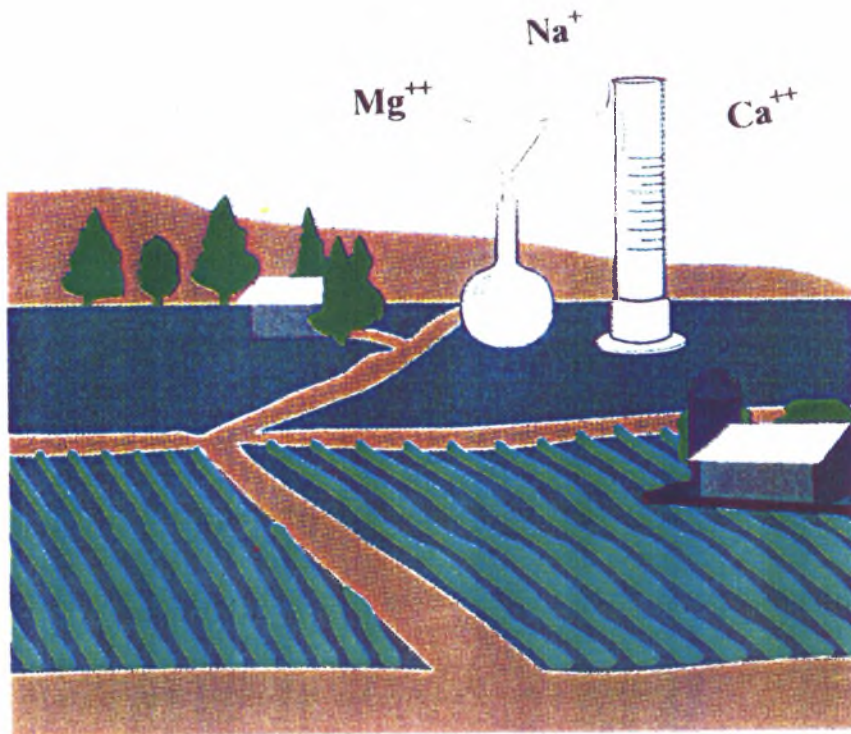


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ & ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΘΕΜΑ: «ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΓΝΩΣΤΩΝ S.A.R.
ΣΤΟ Ε.Σ.Ρ. ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΠΡΩΗΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ»**

ΦΩΤΗΣ Α. ΓΑΤΣΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 1996



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 108/1

Ημερ. Εισ.: 12-09-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1996

ΓΑΤ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070254

<<Λαχταρίζω να συλλάβω τι κρύβεται πίσω από τα φαινόμενα.
Ολοι, άνθρωποι, ζα, φυτά, άστρα είμαστε ένα, η ίδια ουσία που
μάχεται τον ίδιο φοβερό αγώνα, να μετουσιώσει την ύλη σε
πνέμα.>>

N. ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά εκφράζονται ευχαριστίες στον Καθηγητή μου κ. Ιωάννη Μήτσιο για το ερέθισμα της απασχόλησής μου με την Εδαφολογία. Επίσης τον ευχαριστώ για την επιλογή του θέματος και την θεωρητική και πρακτική κατάρτιση στο συγκεκριμένο θέμα αυτής της πτυχιακής διατριβής. Πολύτιμη στάθηκε η βοήθειά του στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση του πειράματος. Ευχαριστίες εκφράζονται επίσης, στον Δρ. Αθανάσιο Σφουγγάρη για την παροχή πληροφοριών σχετικών της λίμνης Κάρλας και στο συμφοιτητή μου Α. Κουλούρη για τη λήψη των φωτογραφιών. Ευχαριστώ επίσης τον ερευνητή Γ γεωπόνο κ. Δ. Πατέρα, για τη βοήθεια που μου παρείχε σχετικά με την επιλογή των θέσεων (τομών) για τη δειγματοληψία στη Λίμνη Κάρλα. Επίσης εκφράζω τις ευχαριστίες μου στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Ε. Σταυρινό, για τη βοήθεια του στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Πολύτιμες στάθηκαν οι διορθώσεις της εξεταστικής επιτροπής που απαρτίζεται από τους Καθηγητές στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας:

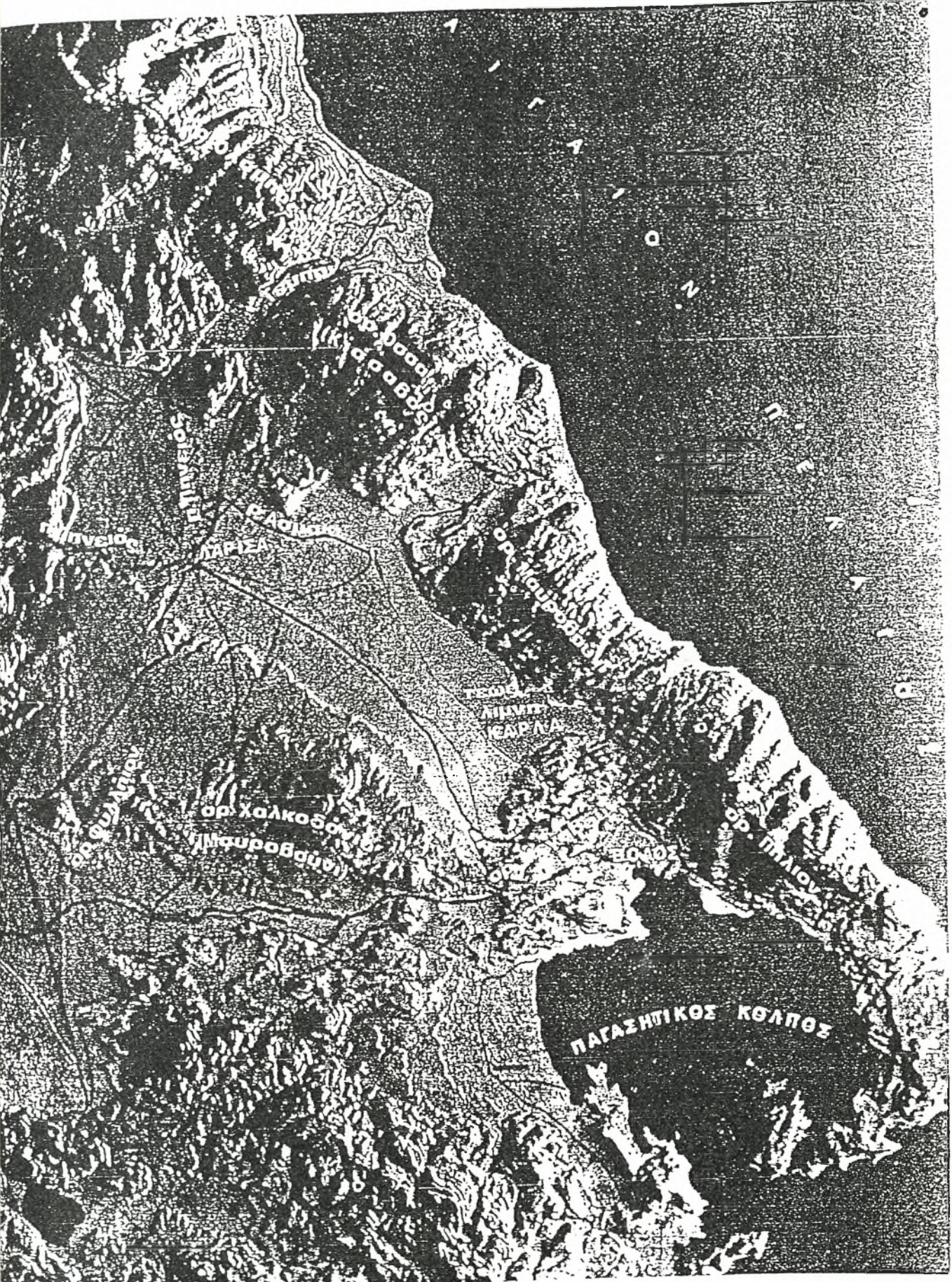
Ιωάννης Κ. Μήτσιος: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Στέργιος Θεοδωρίκας: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	5
ΜΕΡΟΣ 1ο	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15.....	51
ΜΕΡΟΣ 2ο	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	95



Σχήμα 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση περιοχής Κάρλας (φωτ. Ε.Κ.Β.Υ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η λίμνη Κάρλα ή Βοιβής, ένας από τους οικολογικά σπουδαιότερους υγρότοπους της χώρας, αποξηράνθηκε το 1962. Η αποξήρανση αποτελούσε το πρώτο μέρος μιας σειράς έργων, που σκοπό είχαν την αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής, την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων και εν συνεχεία την άρδυσή τους. Κυριότερο έργο θεωρήθηκε η κατασκευή ταμιευτήρα. Λόγω της αναστολής των έργων κατασκευής του ταμιευτήρα, μέχρι σήμερα, δεν ήταν δυνατό να ολοκληρωθούν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αποθήκευσης νερού, με αποτέλεσμα την εμφάνιση των περιβαλλοντικών συνεπειών: η εξάντληση και πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων και είσοδο σε ορισμένους από αυτούς θαλασσινού νερού, η ανεπάρκεια αρδευτικού νερού, οι κατακλύσεις των χαμηλών περιοχών και η πλημμυρική στράγγιση, η ρύπανση του Παγασητικού με βιομηχανικούς και γεωργικούς ρύπους που εισέρχονται στις τάφρους. Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε η πλούσια ιχθυοπαραγωγή, καταστράφηκε το ενδιαίτημα εκατοντάδων χιλιάδων υδρόβιων και παρα-υδάτιων πουλιών και αποκόπηκε ο σπουδαιότερος κρίκος μεταξύ των υγρότοπων της Βορείου με τη Νότιο Ελλάδα. Επίσης η περιοχή έχασε την οικολογική της ταυτότητα και τη μοναδική πολιτιστική της κληρονομιά, η οποία συνδέεται με το υγρό στοιχείο.

Μεγάλο μέρος των προβλημάτων, που υφίστανται σήμερα στην περιοχή, προήλθε από την απώλεια των πολύτιμων λειτουργιών του υγρότοπου. Οι λειτουργίες αυτές ήταν ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους, η παγίδευση πλημμυρικών νερών, η απομάκρυνση και η μετατροπή θρεπτικών στοιχείων, η κατακράτηση ιζημάτων και τοξικών ουσιών, η δέσμευση ηλιακής ακτινοβολίας και η στήριξη τροφικών αλυσίδων. Μετά το πέραςμα 34 ετών, από την αποξήρανση, οι συνθήκες του συγκεκριμένου περιβάλλοντος έχουν σαφώς μεταβληθεί. Εκτός βέβαια

από τους υδροφορείς, υποβάθμιση παρατηρείται και στα εδάφη, μετά από την υπέρμετρη και εντατική εκμετάλλευση της γης.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια προσπάθεια εξέτασης των εδαφών (ταυτοποίησή τους) καθώς και αντίδρασής τους στην εκπλύσή τους με γνωστά διαλύματα. Σκοπός αυτής της αναφοράς είναι να δημιουργηθεί ένα μοντέλο άρδευσης, για τη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό θα βοηθήσει έτσι ώστε υποβαθμισμένα εδάφη να μην υποβαθμιστούν με την άρδευση ακόμη περισσότερο, κι αν είναι δυνατόν, να βελτιωθούν. Η αλατότητα, θεωρείται ένας από τους κυριότερους παράγοντες υποβάθμισης και έλλειψης γονιμότητας των εδαφών (Μήτσιος, 1996).

1.2. ΘΕΣΗ - ΟΡΙΑ - ΕΜΒΑΔΟΝ

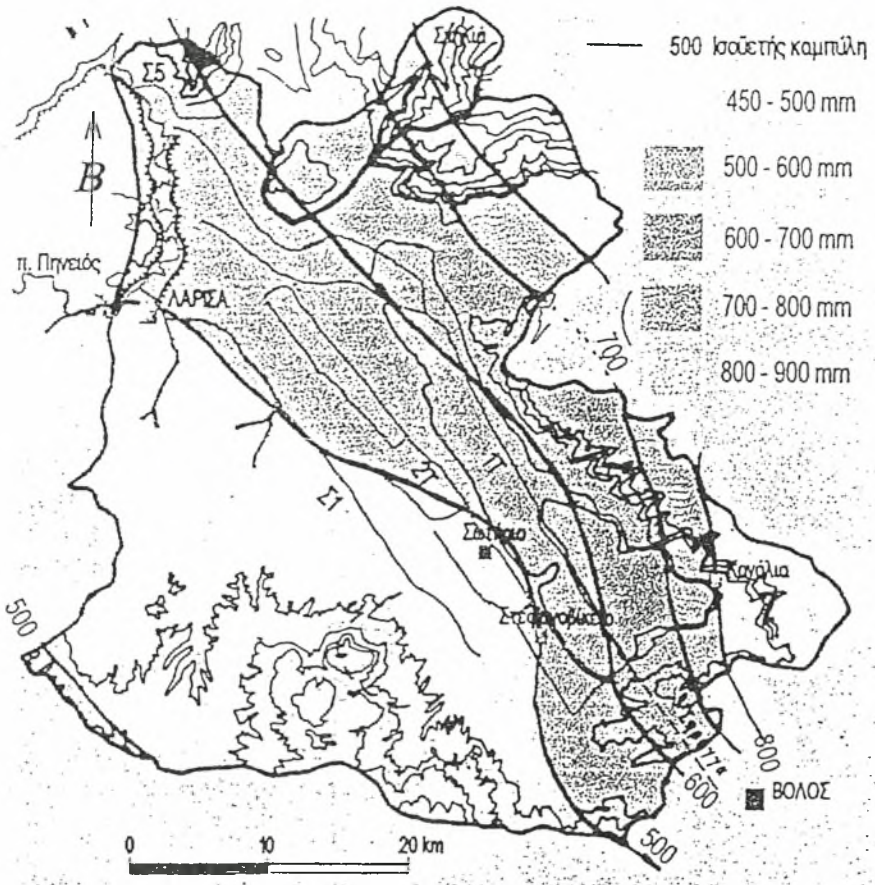
Η λεκάνη της Κάρλας κατέχει το ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35 Km και πλάτους 9-15 Km. Η λεκάνη έχει όρια στον βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Οσσας (Κίσσαβος), στην ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και του Πηλίου, στο νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη δύση το Φυλλήτον όρος. Το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης Κάρλας ανέρχεται σε 1650 Km². Στο μέσο της λεκάνης αυτής βρίσκεται το βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα τμήματα της οποίας, μέχρι το 1961, κάλυπταν τα νερά της λίμνης Κάρλας, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων και τον κύριο αποδέκτη της. Διοικητικά η λεκάνη της Κάρλας υπάγεται στους νομούς Λάρισης και Μαγνησίας.

1.3. ΑΒΙΟΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

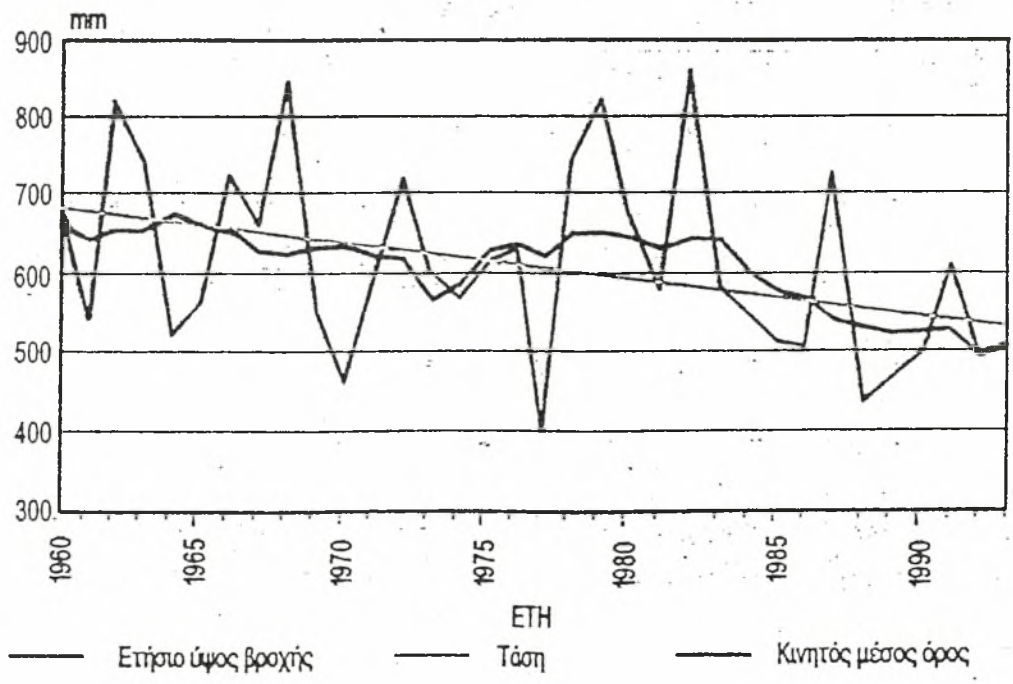
Η λίμνη Κάρλα αποτελούσε μέρος μιας, πολύ μεγαλύτερης, λίμνης που κάλυπτε προϊστορικά τον Θεσσαλικό κάμπο. Εξαιτίας του χαμηλότερου υψομέτρου της λίμνης έναντι του Πηνειού, εκτός από τα νερά της λεκάνης απορροής της, η λίμνη δεχόταν και μέρος της πλημμυρικής παροχής του ποταμού, που έφτανε σ' αυτήν μέσω του Χειμάρρου Ασμάκι. Η είσοδος πλημμυρικών νερών στην λίμνη από τον Πηνειό και τη γύρω ορεινή ζώνη, σε συνδιασμό με το βραδύ ρυθμό απομάκρυνσής τους από αυτή, εξαιτίας της εξάτμισης, της βαθιάς διήθησης καθώς και της υπερχειλίσης μέσω των καρστικών πετρωμάτων, είχε ως αποτέλεσμα το εμβαδόν της να μεταβάλλεται, ανάλογα με τη σχέση μεταξύ εισροών και εκροών, από 4.500 ως 18.000 ha, που αποτελούσαν το μόνιμο εμβαδόν της, 18.200 ha της ευρύτερης περιοχής υπέφεραν από πλημμύρες, με δυσμενείς ως καταστρεπτικές συνέπειες στην απόδοση των καλλιεργειών, εξαιτίας της ελλείψεως οξυγόνου στο έδαφος και της δημιουργίας παθογενών εδαφών από συγκέντρωση αλάτων.

1.4. ΚΛΙΜΑ

Το μικροκλίμα της περιοχής, σύμφωνα με το γεωργικό μέρος της μελέτης των εγγειοβελτιωτικών έργων Θεσσαλίας 1987, είναι Μεσογειακού ηπειρωτικού χαρακτήρα, λόγω του μεγάλου ετήσιου θερμομετρικού εύρους, $> 20^{\circ}\text{C}$, του θερμού και ξηρικού θέρους και του ψυχρού και υγρού χειμώνα. Με βάση τα ετήσια βροχομετρικά δεδομένα 34 ετών (1960-1993) από 13 σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται εντός και γύρω από τη λεκάνη απορροής της Κάρλας, χαράχθηκαν με τη μέθοδο της παρεμβολής (Kriging) οι ετήσιες ισοϋετείς καμπύλες. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, το δυτικό τμήμα της περιοχής δέχεται το μικρότερο ετήσιο ύψος βροχής, ενώ αυξάνεται προοδευτικά προς τα ανατολικά.



Σχήμα 2. Ισουετείς καμπύλες ευρύτερης περιοχής Κάρλας (φωτ. Ε.Κ.Β.Υ.).



Διάγραμμα 1. Ετήσια ύψη βροχής, κινητός μέσος όρος και γραμμική τάση των ετήσιων υψών βροχής.

1.5. ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΕΔΑΦΟΣ

Η περιοχή της Κάρλας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που σχηματίστηκε κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους (Καλλέργης και Παπανικολάου 1979). Ακολούθησε πλήρωσή του με υλικά που μετέφερε ο Πηνειός και οι γύρω απ' αυτόν χειμάρροι από τις λεκάνες απορροής τους. Το κεντρικό τμήμα, στη μεγαλύτερή του έκταση, όπως φαίνεται από το απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη (κλίμακα 1:200.000, ΙΓΜΕ 1983), αποτελείται από μεγάλου πάχους λεπτόκοκκες νεογενείς αποθέσεις, ενώ στην περιμετρική ζώνη επικρατούν μικρότερου πάχους στρώσεις αδρομερέστερων υλικών, που προέρχονται από τους κώνους των χειμάρρων και το κορύματα των κλιτύων. Οι ορεινοί όγκοι που περιβάλλουν την πεδιάδα από ΒΑ, αποτελούνται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα ταλκικών σχιστολίθων και χλωρωτικών γνευσίων, που φθάνουν μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου, και στη συνέχεια από καρστικοποιημένα μάρμαρα. Σχιστολιθικοί θύλακες, εντός των μαρμάρων, εμφανίζονται στα βόρεια και νότια του χωριού Κανάλια, ενώ οι ίδιοι σχηματισμοί συνεχίζονται και στα ΝΑ. Στο ΝΔ τμήμα η πεδιάδα καλύπτεται από τους αργιλλικούς όγκους του Πλειοκαίνου.

Η ευρύτερη περιοχή της Κάρλας, σύμφωνα με την αναγνωριστική εδαφολογική μελέτη περιοχών Κάρλας και Παρακαρλίων (Τζιώλας, 1988), κατέχει έκταση 42.500 ha. Απ' αυτά τα 34.500 ha αποτελούν την καλλιεργούμενη έκταση, που ανήκει στους ιδιώτες, τα 2.000 ha κατέχουν οι οικισμοί, ενώ το υπόλοιπο 6.000 ha αποτελούν τα εδάφη που βρίσκονταν σε μόνιμη κατάκλυση πριν από την αποξήρανση της λίμνης και ανήκουν στο δημόσιο. Από την τελευταία κατηγορία τα 4.000 ha δίνονται προσωρινά για καλλιέργεια ετήσιας παραγωγής (κυρίως βαμβάκι) και τα υπόλοιπα 2.000 ha κατακλύζονται προσωρινά. Οι τύποι εδαφών που παρουσιάζονται (ανάλογα με το μητρικό υλικό των ορεινών τμημάτων που τα περιβάλλουν) είναι οι εξής: Entisols, Inceptisols, Moltisols και Vertisols. Σ' ολόκληρη την έκταση της μελετούμενης περιοχής υπάρχουν μικρές κηλίδες αλκαλιωμένων εδαφών.

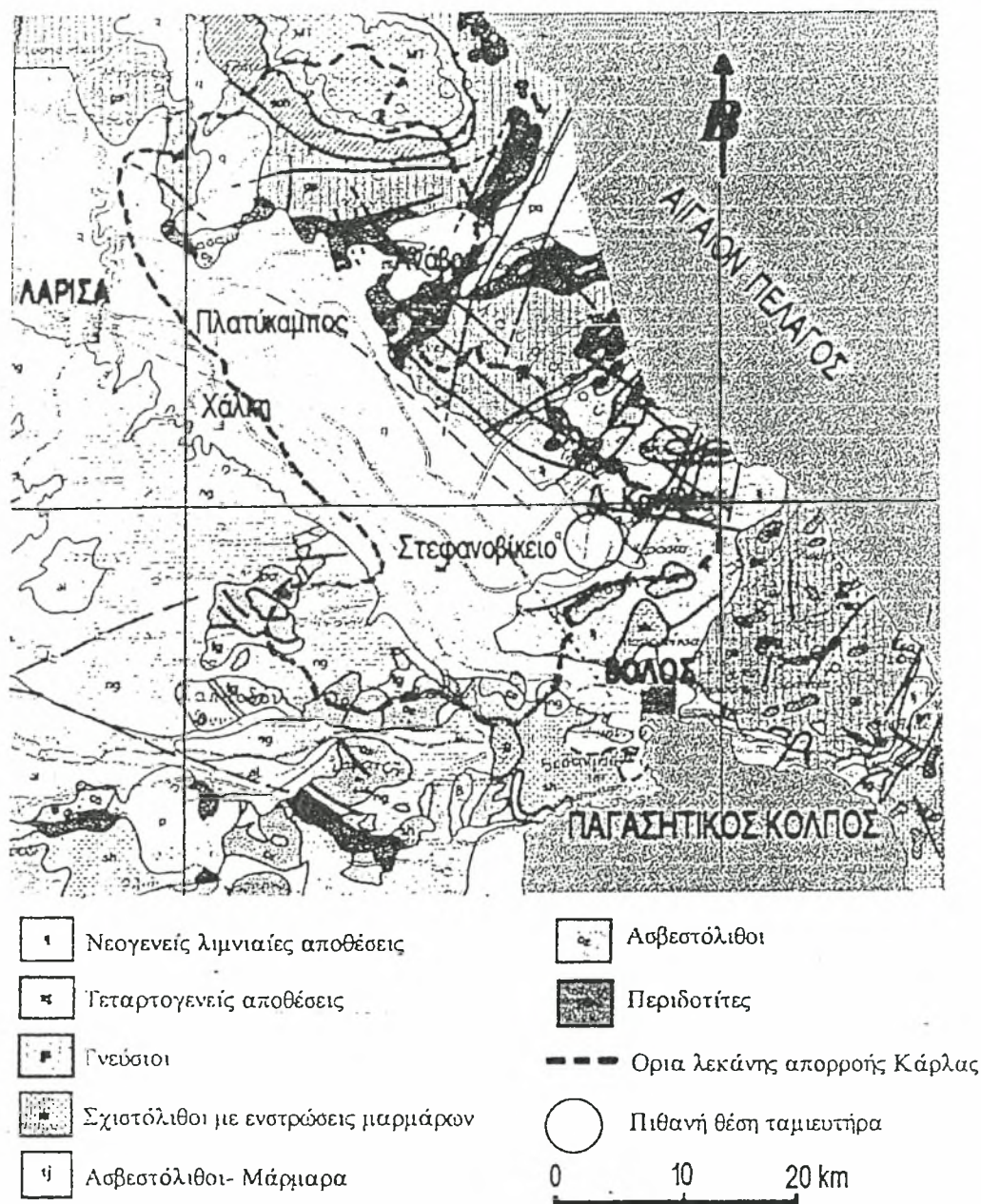
1.6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Εξαιτίας των αδιαπέραστων στρωμάτων, που εκτείνονται σ' ολόκληρη την πεδινή περιοχή, υπάρχει ελάχιστη τροφοδοσία των υδροφορέων από την άμεση διήθηση των υδάτων της βροχής. Η κύρια τροφοδοσία των υδροφορέων, στην ανατολική πεδιάδα της Θεσσαλίας, γίνεται είτε πλευρικά από τις κοίτες των υδατορευμάτων είτε από τους ΝΔ και Δ ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν (SOGREAH 1974, Θάνος 1993). Αντίθετα δεν υπάρχει τροφοδοσία των υδροφορέων από τα ορεινά συγκροτήματα της Α και ΒΑ πλευράς, που περιβάλλουν την περιοχή, τα οποία ύδατα των ορεινών συγκροτημάτων, κατά τον Θάνο (1993), ο οποίος επικαλείται και τη γνώμη κι άλλων υδρογεωλόγων, στραγγίζουν βραδέως και σταθερά δια των ρηγματώσεων του ορεινού συγκροτήματος Α και ΒΑ προς το Αιγαίο που απέχει μόνο 10 Km από τα ανατολικά όρια της πεδινής έκτασης.

Ο ολικός όγκος των ποσοτήτων που εισρέουν στους υδροφορείς σύμφωνα με τη SOGREAH (1974), είναι περιορισμένος. Λόγω της περιορισμένης τροφοδοσίας συνίσταται ελεγχόμενη εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων της περιοχής. Η ανεξέλεγκτη εκτέλεση γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή για την ικανοποίηση αρδευτικών, αστικών και βιομηχανικών αναγκών και η υπεράντληση των υδροφορέων, σε συνδυασμό με την παρατηρηθείσα μείωση των βροχοπτώσεων τα τελευταία ετη, προκάλεσαν σοβαρή πώση της υπόγειας στάθμης (Θάνος 1993). Συνέπεια αυτού είναι η αύξηση των δαπανών ενέργειας για άντληση, ανά μονάδα όγκου νερού, ενώ υπάρχει ο κίνδυνος εισόδου θαλασσινού νερού στους υδροφορείς με συνέπεια την υφαιμύρωσή τους, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη ταχείας ολοκλήρωσης των αντιπλημμυρικών και αρδευτικών έργων.

Σ' αυτό το σημείο αναφέρεται ότι από πολύ παλιά είχε επισημανθεί το πρόβλημα της αλατότητας στα νερά της λίμνης. Έτσι από τα πρώτα αποστραγγιστικά έργα (Παπαδάκης, 1956) ο σχεδιασμός τους έγινε έτσι ώστε να διαχωρίζονται τα αβλαβή από τα επιβλαβή ύδατα και για το λόγο αυτό χωρίστηκε το δίκτυο σε υψηλής και χαμηλής ζώνης. Σαν επιβλαβή ύδατα αναφέρονται αυτά με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, επιβλαβή για τα καλλιεργούμενα φυτά.

Σύμφωνα με μετρήσεις της ΥΕΒ (έκθεση ερευνητικής ομάδας υπαλλήλων Υπουργείου Γεωργίας) το νερό των τάφρων περιέχει σημαντικό ρυπαντικό φορτίο και αυξημένη συγκέντρωση αλάτων που φθάνει τα 3.000 μmhos/cm. Κατά την παραμονή των υδάτων στους ταμιευτήρες (σύνολο έξι) δεν απαλλάσσονται από τα άλατα, τα οποία αποτίθενται τελικά στα εδάφη που αρδεύονται μ' αυτά. Η μακροχρόνια εφαρμογή των νερών αυτών στα εδάφη θα προκαλέσει στο μέλλον προβλήματα παθογένειας (FAO- Water quality for agriculture 1989). Εκτός βέβαια από αυτό το πρόβλημα οι καλλιέργειες στη συγκεκριμένη περιοχή απειλούνται και με περιοδικές κατακλύσεις. Αυτά τα προβλήματα οφείλονται σύμφωνα με τον (Χατζηλάκο 1992) στη μη ολοκλήρωση των αντιπλημμυρικών και στραγγιστικών έργων.



Σχήμα 3. Γεωλογικός χάρτης (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.).

ΜΕΡΟΣ 1ο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σ' αυτό το μέρος της εργασίας περιέχονται όλες οι απαραίτητες μέθοδοι και τα στοιχεία για την ταξινόμηση και αναγνώριση των εδαφών. Στο τέλος αυτού του μέρους παρουσιάζεται πίνακας με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των δειγμάτων εδάφους. Οι παρακάτω αναλύσεις έγιναν το καλοκαίρι του 1995.

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

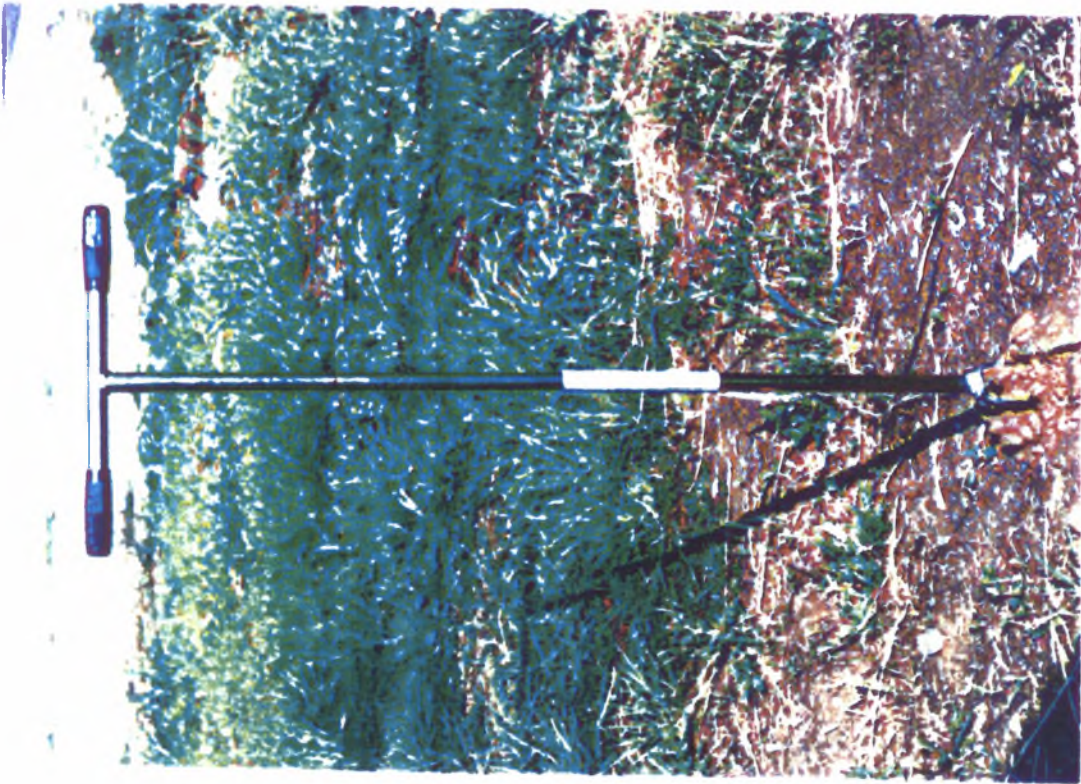
Ο δια φυσικών και χημικών μεθόδων έλεγχος ενός εδάφους περιλαμβάνει τα εξής τέσσερα στάδια:

1. Τη δειγματοληψία στον αγρό.
2. Τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών αυτού.
3. Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
4. Το χαρακτηρισμό του εδαφικού τύπου.

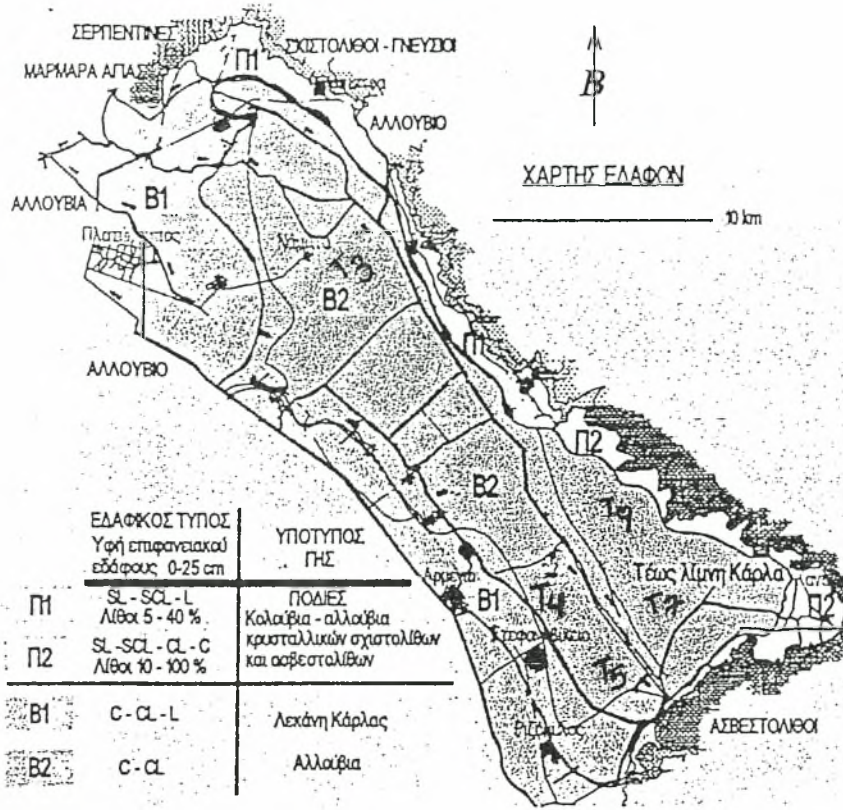
2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων είναι η πλέον ενδιαφέρουσα φάση της όλης εδαφολογικής ανάλυσης, δεδομένου ότι ένα μη αντιπροσωπευτικό δείγμα μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη γνωμάτευση. Παράγοντες οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη δειγματοληψία είναι:

- Εκταση της προς μελέτη περιοχής.
- Βάθος δειγματοληψίας.
- Αριθμός και κατανομή των σημείων δειγματοληψίας.
- Εποχή δειγματοληψίας και υγρασία εδάφους.
- Μεταφορά και προετοιμασία των δειγμάτων.



Εικόνα 1. Δειγματοληπτής εδάφους.



Σχήμα 4. Χάρτης εδαφών περιοχής Κάρλας (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.).



Σχήμα 5. Χάρτης αλατούχων-αλκαλιωμένων εδαφών περιοχής Κάρλας (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.).

2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ - ΥΛΙΚΑ

Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να ληφθούν, όσο το δυνατό, αντιπροσωπευτικότερα δείγματα από την περιοχή της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας. Τα δείγματα ελήφθησαν σε βάθος 0-30 cm. Αποφεύχθησαν σημεία, όπως πλαγιές λόφων, ρυάκια ή κοντά σε δρόμους, για αποφυγή σφαλμάτων κατά τις αναλύσεις. Ακολουθήθηκε η κλασσική μέθοδος. Τα εδαφικά δείγματα, ποσότητα περίπου 5 kg, τοποθετήθηκαν σε ειδικές σακούλες πλαστικού με ταμπέλες, στις οποίες αναγράφηκαν τα χαρακτηριστικά τους όπως βάθος τομής, αριθμός τομής, τοποθεσία και είδος καλλιέργειας. Ταυτόχρονα οι τομές σημειώνονταν στον εδαφολογικό χάρτη της περιοχής. Η λήψη των εδαφών πραγματοποιήθηκε καλοκαίρι.

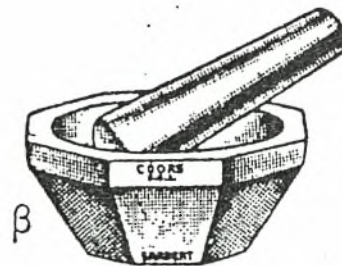
Η ξήρανση του χώματος έλαβε χώρα σε πάγκους στο εργαστήριο. Η χρονική διάρκεια της ξήρανσης κυμάνθηκε από δύο ως πέντε ημέρες. Αυτό συνέβει εξαιτίας της διαφορετικής καλλιέργειας. Έτσι δείγματα από αγρούς, που καλλιεργούνταν με βαμβάκι, χρειάστηκαν περισσότερες μέρες ξήρανσης από ότι άλλα δείγματα που ελήφθησαν από σιτοκαλλιέργειες ή λειβάδια.

2.3. ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ - ΚΟΝΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η επόμενη διαδικασία ήταν ο τεμαχισμός, η θράυση των ορυκτών της αργίλου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια γουδιών από πορσελάνη ή από κατάλληλα μέταλλα. Υπάρχουν επίσης ειδικοί αυτοματοποιημένοι μύλοι που "αλέθουν" το χώμα. Το εργαστήριο Εδαφολογίας του Π.Θ. είναι εφοδιασμένο με το μύλο του τύπου αυτού. Κατά την τριβή των δειγμάτων επιδείχθηκε μεγάλη προσοχή κι αυτό γιατί πρέπει να αποφεύγεται η θράυση τεμαχιδίων πετρωμάτων, ανθρακικού ασβεστίου, κογχυλίων κ.λ.π. Τα παραπάνω υλικά απομακρύνονταν κατά τη διάρκεια της εργασίας. Αντίθετα, σε περιπτώσεις που απαιτείται η γνώση του συνόλου του υπάρχοντος ανθρακικού ασβεστίου, η κονιοποίηση των ασβεστολιθικών τεμαχιδίων, επιβάλλεται.

2.4. ΚΟΣΚΙΝΙΣΗ

Μετά την κονιοποίηση του εδαφικού δείγματος ακολουθήθηκε η κοσκίνιση αυτού με κόσκινο κυκλικών οπών διαμέτρου 2 mm. Τα συγκρατούμενα στερεά συστατικά του εδάφους απορρίφθηκαν. Αντίθετα τα, διερχόμενα του κοσκίνου, στερεά συστατικά του εδάφους συγκεντρώθηκαν. Τα τεμαχίδια αυτά έχουν διαστάσεις μικρότερες των 2 mm, χαρακτηρίζονται ως "αεροξηραθέν έδαφος" ή ως "αεροξηραθείσα λεπτή γή" (Αλεξιάδης, 1980).



Εικόνα 1,β. Διάφοροι τύποι ιγδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Με τη μηχανική ανάλυση ή με την κοκκομετρική ανάλυση προσδιορίζεται η κατανομή των διαφόρου μεγέθους ανόργανων στερεών τεμαχιδίων του εδάφους. Το στοιχείο αυτό είναι θεμελιώδες για την εκτίμηση ενός εδάφους και απαραίτητο για μελέτες που αφορούν την ταξινόμηση, μορφολογία και εδαφογένεση των εδαφών. Η στερεά φάση του εδάφους δε συνίσταται μόνον από πρωτογενείς μονάδες, αλλά και από δευτερογενή τεμαχίδια, τα οποία προήλθαν από τη συσσωμάτωση των πρωτογενών. Γι' αυτό το λόγο, πριν τη μηχανική ανάλυση, απαιτείται προκατεργασία του εδάφους προς καταστροφή με διαμερισμό των συσσωματωμάτων, όπως προαναφέρθηκε. Η μηχανική σύσταση ενός εδάφους, αναφέρεται στις αναλογίες άμμου, ίλους, και αργίλλου κόκκων του εδάφους, που έχουν διάμετρο μικρότερη των 2 mm. Οι κόκκοι του εδάφους, ανάλογα με τις διαστάσεις τους, κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες και τούτο ανεξάρτητα της χημικής και ορυκτολογικής συστάσεώς τους.

Οι κατηγορίες αυτές των κόκκων του εδάφους, ονομάζονται μηχανικά κλάσματα του εδάφους. Τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους, περιγράφονται ως κατωτέρω: Άμμος με διάμετρο $> 0,005$ mm, Ίλος με διάμετρο 0,05-0,002 mm, Αργίλος με διάμετρο $< 0,002$ mm. Η διαδικασία προσδιορισμού της εκατοστιαίας αναλογίας των μηχανικών κλασμάτων, καλείται μηχανική ανάλυση του εδάφους.

3.2 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ

Η ορυκτολογική σύσταση των μηχανικών κλασμάτων είναι διάφορη. Τα χονδρόκοκκα κλάσματα της άμμου αποτελούνται από θραύσματα πετρωμάτων και ορυκτών, ενώ τα λεπτόκοκκα και η ίλος, προέρχονται κυρίως από πρωτογενή ορυκτά.

Η ορυκτολογική σύνθεση αυτών, εξαρτάται κυρίως εκ του μητρικού υλικού (πετρώματος), εκ του οποίου προήλθαν τα εδαφικά υλικά, όπως επίσης και από τις μεταβολές που υπέστησαν εκ της δράσεως των λοιπών παραγόντων της εδαφογένεσης.

Η άργιλος αποτελείται από δευτερογενή κυρίως αργιλοπυριτικά ορυκτά και από άμορφα οξείδια του πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου. Τα κλάσματα της άμμου και της ιλύος, είναι χημικά αδρανή και θεωρούνται ότι αποτελούν το σκελετό του εδάφους. Τα ορυκτά της αργίλου, έχουν μεγάλη επιφάνεια, φέρουν αρνητικά ηλεκτρικά φορτία και ενεργούν ως ιοντο-εναλλάκτες, με αποτέλεσμα των εναποθήκευση θρεπτικών στοιχείων, τα οποία αποδίδονται στα φυτά.

3.3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Γ. ΒΟΥΓΙΟΥΚΟΥ

3.3.1. Αντιδραστήρια:

Μεταφωσφορικό Νάτριο (NaPO_3)_x: Διάλυμα 1%. Απαιτούμενη ποσότητα 40ml ανά δείγμα.

3.3.2. ΟΡΓΑΝΑ:

- Υάλινοι κύλινδροι ύψους 47 cm και εσωτερικής διαμέτρου 6,5 cm με χαραγή στα 1130 ml.
- Ηλεκτρικός αναδευτήρας πολύστροφος (περίπου 9.000 στροφές ανά λεπτό)
- Αναδευτήρας αναταράξεως δείγματος εντός του κυλίνδρου δια της χειρός
- Θερμόμετρο (σε βαθμούς °F)
- Υάλινα ποτήρια ζέσεως 400 ml
- Ειδικό πυκνόμετρο Βουγιούκου
- Χρονόμετρο

3.3.3. ΜΕΘΟΔΟΣ

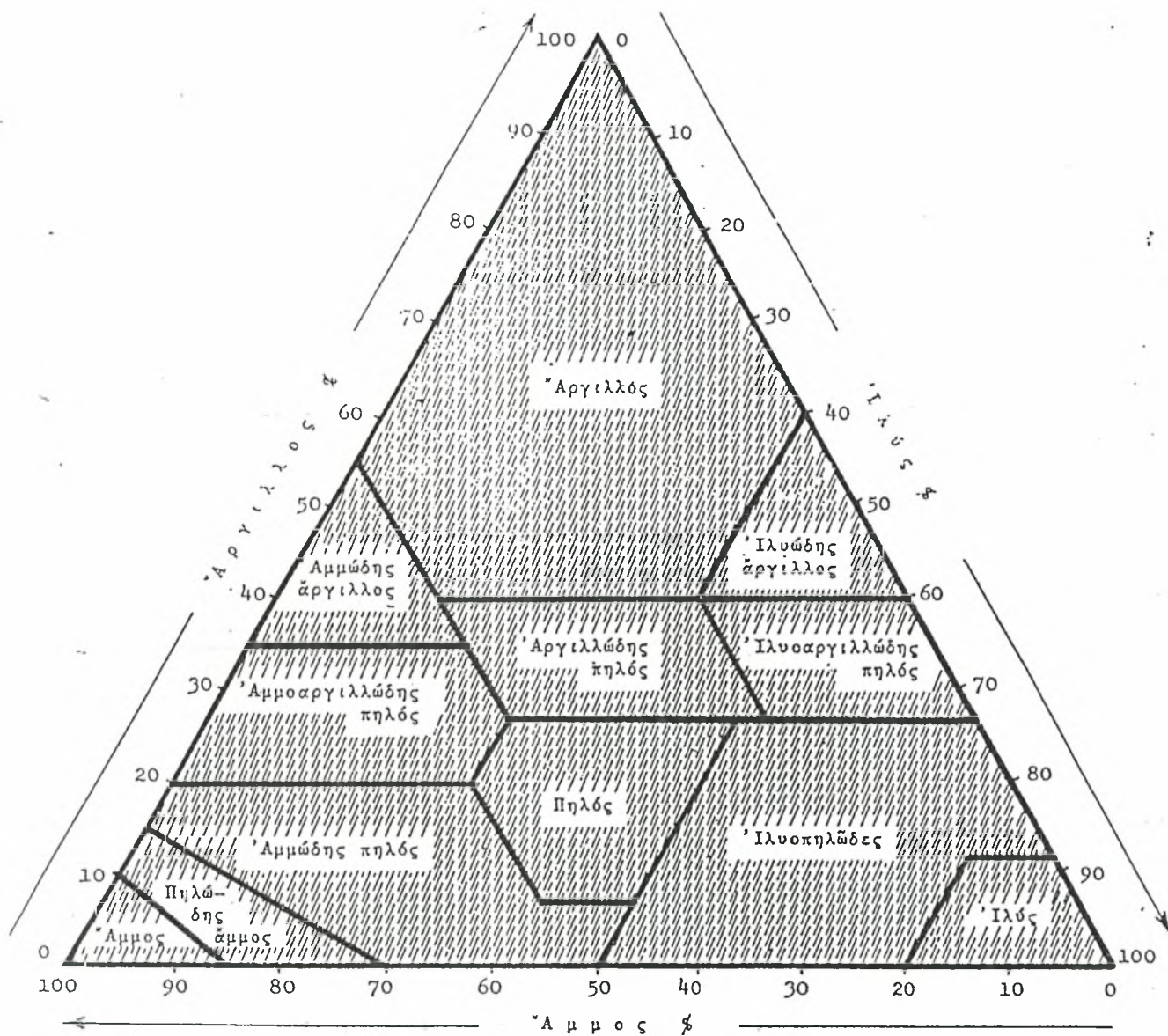
Ζυγίζονται 50 γραμμάρια εδάφους, υπολογισμένου ως ξηρού, και τοποθετούνται σε ποτήρι 400 ml. Προστίθεται νερό, απεσταγμένο, ώστε η στοιβάδα τούτου άνω της επιφανείας του δείγματος να έχει πάχος 2-3 εκατοστά, και αφήνεται μέχρι την επόμενη μέρα. Αν το υπερκείμενο νερό βρεθεί διαυγές αποχύνεται μετά προσοχής και αντικαθίσταται ανά 24 ώρες μέχρις ότου αυτό παραμένει θολό. Αυτό συμβαίνει σε αλατούχα εδάφη, των οποίων τα άλατα επιφέρουν θρόμβωση των κολλοειδών, οπότε με τις εκπλύσεις απομακρύνονται τα άλατα και η κολλοειδής διασπορά παραμένει σταθερή.

Στο ποτήρι προσθέτονται 40 ml του διαλύματος του διασπορικού, μεταφέρεται το περιεχόμενο στο δοχείο αναταράξεως της συσκευής Βουγιούκου, συμπληρούμενο με απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 600 ml περίπου. Τοποθετείται το δοχείο στη συσκευή αναταράξεως και αναταράσσεται το περιεχόμενο επί 15 λεπτά (συνήθη εδάφη) ή ως 30 λεπτά (αργιλώδη).

Μετά την ανακίνηση μεταφέρεται το αιώρημα σε υάλινο κύλινδρο ύψους 47 cm και συμπληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή των 1130 ml. Αναδεύεται το αιώρημα δι' απανειλημμένων αναστροφών του κυλίνδρου μέχρις ομογενοποίησης του αιωρήματος και αφήνεται σε ηρεμία, ενώ συγχρόνως μετρίεται ο χρόνος από την έναρξη της ηρεμίας και συνέχεια. Μετά το πέρασμα 30'' στο υγρό εισάγεται το υδρόμετρο Βουγιούκου (ειδικό πυκνόμετρο) και στα 40'' σημειώνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου. Μετά την πυκνομέτρηση το υγρό θερμομετρείται και σημειώνεται η αντίστοιχη θερμοκρασία στην αντίστοιχη πυκνομέτρηση.

3.3.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τον υπολογισμό του ποσοστού επί τοις εκατό της άμμου χρησιμοποιείται ο τύπος $100-(A+\Delta)*100/50$ όπου A είναι η πρώτη ένδειξη και Δ η διόρθωση σύμφωνα με συγκεκριμένους πίνακες. Για την άργιλο χρησιμοποιείται ο τύπος $(A_2+\Delta)*100/50$ όπου A_2 είναι η δεύτερη ένδειξη και Δ η διόρθωση. Η Ιλύς δίνεται από τον τύπο $100-(\text{άμμος}+\text{άργιλος})$. Όλες οι τιμές είναι ποσοστά επί τοις εκατό. Αφού υπολογιστούν τα ποσοστά με τη βοήθεια του ειδικού τριγώνου χαρακτηρίζεται το έδαφος.



Σχήμα 6. Διάγραμμα κατατάξεως των εδαφών με βάση τη μηχανική τους σύσταση, κατά το αμερικανικό σύστημα.

Πίνακας 1. Διορθώσεις πυκνομέτρου Βουγιούκου σε θερμοκρασία 20 °C.

Τ ^ο C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>Λατρουύνται</u>										
8	4,12	4,08	4,05	4,01	3,98	3,94	3,90	3,87	3,83	3,80
9	3,76	3,72	3,69	3,65	3,62	3,58	3,54	3,51	3,47	3,44
10	3,40	3,36	3,33	3,29	3,26	3,22	3,18	3,15	3,11	3,08
11	3,04	3,00	2,97	2,93	2,90	2,86	2,82	2,79	2,75	2,72
12	2,68	2,64	2,61	2,57	2,54	2,50	2,46	2,43	2,39	2,36
13	2,32	2,28	2,25	2,21	2,18	2,14	2,10	2,07	2,03	2,00
14	1,96	1,92	1,89	1,85	1,82	1,78	1,74	1,71	1,67	1,64
15	1,60	1,56	1,53	1,49	1,45	1,42	1,39	1,35	1,31	1,28
16	1,24	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,92
17	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56
18	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,34	0,30	0,27	0,23	0,20
19	0,16	0,12	0,09	0,05	0,02					
<u>Προστίθενται</u>										
19						0,02	0,06	0,09	0,13	0,16
20	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
21	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,78	0,84	0,85	0,88
22	0,92	0,96	0,99	1,03	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,24
23	1,28	1,32	1,35	1,39	1,42	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60
24	1,64	1,68	1,71	1,75	1,78	1,82	1,86	1,89	1,93	1,96
25	2,00	2,04	2,07	2,11	2,14	2,18	2,22	2,25	2,29	2,32
26	2,36	2,40	2,43	2,47	2,50	2,54	2,58	2,61	2,65	2,68
27	2,72	2,76	2,79	2,83	2,86	2,90	2,94	2,97	3,01	3,04
28	3,08	3,12	3,15	3,19	3,22	3,26	3,30	3,33	3,37	3,40
29	3,44	3,48	3,51	3,55	3,58	3,62	3,66	3,69	3,73	3,76
30	3,80	3,84	3,87	3,91	3,94	3,98	4,02	4,05	4,09	4,12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΤΟ pH ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

4.1. Το pH δίνει μια εικόνα της οξύτητας του εδάφους. Το pH των διαλυμάτων εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Στα εδάφη όμως το pH δεν αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση, μόνο, των ιόντων υδρογόνου, στο εδαφικό διάλυμα, αλλά επηρεάζεται από το είδος και την ποσότητα των υπάρχοντων εναλλακτικών κατιόντων. Επίσης στο pH των εδαφών επιδρούν οι παράγοντες: α) Σύσταση και συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων, συμπεριλαμβανομένου και αυτά του διοξειδίου του άνθρακα, β) Η παρουσία ή απουσία γύψου και επίσης των ανθρακικών αλάτων των αλκαλικών γαιών (Ca, Mg). Εδώ σημειώνεται ότι το pH δε συμβάλλει στον προσδιορισμό των ποσοτήτων ασβεστίου, που απαιτούνται να προστεθούν στο όξινο έδαφος, για να ανυψωθεί το pH του εδάφους αυτού. Κι αυτό γιατί τα διάφορα εδάφη διαφέρουν ως προς τη ρυθμιστική τους ικανότητα.

Το pH ενός διαλύματος ορίζεται από τη σχέση: $pH = -\log(H^+)$ όπου $(H^+) = \gamma[H^+]$, γ είναι ο συντελεστής ενεργότητας του H^+ και $[H^+]$ είναι η συγκέντρωση ιόντων H^+ σε mol/l (Μήτσιος, 1994). Κατά τη μέτρηση του pH, θεωρείται σαν pH του εδάφους το pH του εδάφους το pH του εδαφικού διαλύματος

4.2. ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στη μέθοδο μέτρηση του pH πάστας, ο προσδιορισμός γίνεται με τη βοήθεια πεχαμέτρου που είναι εφοδιασμένο με ενδεικτικό ηλεκτρόδιο υάλου και αισθητήριο θερμοκρασίας. Επομένως το pH προσδιορίζεται βάσει του τύπου: $pH = E - K/0,0001982 * T$ όπου E: Η.Ε.Δ. σε Volt που παράγεται στο σύστημα: Ag, AgCl/HCl/ύαλος/δείγμα/KCl/Hg/Hg₂Cl₂. K: σταθερά σε Volt της υάλου. T: η θερμοκρασία (Παξινός, 1967).

4.3. ΜΕΘΟΔΟΣ

4.3.1. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

α) Buffer pH 7,02

β) Buffer pH 4,00

4.3.2. ΟΡΓΑΝΑ

Ηλεκτρικό πεχάμετρο

4.3.3. ΜΕΤΡΗΣΗ

Αφού ζυγιστούν 20 gr εδάφους προστίθενται 20 ml απεσταγμένου νερού, αναλογία 1 : 1. Με υάλινη ράβδο αναδεύουμε για 15 min περίπου. Το ευρισκόμενο σε σημείο κορεσμού μίγμα εδάφους-νερού καλείται εδαφική πάστα. Το σημείο αυτό κορεσμού πρέπει να έχει επαναληψιμότητα στην περιοχή $\pm 5\%$.

Το πεχάμετρο βαθμονομείται με τα ειδικά Buffers. Η εδαφική πάστα αφήνεται να ηρεμήσει για μια ώρα περίπου ενεργοποιώντας τη διαδικασία της μέτρησης εμβαπτίζεται το ηλεκτρόδιο στην πάστα και παίρνεται η τιμή του pH.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ

5.1. Ως επί τοις εκατό ανθρακικό ασβέστιο, % CaCO₃, ορίζεται το σύνολο των ανθρακικών αλάτων που περιέχονται σε 100 gr ξηρού εδάφους, εκφρασμένο σε g CaCO₃. Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ανθρακικό ασβέστιο κυμαίνεται από ιχνών μέχρι και 70% του συνόλου της εδαφικής μάζας. Το ανθρακικό ασβέστιο είναι δυνατόν να βρίσκεται σ' όλα τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος), σε ποσότητες οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους από κλάσμα σε κλάσμα..

5.2. ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ο προσδιορισμός του επί τοις εκατό ανθρακικού ασβεστίου στηρίζεται στην κατάλληλη συλλογή και ογκομέτρηση του εκλυόμενου CO₂, το οποίο παράγεται κατά την επίδραση διαλύματος υδροχλωρικού οξέως στα ανθρακικά άλατα του εδάφους και περιγράφεται από την παρακάτω αντίδραση:



5.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Δείκτης methylorange
- β) Διάλυμα πληρώσεως ασβεστομέτρου Bernard.
- γ) Διάλυμα HCl 4N

5.4. ΟΡΓΑΝΑ

Ασβεστόμετρο Bernard.

5.5. ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται επακριβώς 0,5-2,0 g εδάφους και μεταφέρονται στην κωνική φιάλη της συσκευής Bernard.. Στη συνέχεια γεμίζεται ο πλαστικός σωλήνας της συσκευής μέχρι τα 3/4 του ύψους του περιπίου με διάλυμα HCl 4N και τοποθετείται προσεκτικά μέσα στην κωνική φιάλη με το ειδικό πώμα και μηδενίζεται η στάθμη του υγρού

πληρώσεως. Με το αριστερό χέρι φέρεται το απιοειδές δοχείο της συσκευής δίπλα στη βαθμονομημένη στήλη έτσι ώστε η στάθμη του υγρού να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο τόσο στο απιοειδές όσο και στη στήλη. Ταυτόχρονα ανακινείται η κωνική φιάλη, για να έλθει το διάλυμα HCl 4N σε επαφή με το δείγμα, οπότε παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα πιέζει το υγρό πληρώσεως της βαθμονομημένης στήλης, το οποίο κατέρχεται, ενώ συγχρόνως χαμηλώνεται και το απιοειδές δοχείο. Όταν σταματήσει η έκλυση του CO₂ σημειώνεται η ένδειξη της στήλης.

5.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το %CaCO₃ υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\%CaCO_3 \text{ (gCaCO}_3\text{/100g εδάφους)} = [1,22 * V_{CO_2} * (100 + \%H_2O) / T * W_{ae}] * F_b$$

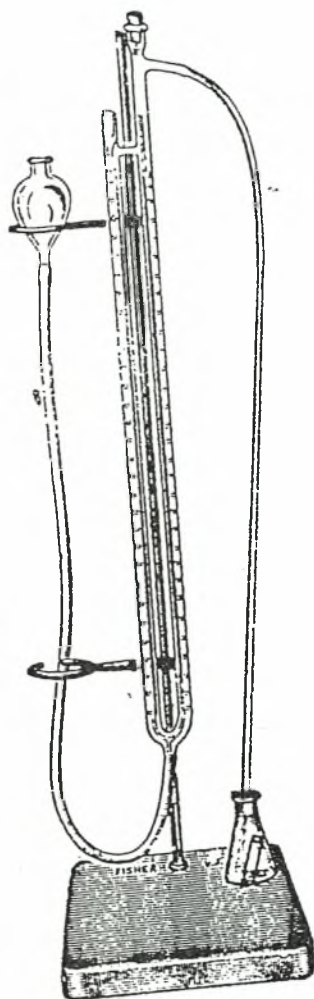
όπου: V_{CO₂} ml παραχθέντος διοξειδίου του άνθρακα

%H₂O: υγρασία του δείγματος

F_b: συντελεστής διόρθωσης του οργάνου

T: θερμοκρασία μέτρησης

W_{ae}: βάρος δείγματος.



Σχήμα 7. Συσκευή προσδιορισμού του ανθρακικού ασβεστίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

Ως οργανική ουσία εδάφους ορίζεται το οργανικό κλάσμα του εδάφους, το οποίο περιλαμβάνει τα φυτικά, ζωικά και μικροβιακά υπολείματα σ' όλα τα στάδια της αποσύνθεσής τους, καθώς και τον σχετικά ανθεκτικό εδαφικό χούμο. Η επί τοις εκατό οργανική ουσία, εκφράζει τα γραμμάρια της οργανικής ουσίας που περιέχονται σε 100 γραμμάρια εδάφους.

6.1. ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ο προσδιορισμός της % οργανικής ουσίας στηρίζεται στον προσδιορισμό του επί τοις εκατό οργανικού άνθρακα και ακολούθως τον υπολογισμό της βάσει του τύπου % οργανική ουσία = 1,724 (% οργανικός άνθρακας). Ο συντελεστής 1,724 προκύπτει θεωρώντας ότι η οργανική ουσία των εδαφών περιέχει κατά μέσο όρο 58% άνθρακα. Ο προσδιορισμός του επί τοις εκατό οργανικού άνθρακα στηρίζεται στην οξειδοαναγωγική οπισθοογκομέτρηση των $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ τα οποία δεν ανήχθησαν από τον οργανικό άνθρακα, με τιτλοδότη διάλυμα FeSO_4 και περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις:



Δεδομένου ότι κατά μέσο όρο αντιδρά μόνο το 77% του ολικού οργανικού άνθρακα, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση του συντελεστή διόρθωσης 1,3. Έτσι % οργανική ουσία = 1,724*1,3 (οργανικός άνθρακας).

6.2. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Πρότυπο διάλυμα $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N
- β) Πυκνό H_2SO_4
- γ) H_3PO_4
- δ) Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα FeSO_4 0,5N
- ε) Δείκτης διφαινυλαμίνης

6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται επακριβώς 0,2-1,0g εδάφους, κατόπιν μεταφέρονται σε ευρύλαιμη κωνική φιάλη των 500 ml, προστίθενται με σιφώνι 10 ml διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ 1N και το δείγμα ανακινείται μέχρι πλήρους διασποράς του στο διάλυμα. Στη συνέχεια προστίθενται 20 ml H_2SO_4 . Τέλος προστίθενται 200 ml νερό, 10 ml H_3PO_4 , 1 ml δείκτη και ογκομετρείται η περίσσεια του $K_2Cr_2O_7$ με τον πρότυπο τιτλοδότη, διάλυμα $FeSO_4$, μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλέ σε πράσινο. Παράλληλα εκτελείται λευκός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη. Σημειώνεται ότι ο ρόλος του H_2SO_4 είναι να προκαλεί τη ξηρή καύση, για 30' περίπου. Αν έχουν αναχθεί από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο του 75% των $Cr_2O_7^{2-}$ τότε επαναλαμβάνεται ο προσδιορισμός χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα δείγματος.

6.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η επί τοις εκατό οργανική ουσία υπολογίζεται από τον τύπο:
 $\%O.ou.=0,067*(100+\%H_2O)*(T-A)/T*W$, όπου T:ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για τον λευκό προσδιορισμό. A: ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το δείγμα.
 $\%H_2O$: υγρασία. W: βάρος του δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΦΩΣΦΟΡΟΣ

7.1 ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Η ολική περιεκτικότητα των εδαφών σε φώσφορο ποικίλλει. Εδάφη που έχουν αναπτυχθεί επί ασβεστολίθων, μαργών κ.λ.π. συνήθως είναι πλούσια ($>0,2\%$) σε ολικό φώσφορο. Αντίθετα εδάφη προερχόμενα από μη ασβεστούχα υλικά και γενικά από όξινα πετρώματα παρουσιάζονται ως πολύ φτωχά σε ολικό φώσφορο. Ο φώσφορος απαντά στο έδαφος ως απατίτης, ως φωσφορικό ασβέστιο και μαγνήσιο, ως φωσφορικός σίδηρος και φωσφορικό αργίλιο και τέλος, ως οργανικός φώσφορος. Οι ενώσεις αυτές του φωσφόρου είναι δυσδιάλυτες και κατά συνέπεια μη προσιτές στα φυτά. Οι ευδιάλυτες ενώσεις, που σχηματίζονται από τις παραπάνω ενώσεις μέσω βιοχημικών ή χημικών αντιδράσεων, αποτελούν τον αφομοιώσιμο, στα φυτά, φώσφορο των εδαφών.

Γενικά η συμπεριφορά του φωσφόρου στο έδαφος είναι πολύπλοκη και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ως φτωχά σε φώσφορο εδάφη χαρακτηρίζονται: α) Τα υψηλώς αποσαθρωμένα, όπως τα όξινα, β) Τα ασβεστούχα όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, αλλά όχι προσιτού στα φυτά, εξαιτίας της δεσμεύσεώς του από το ασβέστιο, γ) Τα οργανικά.

7.2. ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ως αφομοιώσιμος φώσφορος, ορίζονται τα mg P εδαφικού δείγματος τα οποία παραλαμβάνονται με διάλυμα 0,5N NaHCO₃, ανά 1000 γραμμάρια εδαφικού δείγματος.

Ο προσδιορισμός του αφομοιώσιμου φωσφόρου, OLSEN, ακολουθεί δύο φάσεις, πρώτον την εκχύλιση με διάλυμα NaHCO₃ και δεύτερον τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του P στο εκχύλισμα.

7.3. ANTIΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Διάλυμα **NaOH 5N**
- β) Διάλυμα **NaHCO₃ 0,5N**
- γ) Διάλυμα **H₂SO₄ 5N**
- δ) Μολυβδαινικό αμμώνιο **(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O**
- ε) Τρυγικό καλιοαντιμόνιο **KSbOC₄H₄O₆**
- στ) Δείκτης ρ νιτροφαινόλη
- ζ) Stock standard P (500mg/l)
- η) Standard διάλυμα (3mg/l)
- θ) Διάλυμα A: **(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O+H₂O+KSbOC₄H₄O₆**
- ι) Διάλυμα B: Διάλυμα ασκορβικού οξέος σε 100 ml διαλύματος A.

7.4. ΟΡΓΑΝΑ

1. Φασματοφωτόμετρο

7.5. ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται 5,0 γραμμάρια εδαφικού δείγματος και μαζί με 100 ml διαλύματος NaHCO₃ 0,5N (pH=8,5) τοποθετούνται σε φιάλη ανακίνησης, οπότε και ανακινούνται για 30 λεπτά. Κατόπιν το εκχύλισμα διηθείται με ηθμό Whatman No 40. Στη συνέχεια μεταφέρονται, με σιφώνι, 10 ml διηθήματος και 10 ml διαλύματος Standard (3mg/l) σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml, προσθέτονται 3 σταγόνες δείκτη ρ-νιτροφαινόλης και αποχρωματίζεται το διάλυμα προσθέτοντας στάγδην διάλυμα H₂SO₄ 5N, οπότε το pH του διαλύματος ισούται με 5.

Στην πράξη υπολογίζονται τα ml διαλύματος H₂SO₄ 5N που απαιτούνται για ένα δείγμα και κατόπιν προστίθεται η ίδια ποσότητα και στα υπόλοιπα. Προστίθενται 30 ml απεσταγμένου νερού και 8 ml αντιδραστήριο B. Μετά παραμονή 10 λεπτών μέτρηση γίνεται σε φασματοφωτόμετρο στα 720 nm ή 880 nm με κυψελίδα 1 cm. Ταυτόχρονα εκτελείται και τυφλός προσδιορισμός.

7.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το όργανο έχει την δυνατότητα να κατασκευάζει ευθεία (συγκέντρωση-απορρόφηση) με τη βοήθεια του απεσταγμένου νερού (0mg/l) και του standard (0,6mg/l), οπότε ο αφομοιώσιμος φώσφορος $[P]_{\text{OLSEN}}$ στο ξηρό εδαφικό δείγμα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$[P]_{\text{OLSEN}} \text{ (mgP/100g δείγματος)} = (A-T) * [100+(\%H_2O)] * 5/W, \text{ όπου}$$

A: συγκέντρωση P του δείγματος, σε mg/l

T: συγκέντρωση P του τυφλού, σε mg/l

W: βάρος του δείγματος

%H₂O: υγρασία του δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

8.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος προσδιορίζεται με μεθόδους βασισμένες στην ικανότητα των αλάτων να συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα, ως καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Εργαστηριακές μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους έδειξαν, ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας αξιόπιστος δείκτης της συγκέντρωσης των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Για πολλούς πρακτικούς λόγους η αλατότητα εκφράζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα σε μονάδες decisiemens ανά μέτρο στους 25°C .

Τρεις ομάδες παθογενών εδαφών λόγω αλάτων αναγνωρίζονται γενικώς. **ΑΛΑΤΟΥΧΑ**, **ΑΛΑΤΟΥΧΑ-ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ**, και **ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ** με Νάτριο εδάφη. Ένα κριτήριο για την ταξινόμησή τους είναι και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity) του εκχυλίσματος κορεσμού σε 25°C .

8.2. ΜΕΘΟΔΟΣ

Αρχικά πραγματοποιείται η πάστα του εδάφους. Σ' αυτό το στάδιο καταγράφονται τα cm^3 που 26 καταναλώθηκαν για την παρασκευή της πάστας κατόπιν γίνεται η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης σε Ohm . Για τους υπολογισμούς κρίνεται απαραίτητη η χρησιμοποίηση πινάκων. Έτσι με τη βοήθεια αυτών γίνεται αναγωγή της προηγούμενης μέτρησης σε σταθερή θερμοκρασία των 60°F . Τελικά γίνεται ο υπολογισμός της περιεκτικότητας των αλάτων και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού με τη χρήση και άλλου πίνακα.

Πίνακας 2.1. Για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Επίπεδο Zarechnost	Resistance when indicated resistance is -									
	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
65	1,117	2,234	3,351	4,468	5,585	6,702	7,819	8,936	10,053	11,170
66	1,123	2,246	3,369	4,492	5,615	6,738	7,861	8,984	10,107	11,230
67	1,129	2,258	3,391	4,514	5,637	6,760	7,883	9,006	10,129	11,252
68	1,135	2,270	3,413	4,536	5,659	6,782	7,905	9,028	10,151	11,274
69	1,141	2,282	3,435	4,558	5,681	6,804	7,927	9,050	10,173	11,296
70	1,147	2,294	3,457	4,580	5,703	6,826	7,949	9,072	10,195	11,318
71	1,153	2,306	3,479	4,602	5,725	6,848	7,971	9,094	10,217	11,340
72	1,159	2,318	3,501	4,624	5,747	6,870	8,000	9,116	10,239	11,362
73	1,165	2,330	3,523	4,646	5,769	6,892	8,022	9,138	10,261	11,384
74	1,171	2,342	3,545	4,668	5,791	6,914	8,044	9,160	10,283	11,406
75	1,177	2,354	3,567	4,690	5,813	6,936	8,066	9,182	10,305	11,428
76	1,183	2,366	3,589	4,712	5,835	6,958	8,088	9,204	10,327	11,450
77	1,189	2,378	3,611	4,734	5,857	6,980	8,110	9,226	10,349	11,472
78	1,195	2,390	3,633	4,756	5,879	7,002	8,132	9,248	10,371	11,494
79	1,201	2,402	3,655	4,778	5,901	7,024	8,154	9,270	10,393	11,516
80	1,207	2,414	3,677	4,800	5,923	7,046	8,176	9,292	10,415	11,538
81	1,213	2,426	3,699	4,822	5,945	7,068	8,198	9,314	10,437	11,560
82	1,219	2,438	3,721	4,844	5,967	7,090	8,220	9,336	10,459	11,582
83	1,225	2,450	3,743	4,866	5,989	7,112	8,242	9,358	10,481	11,604
84	1,231	2,462	3,765	4,888	6,011	7,134	8,264	9,380	10,503	11,626
85	1,237	2,474	3,787	4,910	6,033	7,156	8,286	9,402	10,525	11,648
86	1,243	2,486	3,809	4,932	6,055	7,178	8,308	9,424	10,547	11,670
87	1,249	2,498	3,831	4,954	6,077	7,200	8,330	9,446	10,569	11,692
88	1,255	2,510	3,853	4,976	6,099	7,222	8,352	9,468	10,591	11,714
89	1,261	2,522	3,875	4,998	6,121	7,244	8,374	9,490	10,613	11,736
90	1,267	2,534	3,897	5,020	6,143	7,266	8,396	9,512	10,635	11,758
91	1,273	2,546	3,919	5,042	6,165	7,288	8,418	9,534	10,657	11,780
92	1,279	2,558	3,941	5,064	6,187	7,310	8,440	9,556	10,679	11,802
93	1,285	2,570	3,963	5,086	6,209	7,332	8,462	9,578	10,701	11,824
94	1,291	2,582	3,985	5,108	6,231	7,354	8,484	9,600	10,723	11,846
95	1,297	2,594	4,007	5,130	6,253	7,376	8,506	9,622	10,745	11,868
96	1,303	2,606	4,029	5,152	6,275	7,398	8,528	9,644	10,767	11,890
97	1,309	2,618	4,051	5,174	6,297	7,420	8,550	9,666	10,789	11,912
98	1,315	2,630	4,073	5,196	6,319	7,442	8,572	9,688	10,811	11,934
99	1,321	2,642	4,095	5,218	6,341	7,464	8,594	9,710	10,833	11,956
100	1,327	2,654	4,117	5,240	6,363	7,486	8,616	9,732	10,855	11,978
101	1,333	2,666	4,139	5,262	6,385	7,508	8,638	9,754	10,877	12,000
102	1,339	2,678	4,161	5,284	6,407	7,530	8,660	9,776	10,899	12,022
103	1,345	2,690	4,183	5,306	6,429	7,552	8,682	9,798	10,921	12,044
104	1,351	2,702	4,205	5,328	6,451	7,574	8,704	9,820	10,943	12,066
105	1,357	2,714	4,227	5,350	6,473	7,596	8,726	9,842	10,965	12,088
106	1,363	2,726	4,249	5,372	6,495	7,618	8,748	9,864	10,987	12,110
107	1,369	2,738	4,271	5,394	6,517	7,640	8,770	9,886	11,009	12,132
108	1,375	2,750	4,293	5,416	6,539	7,662	8,792	9,908	11,031	12,154
109	1,381	2,762	4,315	5,438	6,561	7,684	8,814	9,930	11,053	12,176
110	1,387	2,774	4,337	5,460	6,583	7,706	8,836	9,952	11,075	12,198
111	1,393	2,786	4,359	5,482	6,605	7,728	8,858	9,974	11,097	12,220
112	1,399	2,798	4,381	5,504	6,627	7,750	8,880	9,996	11,119	12,242
113	1,405	2,810	4,403	5,526	6,649	7,772	8,902	10,018	11,141	12,264
114	1,411	2,822	4,425	5,548	6,671	7,794	8,924	10,040	11,163	12,286
115	1,417	2,834	4,447	5,570	6,693	7,816	8,946	10,062	11,185	12,308
116	1,423	2,846	4,469	5,592	6,715	7,838	8,968	10,084	11,207	12,330
117	1,429	2,858	4,491	5,614	6,737	7,860	8,990	10,106	11,229	12,352
118	1,435	2,870	4,513	5,636	6,759	7,882	9,012	10,128	11,251	12,374
119	1,441	2,882	4,535	5,658	6,781	7,904	9,034	10,150	11,273	12,396
120	1,447	2,894	4,557	5,680	6,803	7,926	9,056	10,172	11,295	12,418
121	1,453	2,906	4,579	5,702	6,825	7,948	9,078	10,194	11,317	12,440
122	1,459	2,918	4,601	5,724	6,847	7,970	9,100	10,216	11,339	12,462
123	1,465	2,930	4,623	5,746	6,869	7,992	9,122	10,238	11,361	12,484
124	1,471	2,942	4,645	5,768	6,891	8,014	9,144	10,260	11,383	12,506
125	1,477	2,954	4,667	5,790	6,913	8,036	9,166	10,282	11,405	12,528
126	1,483	2,966	4,689	5,812	6,935	8,058	9,188	10,304	11,427	12,550
127	1,489	2,978	4,711	5,834	6,957	8,080	9,210	10,326	11,449	12,572
128	1,495	2,990	4,733	5,856	6,979	8,102	9,232	10,348	11,471	12,594
129	1,501	3,002	4,755	5,878	7,001	8,124	9,254	10,370	11,493	12,616
130	1,507	3,014	4,777	5,900	7,023	8,146	9,276	10,392	11,515	12,638
131	1,513	3,026	4,799	5,922	7,045	8,168	9,298	10,414	11,537	12,660
132	1,519	3,038	4,821	5,944	7,067	8,190	9,320	10,436	11,559	12,682
133	1,525	3,050	4,843	5,966	7,089	8,212	9,342	10,458	11,581	12,704
134	1,531	3,062	4,865	5,988	7,111	8,234	9,364	10,480	11,603	12,726
135	1,537	3,074	4,887	6,010	7,133	8,256	9,386	10,502	11,625	12,748
136	1,543	3,086	4,909	6,032	7,155	8,278	9,408	10,524	11,647	12,770
137	1,549	3,098	4,931	6,054	7,177	8,300	9,430	10,546	11,669	12,792
138	1,555	3,110	4,953	6,076	7,199	8,322	9,452	10,568	11,691	12,814
139	1,561	3,122	4,975	6,098	7,221	8,344	9,474	10,590	11,713	12,836
140	1,567	3,134	4,997	6,120	7,243	8,366	9,496	10,612	11,735	12,858
141	1,573	3,146	5,019	6,142	7,265	8,388	9,518	10,634	11,757	12,880
142	1,579	3,158	5,041	6,164	7,287	8,410	9,540	10,656	11,779	12,902
143	1,585	3,170	5,063	6,186	7,309	8,432	9,562	10,678	11,801	12,924
144	1,591	3,182	5,085	6,208	7,331	8,454	9,584	10,700	11,823	12,946
145	1,597	3,194	5,107	6,230	7,353	8,476	9,606	10,722	11,845	12,968
146	1,603	3,206	5,129	6,252	7,375	8,498	9,628	10,744	11,867	12,990
147	1,609	3,218	5,151	6,274	7,397	8,520	9,650	10,766	11,889	13,012
148	1,615	3,230	5,173	6,296	7,419	8,542	9,672	10,788	11,911	13,034
149	1,621	3,242	5,195	6,318	7,441	8,564	9,694	10,810	11,933	13,056
150	1,627	3,254	5,217	6,340	7,463	8,586	9,716	10,832	11,955	13,078
151	1,633	3,266	5,239	6,362	7,485	8,608	9,738	10,854	11,977	13,100
152	1,639	3,278	5,261	6,384	7,507	8,630	9,760	10,876	12,000	13,122
153	1,645	3,290	5,283	6,406	7,529	8,652	9,782	10,898	12,022	13,144
154	1,651	3,302	5,305	6,428	7,551	8,674	9,804	10,920	12,044	13,166
155	1,657	3,314	5,327	6,450	7,573	8,696	9,826	10,942	12,066	13,188
156	1,663	3,326	5,349	6,472	7,595	8,718	9,848	10,964	12,088	13,210
157	1,669	3,338	5,371	6,494	7,617	8,740	9,870	10,986	12,110	13,232
158	1,675	3,350	5,393	6,516	7,639	8,762	9,892	11,008	12,132	13,254
159	1,681	3,362	5,415	6,538	7,661	8,784	9,914	11,030	12,154	13,276
160	1,687	3,374	5,437	6,560	7,683	8,806	9,936	11,052	12,176	13,298
161	1,693	3,386	5,459	6,582	7,705	8,828	9,958	11,074	12,198	13,320
162	1,699	3,398	5,481	6,604	7,727	8,850	9,980	11,096	12,220	13,342
163	1,705	3,410	5,503	6,626	7,749	8,872	10,002	11,118	12,242	13,364
164	1,711	3,422	5,525	6,648	7,771	8,894	10,024	11,140	12,264	13,386
165	1,717	3,434	5,547	6,670	7,793	8,916	10,046	11,162	12,286	13,408
166	1,723	3,446	5,569	6,692	7,815	8,938	10,068	11,184	12,308	13,430
167	1,729	3,458	5,591	6,714	7,837	8,960	10,090	11,206	12,330	13,452
168	1,735	3,470	5,613	6,736	7,859	8,982	10,112	11,228	12,352	13,474
169	1,741	3,482	5,635	6,758	7,881	9,004	10,134	11,250		

SOIL SURVEY MANUAL

Πίνακας 2.2. Για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

[R = Resistance at 60° F. for designated moisture percentage; S = Salt at designated moisture percentage]

Moisture percentage of soil paste

Millimhos per cm. at 25° C. (Eq X 10):	20		30		40		50		60		70		80		90		100		
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	
	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms	Pct.	Ohms
3.0	0.05	205	0.07	255	0.09	320	0.11	410	0.13	510	0.16	630	0.19	780	0.23	900	0.27	1100	0.31
4.0	0.06	270	0.09	360	0.12	450	0.15	570	0.18	720	0.22	900	0.27	1125	0.33	1400	0.39	1700	0.45
5.0	0.08	360	0.12	480	0.16	630	0.20	810	0.24	1020	0.30	1260	0.36	1575	0.45	1980	0.54	2400	0.63
6.0	0.10	450	0.15	600	0.20	750	0.25	900	0.30	1125	0.38	1425	0.46	1800	0.55	2250	0.66	2800	0.77
7.0	0.12	540	0.18	720	0.24	900	0.30	1100	0.36	1380	0.45	1755	0.54	2250	0.66	2850	0.79	3500	0.90
8.0	0.14	630	0.21	840	0.28	1050	0.35	1300	0.42	1650	0.52	2100	0.62	2700	0.76	3400	0.84	4200	0.96
9.0	0.16	720	0.24	960	0.32	1200	0.40	1500	0.48	1900	0.60	2400	0.72	3000	0.84	3800	0.96	4800	1.08
10.0	0.18	810	0.27	1080	0.36	1350	0.45	1700	0.54	2200	0.72	2800	0.84	3500	0.96	4400	1.08	5400	1.20
11.0	0.20	900	0.30	1200	0.40	1500	0.50	1950	0.60	2550	0.81	3300	0.96	4200	1.08	5200	1.20	6300	1.35
12.0	0.22	990	0.33	1320	0.44	1650	0.54	2100	0.66	2700	0.84	3500	1.08	4400	1.15	5400	1.26	6600	1.40
13.0	0.24	1080	0.36	1440	0.48	1800	0.60	2300	0.72	2900	0.90	3700	1.15	4600	1.26	5600	1.35	6900	1.45
14.0	0.26	1170	0.39	1560	0.52	1950	0.66	2500	0.78	3100	0.96	3900	1.20	4800	1.35	5800	1.40	7200	1.50
15.0	0.28	1260	0.42	1680	0.56	2100	0.72	2700	0.84	3300	1.00	4100	1.26	5000	1.40	6000	1.45	7500	1.55
16.0	0.30	1350	0.45	1800	0.60	2250	0.78	2900	0.90	3500	1.15	4300	1.35	5200	1.45	6200	1.50	7800	1.60
17.0	0.32	1440	0.48	1920	0.64	2400	0.84	3100	0.96	3700	1.20	4500	1.40	5400	1.50	6400	1.55	8100	1.65
18.0	0.34	1530	0.51	2040	0.68	2550	0.90	3300	1.00	3900	1.26	4700	1.45	5600	1.55	6600	1.60	8400	1.70
19.0	0.36	1620	0.54	2160	0.72	2700	0.96	3500	1.15	4100	1.35	4900	1.50	5800	1.60	6800	1.65	8700	1.75
20.0	0.38	1710	0.57	2280	0.76	2850	1.00	3700	1.20	4300	1.40	5100	1.55	6000	1.65	7000	1.70	9000	1.80
21.0	0.40	1800	0.60	2400	0.80	3000	1.05	3900	1.26	4500	1.50	5300	1.60	6200	1.70	7200	1.75	9300	1.85
22.0	0.42	1890	0.63	2520	0.84	3150	1.10	4100	1.35	4700	1.55	5500	1.65	6400	1.75	7400	1.80	9600	1.90
23.0	0.44	1980	0.66	2640	0.88	3300	1.15	4300	1.40	4900	1.60	5700	1.70	6600	1.80	7600	1.85	9900	1.95
24.0	0.46	2070	0.69	2760	0.92	3450	1.20	4500	1.45	5100	1.65	5900	1.75	6800	1.85	7800	1.90	10200	2.00
25.0	0.48	2160	0.72	2880	0.96	3600	1.25	4700	1.50	5300	1.70	6100	1.80	7000	1.90	8000	1.95	10500	2.05
26.0	0.50	2250	0.75	3000	1.00	3750	1.30	4900	1.55	5500	1.75	6300	1.85	7200	1.95	8200	2.00	10800	2.10
27.0	0.52	2340	0.78	3120	1.04	3900	1.35	5100	1.60	5700	1.80	6500	1.90	7400	2.00	8400	2.05	11100	2.15
28.0	0.54	2430	0.81	3240	1.08	4050	1.40	5300	1.65	5900	1.85	6700	2.00	7600	2.05	8600	2.10	11400	2.20
29.0	0.56	2520	0.84	3360	1.12	4200	1.45	5500	1.70	6100	1.90	6900	2.05	7800	2.10	8800	2.15	11700	2.25
30.0	0.58	2610	0.87	3480	1.16	4350	1.50	5700	1.75	6300	1.95	7100	2.10	8000	2.15	9000	2.20	12000	2.30
31.0	0.60	2700	0.90	3600	1.20	4500	1.55	5900	1.80	6500	2.00	7300	2.15	8200	2.20	9200	2.25	12300	2.35
32.0	0.62	2790	0.93	3720	1.24	4650	1.60	6100	1.85	6700	2.05	7500	2.20	8400	2.25	9400	2.30	12600	2.40
33.0	0.64	2880	0.96	3840	1.28	4800	1.65	6300	1.90	6900	2.10	7700	2.25	8600	2.30	9600	2.35	12900	2.45
34.0	0.66	2970	0.99	3960	1.32	4950	1.70	6500	1.95	7100	2.15	7900	2.30	8800	2.35	9800	2.40	13200	2.50
35.0	0.68	3060	1.02	4080	1.36	5100	1.75	6700	2.00	7300	2.20	8100	2.35	9000	2.40	10000	2.45	13500	2.55
36.0	0.70	3150	1.05	4200	1.40	5250	1.80	6900	2.05	7500	2.25	8300	2.40	9200	2.45	10200	2.50	13800	2.60
37.0	0.72	3240	1.08	4320	1.44	5400	1.85	7100	2.10	7700	2.30	8500	2.45	9400	2.50	10400	2.55	14100	2.65
38.0	0.74	3330	1.11	4440	1.48	5550	1.90	7300	2.15	7900	2.35	8700	2.50	9600	2.55	10600	2.60	14400	2.70
39.0	0.76	3420	1.14	4560	1.52	5700	1.95	7500	2.20	8100	2.40	8900	2.55	9800	2.60	10800	2.65	14700	2.75
40.0	0.78	3510	1.17	4680	1.56	5850	2.00	7700	2.25	8300	2.45	9100	2.60	10000	2.65	11000	2.70	15000	2.80
41.0	0.80	3600	1.20	4800	1.60	6000	2.05	7900	2.30	8500	2.50	9300	2.65	10200	2.70	11200	2.75	15300	2.85
42.0	0.82	3690	1.23	4920	1.64	6150	2.10	8100	2.35	8700	2.55	9500	2.70	10400	2.75	11400	2.80	15600	2.90
43.0	0.84	3780	1.26	5040	1.68	6300	2.15	8300	2.40	8900	2.60	9700	2.75	10600	2.80	11600	2.85	15900	2.95
44.0	0.86	3870	1.29	5160	1.72	6450	2.20	8500	2.45	9100	2.65	9900	2.80	10800	2.85	11800	2.90	16200	3.00
45.0	0.88	3960	1.32	5280	1.76	6600	2.25	8700	2.50	9300	2.70	10100	2.85	11000	2.90	12000	2.95	16500	3.05
46.0	0.90	4050	1.35	5400	1.80	6750	2.30	8900	2.55	9500	2.75	10300	2.90	11200	2.95	12200	3.00	16800	3.10
47.0	0.92	4140	1.38	5520	1.84	6900	2.35	9100	2.60	9700	2.80	10500	2.95	11400	3.00	12400	3.05	17100	3.15
48.0	0.94	4230	1.41	5640	1.88	7050	2.40	9300	2.65	9900	2.85	10700	3.00	11600	3.05	12600	3.10	17400	3.20
49.0	0.96	4320	1.44	5760	1.92	7200	2.45	9500	2.70	10100	2.90	10900	3.05	11800	3.10	12800	3.15	17700	3.25
50.0	0.98	4410	1.47	5880	1.96	7350	2.50	9700	2.75	10300	2.95	11100	3.10	12000	3.15	13000	3.20	18000	3.30

† Values calculated by Robert A. Gardner from mean relationships of measurements made at the U. S. National Salinity Laboratory on soil samples taken in the soil survey of the Grand Junction area, Colo. Ohms resistance above 100 are given to the closest 5 units and below 50 to the closest 0.5 units. Percentage salt in soil above 100 given to nearest 0.05 percent.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ (C.E.C)

9.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ως εναλλακτικά ιόντα χαρακτηρίζονται όλα τα κατιόντα ή ανιόντα, τα οποία είναι δυνατό να εναλλάσσονται μεταξύ στερεάς και υγρής φάσης, ή και μεταξύ στερεάς και στερεάς. Η ιδιότητα της εναλλαγής των ιόντων και γενικότερα οι εναλλακτικές αντιδράσεις παρουσιάζουν βασικό και πρακτικό συγχρόνως ενδιαφέρον σ' όλα τα πεδία, που χρησιμοποιούνται ή μελετώνται υλικά κολλοειδούς διαστάσεως. Στο χώρο της εδαφολογίας, τα θρεπτικά για το φυτό συστατικά του εδάφους συγκρατούνται σ' αυτό με εναλλακτική μορφή. Συνεπώς, η ύπαρξη αυτών στο έδαφος, καθώς το πόσο προσιτά είναι στα φυτά, εξαρτάται από τις αντιδράσεις εναλλαγής.

Τα κυριώτερα κατιόντα, τα οποία απαντούν συνήθως στο έδαφος ως εναλλακτικά, είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, το υδρογόνο καθώς και το αμμώνιο. Η παρουσία των μεταλλικών κατιόντων, ως του Ca, Mg, Na και K οφείλεται στη μετατροπή, λόγω αποσάθρωσης, των πρωτογενών ορυκτών του εδάφους σε δευτερογενή. Οι αναλογίες και η ποσότητες των εναλλακτικών κατιόντων στα διάφορα εδάφη παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Αυτό οφείλεται στην περιεκτικότητα με βάσεις των μητρικών υλικών και στην ένταση των υφισταμένων παραγόντων εδαφογενέσης.

9.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Τα ορυκτά της αργίλου (ανόργανα κολλοειδή) και η οργανική ουσία (οργανικά κολλοειδή) έχουν την ιδιότητα να προσροφούν διάφορα ανιόντα και κατιόντα και να τα συγκρατούν υπό μορφή εναλλακτικών. Τα ιόντα αυτά μπορούν να εναλλαχθούν με άλλα ιόντα που βρίσκονται στο υδατικό διάλυμα. Η συγκεκριμένη εναλλαγή, είναι δυνατό να λάβει χώρα και σε συνθήκες απουσίας ύδατος.

Η ορυκτολογική σύσταση των ανόργανων κολλοειδών του εδάφους και κατά συνέπεια η ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα αυτού, εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την ηλικία της αργίλου και της εντάσεως των παραγόντων αποσάθρωσης.

9.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η επίδραση των εναλλακτικών κατιόντων στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι πολύ σημαντική. Η γνώση της κατιονικής αυτής δράσης βοηθάει στην επίλυση προβλημάτων άρδευσης, βελτίωσης και αξιοποίησης παθογενών εδαφών και στην εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφών. Το είδος και η ποσότητα των προσροφημένων εναλλακτικών κατιόντων στα κολλοειδή επιδρά στην υφή, στην υδατοπερατότητα και υδατοικανότητα των εδαφών. Για παράδειγμα, εδάφη πλούσια σε εναλλακτικό ασβέστιο εμφανίζουν συνήθως πολύ καλά αναπτυγμένη κοκκώδη υφή. Αντίθετα εδάφη πλούσια σε νάτριο έχουν κακή υφή και δυσμενής καλλιεργητικές ιδιότητες.

Τα εναλλακτικά κατιόντα του εδάφους είναι προσιτά στα φυτά. Παραλαμβάνονται από τα φυτά με αντιδράσεις εναλλαγής μέσω των ριζιδίων, είτε απ' ευθείας από τα ορυκτά της αργίλου είτε από το εδαφικό διάλυμα. Σ' αυτό το σημείο τονίζεται ότι οι ρίζες των φυτών έχουν την ικανότητα να εναλλάσσουν κατιόντα. Έχει αποδειχθεί ότι οι ρίζες των διάφορων φυτών παρουσιάζουν C.E.C. κυμαινόμενη μεταξύ 9 και 94 meq ανά 100 gr ξηρού δείγματος ρίζας.

Η εναλλακτική (προσροφητική) ικανότητα των κολλοειδών του εδάφους παίζει σπουδαίο ρόλο και για το είδος, ποσότητα και χρόνο λιπάνσεως. Ορισμένα θρεπτικά για το φυτό συστατικά, όπως το κάλιο και το αμμωνιακό άζωτο, προστιθέμενα στο έδαφος προσροφούνται και συγκρατούνται στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα. Μ' αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει κίνδυνος εύκολης εκπλύσεως προς τα βαθύτερα στρώματα, από το νερό της βροχής ή από τα αρδευτικά νερά. Συμπερασματικά τα λιπάσματα αυτά μπορούν να προστεθούν στο έδαφος, όταν απαιτείται, πολύ πριν της περιόδου της ταχείας αναπτύξεως των φυτών, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος απωλειών λόγω έκπλυσης. Αντίθετα το νιτρικό άζωτο, για παράδειγμα, το οποίο δε συγκρατείται από τα κολλοειδή του εδάφους, εκπλύνεται έντονα. Τέλος για εδάφη μικρής C.E.C. τα θρεπτικά συστατικά πρέπει να προστίθενται σε μικρές ποσότητες και πολλές φορές.

9.4. ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ

Ως ικανότητα εναλλαγής κατιόντων, C.E.C., ορίζεται η ποσότητα των διαθέσιμων να εναλλαχθούν προσροφημένων κατιόντων, εκφρασμένη σε meq Na⁺ τα οποία εξουδετερώνουν τα αρνητικά φορτία 100 γραμμαρίων ξηρού εδάφους. Ο προσδιορισμός της C.E.C. στηρίζεται στον κορεσμό του εδάφους με Na⁺, στην ανταλλαγή του προσροφηθέντος Na⁺ με NH₄⁺ και στον φλογοφωτομετρικό προσδιορισμό των εκροφηθέντων ιόντων Na⁺ σε μήκος κύματος 589 nm.

9.5. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Διάλυμα NaOH 40%
- β) CH₃COOH παγόμορφο
- γ) NH₄OH
- δ) Αιθανόλη 96%
- ε) Διάλυμα CH₃COONa 1N, pH: 8,2
- στ) Διάλυμα CH₃COONH₄ 1N, pH: 7,0
- ζ) Διάλυμα Na⁺
- η) Σειρά Standards

9.6. ΟΡΓΑΝΑ

1. Ανακινήτριας
2. Φυγόκεντρος
3. Φλογοφωτόμετρο

9.7. ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται 5,0 gr εδάφους σε σωλήνα φυγοκεντρήσεως των 50 ml, προσθέτονται 33 ml διαλύματος CH₃COONa 1N pH 8,2, πωματίζεται και γίνεται ανακίνηση επί 10 λεπτά. Ακολούθως αφιρείται το πάμα και φυγοκεντρείται στις

2.000 grm επί 10 λεπτά. Το υπερκείμενο υγρό απορρίπτεται και η ίδια διαδικασία ακολουθείται άλλες δύο φορές. Στη συνέχεια ακολουθεί έκπλυση του δείγματος με διάλυμα αιθανόλης 96% προς απομάκρυνση της περίσσειας των οξικών αλάτων του Na. Τέλος προσθέτονται 25 ml διαλύματος $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH: 7,0 και ακολουθεί ανακίνηση και φυγοκέντριση. Στη συνέχεια γίνεται διήθηση και αραίωση σε φιάλη 100 ml. Η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές. Τέλος προσδιορίζεται φλογοφωτομετρικά η συγκέντρωση του Na^+ .

9.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά τη βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο δείγμα με τη συγκέντρωση (σε mg/l). Η τιμή της C.E.C. σε meq Na^+ ανά 100 gr εδάφους δίνεται από τον τύπο:

$$\text{C.E.C.} = 0,00435 (100 + \% \text{H}_2\text{O}) * A * S / W$$

όπου: % H_2O = υγρασία δείγματος

A = συγκέντρωση δείγματος σε mg/l

S = συντελεστής αραίωσης

W = gr του δείγματος εδάφους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ

10.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ως εναλλακτικό Na, ορίζεται το ποσοστό Na^+ , σε meq ανά 100 γραμμάρια ξηρού εδάφους, που μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ στερεής και υγρής φάσης ή μεταξύ στερεής και στερεής φάσης και βρίσκεται προσροφημένο στα ορυκτά της αργίλλου (ανόργανα κολλοειδή) και στην οργανική ουσία (οργανικά κολλοειδή).

Ο προσδιορισμός του εναλλακτικού Na γίνεται υπολογιστικά αφαιρώντας την ποσότητα του υδατοδιαλυτού Na, από την προσριζόμενη ποσότητα της εκχυλίσιμου Na και εκφράζεται σε meq Na^+ /100 gr εδάφους. Ο προσδιορισμός του εκχυλίσιμου Na στηρίζεται στον κορεσμό του εδάφους με NH_4^+ , οπότε επιτυγχάνεται εναλλαγή των υπαρχόντων Na^+ και στον φλογοφωτομετρικό προσδιορισμό αυτών σε μήκος κύματος 589 nm .

10.2. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

α) CH_3COOH παγόμορφο

β) Διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N, pH 7,0. Σ' αυτό το σημείο αναφέρεται ότι χρησιμοποιείται το $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ γιατί, εκτός ότι αντικαθιστά όλα τα κατιόντα στο έδαφος, απομακρύνεται ευκόλως από τα σύμπλοκα του εδάφους. Για την απομάκρυνσή του χρησιμοποιείται το CH_3COONa . Το pH των χρησιμοποιούμενων διαλυμάτων των αλάτων αυτών πρέπει να είναι, για το $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ - pH=7, για το CH_3COONa - pH= 8,2. Αυτό γιατί σ' αυτά τα διαλύματα η διαλυτότητα των CaCO_3 MgCO_3 είναι μικρότερη, η παρουσία δε αυτών στο εκχύλισμα επιφέρει λάθη.

γ) NH_4OH

δ) Σειρά Standards Na.

10.2.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ STANDARDS.

Διαλύονται 0,542 gr ξηρανθέντος NaCl στους 140° C, και αραιώνονται μέχρις όγκου 1000 ml με απεσταγμένο νερό. Αυτή είναι η πρώτη αραιώση. Κατόπιν αραιώνονται 10 ml από το παραπάνω διάλυμα νατρίου μέχρις όγκου 100 ml. Τελικά μεταφέρονται 0-5-10-15-20-25 ml (ανάλογα με τις ανάγκες μέτρησης) από το διάλυμα νατρίου μέσα σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνονται με απεσταγμένο νερό μέχρι όγκου . Τα Standards που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0-5-10-15-20-25 mg/l αντίστοιχα.

10.3. ΟΡΓΑΝΑ

α) Φλογοφωτόμετρο

10.4. ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται 5,0 gr εδάφους σε σωλήνα φυγοκέντρωσης των 50 ml, προσθέτονται 25 ml διαλύματος $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, πωματίζεται ο σωλήνας και ανακινείται επί 10 λεπτά. Στη συνέχεια αφαιρείται το πώμα, φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 10 λεπτά. Κατόπιν το υπερκείμενο υγρό διηθείται και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές όπου το υπερκείμενο υγρό συμπληρώνει το προηγούμενο μέχρις όγκου. Τέλος προσδιορίζεται το Na φλογοφωτομετρικά με τη βοήθεια της καμπύλης που δημιουργήθηκε από τη βαθμονόμηση του οργάνου με τα Standards.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΛΙΟ

11.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως εναλλακτικό Κάλιο, ορίζεται το ποσοστό του K^+ σε meq/100 gr ξηρού εδάφους, που μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ στερεής και υγρής φάσης ή μεταξύ στερεής και στερεής φάσης, που βρίσκεται προσροφημένο στα ορυκτά της αργίλλου και στην οργανική ουσία.

11.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ

Ο προσδιορισμός του εναλλακτικού K στηρίζεται στο κορεσμό του εδάφους με NH_4^+ και στον φλογοφωτομετρικό προσδιορισμό τους σε μήκος κύματος 766,5 nm.

11.2.1. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) NH_4OH
- β) $CHCOOH$
- γ) Διάλυμα CH_3COONH_4 , 1N, pH=7,0
- δ) Σειρά Standards K

11.3. ΠΟΡΕΙΑ

Ζυγίζονται 5,0 gr εδάφους σε σωλήνα φυγοκέντρωσης των 50 ml, προσθέτονται 25 ml διαλύματος CH_3COONH_4 , ανακινούνται επί 10 λεπτά. Στη συνέχεια φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο υγρό διηθείται και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές. Τέλος γίνεται ο προσδιορισμός στο φλογοφωτόμετρο.

11.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Με βάση την καμπύλη που κατασκευάστηκε κατά την βαθμονόμηση του οργάνου αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου, για το άγνωστο δείγμα, με τη συγκέντρωση (mg/l). Το αφοιμοιώσιμο κάλιο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$0,00256*(100+ \%H_2O)*A*S/W$$

όπου A: συγκέντρωση του δείγματος σε mg/l, S: συντελεστής αραίωσης, W: gr δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

12.1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

Δύο μικροπροχοίδες των 5 ml. Ένας μαγνητικός αναδευτήρας με θερμοστατική θερμαινόμενη πλάκα κωνικές φιάλες των 150 ml. Σιφώνια των 10 και 20 ml.

12.2. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Διάλυμα 4N υδροξειδίου του νατρίου
- β) Διάλυμα γνωστής περιεκτικότητας σε ασβέστιο, 0,01N.
- γ) Διάλυμα 0,01N EDTA (Versenate). Παρασκευάζεται δια διαλύσεως 2 gr disodium ditydogen ethylenediamine tetra-acetic acid και 0,05 gr $MgCl_2$ σ' ένα λίτρο ύδατος. Η κανονικότητα του εν λόγω διαλύματος ελέγχεται με διάλυμα $CaCl_2$.
- δ) Δείκτης murexide. Παρασκευάζεται με ανάμιξη 0,5 gr ammonium purpurate με 100 gr κονιοποιηθέντος K_2SO_4 . Αντ' αυτού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης το Calcon.
- ε) Διάλυμα 1% κυανούχου καλίου
- στ) Διάλυμα 5% υδροξυλαμίνης
- ζ) Τριαιθανολαμίνη.

12.3. ΜΕΘΟΔΟΣ

Σε μια από τις ογκομετρικές φιάλες των 100 ml, στην οποία περιέχονται τα ελεύθερα αμμωνιακών αλάτων χλωριούχα άλατα των εναλλακτικών κατιόντων, λαμβάνεται ποσότητα 10 ml, που τοποθετούνται σε κωνική φιάλη των 100 ml. Ακολούθως, προστίθενται 2 ml διαλύματος NaOH, ανά 10 σταγόνες των εξής αντιδραστηρίων: $NH_2OH \cdot HCl$, KCN, τριαιθανολαμίνης, 10 σταγόνες δείκτη Calcon και ογκομετρείται η υπάρχουσα ποσότητα του ασβεστίου με διάλυμα 0,01N EDTA. Το τέλος της ογκομετρήσεως δίδεται με αλλαγή του ερυθρού χρώματος του ογκομετρούμενο υγρού σε καθαρό κυανό.

12.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το εναλλακτικό ασβέστιο δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ca σε meq/100 gr εδάφους} = A * 20 * \Sigma\Delta * N * 100 / B, \text{ όπου}$$

A: ml διαλύματος 0,01 N EDTA που καταναλώθηκαν στην ογκομέτρηση

20: Συντελεστής μετατροπής του εκχυίσματος των 10 ml σε συνολικό όγκο των 200 ml.

$\Sigma\Delta$: Συντελεστής διορθώσεως της κανονικότητας του χρησιμοποιημένου διαλύματος 0,01N EDNA.

B: Βάρος του εδάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ

13.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα υπό εναλλακτική μορφή ιόντα του μαγνησίου και ασβεστίου, τα οποία συνυπάρχουν σ' ένα έδαφος, αντιπροσωπεύουν το περισσότερο προσιτό για τα φυτά ασβέστιο και μαγνήσιο. Τα ιόντα αυτά, σε περίπτωση που το έδαφος στερείται ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και μαγνησίου, είναι αμέσως και συγχρόνως εμμέσως προσιτά στα φυτά. Σ' εδάφη που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο σπανίως εμφανίζονται φαινόμενα τροφοπενίας των κατιόντων αυτών. Τέτοια φαινόμενα είναι δυνατό να παρουσιασθούν σε αλκαλικά μόνο εδάφη ($\text{pH} > 8,5$) λόγω της αδρανοποίησης των ανθρακικών αλάτων.

Μεγάλο ρόλο στο έδαφος παίζει η αναλογία του ασβεστίου και του μαγνησίου. Για παράδειγμα μια σχέση $\text{Ca} : \text{Mg}$ κυμαινόμενη μεταξύ 5 : 1 και 1 : 1 είναι δυνατό να χαρακτηριστεί ως πολύ καλή για την παραγωγικότητα των εδαφών. Κατά κανόνα, η ανάπτυξη των φυτών περιστεύεται μόνον όταν το εναλλακτικό Mg υπερτερεί κατά πολύ του αντίστοιχου Ca.

13.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

Όλα τα υλικά και όργανα που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό του εναλλακτικού ασβεστίου, επιπρόσθετα 10 ως 20 χωνιά διηθήσεως και αριθμός ηθμών Whatman No 42.

13.3. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- α) Διάλυμα **0,1N EDNA**.
- β) Διάλυμα 1% κυανιούχου καλίου
- γ) Διάλυμα 5% υδροξυλαμίνης
- δ) Τριαιθανολαμίνη
- ε) Διάλυμα γνωστής συγκεντρώσεως σε μαγνήσιο

στ) Ρυθμιστικό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου - αμμωνίας

ζ) Δείκτης eriochrome (EBT)

η) Διάλυμα 4% σιδηροκυανιούχου καλίου

13.4. ΜΕΘΟΔΟΣ

Από την ογκομετρική φιάλη των 100 ml, που περιέχονται τα ελεύθερα αμμωνιακών αλάτων χλωριούχα άλατα των εναλλακτικών κατιόντων λαμβάνεται ποσότητα 10 ml τα οποία φέρονται σε κωνική φιάλη των 100 ml. Ακολούθως προσθέτονται 10 ml ρυθμιστικού διαλύματος $\text{NH}_4\text{OH}\cdot\text{NH}_4\text{Cl}$ καθώς και ανά 10 σταγόνες των ακολούθων: KCN , $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ και τριαιθανολαμίνης. Μετά 10 λεπτά προστίθεται 3 σταγόνες δείκτη EBT και γίνεται η ογκομέτρηση. Με την ογκομέτρηση, ογκομετρείται και η ποσότητα του ασβεστίου.

13.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το εναλλακτικό μαγνήσιο δίδεται από τη σχέση:

$$A \cdot 20 \cdot \Sigma \Delta \cdot N \cdot 100 / B, \text{ όπου:}$$

A: Η διαφορά των ml του διαλύματος 0,01N EDTA, τα οποία καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση του $\text{Ca}+\text{Mg}$ μείον τα ml του αυτού διαλύματος, τα οποία καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση του Ca.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. E.S.P. (Exchangeable sodium percentage ή Βαθμός αλκαλίωσης)

Ως E.S.P. εδάφους ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία του ανταλλάξιμου Na του εδάφους προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα, C.E.C. αυτού. Η E.S.P. του εδάφους υπολογίζεται από τον τύπο $E.S.P. = Na^+ / CEC * 100$. Αυτή η εξίσωση εκφράζει την ιδιότητα που έχει το έδαφος να δεσμεύει, δηλαδή να προσροφάει στην επιφάνεια των κolloειδών ιόντα νατρίου. Η E.S.P. είναι μια ιδιότητα του εδάφους που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό των εδαφών που περιέχουν διαλυτά άλατα το E.S.P. είναι καθαρός αριθμός. Από ερευνητικές εργασίες, που έχουν πραγματοποιηθεί, η E.S.P. χρησιμοποιείται σαν κριτήριο ανθεκτικότητας στην αλατότητα για κάποιες καλλιέργειες σ' ορισμένα εδάφη (Μήτσιος, 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΩΝ

15.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή ο χαρακτηρισμός των εδαφών έγινε με τα εξής κριτήρια-ιδιότητες του εδάφους:

- εδαφικό pH
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του εδάφους
- E.S.P.
- S.A.R.: Σημειώνεται ότι το S.A.R. εκφράζει το λόγο προσρόφησης του Νατρίου, αναφέρεται στο εδαφικό διάλυμα αλλά χρησιμοποιείται και για το χαρακτηρισμό των διαφόρων νερών άρδευσης. Η E.S.P. των εδαφών και το S.A.R. σχετίζονται πολύ στενά στα περισσότερα εδάφη. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια τα εδάφη κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες - ομάδες:

- α) Αλατούχα εδάφη
- β) Αλατούχα - Αλκαλιωμένα εδάφη
- γ) Αλκαλιωμένα με Νάτριο εδάφη

15.2. ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ

Τα αλατούχα εδάφη περιέχουν ουδέτερα διαλυτά άλατα, σε συγκεντρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στην ανάπτυξη των περισσότερων αυτών. Από τον πίνακα παρατηρείται ότι το pH είναι μικρότερο από 8,5 κι αυτό γιατί τα διαλυτά άλατα είναι ουδέτερα (χλωριούχα και θετικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου). Τα αλατούχα εδάφη επειδή παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους μια λευκή κρούστα καλούνται Λευκά-αλατούχα. (White alkali).

Σημειώνεται ότι ο όρος αλατότητα χρησιμοποιήθηκε από τους επιστήμονες και αναφέρεται σε σχέση με τις φυσικές διεργασίες ή εξελίξεις των εδαφών οι οποίες οδηγούν στη συσσώρευση ουδέτερων διαλυτών αλάτων στα εδάφη όπως είναι το NaCl.

15.3. ΑΛΑΤΟΥΧΑ -ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ

Τα αλατούχα - αλκαλιωμένα περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαλυτών ουδετέρων αλάτων και αρκετό εναλλακτικό νάτριο που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στην ανάπτυξη των φυτών, η E.S.P. είναι μεγαλύτερη του 15 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού μεγαλύτερη από 4 dsm^{-1} . Το pH είναι συνήθως 8,5 ή και μικρότερο εξαιτίας της παρουσίας ουδετέρων αλάτων.

15.4. ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ με ΝΑΤΡΙΟ ΕΔΑΦΗ

Τα αλκαλιωμένα με Νάτριο εδάφη δεν περιέχουν καμία σημαντική ποσότητα διαλυτών αλάτων. Η επιβλαβής δράση των εδαφών αυτών στα φυτά δεν οφείλεται μόνο στην τοξική δράση των ιόντων Na^+ , HCO_3^- , και OH^- , αλλά και στη μειωμένη περατότητα και μειωμένη αερισμό των εδαφών αυτών. Το υψηλό pH οφείλεται στην υδρόλυση του Na_2CO_3 . $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. Το E.S.P. αυτών των εδαφών είναι μεγαλύτερο από 15.

Αξιοσημείωτη είναι η σύνθεση του εδαφικού διαλύματος των αλκαλιωμένων με Νάτριο εδαφών, η οποία διαφέρει σημαντικά απ' αυτή των αλατούχων. Το κατιόν που επικρατεί είναι το νάτριο. Η υψηλή συγκέντρωση του νατρίου στο εδαφικό διάλυμα και κατ' επέκταση η επικράτηση σ' αυτό οφείλεται όχι μόνο στο υψηλό pH, αλλά και στο γεγονός, ότι η παρουσία ανθρακικών ανιόντων δημιουργεί κατακρήμνιση του ασβεστίου και μαγνησίου με τη μορφή αδιάλυτων αλάτων του CaCO_3 και MgCO_3 . Εξαιτίας του μεγάλου pH των νατριούχων εδαφών, η οργανική ουσία του εδάφους διαλύεται και, εκ του γεγονότος αυτού, προσδίδει στο έδαφος και κυρίως στην επιφάνειά του ένα μαύρο χρώμα. Το μαύρο χρώμα μεταφέρεται στην επιφάνεια με την ανοδική κίνηση του νερού. Για το λόγο αυτό τα αλκαλιωμένα με Νάτριο εδάφη καλούνται και μαύρα αλκαλικά (Black alkali).

Πίνακας 4. Ιδιότητες των κανονικών εδαφών σε σχέση με τα Όξινα, Αλατούχα, ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ εδάφη.

Εδάφη	pH	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) dSm ⁻¹	SAR*
Κανονικά	6,7-7,2	< 4	< 13-15
Όξινα	< 6,5	< 4	< 13-15
Αλατούχα	< 8,5	> 4	< 13-15
Αλατούχα-Γ	< 8,5	> 4	> 13-15
ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΜΕ ΝΑΤΡΙΟ	> 8,5	< 4	> 13-15

* Η ESP των εδαφών και το SAR σχετίζονται πολύ στενά στα περισσότερα εδάφη

Πίνακας 1. Φυσικές Ιδιότητες

Τοποθεσία	Τιμές	Βάθος (cm)	Άμμος %	Ιλύς %	Αργίλος %	Εδαφικός Τύπος
ΝΙΑΜΑΤΑ	T3	0 - 30	20.72	12.5	66.72	C
Μ.ΜΟΝΑΣΤΗΡΙ	T4	0 - 30	46	15.28	38.72	SC
ΣΤΕΦΑΝΟΒΙΚΕΙΟ	T5	0 - 30	48.72	21.12	30.16	SCL
ΤΑΜΠΕΥΤΗΡΑΣ	T7	0 - 30	20.72	11.64	67.64	C
ΤΑΜΠΕΥΤΗΡΑΣ	T9	0 - 30	22.72	15.64	61.64	C

Πίνακας 2 Χημικές Ιδιότητες.

Τομές	Εδ. Τύπος	pH 1:1	EC (mmhos/cm, 25 C)	Ορ. ουσία%	Mg ⁺⁺ meq/100gr	Ca ⁺⁺ meq/100gr	Na ⁺ meq/100gr	CEC meq/100gr	ESP	Χαρακτηρισμός
T3	C	7,96	6	2,6	2,2	4,7	9,1	19,5	47	Αλατούχα - Αλκαλιωμένα
T4	SC	8	5	1,5	0,55	4,7	0,6	8,6	7	Αλατούχα
T5	SCL	8,11	5	1,3	0,3	4,4	0,5	7,5	6,75	Αλατούχα
T7	C	8,06	4	2,8	1,5	4,6	2,9	13	22	Αλατούχα
T9	C	8,03	6	3,3	1,2	4,8	5	15,4	32,5	Αλατούχα - Αλκαλιωμένα

Πίνακας 3. Χημικές Ιδιότητες.

Τιμές	Εδαφικός Τύπος	pH 1:1 στο νερό	CaCo %	Οργ.ουσία %	Φώσφορος (ppm)	Κάλιο meq/100gr
T3	C	7,96	22	2,6	4	3,5
T4	SC	8	19,8	1,5	7	2,7
T5	SCL	8,11	19,8	1,3	6	2,2
T7	C	8,06	22	2,8	8	4,2
T9	C	8,03	22	3,3	8,5	4,4

ΜΕΡΟΣ 2ο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

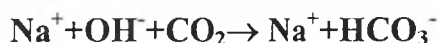
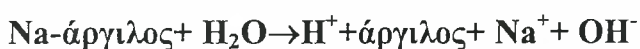
Σ' αυτό το κομμάτι της πτυχιακής διατριβής περιγράφονται οι κίνδυνοι αλατότητας στις καλλιέργειες, οι παράγοντες που την προκαλούν και οι τρόποι αντιμετώπισής της. Ακολουθεί το περιαματικό στάδιο, που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τέλος δίνεται η σχέση και οι αλλαγές που επιφέρει η άρδευση ορισμένων εδαφών της Κάρλας με νερά (διαλύματα γνωστών S.A.R.) στο E.S.P. αυτών. Έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των συνθηκών αγρού. Κεντρική ιδέα του πειράματος ήταν η κατασκευή ενός μοντέλου άρδευσης, μ' όσο το δυνατό, ευρύτερου φάσματος S.A.R. διαλυμάτων που αντιστοιχούν σε διάφορες κατηγορίες αρδευτικών νερών. Στόχος είναι να μπορούν να προβλεφθούν οι επερχόμενες αλλαγές, στα εδάφη, στο E.S.P. και κατ' επέκταση στην αλατότητα και στα προβλήματα που δημιουργούνται στις διάφορες καλλιέργειες, από τη χρήση των αρδευτικών νερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα άλατα που προκαλούν αλατότητα στα εδάφη είναι τα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου. Οι κύριες πηγές από τις οποίες προέρχονται τα άλατα αυτά είναι:

1. Η διάβρωση των πετρωμάτων προκαλεί το σχηματισμό διττανθρακικών αλάτων του Na, Ca, και Mg. Η εξατμισοδιαπνοή του διαλύματος προκαλεί ιζήματα CaCO_3 και MgCO_3 , ενώ το διάλυμα περιέχει τα κατιόντα νατρίου και τα HCO_3^- . Αν η εξατμισοδιαπνοή συνεχίζεται τότε το διττανθρακικό νάτριο καθιζάνει, συνήθως με την κρυσταλλική μορφή.
2. Τα νερά άρδευσης ή τα υπόγεια νερά που περιέχουν NaHCO_3 .
3. Τα νερά των θαλασσών μπορούν να εισέλθουν στα εδάφη και να δημιουργήσουν πολύ υψηλό επι τοις εκατό εναλλακτικό νάτριο, απομακρύνοντας κατ' αυτό τον τρόπο το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Στη συνέχεια η έκπλυση των εδαφών με τα νερά της βροχής (απεσταγμένο νερό) προκαλεί τη διάσταση και υδρόλυση του εναλλακτικού νατρίου. Λαμβάνει χώρα η αντίδραση:



Σαν αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η ερημοποίηση των εδαφών. Αυτό συμβαίνει γιατί με την έκπλυση του νατρίου καταστρέφεται η δομή του εδάφους. Έτσι μ' ένα δυνατό άνεμο μετακινείται άργιλος.

1.2. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

1.2.1. ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Όταν σ' ένα έδαφος παρατηρηθεί έντονο πρόβλημα από την παρουσία του νατρίου τότε πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα αντιμετώπισης ή απομάκρυνσής του. Για να απομακρυνθεί το Na από το έδαφος χρησιμοποιείται γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) και νερό. Ο γύψος διαστέλλεται σε ιόντα ασβεστίου και θειικά, έτσι το ασβέστιο αντικαθιστά το νάτριο. Στο Ισραήλ εφαρμόζεται μια άλλη μέθοδος. Τα απόνερα, μετά από βιολογικό καθαρισμό, αποχύνονται στην έρημο. Αυτά τα νερά παρασύρουν, στο πέρασμά τους, το Na στο υπέδαφος. Εκεί το Mg του δολομίτη αντικαθιστά το Na. Κατόπιν με αρτεσιανά αντλείται το νερό το οποίο είναι πλούσιο σε Mg και χρησιμοποιείται για άρδευση.

1.2.2. ΑΛΑΤΟΥΧΑ ΕΔΑΦΗ

Τα αλατούχα εδάφη βελτιώνονται με την απομάκρυνση των αλάτων. Η απομάκρυνση των αλάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση του κατάλληλου νερού. Το νερό, που χρησιμοποιείται για την έκπλυση, πρέπει να έχει μικρό SAR, για να εμποδίζει τυχόν προσρόφηση του νατρίου από το έδαφος με συνέπεια την αύξηση του pH.

1.2.3. ΑΛΑΤΟΥΧΑ - ΑΛΚΑΛΙΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Η έκπλυση των αλάτων στα αλατούχα-αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη με νερό θα προκαλέσει σημαντική ανύψωση του pH, εκτός αν οι συγκεντρώσεις των αλάτων του ασβεστίου και μαγνησίου στο έδαφος ή στο αρδευτικό νερό είναι υψηλές. Παρατηρείται ανύψωση του pH του εδάφους γιατί καθώς τα διαλυτά ουδέτερα άλατα απομακρύνονται, το εναλλακτικό νάτριο υδρολύεται και επομένως αυξάνεται η συγκέντρωση των OH^- στο εδαφικό διάλυμα.

1.3. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΑΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες υποβάθμισης των εδαφών και των νερών είναι η περιεκτικότητά τους σε διαλυτά άλατα. Τα άλατα βέβαια, εκτός από τη γονιμότητα και ποιότητα του εδάφους, επηρεάζουν άμεσα και τα φυτά και ειδικότερα τις καλλιέργειες.

Τα διαλυτά άλατα του εδάφους μπορεί να επιδράσουν με δύο τρόπους στην ανάπτυξη των φυτών (Μήτσιος, 1996):

- Σ' αυτούς που αναφέρονται σε ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά και οφείλονται σε συγκεκριμένα ιόντα που υπάρχουν στο έδαφος, και
- Σ' αυτούς που αναφέρονται σε μια καθολική επίδραση στα φυτά σαν αποτέλεσμα της αύξησης της ωσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος γύρω από τις ρίζες των φυτών.

Τα ιόντα που βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα και προκαλούν ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά, υπάρχουν στο έδαφος με τη μορφή του ανθρακικού νατρίου και διαλυτών αλάτων βαρίου. Οι επιζήμιες επιδράσεις που παρατηρούνται στα φυτά δεν οφείλονται αποκλειστικά στην επιζήμια δράση των στοιχείων Νατρίου και Βαρίου, αλλά και από την επιζήμια δράση στα φυτά εξ αιτίας του υψηλού pH. Πολλά φυτά είναι ευαίσθητα στην παρουσία του νατρίου στο έδαφος (εναλλακτικό νάτριο και υδατοδιαλυτό νάτριο), που σε μεγάλες συγκεντρώσεις νατρίου παρατηρούνται τοξικά φαινόμενα σ' αυτά. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα διαφόρων φυτών σε διάφορα E.S.P. του εδάφους.

Οι επιζήμιες επιδράσεις των διαλυτών αλάτων συνοψίζονται παρακάτω:

- Φυσιολογική δίψα στα φυτά που είναι αποτέλεσμα της επίδρασης της ωσμωτικής πίεσεως.
- Αυξανόμενη υδραυλική αντίσταση των ριζών και των φυτών.
- Μεταβολή των ορμονικών επιπέδων στα φυτά που επιδρούν στους ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών.
- Άμεση επιζήμια επίδραση ειδικότερα στους μηχανισμούς φωτοσυνθέσεως των φυτών.

- Ανταγωνισμός των θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα τη χρήση ενέργειας, προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία του K/Na.

Η αντοχή των φυτών στα διαλυτά άλατα είναι πολύπλοκη υπόθεση, για πολλούς λόγους. Τα φυτά διαφέρουν, ως προς την ικανότητα που έχουν να αντέχουν στις επιζήμιες επιδράσεις της αλατότητας των εδαφών. Μπορεί να είναι μικρή, όταν τα φυτά είναι νέα και όταν αυτά αναπτυχθούν κανονικά να έχουν μεγάλη αντοχή στα διαλυτά άλατα. Ένα παράδειγμα είναι η μηδενική.

1.4. ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΝΕΡΑ

Μια από τις αιτίες πρόκλησης αλατότητας στα εδάφη και κατ' επέκταση δημιουργίας παθογενών εδαφών είναι η ποιότητα των αρδευτικών νερών. Η σοβαρότητα της ποιότητας των αρδευτικών νερών γίνεται κατανοητή, αν ληφθεί υπόψη και η χρησιμοποίησή τους για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί, πως η ποιότητα των νερών είναι μια σχετική έννοια. Αυτό γιατί εξαρτάται, η ποιότητα, από το σκοπό χρησιμοποίησής τους και το είδος (από άποψη αλατότητας) εδάφους. Ένα ακραίο παράδειγμα είναι το απεσταγμένο νερό - νερό βροχής. Πρόκειται βέβαια για νερό με S.A.R. μηδέν, παρόλα αυτά προκαλεί υδρόλυση του νατρίου και καταστροφή της δομής των αλκαλιωμένων με νάτριο εδαφών.

Τα νερά των ποταμών, λιμνών, γεωτρήσεων ή και διαφόρων πηγαδιών που χρησιμοποιούνται για άρδευση περιέχουν πάντα διάφορες ποσότητες διαλυτών αλάτων. Το νερό της άρδευσης, που είναι στο έδαφος προσλαμβάνεται από τα φυτά. Επίσης, με την εξατμισοδιαπνοή παρατηρούνται απώλειες νερού από το έδαφος. Αν η περιεκτικότητα των αρδευτικών νερών σε άλατα είναι μεγάλη, τότε μεγάλο ποσοστό αλάτων παραμένει στο έδαφος μετά την κατά τον ανώτερο τρόπο απομάκρυνση των νερών από το έδαφος.

Υπάρχουν πολλά συστήματα κατάταξης των αρδευτικών νερών σε συνάρτηση με τα διαλυτά άλατα. Έτσι το εργαστήριο αλατότητας των Η.Π.Α. κατατάσει τα νερά

σύμφωνα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το S.A.R.. Η ποιοτική κατάταξη, με βάση τον Doneen (1954), βασίζεται:

1. Στη δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος
2. Στον κίνδυνο αλκαλίωσης των εδαφών.

Η δυνατότητα αλατότητας στο έδαφος υπολογίζεται ως εξής:

$Cl^- + 1/2SO_4^{2-}$. Οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε meq/l.

Όταν λαμβάνεται υπόψη ο κίνδυνος αλκαλίωσης, χρησιμοποιείται ο Δείκτης

Περατότητας = $(Na^+) + \sqrt{(HCO_3^-) / (Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+)}$ x 100

Στη Διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται η κατάταξη των νερών άρδευσης με βάση τις κατωτέρω παραμέτρους:

- Αλατότητα
- Διήθηση
- Τοξικότητα ειδικών ιόντων (νατρίου, χλωρίου, βαρίου)
- Τις διάφορες επιδράσεις του αζώτου με τη νιτρική μορφή και των διττανθρακικών.

Σαν συμπέρασμα, αναφέρεται ότι η ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης είναι απαραίτητο να γίνεται σε μικρές ή μεγάλες γεωργικές περιοχές. Τα αρδευτικά νερά θα πρέπει να αξιολογούνται, προτού χρησιμοποιηθούν για άρδευση. Όπως τονίσθηκε το πρόβλημα της ποιότητας των αρδευτικών νερών δε σχετίζεται μόνο με την ευαισθησία των φυτών στα άλατα ή σε διάφορα ιόντα, αλλά συνδέεται άμεσα με τις χημικές και φυσικές ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών.

Από τα παραπάνω και σύμφωνα μ' αυτές τις παραμέτρους επιχειρήθηκε πειραματική και θεωρητική προσπάθεια σ' αυτή την εργασία, για να αποδειχθεί, όσο αυτό είναι δυνατό, πόσο επηρεάζει η άρδευση με συγκεκριμένα νερά-διαλύματα τις χημικές και φυσικές ιδιότητες διαφόρων εδαφών.

Πίνακας 3. Ανθεκτικότητα των φυτών σε διάφορα E.S.P. των εδαφών

Ανθεκτικότητα	Λατινικό όνομα	Ελληνικό όνομα	Καλλιεργούμενα φυτά Αγγλικό όνομα	Αντίδραση των φυτών σε συνθήκες αγρού
Πάρα πολύ ευαίσθητα φυτά (ESP = 2-10)	<i>Prunus avium</i> <i>Prunus persica</i> <i>Prunus armeniaca</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Citrus paradisi</i> <i>Persea americana</i>	Κερασιά Ροδακινιά Βερικοκιά Πορτοκαλιά Γκρέιπ φρούτ Αβοκάντο	Cherry tree Peach Apricot Orange Grape fruit Avocado	Τοξικά φαινόμενα νατρίου ακόμα και σε χαμηλές τιμές ESP
Ευαίσθητα φυτά (ESP = 10-20)	<i>Phaseolus spp</i>	Φασολιά	Beans	Παρατηρείται νασιμός στα φυτά σε χαμηλές τιμές ESP, ακόμα και στις περιπτώσεις που οι εδαφικές συνθήκες είναι ικανοποιητικές
Μέτρια ανθεκτικά φυτά (ESP = 20-40)	<i>Trifolium hybridum</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Avena sativa</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Oryza sativa</i>	Αγριοτρίφυλλο Τριφύλλι το λεμώνιο Βρώμη Φεστούκα Ρύζι	Alsike Red clovers Oats Tall fescue Rice	Παρατηρείται νασιμός στα φυτά που έχει σαν αιτία την κακή θρέψη των φυτών και τις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες
Ανθεκτικά φυτά (ESP = 40-60)	<i>Triticum aestivum</i> <i>Gossypium hirsutum</i> <i>Medicago sativa</i> <i>Hordeum vulgare</i> <i>Lycopersicon esculentum</i> <i>Beta vulgaris</i> <i>Beta vulgaris</i>	Σιτάρι Βαμβάκι Μηδική Κρήθαρι Τομάτα Ζαχαρότευτλα Παντζάρια	Wheat Cotton Alfalfa, Lucerne Barley Tomato Sugar beet Beets	Παρατηρείται νασιμός στα φυτά που οφείλεται στις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες
Πάρα πολύ ανθεκτικά φυτά (ESP > 60)	<i>Agropyron elioagatum</i> <i>Agropyron desertorum</i>	Αγρόπυρο Αγρόπυρο	Tall wheatgrass Crested wheatgrass	Παρατηρείται νασιμός στα φυτά που οφείλεται στις δυσμενείς εδαφικές συνθήκες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Βασική ιδέα του πειράματος είναι να διερευνηθούν, αν υπάρχουν, επιδράσεις σε συγκεκριμένα εδάφη, μετά από άρδευση με διαλύματα γνωστών S.A.R.. Εγινε προσπάθεια να εξομοιωθούν οι συνθήκες του αγρού. Έτσι λήφθηκε υπόψη, σα δεδομένο, ότι για τρία χρόνια δεν υπάρχει βροχόπτωση. Χρησιμοποιήθηκε κατάλληλη ποσότητα χώματος και επίσης ανάλογη ποσότητα διαλύματος, σύμφωνα με τις ανάγκες των καλλιεργειών (βαμβάκι). Ελαβε χώρα ένα είδος άρδευσης - έκπλυσης (equilibration), ώστε να επέλθει υδατοκορεσμός. Βασική αρχή επιτυχίας του πειράματος είναι να επέλθει ιονταλλαγή, κάτι δηλαδή που θα γινόταν σε συνθήκες αγρού, κάτω βέβαια από κατάλληλες συνθήκες, όπως κλιματολογικές ή καλλιεργητικές,

2.2. ΥΛΙΚΑ - ΟΡΓΑΝΑ

Χρησιμοποιήθηκαν ειδικές φιάλες (tubes) των 50 ml και 1000 ml. Επίσης ογκομετρικές φιάλες των 250 ml, ειδικό σύστημα ελεγχόμενης ροής, στάγδην. Η στήριξη των φιαλών έγινε σε στατήρες. Εκτός βέβαια από το χώμα και τα ειδικά διαλύματα απαραίτητη κρίθηκε και η χρησιμοποίηση της αλκοόλης 98° καθαρότητας. Για την διήθηση επιλέχθηκε η χρήση του υαλοβάμβακα. Εδώ σημειώνεται, ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ενεργός άνθρακα, ως καλύτερο υλικό, ίσως γιατί δε δημιουργείται ηλεκτρισμός, στατικός, που ίσως επηρεάζει τις διάφορες χημικές διαδικασίες. Τέλος για την ξήρανση του χώματος έγινε χρήση ειδικών τριβλίων. Το διήθημα συγκεντρωνόταν σε πλαστικά μπουκάλια των 100 ml. Τα απαραίτητα όργανα είναι αυτά για τον προσδιορισμό του εναλλακτικού νατρίου και ασβεστίου.

2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Βασική αρχή κάθε πειραματικής προσπάθειας είναι να μειωθεί η πιθανότητα σφάλματος, στο εργαστήριο. Γι' αυτό το λόγο γίνεται μεταφορά των συνθηκών του περιβάλλοντος, όσο αυτό είναι δυνατό, στο χώρο εκτέλεσης της πειραματικής εργασίας. Στη συγκεκριμένη εργασία έγιναν κάποιες υποθέσεις, ώστε να περιοριστούν οι πιθανότητες λάθους. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι :

- Η ποιότητα του νερού παραμένει σταθερή
- Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, για τρία χρόνια, δεν παρατηρείται βροχόπτωση
- Οι χημικές παράμετροι παραμένουν σταθερές, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου
- Σ' όλη την έκταση του χωραφιού δεν παρατηρείται μεγάλη παραλλακτικότητα χημικών ιδιοτήτων.

2.3.1. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Η μάζα, το βάρος του χώματος, που αντιστοιχεί σε ένα στρέμμα σε ύψος-βάθος 30 εκατοστών, είναι 495 tn. Αυτό υπολογίζεται με τη βοήθεια του φαινομένου ειδικού βάρους, που είναι $1,65 \text{ g/m}^3$.

Η καλλιέργεια που καλύπτει τις εκτάσεις, από τις οποίες λήφθηκαν τα δείγματα εδάφους, είναι το βαμβάκι. Οι αρδευτικές ανάγκες του βαμβακιού, σε μια καλλιεργητική περίοδο, είναι 200 χιλιοστά ύψος νερού. (Συμβουλή κ. Γαλανοπούλου). Τα 200 χιλιοστά αντιστοιχούν σε 200 m^3 (κυβικά μέτρα νερό) νερού. Έτσι τα $495 \cdot 10^3 \text{ kg}$ χώματος δέχονται, ανά καλλιεργητική περίοδο, 200 m^3 νερό άρδευσης. Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 80 gr εδάφους, δηλαδή 0,8 kg χώματος. Αναγωγικά λοιπόν, τα 80 gr εδάφους πρέπει να δεχτούν 32,3 ml αρδευτικού νερού - διαλύματος, σε μια καλλιεργητική περίοδο. Επειδή το πείραμα σχεδιάστηκε για τρεις καλλιεργητικές περιόδους, τα συνολικά ml του διαλύματος είναι $3 \cdot 32,3 \approx 120 \text{ ml}$ περίπου. Έτσι με τα 120 ml υπερκαλύπτονται οι ανάγκες άρδευσης.

2.3.2. ΕΙΔΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται, κατ' αναλογία του αρδευτικού νερού, ανήκουν σ' ένα ευρύ φάσμα συγκεντρώσεων ιόντων, κατ' επέκταση τιμών S.A.R.. Ξεκινούν από την τιμή S.A.R. ίση με άπειρο, δηλαδή διάλυμα που περιέχει μόνο νάτριο. Οι τιμές εξελίσσονται ως εξής: S.A.R.=25, S.A.R.=15, S.A.R.=5, S.A.R.=0 δηλαδή μόνο ασβέστιο. Εδώ σημειώνεται, ότι χρησιμοποιείται ακόμη ένα διάλυμα με S.A.R.=0, όπου αυτό όμως αντιστοιχεί στο απεσταγμένο νερό, δηλαδή νερό βροχής. Τέλος το φάσμα των διαλυμάτων κλείνει το νερό βρύσης. Εδώ σημειώνεται ότι το νερό βρύσης της συγκεκριμένης ημέρας αναλύθηκε, χημικά, από άποψη S.A.R.. Αυτό δικαιολογείται, γιατί μέρα με την ημέρα αλλάζει η συγκέντρωση των κατιόντων στο νερό, πόσιμο, της περιοχής του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου.

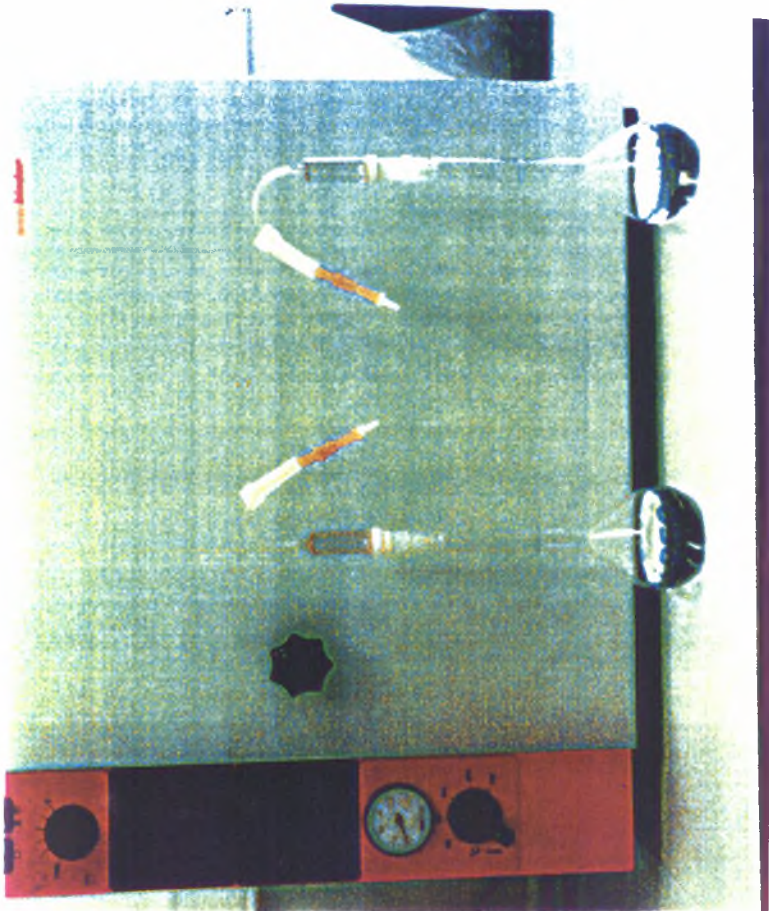
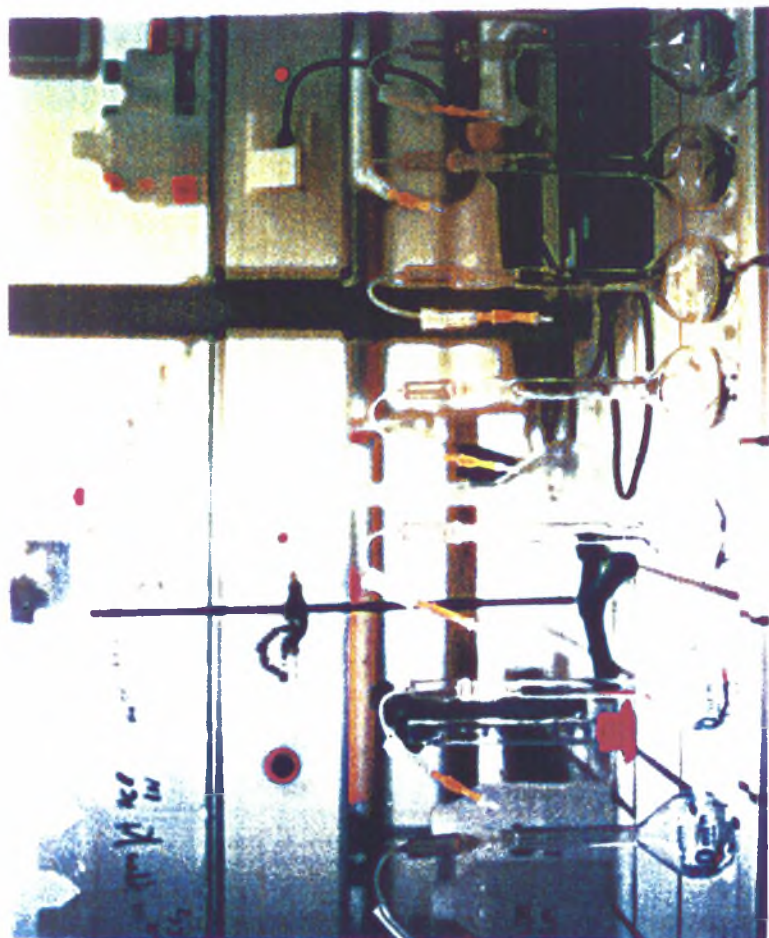
Τα κυριότερα ιόντα που λαμβάνονται υπ' όψη στις μετρήσεις και ειδικότερα στην C.E.C. είναι αυτά του νατρίου (Na^+), ασβεστίου (Ca^{+2}), μαγνησίου (Mg^{+2}) και καλίου. Στο συγκεκριμένο πειραματικό μέρος λήφθηκαν υπ' όψη τα ιόντα ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου. Η συγκέντρωση του μαγνησίου θεωρήθηκε ότι παραμένει σταθερή. Έτσι λοιπόν τα διαλύματα κατασκευάστηκαν με βάση τις συγκεντρώσεις νατρίου και ασβεστίου. Οι ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι: χλωριούχο νάτριο (NaCl) και ένυδρο χλωριούχο ασβέστιο ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Διαλύματα με γνωστά S.A.R. και ολικές συγκεντρώσεις.

S.A.R.	Ολική συγκέντρωση (mmol l)	Na+	Ca++	NaCl (g/l)	CaCl 2H O (g/l)
∞	1000	1000	0	58,44	0
>7	100	100	0	5,84	0
7	10	10	0	0,58	0
25	1000	424,2	575,8	24,79	42,33
25	100	79,7	20,3	4,66	1,49
25	10	9,7	0,3	0,567	0,022
15	1000	283,8	716,2	16,59	52,65
15	100	63,8	36,2	3,73	2,66
15	10	9,24	0,76	0,54	0,056
5	1000	105,7	894,3	6,18	65,74
5	100	29,7	70,3	1,74	5,17
5	10	6,56	3,44	0,383	0,253
0	1000	0	1000	0	73,51
0	100	0	100	0	7,35
0	10	0	10	0	0,735

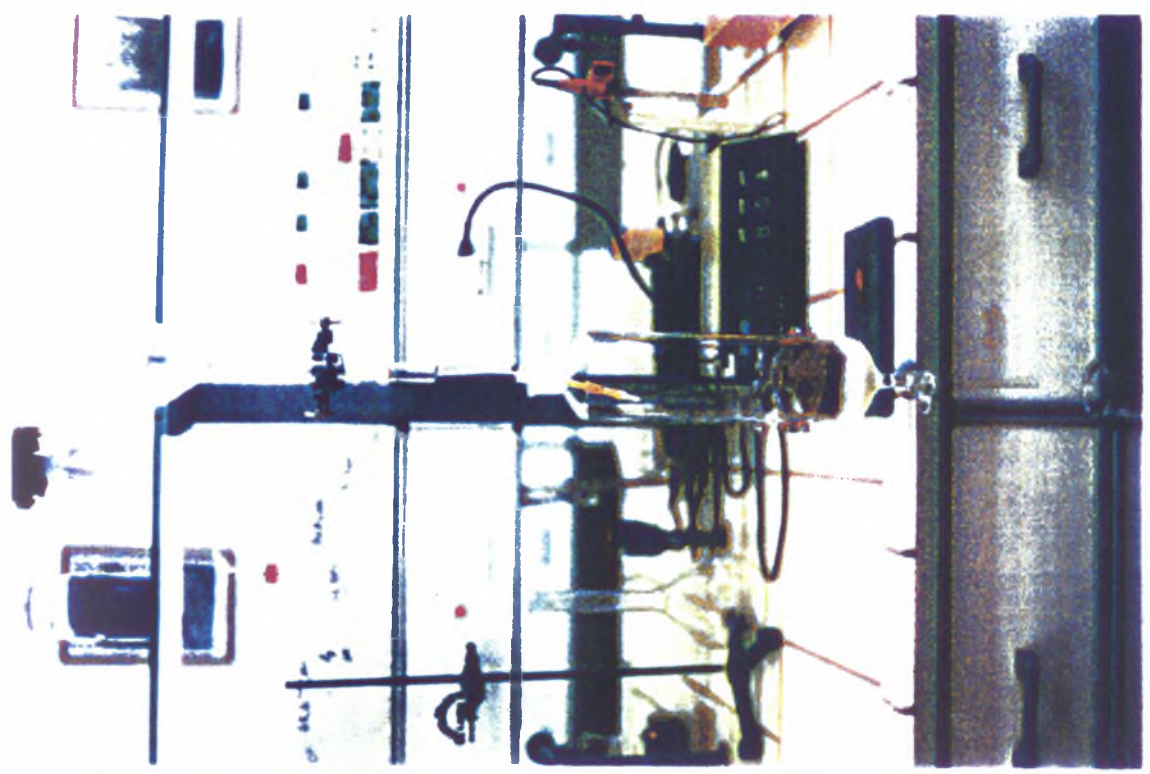
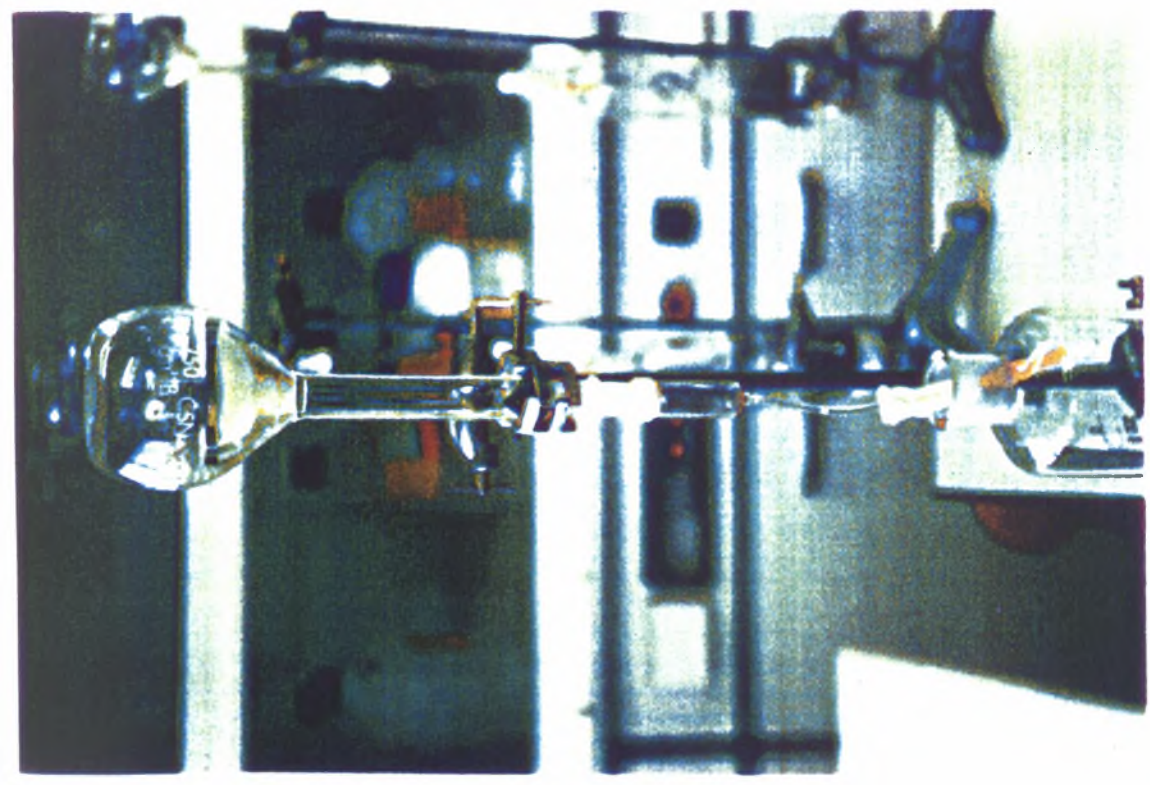
Πίνακας 5.

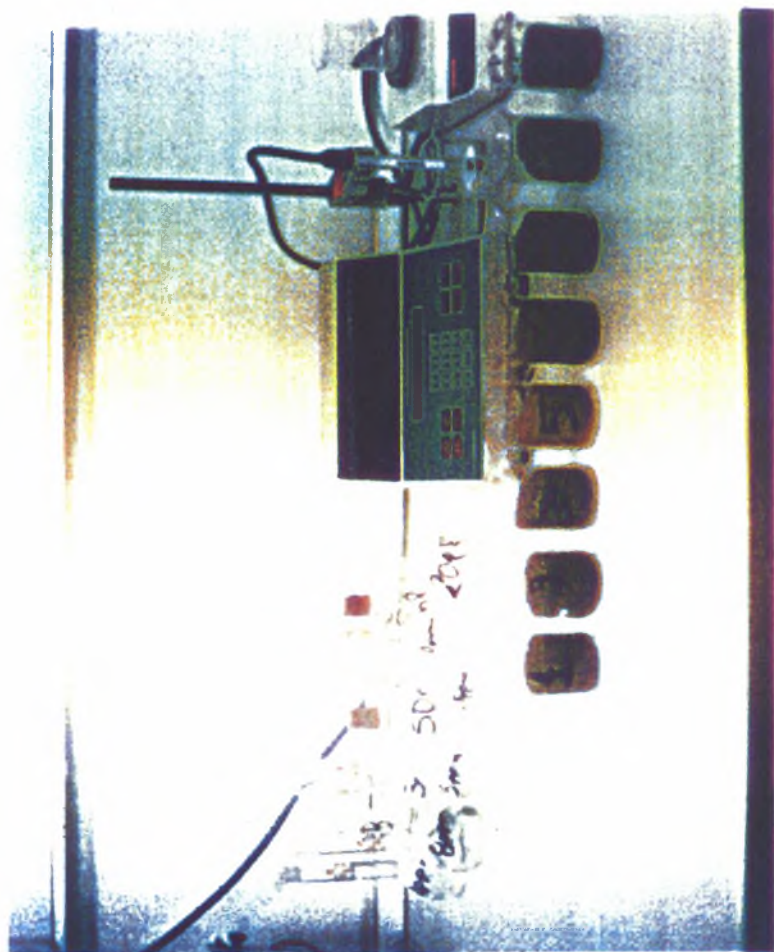
Υποσημείωση :S.A.R. νερού βρύσης =1



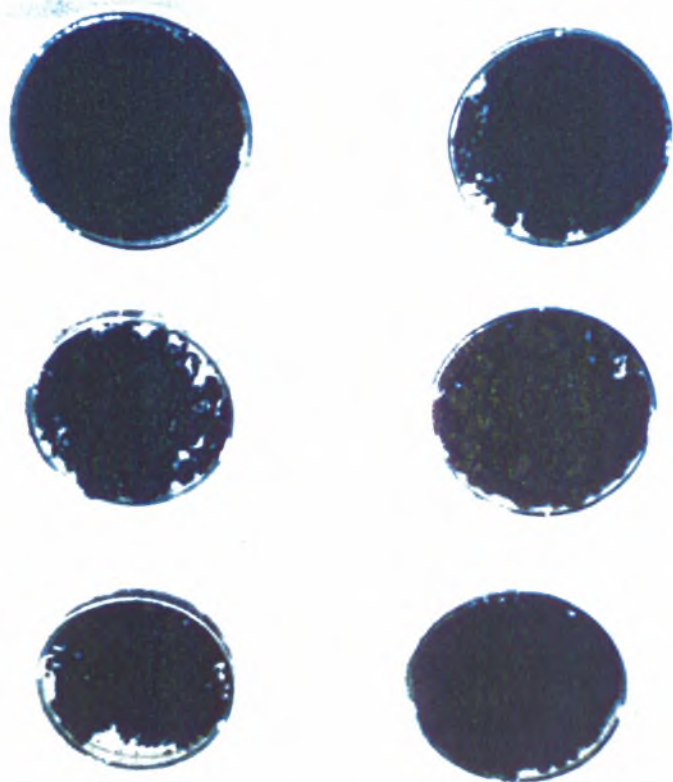
Εικόνα 2. Ογκομετρικές φιάλες με τα διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης και το ειδικό σύστημα της στάγδην άρδευσης με ροοστάτη.

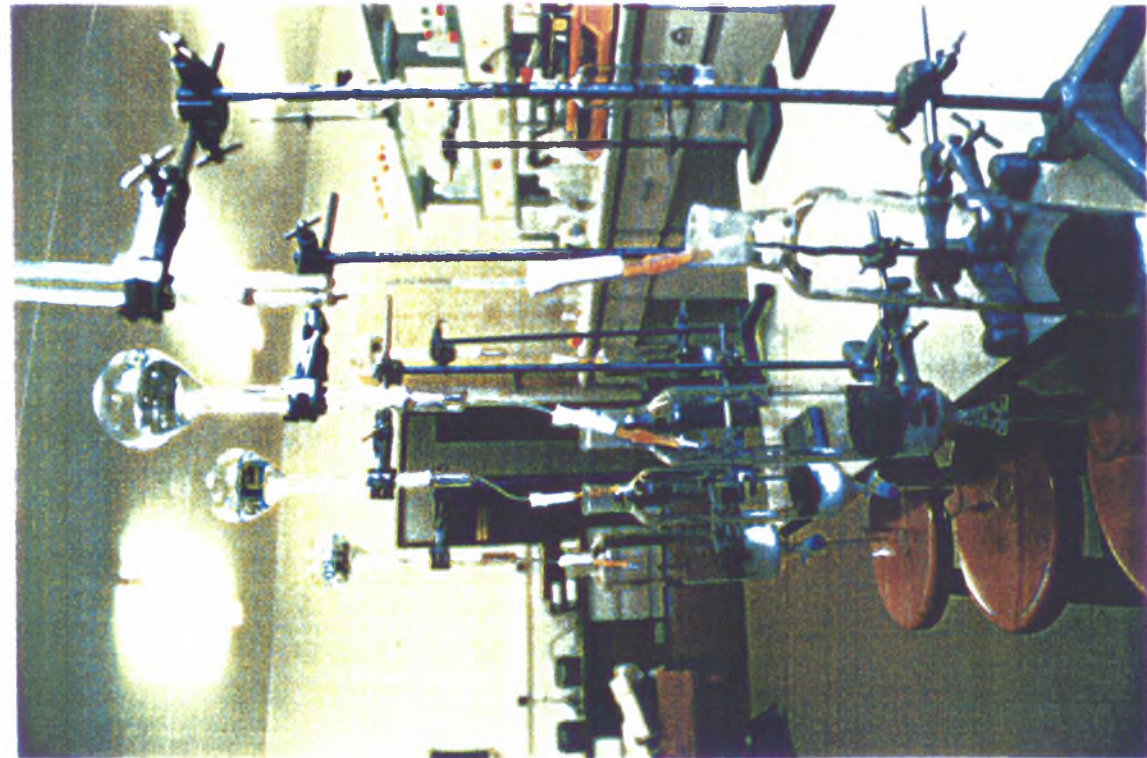
Εικόνα 3. Το συνολικό σύστημα του πειράματος σε σταθια.





Εικόνες 4α, 4β. Προετοιμασία και ξήρανση των εδαφικών δειγμάτων





Εικόνα 5. Συνολική αποψη του πειραματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΟΡΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

3.1. ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Αρχικά ζυγίζονται 80 gr εδαφικού δείγματος. Στη συνέχεια ζυγίζονται 5 gr περίπου υαλοβάμβακα για τις φιάλες των 500 ml και 10 gr για τις φιάλες των 100 ml. Αφού τοποθετηθεί ο υαλοβάμβακας, τοποθετείται το χώμα στη φιάλη, έτσι ώστε να μην περνάει στον υαλοβάμβακα. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση διηθητικού χαρτιού ανάμεσα στο έδαφος και στον υαλοβάμβακα. Ο ρόλος του υλικού αυτού του υαλοβάμβακα είναι να διηθεί το υγρό-διάλυμα μετά την έκπλυση του εδαφικού δείγματος. Το διήθημα συγκεντρώνεται σε πλαστικά μπουκάλια των 100 ml. Τα διάφορα διαλύματα βρίσκονται σε φιάλες των 500 ml. Οι φιάλες προσαρμόζονται ανάποδα σε ειδικούς στατήρες. Για να επιτευχθεί ο πλήρης κορεσμός του εδάφους και να γίνει η διαδικασία της ιονταλλαγής χρησιμοποιείται ειδικό σύστημα στάγδην άρδευσης-έκπλυσης. Αυτό το σύστημα, ανάλογο μ' αυτό που χρησιμοποιούνται στους ιατρικούς ορούς, με ροοστάτη προσαρμόζεται στην ογκομετρική φιάλη με ειδικούς φελούς.



Η χρονική διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου έξι ώρες. Η έκπλυση πρέπει να διαρκέσει τόσο για να επιτευχθεί η ιονταλλαγή.

Αφού συγκεντρωθεί το διήθημα, εφαρμόζεται έκπλυση των εδαφικών δειγμάτων με αλκοόλη καθαρότητας 98°. Αυτό συμβαίνει, για να επιτευχθεί η απομάκρυνση τελείως του υπάρχοντος διαλύματος. Αν το τελευταίο δεν απομακρυνθεί εντελώς το αποτέλεσμα των μετρήσεων θα είναι λανθασμένο. Κριτήριο της τέλει απομακρύνσεως του εκάστοτε διαλύματος είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας της αλκοόλης. Η χρησιμοποιούμενη αλκοόλη συλλέγεται και προωθείται για απόσταξη. Από τη μέθοδο προσδιορισμού της C.E.C. υπολογίζεται η ποσότητα της αλκοόλης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, η οποία είναι 660 ml.

Τελικά το χώμα, που έχει υποστεί την έκπλυση συγκεντρώνεται σε τριβλία και αφήνεται να ξηραθεί. Μετά από δύο ημέρες τοποθετείται σε ειδικά σακουλάκια με ταμπέλα των χαρακτηριστικών του. Πριν γίνει η ξήρανση το εδαφικό δείγμα ζυγίζεται

ξανά έτσι ώστε να προσδιοριστεί η υδατοικανότητά του. Στον υπολογισμό αυτό βοηθούν και οι μετρήσεις στο βάρος του υαλοβάμβακα και του διηθήματος.

Στη συνέχεια έγινε προσδιορισμός του εναλλακτικού νατρίου και ασβεστίου στα εδαφικά δείγματα και σ' ορισμένα διηθήματα, για να καταγραφούν οι αλλαγές στο E.S.P.. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο πρώτο μέρος αυτής της πτυχιακής διατριβής. Τέλος σημειώνεται ότι η παραπάνω διαδικασίες εφαρμόστηκαν δύο φορές στα εδαφικά δείγματα. Εγιναν δηλαδή δύο επαναλήψεις για περιορισμό των πειραματικών σφαλμάτων.

3.2. ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Βασική αρχή επιτυχίας του πειράματος είναι να γίνει ισοανταλλαγή, με τη χρήση των γνωστών διαλύματων. Για να επαληθευτεί αυτή η αρχή στην πειραματική πορεία εφαρμόστηκε μια εναλλακτική μέθοδος. Σημειώνεται ότι αυτή η μέθοδος είναι λιγότερο απαιτητική σε χρόνο, ίσως όμως δεν ακολουθεί πιστά τις συνθήκες του αγρού.

3.2.1. ΠΟΡΕΙΑ

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την επαλήθευση βασίζεται στην ιδέα της μεθόδου προσδιορισμού της C.E.C. με το οξικό αμμώνιο. Έτσι στις ειδικές φιάλες της φυγοκέντρου και αναλογικά τοποθετήθηκαν 10 gr και 15 ml διαλύματος. Ακολουθείται ανακίνηση για 10 λεπτά και φυγοκέντρωση επίσης για 10 λεπτά στις 2.000 στροφές ανά λεπτό, έτσι ώστε να γίνει ανταλλαγή. Από τα αποτελέσματα, που αναφέρονται στους πίνακες, παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλος βαθμός σύγκλισης και αξιοπιστίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά, και πριν πραγματοποιηθεί η συζήτηση και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων, κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στην επαλήθευση των αποτελεσμάτων. Από τον πίνακα της 2ης επανάληψης φαίνεται ότι η απόκλιση στις τιμές του E.S.P. είναι ελάχιστες και όχι, στατιστικά, σημαντικές. Αυτό είναι ένα κριτήριο απόδειξης μη ύπαρξης σοβαρού πειραματικού σφάλματος. Μικρές αποκλίσεις της τάξεως λίγων μονάδων στις τιμές του E.S.P. δεν έχουν επιστημονικό, αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον.

Ο πίνακας 15 δείχνει πέντε εδαφικές τιμές που έχουν υποστεί ιονταλλαγή με τη μέθοδο της φυγοκέντρωσης. Τυχαία επιλέχθηκαν δέκα περιπτώσεις για να διασταυρωθούν τα αποτελέσματα, οι τιμές του E.S.P. μ' αυτά της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής διατριβής. Φαίνεται ότι η μέθοδος είναι αρκετά αξιόπιστη αφού οι τιμές επαληθεύονται και με τη μέθοδο της φυγοκέντρου, με μικρές αποκλίσεις. Σύμφωνα λοιπόν με τον πίνακα 15, η μέθοδος γίνεται παραδεκτή επιστημονικά, αφού επιτυγχάνεται ο σκοπός. Ο σκοπός ήταν να γίνει κορεσμός του εδάφους και ιονταλλαγή.

4.2. ΣΧΕΣΗ S.A.R. ΜΕ E.S.P.

Σύμφωνα με τον πίνακα 14 παρατηρείται μια αναλογικά αυξανόμενη σχέση ανάμεσα στο S.A.R. και το E.S.P. Όσο το S.A.R. αυξάνεται τόσο το E.S.P. μεγαλώνει. Σε κάθε ένα από τα πέντε εδαφικά δείγματα η σχέση αυτή είναι διαφορετική. Αυτό οφείλεται στην ιδιαιτερότητα του κάθε εδάφους και στις διαφορετικές φυσικές και χημικές του ιδιότητες. Γενικά παρατηρείται και εξάγεται το συμπέρασμα, πώς αρδεύσεις με τέτοιου είδους νερά, είναι ικανές για τρία χρόνια, σύμφωνα με το σχεδιασμό του πειράματος, να αλλάξουν αισθητά το βαθμό αλκαλίωσης των εδαφών, του E.S.P.. Αν λάβει λοιπόν κανείς υπόψη την εντατικοποίηση των σημερινών καλλιεργειών και τη συνεχή άρδευση των χωραφιών, καταλαβαίνει το μέγεθος της αλλαγής που μπορεί να προκληθεί στα εδάφη.

Αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι η απότομη αύξηση της τιμής E.S.P. όταν χρησιμοποιούνται διαλύματα με S.A.R. από 15 και άνω. Επίσης αναφέρεται ότι η χρησιμοποίηση διαλύματος με S.A.R. το οποίο τείνει στο άπειρο δηλαδή χρησιμοποίηση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου εκτοξεύει την τιμή E.S.P. σε μια συγκεκριμένη τιμή. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ξεχωριστής ικανότητας ανταλλαγής ιόντων που έχει κάθε εδαφικό δείγμα. Έτσι το κάθε έδαφος έχει μια ανώτερη τιμή E.S.P. που μπορεί να φτάσει. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το εδαφικό σύστημα διακρίνεται από μια δυναμικότητα. Έτσι αλλάζει συνεχώς, δε μένει στατικό. Διάφορες λοιπόν κλιματολογικές, βιολογικές, αλλά και καλλιεργητικές συνθήκες επηρεάζουν τη συμπεριφορά του εδάφους και τις φυσικές και χημικές ιδιότητες. Όλα τα παραπάνω φαίνονται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.

4.3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΤΟΜΗ T₃

Σ' αυτή την εδαφική τομή T₃ δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από την αρχική τιμή E.S.P. (Πίνακας 9). Σημειώνεται εδώ ότι η αρχική τιμή είναι E.S.P.=47. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί ως εξής: το εδαφικό δείγμα T₃ έχει μια υψηλή τιμή E.S.P. και σύμφωνα με τον πίνακα 3 χαρακτηρίζεται ως αλατούχο-αλκαλιωμένο με νάτριο. Όπως προαναφέρθηκε, όλα τα εδαφικά δείγματα με αρχικές τιμές E.S.P. μεγάλες, δεν παρουσιάζουν έντονη ιονταλλαγή και δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις αρδεύσεις.

Ειδικότερα στην άρδευση-έκπλυση του εδαφικού δείγματος T₃ παρατηρείται μείωση του E.S.P. κατά 36,5 μονάδες όταν εκπλύνεται με το διάλυμα με S.A.R.=0, υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου. Συμπερένεται από εδώ ότι το ασβέστιο απορροφάται έντονα και σε μεγάλες ποσότητες. Επίσης ισχυρές μεταβολές μειώσεις στο E.S.P. παρουσιάζονται στα διαλύματα με S.A.R.=5 και S.A.R.=1 (νερό βρύσης). Αυτά τα διαλύματα περιέχουν ασβέστιο και λιγότερο νάτριο.

Αξιοσημείωτη είναι και η πτώση του E.S.P. όταν χρησιμοποιείται απεσταγμένο νερό για την έκπλυση. Η μείωση αυτή, κατά 14 μονάδες, οφείλεται στην έκπλυση-

υδρόλυση του νατρίου, που λαμβάνει χώρα. Περιγραφή του φαινομένου μπορεί να γίνει με την εξής αντίδραση:



Τελικά με τη χρησιμοποίηση διαλύματος με S.A.R. να τείνει στο άπειρο η τιμή του E.S.P. αυξάνεται κατά 4,7 μονάδες.

4.4. ΕΔΑΦΙΚΗ ΤΟΜΗ T₄

Το εδαφικό δείγμα της τομής αυτής χαρακτηρίζεται σαν αλατούχο. Η τιμή του E.S.P., (Πίνακας 10), πριν γίνει η άρδευση, είναι 7. Χαρακτηριστική είναι η άνοδος της τιμής της E.S.P. (πρακτικά μηδενική) κατά 1,75 μονάδες στην έκπλυση με απεσταγμένο. Αυτό οφείλεται μάλλον στη μη υδρόλυση του νατρίου. Λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε εναλλακτικό νάτριο, ίσως να εκπλύθηκαν άλλα στοιχεία. Αυτό πράγματι φαίνεται από τη σύγκριση του εναλλακτικού ασβεστίου, πριν την έναρξη του πειράματος και μετά την έκπλυση. Παρατηρείται μια μικρή μείωση του ασβεστίου. Γενικά σ' αυτή την εδαφοτομή παρατηρείται σταδιακή αύξηση του E.S.P.. Αξιοσημείωτο είναι εδώ με πόσο δυσκολία πέφτει η τιμή του E.S.P., ακόμη κι αν χρησιμοποιηθεί διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης ασβεστίου. Αυτό ίσως οφείλεται στην σχετικά μικρή τιμή του E.S.P. και ίσως και στην τιμή της C.E.C.=8,6, αυτού του δείγματος. Μια άλλη αιτιολογία μπορεί να είναι ο εδαφικός τύπος του δείγματος T₄. Το συγκεκριμένο έδαφος ανήκει στην κατηγορία S.C., άρα έχει ποσοστά άμμου επομένως το διάλυμα στραγγίζει σχετικά γρήγορα και δεν είναι δυνατό να γίνει ιοανταλλαγή.

4.5. ΕΔΑΦΙΚΗ ΤΟΜΗ T₅

Σ' αυτή την εδαφική τομή όπως και στην T₄ παρατηρείται μια αλματώδη αύξηση του E.S.P. αναλογική με την αύξηση του S.A.R., (Πίνακας 11). Έτσι συμπαιρένεται ότι εδάφη με E.S.P. σχετικά χαμηλές είναι εύκολο να μετατραπούν σε εδάφη με E.S.P. μεγάλες. Φαίνεται από αυτά τα δύο δείγματα, των οποίων η

συμπεριφορά είναι παρόμοια, πόσο δύσκολα μειώνεται η τιμή της E.S.P., αλλά και πόσο εύκολα αυξάνεται.

4.6. ΕΔΑΦΙΚΗ ΤΟΜΗ T₇

Στην εδαφική τομή T₇ παρατηρείται ελάτωση του E.S.P. όταν χρησιμοποιούνται διαλύματα με S.A.R.=0 (Πίνακας 12). Τα δύο διαλύματα με S.A.R.=0, είναι απεσταγμένο και με υψηλές συγκεντρώσεις σε ασβέστιο. Παρατηρείται όμως πως το νάτριο επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις εκπλύσεις, από το ασβέστιο. Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται από το γεγονός ότι ενώ χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες ασβεστίου στο διάλυμα με S.A.R.=0 το E.S.P. ελαττώνεται κατά 15 μονάδες ενώ όταν χρησιμοποιούνται διαλύματα με S.A.R. να τείνει στο άπειρο το νάτριο αυξάνεται πολύ.

Σ' αυτό επίσης το δείγμα φαίνεται πάλι ότι η τιμή του E.S.P. μειώνεται δύσκολα αλλά αυξάνεται εύκολα σχετικά. Η σημασία λοιπόν της πρόληψης πρόκλησης αλατότητας στους αγρούς έχει μεγάλη σημασία και γλιτώνει τον παραγωγό από πρόσθετες οικονομικές επιβαρύνσεις και πιέσεις.

4.7. ΕΔΑΦΙΚΗ ΤΟΜΗ T₉

Το έδαφος αυτής της τομής χαρακτηρίζεται από υψηλή τιμή E.S.P.=32,5. Χαρακτηρίζεται ως αλατούχο-νατριούχο. Παρατηρείται μείωση της τιμής E.S.P. στις εκπλύσεις με τα πρώτα τέσσερα διαλύματα S.A.R.=0 (απεσταγμένο), 0, 5, 15 αντίστοιχα(Πίνακας 13). Η μείωση μετά την έκλυση με απεσταγμένο οφείλεται όπως και στην τομή T₃ σε υδρόλυση του νατρίου. Γενικά σ' αυτή την τομή, όπως και στην T₃ παρατηρείται δυσκολία στην αύξηση της τιμής του E.S.P. Βέβαια με τη χρησιμοποίηση του διαλύματος με S.A.R. να τείνει στο άπειρο παρατηρείται αύξηση της τάξης των 18,6 μονάδων.

4.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αλατότητα και η αλκαλίωση των εδαφών είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας υποβάθμισης των εδαφών και το περιβάλλοντος γενικότερα. Από τα πειράματα που έγιναν διαπιστώθηκε, πόσο ευαίσθητα στην παθογένεια είναι τα εδάφη της Κάρλας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ιδιαίτερο ρόλο παίζουν κάποιες παράμετροι στην πρόληψη. Έτσι σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη μιας περιοχής, τα είδη των καλλιεργειών, η ποιότητα των αρδευτικών νερών, και σύμφωνα με τα στοιχεία και τις σχέσεις που παρουσιάστηκαν σ' αυτή την πτυχιακή διατριβή, είναι δυνατό να κατασκευασθεί ένα μοντέλο πρόληψης και αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων.

Από τους πίνακες και τα διαγράμματα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το E.S.P. των εδαφών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Μαθηματικά είναι μια συνάρτηση που μπορεί να εκφρασθεί:

$$y = f[(-x), (z), (t), (\psi)]$$

όπου: y: η τιμή του E.S.P. μετά την άρδευση.

-x: η τιμή του E.S.P. του εδάφους πριν την άρδευση. Συμβολίζεται με -x γιατί όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο το y δηλαδή η E.S.P. αυξάνεται με βραδύτερους ρυθμούς.

z: S.A.R. των αρδευτικών νερών.

t: χρονική διάρκεια 3 χρόνων.

ψ : εδαφικός τύπος.

Σκοπός είναι να βρεθεί για κάθε εδαφική τομή, το όριο στη τιμή του SAR, έτσι ώστε να είναι προβλέψιμη η διαφοροποίηση στην τιμή του ESP.

4.9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων, βρίσκεται η κλίση της καμπύλης μεταβολής. Πρακτικά αυτό δείχνει την οριακή τιμή του SAR, της παραμέτρου x. Σε υψηλότερες τιμές παρατηρείται αλματώδη αύξηση του ESP. Στατιστικά η κλίση της καμπύλης μηδενίζεται στο σημείο όπου η πρώτη παράγωγος της συνάρτησης

μηδενίζεται. Οι καμπύλες για όλες τις εδαφικές τομές εκφράζονται από μια εξίσωση της μορφής $y = ax^2 - bx + c$, όπου y είναι οι τιμές του ESP και x είναι οι τιμές του SAR.

Η πρώτη παράγωγος πρέπει να είναι $dy/dx=0$ ή $2ax-b=0$, άρα $x=b/2a$. Έτσι αντικαθιστώντας τις τιμές σε κάθε εδαφική τομή έχουμε διαφορετικές τιμές x .

- * Οριακή τιμή για την τομή T3, είναι SAR=3.
- * Οριακή τιμή για την τομή T4, είναι SAR=2.
- * Οριακή τιμή για την τομή T5, είναι SAR=3.
- * Οριακή τιμή για την τομή T7, είναι SAR≈0.
- * Οριακή τιμή για την τομή T9, είναι SAR=1,2.

Τελικά για εδάφη με παρόμοια χαρακτηριστικά, με αυτά που εξετάστηκαν, τα νερά άρδευσης πρέπει να έχουν τις παραπάνω τιμές SAR, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος να επέλθει αύξηση του ESP, με πιθανές δυσμενείς επιδράσεις στις φυσικές ιδιότητες. Έτσι έχοντας υπόψη την ποιότητα των αρδευτικών νερών της περιοχής (μελλοντικό θέμα έρευνας), και την μελέτη περισσότερων εδαφικών τομών, μπορεί να δοθεί η κατάλληλη αρδευτική μεταχείριση στα συγκεκριμένα εδάφη, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος αύξησης του ESP.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Η βελτίωση των αλατούχων εδαφών, των οποίων το μοναδικό μειονέκτημα είναι ότι περιέχουν υψηλό ποσοστό διαλυτών ουδετέρων αλάτων, αναφέρεται στην προσθήκη στο έδαφος μεγάλων ποσοτήτων νερού και μάλιστα σε τέτοιες ποσότητες που να είναι μεγαλύτερες απ' αυτές που χάνονται με εξατμισοδιαπνοή. Έτσι πραγματοποιείται έκπλυση των αλάτων, στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Βασική προϋπόθεση, για να επιτευχθεί η έκπλυση και κατ' επέκταση η βελτίωση των αλατούχων εδαφών, είναι να υπάρχει η ανάλογη περατότητα του εδάφους. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη ότι στο έδαφος δεν προστίθενται και πάλι ουδέτερα άλατα με την προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων νερού άρδευσης. Σημειώνεται εδώ ότι το νερό, που θα χρησιμοποιηθεί για την έκπλυση, πρέπει να απομακρυνθεί από το χωράφι με υποστράγγιση.

Από τα ανωτέρω καθίσταται φανερό ότι, η βελτίωση των πολύ αλατούχων αργιλικών εδαφών θα είναι οικονομικά συμφέρουσα, μόνο όταν το έδαφος είναι περατό και στο χωράφι υπάρχει καλό στραγγιστικό σύστημα.

Ενας άλλος παράγοντας πρόκλησης αλατότητας είναι η υψηλή υπόγεια στάθμη του νερού. Στις περιπτώσεις αυτές η κατασκευή ενός καλού στραγγιστικού συστήματος θα κατεβάσει την υπόγεια στάθμη του νερού, με αποτέλεσμα την επιτυχή απομάκρυνση των νερών, ενώ συγχρόνως, θα μειώνεται η αλατότητα του εδάφους, με την πάροδο του χρόνου.

Σαν τελική λύση θεωρείται η χρησιμοποίηση καλλιέργειας ή ποικιλιών ανθεκτικών στην αλατότητα των εδαφών. Τέτοια φυτά είναι τα: *Melilotus alba* και *Trifolium fragiferum*, καθώς επίσης και η Μηδική, κάτω από ορισμένες συνθήκες, κυρίως για νατριούχα εδάφη. Επίσης το ρύζι μπορεί να καλλιεργηθεί σε τέτοια εδάφη και μάλιστα πλημμυρισμένα με νερό.

Εδαφική τομή Τ3, E.S.P. = 47

S.A.R.	Mg++ meq/100gr	Na+ meq/100gr	Ca++ meq/100gr	E.S.P.	Μεταβολή σε μονάδες
0 (απεστ.)	2,2	4,47	3,5	32,7	-14,3
0	2,2	1,98	6	10,5	-36,5
5	2,2	2,68	5,3	19,6	-27,4
15	2,2	5,1	4,5	33,3	-13,4
25	2,2	5,5	4	36,2	-10,8
∞	2,2	10,4	4	51,7	4,7
1 (βρύση)	2,2	2,07	2,5	20,1	-26,9

Πίνακας 9.

S.A.R.	Mg++ meq/100gr	Na+ meq/100gr	Ca++ meq/100gr	E.S.P.	Μεταβολή σε μονάδες
0 (απεστ.)	0,55	0,6	3	8,75	1,75
0	0,55	0,5	4,7	6	-1
5	0,55	2,42	5	22,7	15,7
15	0,55	3,9	4	35	28
25	0,55	4,8	3,5	41,5	34,5
∞	0,55	9,6	4	57	50
1 (βρύση)	0,55	1,55	3	19,8	12,8

Πίνακας 10.

Εδαφική τομή T5, E.S.P. = 6,75

S.A.R.	Mg++ meq/100gr	Na+ meq/100gr	Ca++ meq/100gr	E.S.P.	Μεταβολή σε μονάδες
0 (απεστ.)	0,3	0,5	3	8,3	1,55
0	0,3	0,32	4	4,7	-2,05
5	0,3	1,5	5	16,6	9,85
15	0,3	3,37	4	34,1	27,35
25	0,3	3,5	4	35	28,25
∞	0,3	6	4	48	41,25
1 (βρύση)	0,3	1,3	4	16,6	9,85

Πίνακας 11.

S.A.R.	Mg++ meq/100gr	Na+ meq/100gr	Ca++ meq/100gr	E.S.P.	Μεταβολή σε μονάδες
0 (απεστ.)	1,5	1,64	4	14,5	-7,5
0	1,5	0,77	5,2	6,6	-15,4
5	1,5	0,68	4,1	21,5	-0,5
15	1,5	3,98	4	29	7
25	1,5	5,2	3,5	36,1	14,1
∞	1,5	9,6	3	52,4	30,4
1 (βρύση)	1,5	2	4,5	16,4	5,6

Πίνακας 12.

Εδαφική τομή Τ9, E.S.P. = 32,5

S.A.R.	Mg++ meq/100gr	Na+ meq/100gr	Ca++ meq/100gr	E.S.P.	Μεταβολή σε μονάδες
0 (απεστ.)	1,2	1,55	3,5	14,5	-18
0	1,2	2,03	6	14,9	-17,6
5	1,2	3,03	4,8	22,5	-10
15	1,2	4,07	4	29,7	-2,8
25	1,2	6,5	3,5	41,6	9,1
∞	1,2	9,5	3,5	51,1	18,6
1 (βρύση)	1,2	2,4	4	20	-12,5

Πίνακας 13.

Πίνακας 16. Μετρήσεις δεύτερης επανάληψης.

S.A.R.	E.S.P. T3	E.S.P. T4	E.S.P. T5	E.S.P. T7	E.S.P. T9
0	32	8	8,5	14,5	16
0	11	6,5	4,8	6,5	16
1	20,1	21	16,7	16	21
5	20	24	16	22	23
15	32	33,5	34	29	31
25	36	42	35	36	42
∞	52	57	48	54	50

S.A.R.	E.S.P. T3	E.S.P. T4	E.S.P. T5	E.S.P. T7	E.S.P. T9
0	32,7	8,75	8,3	14,5	14,5
0	10,5	6	4,7	6,6	14,9
1	20,1	19,8	16,6	16,4	20
5	19,6	22,7	16,6	21,5	22,5
15	33,3	35	34,1	29	29,7
25	36,2	41,5	35	36,1	41,6
∞	51,7	57	48	52,4	51,1

Πίνακας 14.

Πίνακας 15. Επαλήθευση με τη χρήση φυγοκέντρου.

Εδαφικές τομές	S.A.R.	E.S.P.
T3	0 απ.	35
T3	15	38,5
T4	5	20
T4	0	15
T5	25	37
T5	∞	45
T7	∞	60
T7	0	18
T9	15	32
T9		51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΛΑΤΟΥΧΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

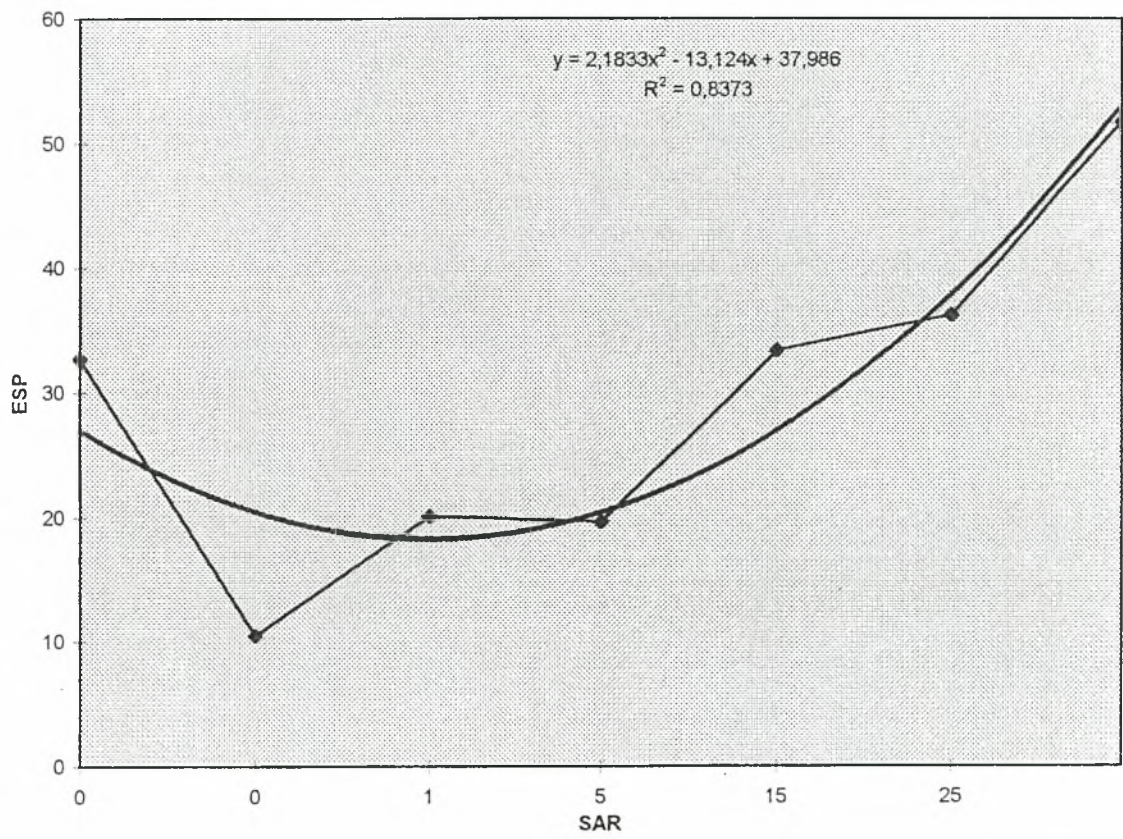
Η βελτίωση των αλατούχων εδαφών, των οποίων το μοναδικό μειονέκτημα είναι ότι περιέχουν υψηλό ποσοστό διαλυτών ουδετέρων αλάτων, αναφέρεται στην προσθήκη στο έδαφος μεγάλων ποσοτήτων νερού και μάλιστα σε τέτοιες ποσότητες που να είναι μεγαλύτερες απ' αυτές που χάνονται με εξατμισοδιαπνοή. Έτσι πραγματοποιείται έκπλυση των αλάτων, στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Βασική προϋπόθεση, για να επιτευχθεί η έκπλυση και κατ' επέκταση η βελτίωση των αλατούχων εδαφών, είναι να υπάρχει η ανάλογη περατότητα του εδάφους. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη ότι στο έδαφος δεν προστίθενται και πάλι ουδέτερα άλατα με την προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων νερού άρδευσης. Σημειώνεται εδώ ότι το νερό, που θα χρησιμοποιηθεί για την έκπλυση, πρέπει να απομακρυνθεί από το χωράφι με υποστράγγιση.

Από τα ανωτέρω καθίσταται φανερό ότι, η βελτίωση των πολύ αλατούχων αργιλικών εδαφών θα είναι οικονομικά συμφέρουσα, μόνο όταν το έδαφος είναι περατό και στο χωράφι υπάρχει καλό στραγγιστικό σύστημα.

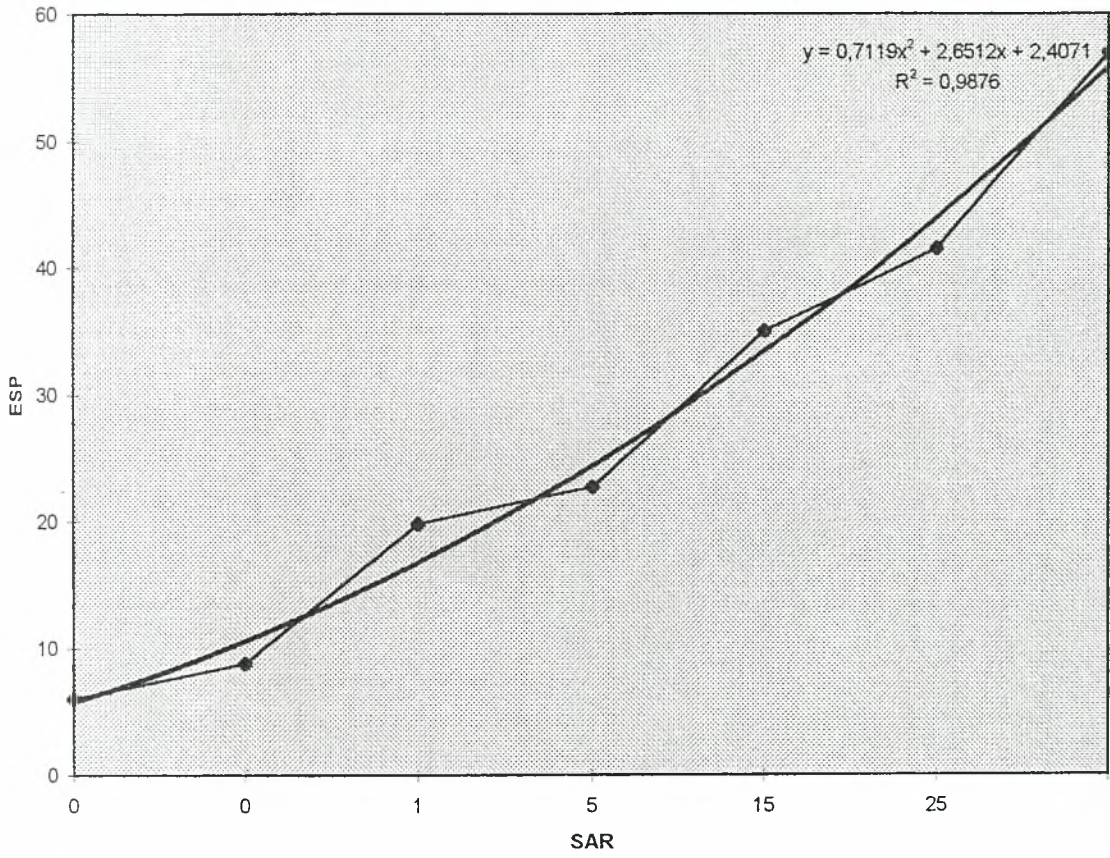
Ενας άλλος παράγοντας πρόκλησης αλατότητας είναι η υψηλή υπόγεια στάθμη του νερού. Στις περιπτώσεις αυτές η κατασκευή ενός καλού στραγγιστικού συστήματος θα κατεβάσει την υπόγεια στάθμη του νερού, με αποτέλεσμα την επιτυχή απομάκρυνση των νερών, ενώ συγχρόνως, θα μειώνεται η αλατότητα του εδάφους, με την πάροδο του χρόνου.

Σαν τελική λύση θεωρείται η χρησιμοποίηση καλλιέργειας ή ποικιλιών ανθεκτικών στην αλατότητα των εδαφών. Τέτοια φυτά είναι τα: *Melilotus alba* και *Trifolium fragiferum*, καθώς επίσης και η Μηδική, κάτω από ορισμένες συνθήκες, κυρίως για νατριούχα εδάφη. Επίσης το ρύζι μπορεί να καλλιεργηθεί σε τέτοια εδάφη και μάλιστα πλημμυρισμένα με νερό.

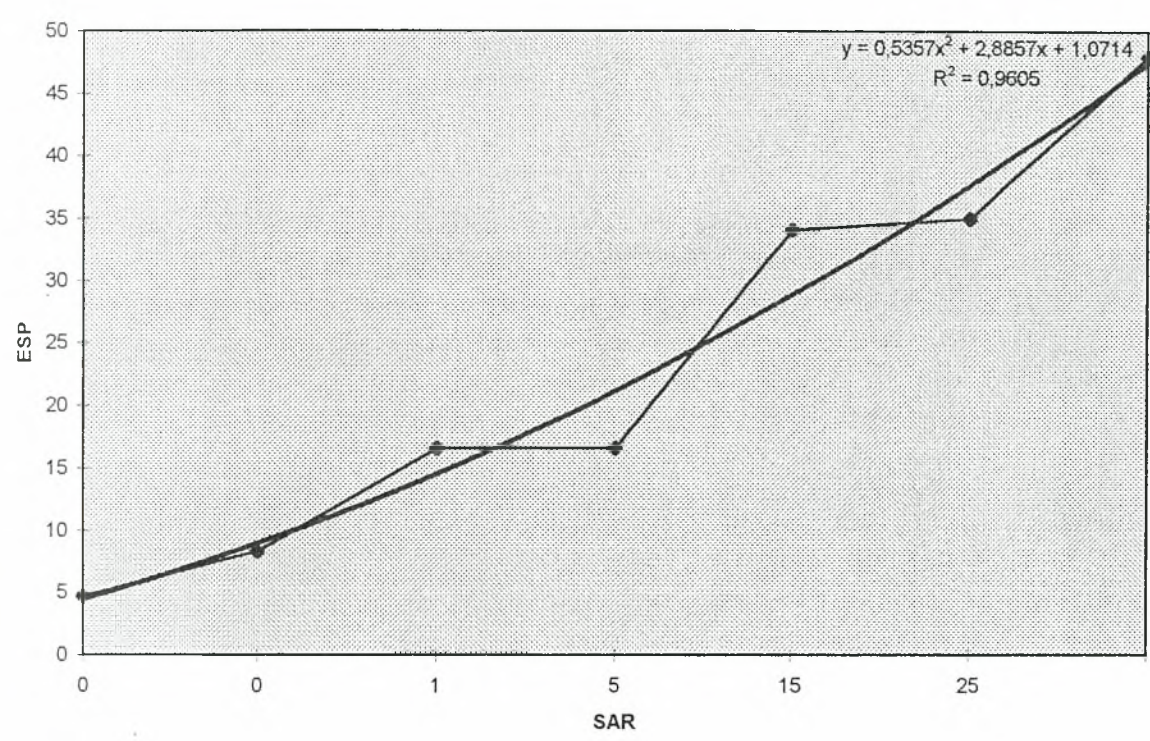
Διάγραμμα 2.Εδαφική τομή Τ3



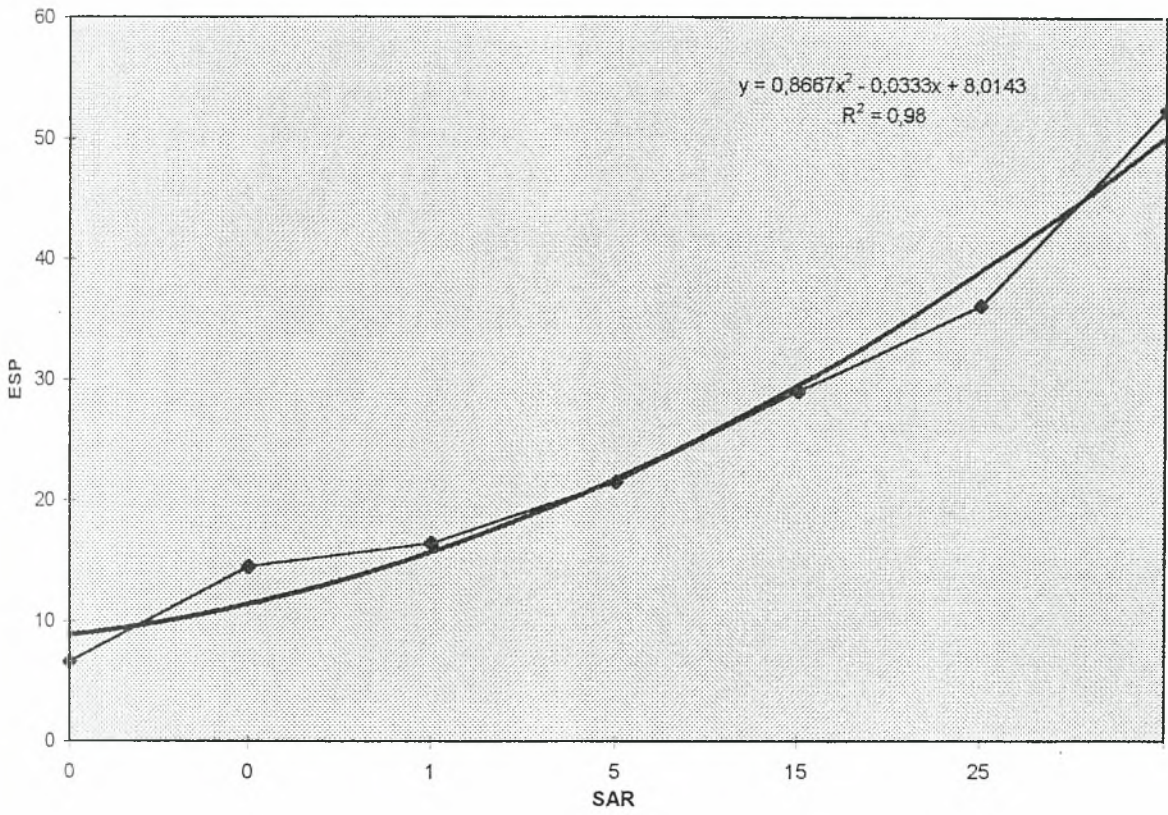
Διάγραμμα 3.Εδαφική τομή Τ4



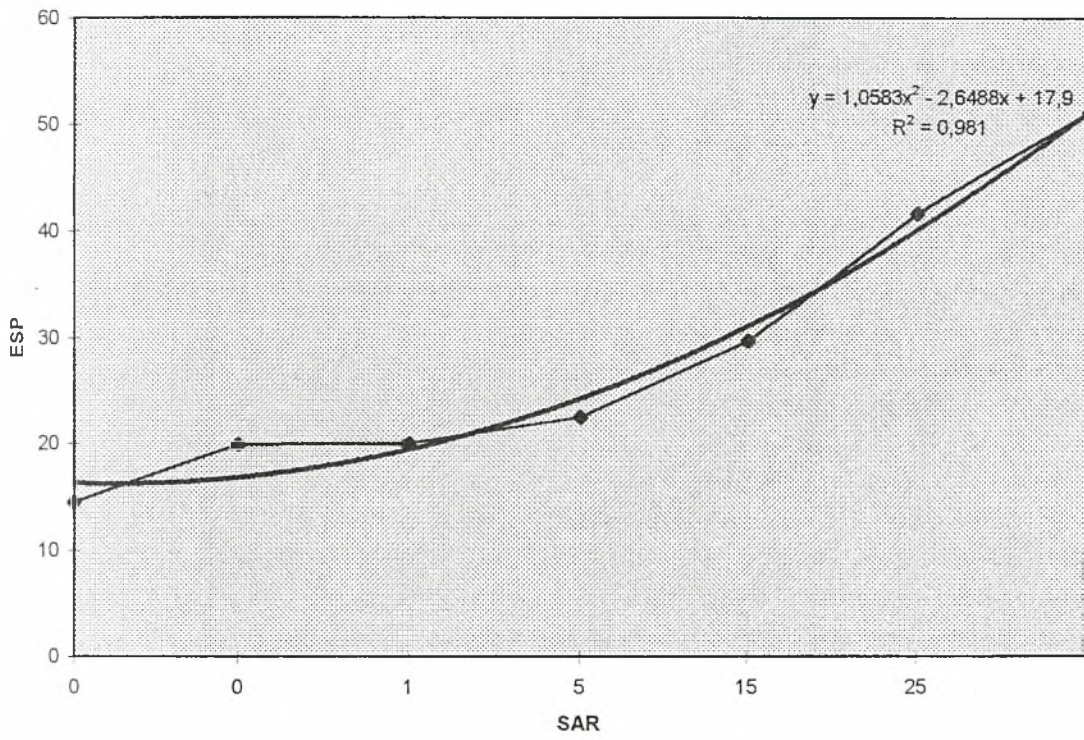
Διάγραμμα 4.Εδαφική τομή T5

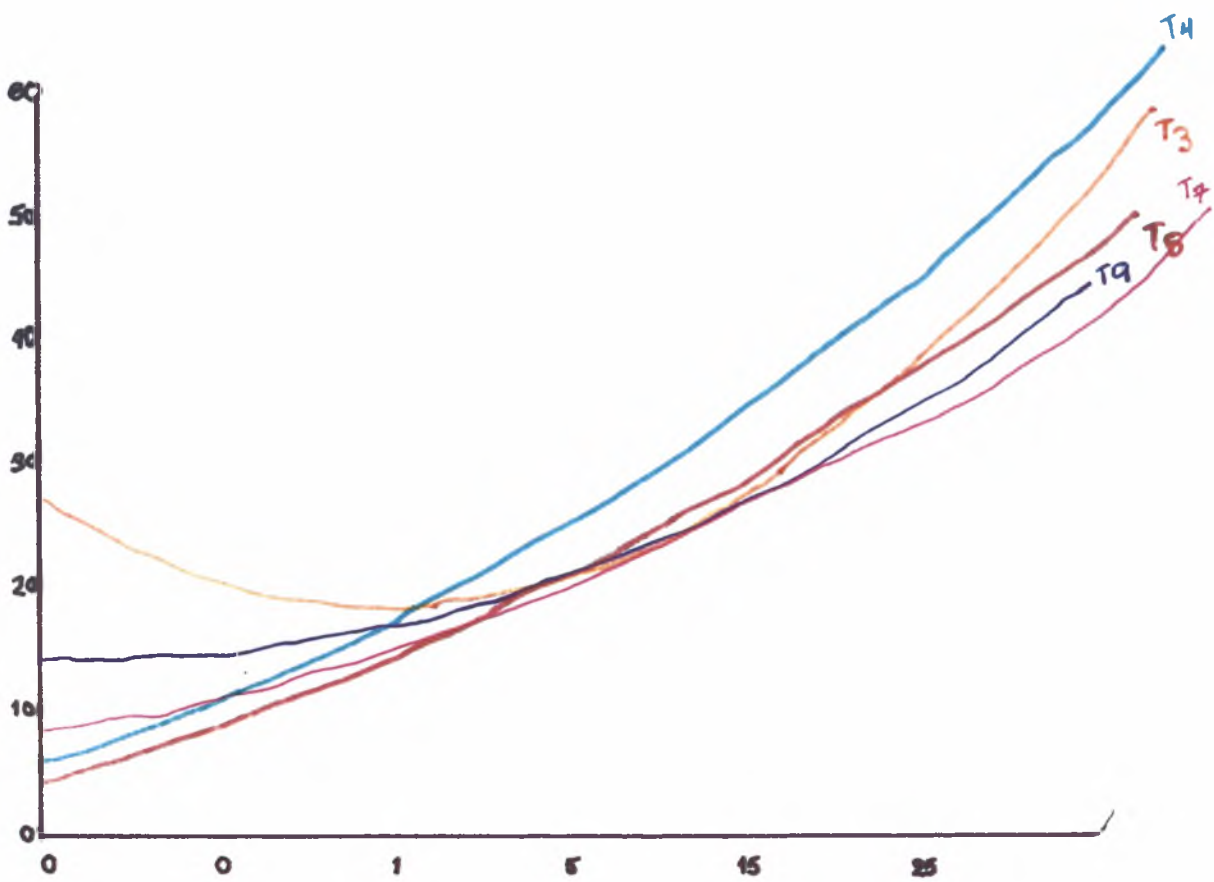


Διάγραμμα 5. Εδαφική τομή T7



Διάγραμμα 6. Εδαφική τομή T9





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ Ν.Ε., ΒΑΡΒΟΓΛΗ Α.Γ., (1993). "Οργανική Χημεία". ΘΕΣ/ΝΙΚΗ.
2. ΑΛΕΞΙΑΔΗ Α. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, (1980). "Φυσική και χημική ανάλυσις του εδάφους". ΘΕΣ/ΝΙΚΗ.
3. BENTON, J. Jr., WOLF, B., MILLS, H.A., (1991). "Plant analysis Handbook". U.S.A.
4. BOLN H.L., BL. Mc NEAL and G.A. O' CONNOR, (1985). "Soil Chemistry". NEW YORK.
5. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ - ΣΕΝΔΟΥΚΑ ΣΤΕΛΛΑ, (1994). Πανεπιστημιακές σημειώσεις στο μάθημα ΕΙΔΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΙΙ. ΒΟΛΟΣ.
6. ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ. Τεύχος 9. (1995).
7. ΛΑΛΙΑ - ΚΑΝΤΟΥΡΗ Μ., (1991). "Γενική και ανόργανη Χημεία". ΘΕΣ/ΝΙΚΗ.
8. ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ Γ.Ε., (1987). "Γενική Χημεία βιολογικών επιστημών". ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.
9. MELSTED S.W. and PECK T.R., (1973). "The principles of soil testing". Madison Wisc. U.S.A.
10. ΜΗΤΣΙΟΣ Ι.Κ., (1996). "Αλατούχα και αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη, Ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσης, Διαχείριση των αρδευόμενων αλατούχων και νατριούχων εδαφών". Εκδόσεις ΖΥΜΕΛ.
11. ΜΗΤΣΙΟΣ Ι.Κ., (1994). "Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες". Μονογραφία, Πανεπιστημιακή έκδοση, ΒΟΛΟΣ.
12. ΜΗΤΣΙΟΣ Ι.Κ., ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ Χ.Δ., ΠΑΓΑΝΙΑΣ Κ.Π., (1995). "Διάβρωση των εδαφών, Αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας". Εκδόσεις ΖΥΜΕΛ.
13. ΜΗΤΣΙΟΣ Ι.Κ., (1995). "Σημειώσεις εδαφολογίας". Πανεπιστημιακή έκδοση. ΒΟΛΟΣ.
14. ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ-ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ-ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ, (1994). "Αποξήρανση και αποκατάσταση τέως Λίμνης Κάρλας".

15. ΜΠΟΒΗ Κ., ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Ι., (1993). "Βασικές έννοιες εδαφολογίας".
ΑΘΗΝΑ.
16. ΠΑΞΙΝΟΣ Σ.Α., (1967). "Εδαφολογία". ΘΕΣ/ΝΙΚΗ.
17. ΠΑΡΙΣΑΚΗΣ Γ.Κ., (1979). "Χημεία υδατικών διαλυμάτων".
18. Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. ΑΘΗΝΩΝ, (1991). "Μέθοδοι χημικής αναλύσεως εδαφους".
ΑΘΗΝΑ.
19. Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. ΑΘΗΝΩΝ, (1991). "Μέθοδοι αναλύσεως νερού αρδεύσεως".
ΑΘΗΝΑ.
20. PECK T.R. and SOLTAN POUR P.N., (1990). "The Principles of soil testing".
Madison Wisc. U.S.A.
21. ΣΙΜΩΝΗΣ Α.Δ., (1981). "Γονιμότητα εδάφους και μέθοδοι εκτίμησής της".
Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΑΓΣΑ.
22. "Standard methods for the examination for water and wastewater", (1985). 16th
Edition.
23. ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΗ, Θ.Π., (1980). "Εργαστηριακά ασκήσεις ποσοτικής αναλυτικής
χημείας".

