έδαφος διαδραματίζει αναπόσπαστο ρόλο στις παγκόσμιες προκλήσεις περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, της επισιτιστικής ασφάλειας, της ασφάλειας των υδάτων, της ενεργειακής ασφάλειας, της κλιματικής σταθερότητας, της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Δεδομένου ότι υπάρχει επιτακτική ανάγκη για μια έννοια του εδάφους που είναι παρόμοια με την επισιτιστική, την υδάτινη και την ενεργειακή ασφάλεια, δόθηκε ο όρος ασφάλεια του εδάφους. Η ασφάλεια του εδάφους έχει άμεση σχέση με τον άνθρωπο, επηρεάζοντας τη ζωή του. Αξιοσημείωτο είναι ότι, το έδαφος παίζει καθοριστικό ρόλο στην κλιματική κρίση λόγω των μεγάλων αποθεμάτων άνθρακα που διαθέτει. Διαχρονικά, οι αλλαγές που έχουν υπάρξει στη γεωργική ανάπτυξη, έχουν επηρεάσει τη παγκόσμια βιωσιμότητα. Ωστόσο, αρκετοί επιστήμονες προσπαθούν, αποτυπώνοντας κατάλληλους δείκτες υγείας του εδάφους, να βελτιώσουν την ποιότητά του και τον τρόπο διαχείρισής του. Αναφορικά με την ποιότητα του εδάφους, μέσα στον ορισμό εμπεριέχονται και οι έννοιες της γονιμότητας του εδάφους, της ποιότητα της γης και της ικανότητας του εδάφους να εκτελεί οικοσυστημικές υπηρεσίες. Καθένας από αυτούς του όρους συνθέτει την έννοια της ποιότητα του εδάφους. Για την ανάκτηση δεδομένων που αφορούν την ποιότητα του εδάφους, χρησιμοποιούνται οι δείκτες ποιότητας και τα κιτ δοκιμής ποιότητας εδάφους. Όμως, η ποιότητα του εδάφους είναι μια έννοια πολύπλοκη, που δεν έχει ακόμα ενταχθεί πλήρως στη συνείδηση της κοινωνίας.

Λέξεις κλειδιά: ασφάλεια εδάφους, υγεία εδάφους, ποιότητα εδάφους

Εισαγωγή-Σκοπός: Η ασφάλεια χρησιμοποιείται για το έδαφος με παρόμοια έννοια που χρησιμοποιείται για τα τρόφιμα και το νερό. Αναφέρεται στη διατήρηση και βελτίωση των παγκόσμιων εδαφικών πόρων, ώστε να συνεχιστεί η παροχή τροφίμων, φυτικών ινών και γλυκού νερού. Επιπλέον, αφορά την συμβολή στην διατήρηση της βιοποικιλότητας αλλά και στην ενεργειακή - κλιματική βιωσιμότητα, καθώς και την προστασία των οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών [1]. Η ποιότητα και η υγεία των εδαφών, καθορίζουν τη βιωσιμότητα της γεωργίας, την ποιότητα του νερού και του αέρα, με άμεση επίδραση στην υγεία των φυτών, των ζώων και του ανθρώπου. Συνοπτικά, η υγεία του εδάφους μπορεί να οριστεί ως η συνεχής ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως ένα ζωντανό οικοσύστημα που διατηρεί τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους, λειτουργώντας ανάλογα με τις δυνατότητες του και αλλάζοντας με την πάροδο του χρόνου λόγω της ανθρώπινης χρήσης και διαχείρισης ή των φυσικών γεγονότων. Για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος και της βιόσφαιρας είναι σημαντική η διατήρηση της ποιότητας του εδάφους [2]. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι μία σύντομη παρουσίαση των εννοιών της ασφάλειας, της υγείας και της ποιότητας του εδάφους σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Υλικά και Μέθοδοι: Για τη συγγραφή αυτής της εργασίας, ακολουθήσαμε τη μέθοδο που προτείνεται από τους Thurer et al. [3] για αναζήτηση και ορισμό της σχετικής βιβλιογραφίας. Ο περιορισμός των αναφορών έγινε με τη συμπερίληψη άρθρων σε στενό χρονικό πλαίσιο ή με την εξαίρεση άρθρων. Επιπλέον, η μείωση του αριθμού των άρθρων έγινε σύμφωνα με το σκοπό και τα ερευνητικά ερωτήματα της συγκεκριμένης ανασκόπησης. Το Science Direct και το Google Scholar επιλέχθηκαν ως πλατφόρμες αναζήτησης λόγω των εκτεταμένων βάσεων δεδομένων δημοσιεύσεών τους. Η αναζήτηση έγινε για τα έτη 2000 έως το 2023, εκτός από μερικά άρθρα και βιβλία που επιλέχθηκαν αυθαίρετα ή δημοσιεύθηκαν πριν από το 2000. Λέξεις-κλειδιά όπως "ασφάλεια εδάφους, ποιότητα εδάφους, υγεία του εδάφους" χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκτηση 79.900 παραπομπών. Για τη διαχείριση του μεγάλου όγκου των αναφορών, μόνο ο τίτλος, η περίληψη και οι λέξεις-κλειδιά θεωρήθηκαν ότι παρέχουν έναν διαχειρίσιμο αριθμό πηγών που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη μελέτη της έννοιας της ασφάλειας, της υγείας και της ποιότητας του εδάφους. Συμπεριλήφθηκαν επιστημονικά άρθρα και κριτικές, ενώ εργασίες που δεν πληρούσαν τα καθορισμένα κριτήρια απορρίφθηκαν για να διασφαλιστεί η ποιότητα των αναφορών. Αρχικά, άρθρα που δεν σχετίζονται με αυτήν τη μελέτη αφαιρέθηκαν από το δείγμα. Τελικά, για αυτή τη μελέτη επιλέχθηκαν 372 σχετικές αναφορές.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η έννοια της ασφάλειας του εδάφους είναι πολλαπλών διαστάσεων. Αναγνωρίζεται από την ικανότητα, την κατάσταση, το κεφάλαιο, τη συνδεσιμότητα και την κωδικοποίηση των εννοιών που περιλαμβάνουν οι κοινωνικές, οικονομικές και βιοφυσικές επιστήμες εντός ενός καθορισμένου πολιτικού και νομικού πλαισίου. Είναι μια έννοια η οποία έχει προκύψει σε μια περίοδο αναδυομένης διεθνούς αντίδρασης στα ολοένα και πιο έντονα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα εδάφη παγκόσμια. Η υποβάθμιση του εδάφους αναγνωρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως απειλή εδώ και πολύ καιρό [4]. Οι πέντε διαστάσεις της ασφάλειας του εδάφους (ικανότητα, κατάσταση, κεφάλαιο, συνδεσιμότητα, κωδικοποίηση) συνδέονται με τα εδάφη και την επίδραση τους στην ανθρώπινη υγεία. Οι Droogers και Bouma [5] αναγνώρισαν τις αλλαγές διαχείρισης στο έδαφος και πρότειναν να ταξινομηθεί το έδαφος ανάλογα με την «γονιδιωματολογία» και τη «φαινομορφή» του. Η ποιότητα και η υγεία των εδαφών καθορίζουν τη γεωργική βιωσιμότητα, την ποιότητα του νερού και του αέρα καθώς και την υγεία των φυτών, των ζώων και του ανθρώπου. Η υγεία του εδάφους μπορεί να οριστεί ως η ικανότητα του εδάφους να εκτελεί υπηρεσίες ή να λειτουργεί ανάλογα με τις δυνατότητες του και να αλλάζει με την πάροδο του χρόνου λόγω της ανθρώπινης χρήσης και διαχείρισης ή των φυσικών μεταβολών. Κατά την τελευταία δεκαετία οι καταγραφές για την παραγωγική ικανότητα του εδάφους, δείχνουν υποβάθμιση που προκαλείται από τον άνθρωπο περίπου στο 40% της αρόσιμης γης ως αποτέλεσμα της διάβρωσης του εδάφους, της υπερβόσκησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της εκτεταμένης καλλιέργειας του εδάφους, της αλάτωσης και της ερημοποίησης [6]. Η αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους και η εκπαίδευση αποσκοπούν στην καλύτερη κατανόηση και

συνειδητοποίηση ότι οι εδαφικοί πόροι είναι πραγματικά ζωντανός οργανισμός με βιολογικές, χημικές και φυσικές ιδιότητες και διαδικασίες που εκτελούν βασικές οικοσυστημικές υπηρεσίες. Επίσης, δίνει έμφαση τόσο στις εγγενείς όσο και στις δυναμικές ιδιότητες και διεργασίες του εδάφους. Συνοπτικά, ο FAO περιγράφει τη γονιμότητα του εδάφους ως “την ικανότητα του εδάφους να παρέχει βασικά θρεπτικά συστατικά και νερό στα φυτά, σε επαρκείς ποσότητες και αναλογίες για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους, ελλείψει τοξικών ουσιών που ενδέχεται να εμποδίσουν την ανάπτυξη των φυτών” [7]. Σε αντίθεση με την ποιότητα του εδάφους, η υγεία του εδάφους, αποτυπώνει τα οικολογικά χαρακτηριστικά του, που έχουν επιπτώσεις, πέρα από την ποιότητα ή την ικανότητα του να παράγει μια συγκεκριμένη καλλιέργεια. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι η ποιότητα του εδάφους έχει καταστεί διεθνώς αποδεκτό επιστημονικό εργαλείο για την προώθηση της αξιολόγησης, της εκπαίδευσης και της κατανόησης των εδαφικών πόρων. Τονίζουμε ότι δεν υπάρχει ιδανική ή μαγική τιμή δείκτη ποιότητας, αλλά οι εκτιμήσεις ποιότητας του εδάφους μπορούν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο που δίνει προτεραιότητα στους στόχους διαχείρισης. Έτσι, προσδιορίζονται κρίσιμες λειτουργίες του εδάφους που είναι απαραίτητες για την επίτευξη αυτών των στόχων και χρησιμοποιούνται δείκτες ποιότητας και κιτ δοκιμών ποιότητας του εδάφους στο πεδίο, που μας παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας ενός συγκεκριμένου εδάφους.

Συμπεράσματα: Η ασφάλεια του εδάφους είναι μια πιο ολοκληρωμένη έννοια από την “ποιότητα και την υγεία του εδάφους” ή την “προστασία του εδάφους”. Απαιτείται πολύ δουλειά για την εξέλιξη της έννοιας σε ένα πλήρες ανεπτυγμένο πλαίσιο αξιολόγησης και πολιτικής για την ασφάλεια του εδάφους σύμφωνα με την ύπαρξη των κινδύνων υποβάθμισης που υπάρχουν. Οι δείκτες υγείας και ποιότητας του εδάφους, καθώς και οι αλλαγές τους, αποτελούν μείζων σύνδεσμο μεταξύ των κύριων στόχων της βιώσιμης γεωργίας. Επιπρόσθετα, οι δείκτες υγείας του εδάφους και οι στρατηγικές για τη βιώσιμη διαχείριση πρέπει να συνδέονται με την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης που προωθούν τη μείωση των εισροών μη ανανεώσιμων πόρων, τη διατήρηση αποδεκτών επιπέδων παραγωγικότητας και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Καταληκτικά, η ποιότητα του εδάφους, αντιπροσωπεύει διεθνώς ένα αποδεκτό επιστημονικό εργαλείο για την προώθηση της αξιολόγησης, της εκπαίδευσης και της κατανόησης των εδαφικών πόρων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Koch et. al (2012), DOI: 10.1113/jphysiol.1975.sp011139
2. Arshad et. al (2002), DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00252-3
3. Thurer et. al (2002) DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.130
4. CEC (2006), https://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/SEC_2006_620.pdf
5. Droogers et. al (1997), DOI: 10.1016/0005-2728(75)90129-2
6. Oldeman et. al (1994), The global extent of soil degradation. In: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (Eds.), Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 99–118.
7. FAO (2022), DOI: 10.4060/cc0900en

Επίδραση βιοεξανθρακώματος και βιοδιεγέρτη στις εδαφικές ιδιότητες και στην θρεπτική κατάσταση φυτών μαρουλιού σε αλατούχο έδαφος

Τσώλης Β.¹, Ζαφειρίου Ι.², Μπίλιας Φ.³, Καλδέρης Δ.⁴, Χλουβεράκη Ε.², Γασπαράτος Δ.²

¹Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας ²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας ³Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας ⁴Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Περίληψη: Η αλατότητα των εδαφών αποτελεί ένα από τα πλέον δύσκολα περιβαλλοντικά ζητήματα καθιστώντας την αποκατάστασή τους ιδιαίτερα σημαντική. Έχει παρατηρηθεί ότι τα βιοεξανθρακώματα (biochars) συμβάλλουν στις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους και επιπλέον προάγουν τη θρέψη των φυτών. Οι βιοδιεγέρτες βοηθούν επίσης στην αντιμετώπιση βιοτικού και αβιοτικού στρες των φυτών, όπως και στην αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης θρεπτικών ουσιών. Για το λόγο αυτό, διεξήχθη πείραμα σε γλάστρες με αλκαλικό αλατούχο έδαφος και με εφαρμογή αυτών των δύο υλικών σε φυτά μαρουλιού. Παρατηρήθηκε ότι το pH του εδάφους μειώθηκε ελαφρώς και στις δύο μεταχειρίσεις. Η εφαρμογή biochar αύξησε τα επίπεδα ανταλλάξιμου Ca και P στο έδαφος και σε μικρό βαθμό τη συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων. Η συγκέντρωση Na και K στους φυτικούς ιστούς παρουσιάζει τάση αύξησης και τα επίπεδα P αυξήθηκαν σημαντικά. Αντίθετα, ο Fe μειώθηκε στα φύλλα και το συνολικό N (%) δεν επηρεάστηκε. Η συγκέντρωση νιτρικού αζώτου αυξήθηκε σημαντικά στη μεταχείριση του βιοδιεγέρτη (AC). Η χρήση του βιοδιεγέρτη δεν μείωσε την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) όπως αναμενόταν, αντιθέτως την αύξησε σημαντικά όπως και τη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών κατιόντων εκτός του ασβεστίου. Επιπλέον, αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση του N στα φύλλα, λόγω του ότι το αρχικό σκεύασμα του βιοδιεγέρτη περιείχε ποσότητα αζώτου.

Λέξεις κλειδιά: αλατότητα, βιοεξανθράκωμα, βιοδιεγέρτης, φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, μαρούλι

Εισαγωγή-Σκοπός: Ένα από τα πιο δύσκολα περιβαλλοντικά ζητήματα τα τελευταία χρόνια είναι η αλάτωση του εδάφους [1]. Στην ουσία πρόκειται για μια δυναμική διαδικασία που προκαλείται από φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες. Η καλλιέργεια φυτών σε αλατούχα εδάφη οδηγεί σε οσμωτικό στρες, τοξικότητα ιόντων, διαταραχή της θρέψης και έχει ως αποτέλεσμα την κακή φυσική κατάσταση του εδάφους και τη μειωμένη παραγωγικότητα των φυτών [2]. Θεωρητικά η προσθήκη biochar βελτιώνει την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών περιορίζοντας την αρνητική επίδραση της αλατότητας, μεταβάλλοντας την περιεκτικότητα και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών [3]. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή βιοδιεγέρτη βοηθά το φυτό να αντιμετωπίσει τις αβιοτικές συνθήκες, όπως η αλατότητα [4]. Συνεπώς, η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης ενός biochar και ενός βιοδιεγέρτη τόσο στις εδαφικές ιδιότητες όσο και στην ανάπτυξη και θρεπτική κατάσταση φυτών μαρουλιού.

Υλικά και μέθοδοι: Σε πείραμα με γλάστρες, χρησιμοποιήθηκε αλατούχο αλκαλικό έδαφος με κίνδυνο νατρίωσης και εφαρμόστηκαν τρεις μεταχειρίσεις σε έξη επαναλήψεις: "Control" (CL) χωρίς καμία εφαρμογή, μεταχείριση "Biochar" (BC) με χρήση biochar από λυματολάσπη και μεταχείριση "Activave" (AC) με χρήση του βιοδιεγέρτη ACTIWAVE της Valagro. Κάθε γλάστρα περιείχε 1 kg εδάφους. Στη μεταχείριση BC, κάθε γλάστρα μαρουλιού περιείχε αλατούχο έδαφος με εφαρμογή 2% biochar λυματολάσπης με ανάμειξη εδάφους και biochar. Στη μεταχείριση AC, η χρήση του βιοδιεγέρτη ACTIWAVE (Valagro) πραγματοποιήθηκε σε τρεις δόσεις και εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα. Για τη δόση εφαρμογής του βιοδιεγέρτη χρησιμοποιήθηκαν 5 ml σκευάσματος σε 1 lt νερού, σύμφωνα με την ετικέτα. Στον πειραματικό σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν σπορόφυτα μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) τύπου romaine, τα οποία μεταφυτεύτηκαν με τη μπάλα χύματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν χρησιμοποιήθηκε καμία άλλη εφαρμογή λίπανσης και ότι οι γλάστρες λάμβαναν 100 ml νερού άρδευσης κάθε εβδομάδα. Τα εδαφικά δείγματα συλλέχθηκαν, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, αεροξηράθηκαν, πέρασαν από κόσκινο 2 mm και αποθηκεύτηκαν για περαιτέρω ανάλυση. Προσδιορίστηκαν pH, EC, ισοδύναμο CaCO₃, ο διαθέσιμος P, τα ανταλλάξιμα βασικά κατιόντα, τα ιχνοστοιχεία με εκχύλιση DTPA, τα υδατοδιαλυτά άλατα και οι συγκεντρώσεις NO₃-N και NH₄-N. Στα φυτικά δείγματα, έπειτα από την ξήρανση και το κοσκίνισμα, ακολούθησε η διαδικασία υγρής καύσης σε 1 gr με HNO₃ 65% και σταγόνες 30% (v/w) H₂O₂. Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των P, Na, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe και Mn. Η συγκέντρωση ολικού N στους φυτικούς ιστούς προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Kjeldahl.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η προσθήκη του βιοδιεγέρτη αύξησε ελάχιστα την EC, το οποίο επιβεβαιώνεται και από την αύξηση του υδατοδιαλυτού Na (Πίνακες 1,2). Αντίθετα, η προσθήκη biochar μείωσε τα επίπεδα της συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου Na σε σύγκριση με τον μάρτυρα, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Τόσο η προσθήκη βιοδιεγέρτη όσο και αυτή του biochar μείωσαν σημαντικά το pH. Στη μεταχείριση AC το ανταλλάξιμο K βρέθηκε αυξημένο και υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις άλλες δυο μεταχειρίσεις. Τα επίπεδα του ανταλλάξιμου Ca αυξήθηκαν ελαφρά στην BC, ενώ μειώθηκαν ελαφρά στην μεταχείριση AC. Τα αποτελέσματα για τα επίπεδα ανταλλάξιμου Mg δεν έδειξαν σημαντική διαφορά τόσο στη μεταχείριση BC όσο και στη μεταχείριση AC, σε σύγκριση με τη μεταχείριση CL. Όσον αφορά τα επίπεδα διαθέσιμου P (P-Olsen) στο έδαφος, βρέθηκε υψηλότερη συγκέντρωση P στη μεταχείριση BC σε σύγκριση με το μάρτυρα όπως αυτό ήταν αναμενόμενο [5]. Επιπλέον, η συγκέντρωση NO₃-N κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα. Η χρήση του biochar μείωσε ελάχιστα τα επίπεδα νιτρικών στο έδαφος σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Αντίθετα, η χρήση βιοδιεγέρτη αύξησε σημαντικά τα επίπεδα νιτρικών. Τα επίπεδα NH₄-N στο έδαφος δεν μεταβλήθηκαν και παρέμειναν σχεδόν τα ίδια σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Ωστόσο, όπως μπορεί να παρατηρηθεί, υπάρχει αυξητική τάση στη μεταχείριση BC και πτωτική τάση στη μεταχείριση AC (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Αποτελέσματα βασικών εδαφικών ιδιοτήτων και συγκεντρώσεις των μακροθρεπτικών.

Μεταχειρίσεις	pH	CaCO ₃ (%)	EC (mS cm ⁻¹)	Ανταλλάξιμα κατιόντα (meq/100gr)				P (mg kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)
				Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺			
CL	8,46 ^a	4,13 ^b	4,41 ^b	2,49 ^b	0,58 ^b	16,77 ^{ab}	2,90 ^a	11,54 ^b	5,92 ^b	5,72 ^a
BC	8,35 ^b	3,87 ^b	4,61 ^b	2,37 ^b	0,57 ^b	17,31 ^a	2,88 ^a	20,60 ^a	5,02 ^b	6,35 ^a
AC	8,36 ^b	4,65 ^a	5,81 ^a	3,01 ^a	0,75 ^a	15,60 ^b	2,98 ^a	11,10 ^b	14,37 ^a	4,94 ^a

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών κατιόντων.

Μεταχειρίσεις	Υδατοδιαλυτά κατιόντα (meq/L)			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
CL	8,14 ^a	5,69 ^b	27,65 ^b	0,64 ^b
BC	8,36 ^a	5,65 ^b	21,30 ^c	0,53 ^b
AC	10,91 ^a	7,27 ^a	35,56 ^a	1,09 ^a

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων με εκχύλιση DTPA.

Μεταχειρίσεις	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)
CL	1,21 ^b	6,8 ^b	3,01 ^c	10,92 ^a
BC	1,44 ^a	8,07 ^a	3,89 ^a	11,24 ^a
AC	1,28 ^b	7,36 ^{ab}	3,45 ^b	11,55 ^a

Οι συγκεντρώσεις DTPA-Fe και του Cu αυξήθηκαν σημαντικά στη μεταχείριση BC συγκριτικά με τη μεταχείριση AC και τον μάρτυρα. Όσον αφορά τη συγκέντρωση DTPA-Zn στο έδαφος, παρουσιάζεται σημαντική αύξηση τόσο στην BC όσο και στην AC, σημαντικά μεγαλύτερη στην BC. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση του Mn (Πίνακας 3).

Οι συγκεντρώσεις των μακροθρεπτικών συστατικών στους φυτικούς ιστούς αυξήθηκαν τόσο στις μεταχειρίσεις BC όσο και στις μεταχειρίσεις AC σε σύγκριση με την CL, με εξαίρεση το ασβέστιο (Πίνακας 4). Ιδιαίτερα, η συγκέντρωση του Na τριπλασιάστηκε με τη χρήση βιοδιεγέρτη. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και για τον P στα φύλλα, καθώς η συγκέντρωσή του τριπλασιάστηκε με τη χρήση biochar. Το ολικό N αυξήθηκε στη μεταχείριση AC επειδή ο βιοδιεγέρτης που χρησιμοποιήθηκε περιέχει άζωτο. Αναφορικά με τις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών, το Actiwave αύξησε τη συγκέντρωση Fe και του Zn στα φύλλα, διότι ο συγκεκριμένος βιοδιεγέρτης περιέχει σημαντική ποσότητα υδατοδιαλυτού και χηλικού Fe και Zn. Αντίθετα, η χρήση biochar μείωσε τη συγκέντρωση Fe και δεν μετέβαλε αυτή του Zn σε σύγκριση με το μάρτυρα (CL). Η συγκέντρωση Cu στα φύλλα μειώθηκε στη μεταχείριση AC, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή της συγκέντρωσης του Mn μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στους φυτικούς ιστούς.

Μεταχειρίσεις	Na (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	Total N (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)
CL	0,79 ^b	1,23 ^c	2,24 ^a	0,51 ^{ab}	0,09 ^c	0,89 ^b	19,79 ^b	35,40 ^a	18,48 ^a	319,72 ^b
BC	1,17 ^b	1,54 ^b	1,98 ^a	0,44 ^b	0,28 ^a	0,97 ^b	22,36 ^b	28,77 ^b	17,17 ^a	193,22 ^c
AC	2,98 ^a	1,88 ^a	2,14 ^a	0,64 ^a	0,11 ^b	1,36 ^a	44,09 ^a	35,09 ^a	13,11 ^b	519,35 ^a

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η ενσωμάτωση biochar μπορεί να είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη βελτίωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών σε αλατούχα εδάφη. Η χρήση του biochar βελτίωσε τις ιδιότητες του εδάφους. Η συγκέντρωση διαθέσιμου εδαφικού P βρέθηκε αυξημένη στη μεταχείριση BC, αποδεικνύοντας ότι η χρήση του biochar προμηθεύει το έδαφος με φώσφορο. Αντιθέτως, το έδαφος παρουσίασε αύξηση της EC και της συγκέντρωσης Na με εφαρμογή βιοδιεγέρτη (AC). Το pH του εδάφους παρουσίασε μικρή αλλά σημαντική μείωση στις μεταχειρίσεις BC και AC. Σε σύγκριση με τον μάρτυρα, η εφαρμογή βιοδιεγέρτη αύξησε σημαντικά τις συγκεντρώσεις Na, K, Fe και Zn στους φυτικούς ιστούς, ενώ η προσθήκη βιοεξανθρακώματος αύξησε σημαντικά τις συγκεντρώσεις των K και P.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Thaker et al. (2021) DOI:10.21474/IJAR01/13200
2. Kibria et al. (2019) DOI:10.4236/ojss.2019.911013
3. Hong et al (2018) DOI:10.1007/s11356-018-3086-8
4. Amada et al. (2009) DOI:10.17660/ActaHortic.2009.807.58.
5. Zhang et al. (2016) DOI: 10.2136/sssaspecpub63.2014.0049

PRIMA SOILS4MED: Συστήματα παρακολούθησης της υγείας του εδάφους για αειφόρο διαχείρισή του στην περιοχή της Μεσογείου

Τριαντακωνσταντής Δ., Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.

Ινστιτούτο Εδαφοδατικών Πόρων – Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ, Σοφοκλή Βενιζέλου 1, 14123, Λυκόβρυση, Ελλάδα, e-mail: trdimitrios@elgo.gr

Περίληψη: Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην παρουσίαση του έργου PRIMA SOILS4MED, το οποίο επικεντρώνεται στις περιοχές της Μεσογείου, της Εγγύς Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής. Αυτές οι περιοχές αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις λόγω της κλιματικής αλλαγής, της διάβρωσης και των διάφορων μορφών υποβάθμισης των εδαφών τους. Το SOILS4MED έχει θέσει ως στόχο την εναρμόνιση των δεικτών εδάφους περιλαμβάνοντας χημικές, φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, τη διευκόλυνση της παροχής δεδομένων για τα εδάφη και την παρακολούθηση της κατάστασης των εδαφών σε ολόκληρη την περιοχή. Επιπλέον, αναζητά τη διεύρυνση των πρωτοβουλιών χαρτογράφησης εδαφών, τη βελτίωση των δικτύων και των δεικτών παρακολούθησης, τον εντοπισμό σχετικών ενδιαφερομένων φορέων και την συμβολή τους στη βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης του εδάφους και του νερού. Επιπλέον, το έργο θα εξετάσει τη δυνατότητα δέσμευσης οργανικού άνθρακα στα εδάφη αυτής της περιοχής υπολογίζοντας την ποσό δέσμευσης του οργανικού άνθρακα μετά την εφαρμογή καλλιεργητικών πρακτικών καθώς και εκτιμώντας τις εκπομπές του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Λέξεις κλειδιά: εδαφικός οργανικός άνθρακας, υγεία του εδάφους, εδαφικοί δείκτες, Μεσόγειος,

Εισαγωγή-Σκοπός: Στην περιοχή της Μεσογείου, το ξηρό κλίμα, η σκόνη της έρημου της Σαχάρας, τα ορεινά εδάφη και οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν συνολικά επηρεάσει τα χαρακτηριστικά των εδαφών. Αυτά τα εδάφη τείνουν να είναι σχετικά

Πίνακας 1. Σχήμα συμμετεχόντων φορέων στο έργο SOILS4MED

Organisation	Country
Università di Sassari (UNISS), Nucleo Ricerca Desertificazione	ITA
Mediterranean Agronomic Institute of Bari (CIHEAM-B)	ITA (INT)
Int. Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)	LEB (INT)
Universidad de Sevilla (US)	SPA
Université de Poitiers (UNIPOI)	FRA
Direction des Sols (DGACTA)	TUN
Centro Ricerca Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna (CRS4)	ITA
Hellenic Agricultural Organization (DIMITRA)	GRE
Università di Palermo (UNIPA)	ITA
University of El Zagazig (UZAG)	EGY
Lebanese Agricultural Research Institute (LARI)	LEB
University of Jordan (UOJ)	JORD
Università di Milano (UNIMI)	ITA
University of Cukurova (UCUK)	TUR
Università Federico II di Napoli (UNINA)	ITA
EC – Joint Research Centre (JRC)	ITA (INT)

εδάφών. Τα εδάφη τόσο στη Μεσόγειο όσο και στις περιοχές της Εγγύς Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής έχουν επιβαρυνθεί από μη αειφόρες πρακτικές διαχείρισης της γης, οδηγώντας τα στην υποβάθμιση. Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν σε αυτήν την υποβάθμιση, συμπεριλαμβανομένης της εδαφικής διάβρωσης, της αλατότητας, της εξάντλησης της οργανικής ύλης και των θρεπτικών συστατικών, της ρύπανσης και της απώλειας της βιοποικιλότητας [2]. Αυτά τα προβλήματα αποτελούν σημαντική απειλή για την διατροφική ασφάλεια στην περιοχή, με τις πυρκαγιές να επιδεινώνουν τη διάβρωση, τους κύκλους των θρεπτικών και τη διαθεσιμότητα του νερού [3]. Ο κύριος στόχος του SOILS4MED είναι η ανάπτυξη δεικτών εδάφους και πρωτοκόλλων παρακολούθησης της υγείας των εδαφών. Το έργο SOILS4MED που έχει διάρκεια 3,5 έτη και έχει ξεκινήσει από τον Μάιο του 2023 περιλαμβάνει ένα σχήμα συμμετεχόντων με α) τρεις διακεκριμένους διεθνείς οργανισμούς (δύο στην περιοχή της Εγγύς Ανατολής και Βόρειας Αφρικής, CIHEAM-B και ICARDA, και ένας ευρωπαϊκός - JRC), β) μία κυβερνητική μονάδα της Τυνησίας- DGACTA), γ) τέσσερα ερευνητικά κέντρα: του Λίβανου (LARI), της Ελλάδας (DIMITRA), της Ιταλίας (CRS4) και του Μαρόκου (INRA, συνδεδεμένο με το ICARDA); και δ) εννέα πανεπιστήμια (Πίνακας 1).

Υλικά και Μέθοδοι: Οι περιοχές μελέτης καλύπτουν διάφορους τύπους εδαφών προκειμένου να διασφαλιστεί ο πλήρης έλεγχος των δεικτών σε ολόκληρη τη περιοχή της Μεσογείου. Η επιλογή των περιοχών μελέτης επηρεάστηκε από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα δεδομένων, οι χρήσεις γης καθώς και κοινωνικοί παράγοντες. Επιπλέον, υιοθετείται η προσέγγιση Living Lab, ώστε να ευθυγραμμιστεί με την πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι γνωστή ως “Soil Deal for Europe”. Αυτή η προσέγγιση διευκολύνει την ενεργό συμμετοχή και αλληλεπίδραση διάφορων εμπλεκόμενων φορέων, εξασφαλίζοντας ότι τα τοπικά προβλήματα αντιμετωπίζονται αποτελεσματικότερα με δεδομένα για το έδαφος. Χρησιμοποιήθηκε το πλέγμα δειγματοληψίας εδάφους Land Use and Coverage Area frame Survey (LUCAS) ως αφητηρία, με αυξημένη πυκνότητα δειγματοληψίας σε επιλεγμένες περιοχές. Το SOILS4MED στοχεύει στη διεύρυνση του δικτύου LUCAS σε χώρες εκτός της ΕΕ. Αρχικά, θα εκτιμήσουμε τους δείκτες που περιλαμβάνονται ήδη στο LUCAS (όπως περιγράφονται από τον [4]). Στη συνέχεια, ενδέχεται να επεκτείνουμε αυτούς τους δείκτες προκειμένου να προσαρμοστεί η παρακολούθησή τους στις συγκεκριμένες ανάγκες της Μεσογείου. Οι δείκτες του LUCAS περιλαμβάνουν φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους (όπως συνολικό άζωτο, υφή, pH, οργανικό άνθρακα, μέταλλα και πυκνότητα) καθώς και πρόσφατα επιπρόσθετους δείκτες που σχετίζονται με την εδαφική διάβρωση και τις βιολογία.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το έργο SOILS4MED πρόκειται να δημιουργήσει τα εξής αποτελέσματα: Καταρχάς, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα της διαχείρισης του εδάφους και του ύδατος, είναι ουσιώδες να αξιολογηθούν και να συγκριθούν οι επιδράσεις διάφορων πρακτικών διαχείρισης της γης. Το έργο στοχεύει στην εναρμόνιση των διαφόρων δεικτών, στην επικύρωσή τους για τη περιοχή της Μεσογείου και στην παρακολούθηση των επιπτώσεων διαφόρων πρακτικών, με στόχο την εντοπισμό των πλέον κατάλληλων προσεγγίσεων για την περιοχή. Ένα πρώτο βήμα περιλαμβάνει τον εντοπισμό πιθανών συνεργατών σε αυτήν τη διαδικασία, συμπεριλαμβανομένων ερευνητικών ιδρυμάτων και οργανισμών με σχετική τεχνογνωσία και πόρους. Επιπλέον, το έργο θα προετοιμάσει και θα βελτιώσει τα δεδομένα του εδάφους, καθιστώντας τα περισσότερο προσβάσιμα και χρήσιμα για τις μεμονωμένες χώρες και για το επερχόμενο Soil Atlas της περιοχής της Μεσογείου (JRC). Η πρώτη έκδοση του Soil Atlas της Ευρώπης πραγματοποιήθηκε το 2005. Επιπλέον, θα καταβληθούν προσπάθειες για τη βελτίωση των προβλέψεων σχετικά με τα αποθέματα άνθρακα στα εδάφη της Μεσογείου μέσω της συλλογής δεδομένων και της δειγματοληψίας του εδάφους. Ουσιαστικά, το SOILS4MED θα υποστηρίξει τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις στη διατήρηση του εδάφους, του νερού και των θρεπτικών, βελτιώνοντας έτσι την οικονομική τους σταθερότητα και την συνολική τους βιωσιμότητα. Τα αποτελέσματα του SOILS4MED θα συμβάλουν στην προώθηση πιο βιώσιμων γεωργικών πρακτικών και την υπεύθυνη χρήση περιορισμένων πόρων, ιδίως του νερού, του φωσφόρου και του αζώτου. Αυτό απαιτεί τη βελτίωση των Πληροφοριακών Συστημάτων Εδάφους για την ακριβή εκτίμηση των απαιτήσεων των καλλιεργειών. Συνεπώς, τα αποτελέσματα θα συμβάλουν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας των αγροκτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, με τον τελικό στόχο της αυξημένης κερδοφορίας. Είναι επιτακτικό να διαφυλάσσουμε την υγεία του εδάφους, καθώς αυτή είναι κρίσιμη για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της γεωργίας, ειδικά σε σχέση με την αυξανόμενη και αναμενόμενη αύξηση του κόστους γεωργικών εισροών. Επίσης, η ενίσχυση της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας των αγροκτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων θα έχει κοινωνικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της διασφάλισης ενός σταθερού εφοδιασμού υγιών τροφίμων (βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων) και της μείωσης της μετανάστευσης από αγροτικές περιοχές, ειδικά σε ευαίσθητες περιοχές που αντιμετωπίζουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και της έλλειψης πόρων. Επιπλέον, τα κοινωνικά οφέλη που προκύπτουν από το έργο περιλαμβάνουν τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχονται από τη βελτιωμένη υγεία του εδάφους, όπως η δέσμευση του οργανικού άνθρακα και η συμβολή στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Συμπεράσματα: Έχοντας υπόψιν ότι η υγεία των εδαφικών πόρων στην περιοχή της Μεσογείου είναι χαμηλή και ελλοχεύει ο κίνδυνος της επισιτιστικής ασφάλειας ιδιαίτερα στην Εγγύς Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική, και δεδομένου ότι υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα και ποιότητα δεδομένων και πληροφοριών για το έδαφος, το έργο SOILS4MED πρόκειται να απαντήσει στις παραπάνω προκλήσεις. Έτσι, σε συμφωνία με τις αρχές της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής “Soil Deal for Europe”, το SOILS4MED θα συνεργαστεί με ένα μεγάλο αριθμό επιστημόνων, ενδιαφερόμενων φορέων και τελικών χρηστών στον συν-σχεδιασμό επιστημονικά αξιόπιστων, βιώσιμων και πολιτικώς χρήσιμων συστημάτων παρακολούθησης της υγείας του εδάφους, τα οποία θα είναι εναρμονισμένα σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου. Επίσης το έργο πρόκειται να προβάλλει τα πολλαπλά κοινωνικά οφέλη που προκύπτουν από την αυξημένη επένδυση σε δεδομένα και πληροφορίες για το έδαφος.

Ευχαριστίες: Αυτό το έργο υποστηρίζεται από το Πρόγραμμα PRIMA της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Πρόγραμμα Horizon 2020, Grant Agreement: 2212 - SOILS4MED).

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Yaalon (1997), DOI: 10.1016/S0341-8162(96)00035-5.
2. Zdruli & Zucca, (2023). Restoring land and soil health to ensure sustainable and resilient agriculture in the Near East and North Africa region – State of Land and Water Resources for Food and Agriculture thematic paper. Cairo, FAO.
3. Caon et al. (2014), DOI: 10.1016/j.earscirev.2014.09.001
4. Fernandez et al. (2018), DOI: 10.2760/215013

Έδαφος και Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Ο ρόλος της Εδαφολογίας και των Εδαφολόγων

Τσαντήλας Χ.

Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Θεοφράστου 1, 41335 Λάρισα, e-mail: christotsadilas@gmail.com

Περίληψη: Ο ΟΗΕ για την αποφυγή της κατάρρευσης του κλίματος και της δημιουργίας όρων βιώσιμης ανάπτυξης υιοθέτησε το 2015 τους 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) που πρέπει να υλοποιηθούν μέχρι το 2030. Η επίτευξη των 11 τουλάχιστον από στόχους αυτούς (1-Τέλος της Φτώχειας, 2-Μηδενική πείνα, 3-Καλή υγεία και ευημερία, 5-Ισότητα φύλων, των αυτών, 6-Καθαρό νερό και υγιεινή, 7-Προσιτή και καθαρή ενέργεια, 9-Καινοτομία και υποδομές, 11-Βιώσιμες πόλεις, 12-Λογισμένη κατανάλωση και παραγωγή, 13-Δράση για το κλίμα, 15-Ζωή στη χερσαία γη και 16-Ειρήνη, Δικαιοσύνη και Ισχυροί θεσμοί, εξαρτάται σημαντικά από τη διατήρηση και ενίσχυση της υγείας του εδάφους. Το έδαφος υποστηρίζει τους ΣΒΑ μέσω των οικοσυστημικών υπηρεσιών που καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα λειτουργιών από τις οποίες εξαρτάται η ζωή στον πλανήτη και η ευζωία των ανθρώπων. Παρά ταύτα το έδαφος αντιμετωπίζει σοβαρές πιέσεις που οδηγούν στην υποβάθμιση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του που οδηγεί σε υποβάθμιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Η διασφάλιση της αξιοποίησης της ρόλου των εδαφών στην αντιμετώπιση των σύγχρονων απειλών λόγω της κλιματικής αλλαγής και στην βιωσιμότητα του πλανήτη δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη βαθιά γνώση των λειτουργιών του και της αποτελεσματικής κοινωνικής τους σε όλα τα κοινωνικά στρώματα αρχίζοντας από τα σχολεία. Στο ζήτημα αυτό ο ρόλος των εδαφολόγων είναι θεμελιώδης και πρέπει με κάθε τρόπο να προβληθεί και προωθηθεί.

Λέξεις κλειδιά: λειτουργίες εδάφους, κλιματική αλλαγή, επισιτιστική ασφάλεια, περιβαλλοντική βιωσιμότητα, εδαφική υγεία.

Εισαγωγή-Σκοπός: Η «ανάπτυξη» στον πλανήτη με όρους μόνο «οικονομικής μεγέθυνσης» και όχι πραγματικής ανάπτυξης, οδήγησε τη βιωσιμότητά του σε οριακό σημείο με ορατό πλέον τον κίνδυνο της κλιματικής κατάρρευσης, όπως προκύπτει από τα τελευταία στοιχεία της Διακυβερνητικής Επιτροπής για το Κλίμα (IPCC, 2023). Ο ΟΗΕ για την ανακοπή αυτής πορείας δημιούργησε τους 17 ΣΒΑ, η επίτευξη των οποίων δεν φαίνεται δυνατή χωρίς να ληφθούν πιο εντατικά μέτρα (UN DESA, 2023). Με δεδομένες αυτές τις ανησυχητικές διαπιστώσεις, υπάρχει μεγάλη ανάγκη να δραστηριοποιηθούν όλοι οι τομείς που σχετίζονται με την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή στα νέα κλιματικά δεδομένα. Το έδαφος μέσω των λειτουργιών του σχετίζεται σημαντικά με πολλούς από τους ΣΒΑ και επομένως η διαχείρισή του επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα την επίτευξή τους. Είναι όμως γνωστό ότι ο ρόλος του εδάφους είναι υποεκτιμημένος από όλα τα θεσμικά επίπεδα των χωρών και των μεγάλων οργανισμών, με αποτέλεσμα να μένει ανυπεράσπιστο στις πιέσεις που δέχεται από διάφορες επιλογές που θέτουν σε προτεραιότητα άλλους τομείς της οικονομίας, τους οποίους αναπτύσσουν σε βάρος της γης και του εδάφους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο ενεργειακός τομέας, η ανάπτυξη του οποίου σε πολλές περιπτώσεις προωθείται σε βάρος της γης και του εδάφους, όπως συμβαίνει με την αλλαγή στις χρήσεις γης για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών ή η χρησιμοποίηση παραγωγικής γης για εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Αυτές οι επιλογές που οφείλονται είτε σε μειωμένη γνώση της σημασίας των λειτουργιών του εδάφους ή σε επιλογές που αδιαφορούν για αυτές, οδήγησαν σε μεγάλη υποβάθμιση του φυσικού αυτού πόρου, με συνέπειες που επηρεάζουν αρνητικά την επίτευξη των ΣΒΑ του ΟΗΕ. Σκοπός του άρθρου αυτού είναι η ανάδειξη της στενής σχέσης του εδάφους μέσω των λειτουργιών του με την επίτευξη των ΣΒΑ και του ρόλου της επιστήμης της εδαφολογίας και των εδαφολόγων στην κατεύθυνση αυτή.

Υλικά και Μέθοδοι: Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο άρθρο προέρχονται από ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας που καλύπτει το ρόλο του εδάφους στη λειτουργία των οικοσυστημάτων, οι οποίες σχετίζονται με τους ΣΒΑ του ΟΗΕ και της σημασίας της εδαφολογίας και των εδαφολόγων στην κατεύθυνση αυτή.

Αποτελέσματα – Συζήτηση: Το έδαφος σχετίζεται σημαντικά με πάρα πολλούς ΣΒΑ, αν και αυτό δεν αναφέρεται ρητά στο σχετικό κείμενο του ΟΗΕ και η βιώσιμη διαχείρισή του είναι κρίσιμη για την επίτευξή τους. Τουλάχιστο 12 από τους 17 ΣΒΑ έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με τις λειτουργίες του εδάφους (Lal et al., 2021). **Ο στόχος 1** που αποβλέπει στην αντιμετώπιση της φτώχειας που οποία κυριαρχεί σε χώρες με φτωχούς φυσικούς πόρους και μη παραγωγική γεωργία συνδέεται με το έδαφος μέσω της λειτουργίας του ως μέσου ανάπτυξης των φυτών και της γεωργικής παραγωγής. **Ο στόχος 2**, για την αντιμετώπιση της μηδενικής πείνας που παρατηρείται σε χώρες με ακραίες κλιματικές συνθήκες, όπως ξηρασία, πλημμύρες, καύσωνες που μειώνει την παραγωγή τροφίμων συνδέεται με το έδαφος μέσω της λειτουργίας που συμμετέχει στον κύκλο του άνθρακα. **Ο στόχος 3** που προβάλλει την ανάγκη για καλή υγεία και ευημερία εξυπηρετείται από το έδαφος μέσω του γεγονότος ότι υγιή εδάφη παράγουν υγιή προϊόντα και κατ' επέκταση υγιή ζώα και μέσω των τροφίμων την υγεία των ανθρώπων. **Ο στόχος 4** (διασφάλιση και χωρίς αποκλεισμούς δίκαιη και ποιοτική εκπαίδευση και η δια βίου μάθηση) σχετίζεται με την επιστήμη της εδαφολογίας διότι συμβάλλει στην αύξηση της ποιότητας της εκπαίδευσης λόγω της ολιστικής και πολυκλαδικής της φύσης. **Ο στόχος 5** που αναφέρεται στην ισότητα των φύλων εισάγει την ανάγκη στην επιστήμη της εδαφολογίας, στην οποία η συμμετοχή του γυναικείου φύλου είναι μειωθητική. **Ο στόχος 6** αναφέρεται στην προοπτική δημιουργίας καθαρού νερού μέσω της λειτουργίας του εδάφους με την οποία το νερό δια της κυκλοφορίας μέσω αυτού καθαρίζεται συμβάλλοντας έτσι στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της έλλειψης νερού, της ρύπανσης αυτού και γενικά στη βελτίωση της κατάστασης των οικοσυστημάτων. **Ο στόχος 9** που αναφέρεται στην ανάγκη εκβιομηχάνισης, της καινοτομίας και της δημιουργίας υποδομών που προκαλούν απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα, υποστηρίζεται σοβαρά από το έδαφος, το οποίο αποτελεί τεράστια αποθήκη

άνθρακα, εάν υποστεί σωστή διαχείριση. **Ο στόχος 11** σχετίζεται με τη δημιουργία βιώσιμων πόλεων και κοινοτήτων. Το έδαφος σχετίζεται στενά με μερικούς υποστόχους του στόχου αυτού, όπως της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων και τη δημιουργία προσβάσιμων ασφαλών πράσινων δημόσιων χώρων. Επίσης το έδαφος προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης στις μεγάλες πόλεις αστικής γεωργίας και κηπουρικής καθώς και της ονομαζόμενης «μόνιμης γεωργίας» (*permanent agriculture*) σε ορεινές κοινότητες. **Ο στόχος 12** αποσκοπεί στην υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή, η επίτευξη των οποίων που προϋποθέτει τη βιώσιμη διαχείριση του εδάφους, η οποία στον 21^ο αιώνα υποχώρησε επικίνδυνα αυξάνοντας υπερβολικά τα περιβαλλοντικά αποτυπώματα της κατανάλωσης και παραγωγής. **Ο στόχος 13** ασχολείται με την ανάληψη άμεσων δράσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της, οι οποίες περνούν μέσα από την βιώσιμη διαχείριση των εδαφών, με την οποία μπορεί να δεσμευθούν σημαντικές ποσότητες άνθρακα από την ατμόσφαιρα. **Ο στόχος 15** που αναφέρεται στη ζωή πάνω στο χερσαίο τμήμα του πλανήτη σχετίζεται στενά με το έδαφος το οποίο αποτελεί θεμελιακό συστατικό της γης, από την οποία εξαρτάται η ζωή ως μέρος του οικοσυστήματος του πλανήτη. Τέλος **ο στόχος 16** που επιδιώκει την εξασφάλιση ειρήνης, δικαιοσύνης και ισχυρών θεσμών αποτελώντας το κεντρικό εργαλείο για την επίτευξη όλων των ΣΒΑ, υποστηρίζεται σημαντικά από την εδαφολογία. Υγιή και παραγωγικά εδάφη συμβάλλουν στην επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας μέσω υγιούς γεωργικού τομέα και της αποφυγής συγκρούσεων που καταλήγουν σε μετανάστευση και δημιουργία αιτιών πολέμων.

Η επίτευξη των στόχων που αποβλέπουν στην επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας, καθαρού νερού, και αντιμετώπιση των κινδύνων από την κλιματική αλλαγή (1, 2, 6, 13) δημιουργεί πιέσεις στα εδάφη, η περαιτέρω υποβάθμιση των οποίων απαιτεί βιώσιμη διαχείριση της γης που προϋποθέτει την ενημέρωση όλων των εμπλεκόμενων ώστε να επιτευχθεί μία ισορροπία μεταξύ της οικονομίας, της κοινωνίας και της βιόσφαιρας, δηλαδή μιας ολιστικής προσέγγισης (Keesstra et al. 2018). Η επίτευξη των ΣΒΑ προϋποθέτει τη βαθιά γνώση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που σχετίζονται με τη λειτουργία των υγιών εδαφών που εξασφαλίζουν την παροχή των μέσων βιώσιμης ανάπτυξης (τροφή, νερό, μέσου ανάπτυξης των φυτών και υποδομών κ.λπ).

Συμπεράσματα: Η επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης προϋποθέτει τη βιώσιμη διαχείριση των εδαφών, στην πραγματοποίηση των οποίων ο ρόλος της Εδαφολογίας και των Εδαφολόγων αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. IPCC (2023), DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
2. Keesstra et al. (2018), DOI: 10.3390/land7040133
3. Lal et al. (2021), DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e0039
4. UN DESA (2023),. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>

Κυκλική οικονομία & βιώσιμη αγροτική παραγωγή: η περίπτωση της χρήση εξαντλημένης σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων σε γεωργικά εδάφη.

Τσίγκα Ι. και Γκόλια Ε. Ε.

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

Περίληψη: Η σκόνη πλήρωσης πυροσβεστήρων τύπου ABC 40% περιέχει στη σύστασή της 40% φωσφορικό μονοαμμώνιο (MAP) και 50% θειική αμμωνία (NH₄)₂SO₄. Οι υψηλές ποσότητες σκόνης πυροσβεστήρων που απορρίπτονται κάθε χρόνο μετά τη λήξη τους, σε συνάρτηση με τη σύστασή τους, οδήγησαν στη διερεύνηση της αξιοποίησης αυτών ως λίπασμα στη γεωργία. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα σε φυτοδοχεία, όπου μελετήθηκε η ανάπτυξη δύο φυλλωδών λαχανικών, το σπανάκι και το μαρούλι. Τα εδάφη που επιλέχθηκαν για την πειραματική διαδικασία ήταν το ένα όξινο και το άλλο αλκαλικό, τα οποία προήλθαν από αγροτικές περιοχές της Ελλάδας. Στα δύο αυτά εδαφικά δείγματα έγινε προσθήκη σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων σε δύο επίπεδα. Η μελέτη βασίστηκε στην παρακολούθηση των μεταβολών των αναπτυξιακών χαρακτηριστικών των φυτών καθώς και στην περιεκτικότητά τους σε φώσφορο. Διαπιστώθηκε ότι σε κανένα από τα δύο φυτά που μελετήθηκαν δεν προκλήθηκε τοξικότητα από την προσθήκη της εξαντλημένης σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων. Αντιθέτως και στα δύο είδη φυτών παρατηρήθηκε αύξηση της βιομάζας τους, η οποία ήταν ανάλογη με την ποσότητα της σκόνης που προστέθηκε σε κάθε δείγμα εδάφους.

Λέξεις κλειδιά: Φωσφορικό μονοαμμώνιο, Θειική αμμωνία, Λίπασμα, Εδαφοβελτιωτικό

Εισαγωγή-Σκοπός: Οι πυροσβεστήρες δρουν κατασταλτικά ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Ανάλογα με το μέσο πυρόσβεσης διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Η πιο διαδεδομένη είναι η ABC που διαθέτει ως μέσο πλήρωσης την ξηρή σκόνη. Η σύστασή της ποικίλει ανάλογα με τα ποσοστά φωσφορικού μονοαμμωνίου που περιέχει. Συνήθως, συναντάται σε ποσοστό 40% MAP και 50% θειική αμμωνία (NH₄)₂SO₄. Τόσο το φωσφορικό μονοαμμώνιο όσο και η θειική αμμωνία είναι ενώσεις που χρησιμοποιούνται και ως λιπάσματα στη γεωργία. Κάθε χρόνο απορρίπτονται μεγάλες ποσότητες σκονών πλήρωσης πυροσβεστήρων μετά τη λήξη τους. Η επαναχρησιμοποίησή τους στις καλλιέργειες ως λίπασμα θεωρήθηκε μια ενδεδειγμένη πρόταση ανακύκλωσης [1], όπου εξυπηρετείται η βιώσιμη γεωργία, μέσω μιας φθηνής πηγής φωσφόρου. Η επαναχρησιμοποίησή τους συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του εξευγενισμού του φωσφορικού άλατος [2]. Ο φώσφορος προέρχεται κατά κύριο λόγο από την εξόρυξη φωσφορικών πετρωμάτων, τα οποία ανήκουν στους μη ανανεώσιμους πόρους. Συγκαταλέγεται στα σημαντικά μακροθρεπτικά συστατικά που κρίνονται απαραίτητα στη δημιουργία του DNA και του RNA των φυτών. Παράλληλα ενισχύει και σταθεροποιεί τη μεμβράνη των κυττάρων, επηρεάζει την ανάπτυξή τους καθώς και τον μεταβολισμό της ενέργειάς τους [3]. Επομένως, έχοντας ως γνώμονα την κυκλική οικονομία και ως μέλημα την προστασία τους περιβάλλοντος πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη μελέτη. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης της εξαντλημένης σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων ως λίπασμα για την αύξηση της γονιμότητας όξινων και αλκαλικών εδαφών και την ανάπτυξη δυο σπορογόνων φυλλωδών λαχανικών (σπανάκι και μαρούλι).

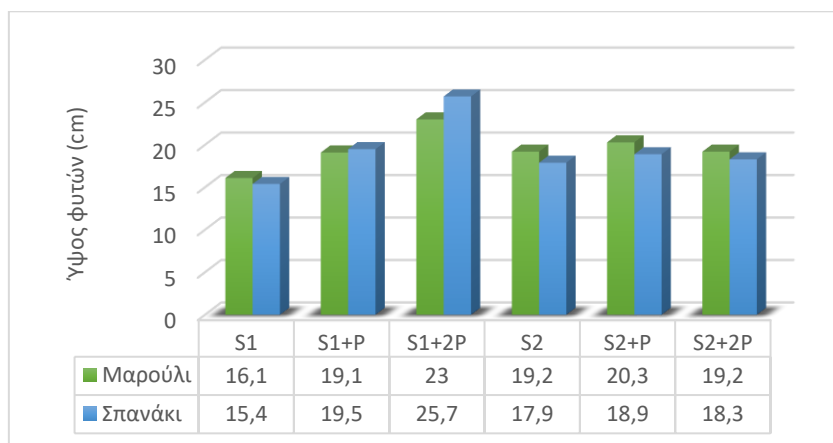
Υλικά και Μέθοδοι: Πραγματοποιήθηκε πείραμα σε φυτοδοχεία με σκοπό τον έλεγχο της γονιμότητας των εδαφών μετά την προσθήκη της εξαντλημένης σκόνης πλήρωσης των πυροσβεστήρων τύπου 40% ABC. Κάθε μια περιείχε 3,5kg αγροτικού όξινου εδάφους ή 4kg αλκαλικού εδάφους. Εφαρμόστηκε πλήρως τυχαίο πείραμα σε ομάδες με τρεις επαναλήψεις (3 επίπεδα σκόνης x 2 εδάφη x 2 φυτά x 3 επαναλήψεις, δηλ 18 για το σπανάκι και 18 για το μαρούλι) [4]. Τα εδάφη πριν τη φύτευση των φυτών αεροξηράνθηκαν, πέρασαν από κόσκινο 2 mm και υποβλήθηκαν σε φυσικές και χημικές αναλύσεις. Μετρήθηκαν οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του pH, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, η κοκκομετρική σύσταση, η ικανότητα συγκράτησης του νερού και η ειδική πυκνότητα. Ακολούθησε η φύτευση των φυτών (σπανάκι και μαρούλι). Σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας οι γλάστρες ζυγίζονταν 2 φορές/εβδομάδα ώστε να διατηρηθεί στο 70% η υγρασία τους. Η ανάπτυξη του σπανακιού (*Spinacia oleraceae*) ολοκληρώθηκε σε 53 ημέρες ενώ του μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) σε 45. Πριν την συγκομιδή μετρήθηκαν τα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά (ύψος) του κάθε φυτού και ακολούθησε ο προσδιορισμός του φωσφόρου στις φυτικές ίνες.

Αποτελέσματα–Συζήτηση : Οι τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Πίνακας1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες εδαφών (όξινου και αλκαλικού)

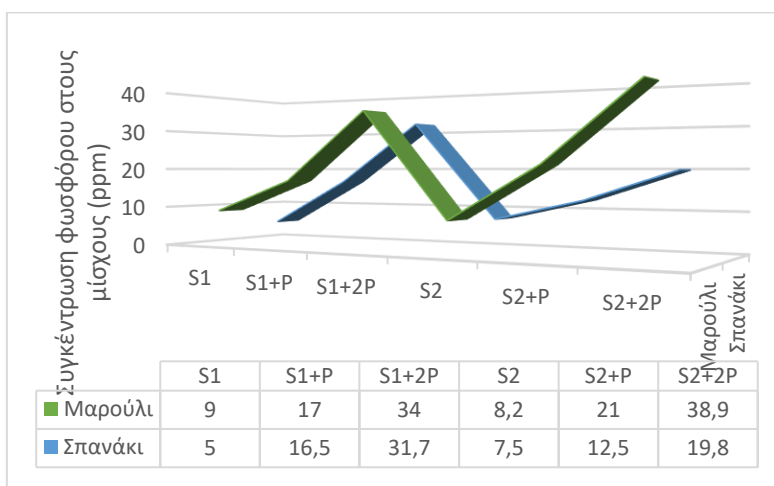
Φυσικοχημικές παράμετροι	Όξινο έδαφος (S ₁)	Αλκαλικό έδαφος (S ₂)
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm)	1912	2567
pH	5.8	8.2
Οργανική ουσία (%)	3,2	2,9
Ιλύς (%)	44 (%)	43 (%)
Άργιλος (%)	39 (%)	35 (%)
Φαινομενική πυκνότητα (kg m ⁻³)	1,31	1,65

Στην εικόνα 1 φαίνεται η διακύμανση του ύψους των φυτών μετά από την προσθήκη σκόνης και στα δυο εδάφη. Τόσο στο όξινο αγροτικό έδαφος όσο και στο αλκαλικό αγροτικό, τα φυτά αύξησαν το ύψος τους ανάλογα με τη συγκέντρωση σκόνης που προστέθηκε.



Εικόνα 1. Διακύμανση ύψους φυτών με την προσθήκη δυο διαφορετικών επιπέδων σκονών πλήρωσης πυροσβεστήρων

Η συγκέντρωση του φωσφόρου στους μίσχους του μαρουλιού και του σπανακιού με βάση την προσθήκη σκόνης και στα δυο είδη εδαφών απεικονίζεται στην εικόνα 2, όπου παρατηρούμε ότι τόσο στο όξινο όσο και στο αλκαλικό έδαφος αυξάνεται η συγκέντρωση του P στους μίσχους μετά την προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας σκόνης. Υψηλότερη συγκέντρωση φωσφόρου στους μίσχους και των δυο φυτών, ανιχνεύθηκε στα όξινα εδάφη μετά από τον διπλασιασμό της σκόνης πλήρωσης πυροσβεστήρων.



Εικόνα 2: Συγκέντρωση φωσφόρου στους μίσχους των φυτών με την προσθήκη δυο διαφορετικών επιπέδων σκονών πλήρωσης πυροσβεστήρων.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα της παρούσας προκαταρκτικής μελέτης έδειξαν ότι προσθέτοντας εξαντλημένη σκόνη πλήρωσης πυροσβεστήρων τύπου ABC 40% σε εδάφη όξινα και αλκαλικά, αυξάνεται η συγκέντρωση φωσφόρου στους μίσχους των φυλλωδών λαχανικών (μαρουλιού και σπανακιού). Ακόμη και με την προσθήκη δύο επιπέδων σκόνης δεν διαπιστώθηκε καμία τοξικότητα στα φυτά, αντίθετα παρατηρήθηκε ενίσχυση των αναπτυξιακών χαρακτηριστικών τους με την αύξηση του ύψους αυτών. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά για μια περαιτέρω διερεύνηση στον τρόπο και στις τεχνικές απελευθέρωσης των θρεπτικών συστατικών των σκονών πλήρωσης πυροσβεστήρων σε αγροτικές περιοχές.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Soja et al (2021) DOI: 10.5194/egusphere-egu21-14764,
2. Praticò et al. (2010). DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.08.136
3. Hasan et al (2016). DOI: 10.1186/s11658-016-0008-y
4. Golia et al (2023) DOI: 10.1007/s11356-021-17420-7

Ο ρόλος του βιοεξανθρακώματος στην ελληνική αναγεννητική γεωργία

Κοριζής Χ.¹, Γασπαράτος Δ.², Ωραιόπουλος Κ.³

¹Biorikilo, Αλωπεκής 39, 10676 Αθήνα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, 11855 Αθήνα

³Compro Expert Hellas, Αιγιαλείας 54, 15125 Αθήνα

Περίληψη: Το βιοεξανθράκωμα είναι ένα πλούσιο σε άνθρακα υλικό που προέρχεται από την πυρόλυση οργανικού υλικού απουσία οξυγόνου. Λόγω των σημαντικών εδαφοβελτιωτικών επιδράσεων του σε διαφορετικές πεδοκλιματικές συνθήκες ανά τον κόσμο, αναδεικνύεται η χρήση του στην αναγεννητική γεωργία. Η παρούσα ανασκόπηση ενοποιεί στοιχεία και έρευνες σχετικά με τις χρήσεις και τις επιπτώσεις του βιοεξανθρακώματος στην υγεία του εδάφους, την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα. Αφού περιγραφούν οι προκλήσεις και τα δυνητικά θετικά αποτελέσματα, αναλύονται οι προοπτικές της χρήσης του στην Ελλάδα, ως ένα προϊόν με στόχο τη βελτίωση της υγείας του εδάφους, με ταυτόχρονη μείωση των απαιτούμενων εισροών, όπως λιπάσματα και νερό, σημαντικοί παράγοντες για τη βιώσιμη και αναγεννητική καλλιέργεια.

Λέξεις κλειδιά: υπολειμματική βιομάζα, κυκλική οικονομία, βιοεξανθράκωμα, υγεία εδάφους, δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα

Εισαγωγή-Σκοπός: Η κατάσταση της υγείας του εδάφους είναι ένα κρίσιμο ζήτημα στην ΕΕ, καθώς περισσότερο από το 60% των ευρωπαϊκών εδαφών εμφανίζουν υποβάθμιση λόγω της μη βιώσιμης διαχείρισης της γης, της ρύπανσης από συμβατικά λιπάσματα και ζιζανιοκτόνα, της υπερεκμετάλλευσης, και των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης. Περαιτέρω, πρόσφατες μελέτες αναδεικνύουν την υποβάθμιση των εδαφών, την ανισότητα στην κατανομή των υδάτινων πόρων, την απώλεια της βιοποικιλότητας λόγω έντονων μεταβολών στο φυσικό οικοσύστημα, συμπεριλαμβανομένης της αστικοποίησης και του κατακερματισμού των οικοτόπων, ως μερικές από τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που προκύπτουν από την συμβατική μονοκαλλιέργεια[1]. Η συνολική παραγωγή γεωργικών υπολειμμάτων στην ΕΕ ανέρχεται στους 442 εκατομμύρια τόνους ετησίως[2]. Μόνο ένα μικρό ποσοστό απορροφάται βιώσιμα (ενέργεια, τροφή, κτλ), ωστόσο προβλέπεται ότι τα βιο-λιπάσματα που προέρχονται από την επεξεργασία των βιολογικών αποβλήτων μπορούν να αντικαταστήσουν έως και το 30% των ανόργανων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα[3]. Παράλληλα, οι πρόσφατες γεωπολιτικές και οικονομικές κρίσεις έχουν εντείνει την ανάγκη για βιώσιμες εφοδιαστικές αλυσίδες προϊόντων που προφυλάσσουν την υγεία και την παραγωγικότητα του εδάφους. Ταυτόχρονα, η ξηρασία στην περιοχή της Μεσογείου δυσκολεύει ορισμένες καλλιέργειες που απαιτούν άρδευση, οι ελιές, που παράγουν μεγάλη ποσότητα υπολειμματικής βιομάζας με μικρή εμπορική αξία. Αξίζει να επισημανθεί ότι, η συνολική μέση παραγωγή αγροτικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα από το 2011 έως το 2018 είναι 10 Mt/έτος[4], με την ελαιοκομία να έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στη χώρα (31,7%). Ακολουθούν τα εσπεριδοειδή (19,2%), το καλαμπόκι (10,7%) και το σκληρό σιτάρι (8,6%). Μία βιώσιμη λύση που εξετάζεται είναι η μετατροπή μέρους αυτής της βιομάζας σε βιοεξανθράκωμα.

Βιοεξανθράκωμα και αναγεννητική γεωργία: Η αναγεννητική γεωργία μπορεί να αντιμετωπίσει τις παραπάνω προκλήσεις, καθώς περιλαμβάνει ένα σύνολο γεωργικών πρακτικών και αρχών που στοχεύουν στην προώθηση της ανθρώπινης υγείας και της οικονομικής ευημερίας, ενώ αποκαθιστούν και ενισχύουν τη βιωσιμότητα του οικοσυστήματος, μέσω των αρχών της βιοποικιλότητας και της κυκλικής οικονομίας. Όσον αφορά το βιοεξανθράκωμα, αυτό είναι ένα στερεό υλικό υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, το οποίο είναι ανθεκτικό στην αποσύνθεση από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Παράγεται μέσω της πυρόλυσης βιομάζας, κυρίως από γεωργικά ή/και ζωικά απόβλητα, υπολείμματα, αστικά λύματα, κτλ., σε ελεγχόμενες συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Αυτή η χημική αντίδραση οδηγεί στην ταυτόχρονη παραγωγή διαφόρων προϊόντων, όπως 1) βιοέλαιο (συμπυκνωμένα πτητικά, ωφέλιμα για θέρμανση και ενέργεια), 2) βιοαέριο σύνθεσης (μη συμπυκνώσιμα πτητικά, ωφέλιμα για ενέργεια, και 3) βιοεξανθράκωμα. Το τελευταίο δρα ως πολυλειτουργικό εδαφοβελτιωτικό, διαθέτοντας σημαντικά χαρακτηριστικά, όπως σημαντική ειδική επιφάνεια (300m²/g), και υψηλό επιφανειακό φορτίο που βοηθά στην υψηλή συγκράτηση θρεπτικών συστατικών [5]. Πέρα από τα θρεπτικά συστατικά, το βιοεξανθράκωμα επηρεάζει πολλές ιδιότητες του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων της περιεκτικότητας σε οργανικό άνθρακα, της δομής του, της σταθερότητας των συσσωματωμάτων, της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (CEC), της ρύθμισης του pH του εδάφους, καθώς και της βιολογίας του εδάφους (μικροβιακή δραστηριότητα και ποικιλότητα). Επιπλέον, παρέχει υπηρεσίες οικοσυστήματος, όπως τη βελτίωση της αποθήκευσης άνθρακα στο έδαφος καθώς και τη μείωση των εκπομπών CO₂ και αερίων αζωτούχων ενώσεων (N₂O και NO_x). Πρόσφατα (Σεπτέμβριος του 2023), η Επιτροπή Γεωργίας & Αγροτικής Ανάπτυξης της ΕΕ εξέτασε την εφαρμογή του βιοεξανθρακώματος και την αναγνώρισε ως μόνιμη μέθοδο αποθήκευσης άνθρακα σε ισότιμη θέση με άλλες μεθόδους μόνιμης αποθήκευσης. Αυτό συμβάλει στη δημιουργία επιπρόσθετων εσόδων που υποστηρίζουν τέτοιες καινοτόμες πράσινες δραστηριότητες. Γι' αυτούς τους λόγους, τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη έρευνα στον τομέα αυτό, με περισσότερα από 200.000 άρθρα, επικεντρωμένα στην ενσωμάτωση του βιοεξανθρακώματος στα εδάφη[6].

Στην αναγεννητική γεωργία, οι χρήσεις του βιοεξανθρακώματος περιλαμβάνουν:

- Εδαφοβελτίωση: βελτιώνει τη γονιμότητα και τη δομή του εδάφους, οδηγώντας σε καλύτερη συγκράτηση νερού και αυξημένη ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών.
- Διαχείριση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων: συμβάλει στη μείωση των αποβλήτων και στη βελτίωση της βιωσιμότητας των γεωργικών και δασικών πρακτικών

- Μείωση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων: μειώνει την ανάγκη για φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα, καθώς έχει θετικό αντίκτυπο στην υγεία του εδάφους και καταστέλλει την ανάπτυξη ορισμένων ζιζανίων.
- Βελτίωση ζωοτροφών: η χρήση του ως πρόσθετου μπορεί να βελτιώσει την πεπτικότητα των ζωοτροφών και να μειώσει τις εκπομπές μεθανίου και άλλων αερίων του θερμοκηπίου από τα ζώα.

Οι προκλήσεις και οι προβληματισμοί που υπάρχουν ακόμα, αντιμετωπίζονται συστηματικά μέσω ερευνητικών προσπαθειών:

1. Πρώτη ύλη: η επιλογή της χρειάζεται εξέταση με βάση την τοπική διαθεσιμότητα και τα επιθυμητά αποτελέσματα.
2. Ποσοστά Εφαρμογής: απαιτείται προσαρμογή των ποσοτήτων και των μεθόδων εφαρμογής.
3. Τοπικές παραλλαγές: οι γεωργικές περιοχές στην Ελλάδα παρουσιάζουν ποικιλομορφία
4. Συνολικό κόστος: οι σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές για το προϊόν αλλά και τη βέλτιστη εφαρμογή του (μηχανήματα, πετρέλαιο, εργατικά) είναι αποσπασματικές ή περιορισμένες.

Μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις: Οι εταιρείες ή οι αγρότες δεν πρέπει να παράγουν και να ενσωματώσουν βιοεξανθράκωμα στο έδαφος χωρίς κατάλληλη τεκμηρίωση, καθώς, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, ενδέχεται να μην προσφέρει σημαντικά οφέλη ή ακόμη και να είναι επιζήμιο για το έδαφος ή την καλλιέργεια. Είναι αναγκαίο να διεξαχθούν μακροχρόνια πειράματα αγρού, προκειμένου να καταγραφούν τα πλεονεκτήματα, οι κίνδυνοι, οι μέθοδοι και τα εμπόδια σχετικά με την εφαρμογή του βιοεξανθρακώματος από διάφορες πηγές βιομάζας, σε διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας και υπό διαφορετικές πεδοκλιματικές συνθήκες. Μεταξύ άλλων, για την επιτυχή εφαρμογή του απαιτείται:

1. Βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων στις πιο σημαντικές καλλιέργειες και τύπους εδαφών υπό αναγεννητικές πρακτικές
2. Διερεύνηση της μακροπρόθεσμης σταθερότητας και ανθεκτικότητάς στο έδαφος
3. Μελέτη των επιπτώσεων στη συγκράτηση νερού στο έδαφος
4. Εξέταση της επίδρασης στη γονιμότητα του εδάφους και στην πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά
5. Μελέτη αλληλεπίδρασής με τους επικονιαστές (π.χ. μέλισσες και παραγωγή μελιού) και τους δείκτες βιοποικιλότητας
6. Κοινωνικο-οικονομικές μελέτες, που αναδεικνύουν την οικονομική βιωσιμότητα της αναγεννητικής γεωργίας.

Συμπεράσματα: Λόγω των ιδιαίτερων και ποικίλων αγροοικοσυστημάτων της, η Ελλάδα αποτελεί αντικείμενο μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος για την εφαρμογή βιοεξανθρακώματος στα πλαίσια της αναγεννητικής γεωργίας. Το βιοεξανθράκωμα μπορεί να ενσωματωθεί ως μέρος ενός ευρύτερου συστήματος αναγεννητικών πρακτικών, που περιλαμβάνουν την εφαρμογή συστημάτων ελάχιστης και μη άρσης, τη χρήση χλωρών λιπάνσεων, την εκ περιτροπής βόσκηση, την κομποστοποίηση, κ.α. Οι αποδοτικές συνέργειες σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα είναι αναγκαίες για την εκπλήρωση της υπόσχεσης για ασφαλή, αποδοτικά, οικονομικά και βιώσιμα εδαφοβελτιωτικά, που μπορούν να αναδείξουν την αναγεννητική καλλιέργεια ως ένα καταλύτη για τη δημιουργία υγιέστερων εδαφών, πιο υγιών φυτών και πιο υγιεινών τροφίμων στο μέλλον.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Gomiero, (2016), DOI: 10.3390/su8030281
2. Material Economics (2021). EU Biomass Use In A Net-Zero Economy - A Course Correction for EU Biomass
3. EU Biomass Industry Association (2017)
4. Aravani et al. (2022), DOI: 10.1016/j.rser.2021.111821
5. Βιορικόλο, και άλλες πηγές της αγοράς.
6. Baveye (2023), DOI: 10.1016/j.resconrec.2023.106911

Συγκέντρωση βαρέων μετάλλων σε αυτοφυή εδώδιμα μανιτάρια που αναπτύσσονται στη μεταλλευτική ζώνη του Λαυρίου

Χρυσανθάκη, Β.^{1,2}, Κουτρώτσιος, Γ.¹, Χριστοδούλου, Σ.¹, Ιωάννου, Δ.², Ζαφειρίου, Ι.², Πολέμης, Η.¹, Μάσσας, Ι.² & Ζερβάκης, Γ.Ι.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μικροβιολογίας, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα

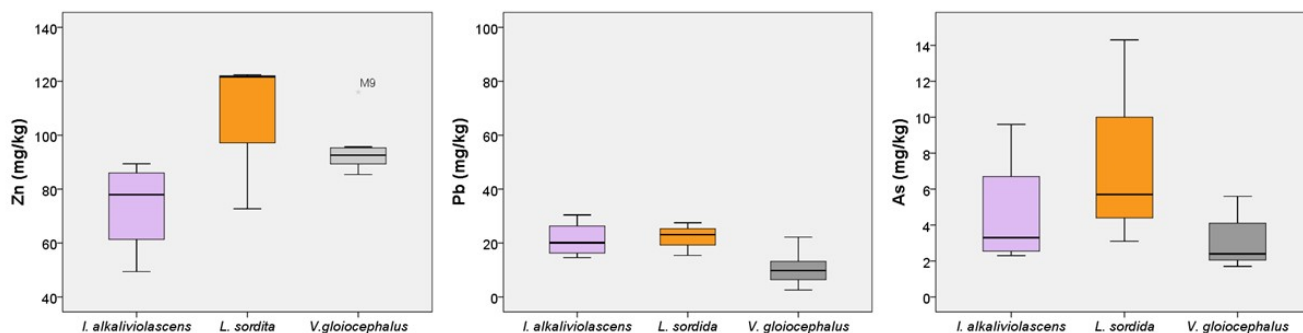
Περίληψη: Στο πλαίσιο της μελέτης της ποικιλότητας των μανιταριών στη μεταλλευτική ζώνη της Λαυρεωτικής, προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων As, Pb και Zn στις εδώδιμες καρποφορίες βασιδιομυκήτων των ειδών *Infundibulicybe alkaliviolascens*, *Lepista sordida* και *Volvocopluteus gloiocephalus*, καθώς και στα εδάφη από τα οποία συλλέχθηκαν. Επιπλέον, στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν η κοκκομετρική σύσταση, το pH, η οργανική ουσία, το ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο και ο ολικός και διαθέσιμος φωσφόρος και διερευνήθηκαν οι πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των βιοσυσσωρευμένων μετάλλων και των εδαφικών ιδιοτήτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η συσσώρευση μετάλλων σε κάθε είδος μανιταριών επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο από τη συγκέντρωσή τους στο υπόστρωμα και από τις εδαφικές ιδιότητες. Ο δείκτης βιοσυσσώρευσης (BCF) υπολογίστηκε σε τιμές χαμηλότερες της μονάδας (<1) σε όλες τις περιπτώσεις με εξαίρεση τον φώσφορο στο είδος *L. sordida*. Η αξιοποίηση των παραπάνω ειδών μυκήτων αλλά και ο εντοπισμός άλλων αποδοτικότερων βιο-συσσωρευτών από την περιοχή μελέτης μπορεί να συμβάλει στη βιοεξυγίανση των επιβαρυσμένων από βαρέα μέταλλα εδαφών.

Λέξεις κλειδιά: Βαρέα Μέταλλα, Μανιτάρια, Βιοσυσσώρευση, Βιοεξυγίανση Εδαφών, Λαυρεωτική

Εισαγωγή-Σκοπός: Η μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα στην περιοχή του Λαυρίου για περισσότερα από 5000 χρόνια έχει επιφέρει σημαντική ρύπανση του επιφανειακού εδάφους με βαρέα μέταλλα, καθιστώντας, κατά τόπους, τη διαχείριση τους ιδιαίτερα προβληματική (Antoniadis et al. 2022). Οι βασιδιομύκητες περιλαμβάνουν ορισμένους από τους αποδοτικότερους βιοσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων και δύναται να συμβάλουν υπό προϋποθέσεις στην εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών (Leong et al. 2022; Liu et al. 2015). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, συλλέχθηκαν και ταυτοποιήθηκαν μανιτάρια από τις πιο επιβαρυσμένες θέσεις της ευρύτερης περιοχής του Λαυρίου και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις As, Pb και Zn στις καρποφορίες και στα εδάφη όπου αυτά αναπτύσσονταν, καθώς και οι συσχετίσεις που προέκυψαν μεταξύ των προαναφερθέντων συγκεντρώσεων και βασικών ιδιοτήτων των εδαφών.

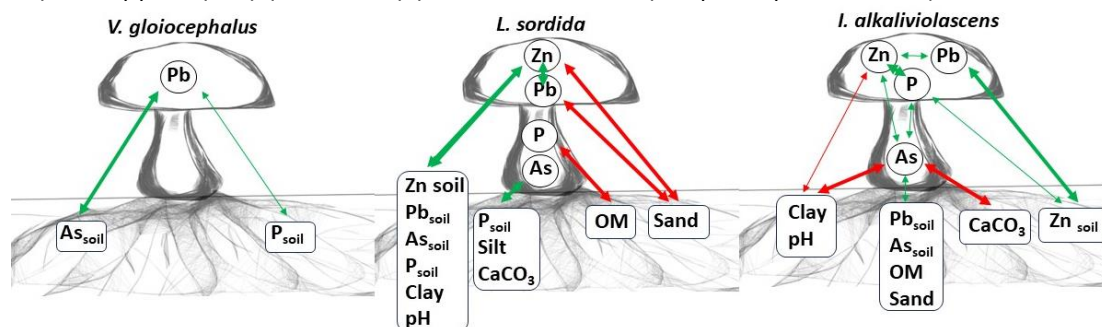
Υλικά και Μέθοδοι: Δείγματα μανιταριών συλλέχθηκαν από τρεις περιοχές της μεταλλευτικής ζώνης Λαυρεωτικής, στις οποίες έχουν καταγραφεί πολύ υψηλές συγκεντρώσεις As, Pb και Zn, ενώ για κάθε σημείο συλλογής λαμβάνονταν δείγματα επιφανειακού εδάφους. Ακολούθησε προσδιορισμός των δειγμάτων στα ακόλουθα εδώδιμα είδη βασιδιομυκήτων: *Infundibulicybe alkaliviolascens*, *Lepista sordida* και *Volvocopluteus gloiocephalus*. Για την εκχύλιση των As, Pb και Zn από τα μανιτάρια υιοθετήθηκε η μέθοδος της υγρής καύσης σε λυοφιλωμένα και κονιορτοποιημένα δειγμάτων, ενώ για τα εδαφικά δείγματα η εκχύλιση των ολικών συγκεντρώσεων των As, Pb, Zn και P πραγματοποιήθηκε με aqua regia. Η συγκέντρωση του As προσδιορίστηκε σε γεννήτρια υδριδίων, των Pb και Zn σε φλογοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης και του P με την χρήση φασματοφωτομέτρου. Στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν επίσης, η κοκκομετρική σύσταση, το pH, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, το ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο και η συγκέντρωση του διαθέσιμου φωσφόρου. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων, υπολογίστηκαν οι δείκτες βιοσυσσώρευσης (BCF) – ως ο λόγος της συγκέντρωσης του στοιχείου στα μανιτάρια προς την αντίστοιχη ολική συγκέντρωσή του στο έδαφος – για κάθε είδος και κάθε στοιχείο ξεχωριστά και διερευνήθηκαν οι πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των συγκεντρώσεων των μετάλλων στα μανιτάρια με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις τους στο έδαφος, καθώς και με τις υπόλοιπες εδαφικές παραμέτρους.

Αποτελέσματα-Συζήτηση:



Εικόνα 1. Συγκεντρώσεις Zn, Pb και As σε mg kg⁻¹ ξ.β. σε τρία είδη μανιταριών (*I. alkaliviolascens*, *L. sordida* και *V. gloiocephalus*) τα οποία συλλέχθηκαν στη μεταλλευτική ζώνη της Λαυρεωτικής.

Από τις επιτόπιες παρατηρήσεις και δειγματοληψίες έγινε αντιληπτή η ιδιαίτερα περιορισμένη ποικιλότητα μακρομυκήτων στις επιβαρυμένες περιοχές της Λαυρεωτικής συγκριτικά με παρόμοια γειτονικά ενδιαιτήματα, γεγονός που αποδίδεται κυρίως στην τοξικότητα των εδαφών λόγω της πολύ υψηλής συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Zn, As και P καταγράφηκαν στο είδος *L. sordida* (Εικόνα 1). Οι ολικές συγκεντρώσεις των τεσσάρων στοιχείων στα εδαφικά δείγματα ήταν ιδιαίτερα υψηλές σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας (Zn: 2435,9 – 9426,9 mg kg⁻¹, Pb: 2452,3 – 4070 mg kg⁻¹, As: 751,5 – 2674,7 mg kg⁻¹, P: 8323,4 – 11610,6 mg kg⁻¹), ενώ τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως μέσης σύστασης, επαρκώς αποστραγγιζόμενα και επαρκή αερισμό. Συγκεκριμένα, τα εδάφη στα οποία συλλέχθηκε το *V. gloiocephalus* ήταν επαρκώς εφοδιασμένα με ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο, εμφάνισαν ουδέτερο pH και μέση περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Εκείνα στα οποία αναπτυσσόταν το *L. sordida* ήταν από ανεπαρκώς έως επαρκώς εφοδιασμένα με ανθρακικά άλατα, είχαν ουδέτερο pH και μέση έως υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Τέλος, ανεπαρκώς εφοδιασμένα με ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο, ελαφρά όξινα και με μέση περιεκτικότητα σε οργανική ύλη ήταν τα εδάφη στα οποία εντοπίστηκαν μανιτάρια του είδους *I. alkaliviolascens*.



Εικόνα 2. Συσχετίσεις μεταξύ των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στα μανιτάρια και των εδαφικών ιδιοτήτων που μελετήθηκαν. Το πράσινο χρώμα υποδεικνύει θετική συσχέτιση και το κόκκινο αρνητική, ενώ το έντονο χρώμα αφορά στις στατιστικά σημαντικές συσχέτισεις.

Από την ανάλυση των συσχέτισεων μεταξύ των παραμέτρων που μελετήθηκαν, προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η συσσώρευση μετάλλων στα μανιτάρια επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο (για κάθε είδος που μελετήθηκε) από τη συγκέντρωσή τους στο υπόστρωμα και τις εδαφικές ιδιότητες. Αξιοσημείωτη είναι η σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του Pb στο έδαφος και στις καρποφορίες των *V. gloiocephalus* και *L. sordida* ($r = 0,643$ έως $1,000$), καθώς επίσης και των As και P με τη συγκέντρωση Pb στα ίδια είδη ($r = 0,893$ και $0,857$ αντίστοιχα στο *V. gloiocephalus* και $r = 1,000$ και για τα δύο στοιχεία στο *L. sordida*) (Εικόνα 2). Επιπλέον, ισχυρή συσχέτιση σημειώθηκε μεταξύ των συγκεντρώσεων Pb και Zn στα μανιτάρια *I. alkaliviolascens* και *L. sordida*, υποδεικνύοντας πιθανή συνέργεια στην απορρόφηση των δύο μετάλλων. Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές του BCF ήταν <1, με εξαίρεση την τιμή του BCF για τον φωσφόρο στο είδος *L. sordida* (Πίνακας 1). Η υψηλότερη βιοσυσσώρευση Zn και Pb σημειώθηκε στο είδος *V. gloiocephalus*, ενώ του As και του P στο είδος *L. sordida*. Οι χαμηλές τιμές του BCF για τα στοιχεία Zn, Pb και As σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις τους στο έδαφος που καθιστούν αδύνατη τη συσσώρευση παρόμοιων ποσοτήτων στις καρποφορίες των μυκήτων. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων στα μανιτάρια είναι σημαντικά υψηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται στα ίδια ή συγγενή είδη σε μη ρυπασμένες περιοχές.

Πίνακας 1. Δείκτες βιοσυσσώρευσης των στοιχείων Zn, Pb, As και P σε τρία είδη μανιταριών που συλλέχθηκαν στη μεταλλευτική ζώνη της Λαυρεωτικής.

ΕΙΔΟΣ	BCF Zn	BCF Pb	BCF As	BCF P
<i>V. gloiocephalus</i>	0,0452	0,0025	0,0055	0,9352
<i>L. sordida</i>	0,0147	0,0023	0,0064	1,1329
<i>I. alkaliviolascens</i>	0,0225	0,0018	0,0025	0,5932

Συμπεράσματα: Στα μανιτάρια που συλλέχθηκαν στην επιβαρυμένη από βαρέα μέταλλα περιοχή της Λαυρεωτικής, ανιχνεύτηκαν συγκεντρώσεις Pb, As και Zn αρκετά υψηλότερες από αυτές που αναφέρονται για μη ρυπασμένες περιοχές. Οι μεγάλες διαφορές στον βαθμό βιοσυσσώρευσης μεταξύ των τριών ειδών αποδεικνύουν την επίδραση των γενετικών παραγόντων στην πρόσληψη μετάλλων, ενώ η υψηλή ενδοειδική ποικιλότητα μεταξύ δειγμάτων μανιταριών από διαφορετικές περιοχές συλλογής αποδίδεται στη σημαντική επίδραση των περιβαλλοντικών και εδαφικών ιδιοτήτων. Η αξιοποίηση των ειδών που μελετήθηκαν αλλά και ο εντοπισμός άλλων αποδοτικότερων βιο-συσσωρευτών από την περιοχή μελέτης ανοίγει το δρόμο για την επιτυχή αξιοποίηση των αυτοφυών μυκήτων στη βιοεξυγίανση του εδάφους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Antoniadis, V., Thalassinou, G., Levizou, E., ...Shaheen, S.M., Rinklebe, J. (2022). Hazardous enrichment of toxic elements in soils and olives in the urban zone of Lavrio, Greece, a legacy, millennia-old silver/lead mining area and related health risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 434, 128906.
2. Leong, Y.K., Ma, T.-W., Chang, J.-S., Yang, F.-C. (2022). Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. *Bioresource Technology*, 344, 126157.
3. Liu, H., Guo, S., Jiao, K., ...Xie, H., Xu, H. (2015). Bioremediation of soils co-contaminated with heavy metals and 2,4,5-trichlorophenol by fruiting body of *Clitocybe maxima*. Xie, H., Xu, H. *Journal of Hazardous Materials*, 294, 121–127.

Ενότητα 2: Χημεία-Ρύπανση & Αποκατάσταση Εδαφών

Διερεύνηση της χρήσης της κλωστικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) για τη φυτοαποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με κάδμιο (Cd). Επίδραση του Cd στο μυκορριζικό αποικισμό

Ανδρούδη Μ.^{1,2}, Γκόλια Ε. Ε.^{1*}, Τσαλίκη Ε.², Υψηλάντης Ι.¹, Τριανταφυλλίδου Ε.¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

²Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ), Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, Θέρμη, 570 01 Θεσσαλονίκη

Περίληψη: Στο πλαίσιο διερεύνησης της χρήσης του φυτού *Cannabis sativa* L. για την αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με Cd, πραγματοποιήθηκε πείραμα σε φυτοδοχεία κατά τους θερινούς μήνες του έτους 2023. Συγκεκριμένα, καλλιεργήθηκε κλωστική κάνναβη σε έδαφος επιμολυσμένο με διαφορετικές συγκεντρώσεις Cd (0, 3 και 30 mg Cd kg⁻¹ εδάφους), δημιουργώντας τις εξής μεταχειρίσεις: Cd_{μάρτυρας}, Cd_{Αεπίπεδο} και Cd_{Βεπίπεδο}. Στο εδαφικό δείγμα προσδιορίστηκε η ψευδο-ολική (με Aqua Regia) και η διαθέσιμη (με διάλυμα DTPA) συγκέντρωση Cd, ενώ στα φυτικά δείγματα (ρίζες, φύλλα, στελέχη) προσδιορίστηκαν τα επίπεδα Cd μετά από πέψη με Aqua Regia. Παράλληλα, προσδιορίστηκαν οι τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών, καθώς και ο αποικισμός των ριζών από μυκορριζικούς μύκητες. Προέκυψαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του εδαφικού pH, των συγκεντρώσεων του Cd στο έδαφος και του Cd στους φυτικούς ιστούς. Η υψηλότερη συγκέντρωση Cd παρατηρήθηκε στις ρίζες των φυτών με σταδιακή φθίνουσα τάση προς τα ανώτερα φυτικά τμήματα (Cd_{ρίζα} > Cd_{στέλεχος} > Cd_{φύλλα}), υποδεικνύοντας την τάση του καδμίου να συσσωρεύεται στις ρίζες του φυτού. Διαπιστώθηκε επίσης σημαντική επίδραση των επιπέδων του Cd στο ποσοστό αποικισμού των ριζών. Η κλωστική κάνναβη φαίνεται να αποτελεί μια ιδανική επιλογή για περιπτώσεις φυτοσταθεροποίησης σε εδάφη ρυπασμένα με Cd, δίνοντας τη δυνατότητα για περεταίρω αξιοποίηση της υπέργειας σχεδόν μη επιβαρυνόμενης βιομάζας της.

Λέξεις Κλειδιά: Βαρέα Μέταλλα, Δυνητικά τοξικά στοιχεία, Μυκορριζικοί μύκητες, Φυτοσταθεροποίηση, Φυτοσυσσωρευτής

Εισαγωγή–Σκοπός: Τις τελευταίες δεκαετίες, η ρύπανση των εδαφών με βαρέα μέταλλα έχει απασχολήσει έντονα την επιστημονική κοινότητα, καθώς ως μη αποικοδομήσιμοι ρύποι μπορούν να εισέλθουν στη τροφική αλυσίδα και κατ' επέκταση να φτάσουν στον άνθρωπο. Η φυτοαποκατάσταση, ως μία από τις τεχνικές αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών, αποτελεί περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμη λύση [1]. Η κάνναβη διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδανική επιλογή σε περιπτώσεις φυτοαποκατάστασης. Παράγει μεγάλα ποσά βιομάζας, αναπτύσσεται με γρήγορο ρυθμό και διαθέτει βαθύ ριζικό σύστημα το οποίο της επιτρέπει να εισχωρεί σε βαθύτερα στρώματα εδάφους και επομένως να απορροφά αποτελεσματικότερα τα βαρέα μέταλλα [2]. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν α) η διερεύνηση της ανάπτυξης και της αντοχής του *C. sativa* σε διαφορετικά επίπεδα Cd, β) η μελέτη της δυνατότητας του *C. sativa* να προσλαμβάνει και να συσσωρεύει Cd μεταξύ των διαφορετικών φυτικών ιστών του και γ) η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων Cd στον αποικισμό των ριζών του *C. sativa* από μυκορριζικούς μύκητες.

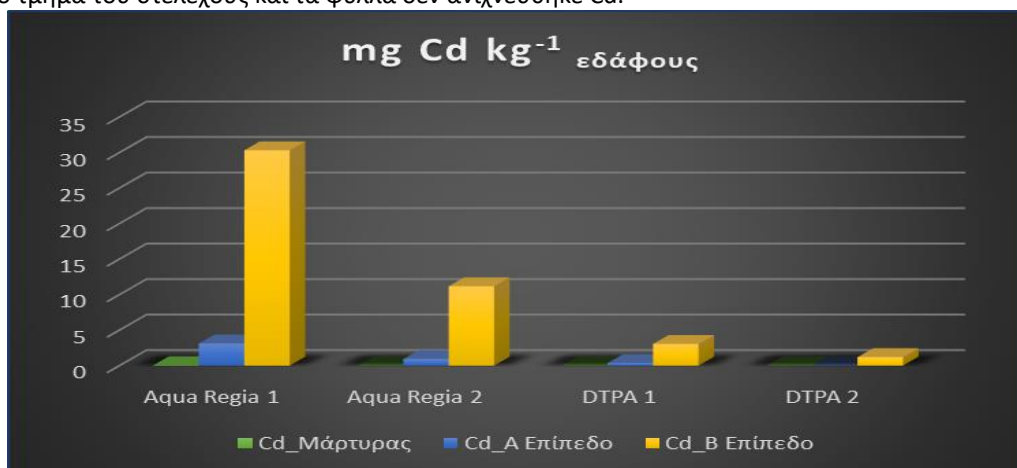
Υλικά και Μέθοδοι: Για την υλοποίηση του πειράματος συλλέχθηκε επιφανειακό (0-20cm) δείγμα εδάφους από το αγρόκτημα του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ (Θέρμη, Θεσσαλονίκης). Μεταφέρθηκε στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του ΑΠΘ, αεροξηράνθηκε και κοσκινίστηκε (<2 mm) και μελετήθηκε ως προς τα εδαφολογικά φυσικοχημικά; του χαρακτηριστικά. Προσδιορίστηκαν οι τιμές των φυσικοχημικών του παραμέτρων, η περιεκτικότητά του σε μικρο και μακρο θρεπτικά στοιχεία, η διαθέσιμη (εκχύλιση DTPA) και η ψευδο-ολική (εκχύλιση με Aqua Regia) συγκέντρωση Cd.

Για την επιμόλυνση του εδαφικού δείγματος παρασκευάστηκαν κατάλληλης συγκέντρωσης υδατικά διαλύματα Cd ώστε οι τελικές συγκεντρώσεις: 3 (Α επίπεδο) και 30 (Β επίπεδο) mg Cd kg⁻¹ εδάφους. Αμέσως μετά, ακολούθησε επώαση μέσα σε πλαστικές σακούλες για δυο εβδομάδες με ανακίνηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα αλλά και έλεγχος της υγρασίας (>75%). Στη συνέχεια το έδαφος τοποθετήθηκε σε φυτοδοχεία και πραγματοποιήθηκε σπορά με την ποικιλία Felina 32. Μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του *C. sativa*, το υπέργειο τμήμα κάθε φυτού χωρίστηκε σε δύο μέρη, ενώ το υπόγειο λήφθηκε ολόκληρο. Παράλληλα, συλλέχθηκαν δείγματα ριζών, ώστε να πραγματοποιηθεί καταμέτρηση του αποικισμού από μυκορριζικούς μύκητες με μικροσκόπιο. Οι συγκεντρώσεις του Cd προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης, με εξάρτημα φλόγας και φούρνου γραφίτη. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο «IBMSPSS Statistics».

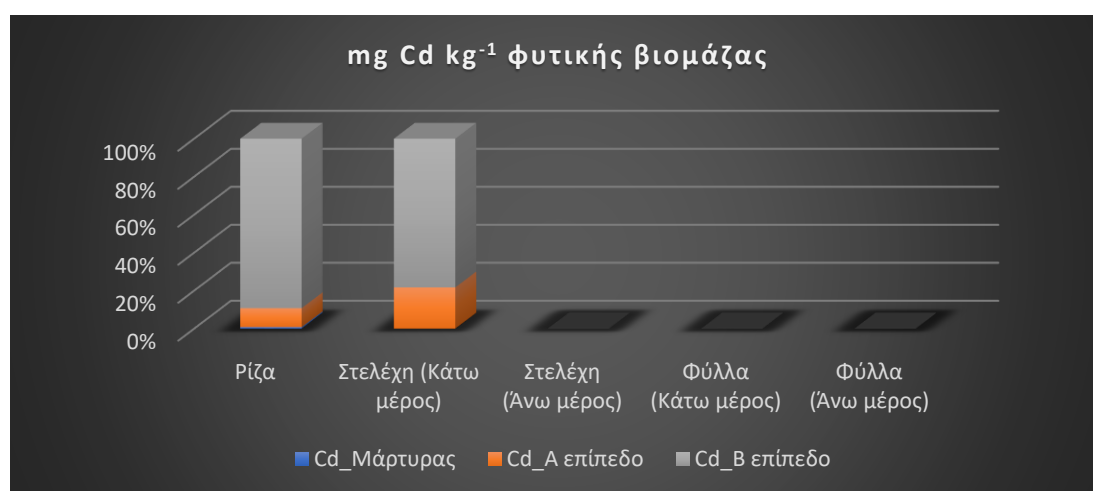
Αποτελέσματα–Συζήτηση: Στο διάγραμμα 1 απεικονίζεται η ψευδο-ολική και η διαθέσιμη συγκέντρωση του Cd στο έδαφος δύο εβδομάδες μετά την επιμόλυνση (Aqua Regia 1, DTPA 1) και μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του φυτού (Aqua Regia 2, DTPA 2). Σε κάθε μία περίπτωση παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό της διαθέσιμης ως προς την ολική συγκέντρωση Cd κυμαίνεται από 8,5-9,9%, γεγονός που συμφωνεί με αντίστοιχες μελέτες οι οποίες αναφέρουν ότι η σχέση μεταξύ των δύο συγκεντρώσεων είναι της τάξης του 10% [3]. Επιπλέον, οι τιμές τόσο της διαθέσιμης όσο και της ψευδο-ολικής συγκέντρωσης του Cd ελαττώθηκαν στατιστικά σημαντικά μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, γεγονός που αποδεικνύει ότι σημαντική ποσότητα Cd μεταφέρθηκε από το έδαφος στο φυτό που καλλιεργήθηκε στο αντίστοιχο έδαφος.

Στο διάγραμμα 2, παρουσιάζεται η συγκέντρωση του Cd στα διάφορα φυτικά μέρη (ρίζες, φύλλα, στελέχη) του *C. sativa*. Από τη μελέτη του διαγράμματος 2 προκύπτει ότι η πρόσληψη του Cd από το φυτό είναι ανάλογη του επιπέδου επιμόλυνσης, ακολουθώντας την εξής σειρά: Cd_{Βεπίπεδο} > Cd_{Αεπίπεδο} > Cd_{μάρτυρας}. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχες μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν ότι καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση ενός μεταλλικού στοιχείου στο έδαφος, αυξάνεται και η πρόσληψη και η συσσώρευσή του στους φυτικούς ιστούς [4]. Επιπλέον, η υψηλότερη συγκέντρωσή του Cd παρατηρήθηκε στη ρίζα του

φυτού, ενώ στο υπέργειο τμήμα του παρατηρήθηκε σημαντική μείωση. Αναλυτικότερα στο υπέργειο τμήμα του φυτού, η υψηλότερη συγκέντρωση του Cd βρέθηκε στο κατώτερο στέλεχος γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχες μελέτες [5], ενώ στο ανώτερο τμήμα του στελέχους και τα φύλλα δεν ανιχνεύθηκε Cd.



Διάγραμμα 1: Ψευδο-ολική (εκχύλιση Aqua Regia) και διαθέσιμη (εκχύλιση DTPA) συγκέντρωση Cd στο έδαφος δύο εβδομάδες μετά την επιμόλυνση (Aqua Regia 1, DTPA 1) και μετά την συγκομιδή των φυτών (Aqua Regia 2, DTPA 2). Μάρτυρας: μη επιμολυσμένο έδαφος, A επίπεδο: 3 mg Cd kg⁻¹ και B επίπεδο: 30 mg Cd kg⁻¹.



Διάγραμμα 2: Ψευδο-ολική (εκχύλιση Aqua Regia) συγκέντρωση Cd στα διάφορα φυτικά μέρη. Μάρτυρας: μη επιμολυσμένο έδαφος, A επίπεδο: 3 mg Cd kg⁻¹ και B επίπεδο: 30 mg Cd kg⁻¹.

Αναφορικά με την παρατήρηση του αποικισμού των ριζών από θυσανοειδείς μυκορριζικούς μύκητες ή AM μύκητες (Arbuscular mycorrhizal fungi), βρέθηκε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση του αποικισμού τους με τα επίπεδα του Cd στο έδαφος [6].

Συμπεράσματα: Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι η κλωστική κάνναβη (*C. sativa*) είναι ένα φυτό ιδιαίτερα ανθεκτικό στην παρουσία μετάλλων στο έδαφος, καθώς μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά ακόμη και σε εδάφη με υψηλά επίπεδα Cd. Η παρουσία του Cd στα έδαφος φαίνεται να επιδρά σημαντικά στο μυκορριζικό αποικισμό του φυτού. Η *C. sativa* συγκρατεί το μεγαλύτερο μέρος του Cd κυρίως στο ριζικό της σύστημα, αφήνοντας το υπέργειο, υψηλής οικονομικής σημασίας τμήμα του, σχεδόν απαλλαγμένο από Cd και επομένως κατάλληλο για βιομηχανική χρήση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. De Vos et al (2022), DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114592
2. Golia et al (2021), DOI: 10.15159/AR.21.016
3. Vega et al (2004), DOI: 10.1016/j.aca.2004.06.073
4. Sharma et al (2023), DOI: 10.3389/fpls.2023.1076876
5. Golia et al (2023), DOI: 10.1016/j.scp.2022.100961
6. Simiao et al (2023), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.138728

Εφαρμογή της ερυθράς ιλύος στην ακινητοποίηση του Ni σε διάφορους τύπους εδαφών

Γεωργίου Ε.¹, Ζαφειρίου Ι.^{1*}, Αγγελόπουλος Π.², Ιωάννου Δ.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Ιερά Οδός 75, 118 55 Βοτανικός, Αθήνα,

²Σχολή Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) 15780 Αθήνα, Ελλάδα Email:

j.zafeiriou@gmail.com

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η χρήση της ερυθράς ιλύος στην ακινητοποίηση του Ni σε διάφορους τύπους εδαφών. Ελήφθησαν έξι επιφανειακά εδάφη, με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες και σαφή διαφοροποίηση ως προς την τιμή pH. Πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακά batch πειράματα προσρόφησης του Ni στα εδάφη, σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση του μετάλλου στο διάλυμα, με ή χωρίς την προσθήκη 20% w/w ερυθράς ιλύος. Η προσρόφηση του Ni στα εδάφη καθορίστηκε από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, με αποτέλεσμα το έδαφος με την χαμηλότερη τιμή pH, ποσοστό αργίλου και ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων να εμφανίζει την μικρότερη προσρόφηση. Η προσθήκη της ερυθράς ιλύος αύξησε την προσρόφηση του Ni σε όλα τα εδάφη, όπως προκύπτει από τις καμπύλες προσρόφησης και από τον συντελεστή κατανομής Kd.

Λέξεις κλειδιά: ρύπανση εδάφους, ερυθρά ιλύς, κινητικότητα νικελίου

Εισαγωγή-Σκοπός: Η συσσώρευση των δυνητικά τοξικών μετάλλων στα εδάφη έχει προσελκύσει την παγκόσμια προσοχή καθώς είναι πολύ ανθεκτικά και αποικοδομούνται πολύ δύσκολα. Το Ni αν και είναι ένα ευεργετικό θρεπτικό στοιχείο για τα ανώτερα φυτά, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα τοξικότητας στο οικοσύστημα [1]. Πολλές τεχνικές έχουν προταθεί για τον περιορισμό της κινητικότητας του Ni στα εδάφη, μεταξύ των οποίων, η εφαρμογή διαφόρων βιομηχανικών υπολειμμάτων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενη, καθώς θα μείωνε την κινητικότητα του μετάλλου στα εδάφη και ταυτόχρονα θα έδινε αξία στα βιομηχανικά απόβλητα, μετατρέποντάς τα σε βιομηχανικά υποπροϊόντα [2]. Η ερυθρά ιλύς, ένα λεπτομερές υπόλειμμα που προκύπτει από την χώνευση του βωξίτη για την παραγωγή της αλουμίνας με τη μέθοδο Bayer, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χαμηλού κόστους υλικό, ικανό στον έλεγχο της κινητικότητας του Ni στα εδάφη [3, 4]. Η εφαρμογή της ερυθράς ιλύος είναι μια στρατηγική μείωσης του μεγάλου όγκου αποβλήτων που παράγονται, καθώς για την παραγωγή 1 τόνου αλουμίνας παράγονται 1-2 τόνοι ερυθράς ιλύος, δημιουργώντας έντονη περιβαλλοντική πίεση για την διαχείρισή της. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της ερυθράς ιλύος στην κινητικότητα του Ni σε διάφορους τύπους εδαφών, βασιζόμενοι στις καμπύλες προσρόφησης και τον συντελεστή κατανομής Kd του μετάλλου.

Υλικά και Μέθοδοι: Έξι επιφανειακά εδάφη συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Τα δείγματα αεροξηράθηκαν, πέρασαν από κόσκινο των 2mm, προσδιορίστηκαν οι βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες καθώς και η αρχική συγκέντρωση του Ni. Η ερυθρά ιλύς ελήφθη από τις εγκαταστάσεις παραγωγής αλουμίνας «Μητυληναίος», με κύρια ορυκτά τον γκαϊτίτη, αιματίτη, διάσπορο, μπαιμίτη, ρουτίλιο και ασβεστίτη, ενώ όπως προέκυψε από XRF ανάλυση αποτελείται κυρίως από 46,7% F₂O₃, 15,4% Al₂O₃, 9,46% CaO, 8,3% SiO₂ και 3,9% Na₂O. Τα πειράματα προσρόφησης διεξήχθησαν σε φιαλίδια πολυαιθυλενίου των 50 ml αναμειγνύοντας 25 ml διαλύματος Ni γνωστής συγκέντρωσης (1, 5, 10, 20, 30, 50, 70 και 90 mg L⁻¹) και 1 g υλικού προσρόφησης (έδαφος ή έδαφος+20% w/w ερυθρά ιλύς). Ακολούθησε ανακίνηση (1h, 120 rpm, θερμοκρασία δωματίου) και φυγοκέντρηση (4000 rpm, 10 min). Η συγκέντρωση του Ni στο υπερκείμενο διάλυμα προσδιορίστηκε με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης και υπολογίστηκε ο συντελεστής κατανομής Kd.

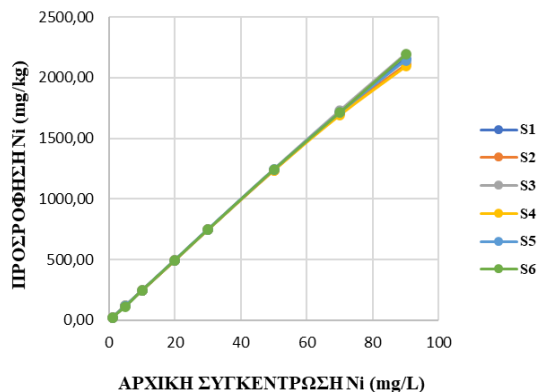
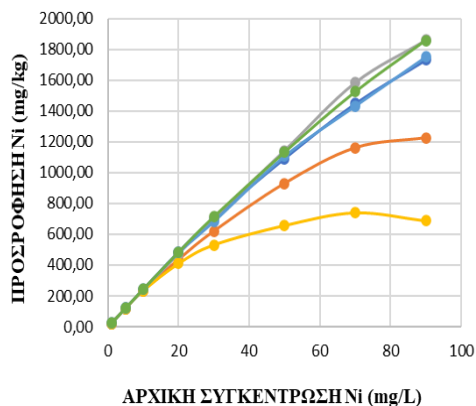
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται ορισμένες φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων. Το ποσοστό της άμμου κυμαίνεται από 38,5% (S6) έως 53% (S2, S4), της αργίλου από 19% (S4) έως 37% (S3), ενώ το pH των εδαφών κυμαίνεται από 5,41 (S4) έως 7,73 (S1), καλύπτοντας ένα σχετικά ευρύ φάσμα τιμών. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας ήταν χαμηλό σε όλα τα εδάφη, κυμαινόμενο σε ένα στενό εύρος από 0,99% (S5) έως 1,86% (S3), γεγονός που υποδηλώνει ότι επικρατούν οξειδωτικές συνθήκες υπό μεσογειακό κλίμα. Όσον αφορά στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) προσδιορίστηκαν τιμές από 13,39 cmolc kg⁻¹ (S4) έως 30,26 cmolc kg⁻¹ (S3). Τα δείγματα S1 και S6 έχουν το υψηλότερο ποσοστό ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου (CCE) (3,8% και 2,4%, αντίστοιχα). Η αρχική συγκέντρωση του Ni κυμαίνονταν από 36,5 έως 69,3 mg kg⁻¹.

Soils	C [%]	Si [%]	S [%]	Soil Texture	pH	Organic Matter [%]	CaCO ₃ [%]	ECE [cmolc/kg]	Ni [mg/kg]
S1	25,00	34,00	41,00	Loam	7,73	1,02	3,81	13,48	39,60
S2	27,00	20,00	53,00	Sandy Clay Loam	6,03	1,53	0,01	22,17	56,05
S3	37,00	20,00	43,00	Clay Loam	6,90	1,86	0,08	30,26	56,60
S4	19,00	28,00	53,00	Sandy Loam	5,41	1,11	0,00	13,39	36,50
S5	21,12	37,54	41,52	Loam	7,58	0,99	0,62	18,78	69,30
S6	23,12	38,36	38,52	Loam	7,56	1,56	2,42	18,35	56,80

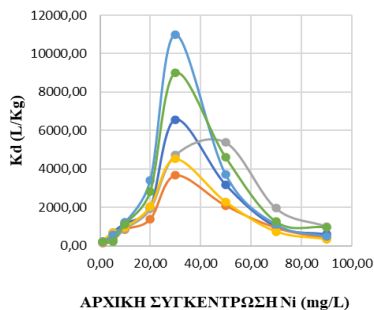
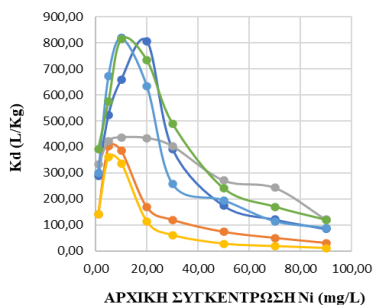
του μετάλλου στο έδαφος. Στα τέσσερα από τα έξι εδάφη (S1, S3, S5, S6) η προσρόφηση του Ni αυξήθηκε σχεδόν γραμμικά σε όλο το εύρος των συγκεντρώσεων, αγγίζοντας τα 1863,00 mg kg⁻¹ για αρχική συγκέντρωση Ni 90 mg L⁻¹. Στο δείγμα S2 η προσρόφηση τείνει να σταθεροποιηθεί στις υψηλές συγκεντρώσεις, αγγίζοντας η μέγιστη τιμή της τα 1227,50 mg kg⁻¹, ενώ στο δείγμα S4 η προσρόφηση του Ni άγγιξε τα 741,50 mg kg⁻¹, όταν η αρχική συγκέντρωση Ni ήταν 70 mg L⁻¹, υποδεικνύοντας τη

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η προσρόφηση του Ni στα εδάφη χωρίς την προσθήκη ερυθράς ιλύος. Παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση της αρχικής συγκέντρωσης του Ni στο διάλυμα, αυξήθηκε προοδευτικά η προσρόφηση

μέγιστη ικανότητα προσρόφησης αυτού του εδάφους υπό τις παρούσες πειραματικές συνθήκες. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αλκαλικά εδάφη (S1, S3, S5, S6) είχαν υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης Ni σε σύγκριση με τα πιο όξινα εδάφη (S2, S4), γεγονός που καταγράφεται σε πολλές αναφορές. Εκτός από τη χαμηλή τιμή pH του S4, η μικρή περιεκτικότητά του σε άργιλο και η χαμηλή CEC, είναι ίσως υπεύθυνες για τη σχετικά χαμηλή ικανότητα προσρόφησης του Ni. Αντίθετα, το S3 με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε άργιλο και ποσοστό οργανικής ουσίας, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ικανότητα προσρόφησης μεταξύ των έξι εδαφών.



Η παρουσία της ερυθράς λύος επηρέασε την προσρόφηση του Ni τόσο στα όξινα όσο και στα αλκαλικά εδάφη (Σχήμα...). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση της προσρόφησης, σε όλο το εύρος των συγκεντρώσεων που εξετάστηκαν και η ικανότητα προσρόφησης κυμάνθηκε μεταξύ 21,50 και 2193,23 mg kg⁻¹, για αρχική συγκέντρωση Ni στο διάλυμα 1 mg L⁻¹ και 90 mg L⁻¹, αντίστοιχα. Ιδιαίτερα εμφανής ήταν η διαφοροποίηση στο δείγμα S4, για το οποίο ικανότητα προσρόφησης αυξήθηκε από 688,50 mg kg⁻¹, χωρίς την προσθήκη ερυθράς λύος, σε 2094,73 mg kg⁻¹ μετά την προσθήκη, στην υψηλότερη συγκέντρωση Ni που μελετήθηκε. Η αύξηση αυτή ενδεχομένως αποδίδεται στην αύξηση του pH των εδαφικών δειγμάτων μετά την προσθήκη της ερυθράς λύος, λόγω της ισχυρής αλκαλικής φύσης της (pH = 10.68). Η προσθήκη της ερυθράς λύος στα εδάφη αύξησε την τιμή του pH από 7.73, 6.23, 6.89, 5.41, 7.58 και 7.56 σε 9.31, 8.11, 8.60, 8.19, 9.10 και 9.12 στα δείγματα S1,S2,S3,S4,S5 και S6 αντίστοιχα. Η αύξηση της τιμής pH του εδάφους συντελεί στη μείωση του ανταγωνισμού των ιόντων μετάλλων με το H⁺, στην αύξηση των χημικά ενεργών θέσεων στην επιφάνεια του κολλοειδούς του εδάφους που εξαρτώνται από το pH και επιδρά στην υδρόλυση των μετάλλων στο διάλυμα, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές. Σε υψηλότερα pH η προσρόφηση Ni ενισχύεται από την καταβύθιση των ιόντων Ni²⁺ και NiOH⁺ με υδροξείδια, καθώς και τον σχηματισμό μικτών επιφανειακών κατακρημνισμάτων υδροξειδίου του Ni-Al μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα από την προσθήκη Ni στο έδαφος.



Συγκρίνοντας τις μέγιστες τιμές του συντελεστή κατανομής Kd του Ni στα εδάφη (σχήμα 3 & 4), ήταν φανερό ότι οι μέγιστες τιμές Kd μετά την προσθήκη της ερυθράς λύος ήταν σημαντικά μεγαλύτερες, υποδεικνύοντας ότι το Ni δεσμεύεται εντονότερα.

Συμπεράσματα: Η προσρόφηση του Ni στα εδάφη επηρεάστηκε από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, με κυρίαρχη την τιμή του pH, με αποτέλεσμα το πιο όξινο έδαφος να επιδεικνύει την μικρότερη ικανότητα προσρόφησης. Η προσθήκη ερυθράς λύος αύξησε την ικανότητα προσρόφησης του Ni σε όλα τα εδαφικά δείγματα, όπως διαπιστώθηκε από τις καμπύλες προσρόφησης και τον συντελεστή κατανομής Kd. Η εφαρμογή της ερυθράς λύος φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη χαμηλού κόστους τεχνική μείωσης της κινητικότητας του Ni σε εδάφη καθώς και την δημιουργία εδαφικών φραγμάτων για την ενθυλάκωση ρυπασμένων με Ni περιοχών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. (Babar Shahzad et.al. 2018) DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.10.014
2. (Qi Jiang et.al. 2022) DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120094
3. (Mehwish Taneez et.al. 2016) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.02.014
4. (Mehwish Taneez et.al. 2019) DOI: 10.1007/s11356-019-05576-2

Βιοδιαθεσιμότητα Cd σε φυτά *Plantago coronopus* και *Sonchus oleraceus*: Επίδραση βιοδιεγερτικών ουσιών χουμικών και φουλβικών οξέων

Γραμμένου Α.¹, Πετρόπουλος Σ.² και Αντωνιάδης Β.¹

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 384 46, Βόλος

²Εργαστήριο Λαχανοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 384 46, Βόλος

Περίληψη: Η ρύπανση με Cd αποτελεί σημαντική απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Ένα πολλά υποσχόμενο μέσο για την ενίσχυση της φυτοαποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών είναι η χρήση βιοδιεγερτικών προϊόντων. Σε αυτή την μελέτη διερευνήσαμε την επίδραση βιοδιεγέρτη χουμικών και φουλβικών οξέων σε δυο είδη φυτών, το *Plantago coronopus* και το *Sonchus oleraceus* σε έδαφος ρυπασμένο με 45 mg Cd kg⁻¹ εδάφους. Στόχος ήταν να αξιολογηθεί αν αυτοί οι βιοδιεγέρτες θα μπορούσαν δυνητικά να μετριάσουν ή να αυξήσουν την πρόσληψη Cd από τα φυτά. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν αποκλίνουσες επιδράσεις στα δύο φυτά. Στο *Plantago coronopus* η χρήση βιοδιεγέρτη έδειξε μείωση της βιοδιαθεσιμότητας του Cd εντός του εδάφους κάτι που πιθανόν να οφείλεται στην ικανότητα ακινητοποίησης των μετάλλων. Αντίθετα στο *Sonchus oleraceus* η χορήγηση χουμικών ουσιών αύξησε το διαθέσιμο Cd, πιθανώς λόγω αυξημένης διαλυτοποίησης και μεταφοράς του Cd. Ωστόσο, αν και η χρήση του βιοδιεγέρτη άλλαξε τη διαθεσιμότητα του Cd στο έδαφος, δεν επηρέασε τη συνολική πρόσληψη και κατανομή του εντός των φυτικών ιστών. Επιπλέον το *Sonchus oleraceus* συσσωρεύσε υψηλότερες συγκεντρώσεις Cd στα εναέρια μέρη του, αν και απέχει πολύ από το να χαρακτηριστεί υπερσυσσωρευτής. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ της χρήσης βιοδιεγέρτη, της διαθεσιμότητας του Cd και του εκάστοτε φυτικού είδους, προσφέροντας πληροφορίες για στρατηγικές διαχείρισης ρυπασμένων εδαφών με Cd.

Λέξεις κλειδιά: Cd, *Plantago coronopus*, *Sonchus oleraceus*, Βιοδιεγέρτες, Χουμικές ουσίες

Εισαγωγή-Σκοπός: Το κάδμιο (Cd) είναι ένας σημαντικός ρύπος λόγω της ευρείας βιομηχανικής χρήσης του. Αποτελεί ένα από τα πιο τοξικά στοιχεία με αρνητικές επιδράσεις τόσο στα φυτά όσο και τον άνθρωπο. Το Cd είναι ένα ευδιάλυτο και ευκίνητο μέταλλο στο έδαφος με υψηλή βιοδιαθεσιμότητα η οποία επηρεάζεται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους όπως το pH και την οργανική ουσία [1]. Η συμμετοχή βιοδιεγερτών σε μεθόδους αποκατάστασης είναι ενδεχομένως ευεργετική στην μείωση των τοξικών στοιχείων από το έδαφος και τη μεταφορά τους στα υπέργεια μέρη των φυτών με στόχο την απομάκρυνσή τους. Βιοδιεγέρτες που βασίζονται σε χουμικές ουσίες και φουλβικά οξέα μπορούν να συγκρατήσουν κατιόντα μετάλλων από τις δομές των ορυκτών μέσω χηλικών δεσμών ή σταθερών οργανομεταλλικών συμπλόκων [2]. Τα φυτά *Plantago coronopus* και *Sonchus oleraceus* διαθέτουν την δυνατότητα να συσσωρεύουν τοξικά στοιχεία στους φυτικούς ιστούς [3,4]. Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης βιοδιεγερτών, χουμικών και φουλβικών οξέων, στη βιοδιαθεσιμότητα του Cd στα φυτά και το έδαφος, με στόχο την ενίσχυση της κατανόησης βιώσιμων στρατηγικών για τη διαχείριση της ρύπανσης εδαφών από Cd.

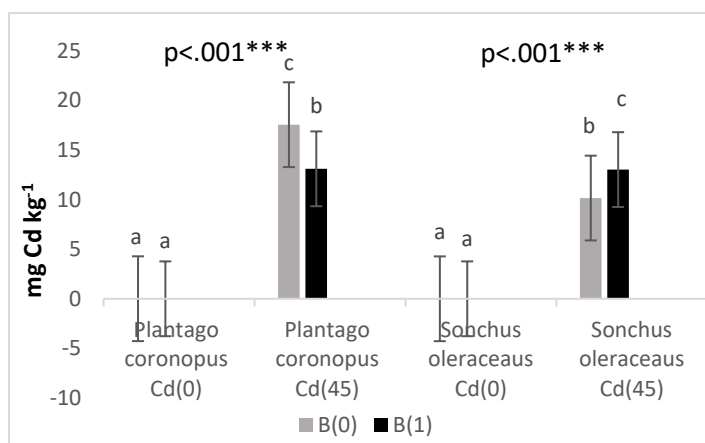
Υλικά και Μέθοδοι: Για την πραγματοποίηση του πειράματος επιλέχθηκε έδαφος από το αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βελεστίνο, το οποίο αναμείχθηκε με περλίτη σε αναλογία 1:1 V/V. Τα φυτά που επιλέχθηκαν ήταν τα *Plantago coronopus* και *Sonchus oleraceus*. Οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν συνδυασμός 2 επιπέδων Cd υπό μορφή νιτρικού καδμίου (Cd(0ppm), Cd (45ppm)) και 2 επιπέδων με διάλυμα βιοδιεγέρτη χουμικών και φουλβικών οξέων (B(0mL), B(1,5mL)), με 15 επαναλήψεις. Στο τέλος του πειράματος τα δείγματα εδάφους αεροξηράθηκαν, κοσκινίστηκαν σε κόσκινο 2 mm και προσδιορίστηκαν οι τιμές για τις εδαφικές ιδιότητες για pH (1:2,5 H₂O) και της οργανικής ουσίας με υγρή οξειδωση. Οι ψευδο-ολικές συγκεντρώσεις Cd αναλύθηκαν με aqua regia (πέψη 140 °C για 5 ώρες με μίγμα πυκνών HCl και HNO₃ 3:1) και οι βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις με διάλυμα DTPA (1:2). Οι μετρήσεις έγιναν με φασματομετρία ατομικής απορρόφησης. Τα φυτικά δείγματα αποξηράθηκαν σε φούρνο και κονιορτοποιήθηκαν, 0,5 g δείγματος αποτεφρώθηκαν για 5 ώρες στους 500 °C και εκχυλίστηκαν με 20% HCl. Πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες μετρήσεις όπως στην περίπτωση του εδάφους. Για την στατιστική ανάλυση εφαρμόστηκε one-way ANOVA και επεξεργασία με Post-hoc κατά Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας P<0.005. Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS Statistics 26.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους και οι μέσες τιμές συγκέντρωσης Cd στο έδαφος και στους φυτικούς ιστούς. Το pH και το ποσοστό οργανικής ουσίας στο έδαφος δεν παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε καμία μεταχείριση και στα δύο φυτά.

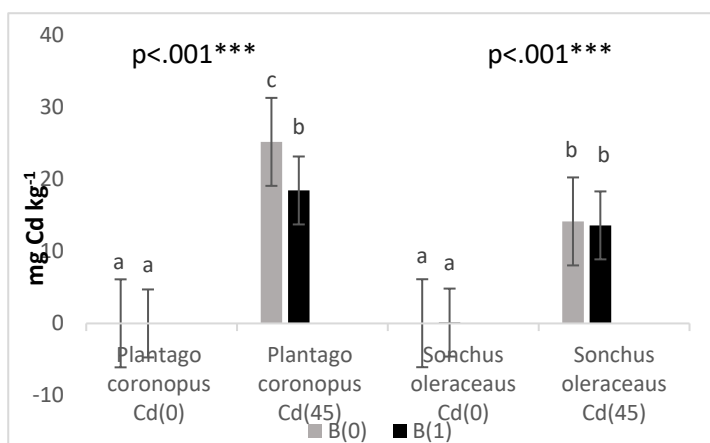
Πίνακας 1. Μέσες τιμές φυσικοχημικών ιδιοτήτων εδάφους και μέσες τιμές συγκέντρωσης Cd στο έδαφος και φυτικούς ιστούς.

	pH		OM%		DTPA mgkg ⁻¹		Aqua Regia mgkg ⁻¹		Cd ρίζα Mg kg ⁻¹		Cd υπέργειο mgkg ⁻¹	
	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>	<i>Pl. Cor</i>	<i>Son. Ol</i>
Cd(0) B(0)	8,58	8,46	2,1	1,99	0,009	0	0,013	0,026	0	0	0	0,09
Cd(0) B(1)	8,65	8,54	2,23	2,28	0	0	0	0,12	0	0	2,32	0
Cd(45) B(0)	8,67	8,51	2,18	2,12	17,57	10,16	25,22	14,17	27,48	3,43	2,95	8,29
Cd (45) B(1)	8,69	8,54	1,86	2,26	13,12	13,03	18,47	13,62	31,11	2,74	3,76	9,16

Σχήμα 1. Ολικές συγκεντρώσεις Cd στο έδαφος (Aqua Regia)



Σχήμα 2. Συγκεντρώσεις βιοδιαθέσιμου Cd στο έδαφος (DTPA)



Στο Σχήμα 1 παρατηρείται ότι στο φυτό *Plantago* η ολική συγκέντρωση του Cd μειώθηκε με τη χρήση του βιοδιεγέρτη ενώ στο *Sonchus* δεν επηρεάστηκε. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η συγκέντρωση της διαθέσιμης μορφής Cd στο έδαφος και για τα δύο είδη φυτών. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στο φυτό *Plantago* έχουμε χαμηλότερα επίπεδα βιοδιαθέσιμου Cd και αυτό οφείλεται στην ικανότητα των χουμικών ουσιών να σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με ιόντα μετάλλων (κυρίως κατιόντα) καθώς περιέχουν φαινολικές και καρβοξυλικές ομάδες οι οποίες μειώνουν τη συγκέντρωση μετάλλων στο εδαφικό διάλυμα [5]. Ενώ αντίστοιχα στο φυτό *Sonchus* είχαμε αυξημένη συγκέντρωση Cd, όπως είναι γνωστό τα οργανικά οξέα μπορούν να διαλυτοποιήσουν κατιοντικά μέταλλα και να αυξήσουν τη διαθεσιμότητά τους [2]. Η προσθήκη Cd δεν προκάλεσε κάποιο είδος τοξικότητας σε κανένα από τα δύο είδη φυτών. Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 στο φυτό *Plantago* είχαμε αυξημένη συσσώρευση Cd στο ριζικό σύστημα, ενώ στους εναέριους ιστούς βρέθηκε συγκέντρωση Cd μεγαλύτερη των μέγιστων επιτρεπτών ορίων όπως ορίζεται από τον κανονισμό EC/2021/1323 0,1 mg Cd kg⁻¹ ξηρού ιστού, εφόσον η υπέργεια βιομάζα προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Όσον αφορά το *Sonchus* βρέθηκαν υψηλές ποσότητες Cd τόσο στις ρίζες όσο και στην υπέργεια βιομάζα. Υπολογίζοντας το δείκτη συντελεστή μετακίνησης TF (Translocation Factor) προκύπτει ότι η μετακίνηση του Cd από το ριζικό σύστημα στους υπέργειους ιστούς ήταν εκτεταμένη. Αναλυτικότερα βρέθηκε TF>1, όπου όταν ξεπερνά τη μονάδα αποτελεί σημαντικό κριτήριο για ένα φυτικό είδος να χαρακτηριστεί ως υπερσυσσωρευτής τοξικών στοιχείων [6]. Ωστόσο η προσθήκη του βιοδιεγέρτη δεν επηρέασε την πρόσληψη Cd από το ριζικό σύστημα όσο και τη μεταφορά του στο υπέργειο μέρος των 2 φυτών.

Συμπεράσματα: Η χρήση του βιοδιεγέρτη, χουμικών και φουλβικών οξέων δεν επηρέασε τη πρόσληψη και μετακίνηση του Cd εντός των φυτικών ιστών, ωστόσο επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση του διαθέσιμου Cd, οδηγώντας σε μείωση της συγκέντρωσης στο *Plantago coronopus* και σε αύξηση στο *Sonchus oleraceus*.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Zulfiqar et al (2022), DOI: 10.3389/fpls.2022.773815
- Evangelou et al (2004), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2004.06.017
- Afifudin et al (2023), DOI: 10.2991/978-94-6463-062-6_42
- Samadi et al (2019), DOI: 10.22044/jme.2019.7935.1659
- Rong et al (2020), DOI: 10.3390/app10031077
- Antoniadis et al (2017), DOI: 10.1016/j.earscorev.2017.06.005

Επίδραση διάφορων εδαφοβελτιωτικών υλικών στη βιοδιαθεσιμότητα δυνητικώς τοξικών στοιχείων σε φυτά γλιστρίδας (*Portulaca oleracea*)

Θαλασσινός Γ., Γραμμένου Α. και Αντωνιάδης Β.

Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 384 46, Βόλος

Περίληψη: Η συνεχής αύξηση των ρυπασμένων εδαφών εξαιτίας τοξικών στοιχείων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στο φυτό γλιστρίδα (*Portulaca oleracea*) γνωστό για την ανθεκτικότητά και την προσαρμοστικότητά του σε καταπονημένα εδάφη από τοξικά στοιχεία. Τα διάφορα εδαφοβελτιωτικά, συμπεριλαμβανομένου των ανόργανων υλικών όπως ο ζεόλιθος και το CaCO_3 , μαζί με οργανικά υλικά όπως το biochar, το compost και η κοπριά εντόμων αξιολογήθηκαν ως προς τον αντίκτυπό τους στη διαθεσιμότητα των τοξικών στοιχείων καδμίου (Cd), μολύβδου (Pb) και ψευδαργύρου (Zn), τόσο στο έδαφος όσο και στα εναέρια μέρη των φυτών. Τα ευρήματα της έρευνας παρουσιάζουν τις δυνατότητες του compost και της κοπριάς εντόμων να αυξάνουν τη συγκέντρωση του βιοδιαθέσιμου Zn στο έδαφος. Κανένα άλλο βελτιωτικό εδάφους δεν είχε επίδραση στην συγκέντρωση των τοξικών στοιχείων. Όσον αφορά τα εναέρια μέρη του φυτού, ο μάρτυρας υπερέβη τα όρια για το Cd και το Pb που αφορά σε εδώδιμα είδη σύμφωνα με συγκεκριμένες οδηγίες. Σημαντική ήταν η συμβολή των biochar, compost και insect frass στη μείωση του Cd στην υπέργεια βιομάζα. Τα επίπεδα του Pb παρέμειναν αμετάβλητα, ενώ ο Zn παρέμεινε σε χαμηλότερη συγκέντρωση από τα αναφερόμενα όρια. Ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την διαχείριση ρυπασμένων εδαφών στο πλαίσιο των βιώσιμων γεωργικών πρακτικών.

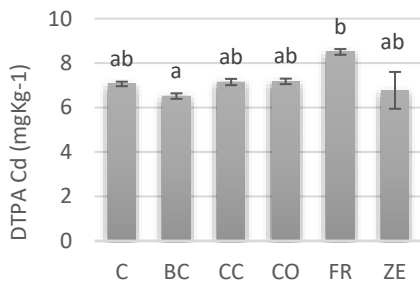
Λέξεις κλειδιά: τοξικά στοιχεία, ρυπασμένα εδάφη, φυτοαποκατάσταση, καινοτόμα εδαφοβελτιωτικά

Εισαγωγή-Σκοπός: Η αυξημένη συγκέντρωση τοξικών στοιχείων στο έδαφος αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα και εξαρτάται άμεσα από την ανθρωπογενή δραστηριότητα. Αρκετές περιοχές στην Ελλάδα λόγω αυξημένης μεταλλευτικής και βιομηχανικής δραστηριότητας είναι ρυπασμένες με τοξικά στοιχεία. Μία τέτοια περιοχή είναι και το Λαύριο, γνωστή για τις εξορυκτικές του δραστηριότητες [1]. Η γλιστρίδα είναι ευρέως γνωστό για την ανθεκτικότητά του σε αβιοτικές καταπονήσεις και την δυνατότητά του να καλλιεργηθεί σε έδαφος επιβαρυσμένο με τοξικά στοιχεία [2]. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα οργανικά υλικά όπως το biochar, το compost και η κοπριά εντόμων (insect frass) βελτιώνουν τη δομή του εδάφους και έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν τοξικά στοιχεία καθιστώντας τα μη διαθέσιμα στα φυτά [3]. Επιπλέον υπάρχουν και ανόργανα υλικά, όπως ο ζεόλιθος και το CaCO_3 , τα οποία χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του εδάφους και παρουσιάζουν αυξημένη δέσμευση τοξικών στοιχείων [4]. Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης καινοτόμων εδαφοβελτιωτικών στη βιοδιαθεσιμότητα Cd, Pb και Zn στο έδαφος και στα εναέρια μέρη φυτών γλιστρίδας, με στόχο την ενίσχυση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών για τη διαχείριση ρυπασμένων εδαφών.

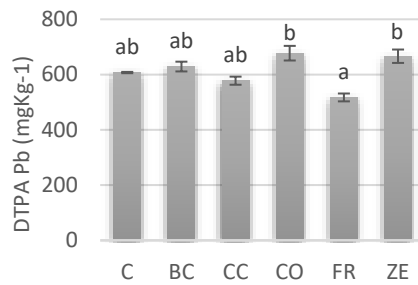
Υλικά και Μέθοδοι: Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ρυπασμένο έδαφος από την περιοχή του Λαυρίου (Cd: 101.87, Pb: 26,526.44, Zn: 17,652.63 mg kg⁻¹). Ένα κιλό εδάφους αναμείχθηκε με τα υπό μελέτη εδαφοβελτιωτικά (biochar, compost, insect frass, ασβέστη και ζεόλιθο) σε συγκέντρωση 4%, λιπώθηκαν με ρυθμό 300 kg N ha⁻¹, 188 kg P₂O₅ ha⁻¹ και 212 kg K₂O ha⁻¹ και ποτίστηκαν στα 2/3 της υδατοϊκανότητάς τους μέχρι να γίνει η φύτευση της γλιστρίδας. Επομένως είχαμε 6 μεταχειρίσεις με το μάρτυρα (x10 επαναλήψεις). Στο τέλος του πειράματος τα δείγματα εδάφους αεροξηράθηκαν και πέρασαν από κόσκινο 2 mm, ενώ η υπέργεια βιομάζα των φυτών αφού πλύθηκε ώστε να απομακρυνθούν τυχόν σκόνες ξηράθηκε στους 70°C και κονιορτοποιήθηκε. Στα δείγματα εδάφους για την ανάλυση των βιοδιαθέσιμων μορφών των τοξικών στοιχείων έγινε εκχύλιση με DTPA-CaCl₂ (αναλογία 1:2 έδαφος : διάλυμα). Αντίστοιχα για τα φυτικά δείγματα, 1 g δείγματος υπέστη ξηρή καύση και εκχυλίστηκε με 10 mL 20% HCl. Τόσο τα εδαφικά όσο και τα φυτικά εκχυλίσματα αναλύθηκαν με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης για Cd, Pb και Zn. Όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν με one-way ANOVA στο επίπεδο 95% (p<0.005). Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS Statistics 26.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, το διαθέσιμο Cd δεν παρουσίασε κάποια μεταβολή ως προς την συγκέντρωσή του σε όλες τις μεταχειρίσεις. Όσον αφορά το ψευδάργυρο είχε συγκέντρωση 254,13 mg kg⁻¹ στον μάρτυρα και παρουσίασε σημαντική αύξηση με την εφαρμογή compost και frass, με την υψηλότερη συγκέντρωση να είναι αυτή του frass (389,29 mg kg⁻¹). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ικανότητα της οργανικής ουσίας που εμπεριέχεται στα οργανικά λιπάσματα να δημιουργεί οργανομεταλλικά σύμπλοκα με το εκάστοτε στοιχείο και να οδηγεί σε υψηλό δυναμικό δέσμευσής του [3]. Η συγκέντρωση του Pb δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση ως προς τον μάρτυρα. Η συγκέντρωση των τοξικών στοιχείων στην υπέργεια βιομάζα της γλιστρίδας εκφρασμένη σε νωπό βάρος έδειξε ότι ο μάρτυρας παρουσίασε υψηλότερη συγκέντρωση Cd από το όριο της Οδηγίας EC/629/2008. Η προσθήκη biochar, compost και frass κατάφερε να μειώσει τη συγκέντρωση Cd κάτω από το όριο των 50 mg kg⁻¹. Αντίστοιχα για το Pb, ο μάρτυρας είχε υψηλότερη συγκέντρωση από τα επιτρεπτά όρια, όπως και όλες οι μεταχειρίσεις δεν κατέστησαν δυνατή τη μείωση της συγκέντρωσής του κάτω από το όριο 0.10 mg kg⁻¹. Τέλος όσον αφορά τον Zn σε όλες τις μεταχειρίσεις είχαμε χαμηλότερη συγκέντρωση σε σχέση με το όριο China Li-Chen-Fu-JHM (2012) 20 mg kg⁻¹ (Πίνακας 1).

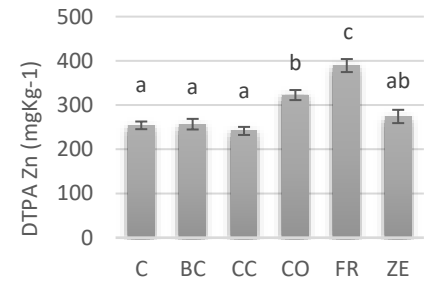
$p < 0.001^{***}$



$p = 0.000^{***}$



$p = 0.000^{***}$



Σχήμα 1. Συγκεντρώσεις διαθέσιμων τοξικών στοιχείων (DTPA) σε mg kg^{-1} .

*Τα γράμματα στην κορυφή των στηλών δείχνουν τις διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. C→ Μάρτυρας, BC→ Biochar, CC→ CaCO_3 , CO→ Compost, FR→ Frass, Ze→ Zeolite

Πίνακας 1. Νωπού βάρους (NB) συγκέντρωση σε Cd (in $\mu\text{g kg}^{-1}$), Pb (mg kg^{-1}), και Zn (mg kg^{-1}) στα φυτά γλιστρίδας.

	Cd ($\mu\text{g kg}^{-1}$ NB)	Pb (mg kg^{-1} NB)	Zn (mg kg^{-1} NB)
Control	60.5 ab	2.69 c	9.01 bc
Biochar 4%	39.2 a	2.27 bc	6.43 ab
Lime 4%	73.8 ab	1.63 ab	9.98 c
Compost 4%	30.0 a	1.82 ab	8.85 bc
Frass 4%	33.7 a	1.65 ab	4.66 a
Zeolite 4%	126.9 d	1.65 ab	9.37 bc
Επίπεδο σημαντικότητας	**	*	*
Directive EC/1881/2006		0.10	
Directive EC/629/2008	50		
China (GB2762-2012) (2012)	50	0.10	20 ^a
Australia (Standard 1.4.1, 2011)	100	0.10	
Codex Alimentarius (2017)	200	0.10	

*Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$; ** Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.01$. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ της κάθε στήλης υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές $p < 0.05$. (Οι συγκεντρώσεις που είναι υψηλότερες από ορισμένους κανονισμούς παρουσιάζονται με έντονους χαρακτήρες και πλάγια γραφή). a. Σύμφωνα με τους Li et al. [5].

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά οι προσθήκες compost και frass κατάφεραν να αυξήσουν την συγκέντρωση του βιοδιαθέσιμου Zn στο έδαφος, ωστόσο κανένα άλλο εδαφοβελτιωτικό δεν είχε την ικανότητα να επηρεάσει τη συγκέντρωση των τοξικών στοιχείων. Όσον αφορά την υπέργεια βιομάζα του φυτού, στον μάρτυρα βρέθηκε υψηλότερη ποσότητα Cd και Pb από τα επιτρεπτά όρια συγκεκριμένων οδηγιών. Ωστόσο η προσθήκη biochar, compost και frass είχε την ικανότητα να μειώσει την περιεκτικότητα Cd κάτω από το ελάχιστο όριο. Η συγκέντρωση Pb παρέμεινε αμετάβλητη σε όλες τις μεταχειρίσεις, ενώ ο Zn συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με το αναφερόμενο όριο.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Apostolopoulos G.V., (2014), DOI: 10.1016/j.jappgeo.2014.02.008
2. Subprimaniyam S., (2021), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.130784
3. Wang et al., (2021), DOI: 10.1007/s11356-021-16803-0
4. Wen et al., (2016), DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.04.046
5. Li et al. (2012), DOI: 10.1016/j.jhazmat.2012.05.023

Αστική αειφορία & έδαφος: Παρακολούθηση και εκτίμηση της εδαφικής ρύπανσης από πιθανά τοξικά στοιχεία στο κέντρο της Θεσσαλονίκης

Κάντζου Ο.Δ.¹, Γκόλια Ε.Ε.*¹, Ξαγοράρης Χ.¹, Αλεξανδρίδης Θ.², Μάσσας Ι.³

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), 54124 Πανεπιστημιούπολη, Θεσσαλονίκη.

²Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Φασματοσκοπίας και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)

³Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Σχολή Περιβάλλοντος και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά οδός 75, Αθήνα 118 55. *Email: egolia@agro.auth.gr

Περίληψη: Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση και καταγραφή των επιπέδων των Πιθανά Τοξικών Στοιχείων (ΠΤΣ), [καδμίου (Cd), χαλκού (Cu), μολύβδου (Pb) και ψευδαργύρου (Zn)], σε επιφανειακά εδαφικά δείγματα που συλλέχθηκαν από τον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε περιοχές πρασίνου στο κέντρο της πόλης (πάρκα, πλατείες, παιδικές χαρές, κ.ά.) το καλοκαίρι και το χειμώνα κάθε έτους για τρία έτη (2021-2023). Στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν οι τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων, οι διαθέσιμες και οι ολικές συγκεντρώσεις των ΠΤΣ. Τα εδάφη ήταν κυρίως αμμοπηλώδη και παρουσίασαν αλκαλική αντίδραση. Οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις ήταν σημαντικά υψηλότερες τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι ολικές συγκεντρώσεις των ΠΤΣ δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ετών, αν και καταγράφηκε ανοδική τάση. Υψηλότερες συγκεντρώσεις των ΠΤΣ παρατηρήθηκαν σε μεγάλες λεωφόρους της πόλης και κυρίως σε σημεία όπου αυτές διασταυρώνονται, σε εδάφη γύρω από το υπεραστικό ΚΤΕΛ και το επιβατικό λιμάνι. Στις παιδικές χαρές που γειτνιάζουν με τις γραμμές του τρένου, στη νοτιοδυτική πλευρά της πόλης παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες ολικές συγκεντρώσεις, οι οποίες σε κάποιες περιπτώσεις ξεπέρασαν τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η απεικόνιση της ρύπανσης με την κατασκευή θεματικών χαρτών αναμένεται να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο παρακολούθησης της ρύπανσης στο κέντρο της πόλης.

Λέξεις κλειδιά: Βαρέα μέταλλα, αστικός ιστός, θεματικοί χάρτες

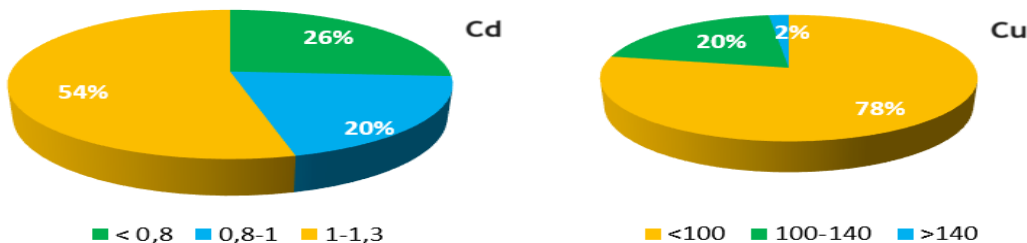
Εισαγωγή-Σκοπός: Τα αστικά εδάφη είναι σχετικά πρόσφατα σχηματισμένα εδαφικά συστήματα [1], που οφείλουν τη δημιουργία τους στην έντονη αστικοποίηση του πληθυσμού [1,2]. Οι διαφορές τους από τα φυσικά εδάφη εντοπίζονται κυρίως στην έντονη οριζόντια και κάθετη μεταβλητότητα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους, στη σημαντική συμπίεση που έχουν υποστεί, στη μεγάλη διακύμανση των συγκεντρώσεων των ΠΤΣ και στην παρουσία ξένων σωμάτων και υλικών που προέρχονται κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες [2]. Στους στόχους της Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ περιλαμβάνεται η υγεία & βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων, με το έδαφος να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα καλής υγείας & ευημερίας καθώς και παραγωγής ασφαλών προϊόντων [3]. Τα ΠΤΣ στα αστικά εδάφη εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία των πολιτών, κυρίως λόγω έντονης και πολύωρης έκθεσης στους χώρους αστικού πρασίνου, κατάποσης ή και δερματικής επαφής [4]. Οι εκπομπές των τροχοφόρων οχημάτων και των συστημάτων θέρμανσης των κατοικιών, η γειτνίαση με βιομηχανικές περιοχές και οι ποικίλες μεταλλουργικές δραστηριότητες αποτελούν τις κύριες παραμέτρους που προκαλούν συσσώρευση των ΠΤΣ στο αστικό έδαφος [5,6]. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η παρακολούθηση της χρονικής και χωρικής παραλλακτικότητας των ΠΤΣ στον αστικό ιστό της πόλης και η απεικόνισή τους μέσω της κατασκευής αντίστοιχων θεματικών χαρτών.

Υλικά και Μέθοδοι: Για την παρακολούθηση των επιπέδων των ΠΤΣ, συνελέγησαν συνολικά 300 επιφανειακά (0-20cm) δείγματα από 50 διαφορετικές περιοχές αστικού πρασίνου στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (Εικόνα 1), το καλοκαίρι και το χειμώνα κάθε έτους, για τρία έτη (2021-2023). Το τελικό εδαφικό δείγμα το οποίο ελήφθη από κάθε σημείο δειγματοληψίας αποτελούνταν από 4 υπο-δείγματα. Στο εργαστήριο εδαφολογίας του ΑΠΘ πραγματοποιήθηκαν οι εδαφολογικές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων, και συγκεκριμένα: ο προσδιορισμός της τιμής του pH (1:2,5) και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (1:1), της κοκκομετρικής σύστασης, της περιεκτικότητας (%) σε οργανική ουσία και σε CaCO₃. Επιπλέον, προσδιορίστηκε η διαθέσιμη (εκχύλιση με DTPA) και η ολική (εκχύλιση με Aqua Regia) συγκέντρωση των ΠΤΣ. Ο ποσοτικός προσδιορισμός τους πραγματοποιήθηκε με φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με εξάρτημα φλόγας (Shimadzu AA6300) και φούρνου γραφίτη (Shimadzu AA7000). Για τον έλεγχο της απόδοσης, της ακρίβειας, της επαναληψιμότητας και τα όρια των ορίων ανίχνευσης της μεθόδου και των οργάνων, για κάθε μεταλλικό στοιχείο, χρησιμοποιήθηκε συνθετικό δείγμα εδάφους BCR141R. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 26 και για την κατασκευή των θεματικών χαρτών το πακέτο QGIS.



Εικόνα 3: Χάρτης σημείων δειγματοληψίας από τον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης.

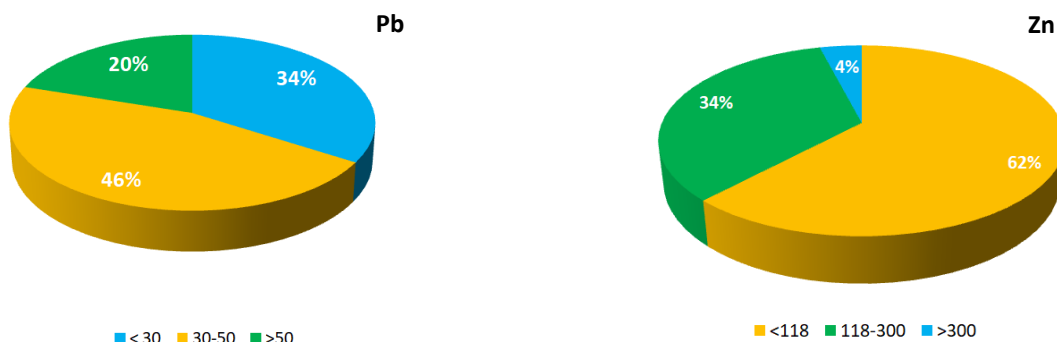
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των εδαφικών δειγμάτων, όπως κατανέμονται μέσα στον αστικό ιστό της πόλης [4]. Στις Εικόνες 2 & 3 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των ολικών συγκεντρώσεων των ΠΤΣ στις έξι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν (δύο ανά έτος) στα εδαφικά δείγματα. Οι μέσες τιμές των ολικών συγκεντρώσεων του Cd ήταν όλες μικρότερες των 3 mg kg^{-1} εδάφους, ενώ στην περίπτωση του Cu, το 20% των εδαφικών δειγμάτων παρουσίασαν συγκεντρώσεις από 100 έως 140 mg kg^{-1} εδάφους, ενώ 1 δείγμα στην περιοχή του Βασιλικού Θεάτρου, παρουσίασε τιμή μεγαλύτερη των 140 mg kg^{-1} εδάφους, δηλαδή μεγαλύτερη της μέγιστης επιτρεπτής από την Ευρωπαϊκή Ένωση [4]. Οι περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκαν οι υψηλές συγκεντρώσεις Cu, βρίσκονταν κοντά σε δρόμους με μεγάλη συχνότητα και όγκο τροχοφόρων οχημάτων και σε περιοχές όπου οι κάτοικοι διέθεταν τζάκι και το χρησιμοποιούσαν ως κύριο μέσο για τη θέρμανση των κατοικιών τους για αρκετές ώρες την ημέρα [5].



Εικόνα 4: Ολικές συγκεντρώσεις Cd και Cu (mg kg^{-1} ξηρού εδάφους).

Οι συγκεντρώσεις του Pb ήταν χαμηλότερες των μέγιστων επιτρεπτών από την Ευρωπαϊκή Ένωση ορίων, ενώ το 62% των εδαφικών δειγμάτων παρουσίασε συγκεντρώσεις Zn, που ξεπέρασαν την τιμή των 300 mg kg^{-1} ξηρού εδάφους. Οι υψηλότερες τιμές του Zn βρέθηκαν σε εδαφικά δείγματα που βρίσκονται σε πάρκα, κοντά στο επιβατικό λιμάνι της Θεσσαλονίκης, καθώς και κοντά στο σταθμό του υπεραστικού ΚΤΕΛ Μακεδονία.

Σε παιδική χαρά και στον προαύλιο χώρο σχολικής μονάδας στην οδό 26^{ης} Οκτωβρίου παρουσιάστηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις του Zn, γεγονός που συμφωνεί με αντίστοιχες μελέτες που έχουν γίνει στο πλαίσιο ελέγχου και παρακολούθησης της αστικής εδαφικής ρύπανσης για την περιοχή της Θεσσαλονίκης [6].



Εικόνα 5: Ολικές συγκεντρώσεις Pb και Zn (mg kg^{-1} ξηρού εδάφους).

Συμπεράσματα: Στο κέντρο της Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκε έρευνα παρακολούθησης της αστικής εδαφικής ρύπανσης από ΠΤΣ κατά τα έτη 2021-23. Συγκεντρώθηκαν 300 συνολικά επιφανειακά δείγματα εδάφους, από 50 σημεία, δύο φορές το χρόνο. Οι ολικές συγκεντρώσεις των μετάλλων ήταν μικρότερες των μέγιστων επιτρεπτών συγκεντρώσεων που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, εκτός από την περίπτωση κυρίως του Zn. Οι υψηλότερες τιμές τους παρατηρήθηκαν σε περιοχές με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι θεματικοί χάρτες οι οποίοι κατασκευάστηκαν για κάθε μέταλλο αναμένεται να αποτελέσουν ένα πολύτιμο εργαλείο παρακολούθησης και αποτύπωσης της ρύπανσης στην περιοχή μελέτης.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Li et al (2018), DOI: 10.1111/ejss.12518
2. Binner et al (2023), DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158734
3. Lal et al (2021), DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00398
4. Golia et al (2023), DOI: 10.1007/s41207-023-00391-1
5. Golia et al (2021), DOI: 10.3390/su13042029
6. Bourliva et al (2021), DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118122

Φυτοεξόρυξη εδάφους: Πρόσφατες εξελίξεις - Ανασκόπηση

Κικής Χ. και Αντωνιάδης Β.

Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 384 46, Βόλος.

Περίληψη: Η πρακτική της φυτοεξόρυξης περιλαμβάνει τη χρήση φυτικών ειδών ικανών να συσσωρεύουν στους ιστούς τους μεγάλες ποσότητες μετάλλων από το έδαφος και έχει κερδίσει τεράστιο ενδιαφέρον τόσο στον χώρο της ακαδημαϊκής κοινότητας όσο και της βιομηχανίας. Ενώ οι μέχρι τώρα συμβατικές τεχνικές εξόρυξης μετάλλων επιβαρύνουν το περιβάλλον και χαρακτηρίζονται ως οικονομικά ανεπαρκείς, η φυτοεξόρυξη είναι φιλική προς το περιβάλλον και προσφέρεται ως μία αειφορική και οικονομικά βιώσιμη λύση. Η παρούσα ανασκόπηση διερευνά τους κύριους μηχανισμούς φυτοεξόρυξης, τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η μέθοδος και τα είδη των φυτών υπερσυσσωρευτών που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή μετάλλων από το έδαφος, με έμφαση στα οικονομικά πολύτιμα ή επικίνδυνα για την υγεία μέταλλα. Αν και η φυτοεξόρυξη αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη διαδικασία, το πλήρες εμπορικό δυναμικό δεν έχει αξιοποιηθεί. Ερευνητές από όλο τον κόσμο εξετάζουν συνεχώς νέα φυτά ικανά να υπερσυσσωρεύουν τα επιθυμητά μέταλλα. Βρέθηκε ότι πάνω από 700 είδη φυτών έχουν χαρακτηριστεί ως φυτά υπερσυσσωρευτές, με τα περισσότερα από αυτά να αφορούν στο νικέλιο. Το νικέλιο είναι το μέταλλο με το μεγαλύτερο οικονομικό και επιστημονικό ενδιαφέρον. Τέλος, ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την επιτυχημένη εμπορική εφαρμογή της φυτοεξόρυξης και τη δυνατότητα καλλιέργειας των υπερσυσσωρευτών σε επίπεδο αγρού, είναι η τιμή του μετάλλου στην αγορά.

Λέξεις κλειδιά: Υπερσυσσωρευτές, Αγροεξόρυξη, Πολύτιμα μέταλλα, Φυτοεξυγίανση, Βιομάζα

Εισαγωγή-Σκοπός: Ο αυξανόμενος πληθυσμός της γης απαιτεί την εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής, της παραγωγής ενέργειας αλλά και της εκμετάλλευσης των πόρων, όπως αυτής της εξόρυξης μετάλλων. Οι συμβατικές μέθοδοι εξόρυξης πραγματοποιούνται μόνο σε κοιτάσματα όπου οι συγκεντρώσεις μετάλλων μπορούν να αποφέρουν κέρδος, με αποτέλεσμα την εξάντληση αυτών [1]. Ως φυτοεξόρυξη ορίζουμε τη χρήση φυτικών ειδών, γνωστά ως υπερσυσσωρευτές, που έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν από το έδαφος ασυνήθιστα μεγάλες ποσότητες μετάλλων και να τις συσσωρεύουν στους ιστούς τους, χωρίς να εμφανίζουν τοξική επίδραση [2,7]. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τα κύρια φυτικά είδη που χρησιμοποιούνται στη φυτοεξόρυξη, να επισημάνει τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση και τη μετακίνηση των μετάλλων στο έδαφος και να εκτιμήσει οικονομικά στοιχεία που μπορούν να παρέχουν μια περιβαλλοντικά βιώσιμη εναλλακτική λύση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους εξόρυξης.

Υλικά και Μέθοδοι: Όλες οι πηγές πληροφοριών στη παρούσα έρευνα προήλθαν από παγκόσμιες βάσεις δεδομένων, όπως το Scopus, το Google Scholar και το Science Direct, χρησιμοποιώντας λέξεις-κλειδιά που αφορούν τα στοιχεία της τεχνικής της φυτοεξόρυξης, όπως “Phytomining” και τους επιπρόσθετους όρους “hyperaccumulators”, “agromining”, “phytoextraction” και “elements”. Όσον αφορά τα αποτελέσματα των μελετών που σχετίζονται με την εφαρμογή της φυτοεξόρυξης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από ερευνητικές εργασίες της τελευταίας δεκαετίας. Ο συγκεκριμένος χρονικός περιορισμός μας επέτρεψε να αξιοποιήσουμε πρόσφατα αποτελέσματα και συμπεράσματα, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη βαθύτερη κατανόηση στο εξελισσόμενο πεδίο της φυτοεξόρυξης. Ακόμη, κατά τη διαδικασία συγγραφής αυτής της ανασκόπησης, διατηρήθηκε αυστηρή τήρηση των κανονισμών περί πνευματικών δικαιωμάτων και αδειών. Τέλος, ακολουθήθηκαν οι ηθικές αρχές για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα και η εγκυρότητα της έρευνας.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Έπειτα από την ολοκλήρωση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης βρέθηκε ότι περισσότερα από 700 φυτικά είδη έχουν ερευνηθεί και καταγραφεί σαν υπερσυσσωρευτές διάφορων πολύτιμων μετάλλων. Η πιο συχνά εμφανιζόμενη οικογένεια φυτών είναι η οικογένεια Brassicaceae με κύριους εκπροσώπους τα είδη του γένους *Alyssum*, και πιο συγκεκριμένα τα είδη *Alyssum bertolonii* και *Alyssum murale*. Ακόμη, το είδος *Berkheya coddii* (Asteraceae), είναι ένα φυτό που έχει μελετηθεί εκτενώς για την ικανότητα φυτοεξόρυξης διάφορων μετάλλων [3].

Τα στοιχεία που ενδιαφέρουν τη διαδικασία της φυτοεξόρυξης είναι το νικέλιο (Ni), το κοβάλτιο (Co), το κάδμιο (Cd), ο ψευδάργυρος (Zn), το σελήνιο (Se), το μαγγάνιο (Mn), το θάλλιο (Tl) και τα ευγενή μέταλλα (NMs) [2,5]. Τα όρια συσσώρευσης, των αναφερθέντων μετάλλων, στους ιστούς ενός φυτού προκειμένου αυτό να χαρακτηριστεί ως υπερσυσσωρευτής του συγκεκριμένου μετάλλου φαίνονται στον Πίνακα 1 [3,4]. Από τα ανωτέρω μέταλλα το μεγαλύτερο οικονομικό ενδιαφέρον έχει το νικέλιο, για το οποίο έχουν αναφερθεί 532 είδη υπερσυσσωρευτών φυτών, το κοβάλτιο, ο χρυσός (Au), το παλλάδιο (Pd) και η πλατίνα (Pt) [5]. Από τα συγκεκριμένα μέταλλα, μόνο για το νικέλιο έχουν διεξαχθεί πειράματα επιπέδου αγρού, ενώ για τα υπόλοιπα έχουν διεξαχθεί μόνο πειράματα σε γλάστρες και υπό ορισμένες συνθήκες.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα και τη συμπεριφορά των μετάλλων στο έδαφος συζητήθηκαν επίσης. Βρέθηκε ότι τα επίπεδα του pH στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας που επιδρά στη διαλυτότητα των μετάλλων. Συγκεκριμένα, η ποσότητα του μετάλλου που εκχυλίζεται είναι ευθέως ανάλογη με τη συγκέντρωση του μετάλλου στο έδαφος και τη συγκέντρωση του εκχυλιστικού μέσου (π.χ. οξέα) [6]. Ακόμη, για την επιτυχημένη εφαρμογή της διαδικασίας της φυτοεξόρυξης, εκτός από τη βελτιστοποίηση του pH, βρέθηκε ότι η προσθήκη λιπασμάτων, για την μεγιστοποίηση της απόδοσης των καλλιεργειών, είχε αξιοσημείωτη θετική επίδραση στην ικανότητα των φυτών να συσσωρεύουν τα μέταλλα. Επίσης, οι χηλικές ενώσεις είναι σε θέση να εξαγάγουν διάφορα μέταλλα από το έδαφος. Έχουν την ικανότητα να συνδέονται με τα μέταλλα δημιουργώντας

οργανομεταλλικές ενώσεις που μπορούν να διαλυθούν στο νερό [6]. Μόλις σχηματιστούν, μπορούν να εισάγουν μέταλλα στο εδαφικό διάλυμα αφαιρώντας τα από τις επιφάνειες στις οποίες είχαν προσκολληθεί.

Τέλος, συζητήθηκαν και τυχόν οικονομικά οφέλη της διαδικασίας της φυτοεξόρυξης. Συμπερασματικά, η οικονομική επιτυχία της προτεινόμενης μεθόδου βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, όπως i) η περιεκτικότητα σε μέταλλα στο έδαφος και στα φυτά, ii) η παραγωγή βιομάζας και iii) η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να απελευθερωθεί κατά την καύση της παραγόμενης βιομάζας που μπορεί να δεσμευτεί και να πωληθεί [7]. Ωστόσο, ο πιο επιτακτικός παράγοντας για τη φυτοεξόρυξη είναι η δημιουργία εσόδων που εξαρτάται από τις απαιτήσεις της αγοράς και την παγκόσμια τιμή του μετάλλου που εξορύσσεται μέσω των φυτών. Ενδεικτικά αναφέρεται πως μία καλλιέργεια υπερσυσσωρευτή με παραγωγή βιομάζας 10,000 kg ha⁻¹ και περιεκτικότητα 10,000 mg Ni kg⁻¹ ξηρού βάρους, με τη σημερινή τιμή του Ni (Σχήμα 1) θα μπορούσε να επιτευχθεί μία μεικτή απόδοση €1268 ha⁻¹ [4]. Επιπλέον, οι εταιρείες δεν αποκομίζουν κέρδη μόνο από τη διαδικασία της φυτοεξόρυξης αλλά και από την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας.

Πίνακας 1: Ελάχιστο όριο για την υπερσυσσώρευση διαφορετικών μετάλλων [3,4]

Στοιχείο	Όριο υπερσυσσώρευσης (mg kg ⁻¹)	Αριθμός φυτών υπερσυσσωρευτών
Cd	100	24
Co	300	29
Au	1	-
Mn	10,000	22
Ni	1000	532
Se	100	20
Ag	1	-
Tl	100	1
Zn	3000	24



Σχήμα 1: Εξέλιξη της τιμής του Ni τη δεκαετία 2013 - 2023

Συμπεράσματα: Ενώ η φυτοεξόρυξη έχει σημαντικές δυνατότητες, αντιμετωπίζει ορισμένους περιορισμούς, όπως η επιλογή συγκεκριμένων φυτών για συγκεκριμένα μέταλλα μαζί με οποιαδήποτε πρόκληση παρουσιάζεται από το σχηματισμό των μεταλλικών ενώσεων στο έδαφος. Ωστόσο, η φυτοεξόρυξη αξιοποιεί τη φυσική ικανότητα των φυτών να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες πολύτιμων μετάλλων. Μπορεί όχι μόνο να δημιουργήσει εισόδημα για τους καλλιεργητές, αλλά να παρέχει ορυκτά και πόρους βιοκαυσίμων. Τέλος, η οικονομική βιωσιμότητα εξαρτάται από παράγοντες όπως η περιεκτικότητα του εδάφους σε μέταλλα, οι ικανότητες απορρόφησης των μετάλλων από τα επιλεγμένα φυτικά είδη και μετακίνησης τους εντός του φυτού, οι αποδόσεις βιομάζας και κυρίως οι τιμές των μετάλλων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Nkrumah et. al (2021), DOI: 10.1007/978-3-030-58904-2_2.
2. Reeves et. al (2021), DOI: 10.1007/978-3-030-58904-2_7.
3. van der Ent et. al (2013), DOI: 10.1007/s11104-012-1287-3.
4. Bani et. al (2015), DOI: 10.1080/15226514.2013.862204.
5. Dinh et. al (2022), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131805.
6. Komal et. al (2015), DOI: 10.1007/978-3-319-14526-6_10.
7. Ali et. al (2017), DOI: 10.5194/se-2017-75.

Η χρήση των βιομηχανικών καλλιεργειών για τη φυτοδιαχείριση ρυπασμένων εδαφών - Ανασκόπηση

Κική Χ. και Αντωνιάδης Β.

Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 384 46, Βόλος.

Περίληψη: Αυτή η ανασκόπηση παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη χρήση βιομηχανικών καλλιεργειών για (α) τη φυτοδιαχείριση εδαφών που έχουν μολυνθεί με οργανικές και ανόργανες ουσίες, (β) την αύξηση της παραγωγής ενέργειας μέσω βελτιστοποιημένης καλλιέργειας και (γ) αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων με ταυτόχρονη κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης για βιώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες δύναται να μολύνουν το έδαφος με οργανικούς και ανόργανους ρύπους, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους, την ερημοποίηση και την απώλεια πολύτιμης γης. Από την άλλη πλευρά, η παγκόσμια ενεργειακή κρίση απαιτεί την αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων και της αυξανόμενης ρύπανσης. Συζητήθηκαν οι κύριοι τύποι οργανικών και ανόργανων ρύπων που μπορεί να υπάρχουν στο έδαφος, καθώς και οι κύριες βιομηχανικές καλλιέργειες που καλλιεργούνται σήμερα. Επιπρόσθετα, επανεξετάστηκαν οι καλλιεργητικές ανάγκες βιομηχανικών φυτικών ειδών για βέλτιστες αποδόσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ενεργειακό τομέα. Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι βιομηχανικές καλλιέργειες έχουν δείξει μεγάλες δυνατότητες όσον αφορά την αποκατάσταση των μολυσμένων εδαφών, παρέχοντας παράλληλα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη βιομηχανία και εισόδημα στους αγρότες. Τέλος, αναφέραμε περιπτώσεις όπου οι βιομηχανικές καλλιέργειες χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση τόσο των οργανικών όσο και των ανόργανων ρύπων στο έδαφος με επιτυχία.

Λέξεις κλειδιά: Φυτοεξυγίανση · Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας · Ρύπανση εδάφους · Κυκλική οικονομία · Περιβάλλον

Εισαγωγή-Σκοπός: Ο αυξημένος πληθυσμός και οι απαιτήσεις οδήγησαν σε μια ενεργειακή κρίση με αρνητική επίδραση σε διάφορες οικονομικές πτυχές, καθώς και σε εισροή επικίνδυνων ρύπων στο έδαφος με αποτέλεσμα την υποβάθμιση αυτών και την απώλεια αγαθών [1]. Ως εκ τούτου, η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ από βιομηχανικές καλλιέργειες, προτείνεται ως εναλλακτική λύση. Η φυτοδιαχείριση είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση, που στοχεύει στη βιώσιμη αξιοποίηση των εδαφικών πόρων μέσω της καλλιέργειας φυτών που ανέχονται το στρες των ρύπων και με μη διατροφικές χρήσεις. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την καλλιέργεια εδαφών προηγουμένως χαμηλής παραγωγικότητας, ενώ οι αγρότες παράγουν επαρκές εισόδημα και οι βιομηχανίες βρίσκουν πολύτιμα και ανανεώσιμα υλικά [2]. Έτσι, στοχεύσαμε (α) να συζητήσουμε τη φύση των ανόργανων και οργανικών ρύπων, (β) την περιγραφή των βιομηχανικών φυτών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα φυτοδιαχείρισης και (γ) να αποσαφηνίσουμε τα πρόσφατα ευρήματα επισημαίνοντας ελλείψεις στις πρακτικές της φυτοδιαχείρισης.

Υλικά και Μέθοδοι: Για τη συλλογή των πληροφοριών που παρουσιάζονται στη παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν παγκόσμια εργαλεία αναζήτησης, όπως το Google Scholar, το Scopus και το Science Direct. Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λέξεων-κλειδιών, οι οποίες ήταν οι ακόλουθες: “Phytomanagement” και ακολούθησαν οι έννοιες “Industrial crops”, “Soil pollution”, “Organic contaminants”, “Inorganic contaminants” και “Phytoremediation” [3]. Επίσης, προκειμένου να μετρηθεί η κίνηση των ρύπων μέσα στα φυτά, λάβαμε υπόψιν τον συντελεστή μεταφοράς (Transfer Factor) που ορίζεται μέσω του τύπου:

$$TF = \frac{\text{Συγκέντρωση του ρύπου στους φυτικούς ιστούς (ppm,mmol,κ.λ.π.)}}{\text{Συγκέντρωση του ρύπου στο έδαφος (ppm,mmol,κ.λ.π.)}}$$

Τιμές μεγαλύτερες από 1, δείχνουν ότι το φυτό έχει την ικανότητα να απορροφήσει ρύπους από το έδαφος στα φυτικούς του ιστούς σε ικανοποιητικό βαθμό [1]. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από μελέτες που διεξήχθησαν τη τελευταία δεκαετία. Αυτή η χρονική επιλογή κάνει τη συγκεκριμένη ανασκόπηση ένα σύγχρονο περιεχόμενο που καλύπτει τη μέχρι σήμερα εξελεγκτική πορεία του πεδίου της φυτοδιαχείρισης στα ρυπασμένα εδάφη. Ακόμη, κατά τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας, τηρήσαμε κάθε κανονισμό περί πνευματικών δικαιωμάτων, και κάθε ηθική αρχή για την ακεραιότητα των πληροφοριών που παρουσιάζονται στην εργασία.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Μετά τη συλλογή δεδομένων και την ολοκλήρωση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, βρέθηκε ότι οι κύριες τεχνικές με τις οποίες τα φυτά μετριάζουν τη παρουσία των ρύπων στο έδαφος είναι η φυτοεξαγωγή (phytoextraction), η φυτοσταθεροποίηση (phytostabilization), η ριζοδιάσπαση (phytodegradation), η φυτοδιάσπαση (phytodegradation) και η φυτοεκπομπή (phytonovolatilization). Ακόμη, βρέθηκε ότι οι κύριοι ρύποι που εισέρχονται στο έδαφος με κίνδυνο τη εισροή στη τροφική αλυσίδα είναι τα φυτοφάρμακα (pesticides), οι πολυχλωριωμένες διφαινοδιοξίνες και τα διαφαινοφουράνια (PCDDs/Fs), τα πολυχλωριωμένα διφαινούλια (PCBs), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), καύσιμα πετρελαίου (βενζίνη, diesel), ουσίες πολυφθοροαλκυλίου (PFAS), δυνητικά τοξικά μέταλλα (PTEs), άλατα, οξέα (NO_x, SO_x) και ραδιενεργά στοιχεία (radionuclides). Η χρήση των βιομηχανικών καλλιεργειών, για την διαχείριση των ρυπασμένων εδαφών από οργανικά και ανόργανα προϊόντα, αλλά και τη παράλληλη χρήση της συγκομιζόμενης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας μπορεί να αποφανθεί αρκετά επικερδής. Οι βιομηχανικές καλλιέργειες διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τις ινοδοτικές, τις ενεργειακές και τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Στο **Πίνακα 1** παρουσιάζονται περιπτώσεις όπου βιομηχανικές καλλιέργειες χρησιμοποιήθηκαν για τη φυτοδιαχείριση ρυπασμένων εδαφών από διάφορους ρύπους [4,5,6,7].

Πίνακας 1: Περιπτώσεις μελέτης όπου χρησιμοποιήθηκαν βιομηχανικές καλλιέργειες για φυτοδιαχείριση.

Κοινή ονομασία	Επιστημονική ονομασία	Μηχανισμός φυτοδιαχείρισης	Ρύπος	Αποτέλεσμα
Βαμβάκι	<i>Gossypium sp.</i>	Φυτοεξαγωγή	Cd	BAF=1.10 (με προσθήκη οργανικής ουσίας)
Βαμβάκι	<i>Gossypium sp.</i>	Φυτοεξαγωγή	Cr, Cu, Mn και Zn	TF>1 για Cr στα στελέχη TF=2 για Zn σε σπόρους TF>2 για Cu στα φύλλα
Αραβόσιτος	<i>Zea mays</i>	Φυτοεξαγωγή	Cr (IV)	TF=1.168 (με προσθήκη 80mmol kg ⁻¹ EDTA)
Αραβόσιτος	<i>Zea mays</i>	Φυτοεξαγωγή	U	TF=1.7 (με προσθήκη σύνθετου λιπάσματος)
Σόγια	<i>Glycine max</i>	Φυτοεξαγωγή	NaCl	TF=1.56
Ζαχαροκάλαμο	<i>Saccharum officinarum</i>	Ριζοδιάσπαση (<i>Candida</i> VITJzN0)	lindane (εντομοκτόνο)	Ταχεία διάσπαση του εντομοκτόνου στο έδαφος.
Ηλιάνθος	<i>Helianthus annuus</i>	Ριζοδιάσπαση (<i>Raenibacillus</i> sp. IITISM08, <i>Bacillus</i> sp. PRB77 και <i>Bacillus</i> sp. PRB101)	Endosulfan (εντομοκτόνο)	Διάσπαση σε βαθμό 92% του εντομοκτόνου στο έδαφος
Λεβάντα	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Φυτοεξαγωγή	Cd, Pb, Zn και Cu	TF=3.6 για Cu, BAF=1.4 για Cd, BAF=0.95 για Zn BAF=0.76 για Pb

όπου, Cd: κάδμιο, Cr: χρώμιο, Cu: χαλκός, Mn: Μαγγάνιο, Zn: Ψευδάργυρος, U: Ουράνιο, NaCl: χλωριούχο νάτριο, Pb: μόλυβδος, EDTA: χηλικός παράγοντας – αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ, TF: Συντελεστής μεταφοράς (Transfer factor).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 βρέθηκε ότι, το βαμβάκι πέραν από τη βιομηχανική του χρήση για τη παραγωγή ίνας, πρόκειται για τη περίπτωση ενός φυτού συσσωρευτή PTEs, με ιδιαίτερη έμφαση στο κάδμιο (Cd) [4]. Επίσης, ο αραβόσιτος, η πιο σημαντική καλλιέργεια για παραγωγή ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα, θα μπορούσε να αποτελέσει μία πολύ καλή λύση για ρυπασμένες ραδιενεργά ενεργές περιοχές, αφού σύμφωνα με τον πίνακα εμφάνισε ικανοποιητική ικανότητα για την αφαίρεση ραδιενεργών ρύπων όπως στη περίπτωση του ουράνιου (U) αλλά και μετάλλων όπως στη περίπτωση του χρωμίου (Cr) [5]. Ακόμη, η σόγια εκτός από τη βιομηχανική της χρήση θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για τη διαχείριση των αλατούχων – νατριωμένων εδαφών [6]. Τέλος, ο ηλιάνθος και το ζαχαροκάλαμο έδειξαν αποικοδόμηση διάφορων φυτοφαρμάκων σε ικανοποιητικό ποσοστό, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο ένα ακόμη πλεονέκτημα εκτός της ελαιοδοτικής του χρήσης [7].

Συμπεράσματα: Η καλλιέργεια βιομηχανικών καλλιεργειών προσφέρει πλεονεκτήματα τόσο στην προστασία του περιβάλλοντος όσο και στην παραγωγή ενέργειας. Οι βιομηχανικές καλλιέργειες, έχουν επιδείξει δυνατότητες για τη φυτοδιαχείριση ρυπασμένων εδαφών, παρέχοντας έναν τρόπο για την αντιμετώπιση της μόλυνσης του περιβάλλοντος, παρέχοντας παράλληλα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη βιομηχανία και εισόδημα για τους αγρότες. Καλλιεργώντας βιομηχανικά φυτά, μπορούμε να βοηθήσουμε στην αποκατάσταση και την αναζωογόνηση των μολυσμένων περιοχών, ενώ παράλληλα βελτιώνουμε την ποιότητα του εδάφους και προάγουμε την οικολογική ισορροπία. Αν και η φυτοδιαχείριση είναι μια πολλά υποσχόμενη διαδικασία, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πλήρη διερεύνηση των δυνατοτήτων των βιομηχανικών καλλιεργειών που καλλιεργούνται σε υποβαθμισμένα εδάφη.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Antoniadis et. al (2017), DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.06.005.
2. Shin et. al (2015), DOI: 10.5714/CL.2015.16.4.265.
3. Yan et. al (2021), DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124771.
4. Min et al. (2022), DOI: 10.1007/s11356-022-21485-3.
5. Stojanović et al. (2010), DOI: 10.1007/s11270-009-0208-4.
6. Boonsaner και Hawker, (2012), DOI: 10.1080/10934529.2012.650559.
7. Rani et al. (2019), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.037.

Συγκεντρώσεις και φορτία τιτανίου σε δασικά εδάφη. Η περίπτωση ενός δάσους ελάτης

Μιχόπουλος Π.^{1*}, Κωστάκης Μ.², Μπουρλέτσικας Α.¹, Καούκης Κ.¹, Θωμαΐδης Ν.²

¹ΕΑΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέρμα Αλκμάνος, Αθήνα 115 28,

²Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 157, 71

*Συγγραφέας αλληλογραφίας

Περίληψη: Στην εργασία αυτή προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις και τα φορτία (stocks) του τιτανίου (Ti) στα εδάφη 4 δασικών οικοσυστημάτων, αειφύλλων πλατυφύλλων, δρυός, οξιάς και ελάτης σε βάθος 80 cm. Βρέθηκε ότι τα εδάφη που αναπτύχθηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα είχαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Ti από τα εδάφη σε μεταμορφωμένα πετρώματα. Τα ποσοστά αργίλου και οι συγκεντρώσεις Ti είχαν σημαντική και θετική συσχέτιση. Ο υδρολογικός κύκλος του Ti μελετήθηκε στο δάσος ελάτης. Υπολογίστηκε ότι περίπου 40 g ha⁻¹ κατά έτος και 6 g ha⁻¹ Ti φτάνουν στο δασικό τάπητα της ελάτης σε μορφή της φυλλόπτωσης και διαπερώσας βροχής, αντίστοιχα. Οι ροές αυτές του Ti παίζουν σημαντικό ρόλο δεδομένου ότι τα ορυκτά του Ti αποσαθρώνονται δύσκολα.

Λέξεις κλειδιά: τιτάνιο, έδαφος, δάση, υδρολογικός κύκλος

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα τελευταία χρόνια το τιτάνιο (Ti) θεωρείται ωφέλιμο στοιχείο για τα φυτά καθώς προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφυλλών, του ρυθμού της φωτοσύνθεσης και της δραστηριότητας ενζύμων [1]. Δεν υπάρχει σχετική βιβλιογραφία για τα δασικά εδάφη. Για το λόγο αυτό ερευνήθηκαν οι συγκεντρώσεις και τα φορτία του Ti στα εδάφη τεσσάρων αντιπροσωπευτικών δασικών οικοσυστημάτων της Ελλάδας, αειφύλλων πατυφύλλων, δρυός, οξιάς και ελάτης.

Υλικά και Μέθοδοι: Χαρακτηριστικά των πειραματικών επιφανειών φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των πειραματικών επιφανειών

Περιοχή	Υψόμετρο (m)	Μητρικό υλικό	Βλάστηση
Αμφιλοχία	360	Φλύσσης	Άριά, φιλλύκι, ρείκια, κουμαριά
Όσσα	740	Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος	Πλατύφυλλος δρυς
Όσσα	890	Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος	Οξιά
Καρπενήσι	1170	Φλύσσης	Υβριδογενής ελάτη

Συλλογή και ανάλυση δειγμάτων: Τα εδάφη συλλέχτηκαν από 6 στρώματα με 3 επαναλήψεις στο χώρο. Τα στρώματα ήταν: το L, το FH, τα 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm και τα 40-80 cm. Για τον υπολογισμό των φορτίων Ti υπολογίστηκε η φαινομενική πυκνότητα των εδαφών καθώς και η μάζα των οργανικών οριζόντων.

Δείγματα φυλλόπτωσης και νερά του υδρολογικού κύκλου του Ti συλλέχτηκαν με ειδικούς συλλέκτες [2]. Τα εδάφη υπέστησαν πέψη σε φούρνο μικροκυμάτων με HF και aqua regia σε θερμοκρασία 160–170 C για 20 λεπτά. Τα δείγματα φυλλόπτωσης υπέστησαν πέψη με μείγμα HNO₃-HClO₄. Το Ti στα προϊόντα πέψης, εδάφους και φυλλόπτωσης καθώς και στα νερά μετρήθηκε με συσκευή ICP-MS (Thermo iCAP Qc).

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι συγκεντρώσεις του Ti στα διάφορα στρώματα των εδαφών.

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις (mg kg⁻¹) Ti στα διάφορα στρώματα των εδαφών. Διαφορετικά γράμματα στην ίδια σειρά σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για 0.05 επίπεδο σημαντικότητας

	Άριά	Δρυς	Οξιά	Ελάτη
L	97	172	108	286
FH	2004 a	1838 a	1900 a	2524 b
0-10 cm	3865 a	2898 b	3273 c	4078 c
10-20 cm	4109 a	2963 b	3465 c	4434d
20-40 cm	3985 a	2962 b	3343 c	4400 d
40-80 cm	4032 a	2982 b	3241 c	4614 d

Τα εδάφη που αναπτύχθηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα(φλύσσης) είχαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Ti από τα εδάφη σε μεταμορφωμένα πετρώματα (μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος).

Τα ποσοστά αργίλου και οι συγκεντρώσεις Ti είχαν σημαντική και θετική συσχέτιση. Υψηλά φορτία Ti βρέθηκαν σε όλα τα εδάφη ειδικότερά στους ανόργανους ορίζοντες. Στους δασικούς τάπητες (L+FH) των εδαφών το εύρος του φορτίου του Ti ήταν 60 έως

204 kg ha⁻¹, ενώ στο ανόργανο έδαφος και σε βάθος 80 cm το εύρος ήταν 60 έως 21 tn ha⁻¹. Στο δάσος ελάτης υπολογίστηκαν ο υδρολογικός κύκλος και οι ροές της φυλλόπτωσης του Ti. Ο υδρολογικός κύκλος περιλαμβάνει τη βροχή, τη διαπερώσα βροχή και το εδαφικό διάλυμα (βαρυτικό νερό στα 80 cm). Η διαπερώσα βροχή είναι η βροχή που περνάει μέσα από την κόμη των δέντρων και εμπλουτίζει τη βροχή που φτάνει στο έδαφος με διάφορα στοιχεία. Υπολογίστηκε ότι περίπου 40 g ha⁻¹ κατά έτος και 6 g ha⁻¹ Ti φτάνουν στο δασικό τάπητα της ελάτης σε μορφή φυλλόπτωσης και διαπερώσας βροχής, αντίστοιχα. Αυτά τα ποσά δεν θεωρούνται μεγάλα αν λάβουμε υπόψη ότι 204 kg ha⁻¹ Ti είναι παγιδευμένα στο δασικό τάπητα της ελάτης. Το πρόβλημα είναι ότι το Ti είναι σε μορφή οξειδίων τα οποία αποσυνθέτονται πολύ δύσκολα. Για το λόγο αυτό το Ti σε ιοντική μορφή που προκύπτει από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας στη φυλλόπτωση ή στο νερό συνεισφέρει στην πρόσληψη του Ti από τα φυτά.

Συμπεράσματα: Η φύση του μητρικού πετρώματος των εδαφών και το ποσοστό αργίλου καθορίζουν τις συγκεντρώσεις του Ti στα ανόργανα εδάφη. Η φυλλόπτωση και η διαπερώσα βροχή παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόσληψη Ti από τα φυτά λαμβάνοντας υπόψη ότι το Ti βρίσκεται στο ανόργανο έδαφος σε μορφή οξειδίων που αποσυνθέτονται δύσκολα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Lyu S, Wei X, Chen J, Wang C, Wang X and Pan D 2017. Titanium as a Beneficial Element for Crop Production. Front. Plant Sci. 8:597. DOI: 10.3389/fpls.2017.00597
2. Michopoulos P., Kostakis M., Kaoukis K., Bourletsikas A., Solomou A., Pasiar I., Thomaidis N., 2023. Cycling and status of cobalt in some forest types. Folia Oecologica 50: 72-79.

Διερεύνηση της συνδυαστικής επίδρασης μικροπλαστικών, Zn και Cd, στις ιδιότητες του εδάφους και τη συσσώρευση μετάλλων από το φυτό *Lactuca sativa* L.

Μπεθάνης Ιωάννης¹, Γκόλια Ε. Ευαγγελία^{1*}

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, Πανεπιστημιούπολη, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

Περίληψη: Σε μια προκαταρκτική μελέτη πραγματοποιήθηκαν πειράματα για τη διερεύνηση της επίδρασης μικροπλαστικών (MPs) από πολυαιθυλένιο (PE) στις ιδιότητες του εδάφους και στην ανάπτυξη του μαρουλιού. Δύο δείγματα εδάφους ρυπασμένα με Zn και Cd ελήφθησαν από αστικές και αγροτικές περιοχές αντίστοιχα. Προστέθηκαν PE-MPs (<5 mm) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (2,5%, 5% w/w) και φυτεύτηκαν σπορόφυτα μαρουλιού στις γλάστρες σε ένα πλήρως τυχαίο πείραμα. Διερευνήθηκαν τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών και η συσσώρευση μετάλλων στους ιστούς. Η παρουσία PE-MPs είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του pH, τη σημαντική ενίσχυση του οργανικού περιεχομένου, την αύξηση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων και την αύξηση διαθεσιμότητας των μετάλλων. Η μετακίνηση μετάλλων προς τα φυτά προσδιορίστηκε με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων και δεικτών. Ανιχνεύθηκε υψηλότερη συγκέντρωση στις ρίζες σε σύγκριση με τα βρώσιμα φύλλα. Η παρουσία PE-MPs (2,5% w/w) αύξησε την ποσότητα του διαθέσιμου Zn περισσότερο από του Cd σε υψηλά ρυπασμένα εδάφη. Στα δείγματα από γεωργικά εδάφη, η συγκέντρωση Zn ήταν υψηλότερη στα φύλλα κατά 9,1% (2,5% w/w) και 21,1% (5% w/w). Δεδομένου ότι μέταλλα και μικροπλαστικά, δεν αποικοδομούνται εύκολα και γρήγορα, το γεγονός ότι το λιγότερο τοξικό μέταλλο εμφάνισε μεγαλύτερη διαθεσιμότητα είναι ενθαρρυντικό.

Λέξεις κλειδιά: Δείκτης ρύπανσης, Μικροπλαστικά, Κινητικότητα μετάλλων, Φυλλώδη λαχανικά, Γεωργικά και αστικά εδάφη

Εισαγωγή-Σκοπός: Η συσσώρευση μικροπλαστικών στα εδάφη έχει διαπιστωθεί στα περισσότερα μέρη του κόσμου, καθώς είναι εξαιρετικά ανθεκτικά και δύσκολα αποικοδομήσιμα. Επηρεάζουν τόσο τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, όσο και τη μικροβιακή σύνθεση των εδαφών. Είναι σε θέση να μεταβάλλουν την πυκνότητα, την οξύτητα, και το οργανικό περιεχόμενο του εδάφους, επιδρώντας στην εδαφική γονιμότητα και τη θρέψη των φυτών [1],[2]. Επιπλέον, αλληλεπιδρούν με μέταλλα και ιχνοστοιχεία, ενώ οι χημικές αντιδράσεις μοιάζουν με εκείνες μεταξύ μετάλλων και οργανικής ύλης [3]. Έτσι, επηρεάζουν την κινητικότητα και την προσρόφηση μετάλλων, το σχηματισμό και τη σταθερότητα οργανομεταλλικών συμπλόκων, την ισχύ δεσμών και τη χημική εκλεκτικότητα εδαφικών συστατικών [4]. Πρωταρχικοί στόχοι της παρούσας μελέτης ήταν να ανιχνευθεί η επίδραση των PE-MPs στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, τη διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων και μετάλλων σε μέτρια και βαριά ρυπασμένα εδάφη από αστικές και αγροτικές περιοχές της Μεσογείου και στην πρόσληψη και συσσώρευση μετάλλων από τα φυλλώδη λαχανικά και συγκεκριμένα το μαρούλι.

Υλικά και Μέθοδοι: Δύο τύποι αλκαλικών εδαφών συλλέχθηκαν από τη Θεσσαλονίκη και τον Αλμυρό. Τα δείγματα ξηράθηκαν και προετοιμάστηκαν για ανάλυση. Για τα μικροπλαστικά, χρησιμοποιήθηκαν σακούλες πολυαιθυλενίου, κόπηκαν σε κομμάτια, αλέστηκαν και διαχωρίστηκαν με κόσκινο (<5 mm). Τα PE-MPs πλύθηκαν με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου κι ενσωματώθηκαν στα δείγματα εδάφους για επώαση. Ίσες ποσότητες εδάφους τοποθετήθηκαν σε γλάστρες, τα μικροπλαστικά αναμίχθηκαν μηχανικά (2,5%, 5% w/w), πραγματοποιήθηκε άρδευση (70% κορεσμός) και αφέθηκαν για επώαση. Δέκα ημέρες αργότερα, φυτεύτηκαν σπορόφυτα μαρουλιού που είχαν καλλιεργηθεί στο ίδιο έδαφος. Δημιουργήθηκε ένα πλήρως τυχαίο πείραμα: 2 εδάφη × 3 PE-MPs (0%, 2,5%, 5% w/w) × 4 επαναλήψεις=24 γλάστρες. Σε κάθε περίπτωση προσδιορίστηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι και οι συγκεντρώσεις μετάλλων στα εδάφη. Τα δείγματα μαρουλιού ζυγίστηκαν, αφέθηκαν να στεγνώσουν και κατόπιν εκχύλισης προσδιορίστηκαν Zn και Cd στο ριζικό και υπέργειο τμήμα. Για την ταξινόμηση των εδαφών χρησιμοποιήθηκαν τρεις δείκτες: Contamination Factor (CF), Geo-accumulation Index (Igeo), Bioavailability Factor (BF). Για την κατανομή των μετάλλων μεταξύ εδάφους-φυτού υπολογίστηκαν τρεις δείκτες: Transfer Coefficient (TC), Bioaccumulation Factor (BAF), Translocation Factor (TF). Για κάθε ομάδα δεδομένων υπολογίστηκαν το εύρος τιμών, η μέση τιμή, η διάμεσος και η τυπική απόκλιση. Ο προσδιορισμός των στατιστικά σημαντικών διαφορών (0,01 και 0,05) έγινε με τη μέθοδο ANOVA.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η παρουσία μικροπλαστικών στα εδαφικά δείγματα ήταν καθοριστικός παράγοντας για τη μεταβολή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους (Πίνακας 1). Η οξύτητα στο γεωργικό έδαφος μειώθηκε κατά 5,4% και 2,9%, αντίστοιχα, μετά την εφαρμογή 2,5% και 5% (w/w) PE-MPs.

Πίνακας 1. Χημικές ιδιότητες και συγκεντρώσεις των υδατοδιαλυτών και ολικών μορφών Zn και Cd (ppm) των εδαφικών δειγμάτων.

	Οξύτητα (pH)	Οργανικά (OM)	Ανταλλαγή κατιόντων (CEC)	Zn (water soluble)	Zn (DTPA)	Zn (Aqua regia)	Cd (water soluble)	Cd (DTPA)	Cd (Aqua regia)	
Soil 1 (Γεωργικά)										
Control	7,40	2,80	30,40	1,10	8,81	88,07	0,30	0,70	1,40	
2,5% MPs	7,00	3,30	33,00	1,80	10,17	87,90	0,41	0,90	1,40	
5% MPs	6,80	3,70	35,60	1,91	11,07	87,06	0,51	1,00	1,35	
Soil 2 (Αστικά)										
Control	8,00	1,30	26,50	1,02	7,78	78,10	0,31	0,72	0,93	
2,5% MPs	7,60	1,60	29,10	1,41	8,32	77,90	0,35	0,82	0,92	
5% MPs	7,40	1,90	31,70	1,63	8,52	77,67	0,41	0,91	0,88	

Τα αντίστοιχα ποσοστά για το δείγμα αστικού εδάφους ήταν 6,2% και 2,6%. Το pH των δύο εδαφών ελέγχθηκε εκ νέου κατά την ολοκλήρωση του πειράματος και διαπιστώθηκε αύξηση, ενώ όταν τα μικροπλαστικά εφαρμόστηκαν σε χαμηλότερη δόση, η τιμή του pH μειώθηκε περισσότερο και στα δύο εδάφη. Όταν στα εδάφη προστέθηκαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις PE-MPs, διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση οργανικού περιεχομένου κατά 17,9% και 23,8%. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων αυξήθηκε σημαντικά κατά 8,6% και 9,8%, αντίστοιχα. Ο υδατοδιαλυτός Zn αυξήθηκε σε μεγάλο βαθμό σε σύγκριση με το Cd. Όταν στο πρώτο έδαφος προστέθηκαν 2,5% (w/w) PE-MPs, η αύξηση της περιεκτικότητας υδατοδιαλυτού Zn έφτασε το 57,3%, ενώ η συγκέντρωση Cd αυξήθηκε πάνω από 33,3%. Στο δεύτερο δείγμα, οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις Zn και Cd αυξήθηκαν κατά 38% και 16,6%. Η υδατοδιαλυτή συγκέντρωση μετάλλων δείχνει τη συγκέντρωση που μπορούν να προσλάβουν τα φυτά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι συγκεντρώσεις αυξήθηκαν, ωστόσο, είναι ελπιδοφόρο ότι ο Zn αυξήθηκε με σημαντικά υψηλότερο ρυθμό σε σύγκριση με το πιο τοξικό Cd. Η επίδραση των PE-MPs στις εκχυλίσιμες ποσότητες Zn και Cd διερευνήθηκε με τη χρήση διαλύματος DTPA και Aqua Regia, διαπιστώνοντας ότι καθώς αυξάνεται η συνολική ποσότητα μικροπλαστικών και στα δύο εδάφη, αυξάνονται και οι ποσότητες των μετάλλων.

Πίνακας 2. Δείκτες ρύπανσης.

	Zn			Cd		
	Contamination Factor (CF)	Bioavailability Factor (BF)	Igeo	Contamination Factor (CF)	Bioavailability Factor (BF)	Igeo
Soil 1 (Γεωργικά)						
Control	1,37	10,00	-0,04	0,34	50,00	-0,64
2,5% MPs	1,37	11,36	-0,04	0,34	64,29	-0,64
5% MPs	1,35	12,64	-0,05	0,33	74,07	-0,66
Soil 2 (Αστικά)						
Control	1,21	10,00	-0,09	0,22	77,78	-1,44
2,5% MPs	1,21	10,64	-0,09	0,22	91,11	-1,44
5% MPs	1,20	10,93	-0,09	0,22	102,25	-1,45

Ο δείκτης διαθεσιμότητας (BF) των δύο μετάλλων αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση των μικροπλαστικών (Πίνακας 2). Μεγαλύτερη αύξηση φαίνεται στα γεωργικά εδάφη, ενώ τα αστικά παρουσιάζουν μέτρια αύξηση στη διαθεσιμότητα των μετάλλων. Η προσθήκη μικροπλαστικών αύξησε τη διαθεσιμότητα τόσο του επικίνδυνου Cd, όσο και του λιγότερο τοξικού Zn. Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας ότι η εκχυλίσιμη με DTPA συγκέντρωση ήταν μεγαλύτερη και όχι η υδατοδιαλυτή. Αυτό μπορεί να

οφείλεται σε χημική αλληλεπίδραση μεταξύ PE και διαλύματος DTPA το οποίο χρήζει διερεύνησης καθώς, η αύξηση των τιμών των εκχυλιζόμενων με DTPA ποσοτήτων Zn και Cd δεν αντιστοιχεί στην αύξηση των μετάλλων στα φυτά. Αντίθετα, οι υδατοδιαλυτές συγκεντρώσεις μετάλλων είχαν καλύτερη συσχέτιση.

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις μετάλλων στους φυτικούς ιστούς και δείκτες κινητικότητας των μετάλλων.

	Zn (ppm)		Δείκτες			Cd (ppm)		Δείκτες		
	Ρίζες	Βλαστοί	Transfer Coefficient (TC)	Bioaccumulation Factor (BAF)	Translocation Factor (TF)	Ρίζες	Βλαστοί	Transfer Coefficient (TC)	Bioaccumulation Factor (BAF)	Translocation Factor (TF)
Soil 1 (Γεωργικά)										
Control	4,58	3,30	0,04	0,52	0,72	0,90	0,70	0,50	1,29	0,78
2,5% MPs	5,10	3,60	0,04	0,51	0,71	1,01	0,80	0,57	1,12	0,79
5% MPs	5,80	4,00	0,05	0,53	0,69	1,00	0,76	0,56	1,00	0,76
Soil 2 (Αστικά)										
Control	0,60	0,50	0,01	0,08	0,83	0,80	0,71	0,79	1,14	0,89
2,5% MPs	0,66	0,54	0,01	0,08	0,82	0,86	0,73	0,81	1,05	0,85
5% MPs	0,71	0,57	0,01	0,08	0,80	0,89	0,75	0,84	0,98	0,84

Τόσο στα γεωργικά, όσο και στα αστικά εδάφη, η συγκέντρωση μετάλλων στις ρίζες ήταν υψηλότερη σε σχέση με τα φύλλα (Πίνακας 3). Η χαμηλότερη προσθήκη PE-MPs στο πρώτο

δείγμα αύξησε την περιεκτικότητα Cd κατά 11,1% και 7,3% και Zn κατά 11,5% και 9,1% στις ρίζες και τα φύλλα, αντίστοιχα. Υψηλότερη δόση οδήγησε σε αύξηση του Cd κατά 11,2% και 10% και του Zn κατά 26,6% και 21,1%. Για το δεύτερο δείγμα, η αύξηση Cd ήταν 7,5% και 2,8% και Zn 4,1% και 3,4% για δόση 2,5% (w/w), και 11,3% και 5,6%, 0,2% και 6,8% για δόση 5% (w/w). Τα μικροπλαστικά ενίσχυσαν το δείκτη TC (συγκέντρωση μετάλλων στο ανώτερο εδαφικό τμήμα/ συνολική συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα) ενώ ο δείκτης BAF (ποσοστό συγκέντρωσης στις ρίζες/ εκχυλίσιμη ποσότητα DTPA) μειώνεται. Ο δείκτης TF (συγκέντρωση στο υπέργειο τμήμα του φυτού/ υπόγειο) φαίνεται να αυξάνεται. Σε σχέση με το τοξικό Cd όπου η τιμή του BAF μειώνεται συνολικά, η παρουσία μικροπλαστικών φαίνεται να συμβάλλει στην πρόσληψη Zn από τα φυτά.

Συμπεράσματα: Τα PE-MPs οδήγησαν σε μείωση της οξύτητας, αύξηση του οργανικού περιεχομένου, της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων και των διαθέσιμων συγκεντρώσεων Zn και Cd στα εδάφη. Στο έντονα ρυπασμένο γεωργικό έδαφος, η προσθήκη μικροπλαστικών (2,5% w/w) αύξησε την άμεσα διαθέσιμη συγκέντρωση Zn περισσότερο από του Cd. Η παρουσία PE-MPs και στα δύο εδάφη οδήγησε σε μεγαλύτερη συσσώρευση μετάλλων στις ρίζες από ότι στο υπέργειο-βρώσιμο τμήμα των φυτών. Η συνύπαρξη μετάλλων και μικροπλαστικών, ωστόσο, εγκυμονεί κινδύνους για εδάφη και φυτά, απειλώντας την ανθρώπινη υγεία. Με προσεκτική μελέτη και διαχείριση των μηχανισμών που καταλύουν τη συνεργιστική τοξικότητα, είναι δυνατόν να μειωθούν οι κίνδυνοι αυτοί.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Gharahi et al. (2022), DOI: 10.1007/s11356-022-19373-x
- Lozano et al. (2020), DOI: 10.1021/acs.est.0c01051 [
- Yu et al. (2022), DOI: 10.3389/fenvs.2022.855292
- Wang et al. (2021), DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147133

Μικροπλαστικά ως αναδυόμενος ρύπος σε αγροτικά εδάφη και καλλιέργειες

Μπεθάνης Ι.¹, Γκόλια Ε. Ε.^{1*}

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, Πανεπιστημιούπολη, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

Περίληψη: Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν βιβλιομετρική ανασκόπηση και στατιστική επεξεργασία υφιστάμενων πειραματικών δεδομένων (μετα-ανάλυση), για τη διερεύνηση της τρέχουσας ερευνητικής προόδου και την απόκτηση μιας πιο ολοκληρωμένης γνώσης σχετικά με την ανταπόκριση (ανάπτυξη, θρέψη) των γεωργικών καλλιεργειών υπό έκθεση σε μικροπλαστικά και νανοπλαστικά. Τέσσερα είδη (*Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Oryza sativa* L. και *Lactuca sativa* L.) με την υψηλότερη διαθεσιμότητα δεδομένων επιλέχθηκαν για περαιτέρω αξιολόγηση. Οι προσαρμογές στο ριζικό σύστημα και τους βλαστούς όλων των ειδών που εξετάστηκαν παρουσίασαν παρόμοιο μοτίβο συμπεριφοράς, υποδεικνύοντας σημαντικές μεταβολές στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων. Το είδος *Lactuca sativa* L. (μαρούλι) φαίνεται να είναι η πιο ευαίσθητη καλλιέργεια όταν εκτίθεται σε μικροπλαστικά ή/και νανοπλαστικά, καθώς σε αυτό παρατηρούνται τα υψηλότερα ποσοστά αρνητικών επιπτώσεων. Αντίθετα, το είδος *Triticum aestivum* L. (σιτάρι) παρουσιάζει το υψηλότερο επίπεδο ανοχής μεταξύ των καλλιεργειών που μελετήθηκαν. Στο φυτό *Oryza sativa* L. (ρύζι) παρατηρήθηκαν ουσιώδεις μεταβολές στην πλειοψηφία των υπό εξέταση παραμέτρων, ενώ η ανταπόκριση του είδους *Zea mays* L. (αραβόσιτος) είναι γενικά αρνητική, αν και σε μικρότερο βαθμό. Οι επιπτώσεις ποικίλλουν μεταξύ διαφορετικών καλλιεργειών και φαίνεται να καθορίζονται σημαντικά από το φυτικό είδος, τον τύπο πολυμερούς, το μέγεθος σωματιδίων και το επίπεδο μόλυνσης.

Λέξεις κλειδιά: Εδώδιμα φυτά, Γεωργικές καλλιέργειες, Εδαφική ρύπανση, Μικροπλαστικά, Αναδυόμενοι κίνδυνοι

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα πλαστικά αντικείμενα χρησιμοποιούνται ευρύτατα στον σύγχρονο κόσμο, με το 99% εξ αυτών να εκτιμάται ότι απορρίπτεται στο περιβάλλον [1]. Εκεί διασπώνται σταδιακά σε μικρότερα σωματίδια και συσσωρεύονται στα οικοσυστήματα. Σαν αποτέλεσμα, η ρύπανση από μικροπλαστικά αποτελεί σήμερα μια από τις πιο πιεστικές παγκόσμιες περιβαλλοντικές ανησυχίες. Στα χερσαία οικοσυστήματα η ρύπανση εκτιμάται ότι είναι 4-23 φορές υψηλότερη σε σχέση με τα υδάτινα [2]. Επιπλέον, η ποσότητα μικροπλαστικών φαίνεται να είναι υψηλότερη στα γεωργικά εδάφη [3], όπου μπορούν να επηρεάσουν την υγεία, την ποιότητα και τη λειτουργικότητα των εδαφών, θέτοντας τις αγροτικές καλλιέργειες και τους ανθρώπους σε σοβαρό κίνδυνο από πιθανή εξάπλωση μέσω της τροφικής αλυσίδας [4]. Με αυτά τα δεδομένα, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της συμπεριφοράς των μικροπλαστικών στα γεωργικά εδάφη και της αλληλεπίδρασής τους με άλλα στοιχεία του εδάφους, καθώς και η πληρέστερη αποτύπωση των επιπτώσεών τους στην ανάπτυξη των καλλιεργειών, ως αρχική προσέγγιση για την εξαγωγή πιο ολοκληρωμένων συμπερασμάτων.

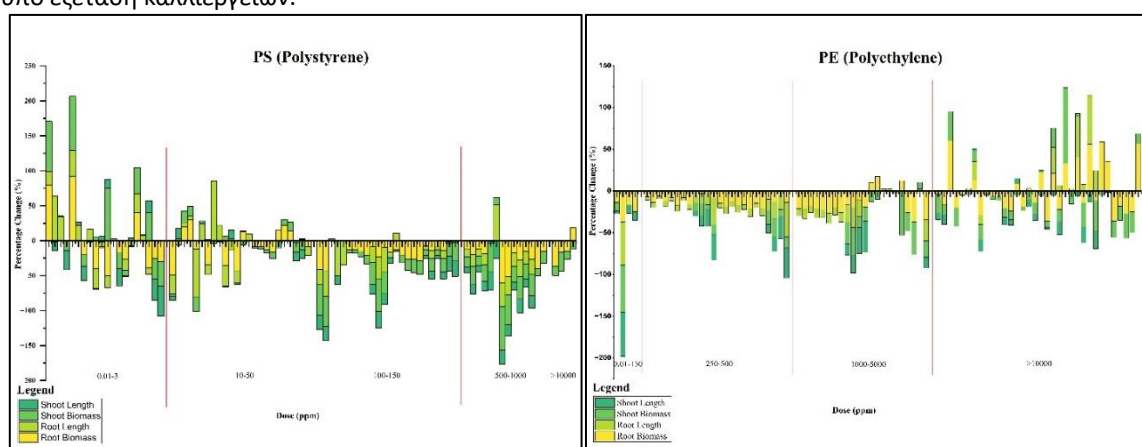
Υλικά και Μέθοδοι: Για τον σκοπό της μελέτης διεξήχθη βιβλιογραφική έρευνα σε επιστημονικές βάσεις δεδομένων. Οι δημοσιεύσεις που συγκεντρώθηκαν εξετάστηκαν ως προς τη συνάφεια και την πληρότητα δεδομένων. Βάσει 81 μελετών που επιλέχθηκαν πραγματοποιήθηκε βιβλιομετρική ανάλυση (πειραματικές συνθήκες, τύποι πολυμερών, δόσεις επιμόλυνσης, μέγεθος σωματιδίων, διάρκεια πειράματος) κατόπιν τυποποίησης των δεδομένων προκειμένου να είναι συγκρίσιμες οι τιμές μεταξύ διαφορετικών μελετών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων σχετικά με την ανάπτυξη των φυτών, υπολογίζοντας τις ποσοστιαίες μεταβολές για τις μορφολογικές παραμέτρους του ριζικού συστήματος και των βλαστών (βιομάζα, μήκος), συγκρίνοντας όλες τις τιμές με τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς κάθε πειράματος. Βάσει αυτών, υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης *Pearson* (βιομάζα ρίζας/μήκος ρίζας, βιομάζα βλαστών/μήκος βλαστών) για να εξακριβωθεί εάν υπάρχει συσχέτιση στην απόκριση των επιλεγμένων καλλιεργειών μετά την έκθεση σε μικροπλαστικά και νανοπλαστικά. Επιπλέον, κατασκευάστηκαν θηκογράμματα (boxplots) που παρουσιάζουν τη διακύμανση της ποσοστιαίας μεταβολής των μορφολογικών παραμέτρων, τις μέσες και τις διάμεσες τιμές. Τέλος, κατασκευάστηκαν στοιβαγμένα ραβδογράμματα (stacked bar charts) σχετικά με τις επιπτώσεις συγκεκριμένων τύπων πολυμερών στις επιλεγμένες καλλιέργειες και συσχέτιστηκαν με τις πειραματικές συγκεντρώσεις έκθεσης σε μικροπλαστικά και νανοπλαστικά. Η ταξινόμηση των επεξεργασμένων δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε ακολουθία με τις δόσεις επιμόλυνσης που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα. Έτσι, προσδιορίστηκαν διαφορετικές κλάσεις ανάλογα με τη διαθεσιμότητα δεδομένων.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Με βάση τη βιβλιομετρική ανάλυση προέκυψε ότι η Κίνα είναι η χώρα όπου έχει πραγματοποιηθεί η συντριπτική πλειοψηφία των υφιστάμενων πειραμάτων (71%). Το πολυστυρένιο (PS) είναι ο πιο συχνά μελετημένος τύπος πολυμερούς, αντιπροσωπεύοντας το 38,4% των μελετών, ενώ το πολυαιθυλένιο (PE) ακολουθεί με 21%. Ποσοστό 77,5% των πειραμάτων, έχει εκτελεστεί υπό συνθήκες αυστηρά ελεγχόμενες, ενώ μόλις το 4,5% διεξήχθησαν σε φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος. Συνολικά 7 διαφορετικές ποικιλίες σιτηρών έχουν ερευνηθεί μέχρι σήμερα, αντιπροσωπεύοντας το 48% όλων των πειραμάτων σε εδώδιμες καλλιέργειες. Ποσοστό 76% εξ αυτών αναφέρεται σε τρεις κύριες καλλιέργειες: *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L. και *Oryza sativa* L. Επιπλέον, μέχρι σήμερα έχουν εξεταστεί συνολικά 23 διαφορετικές ποικιλίες φυτών, φρούτων και λαχανικών, που αντιστοιχούν στο 52% του συνόλου των πειραμάτων σε εδώδιμες καλλιέργειες. Ωστόσο, πάνω από το ένα τρίτο αντιστοιχεί σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν αποκλειστικά σε ένα μόνο είδος λαχανικού και συγκεκριμένα στο *Lactuca sativa* L. Στον Πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία

των δεδομένων αναφορικά με τις μεταβολές στις φυσιολογικές παραμέτρους ανάπτυξης των επιλεγμένων καλλιεργειών ύστερα από έκθεση σε μικροπλαστικά ή/και νανοπλαστικά.

	<i>Lactuca sativa</i> L. (Μαρούλι)				<i>Oryza sativa</i> L. (Ρύζι)				<i>Zea mays</i> L. (Αραβόσιτος)				<i>Triticum aestivum</i> L. (Σιτάρι)			
	Ριζικό σύστημα		Βλαστοί		Ριζικό σύστημα		Βλαστοί		Ριζικό σύστημα		Βλαστοί		Ριζικό σύστημα		Βλαστοί	
	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος	Βιομάζα	Μήκος
Αρνητικές παρατηρήσεις	95.50%	93%	86%	92%	94%	62%	94%	86%	62%	70%	73%	79%	48%	35%	65%	58%
Εύρος ποσοστιαίας μεταβολής	8%-22%	6%-23%	5%-28%	12%-28%	9%-24%	21%-4%	8%-20%	2%-23%	3%-27%	6%-20%	5%-14%	1%-9%	37%-24%	24%-14%	11%-24%	2%-8%
Διάμεση μεταβολή	18%	12%	16%	19%	16%	12%	11%	12%	15%	7%	10%	3%	0%	5%	7%	0%

Από τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης *Pearson* προέκυψε ότι το *Lactuca sativa* L. εμφανίζει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση τόσο στην ποσοστιαία μεταβολή της συσσώρευσης βιομάζας στο ριζικό σύστημα/μήκος ριζών όσο και στην ποσοστιαία μεταβολή της συσσώρευσης βιομάζας από τους βλαστούς/μήκος βλαστών ($r=0,46$ και $0,61$ αντίστοιχα, $p < 0,05$). Το φυτό *Oryza sativa* L. εμφανίζει ισχυρή και στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση στην ποσοστιαία μεταβολή συσσώρευσης βιομάζας ριζών/μήκος ριζών ($r=0,80$, $p < 0,05$). Το φυτό *Zea mays* L. παρουσιάζει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση τόσο στην ποσοστιαία μεταβολή της βιομάζας/μήκος ριζών όσο και στην ποσοστιαία αλλαγή βιομάζας/μήκος βλαστών, με $r=0,64$ και $0,93$ αντίστοιχα ($p < 0,05$). Το φυτό *Triticum aestivum* L. παρουσιάζει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση στην ποσοστιαία μεταβολή της βιομάζας/μήκος ριζών ($r=0,64$, $p < 0,05$). Στα στοιβαγμένα ραβδογράμματα που ακολουθούν αποτυπώνονται οι επιπτώσεις των πλαστικών σωματιδίων πολυστυρενίου και πολυαιθυλενίου στην ανάπτυξη των φυσιολογικών παραμέτρων των τεσσάρων υπό εξέταση καλλιεργειών.



Σε καλλιεργείες μαρουλιού, όλες οι δοκιμές με PS NPs και MPs έχουν οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις. Ομοίως, τόσο η ανάπτυξη βλαστών και ριζών όσο και η συσσώρευση βιομάζας έχουν επηρεαστεί αρνητικά από τη έκθεση σε PE MPs σε μέσες και υψηλότερες συγκεντρώσεις. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για τις επιπτώσεις των PE NPs. Σε καλλιεργείες ρυζιού, PS NPs σε πολύ χαμηλές δόσεις έχουν επηρεάσει θετικά το ριζικό σύστημα χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη βιομάζα και την ανάπτυξη των βλαστών. Ωστόσο, υψηλότερες δόσεις έχουν οδηγήσει σε μείωση όλων των παραμέτρων. Αντίθετα, τα PS MPs έχουν ουδέτερες έως μέτρια αρνητικές επιπτώσεις σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, οι οποίες επιδεινώνονται καθώς αυξάνονται οι δόσεις μόλυνσης. Πειράματα με PE MPs έχουν διεξαχθεί μόνο σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, με αποτέλεσμα τη μείωση όλων των παραμέτρων. Σε καλλιεργείες αραβόσιτου οι επιπτώσεις των PS NPs είναι αντικρουόμενες λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας δεδομένων. Η έκθεση σε PS MPs έχει αρνητικές επιπτώσεις για τα φυτά, με ενδείξεις μετριασμού, ωστόσο, καθώς αυξάνεται το μέγεθος των σωματιδίων. Πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές ποσότητες PE MPs είναι επιβλαβείς για τα φυτά, ενώ για ενδιάμεσες δόσεις παρατηρούνται ασυνέπειες. Σε καλλιεργείες σιταριού, PS NPs σε πολύ χαμηλές δόσεις έχουν ευνοϊκή επίδραση. Υψηλότερες δόσεις, ωστόσο, φαίνεται να μετριάζουν τη θετική επίδραση. PS MPs σε πολύ χαμηλές δόσεις έχουν ουδέτερα έως ελαφρώς αρνητικά αποτελέσματα, ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για υψηλότερες δόσεις. PE MPs σε υψηλές δόσεις έχουν αρνητική επίδραση, ωστόσο, πολύ υψηλές δόσεις φαίνεται να έχουν αντιφατικά αποτελέσματα, τα οποία πιθανά επηρεάζονται από τη διάρκεια των πειραμάτων και το μέγεθος των σωματιδίων.

Συμπεράσματα: Η ανταπόκριση των φυτών καθορίζεται σημαντικά από το επίπεδο έκθεσης, το είδος πολυμερούς και τις διαστάσεις των σωματιδίων. Ταυτόχρονη έκθεση σε μικροπλαστικά και τοξικά μέταλλα, ενισχύει τη συσσώρευση μετάλλων. Οποιαδήποτε θετική ή αρνητική ανταπόκριση των φυτών, υποδηλώνει μεταβολές στην πρόσληψη θρεπτικών. Το γεγονός αποτελεί απειλή για τη γεωργία, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης και ποιοτική υποβάθμιση των καλλιεργειών εγκυμονώντας κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα απαιτούνται επαρκείς διάρκειας πειράματα, σε πραγματικές συνθήκες και διαφορετικές κλιματικές ζώνες, ώστε να αξιολογηθούν οι μηχανισμοί προσαρμογής και θρέψης των φυτών, καθώς σε συνθήκες περιβάλλοντος επιδρούν πολυάριθμοι παράγοντες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Wu et al. (2021), DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148337
2. Sridharan et al. (2021), DOI: 10.1016/j.envres.2021.111243
3. Yu et al. (2021), DOI: 10.1016/j.envexpbot.2021.104635
4. Iqbal et al. (2023), DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104680

Διερεύνηση της ικανότητας του γαϊδουράγκαθου [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.] για την φυτοαποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με μόλυβδο

Παπαδήμου Γ. Σ.¹, Γκόλια Ε. Ε.^{1*}, Μπαρμπαγιάννης Ν.¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, Πανεπιστημιούπολη, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

Περίληψη: Σε μια προκαταρκτική μελέτη, το φυτό *Silybum marianum* (L.) Gaertn. χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η ικανότητά του για φυτοαποκατάσταση σε μέτρια και βαριά ρυπασμένα εδάφη με μόλυβδο (Pb). Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα σε φυτοδοχεία χρησιμοποιώντας δύο εδαφικά δείγματα, ένα από αγροτική και ένα από αστική περιοχή, τα οποία επιμολύνθηκαν φτάνοντας σε συγκεντρώσεις 150 και 300 mg Pb kg⁻¹ εδάφους. Για τον προσδιορισμό των επιπέδων Pb στα εδαφικά κλάσματα χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος κλασμάτωσης BCR. Επίσης, υπολογίστηκαν οι υδατοδιαλυτές, διαθέσιμες και ψευδο-ολικές συγκεντρώσεις του Pb και προσδιορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ των εδαφικών κλασμάτων Pb και των επιπέδων Pb στα διάφορα μέρη των καλλιεργούμενων φυτών. Προέκυψαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των εδαφικών κλασμάτων Pb και των επιπέδων Pb στο φυτό, αλλά και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών. Υψηλά ποσοστά μετακίνησης και συσσώρευσης Pb παρατηρήθηκαν κυρίως στη ρίζα και στο κατώτερο τμήμα των βλαστών, ενώ στα άνθη και στους σπόρους δεν ανιχνεύθηκε Pb, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το υψηλής αξίας προϊόν που περιέχεται στους σπόρους (σιλυμαρίνη) διατηρεί την ποιότητά του και είναι απαλλαγμένο από ρύπους. Το *S. marianum* μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλο φυτό για τεχνικές φυτοαποκατάστασης σε ρυπασμένα εδάφη με Pb, καθώς αποδεικνύεται ικανοποιητικός συσσωρευτής του.

Λέξεις Κλειδιά: Βαρέα Μέταλλα, Δυνητικά Τοξικά Στοιχεία, Μέθοδος Κλασμάτωσης, Φαρμακευτικό φυτό, Φυτοαποκατάσταση

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα βαρέα μέταλλα (BM) στο έδαφος προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως: καύση άνθρακα, εφαρμογή εδαφοβελτιωτικών, κυκλοφορία οχημάτων, ορυχεία κ.ά. Η αυξανόμενη συσσώρευση BM στο έδαφος προκαλεί υποβάθμιση, με πιθανό επακόλουθο την είσοδό τους στην τροφική αλυσίδα [1]. Η φυτοαποκατάσταση είναι οικονομικά αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος, που μπορεί να εφαρμοστεί σε υποβαθμισμένες περιοχές [2]. Το *Silybum marianum* ανήκει στην οικογένεια Asteraceae, είναι μονοετές ή διετές ζιζάνιο, θεωρείται φαρμακευτικό (παραγωγή σιλυμαρίνης) [3] και βιοενεργειακό φυτό [4]. Οι σκοποί της εργασίας ήταν: α) διερεύνηση της ικανότητας του *S. marianum* να αναπτύσσεται σε ρυπασμένα με Pb αγροτικά και αστικά εδάφη και β) μελέτη της δυνατότητάς του να προσλαμβάνει και να συσσωρεύει Pb στα διάφορα μέρη του.

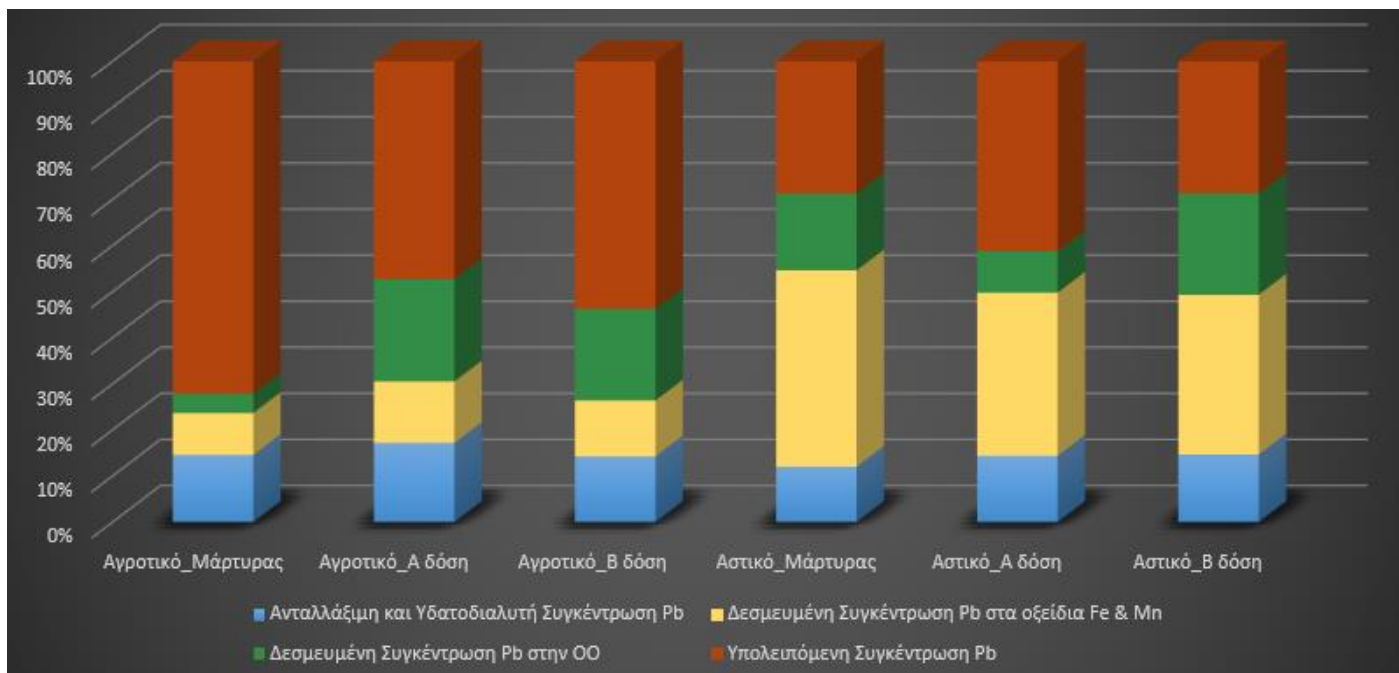
Υλικά και Μέθοδοι: Δύο δείγματα εδαφών συλλέχθηκαν για την μελέτη: ένα από τον αστικό ιστό του Βόλου και ένα από αγροτική έκταση του Θεσσαλικού κάμπου. Κάθε εδαφικό δείγμα δημιουργήθηκε από έξι υπο-δείγματα σε ακτίνα 150 cm. Τα δείγματα αεροξηράθηκαν, κοσκινίστηκαν και προσδιορίστηκαν οι εξής παράμετροι: pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (HA), ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), κοκκομετρική σύσταση, οργανική ουσία (OO) και οι υδατοδιαλυτές, διαθέσιμες (εκχύλιση DTPA) και ψευδο-ολικές (εκχύλιση Aqua Regia) συγκεντρώσεις Pb. Για την κλασμάτωση του εδαφικού Pb χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος BCR [5]. Για την επιμόλυνση των δειγμάτων με Pb χρησιμοποιήθηκαν υδατικά διαλύματα δύο επιπέδων Α και Β με 150 και 300 mg Pb kg⁻¹ εδάφους, αντίστοιχα και ακολούθησε επώαση των εδαφών για δυο εβδομάδες με περιοδική ανάμειξη. Κατόπιν τα επιμολυσμένα εδαφικά δείγματα και οι μάρτυρες τοποθετήθηκαν σε φυτοδοχεία και πραγματοποιήθηκε σπορά του φυτού (3 επίπεδα Pb x 2 εδάφη x 9επαναλήψεις=54 φυτοδοχεία). Μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του, το υπόγειο τμήμα κάθε φυτού χωρίστηκε σε δύο μέρη, ενώ το υπέργειο τμήμα σε τρία. Στην συνέχεια, ακολούθησε ο προσδιορισμός του Pb στα φυτικά μέρη και στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις του Pb προσδιορίστηκαν με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης (AAS) χρησιμοποιώντας φλόγα και φούρνο γραφίτη. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με «IBM SPSS Statistics».

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Οι τιμές των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των δυο εδαφικών δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια του *S. marianum* παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα δύο εδαφικά δείγματα (αγροτικό και αστικό) ήταν αλκαλικά. Το ποσοστό του CaCO₃ σχετίστηκε θετικά με την τιμή του εδαφικού pH. Οι αυξημένες τιμές της HA στο αγροτικό έδαφος ενδέχεται να οφείλονται στην χρήση λιπασμάτων, ενώ οι αυξημένες τιμές της HA στο αστικό έδαφος οφείλονται αφενός στην γειννίαση του εδαφικού δείγματος με τη θάλασσα και αφετέρου σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες [6]. Τα δύο εδαφικά δείγματα εμφάνισαν παρόμοια κοκκομετρική σύσταση.

Πίνακας 1: Φυσικοχημικές ιδιότητες των δύο εδαφικών δειγμάτων που καλλιεργήθηκαν με το *S. marianum*.

	pH (1:2,5)	HA (μS/cm)	OO (%)	CaCO ₃ (%)	Άργιλος (%)	Άμμος (%)
Αγροτικό Έδαφος	7,5±0,67	1947±121	2,1±0,33	9,2±1,23	18,1±1,2	41,3±3,2
Αστικό Έδαφος	8,9±0,66	3350±237	3,0±0,76	14,2±0,99	17,7±1,9	42,0±1,8

Στο διάγραμμα 1 απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις Pb που προσδιορίστηκαν με την τροποποιημένη μέθοδο BCR. Το πρώτο κλάσμα της BCR αντιστοιχεί στην υδατοδιαλυτή και ανταλλάξιμη συγκέντρωση Pb και αντιπροσωπεύει τον διαθέσιμο Pb προς τα φυτά. Το δεύτερο κλάσμα αναφέρεται στην συγκέντρωση του Pb που είναι δεσμευμένος στα οξείδια Fe και Mn και αντιπροσωπεύει την επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο έδαφος. Το τρίτο κλάσμα αφορά στην δέσμευση του Pb από την οργανική ουσία του εδάφους, η οποία ήταν αυξημένη στο αγροτικό έδαφος.



Διάγραμμα 1: Συγκεντρώσεις Pb στα εδαφικά δείγματα με την χρήση της τροποποιημένης μεθόδου BCR. Μάρτυρας – μη επιμολυσμένα εδάφη, Α δόση – εδάφη επιμολυσμένα με 150 mg Pb kg⁻¹ και Β δόση – εδάφη επιμολυσμένα με 300 mg Pb kg⁻¹.

Στα εδαφικά δείγματα της μελέτης διαπιστώθηκε ότι η πρόσληψη του Pb είναι ανάλογη με την συγκέντρωσή του στο έδαφος, παρουσιάζοντας υψηλότερη τιμή στα φυτά της Β δόσης (300 mg Pb kg⁻¹). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Pb παρατηρήθηκαν στο ανώτερο τμήμα της ρίζας καθώς και στο κατώτερο τμήμα του βλαστού. Η μετακίνηση του Pb ήταν σημαντικά μειωμένη στα ανώτερα τμήματα του βλαστού και στα φύλλα, ενώ δεν ανιχνεύτηκε Pb στα άνθη και στους σπόρους. Παρόμοια κατανομή του Pb στα διάφορα μέρη τους εμφάνισαν και άλλα φυτικά είδη [2]. Επειδή, η μεγαλύτερη ποσότητα του Pb προσδιορίστηκε στο ανώτερο τμήμα της ρίζας, είναι πιθανό ο μηχανισμός της φυτοαποκατάστασης να είναι η φυτοσταθεροποίηση. Τα φυτικά είδη που εμφανίζουν ανθεκτικότητα στα ΒΜ μέσω της φυτοσταθεροποίησης ακινητοποιούν τα ΒΜ στο έδαφος, μειώνουν την βιοδιαθεσιμότητά τους και παρεμποδίζουν την μετακίνησή τους στο εδαφικό οικοσύστημα, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εισόδου τους στην τροφική αλυσίδα [7].

Από τις συσχετίσεις μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών και των συγκεντρώσεων του Pb προκύπτει ότι το pH αποτελεί σημαντική παράμετρο ελέγχου της εισόδου Pb στο φυτό και στους δύο τύπους εδαφών. Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση Pb στα φυτικά μέρη σχετίζεται αρνητικά με το εδαφικό pH. Η ΟΟ σχετίζεται θετικά και στατιστικώς σημαντικά με την ποσότητα του Pb που προσλαμβάνει το φυτό. Οι συγκεντρώσεις του Pb στα φυτικά μέρη εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική συσχέτιση με τα επίπεδα εδαφικού Pb.

Συμπεράσματα: Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Pb στο αγροτικό έδαφος παρουσιάστηκαν στο εδαφικό κλάσμα της ΟΟ, ενώ στο αστικό έδαφος στο κλάσμα των οξειδίων Fe και Mn. Τα αρχικά αποτελέσματα της μελέτης είναι ενθαρρυντικά, καθώς αποδεικνύουν ότι το *S. maritimum* μπορεί να αναπτυχθεί τόσο με μέτρια όσο και σε βαριά ρυπασμένα εδάφη με Pb. Το *S. maritimum* χαρακτηρίζεται ως συσσωρευτής Pb, διότι συγκρατεί τον ρυπαντή στο υπόγειο κυρίως τμήμα του, συμβάλλοντας στην φυτοσταθεροποίησή του, ενώ τα άνθη και οι σπόροι του δεν περιέχουν τον ρυπαντή. Το εδαφικό pH αποτελεί σημαντικό παράγοντα ελέγχου της εισόδου του Pb στους φυτικούς ιστούς.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Oladoye et al (2022), DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132555
2. Golia et al (2023), DOI: 10.1016/j.scp.2022.100961
3. Liava et al (2021), DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113955
4. Domínguez et al (2017), DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.018
5. Golia et al (2007), DOI: 10.1080/03067310701451012
6. Romaneckas et al (2023), DOI: 10.3390/agronomy13010190
7. Sharma et al (2023), DOI: 10.3389/fpls.2023.1076876

Προκαταρκτική αξιολόγηση υπολειμμάτων απόσταξης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ως βελτιωτικών υλικών ενός όξινου εδάφους

Παράσχου Α., Καραγιάννη Α.Γ., Ματσή Θ.

Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., 54124 Θεσσαλονίκη, email: anastaprk@agro.auth.gr, anastasia-asia@hotmail.com

Περίληψη: Η μέση απόδοση απόσταξης αιθέριων ελαίων από αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είναι μικρότερη του 5% της ξηρής βιομάζας. Επομένως, οι ποσότητες των στερεών υπολειμμάτων που δημιουργούνται από την διαδικασία απόσταξης, είναι μεγάλες και θα πρέπει κάπως να διατεθούν. Μια πρακτική διαχείρισης αυτών των υπολειμμάτων απόσταξης, η οποία δεν έχει διερευνηθεί ακόμη επαρκώς, θα μπορούσε να είναι η διάθεσή τους σε καλλιεργούμενα εδάφη ως εδαφοβελτιωτικά υλικά. Στην παρούσα εργασία, συλλέχθηκαν υπολείμματα απόσταξης ελίχρυσου (*Helichrysum stoechas* L.), βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.), λεβάντας (*Lavandula angustifolia* L.) και ρίγανης (*Origanum vulgare* L.), από εταιρείες της Β. Ελλάδας με σκοπό την αξιολόγησή τους ως εδαφοβελτιωτικών υλικών για ένα όξινο έδαφος. Δημιουργήθηκαν μίγματα του όξινου εδάφους με καθένα από τα υπολείμματα σε αναλογίες 0, 1, 2, 4 και 8%, σε τρεις επαναλήψεις, τα οποία και αναλύθηκαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την προσθήκη των υπολειμμάτων στις αναλογίες 2-8% στο έδαφος, αυξήθηκαν σημαντικά το pH, η αλατότητα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, ο οργανικός C και το ολικό N του εδάφους, καθώς και η περιεκτικότητά του στα διαθέσιμα $\text{NO}_3\text{-N}$, P και K. Επομένως, αξίζει η περαιτέρω μελέτη των υπολειμμάτων απόσταξης των τεσσάρων φυτικών ειδών ως εδαφοβελτιωτικών υλικών – βιολιπασμάτων.

Λέξεις Κλειδιά: Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, βιολιπάσματα, εδαφοβελτιωτικά υλικά, στερεά υπολείμματα απόσταξης

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα αιθέρια έλαια παράγονται από την απόσταξη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Η μέση απόδοση παραγωγής αιθέριων ελαίων με την απόσταξη είναι μικρότερη του 5% της ξηρής βιομάζας, με το ποσοστό αυτό να εξαρτάται από το είδος του προς απόσταξη φυτού [1]. Δηλαδή, υπολογίζεται ότι παράγονται 100 kg στερεών υπολειμμάτων ανά 1 kg αιθέριων ελαίων. Οι συνήθειες πρακτικής διαχείρισης των στερεών υπολειμμάτων είναι η απόρριψή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής είτε σε βιομηχανικές περιοχές είτε σε αγρούς σε σωρούς. Αυτές οι πρακτικές δεν είναι φιλικές προς το περιβάλλον καθώς υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς από την συσσώρευση ξηρής βιομάζας, αλλά και σπατάλης πόρων, καθώς τα υπολείμματα περιέχουν βιοενεργά συστατικά και θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για τα φυτά [1,2].

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την αρχική αξιολόγηση της επίδρασης στερεών υπολειμμάτων απόσταξης επιλεγμένων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στις χημικές ιδιότητες και την γονιμότητα ενός όξινου εδάφους.

Υλικά και Μέθοδοι: Συλλέχθηκαν στερεά υπολείμματα απόσταξης των φυτών ελίχρυσου, βιομηχανικής κάνναβης, λεβάντας και ρίγανης από εταιρείες της Β. Ελλάδας. Τα υπολείμματα αεροξηράθηκαν, κονιοποιήθηκαν και σε υποδείγματά τους προσδιορίστηκαν το ολικό N με την μέθοδο Kjeldahl και τα υπόλοιπα απαραίτητα για τα φυτά μακρο- και μικροθρεπτικά στοιχεία, μετά από ξηρή καύση στους 500 °C, για τουλάχιστον 4 h, σε πέντε επαναλήψεις (Πίνακας 1).

Ποσότητα ενός όξινου εδάφους συλλέχθηκε από τον κάμπο της Θεσσαλονίκης, η οποία μετά από αεροξήρανση πέρασε από κόσκινο ανοίγματος 10 mm. Σε ορισμένη ποσότητα αυτού του κλάσματος προστέθηκαν τα προαναφερόμενα τέσσερα υπολείμματα σε αναλογίες 0 (μάρτυρας), 1, 2, 4 και 8% (μεταχειρίσεις), σε τρεις επαναλήψεις. Τα εδάφη των μεταχειρίσεων αφέθηκαν προς εξισορρόπηση με περιοδική διύγρυνση και αεροξήρανση για ≈30 ημέρες και μετά από λειοτρίβηση, πέρασαν από κόσκινο ανοίγματος 2 mm. Σε αυτό το υλικό προσδιορίστηκαν το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ), οι ολικές συγκεντρώσεις C και N και οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις $\text{NO}_3\text{-N}$, P και K, σύμφωνα με τις μεθόδους που αναφέρονται από τον Sparks (1996) [3]. Στα δεδομένα των εδαφικών ιδιοτήτων εφαρμόστηκε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) και για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (protected LSD-test), σε $p \leq 0,05$.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα υπολείμματα απόσταξης των τεσσάρων φυτών περιείχαν αξιόλογες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Πίνακας 1). Το έδαφος ήταν τυπικά ανόργανο, μέσης κοκκομετρικής σύστασης (αμμοαργιλοπηλώδες), όξινο ($\text{pH} = 5,3$) και είχε χαμηλή EC (1:5 H_2O) (0,07 dS m^{-1}) [4]. Το διαθέσιμο $\text{NO}_3\text{-N}$ του εδάφους ήταν αρκετό, ο P οριακά επαρκής και το διαθέσιμο K επαρκές προς υψηλό [5] (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Η περιεκτικότητα των στερεών υπολειμμάτων απόσταξης σε απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά

Είδος	N	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	B
	(%)			(mg kg^{-1})				
Ελίχρυσος	1,02 ± 0,16	0,11 ± 0,01	0,58 ± 0,01	6,8 ± 0,5	14,2 ± 0,9	256 ± 42	45,0 ± 1,5	37,8 ± 1,0
Κάνναβη	2,42 ± 0,36	0,33 ± 0,02	1,20 ± 0,07	14,2 ± 1,5	75,4 ± 4,8	327 ± 44	76,4 ± 3,1	74,0 ± 1,6
Λεβάντα	1,91 ± 0,18	0,19 ± 0,01	1,68 ± 0,09	10,7 ± 0,5	19,8 ± 1,5	448 ± 52	57,5 ± 0,9	54,2 ± 6,4
Ρίγανη	1,57 ± 0,33	0,20 ± 0,01	1,69 ± 0,05	9,0 ± 0,5	29,3 ± 1,4	1288 ± 31	79,0 ± 2,8	43,0 ± 1,2

Με την προσθήκη των υπολειμμάτων απόσταξης και των τεσσάρων φυτών στο έδαφος, παρατηρήθηκε αύξηση ορισμένων χημικών ιδιοτήτων του καθώς και της περιεκτικότητάς του σε μακροθρεπτικά στοιχεία και στις περισσότερες περιπτώσεις η αύξηση ήταν ανάλογη της αύξησης της αναλογίας προσθήκης (Πίνακας 2). Συγκεκριμένα, εκτός από τις μεταχειρίσεις 4%

υπολειμμάτων λεβάντας και ρίγανη, το pH (1:2 H₂O) αυξήθηκε σημαντικά σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις 4 και 8% σε σχέση με τον μάρτυρα. Όμως, σε όλες τις περιπτώσεις παρέμεινε όξινο, αν και αξίζει να σημειωθεί η αύξησή του κατά μία μονάδα με την προσθήκη 4 και 8% των υπολειμμάτων της κάνναβης (Πίνακας 2). Η EC (1:5 H₂O) όλων των μεταχειρίσεων του εδάφους με τα υπολείμματα αυξήθηκε σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρα και η μεγαλύτερη αύξησή της, δεκαπλάσια της EC του μάρτυρα, παρατηρήθηκε στις μεταχειρίσεις 8% των υπολειμμάτων κάνναβης, λεβάντας και ρίγανης. Οι Zacardeli κ.ά. (2021) αναφέρουν ότι κόμποστ από μίγμα υπολειμμάτων απόσταξης βασιλικού, δεντρολίβανου και φασκόμηλου και εμπορικού κόμποστ οικιακών οργανικών υπολειμμάτων είχαν αλκαλικό pH μεταξύ 9-10 και EC μεγαλύτερη των 2 dS m⁻¹ και ιδιαίτερα στην περίπτωση των υπολειμμάτων βασιλικού μεγαλύτερη των 4 dS m⁻¹ [6].

Η ΙΑΚ όλων των μεταχειρίσεων του εδάφους με τα υπολείμματα αυξήθηκε σημαντικά σε σύγκριση με τον μάρτυρα, εκτός από την αναλογία προσθήκης 1%, και οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στις μεταχειρίσεις 8 % (Πίνακας 2). Η αύξηση της ΙΑΚ αποδόθηκε στην προσθήκη οργανικής ουσίας με την μορφή των υπολειμμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι όπως για την ΙΑΚ, παρόμοια αποτελέσματα αποκτήθηκαν για τον οργανικό C και το ολικό N. Οι Chand κ.α. (2004) αναφέρουν ότι με την προσθήκη υπολειμμάτων απόσταξης μέντας σε ένα έδαφος, ο οργανικός του C αυξήθηκε και διατηρήθηκε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι με την προσθήκη κοπριάς [7]. Ο λόγος C/N ακολούθησε την αύξηση του οργανικού C και του ολικού N και κυμάνθηκε μεταξύ 9-16 στις περισσότερες μεταχειρίσεις (συμπεριλαμβανομένου του μάρτυρα), δηλαδή σε επίπεδα παρόμοια με αυτά των καλλιεργούμενων εδαφών (8-15) [4]. Όμως, στις μεταχειρίσεις με την προσθήκη ελίχρυσου σε όλες τις αναλογίες (εκτός της 1%) και 8% λεβάντας ξεπέρασε αρκετά έως πολύ το προαναφερόμενο εύρος τιμών (Πίνακας 2), γεγονός που δημιουργεί ανησυχία σχετικά με πιθανή ακινητοποίηση του εδαφικού N [4].

Τα διαθέσιμα NO₃-N και P αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρα κυρίως στις μεταχειρίσεις 4 και 8% των υπολειμμάτων κάνναβης, λεβάντας και ρίγανης και το NO₃-N από αρκετό και ο P από οριακά επαρκές που ήταν στον μάρτυρα αυξήθηκαν σε υψηλά επίπεδα [5]. Στις μεταχειρίσεις με τον ελίχρυσο, σημαντική αύξηση των NO₃-N και P σε σύγκριση με τον μάρτυρα παρατηρήθηκε μόνο στην αναλογία 8%. Το διαθέσιμο K στον μάρτυρα ήταν επαρκές προς υψηλό και αυξήθηκε σημαντικά σε όλες τις περιπτώσεις των μεταχειρίσεων με τα υπολείμματα (Πίνακας 2) [5].

Πίνακας 2. Ορισμένες χημικές ιδιότητες και τα διαθέσιμα ποσά μακροθρεπτικών στοιχείων των εδαφών των μεταχειρίσεων

Είδος	Αναλογία (%)	pH (1:2)	EC (1:5) (dS m ⁻¹)	ΙΑΚ cmol _c kg ⁻¹	Οργ. C	Ολικό N	C/N	NO ₃ -N	Olsen P	Αвт. K
					%			(mgkg ⁻¹)		
Ελίχρυσο	1	5,3ef*	0,12g	13,1e	1,2ghi	0,07k	16d	22,1fg	14,9hi	263k
	2	5,3ef	0,16ef	13,7de	1,7e	0,07k	23c	27,6fg	14,1hi	323j
	4	5,5d	0,24d	13,9d	2,5c	0,09jk	28b	26,4fg	16,2hi	387hi
	8	5,8c	0,40b	14,7c	3,6a	0,11hi	33a	56,3de	18,0gh	497f
Κάνναβη	1	5,5d	0,15fg	13,6de	1,0hi	0,08jk	12efg	27,3fg	22,6fg	327j
	2	5,9c	0,19e	14,7c	1,3fgh	0,15de	9hi	35,7efg	33,2d	400h
	4	6,3b	0,35c	15,9b	1,6ef	0,22b	7i	66,2d	53,9b	610e
	8	6,6a	0,68a	17,3a	2,9b	0,27a	11fgh	134c	92,1a	957c
Λεβάντα	1	5,3ef	0,14fg	14,2cd	1,2ghi	0,11ghi	11fgh	23,1fg	18,6gh	360ij
	2	5,2f	0,25d	14,7c	1,7e	0,12fgh	14de	38,1efg	22,8fg	503f
	4	5,4de	0,34c	15,8b	2,7bc	0,17c	16d	54,4de	25,2ef	700d
	8	5,5d	0,63a	17,3a	3,6a	0,13efg	28b	269b	34,3d	1150a
Ρίγανη	1	5,3ef	0,16ef	13,9d	1,2ghi	0,12fgh	10gh	29,0fg	15,9hi	360ij
	2	5,3ef	0,25d	14,7c	1,5efg	0,13ef	12efg	39,1ef	19,1gh	440g
	4	5,4de	0,39b	16,0b	2,1d	0,16cd	13ef	71,7d	29,2de	670d
	8	5,5d	0,72a	17,3a	3,3a	0,21b	16d	302a	46,2c	1080b
	0	5,3ef	0,07h	13,9d	0,9i	0,09ij	9hi	16,0g	11,4i	203l

*Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα, μέσα σε κάθε ιδιότητα, διαφέρουν σημαντικά με χρήση του protected LSD-test σε $p \leq 0,05$.

Συμπεράσματα: Τα υπολείμματα απόσταξης κάνναβης, λεβάντας και ρίγανης φαίνεται να μπορούν να δράσουν ως εδαφοβελτιωτικά υλικά – βιολιπάσματα, όταν εφαρμοστούν σε καλλιεργούμενα εδάφη σε αναλογίες μεγαλύτερες του 1 % και μικρότερες του 8%. Η αναλογία προσθήκης 1% δεν φαίνεται να έχει κάποια επίδραση ενώ η 8% φαίνεται να είναι απαγορευτική εξαιτίας της αύξησης της αλατότητας και του λόγου C/N του εδάφους πιθανόν σε απαγορευτικά επίπεδα. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα υπολείμματα απόσταξης της κάνναβης πιθανόν να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ασβέστωση όξινων εδαφών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Greff B. et. al (2020), DOI: <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1732780>
- Hassiotis N. (2010), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2010.05.002>
- Sparks D.L. (ed) (1996), DOI: 10.2136/sssabookser5.3
- Brady NC, Weil RR (2008), The nature and properties of soils. 14th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Westerman R.L. (ed) (1990), DOI: 10.2136/sssabookser3.3ed
- Zacardelli M. et.al (2021), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113255>
- Chand S. et. (2004), DOI: 10.1081/CSS-120027647

Διερεύνηση της χρήσης του συντελεστή εμπλουτισμού για τη διάκριση της φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης ιχνοστοιχείων σε εδαφικά δείγματα

Αρτέμιος Ρούσσος¹, Ευστράτιος Κελεπερτζής¹

¹Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Email: artemisroussos7788@outlook.com, kelepert@geol.uoa.gr

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία ερευνηθήκε η πηγή προέλευσης των ιχνοστοιχείων Cr, Cu, Mn, Ni, Pb και Zn χρησιμοποιώντας τις συγκεντρώσεις αυτών και των στοιχείων Fe, Al από εδάφη 6 ελληνικών περιοχών: Αθήνα, Άργος, Βόλος, Γρεβενά, Θήβα, Νεμέα μέσω του συντελεστή εμπλουτισμού (EF). Ως υπόβαθρο στον τύπο του συντελεστή εμπλουτισμού τοποθετήθηκαν δύο διαφορετικές ομάδες συγκεντρώσεων, οι συγκεντρώσεις των στοιχείων στον ανώτερο ηπειρωτικό φλοιό της Γης και οι διάμεσες τιμές συγκέντρωσης των στοιχείων από την χαρτογράφηση GEMAS (Geochemical Mapping of Agricultural Soils) στα ελληνικά εδάφη. Τα διαγράμματα των EF από τη μέθοδο GEMAS δίνουν ασφαλή συμπεράσματα για τις αστικές και τις αγροτικές περιοχές για όλα τα ιχνοστοιχεία, ενώ τα διαγράμματα των EF που υπολογίστηκαν βάσει της σύστασης του ανώτερου ηπειρωτικού φλοιού δίνουν εσφαλμένα αποτελέσματα. Επίσης, τα διαγράμματα με στοιχείο αναφοράς τον Fe δίνουν πιο ασφαλή αποτελέσματα, συγκριτικά με αυτά που έχουν ως στοιχείο αναφοράς το Al στην εφαρμογή και των δύο μεθοδολογιών. Αποδεικνύεται ότι η μέθοδος του συντελεστή εμπλουτισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε εδάφη που κύριο ρόλο διαδραματίζουν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ωστόσο, στα εδάφη, όπου έχουν σημαντική παρουσία τα υπερβασικά πετρώματα, οι τιμές του EF για Cr, Mn, Ni προκύπτουν μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες, δίδοντας την εσφαλμένη εντύπωση πως η πηγή προέλευσης των ιχνοστοιχείων οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα.

Λέξεις - Κλειδιά: Συντελεστής εμπλουτισμού, ρύπανση εδάφους, ιχνοστοιχεία.

Εισαγωγή–Σκοπός: Το έδαφος δεν είναι σημαντικό μόνο για τους ανθρώπους, αλλά και για άλλους ζωντανούς οργανισμούς, καθώς η δημιουργία του μέσα στον χρόνο τονίζει πόσο σημαντικό οικοσύστημα της βιόσφαιρας αποτελεί. Η χημική σύσταση του εδάφους επηρεάζεται από τις ανθρωπογενείς ή/και τις φυσικές πηγές προέλευσης ιχνοστοιχείων. Γι' αυτό, χρησιμοποιείται ο συντελεστής εμπλουτισμού [1], ο οποίος αποτελεί την ποσοτικοποίηση του βαθμού εμπλουτισμού ενός ιχνοστοιχείου σε σχέση με το γεωλογικό υπόβαθρο χρησιμοποιώντας ως κανονικοποιητή στοιχεία που έχουν φυσική προέλευση και η συγκέντρωσή τους ελάχιστα επηρεάζεται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως είναι το Al και ο Fe. Στα πλαίσια αυτά, η εργασία πραγματεύεται τη χημική σύσταση των ιχνοστοιχείων Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn από δείγματα εδάφους 6 ελληνικών περιοχών και με τη χρήση της μέσης χημικής σύστασης αυτών των μετάλλων στον ανώτερο ηπειρωτικό φλοιό και από τη χαρτογράφηση GEMAS [2] θα διερευνηθεί αν ο EF δίνει ασφαλή συμπεράσματα για την προέλευση των ιχνοστοιχείων στις ενδιαφερόμενες περιοχές.

Υλικά και Μέθοδοι: Τα δεδομένα προέρχονται από τις εξής περιοχές: Αθήνα [3], Άργος [4], Βόλος [5], Γρεβενά, Θήβα και Νεμέα, και τα χημικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία αναφοράς είναι ο Fe και το Al.

Ο συντελεστής εμπλουτισμού [1] υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$EF = (\text{Element/Conservative})_{\text{studied_soil}} / (\text{Element/Conservative})_{\text{reference_soil}}$, όπου:

(Element)studied_soil, οι συγκεντρώσεις των 6 μετάλλων από τα εδαφικά δείγματα των 6 περιοχών μελέτης.

(Conservative)studied_soil, οι συγκεντρώσεις των 2 στοιχείων αναφοράς από τα εδαφικά δείγματα των 6 περιοχών μελέτης.

(Element)reference_soil, οι συγκεντρώσεις των 6 μετάλλων που βρέθηκαν από τις δύο έρευνες.

(Conservative)reference_soil, οι συγκεντρώσεις των 2 στοιχείων αναφοράς που βρέθηκαν από τις δύο έρευνες.

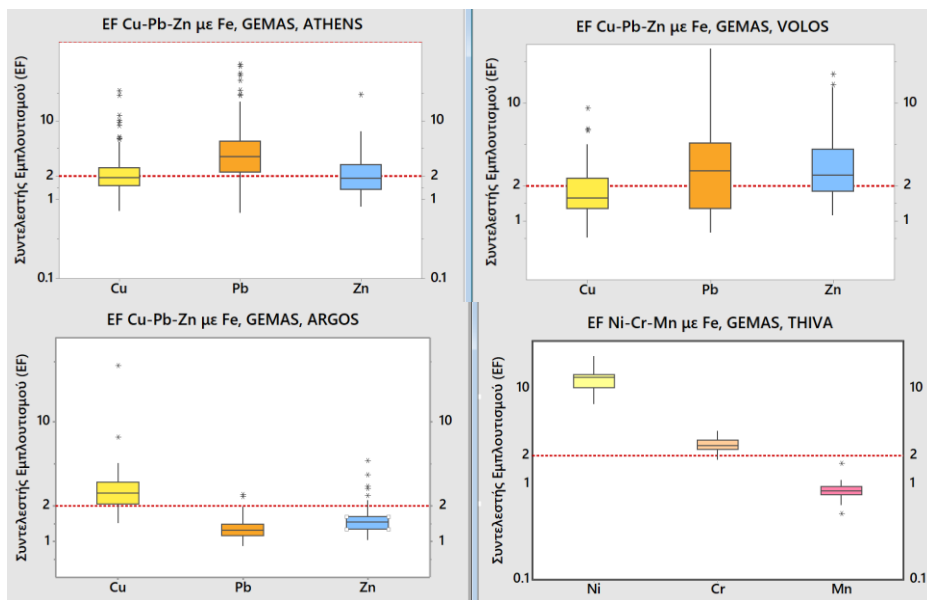
Για τον EF τέθηκε όριο στην τιμή του 2, διότι όταν ο EF είναι μεγαλύτερος τα ιχνοστοιχεία έχουν ανθρωπογενή προέλευση, ενώ όταν είναι μικρότερος του 2 τα ιχνοστοιχεία οφείλουν την προέλευσή τους στο γεωλογικό παράγοντα.

Αποτελέσματα–Συζήτηση: Αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι ο Βόλος και η Αθήνα αποτελούν βιομηχανικές - αστικές πόλεις, αφού έχει αποδειχθεί εμπλουτισμός σε Pb-Zn-Cu λόγω των βιομηχανιών και των αστικών δραστηριοτήτων, το Άργος και η Νεμέα είναι αγροτικές περιοχές με καλλιέργειες κι έχει αποδειχθεί εμπλουτισμός σε Cu-Zn, εξαιτίας των μυκητοκτόνων και των λιπασμάτων και τέλος τα Γρεβενά και η Θήβα έχουν κοινή γεωλογία, κυριαρχία υπερβασικών πετρωμάτων, άρα υπάρχει εμπλουτισμός σε Ni-Cr-Mn.

Στην Αθήνα και στο Βόλο μέσω της μεθόδου GEMAS, κυρίως όταν χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο αναφοράς ο Fe, διακρίνεται το μεγάλο εύρος τιμών του EF του Pb και ακολούθως των Zn-Cu. Παράγοντας της υψηλής παρουσίας των 3 αυτών μετάλλων αποτελούν οι ανθρωπίνες δραστηριότητες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την κυκλοφορία οχημάτων και τη λειτουργία βιομηχανιών και εργοστασίων.

Στο Άργος και στη Νεμέα μέσω και των δύο μεθοδολογιών, χρησιμοποιώντας ως στοιχείο αναφοράς τον Fe, προκύπτουν υψηλές τιμές EF για τον Cu, οι οποίες οφείλονται στα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα στις καλλιέργειες. Κάτι αντίστοιχο δεν προκύπτει σε μεγάλο βαθμό για τον Pb, οπότε άλλες ανθρωπίνες δραστηριότητες δεν έχουν παίξει ιδιαίτερο ρόλο στην προέλευσή τους.

Στα Γρεβενά και στη Θήβα μέσω της μεθόδου GEMAS με χρήση του Fe ως στοιχείο αναφοράς προκύπτουν υψηλοί EF για Ni, Cr, Mn (κυρίως στη Θήβα), οπότε δεν μπορεί να προκύψει ασφαλές συμπέρασμα για την προέλευση αυτών των 3 μετάλλων, παρότι γνωρίζουμε ότι στις περιοχές υπάρχουν υπερβασικά πετρώματα, άρα και η προέλευση των 3 μετάλλων είναι σε σημαντικό βαθμό γεωλογική. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η διακύμανση των EF σε κάποιες από τις περιοχές μελέτης.



Σχήμα 1. Θηκογράμματα των EF ορισμένων ιχνοστοιχείων σε 4 από τις περιοχές μελέτης με στοιχείο αναφοράς τον Fe μέσω της μεθόδου GEMAS.

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά, προτείνεται η χρήση του EF για τον υπολογισμό προέλευσης ιχνοστοιχείων σε αστικές και σε βιομηχανικές περιοχές, όπως είναι η Αθήνα και ο Βόλος, με υψηλό εμπλουτισμό σε Cu-Pb-Zn, αλλά και σε αγροτικές περιοχές, όπως είναι το Άργος και η Νεμέα, με υψηλό εμπλουτισμό σε Pb-Zn.

Τα Γρεβενά και η Θήβα, αποτελούν 2 περιοχές που κυριαρχούν τα οφιολιθικά πετρώματα, ωστόσο δεν προκύπτουν ασφαλή συμπεράσματα στο σύνολο των ιχνοστοιχείων ούτε από τη σύσταση του ανώτερου ηπειρωτικού φλοιού ούτε από τη χαρτογράφηση GEMAS. Άρα, δεν ενδείκνυται η χρήση του EF σε αντίστοιχες περιοχές που επικρατεί ο γεωλογικός παράγοντας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Barbieri M. (2016), The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. *J Geology & Geophysics*, Volume 5, Issue 1, 1000237.
2. Saaltink R. et al. (2014). Geogenic and agricultural controls on the geochemical composition of European agricultural soils, *J Soils Sediments*, 14: 121–137.
3. Argyraki A. et al. (2014), Urban soil geochemistry in Athens, Greece: The importance of local geology in controlling the distribution of potentially harmful trace elements. *Science of the Total Environment* 482-483, 366-377.
4. Kelepertzis E. (2014), Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma* 221-222, 82-90.
5. Kelepertzis E. et al. (2020), Metal(loid) and isotopic tracing of Pb in soils, road and house dusts from the industrial area of Volos (central Greece). *Science of the Total Environment* 725, 138300.

Συσχέτιση των συγκεντρώσεων δυνητικά τοξικών στοιχείων σε νερά και ιζήματα ποταμών της Κεντρικής Ελλάδας.

Τζιουβαλέκας Μ., Ευαγγέλου Ε., Παπαδόπουλος Σ., Τσιτούρας Α., Παπαδούλης Α., Τσαντήλας Χ.

ΕΛΓΟ «Δήμητρα», Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, Τμήμα Εδαφοδατικών Πόρων, Θεοφράστου 1, 41335 Λάρισα

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η υπόθεση εάν συσχετίζονται μεταξύ τους οι μεταβολές των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων (Mn, Cu, Zn, Sn, As, Cd, Pb, Ni, Hg, Cr³⁺, Cr⁶⁺, Co, Al, Se, Fe) στα επιφανειακά νερά και στα ιζήματα των ποταμών Ασωπού και Σπερχειού που χαρακτηρίζονται από σημαντικά διαφορετική περιβαλλοντική επιβάρυνση. Στην περίπτωση του π. Ασωπού έχουμε επίδραση από βιομηχανικά απόβλητα που απορρίπτονται στη λεκάνη απορροής του ενώ στην περίπτωση του Σπερχειού η επιβάρυνση είναι πολύ μικρότερη. Ο έλεγχος έγινε με τη χρήση της συσχέτισης Pearson. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές συσχετίσεις των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στα υδατικά δείγματα των ποταμών, ιδιαίτερα στην περίπτωση του Ασωπού όπου οι συσχετίσεις ήταν περισσότερες και στατιστικά σημαντικότερες. Στα δείγματα των ιζημάτων υπάρχει μια αριθμητική αντιστροφή των συσχετίσεων που ερμηνεύεται πολύ δύσκολα λόγω της φύσης του δείγματος και των ιδιοτήτων του. Τα μέταλλα που έχουν τις περισσότερες σημαντικές συσχετίσεις είναι για τα νερά Cu, Co, Cr, Pb, Ni, και Al και στα ιζήματα Co, Fe, Cu, Pb, Ni και Zn. Η συσχέτιση Pearson σε συνδυασμό με τις τιμές των συγκεντρώσεων μας βοηθούν στον εντοπισμό των σημειακών πηγών ρύπανσης.

Λέξεις-κλειδιά: Επιφανειακά νερά, ιζήματα, ποτάμια, Pearson correlation, πηγή ρύπανσης.

Εισαγωγή-Σκοπός: Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια της μεταξύ των συσχέτισης των συγκεντρώσεων 14 βαρέων μετάλλων στις λεκάνες απορροής των ποταμών της Στερεάς Ελλάδας Ασωπός και Σπερχειός. Συσχετίστηκαν μέσω της ανάλυσης Pearson οι μεταβολές των συγκεντρώσεων 14 μετάλλων μεταξύ τους στα νερά και στα ιζήματα των δύο ποταμών με σκοπό τη διαπίστωση «κοινής» πηγή ρύπανσης και την πιθανή «οδό» που ακολούθησε. Η εργασία είναι μια προσπάθεια επεξεργασίας δεδομένων που αντλήθηκαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης ενός προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από το ΥΠΑΑΤ που στόχευε στην εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων της περιοχής. Περιελάμβανε 2 έτη δειγματοληψιών (5/2017 – 4/2019) επιφανειακών και υπογείων υδάτων και ιζημάτων. Ελέγχθηκαν μεταξύ πολλών παραμέτρων (φυσικοχημικών, φυτοτοξικότητας, υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων) τα μεταλλικά στοιχεία: Mn, Cu, Zn, Sn, As, Cd, Pb, Ni, Hg, Cr³⁺, Cr⁶⁺, Co, Al, Se, Fe σε νερά και ιζήματα.

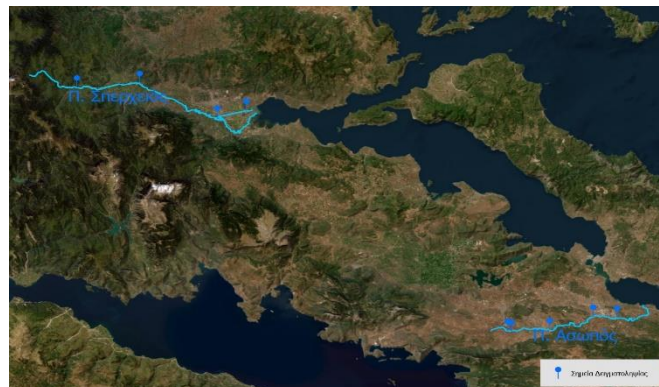
Υλικά και Μέθοδοι: Τα δείγματα επιφανειακών νερών και ιζημάτων συλλέχθηκαν κατά μήκος των ποταμών Ασωπού και Σπερχειού από συγκεκριμένες χαρακτηριστικές θέσεις (Σχ. 1). Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των μετάλλων έγινε με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Thermo 3000 Series με συνδυασμό των τεχνικών φλόγας, φούρνου γραφίτη και γεννήτριας υδριδίων (στα ιζήματα είχε προηγηθεί υγρή πέψη με μίγμα οξέων για τον προσδιορισμό των ολικών συγκεντρώσεων), ενώ για το Cr⁶⁺ χρησιμοποιήθηκε ειδική χρωματομετρική μέθοδος. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα SPSS 10.1. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση Pearson Correlation (κατάλληλη για ιδιότητες με κανονική κατανομή). Επίπεδα συσχέτισης: Πολύ ισχυρή ($r > 0,80$), ισχυρή ($0,60 < r < 0,80$) και μέτρια ισχυρή συσχέτιση ($0,40 < r < 0,60$). [1] Συγκρίθηκαν οι συσχετίσεις των μετάλλων σε δύο περιοχές με πολύ μεγάλη διαφορά βιομηχανικής δραστηριότητας. Η συσχέτιση αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα μέσα επίπεδα των συγκεντρώσεων στην προσπάθειά να εντοπισθούν οι πηγές της ρύπανσης. Από τη βιβλιογραφία: «στο υδατικό περιβάλλον αλλά και στα ιζήματα, πολύ ισχυρές, ισχυρές ή και μέτρια ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των μετάλλων μας υποδεικνύουν συνήθως ότι η πηγή της ρύπανσης ή η οδός που ακολούθησε είναι κοινή ή παρόμοια, ιδιαίτερα όταν προέρχεται από βιομηχανικές εκροές ή αστικά απόβλητα ή γεωργική δραστηριότητα» [2, 3, 4]

Αποτελέσματα – Συζήτηση: Ο Σπερχειός ποταμός διασχίζει τη Φθιώτιδα ανάμεσα στην Οίτη και την Όθρυ. Πηγάζει από τα ανατολικά της κεντρικής Πίνδου και τον Τυμφρηστό, κινείται από δυτικά προς ανατολικά και διανύοντας 82,5 χλμ. εκβάλλει στο Μαλιακό με λεκάνη απορροής που έχει έκταση 1517 km². Η λεκάνη του δεν επιβαρύνεται με σημαντική βιομηχανική δραστηριότητα. Υπάρχουν αρκετές μικρές βιομηχανίες που δεν έχουν μεγάλο ρυπαντικό φορτίο. Η μονάδα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων της περιοχής βρίσκεται βόρεια του Σπερχειού. Ο Ασωπός ποταμός διατρέχει τα σύνορα των Νομών Βοιωτίας και Αττικής. Πηγάζει από τον Κιθαιρώνα ενώ συμβάλλουν σε αυτόν και άλλα ρεύματα από τους ορεινούς όγκους μεταξύ Πάρνηθας και Δερβενοχωρίων. Έχει μήκος 57 χιλιόμετρα και χύνεται στον Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 721 km² και δέχεται μεγάλα φορτία βιομηχανικής ρύπανσης καθώς διατρέχει τις βιομηχανικές περιοχές Θήβας, Σχηματαρίου, Οινόης, Οιοφύτων όπου λειτουργούν πάνω από 1.000 μονάδες βιομηχανικής και βιοτεχνικής δραστηριότητας, (μεταλλουργίες, βυρσοδεψεία, βαφεία, υφασμάτων, τροφίμων). Από τη συσχέτιση Pearson στα δείγματα νερών, προκύπτει ότι στον Ασωπό έχουμε περισσότερες πολύ ισχυρές (8 έναντι 3) και ισχυρές συσχετίσεις (7-3) και σχεδόν ίσες μέτρια ισχυρές (13-12) από τον Σπερχειό. (Συνολικά 28 έναντι 18). Αναφορικά με τα μέταλλα, με φθίνουσα σειρά τις περισσότερες συσχετίσεις στον Ασωπό έχουν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων Cu, Co, Cr, Pb, Ni, Al και τις λιγότερες Mn, Zn και Sn, ενώ στο Σπερχειό τις περισσότερες συσχετίσεις έχουν τα στοιχεία Cr, Al, Fe ενώ τις λιγότερες Cu, Pb, Cd, Sn, ενώ η συγκέντρωση Zn δεν συσχετίζεται με τη συγκέντρωση κανενός μετάλλου.

Αντίστοιχα από τη συσχέτιση Pearson στα δείγματα ιζημάτων, προκύπτει ότι στον Ασωπό συγκριτικά με το Σπερχειό έχουμε ίδιο αριθμό πολύ ισχυρών (2 έναντι 2) αλλά μεγάλη διαφορά στις ισχυρές συσχετίσεις (5-18) και μικρότερη στις μέτρια ισχυρές (11-17) (συνολικά 18 έναντι 37). Στα ιζήματα γενικά παρατηρούμε αντιστροφή των συσχετίσεων. Αναφορικά με τα μέταλλα, με

φθίνουσα σειρά τις περισσότερες συσχετίσεις στον Ασωπό έχουν τα στοιχεία Co, Fe, Cu, Pb, και τις λιγότερες Al, As, Cd και με μηδενικές συσχετίσεις το Cr και ο Sn, ενώ στο Σπερχειό τις περισσότερες συσχετίσεις έχουν τα στοιχεία Co, Cu, Ni, Zn και τις λιγότερες τα στοιχεία Al, Se, Cd, και Pb. Στα ιζήματα τα οποία δεν απεικονίζουν μόνο τη σημερινή εικόνα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κάθε μέταλλο έχει τα δικά του χαρακτηριστικά αναφορικά με την πορεία που διανύει από το νερό προς το ιζημα, αλλά και τις πιθανές συνθήκες ισορροπίας που υπάρχουν στα πολύπλοκα υδατικά συστήματα. Σχολιάζοντας τα ευρήματα θα πρέπει να πούμε ότι αναφορικά με τα νερά των ποταμών περιμέναμε να έχουμε περισσότερες συσχετίσεις στον Ασωπό διότι εκεί έχουμε δυναμικότερες πιθανότητες σημειακής ρύπανσης. Αντίθετα στα ιζήματα η αντιστροφή δε μπορεί να εξηγηθεί με τις υπάρχουσες παρατηρήσεις. Τα ιζήματα όμως είναι ιδιαίτερη περίπτωση και οι παράγοντες που καθορίζουν τις συγκεντρώσεις τους πρέπει να μελετηθούν σε βάθος χρόνου.

Συμπεράσματα: Η συσχέτιση των μετάλλων κατά Pearson, σε συνδυασμό με τα επίπεδα των συγκεντρώσεων και τη γνώση της περιοχής είναι ένα σημαντικό εργαλείο που μας βοηθάει να εκτιμήσουμε τις πηγές ρύπανσης στα επιφανειακά νερά. Στην περίπτωση που μελετάμε το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται με περισσότερες και σημαντικότερες συσχετίσεις στον Ασωπό συγκριτικά με το Σπερχειό, δυο ποτάμια με μεγάλη διαφορά στην περιβαλλοντική επιβάρυνση. Στα ιζήματα η ερμηνεία είναι πολύπλοκη. Εδώ η συσχέτιση κατά Pearson κρίνεται μεν πολύτιμη, αλλά η χρησιμότητά της είναι αρκετά περιορισμένη διότι τα ευρήματα στο ιζημα είναι πιο δύσκολο να ερμηνευθούν, αφού αφορούν και την «ιστορία» της περιοχής.



Σχήμα 1: Χάρτης με τα σημεία δειγματοληψίας νερών και ιζημάτων στους ποταμούς Ασωπό και Σπερχειό

N = 44 Correlations*													
	Mn	Zn	Sn	As	Cd	Pb	Ni	Hg	Crtot	Co	Al	Se	Fe
Cu	.214	-.070	-.249	.175	.009	.853	.847		.869	.923	.631	.453	.338
Mn			-.093	.049	.220	.171	.004	.342	.135	.199	.375	.585	.519
Zn				.479	.018	.436	-.065	-.048	-.042	.019	-.065	.112	-.072
Sn						.023	.405	-.196	-.268	-.098	-.253	.057	.257
As									-.042	.079	.001	.286	-.072
Cd									.161	.063	.153		
Pb										-.001	.162		
Ni													
Hg													
Crtot													
Co													
Al													
Se													
Fe													

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
a. River = Asopos
c. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

N = 48 Correlations*													
	Cu	Mn	Zn	Sn	As	Cd	Pb	Ni	Hg	Crtot	Co	Al	Se
Fe	.258	.688	.681	-.164	.419	.275	.253	.571		.363	.623	.445	-.212
Cu			-.072	.698	.382	.288	.201	.816	.285	.239	.258	.052	.079
Mn					.295	-.151	.169	.031	-.163	.443	.219	.614	.336
Zn						.200	.391	.404	.599	.324	.337	.486	.129
Sn									.012	-.017	.245	.232	-.176
As											.256	.016	-.263
Cd											-.013	.483	.415
Pb											.180	.061	-.110
Ni											.256	.139	-.024
Hg													
Crtot													
Co													
Al													
Se													

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
a. River = Asopos
c. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

Πίνακας 1: Pearson correlation για τις συγκεντρώσεις μετάλλων σε δείγματα επιφανειακών νερών των ποταμών Ασωπού και Σπερχειού

Πίνακας 2: Pearson correlation για τις συγκεντρώσεις μετάλλων σε δείγματα ιζημάτων των ποταμών Ασωπού και Σπερχειού

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Evans, J. D. (1996). Straightforward statistics for the behavioral sciences. Thomson Brooks/Cole Publishing Co. ISBN 10: 0534231004, ISBN 13: 9780534231002
2. Kucuksezgin et al. (2008). DOI: 10.1007/s10661-007-9889-6
3. Li et al. (2013). DOI: 10.1016/j.gexplo.2013.05.007
4. Bhuyan & Bakar (2017). DOI: 10.1007/s11356-017-0204-y

Ενότητα 3: Βιολογία εδάφους

Μυκορριζική εξάρτηση του *Festuca arundinacea* που αναπτύσσεται σε μητρικό υλικό από την αποσάθρωση παραγνεύσιου

Αληφραγκή Μ.¹, Κεφαλίδης Αλ.², Ορφανουδάκης Μ.³

¹Δ.Π.Θ., Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, 68200, Ορεστιάδα, mariaalifragki@yahoo.com

²Δι.ΠΑ.Ε. Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, 66100, Δράμα

³Δ.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, 68200, Ορεστιάδα

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η μυκορριζική εξάρτηση ως δείκτης επίδρασης των μυκορριζών στην ανάπτυξη αγρωστωδών που εγκαταστάθηκαν σε μητρικό υλικό, προερχόμενο από την αποσάθρωση παραγνεύσιου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δέκα φυτοδοχεία όπου σπάρθηκε *Festuca arundinacea*. Στα πέντε από αυτά εφαρμόστηκε μυκητοκτόνο και στα υπόλοιπα έγινε εμβολιασμός με μυκόρριζες. Ακολούθησαν δύο συγκομιδές υπέργειας φυτομάζας και μετρήθηκαν σε όλα τα δείγματα α) το ξηρό βάρος και β) οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων. Βάσει αυτών υπολογίστηκε η μυκορριζική εξάρτηση για κάθε μια παράμετρο. Βρέθηκε ότι η μυκορριζική εξάρτηση για το ξηρό βάρος των φυτικών ιστών ήταν 56,24 % και 56,63 % στις δύο συγκομιδές. Θετική ήταν επίσης η μυκορριζική εξάρτηση που αφορούσε τις συγκεντρώσεις του P, του Mg και του Fe στην υπέργεια φυτομάζα των προς μελέτη αγρωστωδών. Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν την ευεργετική δράση των μυκορριζών ως προς αυτές τις παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών και πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, η πρόσληψη N στους φυτικούς ιστούς έδειξε να περιορίζεται με την παρουσία των μυκορριζών, πράγμα που φάνηκε με τις αρνητικές τιμές της μυκορριζικής εξάρτησης. Τέλος, η παρουσία μυκορριζών δεν έδειξε να βοήθησε ιδιαίτερα στην πρόσληψη των Ca, Mn, Cu και Zn στους φυτικούς ιστούς του *Festuca arundinacea*.

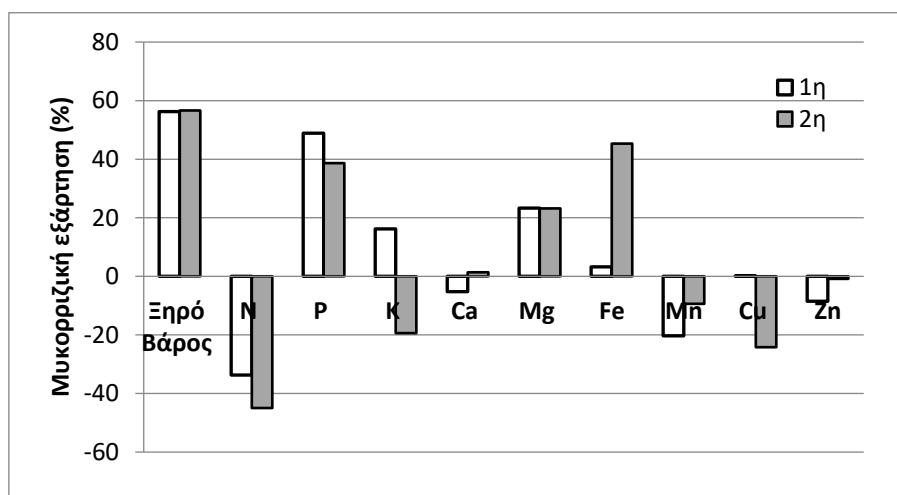
Λέξεις κλειδιά: μυκόρριζα, μυκορριζικής εξάρτησης, μητρικό υλικό, θρεπτικά στοιχεία, *Festuca arundinacea*

Εισαγωγή-Σκοπός: Η συμβιωτική σχέση των φυτών με είδη μυκήτων που δημιουργούν μυκόρριζες είναι γνωστή. Μεταξύ άλλων, η μυκορριζική συμβίωση βοηθάει και στην ανάπτυξη των φυτών και την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων όταν αυτά αναπτύσσονται σε συνθήκες καταπόνησης και χαμηλής γονιμότητας [1]. Ο βαθμός της επίδρασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το φυτικό είδος και το είδος του μύκητα, αλλά και τις εδαφικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η παράμετρος «μυκορριζική εξάρτηση» (mycorrhizal dependency), που εκφράζει το βαθμός μεταβολής της ανάπτυξης των φυτών όταν συμβιώνουν με μύκητες που δημιουργούν μυκόρριζες [2]. Προσδιορίζεται βάσει του ξηρού βάρους των φυτών ή της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων με τον τύπο: [(τιμή φυτών με μυκόρριζα - τιμή φυτών χωρίς μυκόρριζα)/(τιμή φυτών με μυκόρριζα)]x100. Οι τιμές της ποικίλουν ανάλογα το είδος ή την ποικιλία του φυτού [3]. Σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος ήταν να μελετηθεί η μυκορριζική εξάρτηση στην ανάπτυξη του *Festuca arundinacea* σε μητρικό υλικό που προήλθε από αποσάθρωση του παραγνεύσιου.

Υλικά και Μέθοδοι: Χρησιμοποιήθηκαν δέκα φυτοδοχεία τα οποία πληρώθηκαν με έδαφος από τον C ορίζοντα (μητρικό υλικό) που προήλθε από αποσάθρωση παραγνεύσιου. Το έδαφος είχε αμμοπηλώδη υφή, pH 5, 0,58% οργανική ουσία, 0,05% ολικό N και 6,94 mg/kg διαθέσιμο P. Η συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων K⁺, Ca²⁺ και Mg²⁺ ήταν 0,15, 1,99 και 0,46 meq/100 g εδάφους, αντίστοιχα ενώ η συγκέντρωση των διαθέσιμων ιχνοστοιχείων ήταν Fe: 11,2 mg/kg, Mn: 10,4 mg/kg, Cu: 0,3 mg/kg και Zn: 0,8 mg/kg. Στα πέντε φυτοδοχεία γινόταν περιοδικά εφαρμογή μυκητοκτόνων (συνδυασμός thiophanate methyl και carbendazim) για να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες. Στα υπόλοιπα πέντε φυτοδοχεία έγινε εμβολιασμός με μυκόρριζες. Σε κάθε φυτοδοχείο σπάρθηκε *Festuca arundinacea* στην αρχή του έτους. Το πείραμα είχε πλήρως τυχαίο σχέδιο με έναν παράγοντα (μυκόρριζες ή μη) και πέντε επαναλήψεις. Ακολούθησαν δύο συγκομιδές υπέργειας φυτομάζας το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Σε ξηρά δείγματα φυτικών ιστών μετρήθηκε το βάρος και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων. Υπολογίστηκε η μυκορριζική εξάρτηση για το ξηρό βάρος με την σχέση [(ξηρό βάρος φυτών με μυκόρριζα-ξηρό βάρος φυτών χωρίς μυκόρριζα)/(ξηρό βάρος φυτών με μυκόρριζα)]x100 [4]. Για τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων υπολογίστηκε η μυκορριζική εξάρτηση με την σχέση: [(συγκέντρωση A σε φυτά με μυκόρριζα-συγκέντρωση A σε φυτά χωρίς μυκόρριζα)/(συγκέντρωση A σε φυτά με μυκόρριζα)]x100, όπου A το θρεπτικό στοιχείο.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Από τον υπολογισμό της μυκορριζικής εξάρτησης προέκυψε το Σχήμα 1 όπου φαίνονται οι τιμές της στις δυο συγκομιδές για το ξηρό βάρος των φυτικών ιστών του *Festuca arundinacea* και για τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu και Zn). Θετικό ποσοστό μυκορριζικής εξάρτησης (σε κάποια ή και στις δύο συγκομιδές) παρουσίασαν όλες οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν εκτός από τις συγκεντρώσεις N, Mn και Zn που είχαν μόνο αρνητικές τιμές. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό μυκορριζικής εξάρτησης για την ανάπτυξη της υπέργειας φυτομάζας αναφερόμενο στο ξηρό βάρος της ήταν 56,24 % για την πρώτη και 56,63 % για την δεύτερη συγκομιδή. Το ίδιο ποσοστό (56 %) μυκορριζικής εξάρτησης για το ξηρό βάρος του *Festuca arundinacea* είχε βρεθεί και από τους Wilson και Hartnett [5], όπου είχε επισημανθεί η ευεργετική επίδραση της μυκορριζικής συμβίωσης στην ανάπτυξη της φυτομάζας διαφόρων φυτικών ειδών. Σε εκείνη την έρευνα το ίδιο φυτικό είδος είχε μελετηθεί σε έδαφος με παρόμοια συγκέντρωση P με αυτή της παρούσας εργασίας. Επίσης θετική μυκορριζική εξάρτηση είχε και η συγκέντρωση P στους φυτικούς ιστούς όπως έχει βρεθεί και σε άλλες έρευνες που αναφέρονται στην σημαντική επίδραση της μυκόρριζας στην πρόσληψη P [6], γεγονός που είναι ακόμα πιο σημαντικό όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε φτωχά εδάφη όπως το μητρικό υλικό της παρούσας εργασίας. Στο συγκεκριμένο πείραμα η τιμή της μυκορριζικής εξάρτησης ήταν 48,87 % στην πρώτη συγκομιδή και 38,68 % στην δεύτερη. Ωστόσο, δεν φάνηκε η ίδια τάση και στην πρόσληψη N παρουσία

μυκορριζών αφού οι τιμές της μυκορριζικής εξάρτησης στις δύο συγκομιδές είχαν αρνητικό πρόσημο (-33,73 % και -44,98 %, αντίστοιχα). Αυτό δείχνει πιθανότητα χρησιμοποίηση του διαθέσιμου N από τον μύκητα για να καλύψει τις δικές του ανάγκες.



Σχήμα 1. Ποσοστό μυκορριζικής εξάρτησης (%) του ξηρού βάρους και των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς του *Festuca arundinacea* που αναπτύχθηκε σε μητρικό υλικό προερχόμενο από την αποσάθρωση παραγνεύσιου στις δύο συγκομιδές.

Για τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία βρέθηκε πως αρχικά η συγκέντρωση K στους φυτικούς ιστούς του *Festuca arundinacea* είχε θετική μυκορριζική εξάρτηση (16,18 %) και στη δεύτερη συγκομιδή αρνητική (-19,39 %). Το αντίστροφο παρατηρήθηκε για το Ca, όπου η τιμή της μυκορριζικής εξάρτησης γενικά ήταν κοντά στο 0. Στην πρώτη συγκομιδή ήταν -5,25 % και έφτασε τελικά στο 1,38 %. Ευνοϊκή έδειξε πως ήταν η δημιουργία μυκορριζών στο ριζικό σύστημα του *Festuca arundinacea* για την πρόσληψη Mg και Fe από το φυτό. Οι τιμές της μυκορριζικής εξάρτησης ήταν για το Mg 23,28 % και 23,18 % και για τον Fe 3,22 % και 45,34 %, στην πρώτη και δεύτερη συγκομιδή αντίστοιχα. Η μυκορριζική εξάρτηση για το Cu στην πρώτη συγκομιδή εμφάνισε τιμή 0,15 % και στην δεύτερη συγκομιδή -24,17 %. Τέλος, για το Mn και τον Zn η παρουσία μυκορριζών δεν φάνηκε να επέδρασε θετικά στην πρόσληψή τους όπως έχει διαπιστωθεί και σε άλλη έρευνα που αφορούσε τον Zn [7]. Οι τιμές της μυκορριζικής εξάρτησης σε όλες τις περιπτώσεις ήταν αρνητική και κυμάνθηκε από -0,87 % έως -20,30 % (Σχήμα 1).

Συμπεράσματα: Η μυκορριζική εξάρτηση χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί ο βαθμός επίδρασης των μυκορριζών στην ανάπτυξη των φυτών. Οι τιμές της δείχνουν την τάση των μυκορριζών να βοηθήσουν (και κατά πόσο) ή όχι την ανάπτυξη των φυτών. Από την παρούσα έρευνα προέκυψε ότι η παρουσία μυκορριζών επέδρασε θετικά στην ανάπτυξη του *Festuca arundinacea* που αναπτύχθηκε σε έδαφος από την αποσάθρωση παραγνεύσιου (μητρικό υλικό), αυξάνοντας την ξηρή φυτομάζα και βοηθώντας στην πρόσληψη P, του Mg και του Fe. Αρνητική όμως ήταν η επίδραση των μυκορριζών στην πρόσληψη κάποιων άλλων θρεπτικών στοιχείων (N, Mn, Cu, Zn) στις ίδιες συνθήκες ανάπτυξης των αγρωστωδών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Daei, G. et al (2009), DOI:10.1016/j.jplph.2008.09.013.
2. Gerdemann, J. W. (1975). Vesicular-arbuscular mycorrhizae, The Development and Function of Rots, JG Torrey and DT Clarkson, Eds.
3. Tawaraya, K. (2003), DOI: 10.1080/00380768.2003.10410323.
4. Plenchette, C., et. al (1983), DOI: 10.1007/BF02374780.
5. Wilson, G. W., & Hartnett, D. C. (1998), DOI: 10.2307/2446507.
6. Ortas, I. et. al (2002), DOI: 10.1081/PLN-120004387.
7. Shetty, K. (1995), DOI: 10.1016/0269-7491(95)93444-5.

Διαφοροποίηση της κοινότητας των νηματωδών μεταξύ ακαλλιέργητου εδάφους και εδάφους ελαιώνα, υπό συνθήκες ρύπανσης από βαρέα μέταλλα

Θεοφιλίδου Α.^{1,2}, Κέκελης Π.^{1,2}, Ζαφειρίου Ι.³, Ασχονίτης Β.², Γασπαράτος Δ.³, Μάσσας Ι.³, Μονοκρούσος Ν.¹

¹ Τμήμα Ανθρωπιστικών, Κοινωνικών και Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστημιακό Κέντρο Διεθνών Προγραμμάτων Σπουδών, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, 57001 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

² Ινστιτούτο Εδαφοδυναμικών Πόρων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-Δήμητρα, 57001 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

³ Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα 11855, Ελλάδα

Περίληψη: Στην παρούσα μελέτη, διερευνήθηκε η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων νικελίου (Ni) (40, 70 και > 120 mg kg⁻¹) στις κοινότητες νηματωδών του εδάφους σε ακαλλιέργητα – γυμνά και καλλιεργούμενα εδάφη (ελαιώνες). Στις υψηλότερες συγκεντρώσεις (Ni), παρατηρήθηκε έντονη τοξικότητα, με αποτέλεσμα ακόμη και την πλήρη απουσία νηματωδών στο γυμνό έδαφος. Ωστόσο, καθώς η ρύπανση από Ni μειωνόταν, καταγράφηκε αυξημένος αριθμός νηματωδών, ιδιαίτερα στα δείγματα εδάφους των ελαιώνων σε σύγκριση με τα αντίστοιχα δείγματα γυμνού εδάφους. Στο γυμνό έδαφος, το μυκητοφάγο γένος *Ditylenchus* κυριάρχησε σε υψηλότερες συγκεντρώσεις Ni, ωστόσο η κυριαρχία του μειώθηκε καθώς τα επίπεδα Ni μειώνονταν. Παρομοίως, τα δείγματα εδάφους των ελαιώνων παρουσίασαν ένα συγκρίσιμο πρότυπο, με το είδος *Ditylenchus* να κυριαρχεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις Ni και το βακτηριοφάγο γένος *Panagrolaimus* να επικρατεί σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Η παρουσία ελαιόδεντρων επηρέασε σημαντικά τη σύνθεση της κοινότητας, ευνοώντας την υψηλότερη βιοποικιλότητα και τη μετάβαση σε ένα πιο σταθερό στάδιο που χαρακτηρίζεται από αυξημένη αφθονία παμφάγων και αρπακτικών γενών. Επιπλέον, η μελέτη ανέδειξε τη θετική επίδραση της οργανικής ύλης σε συνδυασμό με την ρύπανση του εδάφους στις κοινότητες των νηματωδών, αναδεικνύοντας την περίπλοκη αλληλεπίδραση διαφόρων παραγόντων στη διαμόρφωση του οικολογικού προφίλ του εδάφους. Τα ευρήματα αυτά παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για το πώς οι πρακτικές διαχείρισης που περιλαμβάνουν συγκεκριμένα είδη δέντρων μπορούν να ενισχύσουν την υγεία του εδάφους σε έντονα ρυπασμένες με δυνητικά τοξικά στοιχεία περιοχές.

Λέξεις Κλειδιά: Βιοποικιλότητα, υποβαθμισμένα εδάφη, *Ditylenchus*, νικέλιο, ριζόσφαιρα

Εισαγωγή-Σκοπός: Περιοχές ρυπασμένες από βαρέα μέταλλα αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για τον πρωτογενή τομέα καθώς μειώνουν τις παραγωγικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ένας τρόπος εκμετάλλευσης των περιοχών αυτών είναι η καλλιέργεια φυτών ανθεκτικών στα βαρέα μέταλλα. Παράδειγμα τέτοιου φυτού είναι η ελιά [1] η οποία καλλιεργείται εκτενώς σε περιοχές του Λαυρίου Αττικής με υψηλή συγκέντρωση νικελίου. Η παρουσία φυτού σε μια επιβαρυσμένη περιοχή δύναται να βελτιώσει την υγεία του εδάφους ενισχύοντας μια σταθερότερη εδαφική βιοκοινότητα.

Οι νηματώδεις του εδάφους διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο ως βιοδείκτες της υγείας του εδάφους [2]. Όντας ευαίσθητοι στις αλλαγές των εδαφικών συνθηκών, ανταποκρίνονται δυναμικά στις μεταβολές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και των επιπέδων θρεπτικών ουσιών. Ως βασικοί κόμβοι του τροφικού πλέγματος του εδάφους, οι νηματώδεις αλληλεπιδρούν με βακτήρια, μύκητες και φυτά, επηρεάζοντας τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών και τη δομή του εδάφους. Η παρακολούθηση των πληθυσμών τους παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την υγεία του εδάφους, υποδεικνύοντας την παρουσία ποικίλων μικροβιακών κοινοτήτων και τη συνολική ανθεκτικότητα του οικοσυστήματος. Η αφθονία και η βιοποικιλότητά τους αντικατοπτρίζουν την ποιότητα του εδάφους, βοηθώντας στην ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει τις επιπτώσεις της ρύπανσης τόσο σε γυμνά εδάφη όσο και σε ελαιώνες που καλλιεργούνται σε 3 επίπεδα επιβάρυνσης με βαρέα μέταλλα, εστιάζοντας στο Ni, μελετώντας τη βιοποικιλότητα και τη σύνθεση της κοινότητας των νηματωδών του εδάφους, συμβάλλοντας στη συνολική κατανόηση των οικολογικών συνεπειών της ρύπανσης από το νικέλιο.

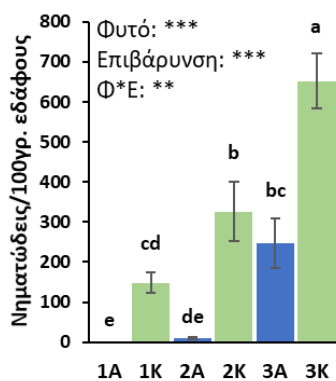
Υλικά και Μέθοδοι: Στην ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου επιλέξαμε, με βάσει προηγούμενες μελέτες, περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από τρία επίπεδα επιβάρυνσης (40, 70 και > 120 mg kg⁻¹). Σε κάθε επίπεδο επιβάρυνσης επιλέχθηκαν 6 αγροτεμάχια (3 ελαιώνες και 3 ακαλλιέργητα, όπου Α: ακαλλιέργητο – γυμνό και Κ: καλλιεργούμενο) από τα οποία έγινε τυχαία επιλογή τεσσάρων μεικτών δειγμάτων από έκταση 100 m² έκαστο και βάθος 0 – 15 cm.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης του νικελίου έγινε με τη μέθοδο της ICP (φασματομετρία μάζας). Επιπροσθέτως έγινε μέτρηση ολικών συγκεντρώσεων των στοιχείων με τη μέθοδο της ICP και διαθέσιμων συγκεντρώσεων P – Olsen και K, Ca, Mg, Na με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου. Η εξαγωγή των νηματωδών έγινε με τη μέθοδο του Cobb [3] και η ταξινόμησή τους βάσει των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών.

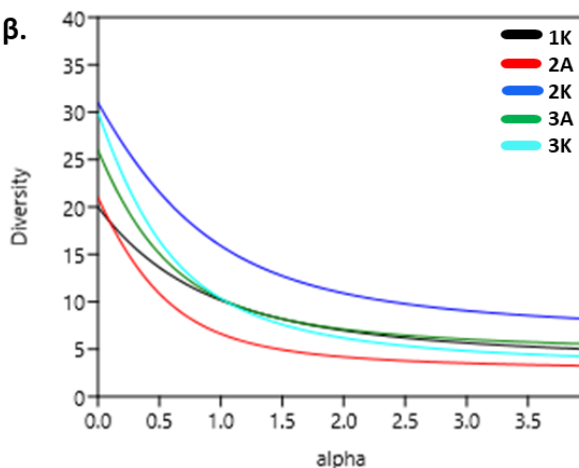
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις νικελίου (Ni) > 120 mg kg⁻¹ δεν καταγράφηκαν νηματώδεις στο ακαλλιέργητο – γυμνό έδαφος. Στη συγκέντρωση Ni 70 ppm καταγράφηκαν μικρές συγκεντρώσεις νηματωδών, ενώ στη χαμηλότερη συγκέντρωση (40 ppm) οι αφθονίες των νηματωδών ήταν εμφανώς υψηλότερη. Το μοτίβο αυτό παρατηρήθηκε και στην περίπτωση των ελαιώνων, με τη διαφορά ότι οι αφθονίες ήταν σημαντικά υψηλότερες παρουσία φυτού. Η αφθονία των νηματωδών στα ακαλλιέργητα – γυμνά επιβαρυσμένα εδάφη δείχνει ότι η αύξηση της συγκέντρωσης Ni στο έδαφος μειώνει σημαντικά τους αριθμούς τους, ενώ η παρουσία του φυτού, από την άλλη πλευρά, φαίνεται να μετριάσει αυτό το φαινόμενο σε μεγάλο βαθμό [4] με την μεγαλύτερη αύξηση στην αφθονία των νηματωδών να καταγράφεται στην εφαρμογή με την χαμηλότερη συγκέντρωση Ni και την υψηλότερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας.

Όσο υψηλότερες είναι οι συγκεντρώσεις του νικελίου Ni, τόσο μεγαλύτερη είναι η κυριαρχία του μυκητοφάγου γένους *Ditylenchus* [5]. Το πρότυπο αυτό παρατηρείται σε όλες τις μεταχειρίσεις ακαλλιέργητων εδαφών. Αντίθετα, με την παρουσία της ελιάς, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις εξακολουθεί να κυριαρχεί το *Ditylenchus*, όσο αρχίζει να μειώνεται η συγκέντρωση νικελίου Ni, παρατηρείται μια ισοκατανομή και μετέπειτα κυριαρχία των βακτηριοφάγων, με κυρίαρχο το γένος *Panagrolaimus*. Αυτό αποδίδεται κυρίως στις ριζικές εκκρίσεις της ελιάς και στα νεκρά κύτταρα της ρίζας, η οποία φαίνεται να συμμετέχει ενεργά σε διεργασίες στο εσωτερικό του εδάφους, μέσω ριζικών εκκρίσεων που διαφοροποιούν τις εδαφικές συνθήκες. Το προφίλ της βιοποικιλότητας έδειξε ότι τα περισσότερα γένη, καθώς και υψηλότερες τιμές δείκτη Shannon καταγράφονται στα εδάφη 2K και 3K (70 και 40 mg kg⁻¹ Ni), παρουσία ελιάς. Αντίθετα, τους χαμηλότερους δείκτες ποικιλότητας είχαν τα ακαλλιέργητα – γυμνά εδάφη, καθώς όπως έχει δειχθεί και στο παρελθόν [6], η αυξημένη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στο έδαφος μειώνει σημαντικά τόσο την αφθονία των νηματωδών, όσο και τον αριθμό των διαβιούντων γενών.

α. Συνολική αφθονία



β.



Σχεδιάγραμμα 1. Μέσοι όροι (± τυπ. σφάλμα) της συνολικής αφθονίας των νηματωδών (A: ακαλλιέργητο – γυμνό, K: καλλιεργούμενο). Τα διαφορετικά γράμματα (a, b, c, d, e) δηλώνουν τις στατιστικώς σημαντικές διαφορές (**: p<0,01, ***: p<0,001, για όλες τις περιπτώσεις n=4) (α). Προφίλ βιοποικιλότητας (Renyi) βάσει Bray-Curtis, όπου α = 0 δηλώνεται ο αριθμός των γενών, α = 1 δηλώνεται ο δείκτης Shannon, α = 2 δηλώνεται ο δείκτης Simpson και α > 2 δηλώνεται η ισοκατανομή (β).

Συμπεράσματα: Η παρουσία των ελαιόδένδρων είναι καθοριστική στη διαμόρφωση της δομής της κοινότητας των νηματωδών του εδάφους υπό συνθήκες καταπόνησης λόγω υψηλών συγκεντρώσεων Ni. Σε αντίθεση με το γυμνό έδαφος, όπου φαίνεται να επικρατούν κυρίως τα ανθεκτικά γένη (*Ditylenchus*), η παρουσία φυτών ελιάς εισάγει περίπλοκες δυναμικές που επηρεάζουν την ποικιλότητα, την αφθονία και τη σύνθεση της κοινότητας των νηματωδών. Ακόμα και σε ρυπασμένα με βαρέα μέταλλα εδάφη, η παρουσία φυτών ανθεκτικών στη ρύπανση, όπως η ελιά, δύναται μέσω των ριζικών εκκρίσεων να μειώσει την καταπόνηση από νικέλιο στους νηματώδεις, υποδηλώνοντας τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους. Συνεπώς, η ριζόσφαιρα διαμορφώνει τις κατάλληλες συνθήκες για την αύξηση του αριθμού των οργανισμών, συμβάλλοντας στην αύξηση της αφθονίας και της βιοποικιλότητας των εδαφικών νηματωδών. Η κατανόηση αυτών των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυτών, μικροοργανισμών και νηματωδών είναι απαραίτητη για την κατανόηση της πολυπλοκότητας της υγείας του εδάφους και της σταθερότητας του οικοσυστήματος σε περιβάλλοντα επιβαρυνόμενα με βαρέα μέταλλα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Zaouni, N., Gharssallaoui, M., Eloussaief, M. and Gabsi, S., 2018. Heavy metals transfer in the olive tree and assessment of food contamination risk. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, pp.18320-18331.
- Kekelis, P., Papatheodorou, E.M., Terpsidou, E., Dimou, M., Aschonitis, V. and Monokrousos, N., 2022. The free-living nematodes as indicators of the soil quality in relation to the clay content, when coffee waste is applied. *Agronomy*, 12(11), p.2702.
- Cobb, N.A., 1918. Estimating the nema population of soil, with special reference to the sugar-beet and root-gall nemas, *Heterodera schachtii* Schmidt and *Heterodera radicola* (Greef) Müller: and with a description of *Tylencholaimus aequalis* n. sp (Vol. 1). US Government Printing Office.
- Barra Caracciolo, A., Grenni, P., Garbini, G.L., Rolando, L., Campanale, C., Aimola, G., Fernandez-Lopez, M., Fernandez-Gonzalez, A.J., Villadas, P.J. and Ancona, V., 2020. Characterization of the belowground microbial community in a poplar-phytoremediation strategy of a multi-contaminated soil. *Frontiers in Microbiology*, 11, p.2073.
- Jiang, R., Wang, M. and Chen, W., 2023. Heavy metal pollution triggers a shift from bacteria-based to fungi-based soil micro-food web: Evidence from an abandoned mining-smelting area. *Journal of Hazardous Materials*, 459, p.132164.
- Renčo, M., Čerevková, A. and Hlava, J., 2022. Life in a Contaminated Environment: How Soil Nematodes Can Indicate Long-Term Heavy-Metal Pollution. *Journal of Nematology*, 54(1).

Επίδραση δύο στελεχών *Bacillus subtilis* στην ενζυμική δραστηριότητα του εδάφους και στην απόδοση καλαμποκιού

Θεοφιλίδου Α.^{1,2}, Κατσένιος Ν.², Ευθυμιάδου Α.², Μονοκρούσος Ν.¹

¹ Πανεπιστημιακό Κέντρο Διεθνών Προγραμμάτων Σπουδών, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, 57001 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα. Email: atheofilidou@ihu.edu.gr

² Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-Δήμητρα

Περίληψη: Τα ριζοβακτήρια που προάγουν τη φυτική ανάπτυξη βελτιώνουν την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και ενισχύουν την αντοχή των φυτών. Η παρούσα μελέτη διερευνά την εφαρμογή δύο στελεχών του *Bacillus subtilis* (548 και 557), για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων σε αγροτεμάχιο καλαμποκιού, απουσία ανόργανης λίπανσης. Αξιολογήθηκε η στοιχειομετρία των ενζύμων στους κύκλους του άνθρακα, του αζώτου και του φωσφόρου στη βελτίωση της απόδοσης. Παρά τη χρήση τριών διαφορετικών υποστρωμάτων (άνυδρο ξυλάνθρακα, υγρό θρεπτικό υπόστρωμα, ζεόλιθος), τα στελέχη διατήρησαν την αποτελεσματικότητά τους, πιθανώς λόγω των μικρών ποσοτήτων υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκαν. Η στοιχειομετρία των ενζύμων αποκάλυψε κυρίως έλλειψη αζώτου στα εδάφη. Το στέλεχος 557 αύξησε άμεσα την δραστηριότητα των ενζύμων που σχετίζονται με την αποικοδόμηση του οργανικού άνθρακα και του αζώτου, καλύπτοντας τις ανάγκες του σε άζωτο και μετατοπίζοντας τη μεταβολική του ενέργεια στην παραγωγή ενζύμων φωσφόρου, αυξάνοντας έτσι και τη διαθεσιμότητα αυτού του στοιχείου. Αντίθετα, το στέλεχος 548 περιορίστηκε στην παραγωγή ενζύμων αζώτου. Η αυξημένη αποτελεσματικότητα των στελεχών *B. subtilis*, ιδίως του 557, οδήγησαν σε αυξημένες τιμές ξηρής βιομάζας του φυτού σε σχέση με τον μάρτυρα, υποδηλώνοντας τη δυνατότητά τους να ενισχύουν τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων και την παραγωγή αραβοσίτου απουσία ανόργανης λίπανσης, προσφέροντας πολύτιμες εναλλακτικές για βιώσιμες γεωργικές πρακτικές.

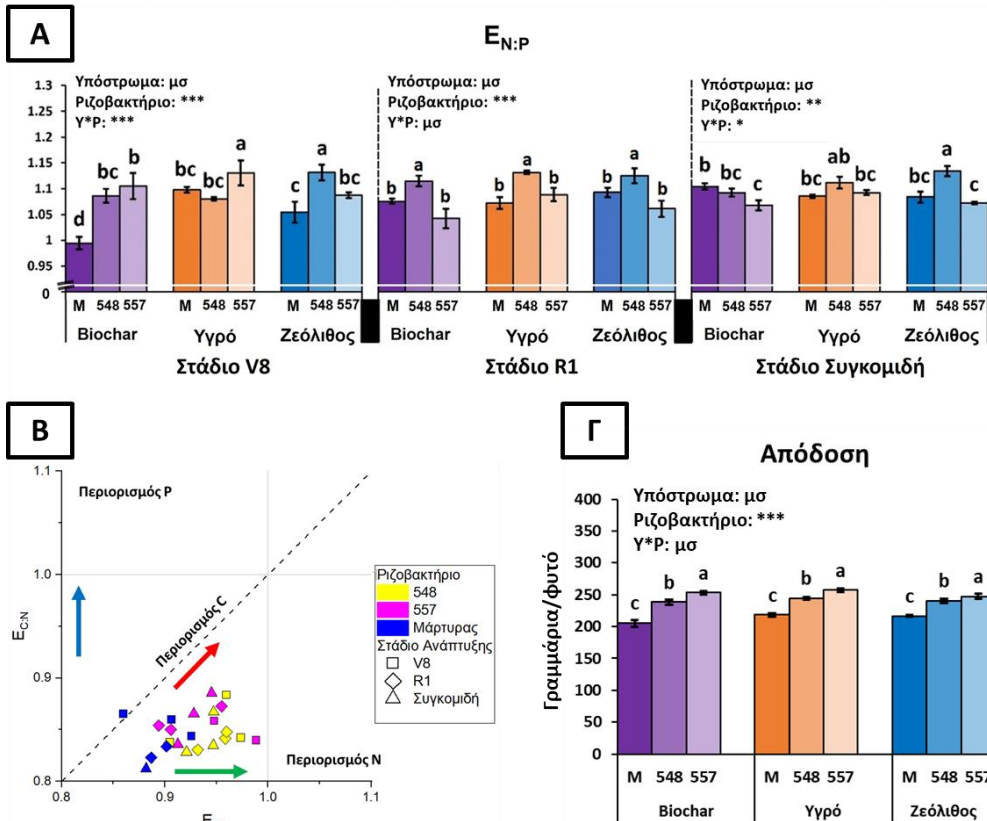
Λέξεις – κλειδιά: στοιχειομετρία ενζύμων, γεωχημικοί κύκλοι, αειφόρος γεωργία, βιολογική καλλιέργεια

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα ριζοβακτήρια που προάγουν τη φυτική ανάπτυξη χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ανόργανα λιπάσματα. Τα ένζυμα που απελευθερώνονται από τους μικροοργανισμούς του εδάφους παίζουν ρόλο στη διάσπαση της οργανικής ύλης σε απλούστερες μορφές. Τα στελέχη του *Bacillus subtilis* συμβάλλουν στη γονιμότητα του εδάφους μέσω της ανοργανοποίησης του αζώτου και της διαλυτοποίησης του φωσφόρου [1]. Στη γεωργία χρησιμοποιούνται υποστρώματα όπως το biochar που ενισχύει τη δομή του εδάφους και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων, τα υγρά υποστρώματα όπως συμπυκνωμένες θρεπτικές ουσίες π.χ εκχυλίσματα φυτών και διάφοροι τύποι ζεόλιθου (αργιλοπυριτικά ορυκτά) ως φορείς θρεπτικών συστατικών για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας των στοιχείων μέσω της ανταλλαγής ιόντων. Ο συνδυασμός τους με την εφαρμογή ριζοβακτηρίων στοχεύει στην προώθηση της εδαφικής μικροβιακής δραστηριότητας, αυξάνοντας έτσι την απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών. Σκοπός της εργασίας ήταν να εκτιμηθεί, μέσω της στοιχειομετρίας των ενζύμων τριών γεωχημικών κύκλων (άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου), η ικανότητα δύο στελεχών *Bacillus subtilis* (548 και 557) να προωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών που εφαρμόζονται σε τρεις διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων. Ειδικότερα, στοχεύουμε να ερευνήσουμε τη λειτουργία του *B. subtilis*, απουσία ανόργανης λίπανσης, στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων μέσω της μελέτης των εδαφικών ενζύμων.

Υλικά και μέθοδοι: Το πείραμα ακολούθησε ένα πλήρως τυχαίοπαιγμένο σχέδιο με δύο ανεξάρτητους παράγοντες (τύπος υποστρώματος, στέλεχος ριζοβακτηρίου). Για τον παράγοντα «υπόστρωμα» χρησιμοποιήθηκαν υγρό θρεπτικό υπόστρωμα, άνυδρος ξυλάνθρακας (Biochar) και ζεόλιθος, ενώ για τον παράγοντα «ριζοβακτήριο» χρησιμοποιήθηκαν δύο στελέχη του *B. Subtilis* (*B. subtilis*548 και *B. subtilis*557) και ο μάρτυρας, χωρίς καμία προσθήκη. Η εφαρμογή των μεταχειρίσεων πραγματοποιήθηκε 41 ημέρες μετά τη σπορά, όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο ανάπτυξης V5. Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 17 ημέρες μετά την εφαρμογή, όταν τα φυτά αραβοσίτου βρίσκονταν στο στάδιο ανάπτυξης V8 (7-8 φύλλα), η δεύτερη 48 ημέρες μετά την εφαρμογή, όταν τα φυτά βρίσκονταν στην αρχή του αναπαραγωγικού σταδίου ανάπτυξης (R1) και η τελευταία 79 ημέρες μετά την εφαρμογή, λίγες ημέρες πριν από τη συγκομιδή. Σε καμία εφαρμογή δεν έγινε προσθήκη χημικού λιπάσματος. Στα εδαφικά δείγματα πραγματοποιήθηκε μέτρηση δραστηριότητας των ενζύμων του κύκλου του άνθρακα (β-γλυκοσιδάση), του αζώτου (Nag, Lap) και του φωσφόρου (αλκαλική και όξινη φωσφατάση). Η κατανόηση της στοιχειομετρίας, των αναλογιών των δραστηριοτήτων των ενζύμων που ελευθερώνουν C/N/P ($E_{C:N}$, $E_{C:P}$, $E_{N:P}$), συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μικροοργανισμοί ρυθμίζουν τους μετασχηματισμούς των θρεπτικών στοιχείων, επηρεάζοντας τη διαθεσιμότητα και την ανακύκλωσή τους στα εδαφικά οικοσυστήματα [2].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Αν και η χρήση των τριών αυτών υποστρωμάτων ως μέθοδος προαγωγής της δραστηριότητας των μικροοργανισμών θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για γεωργική εφαρμογή, τα αποτελέσματα της μελέτης μας έδειξαν ότι δεν είχαν σχεδόν καμία επίδραση στην αποτελεσματικότητα των δύο στελεχών *B. subtilis*. Ο λόγος για την απουσία σημαντικών επιδράσεων, μπορεί να αποδοθεί στις μικρές ποσότητες υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Από το Σχήμα 1B προκύπτει, βάσει της στοιχειομετρίας των εδαφικών ενζύμων, πως τα συγκεκριμένα εδάφη χαρακτηρίζονται κυρίως από έλλειψη εδαφικού αζώτου, γεγονός που ωθεί την εδαφική μικροβιακή κοινότητα να παράγει ένζυμα του κύκλου του N για να αντισταθμίσει αυτή την έλλειψη. Η πρόσληψη αζώτου στον αραβόσιτο είναι χαμηλή κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης και αρχίζει μια κλιμακούμενη αύξηση μετά το στάδιο V8 μέχρι το στάδιο R1, όπου απορροφά περίπου το 60% των συνολικών αναγκών. Η προσθήκη του στελέχους *B. subtilis*557 οδήγησε από πολύ νωρίς σε αύξηση των ενζύμων που σχετίζονται με την αποικοδόμηση

του οργανικού άνθρακα και του αζώτου (Σχ. 1B)- το στέλεχος 548 έκανε επίσης το ίδιο, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Και τα δύο στελέχη, ωστόσο, έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα από τον μάρτυρα. Το *B. subtilis*557 στο στάδιο R1 είχε υψηλές τιμές $E_{C:N}$ (Σχ. 1B) και χαμηλές τιμές $E_{N:P}$ (Σχ. 1A). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν, στις εφαρμογές που προστέθηκε το συγκεκριμένο στέλεχος, ότι η δραστηριότητα των ενζύμων που σχετίζονται με το άζωτο έχει περιοριστεί, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη απελευθέρωση που έγινε τις μέρες που προηγήθηκαν. Έτσι, το συγκεκριμένο στέλεχος μπορεί να εκτρέψει μέρος της μεταβολικής ενέργειας για την παραγωγή άλλων ενζύμων, όπως αυτών του φωσφόρου, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητά του [1]. Αντίθετα, το *B. Subtilis*548 δρα διαφορετικά καθώς στο στάδιο R1 οι τιμές $E_{C:N}$ είναι ιδιαίτερα χαμηλές, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο μικροοργανισμός αυτός συνεχίζει να επενδύει στην παραγωγή ενζύμων αζώτου. Το μοτίβο αυτό παρέμεινε μέχρι τη συγκομιδή. Η προαναφερθείσα παρατήρηση, σε συνδυασμό με την αυξημένη παραγωγή στις μεταχειρίσεις με *B. Subtilis*557, υποδηλώνει την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου στελεχούς στην αύξηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων.



Σχήμα 1. (Α) Μέσοι όροι (\pm τυπ. Σφάλμα) του λόγου των δραστηριοτήτων των ενζύμων αζώτου (N) προς τα ένζυμα φωσφόρου (P) του εδάφους στις διάφορες μεταχειρίσεις. (Β) Η στοιχειομετρική αναλογία των δραστηριοτήτων των ενζύμων του εδάφους στις διάφορες μεταχειρίσεις. Τα βέλη (κόκκινο, πράσινο και μπλε) υποδηλώνουν τους βαθμιαίους περιορισμούς σε άνθρακα, άζωτο και φώσφορο, αντίστοιχα. (Γ) Μέσοι όροι (\pm τυπ. Σφάλμα) της απόδοσης των καλαμποκιών. Τα διαφορετικά γράμματα (a, b, c, d) υποδηλώνουν σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το LSD-test, αφού πραγματοποιήθηκε 2-way ANOVA. Το γράμμα "a" υποδηλώνει πάντα την υψηλότερη τιμή. Μ: μάρτυρας- 548: *Bacillus subtilis*548- 557: *Bacillus subtilis*557. (μσ: $p > 0.05$ - *: $p < 0.05$ - **: $p < 0.01$ - ***: $p < 0.001$). Τέσσερις επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση.

Συμπεράσματα: Η μελέτη αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα των στελεχών *Bacillus subtilis*, ιδίως του 557, απουσία ανόργανης λίπανσης. Ενώ το υπόστρωμα παρουσίασε περιορισμένο αντίκτυπο, η προσθήκη *B. subtilis* προκάλεσε διαφοροποιημένη παραγωγή ενζύμων και διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών. Η εφαρμογή του *B. subtilis*557 βελτιώνει την απόδοση του αραβοσίτου συγκριτικά με το *B. subtilis*548 και τον μάρτυρα. Το στέλεχος *B. subtilis*557 απελευθερώνει ένζυμα, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα των ανόργανων μορφών αζώτου, ενώ συμβάλει σημαντικά και στον κύκλο του φωσφόρου. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται για τη βελτιστοποίηση των ποσοτήτων των υποστρωμάτων, και τη δράση του *B. subtilis* στην ενίσχυση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων, προσφέροντας πληροφορίες για βιώσιμες πρακτικές.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Wahid, F., et al (2022), DOI: 10.32604/phyton.2021.016512
2. Luo, L., et al (2017), DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.04.023

Διερεύνηση διαφοροποιήσεων των εδαφικών λειτουργιών και της σύστασης ριζοσφαιρικών και ενδορριζικών μικροβιακών κοινοτήτων στα φρυγανικά οικοσυστήματα

Λεβέντης Γ.¹, Τσιγκιά Μ.¹, Σταθοπούλου Δ.¹, Πετράκης Γ.², Οιχαλιώτης Κ.^{1*}

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας

²Imerys Greece SA, Τμήμα Αποκατάστασης Τοπίου Email:leventis@aua.gr

Περίληψη: Τα τελευταία χρόνια αντιλαμβανόμαστε τα φυτά ως συμβιωτικά ενδιδαιτήματα εδαφικών μικροβιακών κοινοτήτων, οι οποίες διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στην ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτών καθώς και στις διεργασίες βιογεωχημικών κύκλων του άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Τα φυτικά είδη που επικρατούν στα φρυγανικά οικοσυστήματα αναπτύσσονται στις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες που επιβάλλει το ξηροθερμικό κλίμα της Μεσογείου. Στη συγκεκριμένη μελέτη προσδιορίστηκε ο ρόλος των μικροβιακών κοινοτήτων δύο φρυγανικών ειδών, της υπερένιας (*Hyparrhenia hirta*, Poaceae) και της αστοιβίδας (*Sarcopoterium spinosum*, Rosaceae), σε αυτές τις οριακές συνθήκες. Μέσω του προσδιορισμού των βιοδιαθέσιμων θρεπτικών, της δραστηριότητας των εδαφικών ενζύμων και του καταβολικού προφίλ των μικροβιακών κοινοτήτων, μελετήθηκε η επίδραση των δύο φυτικών ειδών στα φρυγανικά εδαφικά οικοσυστήματα. Παράλληλα, μελετήθηκαν οι μικροβιακές κοινότητες των προκαρυωτών, μυκητών και των πρωτίστων μετά από αλληλούχιση μέσω της πλατφόρμας MiSeq-Illumina 2x300 bp των ενισχυμένων μέσω PCR γονιδίων δεικτών 16S, ITS2, 18S. Η ανάλυση έδειξε ότι το φυτικό είδος και το ενδιδαιτήμα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη ποικιλότητα και τη σύνθεση των μικροβιακών κοινοτήτων, ενώ το περιβάλλον που διαμορφώνεται στη ριζόσφαιρα επιδρά θετικά στη γονιμότητα και στην πολυλειτουργικότητα των εδαφικών οικοσυστημάτων.

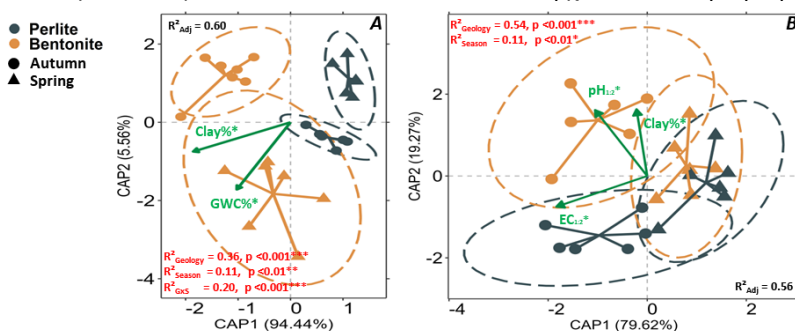
Λέξεις Κλειδιά: φρύγανα, μικροβιακή κοινότητα εδάφους, Next Generation Sequencing, εδαφικά ένζυμα, Microresp™

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα φρυγανικά οικοσυστήματα ορίζονται ως τα οικοσυστήματα εκείνα στα οποία επικρατούν ξυλώδεις μικρόφυλλοι θαμνίσκοι, ύψους μέχρι 0,5 m, που συχνά αφήνουν μεταξύ τους έδαφος ημι-καλυμμένο με αγρωστώδη, ακάλυπτο έδαφος ή πέτρωμα και εμφανίζουν το φαινόμενο του εποχικού διμορφισμού [1]. Αποτελούν μία από τις κύριες φυτικές διαπλάσεις που σχηματίζονται ιδιαίτερα στη νότια Ελλάδα και στα νησιά, μέχρι το υψόμετρο των 300 m, ενώ εκτιμάται ότι οι φρυγανότοποι καλύπτουν συνολικά 10-15 εκατομμύρια στρέμματα. Τα φρύγανα αναπτύσσονται σε φτωχά, άγονα και υποβαθμισμένα (πυρκαγιές, υπερβόσκηση) εδάφη ενώ ταυτόχρονα είναι εκτεθειμένα σε υψηλές θερμοκρασίες και στην έλλειψη νερού. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκε η ποικιλότητα και η σύσταση των ριζοσφαιρικών και ενδοφυτικών μικροβιακών κοινοτήτων δύο χαρακτηριστικών φρυγανικών ειδών. Αξιολογήθηκε η επίδραση των εδαφικών ιδιοτήτων, του φυτικού είδους και της εποχικότητας στις διεργασίες σύνθεσης του μικροβιώματος των δύο φυτικών ειδών. Παράλληλα, μελετήθηκαν βασικές εδαφικές λειτουργίες, ώστε να προσδιοριστεί η συνεισφορά των φυτικών ειδών στα φρυγανικά εδαφικά οικοσυστήματα.

Υλικά και Μέθοδοι: Δείγματα συλλέχθηκαν από τις ρίζες, τις ριζόσφαιρες και τα παρακείμενα γυμνά εδάφη, δύο φρυγανικών ειδών, το *Hyparrhenia hirta* (Poaceae) – υπερένια, και το *Sarcopoterium spinosum* (Rosaceae) – αστοιβίδα. Η υπερένια είναι ένα πρωτοπόρο είδος, που σημαίνει ότι στα πλαίσια της οικολογικής διαδοχής της βλάστησης αποικίζει πρώιμα ένα εδαφικό οικοσύστημα, ενώ η αστοιβίδα είναι ένα είδος που κυριαρχεί στην φυτοκοινωνία «κλίμαξ» που είναι η τελική φυτοκοινωνία. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε δύο αδιατάραχτες τοποθεσίες οι οποίες γειτνιάζουν με εκτεταμένα λατομικά συμπλέγματα μπετονίτη και περλίτη στο νησί της Μήλου (Κυκλάδες) και χαρακτηρίζονται από αργιλώδη (μπετονιτόχωμα) και αμμώδη (περλιτόχωμα) εδάφη αντίστοιχα. Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε δύο χρονικές περιόδους, το φθινόπωρο και την άνοιξη. Προσδιορίστηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων και η δραστηριότητα 8 εδαφικών ενζύμων που συμμετέχουν στους κύκλους του άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου και θείου, οι α-/β-γλυκοζιδάση, α-/β-γαλακτοζιδάση, γλυκοζαμινιδάση, όξινη και αλκαλική φωσφατάση και η αρυλοσουλφατάση [2]. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Microresp™ για τον προσδιορισμό του καταβολικού προφίλ των μικροβιακών κοινοτήτων στα εδαφικά δείγματα [3]. Επιλέχθηκαν υδατοδιαλυτές πηγές-C τυπικές των εδαφικών οικοσυστημάτων. Η ανάλυση των μικροβιακών κοινοτήτων έγινε με αλληλούχιση μέσω της πλατφόρμας MiSeq-Illumina 2x300 bp των ενισχυμένων μέσω PCR γονιδίων δεικτών 16S, ITS2, 18S ώστε να μελετηθούν οι προκαρυώτες, μύκητες και τα πρώτιστα αντίστοιχα [4].

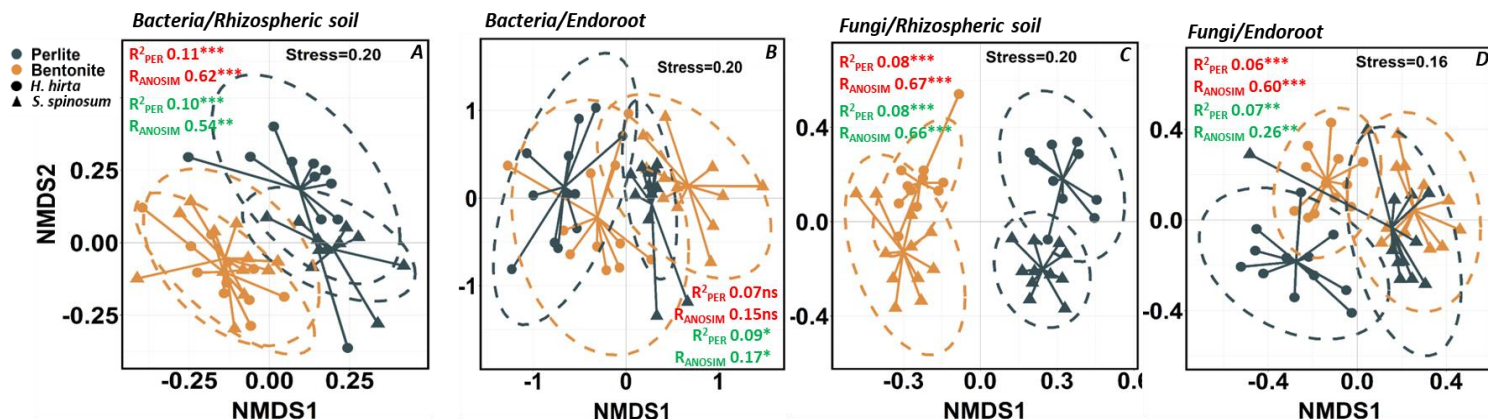
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Παρατηρήθηκε ότι οι ριζόσφαιρες των δύο φυτικών ειδών χαρακτηρίζονται από υψηλότερη διαθεσιμότητα σημαντικών θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με τα αντίστοιχα γυμνά αμμώδη και αργιλώδη εδαφικά δείγματα. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις αζώτου, φωσφόρου, ψευδάργυρου και τα επίπεδα της οργανικής ύλης των ριζοσφαιρικών δειγμάτων είναι στατιστικώς σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τα γυμνά εδάφη και τις δύο εποχές. Επιπλέον, το φθινόπωρο τα επίπεδα αζώτου και οργανικής ύλης είναι υψηλότερα σε σχέση με την άνοιξη. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι τα φρύγανα απορρίπτουν τα φύλλα τους και νεκρώνουν μέρος του ριζικού τους συστήματος κατά τους άνυδρους καλοκαιρινούς μήνες με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται φυτικά υπολείμματα στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας, τα οποία με τη δράση των ενζύμων θα ανοργανοποιηθούν και θα απορροφηθούν από τις αναπτυσσόμενες ρίζες κατά τις ευνοϊκές συνθήκες του χειμώνα και της άνοιξης [1]. Στα ριζοσφαιρικά εδάφη παρατηρήθηκε, επίσης, στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη δραστηριότητα σχεδόν όλων των εδαφικών ενζύμων σε σχέση με τα γυμνά εδάφη. Στο περλιτόχωμα, οι διαφορές αυτές ήταν περισσότερο έντονες το φθινόπωρο, ενώ στην περίπτωση του μπετονιτοχώματος οι διαφορές ήταν έντονες την άνοιξη. Στο γυμνό έδαφος, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των μοτίβων της ενζυμικής δραστηριότητας (Σχήμα 1Α). Η παραλλακτικότητα της δραστηριότητας

σύμφωνα με την ανάλυση dbRDA, επεξηγείται κυρίως από το ποσοστό της αργίλου και, δευτερευόντως, της εδαφικής υγρασίας. Στα ριζοσφαιρικά δείγματα της υπερένιας, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εδαφών και των εποχών. Απεναντίας, στη ριζόσφαιρα της αστοιβίδας, η τοποθεσία και η εποχή διαφοροποίησαν την δραστηριότητα των εδαφικών ενζύμων, η παραλλακτικότητα των οποίων επεξηγείται από το ποσοστό της αργίλου, του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήμα 1B). Ακόμα, τα ριζοσφαιρικά εδάφη χαρακτηρίζονται και από διαφορετική καταβολική ικανότητα σε σχέση με τα γυμνά εδάφη, όπως επιβεβαιώνεται από την ανάλυση PCA των αποτελεσμάτων του Microresp™. Στο περιλιτόχωμα τα αμινοξέα συμβάλλουν στην διαφοροποίηση του γυμνού εδάφους. Στην περίπτωση του μπετονιτοχώματος όλες οι πηγές άνθρακα συμβάλλουν στη διάκριση της καταβολικής ικανότητας των ριζοσφαιρών των δύο φρυγανικών ειδών σε σύγκριση με το γυμνό έδαφος. Η ανάλυση nMDS του πίνακα συντελεστών ανομοιότητας της απόστασης κατά Bray-Curtis έδειξε μερική επικάλυψη σε όλες τις κοινότητες (βακτηριακές, μυκητιακές και πρωτίστια) μεταξύ των γυμνών δειγμάτων του μπετονιτοχώματος και του περιλιτοχώματος, υποδηλώνοντας ότι δεν υπάρχει περιορισμός στη διασπορά.



Όστόσο, παρατηρήθηκε εμφανής διαχωρισμός όλων των μικροβιακών κοινοτήτων (Σχήμα 2:A & C) μεταξύ των ριζοσφαιρικών Σχήμα 6. Σχήματα σχέσης μεταξύ των εδαφικών παραμέτρων και των μοτίβων της δραστηριότητας των εδαφικών ενζύμων όπως αξιολογήθηκε με την ανάλυση dbRDA σε πίνακα συντελεστών ανομοιότητας (ευκλείδεια απόσταση). Α) Γυμνό έδαφος, Β) Ριζοσφαιρικά δείγματα αστοιβίδας

εδαφών των δύο τοποθεσιών, ενώ φαίνεται ότι το φυτικό είδος αποτελεί παράγοντα διαφοροποίησης των κοινοτήτων των μυκήτων (Σχήμα 2C) και των πρωτίστων. Η πίεση επιλογής του φυτού-ξενιστή οδήγησε σε έντονη επικάλυψη των ενδορριζικών μικροβιωμάτων στα δείγματα που προήλθαν από τα δύο εδάφη (Σχήμα 2B & D). Αυτό φαίνεται να είναι περισσότερο έντονο για την αστοιβίδα, που είναι είδος φυτοκοινωνίας «κλίμαξ», σε σχέση με την υπερένια, που είναι πρωτοπόρο είδος στα φρυγανικά οικοσυστήματα και είναι εκτεθειμένο σε ευκαιριακούς αποικισμούς και στοχαστικές διεργασίες επιλέγοντας λιγότερο εκλεκτικούς συμβιώτες.



Σχήμα 2. Διαγράμματα ανάλυσης nMDS (non metric multidimensional scaling) σε πίνακα συντελεστών ανομοιότητας (απόσταση κατά Bray - Curtis) των μικροβιακών κοινοτήτων των προκαρυωτών (A,B) και των μυκήτων (C,D) των ριζοσφαιρικών δειγμάτων (A,C) και των ριζών (B,D).

Συμπεράσματα: Συνολικά, τα φρύγανα καθώς επιβιώνουν σε δυσμενείς συνθήκες έχουν συνπροσαρμοστεί με τις ριζοσφαιρικές μικροβιακές κοινότητες, αναπτύσσοντας αμοιβαίες σχέσεις στις ρίζες και το ριζοσφαιρικό έδαφος. Οι σχέσεις αυτές φαίνεται ότι εξαρτώνται από το ενδιαίτημα στο οποίο πραγματοποιείται η αλληλεπίδραση (ριζόσφαιρα ή ρίζες) και από το φυτικό είδος. Η συνεισφορά των φρυγάνων στην γονιμότητα του εδάφους και στις εδαφικές λειτουργίες αποδεικνύει ότι χάρη στον ξηρανθεκτικό τους χαρακτήρα και την αντοχή που παρουσιάζουν στις κάθε είδους πιέσεις και στην ξηρασία, αποτελούν μία αποτελεσματική άμυνα για την προστασία των υποβαθμισμένων εδαφών, ενώ για την αποκατάσταση τους ενθαρρύνεται, ταυτόχρονα, και η επαναεισαγωγή του συσχετιζόμενου, ανά φυτικό είδος, μικροβιώματος.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. J. Diamantopoulos (1994), DOI: 10.2307/3235859
2. C. R. Jackson *et. al* (2013), DOI: 10.3791/50399
3. C. Campbell *et. al* (2003), DOI: 10.1128/AEM.69.6.3593-599.2003
4. J.G.Caporaso *et al.* (2012), DOI: 10.1038/ismej.2012.8

Επίδραση της εδαφικής αλατότητας στη συγκέντρωση ακεμαννάνης και στη σύνθεση των μικροβιακών κοινοτήτων εδάφους και ρίζας σε φυτά *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller)

Νικολάου Χ.¹, Χατζηαρτεμίου Α.², Οικαλιώτης Κ.¹, Γασπαράτος Δ.¹, Τσικνιά Μ.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικώς Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας. Email: christinanikolaou@aua.gr

²Voion Aloe Vera S.A., Neapolis, Laconia Greece

Περίληψη: Η ακεμαννάνη αποτελεί έναν δευτερογενή μεταβολίτη του παχύφυτου *Aloe vera*. Η συσσώρευση ακεμαννάνης στην γέλη των φύλλων συμβάλλει στην εξομάλυνση της υδατικής καταπόνησης μέσω αποθήκευσης νερού. Η εδαφική αλατότητα, εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στη γονιμότητα του εδάφους και στη θρέψη των φυτών, επηρεάζει τις εδαφικές και ενδοφυτικές μικροβιακές κοινότητες. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η επίδραση της αυξημένης εδαφικής αλατότητας στη συγκέντρωση της ακεμαννάνης, τη θρέψη των φυτών και τις μικροβιακές κοινότητες ριζοσφαιρικού και μη εδάφους και της ρίζας, σε βιολογική καλλιέργεια φυτών *Aloe vera*, 3 ετών. Η βασική υπόθεση είναι ότι το επίπεδο αλατότητας θα επηρεάσει την συγκέντρωση της ακεμαννάνης και στόχος είναι η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μικροβιακών κοινοτήτων, της ακεμαννάνης και της θρέψης του φυτού σε αλατούχα εδάφη. Στα εδαφικά δείγματα εξετάστηκαν οι εδαφικές ιδιότητες και η εξωκυτταρική ενζυμική δραστηριότητα (EEAs). Το προφίλ των μικροβιακών κοινοτήτων προσδιορίστηκε με αλληλούχιση νέας γενιάς (Illumina MiSeq) στοχεύοντας το 16S rRNA γονίδιο (προκαρυωτική κοινότητα) και την περιοχή ITS2 (μύκητες). Η συγκέντρωση ακεμαννάνης αυξήθηκε και η θρέψη διαφοροποιήθηκε υπο αυξημένη αλατότητα. Τα δεδομένα υποδεικνύουν έναν διαφοροποιημένο ρόλο για τις προκαρυωτικές και ευκαρυωτικές κοινότητες στη θρέψη των φυτών υπό υψηλή αλατότητα, μέσω έμμεσης επιρροής στο δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών.

Λέξεις κλειδιά: *Aloe vera*, καταπόνηση αλατότητας, ακεμαννάνη, ενδοφυτικό μικροβίωμα, εδαφική ενζυμική δραστηριότητα

Εισαγωγή-Σκοπός: Η *Aloe vera* (*Aloe Barbadensis* Miller) αποτελεί ένα πολυετές παχύφυτο με πολλές φαρμακευτικές χρήσεις λόγω των ποικίλων βιοδραστικών μορίων που περιέχονται στα φύλλα του. Η ακεμαννάνη, ένας από τους σημαντικότερους πολυσακχαρίτες που εντοπίζεται στη γέλη των φύλλων φυτών *Aloe vera*, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό απόκρισης έναντι υδατικών καταπονήσεων συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότερη αποθήκευση νερού [1]. Η αλατότητα του εδάφους προκαλεί συμπτώματα υδατικής καταπόνησης καταστέλλοντας την ομαλή διαδικασία εισροής νερού και θρεπτικών στοιχείων στο εσωτερικό της ρίζας. Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών, η αλατότητα τους εδάφους επηρεάζει τη δομή των μικροβιακών κοινοτήτων του εδάφους και της ρίζας καθώς και τη μικροβιακή δραστηριότητα επηρεάζοντας τους βιοχημικούς κύκλους των θρεπτικών στοιχείων [2]. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης του υψηλού επιπέδου αλατότητας στη συγκέντρωση της ακεμαννάνης, των θρεπτικών στοιχείων των φύλλων και στη διαμόρφωση των μικροβιακών κοινοτήτων του εδάφους και της ρίζας σε καλλιέργεια φυτών *Aloe vera*.

Υλικά και μέθοδοι: Επιλέχθηκε ένας αγρός βιολογικής καλλιέργειας *Aloe vera* στο Νομό Λακωνίας με περιοχές σημαντικής χωρικής διαφοροποίησης στην αγωγιμότητα του εδάφους. Σε κάθε μια από τις δύο περιοχές, έγινε τυχαία επιλογή φυτών (6 φυτά - βιολογικές επαναλήψεις), προσδιορίστηκαν τα βιομετρικά χαρακτηριστικά και έγινε λήψη ριζοσφαιρικού εδάφους και ριζών καθώς και γυμνού εδάφους ανάμεσα στα φυτά. Σε κάθε εδαφικό δείγμα έγινε πλήρης εδαφοανάλυση και προσδιορισμός της εδαφικής εξωκυτταρικής ενζυμικής δραστηριότητας. Πραγματοποιήθηκε εξαγωγή ολικού DNA από τα εδάφη και τις ρίζες και προσδιορίστηκε το προφίλ των μικροβιακών κοινοτήτων μέσω αλληλούχισης νέας γενιάς (MiSeq Illumina 2x300bp), στοχεύοντας στο 16S rRNA γονίδιο (προκαρυώτες) και την περιοχή ITS2 (μύκητες). Η μέτρηση της ακεμαννάνης πραγματοποιήθηκε σε λυοφιλιωμένα δείγματα γέλης φύλλων *Aloe vera*, με φασματοφωτομετρική μέθοδο (Congo Red). Στη λυοφιλιωμένη γέλη και τους φλοιούς μετρήθηκε η συγκέντρωση σε θρεπτικά στοιχεία.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό R. Για την εξέταση των διαφορών εφαρμόστηκε t-test. Για την εύρεση συσχετίσεων μεταξύ ακεμαννάνης και θρεπτικών στοιχείων στους φλοιούς και στο gel εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης κατά Pearson. Η επίδραση της αλατότητας στην σύνθεση και δομή των μικροβιακών κοινοτήτων εξετάστηκε στο επίπεδο α- και β-ποικιλότητας ενώ μελετήθηκαν και τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κοινοτήτων, της ακεμαννάνης και της θρέψης του φυτού.

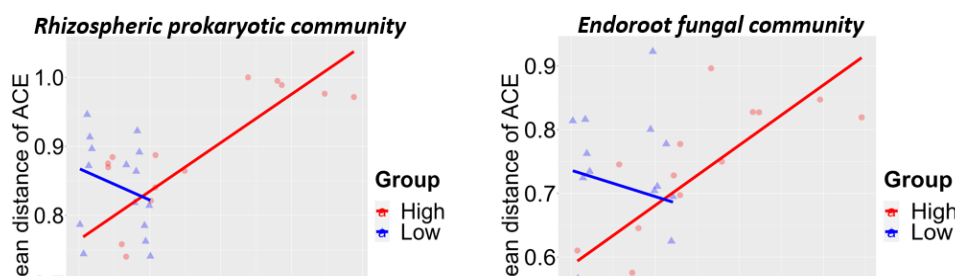
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η συγκέντρωση της ακεμαννάνης ήταν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη στα φυτά τα οποία ήταν εγκατεστημένα στο υψηλό επίπεδο αλατότητας (Πίνακας 1). Η συσσώρευση ακεμαννάνης στη γέλη σε περιπτώσεις καταπόνησης λόγω αλατότητας συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη συγκράτηση υγρασίας αποτελώντας έναν μηχανισμό άμυνας, ο οποίος έχει αναφερθεί και από άλλες εργασίες [1]. Επιπροσθέτως, η διακύμανση των τιμών της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης εμφάνισε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση με αυτή των τιμών της ηλ. αγωγιμότητας (ECe), λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις τιμές ECe (υψηλού και χαμηλού επιπέδου). Παρόμοια, σημαντική θετική συσχέτιση των τιμών της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης προέκυψε και με τις τιμές συγκέντρωσης φωσφόρου (P) της γέλης όλων των φυτών που εξετάστηκαν. Οι τιμές του P ήταν στατιστικώς σημαντικά αυξημένες στους φλοιούς και στη γέλη των φυτών που είχαν αναπτυχθεί στην υψηλή αλατότητα, ως αποτέλεσμα των υψηλότερων επιπέδων P που μετρήθηκαν στα εδαφικά δείγματα (γυμνού εδάφους και ριζοσφαιρικά), καθώς και την υψηλότερη δραστηριότητα του ενζύμου της αλκαλικής φωσφατάσης στη ριζόσφαιρα. Οι τιμές της ακεμαννάνης εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική συσχέτιση και με τις τιμές νατρίου (Na) και σιδήρου (Fe) της γέλης των φύλλων, με σημαντικότερη αυτή του Na, αλλά αποκλειστικά στα φυτά τα οποία αναπτύσσονταν υπό αυξημένη αλατότητα. Οι μέσοι όροι της

συγκέντρωσης Na και Fe στη γέλη προέκυψαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότεροι στα φυτά του υψηλού επιπέδου αλατότητας, εξαιτίας των σημαντικά υψηλότερων τιμών αυτών των στοιχείων στο ριζόσφαιρικό έδαφος. Ωστόσο, η συγκέντρωση του Na στους φλοιούς δεν εμφάνισε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Σύμφωνα με τα δεδομένα της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι, η γέλη των φύλλων μπορεί να αποτελεί ένα “σημείο εναπόθεσης” της περίσσειας Na. Όσον αφορά στο Fe, εμφάνισε στατιστικώς σημαντικά αυξημένη διαθεσιμότητα στο υψηλό επίπεδο αλατότητας στα ριζοσφαιρικά και μη δείγματα, η οποία δικαιολογείται από τις σημαντικά χαμηλότερες τιμές pH του εδάφους στο υψηλό επίπεδο αλατότητας σε σύγκριση με το χαμηλό επίπεδο. Παρά τις διαφορές στη συγκέντρωση ακεμαννάνης και θρεπτικών μεταξύ των φυτών του υψηλού και χαμηλού επιπέδου αλατότητας δεν ανιχνεύτηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών.

Πίνακας 1. Ο μέσος όρος των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάστας κορεσμού και του pH των γυμνών εδαφών (bulk) και των ριζοσφαιρικών δειγμάτων και της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης μεταξύ των δύο επιπέδων αλατότητας. Οι διαφορές έχουν υπολογιστεί με τη χρήση t. test (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$)

ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ	ECe BULK (dS/m)	ECe ΡΙΖΟΣΦΑΙΡΑΣ (dS/m)	pH BULK	pH ΡΙΖΟΣΦΑΙΡΑΣ	ESP	ΑΚΕΜΑΝΝΑΝΗ (% Ξ.Β.)
ΥΨΗΛΟ	9.0 ± 1.23*	10.7 ± 0.85 *	6.6 ± 0.09	6.7 ± 0.07	25.9 ± 1.5	30.9 ± 1.98**
ΧΑΜΗΛΟ	4.8 ± 0.43	3.3 ± 0.73	7.2 ± 0.08*	7.1 ± 0.05*	29.8 ± 4.0	27.0 ± 1.85

Η δοκιμασία PERMANOVA έδειξε πως με βάση τον δείκτη Bray-Curtis το επίπεδο αλατότητας είχε σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της προκαρυωτικής κοινότητας στα εξεταζόμενα ενδιδιτήματα, εξηγώντας το 13% ($p_{\text{Bray-Curtis}} < 0.05$) της ανομοιότητας για το γυμνό έδαφος, το 15% ($p_{\text{Bray-Curtis}} < 0.01$) για το ριζοσφαιρικό έδαφος και το 15% της ($p_{\text{Bray-Curtis}} < 0.01$) της ανομοιότητας της ενδοριζικής κοινότητας. Παρόμοια ήταν η επίδραση για την κοινότητα των μυκήτων, στην οποία το επίπεδο αλατότητας είχε σημαντική επίδραση στο γυμνό έδαφος εξηγώντας το 22% ($p_{\text{Bray-Curtis}} < 0.01$) και στη ριζόσφαιρα το 18% ($p_{\text{Bray-Curtis}} < 0.05$) της ανομοιότητας.



Επιπλέον,

Σχήμα 1: Συσχέτιση της ευκλειδειακής απόστασης των τιμών της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης (ACE) και της απόστασης κατά Bray and Curtis μεταξύ των δειγμάτων, στο επίπεδο υψηλής και χαμηλής αλατότητας για τη ριζοσφαιρική κοινότητα προκαρυωτών και την ενδοριζική των μυκήτων. Οι τιμές της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης συνδιακυμαίνονται με τις δομές της προκαρυωτικής κοινότητας στη ριζόσφαιρα και της κοινότητας των μυκήτων εσωτερικά της ρίζας, μόνο στην περίπτωση των φυτών που αναπτύσσονται στο σημείο της υψηλής αλατότητας.

δομή της προκαρυωτικής κοινότητας στη ριζόσφαιρα και της κοινότητας των μυκήτων εσωτερικά της ρίζας συνδιακυμαίνονται με τις τιμές συγκέντρωσης της ακεμαννάνης μόνο στην περίπτωση των φυτών που έχουν αναπτυχθεί στο υψηλό επίπεδο αλατότητας (Σχήμα 1). Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται να αντικατοπτρίζει μία έμμεση επίδραση των μικροβιακών κοινοτήτων στη συσσώρευση ακεμαννάνης στη γέλη μέσω της θρέψης του φυτού, η οποία είναι περισσότερο εμφανής λόγω υψηλής αλατότητας του εδάφους. Ωστόσο, η επίδραση αυτή διαφέρει μεταξύ των δυο υπο μελέτη κοινοτήτων, με την προκαρυωτική κοινότητα να έχει σημαντικότερο ρόλο στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στην περιοχή της ριζόσφαιρας, ενώ η κοινότητα των μυκήτων στην απορρόφηση αυτών μέσω της ρίζας.

Συμπεράσματα: Τα φυτά *Aloe vera* τα οποία αναπτύχθηκαν στο υψηλό επίπεδο αλατότητας εμφάνισαν διαφορετικά χαρακτηριστικά όσον αφορά στη θρέψη και στον δευτερογενή μεταβολισμό από αυτά που καλλιεργήθηκαν στο χαμηλό επίπεδο. Επιπλέον, υπό αυξημένη αλατότητα, παρατηρήθηκε σύνδεση της συγκέντρωσης της ακεμαννάνης με την δομή των προκαρυωτικών κοινοτήτων στη ριζόσφαιρα και της κοινότητας των μυκήτων εντός της ρίζας. Τα δεδομένα αυτά αναδεικνύουν τον διαφορετικό ρόλο που διαδραματίζουν οι δύο αυτές κοινότητες στη θρέψη των φυτών, ανάλογα με τις εδαφικές ιδιότητες επηρεάζοντας έμμεσα τον δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Salinas et al (2019), DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.12.009.
- Rath et al (2019), DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.107607.

Η ουτοπία της χρήσης ενός είδους μύκητα σε πειράματα με μυκόρριζες.

Παπαβασιλείου Γ.², Σιναπίδου Ε.², Ορφανουδάκης Μ.¹

²Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης., Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, 68200, Ορεσιτιάδα,

¹Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης., Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, 68200, Ορεσιτιάδα. Email: morfam@fmenr.duth.gr

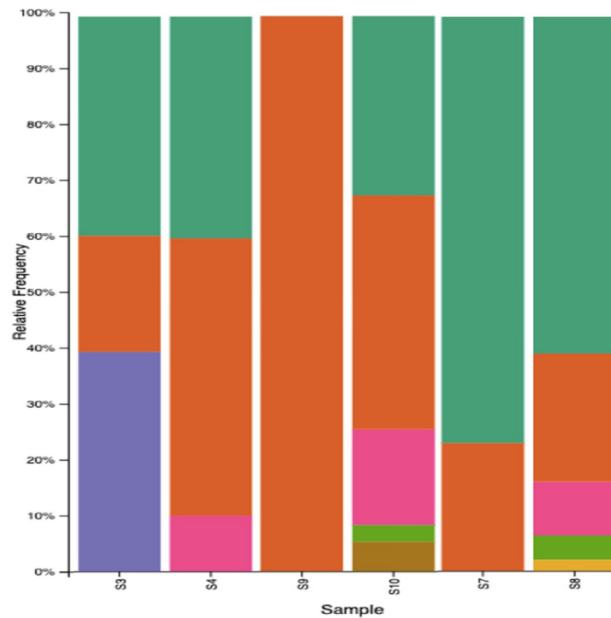
Περίληψη: Η παρούσα ερευνητική εργασία αφορά την μελέτη της μυκορριζικής συμβίωσης. Κατά τη διάρκεια του πειράματος έγινε εμβολιασμός των φυτών καθαρής σειράς καλαμποκιού με μυκορριζικούς μύκητες. Εφαρμόστηκαν τεχνικές και μέθοδοι για τον εμβολιασμό των φυτών με θυσανοειδείς μυκορριζικούς μύκητες καθώς για την απομόνωση των σπορίων τους. Μελετήθηκε η εξέλιξη των χαρακτηριστικών των μυκήτων σε δυο κύκλους ανάπτυξης. Πραγματοποιήθηκε αναγνώριση της αλληλουχίας του γενετικού υλικού των δειγμάτων καθώς και των μεταλλάξεων με την μέθοδο της αλληλούχησης νέας γενιάς (NGS). Τέλος παρατηρήθηκε η διαφοροποίηση μεταξύ των σπορίων καθώς και η παραλλακτικότητα τους σε κάθε σειρά.

Λέξεις κλειδιά: Μυκόρριζα, εμβολιασμός, καλαμπόκι.

Εισαγωγή-Σκοπός: Η σύγχρονες γεωργικές εφαρμογές περιλαμβάνουν την εφαρμογή μικροοργανισμών του εδάφους σε διάφορα συστήματα καλλιέργειας, σπυροκηπευτικά, δενδρώδη και μεγάλες καλλιέργειες. Για το σκοπό αυτό σημαντικός αριθμός ερευνητικών εργασιών μελετούν την εφαρμογή εδαφομυκήτων του υποφύλου *Glomeromycotina*, που σχηματίζουν μυκορριζική συμβίωση. Στις εργασίες αυτές πολύ συχνά μελετάτε η αλληλεπίδραση του συμβιωτικού μύκητα σε διάφορες συνθήκες ανάπτυξης ή κάτω από καταπονήσεις βιοτικές ή αβιοτικές. Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ενώ ακόμη και αν έχουν ξεκάθαρα αποτελέσματα αρχικά, όταν αυξάνει ο χρόνος του πειραματισμού ή όταν υπάρχουν επαναλαμβανόμενοι κύκλοι ανάπτυξης τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντική παραλλακτικότητα. Η παρούσα εργασία διερευνά εάν είναι πραγματικά δυνατή η μελέτη αυτών των βιολογικών πειραμάτων με την χρήση αποκλειστικά ενός είδους μύκητα, ακόμη κι αν αυτό προέρχεται από υπερκάθαρη καλλιέργεια μυκήτων διεθνούς τράπεζας.

Υλικά και Μέθοδοι: Δεκατέσσερις σπόροι από καθαρή σειρά καλαμποκιού, American Genetics (AGN 520), ριζοβόλισαν σε αποστειρωμένη άμμο. Στο στάδιο έκπτυξης του πρώτου φύλλου μεταφέρθηκαν σε σωληνάρια τύπου "Falcon" των 50ml, και ακολούθησε εμβολιασμός με ένα μόνο σπόριο μύκητα *Rhizophagus intraradices* σε κάθε φυτό. Τα σπόρια αυτά είχαν απομονωθεί από το πρωτογενές υλικό που στάλθηκε από την τράπεζα INVAM. Παράλληλα η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε με καθαρούς μύκητες που απομονώθηκαν από έδαφος στη περιοχή της Φλώρινας. Σε 40 ημέρες, παρατηρήθηκαν τα πρώτα σπόρια *Glomeromycotina*, στη ριζόσφαιρα των νεαρών φυτών. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για δυο κύκλους ανάπτυξης. Σπόρια *Glomeromycota* που απομονώθηκαν από τα Falcon διατηρήθηκαν σε δοχείο με υπερκάθαρο νερό στους 4°C. Τα σπόρια φωτογραφήθηκαν και μετρήθηκαν φαινοτυπικά χαρακτηριστικά, με ψηφιακή κάμερα σε μικροσκόπιο, με χρήση του προγράμματος GRYPHAX. Στο γενετικό υλικό των απομονωμένων σπορίων, στο τέλος του δεύτερου κύκλου, έγινε ανάγνωση αλληλουχίας μέσω της τεχνικής του NGS ενώ έγινε ποιοτικός έλεγχος των αλληλουχιών μέσω FastQC, ενώ η ταξινόμηση έγινε με το λογισμικό Qiime2. Η αναζήτηση και αναγνώριση των αλληλουχιών *Glomeromycotina* έγινε με την χρήση δύο εκκινητών AMV4.5N-F και AMDG-R. Οι αλληλουχίες κόπηκαν, μέσω του συστήματος Sequence Length Distribution του FastQC. Το τελικό μήκος των αλληλουχιών πλέον ήταν 210 bp [1].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η ανάλυση των αποτελεσμάτων μετά από δυο κύκλους ανάπτυξης των φυτών από καθαρές σειρές καλαμποκιού έδειξε ότι ανεξάρτητα από το προορισμό του μοναδικού σπορίου μύκητα *Glomeromycotina* που χρησιμοποιήθηκε, εμφανίστηκε παραλλακτικότητα στον αριθμό των ειδών μυκήτων που εντοπίζονται με μοριακή τεχνική NGS. Τα είδη που αναφέρονται στην ανάλυση για τα φυτά που εμβολιάστηκαν με υλικό από την τράπεζα της INVAM είναι αυτά που αναφέρονται από την ίδια την τράπεζα. Τα σπόρια από την περιοχή της Φλώρινας έδειξαν επίσης σημαντική διαφοροποίηση. Φυσικά τα είδη αυτά δεν ξεπερνούν από το πουθενά αλλά ακολουθούν την φυσιολογία αυτών των εδαφομυκήτων. Σε ένα σπόριο *Glomeromycotina* μπορεί να υπάρχει αρκετός αριθμός πυρήνων που προέρχονται από συγγενικά είδη τα οποία μετά από σύμφυση μυκηλιακών υφών βρέθηκαν σε μείξη [2]. Τα πολυπύρηννα σπόρια των *Glomeromycotina* είναι σημαντικό εφόδιο στην προσαρμοστικότητα των μυκήτων αυτών. Η ιδιότητά τους όμως αυτή αυξάνει σημαντικά την δυσκολία πειραματισμού με παραδοσιακό σχεδιασμό. Είναι σχεδόν αδύνατον να εξασφαλίσουμε μονοπυρηνικά σπόρια, αφού μοιάζει αδύνατος ο αποκλεισμός συμφύσεων μυκηλιακών υφών σε κάποια στιγμή της ιστορίας, εξέλιξης του κάθε μοναδικού σπορίου που χρησιμοποιούμε [3].



Σχήμα 1 :Κατανομή των Glomeromycotina σε κάθε δείγμα. ■ *Glomeromycotina sp.*, ■ *Rhizophagus*, ■ *Paraglomus occultum*, ■ *Funneliformis mosseae*, ■ *Septoglomus sp.*, ■ *Clarideoglomus etunicatum*. ■ *Rhizophagus uncultured*. Οι στήλες S7,S8 αφορούν δείγματα σποριών από την περιοχή της Φλώρινας, ενώ τα υπόλοιπα αφορούν ανάλυση σποριών από το αρχικό υλικό της INVAM.

Συμπεράσματα: Η ύπαρξη πολυπύρηνων σποριών Glomeromycota θα πρέπει να λαμβάνετε ως δεδομένο.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Xiang, D., Chen, B. and Li, H. (2015) DOI: 10.1080/09064710.2015.1117649.
2. Jany JL et al (2010) doi: 10.1086/650725. PMID: 20170364.
3. Naranjo-Ortiz MA et al (2020) DOI: 10.1111/brv.12605.

Η επίδραση της αλατότητας στη νιτροποίηση: ο ρόλος του εδαφικού pH και των καλλιεργατικών πρακτικών

Παπαϊωάννου Γ.¹, Βασαρμίδη Ε.¹, Τσικνιά Μ.², Τζανακάκης Β.¹, Οικαλιώτης Κ.²

¹Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Εσταυρωμένος 1, Ηράκλειο, Ελλάδα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσ. Πόρων & Γεωργ. Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας

Περίληψη: Η αλατότητα επιδρά στους μικροοργανισμούς επηρεάζοντας σημαντικά τις εδαφικές διεργασίες. Η νιτροποίηση είναι κρίσιμη διεργασία στον βιογεωχημικό κύκλο του αζώτου επιδρώντας στην φυτική παραγωγή, την περιβαλλοντική ποιότητα (νιτρορύπανση) και στο κλίμα (π.χ. έκλυση N₂O). Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η διαδικασία νιτροποίησης σε έξι εδάφη, τρία με pH<7 και τρία με pH>7, από αγρούς με διαφορετικό ιστορικό, παρουσία η μη αμμωνιακού αζώτου (NH₄⁺-N 70 mg/kg), σε ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο, υπό συνθήκες τριών επιπέδων αλατότητας (0, 3 και 8 dS/m) και διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας. Διαπιστώθηκε μερική ή ολική παρεμπόδιση της νιτροποίησης σε όλα τα εδάφη, από το επίπεδο των 3 dS/m, ανάλογα με το ιστορικό και το pH του εδάφους. Εδάφη με εντατική καλλιέργεια και υψηλό pH έδειξαν σταδιακή επαναφορά της νιτροποιητικής δραστηριότητας, σε αντίθεση με τα εδάφη χαμηλού pH και συγκριτικά ήπια καλλιέργεια όπου παρατηρήθηκε καθολική καταστολή της νιτροποίησης. Συνολικά, καταδεικνύεται η αρνητική επίδραση της αλατότητας στη νιτροποίηση, σε μέγεθος που εξαρτάται από το επίπεδο αλατότητας, το ιστορικό χρήσης και το pH του εδάφους, και υποδεικνύεται ο υποκείμενος ρόλος των μικροβιακών κοινοτήτων των νιτροποιητών στην ανταπόκριση των εδαφών σε συνθήκες μέτριας και υψηλής αλατότητας.

Λέξεις-Κλειδιά: Αλατότητα, νιτροποίηση, νιτρικά ιόντα, αμμωνιακά ιόντα, εδαφικό pH.

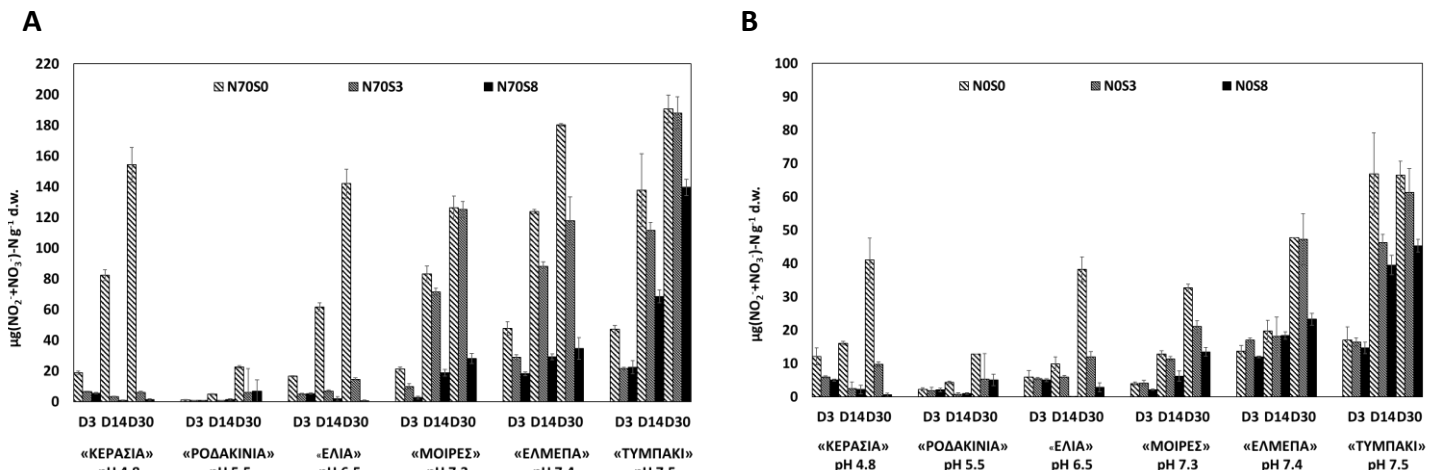
Εισαγωγή-Σκοπός: Η αλατότητα αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα της σύγχρονης γεωργίας επηρεάζοντας σημαντικά την γεωργική παραγωγή και την βιωσιμότητά της. Η διεργασία της νιτροποίησης στο έδαφος αφορά στην μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρικά ιόντα και είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας εξειδικευμένων βακτηρίων και αρχαίων (νιτροποιητών), που καλύπτουν τα δύο στάδια της διεργασίας (οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη και μετατροπή των νιτρώδων σε νιτρικά). Η συσσώρευση αλάτων στο έδαφος επιδρά αρνητικά στην νιτροποίηση, ωστόσο παραμένει άγνωστο κατά πόσο το ιστορικό χρήσης και οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζουν αυτή την επίδραση. Ιδιαίτερη σημασία έχει η επίδραση του pH στην ανταπόκριση των εδαφών σε υψηλά επίπεδα αλατότητας, καθώς θεωρείται κυρίαρχος ρυθμιστής των μικροβιακών κοινοτήτων στο έδαφος, ιδιαίτερα των ομάδων των νιτροποιητών. Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του επιπέδου αλατότητας στην νιτροποιητική δραστηριότητα διαφορετικών εδαφών με διαφορετικό ιστορικό χρήσης και εδαφικό pH.

Υλικά και Μέθοδοι: Εφαρμόστηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα αλατότητας σε έξι εδάφη. Τα εδάφη είχαν διαφορετικό ιστορικό (συμβατική καλλιέργεια ελιάς, «Ελιά», εντατική καλλιέργεια κερασιάς, «Κερασιά», βιολογική καλλιέργεια ελιάς, «ΕΛΜΕΠΑ», πρόσφατη φύτευση ροδακινιάς σε ακαλλιέργητο έδαφος, «Ροδακινιά», και δύο εδάφη από θερμοκήπια, «Μοίρες» και «Τυμπακι», αντίστοιχα). Δείγματα εδαφών μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, κοσκινίστηκαν και παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για δύο ημέρες. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια και μεταφέρθηκαν σε γυάλινους σωλήνες των 20 ml, στους οποίους εφαρμόστηκαν τρία επίπεδα αλατότητας (0, 3 και 8 dS/m) με την προσθήκη διαλύματος NaCl και δύο επίπεδα αμμωνιακού αζώτου (0 και 70 mg N/kg εδάφους). Κάθε χειρισμός περιελάμβανε τέσσερις επαναλήψεις. Το πείραμα εκτελέστηκε σε ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού (σκοτάδι), θερμοκρασίας (25 °C) και υγρασίας (~70% της υδατοικανότητας των εδαφών) και διήρκεσε 30 ημέρες. Δείγματα λήφθηκαν την 3^η, 14^η, και 30^η ημέρα για τον προσδιορισμό των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων καθώς και την παρακολούθηση του εδαφικού pH και της αγωγιμότητας. Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) και επιμέρους συγκρίσεις (post hoc comparisons - Tukey's HSD test, SD) μεταξύ των χειρισμών. Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού SPSS.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η μελέτη κατέδειξε μερική ή πλήρη παρεμπόδιση της νιτροποίησης, αναλόγως του εδαφικού pH. Συγκεκριμένα, στα εδάφη με pH<7 (4,81 - 6,52) η νιτροποίηση παρεμποδίστηκε σχεδόν καθολικά, από το πρώτο επίπεδο αλατότητας (3 mS/cm). Αντίθετα, στα εδάφη με υψηλότερο pH (7,30-7,92) παρατηρήθηκε παροδική παρεμπόδιση της νιτροποίησης στο επίπεδο αλατότητας 3 mS/cm, που επαναανακάμπτει στα εδάφη εντατικής καλλιέργειας «Μοίρες» και «Τυμπακι» μετά τις 14 μέρες. Στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας 8 mS/cm παρατηρήθηκε παρεμπόδιση σε όλη τη διάρκεια του πειράματος για τα εδάφη υψηλού pH, «ΕΛΜΕΠΑ», «Μοίρες», και «Τυμπακι», ωστόσο με την πάροδο του χρόνου παρουσίασαν ανάκαμψη. Η επίδραση του επιπέδου της αλατότητας ήταν εμφανής ακόμη και σε συνθήκες όπου τα αμμωνιακά ιόντα προέρχονταν από την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης του εδάφους (Σχήμα 2 - χωρίς προσθήκη αμμωνιακού αζώτου). Επίσης, σημειώνεται ότι η συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων ακολούθησε αντίστροφη σχέση με αυτή των νιτρικών επιβεβαιώνοντας το σχετικό ισοζύγιο (τα δεδομένα δεν παρουσιάζονται). Τέλος, παρακολούθηθηκαν το pH και η αλατότητα στη διάρκεια του πειραματισμού δείχνοντας ελαφριά διακύμανση στο pH και ελαφρώς αυξητική τάση για την αλατότητα.

Πίνακας 1. Τα χαρακτηριστικά των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματισμό.

	«Ελιά»	«Κερασιά»	«ΕΛΜΕΠΑ»	«Ροδακινιά»	«Μοίρες»	«Τυμπάκι»
pH	6,51	4,81	7,42	5,55	7,30	7,50
EC (mS/cm)	0,63	1,66	0,13	0,44	3,25	3,52
Οργανική ουσία (%)	4,78	4,86	4,40	5,70	1,50	3,25
Κοκκομετρική Σύσταση	SCL	SCL	CL	SCL	SCL	S
CaCO ₃ (%)	0,21	0,09	17,21	0,89	1,7	5,6



Σχήμα 1. Η συσσώρευση του νιτρικού αζώτου στα έξι διαφορετικά εδάφη στα οποία εφαρμόστηκαν τρία επίπεδα αλατότητας, **A)** με προσθήκη αζώτου; **N70**: προσθήκη 70 mg N/kg εδάφους και **B)** χωρίς προσθήκη αζώτου; **N0**. S0: αλατότητα 0 mS/cm; S3: αλατότητα 3 mS/cm; S8: αλατότητα 8 mS/cm; D3: 3^η ημέρα, D14: 14^η ημέρα; D30: 30^η ημέρα.

Είναι γνωστό ότι η αυξημένη αλατότητα στο έδαφος μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην αφθονία, την δομή και στη δραστηριότητα των μικροβιακών κοινοτήτων του εδάφους που εμπλέκονται στις διεργασίες της αποικοδόμησης/ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης [1,2] και στην νιτροποίηση [3]. Η αυξημένη αλατότητα επηρεάζει το ωσμωτικό δυναμικό στις κυτταρικές μεμβράνες, προκαλώντας μείωση ή καταστολή των μικροβιακών πληθυσμών άρα και μείωση της μικροβιακής δραστηριότητας [4] ή προκαλεί συσσώρευση αλάτων στα κύτταρα των μικροοργανισμών σε τοξικά για αυτούς επίπεδα [5]. Σχετικά με τον ρόλο του εδαφικού pH, εδάφη με υψηλότερα pH δύναται να επηρεάζονται λιγότερο από την αλατότητα του εδάφους, λόγω πιθανόν της διαφορετικής διαμόρφωσης των κοινοτήτων και των πληθυσμών των νιτροποιητών. Είναι γνωστό πως οι βακτηριακοί οξειδωτές της αμμωνίας ευνοούνται σε συνθήκες ουδέτερου ή αλκαλικού pH, αντίθετα με τα αρχαία τα οποία μπορεί να κυριαρχούν σε χαμηλά pH λόγω της μεγαλύτερης συγγένειάς τους με το υπόστρωμα της αμμωνίας [6]. Τέλος, είναι αξιωματικό ότι τα εδάφη υψηλού pH που προερχόταν από τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες («Μοίρες» και «Τυμπάκι»), επέδειξαν χαρακτηριστική ανθεκτικότητα στην αλατότητα του εδάφους, κυρίως για το επίπεδο των 3 mS/cm, επιτρέποντας την σταδιακή ανάκαμψη της νιτροποίησης ακόμη και σε υψηλότερους ρυθμούς σε σχέση με τον μάρτυρα. Το αποτέλεσμα αυτό, όπως και τα προηγούμενα, χρήζει περαιτέρω διερεύνησης καθώς υποστηρίζει την υπόθεση της αποτελεσματικότερης προσαρμογής των νιτροποιητών στην αλατότητα, όταν αυτοί αναπτύσσονται υπό χρόνια σε αντίστοιχη καταπόνηση (π.χ. σε θερμοκήπια τα οποία δέχονται ισχυρές λιπάνσεις που δημιουργούν συχνά υψηλά επίπεδα αλατότητας στο έδαφος). Μελλοντικές εργασίες θα εστιάσουν στη μελέτη των πληθυσμών και των κοινοτήτων των νιτροποιητών σε συνθήκες αλατότητας δίδοντας έμφαση στην ανάδειξη ειδών και στελεχών με συγκεκριμένη εξειδίκευση και ικανότητα.

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά, η αλατότητα έχει αρνητική επίδραση στη διεργασία της νιτροποίησης και το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από το επίπεδο της αλατότητας, από το pH και το ιστορικό του εδάφους. Εδάφη με αλκαλικό ή ελαφρώς αλκαλικό pH και ιστορικό υψηλής αλατότητας (όπως εκείνα των θερμοκηπίων) έδειξαν επαναφορά της νιτροποιητικής δραστηριότητας τουλάχιστον στο επίπεδο των 3 mS/cm. Υποδηλώνεται ο υποκείμενος ρόλος των κοινοτήτων και των πληθυσμών των νιτροποιητών στην ανταπόκριση των εδαφών σε συνθήκες μέτριας ή υψηλής αλατότητας.

Acknowledgements. Αυτή η δημοσίευση έχει χρηματοδοτηθεί από το έργο: "Ενίσχυση και βελτιστοποίηση λειτουργίας των υπηρεσιών της ΜΟΔΥ και των ακαδημαϊκών και ερευνητικών μονάδων του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου", το οποίο χρηματοδοτείται από το ΠΔΕ του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

- Haj-Amor, Z. et al. (2022), doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156946>.
- Pathak, H. et al. (1998), doi: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00208-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00208-3).
- Yan, N. et al. (2015), doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>.
- Rath, K.M. et al. (2016), doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.04052-15>.
- Zhu, H. et al. (2022), doi: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00841-9>.
- Prosser, J.I. et al. (2012), doi: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2012.08.001>.

Μεταβολές στο μικροβίωμα της φυλλόσφαιρας πριν την ανάπτυξη της ζώνης απόπτωσης καθορίζουν τη σύνθεση της μικροβιακής κοινότητας που ευθύνεται για την αποσύνθεση των φύλλων.

Παρανυχιανάκης Ν. και Φραντζέσκου Μ.

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης 73100, Χανιά

Περίληψη: Η ανάπτυξη της ζώνης απόπτωσης των φύλλων αποτελεί ένα σημαντικό αναπτυξιακό στάδιο των φυτών. Η ανάπτυξη αυτής της ζώνης συνδέεται άμεσα με το βιογεωχημικό κύκλο του C, διευκολύνοντας την πτώση των φύλλων και την έναρξη της αποσύνθεσης και δημιουργίας ΟΥ στο έδαφος. Στην παρούσα εργασία διερευνούμε την υπόθεση ότι η ανάπτυξη της ζώνης απόπτωσης συνδέεται με ισχυρή μεταβολή της σύνθεσης των μικροβιακών κοινοτήτων ως αποτέλεσμα μεταβολών στην σηματοδότηση που πιθανώς οδηγούν σε αναδιοργάνωση των μικροβιακών κοινοτήτων, ξεκινώντας έτσι την αποσύνθεση νωρίτερα από την πτώση των φύλλων στο έδαφος. Τα ευρήματά μας υποδεικνύουν ότι οι μικροβιακές κοινότητες των φύλλων (βακτήρια και μύκητες) παρουσιάζουν έντονες μεταβολές στη σύνθεση τους πριν από την ορατή εμφάνιση της ζώνης απόπτωσης που συνοδεύονται από αύξηση της σχετικής αφθονίας των γ-Πρωτεοβακτηρίων και μείωση των Οξοβακτηρίων και α-Πρωτεοβακτηρίων. Επιπλέον, η πτώση των φύλλων συνοδεύεται από αύξηση της συμβολής στοχαστικών διεργασιών οργάνωσης των μικροβιακών κοινοτήτων. Συγκεντρωτικά, τα ευρήματά μας υποστηρίζουν ότι η αποσύνθεση ξεκινά πριν από την πτώση των φύλλων και η φυλλόσφαιρα είναι η κύρια πηγή των μικροοργανισμών που επιτελούν την αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Τα ευρήματά μας αμφισβητούν την ευρέως αποδεκτή υπόθεση ότι το μικροβίωμα του εδάφους αποτελεί την πηγή και πιθανότατα θα συνεισφέρουν σε πιο αξιόπιστες προσομοιώσεις από τα υφιστάμενα πλαίσια μοντελοποίησης.

Λέξεις κλειδιά: Φυλλοσφαιρα, μικροβίωμα, ζώνη απόπτωσης, αποσύνθεση φύλλων

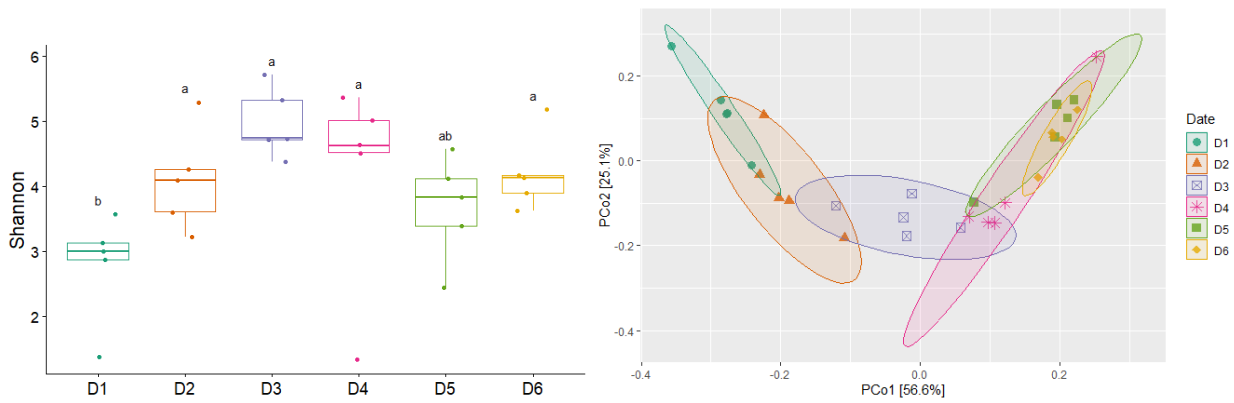
Εισαγωγή: Η πτώση των φύλλων αποτελεί σημαντική πηγή οργανικής ύλης για τα οικοσυστήματα που εισέρχεται στον βιογεωχημικό κύκλο του C μέσω της αποσύνθεσης. Η επικρατούσα άποψη θεωρεί την μικροβιακή κοινότητα του εδάφους ως πηγή προέλευσης των αποικοδομητών φύλλων που τα αποικίζουν όταν αυτά φτάσουν στο έδαφος. Αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης αυτής είναι και η συχνά παρατηρούμενη επίδραση του πλεονεκτήματος αποδόμησης του οργανικού υλικού στην θέση παραγωγής του (Home Field Advantage). Η διαθέσιμη γνώση τεκμηριώνει έναν κρίσιμο ρόλο του φυτών στον έλεγχο του μικροβιώματος των φύλλων παρέχοντας επίσης μηχανιστικές πληροφορίες. Η πλειονότητα ωστόσο των μελετών παρέχει σχετική πληροφόρηση σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης (αρχική ανάπτυξη, άνθηση, ωρίμανση) ή σε περιόδους καταπόνησης/ανάκαμψης. Κατά συνέπεια, δεν έχουμε επαρκή πληροφόρηση σχετικά με τη διαδοχή των μικροβιακών κοινοτήτων των φύλλων στα τελευταία αναπτυξιακά στάδια και ιδιαίτερα την περίοδο λίγο πριν ή μετά την πτώση των φύλλων.

Υλικά και Μέθοδοι: Τον Οκτώβριο του 2022 συλλέχθηκαν φύλλα κερασιάς (*P. cerasus*) σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια. Ειδικότερα: i) φύλλα τα οποία είχαν ολοκληρώσει την ανάπτυξη τους (D1), ii) φύλλα που δεν παρουσίαζαν σημάδια γήρανσης (D2), iii) φύλλα με εμφανή σημάδια γήρανσης (αποχρωματισμός) (D3), iv) φύλλα με έντονα σημάδια γήρανσης (αποχρωματισμός και σχηματισμός ζώνης απόπτωσης; D4), v) φύλλα που είχαν μόλις πέσει στο έδαφος (1-3 ημέρες; D5) και vi) φύλλα τα οποία είχαν πέσει στο έδαφος για τουλάχιστον μία εβδομάδα (D6).

Για την εξαγωγή μικροβιακού DNA χρησιμοποιήθηκε εμπορικό kit και πραγματοποιήθηκε αλληλούχηση του γενετικού τόπου V4-V5 του 16S rRNA και ITS2 για τους μύκητες. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το DADA2, το Phyloseq για την προεργασία των αλληλουχιών, το Deseq2 για την διαφορική ανάλυση των ειδών, το iCamp για την ποσοτικοποίηση των οικολογικών διεργασιών που διέπουν την οργάνωση των μικροβιακών κοινοτήτων και το iDirect για την ανάλυση δικτύων.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας υποδεικνύουν μία σημαντική αύξηση της α-ποικιλότητας στην φυλλόσφαιρα με την έναρξη του γηρασμού των φύλλων και η οποία παρέμεινε αμετάβλητη και μετά την πτώση τους στο έδαφος για τα βακτήρια (Εικ. 1α). Ανάλογη επίδραση παρατηρήθηκε επίσης και για την β ποικιλότητα (w-Unifrac distance), ιδιαίτερα μετά την έναρξη γηρασμού (Εικ. 1β).

Όσο αφορά την σύνθεση των μικροβιακών κοινοτήτων, παρατηρήθηκε αύξηση της σχετικής αφθονίας των γ-Πρωτεοβακτηρίων, μείωση των Οξοβακτηρίων και α-Πρωτεοβακτηρίων. Σημαντικές μεταβολές παρατηρήθηκαν επίσης και σε χαμηλότερα ταξονομικά επίπεδα, όπου κυρίως παρατηρήθηκε αύξηση της σχετικής αφθονίας των υφιστάμενων ειδών, καθώς και νέων, υποδηλώνοντας μείωση του φαινομένου της προτεραιότητας (priority effects). Όσο αφορά τους μύκητες, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην α ποικιλότητα μεταξύ των διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων. Αντίθετα, μία ανάλογη επίδραση με αυτή των βακτηριακών κοινοτήτων παρατηρήθηκε στην β ποικιλότητα (Bray-Curtis dissimilarity). Δύο φύλλα, αυτά των Ασκομυκήτων και Βασιδιοκυκήτων κυριάρχησαν στην σύνθεση των μυκήτων στο έδαφος. Ιδιαίτερα το πρώτο ακολούθησε μία αυξητική τάση με το αναπτυξιακό στάδιο των φύλλων.



Εικόνα 1. Μεταβολές στην α-ποικιλότητα (α) και β-ποικιλότητα (β) των βακτηρίων στη φυλλόσφαιρα σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια.

Ποσοτικοποίηση της επίδρασης οικολογικών διεργασιών στις βακτηριακές κοινότητες υποδεικνύει ότι η έναρξη γήρανσης των φύλλων συνοδεύεται από μια απότομη αύξηση της συνεισφοράς των στοχαστικών διεργασιών, υποδηλώνοντας την αναδιοργάνωση των μικροβιακών κοινοτήτων πιθανότατα ως συνέπεια της απώλειας ελέγχου από το φυτό και τη δημιουργία νέων συνθηκών. Τα ευρήματα αυτά ενισχύουν την υπόθεση ότι η έναρξη γήρανσης αποτελεί σημείο καμπής (tipping point), όπου η σύνθεση και η λειτουργικότητα των μικροβιακών κοινοτήτων των φύλλων μεταβάλλεται και μεταπίπτει σε αντίστοιχες οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν την αποσύνθεση του φυτικού υλικού και μεταγενέστερα, μετά την πτώση τους στο έδαφος την παραγωγή οργανικού υλικού.

Συμπεράσματα: Η καλύτερη κατανόηση της μεταβολής των μικροβιακών κοινοτήτων μετά την ανάπτυξη της ζώνης απόπτωσης των φύλλων, καθώς η αναγνώριση των ειδών τα οποία έχουν κρίσιμο ρόλο εκτιμάται ότι θα συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση του ρόλου του μικροβιώματος στην αποσύνθεση του φυτικού οργανικού υλικού και πιθανότατα θα συνεισφέρει στον “ελέγχο” του ρυθμού αποσύνθεσης, στην καλύτερη ακρίβεια των προσομοιώσεων που παρέχονται από βιογεωχημικά μοντέλα επόμενης γενιάς, τη ανάπτυξη κατάλληλων πρακτικών βελτίωσης της σύνθεσης και αποθήκευσης ΟΥ στο έδαφος, καθώς και την καλύτερη κατανόηση άλλων μηχανισμών, όπως το HFA.

Διερεύνηση διαφοροποίησης μυκορριζικών μυκήτων σε αμπελώνα μετά από εμβολιασμό και υδατική καταπόνηση

Ρίζος Χ.¹, Γκατζώλης Ι.², Υψηλάντης Ι.¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

²Αμερικανική Γεωργική Σχολή, 57001 Θεσσαλονίκη

Περίληψη: Οι συνθήκες καταπόνησης είναι δυνατό να επηρεάσουν τις κοινότητες των θυσανωδών μυκορριζικών μυκήτων (ΘΜΜ), αλλά δεν έχει ερευνηθεί κατά πόσο μπορούν να επηρεάσουν την εγκατάσταση μυκορριζικών εμβολίων. Επίσης δεν είναι γνωστό αν είναι δυνατόν να εγκατασταθεί ένα εμβόλιο ΘΜΜ στις ρίζες πολυετών καλλιεργειών που είναι ήδη αποικισμένες από τοπικές κοινότητες ΘΜΜ. Σε ήδη εγκατεστημένο και αποικισμένο αμπελώνα εφαρμόστηκε ο μύκητας *Septoglomerum deserticola* και με πολυμορφισμό μήκους θραυσμάτων από ένζυμο περιορισμού σε προϊόντα PCR διερευνήθηκε η εγκατάσταση του μύκητα δύο χρόνια μετά την εφαρμογή του και αν και πώς αυτή επηρεάζεται από μειωμένη άρδευση. Μετρήθηκε επίσης το ποσοστό αποικισμού του μήκους των ριζών από ΘΜΜ για ένα και δύο χρόνια μετά τον εμβολιασμό. Βρέθηκε ότι η μειωμένη άρδευση δεν είχε κάποια επίδραση, ενώ το αποτύπωμα της κοινότητας των ΘΜΜ διαφοροποιήθηκε με τον εμβολιασμό. Ο αποικισμός επηρεάστηκε από τον εμβολιασμό μόνο σε αλληλεπίδραση με τη χρονιά, χωρίς να υπάρχει σταθερή αύξηση ή μείωση κάθε χρονιά. Ο εμβολιασμός εγκατεστημένων πολυετών καλλιεργειών έχει νόημα, από την σκοπιά της δυνατότητας του μυκορριζικού εμβολίου να ανταγωνιστεί την τοπική κοινότητα των ΘΜΜ και να επιβιώσει. Η εφαρμογή υδατικής καταπόνησης δεν φαίνεται να ευνόησε ή να εμπόδισε την εγκατάσταση ενός μύκητα με προέλευση από έρημο.

Λέξεις κλειδιά: μυκορριζες, αμπέλι, *Septoglomerum deserticola*, μειωμένη άρδευση, υδατική καταπόνηση

Εισαγωγή-Σκοπός: Η μυκορριζική συμβίωση προσφέρει πολλαπλά οικολογικά οφέλη στις καλλιέργειες, προάγοντας την ανάπτυξη των φυτών, την πρόσληψη θρεπτικών και στην ανοχή σε καταπονήσεις. Εκτός από τα φυτά, η υδατική καταπόνηση επηρεάζει και τους θυσανώδεις μυκορριζικούς μύκητες (ΘΜΜ), τη σύνθεση της κοινότητάς τους και το ποσοστό αποικισμού των ριζών [1]. Καθώς διαφορετικοί ΘΜΜ διαφέρουν ως προς τις ιδιότητές τους και την αποτελεσματικότητά της συμβίωσης που αναπτύσσουν με συγκεκριμένο ξενιστή, ο εμβολιασμός με συγκεκριμένους ΘΜΜ σε ήδη αποικισμένα φυτά βασίζεται στην υπόθεση ότι ο ΘΜΜ που προστίθεται είναι πιο αποτελεσματικός από αυτόν που ήδη υπάρχει. Επίσης, έχει ελάχιστα ερευνηθεί αν σε ήδη αποικισμένα φυτά μπορεί να εγκατασταθεί ΘΜΜ εμβολίου και για πόσο καιρό αυτό παραμένει στο ριζικό σύστημα [2], ιδιαίτερα για πολυετείς καλλιέργειες, όπως πχ. το αμπέλι. Ο εμβολιασμός σε ήδη εγκατεστημένες και αποικισμένες πολυετείς καλλιέργειες

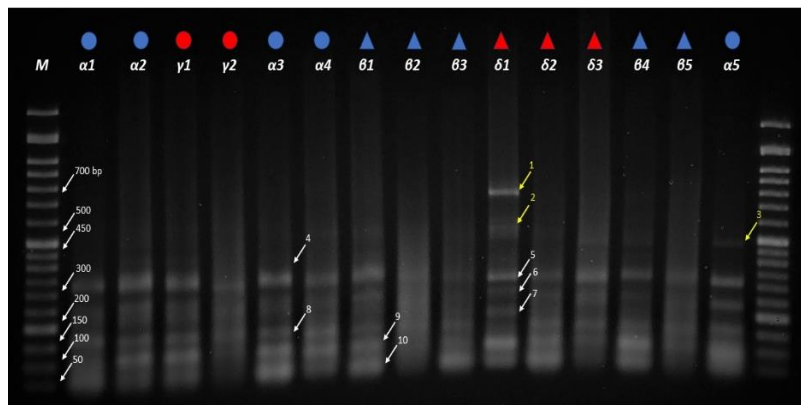
Διερευνήθηκε α) η ικανότητα εξάπλωσης και επιβίωσης, σε ήδη εγκατεστημένο αμπελώνα, μυκορριζικού εμβολίου και β) η επίδραση της μειωμένης άρδευσης στην εγκατάσταση του μυκορριζικού εμβολίου.

Υλικά και Μέθοδοι: Σε ήδη εγκατεστημένο αμπελώνα με Ξινόμαυρο (εμβολιασμένα πάνω σε υποκείμενο 1103 Paulsen (*V. rupestris* × *V. berlandieri*) στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή εφαρμόστηκε (28/09/2011) εμβόλιο του ΘΜΜ *Septoglomerum deserticola* (CA113) που πολλαπλασιάστηκε στο Εργαστήριο Εδαφολογίας, Α.Π.Θ. και προήλθε από το INVAM. Η εφαρμογή έγινε σε τρύπες που ανοίχθηκαν εκατέρωθεν των πρέμων με παροχή νερού σε σωλήνα φύτευσης και σε βάθος 60 cm. Ο μάρτυρας έλαβε σκέτο υπόστρωμα. Η πειραματική μονάδα είχε οκτώ συνεχόμενα φυτά στη γραμμή, με 50 φυτά στη γραμμή, και η κάθε καλλιεργητική μεταχείριση (κανονική άρδευση ή μειωμένη [3]) έγινε σε έξι γραμμές. Το έδαφος ήταν αργιλοπηλώδες (41, 20 και 39% άμμος, ιλύς και άργιλος, αντίστοιχα) με 1,1% οργανική ουσία και 25 mg Kg⁻¹ P. Δείγματα πάρθηκαν στις: 09/10/2012 και 12/02/2014 από δύο βάθη, 0-30 cm και 30-60 cm επί της γραμμής, στο μέσο περίπου μεταξύ δύο φυτών, από τα τέσσερα μεσαία φυτά. Οι ρίζες συλλέχθηκαν σε κόκκινο, πλύθηκαν και σε ένα μέρος έγινε καταμέτρηση αποικισμού από ΘΜΜ και μέρος χρησιμοποιήθηκε για εξαγωγή DNA (μόνο το 2014), PCR και εφαρμογή περιοριστικών ενζύμων. Χρησιμοποιήθηκαν οι εκκνητές AML1-AML2 και το ένζυμο Mbo I. Τα θραύσματα μελετήθηκαν με το πρόγραμμα PyEPrh [4]. Η δυαδική μήτρα χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία δενδρογράμματος, με τη βοήθεια της διαδικτυακής υπηρεσίας Phylogeny.fr.

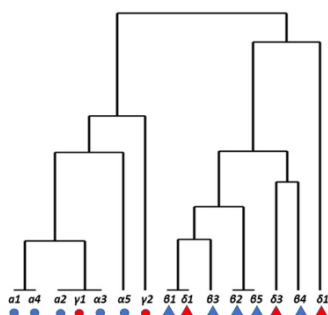
Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η μειωμένη άρδευση είχε ως αποτέλεσμα εμφανείς ενδείξεις καταπόνησης στα φυτά και έχει καταγραφεί και με φυσιολογικές μετρήσεις σε άλλη εργασία στον ίδιο αμπελώνα [3]. Δεν κατέστη δυνατό να υπάρξει προϊόν PCR σε κάποια δείγματα, παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις στις συνθήκες της αντίδρασης, πιθανότατα λόγω φαινολών ή άλλων παρεμποδιστών της PCR που είναι γνωστό ότι βρίσκονται στις ρίζες της αμπέλου. Η χρήση των περιοριστικών ενζύμων για έλεγχο διαφοροποιήσεων των κοινοτήτων των ΘΜΜ έχει εφαρμοστεί με επιτυχία [5] και είναι μια τεχνική με σχετικά χαμηλό κόστος, αλλά μικρότερη ικανότητα διάκρισης σε σχέση με άλλες μοριακές τεχνικές. Η τέψη με το περιοριστικό ένζυμο έδωσε έως 10 ζώνες, (Εικόνα 1), ενώ το κάθε δείγμα είχε από 3 έως 7 ζώνες. Με το εμβόλιο του μυκορριζικού μύκητα *S. deserticola* εμφανίζονται τρεις επιπλέον ζώνες (Ζώνες 1 και 2 στο δείγμα δ1 και Ζώνη 3 στα δείγματα α5, δ3 και β4). Στο δένδρογραμμα Pearson (Σχήμα 1) διακρίνονται δύο κλάδοι, με ή χωρίς εμβόλιο, ενώ δεν παρατηρείται ομαδοποίηση με την άρδευση. Συνεπώς, ο κύριος παράγοντας στην διαφοροποίηση της κοινότητας των ΘΜΜ στη ριζόσφαιρα του αμπελιού, είναι ο εμβολιασμός. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν αυτό οφείλεται μόνο στην παρουσία του *S. deserticola* ή σε αλλαγές που προκάλεσε η παρουσία του. Ο *S. deserticola* (CA113) επιλέχθηκε γιατί προέρχεται από έρημο και έχει χρησιμοποιηθεί με θετικά αποτελέσματα σε πειράματα με ανοχή στην ξηρασία [6,7]. Με βάση τα αποτελέσματα, η εφαρμογή μειωμένης άρδευσης δεν φαίνεται να ενίσχυσε περισσότερο την παρουσία του απ' ότι με άρδευση. Με εμβολιασμό με ΘΜΜ σε αμπελώνα ήδη εγκατεστημένο και αποικισμένο με ΘΜΜ της

τοπικής κοινότητας διαφοροποιήθηκε η κοινότητα των ΘΜΜ. Αν και δεν έχουμε αλληλουχίες από τις ζώνες, έχουμε ενδείξεις ότι ο *S. deserticola* εγκαταστάθηκε, καθώς οι διαφοροποιήσεις σχετίζονται με τον εμβολιασμό και παρατηρήθηκαν δύο χρόνια μετά τον εμβολιασμό.

Ο αποικισμός το 2014 ήταν υψηλότερος από το 2012, ενώ ο εμβολιασμός είχε επίδραση μόνο με αλληλεπίδραση με το έτος, όπου τα ποσοστά αποικισμού ήταν 75 και 79% χωρίς ή με εμβολιασμό το 2012 και 85 και 80% αντίστοιχα για το 2014. Γενικά ο αποικισμός στο αμπέλι ήταν πολύ υψηλός, ενώ η επίδραση του εμβολιασμού δεν είναι ξεκάθαρη, καθώς ως παράγοντας από μόνος τους δεν επέδρασε, ενώ δεν υπάρχει με τον εμβολιασμό. σταθερά αύξηση ή σταθερά μείωση του ήδη πολύ υψηλού αποικισμού.



Εικόνα 1. Αποτύπωση των προϊόντων της χώνευσης με περιοριστικό ένζυμο. **α1-α5:** Κανονική άρδευση χωρίς εμβόλιο, **β1-β5:** Κανονική άρδευση με εμβόλιο, **γ1-γ2:** Υδατική καταπόνηση χωρίς εμβόλιο, **δ1-δ3:** Υδατική καταπόνηση και εμβόλιο.



Σχήμα 1. Δενδρόγραμμα των ζωνών του αποτυπώματος της Εικόνας 1. **α:** κανονική άρδευση, χωρίς εμβόλιο **β:** κανονική άρδευση και εμβολιασμένο **γ:** υδατική καταπόνηση χωρίς εμβόλιο και **δ:** υδατική καταπόνηση και εμβολιασμένο. Η αρίθμηση (1-5) αντιστοιχεί στον αριθμό της επανάληψης.

Συμπεράσματα: Η χρήση θραυσμάτων-προϊόντων ενζυμικού περιορισμού και της πολυμορφίας τους έδειξε ότι είναι δυνατή η εξάπλωση και επιβίωση, σε ήδη εγκατεστημένο αμπελώνα, μυκορριζικού εμβολίου. Η εφαρμογή μειωμένης άρδευσης δεν διαφοροποίησε την κοινότητα των ΘΜΜ, και δεν φαίνεται να επέδρασε και στην εγκατάσταση του εμβολίου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Kavadia, A., et al. (2020). DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.103443
2. Farmer, M.J., et al. (2007). DOI: 10.1016/j.apsoil.2006.09.012
3. Θεοδώρου, Ν. (2019) DOI: 10.26262/heal.auth.ir.308799
4. Pavel A.B., Vasile C.I. (2012). DOI: 10.1186/1471-2105-13-9
5. Mergulhão, A.C.d.E.S. (2008). DOI: 10.1007/BF03175340
6. Augé, R.M., et al. (2015). DOI: 10.1007/s00572-014-0585-4
7. Sánchez-Blanco, MJ., et al. (2004). DOI: 10.1078/0176-1617-01191

Το ενδορικό μικροβίωμα στην ελιά καθορίζεται από την γεωγραφική θέση και τα εδαφικά χαρακτηριστικά, αλλά όχι την ποικιλία και την εποχικότητα

Τσιγκιά Μ.¹, Αρριανός Δ.¹, Σκιαδά Β.¹, Βασιλειάδης Σ.², Καρπούζας Δ.², Παπαδοπούλου Κ.², Οικαλιώτης Κ.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσ. Πόρων & Γεωργ. Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας

²Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Εργαστήριο Βιοτεχνολογίας Φυτών & Περιβάλλοντος

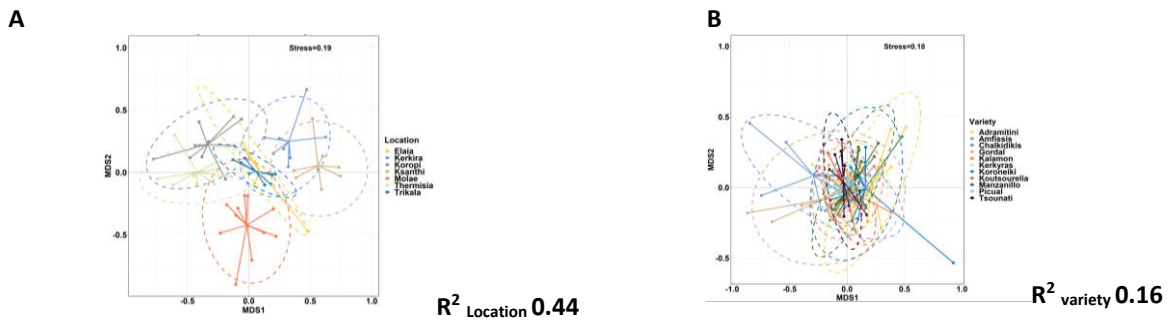
Περίληψη: Τα φυτά αλληλεπιδρούν με τους μικροοργανισμούς στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας, και της ρίζας, σχηματίζοντας το υπόγειο μικροβίωμα του φυτού. Η δομή και οι αλληλεπιδράσεις του με το φυτό-ξενιστή επηρεάζονται συνεχώς από τις αλλαγές των συνθηκών του περιβάλλοντος. Οι σχέσεις αυτές βοηθούν τα φυτά να προσαρμοστούν στο περιβάλλον και στις καταπονήσεις, πέραν των ενδογενών μηχανισμών προσαρμογής τους. Η ελιά είναι προσαρμοσμένη στα ιδιαίτερα εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά των περιοχών της Μεσογείου, όπως η μακρά εποχιακή ξηρασία και η χαμηλή περιεκτικότητα των εδαφών σε θρεπτικά στοιχεία, και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο τοπίο, την οικονομία και τις κοινωνίες των ελαιοπαραγωγών χωρών, όπως η Ελλάδα. Για να αποσαφηνίσουμε τον ρόλο της ποικιλίας, της γεωγραφικής θέσης και της εποχικότητας στην συγκρότηση του ενδορικού μικροβιώματος, μελετήθηκαν οι μικροβιακές κοινότητες 11 αυτόριζων ποικιλιών που καλλιεργούνται στις ίδιες εδαφοκλιματικές συνθήκες (ίδιος ελαιώνας) και μιας ποικιλίας καλλιεργούμενης σε ελαιώνες 7 διαφορετικών περιοχών (αυτόριζα ελαιόδενδρα ίδιας ηλικίας της ποικιλίας «Κορωνέικη» που προήλθαν από το ίδιο φυτώριο). Οι ενδορικές μικροβιακές κοινότητες βρέθηκε να διαμορφώνονται με βάση την γεωγραφική θέση και τα εδαφικά χαρακτηριστικά της, ενώ η ποικιλία δεν είχε ιδιαίτερο ρόλο.

Λέξεις-Κλειδιά: ριζόσφαιρα, ενδορικό μικροβίωμα, βιογεωγραφία μικροβιακών κοινοτήτων, ποικιλία ελιάς, *Olea europaea*

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα τελευταία χρόνια, αντιλαμβανόμαστε τα φυτά ως συμβιωτικά ενδιαιτήματα μικροβιακών κοινοτήτων, οι οποίες διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στην ανάπτυξη και την επιβίωσή τους[1]. Στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας οι ρίζες των φυτών παράγουν και εκκρίνουν σηματοδοτικά μόρια «σινιάλα», όπως πολυσακχαρίτες, οργανικά οξέα, πρωτεΐνες και ένα πλήθος άλλων οργανικών πρωτογενών ή δευτερογενών μεταβολιτών[2]. Οι μικροοργανισμοί που ανταποκρίνονται, κυρίως αρχαία, βακτήρια και μύκητες, επηρεάζουν με την σειρά τους την ανάπτυξη των φυτών, την θρέψη τους, καθώς και την απόκριση τους στις αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις. Η ελιά (*Olea europaea* L.) αποτελεί εμβληματικό καλλιεργούμενο είδος στην Μεσόγειο. Παρόλο που αρκετές εργασίες μελετούν το μικροβίωμα της ελιάς, δεν έχουν αποσαφηνιστεί οι παράγοντες που καθορίζουν την δομή και σύνθεση του ενδορικού της μικροβιώματος. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αποσαφηνιστεί ο ρόλος βασικών παραγόντων που συχνά μεταβάλλουν/καθορίζουν το ενδορικό μικροβίωμα: (1) η ποικιλία της ελιάς, (2) η γεωγραφική θέση του ελαιόδενδρου, (3) τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του αγρού που καλλιεργείται και (4) η εποχικότητα.

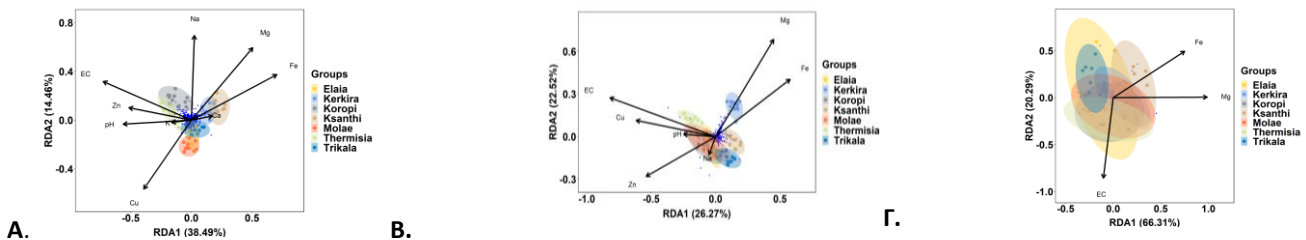
Υλικά και Μέθοδοι: Για την αξιολόγηση της επίδρασης της ποικιλίας πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε πειραματικό ελαιώνα της Εύας Μεσσηνίας ο οποίος φιλοξενεί αυτόριζα ελαιόδενδρα έντεκα διαφορετικών ποικιλιών, εννέα ελληνικών και δυο ισπανικών. Για την αξιολόγηση της επίδρασης της γεωγραφικής θέσης και των εδαφικών ιδιοτήτων επιλέχθηκαν ελαιώνες από 7 περιοχές της Ελλάδας όπου καλλιεργούνται αυτόριζα ελαιόδενδρα ίδιας ηλικίας της ποικιλίας «Κορωνέικη», που προήλθαν από το ίδιο φυτώριο. Τα ριζικά δείγματα λήφθηκαν από βάθος 20-40 εκ. Σε όλες τις δειγματοληψίες λήφθηκαν 6 βιολογικές επαναλήψεις (διαφορετικά δένδρα). Παράλληλα έγινε δειγματοληψία ριζοσφαιρικού εδάφους από τους διαφορετικούς ελαιώνες ώστε να προσδιοριστούν τα βασικά εδαφικά χαρακτηριστικά για την μελέτη της επίδρασής τους στο ενδορικό μικροβίωμα. Τέλος για να μελετηθεί η εποχιακή διακύμανση του ενδορικού μικροβιώματος έγιναν δειγματοληψίες σε δυο εποχές, άνοιξη και φθινόπωρο. Η ανάλυση των μικροβιακών κοινοτήτων έγινε μέσω της αλληλούχησης νέας γενιάς σε πλατφόρμα Illumina των ενισχυμένων μέσω PCR γονιδίων δεικτών 16S, ITS2, 18S ώστε να μελετηθούν η προκαρυωτική κοινότητα, η κοινότητα των ολικών μυκήτων και η κοινότητα των δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων (ΔΜΜ)⁽³⁾. Η ανάλυση των αλληλουχιών έγινε με τα συστήματα πρωτοκόλλων βιοπληροφορικής DADA2 και mothur, η βιοστατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με τα πακέτα της R phyloseq, vegan και microeco, ενώ οι εικόνες δημιουργήθηκαν με το ggplot2.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα μοτίβα α-ποικιλότητας (αριθμός των διαφορετικών ειδών και η αφθονία τους στην κοινότητα) ήταν αμετάβλητα ανάμεσα στις διαφορετικές ποικιλίες, στις διαφορετικές περιοχές, και στις εποχές για όλες τις κοινότητες ($P_{ANOVA} > 0.05$). Για τον προσδιορισμό της β-ποικιλότητας, συγκρίναμε ανεξάρτητα τις διαφορετικές ποικιλίες, τις διαφορετικές περιοχές και τις διαφορετικές εποχές όσον αφορά στην ομοιότητα των ενδορικών μικροβιακών κοινοτήτων που φιλοξενούν. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε ο συντελεστής ανομοιότητας κατά Bray-Curtis, έγινε απεικόνιση του σε διαγράμματα NMDS (non-metric multidimensional scaling) και εφαρμόστηκε η δοκιμασία PERMANOVA για να προσδιοριστεί το ποσοστό της διακύμανσης των μικροβιακών κοινοτήτων που οφείλεται στον υπό εξέταση παράγοντα (ποικιλία, γεωγραφική θέση και εποχικότητα). Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τον πρωταρχικό ρόλο της γεωγραφικής θέσης για όλες τις κατηγορίες των μικροβιακών κοινοτήτων που μελετήθηκαν, ενώ αντίθετα οι διαφορετικές ποικιλίες βρέθηκαν να φιλοξενούν σχετικά παρόμοιες μικροβιακές κοινότητες. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα γραφήματα για την επίδραση της επίδρασης γεωγραφικής θέσης και ποικιλίας στην προκαρυωτική κοινότητα. Η εποχικότητα δεν διαφοροποίησε τις ενδορικές μικροβιακές κοινότητες, εκτός από αυτήν των ΔΜΜ, και μόνο για την δειγματοληψία των διαφορετικών ελαιώνων.



Εικόνα 1. Διαγράμματα NMSD της διακύμανσης του συντελεστή ανομοιότητας Bray-Curtis για την προκαρυωτική ενδορριζική μικροβιακή κοινότητα (Α) που ωφείλεται στην διαφορετική γεωγραφική θέση και (Β) που ωφείλεται στην διαφορετική ποικιλία. Κάθε κουκίδα στο γράφημα αντιπροσωπεύει την κοινότητα ενός δείγματος, οι γραμμές οδηγούν στη μέση αποσταση μεταξύ των δειγμάτων από την ίδια κατηγορία ενώ οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν το 95% όριο εμπιστοσύνης της ομαδοποίησης.

Τα εδαφικά χαρακτηριστικά συσχετίστηκαν με τα μοτίβα β-ποικιλότητας με το κριτήριο συσχέτισης πινάκων Mantel-r. Οι προκαρυωτικές κοινότητες συσχετίστηκαν με τις περισσότερες παραμέτρους. Ακολουθούν οι κοινότητες των ολικών μυκήτων και οι κοινότητες των ΔΜΜ που συσχετίστηκαν λιγότερο. Το εδαφικό pH συσχετίστηκε μόνο με την προκαρυωτική κοινότητα, ενώ η διαθεσιμότητα σε μαγνήσιο και σίδηρο στο έδαφος συσχετίστηκε με όλες τις κοινότητες, αναδεικνύοντας τον ρόλο αυτών των θρεπτικών στοιχείων στην συγκρότηση του ενδορριζικού μικροβιώματος. Στην συνέχεια επιλέχθηκε η μέθοδος ανάλυσης πλεονασμού (RDA) ώστε να μοντελοποιηθεί η συνεισφορά των εδαφικών χαρακτηριστικών στα μοτίβα β-ποικιλότητας. Η μέθοδος RDA αποτελεί επέκταση της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ πινάκων εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Στην Εικόνα 2, παρουσιάζονται οι απεικονίσεις της μοντελοποίησης καθώς και οι εδαφικές παράμετροι που επιλέχθηκαν σε κάθε μοντέλο (με τη μέθοδο της βηματικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης). Τα αποτελέσματα της RDA επιβεβαιώνουν τις κατά Mantel-r συσχετίσεις, δείχνοντας πως 28% της διακύμανσης των προκαρυωτικών κοινοτήτων εξηγείται από τα εδαφικά χαρακτηριστικά. Το ποσοστό αυτό για τις κοινότητες των ολικών μυκήτων είναι 21.7% ένα για τις κοινότητες των ΔΜΜ πέφτει μόλις στο 5%.



Εικόνα 2. Διαγράμματα RDA για την προκαρυωτική ενδορριζική μικροβιακή κοινότητα (Α), για την κοινότητα των ολικών μυκήτων (Β) και την κοινότητα των ΔΜΜ (Γ). Κάθε κουκίδα στο γράφημα αντιπροσωπεύει την κοινότητα ενός δείγματος, το μήκος των βελών αντιπροσωπεύουν την ένταση της συσχέτισης των διαφορετικών εδαφικών χαρακτηριστικών ενώ οι ελλείψεις αντιπροσωπεύουν το 95% όριο εμπιστοσύνης της εκάστοτε ομαδοποίησης.

Τέλος, η συσχέτιση της β-ποικιλότητας με την γεωγραφική απόσταση των σημείων δειγματοληψίας (Distance decay plotting), έδειξε πως για την προκαρυωτική κοινότητα και την κοινότητα των ολικών μυκήτων παρατηρείται αύξηση της ανομοιότητας της β-ποικιλότητας όσο η απόσταση αυξάνεται, ενώ για την κοινότητα των ΔΜΜ δεν παρατηρείται κάποια συσχέτιση. Η τάση αύξησης υποδηλώνει πως η διασπορά των μικροοργανισμών από περιοχή σε περιοχή υπόκειται σε περιορισμούς απόστασης (dispersal limitation) οπότε οι κοινότητες τους μπορεί να είναι σε μεγαλύτερο βαθμό αποτέλεσμα διαδικασιών επιλογής μελών με βάση αβιοτικές περιβαλλοντικές παραμέτρους (environmental filtering, species sorting, niche partitioning), καθώς και αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μελών της κοινότητας (συνεργασία ή ανταγωνισμός). Αντίθετα η έλλειψη περιορισμών απόστασης (και η ελάχιστη επίδραση των εδαφικών χαρακτηριστικών) για την κοινότητα των ΔΜΜ πιθανώς υποδηλώνει την ισχυρή σχέση μεταξύ του φυτικού είδους και των υποχρεωτικών συμβιωτικών ΔΜΜ (host filtering).

Συμπεράσματα: Το ενδορριζικό μικροβίωμα της ελιάς καθορίζεται κυρίως από την γεωγραφική θέση του ελαιώνα και κατ'επέκταση από τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του αγρού. Οι διαφορετικές ποικιλίες, όταν καλλιεργούνται στις ίδιες εδαφοκλιματικές συνθήκες (ίδιος ελαιώνας) βρέθηκε να μην διαφοροποιούν το ενδορριζικό μικροβίωμα. Τέλος, η κοινότητα των ΔΜΜ διαφοροποιήθηκε λιγότερο από όλες από τη γεωγραφική θέση και τα εδαφικά χαρακτηριστικά ενώ επηρεάστηκε περισσότερο από όλες από την εποχικότητα, υποδηλώνοντας την ιδιαίτερη αλληλεπίδραση των υποχρεωτικών αυτών συμβιωτών με το φυτό-ξενιστή τους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. P. Bonfante, I.-A. Anca, doi: 10.1146/annurev.micro.091208.073504
2. G. Berg, K. Smalla, doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00654.x
3. M. Kakagianni, et al., doi: 10.1093/femsmc/xtad001

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια της εμβληματικής δράσης "Οι δρόμοι της Ελιάς" που χρηματοδοτείται από εθνικούς πόρους μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας (κωδικός δράσης 2018SE01300000)

Επιτόπου ανάπτυξη εμβολίου μυκορριζικών μυκήτων για κηπευτικά θερμοκηπίου

Υψηλάντης Ι., Μπίλιας Φ., Καραγιάννη Α. Γ.

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

Περίληψη: Η παραγωγή μυκορριζικών εμβολίων «επί τόπου» από τους ίδιους τους παραγωγούς μπορεί να επιτρέψει εκτεταμένη εφαρμογή τους με μικρό σχετικά κόστος. Μετρήθηκε ο αριθμός των σπορίων των θυσανωδών μυκορριζικών μυκήτων (ΘΜΜ) σε τρία θερμοκήπια της Ιεράπετρας και οι εδαφικές τους ιδιότητες (συγκεντρώσεις των θρεπτικών, pH, αγωγιμότητα, οργανική ουσία). Αξιολογήθηκαν επίσης διαφορετικά μίγματα υλικών (αταπουλγίτης, βερμικουλίτης, κομπόστ, λεοναρδίτης) ως υποστρώματα καλλιέργειας του θυσανώδους μυκορριζικού μύκητα (ΘΜΜ) *Rhizophagus intraradices* με ξενιστή το φυτό *Paspalum notatum*. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών ήταν υψηλές (Olsen-P>100 ppm) και σε δύο από τα τρία θερμοκήπια η αγωγιμότητα ήταν πολύ υψηλή (>11 dS m⁻¹), λόγω της υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών. Σε κανένα θερμοκήπιο δεν βρέθηκαν σπόρια ΘΜΜ. Μετά από τρεις μήνες ανάπτυξης το εμβόλιο δεν είχε αναπτύξει ακόμα σπόρια, ενώ από τα υποστρώματα που δοκιμάστηκαν, ο βερμικουλίτης:κομπόστ 1:2 είχε τον υψηλότερο αποικισμό στις ρίζες του *P. notatum* (51%). Θα ακολουθήσουν και άλλες δειγματοληψίες για να μετρηθεί η ποιότητα του εμβολίου, καθώς και εκτεταμένη εφαρμογή του εμβολίου στα θερμοκήπια.

Λέξεις κλειδιά: μυκορριζικό εμβόλιο, μυκορριζες, κομπόστ, μικροοργανισμοί, μείωση εισροών, βερμικουλίτης, αταπουλγίτης, λεοναρδίτης

Εισαγωγή-Σκοπός: Οι θυσανώδεις μυκορριζικοί μύκητες (ΘΜΜ) βελτιώνουν την θρέψη των φυτών, ενώ παρέχουν προστασία από παθογόνα και βαριά μέταλλα, μειώνουν την καταπόνηση από αλατότητα και ξηρασία και βελτιώνουν τη δομή του εδάφους. Υψηλές εισροές και συχνή κατεργασία του εδάφους μειώνουν την σημασία των ΘΜΜ, Παρόλα αυτά, εάν συνυπάρχει κάποιος παράγοντας καταπόνησης, οι ΘΜΜ μπορούν να είναι αποτελεσματικοί, παρά την ύπαρξη υψηλών επιπέδων P στο έδαφος [1]. Τέτοια περίπτωση μπορεί να είναι τα εδάφη των θερμοκηπίων, όπου συχνά παρατηρείται υψηλή αλατότητα, λόγω νιτρικών και νερού κακής ποιότητας [2]. Επίσης το υψηλό κόστος παραγωγής των εμπορικών εμβολίων ΘΜΜ είναι τροχοπέδη για εφαρμογή τους σε μεγάλη κλίμακα. Το υψηλό κόστος των εμβολίων μπορεί να μειωθεί, εάν η παραγωγή τους γίνει από τους ίδιους τους παραγωγούς [3].

Σε θερμοκήπια της Ιεράπετρας εφαρμόζεται η παραγωγή εμβολίου ΘΜΜ και θα δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητά του σε μεγάλη κλίμακα. Γίνονται δοκιμές υποστρωμάτων και ελέγχεται η ποιότητα των παραγόμενων εμβολίων.

Υλικά και Μέθοδοι: Για την παραγωγή του εμβολίου δοκιμάστηκαν διαφορετικά υλικά: κομπόστ του εμπορίου (Megaeco) με βάση κλαδέματα δένδρων και κοπριά πουλερικών, λεοναρδίτης («Χρυσός Χούμος»), αταπουλγίτης (Aglev 200) και βερμικουλίτης μεσαίας κοκκομετρίας. Τα μίγματα (~100 lt) που αξιολογούνται είναι: 1) Βερμικουλίτης: Κομπόστ 4:1, 2) Αταπουλγίτης: Κομπόστ 2,3:1, 3) Λεοναρδίτης: Αταπουλγίτης: Βερμικουλίτης 3:2:10, 4) Βερμικουλίτης: Κομπόστ 2:1 (Πίνακας 1). Επιλέχθηκε για την παρασκευή του εμβολίου η δημιουργία υπερψωμένου παρτεριού, τοποθετώντας ελαιόπανο ως βάση και με βάθος 20-30cm. Το αρχικό μυκορριζικό εμβόλιο (καλλιέργεια *Rhizophagus intraradices* του Εργαστηρίου Εδαφολογίας) εφαρμόστηκε σε στρώση, 5-10 cm κάτω από την τελική επιφάνεια του υποστρώματος και σκεπάστηκε με υπόστρωμα. Σπάρθηκε *Paspalum notatum* τον Απρίλιο του 2023, με ποσότητα σπόρου 1-5 g/m², και για πότισμα χρησιμοποιείται στάγδην άρδευση. Δείγματα ριζών και υποστρώματος πάρθηκαν τον Αύγουστο και τον Οκτώβριο για να μετρηθούν το ποσοστό του μήκους των ριζών που αποικίστηκαν από ΘΜΜ και ο αριθμός σπορίων ΘΜΜ ανά 100g υποστρώματος. Μετρήθηκαν επίσης τα υδατοδιαλυτά θρεπτικά των μιγμάτων και θα εκτιμηθεί και η μολυσματική ικανότητα του εμβολίου με τη μέθοδο των πιθανών αριθμών μετά από διαδοχικές αραιώσεις. Τα θερμοκήπια όπου θα γίνει η εφαρμογή των εμβολίων βρίσκονται στην Ιεράπετρα (Πίνακας 2) και πάρθηκαν δείγματα εδάφους για ανάλυση και καταμέτρηση των σπορίων τον Απρίλιο και Αύγουστο του 2023.

Πίνακας 1. Επιλεγμένες χημικές Ιδιότητες των υποστρωμάτων και συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών θρεπτικών. **1:** Βερμικουλίτης: Κομπόστ 4:1, **2:** Αταπουλγίτης: Κομπόστ 2,3:1, **3:** Λεοναρδίτης: Αταπουλγίτης: Βερμικουλίτης 3:2:10, **4:** Βερμικουλίτης: Κομπόστ 2:1,

	Αποικισμός (1/8/23) (%)	pH (1:10)	Ολικό N (%)	EC (dS/m)	SAR	NO ₃ -N (mg/kg)	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn
1	21	8,35	0,40	4,19	1,68	170	5,5	8000	7,91	1,32	10,4	0,68
2	39	8,39	0,26	1,93	1,23	34	4,0	2700	0,88	0,22	1,1	0,15
3	35	7,70	0,88	1,59	0,38	200	0,2	540	0,11	0,18	1,0	0,27
4	51	8,47	0,70	4,28	1,84	164	6,3	7000	6,26	1,42	11,0	0,27

Πίνακας 2. Επιλεγμένες εδαφικές ιδιότητες των εδαφών τριών θερμοκηπίων (Α, Β, Γ)

	Άργιλος	Ίλύς	Άμμος	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P-Olsen	K	Na	Ca	Mg	EC mS/cm	pH (1:2,5)	Οργανική Ουσία (%)
	%			mg Kg ⁻¹			Οξικό αμμώνιο (mg Kg ⁻¹)						
A	24	20	56	65	9,6	107,20	685	173	33,55	388,83	2,60	8,03	0,98
B	23	13	64	521	10,0	166,40	995	553	37,63	476,73	12,35	7,67	1,74
Γ	25	9	66	565	14,6	115,60	1075	523	37,92	465,5	11,76	7,72	1,76

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα συμβατικά καλλιεργούμενα εδάφη θεωρούνται φτωχά σε παρουσία ΘΜΜ σε σχέση με φυσικά οικοσυστήματα. Γεωργικές πρακτικές όπως χρήση λιπασμάτων, αγροχημικών και συχνή κατεργασία του εδάφους μειώνουν την παρουσία τους. Στα τρία θερμοκήπια που εξετάστηκαν, με υπερβολικές συγκεντρώσεις P στο έδαφος, δεν υπήρχαν καθόλου σπόρια των ΘΜΜ, ενώ σε ένα από τα θερμοκήπια στις ρίζες φυτών τομάτας τον Απρίλιο ο αποικισμός δεν ξεπερνούσε το 2%. Ο εμβολιασμός των εδαφών με ΘΜΜ μπορεί να εξασφαλίσει στα φυτά γρήγορο αποικισμό, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι φυσικοί πληθυσμοί των ΘΜΜ έχουν μειωθεί. Παρά τις υψηλές συγκεντρώσεις των θρεπτικών, η υψηλή αλατότητα μπορεί να καταστήσει την συμβίωση ωφέλιμη για τα φυτά. Δύο από τα τρία θερμοκήπια (τα Β και Γ) έχουν ιδιαίτερα υψηλή αγωγιμότητα, λόγω υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών, ενώ το τρίτο είναι στο κατώφλι της ευαισθησίας της τομάτας [4]. Επίσης, το νερό άρδευσης της περιοχής, ανάλογα και με την εποχή, έχει αγωγιμότητα ~1 dS m⁻¹.

Εμπορικά εμβόλια ΔΜΜ κυκλοφορούν εδώ και αρκετά χρόνια, αλλά η εφαρμογή τους σε μεγάλη κλίμακα περιορίζεται από το κόστος. Εναλλακτικά έχει προταθεί η παραγωγή των εμβολίων επί τόπου, από τους ίδιους τους καλλιεργητές. Η ιδέα αυτή έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε κηπευτικά (πατάτες, φράουλες, πράσα, πιπεριές, τομάτες, μελιτζάνες), και σε διάφορες χώρες (Η.Π.Α., Ινδία, Βραζιλία, Κολομβία). Η παραγωγή ενδομυκορριζικών εμβολίων στον αγρό έχει εφαρμοστεί σε μεγάλα δοχεία (πχ πλαστικές σακούλες, φυτοδοχεία, ζεμπίλια, σάκους) ή ακόμα και σε ειδικά διαμορφωμένα χαντάκια στο έδαφος ή υπερυψωμένα στρώματα εδάφους, στα οποία ως υπόστρωμα έχουν εφαρμοστεί από τοπικό έδαφος έως διάφορα μίγματα ελαφρότερων υλικών (πχ τύρφη, κομπόστ, κοπριά, περλίτης, βερμικουλίτης, βιοεξανδράκωμα) με ηλιοαπολύμανση ή χωρίς, και με χρήση αρχικού μικτού εμβολίου από την τοπική εδαφική κοινότητα των ΘΜΜ ή με καθαρές καλλιέργειες συγκεκριμένων ειδών ΘΜΜ. Ενδεικτικά από δοχείο με 0,11 m³ εμβολίου μπορούν να εμβολιαστούν 375700 φυτά [3].

Τα υλικά που επιλέχθηκαν για τα υποστρώματα είναι κατά βάση ανόργανα υλικά, τα οποία δεν χρειάζονται αποστείρωση για παθογόνα. Επίσης, ο βερμικουλίτης είναι ελαφρύ υλικό και διευκολύνει τον χειρισμό και εφαρμογή του τελικού εμβολίου. Στα υλικά συμπεριλαμβάνεται και κομπόστ, υλικό επίσης ελαφρύ, αλλά και αρκετά πλούσιο σε θρεπτικά. Το κομπόστ του εμπορίου που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να αντικατασταθεί από κομπόστ του ίδιου του παραγωγού, από υπολείμματα της καλλιέργειας των κηπευτικών. Η επιλογή της αναλογίας των υλικών με το κομπόστ έγινε με βάση τη βιβλιογραφία, όπου προτείνεται η περιεκτικότητα σε P 0,18-0,52% [3] και την περιεκτικότητα του κομπόστ (0,84% κ.β. ξ. ο. Ρ). Μετά από τρεις μήνες ανάπτυξης των φυτών στο υπόστρωμα ο μύκητας δεν είχε σποροποιήσει σε κανένα υπόστρωμα, ενώ ο αποικισμός ήταν καλύτερος στην υψηλότερη αναλογία κομπόστ (1:2) και χαμηλότερος στην υψηλότερη αραίωση (1:4). Και τα δύο αυτά υποστρώματα είχαν αγωγιμότητα άνω του 4 dS m⁻¹. Στο υπόστρωμα χωρίς κομπόστ ο αποικισμός ήταν 35%. Το C4 φυτό που χρησιμοποιήθηκε συγκομίζεται για μυκορριζικό εμβόλιο μετά από μια πλήρη καλλιεργητική περίοδο και αφού υποστεί τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα [5], αναμένεται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα να σποροποιήσει ο μύκητας και να αυξηθεί η παρουσία του μύκητα στις ρίζες και το υπόστρωμα. Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες του φετινού καλοκαιριού είναι πιθανόν να έδρασαν ανασταλτικά στην ανάπτυξη του μύκητα. Στις αρχές Οκτωβρίου διακόπηκε η άρδευση και αφού ξεραθούν τα φυτά θα γίνει νέα δειγματοληψία και θα επιλεγεί ένα εμβόλιο για εφαρμογή σε φυτά τομάτας, σε μισό στρέμμα σε κάθε ένα από τα τρία θερμοκήπια. Η διαδικασία, μετά από βελτιστοποίηση θα επαναληφθεί για ένα ακόμα έτος.

Συμπεράσματα: Η παραγωγή ποιοτικού μυκορριζικού εμβολίου, με υψηλή πυκνότητα σπορίων, πολλές μολυσματικές μονάδες και χωρίς παθογόνα, είναι εφικτό να γίνει από τους ίδιους τους καλλιεργητές. Χρειάζεται να βρεθούν τα κατάλληλα υλικά και αναλογίες για τα υποστρώματα, και μια πλήρης καλλιεργητική περίοδος, αντί για λίγους μόνο μήνες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Sylvia, D.E., et al. (1993), DOI: 10.2134/agronj1993.00021962008500020006x
2. Kapoulas, N., et al. (2019), DOI: 10.24326/asphc.2019.1.13
3. Douds, D.D. Jr., et al. (2006), DOI: 10.1016/j.biortech.2005.04.015
4. <https://www.fao.org/3/y4263e/y4263e0e.htm>
5. <https://rodaleinstitute.org/science/articles/quick-and-easy-guide-on-farm-production-of-arbuscular-mycorrhizal-fungus-inoculum/>

Επίδραση συγκαλλιέργειας χορτοδοτικών ψυχανθών-σιτηρών σε χημικές και μικροβιακές ιδιότητες του εδάφους

Ψαροπούλου Α.Σ., Γ. Παπαγεωργίου, Φ. Μπίλιας, Ι. Υψηλάντης, Ι. Τσιάλτας

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

Περίληψη: Η συγκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών-ψυχανθών είναι ευρέως εφαρμοζόμενη, καθώς οι συγκομιζόμενες χορτονομές αποτελούν σημαντικό προϊόν ζωτροφής [1]. Η συγκαλλιέργεια θεωρείται ότι συμβάλλει στη «βιώσιμη εντατικοποίηση» της γεωργικής παραγωγής, ενώ παρουσιάζει εξαιρετικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τη μονοκαλλιέργεια των αναφερόμενων ειδών [1][2]. Η αντικατάσταση, του κριθαριού από κτηνοτροφικό κουκί σε συγκαλλιέργεια με τρία χορτοδοτικά ψυχανθή επηρέασε εδαφικές παραμέτρους όπως το pH, τη συγκέντρωση θρεπτικών και τη δραστηριότητα φωσφατασών στη ριζόσφαιρα.

Λέξεις κλειδιά: κτηνοτροφικό κουκί, φωσφατάσες, εδαφικό pH, μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά

Εισαγωγή-Σκοπός: Σημαντικό στοιχείο εφαρμογής της συγκαλλιέργειας είναι η επιλογή κατάλληλων καλλιεργούμενων ειδών [2], ενώ παρόλο που οι έως τώρα μελέτες αφορούν τη συμβατότητα μεταξύ των συνυπαρχόντων ειδών με σκοπό την αύξηση της συγκομιζόμενης βιομάζας, απουσιάζουν ερευνητικά δεδομένα για το πώς η συγκαλλιέργεια επηρεάζει διάφορες εδαφικές παραμέτρους στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Επιπλέον, δεν έχει διερευνηθεί η πιθανότητα αντικατάστασης του σιτηρού, ως φυτού στήριξης, σε μίγματα με έρποντα ψυχανθή, από ψυχανθές με ισχυρό στέλεχος όπως το κτηνοτροφικό κουκί. Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθεί εάν η αντικατάσταση του κριθαριού από κτηνοτροφικό κουκί σε μίγματα με μπιζέλι, βίκο και λαθούρι επηρεάζει ιδιότητες του εδάφους όπως το pH, τις φωσφατάσες (όξινες και αλκαλικές) και τη συγκέντρωση των διαθέσιμων μορφών του εδάφους σε μακρο-, μικροθρεπτικά και Na.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα εγκαταστάθηκε, τις καλλιεργητικές περιόδους 2021-2022 (2022) και 2022-2023 (2023), στο Αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας του ΑΠΘ. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρως τυχαίοποιημένες ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις. Οι μεταχειρίσεις ήταν 11, πέντε μονοκαλλιέργειες (κριθάρι, κουκί, λαθούρι, βίκος, μπιζέλι) και έξι μίγματα (κριθάρι ή κουκί συνδυαζόμενα με λαθούρι, βίκο, μπιζέλι). Η σπορά του πειράματος έγινε τέλη Νοεμβρίου και η συγκομιδή έγινε στο στάδιο της πλήρους άνθισης για τα ψυχανθή ή της έναρξης άνθισης για το κριθάρι. Επιπλέον, έγινε δειγματοληψία εδάφους από κάθε πειραματικό τεμάχιο και προσδιορίστηκε η δραστηριότητα σε όξινες και αλκαλικές φωσφατάσες (ΟΦ, ΑΦ) [3], το εδαφικό pH, το διαθέσιμο N-NO₃, όπως επίσης και τα ανταλλάξιμα κατιόντα (K, Na, Ca, Mg), ο διαθέσιμος P (εκχύλιση κατά Olsen) και τα διαθέσιμα μικροθρεπτικά (Cu, Fe, Zn, Mn). Τα αποτελέσματα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Παραλλακτικότητας (ANOVA) με τη χρήση του στατιστικού πακέτου M-STAT.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Μεταξύ των ετών βρέθηκαν σημαντικές διαφορές για όλες τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, εκτός από τις συγκεντρώσεις των Na και K, αποδεικνύοντας ότι οι κλιματικές συνθήκες επηρέασαν σημαντικά τόσο τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, όσο και τη δραστηριότητα των φωσφατασών. Το εδαφικό pH, επίσης επηρεάστηκε από το έτος πειραματισμού, με τη μονοκαλλιέργεια κριθαριού να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή (Πίνακας 1). Ως προς το λαθούρι, η συγκαλλιέργειά του με κουκί παρουσίασε μεγαλύτερη δραστηριότητα σε ΑΦ (676,6 PN μg g⁻¹ h⁻¹) σε σύγκριση με τη συγκαλλιέργεια με κριθάρι, ενώ αποτέλεσε και τη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων. Η συγκέντρωση του Na ήταν υψηλότερη σε όλες τις μεταχειρίσεις με κριθάρι, ενώ για τον βίκο, η συγκαλλιέργεια με κουκί, αύξησε τη διαθεσιμότητα Cu και Zn. Επιπρόσθετα, η αντικατάσταση κριθαριού από κουκί, αύξησε σημαντικά τη διαθεσιμότητα εδαφικού K στις περιπτώσεις συγκαλλιέργειας με μπιζέλι και λαθούρι, αντίστοιχα.

Συμπεράσματα: Η παρούσα εργασία δείχνει ότι οι κλιματικές συνθήκες και η επιλογή καλλιέργειας επηρέασαν σημαντικά τις χημικές και μικροβιακές ιδιότητες του εδάφους. Το εδαφικό pH διαφοροποιήθηκε με το έτος πειραματισμού, ενώ η συγκαλλιέργεια με κουκί ενίσχυσε τη δραστηριότητα των ΑΦ στο λαθούρι και αύξησε τη διαθεσιμότητα K στο έδαφος. Για τον βίκο αύξησε τη διαθεσιμότητα Cu και Zn.

Πίνακας 1. Σύγκριση μέσων όρων εδαφικού pH, δραστηριότητας αλκαλικών (ΑΦ) και όξινων (ΟΦ) φωσφατασών, διαθέσιμων μορφών μακρο- (N, P, K, Ca, Mg), μικρο-θρεπτικών (Fe, Mn, Cu, Zn) και Na, στα εδαφικά δείγματα των μεταχειρίσεων. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν μεταξύ τους για $p < 0,05$. Όπου CV: συντελεστής παραλλακτικότητας.

Μεταχείριση	pH	ΟΦ	ΑΦ	N-NO ₃	P-Olsen	K
			PN μg g ⁻¹ h ⁻¹		mg kg ⁻¹	
Κριθάρι (Κρ)	8,03a	150,3bcd	464,2bcd	19,35ab	13,49d	111,5bc
Κουκί (Κ)	7,94e	191,5a	408,5d	12,82c	17,76a	112,8b
Βίκος (Β)	7,99bc	163,8abcd	403,6d	15,29bc	16,75ab	110,1bc

Μπιζέλι (Μ)	7,95de	138,7cd	510,0b	19,15ab	14,07cd	107,0bc
Λαθούρι (Λ)	7,95e	178,9abc	638,0a	21,81a	16,50ab	104,9bc
Κρ+Β	7,98bcd	203,7a	419,7cd	17,65abc	16,33abc	116,6b
Κρ+Μ	7,93e	137,1d	492,7bc	22,31a	17,24a	116,1b
Κρ+Λ	7,99b	148,1cd	516,9b	18,93ab	14,76bcd	97,25c
Κ+Β	7,99b	189,3ab	483,0bc	18,14abc	17,59a	116,9b
Κ+Μ	7,96cde	172,2abcd	470,9bcd	16,87abc	18,16a	134,8a
Κ+Λ	7,95e	165,8abcd	676,6a	21,00a	16,06abc	115,4b
Έτος						
2022	7,88b	133,8b	460,3b	12,0b	19,36a	116,35a
2023	8,05a	200,5a	536,7a	24,8a	13,13b	109,70a
CV (%)	0,48	24,35	14,83	30,13	14,54	13,50

Πίνακας 2.

Μεταχείριση	Na	Ca	Mg mg kg ⁻¹	Cu	Fe	Zn	Mn
Κριθάρι (Κρ)	76,79a	3768a	606,0a	2,80ab	9,84b	0,68c	13,77a
Κουκί (Κ)	29,25ef	3933a	607,8a	3,01a	10,80a	0,71bc	12,52a
Βίκος (Β)	36,25de	4073a	590,5a	2,94a	9,66bc	0,76ab	12,15a
Μπιζέλι (Μ)	31,00ef	3944a	634,9a	2,88ab	9,05bcd	0,73bc	11,29a
Λαθούρι (Λ)	29,83ef	4025a	627,5a	2,41c	8,91cd	0,74bc	13,13a
Κρ+Β	42,50cd	3787a	602,6a	2,42c	9,10bcd	0,75bc	12,31a
Κρ+Μ	61,21b	4392a	615,4a	2,43c	9,05bcd	0,73bc	12,04a
Κρ+Λ	44,88c	3743a	577,5a	2,17d	8,60d	0,72bc	10,64a
Κ+Β	24,25f	4295a	601,0a	2,69b	8,60d	0,83a	10,41a
Κ+Μ	24,50f	3901a	591,5a	2,37cd	8,93cd	0,77ab	12,74a
Κ+Λ	23,63f	3760a	589,2a	2,33cd	8,70d	0,77ab	12,11a
Έτος							
2022	37,93a	3741a	652,1a	3,17a	11,5a	0,79a	14,49a
2023	39,17a	4189b	556,0b	2,00b	6,8b	0,70b	9,72b
CV (%)	20,16	11,96	9,17	7,99	9,57	9,64	17,99

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Tsialtas I., et al. (2018), DOI: 10.1016/j.fcr.2018.07.005
2. Baxevanos D., et al. (2017), DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.024
3. Tabatabai, M.A. (1994), DOI: 10.2136/sssabookser5.2.c37

Ενότητα 4: Γονιμότητα εδαφών, λίπανση και θρέψη φυτών

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο σκληρό σιτάρι σε διαφορετικούς χρόνους σποράς

Βίτσα Σ.^{1,2}, Σπαράγγης Π.², Κυριάκου Χ.¹, Κατσένιος Ν.², Ευθυμιάδου Α.² και Γασπαράτος Δ.^{1*}

¹Τμήμα Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Αξιοποίηση Φυσιικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Σχολή Περιβάλλοντος και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Αθήνα. 11855

²Τμήμα Εδαφολογίας Αθηνών, Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-Δήμητρα, Σοφοκλή Βενιζέλου 1, Λυκόβρυση, 14123, Αττική. *gasparatos@aau.gr

Περίληψη: Η αζωτούχος λίπανση, καθώς και η επιλογή του κατάλληλου χρόνου σποράς έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών. Σε αυτή τη μελέτη, η αζωτούχος λίπανση και ο χρόνος σποράς εξετάστηκαν για την επίδρασή τους στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σκληρού σίτου και στην περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο. Στα φυτά που εφαρμόστηκε λίπανση καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές ξηρού βάρους (1166 kg/στρέμμα), απόδοσης της καλλιέργειας (577 kg/στρέμμα) και βάρους 1000 σπόρων (64 g), σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Όσον αφορά τον χρόνο σποράς, υπήρξε θετική επίδραση της πρώιμης σποράς στο ξηρό βάρος (1247 kg/στρέμμα), ωστόσο η απόδοση (566 kg/στρέμμα) ήταν υψηλότερη στις όψιμες καλλιέργειες. Η περιεκτικότητα σε N του εδάφους παρέμεινε σταθερή και δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τη λίπανση, αποδεικνύοντας ότι εφαρμόστηκε η κατάλληλη ποσότητα αζωτούχου λιπάσματος στα φυτά, καθώς δεν υπήρχε περίσσεια N στα εδάφη μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας.

Λέξεις κλειδιά: αζωτούχος λίπανση, χρόνος σποράς, σκληρό σιτάρι, ανάπτυξη φυτών, περιεκτικότητα εδαφικού N

Εισαγωγή-Σκοπός: Το σιτάρι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια γεωργία και οικονομία, καθώς αποτελεί βασική τροφή για τον άνθρωπο. Ωστόσο, η συνεχής αυξανόμενη ζήτηση τροφίμων οδηγεί στην υιοθέτηση αποτελεσματικότερων γεωργικών πρακτικών με στόχο τη βελτιστοποίηση της φυτικής παραγωγής και την αύξηση της ποιότητας της καλλιέργειας. Η σωστή επιλογή χρόνου σποράς και ρυθμού λίπανσης είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της παραγωγικότητας της καλλιέργειας και την αύξηση της απόδοσης. Είναι σημαντικό να διατηρείται ένα ισορροπημένο επίπεδο θρεπτικών ουσιών στο έδαφος έτσι ώστε να βελτιωθεί η γονιμότητα του εδάφους και να προωθηθεί η ανάπτυξη των φυτών χωρίς να προκληθούν περιβαλλοντικά προβλήματα. Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στο σκληρό σιτάρι σε πρώιμη και όψιμη σπορά. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ανάπτυξης των φυτών και της απόδοσης του σίτου, καθώς και ανάλυση της περιεκτικότητας σε N του εδάφους, προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια σκληρού σίτου σε διαφορετικούς χρόνους σποράς.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα πεδίου πραγματοποιήθηκε στον Ωρωπό, στην περιοχή της Αττικής, Ελλάδα. Το πείραμα ακολούθησε έναν εντελώς τυχαίο σχεδιασμό με δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας ήταν η λίπανση (με λίπανση ή χωρίς λίπανση) και ο δεύτερος παράγοντας ήταν ο χρόνος σποράς (πρώιμη και όψιμη σπορά). Οι συνολικές επεμβάσεις ήταν τέσσερις με τρεις επαναλήψεις η καθεμία. Ως εκ τούτου, το χωράφι χωρίστηκε σε 12 τεμάχια μεγέθους 6 m². Η πρώιμη σπορά του σκληρού σίτου πραγματοποιήθηκε στις 8 Νοεμβρίου 2021, ενώ η όψιμη σπορά πραγματοποιήθηκε στις 3 Δεκεμβρίου 2021. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 17 Ιουνίου 2022. Πραγματοποιήθηκαν δύο λιπάνσεις, βασική και επιφανειακή. Η βασική λίπανση πραγματοποιήθηκε κατά την σπορά, εφαρμόζοντας 16-20-0 N-P-K, 30kg/στρέμμα. Η επιφανειακή λίπανση έγινε στις αρχές Μαρτίου στο αδελφωμα, εφαρμόζοντας 26-0-0 N-P-K, 30kg/στρέμμα. Στους μάρτυρες δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση. Για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα διεξήχθη ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) χρησιμοποιώντας το λογισμικό IBM SPSS ver. 24, ενώ οι συγκρίσεις των μέσων όρων έγιναν σύμφωνα με τη δοκιμασία του Duncan ($p < 0,05$).

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η λίπανση επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα ξηρά βάρη, την απόδοση της καλλιέργειας και το βάρος 1000 σπόρων. Τα ξηρά βάρη και η απόδοση παρουσίασαν επίσης στατιστικές σημαντικές διαφορές με τον χρόνο σποράς (Πίνακας 1).

Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης ενίσχυσε την ανάπτυξη της καλλιέργειας σκληρού σίτου, καθώς οι μεγαλύτερες τιμές ξηρού βάρους (1166 kg/στρέμμα), απόδοσης (577 kg/στρέμμα) και βάρους 1000 σπόρων (64.2 g) παρατηρούνται στις επεμβάσεις με λίπανση (Πίνακας 2). Όσον αφορά τον χρόνο σποράς, παρατηρήθηκε ότι η πρώιμη σπορά επηρέασε θετικά τα ξηρά βάρη (1247 kg/στρέμμα), ωστόσο η απόδοση (566 kg/στρέμμα) της καλλιέργειας ήταν σημαντικά υψηλότερη στις όψιμες καλλιέργειες (Πίνακας 3).

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν από τους Shah et al. [1] οι οποίοι έδειξαν ότι οι επεμβάσεις με την υψηλότερη αζωτούχο λίπανση παρουσίασαν μεγαλύτερη απόδοση και βάρος 1000 σπόρων. Επίσης, οι Ma et al. [2] αναφέρουν ότι η όψιμη σπορά βελτίωσε την απόδοση του σιταριού συγκριτικά με την πρώιμη σπορά.

Η λίπανση και ο χρόνος σποράς δεν επηρέασαν την περιεκτικότητα του εδάφους σε N, με αποτέλεσμα να καταγράφονται παρόμοιες τιμές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων με λίπανση μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας. Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Agegnehu et al. (2016) έδειξαν ότι η αζωτούχος λίπανση αύξησε την απόδοση της καλλιέργειας και επίσης δεν επηρέασε τη συνολική περιεκτικότητα του εδαφικού N. Στο παρόν πείραμα, στις επεμβάσεις με λίπανση παρατηρήθηκε επίσης υψηλότερη απόδοση, συμπεραίνοντας ότι το προστιθέμενο N απορροφήθηκε από τα φυτά και προώθησε την ανάπτυξή τους.

Πίνακας 2: Επίδραση της λίπανσης, του χρόνου σποράς και της αλληλεπίδραση τους στο ξηρό βάρος, στην απόδοση της καλλιέργειας, στο βάρος 1000 σπόρων και στο εδαφικό N.

Παράγοντες	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)	Απόδοση (kg/στρέμμα)	Βάρος 1000 σπόρων (g)	Εδαφικό N (mg/g)
Λίπανση	7.159*	13.157**	37.916***	0.006ns
Χρόνος Σποράς	26.6***	6.579*	3.836ns	0.458ns
Λίπανση*Χρόνος Σποράς	0.254ns	0.937ns	2.643ns	0.032ns

Πίνακας 3: Επίδραση της λίπανσης στις μέσες τιμές των ξηρών βαρών, της απόδοσης, του βάρους 1000 σπόρων και της περιεκτικότητας του εδάφους σε N.

	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)	Απόδοση (kg/στρέμμα)	Βάρος 1000 σπόρων (g)	Εδαφικό N (mg/g)
Λίπανση	1,166±196 ^a	577±48 ^a	64.2±0.7 ^a	1.19±0.58
Χωρίς Λίπανση	992±224 ^b	502±41 ^b	56.1±3.8 ^b	1.16±0.30

Πίνακας 4: Επίδραση του χρόνου σποράς στις μέσες τιμές των ξηρών βαρών, της απόδοσης, του βάρους 1000 σπόρων και της περιεκτικότητας του εδάφους σε N.

	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)	Απόδοση (kg/στρέμμα)	Βάρος 1000 σπόρων (g)	Εδαφικό N (mg/g)
Πρώιμη Σπορά	1,247±138 ^a	513±48 ^b	61.4±3.8	1.27±0.52
Όψιμη Σπορά	911±141 ^b	566±58 ^a	58.9±5.9	1.08±0.36

Συμπεράσματα: Η παρούσα μελέτη συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών. Γνωρίζοντας ότι οι εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής διαφέρουν, κρίνεται αναγκαία η επιλογή κατάλληλου χρόνου σποράς της καλλιέργειας. Στις εξεταζόμενες συνθήκες η πρώιμη σπορά παρουσίασε τάση καλύτερης ανάπτυξης κατά την διάρκεια του πειράματος με την όψιμη όμως να υπερτερεί στην τελική απόδοση του σιταριού. Ακόμα η περιεκτικότητα του εδαφικού N παρέμεινε σταθερή αποδεικνύοντας ότι εφαρμόστηκε η κατάλληλη ποσότητα αζωτούχου λιπάσματος στα φυτά, καθώς δεν υπήρχε περίσσεια N στα εδάφη μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. S. Shah *et al.*, 'Nitrogen and Sulfur Rates and Timing Effects on Phenology, Biomass Yield and Economics of Wheat', *SJA*, vol. 34, no. 3, 2018, doi: 10.17582/journal.sja/2018/34.3.671.679.
2. S.-C. Ma, T.-C. Wang, X.-K. Guan, and X. Zhang, 'Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot', *Field Crops Research*, vol. 221, pp. 166–174, 2018, DOI: 10.1016/j.fcr.2018.02.028.
3. G. Agegnehu, P. N. Nelson, and M. I. Bird, 'Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols', *Soil and Tillage Research*, vol. 160, pp. 1–13, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.still.2016.02.003.

Εφαρμογή επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης με τη χρήση καινοτόμου τεχνολογίας που στοχεύει στη διαχείριση της παραλλακτικότητας των εδαφικών ιδιοτήτων

Ευαγγέλου Ε.¹, Σταματιάδης Σ.², Τσαντήλας Χ.¹

¹Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός Δήμητρα, Θεοφράστου 1, Λάρισα

²Εργαστήριο εδαφικής οικολογίας και Βιοτεχνολογίας, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Λεβίδου 13, Κηφισιά

Περίληψη: Στην εργασία παρουσιάζεται η εξέλιξη της εφαρμογής επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης, που στοχεύει στη διαχείριση της παραλλακτικότητας των εδαφικών ιδιοτήτων. Αρχικά, σε αγρό με καλλιέργεια βάμβακος, πριν τη σπορά, δημιουργήθηκαν διαχειριστικές ζώνες (ΔΖ), χρησιμοποιώντας πολυφασματικούς αισθητήρες που χαρτογραφούν την ανάκλαση του εγγύς υπέρυθρου φάσματος του γυμνού εδάφους. Η επιφανειακή αζωτούχος λίπανση εφαρμόστηκε σε κάθε ΔΖ διαφοροποιημένα, χρησιμοποιώντας για την εκτίμηση της βέλτιστης δόσης, αλγόριθμο που ενσωματώνει τις χωρικές διαφορές στο δείκτη χλωροφύλλης της καλλιέργειας. Η αποτελεσματικότητα της αζωτούχου λίπανσης σε σύγκριση με την συμβατική αυξήθηκε από 65% έως και 98% στις 3 ΔΖ που δημιουργήθηκαν. Εξελίσσοντας την προηγούμενη διαχείριση, σε καλλιέργεια χειμερινού σίτου, ο ίδιος αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε σε ένα πρωτότυπο και αυτοματοποιημένο σύστημα μεταβλητής παροχής αζώτου, που εφαρμόζει τις κατάλληλες ποσότητες λιπάσματος σε πραγματικό χρόνο. Η αποτελεσματικότητα της επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης σε σύγκριση με τη συμβατική αυξήθηκε κατά 67%. Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη που επιτυγχάνονται με τη χρήση τέτοιων καινοτόμων συστημάτων, με τα οποία επιτυγχάνεται αποτελεσματική διαχείριση της παραλλακτικότητας των εδαφικών ιδιοτήτων αποτελούν σοβαρό κίνητρο, ώστε η πολιτεία να υποστηρίξει τη διάδοση παρόμοιων τεχνολογιών στην υπηρεσία των παραγωγών.

Λέξεις κλειδιά: Μεταβλητή παροχή αζώτου, παραλλακτικότητα εδαφικών ιδιοτήτων, φυτικοί δείκτες

Εισαγωγή-Σκοπός: Στη συμβατική λίπανση των καλλιεργειών, η ποσότητα λιπάσματος εφαρμόζεται ομοιόμορφα στον αγρό, και η ποσότητα του λιπάσματος καθορίζεται συνήθως με βάση την απόδοση των τμημάτων των αγρών που έχουν τη μικρότερη απόδοση. Τα γόνιμα τμήματα του αγρού συχνά δέχονται μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες ποσότητες λιπάσματος, με οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται και στη Ελλάδα μια νέα προσέγγιση διαχείρισης των εισροών, που στοχεύει στην εφαρμογή τους ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες των φυτών, που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στα όρια του ίδιου αγρού [1]. Βασικός παράγοντας της διαφοροποίησης των αναγκών των φυτών στον ίδιο αγρό, αποτελεί η διαφοροποίηση εδαφικών ιδιοτήτων, που καθορίζουν και τη βέλτιστη αζωτούχο λίπανση. Στην εργασία, παρουσιάζεται η εξέλιξη της διαχείρισης της επιφανειακής λίπανσης, που βασίζεται στη χρήση αλγορίθμου που χρησιμοποιεί δείκτες ανάκλασης των φυτών, οι οποίοι παραλλάσσονται στα όρια του αγρού ανάλογα με τις εδαφικές ιδιότητες. Αρχικά η διαχείριση του αζώτου(N) πραγματοποιήθηκε σε ΔΖ, με σύστημα που χρησιμοποιεί πολυφασματικούς αισθητήρες, το οποίο εξελίχθηκε σε ένα πρωτότυπο αυτοματοποιημένο σύστημα μεταβλητής παροχής N, που εφαρμόζει τις κατάλληλες ποσότητες λιπάσματος σε πραγματικό χρόνο, ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών.

Υλικά και Μέθοδοι: Αρχικά σε αγρό με καλλιέργεια βάμβακος το 2011 στη περιοχή του Ομορφοχωρίου Λάρισας, μέσω χαρτογράφησης της ανάκλασης του εγγύς υπέρυθρου φάσματος (NIR) με τη χρήση πολυφασματικών αισθητήρων, έγινε διαχωρισμός τμημάτων των αγρών με διαφορετικές τιμές ανάκλασης και οριοθετήθηκαν διαφορετικές ΔΖ με σημαντικές διαφορές σε εδαφικές ιδιότητες, όπως ποσοστό αργίλου, οργανικής ουσίας και υδατοικανότητας, οι οποίες επιβεβαιώθηκαν με αναλύσεις αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων (Πίν.1). Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε N παρακολουθούνταν εβδομαδιαίως με πολυφασματικούς αισθητήρες, που υπολόγιζαν το δείκτη χλωροφύλλης (CI), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε από το μοντέλο των Holand and Schepers (2010) [2].

Πίνακας 1. Επιλεγμένες εδαφικές ιδιότητες των τριών ΔΖ των δύο αγρών (μ.ό. 6 δειγμάτων σε κάθε σε κάθε ΔΖ)

	Βαμβάκι			Σιτάρι		
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	1 ^η	2 ^η	3 ^η
Άργιλος, %	43a	45a	36b	44a	36b	46a
Άμμος, %	25b	23,7b	39,5a	38b	43a	34b
Οργαν. ουσία, %	1,55a	1,20b	0,91c	2,02a	1,44b	1,87b
Υδατοικανότητα, %	64,9a	64,1a	57,5b	-	-	-
Ολικό N, %	0,09a	0,07b	0,06b	0,12a	0,09b	0,10b
CaCO ₃ , %	3a	2a	2a	5,4c	26,3 b	35,2a
pH	7,72a	8,05a	8,10a	8,1a	8,3a	8,4a
EC, μS/cm	774a	576b	523b	500 a	425b	510a

Για κάθε καλλιέργεια, τιμές της ίδιας εδαφικής ιδιότητας με διαφορετικό γράμμα μεταξύ των τριών ΔΖ διαφέρουν σημαντικά για $p < 0.05$ σύμφωνα με το LSD post hoc test

Το μοντέλο αυτό υπολογίζει τη δόση N για κάθε ΔΖ χωριστά, που εφαρμόζεται μέσω κατάλληλου δικτύου άρδευσης. Η απόδοση για κάθε ΔΖ συγκρίθηκε με τον μέσο όρο της απόδοσης του υπόλοιπου αγρού, στον οποίο χρησιμοποιήθηκε η συμβατική πρακτική λίπανσης της περιοχής. Ο ίδιος αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε το 2016 σε καλλιέργεια σίτου, σε ένα πρωτότυπο και

αυτοματοποιημένο σύστημα μεταβλητής παροχής N, που εφαρμόζει τις κατάλληλες ποσότητες λιπάσματος σε πραγματικό χρόνο, ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες των φυτών, όπως αυτές αντανακλώνται μέσω των δεικτών ανάκλασης NDVI ή NDRE. Το σύστημα δοκιμάστηκε σε ένα αγρό με κλίση, στη Νέα Λεύκη Λάρισας που είχε σημαντική παραλλακτικότητα στις εδαφικές ιδιότητες σε 3 διακριτές ζώνες, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και αναλύσεις εδάφους (Πίν.1). Ο πειραματικός σχεδιασμός καθώς και η περιγραφή του συστήματος μεταβλητής παροχής περιγράφονται από τους Stamatiadis et al. (2016) [3].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στο βαμβάκι, η συνολική ποσότητα αζωτούχου λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε στη συμβατική λίπανση, υπερέβη την ικανότητα αφομοίωσης του από την καλλιέργεια, με περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες από τον κίνδυνο απώλειας N που δεν χρησιμοποιήθηκε από τη καλλιέργεια. Αντίθετα, η διαχείριση της επιφανειακής λίπανσης ανά ζώνες διαχείρισης, είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της συνολικής ποσότητας N, χωρίς μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών (Πίν. 2). Με δεδομένο ότι η βασική λίπανση πριν τη σπορά πραγματοποιήθηκε ενιαία σε όλο τον αγρό, οι μειώσεις του συνολικού N στις ζώνες διαχείρισης ήταν 34%, 44% και 38% για την 1^η, 2^η και 3^η, ζώνη αντίστοιχα, συγκριτικά με τη συμβατική διαχείριση του N. Η χρήση του CI στον αλγόριθμο φαίνεται ότι κανονικοποίησε τις ποσότητες N που χρειαζόταν η καλλιέργεια, οι οποίες διέφεραν από ζώνη σε ζώνη. Οι διαφορές στο CI μεταξύ των ζωνών διαχείρισης, ως αποτέλεσμα της διαφορετικής γονιμότητας του εδάφους κάθε ζώνης, οδήγησε σε διαφοροποιήσεις εφαρμοζόμενου N μεταξύ των ζωνών από 7% έως 17%. Οι μειώσεις των ποσοτήτων N συνεπάγονται μεγάλη αύξηση της αποτελεσματικότητας της επιφανειακής λίπανσης (NUE), που έφτασε μέχρι και 73% σε σύγκριση με τη συμβατική λίπανση, στην οποία ήταν 35%.

Πίνακας 2. Επίδραση της διαφοροποιημένης αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση των δύο καλλιεργειών

	Βαμβάκι				Σιτάρι	
	1 ^η ΔΖ	2 ^η ΔΖ	3 ^η ΔΖ	Συμβατική	Διαφοροποιημένη	Συμβατική
Απόδοση, kg/ha	3437	3678	3988	3240	5891	5815
Εφαρμογή N, kg/ha	118	101	111	181	131	212
N σπόρο, kg/ha	68	73	79	63	38	43
NUE*	0,58	0,73	0,72	0,35	0,45	0,27

*NUE: Nitrogen Use Efficiency

Στο σιτάρι αναδείχθηκε η σημαντική επίδραση της διάβρωσης του εδάφους στις διαφορετικές ζώνες του αγρού. Στη 2^η ζώνη με τη μεγαλύτερη κλίση, το έδαφος έχει σημαντικά μικρότερα ποσοστά αργίλου, οργανικής ουσίας και ολικού N και υψηλότερες τιμές CaCO₃, ως αποτέλεσμα της απομάκρυνσης του επιφανειακού εδάφους που αποκάλυψε βαθύτερα στρώματα πλησίον του μητρικού υλικού, το οποίο είναι πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο. Η διαφοροποίηση της επιφανειακής λίπανσης συσχετίστηκε με την επίδραση της διάβρωσης, καθώς το σύστημα εφάρμοσε τις μεγαλύτερες δόσεις N στην περιοχή με τη μεγαλύτερη κλίση και μείωσε σημαντικά την δόση N στα πιο γόνιμα τμήματα στο κατώτερο τμήμα του αγρού. Ο δείκτης βλάστησης που χρησιμοποιήθηκε στον αλγόριθμο, κατά την επιφανειακή λίπανση στο στάδιο του αδελφώματος ήταν ο NDVI, που όπως και στις ΔΖ, υπολόγισε με επιτυχία δόσεις λίπανσης ανάλογα με τη γονιμότητα του αγρού, μειώνοντας σημαντικά τη συνολική ποσότητα αζώτου που χρησιμοποιήθηκε χωρίς απώλεια στην τελική απόδοση (Πίν. 2). Η διαφοροποιημένη επιφανειακή λίπανση σε πραγματικό χρόνο, μείωσε τη συνολική ποσότητα N κατά 38% σε σχέση με τη συμβατική λίπανση. Αυτό οδήγησε σε σημαντική αύξηση της NUE από 27% στη συμβατική σε 45% στη διαφοροποιημένη, αναδεικνύοντας την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του λιπάσματος με σοβαρά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Συμπεράσματα: Ο συμβατικός τρόπος υπολογισμού των επιφανειακών λιπάνσεων οδηγεί σε αυξημένες δόσεις N σε σχέση με τις πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών, ιδίως στα μειωμένης γονιμότητάς τμήματα του αγρού οδηγώντας σε σημαντικές απώλειες του N με σοβαρές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Η χρήση των φυτικών δεικτών στον υπολογισμό των δόσεων του N συμβάλλει σημαντικά στην αποτελεσματικότερη εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς η ανάπτυξη των υγιών φυτών ενσωματώνει τις διαφορές που προκαλούνται από τη διαφοροποίηση της γονιμότητας, όπως αυτή καθορίζεται από τις διαφορές στις εδαφικές ιδιότητες εντός του ίδιου αγρού. Συστήματα μεταβλητής παροχής N σε πραγματικό χρόνο, αντιμετωπίζουν το σοβαρό πρόβλημα του τρόπου εφαρμογής των δόσεων στη διαφοροποιημένη λίπανση, οι οποίες μπορούν να υπολογιστούν και από άλλες πηγές, όπως π.χ. οι δορυφορικές εικόνες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Evangelou, E. Stamatiadis, S., Schepers J., Glambedakis A. Glambedakis M., Derkas N., Tsadilas, C., Nikoli T. 2020), DOI: 10.1007/s11119-019-09705-2
2. Holland, K. H. & Schepers, J. S. (2010), DOI: 10.2134/agronj2010.0015
3. Stamatiadis, S., et al. (2018), DOI: 10.1007/s11119-017-9540-7

Κομποστοποίηση νεκρών ζώων ως εναλλακτική μέθοδος της ταφής, μεταποίησης και αποτέφρωσης

Καβασιλής Στ.¹, Ντούλα Μ.Κ.², Ζορπάς Α.Α.¹, Καμπάνης Λ.³

¹Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών, Εργαστήριο Χημικής Μηχανικής και Μηχανικής Αειφορίας, Γιάννου Κρασιδιώτη 39, 2236, Λατσιά Λευκωσίας, Κύπρος

²Μπενάκειο, Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής, Στεφάνου Δέλα 8, Κηφισιά, Τ.Κ. 14561, Ελλάδα

³Λ. Καμπάνης Α.Ε., Ιφιγενείας 81, Νέα Ιωνία, Τ.Κ. 14231, Ελλάδα

Περίληψη: Η διαχείριση των νεκρών ζώων είναι μία δύσκολη διαδικασία και εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη μετάδοση ανθρωποζωνοσώων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα αγροδασικά/κτηνοτροφικά οικοσυστήματα. Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι διαχείρισης δεν είναι ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον και δεν προωθούν την κυκλικότητα. Το πρόβλημα της κακής διαχείρισης των νεκρών ζώων εντείνεται και λόγω της νομοθεσίας, η οποία δίνει βαρύτητα κυρίως σε θέματα παθογόνων. Η κομποστοποίηση νεκρών ζώων είναι μία πολλά υποσχόμενη, καινοτόμος μέθοδος για την Ευρώπη, η οποία μπορεί να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις αυτές προστατεύοντας τους φυσικούς πόρους και το περιβάλλον. Στην παρούσα μελέτη, παρασκευάστηκαν τρεις σωροί κομποστοποίησης με πράσινα απόβλητα (κλαδεύματα κηποτεχνίας) και δύο ενήλικα πρόβατα στον καθένα, ενώ σε δύο εξ αυτών προστέθηκε κλινοπτιλόλιθος σε ποσοστό 5%. Στον ένα σωρό προστέθηκε στην αρχή της διαδικασίας, ενώ στον άλλον μετά την ολοκλήρωση του δεύτερου θερμικού κύκλου. Συγκρίνοντας τις ιδιότητες των τριών παραγόμενων κόμποστ με τα πρότυπα της ΕΕ και των ΗΠΑ προέκυψε ότι τα κομπόστ με ζεόλιθο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θρεπτικό υπόστρωμα φυτών χωρίς κανέναν περιορισμό. Επιπλέον, ο κλινοπτιλόλιθος δείχνει να έχει επιλεκτικότητα και να σχηματίζει σύμπλοκα με στοιχεία όπως τα Ca, Mg, Fe τα οποία πιθανό να προέρχονται από την σταδιακή αποσύνθεση σκληρών ιστών των ζώων, όπως τα οστά.

Λέξεις κλειδιά: Κομποστοποίηση, νεκρά ζώα, πράσινα απόβλητα, κλινοπτιλόλιθος, αγροδασικά/κτηνοτροφικά συστήματα.

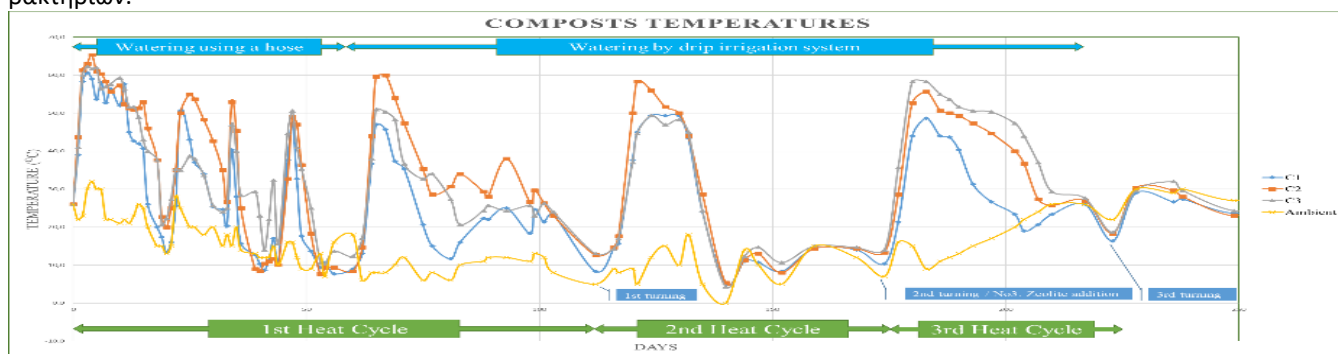
Εισαγωγή-Σκοπός: Η θνησιμότητα των ζώων εκτροφής αγγίζει το 4%, χωρίς να συγκαταλέγονται οι μαζικοί θάνατοι που προκαλούνται λόγω επιζωοτιών και φυσικών καταστροφών [1]. Η ταφή, η μεταποίηση και η αποτέφρωση είναι οι τυπικές μέθοδοι διαχείρισης νεκρών ζώων αλλά δεν θεωρούνται ιδιαίτερα πρακτικές από τους παραγωγούς [2]. Η κομποστοποίηση είναι μία μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον και χαμηλού κόστους. Το παραγόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται ως υψηλής θρεπτικής αξίας εδαφοβελτιωτικό [3]. Οι φυσικοί ζεόλιθοι ευνοούν την παρασκευή κομπόστ υψηλής ποιότητας λόγω διαδικασιών ιονταλλαγής στο τρισδιάστατο πλέγμα τους, όπως διαπιστώθηκε και στη μελέτη αυτή και της αντιμικροβιακής δράσης τους. Σκοπός της μελέτης είναι η ανάπτυξη μίας τεχνικής κομποστοποίησης, η οποία θα αξιοποιεί τα νεκρά ζώα με πράσινα απόβλητα, ώστε να παραχθούν, με ασφαλείς διαδικασίες, θρεπτικά υποστρώματα φυτών απαλλαγμένα από παθογόνα, ενώ ταυτόχρονα θα προωθείται η προστασία του εδάφους, η αειφορία και η βιωσιμότητα των αγροδασικών/κτηνοτροφικών συστημάτων.

Υλικά και μέθοδοι: Το πείραμα υλοποιήθηκε στην Ελλάδα. Χρησιμοποιήθηκαν 6 θηλυκά ενήλικα πρόβατα, ηλικίας 7-8 ετών, 50-55 Kg έκαστο. Τα πρόβατα παραλήφθηκαν από σφαγείο, δεν τεμαχίστηκαν, δεν αφαιρέθηκε το μαλλί ούτε κάποιο ζωτικό όργανο και δεν πραγματοποιήθηκε καμία επιπλέον τομή. Τα πράσινα απόβλητα προέρχονται από κλαδεύματα κηποτεχνίας ξηροθερμικών ειδών της Μεσογειακής βλάστησης τα οποία και θρυμματίστηκαν. Ο φυσικός ζεόλιθος του πειράματος ήταν κλινοπτιλόλιθος διαστάσεων <0,8 mm. Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα τσιμεντένιο δάπεδο πάνω στο οποίο δημιουργήθηκαν οι τρεις σωροί. Τα υλικά των σωρών τοποθετήθηκαν σε στρώσεις. Η πρώτη στρώση είχε άχυρο σίτου διαστάσεων 2,0x2,0x0,3 m, ενώ για τη δεύτερη στρώση χρησιμοποιήθηκαν 1,5 m³ πράσινων αποβλήτων. Έπειτα, τοποθετήθηκαν δύο πρόβατα σε κάθε σωρό σε παράλληλη θέση και περίπου 50 cm πάνω από το δάπεδο. Τα πρόβατα καλύφθηκαν με περίπου 3 m³ πράσινων αποβλήτων. Οι τελικές διαστάσεις κάθε σωρού ήταν 2,0x2,0x1,3 m, περίπου 5 m³. Γύρω από τους σωρούς τοποθετήθηκαν αχυρόμαπαλες, ώστε να αποτραπεί η πιθανή δυσοσμία από την αποσύνθεση των πτωμάτων καθώς και η προσέγγιση πτωματοφάγων ζώων. Στον δεύτερο σωρό προστέθηκε 5% κλινοπτιλόλιθος σε 3 στρώσεις και στον τρίτο η ίδια ποσότητα ζεόλιθου πριν την έναρξη του τρίτου θερμικού κύκλου, προκειμένου να μελετηθεί η επίδρασή του στην διαδικασία και στο τελικό προϊόν.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Η κομποστοποίηση διήρκεσε 220 μέρες και οι θερμοκρασίες ανήλθαν έως τους 61-66°C. Η πρώτη αναστροφή πραγματοποιήθηκε την 116^η ημέρα, όταν οι θερμοκρασίες των σωρών εξισώθηκαν με αυτές του περιβάλλοντος (1^{ος} θερμικός κύκλος). Μετά την αναστροφή παρατηρήθηκε εκ νέου μεγάλη άνοδος των θερμοκρασιών. Η δεύτερη αναστροφή πραγματοποιήθηκε την 174^η ημέρα οπότε ολοκληρώθηκε και ο 2^{ος} θερμικός κύκλος. Τότε προστέθηκε ο ζεόλιθος στον τρίτο σωρό. Παρατηρήθηκε και 3^{ος} θερμικός κύκλος, ενώ η τρίτη αναστροφή έγινε την 228^η ημέρα και κατόπιν διαπιστώθηκε ολοκλήρωση της κομποστοποίησης (Εικόνα 1). Με το τέλος της διαδικασίας ο όγκος των σωρών μειώθηκε περίπου κατά 60% και ήταν ορατά μόνο τα σκληρά οστά (κρανία, δόντια κ.λπ.). Η διαβροχή έγινε αρχικά με σωλήνα άρδευσης τις ημέρες 0, 20, 22 και 32. Η τρόπος αυτός δεν ήταν ο ενδεδειγμένος, καθώς ο ρυθμός απορρόφησης υγρασίας από τα πράσινα απόβλητα ήταν πολύ μικρός. Έτσι, εγκαταστάθηκε αρδευτικό σύστημα στάγδην άρδευσης Φ16 με ενσωματωμένους σταλάκτες (3 σταλάκτες/m), παροχής 2 L/h. Προστέθηκαν 240 L νερού την 42^η ημέρα σε κάθε σωρό, σε διάστημα 5 ωρών. Τις ημέρες 43, 44, 51, and 60, προστέθηκαν 480 L νερού σε κάθε σωρό, σε διάστημα 10 ωρών. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας κομποστοποίησης δεν παρατηρήθηκαν δυσάρεστες οσμές και δεν πλησίασαν τους σωρούς πτωματοφάγα ζώα. Τα παραγόμενα κομπόστ ήταν πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και ικανοποιούσαν τις περισσότερες προδιαγραφές και πρότυπα της ΕΕ και των ΗΠΑ. Η προσθήκη κλινοπτιλόλιθου

βελτίωσε τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, όπως την ωριμότητα, τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών, τον δείκτη βλαστικότητα, τα παθογόνα.

Η ιοανταλλαγή είναι μία δυναμική διαδικασία ανταλλαγής ιόντων, κατά την οποία ιόντα από τις εξωτερικές/εσωτερικές θέσεις του κλινοπτιλόλιθου ανταλλάσσονται με ιόντα του διαλύματος. Τα σύμπλοκα εξωτερικής σφαίρας καθορίζουν κυρίως την ΙΑΚ ενός υλικού, ενώ τα σύμπλοκα εσωτερικής σφαίρας είναι πιο σταθερά λόγω σχηματισμού ομοιοπολικών δεσμών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η σειρά εκλεκτικότητας του ζεόλιθου στα κατιόντα είναι: $Cs^+ > Rb^+ > K^+ > NH_4^+ > Ba^{2+} > Sr^{2+} > Na^+ > Ca^{2+} > Fe^{3+} > Al^{3+} > Mg^{2+} > Li^+[4]$, αν και είναι πιθανές διάφορες παραλλαγές. Η επιλεκτικότητα των ζεόλιθων αξιολογείται και ως προς το συντελεστή κατανομής K_d , δηλαδή την αναλογία της συγκέντρωσης ενός κατιόντος στον ζεόλιθο και στο διάλυμα που βρίσκεται σε ισορροπία. Κατά την κομποστοποίηση ο ζεόλιθος προσρόφησε Ca, Mg και Fe και εκρόφησε K και Na (Πίνακας 1). Οι ποσότητες κατιόντων που προσροφήθηκαν στα κομπόστ Νο2 και Νο3 είναι σχεδόν ίσες με τις ποσότητες που εκροφήθηκαν (κατιόντα όπως H^+ , βαρέα μέταλλα, Al^{3+} , NH_4^+ δεν ελήφθησαν υπόψη λόγω μικρής συνεισφοράς). Η σειρά εκλεκτικότητας του κλινοπτιλόλιθου βάσει των πειραματικών αποτελεσμάτων είναι η ακόλουθη: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Fe^{3+} > K^+ > Na^+$. Καθοριστικός παράγοντας είναι το Ca, λόγω της υψηλής διαθεσιμότητας κατά την αποσύνθεση των ζώων (ιδιαίτερα των οστών), όπου ανάγκασε το K και το Na να απομακρυνθούν από το πλέγμα του κλινοπτιλόλιθου και να εισέλθουν στο διάλυμα. Αυτό επιβεβαιώνεται από το κομπόστ Νο3 που εμφανίζει ακριβώς την ίδια συμπεριφορά και παρόμοια ποσοτικά δεδομένα προσρόφησης και εκρόφησης κατιόντων, όπου ο ζεόλιθος προστέθηκε όταν η σάρκα είχε αποσυντεθεί ενώ τα οστά ήταν σε προχωρημένη αποσύνθεση, δηλαδή η διαθεσιμότητα του Ca και του Mg ήταν υψηλότερη. Λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση της ΙΑΚ του ζεόλιθου και επίσης τη μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα των κομπόστ Νο2 και Νο3 σε σύγκριση με το Νο1, είναι πιθανός ο σχηματισμός συμπλόκων εσωτερικής σφαίρας μεταξύ ζεόλιθου και Ca, Mg και Fe. Τέλος, στα κομπόστ που προστέθηκε ο κλινοπτιλόλιθος παρατηρήθηκε 680 φορές μικρότερη συγκέντρωση των Enterobacteriaceae από ότι στο κομπόστ που παρασκευάστηκε χωρίς τη προσθήκη ζεόλιθου, λόγω της αντιμικροβιακής δράσης του κλινοπτιλόλιθου έναντι των Gram+/Gram- βακτηρίων.



Εικόνα 1. Μέσες θερμοκρασίες, θερμικοί κύκλοι, αναστροφές και διαβροχές των σωρών κομποστοποίησης.

Πίνακας 1. Προσρόφηση/εκρόφηση στοιχείων από τον κλινοπτιλόλιθο κατά τη κομποστοποίηση νεκρών ζώων.

Παράμετρος	Κλινοπτιλόλιθος (A)	Κομπόστ Νο2 (B)	Κομπόστ Νο3 (C)	B-A	C-A
	$cmol_{(+)} kg^{-1}$				
Fe	0,32	0,43	0,41	0,11	0,09
Ca	2,66	6,88	7,38	4,21	4,71
Mg	0,51	0,66	0,71	0,15	0,20
Na	2,17	0,57	0,70	-1,16	-1,48
K	7,14	4,09	3,58	-3,55	-3,55
Ολική προσρόφηση κατιόντων		4,48	5,00		
Ολική εκρόφηση κατιόντων		4,65	5,03		

Συμπεράσματα: Για την κομποστοποίηση δύο νεκρών προβάτων (100-110 Kg) με πράσινα απόβλητα απαιτούνται 180-210 ημέρες και τρεις θερμικοί κύκλοι. Ο βέλτιστος τρόπος διαβροχής των σωρών είναι το σύστημα στάγδην άρδευσης. Τα παραγόμενα κομπόστ είναι υψηλής θρεπτικής αξίας και συμμορφώνονται με τα περισσότερα πρότυπα της ΕΕ και των ΗΠΑ. Η κομποστοποίηση νεκρών ζώων ως μέθοδος διαχείρισης ενός μείζονος προβλήματος, ειδικά υπό τον κίνδυνο φυσικών καταστροφών, θα μπορούσε να είναι μια εναλλακτική, αειφόρος πρακτική, η οποία ταυτόχρονα προστατεύει τους φυσικούς πόρους και επιστρέφει μεγάλες ποσότητες οργανικού άνθρακα στα εδάφη. Παρ' όλα αυτά, περεταίρω μελέτη για ανθρωποζωνόσους κρίνεται απαραίτητη, όπως και η ανάπτυξη νομοθετικού πλαισίου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Composting animal mortalities: A producers's guide, Saskatchewan Agriculture, Food and Rural Revitalization, Regina, Canada, p 1-28 ISSN 1708-8895 CD0152
2. Morse D.E., et al. (2001), Composting Animal Mortalities, Minnesota Department of Agriculture, Agricultural Development Division, Minnesota, USA
3. Bonhotal J. et al. (2014), Composting animal mortalities, Cornell Waste Management Institute, Department of Crop and Soil Science, Ithaca NY, USA, Cornell Waste Management Institute, p. 3-23
4. Mumpton F.A., 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, vol 96, pp. 3463-3470

Αξιολόγηση της ανάπτυξης καλλιέργειας quinoa, με τη χρήση δεικτών αζώτου

Κακαμπούκη Ι.¹, Μαυροειδής Α.¹, Σταυρόπουλος Π.¹, Ρούσσης Ι.¹, Μπιλάλης Δ.^{1*}

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα,

E-mail: bilalis@aaua.gr

Περίληψη: Το ενδιαφέρον για την παραγωγή και την εξάπλωση της quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), ολοένα και αυξάνεται. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια quinoa. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο Crop Growth Rate - CGR, ο Harvest Index - HI, ο Nitrogen Utilization Efficiency- NUtE, ενώ μετρήθηκε και η απόδοση της καλλιέργειας σε πρωτεΐνη. Το πείραμα διεξήχθη στην Θεσσαλία, σε τρεις διαφορετικές ποικιλίες quinoa. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, από τον δείκτη CGR προκύπτει πως η ποικιλία Runo είναι ταχύτερης ανάπτυξης. Ο HI εντοπίστηκε υψηλότερος στις ποικιλίες Bastille (0,22) και Titikaka (0,23), σε αντίθεση με την ποικιλία Runo (0,18). Η υψηλότερη τιμή για τον δείκτη NUtE σημειώθηκε στην ποικιλία Titikaka (7,10), σε αντίθεση με τις Bastille (6,82) και Runo (5,49). Η απόδοση σε πρωτεΐνη σημειώθηκε μεγαλύτερη στις ποικιλίες Bastille (25,02 kg / στρ) και Titikaka (22,71 kg / στρ), ενώ η ποικιλία Runo έδωσε χαμηλότερη απόδοση (17,07 kg / στρ). Παρόλο που η ποικιλία Runo είχε την ταχύτερη ανάπτυξη, φαίνεται να μην αξιοποίησε το άζωτο τόσο καλά όσο οι άλλες δύο ποικιλίες (NUtE_P < NUtE_B και NUtE_T), πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τις χαμηλότερες τιμές της Runo στον δείκτη HI και στην απόδοση σε πρωτεΐνη.

Λέξεις κλειδιά: CRG, HI, NUtE, quinoa

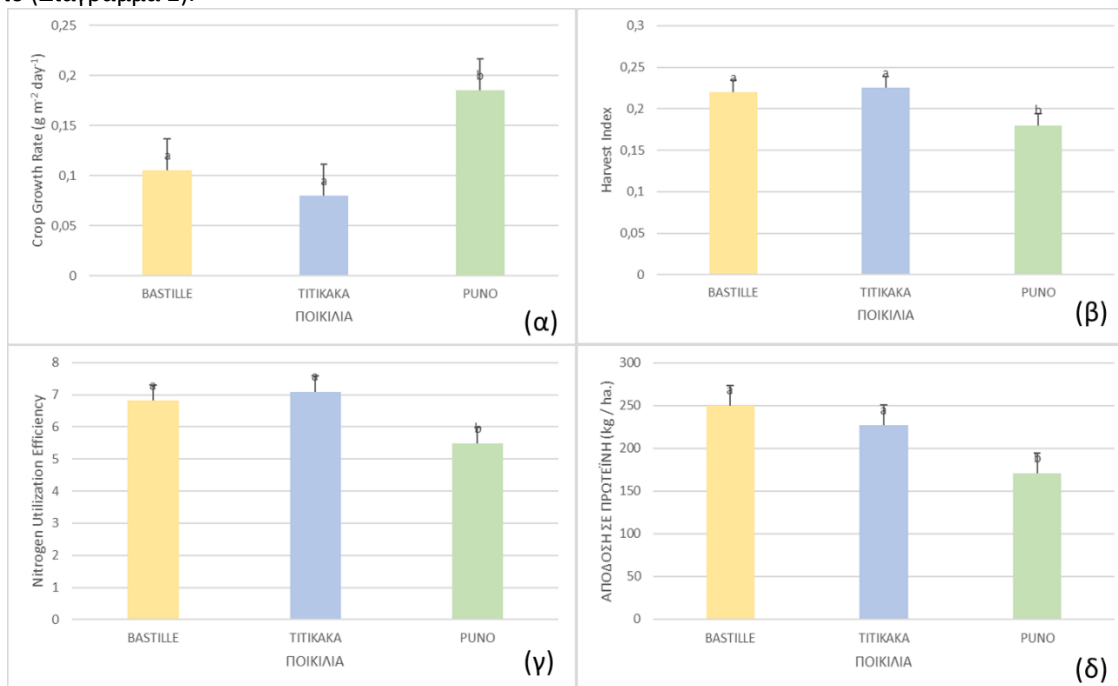
Εισαγωγή-Σκοπός: Η quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), αποτελεί μια καινοτόμο καλλιέργεια, με ιδιαίτερο καλλιεργητικό ενδιαφέρον για την Ευρώπη [1, 2]. Η αξιολόγηση της ανάπτυξης των φυτών είναι ένα θέμα σημαντικό. Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να γίνει ανάλυση της ανάπτυξης σε ένα φυτό είναι οι καλλιεργητικοί δείκτες [4]. Ένας από τους παλαιότερους και χρησιμότερους δείκτες είναι ο ρυθμός ανάπτυξης καλλιέργειας (Crop Growth Rate – CGR). Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζει τη μεταβολή του ξηρού βάρους σε μία δοσμένη χρονική περίοδο. Ένας ιδιαίτερα χρήσιμος δείκτης για την γεωργία είναι ο δείκτης συγκομιδής. Ο Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index – HI) αποτελεί την ποσοτικοποίηση της απόδοσης μιας καλλιέργειας σε σχέση με τη συνολική της βιομάζα. Εκτός από την ανάπτυξη του φυτού, οι δείκτες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην αξιολόγηση των εισροών μιας καλλιέργειας. Αναλυτικότερα, υπάρχουν δείκτες με τους οποίους κρίνεται η ορθή χρήση λιπασμάτων σε καλλιέργειες. Ένας τέτοιος δείκτης είναι ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου (Nitrogen Utilization Efficiency – NUtE), όπου λειτουργεί ως ένδειξη της αποτελεσματικότητας της λίπανσης. Ορίζεται ως ο λόγος της απόδοσης σε σπόρο προς την περιεκτικότητα σε N των υπέργειων τμημάτων [4].

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της ανάπτυξης καλλιέργειας quinoa. Η αξιολόγηση γίνεται με την χρήση δεικτών αζώτου και άλλων δεικτών, οι οποίοι εξυπηρετούν τον συγκεκριμένο σκοπό.

Υλικά και Μέθοδοι: Για την πραγματοποίηση της μελέτης επιλέχθηκαν 9 γειτονικοί αγροί, με μέση έκταση 8 στρέμματα, στην περιοχή της Θεσσαλίας. Έπειτα από εδαφολογική ανάλυση προέκυψε ότι τα εδάφη ήταν αργιλοπηλώδη, ελαφρώς αλκαλικά (pH 7,82 – 8), με περιεκτικότητα 28 – 30, 32 – 46 και 239 – 257 mg / kg σε ολικό N, P και K, αντίστοιχα. Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο, με παράγοντα την ποικιλία. Επιλέχθηκαν τρεις ποικιλίες quinoa (Bastille, Titikaka, Runo), οι οποίες σπάρθηκαν με σπαρτική, σε αποστάσεις 50 cm μεταξύ των γραμμών και 2 cm επί της γραμμής. Πραγματοποιήθηκε λίπανση με λίπασμα 21-17-0 + 4 S + 0,15 Zn - 70 κιλά / στρέμμα. Τα ζιζάνια αντιμετωπίστηκαν με την χρήση καλλιεργητή και βοτανισμάτων. Για την αξιολόγηση της ανάπτυξης και της λίπανσης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω δείκτες: **CGR= ((W2-W1))/((t2-t1)), HI=(Ξηρό βάρος σπόρων φυτού)/(Συνολικό ξηρό βάρος φυτού), NUtE=(Απόδοση σε σπόρο)/(N υπέργειου τμήματος)**. Για την εκτίμηση της απόδοσης σε πρωτεΐνη πολλαπλασιάστηκε η απόδοση σε άζωτο με τον αριθμό 6,25. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SigmaPlot 12 (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA). Όλες οι συγκρίσεις έγιναν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Αποτελέσματα– Συζήτηση: Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, φαίνεται πως η Runo είναι ταχείας ανάπτυξης ενώ οι Bastille και Titikaka είναι μέτριας. Ο δείκτης CGR εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος στην ποικιλία Runo (0,19 gm⁻² ημέρα⁻¹), σε αντίθεση με τις ποικιλίες Bastille και Titikaka όπου η τιμή του CGR ήταν 0,11 και 0,08 gm⁻² ημέρα⁻¹ αντίστοιχα. Σε μελέτη των De Bock et al (2021), που πραγματοποιήθηκε στο Βέλγιο, η ποικιλία Titikaka φαίνεται να είναι ταχείας ανάπτυξης. Η οψίμιση της καλλιέργειας στην παρούσα μελέτη, πιθανόν οφείλεται στις καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την περίοδο του πειράματος. Ο δείκτης HI κυμάνθηκε από 0,18 – 0,23. Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις ποικιλίες Bastille και Titikaka, ενώ οι μικρότερες στην Runo, έτσι, γίνεται αντιληπτό πως οι ποικιλίες Bastille και Titikaka ήταν πιο αποδοτικές από την ποικιλία Runo. Σε άλλες μελέτες [3] οι ποικιλίες Runo και Titikaka φαίνονται ως οι πιο αποδοτικές. Είναι πιθανό, οι συνθήκες που επικράτησαν κατά τα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας να ευνόησαν την ανάπτυξη και να αύξησαν τις αποδόσεις της ποικιλίας Bastille. Επίσης, ίσως η συγκεκριμένη ποικιλία να προσαρμόζεται καλύτερα στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα. Παρόλα αυτά, η ποικιλία Titikaka, φαίνεται εξίσου αποδοτική, πράγμα που συμφωνεί με άλλες μελέτες, σε άλλες περιοχές της Ευρώπης [3]. Η μικρότερη απόδοση της ποικιλίας Runo, είναι πιθανό να οφείλεται στις απώλειες που προέκυψαν στην καλλιέργεια, έπειτα από επίθεση από πτηνά. Οι ποικιλίες Bastille και Titikaka αξιοποίησαν καλύτερα την αζωτούχο λίπανση, συγκριτικά με την ποικιλία Runo όπως φαίνεται από τις τιμές του δείκτη NUtE, που εντοπίζεται υψηλότερος στις ποικιλίες Bastille και Titikaka (6,815 και 7,095), ενώ η αντίστοιχη τιμή στην Runo είναι μικρότερη (5,49). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να συμφωνούν

με εκείνα των Kakabouki et al (2018), όπου η χρήση αζωτούχου λίπανσης φάνηκε να επηρεάζει την ανάπτυξη της quinoa. Η καλή χρήση αζώτου από το φυτό, αυξάνει την παραγωγή πρωτεΐνης, η οποία αποτελεί ίσως και το σημαντικότερο παραγόμενο προϊόν. Η απόδοση σε πρωτεΐνη εντοπίστηκε υψηλότερη στις ποικιλίες Bastille και Titikaka (250,2 και 227,1 kg/ha, αντίστοιχα). Η ποικιλία Puno παρουσίασε τις μικρότερες τιμές για αυτή τη μέτρηση (170,7 kg / ha). Γενικά, η ποικιλία Bastille παρουσίασε πολύ θετικά αποτελέσματα, σε αντίθεση με άλλες μελέτες [3], όπου δεν ήταν τόσο αποδοτική. Η ποικιλία Titikaka, φάνηκε να προσαρμόζεται εξίσου καλά στις συνθήκες της χώρας μας, όπως και σε άλλες χώρες της Ευρώπης [3]. Η ποικιλία Puno, παρόλο που εμφανίζεται ως πιο αποδοτική [3], στην παρούσα μελέτη, δεν εμφάνισε τόσο υψηλές αποδόσεις και καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Είναι πιθανό, οι καιρικές συνθήκες να επηρέασαν την συγκεκριμένη ποικιλία, με αποτέλεσμα να μην αναπτύχθηκε με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 1: (α) Crop Growth Rate (β) Harvest index (γ) Nitrogen Utilization Efficiency (δ) Απόδοση σε πρωτεΐνη

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά, η quinoa αποτελεί μια καλλιέργεια με έντονη δυναμική για την Ελλάδα. Η επιλογή της ποικιλίας αποτελεί παράγοντα κλειδί για την επιτυχία της καλλιέργειας και την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Η παρούσα μελέτη αποτελεί την έναρξη της αξιολόγησης ποικιλιών quinoa στην Ελλάδα, δίνοντας έτσι την δυνατότητα να συνεχιστεί η έρευνα στο παρών αντικείμενο.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Bilalis, et al (2019), DOI: 10.7764/rcia.v46i2.2151
2. De Bock, P., et al (2022), DOI: 10.3390/plants11030265
3. De Bock, P., et al (2021), DOI: 10.3390/plants10122689
4. Folina, A., et al (2021), DOI: 10.3390/agronomy11030418
5. Bilalis, et al (2019), DOI: 10.7764/rcia.v46i2.2151
6. Kakabouki, I. P., et al (2018), DOI: 10.4067/S0718-95162018005000901
7. Kakabouki, I., et al (2014), DOI: 10.4067/S0718-95162018005000901

Επίδραση της λίπανσης φωσφόρου και ψευδάργυρου σε εδαφικά, φυσιολογικά και αγροκομικά χαρακτηριστικά δύο ειδών λαθουριού

Κάλφας Γ.¹, Κωνσταντόπουλος Α.¹, Μπίλιας Φ.¹, Υψηλάντης Ι.¹, Τσιάλτας Ι.Θ.^{1*}

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

Περίληψη: Υπό μεσογειακές συνθήκες και σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης, πραγματοποιήθηκε ένα διετές πείραμα αγρού που αφορούσε την αξιολόγηση της λίπανσης με φώσφορο (P) και ψευδάργυρο (Zn) σε δύο είδη λαθουριού (*L. sativus* και *L. cicera*). Στο στάδιο του πεπλατυσμένου λοβού λήφθηκαν δείγματα εδάφους και μετρήθηκε το εδαφικό pH, οι συγκεντρώσεις P και Zn, οι αλκαλικές και όξινες φωσφατάσες, το ποσοστό αποικισμού θυσανοειδών μυκορριζικών μυκήτων (ΘΜΜ), καθώς και η ξηρή βιομάζα και οι συγκεντρώσεις των Fe, Cu, P, Mn και Zn στους φυτικούς ιστούς. Βρέθηκε αρνητική επίδραση του P στο ποσοστό αποικισμού των ριζικών ιστών από ΘΜΜ και στη συγκέντρωση των αλκαλικών φωσφατάσων.

Λέξεις κλειδιά: εδαφικό pH, *Lathyrus cicera*, *Lathyrus sativus*, μυκόρριζες, φωσφατάσες

Εισαγωγή-σκοπός: Το βρώσιμο (*Lathyrus sativus*) και το κτηνοτροφικό λαθούρι (*L. cicera*) είναι ψυχανθή, πλούσια σε πρωτεΐνη, στη βιομάζα και τον σπόρο, κατάλληλα για τη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων. Τα δύο είδη χαρακτηρίζονται από την προσαρμοστικότητα τους σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα και αλκαλικά εδάφη [1]. Η απόδοση και η ποιότητα των ειδών *Lathyrus* επηρεάζεται δυσμενώς από τις ενδογενείς ελλείψεις φωσφόρου (P) και ψευδαργύρου (Zn) που παρατηρούνται συνήθως σε μεσογειακά εδάφη [2], ενώ οι μυκορριζικοί μύκητες που συμβιώνουν στις ρίζες των ψυχανθών και η έκκριση φωσφατάσων συμβάλλουν στην πρόσληψη P και Zn από τα φυτά [3]. Η ανταγωνιστική δράση μεταξύ P και Zn, κυρίως σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης, απαιτεί περεταίρω διερεύνηση για τα συγκεκριμένα είδη σε συνθήκες αγρού [4]. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης P και Zn, σε ένα έδαφος αλκαλικής αντίδρασης με χαμηλά επίπεδα των δύο στοιχείων, στα εδαφικά και αγροκομικά χαρακτηριστικά των ειδών *Lathyrus sativus* και *L. cicera*.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τα καλλιεργητικά έτη 2022 και 2023. Χρησιμοποιήθηκαν η ποικιλία βρώσιμου λαθουριού “Perla” και μια προχωρημένη γραμμή κτηνοτροφικού λαθουριού. Η πειραματική διάταξη ήταν ομάδες με υποομάδες και τρεις επαναλήψεις. Στα κύρια τεμάχια ήταν η λίπανση και στα υπότεμάχια τα είδη λαθουριού. Οι επεμβάσεις λίπανσης ήταν μάρτυρας, P (6 kg P₂O₅/στρ), EDTA-Zn (1,5 kg/στρ) και συνδυασμός P και Zn. Η σπορά έγινε αρχές Δεκεμβρίου και η συγκομιδή της βιομάζας στο στάδιο του πεπλατυσμένου λοβού. Στη συγκομιδή, λήφθηκαν δείγματα εδάφους από την περιοχή της ριζόσφαιρας και προσδιορίστηκε το pH, οι διαθέσιμες μορφές εδαφικού P και Zn (εκχύλιση κατά Olsen και με DTPA, αντίστοιχα), οι αλκαλικές (ΑΦ) και όξινες φωσφατάσες (ΟΦ)[5], όπως και ο αποικισμός των ριζών με μυκορριζικούς μύκητες (ΘΜΜ). Στην ξηρή βιομάζα (ΞΒ) μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις P, Fe, Cu, Mn και Zn [6]. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Παραλλακτικότητας (ANOVA) και η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για P<0,05.

Αποτελέσματα– Συζήτηση: Μεταξύ των ετών, σημαντικές διαφορές βρέθηκαν για όλα τα γνωρίσματα που μετρήθηκαν, εκτός των ΟΦ (Πίνακας 1), υποδηλώνοντας τη σημαντική επίδραση των κλιματικών συνθηκών στη διαθεσιμότητα των στοιχείων στο έδαφος και στις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στους φυτικούς ιστούς (Πίνακας 2). Τα δύο είδη λαθουριού δεν διέφεραν ως προς το εδαφικό pH και τις διαθέσιμες μορφές P και Zn.

Οι μεταχειρίσεις λίπανσης δεν επηρέασαν το εδαφικό pH, τις ΟΦ και την ΞΒ. Η προσθήκη P (P και P+Zn) αύξησε τον P-Olsen, αλλά μείωσε τις ΘΜΜ (Πίνακας 1). Ομοίως, η λίπανση P μείωσε τις ΑΦ (585,5 PN μg g⁻¹ h⁻¹). Η προσθήκη Zn (Zn και P+Zn) αύξησε τα επίπεδα εδαφικού Zn σχεδόν κατά μία τάξη μεγέθους. Στη συνδυασμένη εφαρμογή P+Zn, η μικρότερη συγκέντρωση Zn (4,62 mg kg⁻¹) σε σχέση με τη λίπανση Zn (5,40 mg kg⁻¹) είναι δηλωτική του ανταγωνισμού μεταξύ των δύο στοιχείων. Στους φυτικούς ιστούς, οι μεταχειρίσεις λίπανσης είχαν σημαντική επίδραση μόνο στην συγκέντρωση Zn, αυξάνοντας την στις επεμβάσεις με Zn και τον συνδυασμό P+Zn (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Σύγκριση μέσων όρων εδαφικού pH, P-Olsen, Zn, αλκαλικών (ΑΦ) και όξινων φωσφατάσων (ΟΦ), αποικισμού θυσανοειδών μυκορριζικών μυκήτων (ΘΜΜ) και ξηρής βιομάζας (ΞΒ) για τους κύριους παράγοντες (λίπανση, είδος λαθουριού, έτος). Μέσοι όροι ακολουθούνται από ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν μεταξύ τους για p < 0,05. Όπου ΠΠ: πηγή παραλλακτικότητας, LS: *Lathyrus sativus*, LC: *L. cicera* και CV: συντελεστής παραλλακτικότητας.

ΠΠ	pH	P-Olsen mg kg ⁻¹	Zn (DTPA)	ΑΦ PN μg g ⁻¹ h ⁻¹	ΟΦ	ΘΜΜ %	ΞΒ g m ²
Λίπανση							
Μάρτυρας	8,03a	7,38b	0,57c	636,3a	150,7a	74,9a	692,6a
P	8,06a	19,48a	0,50c	585,5b	142,2a	67,4b	703,9a
Zn	8,05a	6,78b	5,40a	612,1ab	156,7a	77,4a	774,5a
P+Zn	8,06a	15,91a	4,62b	617,2a	155,0a	61,6b	713,4a
Είδος							
LS	8,05a	11,87a	2,86a	587,28b	157,6a	74,4a	910,6a
LC	8,05a	12,90a	2,89a	638,34a	144,4b	66,3b	531,6b

Έτος							
2022	8,01a	16,44a	3,67a	509,3b	151,0a	55,6b	468,3b
2023	8,09b	8,33b	1,88b	716,3a	151,3a	85,1a	973,9a
CV (%)	0,57	56,39	50,93	6,91	13,00	14,80	15,68

Πίνακας 2. Σύγκριση μέσων όρων των συγκεντρώσεων P, Fe, Cu, Mn και Zn στους φυτικούς ιστούς για τους κύριους παράγοντες (λίπανση, είδος λαθουριού, έτος). Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν μεταξύ τους για $p < 0,05$. Όπου ΠΠ: πηγή παραλλακτικότητας, LS: *Lathyrus sativus*, LC: *L. ciceraka* και CV: συντελεστής παραλλακτικότητας.

ΠΠ	P g kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Cu	Mn	Zn
Λίπανση					
Μάρτυρας	3,46a	155,5a	11,00a	30,64a	25,51b
P	3,73a	149,6a	10,31a	30,39a	25,67b
Zn	3,42a	154,6a	10,74a	28,91a	30,76a
P+Zn	3,68a	170,6a	11,61a	31,37a	32,71a
Είδος					
LS	3,52a	167,8a	11,14a	33,29a	28,97a
LC	3,62a	147,6a	10,69a	27,36b	28,35a
Έτος					
2022	4,28a	123,9b	9,84b	30,35a	32,52a
2023	2,87b	191,3a	11,99a	30,31a	24,81b
CV (%)	11,00	33,63	18,08	13,00	11,72

Συμπεράσματα: Η λίπανση P ή/και Zn δεν επηρέασε την απόδοση ΞΒ. Η εφαρμογή P είχε αρνητική επίδραση στις ΘΜΜ και τις ΑΦ αυξάνοντας σημαντικά τον P-Olsen στο έδαφος. Η εφαρμογή Zn αύξησε σχεδόν κατά μία τάξη μεγέθους τη συγκέντρωση Zn στο έδαφος και στη συνδυασμένη εφαρμογή P+Zn εμφανίστηκε ανταγωνισμός με τον P. Στη βιομάζα, η εφαρμογή Zn (Zn, P+Zn) αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση Zn.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Ramya, K. R. et al. (2022), DOI: 10.3389/fnut.2021.826208
2. Moreno-Lora, A. et al.(2020), DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114509
3. Sato, T. et al. (2019), DOI: 10.1007/s00572-019-00923-0
4. Zhang, W. et al. (2015), DOI: 10.1016/j.fcr.2015.10.002
5. Tabatabai, M.A. (1994),DOI: 10.2136/sssabookser5.2.c37
6. Lindsay, W. L. et al. (1978), DOI: 10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x

Επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων λίπανσης στην ανάπτυξη και θρεπτική κατάσταση της φράουλας (*Fragaria x ananassa*) καλλιεργούμενης υπό συνθήκες τοξικότητας βορίου

Κουτσούγερα Δ.^{1*}, Γασπαράτος Δ.¹, Ρούσσος Π.Α.², Ζαφειρίου Ι.¹, Καρύδα Α.Γ.², Πετράκης Ν.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, 118 55, Αθήνα, d.koutsougera@gmail.com

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Δενδροκομίας, 118 55, Αθήνα

Περίληψη: Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών προγραμμάτων λίπανσης που περιλάμβαναν χρήση βιοδιεγερτών και βιοεξανθράκωματος, στις εδαφικές ιδιότητες και στα αγρονομικά χαρακτηριστικά της φράουλας, καλλιεργούμενης υπό συνθήκες τοξικότητας Β. Πραγματοποιήθηκαν έξι διαφορετικές επεμβάσεις όπου, η πρώτη ήταν ο μάρτυρας (C) στον οποίο εφαρμόστηκε συμβατική ανόργανη λίπανση. Η δεύτερη περιλάμβανε χρήση βιοδιεγερτών (Biostim) ενώ η τρίτη (C-AA), χρήση υδατοδιαλυτών ανόργανων λιπασμάτων εμπλουτισμένων με αναστολέα αιθυλενίου. Στις υπόλοιπες τρεις επεμβάσεις εφαρμόστηκε κατά $\frac{3}{4}$ μειωμένη λίπανση σε σχέση με τον μάρτυρα της ανόργανης λίπανσης και ταυτόχρονα ενσωματώθηκε βιοεξανθράκωμα 5% στο υπόστρωμά τους, με σκοπό την μελέτη της επίδρασής του, υπό μειωμένη χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Στην τέταρτη επέμβαση (BC) δεν πραγματοποιήθηκε κάποια επιπλέον προσθήκη ενώ στην πέμπτη (BC-HS) και την έκτη (BC-F) χρησιμοποιήθηκε σκεύασμα χουμικών ενώσεων και έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές βιοδιεγερτών, αντίστοιχα. Το Β εφαρμόστηκε μέσω υδρολίπανσης, με περιεκτικότητα 80 mg Β (στοιχειακό) ανά φυτό, συνολικά. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στους καρπούς και προσδιορίστηκαν παράμετροι σχετικά με την παραγωγή. Στα εδάφη των επεμβάσεων προσδιορίστηκαν οι κύριες εδαφικές ιδιότητες καθώς και η συγκέντρωση των μακρο- και μικροθρεπτικών στοιχείων. Τέλος προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των φύλλων σε N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B. Από τα αποτελέσματα του πειράματος φάνηκε ότι η χρήση των βιοδιεγερτών είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, στη μείωση της περιεκτικότητας σε Β που αποτέλεσε τον περιοριστικό παράγοντα στην καλλιέργεια και στην αύξηση της περιεκτικότητας σε ολικό N και σε ανταλλάξιμα Ca, Mg. Ο αριθμός των καρπών ανά μεταχείριση ήταν μεγαλύτερος στις πρώτες τρεις επεμβάσεις γεγονός που δείχνει ότι το βιοεξανθράκωμα σε συνδυασμό με την κατά $\frac{3}{4}$ μειωμένη λίπανση δεν φάνηκε να αναπληρώνει τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνταν. Όμως θα πρέπει να αναφερθεί η επίδραση του βιοεξανθράκωματος στην αύξηση του pH του εδάφους και του ολικού N.

Λέξεις κλειδιά: φράουλα, βιοδιεγέρτες, βιοεξανθράκωμα, τοξικότητα Βορίου

Εισαγωγή-Σκοπός: Η φράουλα (*Fragaria x ananassa* Duch.) χαρακτηρίζεται παγκοσμίως για την ευχάριστη γεύση, το διακριτικό άρωμα και το ελκυστικό χρώμα. Προκειμένου να βελτιωθεί η βιωσιμότητα της καλλιέργειας, η απόδοση και η ποιότητα των καρπών, έχουν προταθεί εναλλακτικά συστήματα παραγωγής όπως η χρήση βιοδιεγερτών. Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν ουσίες ή μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται ευρέως στην γεωργική πρακτική. Έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν τις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών, επεμβαίνοντας στον μεταβολισμό τους. Έτσι, το φυτό αυξάνει την αντοχή του σε συνθήκες περιβαλλοντικής καταπόνησης, αξιοποιεί πιο αποτελεσματικά το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία και βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων. Ταυτόχρονα, η χρήση βιοεξανθράκωματος έχει προταθεί ως επιλογή για την βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών, την αποκατάσταση υποβαθμισμένων εδαφών και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το βιοεξανθράκωμα αποτελεί ένα στερεό υλικό, πλούσιο σε C που παράγεται μέσω της διαδικασίας της πυρόλυσης βιομάζας. Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών προγραμμάτων λίπανσης που περιλάμβαναν χρήση βιοδιεγερτών και βιοεξανθράκωματος, στις εδαφικές ιδιότητες και στα αγρονομικά χαρακτηριστικά της φράουλας, καλλιεργούμενης υπό συνθήκες τοξικότητας Β.

Υλικά και Μέθοδοι: Τα προβλήματα τοξικότητας εμφανίζονται κυρίως σε αρδευόμενες περιοχές, όπου τα νερά που χρησιμοποιούνται περιέχουν εξαιρετικά υψηλό Β. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν έξι διαφορετικές επεμβάσεις. Η πρώτη ήταν ο μάρτυρας (C) στον οποίο εφαρμόστηκε συμβατική ανόργανη λίπανση. Η δεύτερη περιλάμβανε χρήση βιοδιεγερτών (Biostim), ενώ η τρίτη (C-AA) χρήση υδατοδιαλυτών ανόργανων λιπασμάτων εμπλουτισμένων με αναστολέα αιθυλενίου. Στις υπόλοιπες τρεις επεμβάσεις εφαρμόστηκε κατά $\frac{3}{4}$ μειωμένη λίπανση σε σχέση με τον μάρτυρα της ανόργανης λίπανσης και ταυτόχρονα ενσωματώθηκε βιοεξανθράκωμα 5% στο υπόστρωμά τους, με σκοπό την μελέτη της επίδρασής του, υπό μειωμένη χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Στην τέταρτη επέμβαση (BC) δεν πραγματοποιήθηκε κάποια επιπλέον προσθήκη ενώ στην πέμπτη (BC-HS) και στην έκτη (BC-F), χρησιμοποιήθηκε σκεύασμα χουμικών ενώσεων και έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές βιοδιεγερτών, αντίστοιχα (Πίνακας 1). Σε όλες τις μεταχειρίσεις ακολουθήθηκε ξεχωριστό πρόγραμμα θρέψης σύμφωνα με τις προτεινόμενες δοσολογίες. Το Β εφαρμόστηκε μέσω υδρολίπανσης, με περιεκτικότητα 80 mg Β (στοιχειακό) ανά φυτό, συνολικά. Η συγκομιδή των καρπών πραγματοποιήθηκε σε 'χέρια', όταν έφταναν στο φυσιολογικό στάδιο ωρίμανσής τους, υπολογίζοντας το βάρος του καρπού ανά επέμβαση ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις βιομετρικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών σύμφωνα με τους Roussos et al. (2009) [1]. Στα εδάφη των επεμβάσεων προσδιορίστηκαν η κοκκομετρική σύσταση, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (IAK), η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (OO) και ανθρακικά άλατα, καθώς και η συγκέντρωση των μακρο- και μικροθρεπτικών στοιχείων (ολικό N, διαθέσιμος P, ανταλλάξιμα κατιόντα K, Ca, Mg και διαθέσιμα ιχνοστοιχεία Fe, Cu, Mn, Zn, B). Επίσης προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των φύλλων σε N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, B.

Πίνακας 5: Συντομογραφίες των επεμβάσεων

C	Συμβατική ανόργανη λίπανση
Biostim	Βιοδιεγέρτες
C-AA	Υδατοδιαλυτά λιπάσματα εμπλουτισμένα με αναστολέα αιθυλενίου
BC	Βιοεξανθράκωμα, μειωμένη κατά ¼ ανόργανη λίπανση
BC-HS	Βιοεξανθράκωμα, μειωμένη κατά ¼ ανόργανη λίπανση, χουμικές ενώσεις
BC-F	Βιοεξανθράκωμα, μειωμένη κατά ¼ ανόργανη λίπανση, βιοδιεγέρτες διαφυλλικά.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ηπλοαμμώδες, με περιεκτικότητα σε άμμο 83,5%, ιλύ 6% και άργιλο 10,5% και η προσθήκη βιοεξανθρακώματος δεν φάνηκε να επηρεάζει την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους. Γενικότερα, το βιοεξανθράκωμα είναι γνωστό για την αλκαλική του φύση και η εφαρμογή του τείνει να αυξάνει το pH όξινων και ουδέτερων εδαφών [2]. Όπως ήταν αναμενόμενο, η προσθήκη βιοεξανθρακώματος αύξησε το εδαφικό pH στις τρεις επεμβάσεις που χρησιμοποιήθηκε, καθιστώντας το έδαφος έως ελαφρώς αλκαλικό σε σχέση με τις τρεις πρώτες επεμβάσεις που χαρακτηρίζονταν από ουδέτερες τιμές pH. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται αύξηση της EC των εδαφών κατά την προσθήκη βιοεξανθρακώματος, λόγω της περιεκτικότητάς του σε υδατοδιαλυτά άλατα [2] και μείωσή της κατά την προσθήκη βιοδιεγερτών [3]. Στην παρούσα μελέτη, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές της EC μεταξύ των επεμβάσεων. Εξαιτίας της αμμώδους κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους, η IAK ήταν χαμηλή στα εδάφη και των έξι επεμβάσεων. Η ΟΟ του εδάφους επηρεάζεται από την προσθήκη βιοδιεγερτών [4] και έτσι εξηγείται η σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητά της στην επέμβαση Biostim σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το βιοεξανθράκωμα είναι πλούσιο σε N και για αυτόν τον λόγο παρατηρήθηκε υψηλότερη συγκέντρωση ολικού N στην επέμβαση BC σε σχέση με τον μάρτυρα. Ο εδαφικός P ήταν μεγαλύτερος στον μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις, ενώ η περιεκτικότητα σε ανταλλάξιμο K ήταν μεγαλύτερη στις επεμβάσεις BC-F, που έγινε χρήση βιοδιεγερτών διαφυλλικά, και BC-HS, που έγινε προσθήκη χουμικών ενώσεων. Τα ανταλλάξιμα Na, Ca, Mg δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα ιχνοστοιχεία Fe, Zn, Cu, Mn ήταν σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα στις πρώτες τρεις επεμβάσεις χωρίς την μειωμένη λίπανση. Τέλος, η περιεκτικότητα σε B στα εδάφη ήταν σημαντικά μικρότερη στην επέμβαση Biostim με την προσθήκη βιοδιεγερτών και στην C-AA που είχε γίνει χρήση υδατοδιαλυτών ανόργανων λιπασμάτων εμπλουτισμένων με αναστολέα αιθυλενίου. Όμως σε όλες τις περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις B βρίσκονταν εντός των φυσιολογικών ορίων στο τέλος του πειράματος, γιατί είχαν εφαρμοστεί διαδοχικές εκπλύσεις με περίσσεια νερού, για την αντιμετώπιση της τοξικότητας B.

Στους φυτικούς ιστούς, η χρήση βιοδιεγερτών (Biostim) αύξησε σημαντικά την περιεκτικότητα σε ολικό N και σε Ca, Mg. Ταυτόχρονα, ο συνδυασμός βιοεξανθρακώματος και χουμικών ενώσεων (BC-HS) αύξησε την περιεκτικότητα σε K, ενώ ο P και το Na δεν εμφάνισαν σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά την περιεκτικότητα σε Fe, ενώ στην επέμβαση C-AA παρατηρήθηκε μειωμένη περιεκτικότητα Zn. Η περιεκτικότητα σε Cu ήταν υψηλή στην επέμβαση BC-F και σε Mn στον μάρτυρα. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά την περιεκτικότητα σε B. Όμως και στις έξι επεμβάσεις το B κυμαινόταν σε επίπεδο τοξικότητας, με ελάχιστη τιμή τα 137,5 mg/kg, όταν το εύρος επάρκειας B στα φύλλα είναι 20-70 mg/kg [5].

Όσον αφορά τους καρπούς, η επέμβαση Biostim, που περιλάμβανε τη χρήση βιοδιεγερτών, επηρέασε το μέσο βάρος του καρπού ανά επέμβαση και τη συνεκτικότητά του, ενώ ο αριθμός των καρπών ανά μεταχείριση ήταν μεγαλύτερος στις πρώτες τρεις επεμβάσεις. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων C και BC παρατηρήθηκαν στα ολικά διαλυτά στερεά (TSS) και στον λόγο διάμετρος/μήκος, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία άλλη σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων στις υπόλοιπες παραμέτρους ποιότητας που μελετήθηκαν.

Συμπεράσματα: Η χρήση των βιοδιεγερτών είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, στη μείωση της περιεκτικότητας σε B που αποτέλεσε τον περιοριστικό παράγοντα στην καλλιέργεια και τέλος στην αύξηση της περιεκτικότητας σε ολικό N και σε ανταλλάξιμα Ca, Mg. Ο αριθμός των καρπών ανά μεταχείριση ήταν μεγαλύτερος στις πρώτες τρεις μεταχειρίσεις, γεγονός που δείχνει ότι το βιοεξανθράκωμα σε συνδυασμό με την κατά ¼ μειωμένη λίπανση δεν φάνηκε να αναπληρώνει τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτούνταν. Όμως θα πρέπει να αναφερθεί η επίδραση του βιοεξανθρακώματος στην αύξηση των τιμών pH του εδάφους και του ολικού N.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Roussos P.A. et al. (2009), DOI: 10.1016/j.scienta.2008.07.021
2. Hossain Z. et al. (2020), DOI: 10.1007/s42773-020-00065-z
3. Karapouloutidou S. and Gasparatos D. (2019), DOI: 10.3390/agriculture9080164
4. Koutsougera D. et al. (2023), DOI: 10.1016/B978-0-323-99600-6.00007-4
5. Osvalde A. et al. (2023), DOI: 10.3390/plants12040945

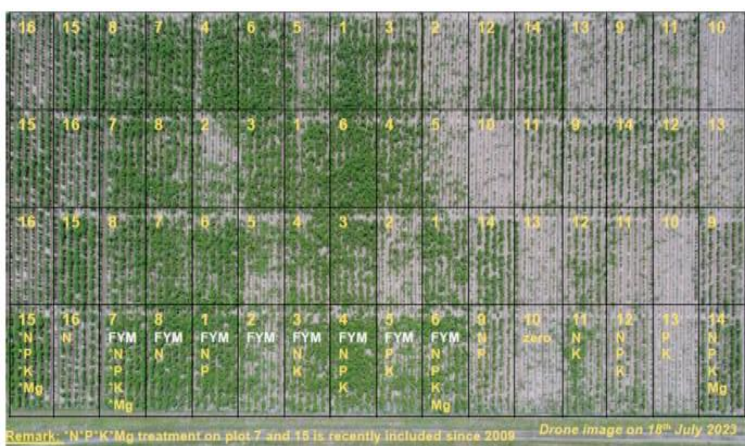
Η ισορροπημένη θρέψη αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας, την αποτελεσματικότητα της χρήσης πόρων και θρεπτικών και βελτιώνει την υγεία του εδάφους. Δεδομένα από μακροχρόνια δοκιμή 65 ετών

Melkamu Jate; E-mail: melkamu.jate@yara.com; Duermen, Germany και Νίκος Κυριακίδης; E-mail: nikos.kyriakidis@yara.com; Βρυξέλες, Βέλγιο

Εισαγωγή Η γεωργική μακροχρόνια δοκιμή (Long Term Trial – LTT) είναι ένα εργαλείο μέτρησης της βιωσιμότητας μέσω της κατάλληλης καταγραφής και τεκμηρίωσης παραμέτρων της καλλιέργειας και του εδάφους που μπορεί να απαιτήσουν δεκαετίες για να έχουν ορατές αλλαγές. Στην δοκιμή που παρουσιάζεται, αξιολογείται η επίδραση της διαχείρισης των θρεπτικών στοιχείων στη βιώσιμη παραγωγή καλλιεργειών και στην υγεία του εδάφους. Η βιώσιμη φυτική παραγωγή ορίζεται ως η ικανότητα παραγωγής επαρκούς απόδοσης και ποιότητας προϊόντων για την ικανοποίηση της παρούσας και της μελλοντικής ζήτησης τροφίμων, με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO & OECD, 2018), η πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξη εκτιμάται ότι θα οδηγήσει σε αύξηση της ζήτησης τροφίμων κατά 50% έως το 2050, με ελάχιστα περιθώρια επέκτασης της καλλιεργούμενης έκτασης". Συνεπώς, για την ικανοποίηση της αυξανόμενης ζήτησης τροφής απαιτείται μια βιώσιμη αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών ανά έκταση με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος. Η βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας και αύξηση της απόδοσης απαιτεί 14 απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Ο νόμος του ελαχίστου ορίζει ότι αν ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκές, η ανάπτυξη του φυτού θα περιοριστεί ακόμα και αν όλα τα υπόλοιπα θρεπτικά είναι επαρκώς διαθέσιμα. Η ισορροπημένη θρέψη αποτελεί βασικό παράγοντα για θετικά αποτελέσματα και αναφέρεται στην εφαρμογή κατάλληλων πηγών θρεπτικών στοιχείων σε επαρκή ποσότητα και αναλογία, στο σωστό χρόνο και με βέλτιστες μεθόδους, για την υποστήριξη υγιούς ανάπτυξης της καλλιέργειας με σκοπό την αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας.

Ιστορία Η μακροχρόνια δοκιμή Hanninghof ξεκίνησε το 1958 σε πηλοαμμώδες έδαφος με καλλιέργεια πατάτας στις 24 Απριλίου 1958, χειμερινή σίκαλη στις 22 Οκτωβρίου 1958 και βρώμη στις 22 Μαρτίου 1960 για τη μελέτη των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων των στρατηγικών εφαρμογής θρεπτικών στοιχείων στη βιώσιμη παραγωγή καλλιεργειών και στη γονιμότητα του εδάφους. Η αμειψισπορά πατάτας-δημητριακών ήταν μια συνηθισμένη καλλιεργητική πρακτική στην περιοχή κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάσταση της δοκιμής.

Γιατί ξεκίνησε η δοκιμή; Πριν και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, οι αγρότες εφάρμοζαν μεγάλες ποσότητες κοπριάς (Farm Yard Manure - FYM) για τη θρέψη των καλλιεργειών. Η βιομηχανία λιπασμάτων αύξησε την παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και ισχυρίστηκε ότι η μικρή ποσότητα ανόργανων λιπασμάτων παρέχει παρόμοια ποσότητα θρεπτικών με την εφαρμογή υψηλών δόσεων κοπριάς. Η παρούσα δοκιμή εγκαταστάθηκε για να αποδείξει ότι «η καλλιέργεια μπορεί να αναπτυχθεί επαρκώς μόνο με ανόργανα λιπάσματα, ενώ παράλληλα η γονιμότητα του εδάφους διατηρείται». Για την απόδειξη της υπόθεσης πραγματοποιήθηκε πείραμα δύο παραγόντων σε διαιρεμένα τυχαίοποιημένα τεμάχια με σύνθετες μεταχειρίσεις (RCBD). Αναλυτικότερα, στα τεμάχια 1 - 8 εφαρμόστηκε κοπριά ενώ στα τεμάχια 9 - 16 δεν εφαρμόστηκε. Για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 4 επαναλήψεις (Πίνακας 1). Αυτές οι 16 μεταχειρίσεις ομαδοποιήθηκαν: (1) Μάρτυρας χωρίς λίπανση, (2) Εφαρμογή μόνο κοπριάς ως οργανική θρέψη, (3) Εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων N, P, K, & Mg ως ισορροπημένη θρέψη, (4) Παράλειψη θρεπτικών στοιχείων από ανόργανα λιπάσματα ως μη ισορροπημένη θρέψη, & (5) Εφαρμογή κοπριάς και ανόργανων λιπασμάτων ως ολοκληρωμένη θρέψη.



Πίνακας 1. Πειραματικό σχέδιο και περιγραφή των μεταχειρίσεων

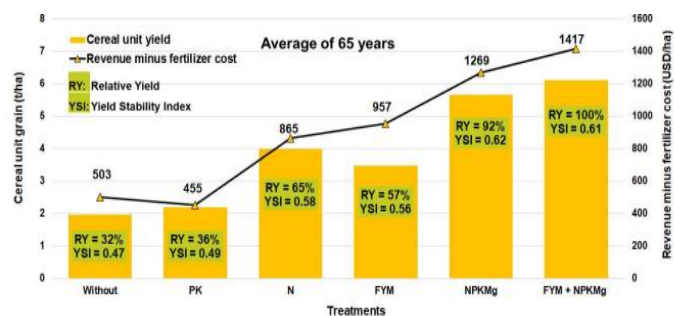
Προσαρμογή της δοκιμής: Πριν από το 2008, τα θρεπτικά της κοπριάς δεν λαμβάνονταν υπόψη στην ενσωμάτωση της κοπριάς με ανόργανο λίπασμα και το άχυρο σιτηρών απομακρύνονταν από τον αγρό. Μετά το 2008, έγιναν οι ακόλουθες βελτιώσεις: (1) η βρώμη αντικαταστάθηκε με ενσίρωμα καλαμποκιού στην αμειψισπορά, (2) η κοπριά χοίρων αντικαταστάθηκε με κοπριά βοοειδών και εφαρμόζονταν ετησίως, (3) η δόση του ανόργανου λιπάσματος προσαρμόστηκε λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητα της κοπριάς σε N, P, K & Mg, (4) το άχυρο σίκαλης παρέμενε στο χωράφι και (5) η γλυωρή λίπανση καλλιεργήθηκε μετά τη συγκομιδή. Οι βελτιώσεις αυτές προσάρμοσαν τη δοκιμή στις σύγχρονες καλλιεργητικές πρακτικές υποστηρίζοντας παράλληλα τη διατήρηση της συνάφειας και της ακεραιότητας των δεδομένων που συλλέγονται για περισσότερα από 50 χρόνια.

Μέθοδοι οργάνωσης και αξιολόγησης των δεδομένων Η αγρονομική απόδοση των καλλιεργειών υπολογίζεται με τη μετατροπή του μίγματος κονδύλων πατάτας, σπόρων σίκαλης και βρώμης καθώς και ενσίρωματος καλαμποκιού σε μονάδα σιτηρών. Η οικονομική απόδοση της καλλιέργειας προκύπτει από τα ιστορικά έσοδα της καλλιέργειας μειωμένη κατά το ιστορικό κόστος λίπανσης, ενώ η αποδοτικότητα χρήσης N από την απομάκρυνση του N από την καλλιέργεια που δέχτηκε αζωτούχο λίπασμα

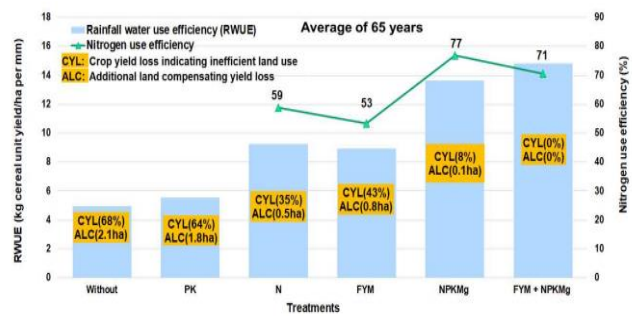
διαιρούμενη με το ποσοστό λίπανσης N επί 100. Το ίδιο ισχύει και για την αποδοτικότητα χρήσης P & K. Η αποδοτικότητα χρήσης βρόχινου νερού προκύπτει από την απόδοση της καλλιέργειας διαιρούμενη με τη συνολική βροχόπτωση από την ημερομηνία σποράς έως τη συγκομιδή. Η αποδοτικότητα χρήσης γης είναι η έκταση γης που απαιτείται για την αντιστάθμιση της παραγωγής που χάθηκε. Δείκτης σταθερότητας της απόδοσης είναι η μέση απόδοση μιας μεταχείρισης μειωμένη κατά την τυπική απόκλιση και διαιρούμενη με το μέγιστο μέσο απόδοσης της ίδιας μεταχείρισης. Η υγεία του εδάφους υποδεικνύεται από την ανάλυση της σχετικής μεταβολής των παραμέτρων της γονιμότητας του εδάφους, όπως περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, οργανική ουσία και pH, σε σύγκριση με τις αρχικές μεταχειρίσεις (1958) και αυτές του μάρτυρα.

Σύνοψη των αποτελεσμάτων βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά την περίοδο 1958 - 2022

Η ισορροπημένη θρέψη με την εφαρμογή μόνο λιπασμάτων N+P+K+Mg ή σε συνδυασμό με κοπριά είχε ως αποτέλεσμα: (1) υψηλότερη & σταθερή απόδοση & έσοδα της καλλιέργειας (Σχήμα 1), (2) αυξημένη αποδοτικότητα της καλλιέργειας σε άζωτο, νερό & χρήση γης (Σχήμα 2), (3) ταχέως αυξανόμενη τάση απόδοσης (Σχήμα 3) με χαμηλό συντελεστή μεταβλητότητας, και (4) αυξημένη οργανική ουσία του εδάφους σε σύγκριση με την παράλειψη θρεπτικών στοιχείων και κοπριά μόνο (Σχήμα 4).

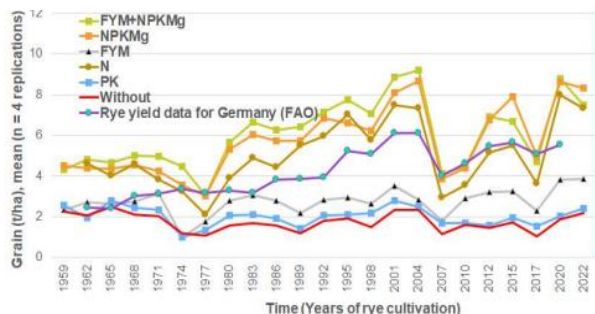


Σχήμα 1. Επίδραση της παράλειψης θρεπτικών στοιχείων, της εφαρμογής μόνο κοπριάς και της ισορροπημένης θρέψης στην απόδοση και τη

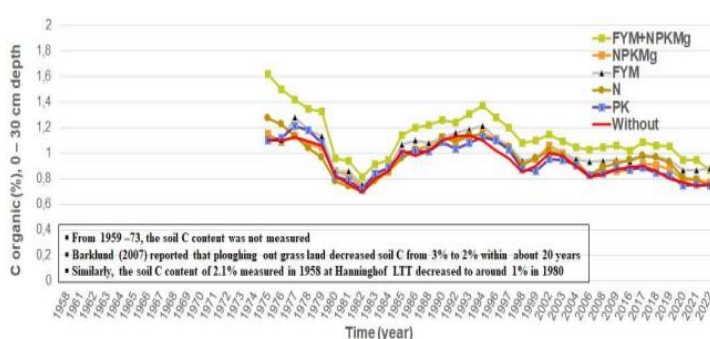


Σχήμα 2. Επίδραση της παράλειψης θρεπτικών στοιχείων, της εφαρμογής μόνο κοπριάς και της ισορροπημένης θρέψης στην απόδοση πόρων και χρήσης N

Η μη ισορροπημένη θρέψη που προκλήθηκε από την παράλειψη θρεπτικών στοιχείων και την εφαρμογή μόνο κοπριάς είχε ως αποτέλεσμα: (1) χαμηλή & ασταθή απόδοση με αρνητικές επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια (κοινωνική) και στις οικονομικές πτυχές της βιωσιμότητας (Σχήμα 1), (2) αναποτελεσματική χρήση πόρων & θρεπτικών συστατικών με αρνητικές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική πτυχή της βιωσιμότητας (Σχήμα 2), (3) αργά αυξανόμενη τάση απόδοσης (Σχήμα 3) με υψηλό συντελεστή διακύμανσης, και (4) μειωμένη οργανική ουσία του εδάφους σε σύγκριση με την ισορροπημένη διατροφή (Σχήμα 4).



Σχήμα 3. Επίδραση της ισορροπημένης θρέψης, της εφαρμογής μόνο κοπριάς και της παράλειψης θρεπτικών στοιχείων στην τάση απόδοσης της καλλιέργειας



Σχήμα 4. Επίδραση της ισορροπημένης θρέψης, της εφαρμογής μόνο κοπριάς και της παράλειψης θρεπτικών στοιχείων στην περιεκτικότητα του εδάφους σε C

Συμπεράσματα Η υγιής ανάπτυξη των καλλιεργειών που υποστηρίχθηκε με ισορροπημένη θρέψη είχε ως αποτέλεσμα τη μακροπρόθεσμη αύξηση της απόδοσης και των εσόδων και την αποτελεσματική χρήση των θρεπτικών στοιχείων και των πόρων, υποστηρίζοντας αντίστοιχα τις κοινωνικές (επισιτιστική ασφάλεια), οικονομικές (ευημερία) και περιβαλλοντικές πτυχές της βιώσιμης φυτικής παραγωγής. Ωστόσο, η παραβίαση του "νόμου του ελάχιστου" με την παράλειψη θρεπτικών συστατικών, μείωσε την παραγωγικότητα και οδήγησε σε αναποτελεσματική χρήση των θρεπτικών συστατικών & πόρων, επειδή άλλα θρεπτικά συστατικά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τις βασικές λειτουργίες ενός θρεπτικού συστατικού που παραλείπεται. Η μη βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας που προκλήθηκε από την εφαρμογή μόνο κοπριάς μείωσε την παραγωγικότητα καταλήγοντας σε αναποτελεσματική χρήση θρεπτικών στοιχείων, νερού και γης, επειδή οι θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας δεν ικανοποιήθηκαν πλήρως λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας στη σύσταση των θρεπτικών στοιχείων & της αβεβαιότητας της διαθεσιμότητας αυτών από την κοπριά. Ως εκ τούτου, η αυξανόμενη ζήτηση τροφίμων λόγω της πληθυσμιακής & οικονομικής ανάπτυξης απαιτεί γενικά καλύτερη στρατηγική διαχείριση θρέψης και ειδικά ισορροπημένη θρέψη για την αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών ανά έκταση με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και παράλληλη διατήρηση της υγείας του εδάφους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. FAO & OECD. Challenges for agriculture and the hidden potential of soil: A report to the G20 agriculture deputies. 2018. <http://www.fao.org/3/CA0917EN/ca0917en.pdf>
2. Goulding K. Long-term research in the UK: Lessons learned from Rothamsted classical experiments. In: Report from a Conference on success stories of agricultural Long-Term Experiments. 28-29 May 2007. Uppsala, Sweden: The Royal Swedish Academy of Agriculture & Forestry; 2007. pp. 7 –12
3. Jate M and Lammel J. Effect of Balanced and Integrated Crop Nutrition on Sustainable Crop Production in a Classical Long-Term Trial. In: Meena V S, Choudhary M, Yadav R P, Meena S K, editors. Sustainable Crop production – Recent Advances. UK: DOI: 10.5772/intechopen.102682; 2022. pp 27 – 52
4. Körschens M. The importance of long-term experiments for soil science and environmental research, A review. Plant Soil Environment. 2006;52(Special issue):1 – 8
5. Steiner RA and Herdt RW. A global directory of long-term agronomic experiments: non-European experiments. Vol. I. New York, NY: Rockefeller Foundation; 1993

Επίδραση της λίπανσης και του περιβάλλοντος στις αποδόσεις και την πρωτεΐνη στον καρπό του βυνοποιήσιμου κριθαριού

Λουκάκης Ο.¹, Κωτούλας Β.², Παπαστυλιανού Π.¹, Οικονόμου Γ.¹

¹Εργαστήριο Γεωργίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής- ΓΠΑ – Ιερά Οδός 75 - Βοτανικός economidou@aau.gr ²Αθηναϊκή Ζυθοποιία, Λεωφόρος Κηφισού 102, Αιγάλεω

Περίληψη: Καθοριστική σημασία για τις τελικές αποδόσεις και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βυνοποιήσιμου κριθαριού έχει η επιλογή των ποικιλιών και της λίπανσης. Στόχος της εργασίας ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων ενός ορθολογικού σχεδίου θρέψης σε συνδυασμό με την αξιολόγηση νέων επιλεγμένων γενοτύπων κριθαριού προσαρμοσμένων στις ελληνικές συνθήκες. Το πείραμα υλοποιήθηκε σε 2 διαφορετικά περιβάλλοντα στις περιοχές Φάρσαλα και Αλμυρό. Μελετήθηκαν πέντε διαφορετικοί γονότυποι και πέντε μεταχειρίσεις λίπανσης: ουρία (130 kg N/ha), ουρία + βιοδιεργετής (130 kg N/ha), ουρία με αναστολέα ουρεάσης (115 kg N/ha), ουρία με αναστολέα ουρεάσης + βιοδιεργετής (115 kg N/ha), και βασική λίπανση (52,5 kg N/ha). Η ουρία με αναστολέα ουρεάσης + βιοδιεργετή παρουσίασε υψηλότερες αποδόσεις κατά μέσο όρο 32% και στις δύο περιοχές συγκριτικά με τη βασική λίπανση, καθώς επίσης και μία τάση υψηλότερων αποδόσεων σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στην ίδια μεταχείριση εμφανίστηκε η ιδανική περιεκτικότητα πρωτεΐνης στους κόκκους 10,27% και 10,46% στα Φάρσαλα και τον Αλμυρό, αντίστοιχα. Γενικά παρουσιάστηκε μία τάση αύξησης των αποδόσεων από την εφαρμογή του βιοδιεργετή και στις δύο περιοχές, ωστόσο σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει ο χρόνος εφαρμογής του, με ιδανικό στάδιο την έναρξη του καλαμώματος έως την εμφάνιση δύο κόμβων στο στέλεχος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του βιοδιεργετή ευνόησε την εξισορρόπηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στα επιθυμητά για τη βυνοποίηση επίπεδα.

Λέξεις κλειδιά: βυνοποιήσιμο κριθάρι, λίπανση, αποδόσεις, πρωτεΐνη, κλιματικές συνθήκες

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα τελευταία χρόνια, ο κλάδος της ζυθοποιίας έχει παρουσιάσει αξιοσημείωτη ανάπτυξη στην Ελλάδα, με επακόλουθο την αύξηση της ζήτησης σε βυνοποιήσιμο κριθάρι. Ωστόσο, οι απαιτήσεις για σταθερά υψηλή απόδοση (≥ 5 kg/στρ.) και πρωτεΐνοπεριεκτικότητα των κόκκων στο στενό εύρος 9,5–11,5% αποτελούν πρόκληση, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της κλιματικής κρίσης. Επομένως, είναι επιτακτική: α) η αξιολόγηση νέων γενοτύπων με προσαρμοστικότητα στην κλιματική μεταβολή και β) η διερεύνηση ενός βέλτιστου σχεδίου θρέψης ως προς την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας για υψηλών προδιαγραφών τελικό προϊόν και με τη συνθήκη των χαμηλών εισροών. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση: α) γενοτύπων βυνοποιήσιμου κριθαριού προσαρμοσμένων στις ελληνικές συνθήκες και β) ενός ορθολογικού σχεδίου θρέψης με σκευάσματα νέας γενιάς για αναρμόνιση της καλλιέργειας στις νέες οδηγίες της ΕΕ.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα υλοποιήθηκε σε 2 περιοχές, Φάρσαλα και Αλμυρό κατά την καλλιεργητική περίοδο 2022–2023 και διεξήχθη σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων σε 3 επαναλήψεις. Εξετάστηκαν τέσσερις επιλεγμένοι νέοι γενότυποι βυνοποιήσιμου κριθαριού, (G13-04-20, G13-04-22A, G13-04-62, G13-38-45), διαφορετικού βαθμού πρωιμότητας και μία εμπορική ποικιλία (Fortuna) ως μάρτυρας. Οι εδαφικές ιδιότητες των πειραματικών αγρών στις δύο περιοχές παρουσιάζονται στον (Πίνακας 1).

Πίνακας1: Ορισμένες ιδιότητες των εδαφών δύο πειραματικών αγρών στις περιοχές των Φαρσάλων και του Αλμυρού.

Περιοχή	Βάθος(cm)	Χαρακτηρισμός	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)
Φάρσαλα	0-20	Αργιλώδες	7,05	0,126	11,67	342	100
Αλμυρός	0-20	Αργιλοπηλώδες	7,3	0,147	16,01	174	102

Κύρια τεμάχια ήταν οι πέντε γενότυποι και υποτεμάχια οι πέντε μεταχειρίσεις επιφανειακής λίπανσης (SF): απλή ουρία (U), απλή ουρίας+ βιοδιεργετής (U+B), ουρία με αναστολέα ουρεάσης (UI), ουρία με αναστολέα ουρεάσης + βιοδιεργετής (UI+B), και μόνο βασική λίπανση (B). Για τις μεταχειρίσεις U και U+B χορηγήθηκαν 130 kg N/ha, ενώ για τις UI και UI+B 115 kg N/ha. Εφαρμόστηκαν 3L/ha του βιοδιεργετή (εκχύλισμα φυκών *Ascophyllum nodosum*). Ο κάθε πειραματικός αγρός περιλάμβανε 75 υποτεμάχια έκτασης 48 m².

Εκτιμήθηκε ο ρυθμός ανάπτυξης των γενοτύπων με λήψη 12 μετρήσεων της φαινολογίας στα κρίσιμα στάδια του βιολογικού κύκλου κατά Zadoks [1] Για τον προσδιορισμό των αποδόσεων συγκομίσθηκαν τέσσερα δείγματα των 0,25 m² σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και ακολούθησε αναγωγή στο στρέμμα. Η περιεκτικότητα σε N των κόκκων προσδιορίστηκε με την μέθοδο Kjeldahl και ακολούθως η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα με βάση του τύπο : Πρωτεΐνη (%) = N (%) x 6,25.

Τα δεδομένα αναλύθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0,05$ και για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (Statgraphics Centurion XVII, StatPoint Technologies, Inc.).

Κατά την ανάλυση έγινε διαχωρισμός των γενοτύπων σε δύο ομάδες με βάση το φαινολογικό στάδιο της εφαρμογής των μεταχειρίσεων, α) στους πρώιμους (G13-04-20, G13-04-22A, G13-04-62) και β) στους όψιμους (G13-38-45, Fortuna). Στους πρώιμους γονότυπους ο βιοδιεργετής χορηγήθηκε στην έναρξη του καλαμώματος μέχρι τον 2^ο κόμβο και η επιφανειακή λίπανση στον 3^ο-4^ο κόμβο, ενώ στους όψιμους ο βιοδιεργετής εφαρμόστηκε στο τέλος του αδελφώματος και η επιφανειακή λίπανση στην έναρξη του καλαμώματος έως τον 2^ο κόμβο.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Κλιματικά δεδομένα: Από τις δύο περιοχές έρευνας τα Φάρσαλα αντιπροσωπεύουν το ιδανικό κλιματικά περιβάλλον για την καλλιέργεια του κριθαριού ενώ ο Αλμυρός αντιπροσωπεύει το χαρακτηριστικό ξηροθερμικό κλίμα. Μεταξύ των δύο περιοχών η μέση θερμοκρασία παρουσίασε διαφοροποίηση, με αυξημένες τιμές κατά 2,5°C στον Αλμυρό στο γέμισμα των καρπών και με τις χαμηλότερες να εμφανίζονται στα Φάρσαλα, ιδιαίτερα στο ίδιο φαινολογικό στάδιο με διαφορά 5 °C. Διαφοροποίηση παρουσιάστηκε επίσης στο ύψος βροχόπτωσης στα διάφορα στάδια της καλλιέργειας με συνολική βροχόπτωση 279,8 και 319,2 mm στον Αλμυρό και στα Φάρσαλα, αντίστοιχα.

Αποδόσεις: Και στις δύο περιοχές, Αλμυρό (Α) και Φάρσαλα (Φ), οι αποδόσεις (tn/ha) ήταν υψηλές, με μία τάση υπεροχής των μεταχειρίσεων με βιοδιεγέρτη και κατά φθίνουσα σειρά, της μεταχείρισης **UI+B** με μέγιστες τιμές 5,79 (Α) και 5,62 (Φ), ακολουθούμενη από τις μεταχειρίσεις **U+B** 5,69 (Α) και 5,57 (Φ), **UI** 5,48 (Α) και 5,46 (Φ) , **U** 5,37 (Α) και 5,33 (Φ) και **B** 4,26 (Α) και 4,13 (Φ). Ο βιοδιεγέρτης έδειξε να ευνοεί τις αποδόσεις και στις δύο περιοχές, εντούτοις στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στον Αλμυρό. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με σχετική έρευνα της εφαρμογής του ίδιου βιοδιεγέρτη στην αύξηση των αποδόσεων του σιταριού [2]. Ωστόσο, σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχει το φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας κατά την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη και συγκεκριμένα, το στάδιο της έναρξης του καλαμώματος του στελέχους έως τους δύο κόμβους κατά την κλίμακα Zadoks. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών γενοτύπων, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από άλλες σχετικές έρευνες [3]. Οι χαμηλότερες αποδόσεις στα Φάρσαλα μπορούν να αποδοθούν στην έλλειψη βροχοπτώσεων μετά την εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης.

Περιεκτικότητα του καρπού σε πρωτεΐνη: Αξιοσημείωτος είναι ο ρόλος του χρόνου εφαρμογής της επιφανειακής λίπανσης και το φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας στη συγκέντρωση της πρωτεΐνης, καθώς και η μορφή των συστατικών στοιχείων του λιπάσματος [4]. Σύμφωνα με ομαδοποίηση των γενοτύπων, με βάση το φαινολογικό στάδιο εφαρμογής της επιφανειακής λίπανσης, προέκυψαν α) οι πρώιμοι γενότυποι G13-04-20, G13-04-22A και G13-04-62 και β) οι όψιμοι γενότυποι G13-38-45 και η εμπορική ποικιλία *Fortuna*. Στους πρώιμους γενότυπους, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν εντός των επιθυμητών για τη βυνοποίηση ορίων, με τη μεταχείριση **UI** να εμφανίζει τον ιδανικό μέσο όρο τιμών 10,27% και 10,46%, στα Φάρσαλα και στον Αλμυρό αντίστοιχα, να ακολουθούν οι μεταχειρίσεις **U+B** (10,71% - Φ και 11,07% - Α) και **UI+B** (10,95% - Φ και 10,99% - Α) και να έπεται η **U** με τιμές στο ανώτερο και εκτός ορίου (11,14% -Φ και 11,78%- Α). Η βασική λίπανση εμφάνισε τις εκτός ορίου κατώτερες τιμές (7,63% - Φ και 8,13% - Α). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή των βιοδιεγερτών διατήρησε στη διαχείριση **UI** και εξισορρόπησε στη διαχείριση **U** την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα επιθυμητά για τη βυνοποίηση επίπεδα. Στους όψιμους γενότυπους, όπου οι εφαρμογές των παραγόντων θρέψης υλοποιήθηκαν σε πρωιμότερα στάδια του κριθαριού, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη εμφανίστηκε με τις κατώτερες τιμές στις περισσότερες μεταχειρίσεις και στις δύο περιοχές, που θεωρείται επισφαλές δεδομένο για τις απαιτήσεις ποιότητας της βυνοποίησης.

Συμπεράσματα: Οι υπό αξιολόγηση γενότυποι εμφάνισαν υψηλές αποδόσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις και στις δύο περιοχές. Εν τούτοις, οι εφαρμογές της ουρίας με αναστολέα ουρεάσης + βιοδιεγέρτη (UI+B), της απλής ουρίας + βιοδιεγέρτη (U+B) και της ουρίας με αναστολέα ουρεάσης παρουσίασαν κατά φθίνουσα σειρά μία τάση υψηλότερων τιμών και στις δύο περιοχές. Η προσθήκη του βιοδιεγέρτη συντέλεσε στην εξισορρόπηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στους καρπούς κόκκους στα επιθυμητά για τη βυνοποίηση επίπεδα στις διαχειρίσεις εφαρμογής της απλής ουρίας **U** και της ουρίας με αναστολέα ουρεάσης **UI**. Καθοριστικός παράγοντας στην αύξηση των αποδόσεων και στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στον καρπό αναδεικνύεται το στάδιο εφαρμογής της επιφανειακής λίπανσης και οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Zadoks J. et al. (1974), DOI: 10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x
2. Stamatidis S. et al. (2015), DOI:10.1007/s10811-014-0344-0
3. Stamatidis S. et al. (2021), DOI: 10.1007/s10811-021-02417-z
4. Siller A. et al. (2021), DOI: 10.3390/agronomy11040797

Επισκόπηση της γονιμότητας των εδαφών καρυδοκαλλιέργειας της περιοχής Βαμβακούς Λακωνίας

Μάνθος Ι.¹, Σωτηρόπουλος Θ.², Χατζηστάθης Θ.³, Μπούντλα Α.³, Παπαδάκης Ι.⁴, Μαλούπα Ε.⁵

¹ΕΛ.Γ.Ο. «Δήμητρα», Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων - Τμήμα Ακροδρύων, Νέο Κρίκελλο, 35100, Βαρδάτες Φθιώτιδας,

²ΕΛ.Γ.Ο. «Δήμητρα», Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων - Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας, Σ.Σ. Νάουσας 38, 59200, Νάουσα,

³ΕΛ.Γ.Ο. «Δήμητρα», Ινστιτούτο Εδαφολογικών Πόρων Θεσσαλονίκης, 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη,

⁴Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Δενδροκομίας, Ιερά Οδός 75, 118 55 Αθήνα, ⁵ΕΛ.Γ.Ο. «Δήμητρα», Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη.

Περίληψη: Σε 29 δείγματα εδάφους από οπωρώνες παραγωγών καρυδιάς του αγροτικού συνεταιρισμού 'Πάρνων Ροεμα' πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις και ακολούθησε ταξινόμηση των αποτελεσμάτων με βάση τις τιμές επάρκειας. Από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψε ότι το 6,89% των εδαφών είχαν χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, το 31,03% μέση, ενώ το 62,07% υψηλή. Όσον αφορά την κοκκομετρική σύσταση, όλα τα εδάφη ήταν μέσης σύστασης, και ειδικότερα το 75,86% αυτών ήταν αμμοπηλώδη (SL) και το 24,14% ήταν πηλώδη (L). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε όλα τα εδάφη ήταν χαμηλή. Το 55,17% των δειγμάτων είχαν όξινο pH, ενώ το 44,83% κυμάνθηκε από 6,5 έως 7,5. Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ολικό ανθρακικό ασβέστιο, στο 93,1% των δειγμάτων ήταν χαμηλή και στο 6,9% μέση. Αναφορικά με τις ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, βρέθηκαν χαμηλά επίπεδα φωσφόρου στο 72,41% των δειγμάτων, καλίου στο 82,75%, ψευδαργύρου στο 51,72%, μαγγανίου στο 48,28%, χαλκού στο 17,24% και βορίου στο 65,52%. Αντιθέτως, βρέθηκε υπερεπάρκεια φωσφόρου στο 10,34% των δειγμάτων, καλίου στο 6,89%, ασβεστίου στο 82,76%, μαγνησίου στο 65,52%, χαλκού στο 65,51%, σιδήρου στο 65,52%, μαγγανίου στο 3,44% και βορίου στο 3,44%.

Λέξεις κλειδιά: γονιμότητα εδάφους, εδαφολογική ανάλυση, καρυδιά

Εισαγωγή-Σκοπός: Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η επισκόπηση της γονιμότητας των εδαφών σε 29 εδαφικά δείγματα, που πραγματοποιήθηκε για τον αγροτικό συνεταιρισμό 'Πάρνων Ροεμα' και κάλυψε ορεινές περιοχές καλλιέργειας καρυδιάς της περιοχής Βαμβακούς Λακωνίας (BA του όρους Πάρνωννα), στο πλαίσιο μελέτης αναδιάρθρωσης της καλλιέργειας καρυδιάς στη συγκεκριμένη περιοχή.

Υλικά και Μέθοδοι: Στα δείγματα των εδαφών αφού προηγήθηκε αεροξήρανση, ακολούθησε κοσκίνισμα σε κόσκινο με διάμετρο οπών 2 mm και πραγματοποιήθηκαν οι εξής αναλύσεις: pH στην πάστα κορεσμού, ηλεκτρική αγωγιμότητα (στο εκχύλισμα της πάστας κορεσμού), οργανική ουσία (υγρή οξείδωση), μηχανική σύσταση (μέθοδος υδρομέτρου Βουγιούκου), CaCO₃ (ασβεστόμετρο) [1]. Ο φώσφορος προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Olsen, τα εναλλακτικά κατιόντα προσδιορίστηκαν έπειτα από εκχύλιση των εδαφικών δειγμάτων με οξικό αμμώνιο, ενώ ο σίδηρος, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος προσδιορίστηκαν έπειτα από εκχύλιση με DTPA. Οι συγκεντρώσεις των εναλλακτικών κατιόντων και των ιχνοστοιχείων προσδιορίστηκαν στο ICP. Το βόριο προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της αζωμεθίνης-Η στο εκχύλισμα κορεσμού των εδαφών [2]. Αφού πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις, ακολούθησε ταξινόμηση των αποτελεσμάτων με βάση τις τιμές επάρκειας [3].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Από τις αναλύσεις προέκυψε όσον αφορά την κοκκομετρική σύσταση ότι όλα τα εδάφη ήταν μέσης σύστασης, και ειδικότερα το 75,86% ήταν SL και το 24,14% ήταν L. Το 55,17% των δειγμάτων είχαν όξινο pH, ενώ στο 44,83% κυμάνθηκε από 6,5 έως 7,5. Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ολικό ανθρακικό ασβέστιο, στο 93,1% των δειγμάτων ήταν χαμηλή και στο 6,9% μέση. Το 6,89% των εδαφών είχαν χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, το 31,03% μέση, ενώ το 62,07% υψηλή. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε όλα τα εδάφη ήταν χαμηλή.

Χαμηλά επίπεδα νιτρικού αζώτου βρέθηκαν στο 68,97% και επάρκεια στο 31,03% των δειγμάτων (Πίνακας 1). Βρέθηκαν επίσης χαμηλά επίπεδα φωσφόρου στο 72,41% των δειγμάτων, επάρκεια στο 17,24% και υπερεπάρκεια στο 10,34%. Χαμηλά επίπεδα καλίου βρέθηκαν στο 82,75%, επάρκεια στο 10,35% και υπερεπάρκεια στο 6,89% των δειγμάτων. Επαρκή επίπεδα ασβεστίου και μαγνησίου βρέθηκαν στο 17,24% και 34,48% και υπερεπάρκεια στο 82,76% και 65,52%, αντίστοιχα. Τέλος, για τα μικροστοιχεία βρέθηκαν χαμηλά επίπεδα ψευδαργύρου στο 51,72%, μαγγανίου στο 48,28%, χαλκού στο 17,24% και βορίου στο 65,52%, επαρκείς τιμές ψευδαργύρου στο 48,28%, χαλκού στο 17,24%, σιδήρου στο 34,48%, μαγγανίου στο 48,28% και βορίου στο 31,03% και υπερεπάρκεια χαλκού στο 65,51%, σιδήρου στο 65,52%, μαγγανίου στο 3,44% και βορίου στο 3,44% (Πίνακας 1).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται η υφιστάμενη κατάσταση της γονιμότητας των καρυδεώνων της περιοχής και συνιστάται στους παραγωγούς η κατάλληλη λιπαντική αγωγή ανά καρυδεώνα σε περιπτώσεις ανεπάρκειας ορισμένων θρεπτικών στοιχείων στα εδάφη, ενώ στις περιπτώσεις υπερεπάρκειας αποφυγή ώστε να αποκατασταθεί η ισορροπία των θρεπτικών στοιχείων.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την περιεκτικότητά τους σε N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu και B.

	Ανεπάρκεια (%)	Επάρκεια (%)	Υπερεπάρκεια (%)
Άζωτο N-NO ₃ (KCl 1M) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	68,97	31,03	0
P (Olsen) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	72,41	17,24	10,34
K (NH ₄ OAc) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	82,75	10,35	6,89
Εναλλακτικό Ca (NH ₄ OAc) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	0	17,24	82,76
Εναλλακτικό Mg (NH ₄ OAc) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	0	34,48	65,52
Fe (Διαθέσιμος, DTPA) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	0	34,48	65,52
Zn (Διαθέσιμος, DTPA) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	51,72	48,28	0
Mn (Διαθέσιμο, DTPA) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	48,28	48,28	3,44
Cu (Διαθέσιμος, DTPA) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	17,24	17,24	65,51
B (Διαθέσιμο, Ζέον Ύδωρ) (mg kg ⁻¹ ξ.β.)	65,52	31,03	3,44

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Page AL., Miller RH., Keeney DR. 1982. Chemical and microbiological properties. In 'Methods of Soil Analysis'. (Eds AL Page, RH Miller, DR Keeney) pp. 431–436. (ASA-SSSA: Madison)
2. Wolf B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2: 363–372.
3. Brown J.R. (ed.) 1987. Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation. SSSA special publication No 21. SSSA Madison, Wisconsin.

Αξιοποίηση των υπολειμμάτων καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus* και *Lentinula* για την ενίσχυση της προστιθέμενης αξίας compost παραγόμενου από γεωργικά παραπροϊόντα

Μπεκιάρης Γ.¹, Κεφαλογιάννη Η.¹, Τσιγκνιά Μ.², Τσιγωνάκης Δ.¹, Τσάγκου Β.¹, Ζαφειρίου Ι.², Οικαλιώτης Κ.², Χατζηπαυλίδης Ι.¹

¹Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μικροβιολογίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

²Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη: Η κομποστοποίηση αποτελεί την αερόβια θερμοφιλή βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης προς ένα σταθερό οργανοχουμοποιημένο προϊόν. Χρησιμοποιείται ευρέως για την διαχείριση και μετατροπή αγροβιομηχανικών υποπροϊόντων και φυτικών υπολειμμάτων σε περιβαλλοντικά αποδεκτά και χρήσιμα προϊόντα (π.χ. εδαφοβελτιωτικά υλικά). Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας compost από αγροβιομηχανικά παραπροϊόντα και φυτικά υπολείμματα μέσω της προσθήκης εξαντλημένου υποστρώματος καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus* και *Lentinula* (SMS), κατά το μέσο της δεύτερης μεσόφιλης φάσης της κομποστοποίησης. Αρχικά τα αγροβιομηχανικά παραπροϊόντα αναμίχθηκαν σε τέτοιες αναλογίες ώστε να επιτευχθεί λόγος C/N = 30:1. Τρεις πανομοιότυποι σωροί κομποστοποίησης με αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία 52% w/dw, τοποθετήθηκαν σε κουτιά κομποστοποίησης, και αναδεύτηκαν δύο φορές κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης πριν την προσθήκη του SMS. Στη μέση της δεύτερης μεσόφιλης φάσης, οι σωροί κομποστοποίησης αναδεύτηκαν ξανά και έγινε προσθήκη του SMS (10% w/w) σε δύο από τα κουτιά (ένα για κάθε στέλεχος μύκητα), με το τρίτο να χρησιμοποιείται ως μάρτυρας (χωρίς προσθήκη SMS). Δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε κάθε φάση της κομποστοποίησης, ενώ για την παρακολούθηση εφαρμόστηκε και φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού κατά Fourier. Τα λιγνινολυτικά ένζυμα που περιείχονταν στο SMS είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός πλούσιου σε χουμικά οξέα compost, βελτιωμένης ωριμότητας και φυσικοχημικών ιδιοτήτων.

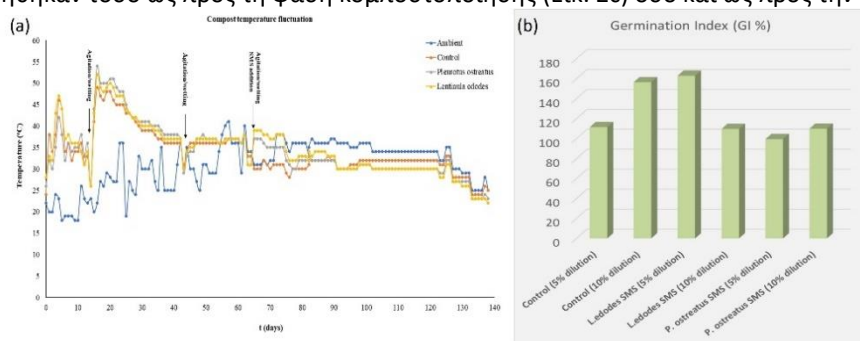
Λέξεις κλειδιά: κομποστοποίηση, εξαντλημένο υπόστρωμα καλλιέργειας μανιταριών, χουμικά οξέα, ωριμότητα

Εισαγωγή-Σκοπός: Η αυξανόμενη ζήτηση για παραγωγή μανιταριών έχει οδηγήσει σε μεγάλες ποσότητες εξαντλημένου υποστρώματος καλλιέργειας μανιταριών, ενός παραπροϊόντος της βιομηχανίας καλλιέργειας μανιταριών, το οποίο συνήθως απορρίπτεται στο έδαφος. Τα κοινώς καλλιεργούμενα είδη μανιταριών, όπως το *Pleurotus ostreatus* και το *Lentinula edodes*, τα οποία ανήκουν στους μύκητες λευκής σήψης, είναι σε θέση να παράγουν μια ποικιλία οξειδωτικών και υδρολυτικών ενζύμων ικανών να αποικοδομήσουν τη λιγνοκυτταρίνη. Η κομποστοποίηση αποτελεί την αερόβια θερμοφιλή βιοαποδόμηση της οργανικής ύλης προς ένα σταθερό οργανοχουμοποιημένο προϊόν, και χρησιμοποιείται ευρέως για την διαχείριση αγροβιομηχανικών υποπροϊόντων και φυτικών υπολειμμάτων. Η προσθήκη του εξαντλημένου υποστρώματος καλλιέργειας μανιταριών στη διαδικασία κομποστοποίησης θα μπορούσε δυνητικά να επηρεάσει τόσο τη διάρκεια της περιόδου ωρίμανσης όσο και την χουμοποίηση (ποιότητα) στο τελικό παραγόμενο προϊόν. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να προσδιορίσει εάν η προσθήκη SMS θα μπορούσε να επηρεάσει τη διαδικασία κομποστοποίησης και την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

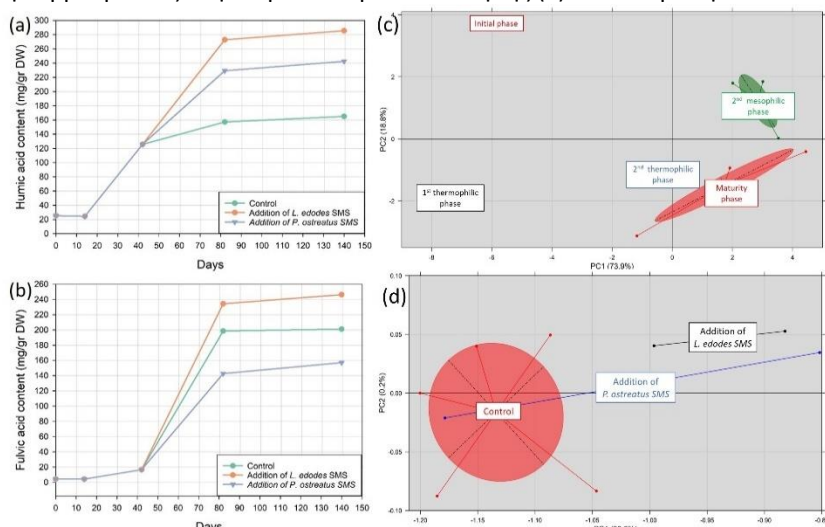
Υλικά και Μέθοδοι: Για τη δημιουργία του υλικού προς κομποστοποίηση αναμίχθηκαν άχυρο σίτου, κλαδέματα δέντρων, παραπροϊόντα εκκοκκισμού βάμβακος και κοπριά πουλερικών σε κατάλληλες αναλογίες προκειμένου να επιτευχθεί ένας λόγος C/N της τάξης του 30:1. Τρεις πανομοιότυποι σωροί μίγματος των αναφερθέντων παραπροϊόντων δημιουργήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε κουτιά κομποστοποίησης (όγκου ενός m³). Η αρχική υγρασία καταγράφηκε στο 52% w/dw, ενώ πριν την ενσωμάτωση του SMS προηγήθηκαν δύο αναδεύσεις και διαβροχές του υλικού, μετά την ολοκλήρωση των δυο θερμοφίλων φάσεων αντιστοίχως. Κατά το μέσο της δεύτερης μεσόφιλης φάσης, οι σωροί κομποστοποίησης αναδεύτηκαν και SMS από την καλλιέργεια των μανιταριών *P. ostreatus* και *L. edodes* ενσωματώθηκαν στους σωρούς των δύο κουτιών αντιστοίχως, σε αναλογία 10% w/w. Το υλικό του τρίτου κουτιού χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (χωρίς την προσθήκη SMS). Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε κάθε φάση της κομποστοποίησης για την παρακολούθηση της συνολικής διαδικασίας και τον προσδιορισμό φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως υγρασίας, pH, EC, δείκτη φυτοτοξικότητας, φουλβικά και χουμικά οξέα (1) κ.α. Η φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού κατά Fourier εξασθενημένης ολικής ανάκλασης (ATR-FTIR) χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση αλλαγών κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης, καθώς και τυχόν ομαδοποιήσεων των φασμάτων ως προς τη φάση κομποστοποίησης ή την προσθήκη SMS σε συνδυασμό με την ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA) (2).

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στην αρχή της κομποστοποίησης η θερμοκρασία αυξήθηκε και την 5η ημέρα έφτασε κατά μέσο όρο στους 42°C. Από την 6η έως τη 13η ημέρα παρατηρήθηκε σύντομη μεσόφιλη φάση (μέση τιμή 34°C). Μετά από ανάδευση και διαβροχή την 14η ημέρα, ακολούθησε δεύτερη θερμοφιλή φάση, κατά την οποία η μέγιστη θερμοκρασία (50°C) παρατηρήθηκε την 20η ημέρα. Από την 27η ημέρα και μετά ξεκίνησε η 2η μεσόφιλη φάση. Ανάδευση και διαβροχή έγινε επίσης την 43η και την 63η ημέρα, κατά τη διάρκεια μάλιστα της τελευταίας πραγματοποιήθηκε και η προσθήκη του SMS (Εικ. 1a). Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας κομποστοποίησης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους της EC και του pH, εμφανίζοντας μέσες τιμές της τάξης των 2,19 mS/cm και 8,2 αντίστοιχα. Ο δείκτης βλάστησης φαίνεται να ενισχύθηκε στην περίπτωση της προσθήκης SMS προερχόμενου από την καλλιέργεια του *L. edodes* (Εικ. 1b). Η περιεκτικότητα του compost σε χουμικά οξέα ευνοήθηκε με την προσθήκη SMS και από τα δύο είδη μανιταριών. Η προσθήκη μάλιστα SMS από την καλλιέργεια *L. edodes* οδήγησε σε διπλάσια σχεδόν αύξηση στην περιεκτικότητά τους (Εικ. 2a). Αντιθέτως, η περιεκτικότητα σε φουλβικά οξέα ευνοήθηκε μόνο με την προσθήκη SMS από την καλλιέργεια *L. edodes*, ενώ στην περίπτωση του *P. ostreatus* η συγκέντρωση σε

φουλβικά οξέα εμφανίστηκε μικρότερη του μάρτυρα (Εικ. 2b). Η καταγραφή και ανάλυση των φασμάτων με την τεχνική της ATR-FTIR αποκάλυψε σημαντικές διαφορές στα φάσματα (και κατά συνέπεια στη χημική σύσταση) τόσο μεταξύ της αρχικής φάσης και της φάσης ωρίμανσης, όσο και μεταξύ του ώριμου compost (μάρτυρας) και του compost στο οποίο ενσωματώθηκε SMS από την καλλιέργεια μανιταριών *P. ostreatus* και *L. edodes*. Κατά την εφαρμογή πολυπαραγοντικής ανάλυσης (PCA), ομαδοποιήσεις των φασμάτων παρατηρήθηκαν τόσο ως προς τη φάση κομποστοποίησης (Εικ. 2c) όσο και ως προς την προσθήκη SMS (Εικ. 2d).



Εικόνα 1: Διαφοροποίηση θερμοκρασίας στη διάρκεια κομποστοποίησης (a) και επίδραση SMS στο δείκτη βλαστικότητα (b)



Εικόνα 2: Περιεκτικότητα compost σε χουμικά (a) και φουλβικά (b) οξέα και ομαδοποίηση των FTIR φασμάτων μέσω PCA (c,d)

Συμπεράσματα: Η προσθήκη SMS όχι μόνο οδήγησε σε βελτίωση της διαδικασίας κομποστοποίησης, αλλά και σε ένα πιο ώριμο προϊόν με καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες. Ειδικά, η προσθήκη SMS από την καλλιέργεια *L. edodes* είχε ως αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν με αυξημένη περιεκτικότητα τόσο σε χουμικά όσο και σε φουλβικά οξέα και παράλληλα με καλύτερο δείκτη βλαστικότητα.

Acknowledgements: This study was supported by the Project “Smart Agriculture and Circular Bioeconomy – SmartBIC” (MIS 5047106) which is supplemented under the Action “Reinforcement of the Research and Innovation Infrastructure”, funded by the Operational Program “Competitiveness, Entrepreneurship, and Innovation” (NSRF 2014-2020) and co-financed by Greece and the European Union (European Regional Development Fund).

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Benito M. et al. (2003), DOI: 10.1007/s00374-003-0584-7
2. Bekiaris G. et al. (2015), DOI: 10.1016/j. wasman.2015.02.029

Η ενσωμάτωση στοιχειακού θείου στο λιπασματικό κόκκο και η επίδραση αυτής της τεχνολογίας στη λειτουργικότητα της καλλιέργειας

Μπουράνης Δ.^{1,3}, Βενιεράκη Α.², Χωριανοπούλου Σ.Ν.^{1,3}

¹Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών

²Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας

³Ινστιτούτο Θρέψης Φυτών και Ποιότητας Εδάφους, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

Περίληψη: Στοιχειακό θείο (ES) 2% w/w προσκολλήθηκε στην επιφάνεια κόκκων εμπορικών λιπασμάτων με συνδεδετικό υλικό, και το ενισχυμένο λίπασμα (FBES) δοκιμάστηκε σε ποικιλία εμπορικών αγρών καλλιεργημένων με σκληρό σιτάρι. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δείχνουν τον εξής μηχανισμό: Η καλλιέργεια προσλαμβάνει το διαθέσιμο θειικό, μαζί με αυτό από την μετατροπή του ES, ενώ παράλληλα το ES ενεργοποιεί τη δράση ωφέλιμων μικροβιακών πληθυσμών που παράγουν αρυλσουλφατάση, σιδηροφόρα, και κινητοποιούν φωσφόρο, μεταξύ άλλων χαρακτηριστικών. Ενώ το ES εξαντλείται, το ένζυμο αποδεσμεύει θειικό από την οργανική ύλη του ριζοχώματος, με αποτέλεσμα η θρέψη της καλλιέργειας σε S, P, Fe και N να ενισχύεται σημαντικά και οι αποδόσεις να αυξάνονται.

Λέξεις κλειδιά: σίδηρος, φωσφόρος, θειικό, αρυλσουλφατάση, PGPR

Η ενσωμάτωση στοιχειακού θείου στον λιπασματικό κόκκο – Το στοιχειακό θείο (ES) είναι ένα ιδανικό λίπασμα θείου (S) βραδείας αποδέσμευσης με μακρά ιστορία ως βελτιωτικό εδάφους [1]. Το ES προσκολλήθηκε στην επιφάνεια των κόκκων εμπορικών λιπασμάτων (F) μέσω ενός συνδεδετικού υλικού (B) από την Sulphur Hellas S.A., δημιουργώντας οικογένεια λιπασμάτων με την εμπορική ονομασία «Sulfogrow» (FBES), όπου οι κόκκοι F λειτουργούν ως ένας πυρήνας που επικαλύπτεται αποτελεσματικά από ποσότητα 2% (w/w) ES [2]. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης έδειξε ότι οι κόκκοι του λιπάσματος FBES επικαλύπτονται από ένα στρώμα σωματιδίων που μοιάζουν με κρυστάλλους, το πάχος του οποίου φτάνει τα 60 μm, ενώ αυτή η στρώση δεν υπήρχε στους αντίστοιχους κόκκους F [3]. Οι μελέτες της ομάδας μας ανέδειξαν αρκετές πτυχές του μηχανισμού δράσης αυτών των λιπασμάτων σε καλλιέργειες σκληρού σίτου στον αγρό.

Η δυναμική της θρεπτικής κατάστασης της καλλιέργειας – Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του FBES, καταγράφηκε η δυναμική της θρέψης σε πολλές εμπορικές καλλιέργειες σκληρού σιταριού (*Triticum durum*, Poaceae), όπου ο κάθε αγρός δεχόταν με τυχαίοποιημένο σχέδιο δύο επεμβάσεις, την επέμβαση-αναφοράς F και την επέμβαση FBES. Αρχικά [1], παρακολούθηθηκαν οι συγκεντρώσεις θειικού, ολικού θείου (S), οργανικού αζώτου (Norg) και σιδήρου (Fe) στο εναέριο τμήμα του φυτού. Η καλλιέργεια που δέχτηκε επέμβαση με FBES παρουσίασε πυκνότερη φυτεία με πιο εύρωστα φυτά. Οι συσσωρευμένες ποσότητες Fe και Norg ανά φυτό βρέθηκαν να αυξάνονται στο εναέριο μέρος την 61η ημέρα μετά τη σπορά κατά 120% και κατά 43%, αντίστοιχα. Μετά την ημέρα 100, η συσσωρευμένη ξηρή μάζα ήταν διπλάσια από εκείνη της F, όπως και όλες οι καμπύλες συσσώρευσης [1]. Αφού δείξαμε ότι η καλλιέργεια FBES συσσωρεύσε υψηλότερη ποσότητα Fe σε σύγκριση με την F, στη συνέχεια διερευνήσαμε [4] την επίδραση του FBES στην ενδεχόμενη κινητοποίηση Fe από τα αποθέματα Fe σε αγρό με ασβεστούχο έδαφος, και στην αντίστοιχη επίδραση στη θρέψη με Fe και S αυτής της καλλιέργειας. Εφαρμόστηκε διαδοχική εκχύλιση Fe από το ριζόχωμα και παρακολούθηθηκαν οι διακυμάνσεις των κλασμάτων κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η λίπανση με FBES κατά τη σπορά επηρέασε τα κλάσματα Fe του ριζοχώματος κινητοποιώντας Fe, παρέχοντας έτσι περισσότερο Fe στην καλλιέργεια, η οποία εκτός από τη θρέψη σε Fe ενίσχυσε και τη θρέψη της σε S. Οι διακυμάνσεις των αποθεμάτων Fe, συνδεδεμένου ή προσροφημένου στην οργανική ύλη, ήταν ακριβώς αντίθετες με αυτές των αποθεμάτων Fe που σχετίζεται με τα σωματίδια της αργίλου και στις δύο επεμβάσεις, υποδηλώνοντας ανταλλαγή Fe μεταξύ των δύο αποθεματικών. Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκε αναπλήρωση της περιεκτικότητας σε Fe της καλλιέργειας F και έλλειμμα της περιεκτικότητας σε Fe της καλλιέργειας FBES στο ριζόχωμα. Η έναρξη του σταδίου ταχείας επιμήκυνσης στελέχους (ημέρα 125) αποτέλεσε σημείο καμπής. Πριν από την ημέρα 125, η χρήση του FBES αύξησε τη συγκέντρωση Fe στα κύρια στελέχη και αυτό ήταν ένα πρώιμο αποτέλεσμα ενίσχυσης, ακολουθούμενο από μια αύξηση στη συγκέντρωση του Sorg. Μετά την 125η ημέρα, η καλλιέργεια FBES αποτελούνταν από φυτά με υψηλότερα κύρια στελέχη και λιγότερα αδελφία. Παρατηρήθηκε μια όψιμη ενισχυτική επίδραση στη συγκέντρωση του Fe των κύριων στελεχών και των στάχτων τους μετά το στάδιο της πλήρους ανθοφορίας. Πριν από τη συγκομιδή, στην καλλιέργεια FBES, όλα τα μέρη του φυτού ήταν βαρύτερα, με περισσότερο Fe και Sorg συσσωρευμένο σε αυτά τα μέρη του φυτού και η εμπορική απόδοση της καλλιέργειας FBES ήταν υψηλότερη κατά 27,3% [4]. Στη συνέχεια μελετήθηκαν πολλά σχήματα λίπανσης με ή χωρίς ενσωματωμένο ES σε διάφορες ποικιλίες σκληρού σίτου, που καλλιεργήθηκαν σε εμπορικούς αγρούς [3]. Η περιεκτικότητα σε P κατά Olsen κάθε εμπορικού αγρού βρέθηκε να συσχετίζεται με την αντίστοιχη σχετική αλλαγή στις αποδόσεις με ισχυρή θετική σχέση. Οι πειραματικές δοκιμές αγρού που καθορίστηκαν μετά από ένα τυχαίοποιημένο σχεδιασμό επεμβάσεων στα αγροτεμάχια, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: η μία με P κατά Olsen κυμαινόταν μεταξύ 18-22 ppm, ενώ η άλλη μεταξύ 12-15 ppm. Η χρήση FBES παρείχε υψηλότερες σχετικές αποδόσεις. Η συνύπαρξη του ES με το θειικό στον κόκκο ήταν πιο αποτελεσματική ως προς την απόδοση, σε σύγκριση με τον κόκκο που εμπλουτίστηκε μόνο με ES, με ίδιο σχήμα λίπανσης και αγρονομική πρακτική. Η εφαρμογή μειγμάτων λιπασμάτων που περιείχαν τον αναστολέα ουρεάσης N-(n-βουτυλ) θειοφωσφορικό τριαμίδιο (NBPT), σε συνδυασμό με ES και θειικό αμμώνιο είχε ως αποτέλεσμα ακόμη υψηλότερες σχετικές αποδόσεις.

Η εφαρμογή FBES παρήγαγε υψηλότερη απόδοση από την F, υπό τον όρο ότι τα εδάφη των πειραματικών αγρών (F έναντι FBES) ήταν συγκρίσιμης ποιότητας και με περιεκτικότητα P κατά Olsen πάνω από 8 mg kg⁻¹, η οποία ήταν σημείο καμπής. Σε ένα πείραμα

[5], η επέμβαση με FBES πραγματοποιήθηκε σε έδαφος με P κατά Olsen $7,8 \text{ mg kg}^{-1}$, σε σύγκριση με το έδαφος του αγρού της F με P κατά Olsen $16,8 \text{ mg kg}^{-1}$. Και οι δύο καλλιέργειες χαρακτηρίστηκαν από συγκρίσιμη συσσώρευση ξηρής μάζας ανά φυτό σε όλη την ανάπτυξη, ενώ η απόδοση της καλλιέργειας FBES ήταν κατά 3,4% μικρότερη σε σύγκριση με αυτή της καλλιέργειας F.

Η δυναμική συμπεριφορά των βακτηρίων της ριζόσφαιρας – Για να αξιολογηθεί η επίδραση του FBES στη δυναμική βακτηρίων της ριζόσφαιρας σε σχέση με το F, συλλέχθηκε ριζοσφαιρικό έδαφος σε διάφορα αναπτυξιακά στάδια των καλλιεργειών. Το αγρονομικό προφίλ των καλλιεργήσιμων βακτηρίων της ριζόσφαιρας χαρακτηρίστηκε και παρακολουθήθηκε, σε σχέση με τη δυναμική του P, του Fe, του Sorg και του Norg, τόσο στο ριζόχωμα όσο και στο εναέριο μέρος του φυτού κατά την ανάπτυξη. Απεδείχθη ότι η εφαρμογή FBES συνέβαλε στην αύξηση του ποσοστού των βακτηρίων που παράγουν αρυλσουλφατάση (ARS) στο συνολικό βακτηριακό πληθυσμό, υποδηλώνοντας ενισχυμένη απελευθέρωση θεικού από το απόθεμα Sorg του εδάφους, το οποίο θα μπορούσε εύκολα να χρησιμοποιηθεί από το φυτό. Η φυλογενετική ανάλυση 68 απομονωμένων βακτηριακών στελεχών που παράγουν ARS αποκάλυψε ότι η πλειονότητα των στελεχών αυτών ανήκε στο γένος *Pseudomonas*. Ένα μεγάλο κλάσμα διέθετε επίσης ικανότητα διαλυτοποίησης φωσφορικών ή και παραγωγή σιδηροφόρων ή και ουρεολυτική δράση, βελτιώνοντας έτσι τη διάθεση στην καλλιέργεια P, Fe, S και N. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι το χρησιμοποιούμενο FBES βελτίωσε ουσιαστικά την ποιότητα του ριζοχώματος στο διαθέσιμο επίπεδο P, ιδιαιτέρως όταν ήταν περιοριστικό, ρυθμίζοντας την παρουσία των βακτηριακών κοινοτήτων στη ριζόσφαιρα και ενισχύοντας αποτελεσματικά τη μικροβιακή κινητοποίηση θρεπτικών συστατικών με επακόλουθο τη βελτιωμένη θρεπτική δυναμική των φυτών [5]. Τα επιλεγμένα βακτηριακά στελέχη αξιολογήθηκαν περαιτέρω [6] για τα χαρακτηριστικά PGP που σχετίζονται με το σχηματισμό biofilm, τη συμβατότητά τους ως πιθανά μίγματα βιολιπασμάτων, την ικανότητα ανοχής στην αλατότητα και την επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Οι μελέτες *in vitro* έδειξαν συμβατούς συνδυασμούς μικροοργανισμών *Bacillus* sp., όπως και *Pseudomonas* sp. πολλαπλών χαρακτηριστικών [6], οι οποίοι αύξησαν το πλήθος των πλευρικών ριζών και τη βιομάζα των βλαστών, ενώ μετριάστηκε η καταπόνηση λόγω αλατότητας, αναδεικνύοντας τη χρησιμότητα των ωφέλιμων βακτηρίων που παράγουν ARS ως πιθανά μικροβιακά λιπάσματα.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Chorianopoulou et al. (2017), doi: 10.1007/978-3-319-56526-21_11
2. Benardos, D. (2017), U.S. Patent WO2017077350A
3. Bouranis et al. (2019), doi:10.3390/plants8010002
4. Bouranis et al. (2018), doi:10.3390/agriculture8020020
5. Bouranis et al. (2019), doi:10.3390/plants8100379
6. Venieraki et al. (2021), doi.org/10.3390/microorganisms9081588

Επίδραση εδαφοβελτιωτικών - βιοδιεγερτών στη φυσιολογία και θρεπτική κατάσταση ποικιλίας ροδακινιάς εμβολιασμένης σε δύο υποκείμενα

Παπαδήμας Θ.¹, Ρούσσοις Π.¹, Γασπαράτος Δ.²

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Δενδροκομίας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα, 11855, Ελλάδα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα 11855, Ελλάδα

Περίληψη: Η συμμετοχή των βιοδιεγερτών σε προγράμματα λίπανσης αποσκοπεί στη βελτίωση της αποδοτικότητας της θρέψης, συνεισφέρει στην αύξηση και ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την καλύτερη ανταπόκριση των καλλιεργειών στις αβιοτικές καταπονήσεις. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο προσδιορισμός των επιδράσεων δύο εμπορικών σκευασμάτων βιοδιεγερτών (CP1 & CP2) στη θρέψη και στη φυσιολογία δένδρων ροδακινιάς (*Prunus persica* L. Batsch) ποικιλίας "Mercil" εμβολιασμένης στα υποκείμενα GF - 677 και Garnem. Οι δύο βιοδιεγέρτες που περιείχαν στη σύνθεσή τους εκχυλίσματα φυκιών και οργανικό άνθρακα, εφαρμόστηκαν με υδρολίπανση στα δένδρα σε συνδυασμό με ανόργανα λιπάσματα των οποίων η αποκλειστική εφαρμογή αποτέλεσε το μάρτυρα της πειραματικής μελέτης. Οι βιοδιεγέρτες συνέβαλαν στην αύξηση του διαθέσιμου σιδήρου (Fe) στο έδαφος, καθώς και της συγκέντρωσής του στα φύλλα και στην αύξηση του αμμωνιακού αζώτου (NH₄-N) στο έδαφος. Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της συγκέντρωσης της σακχαρόζης στα φύλλα κατά το μήνα Σεπτέμβριο. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν φανερή η επίδραση των δύο υποκειμένων στην πρόσληψη του καλίου (K) και μερικών ιχνοστοιχείων, στη φωτοσυνθετική ικανότητα και στη συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα.

Λέξεις κλειδιά: βιοδιεγέρτες, εδαφοβελτιωτικά, ροδακινιά, θρέψη, φυσιολογία

Εισαγωγή-Σκοπός: Βιοδιεγέρτης ονομάζεται κάθε ουσία ή μικροοργανισμός που εφαρμόζεται στα φυτά με στόχο να βελτιώσει την αποδοτικότητα της θρέψης, την ανθεκτικότητα στις αβιοτικές καταπονήσεις και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, ανεξάρτητα από το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά στοιχεία [1] μέσω της προώθησης της ανάπτυξης των φυτών, κυρίως με την ενίσχυση των μεταβολικών τους διεργασιών. Η εφαρμογή τους στα φυτά παρουσιάζει ευεργετικές επιδράσεις σε πολλές διεργασίες, όπως στη βλαστητική ικανότητα και την ανάπτυξη των ριζών, συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της ανθεκτικότητας των φυτών σε συνθήκες καταπόνησης, ενώ παρουσιάζουν θετική επίδραση στην εδαφοβελτίωση μέσω εκκρίσεων πολυσακχαριτών και ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους.

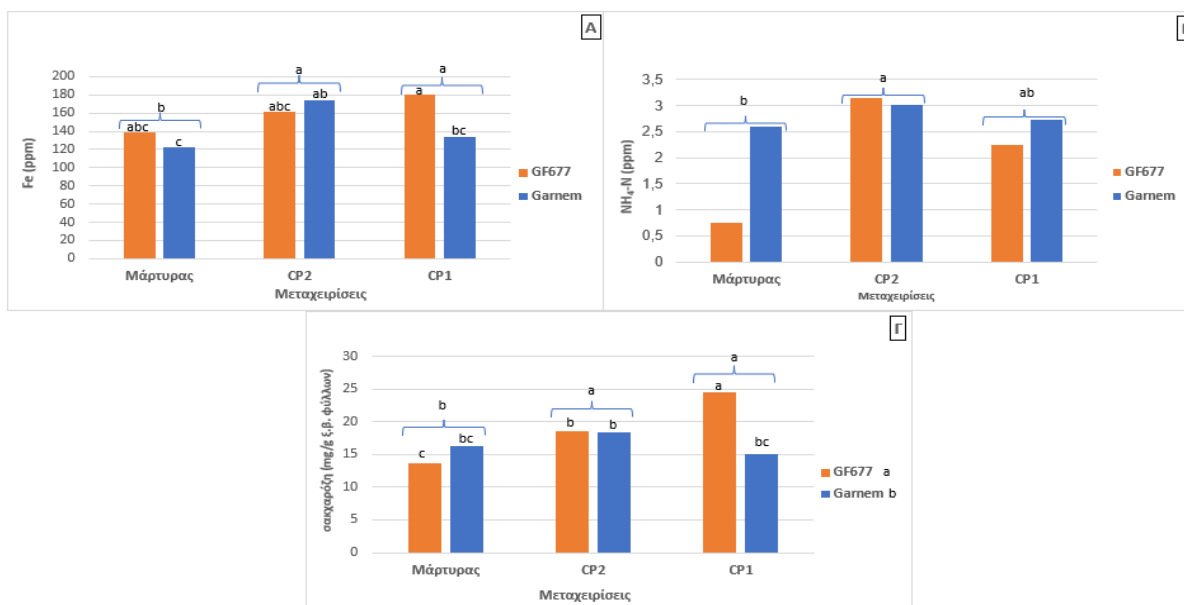
Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των επιδράσεων δύο βιοδιεγερτών σε δενδρύλλια ροδακινιάς, εμβολιασμένα σε δύο διαφορετικά υποκείμενα, επί των φυσιολογικών ιδιοτήτων του υποστρώματος ανάπτυξης και της αύξησης και φυσιολογίας των φυτών (συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, φωτοσυνθετική ικανότητα, συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα).

Υλικά και Μέθοδοι: Νεαρά δένδρα ροδακινιάς ηλικίας 3 ετών ποικιλίας Mercil, εμβολιασμένα σε δύο διαφορετικά υποκείμενα (GF-677 & Garnem) μεταφυτεύτηκαν σε γλάστρες. Το πείραμα περιλάμβανε 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις: βιοδιεγέρτης CP1 (εκχυλίσματα από φύκια, N: 3,9%, K₂O: 9%, C: 15,5%, Fe EDDHA: 0,65%, Zn EDTA: 0,1%), βιοδιεγέρτης CP2 (εκχυλίσματα φυκιών και φυτών, οργ. άνθρακας, αιθέρια έλαια) και το μάρτυρα. Αφαιρέθηκαν όλα τα καρπίδια από τα δένδρα ροδακινιάς και στις 3 μεταχειρίσεις, για τη μείωση του ανταγωνισμού σε ουσίες και θρεπτικά στοιχεία με τα υπάρχοντα φύλλα. Εφαρμόστηκαν ανόργανα υδατοδιαλυτά λιπάσματα και τα δύο υγρά εμπορικά σκευάσματα βιοδιεγερτών (CP1 & CP2) αποκλειστικά μέσω υδρολίπανσης. Συνολικά έλαβαν χώρα 8 υδρολίπανσεις στο διάστημα μεταξύ Απριλίου και Ιουλίου. Στη μεταχείριση με το CP1 εφαρμόστηκαν 20 ml στο λίτρο ανά δένδρο, ενώ στο CP2 η δοσολογία ήταν στα 5 ml, σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης των σκευασμάτων. Οι δειγματοληψίες εδάφους πραγματοποιήθηκαν αμέσως μετά τη μεταφύτευση των δένδρων, καθώς και με την ολοκλήρωση των μεταχειρίσεων, την τελευταία εβδομάδα του Νοεμβρίου. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις δειγματοληψίες ώριμων φύλλων από ετήσιους βλαστούς, μία στα μέσα Ιουλίου για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων, ενώ για τον προσδιορισμό των σακχάρων, μία στις αρχές Ιουλίου και δύο το Σεπτέμβριο.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το εδαφικό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αμμοπηλώδες (SL) και χαρακτηρίζεται ως μετρίως χονδρόκοκκο. Οι τιμές pH του εδάφους πριν και μετά την εφαρμογή της λίπανσης κυμάνθηκαν μεταξύ 7,52 και 7,68 και χαρακτηρίζεται ελαφρώς αλκαλικό, συμφωνώντας με την παρουσία CaCO₃ σε αυτό η οποία ξεπερνά το 20%. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας πριν και μετά τις επεμβάσεις, είναι μεγαλύτερο του 11 % σε όλες τις περιπτώσεις, το οποίο είναι αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης χωνεμένης κοπριάς στο έδαφος πριν τη μεταφύτευση των δένδρων. Η συγκέντρωση ορισμένων μακροστοιχείων (P,K) και ιχνοστοιχείων (Zn) στο έδαφος ήταν υψηλότερη από τα όρια επάρκειας. Οι επεμβάσεις με τους δύο βιοδιεγέρτες, καθώς και τα δύο υποκείμενα δεν παρουσίασαν καμία σημαντική επίδραση στις φυσιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Όσον αφορά τις μορφές αζώτου στο έδαφος, οι επεμβάσεις με τους βιοδιεγέρτες οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων αμμωνιακού αζώτου οι οποίες ήταν υψηλότερες στις δύο αυτές μεταχειρίσεις συγκριτικά με το μάρτυρα και ειδικά του σκευάσματος CP2. Ο λόγος ενδεχομένως να είναι οι περιεχόμενες αμίνες και τα αμινοξέα στα εκχυλίσματα φυκιών, τα οποία αποτελούν τη βάση της σύνθεσης των δύο βιοδιεγερτών.

Η επίδραση των δύο βιοδιεγερτών ήταν εμφανής για τα επίπεδα του σιδήρου (Fe) στο έδαφος, με τις τιμές του διαθέσιμου Fe στα δείγματα που εφαρμόστηκε το CP1 να είναι υψηλότερες συγκριτικά με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις, έχοντας σημαντική διαφορά με το CP2. Σχετικά με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στα φύλλα, δεν παρατηρήθηκε καμία τροφопενία, με τα περισσότερα στοιχεία να βρίσκονται εντός του εύρους επάρκειας. Σε αυτό μάλιστα συνέβαλε και η αφαίρεση των αναπτυσσόμενων καρπών από τα δένδρα στις αρχές του καλοκαιριού, καθώς αποφεύχθηκε η δημιουργία ανταγωνισμού σε θρεπτικά. Οι επεμβάσεις με

τους δύο βιοδιεγέρτες δεν έδειξαν καμία σημαντική επίδραση στα επίπεδα των μακροστοιχείων (N,P,K,Ca,Mg), ενώ τα υποκειμένα επηρέασαν σε ένα βαθμό τη συγκέντρωση P και K. Ωστόσο, η σημαντικότερη επίδραση αφορούσε τα επίπεδα του σιδήρου στα φύλλα των δένδρων ροδακινιάς που ήταν σημαντικά υψηλότερα στα δένδρα που εφαρμόστηκε υδρολίπανση με βιοδιεγέρτες, ακολουθώντας την αυξημένη διαθεσιμότητα του στοιχείου στο έδαφος στις συγκεκριμένες δύο μεταχειρίσεις (Σχεδιάγραμμα 1). Το αντίκτυπο στις συγκεντρώσεις σιδήρου στα φύλλα των εκχυλισμάτων από φύκη είναι παρόμοιο με τα ευρήματα από τους [1] που χρησιμοποίησαν ωστόσο διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγέρτη σε δένδρα ελιάς. Ο ψευδάργυρος βρίσκεται κι αυτός σε υψηλά επίπεδα στα φύλλα των δένδρων ροδακινιάς σε όλες τις επεμβάσεις, χωρίς να επηρεάζεται φανερά από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών και το υποκείμενο.



Σχεδιάγραμμα 1: Επιδράσεις μεταχειρίσεων και υποκειμένων στη συγκέντρωση σιδήρου (Fe) στα φύλλα ροδακινιάς (Α), στη συγκέντρωση Αμμωνιακού Αζώτου (NH₄-N) στο έδαφος (Β) και στη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα ροδακινιάς (Γ). Τα διαφορετικά γράμματα πάνω από τις μπάρες υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων δεν έδειξε κάποια σημαντική στατιστική διαφορά στις μετρήσεις του Ιουλίου και του Αυγούστου, με τις τιμές ωστόσο να είναι μεγαλύτερες στις μεταχειρίσεις με τους βιοδιεγέρτες. Στη μέτρηση του Σεπτεμβρίου, σημαντικά υψηλότερη φωτοσυνθετική ικανότητα παρατηρήθηκε στα δένδρα εμβολιασμένα στο GF-677, δείχνοντας ότι η ζωηρότητα του υποκειμένου παρουσίασε θετικό αντίκτυπο στη φωτοσύνθεση. Οι περισσότερες διαφορές μεταξύ των επιδράσεων των υποκειμένων και των μεταχειρίσεων παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις σακχάρων των φύλλων που ελήφθησαν, με τη μεγαλύτερη να αφορά τη συγκέντρωση σακχαρόζης. Πιο συγκεκριμένα, στις δύο δειγματοληψίες του Σεπτεμβρίου η υδρολίπανση με τους δύο βιοδιεγέρτες είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα, με μεγαλύτερες στην επέμβαση με το CP1. Το συγκεκριμένο εύρημα μπορεί να χαρακτηριστεί μεγάλης σημασίας, καθώς η σακχαρόζη είναι το κύριο συστατικό που κινείται μέσω των αγγείων του ηθμού στους καρπούς στους οποίους συσσωρεύεται κατά την περίοδο της ωρίμανσης [2].

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά, οι κυριότερες επιδράσεις των βιοδιεγερτών συνοψίζονται στην αύξηση της συγκέντρωσης του διαθέσιμου Fe στο έδαφος και των συγκεντρώσεων του συγκεκριμένου ιχνοστοιχείου στα φύλλα των δένδρων. Σημαντική ήταν η επίδραση των εκχυλισμάτων από φύκια στη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα το μήνα Σεπτέμβριο. Ο συγκεκριμένος διασακχαρίτης έχει μεγάλη σημασία για τη ροδακινιά καθώς μετακινείται μέσω του ηθμού σε διάφορα όργανα, ενώ μαζί με τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και φρουκτόζη, αποτελούν τα κύρια περιεχόμενα σάκχαρα στους καρπούς σε αναλογία 3:1:1 [3].

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, Concept, Main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, 3–14.
2. Zanon, L., Falchi, R., Santi, S. and Vizzotto, G. 2014. Sucrose transport and phloem unloading in peach fruit: potential role of two transporters localized in different cell types. *Physiologia Plantarum* 154: 179-193.
3. Genard, M., Lescouret, F., Gomez, L. and Habib, R. 2003. Changes in fruit sugar concentrations in response to assimilate supply, metabolism and dilution: a modeling approach applied to peach fruit (*Prunus persica*). *Tree Physiology* 23, 373–385.

Επίδραση οργανικής και ανόργανης λίπανσης στην παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου στο μελάνθιο (*Nigella sativa* L.)

Ρούσσης Ι., Σταυρόπουλος Π., Κακαμπούκη Ι., Μαυροειδής Α., Μπιλάλης Δ.*

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

*(επικοινωνία): bilalis@aua.gr

Περίληψη: Το μελάνθιο (*Nigella sativa* L.) χρησιμοποιείται παραδοσιακά ως φαρμακευτικό φυτό, κυρίως λόγω της θυμοκινόνης, ενός από τα πιο σημαντικά φαρμακολογικά ενεργά συστατικά του σπόρου του, που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση και τη διατήρηση της ανθρώπινης υγείας. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει τις επιδράσεις διαφορετικών ειδών λίπανσης στην πρόσληψη αζώτου, την αποδοτικότητα χρήσης του και την παραγωγικότητα του μελάνθιου σε Μεσογειακές συνθήκες. Το πειραματικό σχέδιο που επιλέχθηκε ήταν των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τρεις επαναλήψεις. Οι τέσσερις χειρισμοί λίπανσης ήταν οι ακόλουθοι: α) μάρτυρας, β) κομπόστ από φύκια θάλασσας, γ) κοπριά αγροκτήματος και δ) ανόργανο λίπασμα. Η υψηλότερη απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο ($74,93 \text{ kg στρ}^{-1}$) βρέθηκε σε φυτά που εφαρμόστηκε ανόργανη λίπανση. Η πρόσληψη αζώτου (N) των σπόρων, καθώς και ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI) επηρεάστηκαν θετικά από την αύξηση του διαθέσιμου αζώτου, με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στην ανόργανη λίπανση. Συμπερασματικά, η εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας, την πρόσληψη αζώτου και την αποδοτικότητα χρήσης του στο μελάνθιο, επειδή τα λιπάσματα αυτά παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα αζώτου με υψηλότερη διαλυτότητα και επομένως ταχύτερη διαθεσιμότητα για την καλλιέργεια σε σύγκριση με τα οργανικά λιπάσματα.

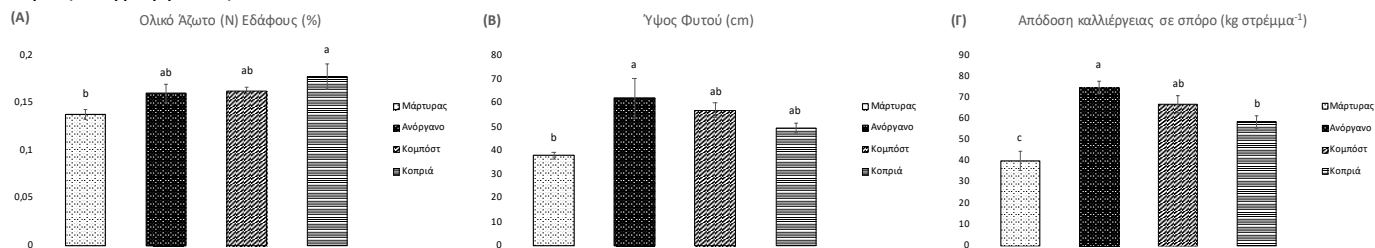
Λέξεις κλειδιά: Ανόργανο λίπασμα, απόδοση καλλιέργειας σε σπόρο, δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (NUE), δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI), κομπόστ, κοπριά

Εισαγωγή-Σκοπός Το μελάνθιο (*Nigella sativa* L., οικ. Ranunculaceae) χρησιμοποιείται παραδοσιακά ως φαρμακευτικό φυτό, κυρίως λόγω της θυμοκινόνης, ενός από τα πιο σημαντικά φαρμακολογικά ενεργά συστατικά του σπόρου του, που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση και τη διατήρηση της ανθρώπινης υγείας [1]. Καθώς η πρόσληψη θρεπτικών ουσιών και οι αποδόσεις των καλλιεργειών είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες που καθορίζουν τις βέλτιστες πρακτικές λίπανσης [2], μια υψηλότερη και πιο ισορροπημένη παροχή θρεπτικών στοιχείων αναμένεται να οδηγήσει σε υψηλότερη παραγωγή καλλιεργειών διατηρώντας παράλληλα την υγεία του εδάφους. Το άζωτο είναι ένα κρίσιμο θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη και ανάπτυξη των φυτών, καθώς και το πιο περίπλοκο, λόγω των πολυάριθμων μορφών και δραστηριοτήτων που μπορεί να εμφανιστούν σε όλο τον κύκλο του [3]. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων διαφορετικών ειδών λίπανσης στην πρόσληψη αζώτου, την αποδοτικότητα χρήσης του και την παραγωγικότητα του μελάνθιου σε Μεσογειακές συνθήκες.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ($37^{\circ}59' \text{ B}$, $23^{\circ}42' \text{ A}$, 29 m από επιφάνεια θάλασσας). Το έδαφος ήταν αργιλλοπηλώδες ($29,1\% \text{ άργιλος}$, $35,3\% \text{ ιλύς}$, $35,6\% \text{ άμμος}$) με pH (1:1 H_2O) 7,43, και περιεκτικότητες εδάφους: $0,128\%$ σε ολικό άζωτο (N), $13,4 \text{ mg kg}^{-1}$ σε P (μέθοδος Olsen), 206 mg kg^{-1} σε K, $15,93$ σε CaCO_3 και $1,82\%$ σε οργανική ουσία. Το πειραματικό σχέδιο που επιλέχθηκε ήταν των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τρεις επαναλήψεις. Τα τεμάχια είχαν έκταση 9 m^2 ($3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$). Οι τέσσερις χειρισμοί που εφαρμόστηκαν ως βασική λίπανση ήταν οι ακόλουθοι: α) μάρτυρας, β) κομπόστ από φύκια της θάλασσας, $1,98\% \text{ N}$, σε ποσότητα 200 kg στρ^{-1} , γ) κοπριά αγροκτήματος $1,52\% \text{ N}$, σε ποσότητα 200 kg στρ^{-1} και δ) ανόργανο λίπασμα 15-15-15+5S, σε ποσότητα 30 kg στρ^{-1} . Το μελάνθιο σπάρθηκε στις 1/2/2018 με το χέρι σε αποστάσεις γραμμών 30 cm, σε βάθος 0,5-1 cm και σε πυκνότητα 200 φυτών m^{-2} . Επίσης, η συνολική βροχόπτωση κατά την καλλιεργητική περίοδο ανήλθε στα 218 mm και η μέση θερμοκρασία στους $19,5^{\circ}\text{C}$. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε ολικό άζωτο (N) έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl, χρησιμοποιώντας εδαφικά δείγματα (0-30 cm) που συλλέχθηκαν στις 100 ημέρες από τη σπορά (HΑΣ) από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Για τον προσδιορισμό των φυτικών ιδιοτήτων, συλλέχθηκαν 10 φυτά τυχαία από κάθε πειραματικό τεμάχιο στις 115 HΑΣ (στάδιο ωρίμανσης). Η συνολική περιεκτικότητα σε άζωτο της εναέριας βιομάζας και των σπόρων μετρήθηκε με την εφαρμογή της μεθόδου Kjeldahl. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αζώτου, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι δείκτες: α) ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (Nitrogen Harvest Index – NHI) με εξίσωση: $\text{NHI} = (\text{απορρόφηση N στον σπόρο}) / (\text{απορρόφηση N στην ολική βιομάζα του υπέργειου μέρους})$, και ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (Nitrogen Utilization Efficiency – NutE) με εξίσωση: $\text{NUE} = (\text{απόδοση καλλιέργειας σε σπόρο}) / (\text{απορρόφηση N στην ολική βιομάζα του υπέργειου μέρους})$. Τέλος, τα φυτά συγκομίστηκαν κατά το στάδιο πλήρους ωρίμανσης (υγρασία σπόρων 12%) στις 6/6/2018 (125 HΑΣ). Στα δεδομένα έγινε ανάλυση της διασποράς με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SigmaPlot 12 και οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το ολικό άζωτο (N) του εδάφους αναγνωρίζεται ως παράγοντας σημαντικός για τη γονιμότητα του εδάφους και μπορεί να αντανakλά την κατάσταση του εδάφους σε άζωτο. Στην παρούσα μελέτη, τα διαφορετικά είδη λίπανσης είχαν πολύ σημαντική επίδραση στο ολικό N και, ειδικότερα, η κοπριά βρέθηκε να έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση του ολικού N (Διάγραμμα 1A). Η ευεργετική επίδραση της εφαρμογής κοπριάς στην αύξηση του ολικού N εδάφους έχει επίσης αναφερθεί από τους Zhengchao et al. [4]. Όσον αφορά το ύψος των φυτών, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ειδών λίπανσης με τις υψηλότερες τιμές να βρίσκονται στην ανόργανη λίπανση, ακολουθούμενες από το κομπόστ και την κοπριά, ενώ η χαμηλότερη τιμή βρέθηκε στον μάρτυρα (Διάγραμμα 1B). Η σημαντική αυτή αύξηση που

επιτεύχθηκε με την εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος οφειλόταν στο γεγονός ότι παρείχε μεγαλύτερες ποσότητες διαθέσιμου αζώτου στα φυτά [5]. Αντίστοιχα αποτελέσματα με αυτά του ύψους, παρατηρήθηκαν και για την απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο (Διάγραμμα 1Γ).



Διάγραμμα 1. Επίδραση της λίπανσης (Α) στο ολικό άζωτο (N) του εδάφους, (Β) στο ύψος φυτού και (Γ) στην απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο. Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων σύμφωνα με τη δοκιμασία LSD_{5%}, ενώ οι κατακόρυφες γραμμές συμβολίζουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

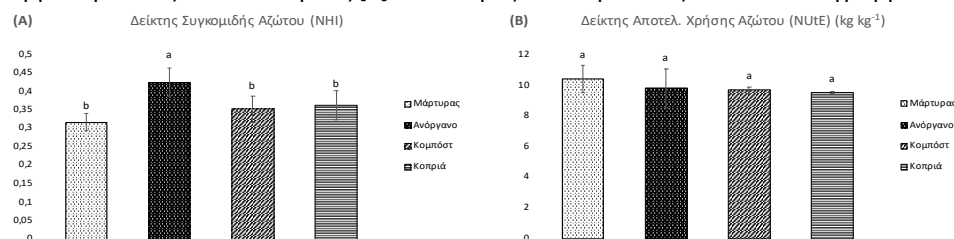
Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας της υπέρβειας βιομάζας και των σπόρων του μελάνθιου σε άζωτο (N) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Η περιεκτικότητα N στους σπόρους επηρεάστηκε θετικά από την περιεκτικότητα σε ολικό N στη βιομάζα [3]. Η αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας N για πρόσληψη από το φυτό αυξάνει τη βλαστική ανάπτυξη, με αποτέλεσμα υψηλότερο ποσοστό N στο φυτό [5]. Το γεγονός ότι το χορηγούμενο N είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την αύξηση της περιεκτικότητας σε ολικό N στους σπόρους φαίνεται από το γεγονός ότι η αυξημένη ποσότητα διαθέσιμου N στο φυτό προκάλεσε αύξηση στη συσσώρευση αυτού του στοιχείου στους σπόρους. Αυτά τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά άλλων ερευνητών που ανέφεραν ότι οι συγκεντρώσεις N στους βλαστούς των φυτών και στη συνέχεια στους σπόρους αυξήθηκαν με την αύξηση της ποσότητας του διαθέσιμου N [5,6]. Οι τάσεις απόκρισης για την πρόσληψη N στους σπόρους και τη συνολική υπέρβεια βιομάζα σε διαφορετικά επίπεδα λίπανσης είναι παρόμοιες με την απόδοση σε σπόρο και το συνολικό ξηρό βάρος της καλλιέργειας, αντίστοιχα, όπως έχει προσδιοριστεί και περιγραφεί και από τους Raymond et al. [6].

Πίνακας 1. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα βιομάζας σε ολικό άζωτο (N), την περιεκτικότητα σπόρου σε ολικό N, την απορρόφηση N στην υπέρβεια βιομάζα (πλην σπόρων), την απορρόφηση N στους σπόρους και την απορρόφηση N στην ολική υπέρβεια βιομάζα.

Λίπανση	Περιεκτικότητα βιομάζας σε ολικό N (% ξ.β.)	Περιεκτικότητα σπόρου σε ολικό N (% ξ.β.)	Απορρόφηση N στην υπέρβεια βιομάζα (πλην σπόρων) (kg στρ ⁻¹)	Απορρόφηση N στους σπόρους (kg στρ ⁻¹)	Απορρόφηση N στην ολική υπέρβεια βιομάζα (kg στρ ⁻¹)
Μάρτυρας	1,902 b	3,050 b	2,660 a	1,227 c	3,887 b
Ανόργανο	2,636 a	4,393 a	4,685 a	3,305 a	7,990 a
Κομπόστ	2,443 ab	3,821 ab	4,516 a	2,414 ab	6,930 a
Κοπριά	2,398 ab	3,633 ab	3,937 a	2,216 b	6,153 ab

*Τα διαφορετικά γράμματα ανά στήλη υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων σύμφωνα με τη δοκιμασία LSD_{5%}.

Ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI) είναι ένας σημαντικός δείκτης για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας μετατόπισης του απορροφούμενου αζώτου από τα βλαστικά μέρη του φυτού στους σπόρους του. Οι υψηλές τιμές NHI υποδηλώνουν αυξημένη κατανομή αζώτου στους σπόρους [6]. Όσον αφορά την επίδραση της λίπανσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συστημάτων λίπανσης με την υψηλότερη μέση τιμή να εντοπίζεται στην ανόργανη λίπανση, ενώ η χαμηλότερη τιμή βρέθηκε στον μάρτυρα (Διάγραμμα 2Α). Αντίστοιχα, ο δείκτης NUTE αντιπροσωπεύει επίσης την ικανότητα ενός φυτού να μετατρέπει το προσλαμβανόμενο άζωτο σε σπόρους [3] και οι τιμές του παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2Β.



Διάγραμμα 2. Επίδραση της λίπανσης (Α) στον δείκτη συγκομιδής αζώτου (NHI) και (Β) στον δείκτη αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (NUTE). Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων σύμφωνα με τη δοκιμασία LSD_{5%}, ενώ οι κατακόρυφες γραμμές συμβολίζουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Συμπεράσματα: Συμπερασματικά, η εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων (σε ποσότητα 4,5 kg N στρ⁻¹) αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας, την πρόσληψη αζώτου και την αποδοτικότητα χρήσης, επειδή τα λιπάσματα αυτά παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα αζώτου με υψηλότερη διαλυτότητα και επομένως, ταχύτερη διαθεσιμότητα για την καλλιέργεια σε σύγκριση με τα οργανικά λιπάσματα. Επιπλέον, θα πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα, καθώς τα τελευταία χρόνια η ζήτηση για βιολογικά φαρμακευτικά προϊόντα έχει αυξηθεί και η χρήση βιολογικών εισροών και σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, το κομπόστ από φύκια της θάλασσας φαίνεται να είναι μια πολύτιμη εναλλακτική πηγή λίπανσης για το μελάνθιο σε συστήματα βιολογικής καλλιέργειας.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Ahmad et al. (2013), DOI: 10.1016/S2221-1691(13)60075-1;
2. Ju and Christie (2011), DOI: 10.1016/j.fcr.2011.08.002;
3. Montemurro and Diacono (2016), DOI: 10.3390/agronomy6020031;
4. Zhengchao et al. (2013), DOI: 10.1016/j.eja.2012.11.002;
5. Mengel and Rehm et al. (2012), DOI: 10.1201/b11268;
6. Raymond et al. (2009), DOI: 10.1080/01904160802660727

Μία πρώτη αξιολόγηση ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους στην αποδόμηση φυτικών υπολειμμάτων σε ορυζώνες της πεδιάδας Θεσσαλονίκης

Στεφάνου Σ.¹, Ορφανουδάκης Μ.², Κουκίδης Χ.³

¹Τμήμα Γεωπονίας Δι.Π.Α.Ε., 574 00 Σίνδος – Θεσσαλονίκη, e-mail: stefst2@ihu.gr

²Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δ.Π.Θ, 682 00 Ορεστιάδα, e-mail: morfan@fmenr.duth.gr

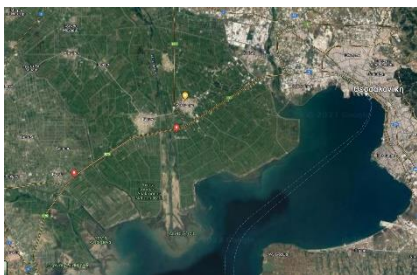
³BASF A.E., ΒΙ.ΠΕ.Θ., 570 22 Σίνδος – Θεσσαλονίκη, e-mail: babis.koukidis@basf.com

Περίληψη: Στην Ελλάδα, το ρύζι (*Oryza sativa*) καλλιεργείται σε μία έκταση περίπου 250.000 στρεμμάτων και κυρίως στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης, στο Δέλτα των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα (περίπου 170.000 στρέμματα). Το άχυρο που παραμένει στο έδαφος μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας, χαρακτηρίζεται από χαμηλό βαθμό βιοαποικοδόμησης εξαιτίας της χημικής του σύνθεσης. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, της οποίας τα αποτελέσματα του πρώτου έτους παρουσιάζονται συνοπτικά, εφαρμόστηκε διάλυμα που περιέχει ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους (EMΔΕ) στα υπολείμματα καλλιέργειας ρυζιού σε δύο επιλεγμένους αγρούς της πεδιάδας Θεσσαλονίκης, ώστε να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητά του στην αποσύνθεση αυτών των δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων υπολειμμάτων μέσω των μικροβιακών διεργασιών που πραγματοποιούνται στο έδαφος. Η εφαρμογή του EMΔΕ συνδυάστηκε με τη συνήθη και με μειωμένη προσθήκη βασικών λιπασμάτων. Στα δείγματα εδάφους που ελήφθησαν μετά από την εφαρμογή τόσο του EMΔΕ, όσο και των λιπασμάτων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των βασικών ιδιοτήτων του εδάφους, των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και της βιολογικής δραστηριότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν θετική επίδραση του EMΔΕ στην αποδόμηση των δύσκολα αποσυντιθέμενων υπολειμμάτων της καλλιέργειας του ρυζιού. Σε συνδυασμό και με τις επεμβάσεις λίπανσης θα μελετηθεί η συνολική επίδραση στα εδάφη και τις αποδόσεις των καλλιεργειών.

Λέξεις κλειδιά: υπολείμματα καλλιέργειας ρυζιού, ενεργοποιητής μικροβιακής δράσης εδάφους, βιοαποικοδόμηση, φωσφατάσες

Εισαγωγή-Σκοπός: Η καλλιέργεια του ρυζιού χαρακτηρίζεται από το μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων μετά το στάδιο της συγκομιδής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τη διαχείριση αυτών των υπολειμμάτων, η ανοικτή καύση και η ενσωμάτωση στο έδαφος για την ανακύκλωση του αχύρου. Η ανοικτή καύση είναι μια εύκολη πρακτική, αλλά πλέον δεν είναι αποδεκτή λόγω των κοινωνικών - περιβαλλοντικών επιπτώσεών της, όπως οι κίνδυνοι για την υγεία, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η απώλεια βιομάζας. Η ενσωμάτωση του αχύρου στο έδαφος είναι μια εναλλακτική επιλογή για τη μείωση της ανοικτής καύσης [1]. Όμως, σε αντίθεση με τα περισσότερα δημητριακά, το άχυρο του ρυζιού είναι ανθεκτικό στη βακτηριακή αποσύνθεση εξαιτίας της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε νερό και της σύνθεσής του, που συνίσταται από κυτταρίνη (38,3%), ημικυτταρίνες (31,6%), λιγνίνη (11,8%) και διοξείδιο του πυριτίου (έως 20%) [2]. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης ενός ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους, ώστε να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητά του στην αποσύνθεση αυτών των δύσκολα αποσυντιθέμενων υπολειμμάτων.

Υλικά και Μέθοδοι: Η περιοχή μελέτης αφορά δύο επιλεγμένους αγρούς (Αγρός 1 και 2) καλλιέργειας ρυζιού στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης και ειδικότερα στην περιοχή Χαλάστρας Θεσσαλονίκης και Κλειδιού Ημαθίας, αντίστοιχα. Κάθε αγρός χωρίστηκε σε 4 ισομεγέθη τμήματα που αντιστοιχούν στις ακόλουθες επεμβάσεις: Μ 100 (μάρτυρας και 100% εφαρμογή της βασικής λίπανσης), Ε 100 (εφαρμογή του EMΔΕ και 100% εφαρμογή της βασικής λίπανσης), Ε 80 (εφαρμογή του EMΔΕ και 80% εφαρμογή της βασικής λίπανσης), Μ 80 (μάρτυρας και 80% εφαρμογή της βασικής λίπανσης). Η εφαρμογή του EMΔΕ έγινε με drone. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες εδάφους πριν την εφαρμογή του EMΔΕ, μετά την εφαρμογή του (Μάρτιος) και μετά τις βασικές λιπάνσεις (Μάιος). Στα δείγματα εδάφους προσδιορίστηκαν η μηχανική σύσταση, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα ($EC, dS m^{-1}$), ο οργανικός C και η οργανική ουσία (%), το $CaCO_3$ (%), η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων ($cmol_c kg^{-1}$), η περιεκτικότητα ($mg kg^{-1}$) σε νιτρικό N (NO_3-N), διαθέσιμο P, ανταλλάξιμα κατιόντα (Ca, Mg, K, Na) και ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Cu, Zn). Επίσης, προσδιορίστηκαν οι όξινης (pH 6,5), ξηρές (ACPd) και υγρές (ACPw) φωσφατάσες, καθώς και οι αλκαλικές (pH 11), ξηρές (ALPd) και υγρές (ALPw) φωσφατάσες.



Εικόνα 1. Τοποθεσία πειραματικών αγρών



Εικόνα 2. Εισαγωγή του EMΔΕ σε drone



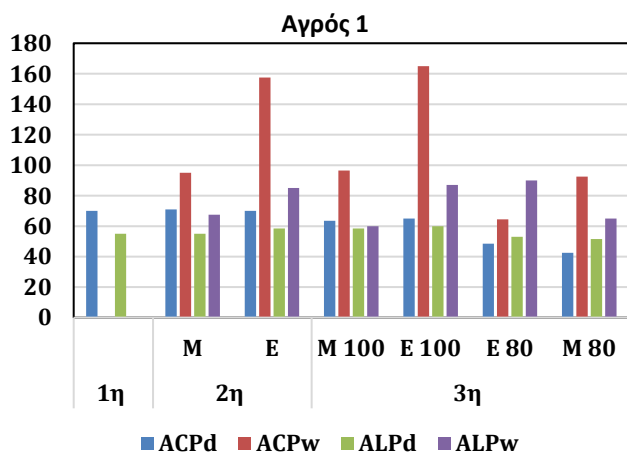
Εικόνα 3. Εφαρμογή του EMΔΕ στον αγρό με drone

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το έδαφος του Αγρού 1 στην περιοχή της Χαλάστρας Θεσσαλονίκης είναι αργιλώδες (C), αλκαλικό (8,33), μη αλατούχο ($1,654 dS m^{-1}$), μη αβεστούχο ($CaCO_3 = 5,33 \%$), με μέτρια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (3,29 %) και

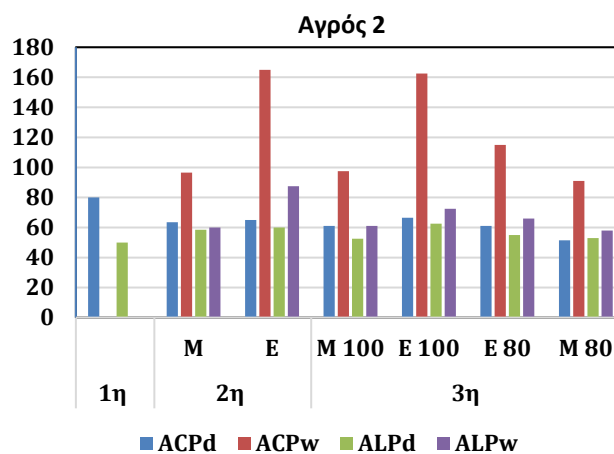
πολύ υψηλή CEC (41,3 cmolc kg⁻¹). Μετά την εφαρμογή των λιπάνσεων, οι αναλύσεις έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις NO₃-N (22-40 mg kg⁻¹), πολύ υψηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμου P (22-40 mg kg⁻¹), υψηλές συγκεντρώσεις ανταλλάξιμου K (325-390 mg kg⁻¹), υπερεπάρκεια ανταλλάξιμου Ca (5720-5800 mg kg⁻¹) και Mg (648-792 mg kg⁻¹), ενώ οι συγκεντρώσεις του ανταλλάξιμου Na κυμαίνονταν μεταξύ 330 και 380 mg kg⁻¹. Όσον αφορά τα μικροθρεπτικά στοιχεία, παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Fe (46-69 mg kg⁻¹), Mn (23-27 mg kg⁻¹), Cu (10,6-12,5 mg kg⁻¹) και επαρκή επίπεδα Zn (1,2-1,5 mg kg⁻¹).

Το έδαφος του Αγρού 2 στην περιοχή του Κλειδιού Ημαθίας είναι ιλοαργιλοπηλώδες (SiCL), αλκαλικό (8,31), μη αλατούχο (0,905 dS m⁻¹), οριακά ασβεστούχο (CaCO₃ = 10,12 %), με μέτρια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (2,28 %) και υψηλή CEC (33,7 cmolc kg⁻¹). Μετά την εφαρμογή των λιπάνσεων, οι αναλύσεις έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις NO₃-N (39-62 mg kg⁻¹), οριακές έως επαρκείς συγκεντρώσεις διαθέσιμου P (8-16 mg kg⁻¹), επαρκείς συγκεντρώσεις ανταλλάξιμου K (150-165 mg kg⁻¹), υπερεπάρκεια ανταλλάξιμου Ca (4360-4600 mg kg⁻¹) και Mg (864-960 mg kg⁻¹), ενώ οι συγκεντρώσεις του ανταλλάξιμου Na κυμαίνονταν μεταξύ 190 και 210 mg kg⁻¹. Όσον αφορά τα μικροθρεπτικά στοιχεία, παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις Fe (29-39 mg kg⁻¹), Mn (17-20 mg kg⁻¹), Cu (4,4-5,9 mg kg⁻¹) και χαμηλά επίπεδα Zn (0,2-0,3 mg kg⁻¹).

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των όξινων (ξηρών και υγρών) και αλκαλικών (ξηρών και υγρών) φωσφατασών, εκφρασμένες σε mg Penitrophenol kg⁻¹ h⁻¹ για κάθε δειγματοληψία και επέμβαση, στον Αγρό 1 (αριστερά) και Αγρό 2 (δεξιά). Οι όξινες φωσφατάσες σχετίζονται με τη μικροβιακή δράση στην περιοχή των ριζών, νεκρών και ζωντανών, καθώς και με τη μικροβιακή δράση γύρω από αυτές. Οι αλκαλικές φωσφατάσες σχετίζονται με τη γενικότερη μικροβιακή δράση. Οι ξηρές φωσφατάσες σχετίζονται με τη μικροβιακή δράση στη στερεή φάση του εδάφους, δηλαδή είναι δεσμευμένες, ενώ οι υγρές φωσφατάσες (το σύνολο των φωσφατασών) αποτελούν έκφραση της βιολογικής δραστηριότητας στα εδάφη. Οι αναλύσεις έδειξαν πως οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των υγρών φωσφατασών (ACPw και ALPw) σημειώθηκαν στις επεμβάσεις εκείνες όπου έγινε η εφαρμογή του ΕΜΔΕ.



Διάγραμμα 1. mg Penitrophenol kg⁻¹ h⁻¹



Διάγραμμα 2. mg Penitrophenol kg⁻¹ h⁻¹

Συμπεράσματα: Κατά το πρώτο έτος εφαρμογής του ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους στα υπολείμματα της καλλιέργειας ρυζιού σε δύο ορυζώνες στην περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης διαπιστώθηκε η θετική επίδρασή του στην αποδόμηση αυτών των δύσκολα αποσυντιθέμενων υπολειμμάτων, με την ενίσχυση της μικροβιακής δραστηριότητας σε σχέση με τους μάρτυρες, όπως αυτή εκφράζεται με τις συγκεντρώσεις των υγρών φωσφατασών. Σε συνδυασμό και με τις επεμβάσεις λίπανσης θα μελετηθεί η συνολική επίδραση στα εδάφη και τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Η πειραματική εφαρμογή του ενεργοποιητή μικροβιακής δράσης εδάφους και των λιπάνσεων θα λάβει χώρα και δεύτερη συνεχή χρονιά ώστε να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Tran, T. T. T., Dao, T. T., Dinh, V. M., Vu, T. T. T., Nguyen, H. T., Nguyen, P. M., Ngo, T. H. A., & Nguyen, M. N. (2022). Effects of microsized rice straw on soil clay dispersibility. *European Journal of Soil Science*, 73(3), e13246. DOI: 10.1111/ejss.13246
- Rodríguez-Carretero, I., Cane, R., Quiñones, A, Pérez-Piqueres A. (2023). Industrial-Scale Composting of Rice Straw and Sewage Sludge. *Agronomy*, 13(9):2295. DOI: 10.3390/agronomy13092295
- Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. 1996, D.L. Sparks et al. (eds.), Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Προκαταρκτικά πειράματα για την ανάπτυξη οδηγίων λίπανσης του μαρουλιού

Τρωγιάνος Γ.Ε.¹, Ασημακοπούλου Α.², Ρουκουνάκη Ε.¹

¹Μπενάκειο, Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής, Στεφάνου Δέλτα 8, Κηφισιά, Τ.Κ. 14561, Ελλάδα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Περίληψη: Στα πλαίσια 5 πειραμάτων (αγρού – θερμοκηπίου) λίπανσης του μαρουλιού πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της συγκέντρωσης του ολικού και νιτρικού αζώτου, $\text{NO}_3^- \text{N}$, σε φύλλα και έδαφος με στόχο την βελτιστοποίηση της αζωτούχου λίπανσης. Η βέλτιστη συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^- \text{N}]_{\text{opt}}$ σε χυμό από μίσχους στον αγρό βρέθηκε να μειώνεται με την αύξηση του νωπού βάρους του μαρουλιού. Η συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^-]$, στο χυμό δεν είναι αξιόπιστος δείκτης προσδιορισμού της ποσότητας λίπανσης ενώ είναι χρήσιμος στο έλεγχο της επάρκειας του αζώτου. Παρόλα αυτά στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του μαρουλιού η βέλτιστη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου $[\text{NO}_3^- \text{N}]_{\text{opt}}$ 25 ppm στο έδαφος είναι χρήσιμη στις αποφάσεις συμπληρωματικής λίπανσης με άζωτο. Η συσχέτιση μεταξύ του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο χυμό και του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο έδαφος ήταν και η συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο χυμό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσουμε την τρέχουσα συγκέντρωση $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο έδαφος.

Λέξεις κλειδιά: Νιτρικά, έδαφος, φυτό, κρίσιμη συγκέντρωση, διάγνωση, χυμός μίσχου

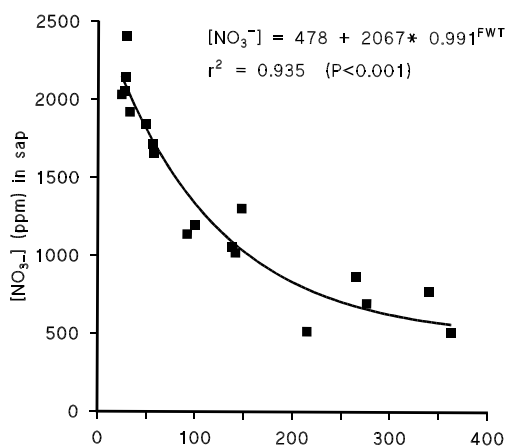
Συντομογραφίες : $[\text{N}]_{\text{opt}}$ βέλτιστη συγκέντρωση αζώτου στο υπέργειο τμήμα μαρουλιού, DAP ημέρες μετά την μεταφύτευση, $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ συγκέντρωση νιτρικού αζώτου, $[\text{NO}_3^-]_{\text{opt}}$ βέλτιστη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου

Εισαγωγή-Σκοπός: Λίπανση με υψηλές δόσεις αζώτου επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα π.χ. υψηλές περιεκτικότητες σε NO_3^- στα φυλλώδη λαχανικά και επιβαρύνει το περιβάλλον π.χ. υψηλές ποσότητες αναξιοποίητου υπολειμματικού αζώτου παραμένουν μετά την συγκομιδή. Υψηλή αξιοποίηση του αζώτου επιτυγχάνεται όταν η ποσότητα που χρησιμοποιείται στη λίπανση είναι αρκετή για την μεγιστοποίηση της απόδοσης αλλά οριακή ώστε να μην επιβαρύνει το περιβάλλον. Στη χώρα μας δεν υπάρχει σύστημα συμβουλευτικής λίπανσης των κηπευτικών και πολλοί παραγωγοί λιπαίνουν εμπειρικά. Με στόχο την ανάπτυξη ενός συμβουλευτικού συστήματος λίπανσης πραγματοποιήθηκαν 3 πειράματα στο αγρό και ένα στο θερμοκήπιο. Στόχος των πειραμάτων εκτός των άλλων ήταν η δημιουργία κρίσιμων τιμών αναφοράς της περιεκτικότητας του φυλλώματος σε ολικό άζωτο $[\text{N}]_{\text{opt}}$ και νιτρικό άζωτο $[\text{NO}_3^-]_{\text{opt}}$, και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικό άζωτο

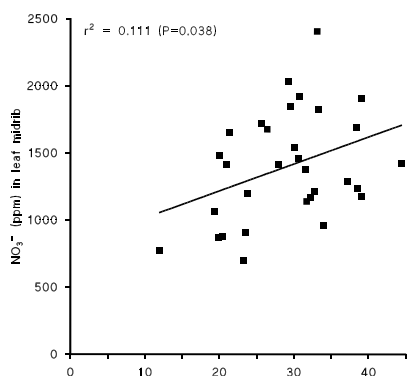
Υλικά και μέθοδοι: Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στον αγρό και θερμοκήπιο σε μαρούλι τύπου Ρωμάνο (*Lactuca sativa L.*, var. Romaine). Πριν την έναρξη των πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις εδάφους και μετά έγινε εφαρμογή σε όλη την επιφάνεια του αγρού 150 kg ha^{-1} of P_2O_5 και 150 kg ha^{-1} of K_2O . Το λίπασμα ενσωματώθηκε με όργωμα σε βάθος 30 cm. Μια βδομάδα μετά την μεταφύτευση, 6 ποσότητες αζώτου προστέθηκαν στο πείραμα 1: 0 (N_0), 45 (N_{45}), 90 (N_{90}), 135 (N_{135}), 180 (N_{180}) και 225 (N_{225}) kg ha^{-1} , και στο πείραμα 2: 0 (N_0), 30 (N_{30}), 60 (N_{60}), 90 (N_{90}), 120 (N_{120}) και 150 (N_{150}) kg ha^{-1} . Ενώ στο πείραμα 3, εφαρμόστηκαν 5 δόσεις αζώτου: 0 (N_0), 30 (N_{30}), 60 (N_{60}), 90 (N_{90}) and 150 (N_{150}) kg N ha^{-1} . Η άρδευση πραγματοποιήθηκε με σταγόνες ή καταιονισμό. Στα πειράματα 1,2 χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο λατινικό τετράγωνο ενώ στο πείραμα 3 οι πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες. Στη συγκομιδή μετά την αποκοπή του υπέργειου τμήματος του μαρουλιού έγινε προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου με ταινίες Merckoquant στο κεντρικό νεύρο ώριμων και νεαρών φύλλων [1] και του ολικού αζώτου σε όλο το υπέργειο τμήμα του φυτού. Επίσης η περιεκτικότητα του εδάφους σε $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ προσδιορίστηκε με ταινίες σύμφωνα με τη μέθοδο του Hartz et al., 2000 [2]. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Genstat 5 [3].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν μια σημαντική μείωση της βέλτιστης συγκέντρωσης του $[\text{N}]_{\text{opt}}$ στο υπέργειο τμήμα του μαρουλιού μέχρι 62 DAP. Παρόλο που $[\text{N}]_{\text{opt}}$ εξασφαλίζει ότι η θρέψη του μαρουλιού είναι επαρκής δεν μας δίνει πληροφορίες εάν η τρέχουσα διαθεσιμότητα N στο έδαφος είναι επαρκής ώστε να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα στη λίπανση. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι η συγκέντρωση των $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο χυμό από μίσχους φύλλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα στην εκτίμηση της θρέψης των φυτών σε N διότι αντιδρά άμεσα στη παροχή N. Επιπλέον η συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο χυμό μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα στον αγρό με τη χρήση χρωματομετρικών ταινιών "test strip". Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι η μέγιστη αύξηση (ρυθμός σχετικής αύξησης) παρατηρήθηκε όταν $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ του χυμού ήταν περίπου 2500 ppm (Εικόνα 1). Παρόλα αυτά η βέλτιστη συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^-]_{\text{opt}}$ χυμού βαθμιαία μειώνεται με τον χρόνο και χρειάζεται να βαθμονομηθεί για να χρησιμοποιηθεί στη διάγνωση της θρεπτικής κατάστασης σε άζωτο των φυτών μαρουλιού στον αγρό. Πολλές χρονικές κλίμακες έχουν χρησιμοποιηθεί αλλά η πιο αξιόπιστη είναι η μεταβολή του $[\text{NO}_3^- \text{N}]_{\text{opt}}$ χυμού σε σχέση με το νωπό βάρος του μαρουλιού [4]. Στην Εικόνα 1 είναι εμφανές ανεξάρτητα από το πείραμα όταν το νωπό βάρος του μαρουλιού ήταν το ίδιο οι συγκεντρώσεις ήταν όμοιες π.χ. στο πείραμα 1 και 2 ήταν 2100, 1200 and 500 and 2120, 1130 and 660 ppm, αντίστοιχα έως τις 62 DAP. Η συνδυασμένη χρήση της σχέσης μεταξύ της $[\text{NO}_3^-]_{\text{opt}}$ και του νωπού βάρους στα πειράματα 1, 2 ακολουθούσαν εκθετική πτώση της βέλτιστης συγκεντρώσεων του της $[\text{NO}_3^-]_{\text{opt}}$ (Εικόνα 1) σε σχέση με το νωπό βάρος. Η σχέση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης του μαρουλιού στον αγρό ανεξάρτητα αν το φύλλο είναι ώριμο ή νεαρό όπως δείχνουν τα αποτελέσματα. Σχετικά με την συγκέντρωση $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο έδαφος τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο μέγιστος ρυθμός αύξησης επιτυγχάνεται όταν η μέση $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ ήταν 25 ppm (Εικόνα 2). Παρόλα αυτά η συσχέτιση μεταξύ του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο χυμό και του $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο έδαφος ήταν χαμηλή π.χ. 11% της παραλλακτικότητα ερμηνεύεται από την σχέση (Εικόνα 3). Δηλαδή η συγκέντρωση του $[\text{NO}_3^-]$ στο χυμό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσουμε την τρέχουσα συγκέντρωση $[\text{NO}_3^- \text{N}]$ στο έδαφος.

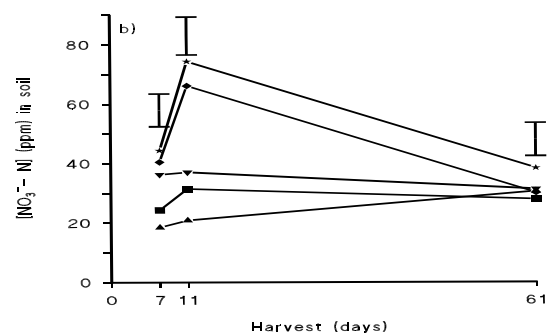
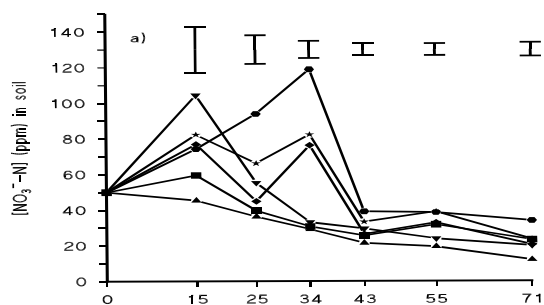
Συμπεράσματα: Η $[NO_3^-N]$ στο χυμό από μίσχους μαρουλιού ανεξάρτητα εάν το φύλλο είναι ώριμο ή νεαρό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για τον έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης του μαρουλιού σε άζωτο. Η $[NO_3^-]$ στο χυμό μειώνεται εκθετικά σε σχέση με το νωπό βάρος του μαρουλιού. Το $[NO_3^-N]$ στο χυμό από μίσχους πρέπει να ανάγεται στο νωπό βάρος για τον έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης του μαρουλιού. Ο μέγιστος ρυθμός αύξησης επιτυγχάνεται όταν η $[NO_3^-N]$ ήταν >25 ppm στο έδαφος. Ελλείψει συσχέτισης μεταξύ της περιεκτικότητας του χυμού σε νιτρικό άζωτο και της περιεκτικότητας του εδάφους σε νιτρικό άζωτο δεν μπορεί η $[NO_3^-N]$ στο χυμό να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσουμε την τρέχουσα συγκέντρωση $[NO_3^-N]$ στο έδαφος.



Εικόνα 1. Σχέση μεταξύ της βέλτιστης περιεκτικότητας του $[NO_3^-]$ στο χυμό από μίσχους και νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών στα πειράματα 1 και 2. ● - Πείραμα 1 and ■ - Πείραμα 2



Εικόνα 3. Σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας του $[NO_3^-]$ στο χυμό και στο έδαφος $[NO_3-N]$ στα πειράματα 2 και 3



Εικόνα 2. Μεταβολή της $[NO_3^-N]$ στο έδαφος σε σχέση με τον χρόνο α) Πείραμα 2. ■ - 0, ▲ - 30, ▼ - 60, ◆ - 90, * - 120 and ● - 150 και β) Πείραμα 3. ■ - 0, ▲ - 30, ▼ - 60, ◆ - 90, and * - 150 kg N ha⁻¹. I is the LSD.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. PRITCHARD K.H., DOERGE T.A., THOMPSON T.L. (1995) - Evaluation of in seasonal nitrogen tissue tests for irrigated leaf and Romaine lettuce. Communications in Soil Science and Plant Analysis., 26: 237-57.
2. HARTZ T.K., BENDIXEN W.E., WIERDSMA L. (2000) - The value of Presidedress soil nitrate testing as a management tool in irrigated vegetable production. Hortscience., 35 (4): 651-56.
3. GENSTAT 5 Committee. (1987) - Genstat5 Reference Manual. Clarendon Press Oxford, UK.
4. DOLE E.C., CHRISTENSON D.R., WOLCOTT A.R. (1971) - Potato yields as related to nitrate concentration in petioles and soil. American Potato Journal., 48: 105-12.

«Κρυφές» τροφοπενίες που μειώνουν τις ποιοτικές αποδόσεις της ακτινιδιάς στη περιοχή Νεοχωρίου Άρτας

Τρωγιάνος Γ.Ε.¹, Τρωγιάνου Αικ.^{2*}

¹Μπενάκειο, Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής, Στεφάνου Δέλτα 8, Κηφισιά, Τ.Κ. 14561, Ελλάδα

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

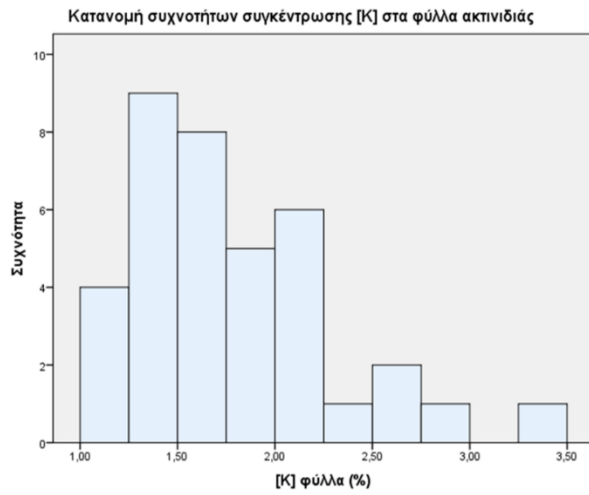
Περίληψη: Στο πλαίσιο ελέγχου της θρεπτικής κατάστασης της ακτινιδιάς στη περιοχή Νεοχωρίου Άρτας πραγματοποιήθηκαν από τους παραγωγούς αναλύσεις φύλλων και εδαφών. Οι αποδόσεις, η ποιότητα των καρπών καθώς και εκτίμηση προσβολών από διάφορες ασθένειες λήφθηκαν υπόψη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι αναλύσεις φύλλων έδειξαν χαμηλή περιεκτικότητα σε κάλιο (Κ) και μαγγάνιο (Μn). Τα φυτά όμως δεν εμφάνιζαν ορατά μακροσκοπικά συμπτώματα έλλειψης Κ δηλαδή η τροφοπενία ήταν «κρυφή» ενώ αντιθέτως η έλλειψη Μn εκδήλωνε ορατά μακροσκοπικά συμπτώματα. Οι αναλύσεις των εδαφών έδειξαν επάρκεια σε Κ σύμφωνα με τα πρότυπα ερμηνείας αποτελεσμάτων ανάλυσης εδάφους π.χ. >150 ppm και ελαφριά αλκαλική αντίδραση η οποία σχετίζεται με την τροφοπενία Μn. Η προσθήκη Κ στο έδαφος σε σχετικά υψηλές δόσεις π.χ. από 250-500 g ανά πρέμνο και Μn με λίπανση στα φύλλα σε δόση 0,25% διόρθωσε τις τροφοπενίες

Εισαγωγή-Σκοπός: Η ακτινιδιά είναι δένδρο ευπαθές στην έλλειψη Κ, μαγνησίου, μαγγανίου, περιστασιακά παρουσιάζει έλλειψη χλωρίου ενώ είναι ευπαθές στην τοξικότητα βορίου. Για έλεγχο της θρεπτικής κατάστασης των δένδρων στα στοιχεία αυτά πραγματοποιήθηκε από τους παραγωγούς έλεγχος ρουτίνας με αναλύσεις φύλλων και εδαφών στη περιοχή Νεοχωρίου Άρτας. Τα δένδρα στα οποία έγιναν οι αναλύσεις δε παρουσίαζαν κάποια τουλάχιστο ορατή έλλειψη ή υπερεπάρκεια θρεπτικού στοιχείου. Παρόλα αυτά, είναι γνωστή η παρουσία «κρυφών» τροφοπενιών (hidden hunger) οι οποίες επηρεάζουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες χωρίς ορατά συμπτώματα. Π.χ. Η έλλειψη Κ στην ακτινιδιά επηρεάζει την ευπάθεια σε χαμηλές θερμοκρασίες, πιθανώς την ευπάθεια σε ασθένειες και μετασυσπαστικά. Οι αναλύσεις των φύλλων έγιναν από τους παραγωγούς ακολουθώντας τη συνιστώμενη δειγματοληψία. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων μας δόθηκαν για αξιολόγηση. Στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων λήφθηκαν υπόψη οι αποδόσεις, η ποιότητα των καρπών καθώς οι προσβολές από διάφορες ασθένειες.

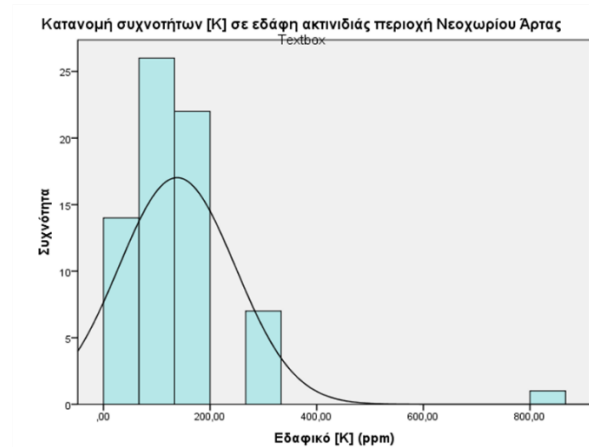
Υλικά και μέθοδοι: Η δειγματοληψία των φύλλων έγινε τον Ιούνιο – Ιούλιο και περιελάμβανε την συλλογή του 2^{ου} φύλλου μετά τον τελευταίο καρπό. Σε κάθε αγρό έγινε η συλλογή 2-3 φύλλων ανά 20 πρέμνα. Τα φύλλα πλύθηκαν με την χρήση νερού της βρύσης και Teerol και 3 φορές με απιονισμένο νερό και ξηράθηκαν στους 80°C μέχρι σταθερού βάρους. Μετά την ξήρανση τρίφτηκαν σε κατάλληλο μύλο. Σε 100 mg από το ξηρό υλικό πραγματοποιήθηκε πέψη με 4 mL διαλύματος πυκνού H₂SO₄ που περιέχει 1 g/L Se μαζί με 1 mL H₂O₂. Μόλις τα δείγματα κρύωσαν αραιώθηκαν σε τελικό όγκο 25 mL. Στο εκχύλισμα έγινε προσδιορισμός του αζώτου, φωσφόρου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου. Ταυτόχρονα έγινε ξηρή καύση σε 500 mg ξηρό φυτικό υλικό στους 500°C. Η τέφρα διαλύθηκε σε 20 mL 1N HNO₃ και στο εκχύλισμα έγινε προσδιορισμός των ιχνοστοιχείων. Το άζωτο προσδιορίστηκε με απόσπαση, ο φώσφορος χρωματομετρικά, το κάλιο με φλογοφωτόμετρο και τα υπόλοιπα στοιχεία με AA - φασματοφωτομετρία. Σε κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν δύο πέψεις και καύσεις και όταν τα αποτελέσματα δεν συμφωνούσαν εντός 10% σε ένα τρίτο δείγμα γινόταν η ανάλυση. Οι αναλύσεις εδαφών έγιναν χρησιμοποιώντας standard μεθόδους ISO. Συνολικός αριθμός αναλύσεων εδαφών ήταν 70 και φύλλων 37

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τον Ιούνιο – Ιούλιο η επάρκεια της ακτινιδιάς σε Κ εξασφαλίζεται όταν η συγκέντρωση του στα φύλλα είναι >1,8% [1]. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι το 50% των δειγμάτων είχαν συγκέντρωση στα φύλλα <1,8%. Δηλαδή παρουσίαζαν έλλειψη Κ χωρίς όμως την εμφάνιση εμφανών μακροσκοπικά συμπτωμάτων. Οι αναλύσεις εδαφών στους ίδιους αγρούς έδειξε ότι το 50% των δειγμάτων είχαν περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμο Κ<150 ppm που θεωρείται το κατώτερο ότι επάρκειας. Επίσης το 35% των δειγμάτων παρουσίαζε ελαφρά έλλειψη εδαφικού Κ ενώ το υπόλοιπο 15% ισχυρή. Βάσει των αποτελεσμάτων έγινε προσθήκη δόσεων Κ από 250-500 g ανά ενήλικο πρέμνο και η περιεκτικότητα των φυτών σε Κ βελτιώθηκε τον επόμενο χρόνο. Σε 8 αγρούς παρακολούθηθηκε η μεταβολή της θρέψης σε Κ για 4 χρόνια μετά από κατάλληλες εφαρμογές Κ. Η συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας του εδάφους σε Κ και της περιεκτικότητας των φύλλων σε Κ ήταν υψηλή ($r=0,92^{***}$). Βάσει της συσχέτισης η συγκέντρωση Κ>1,8% επιτυγχάνεται όταν το Κ στο έδαφος είναι >250 ppm. Βέβαια η σχέση αυτή έχει προκαλύψει από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και είναι χρήσιμο να γίνουν πειράματα αγρού με αυξημένες δόσεις Κ ώστε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ποσότητα λίπανσης με Κ για να επιτευχθεί η υψηλότερα ποιοτική παραγωγή

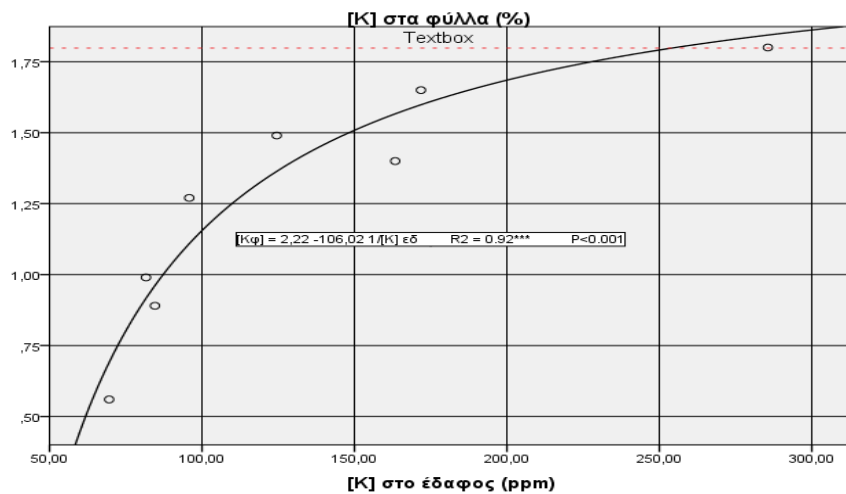
Συμπεράσματα: Το ποσοστό φυτών ακτινιδίου με έλλειψη καλίου ήταν 50% με όριο επάρκειας καλίου στα φύλλα τον Ιούνιο – Ιούλιο 1,8%. Το 50% των εδαφών είχαν περιεκτικότητα σε αφομοιώσιμο Κ<150 ppm. Η εφαρμογή λιπάσματος Κ διόρθωσε την τροφοπενία. Ο βαθμός συμμεταβολής μεταξύ της περιεκτικότητας του εδάφους και των φύλλων σε Κ ήταν υψηλός. Βασίζόμενοι στη συμμεταβολή, η συγκέντρωση Κ>1,8% επιτυγχάνεται όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε αφομοιώσιμο κάλιο είναι >250 ppm. Μήπως τα όρια επάρκειας Κ στο έδαφος για την ακτινιδιά πρέπει να αυξηθούν σε >250 ppm;



Εικόνα 7. Κατανομή συχνοτήτων της περιεκτικότητας των φύλλων της ακτινιδιάς σε K τον Ιούνιο – Ιούλιο.



Εικόνα 8. Κατανομή συχνοτήτων της περιεκτικότητας του εδάφους σε K σε αναλύσεις φύλλων που πραγματοποιήθηκαν πριν την έναρξη της καλλιέργειας την άνοιξη.



Εικόνα 9. Συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας των φύλλων και του εδάφους σε κάλιο σε 8 αγρούς η θρέψη των οποίων ελέγχεται με αναλύσεις εδάφους κάθε χρόνο μετά την εφαρμογή λιπάσματος K.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Smith G.S., Clark C.J., Buwalda J.G., 1987. Potassium and Phosphorus. Effect of Potassium deficiency on kiwifruit. Journal of Plant Nutrition Vol. 10, pp. 9-16.

Από τον αμπελώνα στο ποτήρι: επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και του παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP στον κύκλο του αζώτου στο έδαφος, στην θρέψη του φυτού, και στην χημική σύσταση γλεύκους & οίνου για την ποικιλία Σαββατιανό.

Τσιγκιά Μ.¹, Λεβέντης Γ.¹, Σαπλαούρα Π.¹, Μηλιόρδος Δ.Ε.², Ζαφειρίου Ι.¹, Κοντουδάκης Ν.^{2,3}, Κοτσερίδης Γ.², Οικαλιώτης Κ.¹, Μάσσας Ι.¹

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσ. Πόρων & Γεωργ. Μηχανικής, Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου, Εργαστήριο Εργαστήριο Οινολογίας και Αλκοολούχων Ποτών

³Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Αγροτικής Βιοτεχνολογίας και Οινολογίας

Περίληψη: Στα γεωργικά οικοσυστήματα οι αυξημένες εισροές αζώτου (N) δεσμεύονται από την φυτική βιομάζα σε ποσοστά που σπάνια ξεπερνούν του 60-70%, ενώ το υπόλοιπο μπορεί να απομακρυνθεί από το έδαφος, κυρίως ως νιτρικά ιόντα, προκαλώντας απώλειες N και ρύπανση. Οι παρεμποδιστές νιτροποίησης, όπως το DMPP, μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο αυτών των απωλειών και στην αύξηση της διαθεσιμότητας του N προς το φυτό. Η άμπελος αποτελεί ένα σημαντικό φυτό σε παγκόσμια κλίμακα, και ιδιαίτερα στην χώρα μας, και η καλλιέργειά της έχει μεγάλες ανάγκες σε θρεπτικά, ιδίως άζωτο. Σε πείραμα που διεξήχθη σε αμπελώνα, εφαρμόστηκαν τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις, δυο (NH₄)₂SO₄-N (με ή χωρίς DMPP) και δυο μάρτυρες (καθόλου λίπανση και μόνο DMPP). Τα αποτελέσματα έδειξαν ισχυρή και με διάρκεια παρεμποδιστική δράση του DMPP στην νιτροποίηση αλλά και αύξηση του διαθέσιμου φωσφόρου στο έδαφος. Η εφαρμογή N+DMPP βελτίωσε την θρέψη, παραγωγικότητα και την απόδοση του αμπελιού, ενώ η ποιότητα των παραγόμενων οίνων κρίνεται ελαφρώς βελτιωμένη.

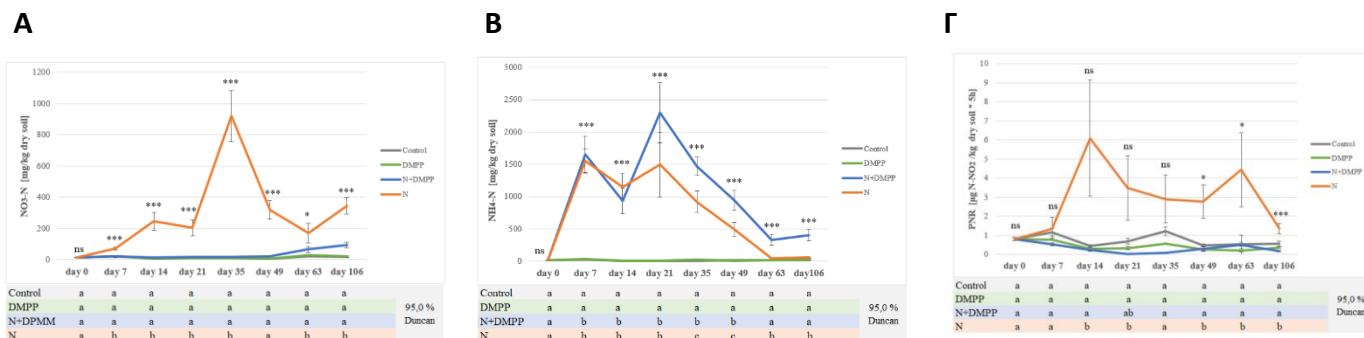
Λέξεις-Κλειδιά: κύκλος αζώτου; παρεμποδιστής νιτροποίησης DMPP; θρέψη φυτού; γλυκό-οινό-γραφικές ιδιότητες; *Vitis vinifera* L. Σαββατιανό

Εισαγωγή – Σκοπός: Το άζωτο (N) καθορίζει την παραγωγικότητα της πλειονότητας των γεωργικών εδαφικών οικοσυστημάτων. Η διαθεσιμότητά του επηρεάζει την απόδοση και ποιότητα της παραγωγής και οι απώλειες αζωτούχων ενώσεων από τα εδάφη μέσω των βιολογικών διεργασιών της νιτροποίησης και απονιτροποίησης (απώλειες NO₃⁻ σε ύδατα και εκπομπές N₂O) επιφέρουν περιβαλλοντικά προβλήματα. Στοχεύοντας στην αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης των αζωτούχων λιπάνσεων έχουν αναπτυχθεί σταθεροποιημένα λιπάσματα με ενσωματωμένες ουσίες που εμφανίζουν παρεμποδιστική δράση έναντι των μικροοργανισμών που πραγματοποιούν την νιτροποίηση με κυριότερες στην Ευρώπη την δικυανδιαμίδα (DCD) και την 3,4-φωσφορική διμεθυλπυραζόλη (DMPP)(1). Πρόσφατες μελέτες έχουν αναδείξει την αποτελεσματικότερη παρεμποδιστική δράση του DMPP έναντι του DCD αλλά και την αποτελεσματικότερη χρήση του λόγω μεγαλύτερου χρόνου παραμονής στο έδαφος, δραστηριότητας σε μικρότερες συγκεντρώσεις, και έλλειψης οικότοξικολογικών παρενεργειών(2). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ολιστική συγκριτική αξιολόγηση της εφαρμογής λίπανσης αμμωνιακής μορφής με και χωρίς τον παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP σε καλλιέργεια αμπελιού ποικιλίας Σαββατιανού, στον κύκλο του αζώτου του εδάφους, στην θρέψη του φυτού και στην χημική σύσταση γλεύκους και οίνου.

Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα διεξήχθη στον αμπελώνα του πειραματικού αγρού του ΓΠΑ, στην περιοχή Γιαλού του Δήμου Σπάτων – Αρτέμιδος. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αργιλοπηλώδες (CL), με pH 7.63, EC 379.4μS/cm, OM 2.5% και TN 0.07%. Εφαρμόστηκαν 4 διαφορετικές επεμβάσεις: καμία εφαρμογή (μάρτυρας); μόνο DMPP; λίπανση με (NH₄)₂SO₄; και λίπανση με (NH₄)₂SO₄ + DMPP. Η δόση εφαρμογής ήταν 50g N ανά πρέμνο. Καθε επέμβαση είχε τρεις χωρικές επαναλήψεις μέσα στον αμπελώνα (plots) και συνολικά 8-12 πρέμνα ανα plot. Την εφαρμογή των επεμβάσεων ακολούθησαν εβδομαδιαίες εδαφικές δειγματοληψίες έως 106 μέρες από την εφαρμογή. Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν 36 δείγματα (9 επαναλήψεις από την κάθε επέμβαση, 3 από κάθε plot) σε βάθος 0-25 cm, από την περιοχή της ριζόσφαιρας. Στα εδαφικά δείγματα προσδιοριζόταν, η υγρασία, το pH, η EC, η συγκέντρωση NO₃⁻-N, η συγκέντρωση NH₄⁺-N, ο δυναμικός ρυθμός νιτροποίησης (PNR) και ο φώσφορος κατά Olsen. Στο στάδιο του τρύγου έγινε δειγματοληψία και μίσχων φύλλων για φυλλοδιαγνωστική ανάλυση. Ο τρύγος πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά και τα σταφύλια μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Οινολογίας και Αλκοολούχων Ποτών για την οινοποίησή τους. Εφαρμόστηκε κλασικό πρωτόκολλο λευκής οινοποίησης. Στα γλεύκη και τους παραχθέντες οίνους πραγματοποιήθηκαν βασικές αναλύσεις σύμφωνα με τα πρωτόκολλα του ΟΙV. Για τον προσδιορισμό των οργανικών οξέων χρησιμοποιήθηκε η Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Πίεσης (HPLC). Για το προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ των οίνων χρησιμοποιήθηκε αέρια χρωματογραφία-φασματοφωτομετρία μάζας (GC-MS) και μετρήθηκαν συνολικά 25 πτητικές ενώσεις, συμπεριλαμβανόμενων των τερπενίων, ανώτερων αλκοολών, εστέρων, οξέων κ.α.

Αποτελέσματα – Συζήτηση: Καθόλη την διάρκεια του πειράματος η εδαφική υγρασία κυμάνθηκε μεταξύ 12-18%. Στην επέμβαση με (NH₄)₂SO₄-N + DMPP παρατηρήθηκε σχετικά σταθερή αύξηση του pH από 7.6 στο 7.75. Η επέμβαση με (NH₄)₂SO₄-N χωρίς παρεμποδιστή όμως, οδήγησε σε αύξηση του pH μόνο κατά τις πρώτες τρεις πρώτες εβδομάδες. Αντίστοιχα η ηλεκτρική αγωγιμότητα στις επεμβάσεις με προσθήκη (NH₄)₂SO₄-N με ή χωρίς παρεμποδιστή αυξήθηκε από 2.5 στις επεμβάσεις χωρίς αζωτούχο λίπανση σε 5-6 dS/cm και παρέμεινε υψηλή μέχρι το τέλος του πειράματος ακολουθώντας μικρή σταδιακή μείωση. Η συγκέντρωση του NO₃⁻-N στο έδαφος αυξήθηκε από την 7^η μέρα και παρέμεινε υψηλή, με μέγιστο την 35^η μέρα, μόνο στην επέμβαση (NH₄)₂SO₄ χωρίς DMPP. Η επέμβαση (NH₄)₂SO₄ + DMPP οδήγησε σε συγκεντρώσεις NO₃⁻-N στο έδαφος στα επίπεδα του μάρτυρα επιβεβαιώνοντας την αποδοτικότητα του DMPP στην παρεμπόδιση της νιτροποίησης, ενώ παρατηρήθηκε

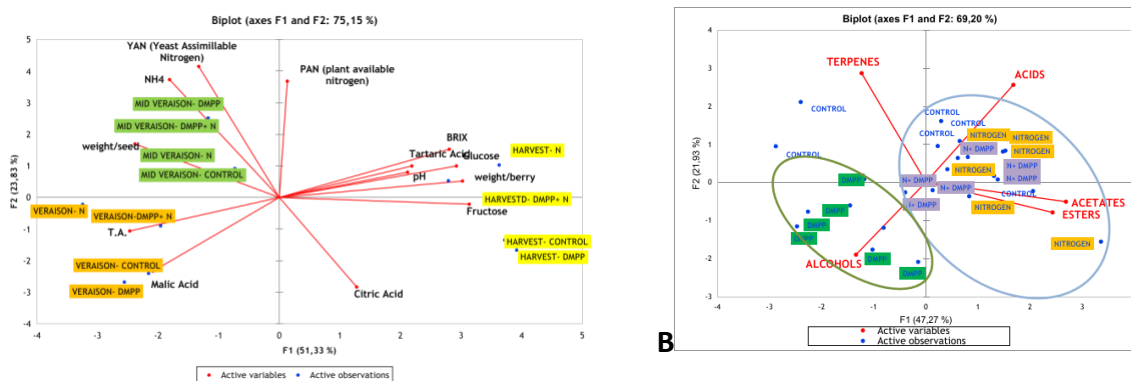
σταδιακή μικρή αύξησή τους μετά την 63^η μέρα (Εικόνα 1Α). Η πλήρης και διαρκής παρεμποδιστική δράση του DMPP επιβεβαιώνεται και από τις συγκεντρώσεις του NH₄⁺-N που παρέμειναν υψηλές για όλη την διάρκεια του πειράματος, παρουσιάζοντας βέβαια σταδιακή μείωση (Εικόνα 1Β) αλλά και από τον ρυθμό νιτροποίησης που ήταν υψηλότερος του μάρτυρα μόνο στην επέμβαση της μη παρεμποδισμένης N-λίπανσης (Εικόνα 1Γ).



Εικόνα 1. Η μεταβολή των Α) NO₃⁻-N, Β) NH₄⁺-N και Γ) του δυνητικού ρυθμού νιτροποίησης (PNR) στο έδαφος σε διάστημα 106 ημερών.

Γκρί: μάρτυρας; πράσινο: DMPP; πορτοκαλί: (NH₄)₂SO₄; μπλέ: (NH₄)₂SO₄ + DMPP. Συμπεριλαμβάνεται η σημαντικότητα της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) και δοκιμασίες πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan [ns: no significance, *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001]. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η εφαρμογή της (NH₄)₂SO₄ + DMPP οδήγησε και σε σημαντική αύξηση του εδαφικού φώσφορου κατά Olsen, τρεις με τέσσερις φορές πάνω από τον μάρτυρα. Η αύξηση αυτή πιθανά οφείλεται σε διαλυτοποίηση φωσφόρου στο περιβάλλον της ριζοεπιφάνειας λόγω αυξημένης ανάπτυξης και δραστηριότητας της ρίζας. Η αύξηση της διαθεσιμότητας N στο έδαφος αντικατοπτρίζεται και στην θρέψη του φυτού, όπου η συγκέντρωση N (%) στους μίσχους παρουσίασε αύξηση στην εφαρμογή (NH₄)₂SO₄ + DMPP. Η αύξηση όμως της εδαφικής διαθεσιμότητας P δεν αντικατοπτρίζεται αντίστοιχα στην συγκέντρωση P (%) στους μίσχους για την ίδια εφαρμογή. Τέλος τα φυτά που δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση παρεμποδισμένη ή μη είχαν διπλάσια συγκέντρωση K⁺ από τους μάρτυρες χωρίς προσθήκη λίπανσης, ενώ η συγκέντρωση Na⁺ παρέμεινε όμοια σε όλες τις επεμβάσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τι κλασσικές αναλύσεις και τις αναλύσεις οργανικών οξέων του γλεύκους τα δείγματα ομαδοποιούνται με βάση το φαινολογικό στάδιο (Εικόνα 2Α). Επιπλέον η PCA παρουσιάζει διαχωρισμό των οίνων σύμφωνα με την επέμβαση/λίπανση όσον αφορά τις πτητικές ενώσεις του αρώματος. Οι οίνοι του μάρτυρα διασπείρονται στο γράφημα χωρίς συγκεκριμένη ομαδοποίηση, ενώ οι λιπάνσεις N & N+DMPP, DMPP ομαδοποιήθηκαν και διαφοροποιήθηκαν ανάλογα. (Εικόνα 2Β)



Α **Εικόνα 2.** Διακρίση/ομαδοποίηση σύμφωνα με Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) στις κλασσικές αναλύσεις και οργανικών οξέων γλεύκους (Α) και σε μεταβολικά δεδομένα (αρωματικές ενώσεις) από οίνους ποικιλίας Σαββατιανό, σύμφωνα με τις διαφορετικές λιπάνσεις(Β)

Συμπεράσματα: Η εφαρμογή αμμωνιακής λίπανσης με παρεμποδιστή νιτροποίησης DMPP επιτυγχάνει σταδιακή απελευθέρωση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος, επιδεικνύοντας παρεμποδιστική δράση μέχρι το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Η εφαρμογή βελτίωσε την θρέψη, παραγωγικότητα και την απόδοση του αμπελιού, ενώ η ποιότητα των παραγόμενων οίνων ήταν ελαφρώς βελτιωμένη, με διαφορές στην ένταση και το είδος του αρώματος. Η εφαρμογή αμμωνιακής λίπανσης + DMPP μείωσε επίσης την ετερογένεια που εμφανίζεται στη χημική σύνθεση του σταφυλιού κατά τη διάρκεια της συγκομιδής.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. W. Zerulla, et al., DOI: 10.1007/s003740100380
2. E. Bachtsevani, et al., DOI: 10.1007/s00374-021-01602-z.

Αντίδραση εννέα υβριδίων καλαμποκιού στη φωσφορική λίπανση σε εδάφη όξινης και αλκαλικής αντίδρασης και η μυκορριζική τους συμβίωση

Υψηλάντης Ι.¹, Μπίλιας Φ.¹, Καράς Π.², Καρυπίδου Α.¹, Μπακώσης Γ.¹, Μυλωνάς Ι.³, Τσιάλτας Ι.Θ.¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

²Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, 41500 Λάρισα,

³ΕΛΓΟ-«Δήμητρα», Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, 57001 Θέρμη

Περίληψη: Η διαθεσιμότητα του Ρ σε εδάφη όξινης και αλκαλικής αντίδρασης μπορεί να είναι περιορισμένη, ενώ δύο τρόποι αντιμετώπισης, ο σχηματισμός μυκορριζών και η λίπανση, συσχετίζονται αρνητικά μεταξύ τους. Σε εδάφη χαμηλής διαθεσιμότητας Ρ, όξινης ή αλκαλικής αντίδρασης και για δυο χρονιές, διεξήχθησαν πειράματα αγρού και αξιολογήθηκαν εννέα υβρίδια καλαμποκιού ως προς την απόκριση στην Ρ-λίπανση και στη μυκορριζα. Μετρήθηκαν σε δύο στάδια (πέντε-έξι φύλλων-V5-6 και έκπτυξης της θηλυκής ταξιανθίας-R1) τα ποσοστά αποικισμού και ο αριθμός σπορίων στο έδαφος, το SPAD, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στα φύλλα, η απόδοση σε σπόρο ανά φυτό, το βάρος χιλίων κόκκων (ΒΧΚ) και ο δείκτης συγκομιδής (Δ.Σ). Έγινε επίσης εξαγωγή DNA θυσανωδών μυκορριζικών μυκήτων (ΘΜΜ) και αλληλουχήθηκε ένα σύνθετο δείγμα για κάθε υβρίδιο. Ο αποικισμός και ο αριθμός των σπορίων δεν επηρεάστηκαν από την Ρ-λίπανση και τα υβρίδια. Κάποια υβρίδια είχαν 1-2 κυρίαρχους μύκητες, ενώ άλλα είχαν μεγαλύτερη ποικιλότητα. Η Ρ-λίπανση αύξησε τη φυτική βιομάζα στο στάδιο V5-6, αλλά δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση, ΒΧΚ, ΔΣ. Τα υβρίδια διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το SPAD και τις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών (Fe, Mn, Cu, Zn), αλλά στο V5-6 όχι ως προς τον Ρ. Η απόδοση σπόρου ανά φυτό, ο Δ.Σ. και το ΒΧΚ δεν επηρεάστηκαν από τον Ρ, αλλά μόνο από τα υβρίδια.

Λέξεις κλειδιά: μυκορριζες, καλαμπόκι, φωσφορική λίπανση, όξινο έδαφος, αλκαλικό έδαφος, εδαφικό pH,

Εισαγωγή-Σκοπός: Η μυκορριζική συμβίωση παρουσιάζει λειτουργική εξειδίκευση, όπου οι πλέον αποτελεσματικοί, ως προς την πρόσληψη Ρ και θρεπτικών, θυσανώδεις μυκορριζικοί μύκητες (ΘΜΜ) εξαπλώνονται περισσότερο στις ρίζες. Επίσης, διαφορετικά υβρίδια καλαμποκιού μπορεί να αποικίζονται από διαφορετικούς μύκητες, ενώ μπορεί να διαφέρουν και ως προς την ικανότητά τους να αξιοποιούν τον Ρ. Υψηλά ποσοστά αποικισμού των ριζών από ΘΜΜ σε κάποιο υβρίδιο είναι ένδειξη υψηλότερης απόκρισης στη μυκορριζα [1], ενώ γρήγορος αποικισμός θα επέτρεπε καλύτερη θρέψη με Ρ σε νεαρά στάδια, που είναι κρίσιμο για την τελική απόδοση [2]. Επίσης είναι γενικά γνωστό ότι η λίπανση με Ρ μειώνει τον αποικισμό από ΘΜΜ. Ο σκοπός της εργασίας ήταν να αξιολογηθούν διαφορετικά υβρίδια καλαμποκιού ως προς την απόκριση στη φωσφορική λίπανση σε όξινο ή αλκαλικό έδαφος, να προσδιοριστούν υβρίδια με υψηλότερο αποικισμό από ΘΜΜ ή που σχηματίζουν γρήγορα αποικισμό και να μελετηθεί η επίδραση της λίπανσης στον αποικισμό.

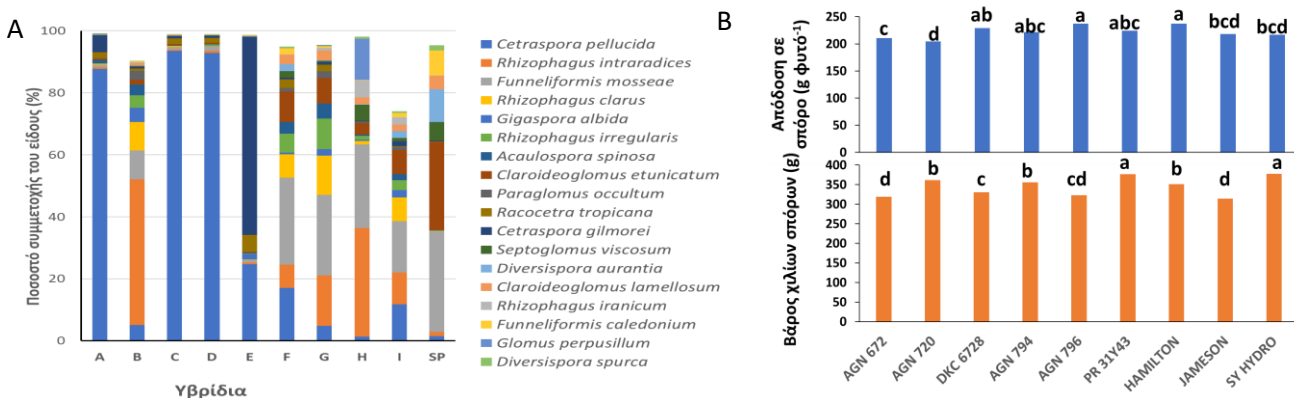
Υλικά και Μέθοδοι: Σε αγρούς με εδάφη χαμηλής διαθεσιμότητας Ρ, ένα όξινης (Μουριές Κιλκίς) και ένα αλκαλικής (Θέρμη) αντίδρασης, χωρίς ή με Ρ λίπανση (6 kg Ρ₂Ο₅/στρ.), καλλιεργήθηκαν για δύο συνεχόμενα έτη εννέα υβρίδια καλαμποκιού. Το πειραματικό σχέδιο ήταν υποδιαμεμένων τεμαχίων (split-plot) με τρεις επαναλήψεις, με τα επίπεδα Ρ στα κύρια τεμάχια και τα υβρίδια στα υποτεμάχια. Κάθε πειραματικό υποτεμάχιο 3x5 m είχε τέσσερις γραμμές. Εφαρμόστηκε βασική λίπανση Ν, Κ. Στο στάδιο των 5-6 φύλλων (V5-6) και στο στάδιο έκπτυξης της θηλυκής ταξιανθίας (R1) μετρήθηκε το SPAD και ελήφθησαν δείγματα φυτών (το υποκείμενο του σπάδικα φύλλο στο R1) και εδάφους/ριζών. Στη συγκομιδή υπολογίστηκε το βάρος 1000 κόκκων (ΒΧΚ), ο δείκτης συγκομιδής (ΔΣ) (βάρος αποξηραμένων σπόρων προς το συνολικό ξηρό βάρος των φυτών που συγκομίστηκαν) και μετρήθηκαν η αποξηραμένη βιομάζα, η απόδοση σε σπόρο ανά φυτό (ΑΣ), το ποσοστό αποικισμού από ΘΜΜ, ο αριθμός σπορίων των ΘΜΜ 100g⁻¹ εδάφους, τα θρεπτικά στο έδαφος, το βλαστό και το σπόρο. Εξήχθη DNA από τις ρίζες, PCR με τους εκκινητές AML1-AML2 και στο προϊόν με τους WANDA-AML2 και δημιουργήθηκε ένα σύνθετο δείγμα για κάθε υβρίδιο αναμιγνύοντας ίση ποσότητα DNA από κάθε αρχικό δείγμα και, μετά από καθαρισμό, έγινε αλληλούχιση και επεξεργασία των αλληλουχιών.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Ο μυκορριζικός αποικισμός των ριζών ήταν πολύ υψηλός, >80% ήδη στο V5-6, και δεν επηρεάστηκε από τη φωσφορική λίπανση και τα υβρίδια, ενώ στο R1 ήταν χαμηλότερος στις Μουριές το πρώτο έτος και υψηλότερος το δεύτερο. Ο αριθμός των σπορίων δεν επηρεάστηκε από τα υβρίδια ή τον Ρ σε κανένα στάδιο. Στο V5-6 τα σπόρια ήταν περισσότερα στη Θέρμη (56 ανά 100g εδάφους) απ' ό,τι στις Μουριές (16), ενώ μειώθηκαν σε 3-4 σπόρια 100g⁻¹ στο R1, και γενικά και στα δύο στάδια το 2020 τα σπόρια ήταν λιγότερα σε σχέση με το 2019. Τα μοριακά δεδομένα έδειξαν ότι κάποια υβρίδια είχαν 1-2 κυρίαρχους μύκητες, ενώ άλλα είχαν μεγαλύτερη ποικιλότητα (Σχήμα 1). Η κοινότητα των ΘΜΜ εντός των ριζών ήταν διαφορετική για τα περισσότερα υβρίδια. Η Ρ-λίπανση αύξησε τη βιομάζα ανά φυτό και στις δύο περιοχές στο στάδιο V5-6, με σημαντική αλληλεπίδραση περιοχή × υβρίδιο και υψηλότερη βιομάζα στις Μουριές. Στο ίδιο στάδιο, η λίπανση αύξησε επίσης τις τιμές SPAD και τις συγκεντρώσεις Ρ και Ν στη βιομάζα, αλλά μείωσε αυτές των Μn και Ζn. Και στα δύο στάδια, τα υβρίδια διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το SPAD και τις συγκεντρώσεις των μετάλλων (Fe, Cu, Mn, Zn), αλλά στο V5-6 όχι ως προς τον Ρ (Πίνακας 1). Η απόδοση σπόρου ανά φυτό, ο δείκτης συγκομιδής και το βάρος 1000 σπόρων δεν επηρεάστηκαν από τον Ρ αλλά μόνο από τα υβρίδια (Σχήμα 1). Τα υβρίδια AGN796 και HAMILTON είχαν την υψηλότερη απόδοση σπόρου/φυτό (237,4 και 237,0 g) συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των δύο περιοχών και των καλλιεργητικών περιόδων. Τα πιο αποδοτικά υβρίδια AGN796 και HAMILTON δεν είχαν και το μεγαλύτερο βάρος χιλίων σπόρων, ενώ το πρώτο είχε από τους χαμηλότερους δείκτες συγκομιδής.

Η Ρ-λίπανση αύξησε τη βιομάζα των εννέα υβριδίων καλαμποκιού στα αρχικά στάδια και δεν αύξησε την απόδοση στο τέλος. Το αποτέλεσμα αυτό αποδίδεται στη μη μείωση του μυκορριζικού αποικισμού. Με τη φωσφορική λίπανση μετατοπίζεται ο λόγος κόστους-οφέλους και η συμβίωση λειτουργεί περισσότερο παρασιτικά παρά με αμοιβαίο όφελος [3]. Δεν υπήρχε επίσης συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα Ρ στο στάδιο V5-6 και την τελική απόδοση, όπως είχε παρατηρηθεί αλλού [4]. Τα υβρίδια, παρά τις διαφορές στους ΘΜΜ των ριζών τους και την επιλογή συγκεκριμένων ΘΜΜ, δεν διέφεραν ως προς τα ποσοστά αποικισμού, ενώ ήδη στις πέντε περίπου εβδομάδες ο αποικισμός ήταν ήδη πολύ υψηλός σε όλα. Τα ποσοστά αποικισμού μπορεί να μην είναι τόσο καλό κριτήριο επιλογής γενотύπων με μεγαλύτερη απόκριση στη μυκόρριζα [5]. Σε κάθε περίπτωση, στον αγρό κανένα από τα υβρίδια που δοκιμάστηκαν δεν φαίνεται να διαφέρει ως προς την απόκριση στη μυκόρριζα, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα πειράματος σε φυτοδοχεία με τα ίδια υβρίδια [6]. Επίσης, εφαρμογή εμβολίων ΘΜΜ στον αγρό δεν θα είχε νόημα, καθώς συμβαίνει με την τοπική κοινότητα. Είναι άγνωστο τι θα συνέβαινε αν γινόταν εμβολιασμός του κάθε υβριδίου με εμβόλιο που θα περιείχε μόνο τους ΘΜΜ που βρέθηκαν να κυριαρχούν στο κάθε υβρίδιο. Μεγαλύτερες ποσότητες Ρ-λιπάσματος θα μπορούσαν να προκαλέσουν μείωση του αποικισμού και αύξηση των αποδόσεων. Πιθανόν να χρειάζεται αναθεώρηση προς τα κάτω των επιπέδων εδαφικού Ρ (P-Olsen) που θεωρούνται ως ελάχιστα για την αντίδραση στη λίπανση με Ρ και τα οποία εφαρμόστηκαν εδώ.

Συμπεράσματα: Η λίπανση με φώσφορο (6 kg P₂O₅/στρ.) αύξησε την ξηρή βιομάζα εννέα υβριδίων καλαμποκιού, τόσο σε όξινο όσο και αλκαλικό έδαφος, στο στάδιο V5-6. Ωστόσο, ο Ρ δεν επηρέασε την απόδοση σε σπόρο/φυτό, το βάρος 1000 σπόρων και τον δείκτη συγκομιδής, ούτε μείωσε τον αποικισμό των ριζών από μυκορριζικούς μύκητες, πιθανότατα μετατοπίζοντας τον λόγο κόστους/οφέλους της συμβίωσης. Προτείνεται αναθεώρηση των ελαχίστων τιμών εδαφικού Ρ που δείχνουν αντίδραση στην Ρ-λίπανση. Τα υβρίδια διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς την απόδοση, με τα AGN796 και HAMILTON να είναι τα πιο υψηλής απόδοσης.

Σχήμα 1. Α. Ποσοστά συμμετοχής των ειδών των μυκορριζικών μυκήτων στις αλληλουχίες για το κάθε υβρίδιο και το μίγμα των μορφότυπων των σπορίων (SP). Α-Ι η ίδια σειρά των υβριδίων με τον Πίνακα 1 και το Σχήμα 1.Β. Β. Απόδοση σε σπόρο και βάρος χιλίων σπόρων. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο ετών και δύο τοποθεσιών.



Πίνακας 1. Μετρήσεις SPAD και συγκεντρώσεις στοιχείων στους φυτικούς ιστούς στο στάδιο V5-6. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο ετών και δύο τοποθεσιών. Μέσοι όροι ακολουθούμενοι από ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν μεταξύ τους για $p < 0,05$.

	SPAD	Fe	Cu	Mn	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----				
AGN 672	29,58 ef	66,85 a	13,15 a	61,14 df	30,67 c
AGN 720	31,83 abc	54,70 c	12,42 ab	65,20 c	30,72 c
DKC 6728	31,27 bcd	53,25 c	12,92 a	76,19 a	32,47 abc
AGN 794	32,64 a	58,45 bc	13,00 a	60,39 e	30,27 c
AGN 796	29,17 f	62,99 ab	12,50 a	64,35 cd	33,47 ab
PR 31Y43	30,53 de	56,79 bc	12,42 ab	76,21 de	34,70 a
HAMILTON	32,05 ab	57,42 bc	12,23 ab	61,32 de	30,49 c
JAMESON	31,58 bcd	54,57 c	12,78 a	61,4 de	30,49 c
SY HYDRO	30,77 cd	55,03 c	11,50 b	71,02 b	31,32 bc

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Chu, Q., et al. (2013). DOI: 10.1007/s00572-013-0492-0
2. Stammer, A.J., Mallarino, A.P. (2018). DOI: 10.2136/sssaj2017.06.0179
3. Jonhson, N.C., et al. (2008). DOI: 10.1046/j.1469-8137.1997.00729.x
4. Mallarino, A.P. (1995). DOI: 10.2134/agronj1995.00021962008700040014x
5. Mensah, J.A., et al. (2015) DOI: 10.1007/s00572-015-0631-x
6. Βέλλιος, Β. (2021). DOI: 10.26262/heal.auth.ir.333861

Εξοικονόμηση νερού και μείωση εισροών λιπασμάτων στους αμπελώνες της Κεφαλονιάς: Μια πρώτη προσέγγιση*

Φράγκος Α.¹, Γεράκης Α.¹, Κατσαλήρου Ε.¹, Δαναλάτος Γ.², Χατζηστάθης Θ.^{3*}, Μπινιάρη Κ.⁴

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Περιβάλλοντος, 28100 Αργοστόλι, Ιόνιο Πανεπιστήμιο

²Αγροτικός Οινοποιητικός Συνεταιρισμός Παραγωγών Ρομπόλας Κεφαλληνίας 'Ορεάλιος Γη'

³Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Ελληνικής Γεωργικής Σχολής, 57001 (Θέρμη Θεσσαλονίκης), ΕΛ.Γ.Ο. 'ΔΗΜΗΤΡΑ'

⁴Εργαστήριο Αμπελολογίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 11855 Αθήνα.

* chchatzista@gmail.com; t.chatzistathis@elgo.gr

Περίληψη: Στο πλαίσιο του προγράμματος αγροτικής ανάπτυξης (ΠΑΑ)-Μέτρο 16 (υπομέτρο 16.1-16.5), υλοποιήθηκαν, εντός του 2023, σε 3 επιλεγμένους οινοποιήσιμους αμπελώνες, στη νήσο Κεφαλονιά, αειφορικές καλλιεργητικές πρακτικές, που ως στόχο τους είχαν την εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας και τη μείωση των εισροών ανόργανων λιπασμάτων (N). Για το σκοπό αυτό, υλοποιήθηκαν οι εξής πειραματικοί χειρισμοί: α. Φρεζάρισμα και εφαρμογή συμβατικής λίπανσης (Μάρτυρας), β. Φρεζάρισμα και εφαρμογή N-ούχου λιπάσματος με αναστολέα νιτροποίησης, γ. Φρεζάρισμα και εφαρμογή οργανικής λίπανσης, δ. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή συμβατικής λίπανσης, ε. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή N-ούχου λιπάσματος με αναστολέα νιτροποίησης, στ. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή οργανικής λίπανσης. Από τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα, προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την οργανική ουσία, την περιεκτικότητα σε νιτρικό N, αλλά και το εναλλακτικό K. Σε κάποιες περιπτώσεις, σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών βρέθηκαν και στις συγκεντρώσεις των εκχυλίσμων ιχνοστοιχείων (Fe, Mn, Zn και B), ενώ δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές μεταξύ των 6 μεταχειρίσεων εις ότι αφορά τις συγκεντρώσεις όλων των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα των πρέμνων.

Λέξεις κλειδιά: *Vitis vinifera* L., γονιμότητα εδαφών, θρέψη φυτών, οργανική λίπανση, αναστολέας νιτροποίησης

Εισαγωγή-Σκοπός: Η μειωμένη εδαφοκατεργασία και η ενσωμάτωση της αυτοφυούς βλάστησης αποτελούν αειφορικές καλλιεργητικές πρακτικές, που ως στόχο τους έχουν να εξοικονομήσουν εδαφική υγρασία, περιορίζοντας τις απώλειες νερού από το έδαφος, και να ενισχύσουν τον οργανικό C. Το πρόβλημα της χαμηλής περιεκτικότητας των εδαφών σε οργανικό C και η εξοικονόμηση λιπασμάτων ίσως μπορούν να λυθούν μελλοντικά με συνδυαστική εφαρμογή συστημάτων μειωμένης εδαφοκατεργασίας και ενσωμάτωσης οργανικών υλικών, παραπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής (όπως τα στέμφυλα οινοποιίας). Εξαιτίας της κατάχρησης συμβατικών ανόργανων λιπασμάτων κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οι απώλειες του N λόγω έκπλυσης και απονιτροποίησης έχουν αυξηθεί σημαντικά. Για το λόγο αυτό, απέκτησε τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία η χρήση N-ούχων λιπασμάτων με αναστολέα νιτροποίησης. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να αξιολογήσει τη συνδυαστική εφαρμογή συστημάτων μειωμένης εδαφοκατεργασίας, σε συνδυασμό με οργανική λίπανση ή χρήση λιπασμάτων με αναστολέα νιτροποίησης, και την επίδρασή της στη γονιμότητα των εδαφών και τη θρέψη επιλεγμένων αμπελώνων (ποικιλία 'Ρομπόλα') της Κεφαλονιάς.

Υλικά και Μέθοδοι: Σε 3 επιλεγμένους, πλήρως παραγωγικούς, οινοποιήσιμους Π.Ο.Π. αμπελώνες (ποικιλία Ρομπόλα) της Κεφαλονιάς, εφαρμόστηκαν οι εξής 6 πειραματικοί χειρισμοί: α. Φρεζάρισμα και εφαρμογή συμβατικής λίπανσης (Μάρτυρας), β. Φρεζάρισμα και εφαρμογή N-ούχου λιπάσματος με αναστολέα νιτροποίησης, γ. Φρεζάρισμα και εφαρμογή οργανικής λίπανσης, δ. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή συμβατικής λίπανσης, ε. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή N-ούχου λιπάσματος με αναστολέα νιτροποίησης, στ. Μειωμένη εδαφοκατεργασία και εφαρμογή οργανικής λίπανσης. Μετά την εφαρμογή των μεταχειρίσεων για πρώτη χρονιά στον αγρό (στο τέλος του χειμώνα του 2023), ελήφθησαν κατάλληλα δείγματα εδάφους (από βάθος 30 cm), εντός της προβολής της κόμης των πρέμνων, αλλά και φύλλων (φυλλοδιαγνωστική), κατά την περίοδο της πλήρους άνθησης. Τα δείγματα των εδαφών ξεράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου, για 48 ώρες, κοσκινίστηκαν και οδηγήθηκαν στο εργαστήριο για χημικές αναλύσεις. Αντίστοιχα, τα δείγματα των φύλλων ξεράθηκαν στο φούρνο, σε θερμοκρασία 75°C για 48 ώρες και κονιορτοποιήθηκαν. Στη συνέχεια, ποσότητα 0,5 g., ανά δείγμα, της αλεσμένης σκόνης αποτεφρώθηκε στους 515°C, για 5 h και η τέφρα διαλυτοποιήθηκε με 3 mL διαλύματος 6N HCl. Για όλες τις εργαστηριακές αναλύσεις προσδιορισμού παραμέτρων γονιμότητας εδάφους και θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα ακολουθήθηκαν γνωστά πρωτόκολλα από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Παρατηρήθηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις εναλλακτικού K και περιεκτικότητας σε οργανική ουσία στους χειρισμούς της οργανικής λίπανσης (ανεξαρτήτως μειωμένης εδαφοκατεργασίας ή μη), και στους 3 επιλεγμένους αμπελώνες. Υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικού N παρατηρήθηκαν, στους δύο από τους 3 αμπελώνες, στους χειρισμούς της λίπανσης με αναστολέα νιτροποίησης, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών βρέθηκαν και στις συγκεντρώσεις των εκχυλίσμων ιχνοστοιχείων (κυρίως του Mn, όπου ήταν σημαντικά υψηλότερο στους χειρισμούς της οργανικής λίπανσης, ανεξαρτήτως μειωμένης εδαφοκατεργασίας ή μη). Δεν βρέθηκε καμία στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα των πρέμνων. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι προκαταρκτικά (μόνο του πρώτου έτους εφαρμογής των πειραματικών χειρισμών) μιας 3ετους προσπάθειας καινοτόμου συνδυαστικής εφαρμογής συστημάτων μειωμένης εδαφοκατεργασίας και οργανικής λίπανσης, ή λίπανσης με αναστολέα νιτροποίησης, σε επιλεγμένους Π.Ο.Π. αμπελώνες της

Κεφαλονιάς. Οπότε, απαιτείται να ολοκληρωθεί ο 3ετης πειραματισμός, προκειμένου να εξαχθούν περισσότερο αξιόπιστα συμπεράσματα.

Συμπεράσματα: Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παραπάνω έρευνα είναι τα ακόλουθα:

- Βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις εναλλακτικού Κ και οργανικής ουσίας στους χειρισμούς της οργανικής λίπανσης
- Υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικού Ν παρατηρήθηκαν στους δύο από τους 3 επιλεγμένους αμπελώνες, στους χειρισμούς της λίπανσης με αναστολέα νιτροποίησης
- Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα των πρέμνων
- Απαιτείται να ολοκληρωθεί ο τριετής πειραματισμός, προκειμένου να εξαχθούν περισσότερο αξιόπιστα συμπεράσματα

Ευχαριστίες: Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται προς τους κ.κ. Σοφία Δρίζη, Ευγενία Καλτάση, Χενοφών Χάλδα, Ευαγγελία Ψωμουλιά, Ε. DENDIEVEL, R. BONNA και Αναστασία Φραγκοπούλου, για τη συμβολή τους στην πραγματοποίηση των δειγματοληψιών και τη διενέργεια εργαστηριακών αναλύσεων.

* Τα δεδομένα που παρουσιάζονται είναι από το έργο του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020 (ΠΑΑ)-Μέτρο 16 (υπομέτρο 16.1-16.5), με τίτλο: 'Εξοικονόμηση νερού και μείωση εισροών λιπασμάτων στους αμπελώνες της Κεφαλονιάς', που συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ε.Ε.

Ενότητα 5: Φυσική εδάφους

Επίδραση της άρδευσης και των εδαφικών ιδιοτήτων στην πρόσληψη ιχνοστοιχείων από καλλιέργεια κρεμμυδιού (*Allium cepa* L.)

Αγγελάκη Α.^{1*}, Γκόλια Ε. Ε.²

¹Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος. E-mail: anaggel@uth.gr

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας, Πανεπιστημιούπολη, 541 24 Θεσσαλονίκη. E-mail: egolia@auth.gr

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία αξιολογείται η ανταπόκριση του φυτού *Allium cepa* L., υπό διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης και σε διαφορετικά εδάφη, με σκοπό να καταδειχθεί το βέλτιστο σχήμα, σε πείραμα με γλάστρες. Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι εδάφους, τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης και δύο επίπεδα Cu και Zn (χαμηλό και υψηλό), σε 4 επαναλήψεις. Τα συμβάντα άρδευσης καθορίζονταν από το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας σε σχέση με την υδατοϊκανότητα (FC) του εδάφους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η ελάχιστη απόδοση επιτεύχθηκε όταν και στους δύο τύπους εδάφους, η συγκέντρωση διαλύματος Cu και Zn και η υδατική καταπόνηση ήταν στα υψηλότερα επίπεδα, αν και το ελαφρύτερο έδαφος οδήγησε σε καλύτερη ανάπτυξη του φυτού. Το βέλτιστο σχήμα επιτεύχθηκε, για τη χαμηλότερη συγκέντρωση Cu και Zn με ελάχιστη υγρασία εδάφους ίση με το 60% FC στο ελαφρύτερο έδαφος. Έτσι, η καλύτερη απόδοση στην καλλιέργεια κρεμμυδιού παρατηρήθηκε, όταν η άρδευση εφαρμόστηκε στο 60% της FC με δόση ίση με το 40% αυτής, στο ελαφριάς υφής έδαφος. Επιπλέον, η επίδραση των κατιόντων Cu και Zn σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι επωφελής για το κρεμμύδι, καθώς τα κατιόντα Cu παρέχουν προστασία από μυκητιάσεις, ενώ τα κατιόντα Zn χρησιμεύουν ως θρεπτικά συστατικά μειώνοντας τον κίνδυνο έλλειψης μετάλλων.

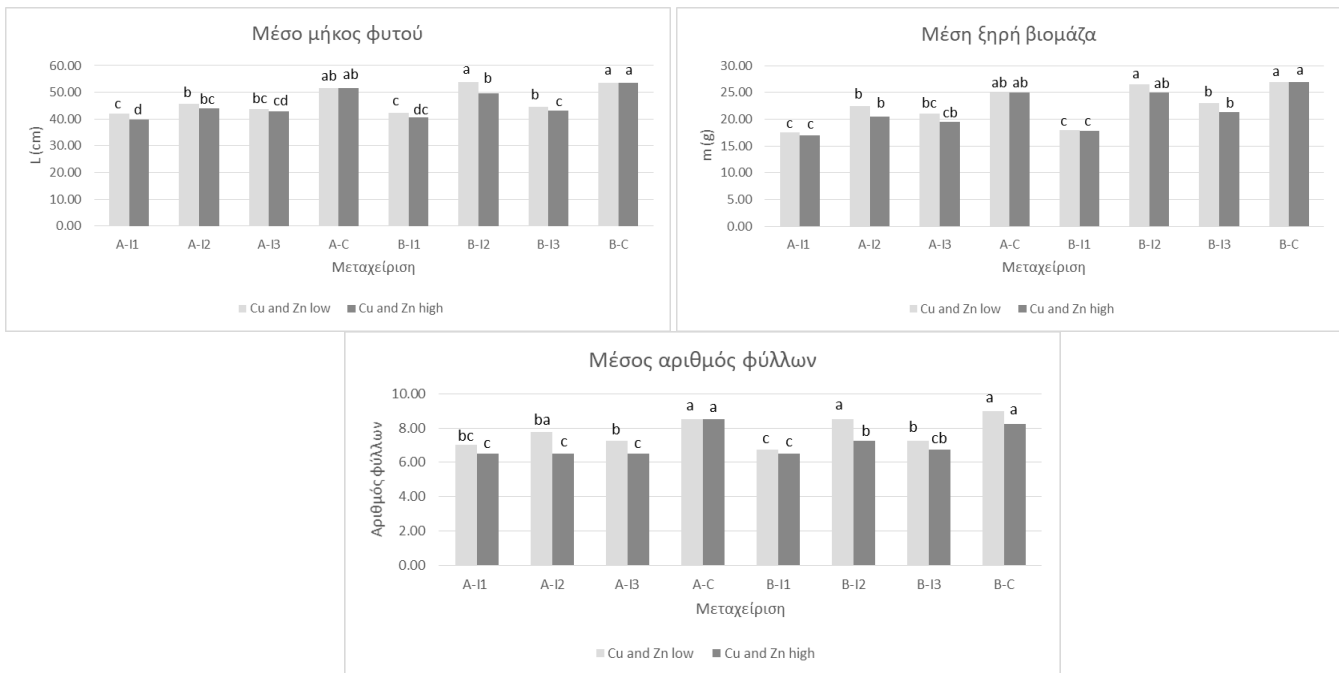
Λέξεις κλειδιά: Υδατοϊκανότητα, Σημείο μόνιμης μάρανσης, Εδαφική υγρασία, Cu, Zn

Εισαγωγή-Σκοπός: Στην περιοχή της Μεσογείου, η αειφόρος διαχείριση των υδάτων και της φυτικής παραγωγής αποτελεί μία πρόκληση που μπορεί να οδηγήσει σε βιώσιμες λύσεις. Μερικοί από τους κύριους περιορισμούς στην επαρκή παραγωγή τροφίμων σε αγροτικές ή αστικές περιοχές είναι η έλλειψη καλλιεργήσιμης γης και η έλλειψη ανοιχτού χώρου για κηπουρική, ειδικά στο αστικό περιβάλλον, αλλά και σε αγροτικές περιοχές με υποβαθμισμένα εδάφη [1]. Καθώς η ζήτηση για κηπευτικά αυξάνεται, πολλοί μικροκαλλιεργητές επιχειρούν τέτοιες καλλιέργειες σε αστικές περιοχές [2]. Η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα εδάφη είναι ένα θέμα μείζονος περιβαλλοντικής σημασίας παγκοσμίως. Η παρουσία, ως ιχνοστοιχείων, ορισμένων βαρέων μετάλλων (HMs), όπως Cu και Zn, απαιτείται για να λειτουργήσουν σωστά οι οργανισμοί [3], όμως, όταν η συγκέντρωσή τους υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο μπορούν να γίνουν επιβλαβή και τοξικά για τα φυτά. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην αναζήτηση του βέλτιστου σχήματος άρδευσης, σε συνδυασμό με τον τύπο εδάφους και την παρουσία θρεπτικών ουσιών (ιχνοστοιχεία).

Υλικά και Μέθοδοι: Δείγματα εδάφους συλλέχθηκαν από αγροτική περιοχή του Αλμυρού Μαγνησίας και από την αστική περιοχή του Δήμου Βόλου. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν, σε γλάστρες για μία καλλιεργητική περίοδο, την Άνοιξη του 2021. Κάθε γλάστρα είχε διάμετρο 18 cm, ύψος 20 cm και οι μισές γλάστρες πληρώθηκαν με αργιλοπηλώδες έδαφος (CL) και οι υπόλοιπες με αμμοπηλώδες έδαφος (SL). Το πειραματικό σχέδιο ήταν το εξής: 2 εδάφη x 2 επίπεδα HM x (3 μεταχειρίσεις άρδευσης + control) x 4 επαναλήψεις = 64 γλάστρες (χωρίς επιπλέον λίπανση). Πραγματοποιήθηκε μηχανική ανάλυση των εδαφών (μέθοδος Βουγιούκου), μετρήθηκε το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η οργανική ουσία (μέθοδος Walkley-Black), καθώς και οι συγκεντρώσεις Cu και Zn. Επίσης, μετρήθηκε η υγρασία κορεσμού των εδαφών καθώς και η υδατοϊκανότητα (FC) και το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Η παρακολούθηση υγρασίας γινόταν με αισθητήρα Delta-TSM150. Το προκαθορισμένο ποσοστό της υδατοϊκανότητας στο οποίο έφτανε η εδαφική υγρασία πριν την άρδευση ήταν: 40% FC (A-I1 για CL, B-I1 για SL), 60% FC (A-I2 για CL, B-I2 για SL) και 75% FC (A -I3 για CL, B-I3 για SL). Κατά την άρδευση σκοπός ήταν να φτάσει η υγρασία ξανά στην υδατοϊκανότητα. Μετά τη συγκομιδή, μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας: μήκος, ξηρή βιομάζα και αριθμός φύλλων.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το pH και των δύο εδαφικών δειγμάτων ήταν ελαφρώς αλκαλικό. Και τα δύο είχαν τις ίδιες τιμές EC, ωστόσο το αγροτικό έδαφος, με υψηλότερη περιεκτικότητα σε άργιλο (soil 1 (A)) περιείχε σχεδόν διπλάσια % οργανική ουσία (3.8 ± 0.8) από το ανόργανο αστικό έδαφος (soil 2 (B)). Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις Cu και Zn ως εξής: 70 ppm Cu και 150 ppm Zn που θεωρήθηκαν ως «χαμηλές» (low), και 140 ppm Cu και 300 ppm Zn που θεωρήθηκαν ως «υψηλές» (high) συγκεντρώσεις. Στην πρώτη μεταχείριση (A-I1) οι δόσεις άρδευσης εφαρμόζονταν κάθε 15 ημέρες, ενώ στη δεύτερη (A-I2) και στην τρίτη (A-I3) η άρδευση γινόταν κάθε 12 και 9 ημέρες, αντίστοιχα, και για τις δύο συγκεντρώσεις Cu και Zn. Κατά την καλλιεργητική περίοδο, διάρκειας περίπου 50 ημερών, για το έδαφος 1 (A), οι γλάστρες της πρώτης μεταχείρισης (A-I1), δέχθηκαν τρία ποτίσματα, οι γλάστρες της δεύτερης μεταχείρισης (A-I2) τέσσερα ποτίσματα και οι γλάστρες της τρίτης μεταχείρισης (A-I3) πέντε ποτίσματα και για τις δύο συγκεντρώσεις Cu και Zn. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία άρδευσης για το έδαφος 2 (B), ως εξής: B-I1: κάθε 13 ημέρες, B-I2 κάθε 10 ημέρες και B-I3 κάθε 6 ημέρες και για τις δύο συγκεντρώσεις Cu και Zn. Και σε αυτή την περίπτωση, κατά την καλλιεργητική περίοδο διάρκειας περίπου 50 ημερών, ο αριθμός των αρδεύσεων ήταν: τέσσερις για το B-I1, πέντε για το B-I2 και οκτώ για το B-I3, και για τις δύο συγκεντρώσεις Cu και Zn.

Τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μετά τη συγκομιδή, όπως το μέσο μήκος, η μέση ξηρή βιομάζα και ο μέσος αριθμός των φύλλων, για κάθε μεταχείριση, παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Μέσο μήκος φυτού (L), μέση ξηρή βιομάζα (m), μέσος αριθμός φύλλων καλλιέργειας κρεμμυδιού για κάθε μεταχείριση. Διαφορετικά γράμματα a, b, κ.λπ. υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντική διαφορά ($p < 0.05$)

Στην παρούσα μελέτη, το έδαφος αφέθηκε να στραγγίσει, έως ότου η υγρασία του φτάσει τις τιμές 40% FC, 60% FC και 75% FC. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών της συγκομιδής, και στα δύο εδάφη, όταν οι συγκεντρώσεις Cu και Zn είναι χαμηλές, όταν αφήνεται το έδαφος να στραγγίσει στο 60% FC, και συμπληρώνοντας κατόπιν την υγρασία με 40% FC, τότε έχουμε το βέλτιστο σχήμα άρδευσης. Ωστόσο, μεταξύ των μεταχειρίσεων A-12-low και B-12-low, είχαμε καλύτερα αποτελέσματα στο σχήμα B-12-low. Αυτό δείχνει, ότι τα κρεμμύδια που καλλιεργούνται σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη με ελαφριά υφή και με χαμηλές συγκεντρώσεις Cu και Zn, μπορούν να παρουσιάσουν καλύτερα χαρακτηριστικά καλλιέργειας και απόδοση, εάν η άρδευση εφαρμόζεται στο 60% της FC με δόση ίση με το 40% της FC. Συνιστάται, λοιπόν, μέτριας συχνότητας άρδευση με σχετικά μικρές δόσεις άρδευσης. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με εκείνα άλλων ερευνητών[4-6] και επομένως, δίνεται μια προοπτική για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια σε αστικό περιβάλλον, που οδηγεί στην εκμετάλλευση μη γόνιμων εδαφών χρησιμοποιώντας μη παραδοσιακές γεωργικές μεθόδους [1], [7]. Επιλέγοντας λοιπόν, το βέλτιστο σχήμα άρδευσης, τα άγονα αστικά εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, και με ήπια ρύπανση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλλιέργεια κρεμμυδιού. Επιπλέον, τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δείχνουν, ότι η γνώση του διαθέσιμου νερού για άρδευση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που παίζει θεμελιώδη ρόλο στα χαρακτηριστικά και την απόδοση της καλλιέργειας. Βασικός παράγοντας είναι η διαχείριση του αρδευτικού νερού, που σημαίνει ότι το διαθέσιμο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (συχνότητα και δόση), σε συνδυασμό πάντα με τη γνώση της μηχανικής σύστασης του εδάφους, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία και σε βαρέα μέταλλα.

Συμπεράσματα: Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ανταπόκριση του κρεμμυδιού σε διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης και συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων σε δύο τύπους εδάφους, ώστε να υποδειχθεί το βέλτιστο σχήμα διαχείρισης. Έτσι, το βέλτιστο σχήμα επετεύχθη σε ελαφριάς υφής αστικό έδαφος, με χαμηλή συγκέντρωση Cu και Zn, και εφαρμογή ποτίσματος στο 60% της υδατοϊκανότητας με δόση άρδευσης ίση με το 40% αυτής. Επομένως, τα καλά στραγγιζόμενα εδάφη, με χαμηλή συγκέντρωση ιχνοστοιχείων, με μέτριας συχνότητας και σχετικά μικρές δόσεις άρδευσης, είναι ιδανικά για καλλιέργεια κρεμμυδιού σε αστικό περιβάλλον. Η έντονη αστικοποίηση, απαιτεί προσαρμογή στη νέα πραγματικότητα και υιοθέτηση βελτιστοποιημένων μεθόδων, προκειμένου να οδηγηθούμε στην καλύτερη ποιότητα και ποσότητα παραγόμενων προϊόντων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Wang X (2022) DOI: 10.3390/land11040484
2. Bak J. and Barjenbruch M. (2022,), DOI: 10.3390/w14071153
3. Zor M. and Kocaoba S. (2023), DOI: 10.1007/s42452-023-05369-w
4. Piri H. and Naserin A. (2020), DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109361
5. Barrales-Heredia S. M. et al. (2023), DOI: 10.3390/horticulturae9030344
6. Terán-Chaves C. A., et al (2023), DOI: 10.3390/horticulturae9060632
7. Al Khoury I., et al (2023), DOI: 10.1007/s11269-023-03464-6.

Μια νέα κλειστού τύπου εξίσωση για τον υπολογισμό του χρόνου έναρξης του πλημμυρίσματος της εδαφικής επιφάνειας κατά τη διήθηση με βροχόπτωση

Αργυροκαστρίτης Ι.

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Υδατικών Πόρων, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, e-mail: jarg@aua.gr

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται ο χρόνος έναρξης του πλημμυρίσματος της επιφάνειας του εδάφους, με βάση τη μεθοδολογία των Roulouvas et al. [1] και Αργυροκαστρίτης [2], χρησιμοποιώντας αφενός δεδομένα διήθησης που προέκυψαν με αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards [3] με την εφαρμογή οριακής συνθήκης σταθερού φορτίου και αφετέρου μια νέα εξίσωση διήθησης από την πρόσφατη βιβλιογραφία, που περιγράφει το φαινόμενο. Η εξίσωση διήθησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξίσωση των Roulouvas and Argyrokastritis [4]. Συγχρόνως προσδιορίζεται η σχέση μεταξύ της έντασης βροχής και του χρόνου έναρξης του πλημμυρίσματος της εδαφικής επιφάνειας, που προκύπτει από τη χρησιμοποιούμενη εξίσωση διήθησης και συγκρίνεται με την αντίστοιχη σχέση που προκύπτει από αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards [3] με εφαρμογή οριακής συνθήκης σταθερής ταχύτητας ροής στην επιφάνεια του εδάφους, για τρία εδάφη διαφόρου μηχανικής σύστασης, ενώ η ακρίβεια της εξίσωσης ελέγχεται και με στατιστικούς δείκτες. Η χρήση της προτεινόμενης εξίσωσης συμβάλλει στον έλεγχο του κινδύνου διάβρωσης των εδαφών, καθώς και στην αντιμετώπιση της άρδευσης με τεχνητή βροχή όταν χρησιμοποιείται ένταση βροχής μεγαλύτερη από την υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό.

Λέξεις-κλειδιά: Διήθηση, βροχόπτωση, απορροή, χρόνος έναρξης πλημμυρίσματος.

Εισαγωγή-Σκοπός: Η διάβρωση των εδαφών αποτελεί την κύρια αιτία υποβάθμισής τους, ιδιαίτερα στις επικλινείς περιοχές των χωρών της Μεσογείου. Η εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους, συνδέεται ισχυρά με την ικανότητα της βροχής να προκαλεί διάβρωση, η οποία εξαρτάται κυρίως από την ένταση και τη διάρκειά της. Έτσι, για ένα συγκεκριμένο εδαφικό τύπο, και για μια ένταση βροχής μεγαλύτερη από την υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό της ανώτερης εδαφικής στρώσης, ο χρόνος στον οποίο επέρχεται πλημμύρισμα και κορεσμός της επιφάνειας του εδάφους κατά τη διάρκεια μιας βροχής που έχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά, έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού συμπίπτει με το χρόνο στον οποίο ξεκινά η απορροή (χρόνος έναρξης της απορροής) σε μια επικλινή εδαφική επιφάνεια και κατά συνέπεια η επικινδυνότητα για διάβρωση.

Το φαινόμενο της διήθησης με βροχόπτωση έχει διερευνηθεί κυρίως με αριθμητικές μεθόδους, ενώ έχουν παρουσιαστεί και αναλυτικές και ημιαναλυτικές λύσεις. Ο χρόνος έναρξης της απορροής έχει προσδιοριστεί πειραματικά ([5]) τόσο σε συνθήκες εργαστηρίου όσο και σε συνθήκες αγρού, αλλά είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό καθώς και ιδιαίτερη εμπειρία. Πέραν αυτού, έχουν προταθεί και διάφορες μέθοδοι προσέγγισης του χρόνου έναρξης της απορροής, μεταξύ των οποίων είναι η προσέγγιση των Main and Larson [6] στην οποία στηρίχτηκαν και οι Roulouvas et al. [1] και Αργυροκαστρίτης [2]. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να προτείνει μια νέα κλειστού τύπου εξίσωση υπολογισμού του χρόνου έναρξης της απορροής, χρησιμοποιώντας αφενός δεδομένα διήθησης με σταθερό και μικρό φορτίο πίεσης, που είναι εύκολο να αποκτήσει κανείς και αφετέρου μια νέα εξίσωση διήθησης από την πρόσφατη βιβλιογραφία.

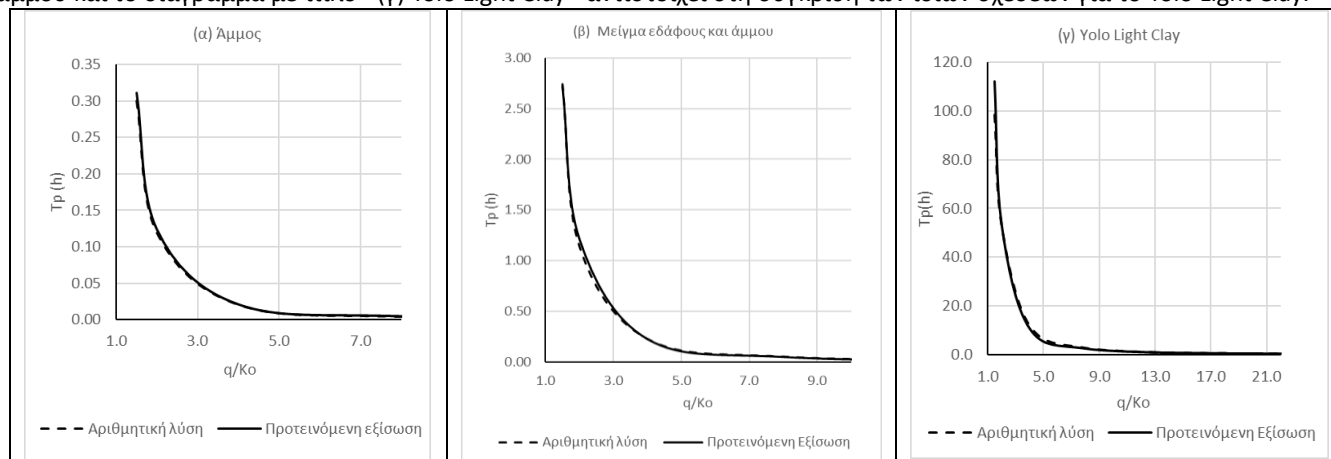
Υλικά και Μέθοδοι: Αρχικά αποκτήθηκαν δεδομένα αθροιστικής διήθησης – χρόνου $i(t)$ επιλύοντας αριθμητικά την εξίσωση του Richards [3] με οριακή συνθήκη σταθερού φορτίου πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους, για τρεις διαφορετικούς τύπους εδαφών και των οποίων ήταν γνωστές οι υδραυλικές τους ιδιότητες. Οι αριθμητικές λύσεις προέκυψαν με την εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών, η οποία χρησιμοποιεί ένα πεπλεγμένο σχήμα με ρητή γραμμικοποίηση όπως αυτό προτάθηκε από τους Haverkamp et al. [7] (σχήμα Laasonen). Από τις λύσεις αυτές προέκυψαν αριθμητικά και για κάθε εδαφικό τύπο που χρησιμοποιήθηκε, οι αντίστοιχες σχέσεις αθροιστικής διήθησης – χρόνου $i(t)$. Οι εδαφικοί τύποι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μια άμμος, ένα μείγμα εδάφους και άμμου και ένα βαρύ έδαφος γνωστό στη βιβλιογραφία ως Yolo Light Clay, που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν από πολλούς ερευνητές σε εργασίες σχετικές με το φαινόμενο της διήθησης στα πορώδη μέσα έλεγχο Κατόπιν ακολούθησε και πάλι αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards [3], εφαρμόζοντας μεν το ίδιο σχήμα, αλλά με οριακή συνθήκη σταθερής ταχύτητας ροής q στην επιφάνεια του εδάφους μεγαλύτερης από την υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό K_0 και υπολογίστηκε αριθμητικά ο αντίστοιχος χρόνος έναρξης της απορροής T_p για διάφορες τιμές της q . Οι τιμές της q για τις οποίες προσδιορίστηκε το T_p ήταν $1,5 K_0$, $2 K_0$, $4 K_0$, $8 K_0$, $16 K_0$ και $30 K_0$. Ακολούθως, με χρήση της εξίσωσης διήθησης των Roulouvas and Argyrokastritis [4] για μηδενικό φορτίο στην επιφάνεια του εδάφους για μικρούς και μέτριους χρόνους διήθησης (βλ. εξίσωση (1)) καθώς και της εφαρμογής της μεθοδολογίας των Roulouvas et al [1] και Αργυροκαστρίτης [2], προέκυψε η παρακάτω, κλειστού τύπου, εξίσωση (2) μέσω της οποίας προσδιορίστηκαν οι αντίστοιχοι χρόνοι πλημμυρίσματος της επιφάνειας του εδάφους T_p για όλες τις τιμές της q και για όλους τους εδαφικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν.

$$i = St^{1/2} + (K_0 - k)t \quad (1) \quad T_p = \frac{S^2(2q - K_0 + k)}{4q(q - K_0 + k)^2} \quad (2)$$

Στις εξισώσεις (1) και (2), i = η αθροιστική διήθηση [L], t = ο χρόνος [T], S = η απορροφητικότητα του πορώδους μέσου [$LT^{-1/2}$], K_0 = η υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό [LT^{-1}] και k = μία παράμετρος της εξίσωσης (1) [LT^{-1}]

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στο ακόλουθο σχήμα 1 παρουσιάζονται σε τρία διαγράμματα αντίστοιχα, οι σχέσεις $T_p = f(q/K_0)$ που προέκυψαν με εφαρμογή της εξίσωσης (2) (συνεχής γραμμή) και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες σχέσεις που προέκυψαν με αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards [3] (διακεκομμένη γραμμή) και για τους τρεις εδαφικούς τύπους που

χρησιμοποιήθηκαν. Το διάγραμμα με τίτλο «(α) Άμμος», αντιστοιχεί στη σύγκριση των εν λόγω σχέσεων για την άμμο. Το διάγραμμα με τίτλο «(β) Μείγμα εδάφους και άμμου», αντιστοιχεί στη σύγκριση των ιδίων σχέσεων για το μείγμα εδάφους και άμμου και το διάγραμμα με τίτλο «(γ) Yolo Light Clay» αντιστοιχεί στη σύγκριση των ιδίων σχέσεων για το Yolo Light Clay.



Σχήμα 1. Σύγκριση μεταξύ των σχέσεων $T_p = f(q/K_o)$ που προέκυψαν με εφαρμογή της εξίσωσης (2) (συνεχής γραμμή) και των αντιστοίχων σχέσεων που προέκυψαν με αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards [3] (διακεκομμένη γραμμή) και για τους τρεις εδαφικούς τύπους που χρησιμοποιήθηκαν.

Όπως φαίνεται και από το ανωτέρω σχήμα, υπάρχει απόλυτη σύμπτωση μεταξύ των τιμών του T_p που προέκυψαν με αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Richards και των αντιστοίχων τιμών του T_p που υπολογίστηκαν με την εφαρμογή της προτεινόμενης εξίσωσης (2) και για τους τρεις εδαφικούς τύπους, πράγμα που σημαίνει ότι η προτεινόμενη εξίσωση δύναται να υπολογίζει με ακρίβεια τον χρόνο πλημμυρίσματος της εδαφικής επιφάνειας κατά τη διήθηση με βροχόπτωση έντασης μεγαλύτερης από την K_o . Επιπλέον, η προτεινόμενη εξίσωση (2) ελέγχθηκε για την ακρίβεια με την οποία υπολογίζει το χρόνο πλημμυρίσματος της επιφάνειας του εδάφους κατά τη διήθηση με βροχόπτωση, τόσο με τον υπολογισμό του στατιστικού δείκτη Index of Agreement (d), όσο και με το συντελεστή προσδιορισμού R^2 κατά τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αριθμητικά υπολογισμένων τιμών του T_p και των αντιστοίχων τιμών που υπολογίζονται με εφαρμογή της εξίσωσης (2). Και στα τρία εδάφη που εξετάστηκαν τόσο οι τιμές του (d), όσο και οι τιμές του R^2 ήταν μεταξύ 0,99 και 1,0.

Συμπεράσματα: Η προτεινόμενη κλειστού τύπου εξίσωση (2) είναι απλή και εύχρηστη και υπολογίζει με μεγάλη ακρίβεια το χρόνο πλημμυρίσματος της εδαφικής επιφάνειας κατά τη διήθηση με βροχόπτωση έντασης μεγαλύτερης από την K_o , για όλους τους τύπους εδαφών. Η γνώση του χρόνου αυτού, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο τόσο για τον έλεγχο της διάβρωσης, γιατί είναι ο χρόνος κατά τον οποίο ξεκινάει η επιφανειακή απορροή όταν το έδαφος είναι κεκλιμένο και κατά συνέπεια και η υδατική διάβρωση, όσο και για την αντιμετώπιση της άρδευσης με τεχνητή βροχή με ένταση βροχής μεγαλύτερη από την K_o . Τα μόνα δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή της συγκεκριμένης εξίσωσης, είναι η ένταση της βροχής q και δεδομένα αθροιστικής διήθησης – χρόνου, που είναι δυνατό να αποκτηθούν με πείραμα στον αγρό με τη μέθοδο των ομόκεντρων κυλίνδρων, ή από κάποια υπάρχουσα εδαφολογική μελέτη της περιοχής.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Poullovassilis, A., P. Kerkides, S. Elmaloglou, and I. Argyrokastritis, (1991). An investigation of the relationship between ponded and constant flux rainfall infiltration. *Water Resour. Res.* 27, 1403-1409 DOI: 10.1029/91WR00160
2. Αργυροκαστρίτης Ι. (1996). *Κατακόρυφη διήθηση κάτω από συνθήκες σταθερής βροχόπτωσης*. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Αθήνα. 86 σ.
3. Richards L. A., (1931) Capillary conduction of liquids through porous media. *Physics* 1: 318-333.
4. Poullovassilis, A. and I. Argyrokastritis, (2020). A new approach for studying vertical infiltration. *Soil Res.*, 58(5), 509 – 518. DOI:10.1071/SR19266
5. Rubin, J., and R. Steinhardt, (1964). Soil water relations during rain infiltration, III, Water uptake at incipient ponding, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28, 614-619 DOI:10.2136/sssaj1964.03615995002800050013x
6. Mein, R. G., and C. L. Larson, (1973). Modeling infiltration during a steady rain, *Water Resour. Res.*, 9, 384-394. DOI:10.1029/WR009i002p00384
7. Haverkamp R., M. Vauclin, J. Touma, P. S. Wierenga, and G. Vachaud, (1977). A comparison of numerical simulation models for one-dimensional infiltration, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41: 285-294. DOI: 10.2136/sssaj1977.03615995004100020024x

Επίδραση των μονοσθενών ιόντων καλίου και νατρίου στην υδραυλική αγωγιμότητα εδάφους

Γουρδομιχάλη Π.Σ., Ψυχογιού Μ., Σγουμποπούλου Α., Ρίζος Σ.

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής e-mail: lhyd4psm@aau.gr

Περίληψη: Η εργασία αφορά στη διερεύνηση της επίδρασης των ιόντων καλίου (K^+) και νατρίου (Na^+) του νερού άρδευσης στην υδραυλική αγωγιμότητα των εδαφών. Οι μετρήσεις της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους στον κορεσμό K_s έγιναν σε εργαστηριακά πακεταρισμένα δείγματα, με τη μέθοδο σταθερού φορτίου πίεσης. Στα δείγματα εδάφους, μετά την επίτευξη ισορροπίας, με την εφαρμογή διαλυμάτων $NaCl/CaCl_2$ και $KCl/CaCl_2$, με διαφορετικά επίπεδα SAR/PAR 28, 15 και 8 με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, εφαρμόστηκε έκπλυση με απεσταγμένο νερό, για την προσομοίωση της επίδρασης του νερού βροχής στην K_s του εδάφους. Η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, η ηλεκτρική αγωγιμότητα EC, οι συγκεντρώσεις K^+ , Na^+ και Ca^{2+} και το SAR/PAR του νερού εκροής μετρήθηκαν κατά την διάρκεια της έκπλυσης. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι σε όλα τα επίπεδα SAR/PAR προκαλείται μείωση της K_s του εδάφους κατά τα τελικά στάδια της έκπλυσης, η οποία αυξάνει με την αύξηση του επιπέδου αλκαλίωσης. Στο επίπεδο SAR/PAR=28 το K^+ προκαλεί μικρότερη μείωση της K_s του εδάφους σε σχέση με το Na^+ , ενώ στα άλλα δύο επίπεδα αλκαλίωσης, η επίδραση των δύο ιόντων στην K_s , κατά τα τελικά στάδια της έκπλυσης, κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα. Μελετήθηκε επίσης η επίδραση των δύο ιόντων K^+ , Na^+ στην K_s του εδάφους στο υψηλό επίπεδο αλκαλίωσης με την διαδοχική εφαρμογή στις εδαφικές στήλες διαλυμάτων σταθερού SAR/PAR =28 και διαφορετικής συγκέντρωσης αλάτων.

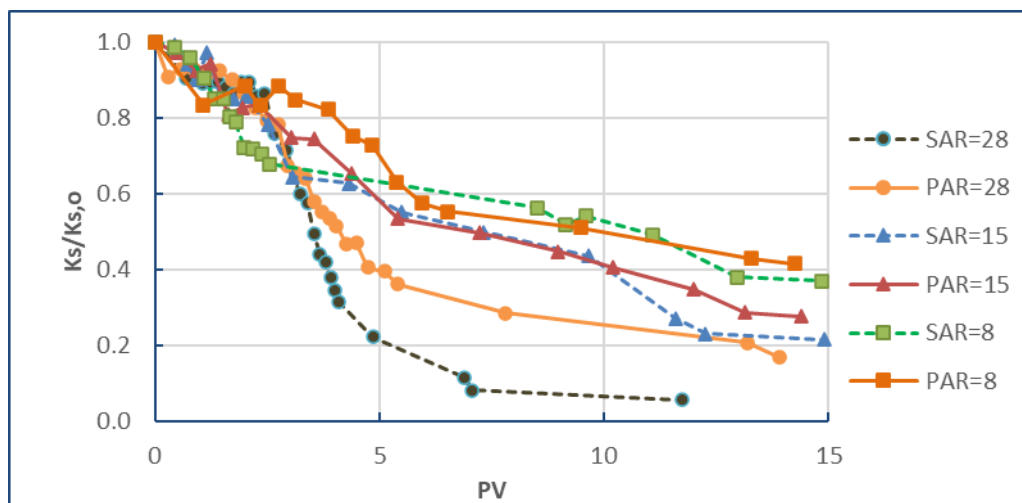
Λέξεις κλειδιά: υδραυλική αγωγιμότητα εδάφους, κάλιο, νάτριο

Εισαγωγή-Σκοπός: Η χρήση οριακής ποιότητας νερού γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη στη γεωργική παραγωγή λόγω των απαιτήσεων σε πόρους γλυκού νερού. Η αρνητική επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης του Na^+ σε σχέση με τα δισθενή κατιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους K_s στον κορεσμό, έχει μελετηθεί και έχει τεκμηριωθεί λόγω της διόγκωσης ή της διασποράς που προκαλεί στο αργιλικό κλάσμα του εδάφους. Αντίθετα, για την επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης του μονοσθενούς, επίσης, ιόντος καλίου σε σχέση με τα δισθενή ιόντα στην K_s υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις ([1], [2], [3], [4]). Οι αναλογίες των κατιόντων Na^+ και K^+ σε σχέση με τα δισθενή ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} καθορίζουν αντίστοιχα το λόγο προσρόφησης νατρίου SAR και το λόγο προσρόφησης καλίου PAR του νερού άρδευσης. Κατά την αρδευτική περίοδο η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων μπορεί να αποτρέψει την υποβάθμιση της δομής του εδάφους και την μείωση της K_s . Όμως, κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων ή όταν το νερό άρδευσης έχει μικρή συγκέντρωση σε άλατα η ευαισθησία στη διασπορά του αργιλικού κλάσματος είναι μεγάλη. Με την παρούσα μελέτη διερευνάται η επίδραση του Na^+ και K^+ στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους κατά την έκπλυση τους στην περίοδο των βροχοπτώσεων. Επίσης εξετάζεται η επίδραση των δύο ιόντων στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους σε διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης αλάτων σε συνθήκες αλκαλίωσης.

Υλικά και Μέθοδοι: Στο εδαφικό δείγμα προσδιορίστηκαν, η μηχανική σύσταση με τη μέθοδο Βουγιούκου, η οργανική ουσία με τη μέθοδο Walkley-Black, το $CaCO_3$ με τη μέθοδο Bernard. Οι μετρήσεις της υδραυλικής αγωγιμότητας στον κορεσμό K_s , έγιναν με την μέθοδο σταθερού φορτίου, σε διαταραγμένα δείγματα εδάφους εργαστηριακά πακεταρισμένα. Μετά το πακετάρισμα του εδάφους σε κυλίνδρους, διατομής 24,62 cm², ύψους εδάφους 5 cm περίπου και φαινομενικής πυκνότητας ρ_p 1,3-1,4 g cm⁻³, έγινε κορεσμός των δειγμάτων σε δοχεία με τα αντίστοιχα διαλύματα με προσδευτική άνοδο της στάθμης για 3 εικοσιτετράωρα. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε σε κάθε εδαφική στήλη το αντίστοιχο διάλυμα με σταθερό φορτίο, περίπου 2 cm, μέχρι την επίτευξη ισορροπίας, η οποία ελέγχεται με τον προσδιορισμό στο νερό εκροής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC και της συγκέντρωσης των ιόντων Na^+ , K^+ και Ca^{2+} . Εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα SAR/PAR 28, 15 και 8, με συγκέντρωση αλάτων $C=367$ meq L⁻¹ με τη χρήση $NaCl/CaCl_2$ και $KCl/CaCl_2$. Μετά την επίτευξη ισορροπίας προσδιορίστηκαν οι τιμές της K_s του εδάφους και χρησιμοποιήθηκαν ως τιμή αναφοράς ($K_{s,0}$) για κάθε δείγμα. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε απιονισμένο νερό ($EC=0,03$ dS m⁻¹) και προσδιορίζονταν ο όγκος, η EC και η συγκέντρωση Na^+ , K^+ και Ca^{2+} του νερού εκροής και η K_s του εδάφους, κατά την διάρκεια της έκπλυσης. Ο αθροιστικός όγκος της εκροής εκφράζεται ως αριθμός του όγκου των πόρων στην εδαφική στήλη(PV). Σε κάθε δείγμα έγιναν δύο επαναλήψεις. Επίσης εφαρμόστηκαν στις εδαφικές στήλες διαλύματα με σταθερό SAR/PAR=28 και συγκεντρώσεις αλάτων 367, 171, 87, 31 και 10 meq L⁻¹. Αρχικά στα δείγματα εφαρμόστηκε η μεταχείριση με την υψηλή αλατότητα και προσδιορίστηκε η $K_{s,0}$ μετά την επίτευξη ισορροπίας. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν διαδοχικά τα διαλύματα με τις χαμηλότερες αλατότητες, με την χρήση διαφορετικής εδαφικής στήλης σε κάθε αλληλουχία επιπέδων αλατότητας και προσδιορίστηκε η K_s μετά την επίτευξη ισορροπίας σε κάθε επίπεδο αλατότητας.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το έδαφος είναι SCL (άμμος 42%, ιλύς 32% και άργιλος (26%) με περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και $CaCO_3$ 1,9% και 28% αντίστοιχα. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η σχετική υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους $K_s/K_{s,0}$ σε σχέση με το PV κατά την έκπλυση με απεσταγμένο νερό, στις εδαφικές στήλες, στα επίπεδα SAR/PAR 28, 15 και 8. Από το Σχήμα προκύπτει ότι στο υψηλό επίπεδο SAR/PAR=28, στα πρώτα στάδια της έκπλυσης η επίδραση του Na^+ και του K^+ στη μείωση της K_s του εδάφους είναι παρόμοια, ενώ για μεγάλους όγκους έκπλυσης το Na^+ έχει δυσμενέστερη επίδραση σε σχέση με το K^+ . Η μείωση της K_s με την παρουσία Na^+ είναι 70% για PV περίπου 4,0, ενώ με την παρουσία K^+ η ίδια μείωση προκύπτει στα 7,5 PV. Στο επίπεδο SAR/PAR=15 η επίδραση του Na^+ και του K^+ στην μείωση της K_s είναι παρόμοια. Στο επίπεδο SAR/PAR=8

παρατηρείται μία σημαντική μείωση της K_s με την παρουσία Na^+ σε σχέση με το K^+ στα πρώτα στάδια της έκπλυσης, ενώ σε μεγαλύτερα PV η επίδραση των δύο ιόντων δείχνει να είναι παρόμοια. Η μείωση της K_s βαίνει μειούμενη με την μείωση της αλκαλικότητας. Οι σημαντικές μεταβολές της K_s παρατηρούνται μετά τα 2,5 PV, όπου το 80% περίπου των αλάτων έχει απομακρυνθεί, ενώ ο ρυθμός μείωσης των SAR/PAR είναι βραδύτερος και η συγκέντρωση των αλάτων μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερη από τα απαιτούμενα επίπεδα αλατότητας δημιουργώντας συνθήκες διασποράς. Μετά τα 12 PV περίπου οι μεταβολές της K_s είναι μικρές σε όλα τα επίπεδα SAR/PAR.



Σχήμα 1: Σχετική υδραυλική αγωγιμότητα εδάφους για διάφορα επίπεδα SAR/PAR κατά την έκπλυση με απεσταγμένο νερό.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται οι μέσοι όροι της $K_s/K_{s,0}$ στο υψηλό επίπεδο αλκαλίωσης SAR/PAR =28 με την εφαρμογή διαδοχικά μειούμενων συγκεντρώσεων αλάτων, μετά την επίτευξη ισορροπίας σε κάθε στάδιο, διατηρώντας σταθερή την τιμή SAR/PAR

Πίνακας 1: Σχετική υδραυλική αγωγιμότητα για διαλύματα με SAR ή PAR =28 και διαφορετικές συγκεντρώσεις αλάτων.

C (meq L ⁻¹)	SAR=28				PAR=28			
	PV	se	$K_s/K_{s,0}$	se	PV	se	$K_s/K_{s,0}$	se
367	14.34	1.19	1.00		16.12	0.30	1.00	
171	18.03	2.81	0.77	0.066	20.13	2.02	0.98	0.038
87	19.84	2.35	0.39	0.005	22.44	0.53	0.74	0.054
31	21.48	0.87	0.18	0.008	23.89	1.78	0.32	0.067
10	15.68	0.72	0.07	0.010	16.61	0.05	0.14	0.035

Όπως προκύπτει σε υψηλό επίπεδο αλκαλίωσης προκύπτει διαφοροποίηση στην επίδραση των δύο ιόντων στην μείωση της K_s με το K^+ να ασκεί ευνοϊκότερη επίδραση σε σχέση με το Na^+ . Οι τιμές της σχετικής υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους και με τα δύο ιόντα μειώνονται σημαντικά (περίπου 90% μείωση) όταν εφαρμόζεται νερό με SAR/PAR 28 και συγκέντρωση αλάτων 10 meq L⁻¹. Η κατάσταση ισορροπίας σε κάθε επίπεδο επιτυγχάνεται με την εφαρμογή περίπου 20 PV των διαλυμάτων.

Συμπεράσματα: Η αυξημένη παρουσία Na^+ στο νερό άρδευσης σε σχέση με τα δισθενή ιόντα Ca^{2+} , κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων, δημιουργεί διασπορά του εδάφους και μείωση της K_s του εδάφους, που είναι μεγαλύτερη όσο οι τιμές του SAR είναι υψηλότερες. Η παρουσία του K^+ εμφανίζει παρόμοια επίδραση με το Na^+ στα επίπεδα αλκαλίωσης SAR/PAR 15 και 8, ενώ στο υψηλό επίπεδο αλκαλίωσης SAR/PAR 28 προκαλεί μικρότερη μείωση της K_s , ειδικά στα μεταγενέστερα στάδια της έκπλυσης.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Chen et al. (1983), Geoderma, 30, 135–147.
2. Arienzo et al. (2012), Geoderma, 173,303–310.
3. Jayawardane et al. (2011), Soil Research, 49, 56–64
4. Buelow et al. (2015), Agr Water Manage 152, 277–285.

Εφαρμογή της τεχνολογίας των νανοφουσαλίδων (Nano bubble-NB) στην διαχείριση του νερού άρδευσης σε παραγωγή φυλλωδών λαχανικών σε θερμοκήπιο

Ζουκίδης Κ.*¹, Γκέρτσης Α.¹, Χατζιαθανασίου Μ.Θ.¹, Αποστολίδης Α.¹, Φάββας Ε.², Βαρούτογλου Α.³

¹B.Sc. Αειφορική Γεωργία και Διαχείριση, Perrotis College/American Farm School, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

²Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», Αττικής, Ελλάδα

³Εργαστήριο Ήφαιστος, Τμήμα Χημείας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, Καβάλα, Ελλάδα

* e-mail: kzouki@afs.edu.gr

Περίληψη: Οι τεχνολογικές εξελίξεις οδήγησαν στην ανάπτυξη των νανοφουσαλίδων (NB-Nanobubbles). Οι NB είναι μικροσκοπικές φυσαλίδες (< 200 nm) και έχουν χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν από τις μακρο-και μικροφυσαλίδες. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η στασιμότητα στην υγρή φάση και η αυξημένη διαλυτότητα αερίων σε υγρά. Εξαιτίας αυτών των ιδιαίτερων ποιοτικών χαρακτηριστικών, υπήρξε μεγάλη ερευνητική ανάπτυξη και έχει αναδειχθεί πολλές υποσχόμενες εφαρμογές. Η παρούσα μελέτη διεξήχθη με μια έκδοση ενός συστήματος παραγωγής NB για να αξιολογήσει την επίδραση των NB σε αγρονομικά χαρακτηριστικά και απόδοση δυο ποικιλιών μαρουλιού (*Lactuca sativa var. acephala* and *Lactuca sativa var. longifolia*) σε καλλιέργεια με γλάστρες στο θερμοκήπιο. Η καινοτομική τεχνολογία επαυξήθηκε με την χρήση εμπλουτισμού του νερού άρδευσης με NB. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φρέσκο βάρος των φυτών αυξήθηκε με τον εμπλουτισμό με NB. Γενικά, το σύστημα (NB) απέδωσε πολύ ικανοποιητικά και αντιπροσωπεύει ένα πολύτιμο εργαλείο για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων μειωμένο κόστος στην καλλιέργεια μαρουλιού. Αναμένεται να αξιολογηθεί και για άλλα φυτικά είδη και υδροπονικά συστήματα και μέσα ανάπτυξης φυτών.

Λέξεις κλειδιά: Νανοφουσαλίδες (NB), μαρούλι, καινοτόμες τεχνολογίες, θερμοκήπια

Εισαγωγή-Σκοπός: Η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην ανάπτυξη συσκευών που παράγουν νανοφουσαλίδες (NB). Σημαντικό είναι να επισημάνουμε ότι είναι μικροσκοπικές φυσαλίδες μεγέθους <200 nm, έχουν πολλά χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν από τις συνηθισμένες μακρο- και μικρο-φυσαλίδες [1]. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι η στασιμότητα στην υγρή φάση, η αυξημένη διαλυτότητα του αέρα/οξυγόνου στα υγρά διαλύματα. Λόγω αυτών των ιδιαίτερων ιδιοτήτων, η έρευνα στον τομέα έχει μεγάλη ανάπτυξη και έχει δείξει πολλές υποσχόμενες εφαρμογές [2, 3, και 4]. Σήμερα, οι αγρότες χρησιμοποιούν τη γεωργία ακριβείας για βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση των καλλιεργειών τους. Έτσι, με τη χρήση της τεχνολογίας θα μειωθούν αρκετά προβλήματα που αντιμετωπίζουν. Η τεχνολογία των νανοφουσαλίδων θεωρείται ως η πέμπτη επαναστατική τεχνολογία του 21^{ου} αιώνα.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογήσει την επίδραση των νανοφουσαλίδων στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση δύο ποικιλιών μαρουλιού (*Lactuca sativa var. acephala* and *Lactuca sativa var. longifolia*). Η καινοτόμος τεχνολογία (Εικ. 1) που χρησιμοποιείται είναι ο εμπλουτισμός του αρδευτικού νερού με νανοφουσαλίδες (NB).

Υλικά και Μέθοδοι: Εγκαταστάθηκε ένα πείραμα καλλιέργειας των μαρουλιών σε γλάστρες στο γυάλινο θερμοκήπιο του Perrotis College της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής και πραγματοποιήθηκε σε δύο κύκλους. Στην παρούσα μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε γλάστρες, είχαμε δύο διαφορετικά εδαφικά υποστρώματα (αργιλοπηλώδες και αμμώδες έδαφος). Λόγω του περιορισμένου χώρου του κειμένου, θα παρουσιαστούν μόνο αποτελέσματα από την συγκεκριμένη μελέτη και όχι από την δεύτερη που πραγματοποιήθηκε σε υδροπονικό σύστημα με εύκαμπτους σάκους ανάπτυξης με υπόστρωμα από κοκοφοίνικα με ελαφρόπετρα.

Στο πειραματικό χρησιμοποιήθηκαν 14 γλάστρες των 15 λίτρων σε κάθε ομάδα και σε 7 γλάστρες μεταφυτεύθηκαν μαρούλια της ποικιλίας «Κως» και σε άλλες 7 γλάστρες μεταφυτεύθηκαν τα μαρούλια της ποικιλίας «κατσαρό κεφαλωτό» - «σουρό» σαλάτας, και το πότισμα γινόταν ταυτόχρονα και με την ίδια ποσότητα νερού (Εικ. 2)

Μετρήθηκαν αγρονομικά χαρακτηριστικά και βάρος των φυτών. Τμήμα των μετρήσεων παρουσιάζεται στην εργασία αυτή. Η σύγκριση των μέσων όρων των μεταχειρίσεων έγινε με την μέθοδο Student's t test και το στατιστικό λογισμικό JMP v 17 (www.jmp.com).



Εικόνα 1. Καινοτόμος τεχνολογία που χρησιμοποιείται τον εμπλουτισμό του νερού άρδευσης με νανοφουσαλίδες (NB)



Εικόνα 2. Πείραμα σε γλάστρες με δυο ποικιλίες μαρουλιών (*Lactuca sativa* var. *acephala* and *Lactuca sativa* var. *longifolia*) σε καλλιέργεια σε γλάστρες, σε θερμοκήπιο, σε δύο διαφορετικά εδαφικά υποστρώματα (αργιλοπηλώδες και αμμώδες έδαφος) με εμπλουτισμό του νερού άρδευσης με νανοφουσαλίδες (NB) και νερό άρδευσης.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στον πρώτο κύκλο του πειράματος στις γλάστρες, στο αργιλοπηλώδες έδαφος, τα μαρούλια της ποικιλίας «κατσαρό κεφαλωτό» που αρδεύονταν με νερό εμπλουτισμένο με NB παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση στο βάρος (36%) και στο μήκος (13%) σε σχέση με τα άλλα που αρδεύονταν με νερό. Παρόμοια στατιστικά σημαντική αύξηση, 27% στο βάρος και 26% στο μήκος, παρατηρήσαμε και στα μαρούλια της ποικιλίας «Κως» που αρδεύονταν με νερό εμπλουτισμένο με NB. Στο αμμώδες έδαφος, το ποσοστό της αύξησης στην ποικιλία «Κως» ήταν 4% στο βάρος και 9% στο μήκος και στην ποικιλία «κατσαρό κεφαλωτό» ήταν 52 % στο βάρος και 8% στο μήκος. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα αμμώδη εδάφη είναι άγονα, δεν παρέχουν θρεπτικά συστατικά και ξηραίνονται γρηγορότερα. Αντίθετα, στα αργιλώδη εδάφη όταν η εδαφική υγρασία χάνεται εύκολα, ξηραίνονται και παρουσιάζονται ρωγμές στην επιφάνεια τους [5].

Στον δεύτερο κύκλο του πειράματος, το μέγιστο ύψος των μαρουλιών της ποικιλίας «κατσαρό κεφαλωτό» παρουσίασε αύξηση της τάξης 20% στο αμμώδες έδαφος, που αρδεύτηκαν με νερό εμπλουτισμένο με NB συγκριτικά με τα μαρούλια που αρδεύτηκαν με νερό, ενώ στο αργιλοπηλώδες έδαφος αυξήθηκε στο 5%. Αναφορικά με το βάρος των μαρουλιών, η διαφορά μεταξύ αυτών που αρδεύτηκαν με νερό και αυτών με νερό εμπλουτισμένο με NB, στην ποικιλία «Κως», αυξήθηκε κατά 8% και στην ποικιλία «κατσαρό κεφαλωτό» αυξήθηκε κατά 3%. Από την άλλη πλευρά, στο αμμώδες έδαφος η διαφορά βάρους μεταξύ των φυτών του μαρουλιού της ποικιλίας «κατσαρό κεφαλωτό» που αρδεύτηκαν με νερό εμπλουτισμένο με NB σε σχέση με τα μαρούλια που αρδεύτηκαν ήταν 5%, και στα φυτά ποικιλίας «Κως» ήταν 7%.

Τα αποτελέσματα και από τους δύο κύκλους, έδειξαν ότι τα αργιλοπηλώδη εδάφη που αρδεύονταν με νερό εμπλουτισμένο με NB, είχαν σημαντική αύξηση στην απόδοση από 3% έως 36% (στην ποικιλία «κατσαρό κεφαλωτό») και από 8% σε 27% (στην ποικιλία «Κως») σε σύγκριση με αργιλοπηλώδη εδάφη που αρδεύονταν με νερό, ενώ στο αμμώδη εδάφη η αύξηση της απόδοσης ήταν από 4% έως 5% (στην ποικιλία «Κως») και από 7% έως 52% (στην ποικιλία «κατσαρό κεφαλωτό») αντίστοιχα (Πίν. 1). Μια μελέτη που εξέταζε τη διαφορά μεταξύ μακρο και μικρο-φουσαλίδων στην υδροπονία DFT, έδειξε ότι οι μικρο-φουσαλίδες αύξησαν κατά 2,1 φορές το βάρος του νωπού βάρους στα φύλλα και κατά 1,7 φορές το βάρος του ξηρού βάρους στα φύλλα από τις μακροφουσαλίδες [6].

Πίνακας 1. Μέσος όρος του βάρους και του μήκους των μαρουλιού και από τους δύο κύκλους του πειραματικού σε γλάστρες

Μεταχείριση (έδαφος)	M.O. βάρους φυτού (g)	M.O. μήκος φυτού (cm)
Αργιλοπηλώδες	208.5 A	20.78 A
Αμμώδες	111.4 B	13.05 B

(Σημείωση: Μεταχειρίσεις που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι στατιστικά σημαντικές)

Συμπεράσματα: Γενικά, η καινοτόμα τεχνολογία εμπλουτισμού του νερού άρδευσης με νανοφουσαλίδες (NB) απέδωσε πολύ ικανοποιητικά και αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων στην καλλιέργεια μαρουλιού και για πρωιμότητα στην συγκομιδή. Αναμένεται να αξιολογηθεί και για άλλα φυτικά είδη, σε μεγαλύτερη κατηγορία εδαφών και σε άλλα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας φυτών σε θερμοκήπια.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Michailidi, E. et al. (2020). DOI: 10.1016/j.jcis.2019.12.093
2. Chen, H. and Yada, R., (2011). DOI: 10.1016/j.tifs.2011.09.004
3. Foudas, A. et al. (2023). DOI: 10.1016/j.cherd.2022.11.013
4. Kosuke, E., et al. (2013) DOI: 10.1371/journal.pone.0065339
5. Jones Jr, J.B., (2012). Plant nutrition and soil fertility manual (2nd Ed.). CRC press.
6. Park, J.S. & Kurata, K., (2009). DOI: 10.21273/HORTSCI.19.1.212

Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης της υστέρησης του εδαφικού νερού

Κάργας Γ.

Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα, e-mail:kargas@aua.gr

Περίληψη: Στην εργασία εξετάζεται η δυνατότητα πρόβλεψης των διερευνητικών καμπύλων $\theta(H)$, όπου θ η περιεκτικότητα σε υγρασία και H το φορτίο πίεσης του εδαφικού νερού, διαβροχής και στράγγισης κάθε τάξης από τα πειραματικά δεδομένα των δύο οριακών καμπύλων ενός αναπαραγωγίμου βρόχου υστέρησης. Σε ένα αναπαραγωγίμο βρόγχο υστέρησης η κλίση $d\theta/dH$ μιας διερευνητικής καμπύλης π.χ διαβροχής η οποία ξεκινά από κάποιο σημείο της οριακής καμπύλης στράγγισης παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή της κλίσης σε οποιοδήποτε φορτίο πίεσης συγκριτικά με τις διερευνητικές καμπύλες διαβροχής οι οποίες ξεκινούν από μικρότερα φορτία πίεσης πάνω στην οριακή καμπύλη στράγγισης. Αντίστοιχα το ίδιο συμβαίνει και για τις διερευνητικές καμπύλες στράγγισης οι οποίες ξεκινούν από τον οριακό κλάδο διαβροχής αλλά σε μικρότερα φορτία πίεσης. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι κάθε διερευνητική καμπύλη διαβροχής η οποία ξεκινά από την οριακή καμπύλη στράγγισης «εμπεριέχει» όλες τις διερευνητικές καμπύλες διαβροχής που ξεκινούν από μικρότερα φορτία πίεσης πάνω στην οριακή καμπύλη στράγγισης. Με την αξιοποίηση αυτού του βασικού χαρακτηριστικού μπορούμε να υποθέσουμε ότι σε ένα εύρος του φορτίου πίεσης κατά μήκος μιας π.χ διερευνητικής καμπύλης διαβροχής εισέρχεται νερό ανάλογα με το νερό που εισέρχεται κατά μήκος της οριακής καμπύλης διαβροχής. Από την εφαρμογή αυτής της υπόθεσης σ' ένα δείγμα άμμου προέκυψε ότι οι διερευνητικές καμπύλες προβλέπονται με μεγάλη ακρίβεια για τα πορώδη μέσα στα οποία το εύρος του φορτίου πίεσης των δύο οριακών κλάδων είναι περίπου ίδιο.

Λέξεις κλειδιά: Υγρασία εδάφους, πίεση, υστέρηση

Εισαγωγή-Σκοπός: Μετά την διακοπή της άρδευσης το διηθούμενο νερό ανακατανέμεται μέσα στο έδαφος. Έτσι κατά την διάρκεια της ανακατανομής στην περιοχή από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι ένα ορισμένο βάθος η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται με τον χρόνο ενώ ταυτόχρονα κάτω από το βάθος αυτό παρατηρείται διαβροχή. Παρόλο ότι η ανακατανομή του εδαφικού νερού διαμορφώνει την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους στην περιοχή του ριζοστρώματος, το φαινόμενο της ανακατανομής έχει μελετηθεί σχετικά περιορισμένα συγκριτικά με την διήθηση (Philip, 1991). Ο βασικός λόγος για αυτό είναι η εμπλοκή της υστέρησης των υδραυλικών ιδιοτήτων των εδαφών στην διαδικασία της ανακατανομής που δυσκολεύει την μελέτη του φαινομένου. Λόγω δυσκολίας προσδιορισμού των υστερητικών διαδρομών έχουν προταθεί θεωρητικά και φυσικά μοντέλα για την πρόβλεψη τους από τα πειραματικά δεδομένα των δύο οριακών κλάδων (Roulouassilis (1962), Philip (1964), Mualem (1973,1974), Roulouassilis and Kargas (2000)). Σκοπός της εργασίας είναι να διερευνήσει ένα απλό εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης των διερευνητικών καμπύλων αξιοποιώντας τα δεδομένα των δύο οριακών κλάδων του βρόχου υστέρησης.

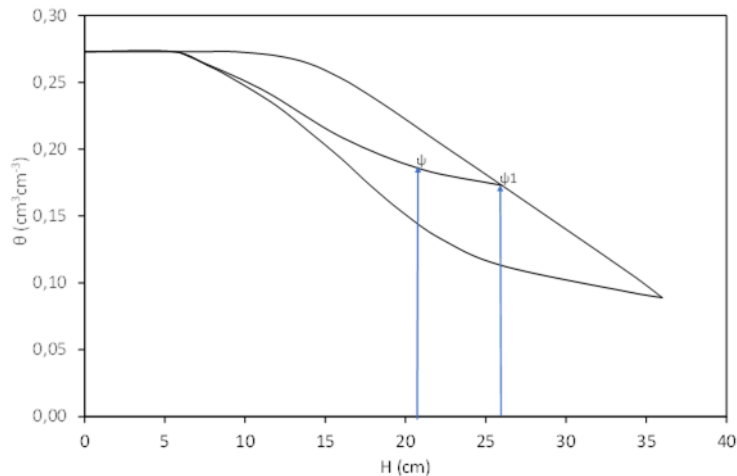
Υλικά και Μέθοδοι: Για την αξιολόγηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα πειραματικά δεδομένα των διερευνητικών καμπύλων και των οριακών κλάδων από ένα δείγμα άμμου (Roulouassilis, A. (1970)). Για τον υπολογισμό των διερευνητικών καμπύλων διαβροχής ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία. Εστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την υγρασία σε μια διερευνητική καμπύλη διαβροχής στο φορτίο πίεσης ψ , η οποία ξεκινά από ένα φορτίο πίεσης ψ_1 στον οριακό κλάδο στράγγισης. Το φορτίο πίεσης ψ θα έχει μικρότερη τιμή από το φορτίο πίεσης ψ_1 . Η περιεκτικότητα σε υγρασία (θ) στην διερευνητική καμπύλη στην τιμή ψ θα είναι μεγαλύτερη από την θ_d της οριακής καμπύλης στράγγισης στην τιμή ψ_1 αλλά και από την θ_w της οριακής καμπύλης διαβροχής στην τιμή ψ (Σχήμα 1). Θεωρούμε ότι η θ στο φορτίο ψ θα είναι ίση με

$$\theta = \theta_d(\psi_1) + a(\theta_s - \theta_d(\psi_1)) \quad (1)$$

Δηλαδή η θ θα είναι μεγαλύτερη από την $\theta_d(\psi_1)$ κατά μία ποσότητα $a(\theta_s - \theta_d(\psi_1))$ όπου θ_s η υγρασία στον κορεσμό. Η ποσότητα $a(\theta_s - \theta_d(\psi_1))$ η οποία εισέρχεται στο πορώδες μέσο από την πίεση ψ_1 έως ψ είναι ένα μέρος της υγρασίας $(\theta_s - \theta_d(\psi_1))$ που στραγγίζει από τον κορεσμό $\psi=0$ μέχρι το φορτίο ψ_1 στην οριακή καμπύλη στράγγισης. Δηλαδή η παράμετρος a είναι <1 . Γίνεται η υπόθεση ότι η τιμή της a είναι

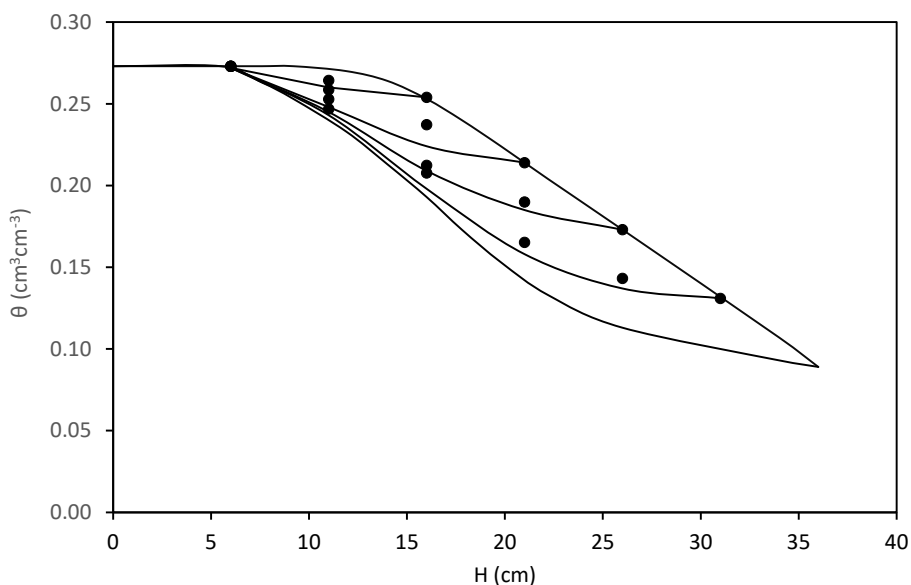
$$\alpha = \frac{\theta_w(\psi) - \theta_w(\psi_1)}{\theta_s - \theta_w(\psi_1)} \quad (2)$$

Πρακτικά θεωρούμε ότι η μεταβολή των διερευνητικών καμπύλων σε ένα εύρος πίεσης γίνεται με όμοιο τρόπο με την οριακή καμπύλη διαβροχής. Η υπόθεση αυτή είναι αξιόπιστη αφού η οριακή καμπύλη διαβροχής εμπεριέχει όλες τις διερευνητικές καμπύλες διαβροχής στο αντίστοιχο φορτίο πίεσης.



Σχήμα 1. Αναπαράσταση ενός τυπικού βρόγχου υστέρησης και μιας διερευνητικής καμπύλης διαβροχής

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι προβλέψεις του μοντέλου (κύκλοι) και οι πειραματικές διερευνητικές καμπύλες διαβροχής πρώτης τάξης. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το μοντέλο προβλέπει αξιόπιστα της διερευνητικές καμπύλες με μια μικρή υπερεκτίμηση της θ σε κάθε φορτίο πίεσης. Ανάλογα είναι αποτελέσματα και για τις διερευνητικές καμπύλες στράγγισης όπου στην περίπτωση αυτή παρατηρείται μικρή υποεκτίμηση της θ σε κάθε φορτίο πίεσης. Χρειάζεται όμως να εξεταστεί η προτεινόμενη μέθοδος και σε άλλα πορώδη μέσα για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.



Σχήμα 2. Οι προβλέψεις του μοντέλου (κύκλοι) και οι πειραματικές διερευνητικές καμπύλες (ευθείες)

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Poulouassilis, A. Hysteresis of pore water, an application of the concept of independent domains. *Soil Sci.* **1962**, *93*, 405–412, doi:10.1097/00010694-196206000-00007.
2. Poulouassilis, A.. Hysteresis of pore water in granular porous bodies. *Soil Science*, 1970, *109*(1),5-12
3. Poulouassilis, A.; Kargas, G. A Note on calculating hysteretic behavior. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **2000**, *64*, 1947–1950, doi:10.2136/sssaj2000.6461947x.
4. Mualem, Y. Modified approach to capillary hysteresis based on a similarity hypothesis. *Water Resour. Res.* **1973**, *9*, 1324–1331, doi:10.1029/wr009i005p01324
5. Mualem, Y. A conceptual model of hysteresis. *Water Resour. Res.* **1974**, *10*, 514–520, doi:10.1029/wr010i003p00514.
6. Philip, J.R. Horizontal redistribution with capillary hysteresis. *Water Resour. Res.* **1991**, *27*, 1459–1469, doi:10.1029/91wr00780.
7. Philip, J.R. Similarity hypothesis for capillary hysteresis in porous materials. *J. Geophys. Res. Space Phys.* **1964**, *69*, 1553–1562, doi:10.1029/jz069i008p01553

Βαθμονόμηση του διηλεκτρικού αισθητήρα WET σε ορυκτό αιματίτη

Κάργας Γ., Λόντρα Π. και Καρπενησιώτης Δ.

Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα, e-mail:kargas@aua.gr

Περίληψη: Στις μέρες μας, η εκτίμηση της κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους (θ) μέσω της φαινομενικής διηλεκτρικής διαπερατότητας (ϵ_a) αποτελεί την ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Η περιεκτικότητα των εδαφών σε σίδηρο επηρεάζει την τιμή της ϵ_a και συνεπώς την εκτίμηση της θ , μέσω της εξίσωσης βαθμονόμησης του διηλεκτρικού αισθητήρα. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει την ύπαρξη γραμμικής σχέσης μεταξύ της πραγματικής κατ' όγκο υγρασίας (θ_m) και της $\epsilon_a^{0.5}$ του αιματίτη, ενός ορυκτού πλούσιου σε σίδηρο, χρησιμοποιώντας τον διηλεκτρικό αισθητήρα WET, οποίος λειτουργεί στα 20 MHz. Πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε συγκεκριμένες στήλες αιματίτη, στο εργαστήριο, με ανάμειξη διαφορετικών ποσοτήτων νερού στον αιματίτη για να ληφθεί ένα εύρος τιμών θ_m , υπό συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η σχέση $\theta_m - \epsilon_a^{0.5}$ παρέμεινε γραμμική. Στην περίπτωση του αιματίτη, οι συντελεστές αυτής της γραμμικής σχέσης διέφεραν ελάχιστα από εκείνους που βασίζονται στην εξίσωση βαθμονόμησης του κατασκευαστή για τα ανόργανα εδάφη, περιορίζοντας τις διαφορές της θ μεταξύ τους στο 3-4%.

Λέξεις κλειδιά: φαινόμενη διηλεκτρική διαπερατότητα, εδαφική υγρασία, διηλεκτρικός αισθητήρας, αιματίτης, βαθμονόμηση

Εισαγωγή-Σκοπός: Τις τελευταίες δεκαετίες, σημαντική πρόοδος έχει καταγραφεί στις τεχνολογίες μέτρησης της κατ' όγκο εδαφικής υγρασίας (θ), κυρίως λόγω της ικανότητας μέτρησης της διηλεκτρικής διαπερατότητας (ϵ_a) του εδάφους μέσω των συσκευών TDR (Time Domain Reflectometry). Ωστόσο, το υψηλό κόστος των συσκευών αυτών, αλλά και οι δυσκολίες στην ανάλυση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη αισθητήρων που υπολογίζουν τη θ μέσω της ϵ_a , αλλά με διαφορετικό τρόπο μέτρησης της ϵ_a [1]. Ένας τέτοιος αισθητήρας είναι ο WET (Frequency Domain Reflectometry) που λειτουργεί σε συχνότητα 20 MHz. Ο WET έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τύπους εδαφών και έχει αποδειχτεί ότι η σχέση μεταξύ της πραγματικής κατ' όγκο εδαφικής υγρασίας (θ_m) και της τετραγωνικής ρίζας της ϵ_a είναι γραμμική και οι συντελεστές της γραμμικής σχέσης μεταβάλλονται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Ο τύπος και η ποσότητα της αργίλου, η οργανική ουσία και η περιεκτικότητα σε σίδηρο επηρεάζουν την ϵ_a και άρα τη μέτρηση της θ , μέσω της εξίσωσης βαθμονόμησης των αισθητήρων [2,3]. Οι Kargas et al. [3], σε πειράματα τους σε δύο αμμοπηλώδη εδάφη με τη χρήση δύο διηλεκτρικών αισθητήρων (WET και ML2), απέδειξαν ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο οδηγεί σε υψηλές τιμές ϵ_a και άρα υπερεκτίμησης της κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η βαθμονόμηση των αισθητήρων του κατασκευαστή. Οι υψηλότερες τιμές ελήφθησαν από τον αισθητήρα WET, που λειτουργεί σε χαμηλότερη συχνότητα (20 MHz) σε σχέση με τον ML2 (100 MHz). Αν και οι ιδιότητες των οξειδίων του σιδήρου έχουν γίνει αντικείμενο πολλών ερευνών λόγω της εξαιρετικής ηλεκτρικής και μαγνητικής συμπεριφοράς τους [4], δεν υπάρχουν μελέτες μέτρησης της ϵ_a σε ορυκτά υψηλής συγκέντρωσης σιδήρου, με χρήση διηλεκτρικού αισθητήρα μικρής συχνότητας, όπως είναι ο WET. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της ύπαρξης γραμμικής σχέσης μεταξύ της πραγματικής υγρασίας και της τετραγωνικής ρίζας της φαινομενικής διηλεκτρικής διαπερατότητας του ορυκτού αιματίτη που είναι πλούσιο σε σίδηρο χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα WET.

Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Αισθητήρας WET

Ο αισθητήρας WET λειτουργεί σε συχνότητα 20 MHz, μετρά τη διηλεκτρική διαπερατότητα (ϵ_a), την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τη θερμοκρασία μέσα στον ίδιο όγκο εδαφικού δείγματος. Αποτελείται από τρεις ράβδους μήκους 68 mm και διαμέτρου 3mm που αποτελούν το κύριο σώμα του αισθητήρα. Η εκτιμώμενη εδαφική υγρασία λαμβάνεται από τον μετρητή HH2 και υπολογίζεται από τη μέτρηση της ϵ_a μέσω της παρακάτω εξίσωσης για τα ανόργανα πορώδη μέσα [4]:

$$\theta = 0.099\epsilon_a^{0.5} - 0.178 \quad (1)$$

2.2 Πειραματική διαδικασία

Χρησιμοποιήθηκε δείγμα αιματίτη μεγέθους κόκκων < 2mm. Η πραγματική υγρασία, θ_m , του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα κυμάνθηκε από 0 έως 0.375 cm³cm⁻³ (κορεσμός) με βήμα αύξησης της υγρασίας 0.05 cm³cm⁻³. Ξηρά δείγματα αιματίτη ($\theta_m = 0$) τοποθετήθηκαν σε κυλινδρικούς σωλήνες ύψους 10 cm και διαμέτρου 7 cm και έγινε μέτρηση της ϵ_a με τον WET. Ακολούθησε προσθήκη προκαθορισμένης ποσότητας νερού στο δείγμα, προσέχοντας την επίτευξη ομοιογενούς περιεχόμενης υγρασίας, αυξάνοντας την υγρασία του δείγματος κάθε φορά κατά 0.05 cm³cm⁻³ και λήφθηκαν οι αντίστοιχες μετρήσεις της ϵ_a . Οι μετρήσεις λαμβάνονταν τοποθετώντας το κύριο σώμα του αισθητήρα κάθετα μέσα στο δείγμα μελέτης.

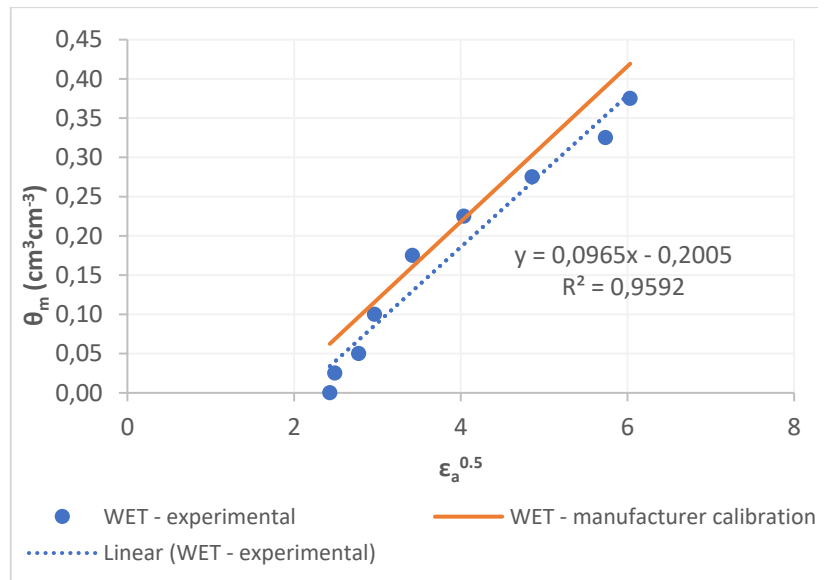
2.3 Βαθμονόμηση αισθητήρα

Τα ζευγάρια τιμών $\theta_m - \epsilon_a$ χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της γραμμικότητας της σχέσης $\theta = a\epsilon_a^{0.5} - b$, που εφαρμόζεται για τη βαθμονόμηση διηλεκτρικών αισθητήρων σε πορώδη μέσα, μέσω του προσδιορισμού των συντελεστών a και b που εξαρτώνται από τον τύπο του πορώδους μέσου [6].

Αποτελέσματα – Συζήτηση: Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, η πειραματική σχέση $\theta_m - \epsilon_a^{0.5}$ είναι ισχυρά γραμμική ($R^2 = 0.9592$) με συντελεστές $a = 0.0965$ και $b = 0.2005$. Οι συντελεστές αυτοί δεν διαφέρουν πολύ από αυτούς που δίνονται από τη βαθμονόμηση του κατασκευαστή (Εξίσωση 1) και οι διαφορές στην εκτίμηση της υγρασίας κυμαίνονται από 3% έως 4%.



Εικόνα 1. Διηλεκτρικός αισθητήρας WET-2 και μετρητής HH2.



Εικόνα 2. Συγκριτική απεικόνιση της σχέσης πραγματικής υγρασίας (θ_m) και τετραγωνικής ρίζας της φαινόμενης διηλεκτρικής διαπερατότητας ($\epsilon_a^{0.5}$) δείγματος αιματίτη μετρημένη με τον αισθητήρα WET και της σχέσης που λαμβάνεται από τη βαθμονόμηση του κατασκευαστή.

Συμπεράσματα: Γενικά, το πρόβλημα της υπερεκτίμησης της κατ' όγκο περιεκτικότητας σε νερό των πορωδών μέσων μέσω των διηλεκτρικών αισθητήρων μπορεί να ξεπεραστεί με ειδική βαθμονόμησή τους. Στην περίπτωση του ορυκτού αιματίτη που μελετήθηκε, η βαθμονόμηση του αισθητήρα WET πραγματοποιήθηκε εύκολα με τον υπολογισμό των συντελεστών της γραμμικής σχέσης $\theta_m - \epsilon_a^{0.5}$. Οι συντελεστές αυτοί στην περίπτωση του αιματίτη δεν διέφεραν πολύ από αυτούς που προτείνονται από τον κατασκευαστή του αισθητήρα για ανόργανα εδάφη, περιορίζοντας τις διαφορές υγρασίας σε 3-4%. Περαιτέρω διερεύνηση απαιτείται και στις περιπτώσεις άλλων ορυκτών σιδήρου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Kargas, G. et al. (2014), DOI: 10.2136/vzj2013.09.0169
2. Robinson, D.A. et al. (1994), DOI: 10.1016/0022-1694(94)90127-9
3. Kargas, G. et al. (2020), DOI: 10.3390/w12020598
4. Bødker, F. et al (2000), DOI: 10.1103/PhysRevB.61.6826.
5. Delta-T Devices. User Manual for the WET Sensor (Type WET-2); Delta-T Device Ltd.: Cambridge, UK, 2007.
6. Kargas, G. et al. (2019), DOI: 10.1016/j.agwat.2018.11.002

Επίδραση της θέσης δειγματοληψίας σε σχέση με τη γραμμή άρδευσης στις ιδιότητες και τα μακροθρεπτικά στοιχεία ενός αργιλώδους εδάφους σε καλλιέργεια βαμβακιού

Μπίλιας Φ.¹, Γασπαράτος Δ.², Κουκουλή Π.¹, Κόκκορα Μ.¹, Καρπούζος Δ.¹, Γεωργίου Π.¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, 54124 Θεσσαλονίκη

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, 11855 Αθήνα

Περίληψη: Σε ένα αργιλώδες, ατελώς αποστραγγιζόμενο έδαφος με υψηλά επίπεδα ανταλλάξιμου και υδατοδιαλυτού νατρίου, πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού που αφορούσε την αξιολόγηση της επίδρασης της θέσης δειγματοληψίας σε σχέση με τη γραμμή στάγδην άρδευσης στις παραμέτρους εδαφικής γονιμότητας σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης καλλιέργειας βαμβακιού και σε διαφορετικά εδαφικά βάθη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τιμές διαθεσίμου φωσφόρου (P-Olsen) και νιτρικού αζώτου (NO₃-N) επηρεάστηκαν σημαντικά από το σημείο δειγματοληψίας ως προς τη θέση άρδευσης, σε αντίθεση με τα ανταλλάξιμα κατιόντα και το υδατοδιαλυτό Na για τα οποία το βάθος εδάφους και η περίοδος δειγματοληψίας έπαιξαν τον πιο σημαντικό ρόλο. Για το συγκεκριμένο έδαφος, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας προβλέφθηκαν ικανοποιητικά με βάση παραμέτρους όπως το NO₃-N και το υδατοδιαλυτό Na, εξηγώντας έως το 80% της συνολικής παραλλακτικότητας σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.001$.

Λέξεις κλειδιά: ηλεκτρική αγωγιμότητα, αργιλώδες έδαφος, στάγδην άρδευση, υδρολίπανση, διαχείριση θρεπτικών στοιχείων

Εισαγωγή-Σκοπός: Για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και την αποτροπή της υποβάθμισης των αργιλωδών, μετρίως ή ατελώς αποστραγγιζόμενων εδαφών, με υψηλά επίπεδα ανταλλάξιμου και υδατοδιαλυτού νατρίου, απαιτείται συχνή καταγραφή των μεταβολών των χημικών ιδιοτήτων τους και των παραμέτρων γονιμότητάς τους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου [1]. Παράλληλα, στα πλαίσια της έξυπνης γεωργίας είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων για σύσταση λίπανσης που βασίζονται στην εκτίμηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους και για το λόγο αυτό, η έρευνα των παραμέτρων που καθορίζουν τη βαθμολόγησή τους είναι καθοριστικής σημασίας [2]. Σε καλλιέργειες όπως το βαμβάκι που αρδεύονται με στάγδην άρδευση και εφαρμόζεται υδρολίπανση, η επίδραση που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη θέση των σταλακτηφόρων σωλήνων του αρδευτικού συστήματος στη συνολική παραλλακτικότητα των εδαφικών παραμέτρων μέσα στον αγρό, αποτελεί ακόμα ένα πεδίο που χρήζει διερεύνησης. Με βάση τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της θέσης των σωλήνων άρδευσης στις ιδιότητες ενός αργιλώδους εδάφους σε καλλιέργεια βαμβακιού όπως επίσης και η διερεύνηση των εδαφικών παραμέτρων που καθορίζουν την ηλεκτρική του αγωγιμότητα.

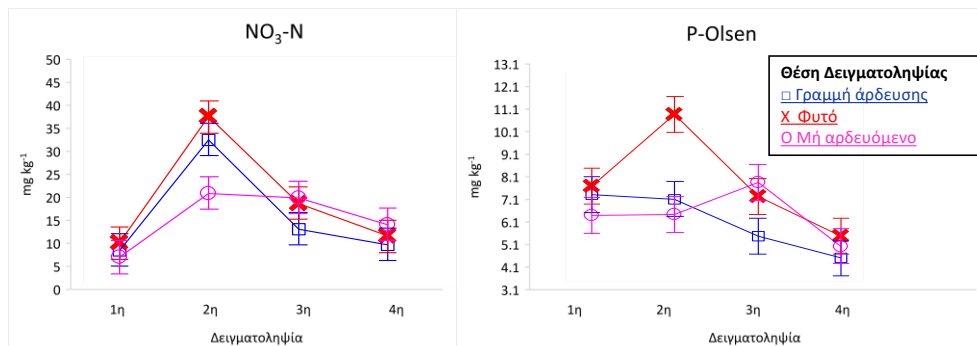
Υλικά και Μέθοδοι: Το πείραμα διεξήχθη κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019 σε αρδευόμενο με στάγδην άρδευση αγρό στην περιοχή της Γυρτώνης στη Θεσσαλία, ενώ χρησιμοποιήθηκε καλλιέργεια βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L., ποικιλία ST 318). Η πειραματική διάταξη ήταν η πλήρως τυχαίοποιημένη, ενώ εξετάστηκαν 3 παράγοντες ως ανεξάρτητες μεταβλητές: το βάθος εδάφους (0-30cm, 30-60cm, 60+cm), η περίοδος δειγματοληψίας (στάδιο εγκατάστασης, πρώτο χτένι, ανθοφορία και ωρίμανση καρυδιών) και η θέση δειγματοληψίας (επί της γραμμής άρδευσης, επί της γραμμής ανάπτυξης των φυτών, επί της μη αρδευόμενης γραμμής). Οι επεμβάσεις λίπανσης ήταν η βασική (18-28-0), ακολουθούμενη από 3 διαδοχικές επεμβάσεις N μέσω υδρολίπανσης με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας αρχικά, και ουρίας στις 2 επόμενες δόσεις. Στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν εδαφικές ιδιότητες όπως το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η οργανική ουσία και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ), ενώ παράλληλα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις σε διαθέσιμα μακροθρεπτικά στοιχεία (NO₃-N, NH₄-N, K, Ca, Mg, P-Olsen), ανταλλάξιμο και υδατοδιαλυτό Na (Πίνακας 1) [3-6]. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Παραλλακτικότητας (ANOVA), η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για $p < 0,05$, ενώ η εξίσωση πρόβλεψης των τιμών της EC προέκυψε μέσω εφαρμογής πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής, με ανεξάρτητες μεταβλητές τις παραμέτρους των διαθέσιμων μορφών των μακροθρεπτικών στοιχείων και του ανταλλάξιμου και υδατοδιαλυτού Na.

Πίνακας 1. Βασικές ιδιότητες και μακροθρεπτικά του εδάφους του πειραματικού αγρού. EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα στο εκχύλισμα της πάστας κορεσμού, ΙΑΚ: Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

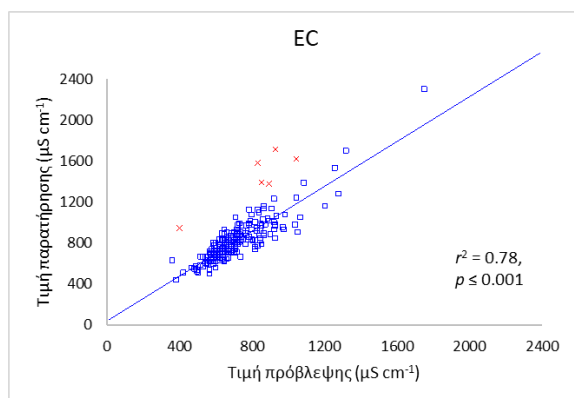
Βάθος εδάφους	Άμμος	Ιλύς	Άργιλος	pH	EC	ΙΑΚ	CaCO ₃	Οργ.Ουσία	NO ₃ -N	P-Olsen	K Ανταλλάξιμο
cm	%			1:1	μS cm ⁻¹	cmolc kg ⁻¹		%		mg kg ⁻¹	
0-30	8	37	55	8,0	846	37,2	7,4	2,1	20,3	16,5	286
30-60	9	34	57	8,3	783	35,8	8,1	1,4	15,5	3,1	141
60+	11	31	58	8,5	728	35,6	8,2	0,9	8,6	0,8	124

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Σε σχέση με τις διαθέσιμες συγκεντρώσεις μακροθρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, η θέση δειγματοληψίας ως προς τη γραμμή άρδευσης επέδρασε σημαντικά στην παραλλακτικότητα των τιμών P-Olsen και NO₃-N, με τη θέση επί της γραμμής των φυτών να καταγράφει σημαντικά υψηλότερες τιμές συγκρινόμενης με τη μη αρδευόμενη γραμμή πλάι του φυτού. Παράλληλα, για τα συγκεκριμένα στοιχεία, καταγράφηκαν και σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της θέσης και της περιόδου δειγματοληψίας (Σχήμα 1), υποδηλώνοντας πως το στάδιο ανάπτυξης των φυτών τροποποιεί τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Αντιθέτως, η συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) δεν φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τη θέση άρδευσης, καθώς μόνο η περίοδος δειγματοληψίας και το βάθος εδάφους

αποτελέσαν παράγοντες που διαφοροποίησαν σημαντικά τις τιμές τους. Το ίδιο συνέβη επίσης και στην περίπτωση του υδατοδιαλυτού Na. Όσον αφορά στην παραλλακτικότητα των τιμών της EC, καταγράφηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της θέσης και της περιόδου δειγματοληψίας, γεγονός που δείχνει πως η όποια επίδραση της θέσης δειγματοληψίας στην EC, επηρεάστηκε από παράγοντες όπως ο χρόνος εφαρμογής και η μορφή N της εφαρμοζόμενης υδρολίπανσης. Τέλος, για το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων (3 βάθη εδάφους, 3 θέσεις δειγματοληψίας, 4 δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου), η εξίσωση πρόβλεψης των τιμών της EC η οποία βασίστηκε κυρίως στις μεταβλητές του NO₃-N και του υδατοδιαλυτού Na είχε καλή προσαρμογή, εξηγώντας σχεδόν το 80% της συνολικής παραλλακτικότητας σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.001$ (Σχήμα 2).



Σχήμα 1. Επίδραση της θέσης δειγματοληψίας (γραμμή άρδευσης, γραμμή επί των φυτών, μη αρδευόμενη γραμμή) στους μέσους όρους των τιμών NO₃-N και διαθέσιμου P με βάση την περίοδο δειγματοληψίας. 1^η, 2^η, 3^η, 4^η δειγματοληψία κατά τα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού στην εγκατάσταση της καλλιέργειας, στο πρώτο χτένι, στην ανθοφορία και στην ωρίμανση των καρυδιών, αντίστοιχα.



Σχήμα 2. Συσχέτιση μεταξύ παρατηρούμενων τιμών και τιμών πρόβλεψης της EC με βάση την εξίσωση πρόβλεψης που εφαρμόστηκε. Τα σημεία με κόκκινο χρώμα εξαιρέθηκαν λόγω μη καλής προσαρμογής στην εξίσωση. r^2 : ο συντελεστής προσδιορισμού της εξίσωσης για $p \leq 0.001$.

Συμπεράσματα: Η θέση δειγματοληψίας σε σχέση με τη γραμμή άρδευσης επηρέασε σημαντικά τις τιμές P-Olsen και NO₃-N, με τη θέση επί της γραμμής των φυτών να καταγράφει σημαντικά υψηλότερες τιμές. Επίσης, καταγράφηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της θέσης και της περιόδου δειγματοληψίας, υποδηλώνοντας πως παράγοντες όπως το στάδιο ανάπτυξης των φυτών και ο χρόνος εφαρμογής – μορφή N που χρησιμοποιείται στην υδρολίπανση, τροποποιούν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών και επηρεάζουν παραμέτρους όπως η EC. Αντιθέτως, η συγκέντρωση των ανταλλάξιμων κατιόντων (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺), όπως επίσης και το υδατοδιαλυτό Na δε φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τη θέση άρδευσης σε αντίθεση με το βάθος εδάφους και την περίοδο δειγματοληψίας. Τέλος, οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας προβλέφθηκαν ικανοποιητικά με βάση παραμέτρους όπως το NO₃-N και το υδατοδιαλυτό Na, εξηγώντας έως το 80% της συνολικής παραλλακτικότητας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Constable, G.A. et al. (1988), DOI: 10.2134/agronj1988.00021962008000030021x
2. Darmawan, D. et al. (2023), DOI: 10.1177/00202940221122177
3. Mulvaney, R.L. (1996), DOI: 10.2136/sssabookser5.3.c38
4. Thomas, G.W. (2015), DOI: 10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c9
5. Kuo, S. (1996), DOI: 10.2136/sssabookser5.3.c32
6. Rhoades, J.D. (1996), DOI: 10.2136/sssabookser5.3.c14

Ευχαριστίες: Η παρούσα έρευνα χρηματοδοτήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος "LIFE GAIA Sense: Innovative Smart Farming services supporting Circular Economy in Agriculture", της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Σύγκριση των εφαρμοζόμενων ετήσιων ποσοτήτων άρδευσης, με τις προβλέψεις της νομοθεσίας και των ποσοτήτων που προκύπτουν από μετεωρολογικά δεδομένα στην κτηματική περιφέρεια του ΑΣ ΑΣΩΠΟΥ

Μπουραζάνης Γ.¹ Αργυροκαστρίτης Ι.²

¹Δ/νση Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής, Τμ. Εγγείων Βετιώσεων, Π.Ε. Λακωνίας, Περιφέρεια Πελοποννήσου, 2ο χλμ. Ε.Ο. Σπάρτης Γυθείου, 23100 Σπάρτη, gbourazanis@gmail.com,

²Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Γ.Π.Α., Ιερά Οδός 75, 18500 Αθήνα iargyrokastritis@gmail.com

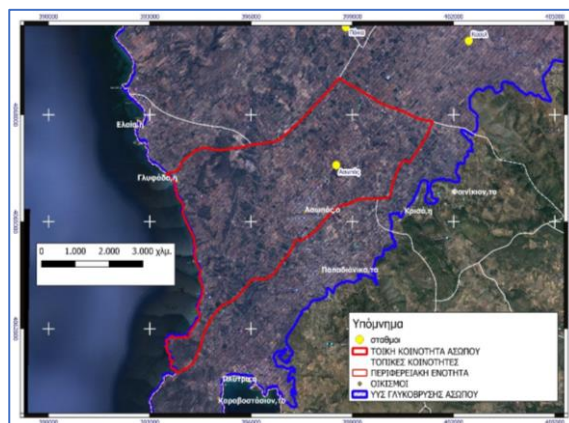
Περίληψη: Στον κάμπο των Μολάων και συγκεκριμένα σε συνεργασία με τον ΑΣ Ασωπού υλοποιήθηκε διερεύνηση της χρησιμοποιούμενης ετησίως ποσότητας αρδευτικού ύδατος από παραγωγούς, μέλη του, οι οποίοι οικειοθελώς συμμετείχαν στην έρευνα. Οι ποσότητες που κατά δήλωση των παραγωγών χρησιμοποιήθηκαν συγκρίθηκαν με τις ποσότητες που έχει ως πρόβλεψη η νομοθεσία (Φ16/6631/2-7-1989) δηλαδή το νομοθέτημα που χρησιμοποιείται για την έκδοση άδειας χρήσης νερού αλλά και με αυτές που προέκυψαν υπολογιστικά με χρήση μετεωρολογικών δεδομένων. Η διερεύνηση έδωσε ενδιαφέροντα συμπεράσματα σε ότι αφορά στη χρήση του αρδευτικού νερού από αγρότες αλλά και σημαντικές παρατηρήσεις σε ότι αφορά στις συνήθειες και στη νοοτροπία των αγροτών.

Λέξεις κλειδιά: δόση άρδευσης, ελιά, Υ.Α. Φ16/1989, Λακωνία, ΕΤς

Εισαγωγή-Σκοπός: Παραδοσιακά στην εξεταζόμενη περιοχή καλλιεργούσαν σύκα για αποξήρανση ελιές και αμπέλι για παραγωγή κρασιού. Με την επέκταση της αρδευόμενης γεωργίας αλλά και με τις μεταβολές των τιμών των προϊόντων, στην περιοχή πλέον επικρατεί η αρδευόμενη ελαιοκαλλιέργεια η καλλιέργεια εσπεριδοειδών και λιγότερο η καλλιέργεια σύκων και αμπελιών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με έλλειψη εκπαίδευσης των παραγωγών σε θέματα αρδύσεων έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση ποσοτική και ποιοτική του υπόγειου υδατικού συστήματος. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται και στην εγκεκριμένη 1^η Αναθεώρηση των Σχεδίων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων σε Επίπεδο Λεκάνης Απορροής όπου το υπόγειο υδατικό σύστημα Γλυκόβρυσης – Ασωπού (ΕΛ 0300150) όπου εμπίπτει η εξεταζόμενη περιοχή, χαρακτηρίζεται ως κακής ποσοτικής και ποιοτικής καταστάσεως. Στο πλαίσιο αυτό υλοποιήθηκε έρευνα σε παραγωγούς της περιοχής όπου οικειοθελώς χορήγησαν δεδομένα άρδευσης των καλλιεργειών τους. Σκοπός ήταν να αναδειχθεί η σπατάλη του αρδευτικού νερού με επίπτωση τόσο στον αγρότη οικονομικά όσο και στο περιβάλλον.

Υλικά και μέθοδοι: Για την υλοποίηση της έρευνας εγκαταστάθηκε αγρομετεωρολογικός σταθμός από τον ΑΣ Ασωπού στο πλαίσιο του προγράμματος των Ο.Ε.Φ.. Κλήθηκαν όσοι επιθυμούσαν να μας δώσουν στοιχεία άρδευσης για την περίοδο της έρευνας δηλαδή για την αρδευτική περίοδο 2021. Οι συμμετέχοντες από τον ΑΣ Ασωπού έδωσαν κατευθείαν ετήσια κατανάλωση. Υπολογίστηκαν τα όρια που θέτει ως σύννομη δόση άρδευσης ετησίως ανά στρέμμα η ΥΑ αριθμ. Φ16/1989 λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου 7, κατηγορία καλλιέργειας Ι (Ελιές-Εσπεριδοειδή-Αμπέλι) και $Kc=0,5$ [1]. Περαιτέρω έγινε υπολογισμός των στρεμματικών δόσεων άρδευσης βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων του σταθμού της ΚΑΣΕΛ και του σταθμού του Ασωπού με χρήση της τροποποιημένης Penman-Monteith κατά FAO [2]. Σε ότι αφορά στους φυτικούς συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν στην τελευταία μεθοδολογία υπολογισμού αυτοί ήταν Ελιά ($5^{\circ}=0,40$, $6^{\circ}=0,45$, $7^{\circ}=0,50$, $8^{\circ}=0,50$, $9^{\circ}=0,40$) Εσπεριδοειδή ($4^{\circ}=0,80$, $5^{\circ}=0,70$, $6^{\circ}=0,65$, $7^{\circ}=0,65$, $8^{\circ}=0,65$, $9^{\circ}=1,05$) [3]. Η διάρκεια άρδευσης ελήφθη από 1/5 έως και 15/10.

Αποτελέσματα-Συζήτηση :Όπως ειπώθηκε η κτηματική περιφέρεια του ΑΣ Ασωπού εμπίπτει στο «κόκκινο» ποσοτικά και ποιοτικά υπόγειο υδατικό σύστημα Γλυκόβρυσης-Ασωπού όπως φαίνεται και στο χάρτη στον οποίο παρουσιάζεται η κτηματική περιφέρεια του ΑΣ Ασωπού, το υπόγειο υδατικό σύστημα και η θέση του μετεωρολογικού σταθμού του ΑΣ Ασωπού τον οποίο προμηθεύθηκε και εγκατέστησε στο πλαίσιο του προγράμματος Ο.Ε.Φ.. Οι παραγωγοί γενικά αλλά και οι συμμετέχοντες εν τέλει με δυσπιστία αντιμετώπισαν την έρευνα και για το λόγο αυτό απαιτήσαν να δώσουν αυτοί τα δεδομένα και όχι να τα αναζητήσουμε εμείς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάποιες δόσεις άρδευσης να μην συνάδουν με τις συνήθειες της περιοχής ενώ κάποιες άλλες εμφανώς είναι μειωμένες πάρα πολύ. Τα στοιχεία από τους παραγωγούς, οι υπολογισμοί βάσει της κείμενης νομοθεσίας αλλά και τα αποτελέσματα των υπολογισμών βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων εμφανίζονται στον Πίνακα που ακολουθεί.



Πίνακας στοιχείων αρδεύσεων συμμετεχόντων παραγωγών του ΑΣ Ασωπού

Α/Α ΠΑΡΑΓ.	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡ.)	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΠΟΣΗΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ (m ³)	ΕΤΗΣΙΑ ΔΟΣΗ (m ³ /(ΣΤΡ.*yr))	Φ16/1989 (m ³ /(ΣΤΡ.*yr)) ΚΑΤΩ ΟΡΙΟ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΘΜΟΥ (m ³ /(ΣΤΡ.*yr))
ΑΣ ΑΣΩΠΟΥ						
ΑΣ1	10.2	ΕΛΙΕΣ-ΕΣΠΕΡΙΔ.	3284	321.96	323.13	388.2
ΑΣ2	5.1	ΕΛΙΕΣ	560	109.80		
ΑΣ3	11.9	ΕΛΙΕΣ	5600	470.59		
ΑΣ4	7.9	ΕΛΙΕΣ/ΚΑΛΑΜΩΝ	544	68.86		
ΑΣ5	7.9	ΕΛΙΕΣ	1960	248.10		
ΑΣ6	3.1	ΕΛΙΕΣ	1200	250.00		
ΑΣ6	1.7	ΕΛΙΕΣ				
ΑΣ7	23.1	ΕΛΙΕΣ	7776	336.62		
ΑΣ8	6.5	ΕΛΙΕΣ	1890	290.77		
ΑΣ9	4	ΕΛΙΕΣ	2310	577.50		
ΑΣ10	4.4	ΕΛΙΕΣ	1925	437.50		
ΑΣ10	3.4	ΕΛΙΕΣ	1925	392.86		
ΑΣ11	1.5	ΕΛΙΕΣ				
ΑΣ11	5	ΕΛΙΕΣ	5250	352.35		
ΑΣ11	5.7	ΕΛΙΕΣ				
ΑΣ12	4.2	ΕΛΙΕΣ				
ΑΣ13	3	ΕΛΙΕΣ	2000	240.96		
ΑΣ13	5.3	ΕΛΙΕΣ				

Θεωρώντας ως σωστές όλες τις δηλωμένες ποσότητες ακόμα και αν κάποιες εμφανώς είναι πολύ μικρές όπως π.χ. οι δηλωμένες ποσότητες από τους παραγωγούς ΑΣ2 (109,8 m³/(yr*στρ)) και ΑΣ4 (68 m³/(yr*στρ)) με τον τελευταίο μάλιστα να καλλιεργεί Καλαμών υπολογίσαμε τα % ποσοστά σπατάλης νερού με δύο τρόπου όπως φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί

ΕΙΔΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	ΣΤΡΕΜΜΑΤΙΚΗ ΔΟΣΗ (m ³ /στρ*yr)		
	ΔΟΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ	ΥΑ Φ16/1989	ΒΑΣΕΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ
1ος ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (Μ.Ο. Όλων Δόσεων)	315.2	268.7	388.2
	% σπατάλη νερού	14.77%	-23.16%
2ος ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (Μ.Ο. Δόσεων που υπερβαίνουν την τιμή του Μετεωρολογικού)	469.6	268.7	388.2
	% σπατάλη νερού	42.79%	17.33%

Συμπεράσματα: Από την συγκεκριμένη εργασία διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα;

1. Αν οι παραγωγοί που χρησιμοποίησαν αυξημένες ποσότητες αρδευτικού νερού, ακολουθούσαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού, θα επετύγχαναν οικονομία νερού μεσοσταθμικά της τάξεως του 17.33%, με ότι αυτό μπορεί να σημαίνει για το υπόγειο υδατικό σύστημα και για την επερχόμενη τιμολόγηση.
2. Υπάρχει νοοτροπία ιδιοκτησίας στο νερό άρα και στη χρήση του η οποία δεν υπόκειται σε κανένα κανόνα.
3. Υπάρχει δυσπιστία των παραγωγών στη χορήγηση στοιχείων κάτι που δυσχεραίνει την υλοποίηση ερευνών σαν την παρούσα
4. Η δυσπιστία αυτή θέτει εν αμφιβόλω στοιχεία τα οποία δηλώθηκαν στη διαδικασία άδειας χρήσης νερού, αλλά και στοιχεία τα οποία θα δηλώνονται κατά την τιμολόγηση του αρδευτικού νερού.

Τα ανωτέρω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα χρήσης νερού θα πρέπει να καθορίζονται κ των προτέρων αλλά και να συλλέγονται και να υποβάλλονται αρμοδίως εκ των υστέρων με συνυπευθυνότητα από Γεωπόνους γνώστες του αντικειμένου για να προκύψει εν τοις πράγμασι ορθή διαχείριση του αρδευτικού νερού.

Χρηματοδότηση: το έργο χρηματοδοτήθηκε από το ΥΠΑΑΤ στο πλαίσιο προγράμματος χρηματοδότησης Οργανώσεων Ελαιουργικών Φορέων (ΟΕΦ)

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Φ16/6631/89 (ΦΕΚ 428 Β' /2-7-1989) Προσδιορισμός κατωτάτων και ανωτάτων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση.
2. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy: FAO, Water Resources, Development and Management Service.
3. Παπαζαφειρίου, Ζ. (1991). Προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες. Έκθεση προόδου στο ερευνητικό πρόγραμμα Πειραματική εφαρμογή νεότερων μεθόδων άρδευσης

Σύγκριση της συγκέντρωσης νατρίου (Na⁺) στο έδαφος πειραματικού αγρού που αρδεύεται με «καθαρό» νερό (KN) και με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (EYAA).

Μπουραζάνης Γ.¹ Αργυροκαστρίτης Ι.²

¹Δ/νση Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής, Τμ. Εγγείων Βετιώσεων, Π.Ε. Λακωνίας, Περιφέρεια Πελοποννήσου, 2ο χλμ. Ε.Ο. Σπάρτης Γυθείου, 23100 Σπάρτη, gbourazanis@gmail.com,

²Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Γ.Π.Α., Ιερά Οδός 75, 18500 Αθήνα iargyrokastritis@gmail.com

Περίληψη: Σε πειραματικό αγρό εκτάσεως 0.5 ha (ελαιώνας) ο οποίος βρίσκεται 4 km νότια της Σπάρτης (37°22'43.33" N, 22°26'47.10" E), και 1.5 km δυτικά του ποταμού Ευρώτα, υλοποιήθηκε συγκριτικό πείραμα άρδευσης με νερό από γεώτρηση (καθαρό νερό (KN)) και με επεξεργασμένη εκροή από τον τριτοβάθμιο βιολογικό καθαρισμό των υγρών αστικών αποβλήτων της Σπάρτης (EYAA) (37°04'15.41" B, 22°26'50.80" E). Το πείραμα υλοποιήθηκε σε δύο αρδευτικές περιόδους 2011 και 2012. Έγιναν αναλύσεις για Na⁺ στο έδαφος πριν την έναρξη του πειράματος (Ιούνιος 2010) και μετά τη λήξη του (Ιούνιος 2013).. Η σύγκριση έγινε για τους τρεις ορίζοντες (0-30 cm, 30-60cm και 60-90cm) κάθε επανάληψης κάθε εφαρμογής. Διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση του εδαφικού νατρίου μεταξύ έναρξης και λήξης του πειράματος για τους δύο ανώτερους ορίζοντες.

Λέξεις κλειδιά: Επεξεργασμένο υγρό απόβλητο, άρδευση, νάτριο, ελιά, Λακωνία

Χρηματοδότηση: το έργο χρηματοδοτήθηκε από το ΥΠΑΑΤ και από τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λακωνίας

Εισαγωγή: Σε πειραματικό αγρό έγινε άρδευση με KN και με EYAA για δύο αρδευτικές περιόδους (2011, 2012) με στόχο να διαπιστωθεί η συγκριτική επίδραση επί του εδάφους των διαφορών της συγκέντρωσης σε Νάτριο των δύο αρδευτικών υδάτων. Η στατιστικά σημαντική διαφορά της συγκέντρωσης του νατρίου που βρέθηκε βάσει των αναλύσεων στα δύο αρδευτικά νερά με μεγαλύτερη συγκέντρωση στο EYAA, αποτυπώθηκε και στους δύο ανώτερους ορίζοντες της εδαφικής κατατομής, δίνοντας στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση νατρίου στους ορίζοντες αυτούς.

Υλικά και μέθοδοι: Στον πειραματικό αγρό, υπάρχουν 140 ελαιόδενδρα. Ακολουθήθηκε το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων. Υλοποιήθηκαν δύο εφαρμογές (άρδευση με KN και με EYAA) και έξι επαναλήψεις ανά εφαρμογή. Το 2011 υλοποιήθηκαν επτά (7) ενώ το 2012 δώδεκα (12) γεγονότα άρδευσης. Η εφαρμογή γινόταν με δύο sprayer/δένδρο, με παροχή 90 lt/h έκαστο. Η άρδευση διαρκούσε περίπου δύο ώρες. Πριν την έναρξη της άρδευσης (7^{ος} 2010) και μετά το τέλος του πειράματος (7^{ος} 2013) ελήφθησαν διαταραγμένα δείγματα από τέσσερα σημεία και τρία βάθη (0-30 cm, 30-60 cm και 60-90 cm) κάθε επανάληψης, εντός του ίχνους του κύκλου διαβροχής του sprayer. Με την ανάμειξη των τεσσάρων δειγμάτων ανά ορίζοντα, προέκυπταν τρία μικτά δείγματα ανά επανάληψη. Το νάτριο προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της εκχύλισης με οξικό αμμώνιο. Κατά την 1^η δειγματοληψία έγινε κοκκομετρική ανάλυση όλων των δειγμάτων και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των εφαρμογών ανά ορίζοντα, με αργιλικό υλικό ιλίτη [1]. Στα δύο νερά άρδευσης ο Μ.Ο. της τιμής της συγκέντρωσης του Na⁺ στο EYAA έναντι της αντίστοιχης στο KN, είναι για τα έτη 2011 και 2012, 42,71 mgr/l έναντι 11,57 mgr/l και 47,42 mgr/l έναντι 12,92 mgr/l αντιστοίχως [1], [2], δηλαδή παρατηρήθηκε αναλογία της τάξεως του $C_{Na-EYAA}/C_{Na-KN}=4/1$.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Πίνακας Μέσες τιμές συγκεντρώσεως Νατρίου στο έδαφος (meq/100 gr εδάφους), ανά εφαρμογή, στην αρχή και στο τέλος του πειράματος¹

Βάθος (cm)	Είδος Αρδευτικού Νερού	Ιουν 2011	Ιουν 2013	R ²	CV	Prop
0-30	KN	0,30 a γ	0.34 a γ	0.58	0.27	0.4560 μσ
	EYAA	0.25 a γ	0.58 A Γ	0.78	0.40	0.0196 *
30-60	KN	0,27 b δ	0.32 b δ	0.78	0.13	0.1050 μσ
	EYAA	0.27 b δ	0.38 B Δ	0.90	0.12	0.0062 *
60-90	KN	0,34 c ε	0.33 c ε	0.76	0.14	0.2713 μσ
	EYAA	0,29 c ε	0.30 c ε	0.47	0.19	0.2956 μσ

(μσ= μη σημαντικό, *= P<0,05 **=P < 0,01, *** = P < 0001)

¹ Διαδοχικές μέσες τιμές εντός της ίδιας στήλης και για τον ίδιο ορίζοντα (διαφορετικές εφαρμογές στην ίδια ημερομηνία αναλύσεως ανά ορίζοντα), που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα του Αγγλικού αλφάβητου, δεν διαφέρουν στατιστικά, ενώ, αν ακολουθούνται από το ίδιο μεν γράμμα αλλά μικρό-κεφαλαίο, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Διαδοχικές μέσες τιμές εντός της ίδιας γραμμής (διαδοχικές ημερομηνίες αναλύσεων της ίδιας εφαρμογής και ορίζοντα), που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα του Ελληνικού αλφάβητου, δεν διαφέρουν στατιστικά, ενώ, αν ακολουθούνται από το ίδιο μεν γράμμα αλλά μικρό-κεφαλαίο, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

Στον πίνακα εμφανίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις νατρίου στο έδαφος ανά ορίζοντα και εφαρμογή από όπου διαπιστώνεται στατιστικώς σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του εδαφικού Na^+ στους δύο ανώτερους ορίζοντες για την εφαρμογή του ΕΥΑΑ, ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις δεν διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά, μεταξύ έναρξης και λήξης του πειράματος.

Σε παρόμοια ευρήματα, έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές, όπως οι Pollice, et al., [3] οι οποίοι σε πείραμα άρδευσης επί αργιλώδους εδάφους, ανέφεραν αύξηση της συγκέντρωσης του Na^+ , λόγω αυξημένης συγκέντρωσής του στο απόβλητο. Κατέληξαν δε σε αυτό το συμπέρασμα, παρά του ότι για τις εδαφολογικές αναλύσεις τους λάμβαναν ένα ενιαίο δείγμα, ανά επανάληψη μέχρι τα 80 cm, με δειγματοληψία ανά 20 cm, σε ένα και μόνο σημείο. Οι Qian & Mecham [4] διενεργώντας έρευνα στις πόλεις Ντένβερ και Φορτ Κόλλινς του Κολοράντο, σε γήπεδα του γκόλφ που είχαν αρδευθεί για 4, 13, 14, 19, και 33 χρόνια με ΕΥΑΑ, προερχόμενα από μονάδα ενεργού ιλύος, διαπίστωσαν αύξηση της συγκέντρωσης του εδαφικού Na^+ , έναντι άλλων γηπέδων, που αρδεύονταν με ΚΝ για ίδια διάρκεια, σε επίπεδα στατιστικώς σημαντικά. Στο ίδιο συμπέρασμα, κατέληξαν και οι Rusan, et al., [5] υλοποιώντας έρευνα σε αρδευόμενες καλλιέργειες στην Ιορδανία, που αρδεύονταν για 2, 5 και 10 χρόνια με ΕΥΑΑ, από δεξαμενές βιολογικής σταθεροποίησης. Και οι δύο ανέφεραν συσχέτιση της συγκέντρωσης του Na^+ στο έδαφος με το χρονικό διάστημα εφαρμογής του ΕΥΑΑ για άρδευση. Αύξηση Na^+ στο έδαφος έχουν αναφέρει και οι Bedbabis et al., [6] λόγω αυξημένης συγκέντρωσης του Na^+ στα αστικά απόβλητα, σε τριετούς διάρκειας πείραμα άρδευσης ελαιώνα, με ελιά ποικιλίας 'Chemlali', στην κεντροανατολική Τυνησία. Οι τρεις εφαρμογές, που συγκρίθηκαν, ήταν ξηρική καλλιέργεια, άρδευση με ΚΝ και άρδευση με ΕΥΑΑ. Τέλος, αύξηση Na^+ σε πηλώδες έδαφος και μάλιστα από το πρώτο έτος εφαρμογής ανέφεραν και οι Petousia, et al., [7] σε πείραμα άρδευσης ελαιώνα, διάρκειας τριών αρδευτικών περιόδων, με ΚΝ και ΕΥΑΑ που προερχόταν από δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία. Το πείραμα υλοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό του ΤΕΙ Κρήτης στο Ηράκλειο, φυτεμένο με ελιές, ποικιλίας 'Κορωνέικη», ηλικίας τριών ετών. Η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε και γινόταν η εφαρμογή, ενώ το χειμώνα, λόγω βροχόπτωσης, υπήρχε κίνηση στα βαθύτερα στρώματα. Το τελευταίο έρχεται σε αντίθεση με τα δικά μας ευρήματα, καθ' όσον η εμφάνιση του υπόγειου υδροφόρου στρώματος, κατά τους χειμερινούς μήνες, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση ή τη διατήρηση των τιμών της συγκέντρωσης του εδαφικού Na^+ , στα ίδια επίπεδα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Bourazanis, G., Katsileros, A., Kosmas, C., & Kerkides, P. (2016). The Effect of Treated Municipal Wastewater and Fresh Water on Saturated Hydraulic Conductivity of a Clay-Loamy, Soil. *Water Resour Manage* , Vol 30,8: 2867-2880, DOI 10.1007/s11269-016-1307-9.
2. Pollice, A., Lopez, A., Laera, G., Rubino, P., & Lonigr, A. (2004). Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. *Science of the Total Environment* , 324 201–210 doi:10.1016/j.scitotenv.2003.10.018.
3. Qian, Y. L., & Mecham, B. (2005). Long-term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways. *Agron. J.* , 97, 717-721.
4. Rusan, M. J., Sami Hinnawi, S., & Laith Rousan, L. (2007). Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters . *Desalination* , 215 143–152.
5. Bedbabis, S., Rouina, B. B., Boukhris, M., & Ferrara, G. (2014). Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. *J. Environ. Manage.* , 133, 45–50.
6. Petousia, I., Fountoulakis, M. S., Saru, M. L., Nikolaidis, N., Fletcher, L., Stentiford, E. I., και συν. (2015). Effects of reclaimed wastewater irrigation on olive (*Olea europaea* L.cv. 'Κορωνέικη') trees. *Agr. Water Manage.* , 160, 33–40.
7. G. Bourazanis, I. Argyrokastritis, P. Kerkides Proving the contribution of a seasonal shallow water table to Evapotranspiration In *Proceedings of the 10th WORLD CONGRESS on Water Resources and Environment "Panta Rhei"*, Theme VII Agricultural Water Management Athens, Greece, Jul 2017

Συγκριτική αξιολόγηση δύο υδρολογικών μοντέλων στην προσομοίωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας σε δάσος αειφύλλων πλατυφύλλων

Μπουρλέτσικας Α.^{1*}, Αργυροκαστρίτης Ι.², Προύτσος Ν.¹, Μιχόπουλος Π.¹

¹Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ» (ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ),
Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέρμα Αλκμάνος, Αθήνα 115 28,

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Υδατικών Πόρων,
Ιερά Οδός 75, Αθήνα, 11855 *Συγγραφέας αλληλογραφίας

Περίληψη: Στην εργασία αυτή έγινε μια συγκριτική αξιολόγηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (AnWC) για τις φυσιολογικές λειτουργίες της βλάστησης σε μια πειραματική δασική επιφάνεια αειφύλλων πλατυφύλλων της Δυτικής Ελλάδας, με την εφαρμογή δύο μοντέλων (WBS3 και WaterBalance-WB). Το βάθος του εδάφους ήταν μέχρι τα 70 cm και η χρονική περίοδος της μελέτης ήταν 6 χρόνια (2013-2018). Σε ετήσια βάση, το WBS3 υπερεκτιμά την AnWC κατά 2,56% ενώ το WB την υποεκτιμά κατά 7,52%. Τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για τις ημερήσιες τιμές έδειξαν ότι και τα δύο μοντέλα αυξομειώνουν την AnWC σε συνάρτηση με την εμφάνιση των βροχοπτώσεων και μάλιστα με ισχυρούς R^2 (0,879 - WBS3 και 0,878 - WB). Το εύρος των ημερήσιων τιμών μέσα στο έτος κυμαίνεται από 12,1 mm έως 102,9 mm (WBS3) και από 0,3 mm έως 122,6 mm (WB). Οι στατιστικοί δείκτες που ελέγχθηκαν επιβεβαιώνουν πως ενδείκνυται η χρήση τους για την προσομοίωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας σε παρόμοια δασικά περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχουν δεδομένα πεδίου.

Λέξεις κλειδιά: συγκριτική αξιολόγηση, υγρασία εδάφους, αείφυλλα-πλατύφυλλα, δάσος

Εισαγωγή-Σκοπός: Η εδαφική υγρασία ίσως είναι ο σπουδαιότερος οικολογικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών αφού η έλλειψή της επηρεάζει περισσότερο από κάθε άλλον οικολογικό παράγοντα την παραγωγή οργανικής ουσίας [1]. Οι σημειακές μετρήσεις στο πεδίο (in situ) από αισθητήρες ή δίκτυα εδάφους χαρακτηρίζονται από υψηλή ακρίβεια και επιτρέπουν συνεχή παρακολούθηση, όμως είναι χρονοβόρες και κοστοβόρες. Οπότε, είτε χρησιμοποιούνται προϊόντα τηλεπισκόπησης, είτε μοντέλα προσομοίωσης των παραμέτρων ενδιαφέροντος. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια συγκριτική αξιολόγηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (AnWC), για τις φυσιολογικές λειτουργίες της βλάστησης σε μια πειραματική δασική επιφάνεια αειφύλλων πλατυφύλλων της Δυτικής Ελλάδας, με την εφαρμογή δύο μοντέλων (WBS3 και WaterBalance), με σκοπό τη διερεύνηση της αξιοπιστίας χρήσης τους σε παρόμοια περιβάλλοντα στα οποία υπάρχει έλλειψη μετρήσεων πεδίου.

Υλικά και Μέθοδοι: Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας έγιναν σε τρεις (3) θέσεις και σε τέσσερα (4) βάθη (5 cm, 20 cm, 40 cm και 70 cm), ενώ η διαπερώσα βροχή μετρήθηκε με 25 ογκομετρικά βροχόμετρα σε τυχαία διασπορά μέσα στην πειραματική επιφάνεια. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες εδάφους παράχθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού RETC [2]. Τα χαρακτηριστικά της πειραματικής επιφάνειας φαίνονται στον Πίνακα 1, μαζί με υπολογιζόμενα εδαφικά μεγέθη της υδατοϊκανότητας (θ_{FC}), του σημείου μάρανσης (θ_{WP}) και της διαθέσιμης για τη βλάστηση μέγιστης εδαφικής υγρασίας (Max AnWC).

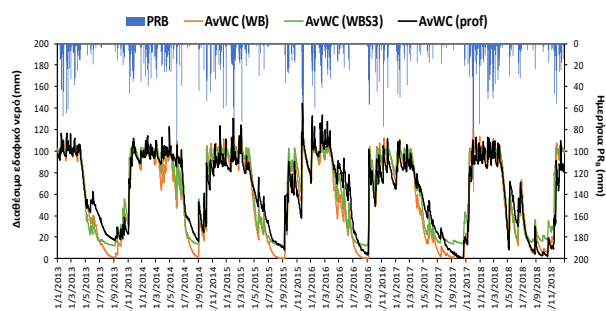
Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά βλάστησης και εδάφους της πειραματικής επιφάνειας

Περιοχή	Υψόμετρο (m)	Εμβαδόν (m ²)	Μητρικό υλικό	Κυρίαρχη Βλάστηση	θ_{FC} (cm ³ /cm ³)	θ_{WP} (cm ³ /cm ³)	Max AnWC (mm)
Βαρετάδα Αμφιλοχίας	340	1.485	Φλύσχος	Αριά, φυλλίκι, κουμαριά	0,111	0,258	102,9

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές των μετρήσεων του εδαφικού προφίλ και των αντίστοιχων προσομοιωμένων με τα δύο μοντέλα καθώς και τα ημερήσια κατακρημνίσματα. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας καθώς και τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης (a, b και R^2) και των στατιστικών δεικτών MBE, RMSE, d (index of agreement) και EF (model efficiency) παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 [3].

Τα δύο μοντέλα που εξετάστηκαν δεν αποτελούν φυσικά μοντέλα που προσομοιάζουν τη θερμοδυναμική της διαδικασίας εξάτμισης, αλλά καθαρά υδρολογικά μοντέλα εκτίμησης των συστατικών του υδατικού ισοζυγίου [4, 5], με το WB να αποτελεί σε γενικές γραμμές μια παραλλαγή του μοντέλου εκτίμησης των συστατικών του υδατικού ισοζυγίου της SCS (Soil Conservation Service).

Η ανάλυση του ετήσιου χρονικού βήματος έδειξε ότι το WBS3 υπερεκτιμά την AnWC κατά 2,56% (64,1±8,6 mm) ενώ το WB την υποεκτιμά κατά 7,52% (57,8±9,1 mm). Το εύρος των ημερήσιων τιμών μέσα στο έτος κυμαίνεται από 12,1 mm έως 102,9 mm (WBS3) και από 0,3 mm έως 122,6 mm (WB) (Σχήμα 1). Τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για τις ημερήσιες τιμές έδειξαν πολύ καλή



Σχήμα 1. Ημερήσιες τιμές της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας και ημερήσια βροχόπτωση.

συσχέτιση με υψηλούς R^2 (0,879 - WBS3 και 0,878 – WB), ενώ οι στατιστικοί δείκτες d και EF είχαν εξίσου υψηλές τιμές (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Δείκτες γραμμικής παλινδρόμησης και στατιστικοί δείκτες ελέγχου της προσομοίωσης της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας με την εφαρμογή των μοντέλων WBS3 και WB σε σχέση με τις μετρημένες (Προφίλ).

Χρονικό βήμα	AnWC	MO	SD	a	B	R ²	MBE	RMSE	D	EF
Ημερήσιες Τιμές	Προφίλ	62,5	34,4							
(n = 2191 ημέρες)	WBS3	64,1	36,2	0,987	2,427	0,879	1,6	12,7	0,915	0,863
	WB	57,8	38,9	1,040	-3,119	0,878	-0,6	13,4	0,907	0,848

Όσον αφορά στην υγρή περίοδο (Οκτώβριος – Μάρτιος του επόμενου έτους) και τα δύο μοντέλα αυξομειώνουν την AnWC σε συνάρτηση με την εμφάνιση των βροχοπτώσεων (Σχήμα 1). Αυτό καταδεικνύει, πως η διαδικασία της προσομοίωσης της διήθησης του νερού στην εδαφική κατατομή, λειτουργεί πολύ καλά. Ομοίως και για την αποστράγγιση. Εξαιτίας όμως της διαφοράς τους στις παραδοχές και στους περιορισμούς με τους οποίους σχεδιάστηκαν τα δύο μοντέλα εμφανίζουν διαφορετική γραμμή κλίσης στην αποστράγγιση. Αυτό έχει σαν συνέπεια στην ξηρή περίοδο του έτους (Απρίλιος – Σεπτέμβριος) να παρουσιάζουν μια υποεκτίμηση της AnWC κατά 10,88% (WBS3) και 28,20% (WB) (Σχήμα 1).

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της χρήσης δύο υδρολογικών μοντέλων έδειξαν πολύ καλή συμφωνία της αυξομείωσης της AnWC με τις βροχοπτώσεις κυρίως κατά την υγρή περίοδο του έτους. Συγκριτικά, το WBS3 να εμφανίζει ένα ελαφρύ προβάδισμα στα στατιστικά εξαιτίας της καλύτερης προσομοίωσης κατά την ξηρή περίοδο του έτους. Τέλος, οι στατιστικοί δείκτες που ελέγχθηκαν επιβεβαιώνουν πως και τα δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας σε παρόμοια δασικά περιβάλλοντα, όπου δεν υπάρχουν δεδομένα πεδίου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Shi et al. (2015), DOI: 10.1111/ejss.12272
2. Bourletsikas et al. (2023), DOI: 10.3390/hydrology10040093
3. Bourletsikas et al. (2018), DOI: 10.2166/nh.2017.232
4. Matzarakis, A., Mayer, H., Schindler, D., & Fritsch, J. (2000). Simulation des Wasserhaushaltes eines Buchenwaldes mit dem forstlichen Wasserhaushaltsmodell WBS3. Bericht Des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg, 5, 137-146.
5. Villalobos, F. J., & Fereres, E. (Eds.). (2016). Principles of agronomy for sustainable agriculture (p. 443457). New York, NY, USA: Springer.

Η επίδραση του περλίτη στην ανάπτυξη της βουκαμβίλιας (*Bougainvillea spectabilis*) κάτω από συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης

Παπαηλίου Σ., Γεωργίου Ε., Ζαφειρίου Ι., Ιωάννου Δ., Μάσσας Ι., Γασπαράτος Δ.

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

Περίληψη: Τις τελευταίες δεκαετίες, στο πλαίσιο της κάλυψης των παγκόσμιων επισιτιστικών αναγκών σε συνδυασμό με την ορθή αξιοποίηση των φυσικών πόρων, η ελλειμματική άρδευση μελετάται όλο και περισσότερο ως μέθοδος εξοικονόμησης νερού στη γεωργία. Παρόλο που η έρευνα έως σήμερα επικεντρώνεται στην παραγωγική γεωργία, απαιτείται μελέτη και στον τομέα των καλλωπιστικών φυτών που χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική τοπίου (landscaping), με παράλληλη αξιοποίηση υλικών που συμβάλλουν δραστικά στην ανταπόκριση του φυτού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, όπως ο περλίτης. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση του περλίτη στην ανάπτυξη της βουκαμβίλιας (*Bougainvillea sp.*) υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης. Για τον σκοπό αυτό, μελετήθηκαν δύο μεταχειρίσεις ελλειμματικής άρδευσης, οι οποίες συγκρίθηκαν με τη μεταχείριση της πλήρους δόσης άρδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως, μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην υδατική, θρεπτική και φυσιολογική κατάσταση του υπό μελέτη φυτού.

Λέξεις κλειδιά: περλίτης, βουκαμβίλια, ελλειμματική άρδευση

Εισαγωγή-Σκοπός: Ο περλίτης αποτελεί άμορφο ηφαιστειογενές υαλώδες αργίλιο-πυριτικής σύστασης πέτρωμα, το οποίο προέρχεται κυρίως από την ενυδάτωση του οψιδιανού [1], με το μεγαλύτερο ποσοστό των παγκόσμιων αποθεμάτων να εντοπίζονται στις μεσογειακές χώρες και, ειδικότερα, στην Τουρκία [2]. Όσον αφορά στις φυσικές και χημικές του ιδιότητες, πρόκειται για ένα υλικό με χαμηλή φαινόμενη πυκνότητα και θερμική αγωγιμότητα [3], υψηλά ποσοστά συγκράτησης νερού, χημική αδράνεια, υψηλή ικανότητα προσρόφησης νερού και πορώδες που κυμαίνεται από 70% έως 85%. [4].

Η βουκαμβίλια (*Bougainvillea sp.*) ανήκει στην οικογένεια Nyctaginaceae, η οποία περιλαμβάνει συνολικά περίπου 30 γένη και 370 είδη φυτών. Το γένος *Bougainvillea spp.* είναι κατά κύριο λόγο γνωστό για τα είδη *B. glabra*, *B. peruviana* και *B. spectabilis*, καθώς αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως ως καλλωπιστικά φυτά [5]. Η βέλτιστη ανάπτυξη της βουκαμβίλιας παρατηρείται σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας υψηλής έντασης, ενώ οι ιδανικές θερμοκρασίες για τα περισσότερα είδη κυμαίνονται από 18°C τη νύχτα έως και 24 – 35 °C την ημέρα. Επιπλέον, ικανοποιητική ανάπτυξή της παρατηρείται σε γόνιμα, καλώς αποστραγγιζόμενα και όξινα εδάφη (pH=5). Σε γενικότερο πλαίσιο, η βουκαμβίλια παρουσιάζει υψηλές αντοχές σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης και υψηλής αλατότητας. [6]

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η μελέτη της επίδρασης του περλίτη στην ανάπτυξη της βουκαμβίλιας, ως συστατικό υποστρώματος με αμμώδες έδαφος και compost υπό συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης.

Υλικά και Μέθοδοι: Σε πρώτο στάδιο, έγινε εγκατάσταση πειράματος σε δοχεία διαστάσεων 100×100×60 cm σε πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών τον Ιούνιο 2021, το οποίο ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο 2022. Χρησιμοποιήθηκαν 12 δοχεία, σε κάθε ένα από τα οποία εγκαταστάθηκαν φυτά *Bougainvillea spectabilis* (εμπορική ονομασία: *Bougainvillea Vera*) ηλικίας 3- 4 μηνών (Εικόνα 1). Η επίδραση του περλίτη στην ανάπτυξη των φυτών ελέγχθηκε μέσω της χρήσης δύο μιγμάτων υποστρωμάτων (Soil Substrates – S.S.): Αμμώδες έδαφος – compost – περλίτης σε αναλογία 70 – 10 – 20 v/v (S.S.1) και αμμώδες έδαφος - compost σε αναλογία 90 – 10 v/v (S.S.2) (Εικόνα 2). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις δόσεων άρδευσης (T1-100%, T2-75%, T3-50% της συνιστώμενης δόσης άρδευσης), με 4 επαναλήψεις η κάθε μία. Η μεταχείριση T1 εφαρμόστηκε στα δοχεία που περιείχαν το μίγμα S.S.2 και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, ενώ οι μεταχειρίσεις της ελλειμματικής άρδευσης (T2



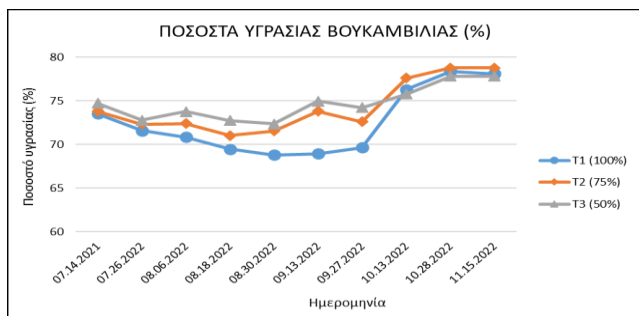
Εικόνα 1: Τοποθέτηση φυτών *Bougainvillea spectabilis* στα δοχεία καλλιέργειας



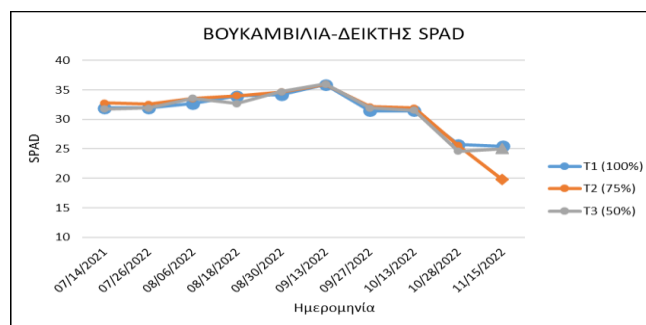
Εικόνα 2: Τοποθέτηση υποστρωμάτων σε στρώσεις μέσα στα δοχεία

και T3) στα δοχεία που περιείχαν το μίγμα S.S.1. Αρχικά, επαληθεύτηκαν εργαστηριακά οι φυσικοχημικές ιδιότητες των συστατικών των υποστρωμάτων (κοκκομετρική σύσταση, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα). Στη συνέχεια, ανά 10 περίπου ημέρες, λαμβάνονταν δείγματα φυτικών ιστών και εξετάζονταν το ποσοστό υγρασίας τους, η περιεκτικότητά τους σε μακροθρεπτικά στοιχεία (N, P, K) και ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Cu, Zn), ενώ μετρήθηκαν οι δείκτες NDVI και SPAD, προκειμένου να παραμετροποιηθεί η ευρωστία του φυτού.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Κατά τη διάρκεια του πειράματος, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ποσοστών υγρασίας των φυτικών ιστών μεταξύ των μεταχειρίσεων T1 (100% της προτεινόμενης δόσης άρδευσης) και T2 (75% της προτεινόμενης δόσης άρδευσης με προσθήκη περλίτη). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των δεικτών NDVI και SPAD, επιτρέπει την υπόθεση πως η χρήση του περλίτη ως συστατικό υποστρώματος καθιστά ασφαλή για το φυτό την ελάττωση της δόσης άρδευσης έως και 25%. Αναφορικά με τη μεταχείριση T3 (50% της προτεινόμενης δόσης άρδευσης με προσθήκη περλίτη), το ποσοστό υγρασίας στους φυτικούς ιστούς παρουσίασε ελάχιστη τιμή 72,37% (πέμπτη δειγματοληψία) και μέγιστη τιμή 77,83% (δέκατη δειγματοληψία). Σε κάποιες δειγματοληψίες, είναι εμφανές πως τα ποσοστά υγρασίας στις μεταχειρίσεις της ελλειμματικής άρδευσης (T2, T3) εμφανίζονται υψηλότερα σε σχέση με τα αντίστοιχα της μεταχείρισης T1. Παρόλο που οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές, εξάγεται το συμπέρασμα πως η ανάπτυξη της βουκαμβίλιας ήταν κανονική και ευνοήθηκε από την παρουσία του περλίτη στο υπόστρωμα ανάπτυξής της (Γράφημα 1). Εξετάζοντας τις τιμές του NDVI, η ελάχιστη τιμή του δείκτη για τη μεταχείριση T1 ισούται με 0,63 και παρατηρείται στην δέκατη δειγματοληψία, ενώ η μέγιστη τιμή παρατηρείται στην τέταρτη δειγματοληψία και είναι ίση με 0,76. Αντιστοίχως, το εύρος των τιμών του NDVI για τη μεταχείριση T2 κυμαίνεται μεταξύ του 0,65 και του 0,76, ενώ για τη μεταχείριση T3 λαμβάνει τιμές μεταξύ 0,64 και 0,76. Όπως και στα ποσοστά υγρασίας των φυτικών ιστών, οι τιμές του NDVI δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων T1 και T2. Επίσης, παρατηρείται πτωτική τάση των τιμών του δείκτη με την πάροδο του χρόνου, αναμενόμενο γεγονός που οφείλεται στη μειωμένη ανάπτυξη της βουκαμβίλιας κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι τιμές του δείκτη SPAD κυμαίνονται μεταξύ 25,43 και 35,9 για τη μεταχείριση T1, μεταξύ 19,75 και 35,93 για τη μεταχείριση T2 και μεταξύ 24,60 και 35,98 για τη μεταχείριση T3. Ομοίως με τις τιμές του NDVI, έτσι και αυτές του δείκτη χλωροφύλλης παρουσιάζουν πτωτική τάση με την πάροδο του χρόνου, επιβεβαιώνοντας πως η πτώση αυτή οφείλεται στη μειωμένη ανάπτυξη της βουκαμβίλιας κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι τιμές του δείκτη SPAD δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων, όπως συμβαίνει και με τις παραμέτρους που αναλύθηκαν παραπάνω (Γράφημα 2). Τέλος, όσον αφορά στη θρεπτική κατάσταση της βουκαμβίλιας, οι μετρήσεις των ιχνοστοιχείων και των μακρο-θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς δεν ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη τάση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις τους στα φύλλα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων T1, T2 και T3. Ωστόσο, όπου παρατηρούνται σημαντικές διαφορές, η συγκέντρωση των στοιχείων στα φύλλα εμφανίζεται υψηλότερη στις μεταχειρίσεις T2 και T3. Δεδομένου πως δεν παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των ποσοστών υγρασίας των φυτικών ιστών, το φαινόμενο αυτό φαίνεται να οφείλεται στην παρουσία του περλίτη στα υποστρώματα των μεταχειρίσεων T2 και T3 που ίσως παρεμπόδιζε την έκπλυση των



Γράφημα 1: Διακύμανση του ποσοστού υγρασίας στους φυτικούς ιστούς της βουκαμβίλιας, για τις τρεις μεταχειρίσεις, κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Γράφημα 2: Διακύμανση των τιμών του δείκτη SPAD στους φυτικούς ιστούς της βουκαμβίλιας, για τις τρεις μεταχειρίσεις, κατά τη διάρκεια του πειράματος.

θρεπτικών στοιχείων και τα κατέστησε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα διαθέσιμα για πρόσληψη από το φυτό. Ωστόσο, η υπόθεση αυτή χρειάζεται να μελετηθεί και να επιβεβαιωθεί από πείραμα διαφορετικού σχεδιασμού.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων, όσον αφορά στο ποσοστό υγρασίας και τη θρεπτική κατάσταση των φυτικών ιστών της βουκαμβίλιας, αλλά και την ευρωστία των φυτών. Επομένως, είναι εφικτό να ελαττωθεί η άρδευση έως και 50% χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και την ευρωστία των φυτών. Επιπλέον, θα πρέπει να εντατικοποιηθεί η έρευνα με παρόμοια πειράματα σε άλλους τύπους εδαφών, αλλά και σε περιοχές με εντονότερες ξηροθερμικές συνθήκες, ώστε να εξεταστεί σε μεγαλύτερο εύρος πεδοκλιματικών συνθηκών η επίδραση της ελλειμματικής άρδευσης παρουσία περλίτη σε διαφορετικές καλλιέργειες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Maxim et. al (2014), DOI: 10.3109/08958378.2014.881940
- Πατεράκης Πέτρος (2013), “Συγκριτική αξιολόγηση εγχώριων υποστρωμάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους για παραγωγή τομάτας σε θερμοκήπιο”, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Αθήνα
- Angelopoulos et al. (2016), DOI: 10.1088/1757-899X/123/1/012061
- Samar, M., & Saxena, S. (2016). “Study of chemical & physical of Perlite & its application in India”. *International Journal of Science and Management*, Vol. No.5, Issue No.4, April 2016
- Hammad, I. (2009), “Genetic Variation among Bougainvillea glabra Cultivars (Nyctaginaceae) Detected by Rapid Markers and Isozymes Patterns”. Botany Dept., Faculty of Science, Helwan University, Egypt. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(1): 63-71, 2009, *INSInet Publication*
- Kobayashi KD et al. (2007). “Bougainvillea”. Honolulu (HI): University of Hawaii. 12 p. (Ornamentals and Flowers; OF-38).

Εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας με τη χρήση του ηλεκτρομαγνητικού αισθητήρα EM38-MK2 στη Λακωνία

Πετσετίδη Π.Α., Κάργας Γ., Λόντρα Π.

Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, ΓΠΑ, Αθήνα

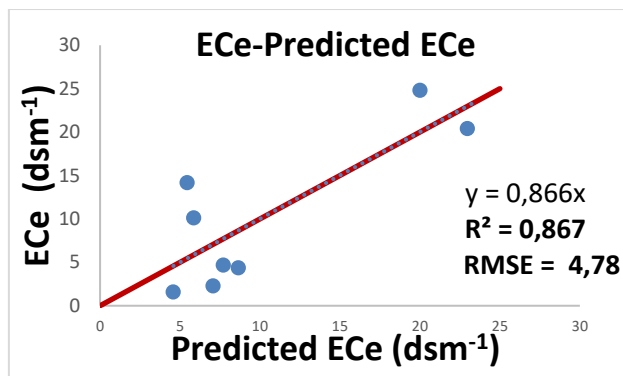
Περίληψη: Η εκτεταμένη αύξηση της εδαφικής αλατότητας που παρατηρείται παγκοσμίως και προσδιορίζεται εργαστηριακά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος της πάστας κορεσμού (EC_e), απαιτεί τη χρήση άμεσων μεθόδων και σύγχρονων αισθητήρων για την έγκαιρη και ακριβή εκτίμησή της. Σήμερα, η εδαφική αλατότητα μπορεί να εκτιμηθεί άμεσα και χωρίς τη διατάραξη του εδάφους με τη χρήση αισθητήρων ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής που μετρούν τη φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_a) απευθείας στον αγρό και σε διαφορετικά βάθη εδάφους. Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας (EC_e) σε επιφανειακό βάθος (0-30 cm), χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, EM38-MK2. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν σημειακές μετρήσεις της EC_a με το EM38-MK2 σε οριζόντιο προσανατολισμό (EMH_{0.5}) σε διαφορετικές περιοχές της νότιας Λακωνίας και συλλέχθηκαν εδαφικά δείγματα για τον προσδιορισμό της EC_e και των εδαφικών ιδιοτήτων. Πραγματοποιήθηκε γραμμική συσχέτιση μεταξύ των τιμών EMH_{0.5} και EC_e και εφαρμόστηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (MLR) για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης EC_e . Η γραμμική σχέση EMH_{0.5} - EC_e ($R^2=0.65$) και οι καλές προβλέψεις του μοντέλου ($R^2 = 0.86$) αποτελούν ενθαρρυντικά πρώτα ευρήματα για την εκτίμηση της αλατότητας με το EM38-MK2 στα ελληνικά εδάφη. Επίσης, παρατηρήθηκε πως η προσθήκη του ποσοστού της αργίλου βελτιώνει σημαντικά τις εκτιμήσεις του μοντέλου ($R^2 = 0.94$).

Λέξεις Κλειδιά: εδαφική αλατότητα, ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, EM38-MK2, EC_e , MLR

Εισαγωγή-Σκοπός: Η αύξηση της αλατότητας των εδαφών σε παγκόσμια κλίμακα και οι δυνητικά σοβαρές περιβαλλοντικές της επιπτώσεις απαιτούν την έγκαιρη εκτίμησή της με προσιτά εργαλεία και άμεσες μεθόδους. Η πρότυπη μέθοδος προσδιορισμού της εδαφικής αλατότητας που στηρίζεται στη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού (EC_e) είναι μια χρονοβόρα και κοπιαστική διαδικασία. Αντιθέτως, η μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC_a) σε διαφορετικά βάθη και χωρίς τη διατάραξη της εδαφικής κατατομής, από αισθητήρες ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (EMI), όπως το EM38-MK2 (Geonics Ltd.), αποτελεί μια έμμεση, πρακτική και εύκολη εναλλακτική προσέγγιση προσδιορισμού της. Ωστόσο, οι μελέτες που χρησιμοποιούν το όργανο για την εδαφική αλατότητα στην Ελλάδα είναι περιορισμένες. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας (EC_e) με τη χρήση του EM38-MK2 σε βάθος εδάφους 0-30cm, σε περιοχές της Λακωνίας. Επίσης, εξετάζεται η επίδραση των μετρήσεων του αισθητήρα και των εδαφικών ιδιοτήτων στην πρόβλεψη της EC_e με την εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (MLR).

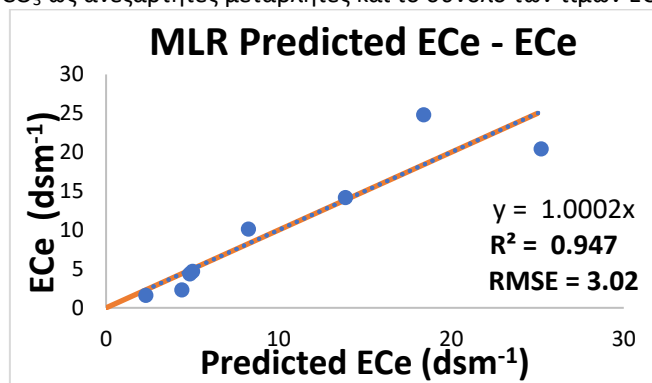
Υλικά και Μέθοδοι: Οι μετρήσεις EC_a πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του ηλεκτρομαγνητικού αισθητήρα EM38-MK2 σε 4 διαφορετικές αγροτικές περιοχές, στη νότια Λακωνία. Σε κάθε περιοχή, ύστερα από κατάλληλη βαθμονόμηση του αισθητήρα, το EM38-MK2 τοποθετούνταν στην επιφάνεια του εδάφους σε οριζόντιο προσανατολισμό και με την απόσταση πηνίου-δέκτη 0.5m, η οποία αντιστοιχεί σε εύρος βάθους εδάφους έως 0.375m, λαμβάνονταν η ένδειξη της EC_a , ως EMH_{0.5}. Σε κάθε περιοχή γίνονταν 2 σημειακές μετρήσεις EMH_{0.5}. Αφού ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις, συλλέχθηκαν επιφανειακά εδαφικά δείγματα βάθους 0-30 cm, από κάθε σημείο μέτρησης. Στα συνολικά 8 δείγματα έγινε προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης, του ποσοστού των ανθρακικών αλάτων, $CaCO_3$, και της EC_e . Για την εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας από τον αισθητήρα EM38-MK2 έγινε γραμμική συσχέτιση των τιμών EMH_{0.5} με τις τιμές EC_e . Επίσης, εφαρμόστηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (MLR) με τις EMH_{0.5} και όλα τα εδαφικά δεδομένα ως ανεξάρτητες μεταβλητές και το σύνολο των τιμών EC_e ως εξαρτημένη μεταβλητή. Για την αξιολόγηση των μοντέλων στη πρόβλεψη της EC_e χρησιμοποιήθηκαν ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, RMSE.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα εδάφη της περιοχής μελέτης παρουσιάζουν διαφορετική μηχανική σύσταση (SiCL, SiL, L, L, SL, SCL, SiC), με εύρος ποσοστού αργίλου (14-44%), άμμου (11-62%) και ιλύος (20-58%). Η περιεκτικότητα του ανθρακικού ασβεστίου είναι 9,6-31% ενώ η EC_e όπως προσδιορίστηκε στα εδαφικά δείγματα κυμαίνεται σε ένα εύρος τιμών από 2 έως και 20 $ds\ m^{-1}$. Οι τιμές EMH_{0.5} που κατέγραψε ο αισθητήρας EM38-MK2 στο πεδίο κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα από 0.35 έως 2.57 $ds\ m^{-1}$. Από τη συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων EMH_{0.5} του αισθητήρα και των τιμών EC_e , παρατηρήθηκε μια καλή θετική γραμμική σχέση ($R^2= 0.657$). Η γραμμική αυτή σχέση συνιστά σημαντικό εύρημα που υποδηλώνει πως οι μετρήσεις του αισθητήρα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας στο πεδίο. Από το γραμμικό μοντέλο που προέκυψε, έγινε πρόβλεψη των τιμών EC_e και δημιουργήθηκε γράφημα με τις πειραματικές και προβλεπόμενες τιμές EC_e για την αξιολόγηση του μοντέλου (Σχήμα 1).



Σχήμα 1.

Όπως παρατηρήθηκε, το μοντέλο μπορεί να εκτιμήσει ικανοποιητικά ($R^2=0.86$) τις τιμές της EC_e με σχετικά μικρό σφάλμα ($RMSE=4.78$). Για τις τιμές $EC_e > 20 \text{ dSm}^{-1}$ όπου οι προβλεπόμενες τιμές εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια, οι αντίστοιχες μετρήσεις του αισθητήρα $EMH_{0.5}$ παρουσιάζουν τιμές πάνω από 2 dSm^{-1} . Στις περιπτώσεις αυτές, έχει αποδειχτεί πως η αλατότητα του εδάφους είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές του αισθητήρα EM38-MK2, ενώ η επίδραση άλλων εδαφικών παραγόντων θεωρείται αμελητέα [1]. Αντιθέτως, στα χαμηλότερα επίπεδα αλατότητας, όπου οι τιμές $EMH_{0.5}$ είναι κάτω από 2 dSm^{-1} , παρουσιάζεται μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ προβλεπόμενων και πραγματικών τιμών EC_e , γεγονός που υποδεικνύει τη πιθανή επίδραση άλλων εδαφικών ιδιοτήτων στις μεταβολές της EC_e . Για να ελεγχτεί η επίδραση των εδαφικών παραγόντων στην εκτίμηση της EC_e εφαρμόστηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (MLR) με τις μετρήσεις των $EMH_{0.5}$, των ποσοστών της άμμου, αργίλου, ιλύος και του $CaCO_3$ ως ανεξάρτητες μεταβλητές και το σύνολο των τιμών EC_e , ως εξαρτημένη μεταβλητή.



Σχήμα 2.

Από την MLR ανάλυση, το μοντέλο πρόβλεψης EC_e που προέκυψε με το υψηλότερο συντελεστή προσαρμογής ($R^2= 0.94$) και το μικρότερο σφάλμα ($RMSE= 3.02 \text{ dSm}^{-1}$) είχε την μορφή: $EC_e (0-30\text{cm}) = 12.83 EMH_{0.5} + 0.569 \text{ Αργίλος} - 16.97$. Το MLR μοντέλο παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης συγκριτικά με το γραμμικό μοντέλο και υποδεικνύει πως η παραλλακτικότητα στις τιμές της EC_e σε βάθος 0-30cm μπορεί να ερμηνευθεί από τις τιμές $EMH_{0.5}$ του αισθητήρα και το ποσοστό της αργίλου, κατά ποσοστό 94% (Σχήμα 2). Η προσθήκη του ποσοστού της αργίλου φαίνεται πως βελτιώνει τις προβλέψεις της EC_e και μειώνει σημαντικά το σφάλμα του μοντέλου. Παρόμοιο αποτέλεσμα παρατηρήθηκε από τους Visconti and Paz [2], με την προσθήκη της αργίλου και της εδαφικής υγρασίας ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ιδιαίτερη βελτίωση εμφανίζεται κυρίως στις τιμές $EMH_{0.5} < 2 \text{ dSm}^{-1}$, επιβεβαιώνοντας την υπόθεση πως υπό αυτές τις συνθήκες, οι εδαφικές ιδιότητες όπως η υφή του εδάφους επηρεάζουν τις εκτιμήσεις της EC_e . Επομένως, η επίδρασή τους θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων EC_e [3].

Συμπεράσματα: Η καλή γραμμική σχέση μεταξύ των μετρήσεων $EMH_{0.5}$ του EM38-MK2 και των τιμών EC_e ($R^2= 0.657$) καθώς και οι ικανοποιητικές προβλέψεις των μοντέλων που προέκυψαν με τα δεδομένα του αισθητήρα σε επιφανειακό βάθος (0-30cm) ($R^2=0.86$, $R^2= 0.94$) συνιστούν ενθαρρυντικά ευρήματα για την αποτελεσματικότητα του EM38-MK2 στην εκτίμηση της εδαφικής αλατότητας στο πεδίο. Στις υψηλές τιμές αλατότητας όπου το μηχάνημα εμφανίζει τιμές $EMH_{0.5} > 2 \text{ dSm}^{-1}$, διαπιστώθηκε πως η εδαφική αλατότητα είναι ο κυριότερος παράγοντας επίδρασης στις εκτιμήσεις της EC_e και το μοντέλο πρόβλεψης παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα. Σε χαμηλότερα επίπεδα αλατότητας ωστόσο, επιπλέον εδαφικές ιδιότητες όπως ο εδαφικός τύπος, ίσως χρειάζεται να ληφθούν υπόψη για τη μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία των μοντέλων EC_e . Τέλος, συστήνεται περαιτέρω διερεύνηση της χρήσης του EM38-MK2 σε διαφορετικά βάθη εδάφους για την εκτίμηση της παραλλακτικότητας των υδατοδιαλυτών αλάτων στην εδαφική κατατομή και τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης EC_e κατά βάθος.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Corwin, D.L.; Lesch, S.M. Protocols and Guidelines for Field-Scale Measurement of Soil Salinity Distribution with EC_a -Directed Soil Sampling. J. Environ. Eng. Geophys. **2013**, *18*, 1–25.
2. Visconti, F.; De Paz, J.M. Field Comparison of Electrical Resistance, Electromagnetic Induction, and Frequency Domain Reflectometry for Soil Salinity Appraisal. Soil Syst. **2020**, *4*, 61.
3. Brevik, E.C.; Fenton, T.E. Influence of soil water content, clay, temperature, and carbonate minerals on electrical conductivity readings taken with an EM-38. Soil Survey Horiz. Spring **2002**, *43*, 9–13.

Ενότητα 6: Χαρτογράφηση & Αξιολόγηση εδαφών

Προσέγγιση γεωχωρικής ανάλυσης για τη διερεύνηση των επιδράσεων της πυρκαγιάς στη βλάστηση, στο έδαφος και στην υδρολογία σε μια μεσογειακή λεκάνη απορροής

Γραβάνη Σ.Π.¹, Δοσιάδης Ε.¹, Γιώβος Ρ.¹, Σούλης Κ.Χ.¹, Καλύβας Δ.¹

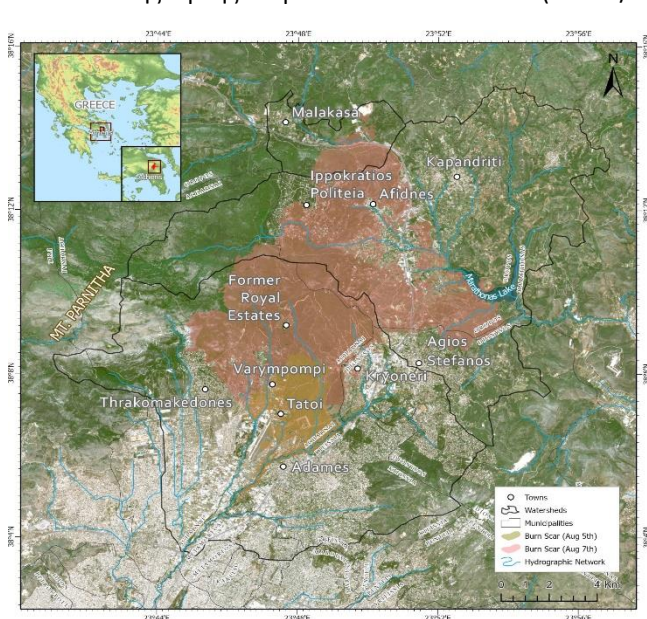
¹Ερευνητική Μονάδα GIS, Τομέας Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, Ελλάδα

Περίληψη: Στις λεκάνες απορροής με Μεσογειακό κλίμα οι πυρκαγιές επηρεάζουν τη βλάστηση, το έδαφος, την υδρολογία και τα οικοσυστήματα λόγω των απότομων αλλαγών στην κάλυψη γης και της επίδρασης της φωτιάς στις εδαφικές ιδιότητες. Στην Ελλάδα, οι δασικές πυρκαγιές επηρεάζουν σημαντικά την υδρολογία της λεκάνης απορροής λόγω των σύντομων, υψηλής έντασης βροχοπτώσεων και των ξηρών, θερμών καλοκαιριών. Ο αντίκτυπος των δασικών πυρκαγιών στις ιδιότητες του εδάφους καθορίζεται από διάφορους παράγοντες και επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στην υδρολογική δίαιτα σε συνδυασμό με την απώλεια της βλάστησης. Η σημαντικότερη αλλαγή είναι η αύξηση της επιφανειακής απορροής που έχει σαν συνέπεια την επιδείνωση του πλημμυρικού κινδύνου και την αύξηση της διάβρωσης των εδαφών. Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη διερεύνηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς που συνέβη στην Βαρυμπόμπη το 2021 και των επιπτώσεών της στη βλάστηση, το έδαφος και την υδρολογία. Αρχικά, οριοθετείται η καμένη έκταση και εκτιμάται και χαρτογραφείται η δριμύτητα της πυρκαγιάς. Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα μοντέλο παλινδρόμησης για την εκτίμηση της αναγέννησης της βλάστησης με βάση ιστορικά δεδομένα ανάλυσης της αναγέννησης της βλάστησης μετά από πυρκαγιές στην ευρύτερη περιοχή, καθώς και άλλες τοπογραφικές και κλιματικές μεταβλητές. Στη συνέχεια, αναλύονται και χαρτογραφούνται οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στα εδάφη της περιοχής με συστηματικές επιτόπιες μετρήσεις, εργαστηριακές μετρήσεις και μεθόδους τηλεπισκόπησης. Βάσει αυτών των πληροφοριών, αναλύονται συστηματικά οι επιπτώσεις στις υδρολογικές διεργασίες και την υδρολογική συμπεριφορά της πληγείσας περιοχής.

Λέξεις Κλειδιά: Πυρκαγιά, χρήσεις γης, πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, αναβλάστηση, υδρολογία

Εισαγωγή-Σκοπός: Οι πυρκαγιές στη Μεσόγειο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανανέωση της βλάστησης, όμως η εντονότερη επίδρασή τους αφορά στη μείωση της γονιμότητας του εδάφους και καταστροφή των δασικών εκτάσεων. Ο αντίκτυπος των πυρκαγιών επεκτείνεται στα χαρακτηριστικά του εδάφους, συμπεριλαμβανομένης της καταστροφής της οργανικής ύλης και της διατάραξης της δομής του εδάφους [1,2]. Οι επιπτώσεις αυτές, σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις, οδηγούν σε αυξημένη επιφανειακή απορροή και διάβρωση του εδάφους, επηρεάζοντας σημαντικά την υδρολογική συμπεριφορά και αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας [3,4]. Η αποκατάσταση μετά την πυρκαγιά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος βλάστησης, η σοβαρότητα της καύσης και οι κλιματικές συνθήκες [1, 2]. Οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης και GIS βοηθούν στην παρακολούθηση και αξιολόγηση αυτών των επιπτώσεων. Η μελέτη εξετάζει την επίδραση της πυρκαγιάς που παρατηρήθηκε στη Βαρυμπόμπη (2021) στη βλάστηση, το έδαφος και την υδρολογία, χαρτογραφώντας την καμένη έκταση, εκτιμώντας την ανάκαμψη της βλάστησης και αξιολογώντας τις ιδιότητες του εδάφους για την κατανόηση των υδρολογικών αλλαγών.

Υλικά και Μέθοδοι: Η πληγείσα περιοχή βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή των ανατολικών πλαγιών του όρους Πάρνηθα στα δυτικά και της λίμνης Μαραθώνα στα ανατολικά (23°41'/57' E, 38°3'/15' N) (Εικόνα 1).

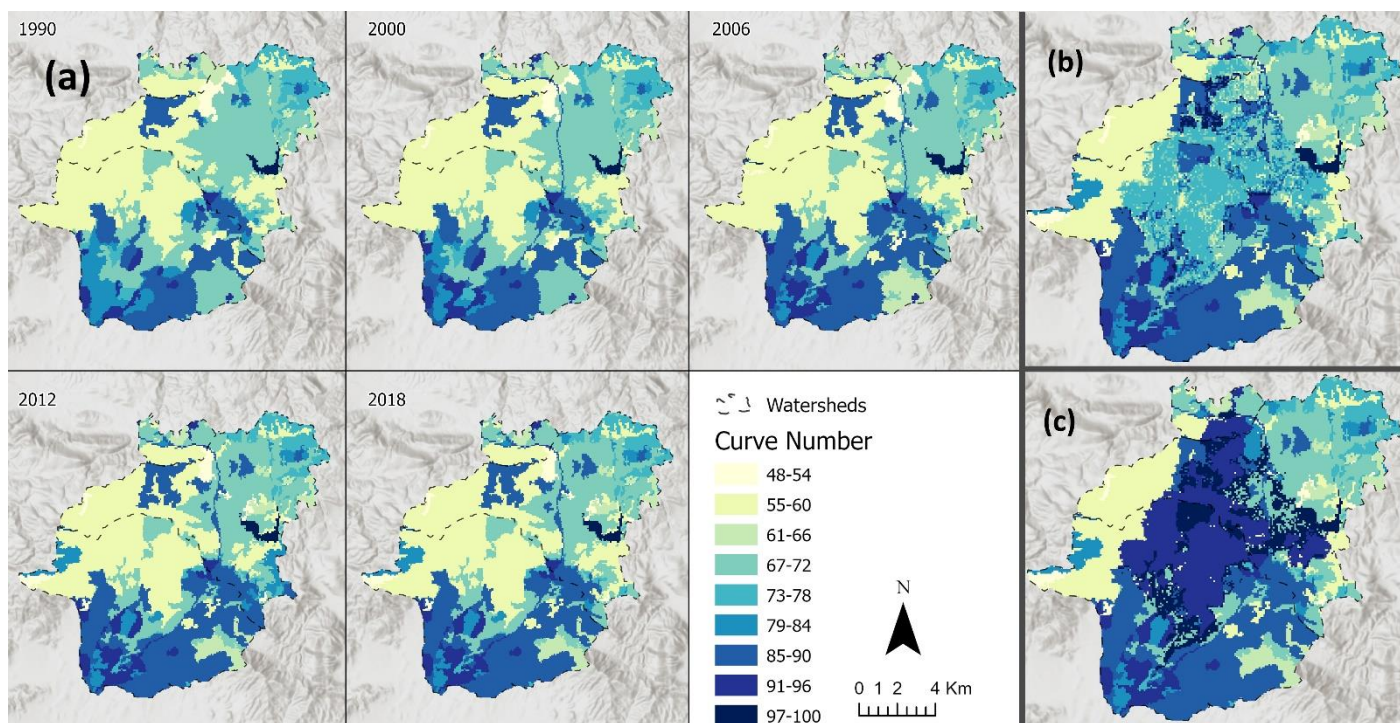


Η ανάλυση βασίζεται σε διάφορες πηγές δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων δορυφορικών εικόνων, τοπογραφικών, εδαφολογικών, υδρομετεωρολογικών, ιστορικών δεδομένων πυρκαγιών και δεδομένων κάλυψης γης. Οι εικόνες ελεύθερης πρόσβασης από τα πολυφασματικά δορυφορικά συστήματα Sentinel-2 και Landsat 5 και 7 ελήφθησαν από το Google Earth Engine. Οι εικόνες Landsat 5 TM και Landsat 7 ETM με χωρική ανάλυση 30 m χρησιμοποιήθηκαν για τη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων από ιστορικές πυρκαγιές το 1986 και το 1987 στη Βαρυμπόμπη και το Κρουονέρι, αντίστοιχα. Επιπλέον, συλλέχθηκαν 20 εικόνες NDVI, μία για κάθε έτος που ακολούθησε αυτά τα περιστατικά πυρκαγιάς μέχρι το 2006, χρησιμοποιώντας τα κανάλια Red και NIR. Με τις εικόνες αυτές μελετήθηκε η πορεία της αποκατάστασης της βλάστησης και δημιουργήθηκε το μοντέλο αναβλάστησης.

Εικόνα 1: Γεωγραφική θέση της πληγείσας περιοχής από την πυρκαγιά στη Βαρυμπόμπη το 2021 και των γειτονικών λεκανών απορροής.

Για την υδρολογική ανάλυση, κατασκευάστηκε ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) με βάση τις υψομετρικές γραμμές 20 m και υψομετρικά σημεία από τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:50.000 από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Τέλος, το κύριο διαθέσιμο σύνολο δεδομένων που απεικονίζει τις χρήσεις γης και την κάλυψη γης είναι το CORINE Land Cover του προγράμματος Copernicus

της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι πηγές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στο περιβάλλον, το έδαφος και την υδρολογία της περιοχής.



Εικόνα 2: a) Εύρος CN πριν από την πυρκαγιά για τα έτη αναφοράς CLC. Τα εύρη μετά την πυρκαγιά μετά την εφαρμογή των δύο μεθόδων για το 2018: b) σύμφωνα με τις κλάσεις δριμύτητας της καύσης [3] και c) αύξηση κατά 36 μονάδες των τιμών CN [4].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Έγινε εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της αναβλάστησης με χρήση τιμών του δείκτη NDVI για την επόμενη δεκαετία. Τα σύμπλοκα κάλυψης εδάφους-χρήσεων γης που προέκυψαν για τα διάφορα έτη αναφοράς σε συνδυασμό με τους πίνακες που περιλαμβάνονται στην τεκμηρίωση SCS-CN δίνουν το χάρτη κατανομής των αριθμών καμπύλης απορροής (CN). Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης παρουσιάζει σχετικά μικρές έως μέτριες τιμές αριθμού καμπύλης απορροής (CN), με τις υψηλότερες τιμές CN να εντοπίζονται κυρίως στις αστικοποιημένες περιοχές. Οι τιμές CN στις καμένες περιοχές μοιάζουν πολύ με εκείνες των αστικοποιημένων ζωνών (Εικόνα 2).

Κατά τη διάρκεια των ετών από το 1990 έως το 2018, παρατηρείται σταδιακή αύξηση του όγκου απορροής, η οποία αποδίδεται κυρίως στην αυξημένη αστικοποίηση, ιδίως στα χαμηλότερα υψόμετρα. Μετά την πυρκαγιά, παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση των τιμών απορροής και στις δύο προσεγγίσεις, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη διαπερατότητα στις καμένες περιοχές.

Επιπλέον, η επίδραση της πυρκαγιάς οδηγεί σε απότομη και σημαντική αύξηση του όγκου απορροής, αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμύρας. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εμφανές και στις δύο μεθόδους εκτίμησης [3,4], με τη μέθοδο [4] να προβλέπει μεγαλύτερη αύξηση.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα της μελέτης τονίζουν το μέγεθος της επίδρασης των δασικών πυρκαγιών στην υδρολογική συμπεριφορά των υδρολογικών λεκανών και ιδιαίτερα στην μεγάλη αύξηση της επιφανειακής απορροής. Φαίνεται όμως επίσης ότι η επίδραση αυτή δεν είναι μόνιμη αλλά η λεκάνη επανέρχεται σταδιακά στην αρχική της κατάσταση σε μία περίοδο περίπου 5 ετών. Η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να παράσχει σημαντικά δεδομένα για την αποκατάσταση και την προστασία των περιοχών που έχουν πληγεί από πυρκαγιές. Επίσης, σημαντικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας σε διάφορα σημεία του υδρολογικού δικτύου και για την επιλογή των περιοχών όπου απαιτούνται παρεμβάσεις για τη μείωση της απορροής.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Moffet et al. (2007). DOI: 10.1016/j.catena.2007.03.008
2. Pierson et al. (2008). DOI: 10.1002/hyp.6904
3. Higginson and Jarnecke 2007. Salt Creek BAER-2007 burned area emergency response. Hydrology Specialist Report, pp. 1-11.
4. Soulis (2018). DOI: 10.1080/02626667.2018.1501482

Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης των εδαφών μιας ευρείας περιοχής της Θεσσαλίας με χρήση των μεθοδολογιών RUSLE ΚΑΙ PESERA

Καΐρης Ο.¹, Κοπανέλης Δ.¹, Κοσμάς Κ.¹

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη: Στο πλαίσιο έργου χρηματοδοτούμενου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ), εφαρμόστηκε το μοντέλο εκτίμησης της υδατικής διάβρωσης των εδαφών PESERA, σε 3 αντιπροσωπευτικές αγροτικές περιοχές της Ελλάδας μεταξύ των οποίων και σε μεγάλο τμήμα του Θεσσαλικού πεδίου, με σκοπό να καταγραφεί το ποσοστό των δεσμευμένων με μέτρα του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης (ΠΑΑ) εκτάσεων, σε περιοχές που παρουσιάζουν κίνδυνο υδατικής διάβρωσης. Επειδή δεν υπήρχαν δεδομένα εδαφικών ιζημάτων κατά το έτος εφαρμογής του μοντέλου, στη βάση των οποίων θα μπορούσε να επικυρωθεί, και προκειμένου να υπάρξει μια ακριβέστερη οριοθέτηση της ευαισθησίας των εδαφών στη διάβρωση, εφαρμόστηκε συνδυαστικά με το μοντέλο PESERA το μοντέλο RUSLE για το ίδιο έτος και την ίδια περιοχή μελέτης. Η συνδυαστική αυτή εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία είχε σκοπό να οδηγήσει σε έναν περισσότερο αξιόπιστο χωρικό εντοπισμό των εδαφών που κινδυνεύουν από διάβρωση, στις περιοχές που και τα 2 μοντέλα θα συμφωνούσαν. Πράγματι, στα αποτελέσματα των 2 μοντέλων καταγράφηκαν παρόμοιες τάσεις ευαισθησίας των εδαφών στη διάβρωση, που εντοπίζονται κυρίως στο Νοτιοανατολικό και στο Βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης. Όπως ήταν αναμενόμενο, το μοντέλο PESERA έδωσε συνολικά περισσότερο εξομαλυσμένα αποτελέσματα σε σχέση με το RUSLE, καθώς κατέταξε την πλειονότητα των εδαφών σε μικρές κλάσεις κινδύνου διάβρωσης.

Λέξεις κλειδιά: Διάβρωση εδαφών, Μοντέλα προσομοίωσης, Αξιολόγηση εδαφών

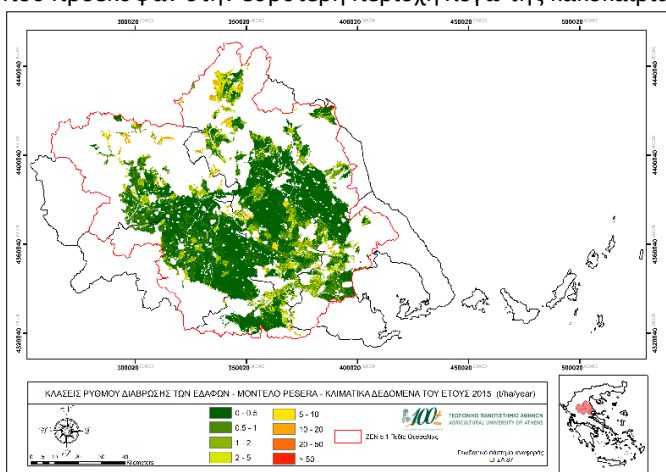
Εισαγωγή-Σκοπός: Τα πλέον ευρέως και παγκοσμίως χρησιμοποιούμενα μοντέλα περιφερειακής κλίμακας [1] για την εκτίμηση των μέσων ετήσιων εδαφικών απωλειών, λόγω επιφανειακής κατά στρώσεις και αυλακωτής υδατικής διάβρωσης (σε τόνους ανά εκτάριο), είναι αυτά που υπαγορεύονται από τις μεθοδολογίες RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) [2], και PESERA (Pan – European Soil Erosion Risk Assessment) [3]. Τα δύο προαναφερόμενα μοντέλα είναι επαρκώς συγκρίσιμα μεταξύ τους [4] αν και υπάρχουν ενδείξεις πως και τα δύο μοντέλα υπερεκτιμούν την υδατική διάβρωση, και συγκεκριμένα το RUSLE σε όλες τις κατηγορίες των κλίσεων ενώ το PESERA στις μικρές κλίσεις της επιφάνειας των εδαφών [5]. Σκοπό αυτής της εργασίας αποτελεί η συνδυαστική εφαρμογή και χρήση των δύο μεθοδολογιών σε περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΠΣ) για τον ακριβέστερο εντοπισμό των ευαίσθητων στη διάβρωση εδαφών του εδαφολογικού χάρτη της χώρας, εντός των ορίων της Ευπρόσβλητης από Νιτρορύπανση Ζώνης (ZEN) της Θεσσαλίας, η οποία περιλαμβάνει κυρίως πεδινά αλλά και λοφώδη εδάφη.

Υλικά και Μέθοδοι: Η εφαρμογή του μοντέλου RUSLE πραγματοποιήθηκε συνεκτιμώντας: α) τον παράγοντα διαβρωτικότητας των βροχοπτώσεων R στη βάση των κλιματικών δεδομένων του έτους 2015 και χρήση της μηνιαίας βροχόπτωσης για τις ημέρες που σημειώθηκαν περισσότερα από 10 mm, β) τον παράγοντα διαβρωσιμότητας των εδαφών K μέσω χωρικής παρεμβολής των τιμών της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών από τον εδαφολογικό χάρτη της Ελλάδας, γ) τον παράγοντα επίδρασης της τοπογραφίας LS ως προϊόν του Ευρωπαϊκού Κέντρου Εδαφολογικών Δεδομένων, δ) τον παράγοντα επίδρασης της κάλυψης και διαχείρισης της γης C μέσω των μέσων ετήσιων τιμών του σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και ε) τον παράγοντα P επίδρασης των υποστηρικτικών πρακτικών αποτροπής της διάβρωσης με χρήση τη μέσης ευρωπαϊκής στατιστικής τιμής του για την Ελλάδα. Η εφαρμογή του μοντέλου PESERA πραγματοποιήθηκε υπολογίζοντας τα 93 απαραίτητα επίπεδα πληροφορίας τα οποία διακρίνονται: α) σε 72 όσον αφορά τις κλιματικές φυσικές και στατιστικές παραμέτρους του έτους 2015, β) σε 6 αναφορικά με τις εδαφικές παραμέτρους στη βάση της εδαφολογικής χαρτογράφησης της χώρας, γ) σε 1 σχετικό με την τοπογραφία με χρήση DEM χωρικής ανάλυσης 25 m [6], και δ) σε 16 που σχετίζονται με την επικρατούσα βλάστηση, χρήση γης και διαχείριση βάσει των δηλώσεων κατά ΟΣΔΕ του έτους 2015.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της εφαρμογής των 2 μοντέλων κατέγραψαν συνολικά μια περισσότερο μετριοπαθή και ρεαλιστική προσέγγιση του μοντέλου PESERA σε αντίθεση με το RUSLE, όσον αφορά το φαινόμενο της υδατικής διάβρωσης των εδαφών. Ειδικότερα, στην κατηγορία των μικρών ρυθμών υδατικής διάβρωσης (0-1 τόνους/εκτάριο/έτος) το μοντέλο PESERA απέδωσε το 79,9% των μελετώμενων εδαφών ενώ το μοντέλο RUSLE το 30,3% αντίστοιχα. Στις κλάσεις του μέτριου κινδύνου υδατικής διάβρωσης (1-5 τόνους/εκτάριο/έτος), το μοντέλο PESERA κατέγραψε το 17,0% των εδαφών που εξετάστηκαν και το μοντέλο RUSLE το 46,2% των εδαφών αυτών. Ως εδάφη υψηλού κινδύνου υδατικής διάβρωσης (>5 τόνους/εκτάριο/έτος) σύμφωνα με το PESERA χαρακτηρίστηκαν το 3,1% των υπό μελέτη εδαφών και σύμφωνα με το RUSLE το 23,4% των εδαφών αυτών. Το μοντέλο PESERA στα σχεδόν επίπεδα και ελαφρώς κεκλιμένα εδάφη (κλίσεις 0-6%) κατέγραψε κυρίως πολύ μικρές τιμές υδατικής διάβρωσης με το 55,3% αυτών των εδαφών να παρουσιάζουν πολύ μικρό κίνδυνο διάβρωσης (< 0.5 τόνους/εκτάριο/έτος), το 11,8% των εδαφών να εντάσσεται στην κλάση μικρού κινδύνου διάβρωσης (0,5-1 τόνους/εκτάριο/έτος), οι κλάσεις του μετρίου κινδύνου διάβρωσης (1-2 τόνους/εκτάριο/έτος) να αντιστοιχούν στο 5,2% των εδαφών αυτών των κλίσεων και μόλις το 3,9% των εδαφών να κατατάσσεται στον υψηλό κίνδυνο διάβρωσης (2-10 τόνους/εκτάριο/έτος), ενώ πολύ υψηλός κίνδυνος διάβρωσης (10-20 τόνους/εκτάριο/έτος) καταγράφηκε στο 0,2% των εδαφών αυτών. Αντίστοιχα το RUSLE στα σχεδόν επίπεδα και ελαφρώς κεκλιμένα εδάφη (κλίσεις 0-6%) κατέγραψε κυρίως μέτριες προς υψηλές τιμές υδατικής διάβρωσης με το 7% αυτών των εδαφών να παρουσιάζουν πολύ μικρό κίνδυνο διάβρωσης (< 0.5

τόνους/εκτάριο/έτος), το 23% των εδαφών να εντάσσεται στην κλάση μικρού κινδύνου διάβρωσης (0,5-1 τόνους/εκτάριο/έτος), οι κλάσεις του μετρίου κινδύνου διάβρωσης (1-2 τόνους/εκτάριο/έτος) να αντιστοιχούν στο 26% των εδαφών αυτών των κλίσεων και το 19% των εδαφών να κατατάσσεται στον υψηλό κίνδυνο διάβρωσης (2-10 τόνους/εκτάριο/έτος), ενώ πολύ υψηλό κίνδυνο διάβρωσης καταγράφηκε στο 2% αυτών των εδαφών. Επομένως από τα αποτελέσματα της εργασίας γίνεται σαφές ότι παρόλο που το PESERA αποδίδει τιμές διάβρωσης στις μικρές κλίσεις εδαφών, αυτές κυρίως αφορούν πολύ μικρό ή μικρό κίνδυνο διάβρωσης ενώ αντίθετα το RUSLE στα ίδια σχεδόν επίπεδα ή ελαφρώς κεκλιμένα εδάφη κατέγραψε μια μετατόπιση των αποτελεσμάτων του προς τις υψηλές τιμές ρυθμού διάβρωσης και κατά συνέπεια προς τον υψηλό κίνδυνο διάβρωσης. Όσον αφορά τη χωρική τοποθέτηση των αποτελεσμάτων των 2 μοντέλων, παρατηρείται μια μερική συμφωνία μεταξύ τους, ως προς την ευαισθησία των εδαφών στην υδατική διάβρωση, που εντοπίζεται κυρίως στα Νοτιοανατολικά και στα Βόρεια της περιοχής μελέτης. Η συμφωνία αυτή έχει αποκλειστικά ποιοτικό χαρακτήρα ως προς τις καταγραφόμενες τάσεις και σε καμία περίπτωση δεν συνεπάγεται ομοιότητα στα εύρη τιμών του ρυθμού υδατικής διάβρωσης των εδαφών των 2 μοντέλων. Από την ανάλυση αυτή, φαίνεται επίσης ότι το RUSLE παρουσιάζει μια ιδιαίτερη ευαισθησία στο να αποδίδει υψηλότερες τιμές διάβρωσης από το PESERA αν και μια τέτοια τελική διατύπωση θα ήταν δυνατή μόνο μετά από την ολοκλήρωση αρκετών επόμενων εφαρμογών των μοντέλων και εργασιών οι οποίες θα εξέταζαν τις ακραίες τιμές σε ειδικές συνθήκες όπως για παράδειγμα σε πολύ υψηλές κλίσεις ή σε ιδιαίτερα μικρά βάθη εδαφών. Φυσικά πολύ σημαντικό ζήτημα στην εφαρμογή οποιουδήποτε μοντέλου προσομοίωσης είναι το θέμα της επικύρωσής του με τη χρήση πειραματικών δεδομένων απώλειας εδαφικών ιζημάτων μετά από κάποιο ακραίο συμβάν βροχόπτωσης. Η περίπτωση της Θεσσαλίας, μετά το καιρικό φαινόμενο Daniel, καθίσταται ιδανική για την εφαρμογή των μοντέλων PESERA και RUSLE, στα κλιματικά δεδομένα του 2023, με σκοπό την επικύρωση των αποτελεσμάτων τους.

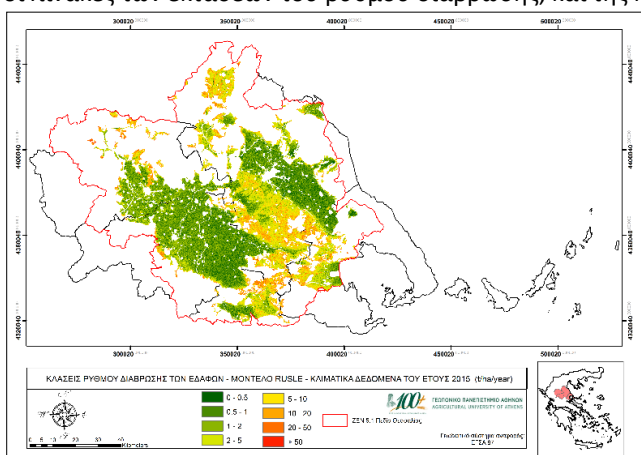
Συμπεράσματα: Τα μοντέλα εκτίμησης του ρυθμού διάβρωσης των εδαφών PESERA και RUSLE, αν και διαφορετικά από τη φύση τους, κατέγραψαν παρόμοιες τάσεις ευαισθησίας των εδαφών στην υδατική διάβρωση με τον κίνδυνο να εντοπίζεται κυρίως στα Νοτιοανατολικά και στα Βόρεια της περιοχής μελέτης. Το PESERA κατέγραψε συνολικά περισσότερο ήπιες τάσεις κινδύνου διάβρωσης των εδαφών σε αντίθεση με το RUSLE. Για την εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων στην περιοχή μελέτης κρίνεται αναγκαία περαιτέρω έρευνα εφαρμογής των μοντέλων η οποία μεταξύ άλλων θα αξιοποιήσει και μετρήσεις εδαφικών ιζημάτων που προέκυψαν στην ευρύτερη περιοχή λόγω της κακοκαιρίας Daniel.



Κλάσεις διάβρωσης σε τόνους/εκτάριο/έτος	Κλίσεις 0-6%	Κλίσεις 6-20%	Κλίσεις >20%
<0.5	55.3%	7.9%	0.9%
0.5-1.0	11.8%	3.6%	0.7%
1.0-2.0	5.2%	3.7%	0.7%
2.0-5.0	3.3%	2.9%	1.0%
5.0-10.0	0.6%	1%	0.3%
10.0-20.0	0.2%	0.5%	0.2%
20.0-50.0	0.0%	0.1%	0.1%
>50.0	0.0%	0.0%	0.0%

Κλάσεις διάβρωσης σε τόνους/εκτάριο/έτος	Ποσοστό (%) επί της έκτασης της περιοχής μελέτης
<0.5	63.8
0.5-1.0	16.1
1.0-2.0	9.7
2.0-5.0	7.3
5.0-10.0	1.9
10.0-20.0	1.0
20.0-50.0	0.2
>50.0	0.0

Εικόνα 1: Ο χάρτης του ρυθμού διάβρωσης των εδαφών σε τόνους ανά εκτάριο το χρόνο (t/ha/year) του μοντέλου PESERA και οι πίνακες των εκτάσεων του ρυθμού διάβρωσης, και της κατανομής της κλίσης στις κλάσεις διάβρωσης.



Κλάσεις διάβρωσης σε τόνους/εκτάριο/έτος	Κλίσεις 0-6%	Κλίσεις 6-20%	Κλίσεις >20%
<0.5	7%	0%	0%
0.5-1.0	23%	1%	0%
1.0-2.0	26%	1%	0%
2.0-5.0	14%	5%	0%
5.0-10.0	5%	7%	1%
10.0-20.0	2%	5%	2%
20.0-50.0	0%	1%	1%
>50.0	0%	0%	0%

Κλάσεις διάβρωσης σε τόνους/εκτάριο/έτος	Ποσοστό (%) επί της έκτασης της περιοχής μελέτης
<0.5	7.0
0.5-1.0	23.3
1.0-2.0	27.2
2.0-5.0	19.0
5.0-10.0	13.2
10.0-20.0	8.1
20.0-50.0	2.1
>50.0	0.0

Εικόνα 2: Ο χάρτης του ρυθμού διάβρωσης των εδαφών σε τόνους ανά εκτάριο το χρόνο (t/ha/year) του μοντέλου RUSLE και οι πίνακες των εκτάσεων του ρυθμού διάβρωσης, και της κατανομής της κλίσης στις κλάσεις διάβρωσης.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Li P., Zang Y., Ma D., Yao W., Holden J., Irvine B., Zhao G. (2019). Soil erosion rates assessed by RUSLE and PESERA for a Chinese Loess Plateau catchment under land-cover changes. *Earth Surface Processes and Landforms*. 45. DOI: 10.1002/esp.4767.
- Renard, K.G., A., F.G., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C., 1997. Prediction of soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agric. Handbook 703*. USDA, Washington D.C.

3. Kirkby, M. J., Irvine, B. J., Jones, R. J. A., Govers, G. and PESERA team, 2008. The PESERA coarse scale erosion model for Europe. Model rationale and implementation. *European Journal of Soil Science* 59 (6) , pp. 1293-1306.
4. Panagos P., Meusburger K., Van Liedekerke M., Alewell C., Hiederer R., & Montanarella L. (2014-a). Assessing soil erosion in Europe based on data collected through a European network. *Soil Science and Plant Nutrition*, 60(1), 15–29. DOI: 10.1080/00380768.2013.835701.
5. Karamesouti, M., Petropoulos, P. G., Papanikolaou, D. I., Kairis, O. Kosmas K. Erosion rate predictions from PESERA and RUSLE at a Mediterranean site before and after a wildfire: Comparison & implications, *Geoderma*, Volume 261, 2016, Pages 44-58, ISSN 0016-7061, DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.06.025.
6. European Digital Elevation Model (EU-DEM) (*raster*) - version 1.1, Apr. 2016: part of the European Union's Copernicus Land Monitoring Service, <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/d08852bc-7b5f-4835-a776-08362e2fbf4b?activeAccordion=>.

Έλεγχος και γεωχωρική επεξεργασία των εδαφολογικών χαρτών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ για τη διευκόλυνση της συνένωσής τους με τον εδαφολογικό χάρτη Ελλάδος

Καλύβας Δ.^{1,2}, Καΐρης Ο.^{1,2}, Κοπανέλης Δ.^{1,2}, Νικητάκης Ε.²

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

²Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Περίληψη: Στο πλαίσιο ερευνητικού έργου χρηματοδοτούμενου από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ), παρελήφθησαν τα 204 ηλεκτρονικά αρχεία των διανυσματικών δεδομένων των Χαρτογραφικών Εδαφικών Μονάδων (ΧΕΜ) των εδαφολογικών χαρτών του πρώην Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικών Ερευνών (ΕΘΙΑΓΕ), με σκοπό τη γεωχωρική διόρθωσή τους προκειμένου να συνενωθούν με τον εδαφολογικό χάρτη της Ελλάδας [1]. Μετά τη διενέργεια ελέγχου στα 204 προαναφερόμενα αρχεία, όσον αφορά το περιεχόμενό τους, το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο είχαν αρχικά δημιουργηθεί και τη γενική χωρική τους τοποθέτηση, κρίθηκε απαραίτητο να πραγματοποιηθούν αρκετές γεωχωρικές επεξεργασίες σε 55 από αυτά. Οι εν λόγω επεξεργασίες κατηγοριοποιούνται στις ακόλουθες τέσσερις ομάδες: α) διορθώσεις ποιότητας γεωαναφοράς, β) γεωαναφορά και ψηφιοποίηση εξ αρχής, γ) διόρθωση διπλοτυπιών και χωρικών επικαλύψεων, και δ) προτυποποίηση των βάσεων δεδομένων των τελικών αρχείων. Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας το 26.9% των εδαφολογικών χαρτών των μελετών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ διορθώθηκαν γεωχωρικά ενώ συνολικά σε 111 αρχεία (54.4%) προτυποποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων τους. Τελικά, οι διορθώσεις και προτυποποιήσεις των γεωχωρικών αρχείων των εδαφολογικών μελετών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ, θα επιτρέψουν την ευχερέστερη και ακριβέστερη συνένωσή τους με τον εδαφολογικό χάρτη της χώρας, ο οποίος κατά αντιστοιχία θα συμπληρωθεί σημαντικά και θα παρέχει εδαφικά δεδομένα σε δύο διαφορετικές κλίμακες.

Λέξεις κλειδιά: Χαρτογράφηση εδαφών, Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ), Αξιολόγηση εδαφολογικών χαρτών

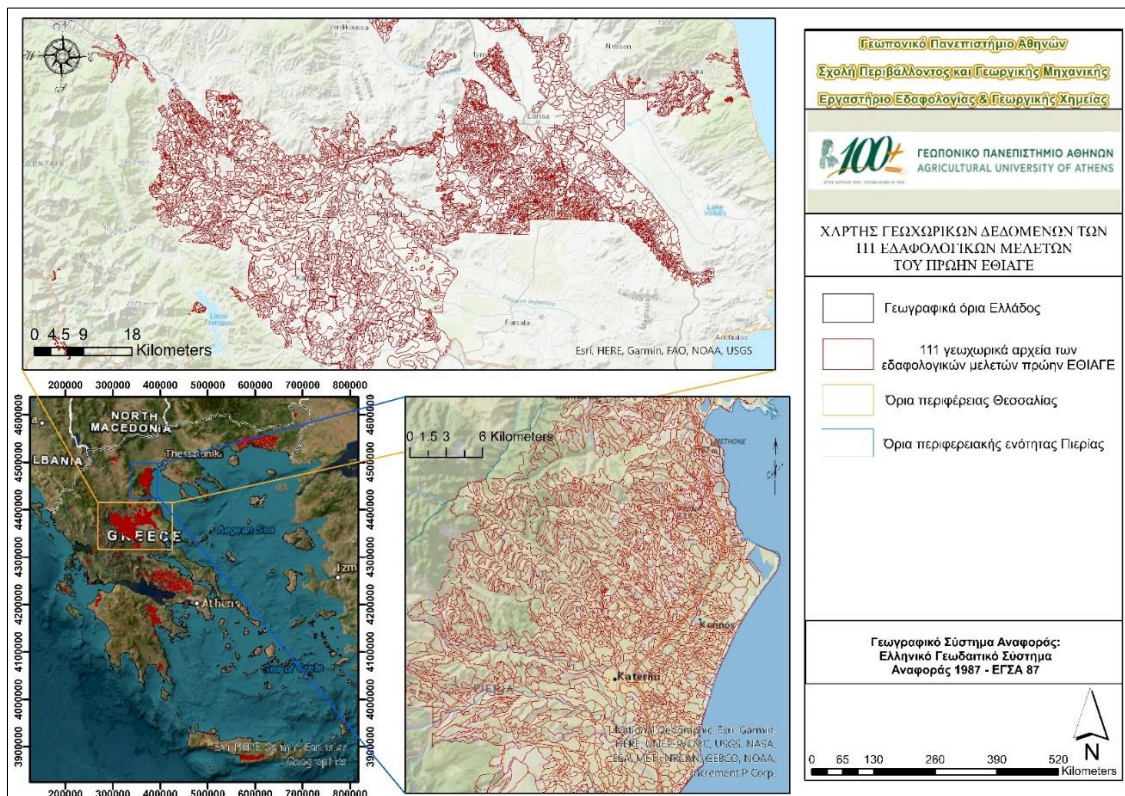
Εισαγωγή-Σκοπός: Λόγω παλαιότερων προσπαθειών κυρίως του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας του πρώην ΕΘΙΑΓΕ, υπάρχει πληθώρα εδαφολογικών μελετών και χαρτογραφήσεων λεπτομερούς κλίμακας (συνήθως 1:20.000), που καλύπτουν κατά προσέγγιση το 15% των γεωργικών εκτάσεων της Ελλάδας. Σχετικά πρόσφατα το ΥΠΑΑΤ χρηματοδότησε την κατάρτιση του εθνικού εδαφολογικού χάρτη σε ημιλεπτομερή κλίμακα (1:30.000) ο οποίος και συμπεριέλαβε περίπου το 80% των γεωργικών εκτάσεων της χώρας. Οι παλαιές και η νέα εδαφολογική χαρτογράφηση των γεωργικών εκτάσεων στην Ελλάδα παρουσιάζουν κάποιες χωρικές επικαλύψεις αλλά κυρίως οι δύο προσπάθειες αλληλοσυμπληρώνονται χωρικά. Τεχνικά οι δύο τύποι εδαφολογικών χαρτογραφήσεων, παλαιές και νέα, αναφέρονται σε διαφορετικές κλίμακες χαρτογράφησης και χρησιμοποιούν διαφορετικά σύμβολα χαρτογράφησης και συστήματα ταξινόμησης εδαφών. Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τον έλεγχο και την επεξεργασία των γεωχωρικών αρχείων των παλαιών εδαφολογικών χαρτών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ, με σκοπό τη διόρθωση ή τη βελτίωσή τους για την ευχερέστερη ενσωμάτωσή τους στον νέο εθνικό εδαφολογικό χάρτη.

Υλικά και Μέθοδοι: Ο ποιοτικός έλεγχος της ορθότητας της χωρικής τοποθέτησης των 204 ηλεκτρονικών γεωχωρικών αρχείων εκτελέστηκε μέσω της οπτικής εξέτασής τους σε υπόβαθρο δορυφορικών εικόνων του λογισμικού ArcGIS, με σκοπό την ανεύρεση τυχόν ασυμφωνιών μεταξύ των ορίων των ΧΕΜ και των τοπογραφικών χαρακτηριστικών του υποβάθρου, αλλά και τη χρήση της υπηρεσίας θέασης ορθοφωτοχαρτών της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. για την εξακρίβωση της ορθότητας ή μη κάποιων τοποθετήσεων λόγω μεταβολής των τοπογραφικών χαρακτηριστικών στη διάρκεια του χρόνου. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος διπλοτυπιών-επικαλύψεων μέσω οπτικής εξέτασης των διανυσματικών αρχείων στο ArcGIS. Η διαδικασία διόρθωσης χωρικής τοποθέτησης υλοποιήθηκε σε περιβάλλον ArcGIS ακολουθώντας δυο άξονες: α) την εξ' αρχής γεωαναφορά των πρωτογενών εδαφολογικών χαρτών και β) την ορθή χωρική προσαρμογή των υπάρχοντων διανυσματικών πολυγωνικών αρχείων (*χρήση της μεθόδου Rubbersheet λόγω της υψηλής προσαρμοστικότητάς της σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεθόδους*). Στις περιπτώσεις των διπλοτυπιών, για τη διατήρηση ή μη μελετών ή τμημάτων τους ελήφθησαν υπόψη η χρονολογία εκπόνησης, η κλίμακα του πρωτογενούς εδαφολογικού χάρτη, η λεπτομέρεια σχεδιασμού των ΧΕΜ και η φυσικότητα των ορίων των ακραίων ΧΕΜ. Στην πράξη προτιμήθηκαν νεότερες μελέτες με πιο λεπτομερή και φυσικό σχεδιασμό των ΧΕΜ όταν αντιπαραβάλλονταν με μελέτες παλαιότερης χρονολογίας ή μικρότερης κλίμακας.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Μετά την εξέταση των 204 γεωχωρικών ηλεκτρονικών αρχείων των εδαφολογικών μελετών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ όσον αφορά το περιεχόμενό τους, το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο είχαν αρχικά δημιουργηθεί και τη γενική χωρική τους τοποθέτηση, εξήχθησαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Ένα σημαντικό ποσοστό 29,9% του συνόλου των ηλεκτρονικών γεωχωρικών αρχείων των μελετών (61 από τα 204 αρχεία) δεν εμπεριείχε εδαφολογικούς χάρτες με την πληροφορία των ΧΕΜ και τα αντίστοιχα χαρτογραφικά τους σύμβολα στη βάση ενός συστήματος χαρτογράφησης – ταξινόμησης εδαφών. Αυτό ήταν αναμενόμενο για τις μελέτες που συντάχθηκαν έως τα μέσα της δεκαετίας του '70 (συνολικά 25 μελέτες) όπου και άρχισε να εφαρμόζεται η χρησιμοποίηση ενός ενιαίου και τυποποιημένου συστήματος χαρτογράφησης των ελληνικών γεωργικών εδαφών βάσει του προγράμματος «Κατάρτιση Εδαφολογικού Χάρτη της Χώρας». Οι προαναφερόμενες 61 μελέτες δεν περιλαμβάνουν πρωτογενή χαρτογραφικά εδαφολογικά δεδομένα, αλλά αντί αυτών χάρτες αρδευσιμότητας, εδαφικών τύπων (κοκκομετρίας), εδαφικών τάξεων, καταλληλότητας για ορισμένες καλλιέργειες, κ.λπ.. Ένα μη αμελητέο ποσοστό 7.8% του συνόλου των ηλεκτρονικών γεωχωρικών αρχείων των μελετών (16 από τα 204 αρχεία) δεν περιείχαν καθόλου ηλεκτρονικά γεωχωρικά διανυσματικά δεδομένα ΧΕΜ ή άλλων πολυγώνων και καταργήθηκαν. Από τα εναπομείναντα 127 αρχεία 16 καταργήθηκαν (3

λόγω απουσίας δεδομένων συμβατών με το χαρτογραφικό εδαφολογικό σύμβολο, 1 λόγω μη συμβατού τύπου ηλεκτρονικού αρχείου, 10 λόγω διπλοτυπίας ή επικάλυψης και 2 λόγω αδυναμίας γεωαναφοράς). Επομένως απέμειναν 111 αρχεία, από τα οποία τα 36 δεν παρουσίαζαν καλή χωρική τοποθέτηση στην κατάλληλη κλίμακα συνένωσης με τον εδαφολογικό χάρτη του Υποέργου7 και διορθώθηκαν. Επίσης 14 από τα 111 αρχεία εμπλέκονταν στην κατηγορία των διπλοτυπιών/επικαλύψεων και διορθώθηκαν ενώ ακόμα 5 αρχεία από τα 111 υπέστησαν και τους δύο τύπους επεξεργασιών, δηλαδή αυτών της χωρικής βελτίωσης και της διόρθωσης των διπλοτυπιών/επικαλύψεων. Καταλήγοντας, τα υπόλοιπα 56 από τα 111 αρχεία θεωρήθηκαν σωστά ως προς τη χωρική τοποθέτησή τους διότι δεν εντοπίστηκε κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Μετά τις ενέργειες διόρθωσης των προβλημάτων χωρικής τοποθέτησης και διπλοτυπιών-επικαλύψεων πραγματοποιήθηκε η προτυποποίηση των βάσεων δεδομένων των αρχείων, η οποία κρίθηκε αναγκαία λόγω της ποικιλομορφίας στο συμβολισμό των εδαφικών ιδιοτήτων των διαφόρων χαρτογραφίσεων. Συγκεκριμένα, τα χαρτογραφικά εδαφολογικά και μη δεδομένα των ηλεκτρονικών γεωχωρικών αρχείων, οργανώθηκαν σε 28 στήλες 20 εκ των οποίων αναφέρονται στις διάφορες κλάσεις ιδιοτήτων των χαρτογραφικών εδαφικών ιδιοτήτων, 2 αποτελούν στήλες λειτουργίας που δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται αυτόματα από το ArcMap, 2 αναφέρονται στον κωδικό της μελέτης και το νομό της περιοχής της μελέτης και 4 χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των διαφόρων τμημάτων του χαρτογραφικού εδαφικού συμβόλου. Με την ολοκλήρωση των ελέγχων και των επεξεργασιών της παρούσας εργασίας προτυποποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων 111 εδαφολογικών μελετών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ οι οποίες αντιστοιχούν σε 8.233.997 στρέμματα. Επίσης βελτιώθηκε η χωρική τοποθέτηση, ή δημιουργήθηκαν εξ' αρχής τα πολυγωνικά διανυσματικά αρχεία των ΧΕΜ 55 εδαφολογικών μελετών του πρώην ΕΘΙΑΓΕ, οι οποίες αντιστοιχούν σε 5.765.227 στρέμματα. Τελικά η οικεία εργασία αποτελεί μια σημαντική συνεισφορά στην ουσιαστική βελτίωση, συμπλήρωση και επέκταση του εθνικού εδαφολογικού χάρτη. Αυτό συμβαίνει καταρχάς διότι οι εδαφολογικές μελέτες του πρώην ΕΘΙΑΓΕ έχουν εκδοθεί σε λεπτομερέστερη κλίμακα (1:20.000) από την ονομαστική κλίμακα του εδαφολογικού χάρτη της χώρας (1:30.000) και γιατί με την ενσωμάτωσή τους σε αυτόν αυξάνουν την χαρτογραφημένη εδαφολογικά έκταση από 38.502.310 στρέμματα σε 46.736.307 στρέμματα.

Συμπεράσματα: Το εγχείρημα της συνδυαστικής αξιοποίησης της καταγεγραμμένης και ψηφιοποιημένης εδαφολογικής πληροφορίας της χώρας, που υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, έχει ως κύριο στόχο την αναβάθμιση του εδαφολογικού χάρτη της χώρας και τελικό σκοπό τη βελτίωση της εθνικής χωρικής βάσης δεδομένων των εδαφολογικών παραμέτρων. Προς την κατεύθυνση αυτή χρειάζεται περαιτέρω έρευνα όσον αφορά στη συμβατότητα των χαρτογραφικών συμβόλων των 2 τύπων εδαφολογικής χαρτογράφησης των γεωργικών εδαφών της Ελλάδας καθώς και στη δυνατότητα συνδυαστικής αξιοποίησης της ιδιότητας της ταξινόμησης των εδαφών για την οποία τα δύο διαφορετικά συστήματα χαρτογράφησης ακολουθούν διαφορετική μεθοδολογία.



Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Greek Payment and Control Agency for Guidance and Guarantee Community Aid - OPEKEPE (in Greek). Development of a Unified System for Geospatial Soil Data and the Delineation of the Rural Areas of the Country. Ministry of Rural Development and Food. 2014.
2. Υπηρεσία Θέασης Ορθοφωτογραφιών από την ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. (νυν Ελληνικό Κτηματολόγιο) μέσω της ιστοσελίδας: <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.asp>
3. Soil Survey Staff. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 1999. Second Edition.

Λεπτομερής χαρτογράφηση εδαφών Ιονίων Νήσων

Κολοβός Χ.^{1*}, Ζάγκλης Γ.¹, Τσιτσέλης Γ.¹, Καβασιλής Σ.¹, Κοσμίδης Σ.¹, Ντούλα Μ. Κ.¹

1 Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, Εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής Στεφάνου Δέλτα 8, Κηφισιά, Τ.Κ. 14561, Αθήνα, Ελλάδα, Τηλ: 2108180232, email: ch.kolovos@bpi.gr

Περίληψη: Η χαρτογράφηση και ταξινόμηση των εδαφών, είναι η διαδικασία συλλογής, ανάλυσης, αξιολόγησης και αποτύπωσης πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους (φυσικών και χημικών) καθώς και την χωρική τους κατανομή. Στόχος της χαρτογράφησης είναι η δημιουργία λεπτομερών χαρτών και βάσεων δεδομένων που παρέχουν πληροφορίες για διάφορους σκοπούς όπως η διαχείριση των εδαφικών πόρων, ο σχεδιασμός χρήσεων γης, η αειφορία και προστασία των πόρων. Στα πλαίσια του έργου Βιονίαν, διεξάχθηκε χαρτογράφηση εδαφών σε όλη την έκταση της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων κατά το σύστημα Yassoglou – Hengard [1], σε κλίμακα που ανήλθε σε περιοχές ενδιαφέροντος σε 1: 5000 και με χωρική μονάδα αναφοράς τη Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα (ΧΕΜ). Έγινε χρήση σύγχρονων γεωχωρικών τεχνολογιών που βοήθησαν τόσο στις εργασίες πεδίου όσο και στην παραγωγή υψηλής ποιότητας και λεπτομέρειας διαλειτουργικών δεδομένων. Οι συνολικές ΧΕΜ που προέκυψαν ήταν 874 ενώ μέχρι στιγμής έχουν ληφθεί 483 δείγματα εδάφους. Η συνολική χαρτογραφηθείσα έκταση ξεπέρασε τα 2,19 εκατ. στρ. με τις κυριότερες εδαφικές ομάδες να είναι τα Leptosols, Cambisols, Calcisols, Luvisols και Fluvisols.

Λέξεις κλειδιά: Έδαφος, Χαρτογράφηση, Ιόνιοι Νήσοι

Εισαγωγή-Σκοπός: Η χαρτογράφηση εδαφών απαντά σε δύο βασικά ερωτήματα τί έδαφος έχουμε και που. Οριοθετούνται χωρικά δηλαδή, ομοειδή εδάφη με βάση τις ιδιότητές τους, χρησιμοποιώντας διεθνώς αναγνωρισμένα συστήματα ταξινόμησης και κάποιο χαρτογραφικό σύμβολο. Σκοπός των εργασιών ήταν η προστασία και ανάδειξη της βιοποικιλότητας οικοσυστημάτων και περιοχών φυσικού κάλλους της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων. Χρησιμοποιώντας και αξιολογώντας την καταγεγραμμένη χωρικά εδαφική πληροφορία, η Περιφέρεια μπορεί να γνωρίζει και να προλαμβάνει τους κινδύνους υποβάθμισης και τις πιέσεις, για το σχεδιασμό και εφαρμογή αειφόρων στρατηγικών στους τομείς που σχετίζονται με το έδαφος και το νερό.

Υλικά και μέθοδοι: Η μελέτη διεξάχθηκε στο πλαίσιο του υποέργου 1 «Χαρτογράφηση εδαφών, βιοτόπων, γεωτόπων, οικοτόπων της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων και διάδοση των αποτελεσμάτων» της Πράξης «Δράσεις προστασίας και ανάδειξης βιοποικιλότητας οικοσυστημάτων και περιοχών φυσικού κάλλους της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων μέσω «έξυπνων» συστημάτων εντοπισμού, καταγραφής, ψηφιακής χαρτογράφησης και διαχείρισης πιέσεων»

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τα νησιά Ζάκυνθος, Ιθάκη, Κέρκυρα, Κεφαλονιά, Λευκάδα, Παξοί συνολικής έκτασης 2.192.360,28 στρ. εκ της οποίας, την στιγμή της συγγραφής της εργασίας δεν έχει χαρτογραφηθεί το 20% της έκτασης της Λευκάδας.

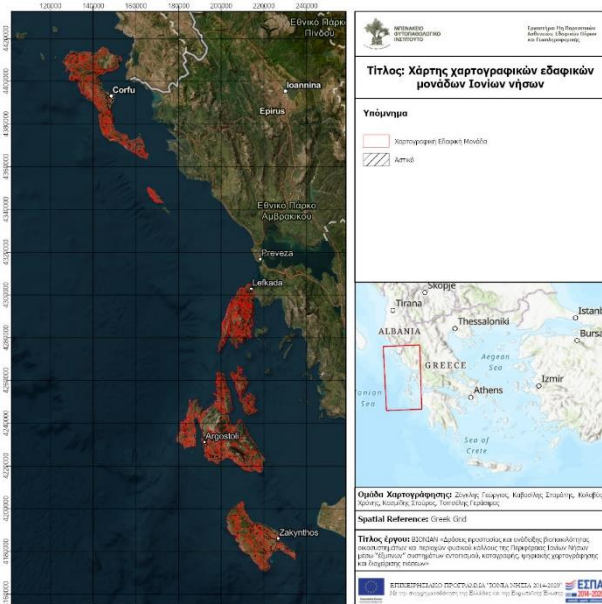
Ως σύστημα χαρτογράφησης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Yassoglou – Hengard [1] το οποίο έχει καθορισθεί ως το σύστημα χαρτογράφησης των εδαφών της χώρας. Η χωρική μονάδα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι η Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα (ΧΕΜ) που οριοθετεί εδάφη με παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες και διαφοροποιείται στο τοπίο από διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εδαφών όπως η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, η κοκκομετρική σύσταση, η υδρομορφία, το βάθος του εδάφους, το μητρικό υλικό, η εδαφογενετική εξέλιξη, κ.α. [2]

Οι ιδιότητες που καταγράφηκαν και συνθέτουν το χαρτογραφικό εδαφικό σύμβολο είναι: η κατάσταση υδρομορφίας του εδάφους, η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους στα βάθη 0–25 cm, 25–75 cm and 75–150 cm, η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, το βάθος του εδάφους, η περιεκτικότητα σε αδρομερή υλικά (πέτρες, χαλίκια), το μητρικό υλικό, ο βαθμός διάβρωσης, η παρουσία ανθρακικών αλάτων, η παρουσία περιοριστικού οριζοντα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αλκαλικότητα και η ταξινομική μονάδα. Καταγράφηκαν επίσης οι κύριες και δευτερεύουσες χρήσεις γης και οι καλλιέργειες.

Το σύστημα ταξινόμησης εδαφών που χρησιμοποιήθηκε είναι το “World Reference Base for Soil Resources (WRB) Taxonomy System” [3]. Το WRB αποτελείται από δύο ταξινομικές κατηγορίες αύξουσας σημαντικότητας: τα Reference Soil Groups (RSGs) και τα Principal and Supplementary Qualifiers. Αντιστοίχως, το σύστημα περιγραφής των εδαφών που χρησιμοποιήθηκε είναι το “GUIDELINES FOR SOIL DESCRIPTION (FAO 2005)”

Για τον χωρισμό των ΧΕΜ, την καταγραφή των ιδιοτήτων στο πεδίο, την χωρική ανάλυση, την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και την φωτοερμηνεία χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονες γεωχωρικές τεχνολογίες όπως UAS, ArcGIS pro, PIX4d, GPS, ArcGIS Field Maps κ.α.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Από την οριοθέτηση των εδαφών με την φυσιογραφική μέθοδο την διόρθωση των ορίων αλλά και τον λεπτομερέστερο διαχωρισμό στο πεδίο προέκυψαν 874 ΧΕΜ εξαιρουμένων των αστικών περιοχών. Έως τώρα έχουν ληφθεί 483 δείγματα εδάφους από 338 θέσεις και έχουν εξετασθεί σε 24 ιδιότητες. Έχουν ληφθεί επίσης αντίστοιχα δείγματα για εντοπισμό



πληθυσμού ακάρεων και υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και ανόργανων μορφών αζώτου. Δείγματα υδάτων από 131 θέσεις εξετάστηκαν σε 16 ιδιότητες.

Στη νήσο Ζάκυνθο η κυριότερη καλλιέργεια είναι οι ελιές. Τα εδάφη βρέθηκαν μετρίως λεπτόκκοκα σε ποσοστό 81,49%, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα σε ποσοστό 69,96%, βάθους 15 έως 30εκ. σε ποσοστό 48,66%, μη διαβρωμένα σε ποσοστό 88,33% και κυριότερων ταξινομικών ομάδων Leptosols σε ποσοστό 59,14% και Cambisols σε ποσοστό 26,38%.

Στη νήσο Ιθάκη η κυριότερη καλλιέργεια είναι οι ελιές. Τα εδάφη βρέθηκαν μετρίως λεπτόκκοκα σε ποσοστό 100%, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα σε ποσοστό 95,08%, βάθους 15 έως 30εκ. σε ποσοστό 51,45%, μη διαβρωμένα σε ποσοστό 87,80% και κυριότερων ταξινομικών ομάδων Leptosols σε ποσοστό 84,82% και Cambisols σε ποσοστό 15,18%.

Στη νήσο Κεφαλονιά η κυριότερη καλλιέργεια είναι οι ελιές. Τα εδάφη βρέθηκαν μετρίως λεπτόκκοκα σε ποσοστό 92,93%, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα σε ποσοστό 81,64%, βάθους 15 έως 30εκ. σε ποσοστό 39,42%, μη διαβρωμένα σε ποσοστό 66,54% κυριότερων ταξινομικών ομάδων Leptosols σε ποσοστό 74,85% και Cambisols σε ποσοστό 19,84%.

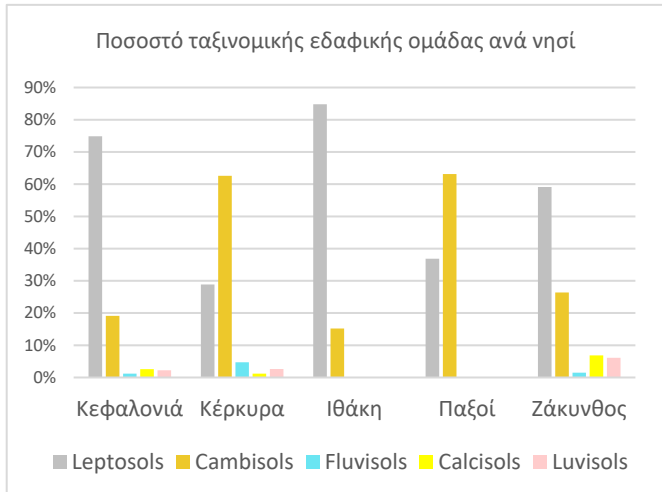
Στη νήσο Κέρκυρα η κυριότερη καλλιέργεια είναι οι ελιές. Τα εδάφη βρέθηκαν μετρίως λεπτόκκοκα σε ποσοστό 80,52%, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα σε ποσοστό 61,51%, βάθους 60 έως 100εκ. σε ποσοστό 21,67%, μη διαβρωμένα σε ποσοστό 73,91% και κυριότερων ταξινομικών ομάδων Cambisols σε ποσοστό 62,62% και Leptosols 28,86%.

Στη νήσο Παξοί η κυριότερη καλλιέργεια είναι οι ελιές. Τα εδάφη βρέθηκαν μετρίως λεπτόκκοκα σε ποσοστό 100%, πολύ καλώς αποστραγγιζόμενα σε ποσοστό 100%, βάθους 15 έως 30εκ. σε ποσοστό 41,60%, μη διαβρωμένα σε ποσοστό 92,62% και κυριότερων ταξινομικών ομάδων Cambisols σε ποσοστό 63,12% και Leptosols 36,88%.

Όλα τα ποσοστά αναφέρονται επί της συνολικής έκτασης εξαιρουμένων των αστικών περιοχών.

Συμπεράσματα: Τα Ιόνια χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη γεωμορφολογία, διαθέτουν πλούσια βιοποικιλότητα και μεγάλο αριθμό προστατευόμενων περιοχών και ειδών. Η διαδικασία της χαρτογράφησης κατέστη δύσκολη, λόγω του έντονου ανάγλυφου, ελλειπών και δυσπρόσιτου οδικού δικτύου και άστατων καιρικών συνθηκών.

Η χρήση σύγχρονων γεωχωρικών τεχνολογιών βοήθησε τόσο στις εργασίες πεδίου όσο και στην παραγωγή υψηλής ποιότητας και λεπτομέρειας διαλειτουργικών δεδομένων.



Τα έντονα γεωλογικά φαινόμενα και οι κλιματικές συνθήκες των Ιονίων νήσων έχουν μεγάλη επίδραση στην γένεση των εδαφών που χαρακτηρίζονται από ποικιλομορφία και έντονο χωρικό κατακερματισμό.

Κατά την ταξινόμηση εντοπίστηκαν 5 κύριες μεγάλες ομάδες εδαφών που χαρακτηρίστηκαν με έως και 5 qualifiers εκ των οποίων αναγνωρίστηκαν πάνω από 10 με κυριότερα τα Calcaric, Cambic, Leptic, Skeletik, Escalllic κ.α. Αξιοσημείωτο είναι πως στην Ζάκυνθο είχαμε Luvisols σε ποσοστό 6,09% σε σχέση ειδικά με την Κεφαλονιά και την Κέρκυρα που εντοπίζονται σε μέσο όρο στο 2,44% της συνολικής έκτασης τους. Εδάφη επίσης που στην πλειονότητά τους έχουν ισχυρή αντίδραση στο υδροχλωρικό οξύ HCL δεν κατατάσσονται στην ομάδα των Calcisols γιατί δεν πληρούν τα κριτήρια του συστήματος ταξινόμησης όπως π.χ. την παρουσία πετροκαλσικού ή καλσικού οριζοντα σε βάθος λιγότερο από 150εκ. και κυρίως ταξινομήθηκαν ως Cambisols calcaric.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Yassoglou, N. et. Al (1982). Parametric designation of mapping units for soil surveys and land evaluation in Greece based on "Soil Taxonomy": American Society of Agronomy, 74th Annual Meeting, California.
2. Kairis, O., et.al (2020). A Comparative Analysis of a Detailed and Semi-Detailed Soil Mapping for Sustainable Land Management Using Conventional and Currently Applied Methodologies in Greece. Land. 9. 154. DOI: 10.3390/land9050154.
3. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome

Αξιολόγηση της απομείωσης της οργανικής ουσίας του εδάφους στην υδρολογική λεκάνη του Ανθεμούντα στο πλαίσιο πρόληψης της ερημοποίησης και της αειφορικής διαχείρισης

Κυνηγοπούλου Βασιλική^{1*}, Χατζηγιαννάκης Ευάγγελος¹, Στεφάνου Στέφανος²

¹Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός 'ΔΗΜΗΤΡΑ', Σίνδος, Κεντρική Μακεδονία, 57400, Ελλάδα

²Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος (ΔΙ.ΠΑ.Ε.), Σίνδος, Θεσσαλονίκη, 57400, Ελλάδα * e-mail: v.kinigorouli@swri.gr, τηλ: +302310798790

Περίληψη: Ο αντίκτυπος της υποβάθμισης του εδάφους λόγω χαμηλής οργανικής ουσίας (Ο.Ο.) είναι πολυδιάστατος και επηρεάζει τόσο τη γεωργία, όσο και το περιβάλλον. Η λήψη μέτρων για την αειφόρο διαχείριση του εδάφους είναι ουσιώδης για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής, την προστασία της βιοποικιλότητας και την επίτευξη μιας ισορροπημένης σχέσης ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος LIFE07 ENV/GR/000278 – Soil Sustainability (So.S.) πραγματοποιήθηκε εδαφολογική μελέτη στο καλλιεργούμενο τμήμα της λεκάνης του ποταμού Ανθεμούντα από το Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, ώστε να αξιολογηθεί ο κίνδυνος της απομείωσης της Ο.Ο. και να προταθούν τρόποι αντιμετώπισης και πρόληψης. Στο πλαίσιο αυτό μετρήθηκε η Ο.Ο. σε τρία βάθη δειγματοληψίας σε 2346 εδαφικά δείγματα, καθώς και σε 305 εδαφικά δείγματα από 102 θερμοκήπια από διάφορες περιοχές της λεκάνης με διαφορετικές καλλιέργειες. Επίσης, έγινε διαχωρισμός των εδαφών σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε Ο.Ο., δημιουργώντας θεματικούς χάρτες στα τρία βάθη δειγματοληψίας, για την πιθανή επιβολή υποχρεωτικών ή μη αγρονομικών μέτρων από τις αρμόδιες υπηρεσίες.

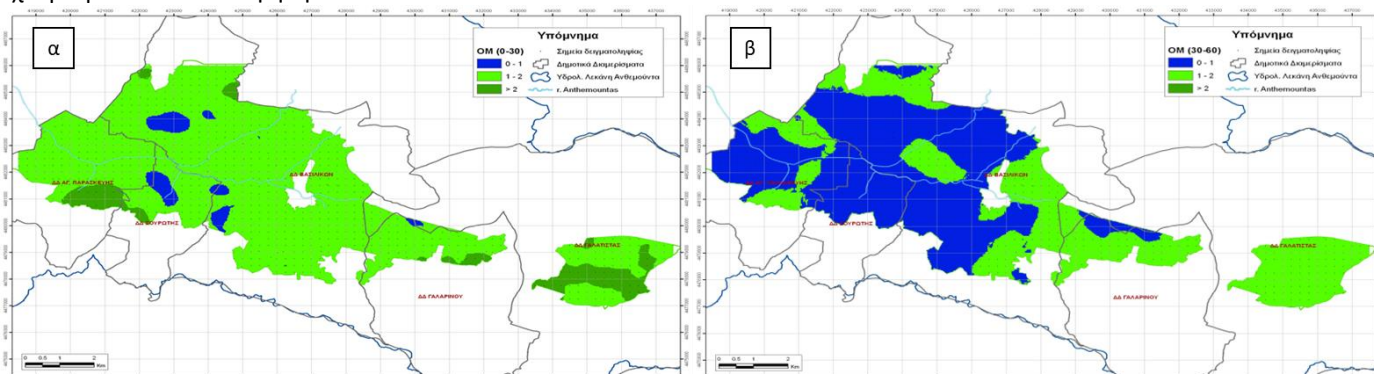
Λέξεις κλειδιά: οργανική ουσία, υποβάθμιση εδάφους, υδρολογική λεκάνη Ανθεμούντα, πρόληψη ερημοποίησης

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα υγιή εδάφη είναι άμεσα συνυφασμένα με τη ζωή στη Γη, καθώς το έδαφος είναι το θεμέλιο των συστημάτων διατροφής μας, παρέχει καθαρό νερό και οικοτόπους εξασφαλίζοντας τη βιοποικιλότητα, ενώ συμβάλλει παράλληλα στην ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή[1]. Ωστόσο, εκτιμάται ότι μεταξύ 60 και 70 % των εδαφών της ΕΕ είναι υποβαθμισμένα. Κύριος στόχος της αποστολής «Μια συμφωνία για το έδαφος για την Ευρώπη» είναι η μετάβαση σε υγιή εδάφη έως το 2030, η οποία στηρίζει τη φιλοδοξία της ΕΕ να ηγηθεί των παγκόσμιων δεσμεύσεων, ιδίως των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης και συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για τη βιώσιμη γεωργία, την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή, και τη βιοποικιλότητα [2]. Υπό το πρίσμα των ανωτέρω, μελετήθηκε η απομείωση της Ο.Ο. του εδάφους στην υδρολογική λεκάνη του Ανθεμούντα, η οποία υπάγεται στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας, Δ-ΒΔ της χερσονήσου Χαλκιδικής.

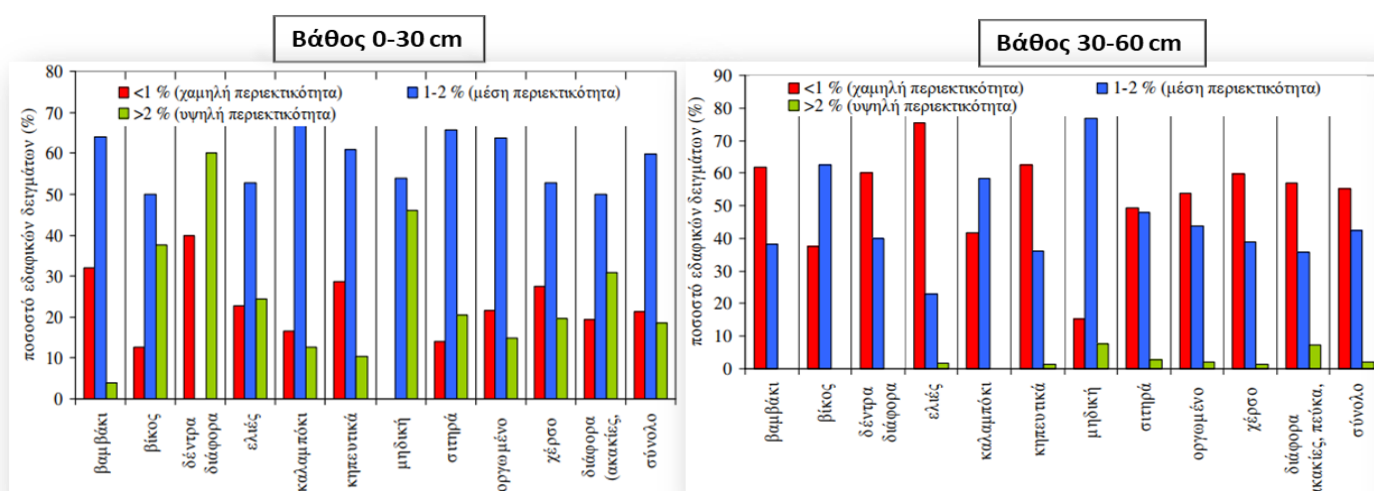
Υλικά και Μέθοδοι: Κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής διερευνήθηκαν οι πρακτικές διαχείρισης των αγρών που επιδρούν στην αύξηση ή μείωση της περιεκτικότητας του εδάφους σε Ο.Ο. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν εδαφικά δείγματα ως προς την Ο.Ο. και τον οργανικό άνθρακα (Ο.Α.) από 963 θέσεις σε τρία βάθη δειγματοληψίας (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) και 305 δείγματα (3 βάθη) από 102 θερμοκήπια, από διάφορες περιοχές της λεκάνης με διαφορετικές καλλιέργειες (βαμβάκι, βίκος, διάφορα δέντρα, ελιές, καλαμπόκι, κηπευτικά, μηδική, σιτηρά, οργωμένα, χέρσα, ρέματα, κ.λπ.). Οι αναλύσεις έλαβαν χώρα στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Εδαφοϋδατικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης [3] και με βάση τα αποτελέσματα, συστάθηκαν γεωργικές πρακτικές για συντήρηση/αύξηση της Ο.Ο. των εδαφών στη λεκάνη. Ακολούθησε κατάταξη των δειγμάτων σε κλάσεις, σύμφωνα με τις περιεκτικότητές τους σε Ο.Ο. για κάθε βάθος δειγματοληψίας και ανά καλλιέργεια χωριστά.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Στα μεσογειακά ξηροθερμικά κλίματα, όπως της Ελλάδας, η κατάταξη των εδαφών των υπαίθριων καλλιεργειών σε σχέση με την περιεκτικότητά τους σε Ο.Ο. είναι η εξής: α) <1% χαμηλής περιεκτικότητας, β) 1-2% μέσης περιεκτικότητας και γ) >2% υψηλής περιεκτικότητας, ενώ τα εδάφη των θερμοκηπίων σε σχέση με την περιεκτικότητά τους σε Ο.Ο. κατατάσσονται ως εξής: α) <2% πολύ χαμηλής περιεκτικότητας, β) 2-4% μέτριας περιεκτικότητας, γ) 4-6% μέσης περιεκτικότητας και δ) >6% υψηλής περιεκτικότητας. Σύμφωνα με τις κατηγορίες αυτές δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες και έγινε η ποσοστιαία κατανομή και η κατάταξη των εδαφών της λεκάνης και των θερμοκηπίων, για κάθε βάθος δειγματοληψίας ανά καλλιέργεια (Εικόνες 1, 2, 3). Σχετικά με τα υπαίθρια εδάφη, στο πρώτο βάθος δειγματοληψίας (0-30 cm), το 60% των εδαφών έχει μέση περιεκτικότητα σε Ο.Ο., ενώ το υπόλοιπο 40% κατανέμεται σχεδόν εξίσου μεταξύ μικρής και υψηλής περιεκτικότητας σε Ο.Ο., με ελαφρά μεγαλύτερο το ποσοστό της κατηγορίας χαμηλής περιεκτικότητας. Στο δεύτερο βάθος δειγματοληψίας (30-60 cm), αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό των εδαφών με χαμηλή περιεκτικότητα σε Ο.Ο. (55%) και μειώνεται εξίσου σημαντικά το ποσοστό των εδαφών (2%) με υψηλή περιεκτικότητα. Στο τρίτο βάθος (60-90 cm), όπως ήταν αναμενόμενο, αυξάνεται ακόμη περισσότερο το ποσοστό των εδαφών με χαμηλή περιεκτικότητα (83%), ενώ μειώνεται θεαματικά το ποσοστό των εδαφών (0,5%) με υψηλή περιεκτικότητα σε Ο.Ο. Σχετικά με την Ο.Ο. των υπαίθριων εδαφών, αποδείχθηκε ότι ποσοστό μεγαλύτερο από 50% των εδαφών σε όλες τις καλλιέργειες είχε μέση περιεκτικότητα, σε βάθος 0- 30 cm. Υψηλή περιεκτικότητα εμφάνισαν τα εδάφη που καλλιεργήθηκαν με μηδική, βίκο, ελαιόδενδρα σε ποσοστά 46%, 38% και 24%, αντίστοιχα. Αντίθετα, χαμηλή περιεκτικότητα εμφάνισαν τα εδάφη που καλλιεργήθηκαν πρωτίστως με βαμβάκι και κηπευτικά (32% και 29%, αντίστοιχα) και δευτερευόντως τα χέρσα και οργωμένα (27% και 21%, αντίστοιχα). Όσον αφορά τα εδάφη των θερμοκηπιακών καλλιεργειών, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα: α) στο πρώτο βάθος δειγματοληψίας (0-30 cm), το 24,5% των θερμοκηπίων έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα, το 55,9% έχει μέτρια, το 18,6% έχει μέση και το 1% έχει υψηλή περιεκτικότητα σε Ο.Ο., β) στο δεύτερο βάθος (30-60 cm), το 79,4% των θερμοκηπίων έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα, το 18,6% έχει μέτρια, το 2% έχει μέση και το 0% έχει υψηλή περιεκτικότητα

σε Ο.Ο. και γ) στο τρίτο βάθος δειγματοληψίας (60-90 cm), το 99% των θερμοκηπίων έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα, το 1% έχει μέτρια και το 0% υψηλή.

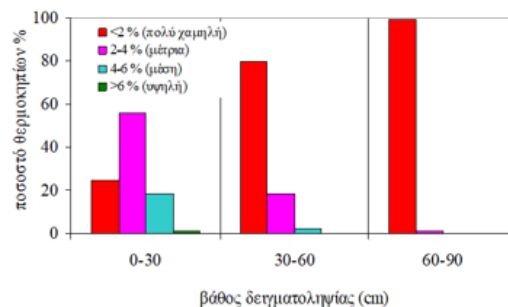


Εικόνα 1. Θεματικός χάρτης περιεκτικότητας του εδάφους σε Ο.Ο. σε βάθος (α) 0-30 cm και (β) 30-60 cm.



Εικόνα 2. Ποσοστιαία κατανομή των εδαφών στα δύο βάθη δειγματοληψίας ως προς την περιεκτικότητά τους σε Ο.Ο. και ανά καλλιέργεια.

περιεκτικότητα σε Ο.Ο. (%)	βάθος δειγματοληψίας (cm)					
	0-30		30-60		60-90	
	αριθμός	ποσοστό (%)	αριθμός	ποσοστό (%)	αριθμός	ποσοστό (%)
<2 (πολύ χαμηλή)	25	24.51	81	79.41	100	99.01
2-4 (μέτρια)	57	55.88	19	18.63	1	0.99
4-6 (μέση)	19	18.63	2	1.96	0	0.00
>6 (υψηλή)	1	0.98	0	0.00	0	0.00
ΣΥΝΟΛΟ	102	100	102	100	101	100



Εικόνα 3. Ποσοστιαία κατανομή των εδαφών των θερμοκηπίων ως προς την περιεκτικότητά τους σε Ο.Ο.

Συμπεράσματα: Στη Δημοτική ενότητα Ανθεμόντα και στη Δημοτική ενότητα Βασιλικών βρέθηκαν 2142 στρέμματα στο βάθος 0-30 cm και 33217 στρέμματα στο βάθος 30-60 cm με Ο.Ο. <1 %, στα οποία προτείνεται να εφαρμοσθούν άμεσα αγρονομικά μέτρα για αύξηση της περιεκτικότητας αυτής. Στις περιοχές όπου η Ο.Ο. ήταν 1-2% συστήνονται μέτρα αύξησης της περιεκτικότητας αυτής, ενώ για τις περιοχές με Ο.Ο. >2% συστήνονται αγρονομικά μέτρα συντήρησης αυτής. Στα εδάφη των θερμοκηπίων με Ο.Ο.<1,5% κρίνεται επιτακτική η ανάγκη λήψης αγρονομικών μέτρων κατά περίπτωση, σε συνδυασμό με το πρόβλημα της υψηλής αλατότητας που εμφανίζεται σε πολλά από αυτά.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Q. Li et. al (2023) DOI: 10.1007/s11368-022-03381-y
2. J. Bouma (2022) DOI: 10.5194/soil-8-751-2022.
3. D.W. Nelson, L.E. Sommers, Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter, In: J.M. Bigham, J.M. Bartels (Eds.), Methods Soil Anal., SSSA book, Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Wisconsin, USA, 1996: pp. 961–1010.

Αξιοποίηση του εδαφολογικού χάρτη της Ελλάδας για μια ταχεία ποιοτική εκτίμηση της κατάστασης των πεδινών εδαφών της Θεσσαλίας που επλήγησαν από την κακοκαιρία Daniel

Μάσσας Ι.¹, Κοπανέλης Δ.¹, Καϊρης Ο.¹

¹Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη: Η αξιοποίηση των υπαρχόντων εθνικών χαρτογραφικών δεδομένων των εδαφών για οποιαδήποτε αξιολόγηση, σχετική με περιβαλλοντικά ή γεωργικά θέματα, είναι δυνατόν να δημιουργήσει μια πρωτόλεια ποιοτική αποτίμηση της μελετώμενης κάθε φορά κατάστασης. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν, ως προς τα περιγραφικά τους χαρακτηριστικά, τα εδάφη των πλημμυρισμένων εκτάσεων και των περιοχών της Περιφέρειας Θεσσαλίας στις οποίες καταγράφηκαν ίχνη πλημμύρας [1], μετά το καιρικό φαινόμενο “Daniel”, στη βάση των δεδομένων του εδαφολογικού χάρτη της χώρας [2]. Κύριο σκοπό της εργασίας αποτελούσε η καταγραφή της εγγενούς τάσης των εδαφών της περιοχής μελέτης όσον αφορά την ευαισθησία τους στην κατάκλυση. Συγκεκριμένα, από το σύνολο των 14 χαρτογραφικών ιδιοτήτων των εδαφών του εδαφολογικού χάρτη της Ελλάδας, απομονώθηκαν και περιγράφηκαν για την περιοχή μελέτης 4 και ειδικότερα οι παρακάτω: κλάση κοκκομετρικής σύστασης, κλίση επιφανείας, υδρομορφικές συνθήκες, κύρια ταξινομική κατηγορία. Οι εν λόγω εδαφικές ιδιότητες επιλέχθηκαν διότι μπορούν να αιτιολογήσουν μερικώς το φαινόμενο της κατάκλυσης αυτών των εδαφών και να οριοθετήσουν το γενικό πλαίσιο ενδεχόμενων καλλιεργητικών ή άλλων παρεμβάσεων. Τα αποτελέσματα εξηγούν σε μεγάλο βαθμό γιατί τα εδάφη αυτά εμφανίζουν δυσκολία στην αποστράγγιση και κατακλύζονται με νερό σε περίπτωση έντονων συμβάντων βροχόπτωσης.

Λέξεις κλειδιά: Χαρτογράφηση εδαφών, πλημμύρες, αξιολόγηση εδαφών

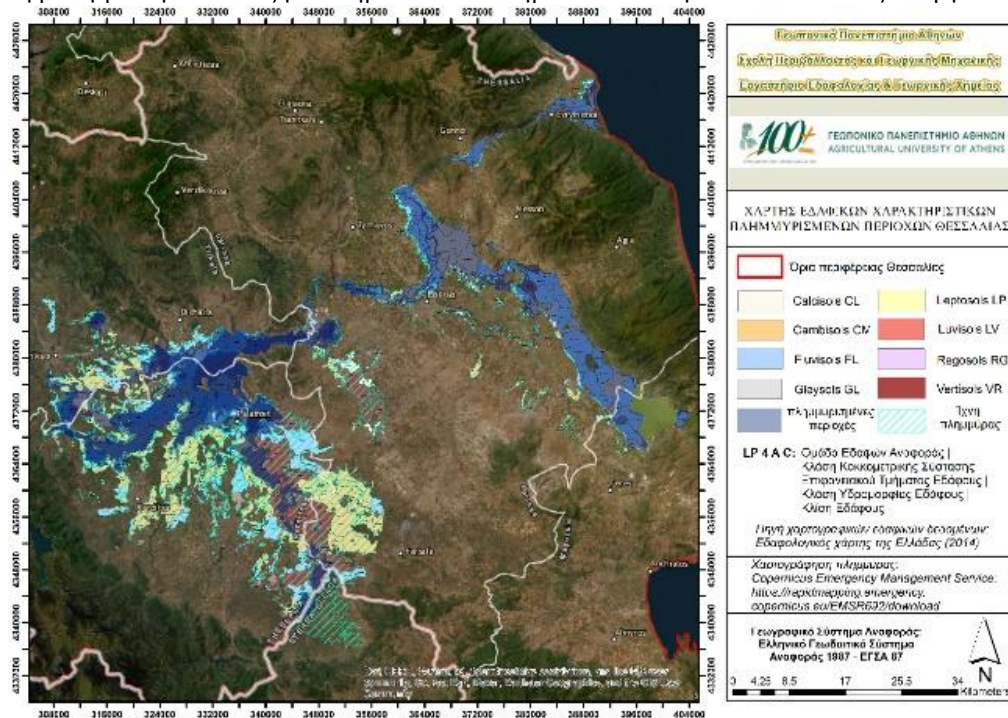
Εισαγωγή-Σκοπός: Μετά την επέλαση του καιρικού φαινομένου “Daniel” το οποίο έπληξε στις 6/9/2023 την Περιφέρεια Θεσσαλίας, ξεκίνησε ένας εθνικός διεπιστημονικός διάλογος αναφορικά με τα αίτια των συγκεκριμένων πλημμυρών και τις προτάσεις για την υιοθέτηση και εφαρμογή καλλιεργητικών και άλλων μέτρων ώστε καταρχάς τα κατακλυσμένα εδάφη να μπορέσουν να αποδοθούν το συντομότερο δυνατόν στη γεωργική παραγωγή και παράλληλα να μειωθούν τυχόν παράπλευρες αρνητικές επιπτώσεις του φαινομένου. Επειδή η Θεσσαλία είναι η μεγαλύτερη γεωργική περιοχή της χώρας με καλλιεργούμενη έκταση 416.000 εκταρίων, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν τα κύρια και περισσότερο σταθερά στο χρόνο βασικά χαρακτηριστικά των εδαφών τα οποία υποδηλώνουν την ευαισθησία τους στην κατάκλυση και τις ιδιαιτερότητές τους ως προς την εφαρμογή διάφορων καλλιεργητικών μέτρων. Η εργασία αυτή φιλοδοξεί να αποτυπώσει τη διαδικασία μιας μεθοδολογίας ταχείας εκτίμησης των εγγενών χαρακτηριστικών των εδαφών για τη λήψη αποφάσεων με χρήση χαρτογραφικών εδαφολογικών δεδομένων.

Υλικά και Μέθοδοι: Για τη δημιουργία των χαρτών που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως πηγή των χαρτογραφικών εδαφικών δεδομένων ο Εδαφολογικός χάρτης της Ελλάδος (2014). Αντίστοιχα, η χαρτογράφηση της πλημμύρας στις πληγείσες περιοχές της περιφέρειας Θεσσαλίας λόγω της κακοκαιρίας Daniel αποτυπώθηκε όπως αυτή καταγράφηκε στα ψηφιακά γεωχωρικά δεδομένα από δορυφορικές εικόνες και εικόνες ραντάρ, τα οποία μεταφορτώθηκαν και ενσωματώθηκαν σε περιβάλλον GIS από την ενότητα Χαρτογράφησης κινδύνου & αποκατάστασης (*Risk & Recovery Mapping*) της Υπηρεσίας Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης Copernicus (*Copernicus Emergency Management Service, CEMS*), μιας από τις έξι βασικές υπηρεσίες του προγράμματος Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την παρατήρηση της Γης. Τέλος, έπειτα από αξιοποίηση όλων των προαναφερθέντων δεδομένων παράχθηκε ο τελικός χάρτης των εδαφικών χαρακτηριστικών των πλημμυρισμένων περιοχών της Θεσσαλίας συνοδευόμενος από την έκθεση μιας πρώτης εκτίμησης της κατάστασης των πεδινών γεωργικών εδαφών των περιοχών αυτών.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Σύμφωνα με το Copernicus οι πλημμυρισμένες εκτάσεις καταλάμβαναν έκταση 115.542,4 ha, ενώ ίχνη πλημμύρας παρουσιάστηκαν σε 108.272,0 ha. Τα περισσότερα πληγέντα εδάφη στις περιφερειακές ενότητες Καρδίτσας και Τρικάλων ανήκουν στις τάξεις των Cambisols και Fluvisols και κάποια στην τάξη των Vertisols, ενώ στην περιφερειακή ενότητα Λάρισας κατά πλειοψηφία στην τάξη των Fluvisols. Η υφή των εδαφών που έχουν πληγεί στις τρεις περιφερειακές ενότητες χαρακτηρίζεται κυρίως ως λεπτόκοκκη (αργιλώδη) και μετρίως λεπτόκοκκη. Οι κλίσεις των εδαφών χαρακτηρίζονται ως A ή B, πρόκειται δηλαδή για εδάφη σχεδόν επίπεδα ή με πολύ μικρή κλίση. Η υδρομορφία των εδαφών, ως δείκτης αποστράγγισης, χαρακτηρίζεται ως C, D έως D/F ή E/F, που πρακτικά σημαίνει ότι ο υδροφόρος ορίζοντας κατά τους υγρούς μήνες βρίσκεται σε βάθος από την επιφάνεια του εδάφους μεταξύ 50 και 100 εκ, 30 και 50 εκ. ή σε βάθος μικρότερο των 30 εκ. (E) ή και μόνιμα όλο το χρόνο σε βάθος μεταξύ 75-150 εκ. (F), αντίστοιχα. Σε ελάχιστες περιπτώσεις η κλάση υδρομορφίας καταγράφεται ως B, δηλαδή εδάφη που εμφανίζουν επαρκή αποστράγγιση. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ορυκτολογική σύσταση της αργίλου με αποτέλεσμα στα αργιλώδη εδάφη με έντονη παρουσία σμεκτιτών να εμφανίζονται φαινόμενα διόγκωσης κατά τους υγρούς μήνες που διαφοροποιούν το πορώδες των εδαφών και δυσχεραίνουν την αποστράγγιση. Αυτό γίνεται εμφανές μέσω της μακροσκοπικής παρατήρησης των μεγάλων ρωγμών στην επιφάνεια των εδαφών μετά από οποιοδήποτε κύκλο ύγρανσης-ξηρανσης. Επίσης, ένα σημαντικό τμήμα των εδαφών των αλλουβιακών αναβαθμών της περιοχής μελέτης παρατηρούνται με συμπιεσμένο τον υποεπιφανειακό ορίζοντα με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται περαιτέρω η διήθηση του νερού [3]. Επομένως όλα τα περιγραφικά και χαρτογραφικά χαρακτηριστικά των εδαφών καταδεικνύουν την υψηλή ευαισθησία της πλειονότητας των μελετηθέντων εκτάσεων για κατάκλυση μετά από κάποιο έντονο συμβάν βροχόπτωσης. Η κατάκλυση των εδαφών στις πληγείσες

εκτάσεις επηρεάζει την υγεία των εδαφικών οικοσυστημάτων. Η παραμονή του νερού στο εδαφικό σύστημα και η προσθήκη ιζήματος αλλάζει τις φυσικές ιδιότητες των εδαφών, με ενδεχόμενη υποβάθμιση της δομής τους. Προβληματισμό μπορεί να προκαλέσει και η κατά τόπους ρύπανση των εδαφών από πετρελαιοειδή, χημικές ουσίες, βαρέα μέταλλα αλλά και από τα λύματα των βόθρων και των αποχετευτικών δικτύων, που ενδέχεται να οδηγήσει σε χωρικά εντοπισμένη υποβάθμιση αυτών των εδαφών. Η επικράτηση αναερόβιων συνθηκών στα εδάφη λόγω της παρατεταμένης κατάκλυσης, αναμένεται να αυξήσει τις εκπομπές ορισμένων αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως οξειδίων του αζώτου. Αναφορικά με τη δυνατότητα προετοιμασίας των εδαφών για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο, αυτή σε μεγάλο βαθμό θα εξαρτηθεί από την ταχύτητα αποστράγγισης και απορροής του λιμνάζοντος νερού και θα διαφοροποιηθεί ανάλογα με την ποσότητα του ιζήματος που δέχθηκε η κάθε περιοχή και την κοκκομετρία τόσο του ιζήματος όσο και των υποκείμενων εδαφών. Σε γενικές γραμμές, όσο πιο βαριά και συμπιεσμένα είναι τα εδάφη, όπως γνωρίζουν και οι αγρότες που τα διαχειρίζονται, θα καθυστερήσουν περισσότερο να στραγγίσουν σε σχέση με εδάφη ελαφρότερης κοκκομετρικής σύστασης και μικρότερου βαθμού συμπίεσης. Τέλος, η προσθήκη ιζήματος αναμένεται μελλοντικά να επιδράσει κατά κύριο λόγο θετικά στα επίπεδα γονιμότητας των εδαφών.

Συμπεράσματα: Από τις επεξεργασίες, την ανάλυση και τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας τεκμαίρεται ότι τα πληγέντα εδάφη της περιοχής μελέτης εμφανίζονται καταρχάς ως εγγενώς επιρρεπή και ακολούθως ως ευαίσθητα λόγω καλλιέργειας στην κατάκλυσή τους με νερό, μετά από κάποιο έντονο συμβάν βροχόπτωσης. Η παρούσα εργασία, μέσω της ποιοτικής αξιολόγησης των χαρτογραφικών ιδιοτήτων των εδαφών της περιοχής μελέτης, ως προς την τάση τους να πλημμυρίζουν, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη συστημάτων άλλων ημιποσοτικών ή και ποσοτικών αξιολογήσεων ειδικού σκοπού.



Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Copernicus Emergency Management Service (© 2023 European Union), EMSR692; Copernicus EMS Rapid Mapping EMSR692 - Flood in Greece
2. Greek Payment and Control Agency for Guidance and Guarantee Community Aid - OPEKEPE (in Greek). Development of a Unified System for Geospatial Soil Data and the Delineation of the Rural Areas of the Country. Ministry of Rural Development and Food. 2014.
3. Gasparatos, D.; Kairis, O. Detailed Soil Survey Field and Laboratory Data as a Critical Tool for Optimizing the Arable Cropping Capability Evaluation of a Representative Episaturated Soil Pedon in Greece. *Land* **2022**, *11*, 182. DOI: 10.3390/land11020182

Στρατηγική δειγματοληψίας ακριβείας για την οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης στην ελαιοκαλλιέργεια με χρήση μη επιβλεπόμενων μεθόδων μηχανικής μάθησης

Μπουγιουκλής Ι.¹, Πετρόπουλος Π.¹, Χριστοδουλοπούλου Κ.¹, Παρασκευόπουλος Π.^{2,3}, Καλαντζόπουλος Γ.^{1,3}, Τσώλης Β.¹, Μπαρούχας Π.*¹

¹Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας,

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γ. Μηχανικής, Εργ. Εδαφολογίας,

³Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας

Περίληψη: Τα συστήματα γεωργίας ακριβείας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια καθώς δίνουν τη δυνατότητα για αύξηση της παραγωγικότητας και μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Σκοπός της μελέτης είναι ή ήταν η οριοθέτηση εδαφικών ζωνών με τη χρήση μεθόδων μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης. Για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκε αγρός έκτασης 40 στρεμμάτων στην Σταμνά (Αρχαία Ωλένεια) Αιτωλοακαρνανίας στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Πραγματοποιήθηκε πυκνή δειγματοληψία εδάφους, 21x21 m, σε βάθος 0-30cm και συλλέχθηκαν συνολικά 101 εδαφικά δείγματα. Οι μέθοδοι K Means οριοθέτησε 3 ζώνες διαχείρισης και παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους για τις ιδιότητες του pH, του N-NO₃, ανταλλάξιμου Ca, του Zn και του Cu. Η μέθοδος Hierarchical Clustering οριοθέτησε 3 ζώνες διαχείρισης και στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν για το ποσοστό της αργίλου, το pH και την περιεκτικότητα του εδάφους σε N-NO₃, P, ανταλλάξιμο Ca, Fe, Zn και Cu. Η μέθοδος DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) οριοθέτησε 2 ζώνες διαχείρισης και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους παρουσιάστηκε για την περιεκτικότητα του εδάφους σε Zn.

Λέξεις Κλειδιά: δειγματοληψίας ακριβείας, μηχανική μάθηση, ζώνες διαχείρισης εδάφους, γεωργία ακριβείας

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον επικεντρώνεται γύρω από τα συστήματα γεωργίας ακριβείας. Η οριοθέτηση εδαφικών ζωνών έχει προταθεί ως μία μη κοστοβόρος μέθοδος για την αύξηση της παραγωγής βελτίωση της ποιότητας και την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος [1]. Οι ζώνες διαχείρισης, αποτελούν ομοιογενής υποπεριοχές εντός ενός αγρού, όσον αφορά, το τοπογραφικό τους ανάγλυφο ή τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και επιδέχονται διαφορετικών πρακτικών. Για την οριοθέτηση εδαφικών ζωνών λαμβάνονται υπόψιν χωρικές πληροφορίες και δεδομένα τα οποία είναι μετρήσιμα, σταθερά ή είναι δυνατόν να προβλεφθούν στο χρόνο, ενώ είναι πολύ σημαντικό να συνδέονται με την απόδοση της καλλιέργειας [2]. Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης καθιστούν εφικτή την ορθή οριοθέτηση εδαφικών ζωνών. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τρεις τεχνικές μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης, K Means, Hierarchical clustering, DBSCAN.

Υλικά και μέθοδοι: Η περιοχή στην οποία πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη είναι η Σταμνά (Αρχαία Ωλένεια) Αιτωλοακαρνανίας, στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας. Το αγροτεμάχιο όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη έχει έκταση 40 στρέμματα και καλλιεργούνται ελιές ποικιλίας Καλαμών. Για την παρούσα μελέτη έγινε πυκνή δειγματοληψία εδάφους (21 x 21 m) και συλλέχθηκαν συνολικά 101 εδαφικά δείγματα σε βάθος 0-30 cm. Στη συνέχεια, τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν η κλάση κοκκομετρίας, η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οργανική ουσία, το pH και η περιεκτικότητα σε διαθέσιμα μακροστοιχεία (N-NO₃, N-NH₄P, K, Ca, Mg) και μικροστοιχεία (B, Fe, Zn, Mn, Cu). Στη συνέχεια μελετήθηκε η στατιστική συσχέτιση μεταξύ των εδαφικών ιδιοτήτων και ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA). Η οριοθέτηση εδαφικών ζωνών έγινε με τη χρήση των μεθόδων k means clustering, hierarchical clustering και DBSCAN [3]. Η στατιστική ανάλυση και η χρήση των μεθόδων μηχανικής μάθησης πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python σε ανοιχτού κώδικα περιβάλλον Google Colaboratory (4) και με τη χρήση στατιστικού φύλλου EXCEL Microsoft Office™.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Τα μελετώμενα εδάφη χαρακτηρίζονται ως μέσης σύστασης, με τιμή pH σε επίπεδα ανεκτά για την καλλιέργεια της ελιάς. Το ολικό CaCO₃ βρίσκεται σε υψηλά ποσά γι αυτό και πιθανόν να δημιουργούνται προβλήματα με την προσρόφηση του φωσφόρου και των μικροθρεπτικών. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, ενώ η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, σε επίπεδα που δεν δημιουργεί προβλήματα στην ελιά. Το έδαφος παρουσιάζει υψηλά επίπεδα υπολλειματικού αζώτου και χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο. Η περιεκτικότητα σε K και Mn χαρακτηρίζεται οριακή, ενώ το μαγνήσιο βρίσκεται σε επάρκεια, καθώς επίσης και η περιεκτικότητα σε Fe, Zn, Cu και B. Οι μέσες τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Με τη χρήση των μεθόδων μηχανικής μάθησης [3] οριοθετήθηκαν ζώνες διαχείρισης (πίνακας 1). Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση της μεθόδου k-means οριοθετήθηκαν 3 ζώνες διαχείρισης. Η ζώνη 1, η οποία αποτελεί την μεγαλύτερη ζώνη διαχείρισης, η ζώνη 2 και η ζώνη 3 η οποία είναι η μικρότερη ζώνη διαχείρισης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις ζώνες 1 και 2 για την ιδιότητα του pH, την περιεκτικότητα σε N-NO₃ και σε Cu. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρείται για την ιδιότητα του ανταλλάξιμου Ca ανάμεσα στις ζώνες 2,3 καθώς και στις 3 ζώνες μεταξύ τους για την ιδιότητα του Zn. Η μέθοδος hierarchical clustering οριοθέτησε 3 ζώνες διαχείρισης. Η ζώνη 2 αποτελεί την μεγαλύτερη ζώνη διαχείρισης και η ζώνη 3 την μικρότερη. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις ζώνες 1 και 2 για το ποσοστό της αργίλου, το pH, την περιεκτικότητα του εδάφους σε N-NO₃, την περιεκτικότητα σε P, ανταλλάξιμο Ca και σε Cu. Για τις ζώνες 2 και 3 παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά για την περιεκτικότητα του εδάφους σε ανταλλάξιμο Ca. Για την ιδιότητα του Fe παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη ζώνη 1 και τις άλλες δύο ζώνες. Στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα και στις 3 ζώνες παρατηρήθηκε για την ιδιότητα του Zn. Η μέθοδος DBSCAN, οριοθέτησε 2 ζώνες διαχείρισης με τη ζώνη 1 να είναι η μεγαλύτερη. Στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις 2 ζώνες παρατηρήθηκε για την

ιδιότητα του ανταλλάξιμου Ca και του Zn. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Για την αξιολόγηση των παραπάνω μεθόδων χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος silhouette score, η οποία χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές για αυτό το σκοπό.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές εδαφικών ιδιοτήτων

Εδαφική Ιδιότητα	Άμμος	Άργιλος	Ιλύς	pH	EC	Ολικό CaCO ₃	Οργανική Ουσία	N-NO ₃ ⁻	P	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Na	Ca
Mean	35.5	35.8	28.7	8.0	376.4	39.5	2.8	31.1	10.0	126.2	85.8	12.5	0.6	10.6	12.5	0.9	51.1	1922.5
Standard Deviation	5.5	5.2	5.0	0.1	33.9	15.7	0.4	3.4	6.4	59.5	18.8	4.3	0.4	4.3	5.4	0.0	8.3	790.0
CV	15.5	14.5	17.5	1.1	9.0	39.7	14.2	11.1	64.2	47.1	21.9	34.1	74.6	40.7	43.6	3.0	16.3	41.1
Median	35.8	36.2	28.0	8.0	376.0	35.2	2.8	30.4	8.2	112.0	86.0	11.9	0.5	10.3	11.5	0.9	50.0	1790.0
Kurtosis	0.11	-0.13	1.83	0.56	0.14	-0.04	-0.28	1.44	2.70	3.20	0.52	1.15	79.28	7.95	0.29	0.09	1.12	1.92
Skewness	-0.01	-0.28	-0.23	0.21	0.48	0.77	-0.32	1.07	1.82	1.58	0.01	0.90	8.41	1.67	0.81	-0.28	0.54	1.29
Minimum	18.4	22.8	10.0	7.7	299.0	11.1	1.6	24.5	2.7	38.0	37.4	4.5	0.2	2.1	3.2	0.8	32.0	680.0
Maximum	48.4	48.2	44.0	8.2	468.0	81.1	3.6	42.8	28.6	356.0	138.6	27.8	4.7	34.4	29.9	1.0	82.0	4922.0

Πίνακας 2. Στατιστική ανάλυση, σύγκριση εδαφικών ιδιοτήτων ανά ζώνη διαχείρισης με τη χρήση των τριών μεθόδους συσταδοποίησης.

Ζώνη	Άμμος (%)	Άργιλος (%)	Ιλύς (%)	pH H ₂ O	EC μS/cm	Ολικό CaCO ₃ (%)	Οργανική Ουσία (%)	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)
K MEANS																		
1	35,4a	36,7a	27,9a	8,01a	376,1a	37,0a	2,8a	31,1a	9,3a	126,2a	84,2a	12,9a	0,5a	11,0a	8,9a	0,9a	1991a	50,7a
2	35,7a	34,4a	30a	7,95b	375,5a	43,7a	2,9a	29,9b	11,3a	119a	88,3a	11,7a	0,6b	10,0a	18,0b	0,9a	1768,2a	51,5
3	37,8a	34,2a	28a	8,0ab	428,0a	30,7a	3,1a	33,0ab	4,8a	128a	86,0a	20,8	4,7c	7,5a	12,4ab	0,9a	3750,0b	54a
HIERARCHICAL																		
1	36,0a	34,3a	29,7a	7,9a	371,8a	43,1a	2,85a	32,4a	11,8a	113a	87,4a	11,1a	0,6a	10,6a	16,5a	0,9a	1712,3a	50,9a
2	35,0a	37,1b	27,8a	8,04b	379,7a	36,4a	2,8a	29,9b	8,6b	138a	84,3a	13,7b	0,51b	10,7a	8,7b	0,9a	2081,4b	51,2a
3	37,8a	34,2ab	28a	8,01ab	428,0a	30,7a	3,15a	33,4ab	4,77ab	128a	86,0a	20,8b	4,71c	7,6a	12,4ab	0,9a	3750b	54,0a
DBSCAN																		
1	35,5a	35,8a	28,7a	7,99a	376,4a	39,5a	2,8a	31,1a	10,1a	126,0a	85,8a	12,5a	0,6a	10,6a	12,5a	0,9a	1904,a	51,0a
2	37,8a	34,2a	28,0a	8,01a	428,0a	30,7a	3,1a	33,4a	4,8a	128a	86,0a	20,8a	4,7b	7,6a	12,4a	0,9a	3750,0b	54,0a

**Διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη δηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών των ιδιοτήτων, ανάμεσα στις οριοθετημένες ζώνες διαχείρισης σύμφωνα με το post hoc test, σύγκρισης των μέσων όρων σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.*

Συμπεράσματα: Οι μέθοδοι k-means, hierarchical clustering και DBSCAN στην περίπτωση της συγκεκριμένης καλλιέργειας ελιάς, είναι αποτελεσματικές για την οριοθέτηση εδαφικών ζωνών διαχείρισης. Η περιεκτικότητα της αργίλου, η τιμή pH καθώς και η περιεκτικότητα του εδάφους σε N-NO₃, P, Zn και Cu παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζωνών. Αυτό ενδεχομένως να υποδεικνύει τον διαφορετικό τρόπο διαχείρισης που πρέπει να γίνει ανάμεσα στις εδαφικές ζώνες τόσο για την θρέψη της καλλιέργειας προσαρμόζοντας το πρόγραμμα λίπανσης στις ανάγκες κάθε ζώνης καθώς και για την ορθή χρήση του νερού άρδευσης. Η οριοθέτηση εδαφικών ζωνών καθίσταται εφικτή με τη χρήση μεθόδων μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης για την ελαιοκαλλιέργεια στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας στα πλαίσια εφαρμογής μεθόδων Γεωργίας Ακριβείας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Koshla, R. et. al (1999), Better Crops with Plant Food 83 (3), 6–7.
2. Doerge, T. et. al (1999). *Crop Insights*, 1-5
3. Jing Pang et. al (2023), DOI: 10.3390/agriculture13010130
4. Bisong, E. (2019), DOI: 10.1007/978-1-4842-4470-8_7.

Υποβαθμισμένα αλατούχα ή διαβρωμένα παράκτια εδάφη στην περιοχή της Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης και προτεινόμενα μέτρα ήπιας αποκατάστασης για τη δημιουργία βοτανικού πάρκου

Στεφάνου Σ.¹, Παπαϊωάννου Ε.²

¹Τμήμα Γεωπονίας Δι.Π.Α.Ε., 57 400 Σίνδος – Θεσσαλονίκη, e-mail: stefst2@ihu.gr

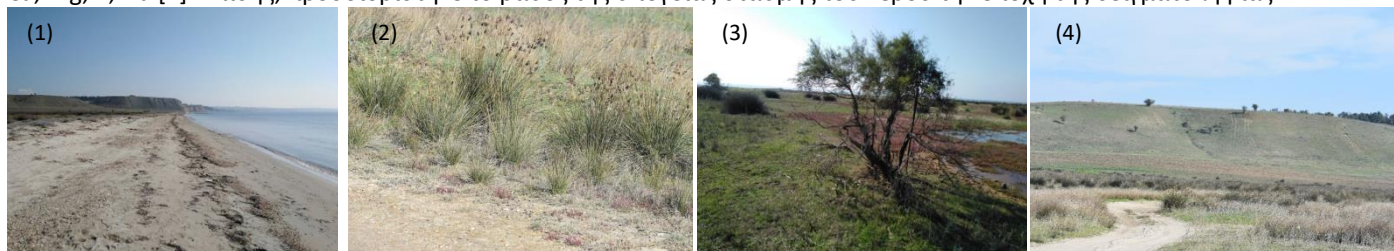
²Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., 55 134, Φοίνικας - Θεσσαλονίκη, e-mail: epapaioa@agro.auth.gr

Περίληψη: Στο πλαίσιο πρότασης για τη βελτίωση των υφιστάμενων συνθηκών σε αλατούχα και υποβαθμισμένα παράκτια εδάφη με σκοπό τη δημιουργία βοτανικού κήπου σε περιοχή ΒΔ της Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης, μελετήθηκαν οι γεωμορφολογικές συνθήκες, οι βασικές χημικές ιδιότητες των εδαφών που απαρτίζουν την περιοχή, με τη διάνοιξη 10 εδαφοτομών σε τρεις (3) διακριτές ζώνες και τη λήψη εδαφικών δειγμάτων, καθώς και η υφιστάμενη βλάστηση. Λαμβάνοντας υπόψη τα εδαφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, προτείνονται μέτρα ήπιας παρέμβασης για την αισθητική αναβάθμιση της περιοχής και την προστασία των εδαφών από τη διάβρωση μέσω τεχνικών παρεμβάσεων μικρής κλίμακας και φυτεύσεων κατάλληλων ειδών.

Λέξεις κλειδιά: υποβαθμισμένα παράκτια εδάφη, διάβρωση, αποκατάσταση, φυτικά είδη

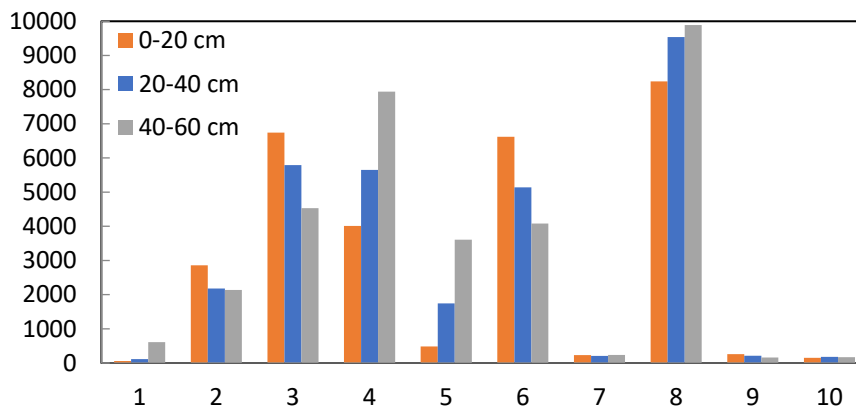
Εισαγωγή-Σκοπός: Η αποκατάσταση παράκτιων περιοχών συνδέεται στενά με τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές, πολιτιστικές και ψυχαγωγικές υπηρεσίες που προσφέρουν αυτά τα οικοσυστήματα [1]. Επίσης, συνδέεται άμεσα με τις βελτιωτικές παρεμβάσεις στο ανάγλυφο και την εγκατάσταση κατάλληλα προσαρμοσμένης βλάστησης στα συγκεκριμένα εδάφη. Η επιτυχής επιλογή τους εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες του εδάφους (π.χ. βάθος, υδατοδιαλυτά άλατα, pH, παρουσία CaCO₃ κ.ά.). Αντίθετα, η συνδυασμένη επίδραση πολλών δυσμενών ιδιοτήτων, συνήθως οδηγεί σε πλήρη αποτυχία κάθε προσπάθειας αποκατάστασης. Σε επίπεδες παραθαλάσσιες περιοχές με μικρό υψόμετρο, η επίδραση της θάλασσας είναι πολύ έντονη λόγω της υψηλής στάθμης του υπόγειου νερού, των ανοξικών συνθηκών, αλλά και των υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων. Μικροδιαφορές ύψους 10-20 cm θεωρούνται σημαντικές γιατί είναι ικανές να διαμορφώσουν κατάλληλες συνθήκες για την αποκατάσταση-ανάπλαση μιας περιοχής. Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί η υφιστάμενη κατάσταση σε παραθαλάσσια έκταση στην περιοχή Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης και να προταθούν ήπιες επεμβάσεις για την ανάπλάσή της με στόχο τη δημιουργία βοτανικού πάρκου από τον τοπικό Δήμο.

Υλικά και Μέθοδοι: Η περιοχή μελέτης, συνολικής έκτασης 450 στρ., διακρίνεται σε τρεις ζώνες (Α, Β και Γ, Εικόνα 1) από την άποψη των εδαφικών συνθηκών, με κριτήρια τη μορφολογία, το υψόμετρο και το είδος του μητρικού υλικού των εδαφών. Η ζώνη Α αποτελείται από υλικά διάβρωσης τα οποία αποτέθηκαν σε λιμνοθάλασσα που δημιουργήθηκε σχετικά πρόσφατα και εδράζεται επί αμμωδών υλικών θαλάσσιας προέλευσης και έχει υψόμετρο 10-50 cm. Ακολουθεί η ζώνη Β, με υψόμετρο 50-150 cm, που έχει επίσης σχηματισθεί όπως το έδαφος της ζώνης Α, ενώ η ζώνη Γ, που έχει τη μεγαλύτερη απόσταση από τη θάλασσα, έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό την απότομη υψομετρική διαφορά από την επιφάνεια της θάλασσας. Σε κάθε μία από τις τρεις ζώνες, ανοίχθηκαν εδαφοτομές (4, 4 και 2, αντίστοιχα) και από κάθε εδαφοτομή ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από βάθη 0-20, 20-40 και 40-60 cm, στα οποία προσδιορίστηκαν εργαστηριακά η μηχανική σύσταση, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), η οργανική ουσία, το ολικό άζωτο (N_t), ο διαθέσιμος φώσφορος (P) και τα ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, Mg, K, Na [2]. Επίσης, προσδιορίστηκε το βάθος της υπόγειας στάθμης του νερού την εποχή της δειγματοληψίας.



Εικόνα 1. Παραθαλάσσια ζώνη (1), ενδεικτική βλάστηση στη ζώνη Α (2), ζώνη Β (3) και ζώνη Γ (4) στην περιοχή μελέτης.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Ζώνη Α. Αποτελείται από υδρομόρφα εδάφη ηλοαμμώδους σύστασης (88% άμμος, Gleyic Fluvisols). Επηρεάζεται από την υψηλή υπόγεια στάθμη του νερού (βάθος 30-50 cm από την επιφάνεια την εποχή των μετρήσεων) και την υψηλή συγκέντρωση αλάτων (Διάγρ. 1, εδαφοτομές 3 και 4 με τιμές EC > 4 dS m⁻¹), ενώ το χειμώνα κατακλύζεται από νερό. Στις τρεις από τις τέσσερις εδαφοτομές και σε βάθη > 20 cm, οι τιμές pH είναι μεγαλύτερες του 8,5, ενώ σε κάποια βάθη παρατηρούνται και συγκεντρώσεις CaCO₃ μεταξύ 12 και 40 %. Η βλάστηση που αναπτύσσεται εμφανίζει μορφή μωσαϊκού, στην οποία επικρατεί η αλοφυτική (κυριαρχεί το είδος *Salicornia*), ενώ στην πλευρά της ζώνης αυτής προς τη θάλασσα εμφανίζονται μικροθίνες ύψους 10-30 cm. Η γεωμορφολογία της ζώνης και οικονομικοί λόγοι δεν επιτρέπουν μέτρα βελτίωσης των εδαφικών συνθηκών (π.χ. αποστραγγίσεις, επιχωματώσεις) και γι' αυτό προτείνεται η πλησιέστερη προς την ακτή έκταση περίπου 50 στρ. αλοφυτικής βλάστησης να παραμείνει αδιατάρακτη, ενώ σε μία έκταση 50 στρ. προς την πλευρά της ζώνης Β, προτείνονται εκσκαφές εδαφικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση υψηλότερης βλάστησης στα σημεία απόθεσης. Στις επιφάνειες για εγκατάσταση υψηλότερης βλάστησης απαιτείται να γίνει επιπλέον προσθήκη κατάλληλου εδάφους, πάχους τουλάχιστον 1 m.



Διάγραμμα 1. Τιμές EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) ανά εδαφοτομή και βάθος δειγματοληψίας. (Οι εδαφοτομές 1-4 αναφέρονται στη ζώνη Α, οι 5-8 στη ζώνη Β και οι 9-10 στη ζώνη Γ)

Ζώνη Β. Αποτελείται από έδαφος αμμοπηλώδους σύστασης (68% άμμος, Gleyic και Eutric Fluvisols). Στις δύο από τις τέσσερις εδαφοτομές, με τιμές EC $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ (Διάγρ. 1, εδαφοτομές 6 και 8), το pH κυμαίνεται από 7,80 έως 8,56, ενώ σε κάποια βάθη παρατηρούνται συγκεντρώσεις CaCO_3 20-25 %. Η βελτίωση των εδαφικών συνθηκών είναι επίσης δύσκολη και πολύ δαπανηρή γιατί περιλαμβάνει μέτρα αποστράγγισης και περιορισμού της τριχοειδούς ανύψωσης του νερού, βελτίωση των ανοξικών συνθηκών κ.ά., ενώ η εγκατάσταση υψηλής βλάστησης πρέπει να γίνει μετά από εδαφοκάλυψη της επιφάνειας με κατάλληλης ποιότητας έδαφος πάχους 1 m περίπου. Για την αποκατάσταση-ανάπλαση αυτής της ζώνης, προτείνονται: α) Δημιουργία σε συνδυασμό με τη ζώνη Γ, ενός arboretum. Η ζώνη Β θα χρησιμοποιηθεί για είδη φυτών που αναπτύσσονται σε παρόμοιες συνθήκες και γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν είδη της βαλκανικής χλωρίδας, όπως *Tamarix*, *Elaeagnus*, σε μίξη με νησίδες αλοφύτων. β) Εκσκαφές κατά θέσεις σε βάθος 1-2 m. Το υλικό της εκσκαφής θα αποθεθεί σε παρακείμενες θέσεις στις οποίες θα γίνει στο τέλος και εδαφοκάλυψη. Οι επιφάνειες αυτές πρέπει να έχουν έκταση 2-4 στρεμμάτων και να συνδέονται μεταξύ τους. Στις τεχνητές λίμνες που θα δημιουργηθούν, θα γίνει εγκατάσταση υδροχαρούς βλάστησης που θα αποτελέσει μέρος του βοτανικού κήπου. γ) Εμπλουτισμός των υδάτινων περιοχών του βοτανικού κήπου με σκοπό τη δημιουργία υγροτοπικού οικοσυστήματος, το οποίο μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο παρακολούθησης, έρευνας και εκπαίδευσης.

Ζώνη Γ. Περιλαμβάνει κλίσεις με δυτική έκθεση που αποτελούνται από διάφορες αποθέσεις της τριτογενούς περιόδου, κυρίως μάργες και χαρακτηρίζονται από μεγάλη διαβρωσιμότητα. Το έδαφος χαρακτηρίζεται από τιμές pH μεταξύ 7,9 και 8,6, χαμηλές τιμές EC (Διάγρ. 1, εδαφοτομές 9 και 10) και $\text{CaCO}_3 > 10\%$. Η βελτίωση των εδαφικών συνθηκών μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο εύκολη σε σχέση με τις δύο προηγούμενες ζώνες, γιατί στη ζώνη αυτή δεν υπάρχουν προβλήματα υψηλής υπόγειας στάθμης νερού και αλατούχων εδαφών. Περιοριστικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί η υψηλή τιμή του pH του εδάφους και η αυξημένη περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα. Σε αυτή τη ζώνη θεωρείται απαραίτητο να γίνεται άρδευση με καλής ποιότητας νερό, έτσι ώστε να διατηρηθεί οποιαδήποτε μορφή βλάστησης. Τέλος, προτείνεται φύτευση με είδη που αντέχουν στις υψηλές συγκεντρώσεις CaCO_3 και τα οποία θα προστατέψουν το έδαφος από την παρατηρούμενη επιφανειακή και αυλακωτή διάβρωση. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα είδη: *Cupressus sempervirens*, *Pinus brutia*, *Pinus halepensis*, *Nerium oleander*, *Pistacia terebinthus*, *Cotinus coccygria*, *Spartium junceum*, *Pyrus amygdaliformis*, *Quercus coccifera*, *Cercis siliquastrum*, *Prunus spinosa*, *Coridothymus capitatus*, *Cistus creticus*, *Arbutus unedo*, *Anthyllis hermanniae*, *Calycotome villosa*.

Συμπεράσματα: Η μελέτη των γεωμορφολογικών συνθηκών, των εδαφών και της βλάστησης σε παράκτια περιοχή ΒΔ της Ν. Μηχανιώνας Θεσσαλονίκης έδειξε πως τα πλησιέστερα προς τη θάλασσα υδρομορφα αλλουβιακά εδάφη είναι υποβαθμισμένα ως αλατούχα), επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την υψηλή υπόγεια στάθμη του νερού και η βλάστηση είναι κυρίως αλοφυτική, ενώ τα εδάφη των κλιτύων είναι διαβρωμένα και με ελάχιστη βλάστηση. Με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και στο πλαίσιο πρότασης για δημιουργία βοτανικού κήπου, προτείνονται μέτρα αποκατάστασης και ήπιων παρεμβάσεων με τη δημιουργία υγροτοπικού συστήματος, εμπλουτισμού των εδαφών στις θέσεις εγκατάστασης της κατάλληλης βλάστησης και προστασίας των επικλινών εδαφών από τη διάβρωση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Evelpidou et al. (2019) Coastal rehabilitation: general strategies and examples. In: A. Merino et al. (eds), Best Practices in Evaluation and Restoration of Degraded Mediterranean Environments, IBADER. Instituto de de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural. Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo, Galicia.
2. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods (1996) D.L. Sparks et al. (eds.), Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

LIFE GEOCARBON: Μια εφαρμογή γεωργίας άνθρακα με την χρήση του μοντέλου RothC

Τριαντακωνσταντής Δ. *, Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.

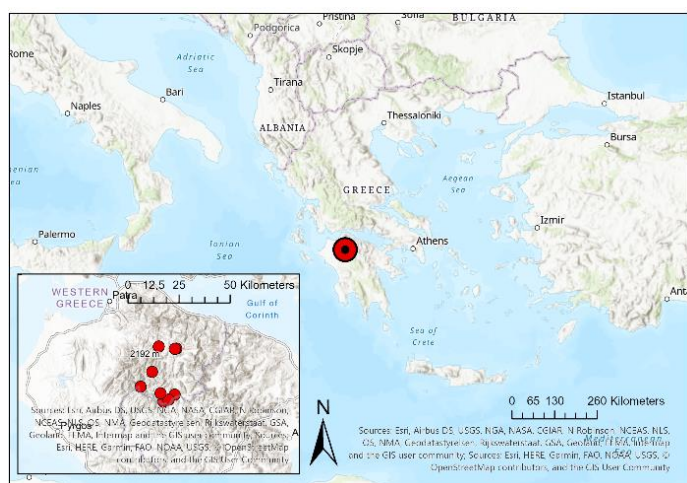
Ινστιτούτο Εδαφοδατικών Πόρων – Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ
Σοφοκλή Βενιζέλου 1, 14123, Λυκόβρυση, Ελλάδα
*e-mail: trdimitrios@elgo.gr

Περίληψη: Παρά τα οφέλη της δέσμευσης του άνθρακα στο έδαφος, η γεωργία άνθρακα βρίσκεται σε αρχικό στάδιο. Στην εργασία αυτή γίνεται συλλογή δεδομένων και πρόβλεψη των αλλαγών του αποθέματος οργανικού άνθρακα του εδάφους (Soil Organic Carbon – SOC) για τις επόμενες δύο δεκαετίες στη Δυτική Ελλάδα. Για την εφαρμογή του μοντέλου RothC συγκεντρώθηκαν Δεδομένα Δραστηριότητας από τους γεωργούς – παραγωγούς (καλλιεργητικές πρακτικές), κλιματικά δεδομένα, εδαφολογικά εργαστηριακά δεδομένα και επίσης έγινε η σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση. Για την αξιολόγηση της αβεβαιότητας του μοντέλου διενεργήθηκε ανάλυση ευαισθησίας με τη χρήση προσομοίωσης Monte Carlo. Η μελέτη περιλάμβανε βοσκότοπους και αγροτεμάχια βρώμης. Δημιουργήθηκαν δύο σενάρια. Το σενάριο Α περιλάμβανε την εφαρμογή του μοντέλου RothC χωρίς την ενσωμάτωση κάποιας καλλιεργητικής πρακτικής, ενώ το σενάριο Β περιλάμβανε το σενάριο Α μαζί με την προσθήκη κοπριάς στον αγρό. Η αρχική περιεκτικότητα του SOC και η θερμοκρασία αναγνωρίστηκαν ως οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις τελικές αποθέσεις SOC και τις εκπομπές CO₂. Έτσι, η εργασία τονίζει τη σημασία της εφαρμογής αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών στο αγρό, όπως π.χ. την προσθήκη κοπριάς, όπου αυτό είναι δυνατόν.

Λέξεις Κλειδιά: οργανικός άνθρακας εδάφους, RothC, κοπριά, κλιματική αλλαγή, γεωργία άνθρακα

Εισαγωγή-Σκοπός: Τα αποθέματα SOC βρίσκονται σε ανησυχητική πτώση παγκοσμίως κυρίως λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας [1]. Τα στατιστικά δεδομένα είναι ανησυχητικά μιας και αποκαλύπτουν ότι περίπου το 24% των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μεταξύ του 2007 και του 2016, συνδέονταν με δραστηριότητες που σχετίζονταν με τη γεωργία, το δασοκομία ή τη χρήση της γης [2]. Ευτυχώς, μια σειρά αειφόρων πρακτικών, συμπεριλαμβανομένης της εδαφοκάλυψης, της ενσωμάτωσης των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, της μείωσης του βάθους άροσης, της αμειψισποράς και της προσθήκης κοπριάς, προσφέρουν ευκαιρίες για την δέσμευση του SOC [3,4]. Η δέσμευση του SOC, που ορίζεται ως η διαδικασία αποθήκευσης του ατμοσφαιρικού CO₂ στο έδαφος παρατείνει τον χρόνο παραμονής του στη γη [5]. Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος των αποτελεσμάτων του έργου LIFE GEOCARBON [6] και στοχεύει να: 1) παρέχει Δεδομένα Δραστηριότητας σε επίπεδο πεδίου μέσω μιας εφαρμογής web-GIS και δειγματοληψίας εδάφους, 2) προβλέπει τις αλλαγές στον SOC χρησιμοποιώντας το μοντέλο RothC, και 3) εντοπίζει τις πιο σημαντικές μεταβλητές για την πρόβλεψη του SOC.

Υλικά και Μέθοδοι: Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στα Καλάβρυτα Αχαΐας. Αυτή η ορεινή τοποθεσία βρίσκεται σε υψόμετρο 750 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα εδάφη ταξινομούνται ως Luvisols, σύμφωνα με την World Reference Base for Soil Resources. Για τη διεξαγωγή της μελέτης συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους από δέκα χωράφια, τα οποία αφορούν διάφορες καλλιέργειες και υπόκεινται σε διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Περιοχή Μελέτης

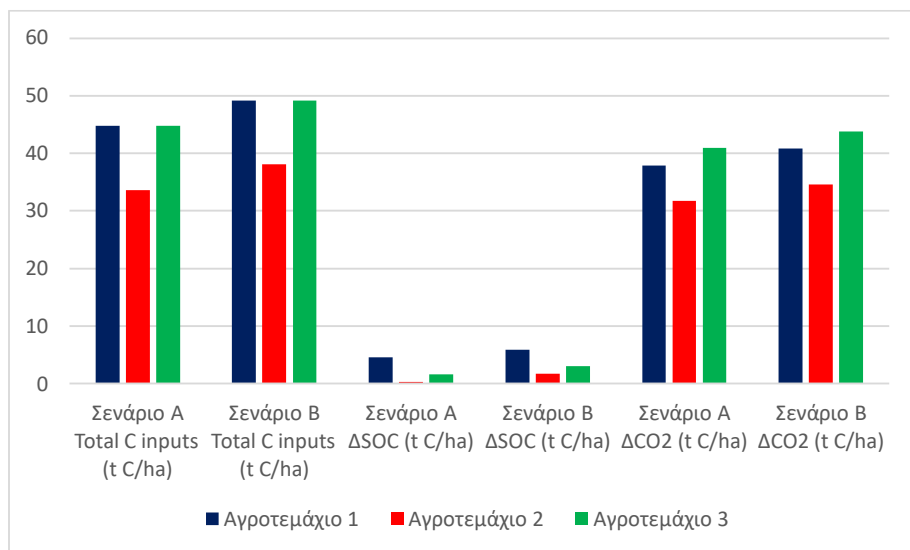
Η δειγματοληψία έγινε σε βάθος 0-30 εκ. και οι εργαστηριακές αναλύσεις στο Ινστιτούτο Εδαφοδατικών Πόρων του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ. Η ανάλυση επικεντρώθηκε κυρίως σε δύο σημαντικές εδαφικές παραμέτρους που σχετίζονται με το μοντέλο Rothamsted Carbon (RothC-26.3, έκδοση 2.1): ο αρχικός SOC και η άργιλος. Τα επίπεδα του SOC μετρήθηκαν με την καθιερωμένη μέθοδο Walkley Black, ενώ το περιεχόμενο άργιλου προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου. Το μοντέλο RothC διαθέτει τη δυνατότητα να προσομοιώνει τις μελλοντικές αλλαγές του SOC λαμβάνοντας υπόψιν την επίδραση του τύπου εδάφους, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της κάλυψης γης.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo για να εξεταστούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν το μοντέλο στην περιοχή της Καλαβρυτών. Μια τροποποιημένη έκδοση του RothC σε περιβάλλον Excel ετοιμάστηκε από την ομάδα ερευνητών του Ινστιτούτου μας.

Οι τροποποιήσεις περιλάμβαναν την προσθήκη των ακόλουθων παραμέτρων: α) πεδοσυναρτήσεις που υπολογίζουν τις αρχικές αποθήκες άνθρακα, β) ετήσιες εισροές κοπριάς και γ) μήνες βοσκής.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Ενδεικτικά στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τρία αγροτεμάχια: αγροτεμάχιο 1 (βοσκότοπι), αγροτεμάχιο 2 (βρώμη) και αγροτεμάχιο 3 (βοσκότοπι). Οι ολικές εισροές άνθρακα (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών εισροών) ήταν υψηλότερες στα βοσκότοπια σε σχέση με το αγροτεμάχιο βρώμης. Η μεγαλύτερη αύξηση σε εδαφικό οργανικό άνθρακα ΔSOC παρατηρήθηκε στο αγροτεμάχιο 1 και η μικρότερη στο αγροτεμάχιο 2. Ο εδαφικός άνθρακας και οι εκπομπές του CO₂ ήταν υψηλότερες στο σενάριο Β από ότι στο Α, για όλα τα αγροτεμάχια. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς

το υποθετικό σενάριο Β είχε υψηλότερα ολικά inputs άνθρακα (0,22 t C/ha/y) τα οποία αποικοδομήθηκαν και μετατράπηκαν σε SOC και εκπομπές CO₂. Με βάση τα παραπάνω η προσθήκη 0,22 τόνων κοπριάς ανά εκτάριο ανά χρόνο είναι μια αποτελεσματική πρακτική για την διατήρηση και αύξηση του εδαφικού άνθρακα. Τα οργανικά βελτιωτικά εδάφους, όπως η κοπριά και το κομπόστ,



Διάγραμμα 1. Αποτελέσματα του μοντέλου RothC με τις ολικές ανθρακικές εισροές, τον ολικό οργανικό άνθρακα και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για 20 χρόνια, για τα τρία αγροτεμάχια.

αγροτεμάχιά τους πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη για το έδαφος και να συμβάλλουν στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Ως εκ τούτου, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν την προώθηση των κατάλληλων αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών σε επίπεδο αγροτεμαχίων. Μια μελλοντική προοπτική της παρούσας εργασίας αποτελεί η σύνδεση με μια δυνητική διαδικτυακή πλατφόρμα (όπως ένα διαβατήριο εδάφους – soil passport). Με το διαβατήριο αυτό, οι αγρότες και οι γεωτεχνικοί θα μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση στις δικές τους προβλέψεις αποθεμάτων SOC. Ένας τέτοιος τύπος πλατφόρμας όπου δεδομένα για το έδαφος μπορούν να αποθηκευτούν και να διαχειριστούν πιο εύκολα, θα είναι μια σημαντική εξέλιξη για την εφαρμογή της γεωργίας του άνθρακα.

Ευχαριστίες: Το εργασία αυτή αποτελεί μέρος του έργου LIFE GEOCARBON (LIFE20/PRE/EL018) που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Lal, R., Smith, P., Jungkunst, H. F., Mitsch, W. J., Lehmann, J., Nair, P. K. R., McBratney, A. B., Sá, J. C. de M., Schneider, J., Zinn, Y. L., Skorupa, A. L. A., Zhang, H.-L., Minasny, B., Srinivasrao, C., & Ravindranath, N. H. (2018). The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 73(6), 145A-152A. DOI: 10.2489/jswc.73.6.145A
- IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Cambridge University Press.
- Halvorson, A. D., Wienhold, B. J., & Black, A. L. (2002). Tillage, Nitrogen, and Cropping System Effects on Soil Carbon Sequestration. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 906–912. DOI: 10.2136/sssaj2002.9060
- Montanaro, G., Dichio, B., Briccoli Bati, C., & Xiloyannis, C. (2012). Soil management affects carbon dynamics and yield in a Mediterranean peach orchard. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 161, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.020>
- Lal, R., Negassa, W., & Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 79–86. DOI: 10.1016/j.cosust.2015.09.002
- LIFE GEOCARBON website (<https://www.lifegeocarbon.eu>), (accessed in 4.10.2023)
- Singh, P., Nazir, G., & Dheri, G. S. (2022). Influence of different management practices on carbon sequestration of agricultural soils – a review. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 0(0), 1–22. DOI: 10.1080/03650340.2022.2158326

περιέχουν ουσίες που διασπώνται δύσκολα από τους μικροοργανισμούς του εδάφους με αποτέλεσμα να παραμένουν για περισσότερο χρόνο στο έδαφος (longer residence time) [7]. Όσον αφορά την ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου (προσομοίωση Monte Carlo), το αρχικό SOC και η θερμοκρασία περιβάλλοντος αναγνωρίστηκαν ως οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο τις τελικές αποθέσεις SOC και τις εκπομπές CO₂.

Συμπεράσματα: Παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις μεταξύ των αγροτεμαχίων στα αρχικά αποθέματα SOC και στις συνολικές εισροές άνθρακα, με αποτέλεσμα να παρατηρηθούν επίσης αυξομειώσεις των τελικών αποθεμάτων SOC. Η διαχείριση του εδάφους, οι καλλιεργητικές δηλαδή πρακτικές που εφαρμόζουν οι παραγωγοί στα

LIFE GEOCARBON: Ένα σύστημα υποστήριξης γεωργίας άνθρακα με την δημιουργία μιας χωρικής βάσης δεδομένων εδάφους

Τριαντακωνσταντής Δ. *, Μπατσαλιά Μ., Λώλος Ν.

Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων – Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ
Σοφοκλή Βενιζέλου 1, 14123, Λυκόβρυση, Ελλάδα *e-mail: trdimitrios@elgo.gr

Περίληψη: Η γεωργία άνθρακα είναι μια στρατηγική πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και αποτελεί ένα κομβικό στοιχείο της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής. Αυτή η καινοτόμα προσέγγιση επιδιώκει να ενθαρρύνει τους αγρότες προσφέροντας κίνητρα για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης με στόχο να δεσμεύσει τον οργανικό άνθρακα στο έδαφος και συγχρόνως να μειώσει τα επίπεδα του ατμοσφαιρικού άνθρακα. Ωστόσο, ένα βασικό πρόβλημα σε αυτήν την προσπάθεια είναι η έλλειψη Δεδομένων Δραστηριότητας της γεωργίας, δηλαδή δεδομένων καλλιεργητικών πρακτικών. Για να γεφυρώσει αυτό το κρίσιμο κενό δεδομένων, το έργο LIFE GEOCARBON, ένα Προπαρασκευαστικό Έργο LIFE, προετοιμάζει την μελλοντική ανάπτυξη ενός ισχυρού εργαλείου – του Εργαλείου Υπολογισμού Άνθρακα στη Γεωργία. Η μεθοδολογία του LIFE GEOCARBON περιλαμβάνει την συλλογή καλλιεργητικών πρακτικών από τους αγρότες - παραγωγούς. Ταυτόχρονα, συλλέγονται και ενσωματώνονται πολύτιμα δεδομένα εδάφους σε μια φιλική προς τον χρήστη βάση δεδομένων web-GIS, βελτιώνοντας σημαντικά την προσβασιμότητα και τη χρησιμότητά τους. Τέλος, το έργο χρησιμοποιεί μοντέλα άνθρακα για να προβλέψει τις τιμές αποθήκευσης του οργανικού άνθρακα και τις εκπομπές CO₂ από τα εδάφη. Οι πρωτοποριακές πρωτοβουλίες του έργου LIFE GEOCARBON στη συλλογή, αποθήκευση και μοντελοποίηση των δεδομένων αποτελούν ένα κρίσιμο βήμα προόδου για την πλήρη αξιοποίηση της γεωργίας άνθρακα και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Έτσι, το έργο LIFE GEOCARBON διευκολύνει το βιώσιμο μέλλον της γεωργίας στην Ευρώπη και πέραν αυτής.

Λέξεις Κλειδιά: οργανικός άνθρακας εδάφους, κλιματική αλλαγή, γεωργία άνθρακα, web-GIS

Εισαγωγή-Σκοπός: Η γεωργία άνθρακα αναφέρεται στην εφαρμογή πρακτικών διαχείρισης της εδάφους με στόχο την αποθήκευση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα σε εδάφη και φυτά [1,2]. Βασίζεται στη βιώσιμη διαχείριση της γης και όχι μόνο βοηθά στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής καταγράφοντας τις εκπομπές αερίου θερμοκηπίου αλλά και αυξάνει τη γονιμότητά του εδάφους. Πρακτικές όπως η αγροδασοπονία, η χρησιμοποίηση φυτών εδαφοκάλυψης, η οργανική λίπανση και το όργανο διατήρησης αποτελούν κυρίαρχα στοιχεία της γεωργίας του άνθρακα. Η υιοθέτηση της γεωργίας άνθρακα δεν είναι μόνο οικολογικά ευεργετική αλλά μπορεί επίσης να παρέχει οικονομικά κίνητρα για τους αγρότες, ιδίως εκεί όπου οι πιστώσεις άνθρακα ή οι κυβερνητικές επιδοτήσεις ανταμείβουν την βιώσιμη διαχείριση της γης. Το LIFE GEOCARBON αποσκοπεί στη συλλογή και εναρμόνιση των υφιστάμενων γεωγραφικών βάσεων δεδομένων σχετικά με τον εδαφικό άνθρακα με τη χρήση IT εργαλείων λήψης αποφάσεων. Στο έργο εξετάζονται τα υφιστάμενα γεωχωρικά δεδομένα και μέθοδοι για την μελλοντική ανάπτυξη ενός Εργαλείου Υπολογισμού Άνθρακα στη Γεωργία.

Υλικά και Μέθοδοι: Το έργο LIFE GEOCARBON αποσκοπεί στη βελτίωση των χωρικών βάσεων δεδομένων που σχετίζονται με τις γεωργικές πρακτικές διαχείρισης χρησιμοποιώντας προηγμένα εργαλεία τεχνολογίας πληροφορικής και διαδικτυακού συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (web-GIS). Το έργο χρησιμοποιεί υφιστάμενες βάσεις δεδομένων για το έδαφος και τη διαχείριση της γεωργίας, συμπεριλαμβανομένης της ελληνικής βάσης δεδομένων του ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ, της βάσης CARBOSOL, της βάσης SeisNET, του LUCAS και της βάσης INFOSOLO, καθώς και δεδομένα από έργα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής όπως το LIFE MediNet, το LIFE CLIMATREE και το LIFE OLIVE4CLIMATE. Το LIFE GEOCARBON επικεντρώνεται στη συλλογή δεδομένων δραστηριοτήτων διαχείρισης της γεωργίας μέσω crowdsourcing. Για τη διευκόλυνση αυτής της διαδικασίας, αναπτύχθηκε μια λειτουργική εργαλειοθήκη WebGIS, βασισμένη στην πλατφόρμα ArcGIS-online της ESRI. Αυτό το εργαλείο αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

WebApp ArcGIS: Είναι η κύρια web – εφαρμογή που προσφέρει δυνατότητες αλληλεπίδρασης του χρήστη και βασική ανάλυση των δεδομένων.

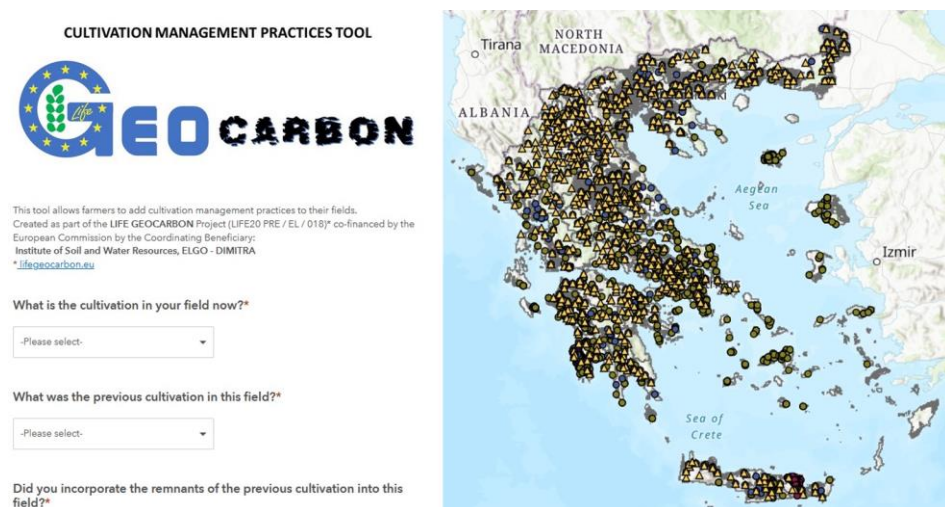
ArcGIS Survey123: Είναι ένα πολύγλωσσο web ερωτηματολόγιο για τη συλλογή δεδομένων δραστηριοτήτων από τους συμμετέχοντες.

ArcGIS Story Maps: Είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την επισήμανση της συμμετοχής των συμμετεχόντων, προωθώντας μια σύνδεση μεταξύ του έργου και της ευρύτερης κοινότητας.

Συνολικά, το έργο GEOCARBON χρησιμοποιεί υφιστάμενες βάσεις δεδομένων, crowdsourcing και μια σουίτα εργαλείων ArcGIS της ESRI για να εμπλουτίσει την χωρική βάση δεδομένων με τις γεωργικές πρακτικές διαχείρισης και την συμμετοχή των ενδιαφερομένων στις προσπάθειες βιώσιμης διαχείρισης της γης.

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Το έργο GEOCARBON προσφέρει αξιολογικά αποτελέσματα που επικεντρώνονται στην ανάπτυξη ενός πολύπλοκου συστήματος καταγραφής γνώσης στο επίπεδο της γεωργίας, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες χωρικών εργαλείων βασισμένων στο διαδίκτυο. Αυτό το σύστημα στοχεύει να παρέχει αναγκαία υποστήριξη στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και τους αγρότες – παραγωγούς. Στον πυρήνα αυτής της πρωτοβουλίας βρίσκεται η δημιουργία ενός ψηφιακού εργαλείου φιλικού για το χρήστη (Σχήμα 1). Αυτή η ψηφιακή πλατφόρμα επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν μαζί της επιτρέποντάς τους να εισάγουν, οργανώνουν, αναλύουν και μοιράζονται δεδομένα, παρέχοντας παράλληλα την ευελιξία της πρόσβασης σε οποιαδήποτε συσκευή. Οι δυνατότητες του εργαλείου εκτείνονται στη δημιουργία χαρτών, την παροχή γεωγραφικών

πληροφοριών και τη δυνατότητα διεξαγωγής διάφορων αναλύσεων. Το εργαλείο είναι προσβάσιμο μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του έργου (lifegeoarbon.eu). Εντός του περιβάλλοντος της πύλης ArcGIS, τα δεδομένα που είναι προσβάσιμα μέσω του Εργαλείου Δεδομένων Δραστηριοτήτων των παραγωγών περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση βάσεων δεδομένων εδάφους από διάφορες πηγές, εξασφαλίζοντας έτσι μια συνολική κατανόηση των συνθηκών του εδάφους.



Εικόνα 1. Διαδικτυακή εφαρμογή για τη συλλογή Δεδομένων Δραστηριότητας από παραγωγούς (αριστερά) και εδαφολογικά δεδομένα στην Ελλάδα (δεξιά)

καθένα. Η στρατηγική του έργου LIFE GEOCARBON περιλαμβάνει τη συγκέντρωση δεδομένων από τις πιλοτικές περιοχές του έργου στις χώρες του έργου LIFE GEOCARBON μέσω μιας ιστοσελίδας που έχει δημιουργεί η σχετική πλατφόρμα. Αυτή η πλατφόρμα περιλαμβάνει λεπτομερείς χάρτες για κάθε περιοχή. Οι αγρότες έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν τα αγροκτήματά τους και αφού τα εντοπίσουν, μπορούν να καταγράψουν τις γεωργικές τους πρακτικές μέσω της πλατφόρμας. Αυτή η διαδραστική διαδικασία διευκολύνει τη συνεχή ενημέρωση της βάσης δεδομένων, καθώς οι αγρότες καταγράφουν τα Δεδομένα Δραστηριότητας του εδάφους τους μέσω μια φιλικής ως προς τον χρήστη εφαρμογή. Συνοψίζοντας, το έργο LIFE GEOCARBON εισάγει μια νέα εποχή για την γεωργία άνθρακα με το Εργαλείο Δεδομένων Δραστηριότητας των παραγωγών. Μέσω της ομαλής ενσωμάτωσης της τεχνολογίας, του διαμοιρασμού δεδομένων και της συμμετοχής των ενδιαφερομένων, το έργο LIFE GEOCARBON είναι έτοιμο να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στην προώθηση των βιώσιμων πρακτικών γεωργίας και των μέτρων για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Συμπεράσματα: Το έργο LIFE GEOCARBON έχει αναπτύξει ένα χωρικό σύστημα διαχείρισης των δεδομένων εδάφους σχεδιασμένο για τον υπολογισμό του εδαφικού άνθρακα που δεσμεύεται στο έδαφος και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Πρόκειται για μια φιλική προς το χρήστη εφαρμογή που αναμένεται να αυξήσει την ευαισθητοποίηση και τη συμμετοχή των αγροτών στη συλλογή δεδομένων για τον τομέα LULUCF. Έτσι, οι παραγωγοί χρησιμοποιούν μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου στον αγρό για να καταγράψουν τις καλλιεργητικές τους πρακτικές. Τα δεδομένα αποθηκεύονται με ασφάλεια σε ένα περιβάλλον cloud GIS για μελλοντική ανάλυση. Το έργο LIFE GEOCARBON, ως προπαρασκευαστικό έργο ενός εργαλείου υπολογισμού των εκπομπών CO₂, επιτρέπει στους παραγωγούς να συμμετέχουν ενεργά στη γεωργία άνθρακα συμβάλλοντας στην αειφορία των φυσικών πόρων.

Ευχαριστίες: Το εργασία αυτή αποτελεί μέρος του έργου LIFE GEOCARBON (LIFE20/PRE/EL018) που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Mattila et al. (2022), DOI: 10.1016/j.still.2021.105204
2. Buck et al. (2022), DOI: 10.1007/s10533-022-00948-2
3. Ozlu et al. (2022), DOI: 10.3390/biology11101453

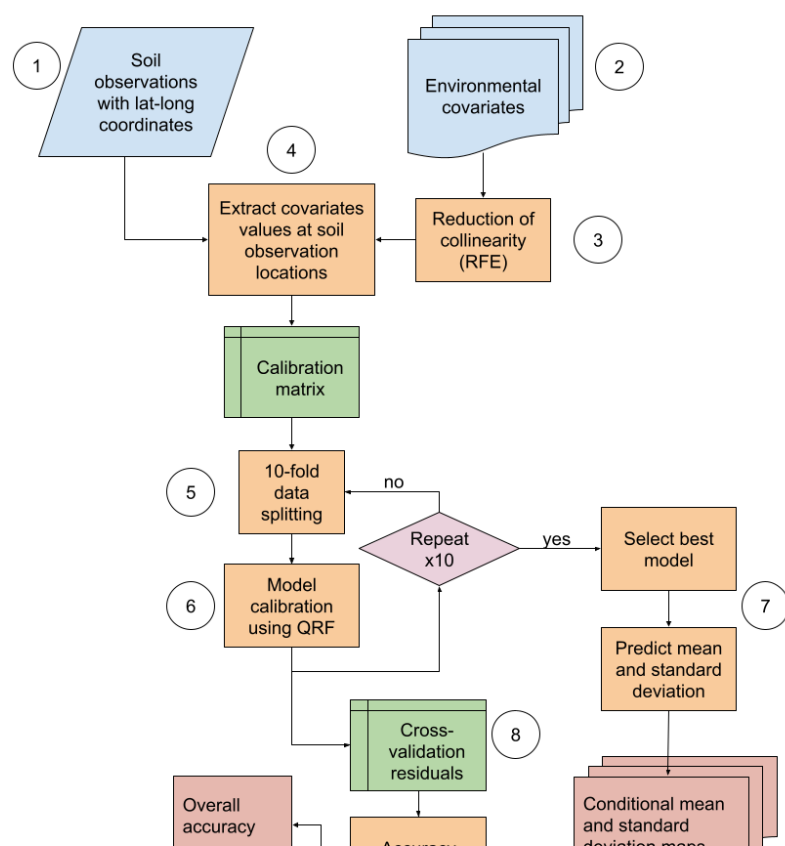
Δημιουργία Εθνικών Χαρτών Εδαφικών Ιδιοτήτων του Εδάφους

Τριαντακωνσταντής Δ.*, Λώλος Ν., Μπατσαλιά Μ.

Ινστιτούτο Εδαφοδατικών Πόρων – Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ
Σοφοκλή Βενιζέλου 1, 14123, Λυκόβρυση, Ελλάδα *e-mail: trdimitrios@elgo.gr

Περίληψη: Στην Ελλάδα τα προβλήματα που αφορούν την παραγωγικότητα και την αειφορία του εδάφους είναι σημαντικά και περιλαμβάνουν θέματα όπως τα αλατούχα εδάφη, τα εδάφη με μικρό βάθος, η διάβρωση και η ερημοποίηση. Επιπλέον, με την κλιματική αλλαγή και την ερημοποίηση αναδεικνύονται και άλλες ιδιαίτερα σημαντικές ανησυχίες, όπως η εξασφάλιση της μελλοντικής βιωσιμότητας τους εδάφους και η επισιτιστική ασφάλεια. Η Global Soil Partnership του Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) έχει δρομολογήσει την δημιουργία των Global Soil Nutrient and Nutrient Budget χάρτες (GSNmap) για την αντιμετώπιση των υφιστάμενων προβλημάτων και την γεφύρωση του κενού που υπάρχει στα δεδομένα των εδαφολογικών δεδομένων. Στόχος του έργου είναι να καλυφθεί το κενό γνώσης στα δεδομένα για τις εδαφικές ιδιότητες και να ενημερωθούν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες. Η Φάση 1 του έργου αυτού ξεκίνησε με τη δημιουργία θεματικών χαρτών ιδιοτήτων του εδάφους χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικές μεταβλητές και χωρικά εδαφικά δεδομένα με τη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης.

Υλικά και Μέθοδοι: Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των χαρτών GSNmap περιγράφεται στο Τεχνικό Εγχειρίδιο του FAO [1]. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται σε αυτό το εγχειρίδιο αναθεωρήθηκε και εγκρίθηκε από το International Network of Soil Information Institutions (INSII) και αποτελεί μέρος των κατευθυντήριων γραμμών και των τεχνικών προδιαγραφών της κάθε χώρας. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της διαδικασίας που ακολουθούν οι εδαφολογικές και οι περιβαλλοντικές παράμετροι (π.χ., θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, κλίση, υψόμετρο, κτλ.) ώστε να εξαχθούν οι χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων.

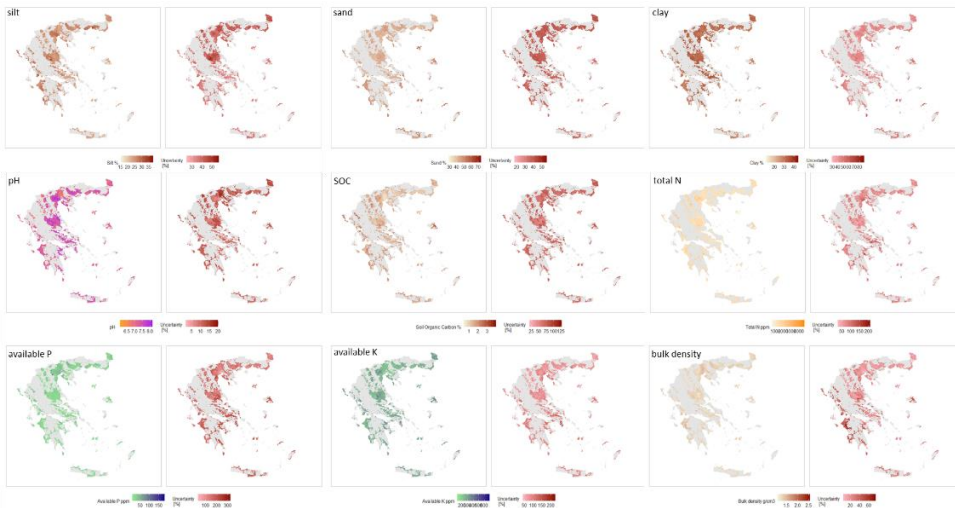


Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής χαρτογράφησης εδαφικών ιδιοτήτων (από το Εγχειρίδιο του FAO)

Για τη δημιουργία χαρτών των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους χρησιμοποιήθηκαν οι κάτωθι ιδιότητες: 1) το ολικό άζωτο, 2) το διαθέσιμο κάλιο, 3) ο διαθέσιμος φώσφορος, 4) ο οργανικός άνθρακας του εδάφους (SOC), 5) η φαινομενική πυκνότητα, 6) το pH, 7) η λύς, 8) η άμμος και 9) η άργιλος. Χρησιμοποιήθηκαν σημειακά εδαφικά δεδομένα που κάλυπταν όλη την ελληνική επικράτεια. Τα δεδομένα προέρχονται από το εργαστήριο του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ με βάθος δειγματοληψίας 0-30cm και LUCAS 2019 από τη χρονική περίοδο 2017-2022 [1]. Το σύστημα συντεταγμένων ήταν το WGS84-EPSSG:4326 και η χωρική ευκρίνεια ήταν 250x250m. Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Quantile regression forest. Η εκπαίδευση διεκπεραιώθηκε με δεκαπλό cross-validation με 10 επαναλήψεις και η επικύρωση έγινε με τη βιβλιοθήκη της R "caret" σε συνεργασία με τη "Boruta". Για τις μεθόδους αξιολόγησης της αβεβαιότητας χρησιμοποιήθηκαν δείκτες σφάλματος (ME, MAE, RMSE), R², MEC και διαγράμματα διασποράς [1].

Αποτελέσματα-Συζήτηση: Οι παραχθέντες χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων μαζί με την αντίστοιχη αβεβαιότητα % (μέσος όρος/τυπική απόκλιση*100) δίνονται στην Εικόνα 2. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία των χαρτών και μας δίνει έτσι μια εικόνα της αξιολόγησης της υγείας του εδάφους. Από τον Πίνακα 1 παρατηρούμε ότι η τιμή του pH κυμαίνεται στην ουδέτερη περιοχή [2, 3]. Επίσης, είναι αξιοσημείωτο ότι η περιεκτικότητα SOC στο

έδαφος είναι σχετικά χαμηλή σε εθνική κλίμακα, γεγονός που δηλώνει την ανάγκη για βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης του εδάφους [4]. Η συγκέντρωση του ολικού αζώτου (N) είναι ικανοποιητική [3]. Ο διαθέσιμος φώσφορος (P) βρίσκεται σε μέτρια επίπεδα στο έδαφος [5,6,7]. Επιπροσθέτως, η περιεκτικότητα σε διαθέσιμο κάλιο (K) είναι εντός των μέσων επιπέδων όταν εξετάζεται σε εθνική κλίμακα [3]. Όταν τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται κάτω από ένα κρίσιμο όριο, η ανάπτυξη των καλλιεργειών παρεμποδίζεται, προκαλώντας προβλήματα στην παραγωγή. Έχει διαπιστωθεί ότι η χρήση μεταβλητών, όπως η περιεκτικότητα σε άργιλο, το pH του εδάφους και η ετήσια βροχόπτωση, μπορεί να προβλέψουν με ακρίβεια τη ανάγκη για θρεπτικά συστατικά ανάλογα με την καλλιέργεια [2,7]. Με αυτόν τον τρόπο, η λίπανση των φυτών μπορεί να εφαρμοστεί εκεί όπου κρίνεται απαραίτητη.



Εικόνα 2: Οι χάρτες των ιδιοτήτων του εδάφους (στα αριστερά) και η αβεβαιότητα των αντίστοιχων ιδιοτήτων (στα δεξιά)

Πίνακας 1: Στατιστικά στοιχεία των χαρτών

	Mean	St. Dev.
Ίλύς	25.2 (%)	2.0
Άμμος	44.4 (%)	3.8
Άργιλος	30.8 (%)	3.1
pH	7.3	0.2
SOC	1.6 (%)	0.4
Ολικό N	1487.2 (ppm)	331.6
Διαθέσιμο P	24.8 (ppm)	8.7
Διαθέσιμο K	259.9 (ppm)	41.5
Φαινομενική Πυκνότητα	1.3	0.1

Η ακρίβεια των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν αξιολογήθηκε με τη χρήση των δεικτών R^2 και του RMSE. Ο Πίνακας 2 παρέχει τους δείκτες αυτούς για όλες τις ιδιότητες του εδάφους που εξετάστηκαν.

Πίνακας 2: Δείκτες προσαρμογής του μοντέλου για τα θρεπτικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του εδάφους

Θρεπτικά Συστατικά	RMSE	R^2	Θρεπτικά Συστατικά	RMSE	R^2
Ίλύς	7.29	0.24	Ολικό N	1122.69	0.31
Άμμος	12.86	0.4	Διαθέσιμο P	38.9	0.31
Άργιλος	10.47	0.43	Διαθέσιμο K	236.85	0.45
pH	0.65	0.31	Φαινομενική Πυκνότητα	0.31	0.13
SOC	0.99	0.37			

Συμπεράσματα: Το έργο που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή αφορά τη δημιουργία θεματικών χαρτών για την αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, χαρτογραφήθηκαν οι εδαφικές ιδιότητες με την χρήση περιβαλλοντικών δεδομένων και μεθόδων μηχανικής μάθησης. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την μελέτη αυτή είναι σημαντικά για την εξασφάλιση της αειφορίας των εδαφικών πόρων και της επισιτιστικής ασφάλειας. Επίσης, ένα στρατηγικό σχέδιο συστηματικής παρακολούθησης της υγείας του εδάφους κρίνεται σημαντικό για την βελτίωση της κατάστασης της διαχείρισης των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Τέλος, η πρώτη Φάση του έργου, δηλαδή η δημιουργία χαρτών των θρεπτικών συστατικών του εδάφους σε εθνική κλίμακα ολοκληρώθηκε με επιτυχία και οι αντίστοιχοι χάρτες θα γίνουν διαθέσιμοι στις 5 Δεκεμβρίου 2023 από το portal του FAO (<https://data.apps.fao.org/glois/?lang=en>).

Βιβλιογραφικές αναφορές

- FAO (2022), Country guidelines and technical specifications for global soil nutrient and nutrient budget maps, GSNmap: Phase 1, 34, ISBN:978-92-5-136795-7
- Paschalidis Ch. , Sotiropoulos S. , Papakonstantinou L. , Petropoulos D. , Kavvadias V. , Paschalidis D. , Christodoulou Ch. (2020). Soil Resources and the Role in Agriculture Sector of Greek Economy. Environment and Ecology Research, 8(3), 70 - 75.
- MAAF (1988). Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. HMSO, London.
- Loveland, P. & Webb, J. (2003), Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review Soil Till. Res., 70, 1–18
- Carrow, R. N. et. al (2001), Phosphorus. In: Turfgrass Soil Fertility and Chemical Problems: Assessment and Management pp. 206-208. Chelsea, Mich., Ann Arbor Press.
- McDowell, R.W. & Sharpley, A.N. (2001), Approximating phosphorus release from soils to surface runoff and subsurface drainage. J. Environ. Qual., 30, 508-520.
- Recena, R., García-López, A. M., Quintero, J. M., Skyttä, A., Ylivainio, K., Santner, J., Buenemann, E., Delgado, A. (2022). Assessing the phosphorus demand in European agricultural soils based on the olsen method. Journal of Cleaner Production, 379, 134749.

ΧΟΡΗΓΟΙ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΧΡΥΣΟΙ ΧΟΡΗΓΟΙ



EUROCHEM

KAVALA NOVA FERT LTD



Knowledge grows

ΑΡΓΥΡΟΙ ΧΟΡΗΓΟΙ



**PHOSPHORIC FERTILIZERS
INDUSTRY & CHEMICAL**



ΧΑΛΚΙΝΟΙ ΧΟΡΗΓΟΙ



ΕΛΛΑΓΡΟΛΙΠ ΑΕΒΕ



ΧΟΡΗΓΟΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

agrotypus.gr



ΑΙΓΙΔΕΣ

