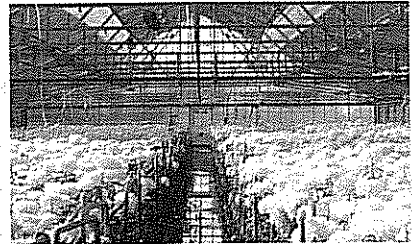
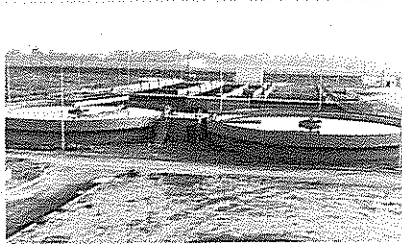
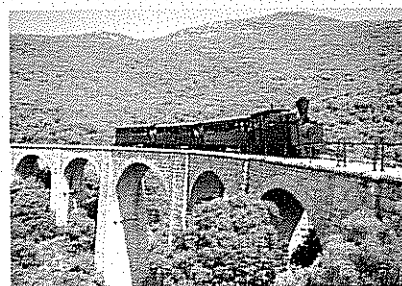




ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ



ΠΡΑΚΤΙΚΑ 2ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΒΟΛΟΣ
28 - 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜ. ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή: ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Τ.Ε.Ε. Μαγνησας

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (Ε.Γ.Μ.Ε.)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (HelAgEng)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

2ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Επιμέλεια Έκδοσης
Μ. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη

ΒΟΛΟΣ
28 – 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή : ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.),
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ (Τ.Ε.Ε.) Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Η αναπαραγωγή των εργασιών έχει γίνει φωτογραφικά και την ευθύνη της εμφάνισης κάθε εργασίας έχουν οι συγγραφείς της.



Εκτύπωση • βιβλιοδεσία
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΙΑΧΟΥΔΗ - ΓΙΑΠΟΥΛΗ
ΤΗΛ - FAX: 031 - 216.779
Κ. ΜΕΛΕΝΙΚΟΥ 15 • ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ) διανύει τον 8^ο χρόνο ύπαρξής της. Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως “Hellenic Society of Agricultural Engineers” (HelAgEng). Τα μέλη της σήμερα φθάνουν τα 121.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 72 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 2^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στο Βόλο, στις 28-30 Σεπτεμβρίου 2000. Για την κρίση των εργασιών αυτών προς δημοσίευση στα Πρακτικά, εργάστηκαν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τη συνδρομή του Δήμου Βόλου, του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. και του Τ.Ε.Ε. Μαγνησίας.

Το Συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης απέκτησαν γνώσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το Δήμαρχο Βόλου, το Νομάρχη Ν. Μαγνησίας καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2000

Καθηγήτρια, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ., Πρόεδρος
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Πρίντζος Ι., Πρόεδρος Τ.Ε.Ε. Ν. Μαγνησίας
Μανουόδης Ν., Γεωπόνος, Δ/νση Γεωργικής Ανάπτυξης Ν. Μαγνησίας
Καλφούντζος Δ., Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Ντιούδης Π., Επίκ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Λάρισας
Σουφλιάς Κ., Γεωπόνος Περιφέρειας Θεσσαλίας
Βλειώρας Σ., Γεωπόνος, εκπρ. ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Κεντρικής Ελλάδος
Στεργιοπούλου Σ., Γεωπόνος, Μ.Δ.Ε., Π.Θ.

Επιστημονική Επιτροπή

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αναστασιάδου - Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Δαλέζιος Ν., Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Ζήσης Θ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Θεοδωρίκας Σ., Καθηγητής Π.Θ.
Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Καραντούνιας Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Κορίτσης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Λαμπρινός Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μήτσος Ι., Καθηγητής Π.Θ.
Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα - Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παπαδάκης Γ., Επίκ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πιτσιλής Π., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Σακκάς Ι., Καθηγητής Δ.Π.Θ.
Σιδηράς Ν., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Τερζίδης Γ., Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζώρτζιος Σ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε., Αντωνόπουλος Β., Γέμτος Θ., Γεωργακάκης Δ., Γιαννόπουλος Σ., Δαλέζιος Ν., Δαναλάτος Ν., Δημητρίου Ι., Θεοδωρίκας Σ., Θεοδώρου Α., Καραθάνος Β., Καραμούζης Δ., Καραντούνιας Γ., Καρυώτης Θ., Κερκίδης Π., Κίττας Κ., Κοσμάς Κ., Λαμπρινός Γ., Μαρτζόπουλος Γ., Μήτσιος Ι., Μισοπολινός Ν., Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Μπριασούλης Δ., Νάνος Γ., Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ., Παπαδάκης Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαμιχαήλ Δ., Παρισσόπουλος Γ., Πατέρας Δ., Πιτσιλής Π., Σακελλαρίου – Μακρραντωνάκη Μ., Σιδηράς Ν., Τερζίδης Γ., Τζιμόπουλος Χ., Τζώρτζιος Σ., Τσαντήλας Χ., Τσατσαρέλης Κ., Τσιακάρας Π.

Γραμματεία Συνεδρίου

Ροϊδη Φ., Αγγελάκη Α., τηλ. (0421) 74327, 74317
fax : (0421) 74324, 74317
e-mail : msak@arg.uth.gr

Χορηγοί του 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της Ε.Γ.Μ.Ε.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δήμος Βόλου
Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.)
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Μαγνησίας (Τ.Ε.Ε.)
ΑΓΡΕΚ, Θερμοκήπια
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων
Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης Λάρισας (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.)

Οικονομική ενίσχυση για το 2^ο Εθνικό Συνέδριο της Ε.Γ.Μ.Ε.

Νομαρχία Ν. Μαγνησίας
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.)
NETAFIM A.E., Εξοπλισμός & Συστήματα Άρδευσης
MONSANTO ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε., Γεωργικά Φαρμακευτικά

Εκθέτες

SGIENTACT A.E., Περιβαλλοντικός & Εργαστηριακός Εξοπλισμός
ΕΒΟΞ Α.Ε. – ΑΦΟΙ ΖΗΚΑ Ο.Ε.
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
ROTEX A.E., Αντλητικές Μηχανές
NAAN, Συστήματα Αρδεύσεων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

Ακριτίδης Κ.
Αλεξίου Ι.
Αλεξοπούλου Ε.
Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε.
Αντωνόπουλος Β.
Αρβανίτης Κ.
Αριστοπούλου Α.
Βασιλειάδης Λ.
Βλειώρας Δ.
Βλειώρας Σ.
Βύργλας Π.
Γαλάνης Μ.
Γάτσιος Φ.
Γέμτος Θ.
Γεωργίου Π.
Γεωργούσης Χ.
Γιαγλάρας Π.
Γιακουμάκης Σ.
Γιαννόπουλος Σ.
Γκόλια Ε.
Γούλας Χ.
Δαλέζιος Ν.
Δαναλάτος Ν.
Δέρκας Ν.
Δερμίσσης Β.
Δήμας Ε.
Δημητριάδης Α.
Δημητρίου Ι.
Δομενικιώτης Χ.
Ευθυμιάδης Π.
Ζαλίδης Γ.
Ζέρβα Γ.
Ζήσης Θ.
Θεοδώρου Α.
Θεοχάρης Μ.
Θεοχαρόπουλος Σ.
Καβαδάκης Γ.
Καβαλάρης Χ.
Κάβουρας Σ.
Καλαϊτζίδου – Πάικου Ν.
Καλφούντζος Δ.
Καραγιάννη – Χρήστου Μ.
Καραϊβάζογλου Π.
Καραμάνης Μ.
Καραμούζης Δ.
Καραμούτης Χ.

Καραντούνας Γ.
Καραρίζος Π.
Κατσούλας Ν.
Κίττας Κ.
Κλάδης Γ.
Κοζής Γ.
Κουλουμπής Π.
Κουμπουλής Φ.
Κουτσομήτρος Σ.
Κυλινδρής Θ.
Κυρίτσης Σ.
Κωτσόπουλος Σ.
Λαμπρινός Γ.
Λέλλης Θ.
Λεμπέσης Γ.
Λόης Δ.
Λουκάς Α.
Λουλούδη Α.
Λουλούδη Β.
Λύκας Χ.
Μαλιδέρου Ε.
Μανωλιάδης Ο.
Μανωλοπούλου Ε.
Μαρτζόπουλος Γ.
Μασλάρης Ν.
Μητρόπουλος Δ.
Μήτσιος Ι.
Μήτσιου Χ.
Μιμίδης Θ.
Μισοπολινός Ν.
Μπαλόπουλος Ε.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ.
Μπαρμπαγιάννης Ν.
Μπαρτζάνας Θ.
Μπερμπερίδης Κ.
Μπιλάλης Δ.
Μπόγδανος Κ.
Μπράμπα Δ.
Μπριασούλης Δ.
Μυστριώτης Α.
Νάματοβ Ε.
Νατιώτη Ε.
Νάτσης Α.
Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ.
Νικολάου Α.
Νούσιος Γ.

Ντιούδης Π.
Ντόντορος Δ.
Παναγάκης Π.
Παναγιωτόπουλος Κ.
Πανούτσου Κ.
Παπαγιαννοπούλου Α.
Παπαδάκης Γ.
Παπαδόπουλος Α.
Παπαδόπουλος Φ.
Παπαθανασίου Ι.
Παπαμιχαήλ Δ.
Παπανίκος Ν.
Παπατόλιος Κ.
Παρισόπουλος Γ.
Πασγιάνος Γ.
Πεχλιβανίδης Γ.
Πιτσιλής Ι.
Ρίζου Ζ.
Ροσμαράκης Σ.
Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ.
Σαραντόπουλος Δ.
Schettini Ε.
Σερσελούδης Χ.
Σιγριμής Ν.
Σιδηράς Ν.
Σκαρπέτης Μ.
Σπυρίδης Α.

Σταθάκος Θ.
Σταματοπούλου Ι.
Σταυρόπουλος Δ.
Στεργιοπούλου Σ.
Talab Τ.
Τάσιου Δ.
Τερζούδη Χ.
Τζανετοπούλου Ι.
Τζιμόπουλος Χ.
Τζώρτζιος Σ.
Τσάμης Π.
Τσάτσα Α.
Τσατσαρέλης Κ.
Τσιρογιάννης Ι.
Τσιώτας Κ.
Τσουλουχά Φ.
Φαρσιρώτου Ε.
Fatnassi Η.
Φείδαρος Δ.
Φλωράς Σ.
Φλώρου Ε.
Φόνσος Μ.
Φουντάς Σ.
Χατζηγιαννάκης Ε.
Χρηστίδου Σ.
Χριστοδούλου Ε.
Ψόχιου Ε.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1^η ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Εμπειρικά και θεωρητικά μοντέλα που προσδιορίζουν τη θραύση χωμάτινων φραγμάτων».....	17
Χ. Τζιμόπουλος, Α. Σπυρίδης	
«Σύγκριση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων με τη βοήθεια εκτιμήσεων πλημμυρικών απορροών».....	26
Δ. Παπαμιχαήλ, Π. Γεωργίου, Δ. Καραμούζης	
«Εκτίμηση της πιθανότητας επανεμφάνισης των ροών αιχμής ορεινών λεκανών απορροής».....	34
Α. Λουκάς, Α. Βασιλειάδης, Χ. Δομενικιώτης, Ν. Δαλέζιος	
«Αρδευτικές διώρυγες διαφορικής τραχύτητας».....	42
Ι. Δημητρίου	
«Παροχές σχεδιασμού σε σχέση με τη μείωση της δασικής βλάστησης στην Ανατολική Αττική».....	50
Σ. Γιακουμάκης, Σ. Ροσμαράκης, Μ. Φόνσος	
«Αριθμητική προσομοίωση ελεύθερης επιφάνειας σε υδατορρέυματα μεταβαλλόμενης διατομής».....	60
Ε. Φαρσιρώτου	
«Αδιάστατα διαγράμματα υπολογισμού παροχής σε παραβολική διώρυγα με ελεύθερη υδατόπτωση».....	68
Ε. Χατζηγιαννάκης, Ε. Αναστασιάδου – Παρθενίου	
«Επίδραση των αναβαθμών στην κίνηση του νερού της θάλασσας προς το υδατόρευμα».....	77
Γ. Πεγλιβανίδης, Β. Δερμίσης	
«Περιβαλλοντικοί δείκτες για πολυκριτηριακή διαχείριση αρδεύσεων στο αγροτεμάχιο».....	85
Ο. Μανωλιάδης	
«Πειραματικές διαδικασίες διήθησης – στράγγισης σε στρωματοποιημένα εδάφη».....	93
Δ. Καλφούντζος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Τζιμόπουλος	
«Τεχνητός εμπλουτισμός υδροφορέα λεκάνης Ολυνθίου».....	101
Θ. Ζήσης, Ν. Καλαϊτζίδου – Πάικου, Δ. Καραμούζης	
«Αλγόριθμος προσδιορισμού της χαρακτηριστικής καμπύλης της εδαφικής υγρασίας ακόρεστου πορώδους μέσου με διπλό πορώδες».....	109
Σ. Γιαννόπουλος, Χ. Τζιμόπουλος	
«Εκτίμηση οριακών βρόχων υστέρησης - Αναλυτική και πειραματική προσέγγιση του τριβλήματος».....	117
Χ. Τζιμόπουλος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Σ. Στεργιοπούλου	

«Στοχαστική μελέτη του υδατικού ισοζυγίου ενός καλλιεργούμενου εδάφους».....	124
Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος	
«Σύγκριση υπολογισμένων τιμών δυναμικής εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών με τις εξισώσεις Penman και Penman - Monteith»	133
Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος, Γ. Ζέρβα, Π. Βύρλας	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης υδραυλικών χαρακτηριστικών σταλάκτη και σταλακτηφόρου σωλήνα»	141
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης	
«Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	149
Π. Ντιούδης, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος	
«Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	157
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Δ. Καρφούντζος, Ν. Παπανίκος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 2^η ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Ενεργειακές εισροές – εκροές κύριων καλλιεργειών της χώρας μας».....	167
Κ. Τσατσαρέλης	
«Προσομοίωση ξηραντηρίου μηδικής σε σωρό μεγάλου βάθους».....	177
Κ. Ακριτιδής, Α. Δημητριάδης	
«Εξοικονόμηση ενέργειας σε ξηραντήρια με μερική ανάκτηση της λανθάνουσας θερμότητας».....	187
Α. Δημητριάδης, Κ. Ακριτιδής, Κ. Αρβανίτης	
«Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενότυπων σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας»	197
Α. Νικολάου, Ε. Νάματοβ, Γ. Καβαδάκης, Κ. Τσιώτας, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Ανάπτυξη και παραγωγικότητα βιομάζας και σακχάρων καλλιέργειας γλυκού σόργου (cv. Keller) στην Κεντρική Ελλάδα»	205
Γ. Καβαδάκης, Α. Νικολάου, Ε. Αλεξοπούλου, Ε. Νατιώτη, Χ. Μήτσιου, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Νέες τεχνικές ελέγχου ασταθών βιολογικών αντιδραστήρων επεξεργασίας βιομάζας: Θεωρία και προσομοίωση»	213
Κ. Αρβανίτης, Ν. Σιγριμής, Γ. Πασγιάνος	
«Επίδραση της θερμοκορτίνας στην ενεργειακή συμπεριφορά του θερμοκηπίου»	221
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας, Π. Γιαγλάρας, Μ. Καραμάνης, Χ. Λύκας	
«Ενεργειακά ισοζύγια ζαχαρότευτλων με 4 μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους»	229
Χ. Καβαλάρης, Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καραμούτης, Χ. Γούλας	

«Εξοικονόμηση ενέργειας κατά τον σχεδιασμό και τη μελέτη μιας ηυκτικής εγκατάστασης».....	237
Δ. Ντόντορος, Γ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 3^η ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Μελέτη διάβρωσης των εδαφών της Κεντρικής Ελλάδας»	247
Σ. Θεοχαρόπουλος, Ε. Φλώρου, Φ. Τσουλουχά, Μ. Καραγιάννη - Χρήστου, Π. Κουλουμπής, Σ. Χρηστίδου	
«Εκτίμηση της επίδρασης των καλλιεργητικών τεχνικών βαμβακιού στην διάβρωση του εδάφους»	255
Χ. Τερζούδη, Θ. Γέμος	
«Επίπεδα συγκέντρωσης βορίου σε εδάφη καλλιεργούμενα με καπνό και νερά άρδευσης της Θεσσαλίας».....	263
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ζ. Ρίζου	
«Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε εδάφη και νερά άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας»	271
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ε. Χριστοδούλου	
«Αλάτωση και νατρίωση εδαφών. Προσέγγιση του προβλήματος μελέτης και βελτίωσης με αριθμητικές μεθόδους».....	281
Ν. Μισοπολινός	
«Ποιότητα του εδάφους : Μια νέα οπτική προσέγγισης και διαχείρισης των εδαφικών πόρων»	289
Ν. Μισοπολινός, Γ. Ζαλίδης, Κ. Παναγιωτόπουλος	
«Η επίδραση της μηχανικής διατάραξης στη διασπορά της αργίλου τεσσάρων Alfisols από τη Βόρεια Ελλάδα»	297
Κ. Παπατόλιος, Κ. Παναγιωτόπουλος, Ν. Μπαρμπαγιάννης	
«Εκτίμηση της ποιότητας των νερών άρδευσης και προβλήματα αλατότητας και νατρίωσης σε εδάφη του Ν. Μαγνησίας»	305
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Σ. Φλωράς	
«Διαθεσιμότητα εδαφικού φωσφόρου σε αντιπροσωπευτικές χαρτογραφικές μονάδες της Θεσσαλίας».....	312
Ι. Μήτσιος, Ι. Σταματοπούλου, Α. Τσάτσα	

ΕΝΟΤΗΤΑ 4^η ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

«Πειραματική διερεύνηση της σκίασης με δέντρα για έλεγχο της θερμοκρασίας σε κτίρια».....	323
Γ. Παπαδάκης, Π. Τσάμης, Ε. Μαλιδέρου, Σ. Κυρίτης	

«Δίχτυα εντομοστεγανότητας σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Ανάλυση του συστήματος και ανασκόπηση»	331
Π. Γιαγλάρας, Θ. Μπαρτζάνας, Κ. Κίττας	
«Υπολογισμός θερμικής απόδοσης ενός παθητικού και ενός υβριδικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίων».....	340
Χ. Νικήτα – Μαρτζοπούλου, Τ. Talab, Γ. Μαρτζόπουλος	
«Επίδραση κρίσιμων παραγόντων στη γήρανση φιλμ πολυαιθυλενίου (LDPE) κατά τη χρήση του ως υλικού κάλυψης θερμοκηπίου»	350
Α. Αριστοπούλου, Δ. Μπριασούλης	
«Αριθμητική προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς LDPE φύλλων θερμοκηπίου»	358
Δ. Μπριασούλης, Ε. Schettini	
«Προσομοίωση της ροής του φυσικού αερισμού θερμοκηπίου».....	366
Θ. Μπαρτζάνας, Η. Fatnassi, Δ. Φείδαρος, Ν. Βλάχος, Κ. Κίττας	
«Υλοποίηση σε μικροελεγκτή αλγόριθμου ελέγχου θερμοκρασίας θερμοκηπίου».....	374
Φ. Κουμπουλής, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	
«Αριθμητική προσομοίωση της κατανομής ανεμοπιέσεων σε θερμοκηπιακές κατασκευές»	382
Α. Μυστριώτης, Δ. Μπριασούλης	
«Κρίσιμοι συνδυασμοί φορτίσεων για τυπική Ελληνική θερμοκηπιακή κατασκευή, στα πλαίσια του κανονισμού prEN 13031-1:1999. Πρώτη προσέγγιση»	390
Ι. Τσιρογιάννης, Δ. Μπριασούλης	
«Διαπνοή και στοματική αγωγιμότητα φυτών τριανταφυλλιάς. Μετρήσεις με πορόμετρο».....	398
Σ. Κάβουρας, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	
«Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες»	406
Μ. Θεοχάρης	

ΕΝΟΤΗΤΑ 5^η

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ – ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

«Ο παγκόσμιος ιστός ως εργαλείο ενίσχυσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη Γεωργική Μηχανική. Εφαρμογή: Διδασκαλία του μαθήματος «Διαχείρισης μικροκλίματος θερμοκηπίου»	417
Μ. Καραμάνης, Κ. Κίττας	
«Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό»	425
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Κοζής, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός	
«Αφυδάτωση μήλων ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny Smith κατά την απόθιξη».....	433
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	

«Μεταβολή του χρώματος μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith που συντηρούνται σε αποθήκη».....	441
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	
«Εκτίμηση βάρους νεαρών χοιριδίων με χρήση τεχνικών επεξεργασίας εικόνας»	449
Π. Παναγάκης, Κ. Μπερμπερίδης, Δ. Μπριασούλης, Π. Καραϊβάζογλου, Ε. Δήμας	
«Πολυμεταβλητός έλεγχος υγρασίας και θερμοκρασίας σε καταναμημένο σύστημα γεωργικών μονάδων».....	457
Φ. Κουμπουλή, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	

ΕΝΟΤΗΤΑ 6^η ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

«Όργανα για μέτρηση απορροφώμενης ισχύος από παρελκόμενα ενός ελκυστήρα».....	465
Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Θ. Κυλινδρή, Χ. Καραμούτης	
«Επίδραση του βαθμού συμπίεσης του εδάφους της αρχικής υγρασίας και της θερμοκρασίας, στην βλάστηση και την αρχική ανάπτυξη του βαμβακιού»	473
Θ. Λέλλης, Α. Λουλούδη, Β. Λουλούδη	
«Σύγκριση της απόδοσης των μηχανημάτων για κατεργασία εδάφους συμβατική και σε αναχώματα»	481
Θ. Σταθάκος, Θ. Γέμτος	
«Επανασχεδιασμός βαρέως καλλιεργητή με σκοπό τη βελτίωση της αποδιδόμενης εργασίας»	489
Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Θ. Γέμτος	
«Πειραματική μελέτη της επίδρασης του προϋνίου και της μάχαιρας αρότρου στην ποιότητα άροσης και στην κατανάλωση ενέργειας»	497
Α. Νάτσης, Γ. Παπαδάκης, Ι. Πιτσιλής	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης ελκτικής ισχύος γεωργικών και δασικών ελκυστήρων»	502
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης, Χ. Σερσελούδης, Γ. Κλάδης	
«Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού»	510
Δ. Μπιλάλης, Ν. Σιδηράς, Π. Ευθυμιάδης	
«Αξιοπιστία μηχανικών μέσων μετατόπισης του ξύλου»	519
Π. Καραρίζος	
«Διαχείριση ζιζανίων σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας εδάφους. Εμπειρία από εφαρμογή τους στην Ελλάδα»	527
Μ. Γαλάνης	
«Απόψεις Βρετανών γεωργών για τη συμβολή του Precision Farming στη διαχείριση καλλιεργειών»	535
Σ. Φουντάς	

ΕΝΟΤΗΤΑ 7^η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

«NO ₃ σε νερό και σε λαχανικά. Υπάρχει σχέση; »	545
Σ. Βλειώρας, Δ. Τάσιου, Δ. Βλειώρας	
«Προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες».....	553
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Δ. Σαραντόπουλος	
«Η σημασία των αγρομετεωρολογικών δεικτών στην εξέλιξη της καλλιέργειας του σιταριού στην περιοχή της Λάρισας»	561
Ν. Δαλέζιος, Χ. Δομενικιώτης, Σ. Τζώρζιος, Α. Λουκάς, Ι. Τζαντοπούλου	
«Χωροχρονικές διακυμάνσεις του Βενθικού οικοσυστήματος στον Αμβρακικό κόλπο»	569
Κ. Μπόγδανος, Γ. Λεμπέσης, Ε. Ψόχιου, Δ. Μπράμπα, Α. Θεοδώρου, Ε. Μπαλόπουλος	
«Το πρόβλημα της ρύπανσης των υπόγειων εδαφικών και υδρολιθολογικών σχηματισμών από τη διακίνηση καυσίμων - Ο ρόλος των οριζόντιων γεωτρήσεων»	577
Θ. Μιμίδης, Σ. Κουτσομήτρος, Δ. Σταυρόπουλος	
«Επιφανειακές στρώσεις λυμάτων από εναλλασσόμενα στόμια»	585
Ι. Δημητρίου	
«Μείωση του BOD ₅ αστικών υγρών αποβλήτων με δεξαμενές σταθεροποίησης».....	591
Α. Παπαδόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισόπουλος	
«Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγγειοβελτιωτικών έργων Πηνειού Ηλείας στον προστατευόμενο βιότοπο της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και τα έργα αποκατάστασής του».....	598
Γ. Καραντούνιας, Ν. Δέρκας	
«Μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων νερών από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων εδάφους»	606
Β. Αντωνόπουλος	

Εδαφικοί Πόροι

ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σ. Π. Θεοχαρόπουλου¹, Ε. Φλώρου², Φ. Τσουλουχά¹, Μ. Καραγιάννη-Χρήστου¹, Π. Κουλουμπής¹, Σ. Χρηστίδου¹.

1. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών, 14123 Αθήνα.
2. Ε.Κ.Φ.Ε. "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ", Εργαστήριο Ελέγχου Ραδιενεργείας, 15319 Αθήνα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετάται η διάβρωση των εδαφών του Ν. Βοιωτίας με τη χρήση φορητού προσομοιωτή βροχόπτωσης, με εγκατάσταση μόνιμου πειραματικού διάβρωσης και μέσω μετρήσεων της κατανομής του Καισίου-137 (Cs-137). Ο χρόνος έναρξης της απορροής του νερού βροχής, η ολική απορροή, η διάβρωση και τα φορτία NO₃⁻, P, και K στο νερό απορροής διέφεραν από έδαφος σε έδαφος και μεταβάλλονταν διαχρονικά. Παρατηρήθηκε παραλλακτικότητα τόσο στην απορροή όσο και στη διάβρωση μεταξύ των μεταχειρήσεων και διαχρονικά στον μόνιμο πειραματικό. Οι ρυθμοί διάβρωσης και απόθεσης, με τη μέθοδο του Καισίου-137, εξαρτήθηκαν από την τοποθεσία της εδαφοτομής, τη δομή, το βάθος αρόσεως και το χρησιμοποιούμενο μοντέλο.

SOIL EROSION STUDIES IN CENTRAL GREECE

S. P. Theocharopoulos¹, E. Florou², F. Tsouloucha¹, M. Karayianni-Christou¹, P. Kouloumbis¹, S. Christidou¹.

1. NAGREF, Soil Science Institute of Athens, 14123 Athens, Greece.
2. N.C.S.R. "Democritos", Environmental Radioactivity Lab., 15139 Athens, Greece.

ABSTRACT

Soil erosion is studied in the Viotia prefecture using portable rainfall simulator, with permanent field erosion plots and using the Cs-137 technique. The runoff initiation time, the total runoff, the erosion, the nitrates, the P and the K charges in the runoff water varied from soil to soil and during the rainfall event. Variability both between treatments and with time was observed in the permanent erosion plots. The long term erosion and deposition rates estimation using the Cs-137 technique depended on the location of the profile in the landscape, the soil structure, the plough depth and the calibration model used.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση των ελληνικών εδαφών συνιστά μία, από τις σημαντικότερες διεργασίες υποβάθμισης των εδαφών της χώρας μας {9}. Αποτέλεσμα αυτής είναι η απομάκρυνση του επιφανειακού εδαφικού (A) ορίζοντα των περισσότερων επικλινών ελληνικών εδαφών.

Η διάβρωση των εδαφών είναι μία πολύπλοκη διεργασία καθόσον επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι στις περισσότερες φορές αλληλεπιδρούν ενώ χαρακτηρίζονται από χρονική και χωροταξική παραλλακτικότητα. Η ανάγκη να κατανοηθεί, να περιγραφεί, να προβλεφθεί και να μετρηθεί το φαινόμενο της διάβρωσης στη χώρα μας είναι σημαντική και απολύτως απαραίτητη για την υιοθέτηση της κατάλληλης σε κάθε περίπτωση δέσμης αντιδιαβρωτικών μέτρων. Επιβάλλεται επίσης να υπολογισθούν οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που προκαλούνται από την απώλεια θρεπτικών στοιχείων μέσω διάβρωσης από τα εδάφη και η προσθήκη ρύπων στα κατάντη επιφανειακά και υπόγεια νερά.

Οι διεργασίες της διάβρωσης μελετώνται διεθνώς {5, 6} με τη βοήθεια των εξής τεχνικών σε διάφορες κλίμακες μελέτης: με προσομοιωτή βροχόπτωσης, με πειραματικά τεμάχια (plot), με χαρτογράφηση (surveys) και με τη βοήθεια ανιχνευτών (tracers).

Με την παρούσα εργασία παρουσιάζονται η μεθοδολογία και τα πρώτα αποτελέσματα από δύο ερευνητικά προγράμματα, ήτοι ένα χρηματοδοτούμενο από το ΕΘΙΑΓΕ στα πλαίσια του προγράμματος «ΔΗΜΗΤΡΑ» και ένα από τη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Δ.Ε.Α.Ε.).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατασκευάστηκε και χρησιμοποιήθηκε ένας φορητός προσομοιωτής βροχόπτωσης (Portable Rainfall Simulator){3} σύμφωνα με την περιγραφή των Bowyer-Bower and Burt (1989){1}. Η επιφάνεια διαβροχής είναι 50cm X 100cm, ενώ η ένταση της βροχόπτωσης μπορεί να ρυθμιστεί από 10 mm/h μέχρι 100 mm/h.

Επελέγησαν με βάση τον εδαφολογικό χάρτη της περιοχής {2} οκτώ αντιπροσωπευτικές χαρτογραφικές μονάδες που περιέχουν εδάφη που υπόκεινται σε διάβρωση. Επελέγη ένας αγρός σε κάθε μία χαρτογραφική μονάδα, και μελετήθηκε η διάβρωση για ένταση βροχόπτωσης 80mm/h και για χρόνο 30 λεπτών μετά την έναρξη της απορροής και σε τρεις επαναλήψεις. Ο χρόνος έναρξης της απορροής, ο όγκος απορροής και η διάβρωση καταγράφηκαν κάθε πέντε λεπτά. Το νερό απορροής και το διαβρωμένο υλικό αναλύονται για N, P και K.

Εγκαταστάθηκε ένας μόνιμος πειραματικός αγρός διάβρωσης σε ένα έδαφος TYPIC XERORTHENT της περιοχής Θηβών, με εννέα πειραματικά τεμάχια με (standard) μήκος 22m {5,6} και πλάτος 2m και κλίση περίπου 7°. Μελετήθηκαν σε τρεις επαναλήψεις συνολικά τρεις μεταχειρήσεις δηλαδή σιτάρι, αγρανάπανση (fallow land) και έδαφος με περιοδική ζιζανιοκτονία (bare land). Η βροχόπτωση καταγραφόταν με τη βοήθεια βροχογράφου, ενώ το νερό απορροής και το εδαφικό υλικό διάβρωσης συλλεγόταν σε ειδικά κατασκευασμένους συλλεκτήρες {4}. Το νερό απορροής και το εδαφικό υλικό συλλεγόταν περιοδικά μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Σπάρθηκε σκληρό σιτάρι σε αυλάκια που απείχαν μεταξύ τους 25cm

και σε κατεύθυνση παράλληλη προς την ισοϋψή ενώ ακολουθήθηκαν οι συνήθειες καλλιεργητικές πρακτικές της περιοχής όσον αφορά στη λίπανση.

Αναπτύχθηκε μία τεχνική για τον υπολογισμό της μακροχρόνιας διάβρωσης (της ολικής διάβρωσης συμπεριλαμβανομένης) και εναπόθεσης, βασισμένη στη κατανομή του Cs-137 {8} στις διάφορες εδαφοτομές με βάση την ολική τοπική επίπτωση βασισμένη στη μεθοδολογία των Quine and Walling (1991) {7}, και στις εξισώσεις των Walling and He (1997) {10}.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Φορητός προσομοιωτής βροχόπτωσης

Στό Σχήμα 1 παρουσιάζονται η απορροή σε εκατοστιαία αναλογία της ολικής βροχόπτωσης, η διάβρωση (t/ha) και ο χρόνος έναρξης της απορροής στους οκτώ αντιπροσωπευτικούς αγρούς RS1-RS8, μετά την εφαρμογή έντασης βροχόπτωσης 80 mm/h και για 30 λεπτά μετά την έναρξη της απορροής και της διάβρωσης (μέσος όρος τριών επαναλήψεων). Στο Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ολικές ποσότητες νιτρικών, φωσφόρου και καλίου στο νερό απορροής από τους ίδιους αγρούς.

Πίνακας 1. Νιτρικά, P και K που απομακρύνθηκαν με το νερό απορροής

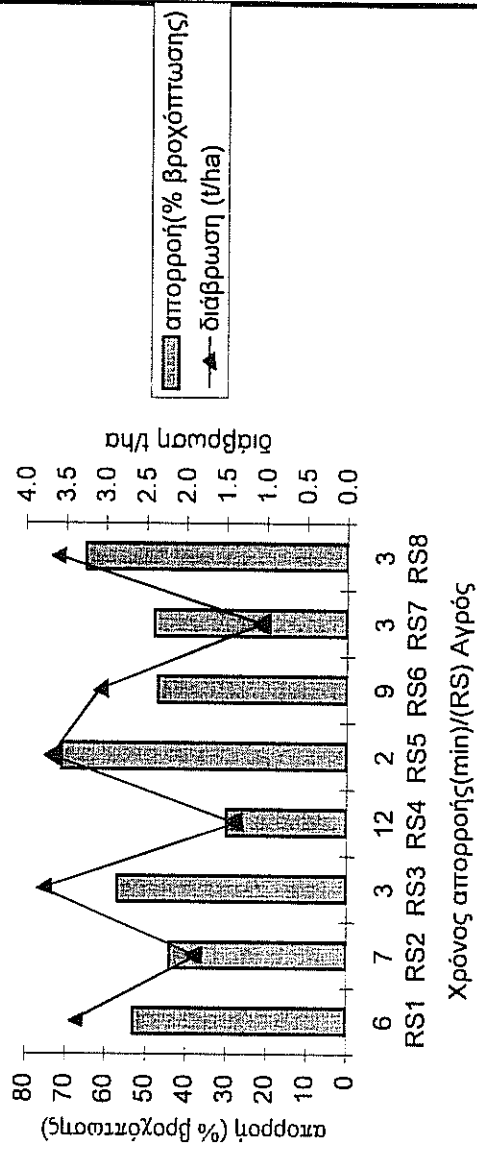
Αγρός	(NO ₃) ⁻ (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
RS1	6.24	0.000	1.17
RS2	3.22	0.010	1.05
RS3	7.80	0.014	1.28
RS4	1.74	0.009	0.63
RS5	19.53	0.005	1.47
RS6	12.72	0.069	1.00
RS7	2.64	0.044	1.98
RS8	5.33	0.017	1.60

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 1, ο χρόνος έναρξης απορροής ποικίλει από 2 μέχρι 12 λεπτά, ενώ υπάρχει μία μικρή συσχέτιση ($R=0.72$) μεταξύ χρόνου έναρξης της απορροής και της ολικής απορροής. Το ποσοστό απορροής ποικίλει από 30% έως 71% της εφαρμοζόμενης βροχόπτωσης, ενώ οι ρυθμοί διάβρωσης κυμαίνονται από 1.1 έως 3.8 t/ha.

Όσον αφορά στις ποσότητες νιτρικών, φωσφόρου και καλίου οι οποίες απομακρύνθηκαν με το νερό απορροής (Πίνακας 1) παρουσιάζεται μεγάλη διακύμανση μεταξύ των αγρών. Έτσι οι απώλειες μέσω του νερού απορροής στα οκτώ μελετηθέντα εδάφη ποικίλουν από 1.74 έως 19.53 kg/ha σε νιτρικά, από ίχνη μέχρι 69g/ha σε φωσφόρο και από 0.63 έως 1.98 kg/ha σε κάλιο.

Τα παραπάνω δεδομένα δείχνουν ότι η διάβρωση, η επιφανειακή απορροή, ο χρόνος έναρξης της διάβρωσης και της απορροής, καθώς επίσης και οι απώλειες μέσω της απορροής σε NO₃⁻, P, και K ποικίλουν από έδαφος σε έδαφος και ότι η διάβρωση και η απορροή είναι μία διεργασία, η οποία, αν δεν αντιμετωπιστεί εγκαίρως μπορεί να προκαλέσει μεγάλες απώλειες θρεπτικών στοιχείων και μεγάλες οικολογικές επιπτώσεις στα κατάντη επιφανειακά και υπόγεια νερά.

Σχήμα 1. Μέση ολική απορροή (% της βροχόπτωσης), διάβρωση και χρόνοι έναρξης της απορροής στους αγρούς RS1-8 για 30 λεπτά μετά την έναρξη της απορροής με ένταση βροχής 80mm/h.



Στους Πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται οι μέσες (τρεις επαναλήψεις) μετρηθείσες τιμές της απορροής και της διάβρωσης για κάθε 5 λεπτά μέχρι τα 30 λεπτά μετά την έναρξη της επιφανειακής απορροής, όταν εφαρμόστηκε βροχόπτωση έντασης 80 mm/h.

Πίνακας 2. Χρόνος έναρξης της απορροής, μέση απορροή (ml) κάθε 5 λεπτά μετά την έναρξη της απορροής στους αγρούς RS1-RS8, με ένταση βροχόπτωσης 80mm/h.

χρόνος μέτρησης μετά την έναρξη απορροής (min)	RS1/ 6	RS2/ 7	RS3/ 3	RS4/ 12	RS5/ 2	RS6/ 9	RS7/ 3	RS8/ 3
5	1058	637	1635	800	1470	1262	1055	1140
10	1709	1341	2165	1287	2472	1647	1527	1807
15	2348	2033	2112	1338	2803	1937	1834	2525
20	2525	2032	2255	1555	2619	2066	1854	2872
25	2523	2418	2066	1599	2807	2615	2021	2794
30	2576	2261	2196	1943	2852	2718	2295	3108

Πίνακας 3. Κλίση των αγρών RS1-RS8, και μέση διάβρωση (g) κάθε πέντε λεπτά μετά την έναρξη της απορροής με ένταση βροχόπτωσης 80mm/h.

χρόνος μέτρησης μετά την έναρξη απορροής (min)	RS1/ 6ο	RS2/ 3ο	RS3/ 9ο	RS4/ 5ο	RS5/ 8ο	RS6/ 9ο	RS7/ 6ο	RS8/ 5ο
5	13.4	5.0	32.6	10.8	22.2	13.8	9.4	26.5
10	22.9	7.9	33.0	11.6	35.5	18.9	8.8	33.0
15	30.5	13.2	31.4	10.9	43.2	24.5	9.6	29.2
20	35.0	16.5	30.8	12.2	27.6	25.6	7.1	31.2
25	33.4	23.9	36.1	10.1	30.4	36.9	7.9	30.2
30	33.4	27.6	25.0	13.9	25.0	34.2	9.7	30.9

Στους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι τόσο η επιφανειακή απορροή, όσο και η διάβρωση μεταβάλλονταν από αγρό σε αγρό και υφίσταντο διακύμανση κατά την διάρκεια του πειράματος, ενώ παρουσιάζεται μία τάση αύξησης με το χρόνο διάρκειας της βροχόπτωσης προφανώς λόγω καταστροφής της δομής του επιφανειακού εδάφους και μείωσης της διηθητικότητας. Το ποσοστό βροχόπτωσης που απορρέει επιφανειακά, για 5 λεπτά βροχόπτωσης των 80mm/h, για τις συνθήκες του πειράματος, κυμαίνονταν από 19% έως 93%. Ενώ οι ρυθμοί διάβρωσης κυμαίνονταν για τον ίδιο χρόνο (5 λεπτά) και τις ίδιες συνθήκες του πειράματος από 99.2 έως 864.4 Kg/ha.

3.2. Μόνιμος πειραματικός αγρός

Στους Πίνακες 4 και 5 παρουσιάζονται η απορροή και η διάβρωση μέσω φυλλοειδούς διάβρωσης (sheet erosion) απο τον πειραματικό αγρό κατά το Α΄ έτος του πειραματισμού (1998-1999) καθώς επίσης και η μετρηθείσα βροχόπτωση.

Πίνακας 4. Μέσες ποσότητες νερού απορροής (l/ha) στα πειραματικά τεμάχια του μόνιμου πειραματικού διάβρωσης.

ημερομηνία	7.1.99	8.2.99	12.2.99	18.2.99	22.3.99	30.3.99	7.4.99
σιτάρι	185	457	145	3	942	438	21
ακαλλιέργητο	110	106	195	24	695	437	59
ζιζανιοκτονία	305	61	506	4	1439	893	33
βροχόπτωση (mm)	22	57	12	6	120	69	17

Πίνακας 5. Μέσες ποσότητες διαβρωμένου υλικού (g/ha) στα πειραματικά τεμάχια του μόνιμου πειραματικού διάβρωσης.

ημερομηνία	7.1.99	8.2.99	12.2.99	18.2.99	22.3.99	30.3.99	7.4.99
σιτάρι	159	432	386	23	4727	318	182
ακαλλιέργητο	295	159	4273	68	1327	250	318
ζιζανιοκτονία	250	136	3205	55	2000	432	341

Παρατηρήθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα τόσο, στην απορροή όσο και στη διάβρωση διαχρονικά, αλλά και μεταξύ των μεταχειρήσεων. Επίσης βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της βροχόπτωσης και της απορροής ($R=0.83-0.98$) και μεταξύ της βροχόπτωσης και της διάβρωσης ($R=0.84$) για το σιτάρι. Η συνολική μετρηθείσα απορροή είναι μεγαλύτερη για το έδαφος που υφίσταντο ζιζανιοκτονία (14264 ml), ακολουθούν οι μεταχειρήσεις με σιτάρι (9635 ml) ενώ την μικρότερη απορροή δίνουν οι μεταχειρήσεις με φυσική βλάστηση (7152 ml). Η συνολική μετρηθείσα διάβρωση είναι σχεδόν η ίδια και για τις τρεις μεταχειρήσεις 6.69 kg/ha για τη φυσική βλάστηση, 6.41 kg/ha για τα τεμάχια που υφίσταντο ζιζανιοκτονία, και 6.23 kg/ha για το σιτάρι. Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν συνεκτιμώντας την επίδραση στη διεργασία της διάβρωσης του σταδίου ανάπτυξης του σιταριού, της φυσικής βλάστησης, της εποχής ζιζανιοκτονίας, τις καλλιεργητικές πρακτικές με το μικροανάλυφο το οποίο δημιουργούν σε συνδιασμό με τα χαρακτηριστικά (ένταση, διάρκεια, συχνότητα) των βροχοπτώσεων.

3.3. Η τεχνική του Cs-137

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι υπολογισθείσες τιμές διάβρωσης και απόθεσης που προσδιορίστηκαν σε μία τομή κατά μήκος της μεγάλης κλίσης στη περιοχή Μουρικίου Θηβών.

Με βάση τον Πίνακα 6 οι ρυθμοί διάβρωσης που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του Καισίου-137 (Cs-137) για την περιοχή του Μουρικίου Θηβών ποικίλουν από 16.62 έως 102.56 t/ha/y για τα εδάφη στη κορυφή της πλαγιάς και από 5.37 έως 25.68 t/ha/y

για τα εδάφη στο μέσο της πλαγιάς. Οι ρυθμοί απόθεσης ποικίλουν από 7.26 έως 42.95 t/ha/y για τη βάση της πλαγιάς.

Από τον Πίνακα 6 συμπεραίνεται ότι μεταξύ των παραμέτρων που επηρεάζουν τη διάβρωση του εδάφους συμπεριλαμβάνονται και οι εξής: θέση στη πλαγιά, βάθος αρόσεως, δομή του εδάφους, και το μοντέλο που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 6. Υπολογισθείσες τιμές διάβρωσης (-) και εναπόθεσης (+) (t/ha/y) για διάφορα βάθη αρόσεως στη κορυφή (α,δ), στο μέσον (β,ε) και στη βάση (γ,ζ) της πλαγιάς με τη χρήση του αναλογικού μοντέλου (proportional model) (α,β,γ) και του ισοζυγίου μάζας (mass balance) (δ,ε,ζ,) των Walling and He (1997) {9}.

βάθος άρσεως	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
α	-16.62	-24.93	-33.24	-41.55	-49.86	-58.18
β	-5.37	-8.05	-10.73	-13.41	-16.10	-18.78
γ	+7.26	+10.89	+14.52	+18.15	+21.78	+25.41
δ	-29.30	-43.95	-58.60	-73.26	-87.91	-102.56
ε	-7.34	-11.01	-14.67	-18.34	-22.01	-25.68
ζ	+12.27	+18.41	+24.54	+30.68	+36.82	+42.95

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μεταξύ των κυριότερων συμπερασμάτων τα οποία εξάγονται από τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

1. Τα μελετηθέντα εδάφη της Κεντρικής Ελλάδας (Νομός Βοιωτίας) είναι ευπαθή στη διάβρωση.
2. Στις συνθήκες μέτρησης της διάβρωσης και των πειραμάτων οι ρυθμοί διάβρωσης ποικίλουν από αγρό σε αγρό και μεταξύ των μεταχειρήσεων.
3. Η διάβρωση εκτός από την απώλεια εδαφικού υλικού και θρεπτικών στοιχείων μπορεί να έχει και γενικότερες οικολογικές επιπτώσεις στα επιφανειακά και υπόγεια κατάντη νερά.
4. Ο φορητός προσομοιωτής βροχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη μελέτη των παραγόντων διάβρωσης και των ρυπαντικών φορτίων σε επίπεδο αγρού και μίας ή περισσότερων βροχοπτώσεων.
5. Η τεχνική μελέτης της διάβρωσης με τη χρήση της κατανομής του Cs-137 συνιστά πολλά υποσχόμενη μέθοδο για τις ελληνικές συνθήκες.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζονται ευχαριστίες στη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας που χρηματοδότησε τη τεχνική του Cs-137. Ευχαριστίες εκφράζονται επίσης στο προσωπικό του Ινστιτούτου Εδαφολογίας Αθηνών και ειδικότερα στους συναδέλφους Δρ. Ε. Βαβουλίδου, Α. Δημήτρου, Π. Τούντα, Β. Καραμάδο, Δ. Μπέλη για την βοήθεια που προσέφεραν σε αυτή την εργασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bowyer-Bower T.A.S & Burt T.P., 1989. Rainfall Simulator for investigating soil response to rainfall. *Soil Technology* 2: 1-16.
2. Θεοχαρόπουλος, Σ. Π. 1992, (Συντάξας). Εδαφολογική μελέτη Νομού Βοιωτίας. Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών. Κλίμακα 1:100.000, έκταση 1.419.741 στρέμματα.
3. Θεοχαρόπουλος, Σ. Π., 1998. Α' ετήσια έκθεση προόδου του ερευνητικού έργου «Δημιουργία μοντέλου περιγραφής και πρόβλεψης της διάβρωσης στη χώρα μας «Δ.95.VII/15», ΕΘΙΑΓΕ, Ι.Ε.Α. Αθήνα.
4. Θεοχαρόπουλος, Σ. Π., 1999. Β' ετήσια έκθεση προόδου του ερευνητικού έργου «Δημιουργία μοντέλου περιγραφής και πρόβλεψης της διάβρωσης στη χώρα μας «Δ.95.VII/15», ΕΘΙΑΓΕ, Ι.Ε.Α. Αθήνα.
5. Lal, R., (ed) 1994. *Soil erosion research methods*, 2nd edition, SWCS, St Lucie Press.
6. Morgan, R.P.C., 1979. *Soil erosion*. Longman Group Lmt, London.
7. Quine, T.A., & Walling, D. E., 1991. Rates of soil erosion on arable fields in Britain: Quantitative data from caesium-137 measurements. *Soil use and management* 7:169-176
8. Theocharopoulos, S. P., Florou, H., Kritidis, P., Belis, D., Tsouloucha, F., Christou, M., Kouloumbis, P., Nikolaou, T., 2000. Use of Cs-137 isotopic technique in soil erosion studies in central Greece, *Acta Geologica Hispanica*, (accepted-in press).
9. Yassoglou, N., 1999. Land, desertification vulnerability and management in Mediterranean landscapes. In Balabanis, P., Peter, D., Chazi, A., and Tsogas, M., (eds) *Mediterranean desertification research results and policy implications*. Proceedings of the International Conference 29 October to 1 November 1996, Crete, Greece.
10. Walling D. E. and He Q., 1997. Models for converting ¹³⁷Cs measurements to estimates of soils redistribution rates on cultivated and uncultivated soils (including software for model implementation).

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Χρ. Β. Τερζούδη και Θ.Α. Γέμτος

Χρυσ. Β. Τερζούδη, Υποψήφια διδάκτορας Εργαστήριο Γεωργικής
Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πεδίο Άρεως, 38334 Βόλος
Θ.Α. Γέμτος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της εργασίας είναι η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων ενός πειράματος διαβρώσεως σε επικλινή εδάφη με βαμβάκι και η δυνατότητα περιορισμού της με εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας εδάφους, κατεργασίας και σποράς κατά τις ισοϋψείς και με χρήση φυτοκάλυψης του εδάφους τον χειμώνα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μειωμένη κατεργασία (δισκοσβάρνα) εμφανίζει τις μικρότερες απώλειες εδάφους κατά 21% έναντι 33% για τον καλλιεργητή και 46% για το όργωμα, η καλλιέργεια κατά τις ισοϋψείς κατά 45% έναντι 55% της καλλιέργειας κατά την κλίση και η χειμερινή με τη μη χειμερινή φυτοκάλυψη κατά 45% και 55% αντίστοιχα.

EFFECT OF CULTIVATION TECHNIQUES OF COTTON TO SOIL EROSION

Chr. B. Terzudi and Th. Gemtos

Terzudi Chr., doctor candidate, Lab. Agricultural Mechanization,
University of Thessaly
Gemtos Th., Assoc. Professor, University of Thessaly

ABSTRACT

This research investigates the effect of reduced tillage systems, winter cover crop, tillage and planting direction of cotton to soil erosion in a slopy field of Thessaly, Greece. During the experiment a system to measure and record runoff as well as soil sediment during rainy periods was installed. During the second year of the experiment the data collection was continued. The results of the experiment indicate that the reduced tillage system (disk harrow), winter cover crop and tillage and planting to the contour had the fewer soil sediment.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση αποτελεί το σοβαρότερο παράγοντα που επιδρά αρνητικά στο φυσικό περιβάλλον, διαταράσσοντας τη βιολογική ισορροπία του οικοσυστήματος. Το πρόβλημα της διάβρωσης των εδαφών στην Ελλάδα είναι πολύ σημαντικό. Οι φυσικές, εδαφικές, γεωλογικές, γεωμορφολογικές, τοπογραφικές και κλιματολογικές συνθήκες της χώρας ευνοούν την ανάπτυξη όλων των μορφών διάβρωσης [1].

Η καλλιέργεια που σήμερα εκτιμάται ως επικίνδυνη για την επιταχυνόμενη διάβρωση των εδαφών είναι εκείνη του βαμβακιού. Χάρη στην μεγάλη επιδότηση που δέχεται τείνει να καταλάβει κάθε έκταση στην Θεσσαλία που είναι δυνατό να αρδευτεί. Οι γεωργοί καλλιεργούν σήμερα εδάφη με κλίσεις που υπερβαίνουν το 10% και επί πολλά συνεχή έτη χωρίς αμειψοπορά. Το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο σοβαρό λόγω του ότι η άρδευση αυτών των επικλινών εδαφών που κυριαρχούν στην Θεσσαλία γίνεται με αυτοπροωθούμενους εκτοξευτήρες ή αυτοπροωθούμενη ράμπα (πολυμπέκ).

Συνήθως οι γεωργοί μετά την συγκομιδή του βαμβακιού προβαίνουν στην στελεχοκοπή και όργωμα των εδαφών. Έτσι μεγάλες εκτάσεις παραμένουν ακάλυπτες κατά την διάρκεια του χειμώνα που έχουμε τις περισσότερες βροχοπτώσεις. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας μείωσης της διάβρωσης στην περίπτωση κατά την οποία επικλινείς εκτάσεις καλύπτονται κατά την διάρκεια του χειμώνα και μέχρι την σπορά του βαμβακιού από καλλιέργεια κάλυψης (cover crop), ενώ οι επεμβάσεις θα γίνονται σε εδαφικές επιφάνειες που θα καλλιεργούνται κατά τις ισοψείς και με συστήματα μειωμένης κατεργασίας. Η σύγκριση αυτή των τεχνικών θα γίνεται με την συμβατική καλλιέργεια που ακολουθείται σήμερα και η οποία πιστεύεται ότι παρέχει την ελάχιστη δυνατή προστασία τόσο κατά την διάρκεια του χειμώνα μέχρι την σπορά των εαρινών καλλιεργειών όσο και κατά την εξέλιξη της φυτείας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν τρεις μέθοδοι κατεργασίας του εδάφους (όργωμα το Φθινόπωρο και την Άνοιξη προετοιμασία της σποροκλίνης με χρήση δισκοσβάρνας, μειωμένη κατεργασία με χρήση βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20cm το Φθινόπωρο και την Άνοιξη προετοιμασία της σποροκλίνης με δισκοσβάρνα και τέλος μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα και προετοιμασία με δισκοσβάρνα), δύο μεταχειρίσεις κατεύθυνσης κατεργασίας και σποράς (έγινε η κατεργασία του εδάφους και η σπορά του βαμβακιού κατά την κλίση ή κατά τις ισοψείς) και δύο μεταχειρίσεις φυτοκάλυψης του εδάφους κατά τον χειμώνα (το έδαφος καλλιεργήθηκε το Φθινόπωρο και παρέμεινε ακάλυπτο τον χειμώνα ή σπάρθηκε με χειμερινή καλλιέργεια φυτοκάλυψης [2]). Οι επαναλήψεις ήταν τρεις για κάθε μεταχείριση. Κατά το πρώτο έτος της έρευνας (1997) έγινε τυχαιοποίηση των 36 τεμαχίων (δώδεκα μεταχειρίσεις επί τρεις επαναλήψεις). Πραγματοποιήθηκε η χάραξη του πειράματος σε έκταση πέντε στρεμμάτων στην Λάρισα με κλίση 5° περίπου. Το μήκος κλίσης των πειραματικών τεμαχίων είναι 22 m, που θεωρείται ικανοποιητική για πειράματα διάβρωσης [3] και πλάτος τριών μέτρων για τις μεταχειρίσεις με σπορά και κατεργασία κατά τις κλίσεις και πέντε μέτρων για τις μεταχειρίσεις με σπορά και κατεργασία κατά τις ισοψείς. Δημιουργήθηκαν μικρά αναχώματα στα οποία ενσωματώθηκε φύλλο πλαστικού για να εξασφαλιστεί διαχωρισμός της απορροής του κάθε τεμαχίου [2].

Η άρδευση έγινε με τεχνητή βροχή (χρήση σπρέι) για δημιουργία απορροών κατά την καλλιεργητική περίοδο του βαμβακιού σε χρονικές περιόδους που επιθυμούμε. Διαφορετική ένταση βροχής και διαφορετικό μέγεθος σταγόνας βροχής επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας την πίεση εκτόξευσης. Η τεχνητή βροχή εφαρμόστηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο, για διάφορες χρονικές στιγμές και σε διάφορες φάσεις της κύριας καλλιέργειας.

Έγιναν μετρήσεις των φυσικών ιδιοτήτων όπως υγρασίας, ξηρής φαινομενικής πυκνότητας, αντίστασης στη διείσδυση (μετρήθηκε με ηλεκτρονικό διεισδυσιόμετρο), διήθησης και σταθερότητας συσσωματωμάτων.

Η διηθητικότητα του εδάφους μετρήθηκε με την συσκευή ενός κυλίνδρου[4]. Η σταθερότητα συσσωματωμάτων μετρήθηκε με την μέθοδο υγρής κοσκίνησης με την χρήση μηχανικού κόσκινου. Ψεκαζόταν με νερό η επιφάνεια του κόσκινου με το δείγμα εδάφους για χρονικό διάστημα 3 λεπτών και στην συνέχεια έγινε μηχανική ανατάραξη του δείγματος στο νερό με ύψος ταλαντώσεων 3mm, σε συχνότητα 16 Hz για 4 λεπτά (το ύψος ταλαντώσεων και η συχνότητα προέκυψε ύστερα από ενεργειακή εξίσωση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε με την μέθοδο των Βάλμη κ.α [5]).

Καταγράφηκαν ορισμένα μετεωρολογικά στοιχεία, όπως η ένταση της βροχής, η ολική βροχόπτωση και η θερμοκρασία του αέρα. Έγινε καταμέτρηση της βιομάζας και φυτοκάλυψης του εδάφους με την μέθοδο του σκονιού με κόμπους [6] για να μελετηθεί η επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στην φυτοκάλυψη. Τέλος, εκτός από την μέτρηση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και της φυτοκάλυψης του εδάφους, έγιναν και μετρήσεις της απορροής καθώς και των φερτών υλικών. Οι απορροές μετρήθηκαν με tipping buckets (μετρητές απορροές ύδατος), ενώ στην συνέχεια μεταφέρονταν σε εγκατεστημένα βαρέλια από τα οποία λαμβάνονταν δείγματα για εκτίμηση των φερτών υλικών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

Κατά το δεύτερο έτος του πειράματος η συνολική βροχόπτωση που καταγράφηκε ήταν 674mm φυσικής και 994mm τεχνητής βροχής (εφαρμόστηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο του βαμβακιού).

3.2. Φυσικές ιδιότητες εδάφους

Παρατηρείται ότι τα εδάφη που έχουν υποστεί την μικρότερη κατεργασία (δισκοσβάρνα) έχουν αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα, τόσο πριν την πρωτογενή κατεργασία εδάφους όσο και μετά την κατεργασία, ενώ είναι χαμηλότερη στα τεμάχια με την μεταχείριση φυτοκάλυψη, πιθανόν λόγω του ότι τα απομείνοντα φυτικά υπολείμματα υποβοηθούν στην διόγκωση του εδάφους με την αύξηση της εδαφικής υγρασίας που οφείλεται στην ύπαρξη των φυτικών υπολειμμάτων.

Μεγαλύτερη διήθηση παρουσιάζει η δισκοσβάρνα και κατά δεύτερο λόγο ο βαρύς καλλιεργητής μεταξύ των τριών συστημάτων της εδαφοκατεργασίας διότι τα εδαφοτεμάχια με όργωμα είχαν λιγότερο σταθερά συσσωματώματα από ότι αυτά με τον βαρύ καλλιεργητή και πολύ περισσότερο με την μεταχείριση δισκοσβάρνα όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Παρόμοια συμπεράσματα βρήκαν και οι Potter et al [7]. Μεγαλύτερες διαφορές παρουσιάστηκαν στα συστήματα της εδαφοκατεργασίας όταν η περιεκτικότητα σε νερό των αγροτεμαχίων ήταν χαμηλή, σε σύγκριση με την

υψηλότερη κατάσταση εδαφικής υγρασίας και παρατηρήθηκαν μικρές σχισμές στα τεμάχια με δισκοσβάρνα ενώ στα άλλα δύο καλλιεργητικά συστήματα, όργωμα και βαρύς καλλιεργητής, τόσο ο αριθμός όσο και το εύρος των σχισμών ήταν μικρότερος. Η παρατηρούμενη αύξηση της ταχύτητας διηθήσεως του νερού, όταν η κατάσταση του εδάφους ήταν σχετικά ξηρή (11-17 % υγρασία), πιθανό να οφειλόταν σ' αυτή την εμφάνιση των σχισμών. Η χειμερινή φυτοκάλυψη παρουσίασε μεγαλύτερη διήθηση σε σχέση με τα τεμάχια χωρίς χειμερινή φυτοκάλυψη. Παρόμοια συμπεράσματα έχει και ο Lal [8]. Σ' αυτή την περίπτωση, με την παρουσία φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος η επιφάνεια του εδάφους χαλαρώνει, η επιφανειακή κρούστα καταστρέφεται και το πορώδες του εδάφους αυξάνει [9]. Ο ρυθμός διήθησης αυξάνει, ενώ παράλληλα μειώνεται η επιφανειακή απορροή.

Η κατεργασία όργωμα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές δείκτη αστάθειας των συσσωματωμάτων, τόσο πριν τις κατεργασίες εδάφους όσο και μετά. Ακολουθεί η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (Πίνακας 1). Γνωρίζουμε ότι με το άροτρο γίνεται αναμόχλευση του εδάφους και διάσπασή του σε μεγάλους σβόλους, η οποία επιτρέπει με τη δράση των καιρικών συνθηκών τη χαλάρωσή του, επειδή το νερό που υπάρχει στα συσσωματώματά του διαστέλλεται καθώς παγώνει, με συνέπεια να μειώνεται η σταθερότητα των συσσωματωμάτων του εδάφους.

Επίσης, παρατηρείται ότι η μεταχείριση κατά την οποία υπάρχει καλλιέργεια φυτοκάλυψης κατά τον χειμώνα να παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα συσσωματωμάτων. Αυτό πιθανόν να οφείλεται από το γεγονός ότι τα αποσυντιθέμενα ενσωματωμένα φυτικά υπολείμματα μπορούν να σταθεροποιούν τα συσσωματώματα. Επιπλέον η διατήρηση φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια αυξάνει την οργανική ουσία του εδάφους. Παρόμοια συμπεράσματα βρήκε και ο Anger [10]. Τα σταθερά συσσωματώματα ελαττώνουν την αποκόλληση από την επίδραση των σταγόνων της βροχής, και την μεταφορά από την επιφανειακή ροή και επίσης, ελαττώνουν τον σχηματισμό της επιφανειακής κρούστας και στεγανοποίησης, συνηθισμένη διαδικασία στις αρδευόμενες περιοχές, όπως στην περίπτωση της καλλιέργειας του βαμβακιού.

Πίνακας 1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων δείκτη αστάθειας του εδάφους σε διάφορες φάσεις κατεργασίας εδάφους κατά το δεύτερο έτος του πειράματος.

Φάση Δειγματοληψίας	Βάθος δειγματοληψίας (cm)	Όργωμα	Καλ/της	Δισκοσβ	Φυτικά λυψη	Χωρίς φυτοκάλυ
πριν κατεργασίας χειμώνα	0-5	0,385	0,27	0,11	0,07	0,24
πριν κατεργασίας άνοιξη	0-5	0,478	0,336	0,17	0,09	0,36
μετά κατεργασίας	0-5	0,677	0,428	0,258	0,13	0,64
μετά κατεργασίας	20	0,622	0,323	0,059	0,04	0,58

3.3 Φυτοκάλυψη κατά την διάρκεια του χειμώνα

Τα εδάφη δεν εκτίθενται στην διάβρωση τόσο στην καλλιεργητική περίοδο, όσο κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και χειμώνα, διότι στην καλλιεργητική περίοδο καλύπτονται από το θόλωμα της καλλιέργειας. Δεν είναι ασυνήθιστο φαινόμενο για χωράφια να μένουν γυμνά πάνω από τον μισό χρόνο. Η ύπαρξη όμως καλλιέργειας φυτοκάλυψης κατά την διάρκεια του χειμώνα βελτιώνει την κατάσταση. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι στα πειραματικά τεμάχια με χειμερινή καλλιέργεια το όργωμα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό φυτοκάλυψης και κατά δεύτερο λόγο ο

καλλιεργητής. Αυτό γιατί με το όργωμα γίνεται καλύτερη αναμόχλευση του εδάφους, βελτίωση της δομής του εδάφους και προετοιμασία κατάλληλης σποροκλίνης που πετυχαίνει καλύτερο και ομοιόμορφο φύτευμα του σπόρου.

3.4. Απορροές

Οι απορροές από τις τρεις κατεργασίες εδάφους κατά το δεύτερο έτος του πειράματος (1998-1999) φαίνονται στον Πίνακα 2. Το όργωμα και κατά δεύτερο λόγο ο καλλιεργητής εμφανίζουν μεγαλύτερες απορροές από ότι η δισκοσβάρνα. Τον Ιανουάριο, εμφανίζει ο καλλιεργητής την μεγαλύτερη τιμή απορροών έναντι των δύο άλλων κατεργασιών εδάφους, ενώ στη συνέχεια το όργωμα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απορροές και ακολουθεί ο βαρύς καλλιεργητής. Αξίζει να υπενθυμίσουμε ότι οι πρωτογενείς κατεργασίες έγιναν αρχές Ιανουαρίου, ενώ η βροχή σημειώθηκε μέσα Ιανουαρίου. Το όργωμα πιθανόν στην αρχική φυσική βροχοπτώση μετά τις πρωτογενείς κατεργασίες εδάφους δυσκολεύει την δημιουργία μεγάλης απορροής, ενώ με συνεχιζόμενες βροχοπτώσεις δημιουργεί αύξηση της επιφανειακής απορροής.

Στην πραγματικότητα με την εφαρμογή της κατεργασίας, δημιουργείται μία ανώμαλη επιφάνεια εδάφους η οποία στα αρχικά στάδια της βροχής είναι αποτελεσματική στη συγκράτηση του νερού των βροχοπτώσεων. Όσο πιο βαθιά είναι αυτή η κατεργασία, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η συγκράτηση του νερού. Για αυτό και η συμβατική κατεργασία (όργωμα) αρχικά παρουσιάζει και μικρές απορροές. Με την πάροδο όμως του χρόνου, και καθώς η επιφάνεια είναι γυμνή από φυτικά υπολείμματα, παραμένει απροστάτευτη από τις δυσμενείς επιδράσεις των σταγόνων της βροχής. Οι σταγόνες αυτές πέφτουν με δύναμη στο έδαφος και κτυπούν τα επιφανειακά συσσωματώματα προκαλώντας τον θρυμματισμό τους και την αποκοπή λεπτών εδαφικών τεμαχιδίων. Τα τεμαχίδια αυτά συσσωρεύονται σε χαμηλότερα σημεία της επιφάνειας όπου βρίσκονται τα ανοίγματα των εδαφικών πόρων προκαλώντας τελικά το φραγμό τους. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι η περαιτέρω μείωση της διήθησης του νερού της βροχής και η δραματική αύξηση της επιφανειακής απορροής.

Τα τεμάχια στα οποία γίνεται φυτοκάλυψη του εδάφους κατά τον χειμώνα έχουν τις μικρότερες απορροές σε σχέση με τα τεμάχια χωρίς χειμερινή φυτοκάλυψη [Πίνακας 2]. Τέλος, οι δύο κατευθύνσεις κατεργασίας του εδάφους και σποράς καταδεικνύουν ότι η κατεύθυνση κατά την κλίση παρουσιάζει γενικά τις μεγαλύτερες απορροές, εκτός από τον Μάρτιο η κατεύθυνση σποράς και κατεργασίας κατά τις ισοψείς εμφανίζει μεγαλύτερες απορροές από ότι κατά την κλίση [Πίνακας 2], χωρίς όμως οι τιμές των απορροών τους να παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Συμπερασματικά οι ρυθμοί απορροής που καταγράφηκαν στα τεμάχια με χειμερινή φυτοκάλυψη είναι μικρότεροι από ότι στα τεμάχια χωρίς φυτοκάλυψη κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το όργωμα φαίνεται να έχει και τον μεγαλύτερο ρυθμό απορροής και κατά δεύτερο λόγο ο βαρύς καλλιεργητής. Ο ρυθμός απορροής κατά την κλίση παρουσιάζεται κατά πολύ μεγαλύτερος από ότι στην μεταχείριση κατεργασία εδάφους κατά τις ισοψείς.

3.5. Απώλειες εδάφους

Οι συνολικές απώλειες εδάφους που μετριόταν από την συγκέντρωση ιζήματος στο αώρημα της απορροής παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 3. Όπως φαίνεται το όργωμα παρουσιάζει την μεγαλύτερη απώλεια εδάφους, και κατά δεύτερο λόγο ο

Πίνακας 2. Μηνιαίες απορροφές σε m³/στρέμμα κατά το δεύτερο έτος του πειράματος

ΜΕΤΑΞΕΙΡΙΞΕΙΣ	ΝΟΕ	ΔΕΚΕ	ΙΑΝΟ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΣΥΝΟΛΟ
	(m ³ /στρ)											
Οργωμα χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	1,8	3,39	0,67	1	1,64	1,3	0,88	2,1	4,7	1	1,7	20,1
Οργωμα χωρίς φυτοκάλυψη και ισούψεις	1,5	3,51	0,36	0,9	2,06	1	0,74	0,6	1,4	0,9	1,4	14,4
Οργωμα με φυτοκάλυψη και κλίση	1,2	3,6	0,38	0,8	1,11	1,1	0,61	1,8	4	0,9	1,4	16,9
Οργωμα με φυτοκάλυψη και ισούψεις	1,1	1,9	0,23	0,7	1,7	0,9	0,56	0,4	0,6	0,8	1,2	10,2
Μέσος όρος	1,4	3,1	0,41	0,9	1,63	1,1	0,7	1,2	2,7	0,9	1,4	15,4
Τυπική απόκλιση	0,3	1,05	0,31	0,2	0,04	0,3	0,22	1,2	2,9	0,1	0,3	6,9
Καλλιερητής χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	1,6	3,11	0,87	0,9	1,52	1,3	0,82	1,2	3,7	0,9	1,3	17,2
Καλλιερητής χωρίς φυτοκάλυψη και ισούψεις	1,1	3,16	0,43	0,5	1,89	1,1	0,57	0,3	3	0,7	1,2	14,1
Καλλιερητής με φυτοκάλυψη και κλίση	0,9	2,27	0,42	0,4	0,59	0,5	0,43	0,5	2	0,4	1,2	9,54
Καλλιερητής με φυτοκάλυψη και ισούψεις	0,7	1,19	0,29	0,4	0,55	0,5	0,33	0,3	1,4	0,4	1,1	7,03
Μέσος όρος	1,1	2,43	0,5	0,5	1,14	0,8	0,54	0,6	2,5	0,6	1,2	12
Τυπική απόκλιση	0,7	1,35	0,41	0,3	0,68	0,6	0,35	0,7	1,6	0,4	0,2	7,18
Δισκοβάθρα χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	1,2	1,16	0,39	0,7	0,73	0,7	0,6	1,3	1,6	0,4	1	9,74
Δισκοβάθρα χωρίς φυτοκάλυψη και ισούψεις	1	0,95	0,35	0,3	0,33	0,3	0,51	0,2	1	0,4	0,8	6,19
Δισκοβάθρα με φυτοκάλυψη και κλίση	0,7	1,03	0,17	0,3	0,32	0,5	0,37	0,2	0,6	0,3	0,7	5,31
Δισκοβάθρα με φυτοκάλυψη και ισούψεις	0,4	0,54	0,09	0,2	0,18	0,2	0,21	0,3	0,5	0,3	0,7	3,65
Μέσος όρος	0,8	0,92	0,25	0,4	0,39	0,5	0,42	0,5	0,9	0,3	0,8	6,22
Τυπική απόκλιση	0,6	0,44	0,22	0,3	0,39	0,3	0,28	0,7	0,8	0,1	0,2	4,31
Φυσική βροχόπτωση (mm)	42	149	105	94	162	73	3	24	0	22	0	674
Τεχνητή βροχόπτωση (mm)	0	0	0	0	0	0	14	836	68	44	32	994
Σύνολο βροχόπτωσης (mm)	42	149	105	94	162	73	17	860	68	66	32	1668

καλλιεργητής. Όσον αφορά την μεταχείριση φυτοκάλυψη κατά την διάρκεια του χειμώνα, η μεταχείριση καλλιέργεια φυτοκάλυψης έχει την μικρότερη τιμή σε απώλεια εδάφους. Τέλος, σχετικά με την κατεύθυνση κατεργασίας και σποράς της καλλιέργειας βαμβακιού, η μεταχείριση κατεύθυνση κατεργασίας κατά την κλίση έχει και την μεγαλύτερη τιμή απώλειας εδάφους, σε σχέση με την κατεύθυνση κατεργασίας κατά τις ισοΰψεις.

Πίνακας 3. Απώλειες εδάφους σε Kg/στρέμμα, κατά τα δύο πρώτα έτη του πειράματος

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΞΕΙΣ	97-98	98-99	ΜΟ
Όργωμα χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	37,42	71,12	54,27a
Όργωμα χωρίς φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	31,83	56,3	44,07ac
Όργωμα με φυτοκάλυψη και κλίση	34,74	66,74	50,74ace
Όργωμα με φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	25,3	50,44	37,87aceg
Καλλιεργητής χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	33,7	49	41,35acégk
Καλλιεργητής χωρίς φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	21,91	46,93	34,42acégk
Καλλιεργητής με φυτοκάλυψη και κλίση	23,37	39,55	31,46bcégk
Καλλιεργητής με φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	19,79	37,3	28,55bcfgk
Δισκοσβάρνα χωρίς φυτοκάλυψη και κλίση	30,71	23,15	26,93bcfgk
Δισκοσβάρνα χωρίς φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	27,85	19,95	23,9bdfgk
Δισκοσβάρνα με φυτοκάλυψη και κλίση	19,99	19,7	19,85bdfgl
Δισκοσβάρνα με φυτοκάλυψη και ισοΰψεις	16,32	14,2	15,26bdfhl

Οι τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά για $p > 0,05$.

Από την μηχανική ανάλυση των υλικών διάβρωσης (φερτά υλικά) φαίνεται ότι με την επιφανειακή διάβρωση τα υλικά που χάνονται είναι κύρια η άργιλος (46%), λιγότερο η ιλύς (32%) και ακόμα λιγότερο η άμμος (22%). Το στοιχείο αυτό, της απώλειας της άργιλου, δίνει στη διάβρωση το χαρακτήρα της μόνιμης καταστροφής του εδάφους και όχι της απλής αντιστρεπτής υποβάθμισής του. Γιατί η άργιλος είναι από τα σημαντικότερα συστατικά των εδαφών που καθορίζουν την παραγωγικότητά τους με φυσικές διαδικασίες (εδαφογένεση) και είναι αδύνατη η αναπλήρωσή της μέσα σε ορατά χρονικά πλαίσια.

Οι παρατηρήσεις αυτές αιτιολογούνται από το γεγονός ότι καθώς μεταφέρεται το έδαφος λόγω απορροής, η άμμος και κατά δεύτερο λόγο η ιλύς, έχουν την τάση να

καθιζάνουν κατά την διάρκεια της μεταφοράς τους, ενώ η άργιλος για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, βρίσκεται εν αωρήσει μέσα στο νερό, οπότε και απομακρύνεται πρώτη με τα νερά της επιφανειακής απορροής.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτει ότι:

- Η συμβατική κατεργασία τον χειμώνα στις αρχικές μικρές βροχοπτώσεις μετά την κατεργασία εδάφους, δυσκολεύει την δημιουργία μεγάλης απορροής ενώ με συνεχιζόμενες βροχοπτώσεις δημιουργεί αύξηση της επιφανειακής απορροής και αύξηση των απωλειών εδάφους.
- Τις μικρότερες τιμές απωλειών εδάφους παρουσιάζει η μεταχείριση που γίνεται η κατεργασία εδάφους με δισκοσβάρνα και παράλληλα κατά τον χειμώνα υπάρχει καλλιέργεια φυτοκάλυψης.
- Με διαδοχικές βροχές μεγάλων εντάσεων η καλλιέργεια κατά τις ισοϋψείς χωρίς φυτοκάλυψη πιθανό να είναι αναποτελεσματική για ορισμένα διαστήματα, όσον αφορά την ποσότητα των υλικών απορροής.
- Με την επιφανειακή διάβρωση χάνεται κυρίως η άργιλος και κατά δεύτερο λόγο η ιλύς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μήτσιος Ιωαν., Πασχαλίδης Χρ. και Παγανιάς Κων. Διάβρωση των εδαφών-Αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα 1995, σελ. 7,8.
- [2] Τερζούδη Χρ., Γέμτος Θ.Α. Εκτίμηση της επίδρασης των μεθόδων κατεργασίας του εδάφους, της φυτοκάλυψης και της κατεύθυνσης σποράς του βαμβακιού, στην διάβρωση του εδάφους. 1^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Εκδόσεις ΑΘΩΣ, 1998, σελ. 357-366.
- [3] Morgan R.C. 1985. Soil erosion and conservation, Longman Scientific and Technical, England, pp. 143-155.
- [4] Τζιμόπουλος Χρ. 1979. Γεωργική Υδραυλική, Εξαμνημοδιαπνοή-Διηθητικότητα-Ατομικά Δίκτυα. Τόμος Ι, σελ. 59-71.
- [5] Valmis S., Kerkides P., and Aggelides S. 1988. Soil aggregate instability index and statistical determination of oscillation time in water. Soil Science Society of America Journal Volume 52.
- [6] Chaplin F.Li.J.1995. Analysis of random and systematic sampling methods for residue cover measurement. Transactions of the ASAE. Vol 38 (5): 1353-1361.
- [7] Potter K.N., Torbert H.A., Morrison J.E. 1995. Tillage and residue effects on infiltration and sediments losses on Vertisols. Transactions of the ASAE. Vol.38 (5): 1413-1419.
- [8] Lal R.,1979. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rate. In Lal R.: Modification of soil Structure. Section 4, J. Wiley, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, pp. 393-402.
- [9] Jones O.R., Hauser V.L., Popham T.W. 1994. No- Tillage effects on infiltration, runoff, and water conservation on dryland. Transactions of the ASAE. Vol.37(2): 473-479.
- [10] Anger Denis. 1998. Water - stable aggregation of Quebec silty clay soils: Some factors controlling its dynamics. Soil and Tillage Research 47 (1998) 91-96.

ΕΠΙΠΕΔΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΒΟΡΙΟΥ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΜΕ ΚΑΠΝΟ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

I.K. Μήτσιος, Ε.Ε. Γκόλια και Ζ.Σ. Ρίζου

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Πραγωγής
Εργαστήριο Εδαφολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε 408 επιφανειακά δείγματα (βάθους 0-30cm) εδαφών από διάφορες περιοχές της Θεσσαλίας που καλλιεργούνται με καπνό, προσδιορίστηκε το εκχυλιζόμενο με ζέον ύδωρ βόριο με τη μέθοδο της azomethine-H. Επίσης προσδιορίστηκε η συγκέντρωση βορίου σε 100 δείγματα νερών άρδευσης από τις ίδιες περιοχές με δύο μεθόδους, τόσο με τη μέθοδο της azomethine-H, όσο και με τη μέθοδο της curcumin. Με βάση τη συγκέντρωση του βορίου τα εδάφη και τα νερά κατατάχθηκαν σε κατηγορίες. Στα εδάφη η συγκέντρωση του βορίου κυμάνθηκε από 0,2 - 4,6 ppm και στα νερά από 0,09-1,1 ppm.

BORON CONCENTRATION LEVELS IN SOILS CULTIVATED WITH TOBACCO PLANTS AND IN IRRIGATION WATER OF THESSALY REGION

I.K.Mitsios, E.E.Golia and Z.S.Rizou

University of Thessaly, School of Agriculture Crop & Animal Production
Laboratory of Soil Science

ABSTRACT

The boron concentration was determined in 408 surface soil samples (0-30cm depth) from different areas of Thessaly region where tobacco is cultivated, using the method of azomethine-H. Also, the boron concentration was determined in 100 irrigation water samples from the same areas, using two methods, the method of azomethine-H and the method of curcumin. The boron concentration in soils ranged between 0.2 and 4.6 ppm whereas the boron concentration in irrigation waters values ranged between 0.09-1.1 ppm.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το βόριο (B) είναι ένα απαραίτητο στοιχείο στην ανάπτυξη των ανώτερων φυτών για το οποίο το εύρος μεταξύ της συγκέντρωσης που αντιστοιχεί σε έλλειψη και τοξικότητα είναι μικρό [1,9]. Η ολική συγκέντρωση του B στα εδάφη κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε B του μητρικού πετρώματος, αλλά ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτού είναι διαθέσιμο στα φυτά. Η διαθεσιμότητα του B στα εδάφη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι το εδαφικό pH και η περιεκτικότητα σε άργιλο, οργανική ουσία και οξυυδροξείδια του σιδήρου και αργιλίου [7]. Σε όξινα εδάφη το διαθέσιμο B βρίσκεται με τη μορφή του αδιάστατου βορικού οξέος H_3BO_3 , το οποίο ως ουδέτερο ηλεκτρικά εκκλύνεται εύκολα. Σε αλκαλικά εδάφη το B βρίσκεται κυρίως με τη μορφή του $[B(OH)_4]^-$, το οποίο προσροφάται ισχυρότερα με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαθεσιμότητά του και η έκπλυσή του [9]. Για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου B έχουν προταθεί πάρα πολλές μέθοδοι, η επικρατέστερη των οποίων είναι η μέθοδος που χρησιμοποιεί ως εκχυλιστικό το ζέον ύδωρ [2]. Για το προσδιορισμό του B στο εδαφικό εκχύλισμα χρησιμοποιούνται χρωματομετρικές μέθοδοι ή πλάσμα ατομικής εκπομπής. Από τις χρωματομετρικές μεθόδους η μέθοδος της azomethine-H είναι από τις πιο αποτελεσματικές και ευκολόχρηστες, τείνοντας να αντικαταστήσει τις υπόλοιπες μεθόδους, όπως για παράδειγμα τη μέθοδο της camphine ή της curcumine.

Διεθνώς έχουν αναφερθεί πολλές περιπτώσεις κυρίως έλλειψης του B στην καλλιέργεια του καπνού [6]. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα αναφερόμενα στην συγκέντρωση του B σε εδάφη καλλιεργούμενα με καπνό, καθώς επίσης και στη συγκέντρωση B των νερών άρδευσης της καλλιέργειας αυτής. Έτσι, σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης B εδαφών, από διάφορες περιοχές της Θεσσαλίας που καλλιεργούνται με καπνό, καθώς και των νερών άρδευσης ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση θρέψης της καλλιέργειας αυτής με B.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ελήφθησαν 408 επιφανειακά (βάθους 0-30cm) δείγματα εδάφους από περιοχές της Θεσσαλίας, στις οποίες καλλιεργείται καπνός. Τα εδαφικά δείγματα αεροξηράνθηκαν στο εργαστήριο και διήλθαν από κόσκινο διαμέτρου 2mm. Στα εδάφη πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω εδαφολογικές αναλύσεις [13]: προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης με τη μέθοδο Βουγιούκου, της οργανικής ουσίας με τη μέθοδο των Walkley-Black, του pH σε αιώρημα εδάφους:νερού, σε αναλογία 1:1, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, καθώς και του % ποσοστού του ανθρακικού ασβεστίου με τη μέθοδο Bernard.

Για τον προσδιορισμό του βορίου στα εδάφη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της azomethine-H [8]. Η μέθοδος αυτή, περιλαμβάνει δύο στάδια: Αρχικά την εκχύλιση του βορίου από το έδαφος και κατόπιν το φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό του έγχρωμου συμπλόκου που σχηματίζεται ανάμεσα στο βορικό οξύ σε υδατικό περιβάλλον και το αντιδραστήριο της azomethine-H.

Για την εκχύλιση του βορίου από τα εδάφη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εκχύλισης με ζεστό νερό [2,3]. Η εκχύλιση πραγματοποιήθηκε σε ειδική συσκευή πέψης του Οίκου Gerhardt των έξι θέσεων. Χρησιμοποιήθηκαν ειδικές γυάλινες σφαιρικές φιάλες, απαλλαγμένες βορίου και κάθεται ψυκτήρες επαναροής.

Για την ανάπτυξη του χρώματος χρησιμοποιήθηκε 1mL από το εκχύλισμα και αναμίχθηκε με 2mL ρυθμιστικού διαλύματος ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$, Na_2EDTA και CH_3COOH) και 2mL διαλύματος azomethine-H (σε 1% διάλυμα L-ασκορβικού οξέος). Σχηματίστηκε σύμπλοκο έντονου κίτρινου χρώματος, το οποίο προσδιορίστηκε φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 420nm, με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου Shimadzu UV-120.

Για τον προσδιορισμό του βορίου στα νερά άρδευσης χρησιμοποιήθηκε επίσης η μέθοδος της azomethine-H

Σε 50 δείγματα νερών άρδευσης πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της συγκέντρωσης του βορίου και με τη μέθοδο της curcumin [3]. Η μέθοδος της curcumin στηρίζεται στο φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό έγχρωμου συμπλόκου (Ροζοκυανίνης) που σχηματίζεται ανάμεσα στο βορικό οξύ σε αλκοολικό περιβάλλον, στο οξαλικό οξύ και στο αντιδραστήριο της curcumin, σε μήκος κύματος 550nm.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών (n=408):

Πίνακας 1: Φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών

Χημική Παράμετρος	% Άργιλος	pH (1:1)	% Οργανική ουσία	% CaCO_3	Ηλεκ.Αγωγιμότητα EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Ελάχιστη τιμή	25	4,3	0,9	2,9	205
Μέγιστη τιμή	38	8,9	2,1	15,6	987
Μέσος Όρος		6,5	1,5	10,5	652

Στα εδαφικά δείγματα η συγκέντρωση του βορίου που προσδιορίστηκε κυμαίνεται από 0,2 ppm μέχρι 4,6 ppm. Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η κατάταξη των εδαφών [14] :

Πίνακας 2: Κατάταξη των εδαφών (n=408) με βάση την τιμή του βορίου (Reisenauer et al., 1973)

Συγκέντρωση βορίου στο έδαφος (ppm)	Χαρακτηρισμός	Ποσοστά % των εδαφικών δειγμάτων (n=408)
<1	Μη ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών (Τροφοπενίες Β)	31,8
1-5	Συνήθως ικανοποιητική για την ανάπτυξη των φυτών	68,2
>5	Τοξική για όλα τα φυτά	-

Από το σύνολο των περιοχών που μελετήθηκαν, επελέγησαν ενδεικτικά τρεις χαρτογραφικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή Λεονταρίου Καρδίτσας. Τα σύμβολα των μονάδων αυτών [4,15] περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους (βάθος 0-150cm), την υδρομορφία, τη διάβρωση, την κλίση, την ύπαρξη ή όχι αντίδρασης ανάμεσα στο CaCO_3 και στο HCl , την εδαφογενετική τάξη και την υποτάξη, καθώς και την εδαφική ομάδα και την υποομάδα. Οι χαρτογραφικές μονάδες οι οποίες περιγράφονται στο θεματικό χάρτη 1 έχουν τα εξής εδαφολογικά χαρακτηριστικά:

B434/A00 Axht): Η χαρτογραφική αυτή μονάδα περιέχει, σε βάθος 0-25cm, κυρίως εδάφη αμμοαργιλοπηλώδη (SCL), αργιλοπηλώδη (CL) και ιλυοαργιλοπηλώδη (SiCL). Περιέχει εδάφη τα οποία στραγγίζουν καλά, είναι ελαφρά διαβρωμένα και έχουν κλίση 2-6%. Είναι αλλουβιακά εδάφη (Alfisols) και ανήκουν στην υποομάδα των *typic Halpoxeralfs*.

C435/A01 Vxct: Περιλαμβάνει, σε βάθος 0-25cm, εδάφη αμμοαργιλώδη (SC), αργιλώδη (C) και ιλυοαργιλώδη (SiC). Τα εδάφη αυτά στραγγίζουν μέτρια, είναι μη διαβρωμένα έως ελαφρά διαβρωμένα και έχουν κλίση 6-12%. Είναι εδάφη Vertisols και ανήκουν στην υποομάδα των *typic Chromoxererts*.

A 3*3*4*/A00 Eoxt : Περιέχει εδάφη, σε βάθος 0-25cm, SCL,CL & SiCl με ποσοστό σε χαλίκια <60%. Είναι εδάφη τα οποία στραγγίζουν πολύ καλά, δεν εμφανίζουν διάβρωση και έχουν κλίση 0-2%. Είναι εδάφη Entisols και ανήκουν στην υποομάδα *typic Chromoxererts*.

Στο θεματικό χάρτη 1 παρουσιάζεται η κατανομή των συγκεντρώσεων του βορίου στις παραπάνω εδαφολογικές μονάδες που μελετήθηκαν. Για την κατασκευή του ψηφιακού αυτού θεματικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) [5,11]. Ως τοπογραφικό υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν οι λεπτομερείς εδαφολογικοί χάρτες (κλίμακας 1:20.000) οι οποίοι κατασκευάστηκαν στο Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (I.X.T.E.A.)

Στο χάρτη αυτό παρουσιάζονται με κουκκίδες οι περιοχές δειγματοληψίας. Από περιοχή 375 στρεμμάτων στην οποία καλλιεργείται καπνός (ποικιλίες: Virginia, Burley και Ελασσόνα), συνελέγησαν συνολικά 23 δείγματα εδάφους τα οποία κατανέμονται ως εξής: 18 στη χαρτογραφική μονάδα B434/A00 Axht, 4 στη χαρτογραφική μονάδα C435/A01 Vxct και 1 στη χαρτογραφική μονάδα A 3*3*4*/A00 Eoxt. (η κατανομή του αριθμού των δειγμάτων κατά εδαφολογική μονάδα έγινε με βάση την έκταση των περιοχών στις οποίες καλλιεργείται καπνός).

Συγκεκριμένα, στη χαρτογραφική μονάδα B434/A00 Axht η ελάχιστη τιμή του βορίου ήταν στα όρια ανίχνευσης της μεθόδου της azomethine-H, ενώ η μέγιστη 3,19 ppm (μέσος όρος: 1,52 ppm). Πρέπει να σημειωθεί ότι στο 71% των δειγμάτων η συγκέντρωση του βορίου ανέρχεται μέχρι το 1 ppm, ενώ στο 29 % αυτών κυμαίνεται από 1 ppm μέχρι 5 ppm.

Στη χαρτογραφική μονάδα C435/A01 Vxct η ελάχιστη τιμή του βορίου ήταν επίσης στα όρια ανίχνευσης της μεθόδου της azomethine-H, ενώ η μέγιστη 2,85 ppm, με μέσο όρο τιμών 1 ppm. Στο 33% των δειγμάτων η συγκέντρωση του βορίου φτάνει μέχρι το 1 ppm, ενώ στο 67% των δειγμάτων κυμαίνεται από 1 ppm μέχρι 5 ppm.

Στη χαρτογραφική μονάδα A 3*3*4*/A00 Eoxt το 100% των δειγμάτων βρίσκεται στην περιοχή συγκεντρώσεων βορίου από 1 ppm μέχρι 5 ppm.

Στα εδάφη στα οποία η τιμή του pH είναι χαμηλή παρουσιάζονται μικρότερες συγκεντρώσεις βορίου, σε σχέση με τη συγκέντρωση αυτού σε εδάφη με υψηλότερη τιμή pH. Σε αλκαλικά εδάφη το B προσροφάται ισχυρότερα με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η συγκέντρωσή του [9].

Οι τιμές της συγκέντρωσης του βορίου στα δείγματα των νερών άρδευσης κυμαίνονται από 0,09 ppm μέχρι 1,1 ppm.

Στον πίνακα 3, παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες συγκεντρώσεις του B στα νερά που αναλύθηκαν. Επίσης παρουσιάζονται οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECw).

Πίνακας 3: Αποτελέσματα μετρήσεων σε δείγματα νερών άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας.

Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση Τιμή
PH	6,9	7,5	7,2
Ecw (μS/cm)	197,7	1110	989
B(ppm)	0,09	1,1	0,6

Σε 50 δείγματα νερών άρδευσης προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του βορίου τόσο με τη μέθοδο της azomethine-H όσο και με τη μέθοδο της curcumin, επειδή οι τιμές της συγκέντρωσης του B σε μερικά εδάφη ήταν αρκετά υψηλές (>4 ppm). Για το λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητο να γίνουν οι αναλύσεις των νερών άρδευσης και με τις δύο μεθόδους, προκειμένου να παραχθούν αξιόπιστα και ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τις τιμές της συγκέντρωσης του B και να προβλεφθεί ενδεχόμενη ανύψωση της τιμής της συγκέντρωσης του B στο έδαφος, μετά την άρδευση του καπνού.

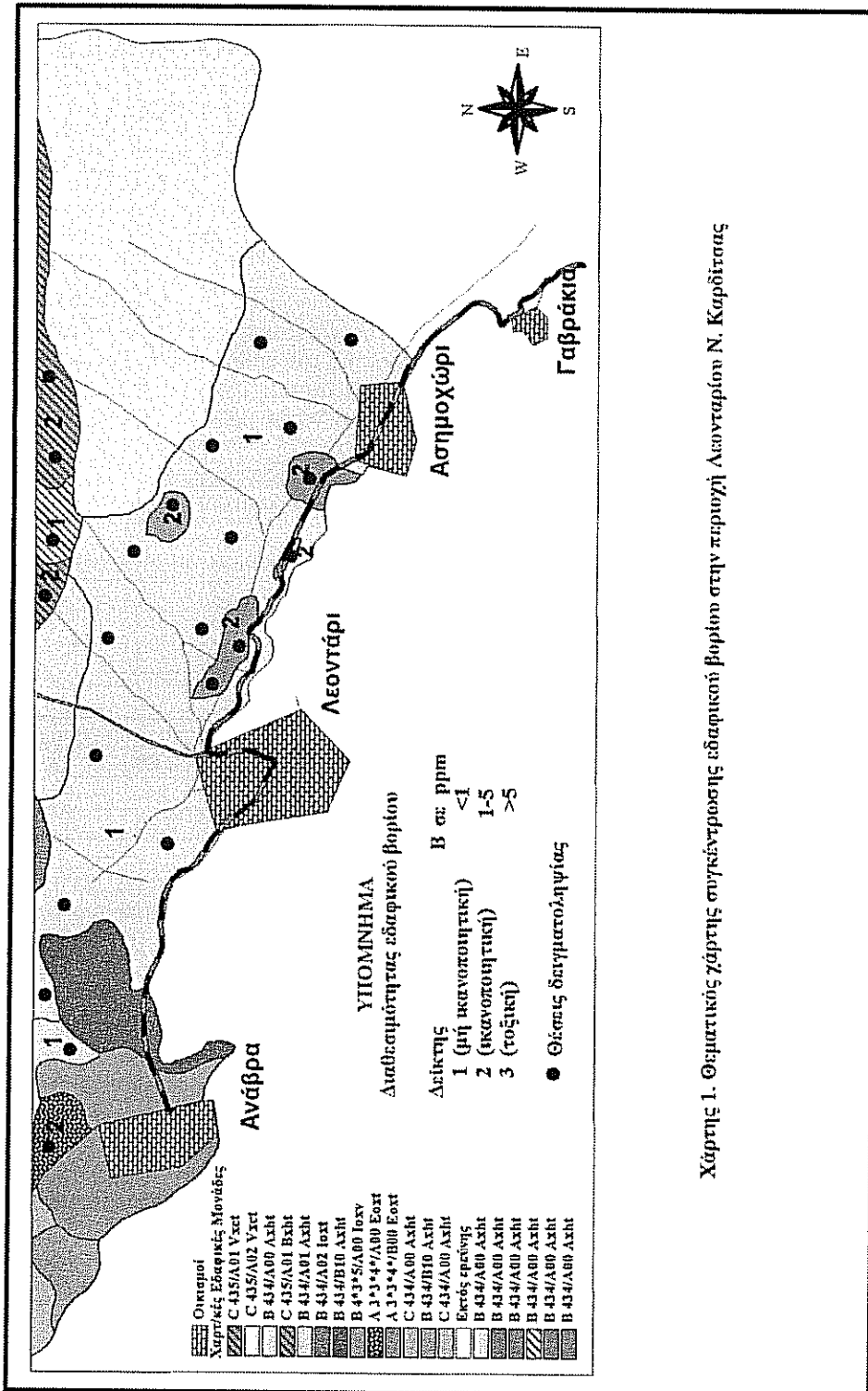
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των 50 δειγμάτων νερού με τις δύο μεθόδους παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Σύγκριση μεθόδων προσδιορισμού της συγκέντρωσης του βορίου σε νερά άρδευσης.

	B (Μέθοδος azomethine-H)	B (Μέθοδος curcumin)
Μέγιστη Τιμή (ppm)	0,09	0,09
Ελάχιστη Τιμή (ppm)	0,8	1,1
Τυπική Απόκλιση	0,206	0,26

Με την εφαρμογή του στατιστικού *t*-Test (Δοκιμασία Student) υπολογίστηκε ότι $t=0,04$ (two-tailed paired *t*-test). Από την σύγκριση της τιμής αυτής με την τιμή του *t* των στατιστικών πινάκων [12], προκύπτει ότι για στάθμη εμπιστοσύνης 99% και για βαθμούς ελευθερίας 49, δεν υπάρχουν μεταξύ των δύο μεθόδων στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Στα νερά άρδευσης πραγματοποιήθηκε κατάταξη σε κατηγορίες ανάλογα με την ανθεκτικότητα των φυτών στις συγκεντρώσεις B [10,16]. Με βάση την κατάταξη αυτή, ο καπνός ανήκει στην κατηγορία των μετρίως ανθεκτικών φυτών τα οποία αντέχουν σε συγκέντρωση B από 2 μέχρι 4 ppm. Η περιοχή αυτή των συγκεντρώσεων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τις τιμές των συγκεντρώσεων που προσδιορίστηκαν στα νερά άρδευσης. Επομένως σε όλη την περιοχή μελέτης δεν αναμένεται να προκληθούν προβλήματα στην καλλιέργεια του καπνού από τα νερά που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί για άρδευση.



4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε προκύπτουν τα εξής:

- Στα εδάφη που η συγκέντρωση Β είναι χαμηλότερη του 1 ppm (ποσοστό 31,8% των εδαφών) αναμένεται να παρατηρηθούν στα καλλιεργούμενα φυτά προβλήματα τροφοπενίας Β.
- Από τις τιμές των συγκεντρώσεων Β που υπολογίστηκαν στα εδάφη που μελετήθηκαν προκύπτει ότι σε καμία περίπτωση δεν παρατηρείται υπέρβαση της τιμής των 5 ppm, οπότε δεν αναμένεται να παρατηρηθούν προβλήματα τοξικότητας βορίου.
- Στα νερά άρδευσης η μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης Β που προσδιορίστηκε είναι 1,1 ppm. Η καλλιέργεια του καπνού, είναι ανθεκτική σε αυτά τα επίπεδα συγκεντρώσεων και επομένως δεν αναμένεται να παρατηρηθούν προβλήματα τοξικότητας βορίου, εξαιτίας των νερών που χρησιμοποιούνται για την άρδευση.
- Από την σύγκριση των μεθόδων της azomethine-H και της curcumin στα νερά άρδευσης της περιοχής που μελετήθηκε προκύπτει ότι μεταξύ των μεθόδων δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος 96/T/35, που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Berger, K.C. and Truog, E. 1939. Boron determination in soils and plants. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* (II), 540-545.
2. Bingham, F.T. 1982. Boron. Pp. 431-447 In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (Eds.) *Methods of Soil Analysis Part II. Chemical and Microbiological Properties* 2nd Ed. ASA, SSSA, Madison WI.
3. Dible, W.T., E. Truog, and K.C. Berger. 1954. Boron determination in soils and plants. *Anal. Chem.* (26), 418-421.
4. Εδαφολογική Μελέτη Νομού Καρδίτσας, 1991. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.
5. Floras, S.A. and Sgouras, I.D. 2000. Sustainable soil and crop management in the Larissa area, Greece, using remote sensing and GIS. *3rd International Congress of ESSC. "Man and Soil in the third millenium"*. Valencia, Spain.
6. Gurta, U.C. and W.J. Arsenault. 1985. Boron and Zinc Nutrition of tobacco grown in Prince Edward Island. *Can. J. Soil Sci.* (66), 67-71.
7. Gupta, U.C., Y.W. Jame, C.A. Cambell, A.J. Leyshon, and W. Nicholaichuk. 1985. Boron Toxicity and Deficiency: A Review. *Can. J. Soil Sci.* (65), 381-409.
8. John, M.K., H.H. Chuah, and J.H. Neufeld. 1975. Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. *Anal. Lett.* (8), 559-568.
9. Keren, R. and F.T. Bingham. 1985. Boron in Water, Soils, and Plants. 1985. *Advances in Soil Sci.* (1), 229-275.
10. Μήτσιοι, Ι.Κ. 1996. Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (Με Νάτριο) Εδάφη. Ποιοτική Κατάταξη των νερών Άρδευσης. Αθήνα.
11. Μήτσιοι, Ι. Κ. 2000. Σύγχρονες τάσεις της εδαφολογικής επιστήμης. Ποιότητα εδάφους, GIS, τηλεπισκόπηση, διαχείριση εδαφικών πόρων. Πρακτικά Ημερίδας. Εδαφολογικοί χάρτες Ν. Λάρισας. Λάρισα .

12. Miller, J.C. and Miller, J.N. 1993. Statistics for Analytical Chemistry. Third Edition. Ellis Horwood PTP Prentice Hall.
13. Page, A. L., Miller, H. R. and Keeney, R. D. 1982. Methods of Soil Analysis Part II-Chemical and Microbiological Properties Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin USA
14. Reisenauer, H.M., L.M., Walsh, and R.G. Hoefft. 1973. Testing Soils for Sulfur, Boron, Molybdenum, and Chlorine. Pp. 173-200 In: L.M. Walsh and J.M. Beaton (Eds.) Soil Testing and Plant Analysis, SSSA, Madison WI.
15. Soil Survey Staff (1975). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Soil Conservation Service, USDA. Agr. Handbook No 436. Washington, D.C. 20402. USA.
16. Wilcox, L.V. and Durum, W.H. 1967. Irrigation of Agricultural Lands. Amer. Soc. Agron. Monograph, 11. Madison, Wisc.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

I.K. Μήτσιος, E.E. Γκόλια και E.Σ. Χριστοδούλου

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής,
Εργαστήριο Εδαφολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε γεωργικά εδάφη της Θεσσαλίας (από τους νομούς Καρδίτσας, Λάρισας και Τρικάλων) στα οποία καλλιεργείται καπνός, προσδιορίστηκαν τα βαρέα μέταλλα Cd, Pb, Cu, Zn, Fe και Mn με εκχυλιστικό διάλυμα DTPA 0,005M. Σκοπός της μελέτης είναι η καταγραφή των επιπέδων των βαρέων μετάλλων σε χαρακτηριστικές χαρτογραφικές μονάδες. Ο προσδιορισμός των διαθέσιμων ποσοτήτων των βαρέων μετάλλων έγινε σε 408 επιφανειακά εδαφικά δείγματα (0-30cm) και σε 100 δείγματα νερών άρδευσης από τους ίδιους νομούς. Κατασκευάστηκαν έξι ψηφιακοί θεματικοί λεπτομερείς χάρτες (GIS) στους οποίους απεικονίζεται η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στα εδάφη που μελετήθηκαν.

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN SOILS AND IRRIGATION WATER OF THESSALY REGION

I.K. Mitsios, E.E. Golia and E.S. Christodoulou

University of Thessaly, School of Agriculture Crop & Animal Production
Laboratory of Soil Science

ABSTRACT

The concentration of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe and Mn) was determined in 408 surface soil samples (0-30cm depth) using 0.005M DTPA extracting solution. The soils were sampled from different areas of Thessaly region (Karditsa, Larissa and Trikala), where tobacco is cultivated. Also the concentration of heavy metals in 100 irrigation water samples, from the same areas, was determined. Six soil digitized discrete maps were constructed where the contamination of the heavy metals is shown.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βαρέα μέταλλα χαρακτηρίζονται τα μεταλλικά στοιχεία που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από του σιδήρου. Τα βαρέα μέταλλα θεωρούνται από τους πλέον επικίνδυνους ρύπους τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για το περιβάλλον, επειδή οι ενώσεις αυτών δεν αποικοδομούνται, αλλά παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα [2,8,13,23]. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε τοξικά βαρέα μέταλλα καθορίζει το μέγεθος της υποβάθμισης των εδαφών και συνεπάγεται τον κίνδυνο ενδεχόμενης μεταφοράς, διαμέσου της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο. Ιδιαίτερα ο καπνός έχει την τάση να προσλαμβάνει από το έδαφος σημαντικές ποσότητες βαρέων μετάλλων και κυρίως καδμίου (μέχρι 3,4 mg Cd/Kg ξηρής ουσίας καπνού)[1,4-6,15,16,22,26].

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) είναι ένα απαραίτητο εργαλείο, το οποίο καταγράφει, αποθηκεύει, αναλύει ιδιότητες των εδαφών, αλλά και μπορεί να απεικονίσει περιπτώσεις υποβάθμισης των εδαφών και γενικά του περιβάλλοντος [17]. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η καταγραφή των επιπέδων των βαρέων μετάλλων στις περιοχές της Θεσσαλίας στις οποίες καλλιεργείται καπνός και η δημιουργία λεπτομερών θεματικών χαρτών (κλίμακας 1:20.000) με τη βοήθεια του GIS, ώστε να απεικονίζεται η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και ο βαθμός ρύπανσης των περιοχών μελέτης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα εδαφικά δείγματα αμέσως μετά την συλλογή τους, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου αεροξηράθηκαν, λειοτριβήθηκαν και διήλθαν από κόσκινο (2mm). Ακολούθησαν οι εξής εδαφολογικές αναλύσεις [20]: προσδιορισμός του pH σε αιώρημα εδάφους-νερού με αναλογία 1:1, προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης με τη μέθοδο του Βουγιούκου, της οργανικής ουσίας με την τροποποιημένη μέθοδο των Walkey-Black και της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων με τη χρήση διαλύματος οξικού νατρίου με pH=8,2.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των μετάλλων που είναι διαθέσιμα στο έδαφος χρησιμοποιήθηκε εκχυλιστικό διάλυμα DTPA [11]. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των μετάλλων έγινε στο εκχύλισμα με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer 3300. Για τον προσδιορισμό των μετάλλων χρησιμοποιήθηκαν μονοστοιχειακές λυχνίες Κοίλης Καθόδου (HCL) και πρότυπα διαλύματα Titrisol του ενός γραμμαρίου. Ο προσδιορισμός των στοιχείων έγινε στα παρακάτω μήκη κύματος: Cu: 324,8nm, Fe:248,3nm, Mn:279,5nm,Zn:213,9nm, Cd:228,8nm και Pb:283,3nm.

Για τον έλεγχο των μεθόδων προσδιορισμού, την ακρίβεια και επαναληψιμότητά τους χρησιμοποιήθηκαν πολυστοιχειακά πρότυπα διαλύματα (mixed Standard Solutions). Για τον έλεγχο της ανάκτησης των αναλυτικών μεθόδων χρησιμοποιήθηκε συνθετικό έδαφος BCR (Community Bureau of Reference) (CRM 141R, calcareous loam soil).

Για τον προσδιορισμό του χαλκού, του σιδήρου, του μαγγανίου και του ψευδαργύρου χρησιμοποιήθηκε εξάρτημα φλόγας (flame AAS) και μίγμα αερίων αέρα-αιθινίου. Στην περίπτωση των στοιχείων καδμίου και μολύβδου χρησιμοποιήθηκε εξάρτημα ατομοποιητή θερμαινόμενου φούρνου γραφίτη (HGA-AAS) [3,10,21,27] επειδή οι συγκεντρώσεις τους στα εδαφικά εκχυλίσματα ήταν μικρότερες από τα όρια αντίχενυσης με χρήση φλόγας [7,14,25].

Ο Θερμανόμενος Φούρνος Γραφίτη είναι του Οίκου Perkin Elmer μοντέλο 600, με διορθωτή θορύβου λυχνία δευτερίου και είναι συνδεδεμένος με αυτόματο αναλυτή AS-60, 40 θέσεων.

Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των διαλυμένων βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης, το δείγμα αμέσως μετά τη δειγματοληψία διήλθε από ηθμό διαμέτρου 0,45μm. Κατόπιν ρυθμίστηκε η τιμή του pH έτσι ώστε να είναι μικρότερο της τιμής 2, με διάλυμα HNO₃ (1:1) [19].

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η κατάταξη του συνόλου των εδαφικών δειγμάτων (n=408) των νομών Καρδίτσας, Λάρισας και Τρικάλων με βάση την συγκέντρωση των μετάλλων. Η κατάταξη των ιχνοστοιχείων Cu, Zn, Mn και Fe έγινε με βάση τους πίνακες [12, 18] που παρουσιάζονται στα αντίστοιχα υπομνήματα των χαρτών.

Στους ψηφιακούς θεματικούς χάρτες 1 έως 6 απεικονίζεται η συγκέντρωση από τα βαρέα μέταλλα στις χαρτογραφικές μονάδες B434/A00 Aχh, C435/A01 Vxc και A3*3*4*/A00 Eox. Στο χάρτη 1 απεικονίζονται τα επίπεδα του διαθέσιμου χαλκού, ενώ στο χάρτη 2 απεικονίζονται τα επίπεδα του διαθέσιμου ψευδαργύρου .

Στους χάρτες 3 και 4 απεικονίζονται τα επίπεδα του διαθέσιμου σιδήρου και μαγγανίου αντίστοιχα. Στις ίδιες περιοχές οι συγκεντρώσεις και των δύο στοιχείων είναι υψηλές, γιατί τα εδάφη αυτά έχουν όξινο pH [2,8]. Ασβέστωση των όξινων εδαφών θα ήταν δυνατό να οδηγήσει σε μείωση των τιμών των συγκεντρώσεων των μετάλλων Fe και Mn.

Στο χάρτη 5 απεικονίζονται τα επίπεδα του διαθέσιμου καδμίου τα οποία σε όλες τις περιπτώσεις είναι της τάξης των ppb. Στο χάρτη 6 απεικονίζονται τα επίπεδα του μολύβδου.

Στη χαρτογραφική μονάδα B434/A00 Aχh οι συγκεντρώσεις των μετάλλων κατανέμονται ως εξής:

Το 62% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Cd από 15 ως 30 ppb και το 38% από 45 ως 60 ppb. Η συγκέντρωσή του Cd κυμαίνεται από 15,3 ppb μέχρι 53,8 ppb .

Το 66% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Pb από 250 ως 500 ppb, το 7% από 500 ως 750 ppb, το 14% από 750 ως 1000 ppb, ενώ το 13% εμφανίζει συγκέντρωση μεγαλύτερη από 1000 ppb. Η συγκέντρωσή του Pb κυμαίνεται από 260,5 ppb μέχρι 1088 ppb. Το 80% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Zn από 0 ως 1 ppm και το 20% από 1 ως 3ppm. Η συγκέντρωσή του Zn κυμαίνεται από 0,4 ppm μέχρι 1,2 ppm.

Το 13% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Cu από 0,3 ως 0,9 ppm, το 27% από 0,9 ως 1,5 ppm και το 60% από 1,5 ως 3 ppm. Η συγκέντρωσή του Cu κυμαίνεται από 0,8 ppm μέχρι 2,9 ppm . Το 58% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Mn από 5 ως 15 ppm, το 17% από 15 ως 30 ppm, το 8% από 30 ως 50ppm, ενώ το 17% εμφανίζει τιμή μεγαλύτερη από 50 ppm . Η συγκέντρωσή του Mn κυμαίνεται από 5,3 ppm μέχρι 65,5 ppm . Το 3% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Fe από 0 ως 3 ppm, το 58 % από 3 ως 12 ppm, το 22% από 12 ως 25 ppm και το 17% από 25 ως 50 ppm.. Η συγκέντρωσή του Fe κυμαίνεται από 2,2 ppm μέχρι 49,6 ppm .

Στη χαρτογραφική μονάδα C435/A01 Vxc οι συγκεντρώσεις των μετάλλων κατανέμονται ως εξής:

Το 67% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Cd από 30 ως 45 ppb και το 33% εμφανίζει συγκέντρωση μεγαλύτερη από 75 ppb. Η συγκέντρωσή του Cd κυμαίνεται από 31,1ppb μέχρι 90,8 ppb .

Το 67% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Pb από 250 ως 500 ppb και το 33% από 750 ως 1000 ppb. Η συγκέντρωσή του Pb κυμαίνεται από 255,2 ppb μέχρι 930 ppb .

Το 100% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Zn από 0 ως 1 ppm. Η συγκέντρωσή του Zn κυμαίνεται, από 0,5ppm μέχρι 0,8 ppm .

Το 33% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Cu από 0,9 ως 1,5 ppm και το 67% από 1,5 ως 3 ppm. Η συγκέντρωσή του Cu κυμαίνεται από 1,4 ppm μέχρι 2,7 ppm. Το 82% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Mn από 5 ως 15 ppm και το 18% από 15 ως 30 ppm Η συγκέντρωσή του Mn κυμαίνεται από 7,4 ppm μέχρι 20,9 ppm. Το 67% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Fe από 3 ως 12 ppm και το 33% από 12 ως 25 ppm. Η συγκέντρωσή του Fe κυμαίνεται, από 6,8 ppm μέχρι 24,4 ppm .

Στη χαρτογραφική μονάδα A3*3*4*/A00 Εοx οι συγκεντρώσεις των μετάλλων κατανέμονται ως εξής: το 100% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Cd από 60 ως 75 ppb. Η συγκέντρωσή του Cd κυμαίνεται από 61,5 ppb μέχρι 73,4 ppb .Το 100% των δειγμάτων έχει συγκέντρωση Pb από 250 ως 500 ppb. Η συγκέντρωσή του Pb κυμαίνεται από 342 ppb μέχρι 470 ppb . Η συγκέντρωσή του Zn κυμαίνεται από 0,6 ppm μέχρι 0,8 ppm, του Cu από 1,6 ppm μέχρι 1,8 ppm, του Mn από 6,1 ppm μέχρι 7,9 ppm, ενώ η συγκέντρωσή του Fe κυμαίνεται από 4 ppm μέχρι 11,2 ppm.

Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων που προσδιορίστηκαν στην εργασία αυτή, αντιπροσωπεύουν τη συγκέντρωση των μετάλλων που είναι διαθέσιμη στο έδαφος. Σε καμία περίπτωση η συγκέντρωση δεν ξεπέρασε την καθορισμένη από την Ευρωπαϊκή Ένωση συγκέντρωση των μετάλλων στο έδαφος (Cd:3ppm, Cu:140ppm, Pb: 300ppm, Zn: 300ppm) (ΦΕΚ 641/07.08.1991)

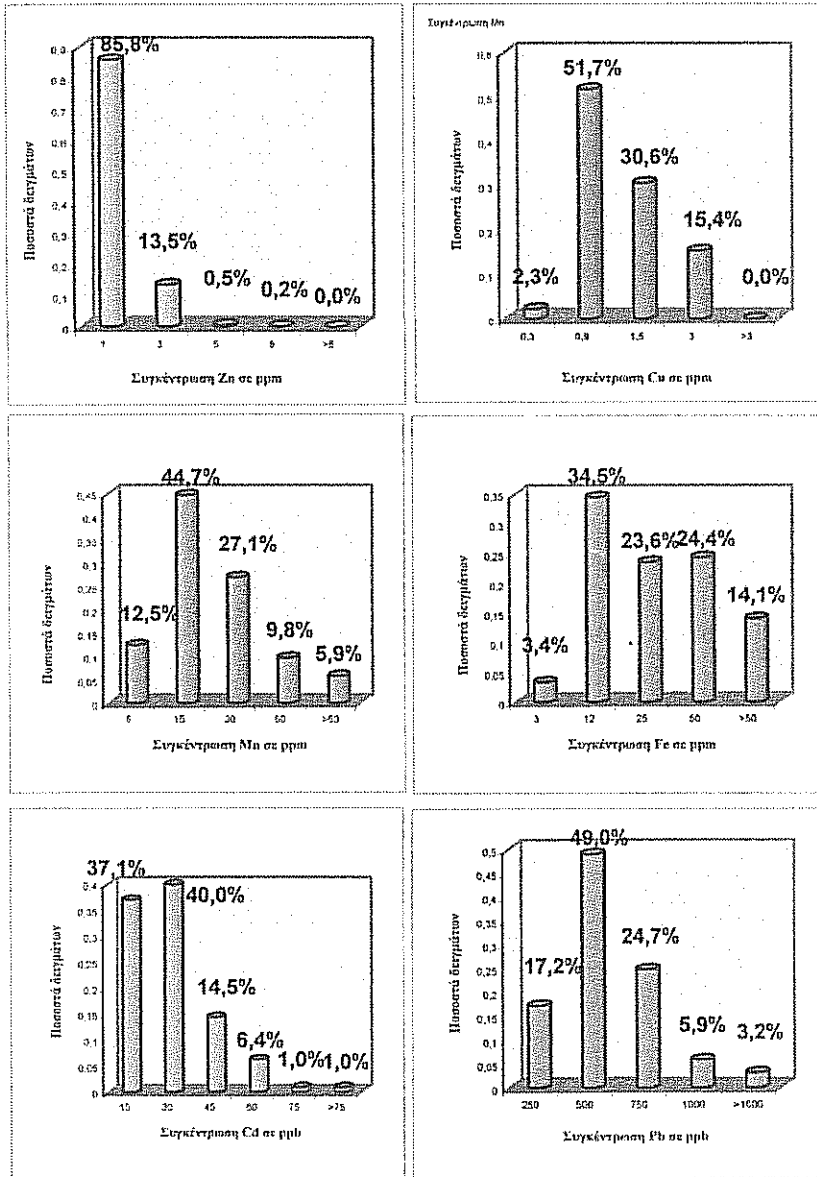
Οι διαθέσιμες ποσότητες των μετάλλων στα εδάφη που μελετήθηκαν είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές που παρουσιάζονται σε εδάφη των ίδιων περιοχών [9] (στην περιοχή της Λάρισας, αναφέρονται συγκεντρώσεις Cd: 0,27ppm & Pb: 2,55ppm τιμές), ή περιοχών στις οποίες καλλιεργείται καπνός [24] (Cd: 1,01ppm).

Παράλληλα με τα εδαφικά δείγματα συνελέγησαν 100 δείγματα νερού από ισάριθμες γεωτρήσεις, τα οποία χρησιμοποιούνται για την άρδευση καπνού. Στα νερά αυτά έγινε ο προσδιορισμός του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης των διαλυμένων βαρέων μετάλλων. Η μέγιστη, η ελάχιστη, καθώς και η μέση τιμή αυτών, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

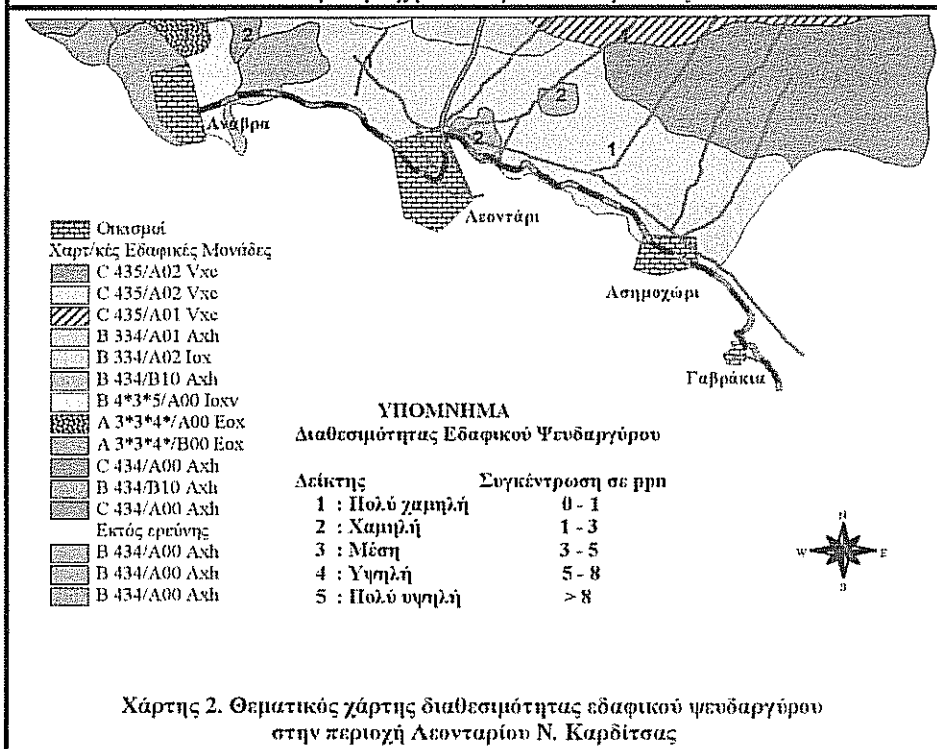
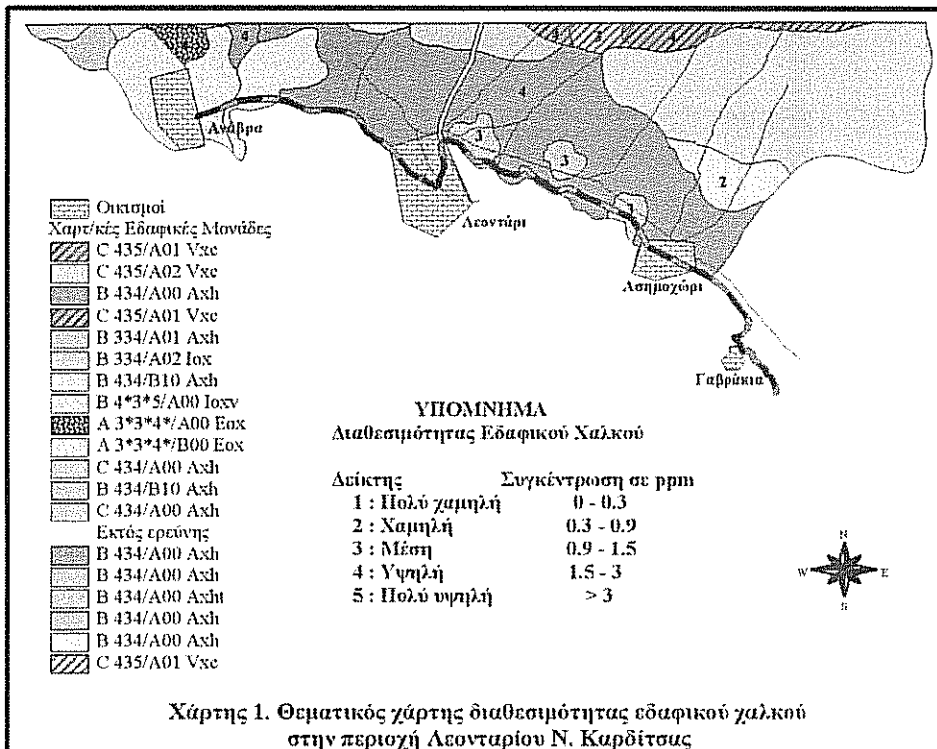
Πίνακας 1: Αποτελέσματα μετρήσεων σε δείγματα νερών άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας.

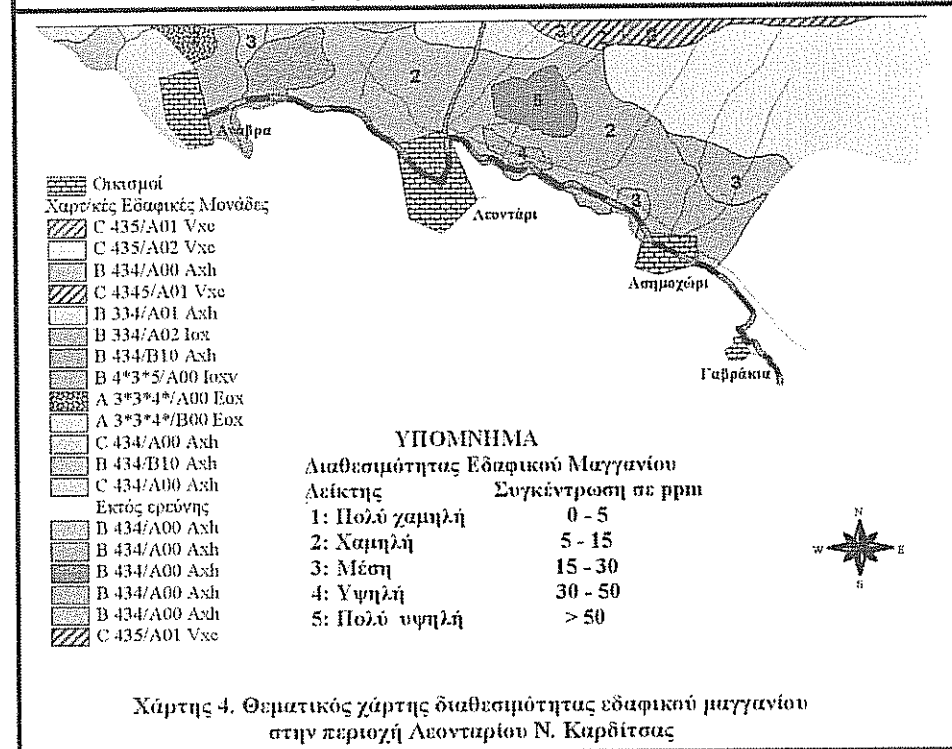
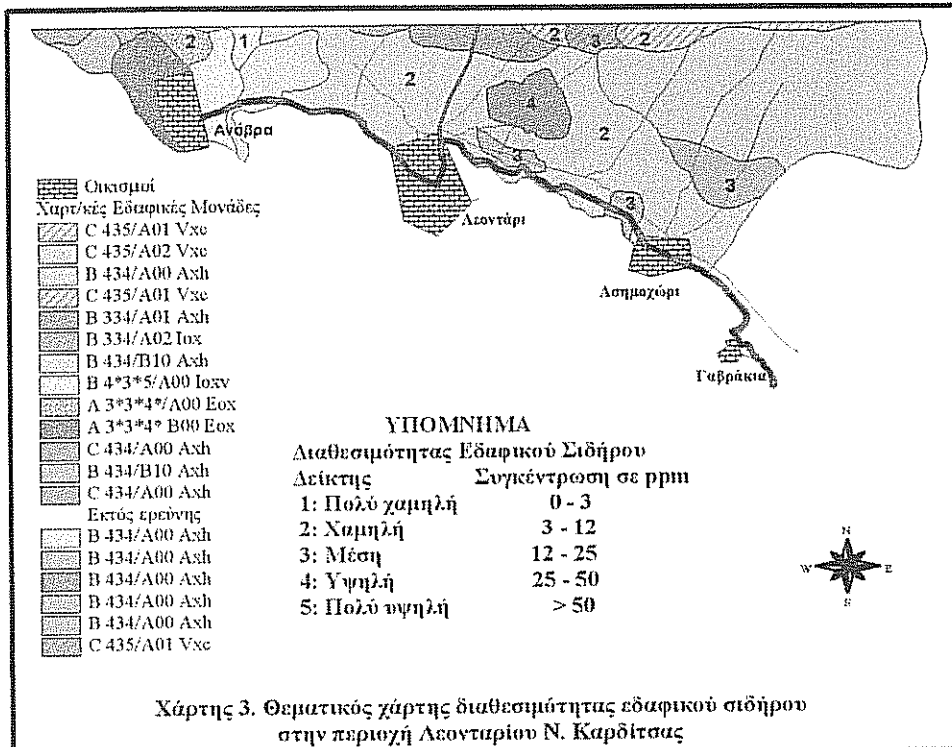
Παράμετρος μέτρησης	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση Τιμή	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (οδ. 98/83/ΕΚ)
pH	6,9	7,5	7,2	6,5 ≤ pH ≤ 9,5
ECw (μS/cm)	197,7	1110	989	2500
Cu (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	10	2,5	2000
Fe (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	12,3	6,5	200
Mn (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	5	2,2	50
Zn (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	2,5	1,6	-
Cd (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	0,3	0,06	5
Pb (ppb)	Μη ανιχνεύσιμη	4,3	1,1	10

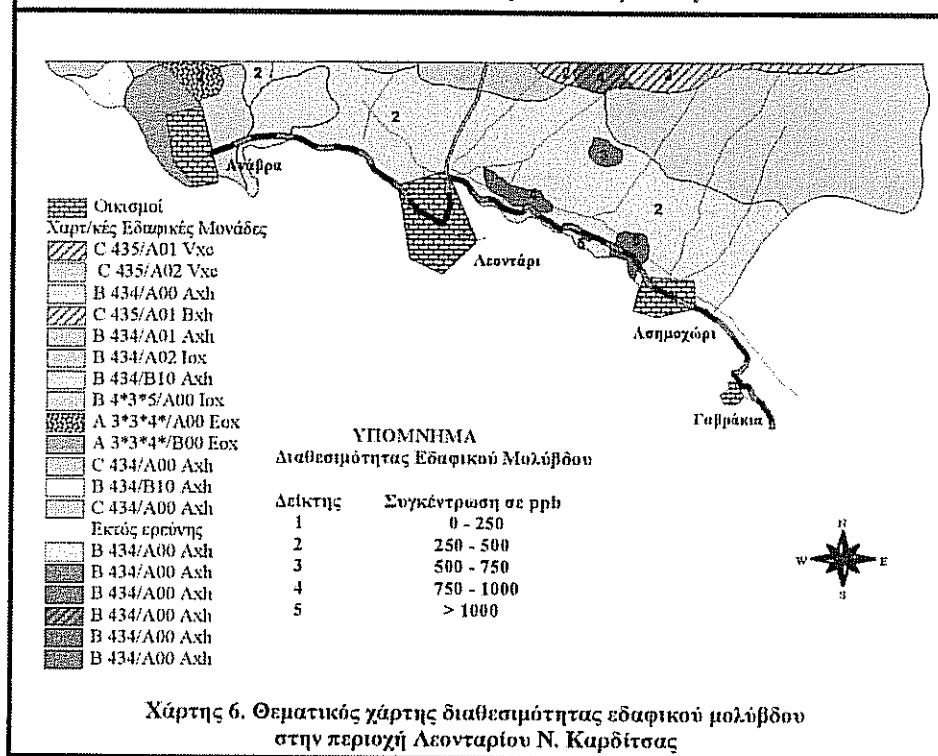
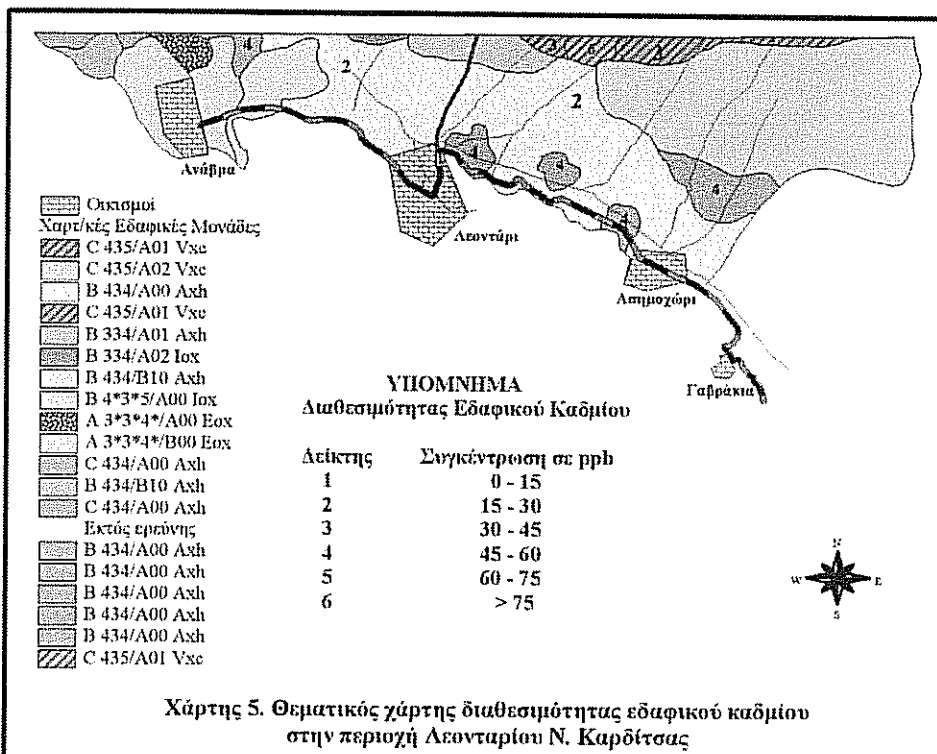
Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των νερών άρδευσης προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων μετάλλων ήταν μικρότερες από τα καθορισμένα από την Ευρωπαϊκή Ένωση όρια.



Σχήμα 1: Ποσοστιαία απεικόνιση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο σύνολο των δειγμάτων.







4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω μελέτη προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα νερά άρδευσης κυμαίνονται σε επίπεδα χαμηλότερα από τα όρια που θεσπίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Οι διαθέσιμες ποσότητες των μετάλλων Cd, Pb, Zn και Cu στα εδάφη που μελετήθηκαν, είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές που αναφέρονται σε επιστημονικές εργασίες στις οποίες πραγματοποιήθηκε μελέτη γεωργικών εδαφών της περιοχής Θεσσαλίας.
- Οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις των στοιχείων Fe και Mn, σε εδάφη με μικρή τιμή pH, είναι υψηλότερες από τις συγκεντρώσεις αυτών σε εδάφη με υψηλότερες τιμές pH.
- Οι διαθέσιμες ποσότητες των βαρέων μετάλλων είναι ιδιαίτερα χαμηλές και σε όλα τα εδάφη που μελετήθηκαν τα επίπεδα αυτών δεν υπερβαίνουν τα όρια που ορίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος 96/T/35, που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adamu, C. A., Mulchi, C. L. and Bell, P. F. Relationships Between Soil pH, Clay, Organic Matter and CEC and Heavy Metal Concentrations in Soils and Tobacco. *Tob. Sci.*(33), 96-100.
2. Adriano, D. C. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York.
3. Beaty, R.D. Kerber, J.D. Concepts, Instrumentation and Techniques in AAS. The Perkin Elmer Corporation.
4. Bell, P. F., Mulchi, C. L. and Chaney, R. L. 1992. Microelement Concentrations in Maryland Air-cured Tobacco. *Commun. Soil. SCI. Plant. Anal.*,23(13&14), 1617-1628
5. Clarke, B. B. and Brennan, E. 1983. Tobacco Leaves Accumulate Cadmium from Root Applications of the Heavy Metal. *Tob. Sci.*(27), 28-29.
6. Clarke, B. B. and Brennan, E. 1989. Differential Cadmium Accumulation and Phytotoxicity in Sixteen Tobacco Cultivars. *JAPCA* (39), 1319-1322.
7. Dolinsek, F., Stupar, J., and Vrscaj, V. 1991. Direct Determination of Cadmium and Lead in Geological and Plant Materials by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. *J. of Anal. AS.* 653-660.
8. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1992. Trace Elements in Soils and Plants. Second Edition. CRC Press. London.
9. Καρυώτης Θ., Μητσιμπόνας Θ., Χαρούλης, Α., Αργυρόπουλος, Γ.1994. Περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία και βαρέα μέταλλα των γεωργικών εδαφών της περιοχής Βαρυστόπου Νομού Λάρισας. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα.* 75-81.
10. Lajunen, L.H.G. 1992. Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption and Emission. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.
11. Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (42), 421-428.
12. Maff.1970. Modern Farming and the Soil. Report of the Advisory Council on Soil Structure and Soil Fertility. HMSO. London.
13. Manahan, E. S. 1994. Environmental Chemistry. Sixth Edition. CRC Press. USA.

14. Millward, C. G. and Klucner, P. D. 1991. Determination of Low Levels of Cadmium in Marine and Fresh Water Sediments by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Employing a Reduced Palladium Chloride Modifier and by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. *J. of Anal AS* 37-40.
15. Miner, G. S., Gutierrez, R. and King, L. D. 1997. Soil Factors Affecting Plant Concentrations of Cadmium, Copper, and Zinc on Sludge-Amended Soils. *J. Environ. Qual.* (26): 989-994.
16. Mulchi, C. L., Adamu, C. A., Bell, P. F. and Chaney, R. L. 1992. Residual Heavy Metal Concentrations in Sludge Amended Coastal Plain Soils – II. Predicting Metal Concentrations in Tobacco from Soil Test information. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.*,23(9&10), 1053-1069.
17. Μήτσιος Ι. Κ. 2000. Σύγχρονες τάσεις της εδαφολογικής επιστήμης. Ποιότητα εδάφους, GIS, τηλεπισκόπηση, διαχείριση εδαφικών πόρων. Πρακτικά Ημερίδας. Εδαφολογικοί χάρτες Ν.Λάρισας.Λάρισα .
18. Μήτσιος Ι. Κ. 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
19. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 16th Edition..
20. Page, A. L., Miller, H. R. and Keeney, R. D. 1982. Methods of Soil Analysis Part II-Chemical and Microbiological Properties Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison. Wisconsin USA.
21. Παπαδογιάννης, Ι.Ν& Σαμανίδου, Β.Φ.,1996. Ενόργανη Ανάλυση. Θεσσαλονίκη.
22. Semu, E. and Singh, B. R. 1996. Accumulation of Heavy Metals in Soils and Plants after long-term use of Fertilizers and Fungicides in Tanzania. *Fertilizer Research* (44), 241-248.
23. Tan, K. H. 1994. Environmental Soil Science. Marcel Dekker, Inc.
24. Τσοτσόλης, Ν. και Καραβαζόγλου Ν.1998. Επίδραση της ασβέστωσης ενός όξινου εδάφους και της μορφής της αζωτούχου λίπανσης στην πρόσληψη καδμίου και σε ορισμένα χαρακτηριστικά καπνών Βιρτζίνια. 7^ο Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο.Αγρίνιο.
25. Van Der Lee, J. J., Temminghoff, E., Houba.,V. J. G.and Novozamsky, 1987 . Background Corrections in the Determination of Cd and Pb by Flame AAS in Plant and Soil Samples with High Fe Levels. *Appl-Spectrosc.* 41(3),388-390.
26. Wagner, G. J.,Sutton, T. G. and Yeagan, R. 1988. Root Control of Leaf Cadmium Accumulation in Tobacco. *Tob. Sci.* (32), 88-91.
27. Welz, B.1985. Atomic Absorption Spectrometry. Verlag Chemie. Weinheim.

ΑΛΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΝΑΤΡΙΩΣΗ ΕΔΑΦΩΝ. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

N. Μισοπολινός

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν γνωστές εξισώσεις της φυσικοχημείας για τον υπολογισμό των ενεργών συγκεντρώσεων των ιόντων στο εδαφικό διάλυμα, σε αλατούχα νερά και σε νερά στραγγίσεως με τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων. Παράλληλα, η ανάλυση της βελτίωσης νατριομένων εδαφών με τη μέθοδο νερού υψηλής αλατότητας και τη χρήση των ενεργών συγκεντρώσεων έδειξε ότι είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των ιονικών ζευγών στο εδαφικό διάλυμα και η “απενεργοποίηση” μεγάλης (σε ορισμένες περιπτώσεις) ποσότητας κατιόντων (κυρίως Ca και Mg) στο διάλυμα.

THE STUDY AND IMPROVEMENT OF SALINE AND SODIC SOILS. A NUMERICAL APPROACH

N. Misopolinos

Aristotelian University of Thessaloniki, Department of Agriculture

ABSTRACT

Numerical methods have been employed in this study using the Debye-Hückel, Davis and Robinson et al. Equations to calculate the actual concentration in Field Capacity soil solution and in saline and drainage water. The analysis for reclaiming sodic soils using high-salt water (drainage or sea water) and actual concentrations showed that it is necessary to consider the influence of ionic pairs in soil solution and the “disactivation” of a considerable (in some cases) amount of the cations (mainly Ca and Mg) in solution.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αριθμητικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στη μελέτη και τη βελτίωση των αλατούχων και νατρωμένων εδαφών για διαφορετικούς λόγους, όπως :

1. Τον υπολογισμό των ενεργών συγκεντρώσεων των ιόντων, την ιονική ισχύ και τα ιονικά ζεύγη στο εδαφικό διάλυμα, στο νερό άρδευσης και την κίνηση και μεταφορά των αλάτων στην εδαφική κατατομή, και
2. Τη βελτίωση ισχυρώς νατρωμένων αργιλωδών εδαφών

Αριθμητικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται επίσης στη μελέτη αλατούχων εδαφών με ραδιόμετρα υπαίθρου και δορυφορικές εικόνες (ανάλυση ραδιομετρικών παραμέτρων, τηλεπισκόπηση και εφαρμογές GIS).

Η μελέτη και ο υπολογισμός των ενεργών συγκεντρώσεων των ιόντων στο εδαφικό διάλυμα υπήρξε το αντικείμενο πολλών δημοσιεύσεων [18] και υπολογιστικών προγραμμάτων που είναι βασισμένα είτε στη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων είτε σε άλλες [17, 14, 3, 12, 1, 4, 5, 19, 16]. Τα προγράμματα αυτά χρησιμοποιούν γνωστές φυσικοχημικές εξισώσεις τόσο για τον υπολογισμό της ιονικής ισχύος μέχρι 0,5 mol/L όσο και της ενεργού συγκεντρώσεως των ιόντων στο εδαφικό διάλυμα. Στις περιπτώσεις όμως των αλατούχων εδαφών που έχουν ιονική ισχύ 0,5-1 mol/L χρησιμοποιούνται μαθηματικά ομοιώματα διαφορετικά από τα προηγούμενα [12].

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να μελετήσει συγκριτικά τις μετρηθείσες και υπολογισθείσες ενεργές συγκεντρώσεις κατιόντων και ανιόντων στο εδαφικό διάλυμα και να ελέγξει εάν οι διαφορές που προκύπτουν επηρεάζουν τους υπολογισμούς στη μελέτη και βελτίωση αλατούχων ή και νατρωμένων.

2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΗ ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΚΑΙ ΣΕ ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή ενεργότητας, της ιονικής ισχύος, της ενεργότητας και των ενεργών συγκεντρώσεων των ιόντων σε εδαφικά διαλύματα μη αλατούχων και αλατούχων εδαφών χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις των Debye-Hückel για διαλύματα ιονικής ισχύος μέχρι 0,2 mol/L, Davies για διαλύματα ιονικής ισχύος μέχρι 0,5 mol/L και των Robinson, Guggenheim και Bates [2] για διαλύματα ιονικής ισχύος μέχρι 1 mol/L.

Η ιονική ισχύς ενός διαλύματος υπολογίζεται από την εξίσωση :

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^s C_i Z_i^2 \quad (1)$$

όπου C_i = η πραγματική συγκέντρωση και Z_i = το σθένος του ιόντος i .

Ο συντελεστής ενεργότητας υπολογίζεται από την εξίσωση :

α) Debye-Hückel,

$$-\log f_i = \frac{A' Z_i^2 \sqrt{I}}{1 + B' \alpha \sqrt{I}} \quad (2)$$

όπου,

I = η ιονική ισχύς

Z_i το σθένος του ιόντος i

A και B σταθερές (0,511 και 0,329 αντίστοιχα στους 25 °C) και

α = η ενεργός ιονική ακτίνα ενός ιόντος σε Å

β) Του Davies (επέκταση της εξίσωσης Debye-Hückel),

$$-\log f_i = A' Z_i^2 \left(\frac{\sqrt{I}}{1 + \alpha \sqrt{I}} - 0,3I \right) \quad (3)$$

για εδαφικά διαλύματα με $I < 0,5$ mol/L

και γ) από την εξίσωση Robinson, Guggenheim και Bates για ιονική ισχύ μέχρι 1 mol/L,

$$-\log f_i = \frac{A' Z_i^2 \sqrt{I}}{1 + B' \alpha \sqrt{I}} + 0,2I \quad (4)$$

Η ενεργότητα ενός ιόντος, a , από την εξίσωση,

$$a = f_i C_i \quad (5)$$

όπου C_i είναι η πραγματική συγκέντρωση του ιόντος i (μετά την αφαίρεση της συγκέντρωσης των ιονικών ζευγών).

Η εξίσωση (4) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αλατούχα εδαφικά διαλύματα, σε νερά στραγγίσεως με υψηλή ιονική ισχύ και στο θαλασσίνο νερό όταν αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση νατριωμένων εδαφών με τη μέθοδο της χρησιμοποίησης νερού υψηλής αλατότητας [15, 7].

Πίνακας 1. Φυσικές και χημικές χαρακτηριστικά εδαφών και νερών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

Δείγμα	pH	CaCO ₃ %	F.C.* %	SP* %	EC mS/cm	Χαρακτ.	Na ⁺ me/L	Ca+Mg me/L	R*
Έδαφος 1.	8,15	7,04	23	47,5	2,6	CL			
Έδαφος 2.	7,78	1,20	55	115,0	17,3	CL			
Νερόστραγγ					71,0		739	260	0,26
Θαλασσίνο					55,0		522	137	0,20

* F.C. = Υδατοικανότητα, SP = νερό κορεσμού, R = (Ca+Mg)/C όπου C η ολική συγκέντρωση

Τα εδάφη και τα νερά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη έχουν τα επόμενα χαρακτηριστικά (Πίνακας 1.) : Το έδαφος 1. Είναι ελαφρώς αλατούχο με EC=2,6 mS/cm και το έδαφος 2. Είναι αλατούχο νατριομένο με EC=17,3 mS/cm. Τα νερά που χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση ήσαν ισχυρώς αλατούχα.

Η ανάλυση του εδαφικού διαλύματος και οι συντελεστές ενεργότητας υπολογίστηκαν με τη χρήση των εξισώσεων (2), (3) και (4) με τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων [12]. Για το αλατούχο έδαφος χρησιμοποιήθηκε το εδαφικό διάλυμα στο σημείο της υδατοϊκανότητας [6] και για το αλατούχο-νατριομένο το νερό κορεσμού [11].

Οι ενεργές συγκεντρώσεις χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό στη συνέχεια των παραμέτρων των εξισώσεων 6-10.

3. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ-ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ.

Η βελτίωση των αλατούχων ή/και νατριομένων εδαφών μπορεί να γίνει με μεθόδους νερών υψηλής αλατότητας και διαδοχικής αραιώσης [15, 7] . Η μέθοδος που χρησιμοποιεί την προσθήκη σταθερών ποσοτήτων Ca^{++} σε κάθε βήμα αραιώσης [7, 8, 9, 10] περιλαμβάνει τον υπολογισμό [13] του κλάσματος του εναλλακτικού νατρίου (ESFn),

$$ESF_n = \frac{1}{1 + \frac{[(C_o R_o + \frac{B^n - 1}{B - 1} x) B^{n-1}]^{1/2}}{1,41kC_o(1 - R_o)}} \quad (6)$$

όπου, C_o =η ολική συγκέντρωση του διαλύματος, $R_o = Ca + Mg / C_o$,

$Ca+Mg$ και C_o σε meq/L, B =ο συντελεστής αραιώσης, n =ο αριθμός των αραιώσεων και k =ο συντελεστής εδαφικής ανταλλαγής σε $(meq/L)^{0,5}$.

Η ποσότητα του νερού που απαιτείται στο νιοστό στάδιο αραιώσης $(D_w/D_s)_n$,

$$(D_w / D_s) = (1000 \rho_s \cdot CEC / \rho_w \cdot f) \frac{(\Delta ESF)}{[\Delta(Ca+Mg)]_n} \quad (7)$$

ρ_w και ρ_s = το ειδικό βάρος του νερού και η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους αντίστοιχα σε g/cm^3 ,

CEC = η εναλλακτική ικανότητα του εδάφους σε meq/100g εδάφους, και

f = ο συντελεστής στράγγισης.

$$(\Delta ESF) = \frac{1}{1 + \frac{[(C_o R_o + \frac{B^{n-1} - 1}{B - 1} x) B^{n-2}]^{1/2}}{1,41kC_o(1 - R_o)}} - \frac{1}{1 + \frac{[(C_o R_o + \frac{B^n - 1}{B - 1} x) B^{n-1}]^{1/2}}{1,41kC_o(1 - R_o)}} x$$

(8)

χ = η σταθερή προστιθέμενη ποσότητα Ca ή Ca+Mg.

$$\Delta[Ca + Mg]_n = C_n R_n - (Ca + Mg)_* \quad (9)$$

και

$$(Ca+Mg)_* = \frac{1}{4B^{n-2}} \left\{ \left[\frac{C_o(1-R_o)}{C_o R_o + \frac{B^{n-1}}{B-1} x} + \frac{4(C_o + \frac{B^n - 1}{B-1} x)}{B} \right]^{1/2} - \frac{C_o(1-R_o)}{(C_o R_o + \frac{B^{n-1}}{B-1} x)^{1/2}} \right\}^2 \quad (10)$$

3.1 Η Χρησιμοποίηση των υπολογισθέντων ενεργών συγκεντρώσεων στη βελτίωση αλατούχων-νατριωμένων εδαφών.

Στον Πίνακα 2. Φαίνονται τα αποτελέσματα του εδαφικού διαλύματος για το ελαφρώς αλατούχο έδαφος με ιονική ισχύ 0,042 mol/L με τη χρήση της εξίσωσης (2) μετά από 21 διαδοχικές προσεγγίσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της ενεργού συγκεντρώσεως του Ca^{++} και Mg^{++} σε ποσοστό ~12,5 % λόγω της παρουσίας κυρίως θεϊκών ιόντων.

Πίνακας 2. Ανάλυση εδαφικού διαλύματος του ελαφρώς αλατούχου εδάφους στο σημείο της υδατοϊκανότητας (FC).

	Πρώτη συγκέντρωση mmol/L	προσέγγιση ενεργότητα mmol/L	21 ^η Συγκέντωση Mmol/L	προσέγγιση ενεργότητα mmol/L
Ca ⁺⁺	6,30	3,18	5,49	2,85
Mg ⁺⁺	2,83	1,52	2,48	1,36
Na ⁺	8,70	7,24	8,66	7,26
NH ⁺	0,56	0,46	0,55	0,46
K ⁺	1,13	0,93	1,12	0,93
SO ₄ ⁻	4,25	1,99	3,04	1,48
(Cl ⁻ +NO ₃ ⁻)	20	16,4	20	16,5
HCO ₃ ⁻	0,25	0,21	0,24	0,20
PO ₄ ⁼	0,00646	-	0,0365	-
HPO ₄ ⁼	-	0,00285	0,00342	0,00166
H ₂ PO ₄ ⁻	-	0,00032	0,000323	0,000187
pH		8,25		
I	0,042		0,037	

Στην περίπτωση του αλατούχου εδάφους (Πίνακας 3.) αναλύθηκε το εκχύλισμα κορεσμού με τη χρήση των εξισώσεων (2, 3, 4). Η ιονική ισχύς του διαλύματος (0,453 mol/L) είναι οριακή όταν χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις (4) και (3) και η μείωση της ενεργού (πραγματικής) συγκέντρωσης για το Ca και το Mg είναι της τάξεως ~16%. Το πλεόν εντυπωσιακό κατά τον υπολογισμό τόσο στο θαλασσίνο νερό όσο και στο νερό στράγγισης (Πίνακας 4.) για τη βελτίωση του αλατούχου-νατριωμένου εδάφους,

είναι ότι η ιονική ισχύς 0,646 και 0,657 αντίστοιχα η εξίσωση (4) δίνει (όπως αναμενόταν) χαμηλότερες τιμές στην ενεργό συγκέντρωση απότι η εξίσωση (2). Η μείωση για το θαλασσινό νερό ήταν της τάξεως του ~26,5% για το Ca και ~32% για το Mg. Για το νερό στραγγίσις ήταν ~48% για το Ca και ~55% για το Mg. Αυτό σημαίνει ότι στο νερό στραγγίσις η μισή περίπου ποσότητα του Ca και Mg δεν συμμετέχει στην διαδικασία ανταλλαγής του Na⁺ από τα ορυκτά της αργίλου. Η χρησιμοποίηση των ενεργών συγκεντρώσεων στον υπολογισμό τόσο του κλάσματος του εναλλακτικού νατρίου (ESFn) όσο και της ποσότητας του νερού που απαιτείται στο νιοστό στάδιο αραιώσης (Dw/Ds)_n, εξισώσεις (6) και (7) δίνει την πραγματική εικόνα της πορείας βελτίωσης ενός εδάφους με τη μέθοδο των νερών υψηλής αλατότητας και διαδοχικής αραιώσης.

Πίνακας 3. Εδαφικό διάλυμα αλατούχου-νατριωμένου εδάφους.

	Πρώτη	Προσέγγιση			
	συγκέντρωση mmol/L	Ενεργότητα mmol/L	Τελική R.G.B.	συγκέντρωση Davis	mmol/L D.H.
Ca ⁺⁺	10,2	3,24	8,61	8,59	8,93
Mg ⁺⁺	29,5	11,62	24,6	25,1	25,5
K ⁺	3,5	2,68	3,43	3,43	3,45
Na ⁺	310,6	257,2	307	306,5	307
Cl ⁻	346,3	265,3	346,3	346,3	346
SO ₄ ⁼	20,8	4,81	11,8	11,8	13,6
HCO ₃ ⁻	3,6	2,99	3,11	3,25	3,24
PH	7,78				
I	0,453		0,4296	0,4208	0,426

Πίνακας 4. Ενεργές συγκεντρώσεις του θαλασσινού νερού και του νερού στραγγίσις ως με τις εξισώσεις Debye-Hückel (D.H.) και Robinson et al. (R.G.B.).

	Θαλασσινό νερό			νερό στραγγίσις ως		
	1η mmol/L	D.H. 24η mmol/L	R.G.B. 198η mmol/L	1η mmol/L	D.H. 38η mmol/L	R.G.B. 133η mmol/L
Ca ⁺⁺	10	8,86	7,35	37	28,8	19,4
Mg ⁺⁺	53	46,3	35,8	31	23,4	14
Na ⁺	460	456	451	480	472	463
K ⁺	9,7	9,6	9,3	8	7,7	7,5
SO ₄ ⁼	28	17	0,6	64	40	12,2
Cl ⁻	535	535	535	465	465	465
HCO ₃ ⁻	3	2,5	1,44	1	0,87	0,72
pH	7,2			7,0		
I		0,646	0,586		0,657	

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι, για να υπάρχει ορθή θεωρητική και πρακτική προσέγγιση τόσο στην ανάλυση του εδαφικού διαλύματος όσο και στην βελτίωση των νατριωμένων εδαφών με νερό υψηλής αλατότητας είναι απαραίτητο να γίνει υπολογισμός των ενεργών (πραγματικών) συγκεντρώσεων των ιόντων του εδαφικού διαλύματος. Η υπολογιστική ισχύς των υπολογιστών σήμερα δίνει αυτή τη δυνατότητα προκειμένου να προσεγγίσουμε εύκολα την πραγματική κατάσταση τόσο των ανιόντων όσο και των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ball J. D. Nordstrom and D. Zachmann, 1987. WATEQ4F- A personal computer FORTAN translation of the geochemical model WATEQ2 with revised data base. U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 87-50. U.S. Geol. Surv. Menlo Park, CA.
2. Dean J. 1979. Lange's Handbook of Chemistry. McGraw-Hill Book Company.
3. Felmy A.R., D.C. Girvin and E.A. Jene 1984. MinteqQ- A computer program for calculating aqueous geochemical equilibria. EPA-600/3-84-032. Office Res. Dev., USEPA, Athens, GA.
4. Hutson, J.L., Wagenet, R.J., 1992 LEACHM: Leaching estimation and chemistry model: Aprocess-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Version 3.0. Department of soil, crop and atmospheric sciences, Research Series No. 93-3, Cornell University, Ithaca, New York
5. Hutson, J.L. R.J. Wagenet and M.E. Niederhofer. 1997. Leaching estimation and chemistry model: a process based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Versions LEACHF and LEACHG (for simulating nitrogen and phosphorus transformations, cycling and transport). Research report R97-1, Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, New York, 138pp.
6. Howard D.D. and Adams Fred 1965. Calcium requirement for penetration of subsoils by primary cotton roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:558-562.
7. Misopolinos N.D. 1985. A new concept for reclaiming sodic soils with high-salt water. Soil Sci. 140:69-74.
8. Misopolinos N.D. 1988. Reclamation of a fine clayey montmorillonitic soil with high-salt water under laboratory conditions. Z. Pflanzenernahr. Bodenk., 150, 395-399.
9. Misopolinos N.D. 1989. Salinization and soil conservation. Join Meeting of uropean Society for Soil Conservation. Zürich.
10. Μισοπολινός Ν.Δ. 1990. Ένα νέο μαθηματικό ομοίωμα για τη βελτίωση των νατριωμένων εδαφών. 3^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εδαφολογικής Εταιρείας. Αθήνα.
11. Μισοπολινός Ν.Δ., Καλοβουλός Ι. και Τσοσκούνουγλου 1982. Μια συσκευή πέσεως για την παραλαβή εδαφικού διαλύματος από προβληματικά εδάφη. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Α.Π.Θ. 25:187-191.
12. Μισοπολινός Ν.Δ. και Συλλαίος Ν. 1986. Μελέτη του εδαφικού διαλύματος με μικροπολογιστές. Γεωργική Έρευνα 10:199-221.
13. Misopolinos N.D. and A. Ambas 1989. A computer program for calculating parameters necessary for reclaiming sodic soils using high-salt-water. Soil Technology 2:242-252.

14. Pachepsky Ya.A., Ye.V. Mironenko and A.A. Ponizovsky 1981. Soil phases mass-exchange modeling on the basis of thermodynamic equations of physicochemical equilibria. P.52. Pushchino.
15. Reeve R. and Doering E. 1966. The high-salt-water dilution method for reclaiming sodic soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30:498-504.
16. Simulek J., K. Huang, M. Sejna, and M.Th. van Genuchten, 1998. HYDRUS-1D for Windows. A MS Windows Program for Simulating Water Flow and Solute Transport in One-Dimensional Variably Saturated Media with full-color, high-resolution Graphics User Interface. U.S. Salinity Laboratory, USDA/ARS, Riverside, California
17. Sposito G. and S.V. Mattigod 1977. GEOCHEM- A computer program for the calculation of chemical equilibria in soil solutions and other natural water systems. Dep. Of Soil and Environ. Sci. Uni. of California, Riverside.
18. Suarez D.L. and S. Goldberg 1994. Modelling soil solution, mineral formation and weathering. In "Quantitative Modelling of Soil Forming Processes. SSSA Special Publication.
19. Toride, N., F. J. Leij, and M.Th. van Genuchten, 1995. The CXTFIT Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments, Version 2.0. Research Report No. 137, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: ΜΙΑ ΝΕΑ ΟΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

N. Μισοπολινός¹, Γ. Ζαλίδης¹ και Κ. Παναγιωτόπουλος²
¹Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, ²Εργαστήριο Εδαφολογίας
Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, 54006 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εισαγωγή της έννοιας «ποιότητα του εδάφους», βασίζεται στο βαθμό της ικανότητάς του να υποστηρίζει ορισμένες λειτουργίες.

Μέχρι σήμερα η αξιολόγηση των εδαφών βασιζόταν στην εκτίμηση ορισμένων εδαφικών παραμέτρων. Για την εκτίμηση της εδαφικής ποιότητας, αφού ιεραρχηθούν οι λειτουργίες κάθε εδαφικής μονάδας, επιλέγονται οι κατάλληλοι «δείκτες» οι οποίοι βασίζονται στις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους.

Η υφιστάμενη αλλά και η εν δυνάμει ποιότητα ενός εδάφους συνδέεται άμεσα με την αειφορία του και συνεπώς η εκτίμηση της ποιότητάς του αποκτά μεγάλη σπουδαιότητα. Η διαχείριση επομένως των εδαφικών πόρων αλλά και η αντίστοιχη έρευνα θα πρέπει να έχουν ως στόχο τη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητάς τους.

SOIL QUALITY: A NEW PERSPECTIVE FOR SOIL RESOURCES MANAGEMENT

N. Misopolinos¹, G. Zalidis¹ and K. Panagiotopoulos²
¹Lab. Of Applied Soil Science, ²Lab. Of Soil Science Department of Agriculture
A.U.TH.

ABSTRACT

The new concept of “Soil Quality” is based on soil ability to support its functions. The soil resources evaluation was until now based on the estimation of some soil parameters. For soil quality evaluation, after validating the functions of each soil unit, appropriate “indicators” are selected based on physical, chemical and biological soil attributes.

The inherent and potential quality of a soil is directly linked with sustainability and, therefor, the evaluation its quality is of great interest. Soil resources’ management therefor and the corresponded research, should focus on the conservation and improvement of the soil quality.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ: ΜΙΑ ΝΕΑ ΟΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Ν. Μισσοπολινός¹, Γ. Ζαλίδης¹ και Κ. Παναγιωτόπουλος²
¹Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, ²Εργαστήριο Εδαφολογίας
Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, 54006 Θεσσαλονίκη

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην ιστορία υπάρχουν περίοδοι που χαρακτηρίζονται από έντονη υποβάθμιση των εδαφικών πόρων [10]. Σήμερα η διαχείριση του εδάφους βασίζεται συχνά σε μαθήματα που παίρνουμε από την ιστορία. Παρ' όλα αυτά η χρήση μηχανοποιημένων αγροτικών συστημάτων στη διαχείριση του εδάφους έχει σοβαρές επιπτώσεις στους εδαφικούς πόρους. Συνέπειες, όπως η συμπίεση του εδάφους, η δημιουργία ασταθούς δομής, η επιφανειακή απορροή και η διάβρωση του εδάφους, η διάβρωση από άνεμο και η γενική μείωση της γονιμότητας του αναφέρονται συχνά στη βιβλιογραφία. Το έδαφος αποτελεί μια εν δυνάμει πηγή αύξησης του CO₂ της ατμόσφαιρας όταν η ληστική χρήση της γης και η κακοδιαχείριση του εδάφους επιφέρει πτώση της ποιότητας του και επιταχύνει την υποβάθμισή του [11].

Η αυξανόμενη αυτή ανάδειξη και αναγνώριση των προβλημάτων έχει επικεντρώσει την προσοχή διεθνώς στην έννοια «της ποιότητας του εδάφους» και αυτό προκύπτει από πολλές διεθνείς επιστημονικές συναντήσεις εργασίας [16, 8, 5, 7, 9, 20, 15, 2].

Η έννοια της «εδαφικής ποιότητας» έχει συζητηθεί ευρέως στην επιστημονική κοινότητα και ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. και τον Καναδά [5,1]. Αναπτύχθηκε την τελευταία κυρίως δεκαετία από τη Αμερικανική Εδαφολογική Εταιρεία [6, 4, 9], για συγκεκριμένους λόγους, μεταξύ των οποίων είναι και η κατανόηση από την κοινή γνώμη της ανάγκης για ευρύτερη και βαθύτερη προσέγγιση του εδάφους ως κύριου συστατικού του περιβάλλοντος το οποίο συμβάλλει αποφασιστικά στην αειφορική περιβαλλοντική ανάπτυξη.

2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα υγιή εδάφη είναι σε θέση να μας παρέχουν εκτός από τον καθαρό αέρα και το νερό, πλούσια απόδοση στις καλλιέργειες, τα δάση, και τα λιβάδια, πλούσια πανίδα και αρμονικά τοπία. Για να μπορεί το έδαφος να επιτύχει τα προηγούμενα θέτει σε ενέργεια πέντε θεμελιώδεις λειτουργίες του. Οι λειτουργίες αυτές είναι :

- Η ρύθμιση του νερού. Το έδαφος συμβάλλει στον έλεγχο της πορείας του νερού της βροχής, ή του νερού από το λιώσιμο του χιονιού καθώς και του αρδευτικού. Το νερό με τα και τα εν διαλύσει συστατικά είτε ρέει επιφανειακά ή συγκρατείται στη μάζα του εδάφους ή διηθείται και απομακρύνεται σε βαθύτερα στρώματα.
- Η στήριξη της επιβίωσης των φυτών και των ζώων. Η ποικιλότητα και οι πληθυσμοί των έμβιων όντων εξαρτώνται από το έδαφος.
- Η αδρανικοποίηση εν δυνάμει ρυπαντών. Τα ορυκτά της αργίλου και οι μικροοργανισμοί του εδάφους είναι υπεύθυνοι για τη συγκράτηση, εξουδετέρωση, αποικοδόμηση, ακινητοποίηση και απώλεια της τοξικής ικανότητάς οργανικών και ανόργανων ουσιών, μεταξύ των οποίων, ορισμένες φορές, περιλαμβάνονται αστικά απόβλητα και ατμοσφαιρικές αποθέσεις.

- Η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Ο άνθρακας, το άζωτο, ο φωσφόρος και πολλά άλλα θρεπτικά στοιχεία αποθηκεύονται, μετασχηματίζονται και ανακυκλώνονται δια του εδάφους.
- Η στήριξη των κατασκευών. Οι κατασκευές απαιτούν έδαφος σταθερό για τη στήριξή τους και οι αρχαιολογικοί θησαυροί που συνδέονται με την ανθρώπινη εγκατάσταση, μνήμη και πολιτισμό προστατεύονται από τα εδάφη.

3. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Κατά τους Karlen et al. [9], ποιότητα του εδάφους είναι «η ικανότητά του να λειτουργεί στα όρια ενός φυσικού ή χειριζόμενου οικοσυστήματος, να στηρίζει την παραγωγή που προέρχεται τόσο από τα φυτά όσο και τα ζώα, να διατηρεί και να ενισχύει την ποιότητα υδάτων και του αέρα, και να στηρίζει την υγεία και τις εγκαταστάσεις του ανθρώπου.

Γενικά, οι διάφορες ομάδες ανθρώπων έχουν διαφορετική αντίληψη για την ποιότητα του εδάφους. Για παράδειγμα :

- Για τους αγρότες ποιότητα του εδάφους σημαίνει γη με υψηλή παραγωγικότητα που στηρίζει και ενισχύει τις αποδόσεις των φυτών και επιφέρει σημαντικά κέρδη αλλά και διατηρεί τους εδαφικούς πόρους για τις επόμενες γενεές.
- Για τους καταναλωτές, σημαίνει έδαφος που παράγει πλούσια, υγιεινή και φθηνή τροφή για το παρόν και το μέλλον.
- Για τους φυσιολάτρες, σημαίνει έδαφος σε αρμονία με το τοπίο και το περιβάλλον.
- Για τους οικολόγους, το έδαφος πρέπει να λειτουργεί (με δυναμικό τρόπο) μέσα σε ένα οικοσύστημα αρμονικά προκειμένου να ενισχύσει τη βιοποικιλότητα, την ίδια του την ποιότητα, τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων και την παραγωγή της βιομάζας.

4. ΕΝΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΙ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ενδογενής ποιότητα είναι η φυσική του ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί. Για παράδειγμα, τα αμμώδη εδάφη στραγγίζουν γρηγορότερα από τα αργιλώδη. Βαθιά εδάφη διαθέτουν περισσότερο χώρο για το ριζικό σύστημα από ότι τα σκελετικά. Τα προηγούμενα χαρακτηριστικά είναι σταθερά και δεν μεταβάλλονται εύκολα.

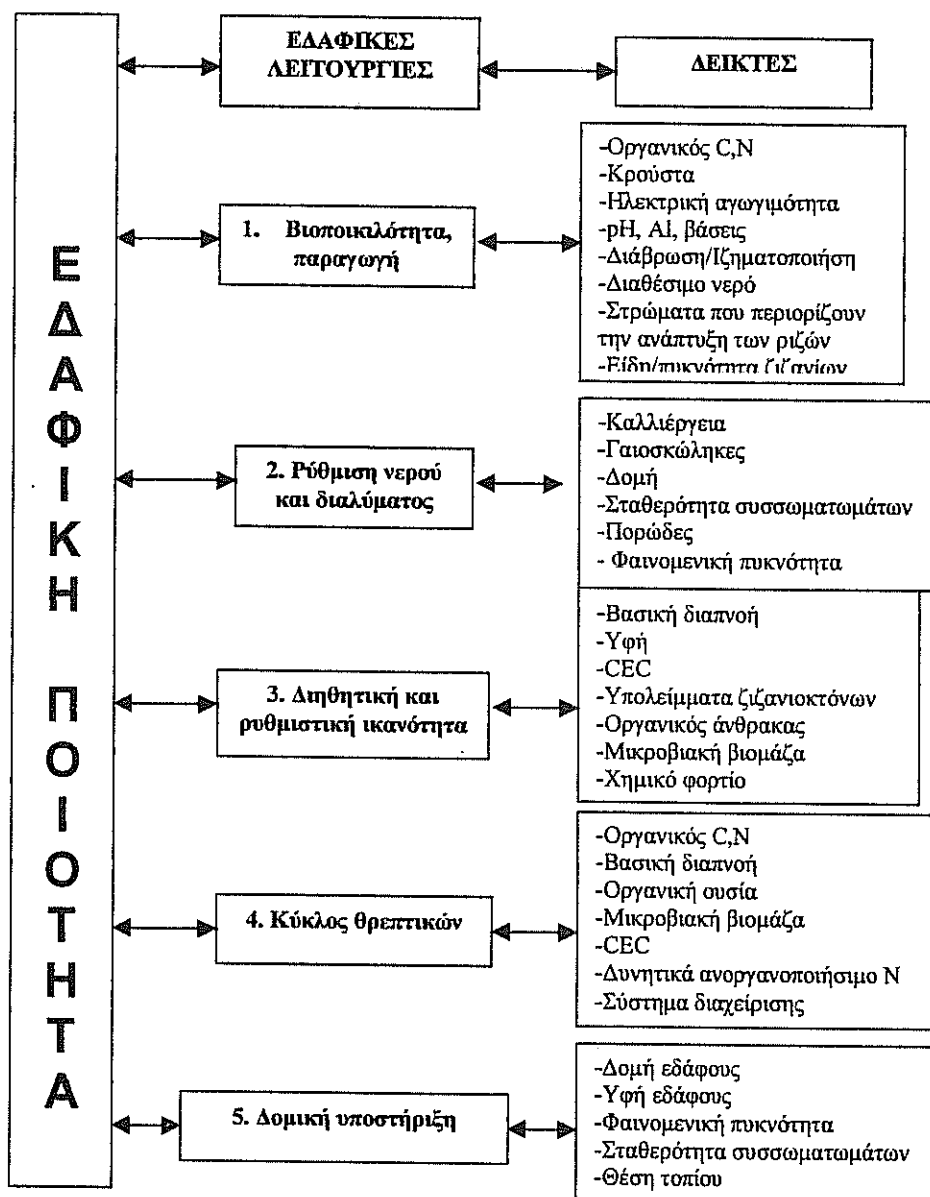
Εν δυνάμει εδαφική ποιότητα είναι αυτή που μπορεί να αποκτήσει ένα έδαφος με ορισμένη διαχείριση. Διαχειριστικές επιλογές επηρεάζουν την ποσότητα της οργανικής ουσίας, τη δομή, το βάθος του εδάφους, την ικανότητα συγκράτησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Ένας από τους στόχους της έρευνας της σχετικής με την εδαφική ποιότητα είναι η έρευνα της διαχείρισης του εδάφους στην κατεύθυνση της βελτίωσης των λειτουργιών του. Διαφορετικά εδάφη αντιδρούν διαφορετικά στη διαχείριση και αυτό εξαρτάται τόσο από τις σταθερές ιδιότητες του εδάφους όσο και του περιβάλλοντος τοπίου γενικότερα.

5. ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η ποιότητα ή η υγεία του εδάφους είναι αντίστοιχη με τον ιατρικό όρο της υγείας του ανθρώπου [12, 5] και γι' αυτό έχει προταθεί ένας ελάχιστος αριθμός δεδομένων (Minimum Data Set, MDS) ορισμένων εδαφικών παραμέτρων προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει αυτή την «υγεία» (όπως γίνεται με τη μέτρηση της

πίεσης και των σφυγμών στην ιατρική). Οι εδαφικές αυτές παράμετροι ονομάζονται «δείκτες μέτρησης της ποιότητας του εδάφους» και είναι μετρήσιμες ιδιότητες του εδάφους ή των φυτών που δίνουν αξιόπιστες πληροφορίες για το πόσο καλά μπορεί να λειτουργεί το έδαφος. Οι δείκτες μπορεί να είναι φυσικές, χημικές και βιολογικές παράμετροι.

Πίνακας 1. Γραφική παράσταση της εδαφικής ποιότητας [13]



Οι δείκτες για να μπορούν να είναι χρήσιμοι θα πρέπει να,

- προσδιορίζονται εύκολα
- μετρούν τις διαφορές των εδαφικών λειτουργιών
- περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες
- είναι αποδεκτοί σε πολλούς χρήστες και εφαρμόσιμοι σε συνθήκες υπαίθρου.
- είναι ευαίσθητοι σε μεταβολές του κλίματος και της διαχείρισης

Γραφική παράσταση της εδαφικής ποιότητας και των δεικτών δίνεται στον Πίνακα 1.

6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ Ή ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ

Κατανόηση της ποιότητας του εδάφους σημαίνει καταγραφή και διαχείριση των εδαφικών πόρων έτσι ώστε αυτό να λειτουργεί στη βέλτιστη κατάσταση χωρίς να υποβαθμίζεται για τη μελλοντική του χρήση. Με την καταγραφή των αλλαγών των δεικτών της ποιότητας του εδάφους, οι χρήστες της γης μπορούν να προσδιορίσουν κατά πόσον μια σειρά πρακτικών που εφαρμόζονται οδηγούν στην αειφορία ή όχι.

Τελικός σκοπός της έρευνας και της αποτίμησης της εδαφικής ποιότητας δεν είναι να επιτύχει κανείς π.χ. υψηλή σταθερότητα συσσωματωμάτων, βιολογική δραστηριότητα ή τη βελτίωση κάποιας άλλης εδαφικής ιδιότητας. Σκοπός της έρευνας πρέπει να είναι όχι μόνο η προστασία και η βελτίωση της γεωργικής παραγωγικότητας αλλά και των άλλων λειτουργιών που συνιστούν την ποιότητα του εδάφους. Χρησιμοποιούμε βεβαίως τα εδαφικά χαρακτηριστικά ως δείκτες της εδαφικής ποιότητας, τελικά όμως η εδαφική ποιότητα πρέπει να αποτιμηθεί από το πώς εκτελεί το έδαφος τις λειτουργίες του.

Κάθε τύπος εδάφους σε σχέση με τη χρήση του απαιτεί και διαφορετικό συνδυασμό πρακτικών προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του εδάφους. Υπάρχουν βέβαια ορισμένες αρχές, όπως :

1. Προσθήκη οργανικής ουσίας.
2. Αποφυγή περιττών καλλιεργητικών εργασιών.
3. Προσεκτική χρήση και εφαρμογή λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων.
4. Μεγαλύτερη κάλυψη του εδάφους.
5. Αύξηση της βιοποικιλότητας .

7. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΗΜΕΡΑ – ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Σε έκθεση του 1997 με τίτλο «Περιβαλλοντικοί δείκτες για τη γεωργία» (*Environment indicators for agriculture*) ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, ΟΟΣΑ [17] έθεσε το θέμα της ποιότητας του εδάφους και των εδαφικών δεικτών. Η έκθεση βασίζεται στην εργασία των Bomans et al. [3] και τη βιβλιογραφία της Βόρειας Αμερικής και συστήνει κατεύθυνση της έρευνας στη διερεύνηση της δυνατότητας σύνδεσης των δεικτών της εδαφικής ποιότητας με άλλους δείκτες και ιδιαίτερα τις καλλιεργητικές πρακτικές.

Η έννοια της ποιότητας του εδάφους ασφαλώς είναι πολύτιμη στη διαχείριση των χειριζόμενων εδαφικών συστημάτων. Για να υπάρχει μια πιο λεπτομερής εικόνα των εδαφικών πόρων ως δυναμικών ζωντανών συστημάτων θα πρέπει να γίνεται ολοκληρωμένη έρευνα που να σχετίζεται με την παραγωγικότητα του εδάφους, τη βιοποικιλότητα και τις επιπτώσεις των προηγούμενων στο περιβάλλον του αγροτικού συστήματος [18]. Η κοινωνία πάντοτε απαιτεί από την επιστήμη λύσεις [9]. Η μέτρηση και η καταγραφή μιας συγκεκριμένης εδαφικής παραμέτρου που σχετίζεται με μια

διατάραξη του συστήματος ή με καλλιεργητική πρακτική δεν είναι πλέον αρκετή. Θα πρέπει κατά συνέπεια να προτείνονται και κατευθύνσεις για την επίλυση των προβλημάτων.

Η ερευνητική δραστηριότητα θα πρέπει να έχει δύο στόχους,

- 1) Τη βελτίωση της διαχείρισης του εδάφους σε επίπεδο αγρού και σε επίπεδο λεκάνης απορροής.
- 2) Την παρακολούθηση των εδαφών σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο.

Ο πρώτος περιλαμβάνει την καταγραφή (κατά περίπτωση) των καλλιεργητικών πρακτικών και τη λήψη αποφάσεων, έτσι ώστε η σύνδεση μεταξύ ερευνητών και γεωργών να είναι στενότερη για να υπάρξει επιτυχία στην έρευνα. Οι περισσότερες έρευνες προσπαθούν να συνδέσουν τις διαχειριστικές πρακτικές, τα παρατηρήσιμα εδαφικά χαρακτηριστικά (π.χ. δείκτες εδαφικής ποιότητας), τις πορείες που συντελούνται στο έδαφος (π.χ. κύκλοι θρεπτικών στοιχείων), με την αποδοτικότητα των λειτουργιών του εδάφους (π.χ. παραγωγικότητα και ποιότητα περιβάλλοντος). Ασφαλώς η απλή έρευνα μπορεί να περιλαμβάνει μόνο ένα ή δύο από τις προηγούμενες συνδέσεις.

Μερικές από τις σημαντικές κατευθύνσεις για την μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να είναι [19]:

- Η μέτρηση χωρικά και χρονικά της διακύμανσης των εδαφικών χαρακτηριστικών και η χρήση προτύπων διακύμανσης ως δεικτών της ποιότητας του εδάφους.
- Ο προσδιορισμός στη συνέχεια των χαρακτηριστικών μιας υγιούς εδαφικής βιοκοινότητας και η κατεύθυνση της έρευνας προς τη σωστή διαχείρισή της.
- Η περιγραφή και η έρευνα των μεταβολών κατά τη διάρκεια του μεταβατικού σταδίου από τη μια χρήση (με μια σειρά καλλιεργητικών πρακτικών) σε άλλη.
- Η βελτίωση του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων με τη σωστή διαχείριση της εδαφικής βιοκοινότητας.
- Η υιοθέτηση τηλεπισκοπικών τεχνικών χαμηλού κόστους για την παρακολούθηση της εδαφικής ποιότητας σε επίπεδο ευρύτερης περιοχής.

8. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Στη χώρα μας το Υπουργείο Γεωργίας στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης των υδατικών, εδαφικών, ενεργειακών στη γεωργία, γενετικών και ανθρώπινων πόρων έχει συστήσει επιτροπές οι οποίες έχουν επεξεργασθεί σε πρώτο στάδιο την κατεύθυνση και τη στρατηγική στους προηγούμενους τομείς.

Για του εδαφικούς πόρους ως βασικός σκοπός της στρατηγικής ετέθη η διατήρηση, βελτίωση και ανόρθωση όλων των λειτουργιών και αξιών των εδαφικών πόρων της Ελλάδας ως συμβολή στην αειφορική ανάπτυξη της Χώρας.

Η στρατηγική περιλαμβάνει [14]:

1. Τη διεύρυνση, εμπάθυνση και βελτίωση της επιστημονικής και τεχνικής γνώσης των λειτουργιών του εδάφους.
2. Τη διάδοση της σχετικής επιστημονικής και τεχνικής γνώσης.
3. Την εξειδίκευση της κάθε λειτουργίας σε σχέση με τις εφαρμοζόμενες γεωργικές πρακτικές, καθώς και με την επιλογή των βέλτιστων χρήσεων γης για τη διατήρηση της εδαφικής ποιότητας.
4. Την παραγωγή των κατάλληλων εργαλείων τα οποία θα βοηθήσουν το υπουργείο στην ορθολογική λήψη αποφάσεων για τη διατήρηση της εδαφικής ποιότητας στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης της υπαίθρου.

5. Την ανάπτυξη μεθοδολογίας παρακολούθησης των λειτουργιών του εδάφους για την αειφορική διαχείριση των Ελληνικών Εδαφικών Πόρων.
6. Την ευαισθητοποίηση του ευρύτερου κοινού και ειδικών κοινωνικών ομάδων για τις οικονομικές και κοινωνικές ωφέλειες που προκύπτουν από τις λειτουργίες του εδάφους.
7. Την ηθική και υλική στήριξη των κατοίκων που εξαρτώνται από τους Εδαφικούς Πόρους, ώστε να εφαρμόζουν αειφορικότερες πρακτικές διαχείρισης των πόρων αυτών και να συμμετέχουν ενεργά στις δραστηριότητες ανάδειξης της συγκεκριμένης λειτουργίας.
8. Την αποκατάσταση, βελτίωση και ανόρθωση των υποβαθμισμένων λειτουργιών υπό τις σημερινές οικονομικές, τεχνικές και κοινωνικές συνθήκες, στα πλαίσια της ευρύτερης αναβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής.
9. Την πρόληψη του κινδύνου υποβάθμισης της εδαφικής ποιότητας που μπορεί να συμβεί στο μέλλον από φυσικές διεργασίες και από εν εξελίξει ή αναμενόμενες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Για την επίτευξη των προηγούμενων σκοπών της Εθνικής Στρατηγικής για τους Εδαφικούς Πόρους απαιτούνται ορισμένες δράσεις, οι οποίες μπορούν να καταταγούν στους επόμενους έξι (6) βασικούς άξονες:

1. Την απογραφή και αξιολόγηση εδαφικών πόρων
2. Τη διαχείριση και παρακολούθηση των εδαφικών πόρων
3. Την εκπαίδευση, κατάρτιση και διάδοση της γνώσης της σχετικής με τους εδαφικούς πόρους
4. Την εμπάθунση της γνώσης της σχετικής με τους εδαφικούς πόρους
5. Την κατάρτιση επιπέδων αναφοράς και της σχετικής νομοθεσίας για τους εδαφικούς πόρους της χώρας
6. Τη δημιουργία υποδομών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Acton, D.F. and Gregorich, L.J. (eds), 1995: The health of our soils. Towards sustainable agriculture in Canada. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Canada.
2. Blum, E.H. 2000. Soil quality indicators based on soil Functions. Third International Congress "Man and Soil at the Third Millennium. Key notes p. 127-129. Valencia
3. Bomans, E. et al., 1996: Development of an agricultural soil quality indicator for the OECD. Report No. 96/AC/011, prepared by the Soil Service of Belgium (cited in the OECD, 1997 report)
4. Doran, J.W. and A.J. Jones (Editors). 1996. Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Spec. Publ. 49. Soil Science Society of America, Madison, WI
Gregorich, E.G. and M.R. Carter (Editors). 1997. Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science 25. Elsevier, New York. (1-888-437-4636)
5. Doran, J.W. and Parking, T.B., 1994: Defining soil quality for a sustainable environment. Proceedings, Symposium of Division S-3, S-6,S-2, Soil Science Society of America, Division A-5 of the American Society of Agronomy, and the North Central region Committee on Soil Organic Matter (NCR-59), 4-5 November 1992, Minneapolis MN. SSSA Special Publication No. 35

6. Doran, J.W., D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart (Editors). 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Spec. Publ. 35. Soil Science Society of America, Madison, WI.
7. Doran, J.W., M. Sarrantonio, and M.A. Liebig. 1996. Soil health and sustainability. p.1-54. In: D.L. Sparks (ed.). Advances in Agronomy. Vol. 56. Academic Press, San Diego, CA.
8. Janzen, H.H.; Larney, F.J. and Olson, B.M., 1992: Soil quality factors of problem soils in Alberta. Proceeding, Alberta Soil Science Workshop, Lethbridge, Alberta, Canada
9. Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, and G.E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61:4-10.
10. Kjærgaard, T., 1994: The Danish revolution 1500 - 1800: an ecohistorical interpretation. Cambridge University Press.
11. Lal, R. 2000. Soil conservation and restoration to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Third International Congress "Man and Soil at the Third Millennium. Key notes p. 5-20. Valencia
12. Larson, W.E. and Pierce, F.J., 1991: Conservation and enhancement of soil quality. In NN: Evaluation for sustainable land management in the developing world. Volume 2. Technical Papers. International Board for Soil Research and Management Proceedings No. 12(2), Bangkok, Thailand.
13. Mausbach J. M. and A. Tugel 1997. Soil quality- A multitude of approaches, Keynote address, Kearney Foundation Symposium, California Soil Quality: From Critical Research to Sustainable Management.
14. Μισοπολινός Ν., Αλιφραγκής Δ., Ασημακόπουλος Ι., Δρούγου Στ., Ζαλίδης Γ., Θεοχαρόπουλος Σ., Ψ Μπαλής Κ., Παναγιωτόπουλος Κ., Σταματιάδης Στ., Συλλαιός Ν., Τσαντήλας Χρ., Χαϊντούτη Κ., Ματσή Θ., Μπίλας Γ. 2000. Εθνική Στρατηγική για τους Εδαφικούς Πόρους. Διήμερο Εργασίας με θέμα : «Γεωργία και Περιβάλλον» ΑΘΗΝΑ Μ.Γ.Φ.Ι.
15. Misopolinos N, G. Zalidis, 2000. Status and Trends Concerning the Impacts of Agricultural Practices on Water and Solute Flow Regulation and Partition in the Mediterranean Basin. Third International Congress "Man and Soil at the Third Millennium. Key notes p. 71-79. Valencia
16. NN, 1991: Evaluation for sustainable land management in the developing world. Volume 2. Technical Papers. International Board for Soil Research and Management Proceedings No. 12(2), Bangkok, Thailand
17. OECD, 1997: Environmental indicators for agriculture. OECD Report
18. Schønning P. 1998. Task Forces of the ESSC. Soil quality. <http://www.zalf.de/essc/essc.htm>
19. SQI, 2000. <http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/sqw.html>
20. Stamatiadis, S. and I. Doran, 1999. Soil Health as an Indicator of Sustainable Land Management. International Workshop. "Gaia" Env. Res. & Educ. Center. Athens.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ALFISOLS ΑΠΟ ΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Κ. Παπατόλιος, Κ. Παναγιωτόπουλος και Ν. Μπαρμπαγιάννης
Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., 540 06 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η διασπορά της αργίλου μετά από ελάχιστη και παρατεταμένη μηχανική διατάραξη δειγμάτων που είχαν εξισορροπήσει με διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης ηλεκτρολυτών και διαφορετικού SAR. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε συνθήκες παρατεταμένης μηχανικής διατάραξης, η διασπορά της αργίλου αυξήθηκε έως και 25 φορές σε σύγκριση με την ελάχιστη μηχανική διατάραξη. Επίσης αυξήθηκε και η κρίσιμη συγκέντρωση θρόμβωσης της αργίλου όλων των εδαφών που μελετήθηκαν. Οι διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων μηχανικής διατάραξης ήταν στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$).

THE EFFECT OF MECHANICAL DISTURBANCE ON CLAY DISPERSION OF FOUR ALFISOLS FROM NORTHERN GREECE

K. Papatolios, K. Panayiotopoulos and N. Barbayiannis
Laboratory of Soil Science, School of Agriculture, Aristotle University, Thessaloniki, Greece

ABSTRACT

Clay dispersion of soil samples equilibrated with solutions of different electrolyte concentration, C, and SAR was studied after prolonged and moderate mechanical disturbance. The results showed that clay dispersion was increased with decreasing C and with increasing SAR. It was also found that clay dispersion after prolonged disturbance was up to 25 times greater than clay dispersion after moderate disturbance and the differences between the two mechanical disturbance levels were always significant ($p < 0,05$). Prolonged mechanical disturbance resulted in an increase of critical flocculation concentration of clay of all soils studied.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υποβάθμιση της δομής των εδαφών οφείλεται κυρίως στη διασπορά και στη μετακίνηση της αργίλου, που οδηγεί σε μείωση της ακτίνας ή και στην έμφραξη των πόρων [1]. Το φαινόμενο της διασποράς της αργίλου εμφανίζεται εντονότερο όταν τα εδάφη αρδεύονται με νερό υψηλού SAR. Αυτό οφείλεται στο ότι όταν αυξάνει το ανταλλάξιμο Na και ταυτόχρονα μειώνεται η συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος, η διάχυτη ιονική στιβάδα επεκτείνεται με αποτέλεσμα την αύξηση των απωστικών δυνάμεων μεταξύ γειτονικών τεμαχιδίων που οδηγεί στη διασπορά της αργίλου [2]. Για την εμφάνιση της διασποράς είναι απαραίτητη η μείωση της συγκέντρωσης του εδαφικού διαλύματος (C) κάτω από μια ελάχιστη τιμή η οποία καλείται κρίσιμη συγκέντρωση θρόμβωσης της αργίλου (ΚΣΘ). Άλλες εδαφικές ιδιότητες που επηρεάζουν τη διασπορά της αργίλου είναι α) η περιεκτικότητα σε άργιλο, β) το μέγεθος των τεμαχιδίων και η ορυκτολογία της αργίλου [3], γ) η ύπαρξη συνδετικών υλικών (οργανική ουσία, οξυ-υδροξείδια Fe και Al) [4] και δ) το pH.

Η διασπορά της αργίλου επίσης εξαρτάται από τη διάρκεια και ένταση της μηχανικής διατάραξης που υφίσταται το έδαφος από τις κρούσεις των σταγόνων νερού στην επιφάνεια του κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων ή αρδεύσεων, από τη μηχανική κατεργασία του, ή από την κυκλοφορία γεωργικών οχημάτων και μηχανημάτων κατά την εκτέλεση διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών [1].

Η μηχανική διατάραξη που υφίσταται το έδαφος προκαλεί διασπορά της αργίλου ακόμη και σε σχετικά υψηλές τιμές συγκέντρωσης του εδαφικού διαλύματος [5]. Σε συνθήκες έντονων βροχοπτώσεων, παρατηρήθηκε ότι η αυξημένη διασπορά της αργίλου είχε αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων στα εδάφη λόγω σχηματισμού επιφανειακής κρούστας, χαμηλής διηθητικότητας και αυξημένης διαβρωσιμότητας [6].

Για δεδομένες συνθήκες συγκέντρωσης του εδαφικού διαλύματος και SAR, το ποσό της διαμεριζόμενης αργίλου εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια και την ένταση της εφαρμοζόμενης μηχανικής διατάραξης [7]. Τα τελευταία χρόνια το φαινόμενο της διασποράς της αργίλου αποκτά πρόσθετο ενδιαφέρον επειδή, λόγω της συνεχώς αυξανόμενης εντατικοποίησης της Γεωργίας, στα γεωργικά εδάφη εφαρμόζονται αυξημένες μηχανικές επεμβάσεις και χρησιμοποιείται αρδευτικό νερό μη ικανοποιητικής πάντοτε ποιότητας. Παρ' όλη τη σπουδαιότητα του φαινομένου της διασποράς της αργίλου για την παραγωγικότητα των εδαφών, ελάχιστα είναι γνωστά για τα ελληνικά εδάφη. Έτσι, αυτή η εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της διασποράς της αργίλου τεσσάρων Alfisols από τη Β. Ελλάδα, σε διάφορα επίπεδα τιμών SAR και συγκέντρωσης του εδαφικού διαλύματος, ως συνάρτηση της μηχανικής διατάραξης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Επιφανειακά (0-30 cm) δείγματα συλλέχθηκαν από την Κερασιά Θεσσαλονίκης (Typic Haploxeralf), τη Γαλάτιστα Χαλκιδικής (Typic Rhodoxeralf) και από το Ζαχαράτο (Typic Rhodoxeralf) και το Πεδινό (Typic Haploxeralf) Κιλκίς. Η επιλογή των εδαφών έγινε με βάση τη διαφοροποίησή τους ως προς τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους, οι οποίες αναμένεται να επηρεάζουν τη διασπορά της αργίλου. Σε όλες τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το κλάσμα μεγέθους τεμαχιδίων <2 mm. Για τον κορεσμό των εδαφικών δειγμάτων με διαλύματα NaCl/CaCl₂ συγκεκριμένης συγκέντρωσης και SAR, 100-120 g εδάφους τοποθετήθηκαν σε προζυγισμένους κυλίνδρους από PVC ύψους 5 και διαμέτρου 6,7 cm που ήταν κλειστοί από κάτω και στη βάση υπήρχε

σωλήνας εκροής. Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε κορεσμό από τη βάση για 48 h, με διαλύματα NaCl/CaCl₂ συγκέντρωσης 500 mmol/L και SAR 0, 5, 10, 20 και 40 (mmol/L)^{1/2}. Μετά τον κορεσμό τα δείγματα εκπλύθηκαν με διαλύματα NaCl/CaCl₂ συγκέντρωσης 5, 10, 50 και 100 mmol/L και SAR 0, 5, 10, 20 και 40 (mmol/L)^{1/2}. Η εξισορρόπηση των δειγμάτων με τα αντίστοιχα διαλύματα ελεγχόταν με μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εκπλυμάτων και επιτεύχθηκε μετά από έκπλυση με διαλύματα περίπου 35πλάσιου όγκου από τον όγκο των πόρων του κάθε δείγματος. Η μελέτη της διασποράς της αργίλου πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες παρατεταμένης και ελάχιστης μηχανικής διατάραξης και σε δύο διαφορετικά μέσα διασποράς (διαλύματα όμοια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τον κορεσμό των δειγμάτων και απιονισμένο νερό).

Για τη μελέτη της διασποράς της αργίλου σε συνθήκες παρατεταμένης μηχανικής διατάραξης, 1 g από κάθε εδαφικό δείγμα τοποθετήθηκε σε πλαστικό σωλήνα των 50 ml και προστέθηκαν 30 ml διαφορετικού σε κάθε περίπτωση διαλύματος. Οι σωλήνες με τα δείγματα, δύο επαναλήψεις για κάθε συνδυασμό τιμών SAR και συγκέντρωσης του διαλύματος που μελετήθηκαν, υποβλήθηκαν σε παλινδρομική ανακίνηση (100 παλινδρομήσεις / min) για 16 h. Στα αιωρήματα προσδιοριζόταν η άργιλος (< 2 μm) με μέτρηση της οπτικής πυκνότητας (% T) σε μήκος κύματος 640 nm [8].

Για τη μελέτη της διασποράς της αργίλου σε συνθήκες ελάχιστης μηχανικής διατάραξης, 50 g από κάθε εδαφικό δείγμα τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο 1 L. Στη συνέχεια, και με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δείγματος, προσετίθετο μια ποσότητα διαλύματος ώστε το δείγμα να βρεθεί στην υδατοχωρητικότητα και μετά από ~12 h προσετίθετο η υπόλοιπη ποσότητα διαλύματος μέχρι πλήρωσης του κυλίνδρου. Κατόπιν, οι κύλινδροι αναστρεφόταν με το χέρι για ~30 sec και αφηνόταν να ηρεμήσουν [9]. Από βάθος 10 cm από την επιφάνεια του εδαφικού αιωρήματος και σε χρόνο που αντιστοιχούσε, σύμφωνα με το νόμο του Stokes, σε κλάσμα αργίλου <2 μm γινόταν λήψη δείγματος στο οποίο προσδιοριζόταν η συγκέντρωση της αργίλου όπως και μετά από παρατεταμένη ανακίνηση. Για τη μελέτη της διασποράς της αργίλου σε μέσο διασποράς απιονισμένο νερό ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία με την αντίστοιχη σε μέσο διασποράς διαλύματα NaCl/CaCl₂ όπου όμως ως μέσο διασποράς χρησιμοποιήθηκε απιονισμένο νερό.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με ανάλυση της παραλλακτικότητας και t-test.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι τα εδάφη διαφέρουν ως προς τη μηχανική σύσταση, την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) του εκχυλίσματος κορεσμού, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC) καθώς και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και Fe₂O₃. Το pH των εδαφών κυμαίνεται από περίπου ουδέτερο έως μετρίως όξινο.

Στον Πίνακα 2 δίνεται η άργιλος σε διασπορά μετά την εξισορρόπηση των δειγμάτων με διαλύματα συγκέντρωσης (C) 5, 10, 50 και 100 mmol/L και SAR 0, 5, 10, 20 και 40 (mmol/L)^{1/2} όταν ως μέσο διαμερισμού χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα ίδια με εκείνα με τα οποία εξισορρόπησαν τα δείγματα. Όσον αφορά την παρατεταμένη μηχανική διατάραξη φαίνεται ότι η άργιλος σε διασπορά αυξάνει με την αύξηση του SAR και τη μείωση της C των διαλυμάτων εξισορρόπησης. Συγκεκριμένα, κατά την παρατεταμένη μηχανική διατάραξη οι υψηλότερες τιμές αργίλου σε διασπορά (200,35 g/kg εδάφους) προσδιορίστηκαν όταν το διάλυμα εξισορρόπησης (και διαμερισμού) είχε τη μικρότερη συγκέντρωση (= 5 mmol/L) και το μεγαλύτερο SAR ((= 40 mmol/L)^{1/2}). Αντίθετα, οι

Πίνακας 1. Μηχανική σύσταση και ορισμένες βασικές χημικές ιδιότητες των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν

Εδαφος	Άμμος	Ιλύς	Αργίλος ¹	Οργ. ουσ. ²	Fe ₂ O ₃ ³	pH ⁴	E. C. ⁵ μS cm ⁻¹	C.E.C. ⁶ meq/ 100g
	g kg ⁻¹							
Κερασιά	535	208	257	10,8	6,1	6,7	601	17,0
Γαλάτισσα	592	228	180	9,3	16,1	6,1	431	9,1
Ζαχαράτο	432	188	380	18,7	20,4	4,9	437	15,1
Πεδινό	520	234	246	34,3	13,6	6,5	467	21,3

¹ μέθοδος σιφωνίου [10]

² μέθοδος υγρής καύσης [11]

³ μέθοδος κτρικού-διθειονικού Na [12]

⁴ σε αιώρημα 1:2,5 [13]

⁵ σε εκχύλισμα κορεσμού [14]

⁶ μέθοδος οξικού Na-οξικού NH₄ [15]

χαμηλότερες τιμές αργίλου σε διασπορά (1,09 g/kg εδάφους) προσδιορίστηκαν όταν το διάλυμα εξισορρόπησης (και διαμερισμού) είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση (100 mmol/L) και το μικρότερο SAR ((=0 mmol/L)^{1/2}). Οι μεταβολές αυτές ήταν αναμενόμενες και σε συμφωνία με ευρήματα άλλων ερευνητών [7,9]. Τα μεγαλύτερα ποσά αργίλου σε διασπορά προσδιορίστηκαν στο έδαφος της Κερασιάς (μ. ό.=42,41) και ακολουθούσαν κατά σειρά μειούμενης συγκέντρωσης τα εδάφη του Ζαχαράτου (μ. ό.=23,39), της Γαλάτισσας (μ. ό.=16,05) και του Πεδινού (μ. ό.=15,38 g/kg εδάφους). Στατιστικά σημαντικές (p<0,05) διαφορές δεν βρέθηκαν όμως μεταξύ των εδαφών.

Την ίδια εικόνα παρουσιάζει και η άργιλος σε διασπορά που προσδιορίστηκε μετά από την ελάχιστη διατάραξη, δηλαδή εμφανίζει αύξηση με αύξηση του SAR και μείωση της συγκέντρωσης του διαλύματος εξισορρόπησης (Πίνακας 2). Τα μεγαλύτερα ποσά αργίλου σε διασπορά που προσδιορίστηκε μετά από ελάχιστη μηχανική διατάραξη βρέθηκε στο έδαφος της Κερασιάς (μ. ό.=7,36) και ακολουθούσαν κατά σειρά μειούμενης συγκέντρωσης τα εδάφη του Ζαχαράτου (μ. ό.=4,89), του Πεδινού (μ. ό.=4,76) και της Γαλάτισσας (μ. ό.=2,61 g/kg εδάφους). Στατιστικά σημαντικές (p<0,05) διαφορές αργίλου σε διασπορά δεν βρέθηκαν μεταξύ των εδαφών.

Σε κάθε περίπτωση, το ποσό της αργίλου σε διασπορά που προσδιορίστηκαν μετά από παρατεταμένη μηχανική διατάραξη ήταν μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα ποσά που μετρήθηκαν σε δείγματα που είχαν υποστεί ελάχιστη μηχανική διατάραξη. Όμως ο λόγος της αργίλου σε διασπορά μετά από παρατεταμένη (Π) δια της αργίλου σε διασπορά μετά από ελάχιστη μηχανική διατάραξη (Ε) δεν ήταν σταθερός στις διάφορες συγκεντρώσεις και στα διάφορα SAR που χρησιμοποιήθηκαν αλλά ούτε και σε όλα τα εδάφη που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, η παρατεταμένη μηχανική διατάραξη προκάλεσε, ανάλογα με τη συγκέντρωση και το SAR των διαλυμάτων εξισορρόπησης και διαμερισμού, από 2-πλάσια έως και 25-πλάσια αύξηση της αργίλου σε διασπορά σε σύγκριση με την ελάχιστη διατάραξη. Κατά μέσο όρο, ο λόγος (Π) / (Ε) ήταν μεγαλύτερος στο έδαφος της Γαλάτισσας. Η μεγαλύτερη ευαισθησία του εδάφους της Γαλάτισσας στη μηχανική διατάραξη αποδίδεται στη μικρότερη περιεκτικότητα του σε άργιλο και οργανική ουσία (Πίνακας 1) αλλά και στην υψηλή περιεκτικότητά του σε μαρμαρυγιακά ορυκτά [16]. Οι διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (παρατεταμένη- ελάχιστη μηχανική διατάραξη) ήταν, για κάθε έδαφος ξεχωριστά αλλά

Πίνακας 2. Αργίλος σε διασπορά των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν, σε διάφορες τιμές SAR και συγκέντρωσης διαλύματος εξισορρόπησης και μέσου διαμερισμού, μετά από παρατεταμένη (Π) και ελάχιστη (Ε) ανακίνηση.

Συγκέντρωση διαλύματος	Αργίλος σε διασπορά (g / kg εδάφους)					
	Έδαφος	SAR=0	SAR=5	SAR=10	SAR=20	SAR=40
5 mmol / l	Κερασιά Π	2,74	69,57	105,23	115,81	200,35
	Κερασιά Ε	0,81	7,15	11,47	12,49	48,11
	Γαλάτισσα Π	2,78	16,93	36,83	54,48	71,30
	Γαλάτισσα Ε	0,49	5,88	7,73	8,45	9,77
	Ζαχαράτο Π	3,24	4,78	90,49	108,64	179,70
	Ζαχαράτο Ε	0,86	2,12	3,50	12,45	54,26
	Πεδινό Π	1,30	4,09	36,02	41,73	59,51
	Πεδινό Ε	0,37	1,92	3,57	14,41	30,82
10 mmol / l	Κερασιά Π	2,46	4,56	79,27	91,74	123,80
	Κερασιά Ε	0,52	1,09	10,12	11,26	31,20
	Γαλάτισσα Π	2,72	3,98	9,50	42,82	51,94
	Γαλάτισσα Ε	0,47	1,07	2,45	4,94	5,84
	Ζαχαράτο Π	2,25	3,14	5,55	17,36	34,02
	Ζαχαράτο Ε	0,81	0,94	1,86	3,24	8,98
	Πεδινό Π	1,28	3,61	21,48	27,12	55,98
	Πεδινό Ε	0,34	1,33	3,47	5,65	26,87
50 mmol / l	Κερασιά Π	1,83	3,14	3,29	4,38	23,80
	Κερασιά Ε	0,44	0,59	0,61	0,81	7,36
	Γαλάτισσα Π	2,66	3,01	3,25	4,06	4,79
	Γαλάτισσα Ε	0,37	0,49	0,54	0,57	0,88
	Ζαχαράτο Π	2,21	2,48	3,23	3,31	3,67
	Ζαχαράτο Ε	0,73	0,95	1,01	1,06	1,10
	Πεδινό Π	1,20	1,80	1,83	3,02	47,99
	Πεδινό Ε	0,25	0,28	0,31	0,63	3,19
100 mmol / l	Κερασιά Π	1,22	2,92	3,15	4,25	4,76
	Κερασιά Ε	0,36	0,56	0,58	0,72	1,01
	Γαλάτισσα Π	1,56	1,74	1,93	2,25	2,53
	Γαλάτισσα Ε	0,28	0,39	0,43	0,48	0,63
	Ζαχαράτο Π	1,97	2,11	2,77	3,29	3,57
	Ζαχαράτο Ε	0,64	0,73	0,76	0,82	0,97
	Πεδινό Π	1,09	1,68	1,79	1,98	3,19
	Πεδινό Ε	0,20	0,26	0,29	0,31	0,65

και για το σύνολο των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν, στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$). Τα ποσά της αργίλου σε διασπορά που προσδιορίστηκαν μετά από παρατεταμένη μηχανική διατάραξη και τα αντίστοιχα μετά από ελάχιστη διατάραξη συσχετίζονται ικανοποιητικά μεταξύ τους και σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο ($p < 0,05$) και η μεταξύ τους σχέση είναι $Y = 6,59 + 3,66X$ ($r = 0,87$), όπου Y και X είναι η αργίλος αντίστοιχα μετά από παρατεταμένη και μετά από ελάχιστη μηχανική διατάραξη.

Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και όταν χρησιμοποιήθηκε ως διαμεριστικό μέσο απιονισμένο νερό (τα δεδομένα δεν παρουσιάζονται αναλυτικά στην εργασία). Στην

περίπτωση όμως αυτή η άργιλος που προσδιορίστηκε ήταν πάντα μεγαλύτερη από την αντίστοιχη άργιλο που προσδιορίστηκε μετά το διαμερισμό των δειγμάτων με διαλύματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την εξισορρόπηση των δειγμάτων. Συγκεκριμένα, μεγαλύτερη διασπορά της αργίλου προκλήθηκε όταν τα διαλύματα εξισορρόπησης είχαν τη μικρότερη συγκέντρωση και το μεγαλύτερο SAR. Το ποσοστό της αργίλου σε διασπορά που προσδιορίστηκε μετά από παρατεταμένη μηχανική διατάραξη ήταν μεγαλύτερο στο έδαφος της Κερασιάς (μ. ό.=94,45) και ακολουθούσαν τα εδάφη από το Ζαχαράτο (μ. ό.=89,42), τη Γαλάτισσα (μ. ό.=44,64) και το Πεδινό (μ.ό.=38,67). Οι διαφορές της αργίλου σε διασπορά μεταξύ των εδαφών ήταν σε ορισμένες περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές ($p<0,05$). Την ίδια σειρά ακολουθούν τα εδάφη και για την άργιλο σε διασπορά που προσδιορίστηκε μετά από ελάχιστη διατάραξη αλλά πάντοτε τα ποσοστά της αργίλου σε διασπορά ήταν μικρότερα από τα αντίστοιχα κατά την παρατεταμένη διατάραξη. Ανάλογα με τη συγκέντρωση και το SAR των διαλυμάτων εξισορρόπησης, η παρατεταμένη (Π) προκάλεσε μέχρι και 12-πλάσια αύξηση της αργίλου σε διασπορά σε σύγκριση με την ελάχιστη (Ε) μηχανική διατάραξη. Κατά μέσο όρο ο λόγος (Π) / (Ε) ήταν σχεδόν ίσος στα εδάφη από τη Γαλάτισσα, το Ζαχαράτο και το Πεδινό. Η αραιώση του εδαφικού διαλύματος, λόγω χρησιμοποίησης απιονισμένου νερού ως διαμεριστικού, φαίνεται να παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη διασπορά της αργίλου από αυτές καθ' αυτές τις φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών και γι' αυτό το λόγο επισκιάζεται ο ρόλος τους στη διασπορά της αργίλου. Οι διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων μηχανικής διατάραξης για κάθε έδαφος ξεχωριστά αλλά και για το σύνολο των εδαφών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p<0,05$).

Η διασπορά της αργίλου που προκαλείται εργαστηριακά με διαμεριστικό μέσο το απιονισμένο νερό προσομοιάζει με τη διασπορά που συμβαίνει κατά την είσοδο του νερού της βροχής και την επακόλουθη αραιώση του εδαφικού διαλύματος.

Από τα δεδομένα της εργασίας φαίνεται ότι, για οποιαδήποτε συγκέντρωση και SAR των διαλυμάτων εξισορρόπησης και για οποιοδήποτε μέσο διαμερισμού που χρησιμοποιήθηκε, η παρατεταμένη μηχανική διατάραξη προκάλεσε μεγαλύτερη διασπορά της αργίλου σε σύγκριση με την ελάχιστη μηχανική διατάραξη.

Μια άλλη σημαντική ιδιότητα που επηρεάζεται από τη μηχανική διατάραξη είναι η κρίσιμη συγκέντρωση θρόμβωσης της αργίλου (ΚΣΘ) δηλαδή η ελάχιστη συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος στην οποία η άργιλος παραμένει θρομβωμένη [17]. Από τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι σε κάθε περίπτωση η ΚΣΘ είναι μεγαλύτερη μετά από παρατεταμένη διατάραξη σε σύγκριση με την ήπια διατάραξη. Αυτό σημαίνει ότι

Πίνακας 3. Κρίσιμες τιμές συγκέντρωσης θρόμβωσης της αργίλου των εδαφών μετά από παρατεταμένη (Π) και ελάχιστη (Ε) διατάραξη.

Έδαφος	Κρίσιμη συγκέντρωση θρόμβωσης (mmol / l)			
	SAR = 5	SAR = 10	SAR = 20	SAR = 40
Κερασιά Π	9	25	49	96
Κερασιά Ε	4	12	41	65
Γαλάτισσα Π	9	15	30	49
Γαλάτισσα Ε	5	6	8	10
Ζαχαράτο Π	4	13	25	39
Ζαχαράτο Ε	-	-	7	15
Πεδινό Π	3	25	35	89
Πεδινό Ε	-	-	11	28

για να παραμείνει θρομβωμένη η άργιλος ενός εδάφους που δέχεται αυξημένη ή παρατεταμένη μηχανική διατάραξη απαιτείται υψηλότερη συγκέντρωση του εδαφικού διαλύματος σε σύγκριση με το ίδιο έδαφος που υφίσταται ήπια μηχανική διατάραξη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας συνοψίζονται στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Επιβεβαιώθηκε ότι η άργιλος σε διασπορά οποιουδήποτε εδάφους αυξάνει με τη μείωση της συγκέντρωσης και την αύξηση του SAR του εδαφικού διαλύματος.
2. Η αυξημένη μηχανική διατάραξη προκάλεσε μέχρι και 25πλάσια αύξηση της αργίλου σε διασπορά.
3. Η αυξημένη μηχανική διατάραξη είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κρίσιμης συγκέντρωσης θρόμβωσης της αργίλου των εδαφών.
4. Επιπλέον λεπτομερής έρευνα απαιτείται για τη μελέτη των συνεπειών των διαφόρων μηχανικών επεμβάσεων και συστημάτων άρδευσης στη διασπορά της αργίλου των γεωργικών εδαφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Shainberg, I. and J. Letey, 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia* 52: 1-57.
2. Sumner, M.E., 1993. Sodic soils: New perspectives. *Aust. J. Soil Res.* 31: 683-750.
3. Frenkel, H., J. O. Goertzen, and J. D. Rhoades, 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:32-39.
4. Goldberg, S., B. S. Kapoor, and J. D. Rhoades, 1990. Effect of aluminium and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. *Soil Sci.* 150:588-593.
5. Rowell, D. L., D. Payne and N. Ahmad, 1969. The effect of the concentration and movement of solution on the swelling, dispersion, and movement of clay in saline and alkali soils. *J. Soil Sci.* 20: 176-188.
6. Agassi, M., J. Morin and I. Shainberg, 1985. Effect of raindrop impact energy and water salinity on infiltration rates of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 186-190.
7. Levy, G. J., H. Eisenberg and I. Shainberg, 1993. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. *Soil Sci.* 155:15-22.
8. Thelcier, C. and G. Sposito, 1989. Influence of electrolyte concentration and exchangeable cation on the flocculation of Silver Hill-illite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 711-715
9. Curtin, D., H. Steppuhn, and F. Selles, 1994. Clay Dispersion in Relation to Sodicity, Electrolyte Concentration, and Mechanical Effects. *Soil Sci. Am. J.* 58:955-962.
10. Gee, G.W. and J.W. Bauder, 1986. Particle size analysis. In A. Klute (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods*, 2nd edition, p 383-411.
11. Nelson, D. W. and L. E. Sommers, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In C. A. Black et al. (eds) *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbial properties*, p 539-579.

12. Mehra, O.P. and M.L. Jackson, 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite –citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals* 7: 317-327.
13. Peech, M., 1965. Hydrogen-ion activity. In C. A. Black (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. p 914-926.
14. Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Agric. Handbook no.60. U.S.A. Gov. Print. Office, Washington, DC.
15. Chapman, H.D., 1965. Cation-exchange capacity. In C. A. Black (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. p 891-901.
16. Παπατόλιος, Κ. 1999. Μελέτη της διασποράς της αργίλου σε τέσσερα ερυθρά μεσογειακά εδάφη (Alfisol). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ, σ. 74.
17. van Olphen, H., 1997. *An introduction to clay colloid chemistry* 2nd ed. John Wiley & Sons. New York.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΑΤΡΙΩΣΗΣ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Ι.Κ. Μήτσιος¹, Φ.Α. Γάτσιος¹ και Σ.Α. Φλωράς²

1. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εδαφολογίας
2. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τα έτη 1996 και 1997 αναλύθηκαν νερά προερχόμενα από 91 γεωτρήσεις του Νομού Μαγνησίας και νερά από τις στραγγιστικές τάφρους της πρώην λίμνης Κάρλας. Σε κάθε δείγμα νερού προσδιορίστηκαν οι χημικοί παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού για άρδευση. Στα εδάφη της πρώην λίμνης Κάρλας προσδιορίστηκε το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα ανταλλάξιμα κατιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} και το ESP. Στα εδάφη της Κάρλας με $ESP > 15$ ο κίνδυνος νατρίωσης των εδαφών είναι υπαρκτός με αποτέλεσμα τη μείωση της γονιμότητας και καταστροφή της δομής αυτών.

IRRIGATION WATER EVALUATION, SALINITY AND SODICITY PROBLEMS IN SOILS OF MAGNESIA REGION

I.K. Mitsios¹, F.A. Gatsios¹ and S.A. Floras²

1. University of Thessaly, School of Agriculture, Laboratory of Soil Science
2. National Agricultural Research Foundation, (IXTEL)

ABSTRACT

During the years 1996 and 1997 water samples from 91 irrigation wells, as well as from the drainage ditches of the ex Karla lake plain, were analyzed. In each water sample the chemical parameters were determined. In the soil of the ex Karla lake plain, the rate of pH and electrical conductivity as well as the rate of exchangeable cations Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} and ESP were measured. In soils with $ESP > 15$ risk of sodicity is high and the result is the degradation of soil fertility and the soil structure destruction.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιτυχής διαχείριση των νερών άρδευσης είναι ένα πρόβλημα πολύπλοκο που για την επίλυσή του απαιτείται συνεκτίμηση πολλών παραγόντων [4,5,6] όπως :

- Η ποιότητα του νερού άρδευσης.
- Η ρυθμιστική ικανότητα του νερού άρδευσης.
- Η μηχανική σύσταση του εδάφους.
- Το είδος των ορυκτών της αργίλου.
- Το είδος και η σύνθεση των ανταλλάξιμων κατιόντων του εδάφους και το ESP.
- Το είδος της καλλιέργειας για την οποία θα χρησιμοποιηθεί το νερό άρδευσης.

Το υψηλό SAR των νερών άρδευσης και το ESP των εδαφών σε τιμές μεγαλύτερες από 15 [3,4,5] δημιουργούν τις προϋποθέσεις για τη νατρίωση και υποβάθμιση των εδαφών. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση και ταξινόμηση των νερών από 91 γεωτρήσεις του Ν. Μαγνησίας ως και των νερών από τις στραγγιστικές τάφρους της πρώην λίμνης Κάρλας που χρησιμοποιείται για άρδευση των καλλιεργειών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά τα έτη 1996 και 1997 στο εργαστήριο εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας αναλύθηκαν νερά προερχόμενα από 91 γεωτρήσεις του Ν. Μαγνησίας και νερά από τις στραγγιστικές τάφρους της λίμνης Κάρλας. Προσδιορίστηκε το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το νάτριο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το κάλιο, τα νιτρικά, και νιτρώδη ιόντα, το χλώριο, τα θειικά ιόντα, τα ανθρακικά ιόντα καθώς και τα όξινα ανθρακικά ιόντα. Το κάλιο και το νάτριο προσδιορίστηκαν με το φλογοφωτόμετρο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο ογκομετρικά με διάλυμα EDTA 0,01M [2,5,7] και τα νιτρικά ιόντα προσδιορίστηκαν διερχόμενα από ρινίσματα επιχαλκωμένου καδμίου όπου ανάγονται σχεδόν ποσοτικά προς νιτρώδη ιόντα [1]. Το χλώριο προσδιορίστηκε ογκομετρικά με διάλυμα AgNO_3 0,014N [2,5,7], τα ανθρακικά και τα όξινα ανθρακικά ιόντα με διάλυμα H_2SO_4 0,05 N, τα δε θειικά ιόντα προσδιορίστηκαν υπολογιστικά. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na^+ και K^+ προσδιορίστηκαν με 1M οξικό αμμώνιο (pH=7). Οι περιοχές δειγματοληψίας των εδαφών παρουσιάζονται στο χάρτη 3.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την ανάλυση των εδαφών της πρώην λίμνης Κάρλας προκύπτει ότι το ανταλλάξιμο Na^+ κυμαίνεται από 5 μέχρι 53 cmol/Kg εδάφους, η CEC από 27,3 μέχρι 77 cmol/Kg εδάφους το δε ESP από 14 μέχρι 97. Η στατιστική επεξεργασία των αναλυθέντων δειγμάτων νερού και η ποιοτική κατάταξη αυτών έγινε με βάση τις εξής παραμέτρους:

3.1 Κατάταξη με βάση την τιμή του SAR (Sodium Adsorption Ratio) σύμφωνα με τους Christiansen et al., 1977 και Μήτσιος Ι.Κ., 1996.

Η κατάταξη των νερών με βάση το SAR παρουσιάζεται ως εξής :

Νερά με SAR<3	Το 8% των νερών δεν προκαλούν κανένα κίνδυνο νατρίου στο έδαφος
SAR=3-6	Το 26% των νερών προκαλούν μικρό κίνδυνο νατρίου στο έδαφος
SAR=6-12	Το 32% των νερών προκαλούν μεγάλο κίνδυνο νατρίου στο έδαφος

SAR=12-20

Το 5% των νερών προκαλούν πολύ μεγάλο κίνδυνο νατρίου στο έδαφος

SAR>20

Το 29% των νερών είναι ακατάλληλα για άρδευση.

Τα νερά των στραγγιστικών τάφρων της λίμνης Κάρλας κατά την αρδευτική περίοδο παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τιμή SAR=71.

3.2 Κατάταξη με βάση το % ποσοστό του νατρίου σύμφωνα με τους Christiansen et al., 1977 και Μήτσιοις Ι.Κ., 1996.

Η κατάταξη των νερών με βάση το % ποσοστό του νατρίου (Christiansen et al., 1977 και Μήτσιοις Ι.Κ., 1996) έχει ως εξής :

Περιοχή Πηλίου

Άριστη ποιότητα νερού (<40% Na)	σε ποσοστό 16,3%
Καλή ποιότητα νερού (40-60 % Na)	σε ποσοστό 62,8%
Ανεκτή ποιότητα νερού (60-70% Na)	σε ποσοστό 7%
Νερό αμφιβόλου ποιότητας (70-80% Na)	σε ποσοστό 2,3%
Νερό επιβλαβές (80-90% Na)	σε ποσοστό 11,6%
Ακατάλληλο νερό (>90% Na)	σε ποσοστό 0%

Περιοχή : Αλυκές, Αγγιάλος και Διμήνη

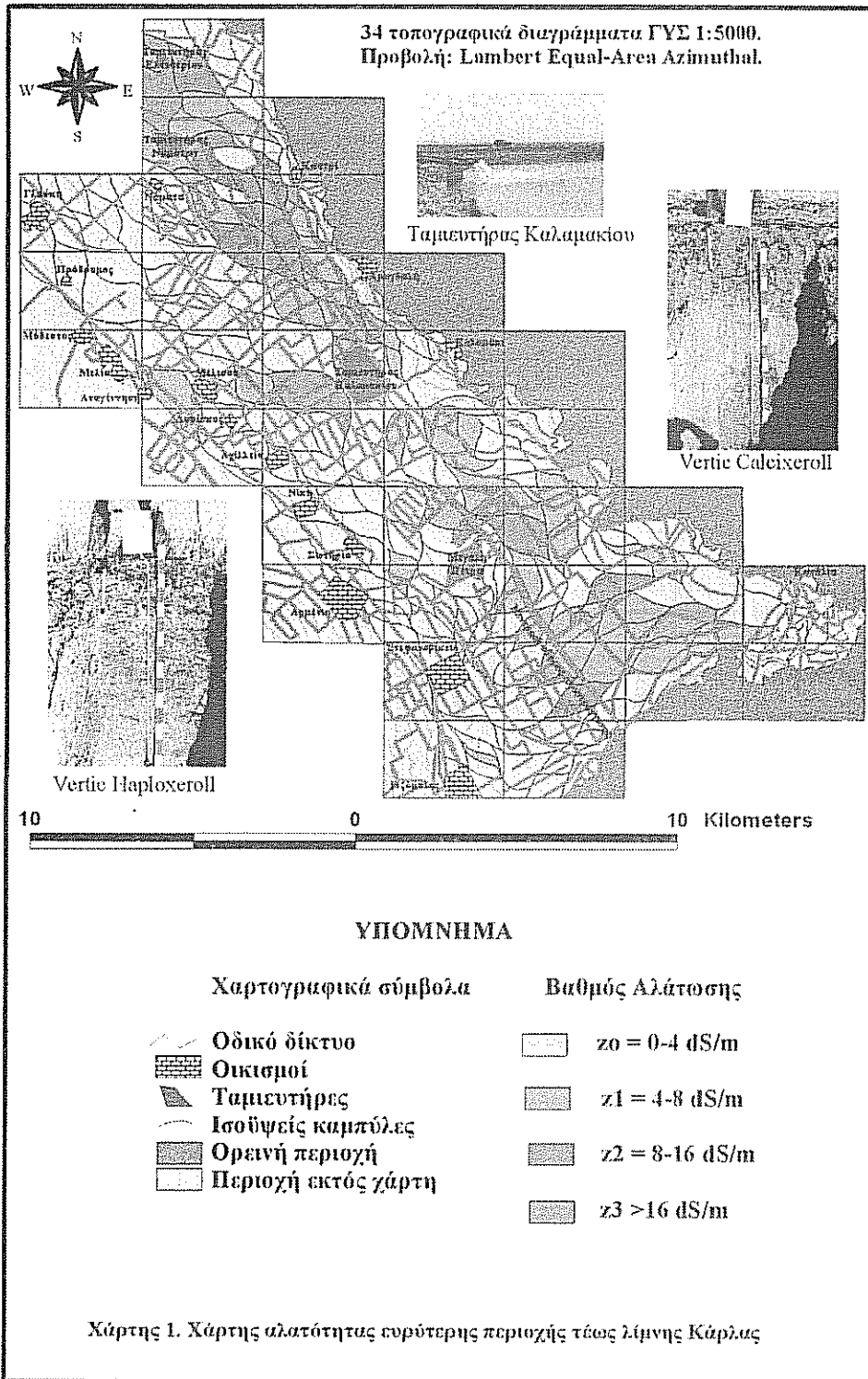
Άριστη ποιότητα νερού (<40% Na)	σε ποσοστό 7,1%
Καλή ποιότητα νερού (40-60 % Na)	σε ποσοστό 10,7%
Ανεκτή ποιότητα νερού (60-70% Na)	σε ποσοστό 10,7%
Νερό αμφιβόλου ποιότητας (70-80% Na)	σε ποσοστό 17,9%
Νερό επιβλαβές (80-90% Na)	σε ποσοστό 25%
Ακατάλληλο νερό (>90% Na)	σε ποσοστό 28,6%

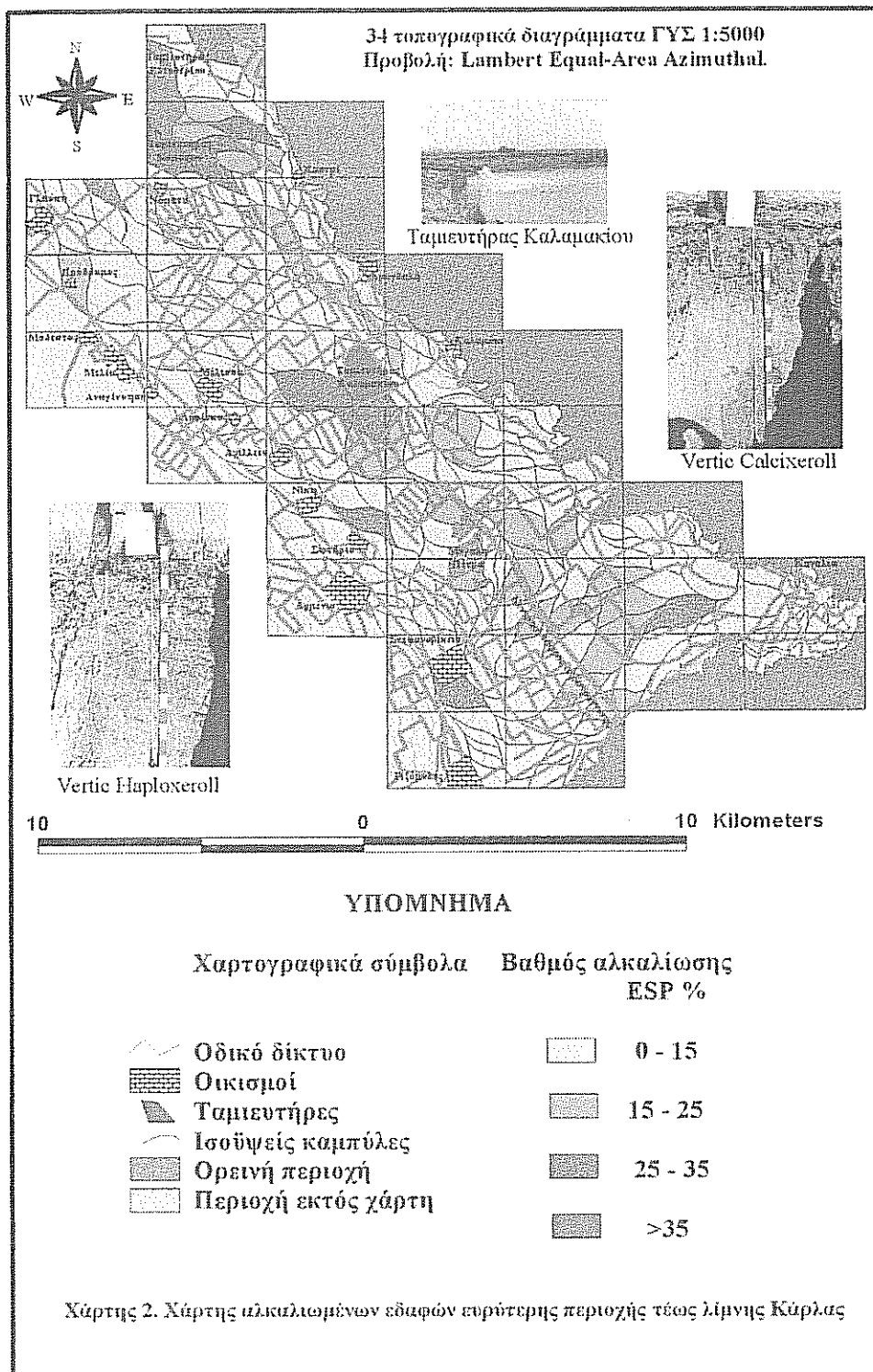
Περιοχή : Βελεστίνου, Ριζομύλου και Κάρλας

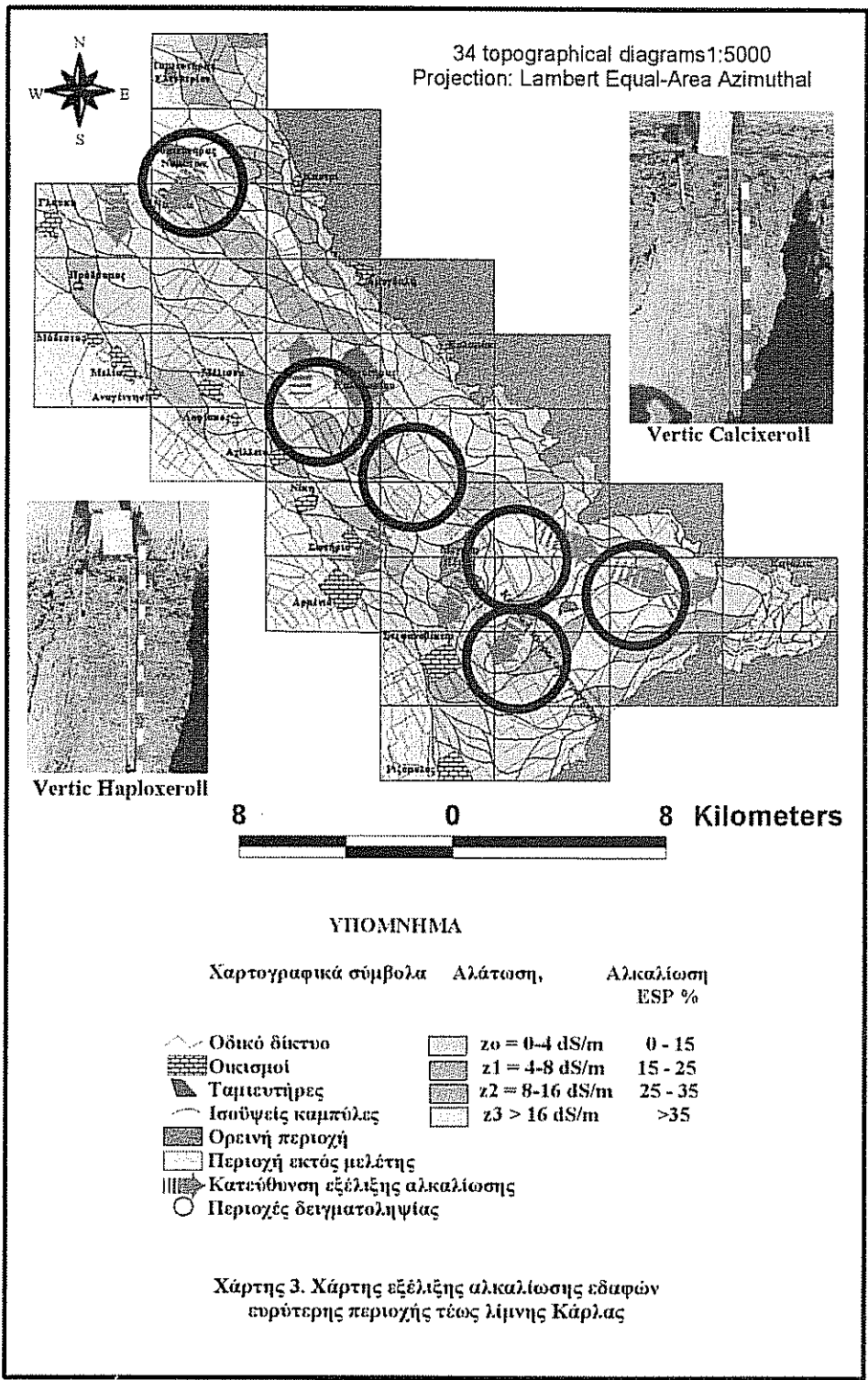
Άριστη ποιότητα νερού (<40% Na)	σε ποσοστό 0%
Καλή ποιότητα νερού (40-60 % Na)	σε ποσοστό 50%
Ανεκτή ποιότητα νερού (60-70% Na)	σε ποσοστό 16%
Νερό αμφιβόλου ποιότητας (70-80% Na)	σε ποσοστό 23%
Νερό επιβλαβές (80-90% Na)	σε ποσοστό 11%
Ακατάλληλο νερό (>90% Na)	σε ποσοστό 0%

Από την ανάλυση των δειγμάτων νερών των στραγγιστικών τάφρων της λίμνης Κάρλα το % ποσοστό του νατρίου ανέρχεται σε 75% και είναι νερό αμφιβόλου ποιότητας για άρδευση και η τιμή του SAR είναι κατά μέσο όρο 71.

Από την ανάλυση των εδαφών της πεδιάδας της πρώην λίμνης Κάρλας προκύπτει το ανταλλάξιμο Na^+ κυμαίνεται από 5 μέχρι 53 cmol_e/Kg εδάφους, η CEC κυμαίνεται από 27,3 μέχρι 77 cmol_e/Kg εδάφους, το δε ESP από 14 μέχρι 97. Στο χάρτη 1 παρουσιάζονται τα αλατούχα εδάφη της πεδιάδας της πρώην λίμνης Κάρλας και στο χάρτη 2 τα αλκαλιωμένα εδάφη της πεδιάδας αυτής. Οι χάρτες κατασκευάστηκαν με βάση τις δειγματοληψίες και τις αναλύσεις που έγιναν το 1996. Κατά τα έτη 1998 και 1999 άρθησαν πολλά δείγματα από τα αλατούχα εδάφη που βρίσκονται κοντά στη ζώνη των αλκαλιωμένων εδαφών. Με βάση τα στοιχεία των αναλύσεων της περιόδου 1998-1999 κατασκευάστηκε ο χάρτης 3 ο οποίος παρουσιάζει την επέκταση και την εξέλιξη της αλκαλίωσης στα εδάφη αυτά. Η επέκταση της αλκαλίωσης και η μετατροπή







των αλατούχων εδαφών σε αλκαλιωμένα οφείλεται στη κακή ποιότητα του νερού των στραγγιστικών τάφρων που χρησιμοποιείται για άρδευση των καλλιεργειών. Στα νερά αυτά το % Na ανέρχεται σε 75% και η τιμή του SAR είναι κατά μέσο όρο 71.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο Πήλιο το 13,9% των νερών των γεωτρήσεων περιέχουν Na % > 70, στις δε περιοχές των Αλυκών, Ν. Αγκιάλου και Διμηνίου το ποσοστό ανέρχεται σε 71,5% ενώ στις περιοχές Βελεστίνου, Ριζομύλου και Κάρλας το 34% των νερών από τις γεωτρήσεις περιέχει %Na >70. Τα νερά των γεωτρήσεων αυτών θεωρούνται ακατάλληλα για άρδευση.

Τα νερά των στραγγιστικών τάφρων επειδή έχουν κατά μέσο όρο SAR=71 ως και 75% Na είναι ακατάλληλα για άρδευση των εδαφών της λίμνης Κάρλας. Για τους λόγους αυτούς η αλκαλίωση των εδαφών της πρώην λίμνης Κάρλας επεκτείνεται με ταχείς ρυθμούς με άμεσο κίνδυνο την υποβάθμιση των εδαφών αυτών, τη μείωση της γονιμότητας και την καταστροφή της δομής των εδαφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. APHA, AWWA, WPCF, 1989 . Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 17th edition, Washington, D.C.
2. Arnold E., Rhodes R. and Lenore S.1985. Standard methods for the examination of water and wastewater.16th edition. APHA. ANWA. WPCE :205, 210A, 311C, 314B, 318C, 322B, 325B, 407A, 423.
3. Christiansen, J.E., Olsen, E.G. and Willardson L.S.1977.Irrigation water quality. *J'Irrig. and Drain. Div. (ASCE)*,103 (2) 155-169.
4. Μήτσιος Ι.Κ., 1996. Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη. Ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα .
5. Μήτσιος Ι.Κ., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα (2^η Έκδοση).
6. Rowell. D.L., 1995. Soil Science, Methods and Applications. Longman Group UK Limited.
7. Vogel I. Arthur.1961. A Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, Third Edition:16, 18, 128, 137, 139, 141, III21-24, IV1, IV2, IV4-7, IV9,IV17-19, XVII, XVI2, XVIII1.

ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

I.K. Μήτσιος, I.G. Σταματοπούλου και A.G. Τσάτσα

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής
Εργαστήριο Εδαφολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η εφαρμογή των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) προκειμένου να συνταχθούν θεματικοί χάρτες με βάση την τιμή του pH, την % περιεκτικότητα σε CaCO_3 και τον διαθέσιμο P. Για το σκοπό αυτό ελήφθησαν 410 εδαφικά δείγματα από χαρτογραφικές μονάδες των ευρύτερων περιοχών Καρδίτσας, Τρικάλων και Λάρισας στις οποίες καλλιεργείται κυρίως ο καπνός. Με βάση τον φώσφορο κατά Olsen, συντάχθηκαν πίνακες βαθμονόμησης των εδαφών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για τη δημιουργία θεματικών χαρτών (1:20.000) γονιμότητας και ρύπανσης των εδαφών.

SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY AT DISCRETE SOIL MAP UNITS IN THESSALY REGION

I.K. Mitsios, I.G. Stamatopoulou and A.G. Tsatsa

University of Thessaly, Soil Science Laboratory

ABSTRACT

Soil samples (410) were collected from discrete soil map units of Karditsa, Larisa and Trikala regions and were analyzed for soil pH, for available P and for free calcium carbonate. The soils were characterized by using P indices, according to their level of available P. The acquired data were systemized by means of a Geographical Information System (GIS) and several thematic maps (1:20.000) were compiled. These maps could be used as a tool, in order soil fertility and contamination to be estimated.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία του εδάφους ο οποίος σε αρκετές περιπτώσεις βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις [16]. Ένα από τα χαρακτηριστικά του φωσφόρου στο έδαφος είναι η χαμηλή διαλυτότητά του καθώς στα όξινα εδάφη προσροφάται και δημιουργεί ισχυρότατους δεσμούς με οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου και του αργιλίου ενώ στα ασβεστούχα εδάφη δημιουργεί σύμπλοκα με το ασβέστιο και κατακρημνίζεται [8,10,15]. Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στο έδαφος εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στο εδαφικό διάλυμα, από το κλίμα μιας περιοχή και από πολλούς φυσικοχημικούς παράγοντες του εδάφους όπως το pH, το ποσοστό της αργίλου, το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου κ.α. [1,6]. Η έλλειψη του στοιχείου που παρατηρείται πολύ συχνά στις καλλιέργειες οδήγησε στην αλόγιστη χρήση των φωσφορικών λιπασμάτων με σκοπό την αύξηση της παραγωγής. Η σπατάλη στην κατανάλωση φωσφορικών λιπασμάτων οδηγεί στη μείωση των αποθεμάτων του φωσφόρου τα οποία είναι πολύ περιορισμένα [5]. Τα εδάφη της χώρας μας γίνονται σταδιακά πλούσια σε φώσφορο, δηλαδή έχουν P-Olsen πάνω από 10 ppm [17]. Η συσσώρευση του φωσφόρου στα καλλιεργούμενα εδάφη δημιουργεί έναν ορατό πλέον περιβαλλοντικό κίνδυνο εξαιτίας της μετακίνησης του από το έδαφος με επιφανειακή και υποεπιφανειακή απορροή και με έκπλυση, προς στους υδάτινους αποδέκτες με αποτέλεσμα το φαινόμενο του ευτροφισμού [2,13,20]. Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι είναι απαραίτητη η μελέτη των εδαφών για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του φωσφόρου στα εδάφη, ιδιαίτερα σε περιοχές που καλλιεργούνται εντατικά. Τελευταία, η ανάγκη για βέλτιστη διαχείριση των εδαφικών πόρων οδήγησε στη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών οι οποίοι μπορούν να περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν μια περιοχή. Με τους ψηφιακούς θεματικούς χάρτες επιτυγχάνεται και η μελέτη της διαθεσιμότητας του θρεπτικού στοιχείου στο χρόνο καθώς η βάση δεδομένων των χαρτών εμπλουτίζεται διαρκώς με την προσθήκη νέων στοιχείων.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της διαθεσιμότητας του εδαφικού φωσφόρου σε 410 εδαφικά δείγματα από περιοχές της Καρδίτσας, της Λάρισας και των Τρικάλων. Στα εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν ο διαθέσιμος P, το pH και η περιεκτικότητα του CaCO_3 . Τα εδάφη ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες διαθεσιμότητας σύμφωνα με τους υπάρχοντες δείκτες διαθεσιμότητας εδαφικού φωσφόρου [7,9,14] και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν θεματικοί ψηφιακοί χάρτες με τοπογραφικό υπόβαθρο τους λεπτομερείς εδαφολογικούς χάρτες (1:20.000) του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε αντιπροσωπευτικές χαρτογραφικές μονάδες των υπό μελέτη περιοχών (B334/A00Afx, C434/A01 Axl, B333/A00 Axl, A434/A01 Axl, C233/A00 Axl, κ.α.) συνελέγησαν 410 δείγματα εδάφους από βάθος 0-30cm επειδή το ριζικό σύστημα του καπνού αναπτύσσεται στο βάθος αυτό. Τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου αεροξηράθηκαν και πέρασαν από κόσκινα 2mm. Στα δείγματα προσδιορίστηκε στη συνέχεια η τιμή του pH, η περιεκτικότητα των εδαφών σε CaCO_3 και ο διαθέσιμος φώσφορος.

Το pH του εδάφους προσδιορίστηκε σε εδαφικό υδατικό αιώρημα 1:1 [14], το ανθρακικό ασβέστιο προσδιορίστηκε με το ασβεστόμετρο Bernard [11] και ο

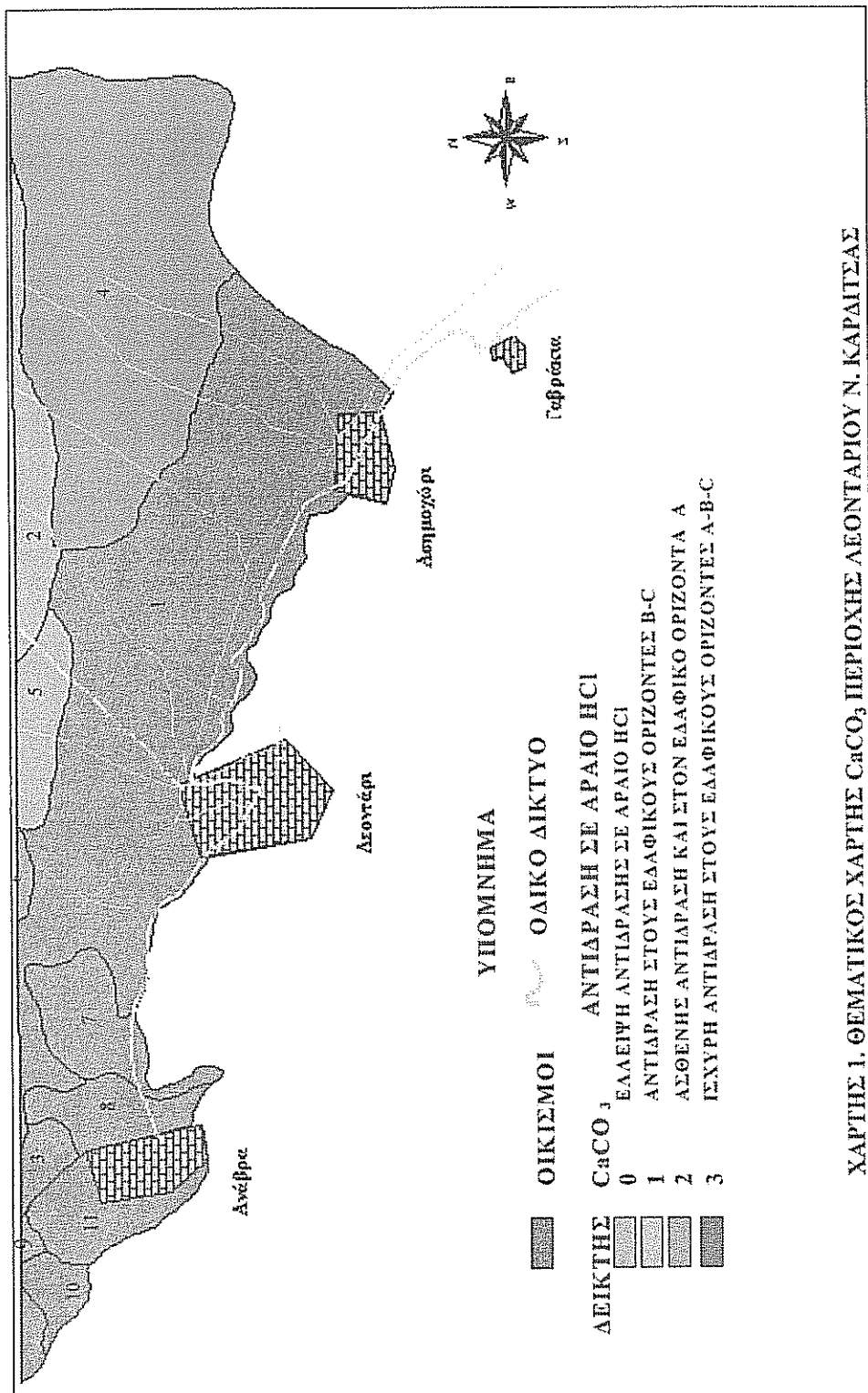
διαθέσιμος φώσφορος προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του Olsen (0,5M NaHCO₃, pH=8,5, αναλογία εδάφους/εκχυλιστικού 1:20, ανακίνηση 30min) και στο εδαφικό εκχύλισμα προσδιορίστηκε ο φώσφορος χρωματομετρικά (μέθοδος του μολυβδαινικού αμμωνίου-ασκορβικό οξύ), με φασματοφωτόμετρο τύπου Shimadzu UV-120-01 [12]. Εφαρμόστηκε η μέθοδος του Olsen σε όλα τα εδάφη διότι δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα και σε όξινα εδάφη [3,4,18].

Όλα τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τη δημιουργία θεματικών ψηφιακών χαρτών. Ως τοπογραφικό υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν οι λεπτομερείς εδαφολογικοί χάρτες (1:20.000) που δημιουργήθηκαν στο Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας. Με τη χρήση του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών PC ARC/INFO 3.5.2 κατασκευάστηκαν και ψηφιοποιήθηκαν 4 διαφορετικά επίπεδα (layers) τα οποία περιλαμβάνουν: 1) το βασικό χάρτη με τα όρια των χαρτογραφηθέντων περιοχών και τις εδαφικές χαρτογραφικές μονάδες, 2) τους οικισμούς, 3) το οδικό δίκτυο και 4) την ταξινόμηση ανά δείκτη διαθεσιμότητας εδαφικού P, ανά τιμή pH και ανά ποσοστό CaCO₃ των μελετηθέντων περιοχών. Με τη σύνθεση των 4 επιπέδων συντάχθηκαν οι τελικοί θεματικοί χάρτες διαθεσιμότητας των αναλυθέντων στοιχείων. Η τελική απεικόνιση των χαρτών έγινε με το πρόγραμμα PC ArcView.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα εδάφη ταξινομούνται ανάλογα με το ποσοστό και το βάθος στο οποίο βρίσκεται το CaCO₃ ως εξής [9]: 1) εδάφη με δείκτη 0 δεν παρουσιάζουν αντίδραση, 2) εδάφη με δείκτη 1 παρουσιάζουν αντίδραση στους εδαφικούς ορίζοντες Β και C της εδαφοτομής, 3) εδάφη με δείκτη 2 παρουσιάζουν ασθενή αντίδραση και στον εδαφικό ορίζοντα Α της εδαφοτομής και 4) εδάφη με δείκτη 3 παρουσιάζουν ισχυρή αντίδραση στον εδαφικό ορίζοντα Α της εδαφοτομής. Στην περιοχή της Καρδίτσας, σε σύνολο 146 δειγμάτων, 66% των δειγμάτων έχουν δείκτη 0, 32% των δειγμάτων έχουν δείκτη 1, 1% των δειγμάτων έχουν δείκτη 2 και 1% των δειγμάτων έχουν δείκτη 3. Στην περιοχή των Τρικάλων, σε σύνολο 95 δειγμάτων, 12% των δειγμάτων έχουν δείκτη 0, 13% των δειγμάτων έχουν δείκτη 1, 3% των δειγμάτων έχουν δείκτη 2 και 72% των δειγμάτων έχουν δείκτη 3. Στην περιοχή της Λάρισας (Ελασσόνα), σε σύνολο 169 δειγμάτων, 47% των δειγμάτων έχουν δείκτη 0, 26% των δειγμάτων έχουν δείκτη 1, 17% των δειγμάτων έχουν δείκτη 2 και 10% των δειγμάτων έχουν δείκτη 3. Οι αναλύσεις των δειγμάτων επιβεβαίωσαν το χαρτογραφικό σύμβολο των εδαφολογικών μονάδων των περιοχών δειγματοληψίας. Ο πιλοτικός, ψηφιακός θεματικός χάρτης 1 δημιουργήθηκε με βάση το ποσοστό του CaCO₃ στο έδαφος. Οι εδαφολογικές μονάδες B434/A00 A_{xh} (1), C435/A01 V_{xc} (2) και A3*3*4*/A00 E_{ox} (3) χαρακτηρίστηκαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων ενώ οι εδαφολογικές μονάδες C435/A02 V_{xc} (4), B334/A01 A_{xh} (5), B334/A02 I_{ox} (6), B434/B10 A_{xh} (7), B4*3*5*/A00 I_{oxv} (8), C434/A00 A_{xh} (9), B434/B10 A_{xh} (10) και A3*3*4*/B00 E_{ox} (11) χαρακτηρίστηκαν σύμφωνα με τον δείκτη ποσοστού CaCO₃ του χαρτογραφικού συμπλόκου [19].

Τα εδάφη ταξινομήθηκαν επίσης με βάση την τιμή του εδαφικού pH σε: 1) πολύ ισχυρώς όξινα με pH από 4 έως 5, 2) ισχυρώς όξινα με pH από 5 έως 5,8, 3) μετρίως όξινα με pH από 5,8 έως 6,5, 4) ουδέτερα με pH από 6,5 έως 7,5, 5) αλκαλικά με pH από 7,5 έως 8,5 και 6) αλκαλιωμένα με pH >8,5. Στην περιοχή της Καρδίτσας, σε σύνολο 146 δειγμάτων, 10% των δειγμάτων είναι πολύ ισχυρώς όξινα, 17% των δειγμάτων είναι ισχυρώς όξινα, 27% των δειγμάτων είναι μετρίως όξινα, 39% των



ΧΑΡΤΗΣ 1. ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ $CaCO_3$ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΟΝΤΑΡΙΟΥ Ν. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

δειγμάτων είναι ουδέτερα και 7% των δειγμάτων είναι αλκαλικά. Στην περιοχή των Τρικάλων, σε σύνολο 95 δειγμάτων, 3% των δειγμάτων είναι μετρίως όξινα, 16% των δειγμάτων είναι ουδέτερα και 81% των δειγμάτων είναι αλκαλικά. Στην περιοχή της Λάρισας (Ελασσόνα), σε σύνολο 169 δειγμάτων, 2% των δειγμάτων είναι πολύ ισχυρώς όξινα, 19% των δειγμάτων είναι ισχυρώς όξινα, 19% των δειγμάτων είναι μετρίως όξινα, 28% των δειγμάτων είναι ουδέτερα και 32% των δειγμάτων είναι αλκαλικά. Στον πιλοτικό, ψηφιακό χάρτη 2 παρουσιάζεται το εύρος του εδαφικού pH στις χαρτογραφικές μονάδες B434/A00 Aχh, C435/A01 Vxc και A3'3'4'/A00 Eox.

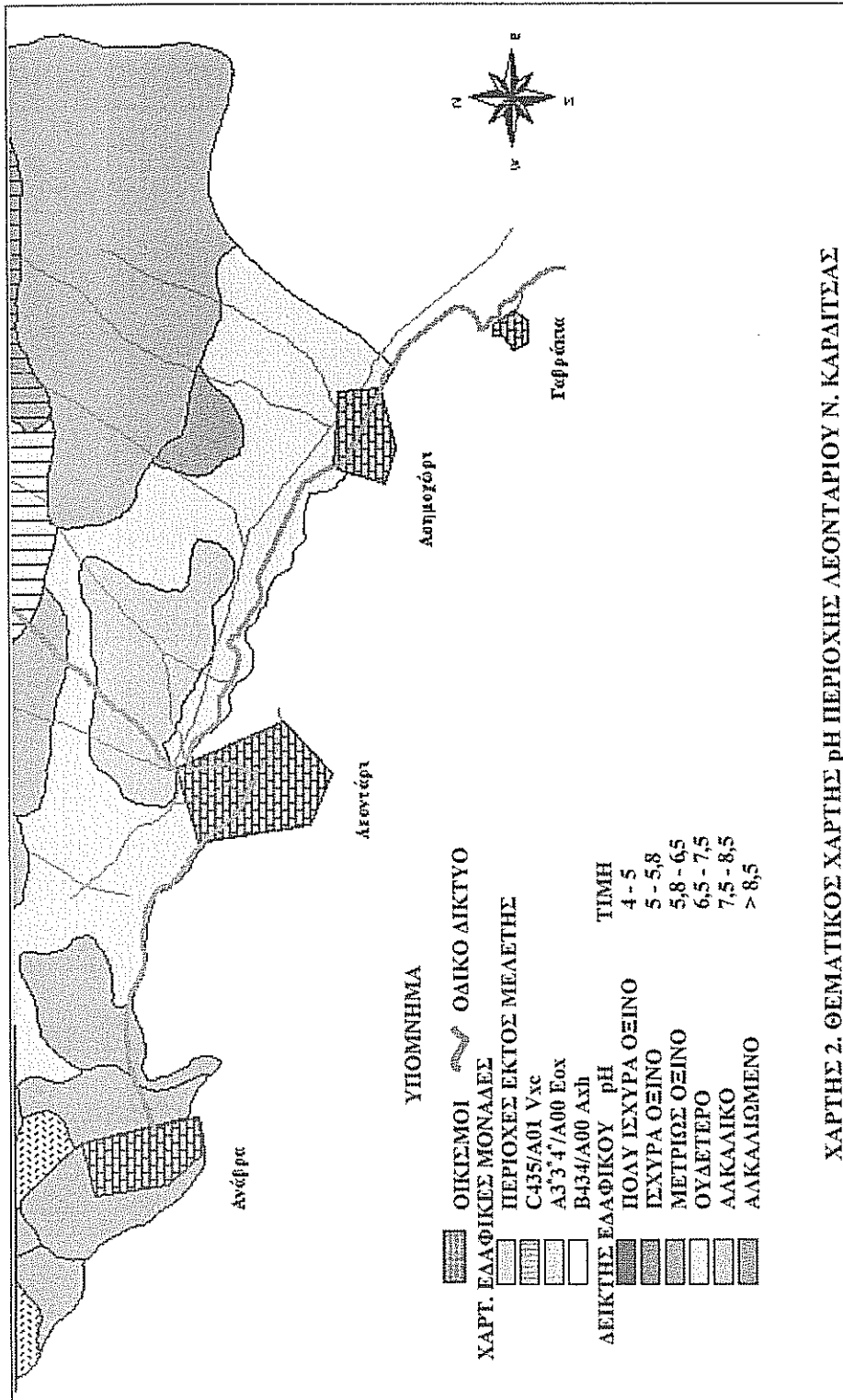
Η ταξινόμηση των εδαφών σε διαθεσιμότητα εδαφικού P έγινε με βάση τους δείκτες διαθεσιμότητας εδαφικού φωσφόρου [7,14] οι οποίοι περιλαμβάνουν τις εξής 6 κατηγορίες: 1) ο δείκτης 0 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 0-9 ppm ή 0-2,3 Kg/στρ (η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους στα εδάφη αυτά είναι περίπου 1,25gr/cm³ εδάφους, οπότε το στρέμμα σε βάθος 20cm έχει μάζα 250t), 2) ο δείκτης 1 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 10-15 ppm ή 2,4-3,8 Kg/στρ, 3) ο δείκτης 2 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 16-25 ppm ή 3,9-6,3 Kg/στρ, 4) ο δείκτης 3 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 26-45 ppm ή 6,4-11,3 Kg/στρ, 5) ο δείκτης 4 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 46-70 ppm ή 11,3-17,5 Kg/στρ και 5) ο δείκτης 5 χαρακτηρίζει τα εδάφη με διαθέσιμο P 71-100 ppm ή 17,5-25 Kg/στρ. Στην περιοχή της Καρδίτσας, σε σύνολο 146 δειγμάτων, 2% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 0, 8% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 1, 29% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 2, 48% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 3, 12% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 4 και 1% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 5. Στην περιοχή των Τρικάλων, σε σύνολο 95 δειγμάτων, 6% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 0, 24% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 1, 38% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 2, 29% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 3 και 3% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 4. Στην περιοχή της Λάρισας (Ελασσόνα), σε σύνολο 169 δειγμάτων, 11% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 0, 27% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 1, 41% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 2, 16% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 3, 4% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 4 και 1% των δειγμάτων χαρακτηρίζονται με δείκτη 5. Ο πιλοτικός, ψηφιακός θεματικός χάρτης 3 απεικονίζει τη διαθεσιμότητα του εδαφικού P στις εδαφολογικές μονάδες B434/A00 Aχh, C435/A01 Vxc και A3'3'4'/A00 Eox.

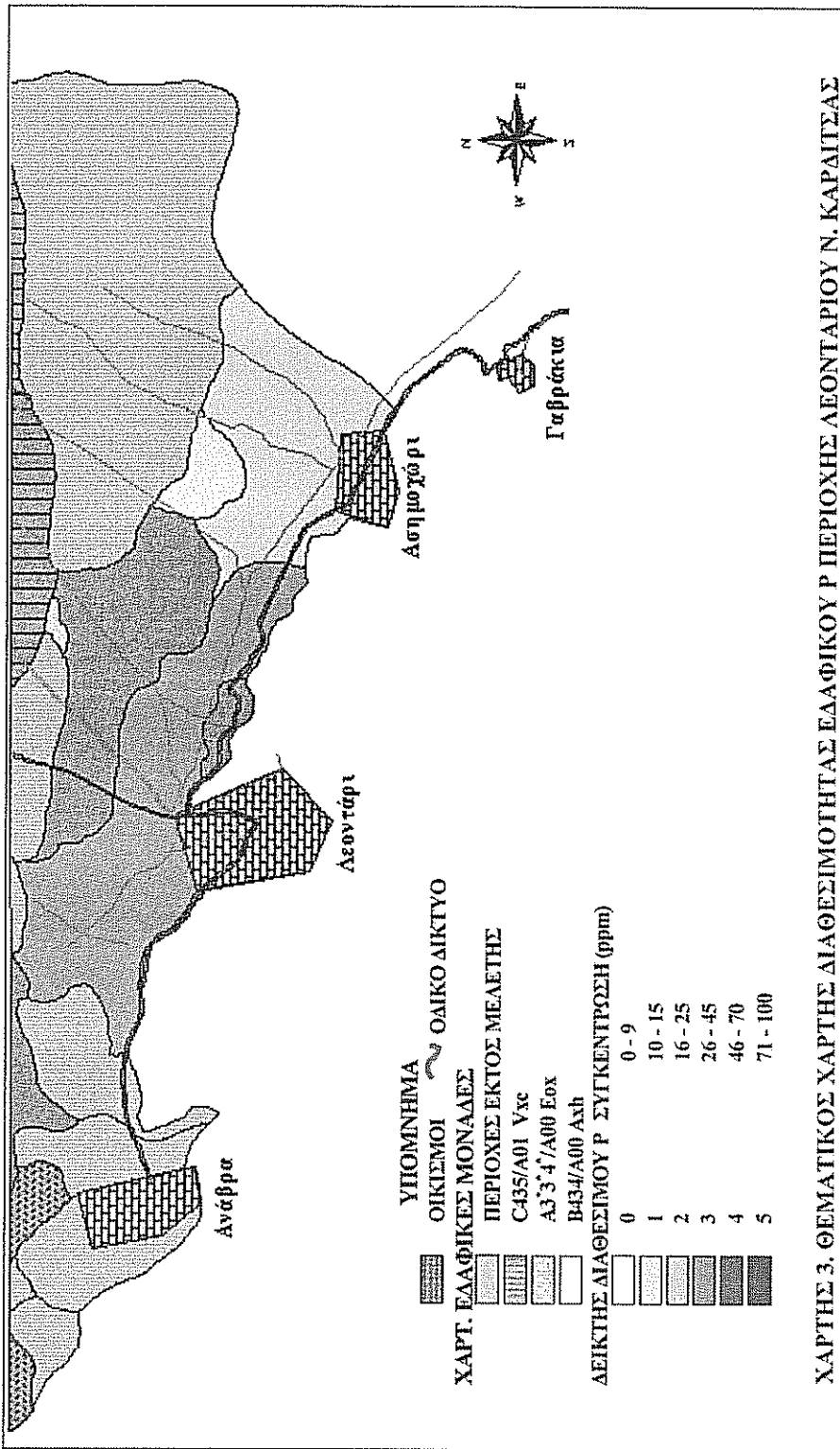
Από τη μελέτη των θεματικών χαρτών 1, 2 και 3 προκύπτει ότι η διαθεσιμότητα του εδαφικού P αυξάνει στις περιοχές με pH 5,8-7,5 και δείκτη CaCO₃ 0, ενώ μειώνεται σταδιακά καθώς αυξάνει η τιμή του pH και το ποσοστό του CaCO₃. Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία [1,6,8,10,15,16], τα αποτελέσματα συμπίπτουν με αποτελέσματα άλλων ερευνητών.

1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των θεματικών χαρτών 1, 2 και 3 προκύπτει ότι η διαθεσιμότητα του εδαφικού P αυξάνει στις περιοχές με pH 5,8-7,5 και δείκτη CaCO₃ 0, ενώ μειώνεται σταδιακά καθώς αυξάνει η τιμή του pH και το ποσοστό του CaCO₃.

Στην περιοχή της Καρδίτσας, το 61% των μελετηθέντων περιοχών χαρακτηρίζονται από δείκτες διαθεσιμότητας 3, 4 και 5 οπότε για τις περισσότερες καλλιέργειες δεν αναμένεται αντίδραση σε φωσφορική λίπανση στις περιοχές αυτές.





ΧΑΡΤΗΣ 3. ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΛΛΗΦΙΚΟΥ Ρ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΟΝΤΑΡΙΟΥ Ν. ΚΑΡΑΙΤΖΑΣ

Στην περιοχή των Τρικάλων, το 32% των μελετηθέντων περιοχών χαρακτηρίζονται από δείκτες διαθεσιμότητας 3, 4 και 5 οπότε για τις περισσότερες καλλιέργειες δεν αναμένεται αντίδραση σε φωσφορική λίπανση στις περιοχές αυτές.

Στην περιοχή της Λάρισας (Ελασσόνα), το 21% των μελετηθέντων περιοχών χαρακτηρίζονται από δείκτες διαθεσιμότητας 3, 4 και 5 οπότε για τις περισσότερες καλλιέργειες δεν αναμένεται αντίδραση σε φωσφορική λίπανση στις περιοχές αυτές.

Μεγάλο ποσοστό των εδαφών που καλλιεργούνται με καπνό στις περιοχές Καρδίτσας, Τρικάλων και Λάρισας είναι πλούσια σε φώσφορο και δεν αναμένεται να έχουν αντίδραση σε οποιαδήποτε δόση φωσφορικής λίπανσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Barber, S.A., 1980. The Role of Phosphorus in Agriculture, Chapter 21. ASA-CSSA-SSSA, USA.
2. Catt, J.A., Howse, K.R., Farina, R. Brockie, D., Todd, A., Chambers, B.J., Hodgkinson, R., Harris, G.L. and Quinton, J.N., 1998. Phosphorus losses from arable land in England. *Soil Use and Management*, 14, 168-174.
3. Farina, M.P.W., and P. Channon. 1979. A comparison of several P availability indexes. *Gewasproduksie* 8: 165-169.
4. Fixen P.E. and J.H. Grove., 1990. Testing soil for phosphorus. *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA Book Series: 3.
5. Holford, I.C.R., 1997. Soil Phosphorus: its measurement and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.*, 35, 227-39.
6. Kamprath E.J. and Watson, M.E., 1980. 1980. The Role of Phosphorus in Agriculture, Chapter 16. ASA-CSSA-SSSA, USA.
7. MAFF, 1988. Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. HMSO, London.
8. Μήτσιος, Ι.Κ., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
9. Μήτσιος, Ι.Κ. et al., 2000. Εδαφολογική Μελέτη και Εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτήματος του Π.Θ. στην περιοχή Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
10. Morgan, M.A., 1997. Phosphorus Loss from Soil to Water, Chapter 6. CAB International, UK.
11. Nelson, R.E., 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA-SSSA, USA.
12. Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA-SSSA, USA.
13. Ritchie, G.S.P. and Weaver, D.M. 1993. Phosphorus retention and release from sandy soils of the Peel-Harvey catchment. *Fertilizer Research*, 36, 115-122.
14. Rowell, D.L., 1995. Soil Science, Methods and Application. Longman Group UK.
15. Sample, E.C., Soper, R.J. and Racz, G.J., 1980. The Role of Phosphorus in Agriculture, Chapter 11. ASA-CSSA-SSSA, USA.
16. Sharpley, A., 2000. Handbook of Soil Science. CRC PRESS LLC.
17. Simonis, A. B., Bladenopoulou, S.B., 1990. Residual phosphate studies on calcareous soils. *10th World Fertilizer Congress of CIEC*. Nicosia Cyprus.
18. Smyth, T.J., and P.A. Sanchez. 1980. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado Oxisol. *Agron. J.* 74: 730-735.
19. Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Soil Conservation Service. USDA. Agr. Handbook, No 436. Washington D.C. 20402. USA.
20. Tunney, H., Carton, O.T., Brookes, P.C. and Johnston A.E., 1997. Phosphorus Loss from Soil to Water, Chapter 6. CAB International, UK.