



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ
ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΖΩΤΟΥ, ΦΩΣΦΟΡΟΥ, ΚΑΛΙΟΥ & ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΙΑΣ**



ΚΟΥΝΤΡΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ

2014

Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Αντωνιάδης Βασίλειος, (Εφαρμοσμένη εδαφολογία, Επίκουρος Καθηγητής –
Επιβλέπων)

Δημήρκου Ανθούλα, (Εδαφολογία με έμφαση στη χημεία εδάφους, Καθηγήτρια)

Νάνος Γεώργιος, (Δενδροκομία, Αναπληρωτής Καθηγητής)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας :

Πρώτα απ' όλα, στον επιβλέποντα καθηγητή μου Κ. Αντωνιάδη Βασίλειο για τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, καθώς και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το διάστημα. Θερμά ευχαριστώ τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής κ. Δημήτρου Ανθούλα και κ. Νάνο Γεώργιο για την ένθερμη υποστήριξη, την αδιάλειπτη καθοδήγηση, τις ουσιώδεις συμβουλές και το υλικό που μου παρείχαν για την ολοκλήρωση τούτης της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη κα Μπρόζου Εύα και κ. Παπαχαράλαμπο Χαράλαμπο για την πολύτιμη βοήθεια στο εργαστήριο και το πειραματικό αγρό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλές αναφορές έχουν γίνει για τη χρήση Ζεόλιθου στη γεωργία και ειδικότερα στη λίπανση. Έτσι σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη και σύγκριση της επίδρασης τριών διαφορετικών πηγών λιπάσματος (συμβατικό αμμωνιακό λίπασμα, εμποτισμένο αμμωνιακό λίπασμα με ζεόλιθο και κοπριά) καθώς και τη τυπική μεταχείριση του παραγωγού στις ιδιότητες του εδάφους και φυτού σε ελαιώνα κάτω από πραγματικές συνθήκες αγρού. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε το έτος 2013 σε ελαιώνα με δένδρα ποικιλίας Καλαμών ηλικίας 19 ετών στη περιοχή Φυτόκου Μαγνησίας. Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε πέντε σειρές, μία για κάθε μεταχείριση. Για τη μεταχείριση του Ζεόλιθου, της Κοπριάς, της Συμβατικής Λίπανσης και του Παραγωγού χρησιμοποιήσαμε εννέα δένδρα αφήνοντας ένα buffer όπου ήταν αυτό δυνατόν ανάμεσα στις σειρές. Για τη μεταχείριση του Μάρτυρα χρησιμοποιήσαμε έξι δένδρα. Παραλαβή δειγμάτων φύλλων και εδάφους γινόνταν για κάθε τριάδα δένδρων που θεωρούσαμε block. Έτσι για κάθε μεταχείριση είχαμε τρία block ενώ συνολικά ήταν δεκαπέντε. Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 19 Ιουλίου 2013 ενώ η δεύτερη στις 10 Ιανουαρίου 2014. Σε κάθε δειγματοληψία συλλέξαμε φύλλα και έδαφος από κάθε block μεταχείρισης. Τα αποτελέσματα στα φύλλα έδειξαν ότι ο Εμποτισμένος Ζεόλιθος ενήργεισε ως λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης για το Άζωτο (N) ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές για το Φώσφορο (P) και το Κάλιο (K) σε σύγκριση με το Συμβατικό Λίπασμα. Όσο αφορά τα ιχνοστοιχεία χορηγήθηκαν μόνο από τη Κοπριά που τα περιέχει χωρίς να μας δώσει σημαντικές διαφορές στον ένα χρόνο του πειράματος. Στο έδαφος παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στις συγκεντρώσεις του N, P, K καθώς και στο pH. Τέλος στο εργαστήριο εκτός των μετρήσεων για το πείραμα αγρού, ασχοληθήκαμε με το πείραμα επώασης που στόχο είχε τη μελέτη αποδέσμευσης $\text{NO}_3\text{-N}$. Από τα 24 εδαφικά δείγματα προσθέσαμε στα μισά φυτικό υλικό (κονιορτοποιημένα φύλλα σε σκόνη). Έτσι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, τα μισά είχαν φυτικό υλικό ενώ τα άλλα μισά όχι. Σε κάθε μια ομάδα προσθέσαμε είτε θειική αμμωνία είτε εμποτισμένο ζεόλιθο, είτε ξηρή κοπριά ενώ αφήσαμε αντίστοιχα Μάρτυρα για κάθε ομάδα. Ενδιαφέρον παρουσίασε η μεγαλύτερη απελευθέρωση $\text{NO}_3\text{-N}$ για τις μεταχειρίσεις του Μάρτυρα χωρίς φυτικό υλικό.

ABSTRACT

Many research efforts have been made to test the use of zeolite in agriculture and especially in soil fertilization. The aim of this work was to study and compare the effect of three different sources of fertilizer (Conventional Fertilizer, Ammonium-Enriched Zeolite and Manure) along with the standard treatment (called "Farmer"), on soil and olive tree properties under real field conditions. The experiment was conducted in the year 2013 with 19-year old Kalamata olive trees in the area of Fytoko, Magnesia. The experimental field was divided into five rows, one for each treatment. For each treatment (unamended Control, the Infused Zeolite, the Manure, the Conventional Fertilizer and Farmer) we used nine olive trees, leaving a buffer tree wherever this was possible between rows. We collected leaf and soil samples from every block (three trees per block). The first sample was obtained on July 19, 2013 and the second on 10 January 2014. The results indicated that the Enriched Zeolite acted as a slow-release fertilizer for nitrogen (N), while no differences were found for phosphorus (P) and potassium (K) for this treatment when compared with the Conventional Fertilizer. As far as trace elements are concerned, they were only added to soil with the Manure treatment. This meant that we found non-significant differences at Convectional Fertilizer over time because trace elements were not added in this treatment. Soil extractions indicated considerable variation in the concentrations of N, P, K, as well as in pH. In the laboratory we also conducted an incubation experiment which aimed at studying the release of NO₃-N from mixtures of soil with the previously tested amendments plus the addition of leaf residues. We added pruning-residue olive leaves in half of the 24 soil samples. Thus, these were divided into two groups, half of which had added plant material, while the other half did not. We found that the highest release NO₃-N was for the Control samples with no added plant material.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
1. Εισαγωγή	1
1.1.1 Ελιά (<i>Olea europaea</i>)	1
1.1.2 Βλαστικά στάδια ελαιόδεντρου	1
1.2. Ανόργανη θρέψη της ελιάς	2
1.2.1 Θρεπτικές απαιτήσεις στην ελιά	2
1.2.2 Το άζωτο	4
1.2.3 Το κάλιο	5
1.2.4 Ο φώσφορος	6
1.2.5 Το βόριο	7
1.2.6 Ασβέστιο	8
1.2.7 Μαγνήσιο	8
1.2.8 Άλλα ιχνοστοιχεία	9
1.2.9 Αναλύσεις εδάφους	9
1.2.10 Φυλλοδιαγνωστική στην ελιά	10
1.3. Άρδευση – κλάδεμα και μικροκλίμα	11
1.3.1 Άρδευση	11
1.3.2 Κλάδεμα	12
1.3.3 Σημασία των μετεωρολογικών δεδομένων και του μικροκλίματος	13
1.4 Ζεόλιθος	14
1.4.1 Γενικά για το ζεόλιθο	14
1.4.2 Δομή	14
1.4.3 Ικανότητα προσρόφησης	15
1.4.4 Ικανότητα Φυσιορόφησης	16
1.4.5 Χρήση στη Γεωργία	17
1.4.6 Μορφές ζεόλιθου για χρήση	18
1.5 Κοπριά	19
1.5.1 Σύσταση και γενικά χαρακτηριστικά	19
1.5.2 Αναλογία C/N	20
1.6 Σκοπός της εργασίας	20
2. Υλικά και Μέθοδοι	22
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός ελαιώνα	22

2.2 Μεθόδοι ανάλυσης εδάφους	24
2.2.1 Προετοιμασία δείγματος εδάφους	24
2.2.2 Μέτρηση pH	24
2.2.3 Μέτρηση οργανικής ουσίας (με υγρή οξείδωση)	24
2.2.4 Μέτρηση φωσφόρου κατά Olsen	25
2.2.5 Μέτρηση διαθέσιμου αζώτου	26
2.2.5.1 Μέτρηση αμμωνιακού αζώτου (NH ₄ -N)	27
2.2.5.2 Μέτρηση νιτρικού αζώτου (NO ₃ -N)	28
2.2.6 Μέτρηση διαθέσιμων ιχνοστοιχείων (εκχύλιση με DTPA)	28
2.2.7 Ολικές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων με βασιλικό νερό	29
2.2.8 Ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, Mg, K, Na	29
2.2.9 Ολικό άζωτο κατά Kjeldahl	30
2.3 Φυτοκομικές μέθοδοι ανάλυσης	30
2.3.1 Προετοιμασία και εκχύλιση βιομάζας	30
2.3.2 Ολικό άζωτο στο φυτό κατά Kjeldahl	30
2.3.3 Μέτρηση φωσφόρου	32
2.3.4 Μέτρηση λοιπών μακροστοιχείων (Ca, Mg, K)	32
2.3.5 Μέτρηση ιχνοστοιχείων	33
2.4 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	33
3. Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	34
3.1 Φυλλοδιαγνωστική ανάλυση	34
3.2 Εδαφική ανάλυση	38
3.3 Πείραμα επώασης	39
3.4 Συμπεράσματα.....	40
4. Βιβλιογραφία	42
Βιβλιογραφία Ελληνική	42
Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση	43
Αναφορές απο το διαδίκτυο	44
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	67

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Συγκέντρωση διαφόρων ανόργανων στοιχείων σε φύλλα ελιάς	45
Πίνακας 2 Διακύμανση της χημικής σύστασης των φύλλων της Χονδρολιάς Χαλκιδικής	46
Πίνακας 3 Μέτρηση εκροών ανόργανων θρεπτικών στοιχείων σε ελαιώνα ποικιλίας Χανδρολιά Χαλκιδικής. Οι υπολογισμοί για τις εκροές των καρπών είναι σε kg στοιχείου ανα τόνο καρπού και για τις εκροές βλαστών είναι σε kg στοιχείου ανά υπολογισμένο όγκο κλαδέματος ανα στρέμμα (562.7 kg ετήσιοι και 1737.3 kg πολυετής βλαστοί).....	47
Πίνακας 4 Μέση οργανική και ανόργανη σύσταση (%) της κοπριάς διαφόρων ζώων	47
Πίνακας 5 Συνολική απελευθέρωση NO ₃ -N για τις μεταχειρίσεις του πειράματος επώασης με και χωρίς φύλλα	48

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Βλαστικά στάδια της ελιάς	48
Σχήμα 2 Κύκλος του N σε έναν ελαιώνα	48
Σχήμα 3 Σχηματική αναπαράσταση των σταδίων ανάπτυξης της ελιάς κατά τα οποία παρουσιάζονται αυξημένες ανάγκες σε N, K και B.....	49
Σχήμα 4 Επίδραση του pH του εδάφους στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά	50
Σχήμα 5 Ανταλλαγή ιόντων στο ζεόλιθο	51
Σχήμα 6 Σύνθεση αζώτου στη κοπριά.....	51
Σχήμα 7 Αζωτο στο φυτό	52
Σχήμα 8 Κάλιο στο φυτό	52
Σχήμα 9 Φώσφορος στο φυτό	53
Σχήμα 10 Ψευδάργυρος στο φυτό	53
Σχήμα 11 Μαγγάνιο στο φυτό	54
Σχήμα 12 Ασβέστιο στο φυτό	54
Σχήμα 13 Σίδηρος στο φυτό	55
Σχήμα 14 Μαγγάνιο στο φυτό	55
Σχήμα 15 Νιτρικά στο έδαφος	56
Σχήμα 16 Εκχυλίσμος φώσφορος στο έδαφος	56
Σχήμα 17 Ανταλλάξιμο κάλιο στο έδαφος	57
Σχήμα 18 Εδαφικό pH	57

Σχήμα 19 Μέτρηση απελευθέρωσης $\text{NO}_3\text{-N}$ στο πείραμα επώασης για τη μεταχείριση χωρίς φυτικό υλικό	58
Σχήμα 20 Μέτρηση απελευθέρωσης $\text{NO}_3\text{-N}$ στο πείραμα επώασης για τη μεταχείριση με φυτικό υλικό	58

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Διαφοροποίηση και ανάπτυξη ανθοφόρων οφθαλμών	59
Εικόνα 2 Ανάπτυξη ξυλοφόρων οφθαλμών	59
Εικόνα 3 Ανάπτυξη φύλλων	60
Εικόνα 4 Ανάπτυξη βλαστών	60

1. Εισαγωγή

1.1.1 Ελιά (*Olea europaea*)

Η καλλιεργούμενη ελιά (*Olea europaea* L.) είναι αείφυλλο δένδρο που προέρχεται από τροπικά και υποτροπικά είδη και καλλιεργείται κύρια στις Μεσογειακές χώρες. Προήλθε από την ανατολική λεκάνη της Μεσογείου και είναι μία από τις αρχαιότερες καλλιέργειες. Ανήκει στην οικογένεια Oleaceae, που διαθέτει 30 γένη, ενώ οι περισσότερες καλλιέργειες ελιάς ανήκουν στο είδος *Olea europaea* L. Τα ελαιόδενδρα καλλιεργούνται εδώ και χρόνια και στις Η.Π.Α., Αργεντινή, Χιλή, Ιράν, Ιράκ, ενώ σε άλλες χώρες όπως Κίνα, Ν. Ζηλανδία, Βραζιλία η καλλιέργεια άρχισε πιο πρόσφατα. Σε πειραματικό στάδιο φύτευσης βρίσκονται σε χώρες όπως η Ινδία, Ιαπωνία, Κορέα, Πακιστάν.

Η Ευρώπη κατέχει περισσότερο από τα $\frac{3}{4}$ της παγκόσμιας παραγωγής με πάνω από 500 εκ. δένδρα και ακολουθεί η Ασία με 13%, η Αφρική με 8% και η Αμερική με 3%. Η Ελλάδα είναι τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα στο Κόσμο με καλλιεργούμενη έκταση τα 6.700.000 στρ. και 100.000.000 δένδρα, η οποία αγγίζει τα 7.500.000 στρ. και 133.000.000 αν συνυπολογιστεί η έκταση στα διάσπαρτα δένδρα. Ενδεικτικό είναι ότι οι ελαιώνες αντιπροσωπεύουν το 13% της ακαθάριστης αξίας φυτικής παραγωγής της χώρας μας (Θεριός, 2005).

1.1.2 Βλαστικά στάδια ελαιόδεντρου

Στο Σχήμα 1 φαίνονται τα βλαστικά στάδια της ελιάς πως εξελίσσονται μέσα στο χρόνο. Αρχικά στη νέα (ετήσια) βλάστηση, όλοι οι οφθαλμοί είναι ίδιοι (βλαστοφόροι) και από αυτούς ορισμένοι διαφοροποιούνται αργότερα σε ανθοφόρους. Οι ανθοφόροι ξεχωρίζουν από τους βλαστοφόρους δύσκολα, σε προχωρημένο στάδιο διαφοροποίησης, στις αρχές της επόμενης άνοιξης όταν ξεκινάει η νέα βλάστηση. Οι βλαστοφόροι είναι μικρότεροι, στενότεροι και κωνικοί, ενώ οι ανθοφόροι είναι πιο εξογκωμένοι και υποσφαιρικοί. Η καρποφορία στην ελιά γίνεται σε βλαστούς του προηγούμενου έτους. Οι βλαστοί αυτοί διακρίνονται σε μικτούς, που αποτελούν τα κύρια καρποφόρα όργανα του δέντρου και έχουν μήκος 10-30cm και σε ασθενικούς οι οποίοι έχουν μήκος μικρότερο από 10cm. Οι μικτοί βλαστοί φέρουν βλαστοφόρους και ανθοφόρους οφθαλμούς σε ίδια αναλογία, ενώ στους ασθενικούς υπερέχουν οι βλαστοφόροι. Συνήθως σε καρποφόρους εξελίσσονται οι βλαστοί μέτριας ζωηρότητας, ενώ οι πολύ ζωηροί βλαστοί (λαίμαργοι) εξελίσσονται σε ξυλοφόρους. Η ύπαρξη

πολλών λαίμαργων βλαστών υποδηλώνει ότι θ' ακολουθήσει ακαρπία. (Τσαντήλας, 2013).

Στα ελαιόδεντρα, η διαφοροποίηση οφθαλμών αρχίζει να γίνεται τον Ιούνιο λίγο μετά την άνθηση. Ενδεικτικό στοιχείο έναρξης αυτής είναι η εμφάνιση των καταβολών των σεπάλων στο κορυφαίο μερίστωμα της ταξιανθίας (Εικόνα 1) (Τσουράκη, 2008). Η ανάπτυξη των ξυλοφόρων οφθαλμών ξεκινάει από τις αρχές έως μέσα Μαρτίου και όπως φαίνονται και στην Εικόνα 2 αρχίζει από το σημείο που από τους οποίους θα προέλθουν τα φύλλα είναι τελείως κλειστοί και τελειώνει όταν οι κορυφές των εξωτερικών μικρών φύλλων είναι ακόμη διασταυρωμένες. Η ανάπτυξη των φύλλων αρχίζει από το πλήρη διαχωρισμό των πρώτων φύλλων στα μέσα Μαρτίου και καταλήγει στην απόκτηση του πλήρους μήκους και σχήματος της εκάστοτε ποικιλίας (Εικόνα 3). Η ανάπτυξη βλαστών αρχίζει μετά την απόκτηση του 10% του μήκους των βλαστών και τελειώνει με την απόκτηση του 70% του μήκους τον Αύγουστο (Εικόνα 4). Η εμφάνιση ταξιανθιών αρχίζει από το σημείο που οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι τελείως κλειστοί, αρχίζουν να διαστέλλονται, ανοίγουν και σχηματίζουν ταξιανθίες. Έπειτα ανοίγουν οι ανθοφόροι οφθαλμοί και η ανθοφορία τελειώνει όταν τα πέταλα από πράσινα γίνουν λευκά και πέσουν. Στη συνέχεια ο καρπός αρχίζει να αυξάνει σε μέγεθος (αρχές Μαΐου) ενώ τέλος η ωρίμανση ξεκινάει από το Σεπτέμβριο και έως ότου οι καρποί αποκτήσουν το τελικό χρώμα της εκάστοτε ποικιλίας (Τσαντήλας, 2013).

1.2. Ανόργανη θρέψη της ελιάς

1.2.1 Θρεπτικές απαιτήσεις στην ελιά

Παρά το γεγονός ότι η ελιά αναπτύσσεται και καρποφορεί ακόμη και σε άγονα και ξηρικά εδάφη, για να επιτευχθεί γρήγορη είσοδος στην παραγωγή, εύρωστη βλάστηση και ικανοποιητική καρποφορία υψηλής ποιότητας, πρέπει να εξασφαλίζεται γόνιμο, βαθύ και καλά αποστραγγιζόμενο έδαφος. Η ελιά αναπτύσσεται και καρποφορεί καλά σε βαθιά αμμοπηλώδη εδάφη με καλή υγρασία και στράγγιση. Καλό είναι το pH του εδάφους να είναι μεταξύ 6-8 και σε περιπτώσεις απόκλισης να διορθώνεται είτε με κατάλληλα εδαφοβελτιωτικά (π.χ. ασβέστωση) είτε με αντίστοιχα λιπάσματα.

Οι ποσότητες των λιπασμάτων που θα απαιτηθούν και ο τρόπος της εφαρμογής τους επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι η

υγρασία του εδάφους, η χημική και η μηχανική του σύσταση, η ποικιλία, η πυκνότητα φύτευσης, η ηλικία και η παραγωγικότητα των δέντρων κ.λπ. Επομένως, είναι απαραίτητη η εξατομίκευση των αναγκών για κάθε συγκεκριμένο ελαιώνα (Μετζιδάκης, 2005).

Σημαντικές ποσότητες από τα κύρια θρεπτικά στοιχεία αζώτου, φωσφόρου και καλίου απομακρύνονται κάθε χρόνο από τον ελαιώνα λόγω των αναγκών του φυτού για βλαστική ανάπτυξη και παραγωγή. Είναι φυσικό όταν οι απομακρυνόμενες ποσότητες είναι μεγαλύτερες από τις διαθέσιμες να σημειωθεί μείωση στην παραγωγή εκτός αν αυτά τα στοιχεία συμπληρωθούν. Η ποσότητα των στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για κάθε ελαιώνα εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τα διαθέσιμα αποθέματα, την ακολουθούμενη πρακτική καλλιέργειας (κλάδεμα, άρδευση κτλ.) και την παραγωγή του έτους. Πρώτο μέλημα είναι η αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνθηκαν με τη συγκομιδή και το κλάδεμα. Έχει βρεθεί ότι κατά μέσο όρο 100 κιλά ελαιόκαρπου απομακρύνουν από το έδαφος: 0,9 kg N, 0,2 kg P, 1,0 kg K και 0,4 kg Ca. Πρέπει να συνεκτιμηθεί και μια ποσότητα θρεπτικών στοιχείων που δεσμεύεται στο έδαφος σε μη αφομοιώσιμη μορφή (κυρίως P και K) ή ακόμη χάνεται με έκπλυση προς τα κατώτερα στρώματα του εδάφους (κυρίως το N). Σε υπερβολικά γόνιμα εδάφη μπορεί να παρατηρηθεί το φαινόμενο της βλαστομανίας, κατά το οποίο τα φυτά παρουσιάζουν έντονη βλαστική ανάπτυξη και ελάχιστη έως μηδαμινή καρποφορία (Unknown-1, 2014).

Για την αναγώριση των θρεπτικών προβλημάτων της ελιάς χρησιμοποιούμε 3 μεθόδους: 1) Φυλλοδιαγνωστική 2) Ανάλυση εδάφους 3) Μακροσκοπική παρατήρηση συμπτωμάτων. Κύρια όμως χρησιμοποιείται η φυλλοδιαγνωστική που βασίζεται στις κριτικές συγκεντρώσεις (Πίνακας 1). Για την φυλλοδιαγνωστική συλλέγουμε φύλλα ολόκληρα με μίσχο από το μέσο των βλαστών του έτους. Η χειμερινή περίοδος χαρακτηρίζεται από σταθερή συγκέντρωση στοιχείων και αυτή είναι η ενδεδειγμένη περίοδος δειγματοληψίας για φυλλοδιαγνωστική. Αρχίζοντας από την έναρξη της βλάστησης οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων N, P, K και Mg (στα φύλλα), παραμένουν σταθερές μέχρι τον Αύγουστο. Στη συνέχεια οι συγκεντρώσεις αυξάνουν και σταθεροποιούνται από τον Οκτώβριο ως τις αρχές του επόμενου βλαστικού κύκλου. Η μέγιστη συγκέντρωση N στα φύλλα παρατηρείται τον Μάιο (Πίνακας 2) (Θερίος, 2005). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εκροές των ανόργανων θρεπτικών

στοιχείων που μετρήθηκαν σε πείραμα στην ποικιλία Χονδρολιά Χαλκιδικής μέσω των καρπών και του κλαδέματος (Πίνακας 3) (Γενιτσαριώτης κ.σ., 1996).

1.2.2 Το άζωτο

Το Ν είναι το στοιχείο στο οποίο η ελιά ανταποκρίνεται πιο γρήγορα για την αύξηση της παραγωγικότητας. Είναι αναγκαίο όλη την περίοδο της ανθοφορίας μέχρι και τη διαμόρφωση του καρπού. Σε παραδοσιακούς ελαιώνες συνίσταται εφαρμογή μεταξύ 0.5 με 1 kg Ν ανά ελαιόδεντρο ανάλογα το μέγεθος της παραγωγής. Σε ελαιώνες που εφαρμόζεται υδρολίπανση προτείνεται εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης το Φεβρουάριο με 2%, το Μάρτιο με 5%, τον Απρίλιο με 10%, το Μάιο με 25%, τον Ιούνιο με 35%, τον Ιούλιο με 15% και τον Αύγουστο με 8% του συνόλου της ποσότητας αζωτούχας λίπανσης. Σε ξερικούς ελαιώνες δεν υπάρχει το πλεονέκτημα εφαρμογής Ν ανά μήνα, και μια ενιαία εφαρμογή το χειμώνα συνιστάται, κατά προτίμηση σε μορφή αμμωνίας ή ουρίας (Gregoriou et al., 2010). Κατά την περίοδο της άνθησης, μόνο τα άνθη αντιπροσωπεύουν νωπό βάρος μέχρι και 8 kg/δέντρο. Στη περίοδο αυτή το δέντρο δεσμεύει το 1/3 ή και το μισό από το χορηγούμενο Ν και η έλλειψή του ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό ατελών ανθέων (Λουπασάκη κ.σ., 2005). Υπερβολικές όμως ποσότητες αζώτου πριν την καρπόδεση μπορεί οδηγήσουν σε υψηλό φορτίο καρπών με αποτέλεσμα μικροκαρπία. Αντιθέτως επαρκής αζωτούχος λίπανση πριν αλλά και μετά την καρπόδεση οδηγούν σε καλό μήκος νέας βλάστησης και ικανοποιητική καρποφορία. Μια απλοποιημένη εκδοχή του κύκλου του Ν σε έναν ελαιώνα απεικονίζεται στο Σχήμα 2 (Μετζιδάκης, 2006).

Ο σωστός χρόνος εφαρμογής των αζωτούχων λιπασμάτων μπορεί να βοηθήσει στη σημαντική μείωση των απωλειών προς το περιβάλλον. Το ύψος των απωλειών εξαρτάται και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Η πιθανότητα έκπλυσης των νιτρικών είναι αυξημένη σε ελαφρά εδάφη και περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις. Απώλειες Ν προς την ατμόσφαιρα με μορφή αμμωνίας παρατηρούνται κυρίως όταν ακολουθεί ξηρή και θερμή περίοδος από την εφαρμογή αμμωνιακών λιπασμάτων, καθώς και σε εδάφη με υψηλό ανθρακικό ασβέστιο. Επίσης, συνθήκες κορεσμού του εδάφους με νερό αυξάνουν τις απώλειες N₂ προς την ατμόσφαιρα, ενώ σε επικλινείς περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις οι απώλειες λόγω επιφανειακής απορροής μπορεί να είναι αυξημένες. Σε κάθε περίπτωση, η αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους επιδρά θετικά, τόσο στην αύξηση των αποθεμάτων οργανικού Ν

στο έδαφος, όσο και στη μείωση των απωλειών και επομένως πρέπει να ενθαρρύνεται, όπου αυτό είναι εφικτό. Η αύξηση του οργανικού N του εδάφους μπορεί να επιτευχθεί είτε με την προσθήκη οργανικής ουσίας, είτε με την καλλιέργεια και ενσωμάτωση αζωτοδεσμευτικών φυτών στον οπωρώνα.

Πέρα από τη χειμερινή εφαρμογή των λιπασμάτων, εφόσον ληφθεί απόφαση για μερική εφαρμογή της λίπανσης μέσω διαφυλλικών ψεκασμών ή υδρολίπανσης, ο χρόνος εφαρμογής θα πρέπει να συμπίπτει με τις περιόδους κατά τις οποίες παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία. Ενδεικτικά, οι περίοδοι με αυξημένες απαιτήσεις σε N, P και K, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης της ελιάς, φαίνονται στο Σχήμα 3. Η έλλειψη N σε έναν ελαιώνα διαπιστώνεται οπτικά από το μειωμένο μήκος της βλάστησης και το ανοιχτό πρασινοκίτρινο χρώμα των φύλλων που ανάλογα με την ένταση της έλλειψης μπορεί να είναι μικρότερα από το φυσιολογικό μέγεθος και να σημειωθεί φυλλόπτωση. Επίσης παρατηρείται μη κανονική ανάπτυξη των θηλέων ανθέων (Μετζιδάκης, 2006). Τροφοπενία αζώτου της ελιάς στο στάδιο της καρπόδεσης οδηγεί στο σχηματισμό ατελών ανθέων, δηλαδή ανθέων που περιέχουν ανεπτυγμένους μόνο τους στήμονες και όχι τον ύπερο (μη κανονική καρπόδεση). Έτσι ο ύπερος δεν μπορεί να γονιμοποιηθεί και ν' αναπτυχθεί σε καρπό. Παρατηρείται λοιπόν η εξής αντινομία: μία ικανοποιητική και πλούσια άνθηση οδήγησε σε μία πενιχρή καρπόδεση (Τσουράκη, 2008).

1.2.3 Το κάλιο

Τα ελαιόδεντρα είναι απαιτητικά σε K. Υψηλές ποσότητες καλίου απομακρύνονται από το έδαφος με τη συγκομιδή των καρπών και το κλάδεμα, ιδιαίτερα σε χρονιές με υψηλή καρποφορία. Τακτική λίπανση καλίου απαιτείται προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση και η ποιότητα, ιδιαίτερα σε ελαιώνες όπου δεν έχει εφαρμοσθεί προσθήκη καλίου τα τελευταία χρόνια. (Unknown-2, 2006). Περισσότερο από το 60% του διαθέσιμου καλίου στο δένδρο βρίσκεται στο καρπό κατά την ωρίμανση ενώ υπάρχει δυσκολία στην αφομοίωσή του από το έδαφος λόγω των λίγων νερών κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και των χαμηλών θερμοκρασιών το χειμώνα. Σημαντικές αυξήσεις στις αποδόσεις έχουν παρατηρηθεί μόνο σε ελαιώνες με υψηλό επίπεδο ανεπάρκειας καλίου, όταν μεγάλες ποσότητες καλίου εφαρμόστηκαν στο χώμα. Σε εφαρμογή υδρολίπανσης συνίσταται 15% του Καλίου την Άνοιξη, 35% το

καλοκαίρι και 50% το φθινόπωρο κατά την ωρίμανση του καρπού (Gregoriou et al., 2010).

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε K μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της λίπανσης N λόγω της αυξημένης ανάπτυξης των δέντρων και της αύξησης της παραγωγής ελαιοκάρπου, αλλά και σαν συνέπεια του ανταγωνισμού μεταξύ του K και ορισμένων αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος. Η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανή σε περιπτώσεις έλλειψης καλίου στο έδαφος. Πρέπει επομένως, να αποφεύγονται οι υπερβολικές λιπάνσεις με N και να λαμβάνεται μέριμνα για την εξισορρόπηση της λίπανσης με K με την αζωτούχο λίπανση. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε K επηρεάζεται σημαντικά και από την παρουσία Ca και Mg αλλά και από την ηλικία των φύλλων (εποχή της δειγματοληψίας), τις συνθήκες άρδευσης, το ύψος της παραγωγής κ.λπ., παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της φυλλοδιαγνωστικής.

Η τροφοπενία K είναι διαδεδομένη σε πολλές ελαιοκομικές περιοχές της Ελλάδας. Τα συμπτώματα της τροφοπενίας καλίου συνήθως είναι χλώρωση, με απόχρωση ορείχαλκου, και ξήρανση της κορυφής του ελάσματος των φύλλων, που μπορεί να καλύψει το 1/3 έως τα 2/3 του ελάσματος. Στα προχωρημένα στάδια της τροφοπενίας παρατηρείται επίσης έντονη μικροφυλλία, μικρή βλάστηση, απογύμνωση και αποξήρανση κλαδίσκων και σημαντική μείωση της παραγωγής. Παρόμοια συμπτώματα όμως, προκαλούνται στην ελιά και από άλλες αιτίες. Κατά συνέπεια η διάγνωση, της τροφοπενίας K, μόνον από τα ορατά συμπτώματα, δεν είναι πάντα ασφαλής. Ο ασφαλέστερος τρόπος διάγνωσης είναι η χημική ανάλυση των φύλλων (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.4 Ο φώσφορος

Η απουσία του P δεν είναι συνηθισμένη, και η φωσφορική λίπανση δεν είναι πάντα αναγκαία, ειδικά όταν σύνθετα λιπάσματα (όπως το 11-15-15) έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια. Η επάρκεια P μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί με μία φυλλοδιαγνωστική ανάλυση. Προσθήκη φωσφόρου είναι απαραίτητη όταν η συγκέντρωση του θρεπτικού στα φύλλα είναι 0,09-0,10%. Όταν η φωσφορική λίπανση είναι απαραίτητη, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1/3-1/5 της ποσότητας του N που προστίθεται. Έτσι, εάν προστίθεται 1 kg N/δένδρο, η αντίστοιχη ποσότητα P δεν πρέπει

να υπερβαίνει 200-350 g P₂O₅/δένδρο. Κατά κανόνα προτείνεται να προστεθούν 500 g P₂O₅/δένδρο σε μια περίοδο δύο ετών. Σε περίπτωση σοβαρής ανεπάρκειας P, απαιτούνται 800-1000 g P₂O₅/δένδρο σε δέντρα πλήρους παραγωγής. Για τα μικρότερα δέντρα προστίθενται μικρότερες ποσότητες, ανάλογα με την ηλικία και το στάδιο ανάπτυξης (Unknown-2, 2006).

Η εμφάνιση συμπτωμάτων έλλειψης P φαίνεται να συνδέεται με αυξημένη περιεκτικότητα των φύλλων σε N. Για τον λόγο αυτό η σχέση N/P στα φύλλα χρησιμοποιείται από ορισμένους ερευνητές για την διάγνωση της τροφοπενίας φωσφόρου (άριστη τιμή του λόγου N/P αναφέρεται μεταξύ 16,5 και 19). Λόγω της ισχυρής δέσμευσης του P στο έδαφος, οι απώλειες του στοιχείου αυτού προς το περιβάλλον είναι γενικά μειωμένες. Παρόλα αυτά, οι αναλύσεις εδάφους και φύλλων πρέπει να αποτελούν τον οδηγό για τον καθορισμό της αναγκαιότητας εφαρμογής του στοιχείου αυτού στο έδαφος, ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα έλλειψης του φωσφόρου είναι μία ακανόνιστη (διάστικτη) χλώρωση της περιφέρειας των φύλλων που αρχίζει συνήθως από την κορυφή του φύλλου και επεκτείνεται προς την βάση του, κατά μήκος των δύο πλευρών του ελάσματος καθώς και ο σοβαρός περιορισμός της βλάστησης (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.5 Το βόριο

Το B παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λίπανση της ελιάς, καθώς τα ικανοποιητικά αποθέματα N και K μπορεί να είναι αναποτελεσματικά με ενδεχόμενη έλλειψη B. Για τη προσθήκη B προτείνεται 300-500 g βόρακα ανά δένδρο πλήρους ανάπτυξης κάθε 3-5 έτη ή όταν βρίσκεται σε έλλειψη, ενώ σε νεότερα δένδρα χορηγούνται μικρότερες ποσότητες (10 g ανά έτος ηλικίας από την στιγμή φύτευσης στο χωράφι). Για ταχύτερη αντίδραση των δένδρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η υδατοδιαλυτή μορφή του βορίου με διαφυλλική εφαρμογή ή μέσω του δικτύου άρδευσης αν υπάρχει (Gregoriou et al., 2010). Έλλειψη B μπορεί να παρατηρηθεί σε διάφορους τύπους εδαφών, όπως σε ελαφρά αμμώδη (λόγω μειωμένης προσρόφησης του B), και βαριά, όξινα ή αλκαλικά (λόγω μειωμένης κινητικότητας του B εξαιτίας των υψηλών ποσοστών αργίλλου, ασβεστίου ή οξειδίων Al, Fe, Mn). Η τροφοπενία βορίου μπορεί να παρουσιαστεί σε δέντρα κάθε ηλικίας, εξελίσσεται όμως γρήγορα σε νεαρά δέντρα. Αρχικά παρατηρείται χλώρωση του ακραίου τμήματος των φύλλων, πλάτυνση της

κορυφής, φύλλα μικρότερα του κανονικού και προοδευτική φυλλόπτωση που αρχίζει από την κορυφή των νεαρών βλαστών και (σε προχωρημένο στάδιο) ξήρανση κλαδίσκων. Τα συμπτώματα στα νεαρά φύλλα πρωτοεμφανίζονται τον Ιούλιο ή δε φυλλόπτωση αρχίζει από το φθινόπωρο. Η έναρξης της βλάστησης καθυστερεί και η ανάπτυξη των βλαστών που παρουσιάζουν βραχυγονάτωση, είναι ασθενική. Στο φλοιό των μεγάλων κλάδων είναι δυνατόν να παρατηρηθούν καστανόχρωες νεκρωτικές κηλίδες (Μετζιδάκης, 2006). Σοβαρό ρόλο στην καρπόδεση διαδραματίζει το βόριο. Ελαφρά έλλειψη βορίου (<14 έως 15 mg.kg⁻¹) επιτρέπει στα ελαιόδεντρα να ανθίσουν και να δέσουν κανονικά, ο καρπός όμως πέφτει άγουρος κατά την περίοδο Ιουλίου – Αυγούστου. Σε πιο σοβαρές περιπτώσεις έλλειψης βορίου (<7 έως 13 mg.kg⁻¹ στα φύλλα) δεν σχηματίζονται καθόλου ανθοφόροι οφθαλμοί (Τσουράκη, 2008).

Η εμφάνιση των δέντρων σε περιπτώσεις σοβαρής έλλειψης είναι χαρακτηριστική ιδιαίτερα κατά τον χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης όπου εμφανίζονται έντονα χλωρωτικά συμπτώματα και πληθώρα ξηρών κλαδίσκων στην εξωτερική κόμη. Η ασφαλής διάγνωση όμως της έλλειψης βορίου είναι δυνατή μόνο με την ανάλυση των φύλλων, αφού συμπτώματα όμοια με εκείνα της τροφοπενίας βορίου, προκαλούνται και από την έλλειψη άλλων στοιχείων ή και σε άλλα αίτια (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.6 Ασβέστιο

Η ελιά είναι πολύ ευαίσθητη στην χαμηλή περιεκτικότητα Ca. Συμπτώματα τροφοπενίας Ca περιλαμβάνουν χλώρωση του ακραίου τμήματος των φύλλων, όμοια με αυτά τροφοπενίας B. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της έλλειψης Ca έναντι του B αποτελεί η λεύκανση των νεύρων στην περιοχή του χλωρωτικού τμήματος πολλών παλαιών φύλλων και ή έλλειψη ξηρών βλαστών και κλαδίσκων. Παρά την ευαισθησία της ελιάς στην έλλειψη Ca, συμπτώματα τροφοπενίας στον αγρό δεν είναι συνήθη. Σε εδάφη πτωχά σε Ca, η έλλειψη Ca επιτείνεται μετά από παρατεταμένη χρήση λιπασμάτων που μειώνουν το pH, όπως η θειική αμμωνία. Σε αρκετές περιπτώσεις, τα χαμηλά επίπεδα Ca στα φύλλα συνοδεύονται από υψηλή συγκέντρωση Mg και σημαντική μείωση του λόγου Ca/Mg (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.7 Μαγνήσιο

Χαρακτηριστικά συμπτώματα της τροφοπενίας Mg είναι η χλώρωση των φύλλων που ξεκινά από την κορυφή ή από τα πλάγια του ελάσματος και (προοδευτικά)

καταλαμβάνει ολόκληρη την επιφάνεια του, η έντονη φυλλόπτωση και η περιορισμένη βλάστηση του δέντρου (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.8 Άλλα ιχνοστοιχεία

Στην Ελλάδα τροφοπενίες Fe, Zn και Mn είναι πολύ διαδεδομένες σε πολλά καρποφόρα δέντρα, όμως δεν έχουν σημειωθεί σε ελαιόδεντρα που καλλιεργούνται σε περιοχές με τις ίδιες συνθήκες. Σε περίπτωση που οι αναλύσεις φύλλων δείξουν χαμηλά επίπεδα των στοιχείων αυτών, θα πρέπει να αξιολογηθούν οι πιθανές αιτίες που οδήγησαν στη μειωμένη απορρόφηση των στοιχείων από το έδαφος (εδαφοκλιματικοί παράγοντες) και εφόσον τα επίπεδα συνεχίσουν να είναι χαμηλά και στις επόμενες καλλιεργητικές περιόδους, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την εφαρμογή τους από το έδαφος ή διαφυλλικά (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.9 Αναλύσεις εδάφους

Η γνώση των βασικών χαρακτηριστικών του εδάφους είναι σημαντική για τον καθορισμό του προγράμματος λίπανσης. Τα στοιχεία τα οποία πρέπει απαραίτητα να έχει στη διάθεσή του ο επιβλέπων γεωπόνος, σχετικά με τις ιδιότητες του εδάφους είναι το pH και το ολικό ανθρακικό ασβέστιο. Αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τον καθορισμό του τύπου των αζωτούχων κυρίως, λιπασμάτων που θα εφαρμοσθούν. Γενικά, σε εδάφη με $\text{pH} > 7$ και αρκετό CaCO_3 προτιμάται η χρήση θειικής αμμωνίας, ενώ σε εδάφη με χαμηλότερο pH και ασβέστιο συστήνεται η χρήση ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας, με σκοπό να αποφευχθούν ανεπιθύμητες αλλαγές του pH. Επίσης, το pH του εδάφους επηρεάζει κατά διαφορετικό τρόπο την πρόσληψη του κάθε στοιχείου (Σχήμα 4). Επομένως, η γνώση του pH βοηθά στη διάγνωση των αιτιών σε περιπτώσεις έλλειψης κάποιων στοιχείων, ενώ βοηθά και στον καθορισμό των καταλληλότερων μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος.

Σε εδάφη με υψηλό CaCO_3 οι απώλειες των αμμωνιακών λιπασμάτων είναι πολύ μεγαλύτερες, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στον καθορισμό της λίπανσης και τον υπολογισμό των αναμενόμενων απωλειών σε N. Όταν το pH είναι γύρω στο 5 ή χαμηλότερο και εντοπίζονται και προβλήματα έλλειψης Ca στα φύλλα ενδείκνυται η ασβέστωση του εδάφους. Επίσης όταν οι αναλύσεις φύλλων δείχνουν προβλήματα θρέψης σε άλλα στοιχεία, που πιθανότατα σχετίζονται με ακραίες τιμές pH πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη βελτίωση του pH του εδάφους.

Όσο αφορά την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σχετίζεται άμεσα με τη χρήση αλατούχου νερού άρδευσης. Σε περιπτώσεις υψηλής αγωγιμότητας του εδάφους, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λιπασμάτων που θα επιδεινώσουν το πρόβλημα της αλατότητας, όπως π.χ. το KCl.

Σε ελαφρά εδάφη οι απώλειες λόγω έκπλυσης είναι αυξημένες. Η αζωτούχος λίπανση απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ενώ πρέπει να ενθαρρύνονται επιπλέον μέτρα όπως η αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, η μετακίνηση της ημερομηνίας εφαρμογής προς το τέλος των βροχοπτώσεων, η τμηματική εφαρμογή του N, η χρήση της υδρολίπανσης κλπ. Σε βαριά εδάφη πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων, ενώ αυξάνουν τις απώλειες N₂ στην ατμόσφαιρα.

Γενικά είναι καλό να έχουμε μια γενική άποψη για τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Η πολυπλοκότητα των μηχανισμών του εδάφους καθιστά πάντως περίπλοκη την εκτίμηση της διαθεσιμότητας των διαφόρων στοιχείων στα φυτά. Η φυλλοδιαγνωστική είναι πολύ πιο χρήσιμη σαν εργαλείο για τις δενδρώδεις καλλιέργειες, γιατί αντισταθμίζει τη δυνατότητα των φυτών να απορροφήσουν συγκεκριμένα στοιχεία υπό τις υπάρχουσες εδαφοκλιματικές συνθήκες (Μετζιδάκης, 2006).

1.2.10 Φυλλοδιαγνωστική στην ελιά

Η ανάλυση των φύλλων είναι η μέθοδος που μας δείχνει τη θρεπτική κατάσταση του δέντρου. Τα φύλλα του δείγματος για την ανάλυση πρέπει να λαμβάνονται από βλαστούς του τρέχοντος έτους, χωρίς καρπούς, στο μέσο της κόμης του δένδρου (Gregoriou et al., 2010). Η σωστή δειγματοληψία των φύλλων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή εφαρμογή της φυλλοδιαγνωστικής. Ο λόγος είναι ότι στα αειθαλή δένδρα (και στην ελιά συγκεκριμένα) υπάρχουν ταυτόχρονα στο δένδρο φύλλα διαφορετικών ηλικιών τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι επιλογή νεαρών φύλλων, ή φύλλων από τη βλάστηση προηγούμενων ετών θα δώσει σημαντικές αποκλίσεις στη συγκέντρωση των θρεπτικών σε σχέση με τα φύλλα ηλικίας 5-6 μηνών, για τα οποία ισχύουν τα παραπάνω επίπεδα αναφοράς, οδηγώντας σε

λανθασμένες εκτιμήσεις όσον αφορά τη θρέψη των φυτών και τον καθορισμό των αναγκών λίπανσης.

Η επιλογή των φύλλων που θα σταλούν για ανάλυση αφορά συνήθως το 4-5 ζεύγος φύλλων σε βλαστούς της τρέχουσας βλαστικής περιόδου. Αυτό βέβαια είναι ενδεικτικό, αφού ανάλογα με τις συνθήκες του ελαιώνα, η βλάστηση μπορεί να έχει μεγαλύτερο ή μικρότερο μήκος και έτσι να χρειαστεί να επιλέξουμε φύλλα ψηλότερα ή χαμηλότερα στο βλαστό. Ο στόχος, όπως προαναφέρθηκε, είναι να επιλεγούν φύλλα ηλικίας 5-6 μηνών. Η προσφορότερη εποχή δειγματοληψίας είναι γύρω στα τέλη Οκτωβρίου. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι τη συγκεκριμένη εποχή, τα επίπεδα των περισσότερων στοιχείων στα πρώτα φύλλα της τρέχουσας βλάστησης έχουν σταθεροποιηθεί, ενώ υπάρχει και επαρκές διάστημα για την έγκαιρη λήψη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης πριν την εφαρμογή των λιπασμάτων. Το μέγεθος του δείγματος πρέπει να είναι περίπου 200 φύλλα, που επιλέγονται όπως προαναφέρθηκε ανά ζεύγη, από 10-20 δένδρα από διαφορετικά σημεία του ελαιώνα. Τα δένδρα που επιλέγουμε, καθώς και οι βλαστοί σε κάθε δένδρο, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά της μέσης κατάστασης του ελαιώνα. Αποφεύγονται τα φυτά που βρίσκονται στα όρια του ελαιώνα, καθώς και φυτά που αντιμετωπίζουν προβλήματα ασθενειών, ζημιές από έντομα και γενικά διαφοροποιούνται με οποιοδήποτε τρόπο από τα υπόλοιπα δένδρα του ελαιώνα. Το δείγμα συλλέγεται σε πλαστικά σακουλάκια και μπορεί να διατηρηθεί σε ψυγείο μέχρι την αποστολή του στο εργαστήριο, η οποία πρέπει να γίνει τις αμέσως επόμενες ημέρες από τη δειγματοληψία (Μετζιδάκης, 2006).

1.3. Άρδευση – κλάδεμα και μικροκλίμα

1.3.1 Άρδευση

Η ελιά θεωρείται από τα πιο ανθεκτικά φυτά στην ξηρασία. Παρά τις ξηροφυτικές της ιδιότητες, η ελιά για να αναπτυχθεί και αποδώσει οικονομικά ως δενδρώδης καλλιέργεια, απαιτεί επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Οι βροχοπτώσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην καρποφορία, πολύ περισσότερο εκεί όπου η καλλιέργεια δεν αρδεύεται. Η άρδευση της ελιάς δεν επιδρά θετικά μόνο στη βλάστηση, ανθοφορία, καρποφορία και κατ' επέκταση στην αύξηση των αποδόσεων αλλά και στον περιορισμό της παρεννιαυτοφορίας των δέντρων. Η ελιά έχει ιδιαίτερα μεγάλες απαιτήσεις σε νερό τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο όπου διαφοροποιούνται οι ανθοφόροι οφθαλμοί, τον Απρίλιο-Μάιο, όπου έχουμε την άνθηση και καρπόδεση της

ελιάς και τον Ιούνιο όπου είναι η περίοδος σκλήρυνσης του πυρήνα. Επίσης, η άρδευση της ελιάς κατά τους θερμούς μήνες περιορίζει τη συρρίκνωση του καρπού. (Unkown-1, 2014).

Απο το νερό που απορροφά το φυτό μόνο το 5% απαιτείται για τις φυσιολογικές λειτουργίες του, ενώ το υπόλοιπο χάνεται μέσω της διαπνοής με τη μορφή υδρατμών. Η διαπνοή λαμβάνει χώρα στα στομάτια που συνήθως βρίσκονται στη κάτω μεριά του φύλλου και ο ρόλος της είναι η διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του φυτού. Η ποσότητα του νερού και συχνότητα άρδευσης εξαρτάται από την ανάπτυξη του δέντρου, το βλαστικό στάδιο, την εποχή, το έδαφος, το σύστημα άρδευσης και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την υδατοκατανάλωση είναι η σχετική υγρασία, ο άνεμος, η θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια. Η λίπανση επίσης μπορεί να επηρεάσει την διαπνοή, έτσι φυτά που αναπτύσσονται σε πλούσια εδάφη απαιτούν λιγότερο νερό. Ενδεικτικά, οι απαιτήσεις της ελιάς σε νερό κυμαίνονται από 450-650 mm/έτος. Τέλος για την ορθολογιστική χρήση του νερού, συστήνεται η χρήση βελτιωμένων συστημάτων άρδευσης (σταγόνες, μικροεκτοξευτήρες), καθώς και σωστή εφαρμογή ωραρίων άρδευσης (Θερίος, 2005).

1.3.2 Κλάδεμα

Το κλάδεμα των ελαιόδεντρων είναι μια σημαντική εργασία που αποσκοπεί στην προσαρμογή της ανάπτυξης και καρποφορίας των δέντρων στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και στις καλλιεργητικές μας επιδιώξεις, ιδιαίτερα στην προστασία από εντομολογικές παθήσεις και στη διευκόλυνση της συγκομιδής των ελαιών, που είναι το κύριο οικονομικό κόστος της ελαιοκαλλιέργειας. Στα ελαιόδεντρα γίνονται δύο τύποι κλαδέματος: Το κλάδεμα διαμόρφωσης και το κλάδεμα ανάπτυξης και καρποφορίας.

- Κλάδεμα διαμόρφωσης γίνεται συνήθως στα νεαρά δέντρα, με στόχο τη δημιουργία ενός ανθεκτικού σκελετού και ενός σχήματος που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της μηχανικής ελαιοσυλλογής.
- Κλάδεμα καρποφορίας γίνεται στα παραγωγικά δέντρα, για εξασφάλιση αερισμού και φωτισμού, σταθερής καρποφορίας και καλής ποιότητας καρπού (Unkown-1, 2014).

1.3.3 Σημασία των μετεωρολογικών δεδομένων και του μικροκλίματος

Η ελιά ανήκει στα φυτά που έχουν ανάγκη χαμηλών θερμοκρασιών στο επίπεδο των 10°C ή έως 16°C το χειμώνα για να διακοπεί ο λήθαργος των ανθοφόρων οφθαλμών (Νάνος, 2011). Η διάρκεια υποβολής των οφθαλμών σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και το επίπεδο θερμοκρασίας καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό των οφθαλμών που θα σχηματίσουν ταξιανθίες. Η ελιά ως θερμοπεριοδικό είδος απαιτεί τουλάχιστον 10 εβδομάδες κάτω από $12,2^{\circ}\text{C}$ για πλήρη διαφοροποίηση ανθέων. Θερμοκρασίες σταθερά κάτω από 0°C ή πάνω από 15°C μπορούν να αναστείλουν την καταβολή των ανθέων ενώ θερμοκρασίες το χειμώνα υψηλότερες από 20°C για 2-3 εβδομάδες μπορεί να εμποδίσουν την έξοδο των ανθοφόρων οφθαλμών από το λήθαργο (Μετζιδάκης, 2005). Οι πλέον ιδανικές θερμοκρασίες για την άνθηση είναι μεταξύ 18°C και 22°C καθώς υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν αφυδάτωση και να καταστρέψουν τα αναπαραγωγικά μέρη του άνθους (αναστολής της αύξησης του γυρεοσωλήνα). Μετά από χρονιές με μεγάλη καρποφορία και όψιμη συγκομιδή αυξάνονται οι απαιτήσεις των δέντρων σε χαμηλές θερμοκρασίες για διαφοροποίηση ανθέων (Τσουράκη, 2008). Άνθηση με υψηλές θερμοκρασίες ή ξηρασία ή βροχοπτώσεις ή δυνατούς ανέμους μπορεί να προκαλέσει αποτυχία στην καρπόδεση και μειωμένη παραγωγή τη συγκεκριμένη χρονιά (Νάνος, 2011).

Εκτός από την θερμοκρασία, στη διαφοροποίηση σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η εδαφική υγρασία. Η ύπαρξη διαθέσιμης για τα ελαιόδεντρα εδαφικής υγρασίας στα στάδια εξέλιξης της άνθησης και της γονιμοποίησης συντελεί σε μια αυξημένη καρπόδεση. Στην κρίσιμη περίοδο της διαφοροποίησης των οφθαλμών η έλλειψη εδαφικής υγρασίας συντελεί στο να διαφοροποιηθεί μικρότερος αριθμός ανθοφόρων ματιών, διότι παρατηρείται ατροφία στον ύπερο και αισθητή μείωση του ποσοστού των τέλειων ανθέων. Η έλλειψη υγρασίας κατά τη διάρκεια της άνθησης προκαλεί ανθόρροια και καρπόπτωση, ενώ αντίστροφα τυχόν υπερβολική άρδευση κατά το διάστημα αυτό μπορεί να επιφέρει έλλειψη αζώτου λόγω της έκπλυσής του, με αποτέλεσμα την πτώση των ανθέων (Τσουράκη, 2008).

Το φως είναι άλλος ένας σημαντικός παράγοντας για την καταβολή των ανθέων. Η σκίαση μειώνει την διαφοροποίηση των οφθαλμών, καθώς η φωτοσύνθεση παράγει οργανικές ουσίες αναγκαίες στο μεταβολισμό του φυτού και επομένως στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Θεριός, 2005). Μεγαλύτερη έκθεση του φυλλώματος στον ήλιο

έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο βαθμό φωτοσύνθεσης και παραγωγής υδατανθράκων και κατά συνέπεια καλύτερη διαφοροποίηση (Μετζιδάκης, 2005).

1.4 Ζεόλιθος

1.4.1 Γενικά για το ζεόλιθο

Οι ζεόλιθοι είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά, τα οποία ανήκουν στην ομάδα των τεκτοπυριτικών. Το πλέγμα τους σχηματίζει διαύλους και κοιλότητες με διάμετρο 2-7 nm, εντός των οποίων συγκρατούνται χαλαρά και αντιστρεπτά μόρια νερού και κατιόντα (κυρίως Ca, Na, K). Η ύπαρξη αυτών των μεγάλων κοιλότητων που γεμίζουν με μόρια νερού, διαφοροποιεί τους ζεόλιθους από τις άλλες ομάδες των τεκτοπυριτικών ορυκτών (χαλαζία και αστρίων), τα οποία, σε αντίθεση με τους ζεόλιθους, έχουν συμπαγή δομή. Τα μόρια νερού, από κοινού με τα κατιόντα, έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται εντός των διαύλων του κρυστάλλου και να ανταλλάσσονται με άλλα κατιόντα, χωρίς να επηρεάζεται η δομή του πλέγματος, προσδίδοντας στους ζεόλιθους την ικανότητα της ιοντοεναλλαγής. Έτσι συμπεριφέρονται σαν δεξαμενές νερού ενώ παράλληλα ενισχύουν την συνολική ιοντική χωρητικότητα του εδάφους, βελτιώνοντας και διαμορφώνοντας την δυναμική της κυκλοφορίας των θρεπτικών συστατικών (Μανιός κ.σ., 2007).

1.4.2 Δομή

Βασική δομική μονάδα είναι το τετράεδρο $[(Si,Al)O_4]^{-4}$. Τα τετράεδρα $[(Si,Al)O_4]^{-4}$ ενώνονται μεταξύ τους με τα κοινά οξυγόνα των κορυφών και της βάσης τους και σχηματίζουν πολύεδρα, δημιουργώντας, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους, τρισδιάστατα πλέγματα με διαύλους ή κοιλότητες, γεμάτα αφ' ενός μεν με νερό και αφετέρου, με κατιόντα (Ca, Na, K, NH_4^+), υπό ανταλλάξιμη μορφή. Ανάλογα με το είδος του ζεόλιθου έχουμε περισσότερες ή λιγότερες ισόμορφες αντικαταστάσεις Si από Al. Η έκταση της αντικατάστασης ιόντων Si^{+4} από ιόντα Al^{3+} είναι πολύ χαρακτηριστική για τα διάφορα είδη ζεόλιθων. Όσο περισσότερες αντικαταστάσεις Si από Al έχουμε, τόσο ασθενέστεροι γίνονται οι κρυσταλλοχημικοί δεσμοί (δεδομένου ότι οι δεσμοί Si-O είναι ισχυρότεροι από τους δεσμούς Al-O), και επίσης τόσο μεγαλύτερο αρνητικό φορτίο αναπτύσσεται, κάτι που σημαίνει ότι το ορυκτό γίνεται περισσότερο χημικώς ενεργό. Ο αριθμός των τετραέδρων που συνδέονται για το σχηματισμό του τρισδιάστατου πλέγματος διαφοροποιεί τα είδη των ζεόλιθων. Ανάλογα με τον αριθμό των τετραέδρων δημιουργούνται δακτύλιοι με μικρότερα ή

μεγαλύτερα ανοίγματα. Το άνοιγμα των διαύλων έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ιδιότητες των ζεόλιθων.

Οι ζεόλιθοι είναι λευκοί ή άχρωμοι όταν είναι καθαροί, ενώ η παρουσία προσμίξεων (π.χ. επικαλύψεων οξειδίων σιδήρου) καθιστά πολλούς από αυτούς έγχρωμους. Η πυκνότητά τους κυμαίνεται από 2-2,3 g cm⁻³, ενώ ποικιλίες ζεόλιθων πλούσιες σε Βα έχουν πυκνότητα που κυμαίνεται από 2,5-2,8 g cm⁻³. Η μικρή σχετικά πυκνότητά τους οφείλεται στην παρουσία του νερού που πληρεί τους διαύλους του πλέγματος. Σήμερα έχουν αναγνωρισθεί και περιγραφεί περισσότερα από 45 είδη φυσικών ζεόλιθων και άλλα 100 περίπου έχουν παρασκευαστεί στο εργαστήριο (συνθετικοί ζεόλιθοι). Εν τούτοις, μόνο 7 από αυτά και συγκεκριμένα τα ορυκτά μορντενίτης, κλινοπτιλόλιθος, φερριερίτης, χαμπαζίτης, εριονίτης, φιλλιπσίτης και ανάλκιμο απαντούν σε ικανοποιητικές ποσότητες, ώστε να θεωρούνται εκμεταλλεύσιμα υλικά. Από αυτά ο μορντενίτης και ο χαμπαζίτης θεωρούνται ως τα πλέον ενδιαφέροντα είδη όσον αφορά την ικανότητα προσρόφησης. Μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφθεί περισσότερες από 1000 εμφανίσεις ζεολιθικών κοιτασμάτων, σε 40 περίπου χώρες, εντός ηφαιστειοκλαστικών πετρωμάτων (Μανιός κ.σ., 2007).

1.4.3 Ικανότητα προσρόφησης

Οι ζεόλιθοι βρίσκουν ευρεία εφαρμογή ως προσροφητικά υλικά. Τα μόρια H₂O πληρούν τα κενά του πλέγματος και σχηματίζουν υδάτινες σφαίρες γύρω από τα ανταλλάξιμα κατιόντα. Όταν το H₂O απομακρυνθεί, προσροφώνται επιλεκτικά από τα άδεια κανάλια, μόρια μικρής διαμέτρου, ενώ τα μεγαλύτερου μεγέθους μόρια εκδιώκονται. Αυτή η ιδιότητα των ζεόλιθων, που επιτρέπει σε μια μεγάλη ποικιλία υλικών να δεσμεύονται, τους δίνει τον χαρακτηρισμό “μοριακά κόσκινα”. Η ικανότητα των ζεόλιθων για προσρόφηση, εξαρτάται, κύρια, από το εύρος των διαύλων και είναι συναρτήσεως του αριθμού των ατόμων οξυγόνου (6, 8, 10 ή 12) που οριοθετούν το εύρος αυτό. Έτσι, ζεόλιθοι, των οποίων οι δακτύλιοι αποτελούνται από 8-12 τετράεδρα, είναι δυνατό να προσροφήσουν εκτός από τα απλά κατιόντα και οργανικά μόρια. Η ικανότητά τους αυτή προσδιορίζεται από την ποσότητα του περιεχόμενου H₂O, όταν οι ζεόλιθοι είναι πλήρως ενυδατωμένοι. Σε μερικούς ζεόλιθους ο όγκος αυτών των διαύλων, ο οποίος περιέχει H₂O, μπορεί να φτάσει και 50% του συνολικού τους όγκου (Μανιός κ.σ., 2007). Τα ανταλλάξιμα κατιόντα ζεόλιθων, ως χαλαρά συνδεδεμένα στο πλέγμα τους, είναι εύκολο να ανταλλαγούν ή να απομακρυνθούν αν εκπλυθούν με

διάλυμα κάποιου άλλου ιόντος. Η ικανότητά τους αυτή ονομάζεται *ιοντοανταλλακτική* και μετριέται σε $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ υλικού.

Λόγω της δομής τους, οι περισσότεροι ζεόλιθοι δεν υφίστανται καμιά αξιοσημείωτη αλλαγή στις διαστάσεις τους με την ιοντοανταλλαγή, η οποία εν τούτοις, συνοδεύεται, από σημαντικές αλλαγές στη σταθερότητα, την προσροφητική συμπεριφορά και την εκλεκτικότητα των ζεόλιθων, όσον αφορά στις καταλυτικές και άλλες σημαντικές φυσικές τους ιδιότητες. Έχουν την ικανότητα να ανταλλάσσουν κατιόντα μέσω της ισόμορφης αντικατάστασης τετρασθενούς δομικού κατιόντος (π.χ. Si από κατιόν μικρότερου σθένους, συνήθως Al). Συνέπεια αυτής της αντικατάστασης είναι η δημιουργία ενός αρνητικά φορτισμένου πλέγματος στο σκελετό του ζεόλιθου, που πρέπει να εξουδετερωθεί από κατιόντα μέσα στους πόρους (Σχήμα 5). Αυτά τα κατιόντα μπορεί να είναι οποιαδήποτε μέταλλα ή ομάδες αυτών.

Η ιοντοανταλλακτική ικανότητα των ζεόλιθων εξαρτάται, κύρια, από:

1. Τη φύση του κατιόντος, το μέγεθος και το σθένος του άνυδρου και του ενυδατωμένου κατιόντος
2. Τη θερμοκρασία του διαλύματος
3. Το pH
4. Το βαθμό αντικατάστασης των ιόντων Si από ιόντα Al
5. Τη συγκέντρωση των διάφορων κατιόντων στο διάλυμα
6. Τα διάφορα ανιόντα που συνυπάρχουν με τα κατιόντα στο διάλυμα
7. Το διαλυτικό μέσο (συνήθως νερό, αλλά και οργανικοί διαλύτες)
8. Τα χαρακτηριστικά της δομής του κάθε ζεόλιθου (Μανιός κ.σ., 2007).

1.4.4 Ικανότητα Φυσιορόφησης

Μία σημαντική ιδιότητα των ζεολίθων είναι η φυσιορόφηση αερίων, εκτός της υγρασίας. Σε άνυδρους ζεόλιθους ανακαλύφθηκε από τον Friedel στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και μελετήθηκε περισσότερο από τους Gradjean και Seeliger, οι οποίοι διεύρυναν το είδος των αερίων καθώς και το εύρος των πειραματικών συνθηκών. Η ρόφηση είναι από τις βασικές εφαρμογές του ζεολίθου και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Την φυσιορόφηση, η οποία περιλαμβάνει μόνο διαμοριακές αλληλεπιδράσεις και την χημειορόφηση κατά την οποία δημιουργούνται χημικοί δεσμοί μεταξύ των μορίων που ροφούνται και της επιφάνειας του ροφητικού υλικού.

Στη περίπτωση των ζεολίθων σε μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρείται η φυσιорόφηση. Το φαινόμενο της ρόφησης μπορεί να περιγραφεί σαν δέσμευση ενός μορίου σε μια επιφάνεια ή σε έναν όγκο, λόγω εύρεσής του σε θέση ενεργειακού ελαχίστου. Το ροφημένο μόριο είναι μια ξεχωριστή φάση, συνεπώς μιλάμε για μετάβαση από την υγρή ή αέρια φάση στην ροφημένη φάση. Στην ροφημένη φάση το μόριο συμπεριφέρεται σαν αρμονικός ταλαντωτής, με ταλαντώσεις κατά τους τρεις άξονες, περί την θέση ισορροπίας του. Η κατάσταση της ισορροπίας μεταξύ της ροφημένης και της αέριας φάσης είναι το πρώτο βήμα στην κατανόηση του φαινομένου της ρόφησης και στην εξαγωγή μιας πύ βασικής ποσότητας, της θερμότητας ρόφησης, που δίνει μια σημαντική ποιοτική ερμηνεία στην ρόφηση αερίων σε διαφορετικά μικροπορώδη. Οι παραδοχές στην ρόφηση είναι οι εξής:

- Η ρόφηση γίνεται σε μία στρώση στην επιφάνεια του πόρου
- Οι θέσεις όπου γίνεται η ρόφηση έχουν σταθερό αριθμό και είναι αυστηρά προκαθορισμένες
- Κάθε θέση ρόφησης δέχεται ένα μόνο μόριο
- Γειτονικά ροφημένα μόρια δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Κροκιδάς, 2011).

1.4.5 Χρήση στη Γεωργία

Ο ζεόλιθος εφαρμόζεται με ενσωμάτωση στο έδαφος σε ποσότητες που εξαρτώνται από την κοκκομετρική του σύσταση. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το υλικό τόσο πιο μικρότερη ποσότητα απαιτείται. Σε βαριά εδάφη πρέπει να προτιμάται ζεόλιθος σε σπυρωτή μορφή (2,5-5 mm), ενώ σε ελαφρά εδάφη πρέπει να προτιμάται αυτός σε μορφή σκόνης. Υπολογίζεται ότι 0,5 kg ζεόλιθου σε σκόνη έχει επιφάνεια ανάλογη με αυτήν ενός γηπέδου ποδοσφαίρου. Ο ζεόλιθος εφαρμόζεται στο έδαφος συνήθως για τρεις συνεχόμενες χρονιές και ενσωματώνεται κάθε φορά. Χρειάζεται μια ποσότητα 400-500 kg ανά στρέμμα και ενσωμάτωση στο έδαφος για να γίνει αισθητή η συμβολή του στην αύξηση της παραγωγής. Εφαρμόζεται πριν από την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου ή την φύτευση/σπορά. Η ωφέλιμη δράση του είναι μακροχρόνια (ο ζεόλιθος δεν αποσαθρώνεται όπως άλλα υλικά) και για τα επόμενα 10 ή και περισσότερα χρόνια δεν χρειάζεται να προστεθεί άλλος ζεόλιθος.

Με την εφαρμογή του προσφέρει μια σειρά από πολύτιμες υπηρεσίες, όπως:

- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων (η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ανέρχεται σε 2,2-4 cmol_c g⁻¹, τιμή που είναι υπερδιπλάσια από αυτή του μπεντονίτη),
- Μειώνει τις απώλειες θρεπτικών στοιχείων λόγω αεριοποίησης (απώλειες αζώτου με τη μορφή αμμωνίας) ή υδατομεταφοράς (νιτρώδη και νιτρικά) και συνεπώς συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων κατά 20-25%,
- Σε συνδυασμό με τη λίπανση μπορεί να βοηθήσει στη σταδιακή αποδέσμευση των θρεπτικών στοιχείων έτσι ώστε να μην έχουμε απώλειες και από την άλλη μεριά εφοδιασμό των φυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα,
- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού, ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη (ο ζεόλιθος συγκρατεί νερό σε ποσότητα ίση με το 60% του βάρους του το οποίο αποδίδει στα φυτά σταδιακά),
- Εξουδετερώνει τα όξινα συστατικά του εδάφους (ανεβάζει το pH),
- Βελτιώνει τη δομή του εδάφους μειώνοντας τη συμπίεση και αυξάνοντας τον αερισμό,
- Είναι 100% φυσικό προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιολογική γεωργία και τέλος,
- Ως άμεση συνέπεια όλων των παραπάνω αυξάνει και βελτιώνει την παραγωγή των φυτών

1.4.6 Μορφές ζεόλιθου για χρήση

Στην αγορά εμφανίζεται σε τέσσερις μορφές ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του και για διαφορετική χρήση, όπως:

- 1) Σε μορφή πούδρας για ψεκασμούς στο φύλλωμα, αλλά και για ιατρική χρήση.
- 2) Μέγεθος 0,01-0,8 mm. Για εμπλουτισμό της τροφής σε ζώα εκτροφής.
- 3) Μέγεθος 0,8-2,5 mm. Για καταπολέμηση της δυσοσμίας, για σιτηρέσια πτηνών, για φιλτράρισμα πόσιμου νερού.
- 4) Μέγεθος 2,5-5,0 mm. Για γεωργική χρήση στη βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών, ως βελτιωτικό σε χημικά λιπάσματα σε ποσοστό 2-5% (βραδεία αποδέσμευση), στην υδροπονία, χωρίς να αποκλείεται η χρήση των προηγούμενων που είναι πιο δραστικές (Πετρίδης & Καρασσαββίδης, 2012).

1.5 Κοπριά

1.5.1 Σύσταση και γενικά χαρακτηριστικά

Η ποιότητα της κοπριάς εξαρτάται από την προέλευσή της, τον τρόπο διατήρησης και από το πόσο καλά χωνεμένη είναι. Αξιοποιείται καλύτερα όταν ενσωματώνεται στο έδαφος, ώστε να περιορίζονται οι απώλειες N. Ο βαθμός αξιοποίησης από τα φυτά εξαρτάται από το βάθος του παραχώματος, το είδος του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας και την εδαφική υγρασία. Η κοπριά περνάει από την διαδικασία της κομποστοποίησης, για να καταστρέφονται οι φυτοπαθογόνοι οργανισμοί, οι σπόροι των ζιζανίων και να περιορίζεται ο κίνδυνος καψίματος από την εφαρμογή μη χωνεμένης κοπριάς. Η προσθήκη κοπριάς βελτιώνει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, αυξάνοντας την εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, βελτιώνοντας την υφή και την υδατοϊκανότητα και ευνοώντας την ομαλή ανάπτυξη των μικροοργανισμών του εδάφους και κατ' επέκταση τη γονιμότητα. Το συνολικό N στη κοπριά συναντάται σε αμμωνιακή μορφή στα ούρα και σε οργανικό άζωτο στα περιττώματα (Σχήμα 6).

Πιο κατάλληλη εποχή για λίπανση με κοπριά, είναι το φθινόπωρο, για να μπορέσει να αξιοποιήσει όσο καλύτερα γίνεται τις χειμερινές βροχοπτώσεις, να διαλυθεί και να αφομοιωθεί από τα δέντρα. Η κοπριά εκτός από άζωτο, φώσφορο, κάλιο και ασβέστιο περιέχει και σημαντικές ποσότητες μαγνησίου (Πίνακας 4). Για ποσότητα κοπριάς βοειδών 1 t προστίθενται στο έδαφος 6,0 kg N, 3,0 kg P₂O₅, 7,0 kg K₂O και 7,2 kg CaO. Η περιεκτικότητα της κοπριάς σε μικροστοιχεία είναι κυρίως σε B, Co, Cu, Mn, Mo και Zn. Η εφαρμογή στον αγρό γίνεται κάθε δύο ή τρία χρόνια σε δόσεις 2-4 t /στρ. Το βάθος στο οποίο πρέπει να παραχώνεται η κοπριά σχετίζεται άμεσα με το είδος του εδάφους και το κλίμα. Προς αποφυγή απωλειών αζώτου (N) θα πρέπει η κοπριά να ενσωματώνεται στα 15-20 cm, στα έντονα αεριζόμενα εδάφη και στα 5-10 cm στα βαριά εδάφη. Σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις το παράχωμα της κοπριάς στα 25 cm επιδρά πιο ευεργετικά στην αξιοποίηση του N από τα φυτά.

Η κοπριά αξιοποιείται από τα φυτά σε ποσοστό 30% τον πρώτο χρόνο και 10% τον δεύτερο χρόνο. Μια μικρή επίδραση παρατηρείται και στα επόμενα χρόνια. Αυτό συμβαίνει γιατί το 1/3 του αζώτου δεσμεύεται σε οργανικές μορφές και αποδεσμεύεται προοδευτικά. Το 1/3 του N χάνεται. Όλες οι καλλιέργειες δεν είναι σε θέση να αξιοποιήσουν το N της κοπριάς ικανοποιητικά. Η αξιοποίηση του N φτάνει περίπου το 50%. Ο P αξιοποιείται από τα φυτά σε ποσοστό 25%, όσο και από ένα κοινό

φωσφορικό λίπασμα (Τσελές κ.σ., 2011). Σε πείραμα σε ελαιώνα που έγινε στη ποικιλία Μαστοειδής έδειξε ότι εφαρμογή 80 kg κοπριάς ανά δέντρο και έτος δεν είχε επίδραση στην παραγωγή. Όμως τα ιχνοστοιχεία ήταν σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από αυτά δίχως κοπριά (Λουπασάκη κ.σ., 2005).

1.5.2 Αναλογία C/N

Η χώνευση της κοπριάς θεωρείται ότι έχει τελειώσει, όταν ο λόγος μεταξύ C και N είναι μικρότερη του 20. Η σχέση C/N είναι κριτήριο που καθορίζει την ισορροπία μεταξύ δέσμευσης του N από τη μικροβιακή βιομάζα και της απελευθέρωσης του σε αφομοιώσιμη μορφή από την ανοργανοποίηση των οργανικών μορφών, όταν στο έδαφος ενσωματώνονται οργανικά υλικά όπως φυτικά υπολείμματα. Ο C παρέχει ενέργεια στους μικροοργανισμούς ενώ το N είναι απαραίτητο για το σχηματισμό των πρωτεϊνών τους. Αν η αναλογία αυτή είναι μεγαλύτερη τότε σημαίνει ότι υπάρχει μικρή ποσότητα N την οποία εκμεταλλεύονται οι μικροοργανισμοί για δική τους χρήση και την ελευθερώνουν όταν ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Αν η αναλογία είναι μικρότερη σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλη ποσότητα N το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με μορφή αμμωνίας (Μαντζώρου, 2007).

1.6 Σκοπός της εργασίας

Σκόπος της εργασίας ήταν

- Η μελέτη της εφαρμογής διαφορετικής μορφής λίπανσης, σε ελαιώνα υπό κανονικές συνθήκες αγρού όσο αφορά τις επιπτώσεις στις κύριες χημικές εδαφικές παραμέτρους και τη θρεπτική κατάσταση - απόκριση σε καλλιέργεια ελιάς.
- Η σύγκριση της επίδρασης εμποτισμένου ζεολίθου με αμμωνιακό κατιόν όσο αφορά τα επίπεδα θρεπτικών σε έδαφος και φυτό με το οργανικό λίπασμα και με συνηθισμένη συμβατική λίπανση με ανόργανο λίπασμα καθώς και συνδυασμό των δύο τελευταίων.
- Η μελέτη χημικών παραμέτρων των φυτών (συγκέντρωση και πρόσληψη μακρο- και ιχνοστοιχείων) και τη σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων.
- Η μελέτη της διαφοράς των πειραματικών εφαρμογών όσον αφορά τις επιπτώσεις στα χημικά χαρακτηριστικά της ελιάς.

Τέλος, με το πείραμα επώασης σε εργαστηριακές συνθήκες, στόχος ήταν η μελέτη της αποδέσμευσης των νιτρικών για τις συγκεκριμένες μεταχειρίσεις.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός ελαιώνα

Μέρος ελαιώνα στη περιοχή Φυτόκου Ν. Μαγνησίας χρησιμοποιήθηκε για την ανάγκη του πειράματος. Εκεί είχαμε 5 μεταχειρίσεις σε πειραματικά τεμάχια των 5 σειρών με 12 δέντρων ανά σειρά, και απόσταση δένδρων 5 x 7,5 m. Οι εφαρμογές υλικών στις μεταχειρίσεις υπολογίστηκαν έτσι ώστε να χορηγούν ίσες ποσότητες N από 3 διαφορετικές πηγές (συμβατικό λίπασμα, λίπασμα με ζεόλιθο, και κοπριά). Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

«Μάρτυρας» (Μ): Δεν έγινε καμία εφαρμογή λίπανσης

Ζεόλιθος (Ζ): Εφαρμόσαμε 3 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21-0-0) αφού τη διαλύσαμε σε 4.3 λίτρα απεσταγμένο H_2O και εμποτίσαμε με αυτή 13 kg ζεολίθου. Αφού αεροξηράναμε το ζεόλιθο, τον εφαρμόσαμε περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου, εφαρμόζοντας επίσης 600 g K_2SO_4 (0-0-51) και 250 g υπερφωσφορικό 12-61-0.

Συμβατική λίπανση (ΣΛ): Εφαρμόσαμε 3 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21-0-0), μαζί με 600 g K_2SO_4 (0-0-51) και 250 g υπερφωσφορικό 12-61-0 περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου.

Κοπριά (Κ): Εφαρμόσαμε 100 kg αιγοπρόβειας κοπριάς, υγρασίας 54%, περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου

Μεταχείριση «παραγωγού» (Π): Εφαρμόσαμε ένα συνδυασμένο πρόγραμμα λίπανσης που αποτελούνταν από 30 kg αιγοπρόβεια κοπριά, 1 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21-0-0), 1 kg K_2SO_4 (0-0-51) και 500 g υπερφωσφορικό 12-61-0. Σκοπός αυτής της μεταχείρισης ήταν να προσεγγίσουμε ένα συνηθισμένο πρόγραμμα λίπανσης που θα ακολουθούσε ένας παραγωγός.

Στην κοπριά προσδιορίστηκε το ποσοστό υγρασίας, η περιεκτικότητα της σε οργανικό C, και το ολικό N κατά Kjeldahl. Η εφαρμογή της κοπριάς έγινε περιμετρικά του κορμού χωρίς να γίνει ενσωμάτωση, για να ανταποκρίνεται σε ρεαλιστικές συνθήκες αγρού, μιας και στον ελαιώνα δεν χρησιμοποιείται καλλιεργητής για επεξεργασία του εδάφους. Το λίπασμα αφού ζυγίστηκε εφαρμόστηκε πεταχτά με το χέρι περιμετρικά και κάτω από τη κόμη του δένδρου και στη συνέχεια έγινε μία ελαφριά αναμόχλευση με τσουγκράνα για να μην παρασυρθεί με τον αέρα. Η δειγματοληψία για κάθε μεταχείριση γινόταν ανά τριάδα δένδρων για κάθε δείγμα. Έτσι είχαμε 3 επαναλήψεις δείγματος για κάθε μεταχείριση με σύνολο 15 δείγματα σε κάθε εφαρμογή

δειγματοληψίας, είτε εδάφους είτε φύλλων. Η πρώτη δειγματοληψία εδάφους και φύλλων έγινε στις 19 Ιουλίου 2013 και η δεύτερη δειγματοληψία έγινε στις 10 Ιανουαρίου 2014. Τα δείγματα που ελήφθησαν χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν αναλύσεις χαρακτηρισμού των εδαφών: ανθρακικό ασβέστιο, ανταλλάξιμα κατιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , pH, ολικά με βασιλικό νερό κατιοντικά ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Cu, Cd, Pb), εκχύλισμα με DTPA για τα ίδια κατιοντικά ιχνοστοιχεία, νιτρικό και αμμωνιακό άζωτο και φώσφορος κατά Olsen. Οι μέθοδοι ανάλυσης αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω.

Εκτός από το πείραμα που εξελίσσεται στον αγρό, στις 12 Μαρτίου 2013 ξεκινήσαμε το πείραμα επώασης στο εργαστήριο για να αποκομίσουμε πιο ολοκληρωμένη άποψη για τη συμπεριφορά του ζεόλιθου, του λιπάσματος, της κοπριάς, αλλά και των φυτικών υπολειμμάτων στο εδαφικό διάλυμα. Αυτό που μας ενδιέφερε είναι να υπολογίσουμε την συγκέντρωση του διαθέσιμου N (με τη μορφή των νιτρικών) που θα απέδιδε η κάθε μεταχείριση στο εδαφικό διάλυμα. Έτσι δημιουργήσαμε 24 δείγματα, αποτελούμενα έκαστο από 1 kg εδάφους. Στα 12 από αυτά αναμίξαμε 10 g φύλλα λειοτριβημένα και περασμένα από κόσκινο με ανοίγματα 2 mm. Τα υπόλοιπα 12 δείγματα έμειναν ως είχαν. Στη συνέχεια τα 12 δείγματα με το φυτικό υλικό τα χωρίσαμε σε 4 ομάδες των τριών επαναλήψεων.

- 1) Σε 3 δείγματα εφαρμόσαμε 1,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 21-0-0
- 2) Σε 3 δείγματα εφαρμόσαμε 8 g ζεόλιθο εμποτισμένο με 1,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 21-0-0
- 3) Σε 3 δείγματα εφαρμόσαμε 50 g λειοτριβημένη και περασμένη από κόσκινο κοπριά
- 4) Στα επόμενα 3 δείγματα αφήσαμε μόνο τα 10 g φυτικό υλικό

Στα άλλα 12 δείγματα χωρίς το φυτικό υλικό εφαρμόσαμε τις ίδιες μεταχειρίσεις με παραπάνω. Σε όλα τα δείγματα προστέθηκαν 100 mL απεσταγμένο H_2O . Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε θερμοθάλαμο σε σταθερή θερμοκρασία 25 °C και ανά τακτά χρονικά διαστήματα γινόταν έλεγχος και πρόσθεση απεσταγμένου H_2O , ώστε να μην τους λείπει ποτέ εδαφική υγρασία.

Για τη μέτρηση των NO_3 κάναμε 4 δειγματοληψίες: στις 26 Μαρτίου, 12 Απριλίου, 25 Απριλίου και 28 Μαΐου 2013.

2.2 Μεθόδους ανάλυσης εδάφους

2.2.1 Προετοιμασία δείγματος εδάφους

Το εδαφικό δείγμα μετά από την παραλαβή του από τον πειραματικό αγρό το απλώνουμε και το αφήνουμε να αεροξηραθεί. Τα ελαφρά εδάφη συνήθως χρειάζονται 2-3 μέρες ενώ τα αργιλώδη έως και 10 μέρες. Εναλλακτικά το τοποθετούσαμε σε χαρτοσακούλα και έπειτα στο φούρνο του εργαστηρίου στους 40-50 °C όπου η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 2-3 μέρες. Στη συνέχεια τα δείγματα λειοτριβούνται και περνιούνται από κόσκινο διαμέτρου 2 mm. Τέλος αποθηκεύονται και είναι έτοιμα για ανάλυση.

2.2.2 Μέτρηση pH

Για την μέτρηση pH χρειαζόμαστε 5 g εδαφικού δείγματος, 25 mL απιονισμένο H₂O και ανακίνηση για 30 λεπτά σε falcon. Στη συνέχεια παραμένει σε κατάσταση ηρεμίας για ½ της ώρας πριν τη μέτρηση με το πεχάμετρο. Πριν την έναρξη των μετρήσεων αλλά και ανα 10 μετρήσεις γίνεται έλεγχος με buffer τιμής pH ίση με 7 και 4.

2.2.3 Μέτρηση οργανικής ουσίας (με υγρή οξείδωση)

Σε κωνική φιάλη τοποθετούμε 0,5 g δείγματος (περίπου αλλά ακριβώς καταγεγραμμένο) και προσθέτουμε 10 mL διχρωμικό κάλιο 0.166 M K₂Cr₂O₇, με σκοπό την οξείδωση – αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας. Στη συνέχεια προσθέτουμε 10 mL πυκνόθειικό οξύ με σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του δείγματος καθώς προκαλεί εξώθερμη αντίδραση, για την πληρέστερη κατά το δυνατόν δράση του οξειδωτικού μέσου. Αφήνουμε το διάλυμα για 30 λεπτά με μία ώρα ώστε να γίνει η οξείδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Έπειτα προσθέτουμε 200 mL απιονισμένο νερό για την αραιώση του διαλύματος, 10 mL πυκνό φωσφορικό οξύ (H₃PO₄) και 5-6 σταγόνες διφαινυλαμίνης ώστε το δείγμα να χρωματιστεί καφέ. Κατόπιν ογκομετρούμε με επταένυδροθειικό σίδηρο 0,5 M (FeSO₄·7H₂O) μέχρι να παρατηρηθεί σκούρο πράσινο χρώμα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το λευκό δείγμα για την τιτλοδότηση του διαλύματος ογκομέτρησης. Ο οργανικός άνθρακας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$OC \% = 0.195 \times [(mL \text{ ογκομέτρησης λευκού} - mL \text{ ογκομέτρησης δείγματος}) / g \text{ δείγματος εδάφους}]$$

Η οργανική ουσία υπολογίζεται ως εξής $OM \% = OC / 0.58$ γιατί θεωρούμε ότι το C αποτελεί το 58% της οργανικής ουσίας.

2.2.4 Μέτρηση φωσφόρου κατά Olsen

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε όξινο ανθρακικό νάτριο και αναπτύσσεται κυανό χρώμα. Αποτελείται από δύο στάδια: α) εκχύλιση και β) ανάπτυξη κυανού χρώματος με την μέτρηση του εκχυλίσματος

Παρασκευή αντιδραστηρίου A

- 1) Διαλύονται 12 g μολυβδαινικού αμμωνίου $[(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ σε περίπου 250 mL απιονισμένου νερού
- 2) Διαλύονται 0,2908 g τρυγικό κάλιο-αντιμονύλιο ($\text{KSbO}\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$) σε περίπου 100 mL απιονισμένου νερού
- 3) Σε ογκομετρική φιάλη του 1 L προστίθενται 140 mL πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) και συμπληρώνεται μέχρι χαραγής με απιονισμένο νερό
- 4) Μεταφέρουμε τα παραπάνω διαλύματα σε ογκομετρική 2 L ανακινούμε καλά και αποθηκεύουμε σε πλαστικές φιάλες

Παρασκευή αντιδραστηρίου B

Σε 200 mL του Αντιδραστηρίου A διαλύονται 1,056 g ασκορβικού οξέος, έτσι προκύπτει το Αντιδραστήριο B, το οποίο έχει κίτρινο χρώμα.

Παρασκευή διαλύματος 5 ppm P

Διαλύουμε σε ογκομετρική φιάλη 0,387 g ευδιάλυτου φωσφορικού άλατος (Na_2HPO_4) σε 100 mL απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό αποτελεί το stock solution 1000 ppm P (1000 mg P L^{-1}) από το οποίο λαμβάνουμε 1 mL και τα μεταφέρουμε σε ογκομετρική φιάλη των 200 mL, έπειτα πληρώνουμε τη φιάλη μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό. Η συγκέντρωση του P σε αυτήν τη φιάλη είναι 5 ppm (5 mg P L^{-1}).

Εκχύλιση

Τοποθετούμε περίπου 1 g εδάφους (ακριβώς καταγεγραμμένο) σε φιάλη τύπου falcon. Προσθέτουμε 20 mL όξινο ανθρακικό νάτριο NaHCO_3 0,5 M και $\text{pH} = 8.5$. Ανακινούμε για 30 λεπτά και στη συνέχεια διηθούμε το εκχύλισμα με μέτριο διηθητικό χαρτί σε νέα φιάλη τύπου falcon.

Ανάπτυξη χρώματος

Σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL μεταφέρουμε 5 mL διηθήματος με αυτόματη πιπέτα όπου και εκεί προστίθενται:

- 2,5 mL αντιδραστηρίου B και χαλαρή περιοδική ανάδευση μέχρι τη παύση του αφρισμού
- Συμπληρώνουμε με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή

Στη συνέχεια πωματίζουμε και αναμένουμε 1 h για να αναπτυχθεί το χρώμα.

Μέτρηση

Η μέτρηση γίνεται σε φασματοφωτόμετρο στα 882 nm στο οπτικό φάσμα (VIS). Στην αρχή γίνεται μέτρηση στα γνωστά δείγματα 0, 0,1, 0,4, 0,6, 0,8, και 1,2 mg P L⁻¹ για την κατασκευή την καμπύλης βαθμονόμησης. Τα γνωστά δείγματα παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας το διάλυμα 5 mg P L⁻¹. Ακολούθως μετράμε τα άγνωστα δείγματα και χαρακτηρίζονται με την καμπύλη βαθμονόμησης.

Ο τελικός τύπος που εφαρμόζουμε είναι ο εξής:

Φώσφορος (mg kg⁻¹ εδάφους) = (mL διαλύματος εκχύλισης * mL ογκομετρικής φιάλης/mL διηθήματος στην ογκομετρική φιάλη) * (A/B).

Όπου A= ppm P στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στο φασματοφωτόμετρο) και B = βάρος εδάφους σε g.

2.2.5 Μέτρηση διαθέσιμου αζώτου

Αρχικά για τη μέτρηση αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου χρειαζόμαστε διάλυμα KCl 2 M. Το παρασκευάζουμε ως εξής:

Παρασκευή διαλύματος KCl 2 M

Ζυγίζουμε 296 g KCl και το διαλύουμε σε ογκομετρική φιάλη με συνεχή ανάδευση σε 800 mL απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια μεταφέρουμε το διάλυμα σε ογκομετρική φιάλη των 2 L και την πληρώνουμε έως τη χαραγή με απιονισμένο νερό.

Το εδαφικό δείγμα που θέλουμε να μετρήσουμε το προετοιμάζουμε ως εξής:

Εκχύλιση εδαφικού διαλύματος

Ζυγίσαμε και τοποθετήσαμε 2 g ακριβώς καταγεγραμμένου εδαφικού δείγματος σε φιάλη τύπου falcon, έπειτα προσθέσαμε 20 mL διαλύματο KCl 2M και ανακινήσαμε για 2 h.

Διήθηση εδαφικού διαλύματος

Ακολουθεί διήθηση του εκχυλίσματος με μέτριο διηθητικό χαρτί σε νέα φιάλη τύπου falcon. Απο αυτό το διάλυμα θα μετρήσουμε το αμμωνιακό και νιτρικό άζωτο.

2.2.5.1 Μέτρηση αμμωνιακού αζώτου (NH₄-N)

Για την μέτρηση του αμμωνιακού αζώτου είναι απαραίτητη η παρασκευή 3 αντιδραστηρίων:

1) Αντιδραστήριο Δ₁

Sodium salicylate NaC₇H₅O₃ – Sodium nitroprusside N₂Fe(CN)₅NO.5H₂O. (S.S.). Διαλύουμε 78,13 g σαλικυλικού νατρίου και 1,25 g νιτροπρουσσικού νατρίου σε φιάλη 1 L. Το διάλυμα φυλάσσεται σε σκοτεινή φιάλη στο ψυγείο.

2) Αντιδραστήριο Δ₂

Buffered hypochlorite. Διαλύουμε 6,62 g Na₂HPO₄.2H₂O και 2,96 g NaOH και τα θερμαίνουμε για να διαλυθούν, αφού πρώτα προσθέσουμε 80 mL απιονισμένο νερό. Όταν διαλυθούν προσθέτουμε και 10 mL πυκνό NaOCl και συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή σε φιάλη 100 mL. Το διάλυμα αυτό πρέπει να έχει pH ίσο με 13 (αν όχι, η τιμή ρυθμίζεται με NaOH). Το διάλυμα αυτό γίνεται την ημέρα της ανάλυσης και δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με τον αέρα ή με πλαστικό σκεύος.

3) Αντιδραστήριο EDTA

Διαλύουμε 60 g Na₂EDTA αρχικά σε φιάλη του ενός λίτρου με απιονισμένο νερό ως τη χαραγή. Το αντιδραστήριο φυλάσσεται στο ψυγείο.

Ανάπτυξη πράσινου χρώματος

Σε ογκομετρικές φιάλες των 25 mL μεταφέρονται προσεκτικά 5 mL εκχυλίσματος με την βοήθεια αυτόματης πιπέτας και προστίθενται:

- 1 mL Αντιδραστήριο EDTA με την αυτόματη πιπέτα.

- 4 mL αντιδραστηρίου Δ1.
- 2 mL αντιδραστήριο Δ2 (όχι με σταγονόμετρο, αλλά με την βοήθεια γυάλινου δοσομετρητή).
- προσθέτω προσεκτικά με την βοήθεια σταγονόμετρου απιονισμένο νερό έως την ένδειξη της χαραγής.

Τέλος πωματίζουμε και πραγματοποιούμε ανακίνηση. Για την πλήρη ανάπτυξη του χρώματος τοποθετούμε σε θερμοθάλαμο στους 37 °C για 30 λεπτά.

Μέτρηση

Η μέτρηση πραγματοποιείται στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 667 nm. Στις κυψελίδες κρυστάλλου χαλαζία που έχει το φασματοφωτόμετρο, τοποθετούνται αφενός τα standard και αφ' ετέρου τα γνωστά διαλύματα με σκοπό την καταγραφή των αποτελεσμάτων του οργάνου ώστε να γίνει ο σχηματισμός καμπύλης βαθμολόγησης.

2.2.5.2 Μέτρηση νιτρικού αζώτου (NO₃-N)

Για την μέτρηση του νιτρικού αζώτου χρησιμοποιούνται τα εκχυλίσματα τα οποία χρησιμοποιούνται και στη μέτρηση του αμμωνιακού αζώτου. Η μέτρηση γίνεται σε φασματοφωτόμετρο στα 210 nm στο υπεριώδες φάσμα (UV) χρησιμοποιώντας κυψελίδες χαλαζία. Πριν αρχίσουμε τις μετρήσεις προηγείται προθέρμανση της λυχνίας. Πριν από κάθε μέτρηση ακολουθεί μηδενισμός της ένδειξης με απιονισμένο νερό. Στην αρχή μετράμε γνωστά δείγματα κλιμακούμενης συγκέντρωσης αζώτου 0 – 2 mg L⁻¹ για την δημιουργία της καμπύλης βαθμονόμησης.

2.2.6 Μέτρηση διαθέσιμων ιχνοστοιχείων (εκχύλιση με DTPA)

Το διάλυμα DTPA (diethylo-triamino-pentaphosphoric acid, διαίθυλο-τριαμινο-πενταφωσφορικό οξύ) παρασκευάζεται με την ανάμιξη 9,835 g DTPA, 7,4 g CaCl₂·2H₂O και 74.5 g τριαιθανολαμίνης σε 5 L H₂O. Το pH του διαλύματος γίνεται 7,3 με λίγες σταγόνες HCl. Για την εκχύλιση ζυγίζουμε 10 g εδαφικού δείγματος σε φιάλη τύπου falcon των 30 mL και αναμινγνύουμε με 20 mL διαλύματος DTPA. Ακολουθεί ανακίνηση για 2 ώρες, φυγοκέντρηση και διήθηση του αιωρήματος για την παραλαβή του διαυγούς. Το εκχύλισμα κατόπιν μετريέται σε ατομική απορρόφηση για ιχνοστοιχεία. Οι υπολογισμοί γίνονται με τον ακόλουθο τύπο:

$$M = (\text{mL διαλύματος εκχύλισης}) * A/B \text{ mg kg}^{-1} \text{ εδάφους}$$

Όπου Μ είναι τα ιχνοστοιχεία που εκχυλίζονται (Fe, Ni, Mn, Zn, Cu κτλ.), Α η συγκέντρωση (mg L^{-1}) που λαμβάνεται στην ατομική απορρόφηση, και Β το βάρος του εδάφους σε g.

2.2.7 Ολικές συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων με βασιλικό νερό

Σε σωλήνα πέψης των 250 mL ζυγίζουμε 1 g εδάφους (κοσκινισμένο από κόσκινο των 250 μm). Προσθέτουμε 15 mL πυκνό HCl και 5 mL πυκνό HNO₃ σε απαγωγό αερίων. Το μίγμα αυτό των πυκνών οξέων HCl και HNO₃ σε αναλογία 3:1 λέγεται βασιλικό νερό (*aqua regia*). Οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετούνται σε ειδικό block πέψης που έχει τοποθετηθεί μέσα σε απαγωγό αερίων. Τα δείγματα παραμένουν ως έχουν σε θερμοκρασία δωματίου για 16 ώρες, έτσι ώστε τα οξέα να εισχωρήσουν σε όλους τους πόρους του εδάφους και να διευκολυνθεί η διαλυτοποίηση των ορυκτών του εδάφους. Την επόμενη μέρα θερμαίνουμε το block πέψης στους 50 °C μέχρι τον τερματισμό κάθε αντίδρασης (συνήθως για μία ώρα). Κατόπιν θερμαίνουμε το block πέψης στους 140 °C για 3 ώρες. Ύστερα αφήνουμε τα δείγματα να κρυώσουν και διηθούμε το περιεχόμενο των δοκιμαστικών σωλήνων με απιονισμένο νερό σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL. Το εκχύλισμα αυτό μετριέται σε ατομική απορρόφηση για ιχνοστοιχεία. Οι υπολογισμοί γίνονται με τον ακόλουθο τύπο:

$$M (\text{mg kg}^{-1} \text{ εδάφους}) = (\text{mL ογκομετρικής φιάλης όπου έγινε η διήθηση}) * A/B$$

Όπου Μ είναι τα ιχνοστοιχεία, Α η συγκέντρωση (mg L^{-1}) που λαμβάνεται στην ατομική απορρόφηση, και Β το βάρος του εδάφους σε g.

2.2.8 Ανταλλάξιμα κατιόντα Ca, Mg, K, Na

Σε φιαλίδια τύπου falcon των 50 mL ζυγίζουμε 3 g εδαφικού δείγματος. Προσθέτουμε 30 mL CH₃COONH₄ 1 M και pH=7 και τοποθετούμε στην ανακίνηση για 1 h. Κατόπιν διηθούμε και κάνουμε δύο αραιώσεις, μια 1/10 και μια 1/100. Στο πυκνό διήθημα μετράμε Na, στο 1/10 φορές αραιωμένο διήθημα μετράμε K, και στο 1/100 φορές αραιωμένο μετράμε Ca και Mg. Na και K μετράμε στο φλογοφωτόμετρο και Ca και Mg μετράμε στην ατομική απορρόφηση.

2.2.9 Ολικό άζωτο κατά Kjeldahl

Ακολουθούμε την ίδια ακριβώς μεθοδολογία για τον φυτικό ιστό και θα περιγραφεί παρακάτω.

2.3 Φυτοκομικές μέθοδοι ανάλυσης

2.3.1 Προετοιμασία και εκχύλιση βιομάζας

Το φυτικό υλικό πλένεται με απιονισμένο νερό, τοποθετείται σε χάρτινες σακούλες σε φούρνο στους 70 °C μέχρι τη μη περαιτέρω απώλεια βάρους, και κονιορτοποιείται σε μύλο άλεσης. Το κονιορτοποιημένο δείγμα, τοποθετείται σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύεται για τις εκχυλίσεις. Η διαδικασία της εκχύλισης με αποτέφρωση γίνεται για να μετρήσουμε όλα τα μη πτητικά συστατικά (πτητικά είναι ο C και το N).

Η διαδικασία αποτέφρωσης του φυτικού ιστού σκοπό έχει την καταστροφή της οργανικής ουσίας των φυτικών ιστών. Για την καύση χρειαζόμαστε 0,5 g από τον κονιορτοποιημένο φυτικό ιστό το οποίο τοποθετούμε σε χωνευτήρια πορσελάνης για να καεί σε ηλεκτρικό φούρνο σε θερμοκρασία 500 °C για 4 ώρες. Όταν κρυώσουν οι κάψες αποτέφρωσης, παραλαμβάνεται η τέφρα του φυτικού ιστού με 20 mL 20% HCl και διηθείται από διηθητικό χαρτί σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL. Το εκχύλισμα αυτό θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση P και ιχνοστοιχείων. Κατόπιν τα εκχυλίσματα αραιώνονται κατά 100 φορές για τη μέτρηση των μακροστοιχείων (Ca, Mg), κατά 20 φορές για τη μέτρηση του K, ενώ το «πυκνό» εκχύλισμα χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των ιχνοστοιχείων όπως B, Mn, Fe, Cu και Zn.

2.3.2 Ολικό άζωτο στο φυτό κατά Kjeldahl

Η μέθοδος Kjeldahl μπορεί να αναλυθεί σε τρία βασικά βήματα:

- a) Πέψη
- b) Απόσταξη
- c) Ογκομέτρηση

Τα αντιδραστήρια και τα υλικά που χρειαζόμαστε είναι τα εξής:

Για την πέψη χρειαζόμαστε σωλήνες πέψης των 300 mL, πυκνό H₂SO₄, ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου, ταμπλέτες antifoam για αποφυγή αφρισμού των δειγμάτων στη πέψη. Για την απόσταξη χρειαζόμαστε κωνικές φιάλες των 250 mL, βορικό οξύ 4%,

διάλυμα alkali (καυστικό νάτριο) 40%. Για την ογκομέτρηση χρειαζόμαστε 30 mL πυκνού H₂SO₄ σε 1000 mL H₂O και μικτό δείκτη bromocresol green και methyl red.

Για τη διαδικασία της πέψης ζυγίζουμε 1 g δείγματος φυτικού υλικού κονιοτοποιημένου (αντίστοιχα για το έδαφος 5 g και για κοπριά 1-2 g) σε σωλήνα πέψης. Προσθέτουμε 20 mL πυκνό H₂SO₄, 2 ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου και 1 ταμπλέτα antifoam. Σε κάθε block πέψης πρέπει να υπάρχει και ένας σωλήνας «λευκού» προσδιορισμού που δεν θα περιέχει δηλαδή φυτικό υλικό. Στις στήλες πέψης προσαρμόζεται το σύστημα συλλογής και υγροποίησης των αναθυμιάσεων, για τη λειτουργία του οποίου η βρύση του απαγωγού αερίων παραμένει ανοιχτή. Η πέψη γίνεται στο block πέψης του εργαστηρίου στο πρόγραμμα 1 και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Προθέρμανση στους 150 °C για 15 λεπτά
- Πέψη στους 290 °C για 10 λεπτά
- Πέψη στους 420 °C για 50 λεπτά

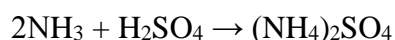
Στο τέλος της διαδικασίας ανασηκώνουμε τους σωλήνες για να πέσει η θερμοκρασία και να γίνει η απόσταξη στο σύστημα αυτόματης απόσταξης του εργαστηρίου. Η ογκομέτρηση γίνεται μετά το τέλος της απόσταξης και αφού προσθέσουμε 5 σταγόνες μικτού δείκτη bromocresol + methyl. Το απόσταγμα χρωματίζεται πράσινο και ακολουθεί ογκομέτρηση με 0.1103 N H₂SO₄, στο τέλος της οποίας το διάλυμα χρωματίζεται ροζ. Η τιμή του «λευκού» αφαιρείται από την τιμή της ογκομέτρησης των άγνωστων δειγμάτων.

Κατα την πέψη ανοργανοποιείται το οργανικό άζωτο και παράγεται θειική αμμωνία ως εξής: Οργανικό N + H₂SO₄ → (NH₄)SO₄

Κατόπιν στην απόσταξη η θειική αμμωνία αντιδράει με περίσσεια καυστικού νατρίου (alkali) για την παραγωγή αμμωνίας η οποία διαλύεται στο διάλυμα που παραλαμβάνουμε στην κωνική φιάλη στο τέλος της απόσταξης, ως εξής:



Τέλος η αμμωνία εξουδετερώνεται με ογκομέτρηση με οξύ για την παραγωγή άλατος ως εξής:



Έτσι προκύπτει ο τύπος υπολογισμού του ολικού αζώτου:

$$\text{N}\% = [1.401 * \text{N}_A * (\text{V}_A - \text{V}_B)] / \text{S}$$

Όπου V_A ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος, V_B ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος, N_A η ικανότητα του διαλύματος ογκομέτρησης και S το βάρος σε γραμμάρια του δείγματος που προστέθηκε στους σωλήνες πέψης.

2.3.3 Μέτρηση φωσφόρου

Η μέτρηση γίνεται όπως στο εκχύλισμα του εδάφους με την ανάπτυξη κυανού χρώματος. Χρησιμοποιούμε το αραιωμένο κατά 100 φορές εκχύλισμα. Η μέτρηση γίνεται στο φασματοφωτόμετρο.

Ο φώσφορος υπολογίζεται από τον τύπο:

$\text{P (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (\text{mL ογκομετρικής διήθησης} * \text{φορές αραιώσης εκχυλίσματος}) * (\text{mL ογκομετρικής φιάλης που αναπτύχθηκε χρώμα} / \text{mL εκχυλίσματος στη φιάλη που αναπτύχθηκε χρώμα}) * (\text{A/B})$. Όπου $\text{A} = \text{mg L}^{-1} \text{P}$ στο εκχύλισμα και $\text{B} =$ βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.

2.3.4 Μέτρηση λοιπών μακροστοιχείων (Ca, Mg, K)

Η μέτρηση Ca και Mg γίνεται στο 100 φορές αραιωμένο φυτικό εκχύλισμα στην ατομική απορρόφηση. Το K μετριέται στο 20 φορές αραιωμένο εκχύλισμα στο φλογοφωτόμετρο. Οι τύποι υπολογισμού των συγκεντρώσεων είναι οι εξής:

$\text{M (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (\text{A/B}) * (\text{mL ογκομετρικής φιάλης παραλαβής εκχυλίσματος}) * (\text{τις φορές αραιώσης του εκχυλίσματος})$, όπου M είναι κατά περίπτωση το Ca, το Mg και το K, $\text{A} = \text{mg L}^{-1}$ μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στην ατομική απορρόφηση) και $\text{B} =$ βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.

2.3.5 Μέτρηση ιχνοστοιχείων

Το «πυκνό» εκχύλισμα μετριέται σε ατομική απορρόφηση για την περιεκτικότητά του σε ιχνοστοιχεία. Ο τελικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ιχνοστοιχείων είναι:

$M = (mL \text{ ογκομετρικής φιάλης διήθησης}) * (A/B)$, όπου M είναι κατά περίπτωση το Ni, το Mn, ο Zn και ο Cu. A= mg L⁻¹ μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στην ατομική απορρόφηση) και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.

2.4 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Σε όλες οι σειρές δεδομένων έγινε στατιστική επεξεργασία με ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Στα δεδομένα που μετρήσαμε μία φορά έγινε one-way ANOVA με παράγοντα τις 5 μεταχειρίσεις, ενώ στα δεδομένα που μετρήσαμε δύο φορές στο χρόνο διεξάγαμε two-way ANOVA με έναν παράγοντα τις 5 μεταχειρίσεις και δεύτερο παράγοντα το χρόνο. Σε όλες τις σειρές δεδομένων πραγματοποιήθηκε και το multiple range test για καλύτερη καταγραφή των διαφορών μεταξύ παρατηρήσεων. Η στατιστική επεξεργασία έγινε με τα στατιστικά πακέτα Statgraphics 2.1 (one-way ANOVA) και SPSS (two-way ANOVA).

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1 Φυλλοδιαγνωστική ανάλυση

Το N στη δειγματοληψία του Ιουλίου (πρώτη) ήταν υψηλότερο στη μεταχείριση με τη Συμβατική Λίπανση παρουσιάζοντας σημαντική στατιστική διαφορά με τη μεταχείριση του Μάρτυρα, του εμποτισμένου Ζεόλιθου και του Παραγωγού. Στατιστική διαφορά σε σχέση με το Μάρτυρα παρουσιάζεται επίσης και με τη μεταχείριση της Κοπριάς (Σχήμα 7). Οι τιμές του N σε αυτή τη δειγματοληψία κυμαίνονται στα όρια σχετικής έλλειψης (1.2-1.6%) (Θεριός, 2005), ενώ μόνο η μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης βρίσκεται σε επάρκεια (1.6-1.8%). Οι τιμές όμως είναι αναμενόμενα χαμηλές, καθώς για το N χαμηλότερη συγκέντρωση εμφανίζουν τα δένδρα για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (Fernandez-Escobar et al., 1999). Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου (δεύτερη) υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση του ζεολίθου, έχοντας σημαντική στατιστική διαφορά με τις άλλες μεταχειρίσεις, ενώ οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις ήταν σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά δεν διέφεραν όταν συγκρίνονταν μεταξύ τους. Σημαντικό είναι ότι η μεταχείριση του μάρτυρα εξακολούθησε να παρουσιάζει σχετική έλλειψη ενώ οι άλλες μεταχειρίσεις κυμάνθηκαν στα όρια της επάρκειας, χωρίς να παρουσιάζεται όμως περίσσεια. Όσο αφορά τη μεταξύ τους σύγκριση για τη 1^η και 2^η δειγματοληψία, οι τιμές του Μάρτυρα και του Ζεόλιθου παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα, και μεταξύ των δειγματοληψιών, ενώ οι τιμές της Συμβατικής Λίπανσης, της Κοπριάς και του Παραγωγού δεν διαφέρουν σημαντικά.

Όσο αφορά το K (Σχήμα 8), η δειγματοληψία του Ιουλίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης και σημαντική στατιστική διαφορά με τη μεταχείριση του Μάρτυρα και της Κοπριάς, χωρίς να διαφέρει σημαντικά με τον εμποτισμένο Ζεόλιθο και του Παραγωγού. Σε όλες τις μεταχειρίσεις σε αυτή τη δειγματοληψία το K βρισκόταν σε υπερεπάρκεια (Θεριός, 2005), ακόμα και στο Μάρτυρα, ενδεχομένως λόγω επαρκούς λίπανσης των προηγούμενων ετών. Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου, υψηλότερη τιμή K παρουσίασε η μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης και του Παραγωγού με σημαντική στατιστική διαφορά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι συγκεντρώσεις του μάρτυρα ενώ βρισκόταν σε υπερεπάρκεια τον μήνα Ιούλιο τον Ιανουάριο παρουσίασαν οριακή τροφопενία, ενώ για τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις ο εμποτισμένος Ζεόλιθος και η Κοπριά παρουσίασαν σχετική έλλειψη (0.5-0.7%) και της Συμβατικής Λίπανσης μαζί με του Παραγωγού

βρισκόνταν σε επάρκεια (0.7-0.9%) (Θεριός, 2005). Στη σύγκριση ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες, σημαντική στατιστική διαφορά παρουσίασαν όλες οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους, με την δεύτερη δειγματοληψία να είναι χαμηλότερη της πρώτης.

Όσον αφορά το P (Σχήμα 9), υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση της Κοπριάς όπου διέφερε σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η μεταχείριση του Μάρτυρα δεν διέφερε σημαντικά με αυτή του Παραγωγού, ενώ η Συμβατική Λίπανση δεν διέφερε σημαντικά με αυτή του εμποτισμένου Ζεόλιθου. Σε όλες τις μεταχειρίσεις όμως ο P βρισκόνταν σε υπερεπάρκεια (>0.14) ενδεικτικό της υπερλίπανσης P όλα τα προηγούμενα χρόνια, κάτι που παρατηρήθηκε και για το K. Στην περίπτωση του K υπήρξε πτώση στα όρια της εξάντλησης στη δεύτερη μέτρηση, κάτι που δεν παρατηρήθηκε εδώ (η δειγματοληψία που παρουσιάζεται αντιστοιχεί με την δεύτερη του K). Αυτό δείχνει ότι ο P είναι πιο δυσκίνητο θρεπτικό στο φυτό σε σχέση με το K.

Όσο αφορά τα ιχνοστοιχεία στα φύλλα του φυτού, ο Zn (Σχήμα 10) για τη μέτρηση του Ιουλίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση του Παραγωγού, διαφέροντας σημαντικά με τη μεταχείριση του εμποτισμένου Ζεόλιθου και της Συμβατικής Λίπανσης (αλλά δεν διέφερε με την Κοπριά). Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου, υψηλότερη τιμή Zn κατέγραψε η μεταχείριση της Κοπριάς διαφέροντας με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις εκτός με εκείνη της Συμβατικής Λίπανσης. Ο Zn στη σύγκριση ανάμεσα στη μέτρηση Ιουλίου – Ιανουαρίου παρουσίασε σημαντικές διαφορές. Μόνο η μεταχείριση της Κοπριάς δεν διέφερε σημαντικά ανάμεσα στις δύο μετρήσεις και ενώ στις μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, του Ζεόλιθου και του Παραγωγού μειώθηκε στη δεύτερη μέτρηση, στη μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης και της Κοπριάς αυξήθηκε. Οι τιμές και για τις δύο μετρήσεις βρισκόνταν σε τιμές επάρκειας για όλες τις μεταχειρίσεις ($10-30 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Θεριός, 2005).

Για το Mg (Σχήμα 11), στη δειγματοληψία του Ιουλίου, η μεταχείριση του Παραγωγού έδωσε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικώς στατιστικά με τις μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, της Συμβατικής Λίπανσης και της Κοπριάς, αλλά όχι και με τη μεταχείριση του εμποτισμένου Ζεόλιθου. Οι μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, της Συμβατικής Λίπανσης και του εμποτισμένου Ζεόλιθου δεν διέφεραν σημαντικώς στατιστικά μεταξύ τους. Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση με τον εμποτισμένο Ζεόλιθο, μη διαφέροντας σημαντικά με

τη Συμβατική Λίπανση και το Μάρτυρα. Στη μεταξύ των μετρήσεων Ιουλίου - Ιανουαρίου σύγκριση, οι μεταχειρίσεις του Παραγωγού, της Συμβατικής Λίπανσης και του Ζεολίθου διέφεραν σημαντικώς στατιστικά. Σημαντικό είναι ότι όλες οι τιμές του Mg και για τις δύο μετρήσεις βρίσκονται στα όρια επάρκειας (0.10-0.30%) (Θεριός, 2005).

Για το Ca (Σχήμα 12) και τη δειγματοληψία του Ιουλίου η μεταχείριση του Παραγωγού παρουσίασε την υψηλότερη τιμή, διαφέροντας σημαντικά μόνο με τη Συμβατική Λίπανση. Οι μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, του εμποτισμένου Ζεολίθου, της Συμβατικής Λίπανσης και της Κοπριάς δεν διέφεραν σημαντικώς μεταξύ τους. Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση της κοπριάς, διαφέροντας σημαντικώς στατιστικά με του Μάρτυρα και του Παραγωγού. Οι τιμές της δειγματοληψίας Ιανουαρίου διέφεραν σημαντικώς στατιστικά με αυτές του Ιουλίου για όλες τις μεταχειρίσεις εκτός του Παραγωγού. Επίσης και για το Ca όλες οι μεταχειρίσεις βρισκόταν στα όρια επάρκειας (1.00-2.50%) (Θεριός, 2005).

Οι τιμές του Fe (Σχήμα 13) ήταν υψηλότερες και για τις δύο δειγματοληψίες στη μεταχείριση του Μάρτυρα από αυτές των πέντε μεταχειρίσεων του πειράματος. Στη δειγματοληψία του Ιουλίου η μεταχείριση του Μάρτυρα δεν διέφερε σημαντικά με της Συμβατικής Λίπανσης αλλά με όλες τις άλλες, ενώ οι μεταχειρίσεις του Ζεολίθου, της Συμβατικής Λίπανσης, της Κοπριάς και του Παραγωγού δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου οι μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, του εμποτισμένου Ζεολίθου και του Παραγωγού δεν διέφεραν σημαντικά όπως επίσης και όλες με εξαίρεση το Μάρτυρα δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στην μεταξύ τους σύγκριση για τις δύο δειγματοληψίες, ο Ζεολίθος, η Κοπριά και του Παραγωγού παρουσίασαν σημαντική διαφορά. Οι μεταχειρίσεις για τη μέτρηση του Ιουλίου βρίσκονταν σε επάρκεια (50-150 ppm), με ελαφρά περίσσεια (150-500) στη Συμβατική Λίπανση, ενώ στη μέτρηση του Ιανουαρίου επάρκεια παρουσίασε η Συμβατική Λίπανση και η Κοπριά και ελαφρά περίσσεια παρουσίασε ο Μάρτυρας, ο Ζεολίθος και του Παραγωγού (Θεριός, 2005).

Για το Mn (Σχήμα 14) στα φύλλα της ελιάς, όσο αφορά τη δειγματοληψία του Ιουλίου, υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης, η οποία διέφερε σημαντικά με τις μεταχειρίσεις της Κοπριάς και του Παραγωγού. Στη δειγματοληψία

του Ιανουαρίου υψηλότερη τιμή εμφάνισε η μεταχείριση του Μάρτυρα με σημαντική στατιστική διαφορά με τις μεταχειρίσεις του Ζεόλιθου και της Κοπριάς. Όλες οι μεταχειρίσεις εκτός του Ζεόλιθου παρουσίασαν σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στις δύο δειγματοληψίες. Όλες οι μεταχειρίσεις παρουσίασαν μια σχετική έλλειψη ($5-50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) στο στοιχείο αυτό (Θεριός, 2005).

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι είχαμε σημαντικές διαφορές στο φυτό και σε στοιχεία που χορηγήσαμε και σε στοιχεία που δεν χορηγήσαμε. Χορηγήσαμε N, P, K, ενώ δεν χορηγήσαμε Ca, Mg, Zn, Fe, Mn. Από τα στοιχεία που χορηγήσαμε, το N ήταν το μόνο στο οποίο δοκιμάσαμε 3 διαφορετικές πηγές (συμβατικό λίπασμα, εμποτισμένο ζεόλιθο και κοπριά - και οι 3 σε ίδιες ποσότητες), ενώ P και K χορηγήσαμε από ίδιες πηγές. Όσο αφορά το N φάνηκαν διαφορές από τις διαφορετικές πηγές χορήγησης, με τον ζεόλιθο να δείχνει τη μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο, καθώς ήταν σημαντικά υψηλότερος στην 2^η δειγματοληψία σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μεταχείριση, ακόμα και αυτή της Κοπριάς. Αυτό δείχνει ότι ο εμποτισμένος ζεόλιθος ενέργησε ως λίπασμα βραδείας απελευθέρωσης. Το NH_4^+ κατά τη φάση της ανάμιξης λιπάσματος με ζεόλιθο, εισήλθε στους πόρους του ζεολίθου καθώς η ιοντική του ακτίνα του επιτρέπει την ανταλλαγή του NH_4^+ με άλλα κατιόντα που συνήθως απαντώνται στο εσωτερικό του ζεολίθου (όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} , και Na^+). Εδώ ίσως ρόλο έπαιξε και η ελάχιστη έως μηδαμινή καρποφορία που δεν εξάντλησε μεγάλη ποσότητα N. Με τον συνδυασμό αμμωνιακού λιπάσματος και ζεολίθου επιτυγχάνεται ο εγκλωβισμός του αμμωνιακού κατιόντος στο δαιδαλώδες δίκτυο πόρων του ζεολίθου. Η συγκράτηση αυτή όμως δεν είναι μη αντιστρεπτή. Έτσι απελευθερώνεται με αργούς ρυθμούς και νιτροποιείται με πιο βραδείς ρυθμούς σε σχέση με το αμμωνιακό κατιόν που απελευθερώνεται αμέσως από το συμβατικό λίπασμα. Αυτό έχει ως συνέπεια την διατήρηση ικανοποιητικών ποσοτήτων διαθέσιμου N για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο έδαφος (Ahmed et al., 2008). Όσο αφορά τα άλλα δύο μακροθρεπτικά, P και K, αυτά δεν προστέθηκαν επιπλέον στην κοπριά, έτσι ώστε να προσομοιάσουμε περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες, όπου δεν γίνεται επιπλέον χορήγηση στοιχείων με τη χρήση της κοπριάς. Ούτε στο ένα ούτε στο άλλο στοιχείο φάνηκαν διαφορές μεταξύ συμβατικής λίπανσης και ζεολίθου, κάτι που δείχνει ότι ο ζεόλιθος δεν επιφέρει καμιά σημαντική ωφέλεια σχετικά με αυτά τα θρεπτικά. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με άλλες εργασίες (π.χ., Allen et al., 1993), οι οποίες έχουν βρει ότι ο ζεόλιθος μπορεί να δράσει ως παράγοντας καλύτερης απελευθέρωσης του P, καθώς πρόκειται για στοιχείο

με ιδιαίτερα χαμηλή διαλυτότητα στο έδαφος. Το ίδιο και με το K, για το οποίο κάποιες εργασίες (π.χ., Narafi-Ghiri, 2014) προβλέπουν υψηλότερη απελευθέρωση με χρήση ζεολίθου, κάτι που εμείς δεν επιβεβαιώσαμε. Όσο αφορά στοιχεία που δεν χορηγήσαμε (εξαιρείται η Κοπριά, μεταχείριση στην οποία χορηγήσαμε όλα τα υπό μελέτη στοιχεία λόγω της περιεκτικότητάς τους στην κοπριά), είναι πιθανό αυτά να επηρεάστηκαν από διαφορές στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Δηλαδή είναι ενδεχόμενο η καλύτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας με τη χορήγηση N, P και K να επέφερε διαφορές στις συγκεντρώσεις και όλων των υπόλοιπων θρεπτικών στα φύλλα της ελιάς.

3.2 Εδαφική ανάλυση

Το NO₃-N (Σχήμα 15) στη δειγματοληψία του Ιουλίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση του Ζεολίθου με σημαντική στατιστική διαφορά με τις άλλες τέσσερις μεταχειρίσεις. Μπορεί σε αυτή τη δειγματοληψία να συλλέξαμε και εμποτισμένο ζεόλιθο για αυτό και το αποτέλεσμα σε σύντομο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή να μας έδωσε σημαντικά αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών. Με άλλα λόγια, είναι ενδεχόμενο η τόσο υψηλή τιμή να οφείλεται σε λάθος χειρισμό της δειγματοληψίας. Όλες οι μεταχειρίσεις διέφεραν σημαντικά για αυτή τη μέτρηση. Στη δεύτερη δειγματοληψία που έγινε τον Ιανουάριο του επόμενου έτους, για τα NO₃-N, υψηλότερη τιμή πήραμε στη μεταχείριση με τη Κοπριά. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Ο εκχυλίσμος P (Σχήμα 16) παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση του Παραγωγού, η οποία είχε σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Ο Παραγωγός άλλωστε εφάρμοσε μεγαλύτερη ποσότητα P, και αυτό είναι που αποτυπώνεται στη μέτρηση. Η Κοπριά δεν είχε σημαντική διαφορά σε σχέση με το Μάρτυρα, ενώ η μεταχείριση τόσο με τον εμποτισμένο Ζεόλιθο όσο και με τη συμβατική λίπανση, διέφεραν σημαντικά από τις υπόλοιπες, αλλά και μεταξύ τους υπήρχαν σημαντικές διαφορές. Ο εκχυλίσμος P επιβεβαιώνει τα ευρήματα του P στο φυτό: ο Ζεόλιθος δεν είχε θετική επίδραση στην εκχυλισσιμότητά του, καθώς η αύξησή του ήταν πιο συντηρητική σε σχέση με την αύξηση στην Συμβατική Λίπανση. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι ακόμα και στον Μάρτυρα, τα επίπεδα του εκχυλίσμου P ήταν υπερεπαρκή για την υποστήριξη της καλλιέργειας (τιμή επάρκειας θεωρούνται τα 20-25 mg kg⁻¹), κάτι που φάνηκε και στον P του φυτού.

Όσο αφορά το ανταλλάξιμο Κ (Σχήμα 17), αυτό ήταν σημαντικά υψηλότερο στη μεταχείριση με τη Κοπριά, η οποία είχε σημαντική διαφορά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Οι μεταχείριση του Μάρτυρα, του Ζεόλιθου και της Συμβατικής Λίπανσης δεν διέφεραν σημαντικώς στατιστικά μεταξύ τους. Η Κοπριά σαν ένα οργανικό λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης είναι λογικό να μας δώσει μεγαλύτερη τιμή από τις άλλες μεταχειρίσεις στην τελευταία δειγματοληψία καθώς συνεχίζει να αποδεσμεύει στοιχεία στο έδαφος, καθώς και η ελάχιστη έως μηδαμινή ποσότητα καρπών δεν απορρόφησαν το στοιχείο αυτό. Ωστόσο, εξαιτίας του γεγονότος ότι η πολύ μεγάλη διαφορά της Κοπριάς δεν επιβεβαιώνεται από τα ευρήματα του Κ στο φυτό, εικάζουμε ότι η πολύ υψηλή αυτή τιμή οφείλεται σε λάθος της δειγματοληψίας.

Όσο αφορά το pH του εδάφους (Σχήμα 18), στη μέτρηση του Ιουλίου είχε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση του Μάρτυρα, παρουσιάζοντας σημαντική στατιστική διαφορά με όλες τις μεταχειρίσεις. Στη δειγματοληψία του Ιανουαρίου υψηλότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση του εμποτισμένου ζεολίθου, διαφέροντας και αυτή σημαντικά με όλες τις μεταχειρίσεις. Μόνο το pH της Κοπριάς δεν διέφερε σημαντικά ανάμεσα στις δύο μετρήσεις. Η μεγάλη μείωση του pH στο Συμβατικό Λίπασμα οφείλεται στη νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου που χορηγήθηκε με η μεταχείριση αυτή (Zao et al., 2014). Αντίστοιχα σημαντική πτώση παρατηρήσαμε και στο Ζεόλιθο, αλλά εκεί η μείωση ήταν πολύ μικρότερη, κάτι που επαληθεύει το γεγονός ότι είχαμε βραδεία αποδέσμευση του αμμωνιακού Ν λόγω της παρουσίας του ζεολίθου. Ωστόσο η τιμή του pH επανέρχεται στη δεύτερη δειγματοληψία. Είναι γνωστό ότι η οξίνιση του εδάφους με τη νιτροποίηση έχει μόνιμο αποτέλεσμα υπό την προϋπόθεση ότι οι ρίζες δεν παραλαμβάνουν παραγόμενα νιτρικά (λόγω π.χ. έκλυσής τους). Τότε ούτε τα παραγόμενα από τη νιτροποίηση H^+ δεν παραλαμβάνονται από τα φυτά, και έτσι το έδαφος τείνει να οξινίζει μη αντιστρεπτά (Brady and Weil, 1996). Εδώ φαίνεται ότι τέτοια προϋπόθεση δεν ίσχυε, και έτσι οι τιμές του pH επανήλθαν σχεδόν στα επίπεδα του Μάρτυρα.

3.3 Πείραμα επώασης

Για το πείραμα επώασης και τις μεταχειρίσεις που είχαμε χωρίς φυτικό υλικό, τη μεγαλύτερη απελευθέρωση NO_3-N μας έδωσε η μεταχείριση με τη θειική αμμωνία (Συμβατικό Λίπασμα) ενώ τη μικρότερη ο Μάρτυρας (Σχήμα 19). Οι τιμές διέφεραν μεταξύ τους και για τις τέσσερις μεταχειρίσεις σημαντικά.

Στις μεταχειρίσεις όπου αναμίξαμε φύλλα ελιάς στο μίγμα μας, τη μεγαλύτερη απελευθέρωση $\text{NO}_3\text{-N}$ την παρατηρήσαμε στη μεταχείριση με το Ζεόλιθο, ενώ η μικρότερη παρατηρήθηκε στο Μάρτυρα (Σχήμα 20). Η μεταχείριση με τη Κοπριά εδώ δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά με τη μεταχείριση του Μάρτυρα και με τη μεταχείριση με Συμβατικό Λίπασμα.

Η απελευθέρωση $\text{NO}_3\text{-N}$ ήταν μεγαλύτερη στον Μάρτυρα χωρίς φυτικό υλικό από ό,τι στο Μάρτυρα με φυτικό υλικό (Πίνακας 5). Αυτό ίσως οφείλεται στην ακινητοποίηση του N στη μεταχείριση με τα λειοτριβημένα φύλλα. Η ακινητοποίηση του N προκαλείται όταν ο λόγος C/N του οργανικού υλικού που προστίθεται είναι >25 (Dalias, 2014), κάτι που φαίνεται ότι ίσχυε με τα προστιθέμενα φύλλα. Στην περίπτωση της ακινητοποίησης, το N απελευθερώνεται τελικά σε διαθέσιμη μορφή, αν και με χρονική υστέρηση μερικών μηνών, ικανό διάστημα για να προκαλέσει προβλήματα με στρες έλλειψης N στην καλλιέργεια. Αυτό δείχνει ότι η προσθήκη φύλλων στο έδαφος (ή άλλων φυτικών υλικών της ελιάς, όπως π.χ., προϊόντων κλαδέματος) πρέπει να γίνεται σε χρονική στιγμή κατάλληλη ώστε να μην επηρεάζεται η καλλιέργεια. Στη μεταχείριση με τη Κοπριά, η απελευθέρωση N ήταν μικρή και αυτό ίσως γιατί δεν ολοκληρώθηκε η ανοργανοποίηση του N από τη κοπριά. Στη μεταχείριση χωρίς φυτικό υλικό, το λίπασμα απελευθέρωσε περισσότερο N από το ζεόλιθο, ενώ στη μεταχείριση με φυτικό υλικό βλέπουμε το αντίθετο. Αυτό γιατί ίσως το προστιθέμενο N από τα λειοτριβημένα φύλλα οδήγησε σε μείωση της δέσμευσης N από το ζεόλιθο.

3.4 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία σκοπό είχε να μελετήσει την επίδραση τριών διαφορετικών πηγών λιπάσματος (συμβατικό λίπασμα, εμποτισμένο με ζεόλιθο και κοπριά) στις ιδιότητες του εδάφους και φυτού σε ελαιώνα κάτω από πραγματικές συνθήκες αγρού. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3:

- Η εφαρμογή Ζεολίθου βελτίωσε την αποδοτικότητα του N στα φύλλα, ενεργώντας σαν ένα βραδείας απελευθέρωσης λίπασμα για το στοιχείο αυτό
- Σημαντικό είναι ότι τα δένδρα στη μέτρηση του Ιουλίου βρίσκονται σε επάρκεια N μόνο στη μεταχείριση της Συμβατικής Λίπανσης

- Για τον P και το K ο Ζεόλιθος δεν επέφερε καμία σημαντική ωφέλεια στα δένδρα
- Ο P βρίσκεται σε υπερπάρκεια σε όλες τις μεταχειρίσεις ακόμα και σε αυτή του Μάρτυρα
- Στην περίπτωση του K στα φύλλα, υπήρξε πτώση στα όρια της εξάντλησης στη μέτρηση του Ιανουαρίου
- Παρότι ιχνοστοιχεία προστέθηκαν μόνο στη περίπτωση της Κοπριάς, δεν είδαμε σημαντικές διαφορές στα φύλλα μέσα στον ένα χρόνο του πειράματος
- Στο έδαφος μετά απο περίπου ένα χρόνο περισσότερα $\text{NO}_3\text{-N}$ παρουσιάζει η μεταχείριση της Κοπριάς
- Ο P στο έδαφος παραμένει σε επαρκή συγκέντρωση για την καλλιέργειά μας ένα χρόνο μετά, ακόμα και στη μεταχείριση του Μάρτυρα
- Το εδαφικό Κάλιο έχει σημειώσει εξάντληση με εξαίρεση τη μεταχείριση της Κοπριάς
- Το pH του εδάφους συνηγόρησε στο συμπέρασμα περί βραδείας αποδέσμευσης $\text{NO}_3\text{-N}$ από το Ζεόλιθο

Βιβλιογραφία Ελληνική

1. Γενιτσαριώτης, Μ., Στουγκιώτη, Ο., Τσαρούχας, Β., Χλιούσης, Γ., Το αγροοικοσύστημα ελαιώνας και εναλλακτικές μορφές για ολοκληρωμένη ελαιοκομία, Πτυχιακή διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική σχολή, 1996, 32-44
2. Θερίος, Ι., Ν., Βιβλίο Ελαιοκομίας, Εκδόσεις Γαρταγάνης, 2005, 27-41, 225-230, 257-263
3. Κροκιδάς, Π., Θεωρητική και πειραματική μελέτη της απόκρισης ζεολίθων σε μεταβολές θερμοκρασίας, πίεσης και συγκέντρωσης ροφημένων ουσιών, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Επιστήμης των Υλικών, 2011, 43-45
4. Λουπασάκη, Μ., Ανδρουλάκης, Ι., Ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία της ελιάς (*Olea europaea* L.) μέθοδοι και περίοδος εφαρμογής της λίπανσης, Εθνικό ίδρυμα αγροτικής έρευνας, Ινστιτούτο υποτροπικών φυτών και ελιάς, 2005, 151- 157
5. Μανιός, Θ., Μιχαηλίδης, Α., Πόκκια, Α., Αγρονομική εκτίμηση της επίδρασης ζεολίθου στο εδαφικό υπόστρωμα ανάπτυξης κηπευτικών σε θερμοκηπιακές συνθήκες, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, 2007, 1-5
6. Μαντζώρου, Α., Η Λίπανση στη βιολογική γεωργία, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, 2007, 17 – 45
7. Μετζιδάκης, Ι., Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε. – Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών, Εφαρμογή Συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στην Ελαιοκαλλιέργεια, στα πλαίσια του ΚΑΝ 2080/05, 2006, 32-46
8. Νάνος, Γ., Διδακτικές Σημειώσεις για το μάθημα Ειδική Δενδροκομία, Παν/μιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, 2011
9. Πετρίδης, Π., Καρασαββίδης, Χ., Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, Περιφερειακή Ενότητα Καστοριάς, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής, Ζεόλιθος: Μια Συνοπτική Προσέγγιση, 2012, 4-6
10. Τσαντήλας, Χ., Η θρέψη και η λίπανση της ελιάς, Ινστιτούτο χαρτογράφησης και ταξινόμησης εδαφών, Παρουσίαση από τον Ελληνικό Γεωργικό οργανισμό

Δήμητρα στο πλαίσιο της 1^{ης} Πανδημοτικής γιορτής ελιάς του Δήμου Τεμπών, 2013, 5-13

11. Τσελές, Δ., Ευθυμιάδου, Α., Γκούλτα, Μ., πρόγραμμα Γ.Γ.Ν.Γ.: επιστημονική υποστήριξη νέων αγροτών, Βιολογική γεωργία, 2011, 11-15
12. Τσουράκη, Ν., Η επίδραση της χαραγής σε τρεις ποικιλίες ελιάς, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, 2008, 17-26

Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση

1. Ahmed, O.H., H. Aminuddin, and M.H.A. Husni. Ammonia volatilization and ammonium accumulation from urea mixed with zeolite and triple superphosphate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 58, 2008, 182-186.
2. Allen, E.R., L.R. Hossner, D.W. Ming, and D.L. Henninger. Solubility and cation exchange in phosphate rock and saturated clinoptilolite mixtures. *Soil Science Society of America Journal* 57, 1993, 1368-1374.
3. Brady, N.C., and R.R. Weil. *The Nature and Properties of Soils*. 13th Edition, Prentice Hall, New York. 1996
4. Dalias, P. Grain legume effects on soil nitrogen mineralization potential and wheat productivity in a Mediterranean environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Article in Press. DOI: 10.1080/03650340.2014.943667, 2014
5. Dimirkou, A., Doula, M.K., Use of clinoptilolite and an Fe-overcharged clinoptilolite in Zn²⁺ and Mn²⁺ removal from drinking water, Presented at AQUA 2006, Desalination, 2007, 280-292
6. Fernandez-Escobar, R., Moreno, R., Carcia-Creus, M., Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate –bearing cycle, *Scientia Horticulturae*, 1999, 3-9.
7. Gregoriou, K., Mohamed, E.K., *Olive GAP Manual, Good agricultural practices for the near east & north Africa countries*, Cairo, Fertilization, 2010
8. Narafi-Ghiri, M. Effects of zeolite and vermicompost applications on potassium release from calcareous soils. *Soil and Water Research* 9, 2014, 31-37.
9. Quirilin, M., Albrecht, G., Czymmek, K., Bossard, S., Nitrogen credits from manure, Nutrient management spear program, Cornell University, 2005, 1-2

10. Unknown 2, European Commission, Final activity report – deliverable 36, Technology Dissemination Centres to optimize SMEs in the Olive and Olive oil sector, Olive tree cultivation, Fertilization index, 2006, 8-13
11. Zao, S., S. Qiu, C. Cao, W. Zhou, and P. He. Responses of soil properties, microbial community and crop yields to various rates of nitrogen fertilization in a wheat-maize cropping system in north-central China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 194, 2014, 27-39.

Αναφορές απο το διαδίκτυο

1. [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/ACD031568198D696C2257A23002C4B1E/\\$file/VIOLOGIKHKALLIERGIAELIAS.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/ACD031568198D696C2257A23002C4B1E/$file/VIOLOGIKHKALLIERGIAELIAS.pdf?OpenElement), Unknown-1, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία, Βιολογική καλλιέργεια ελιάς, 2014

Πίνακας 1 Συγκέντρωση διαφόρων ανόργανων στοιχείων σε φύλλα ελιάς κατά τη περίοδο του Χειμώνα (Θερίος, 2005).

Στοιχεία	Τροφοπενία	Σχετική έλλειψη	Επιθυμητή κατάσταση	Περίσσεια	Υπερεπάρκεια
	%	%	%	%	%
N	< 1,20	1,2-1,6	1,6-1,8	1,8	>2,2
P	< 0,07	0,07-0,09	0,09-0,11	0,11-0,14	>0,14
K	< 0,50	0,5-0,7	0,7-0,9	0,90-1,10	>1,1
Mg	< 0,07	0,07-0,10	0,1-0,3	>0,30	>0.3
Ca	< 0,50	0,5-1	1,0-2,5	>2,50	-
S	< 0,05	0,05-0,1	0,10-0,25	0,4-0,8	-
Cl	-	-	0,10-0,40	-	>0,8
	mg.kg⁻¹	mg.kg⁻¹	mg.kg⁻¹	mg.kg⁻¹	mg.kg⁻¹
Fe	-	20-50	50-150	150-500	
Mn	-	5-50	50-150	150	
B	-	15-20	20-50	50-150	
Zn	-	5-10	10-30	30	
Cu	-	<5	5-20	20	
Mo	-	<0,03	-	-	

Πίνακας 2 Διακύμανση της χημικής σύστασης των φύλλων της Χονδρολιάς Χαλκιδικής. Για τους μήνες Μάιο-Σεπτέμβριο του έτους 1997 οι δειγματοληψίες είναι δύο (Θερίος, 2005).

Χονδρολιάς Χαλκιδικής (Φύλλα τρέχοντος έτους)									
Μήνες	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe	B
	%					mg.kg⁻¹			
Μ'97	2,10	0,32	1,17	0,46	0,10	13	19	35	66
	1,87	0,14	0,78	0,42	0,09	10	14	49	56
Ι	1,64	0,11	0,94	0,48	0,08	13	12	54	57
	1,60	0,13	0,98	0,90	0,13	18	7	54	80
Ι	1,53	0,10	0,78	0,66	0,19	37	12	55	117
	1,59	0,09	0,80	0,87	0,17	35	14	55	117
Α	1,59	0,08	0,86	0,97	0,19	37	13	52	123
	1,61	0,12	0,66	1,42	0,21	42	11	61	127
Σ	1,67	0,12	0,48	1,63	0,19	40	11	70	104
	1,77	0,13	0,54	1,43	0,19	44	10	68	72
Ο	1,62	0,12	0,65	1,43	0,18	44	9	85	68
Ν	1,64	0,13	0,65	1,42	0,18	42	12	79	56
Δ	1,89	0,13	0,80	1,30	0,19	42	12	93	56
Ι'98	1,68	0,12	0,86	1,60	0,20	39	11	100	40
Φ	1,59	0,10	0,74	1,39	0,18	38	9	66	41
Μ	1,48	0,11	0,61	1,25	0,16	34	10	68	38
Α	1,74	0,17	1,02	0,73	0,11	26	20	50	44

Πίνακας 3 Μέτρηση εκροών ανόργανων θρεπτικών στοιχείων σε ελαιώνα ποικιλίας Χανδρολιά Χαλκιδικής. Οι υπολογισμοί για τις εκροές των καρπών είναι σε kg στοιχείου ανα τόνο καρπού και για τις εκροές βλαστών είναι σε kg στοιχείου ανά υπολογισμένο όγκο κλαδέματος ανα στρέμμα (562.7 kg ετήσιοι και 1737.3 kg πολυετής βλαστοί) (Γενιτσαριώτης κ.σ. 1996).

Στοιχείο	ΕΚΡΟΕΣ ΚΑΡΠΩΝ	ΕΚΡΟΕΣ ΒΛΑΣΤΩΝ	
	/tn καρπού	/ στρ	/εκτάριο
N	7.2 kg	7.83 kg	78.3 kg
P	0.35 kg	0.54 kg	5.4 kg
K	6.92 kg	4.93 kg	49.3 kg
Ca	1.66 kg	4.6 kg	46 kg
Mg	0.575 kg	1.09 kg	10.9 kg
B	3.49 g	3.29 g	32.9 g
Mn	2.95 g	9.09 g	90.9 g
Zn	4.75 g	10.21 g	102.1 g
Fe	27.88 g	48.49 g	484.9 g
Cu	6.3 g	4.96 g	49.6 g

Πίνακας 4 Μέση οργανική και ανόργανη σύσταση (%) της κοπριάς διαφόρων ζώων (Τσελές κ.σ. 2011).

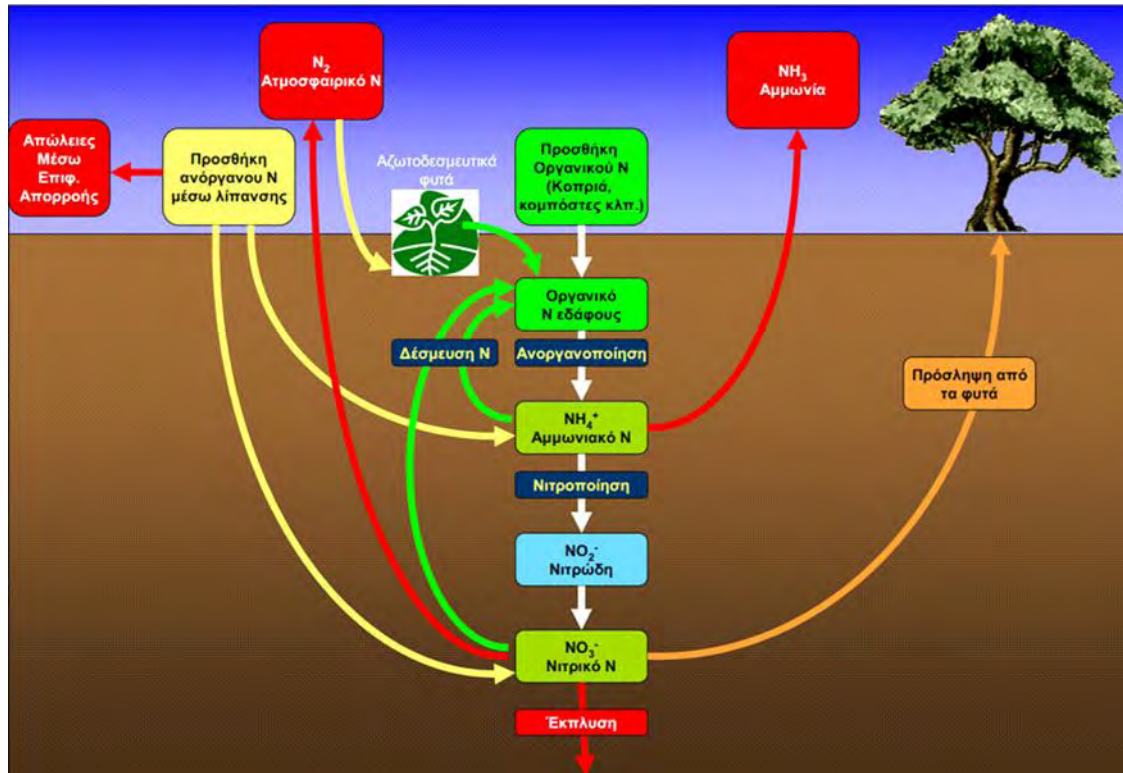
Είδη ζώων	Ξηρά ουσία %	Οργανική ουσία %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
Βόδι	23	20	0,40	0,16	0,50	0,45	0,10
Άλογο	29	25	0,60	0,28	0,53	0,25	0,14
Πρόβατο	36	32	0,80	0,23	0,67	0,33	0,18
Γουρούνι	20	18	0,55	0,76	0,50	0,40	0,20
Κότα	26	17	1,30	1,10	0,60	3,40	

Πίνακας 5 Συνολική απελευθέρωση NO₃-N για τις μεταχειρίσεις του πειράματος επώασης με και χωρίς φύλλα.

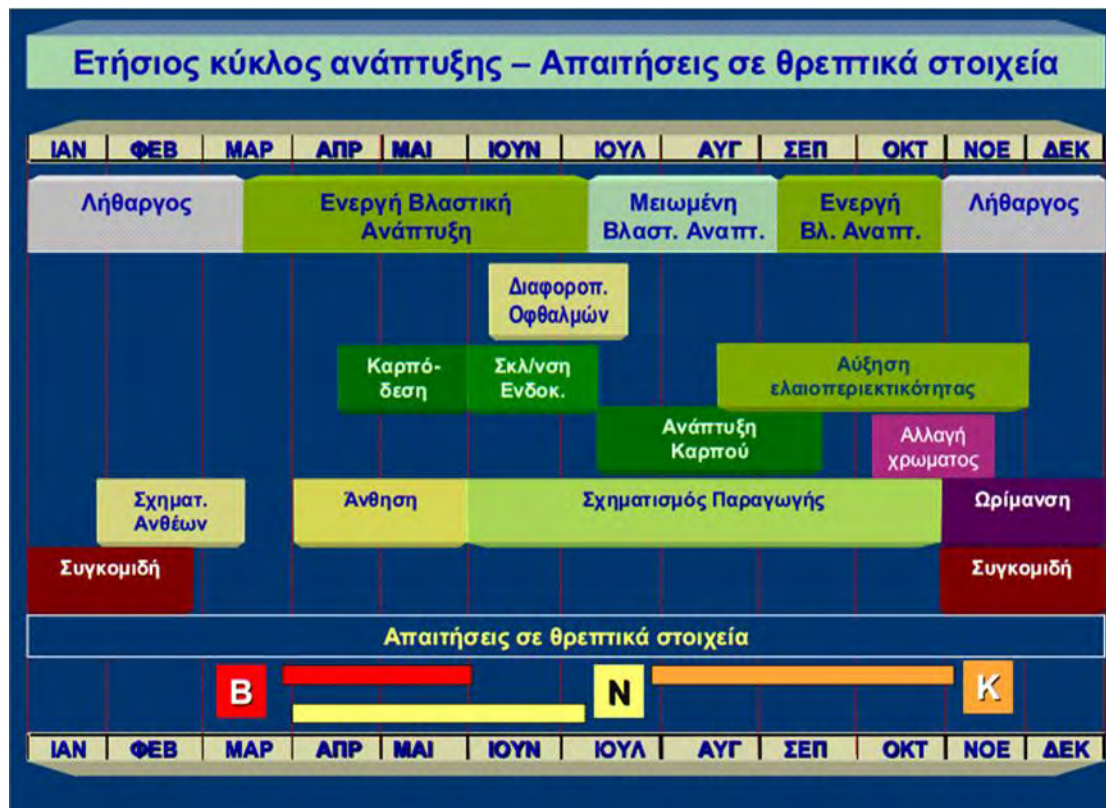
	Εκλυθέν NO ₃ -N	Διαφορά από μάρτυρα χωρίς φύλλα και στις δύο μεταχειρίσεις (με και χωρίς φύλλα) (Μάρτυρας Χωρίς Φύλλα=100)
<i>Χωρίς φύλλα</i>	(mg kg ⁻¹)	(%)
Μάρτυρας	201 (a)	100
Λύπασμα	821 (b)	409
Ζεόλιθος	691 (c)	344
Κοπριά	430 (d)	214
<i>Με φύλλα</i>		
Μάρτυρας	155 (a)	77
Λύπασμα	346 (b)	172
Ζεόλιθος	950 (c)	474
Κοπριά	292 (ab)	146

Ωρίμανση										■	■	■	■
Ανάπτυξη καρπών					■	■	■	■	■	■			
Άνθηση				■	■								
Ανάπτυξη ταξιανθιών			■	■									
Ανάπτυξη φύλλων			■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Ανάπτυξη Ξυλ. Οφθ.			■										
Λήθαργος	■	■											
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ N	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	

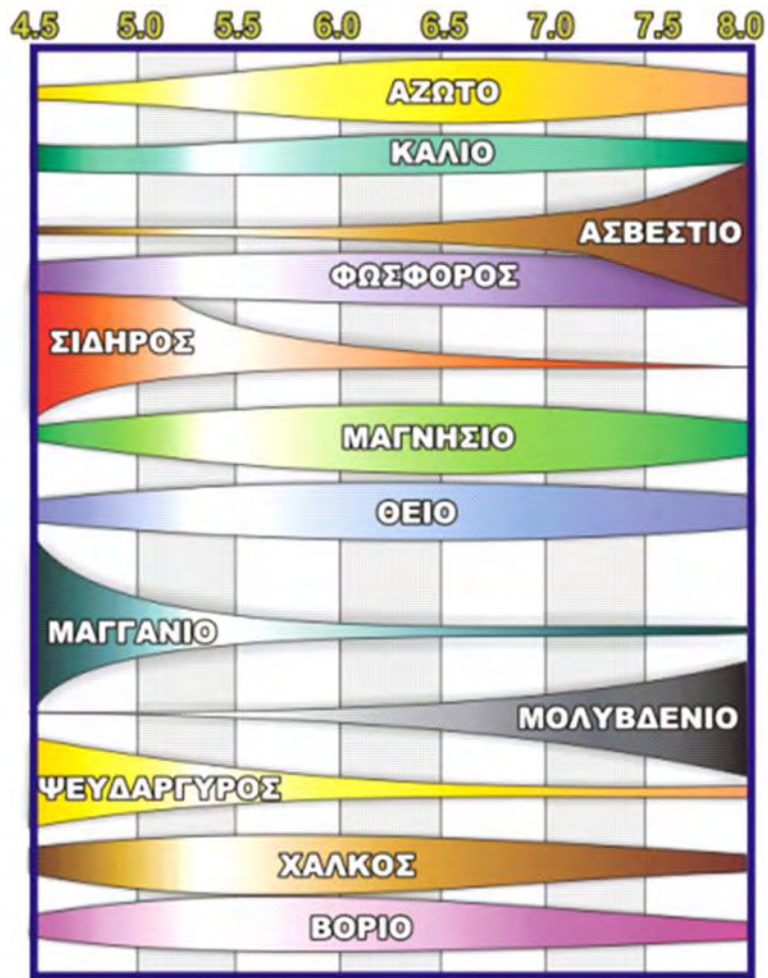
Σχήμα 1 Βλαστικά στάδια της ελιάς (Τσαντήλας, 2013).



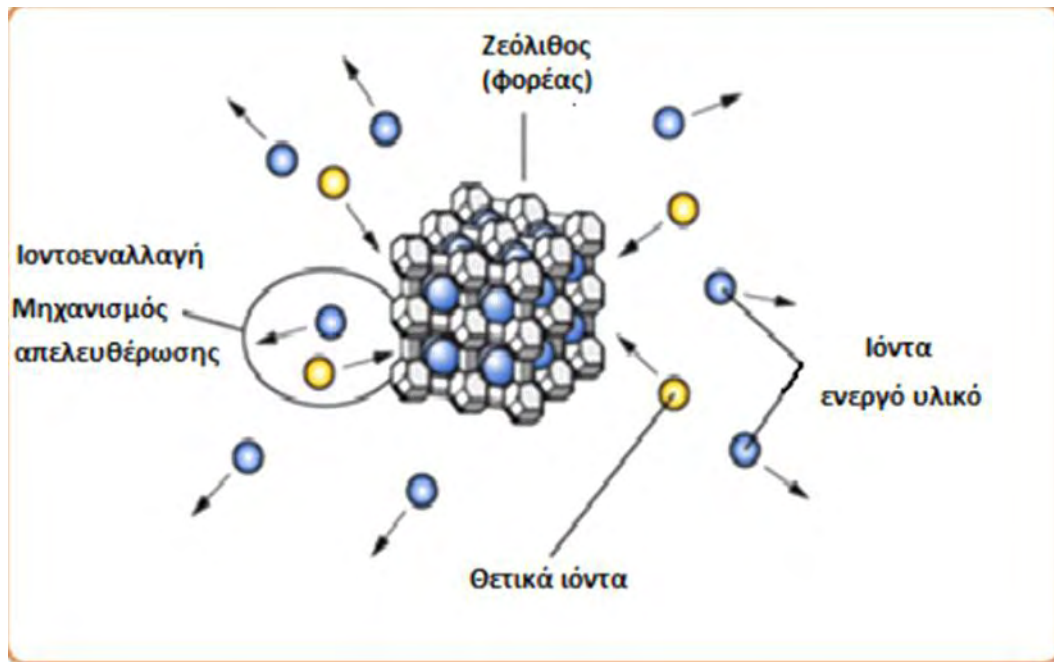
Σχήμα 2 Κύκλος του N σε έναν ελαιώνα (Μετζιδάκης, 2006).



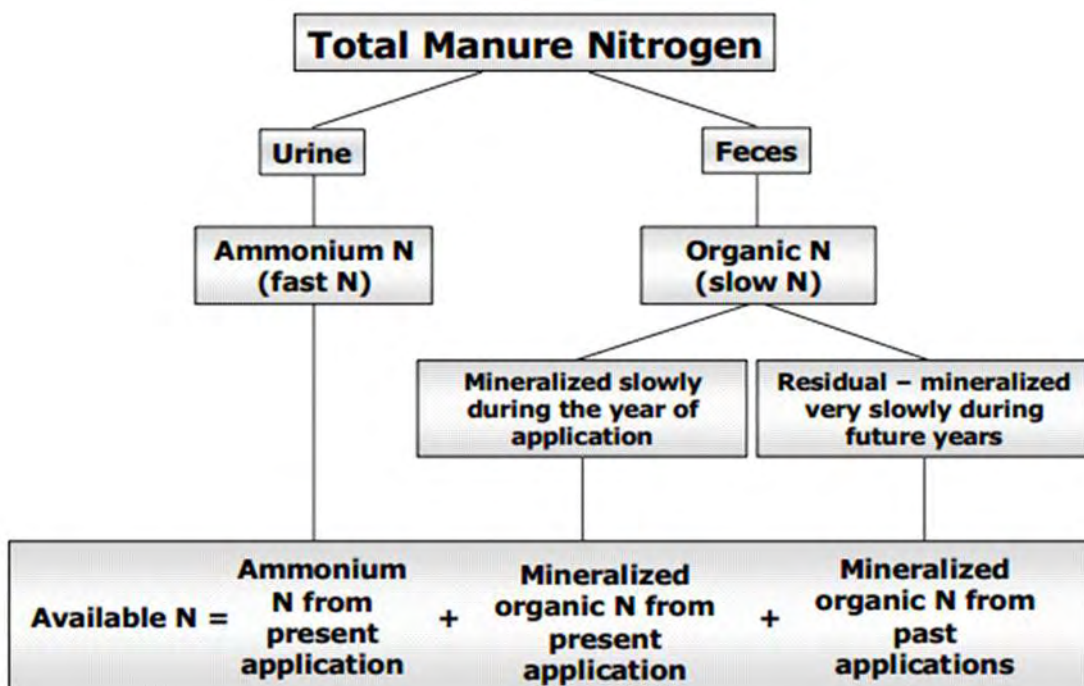
Σχήμα 3 Σχηματική αναπαράσταση των σταδίων ανάπτυξης της ελιάς κατά τα οποία παρουσιάζονται αυξημένες ανάγκες σε N, K και B (Μετζιδάκης, 2006).



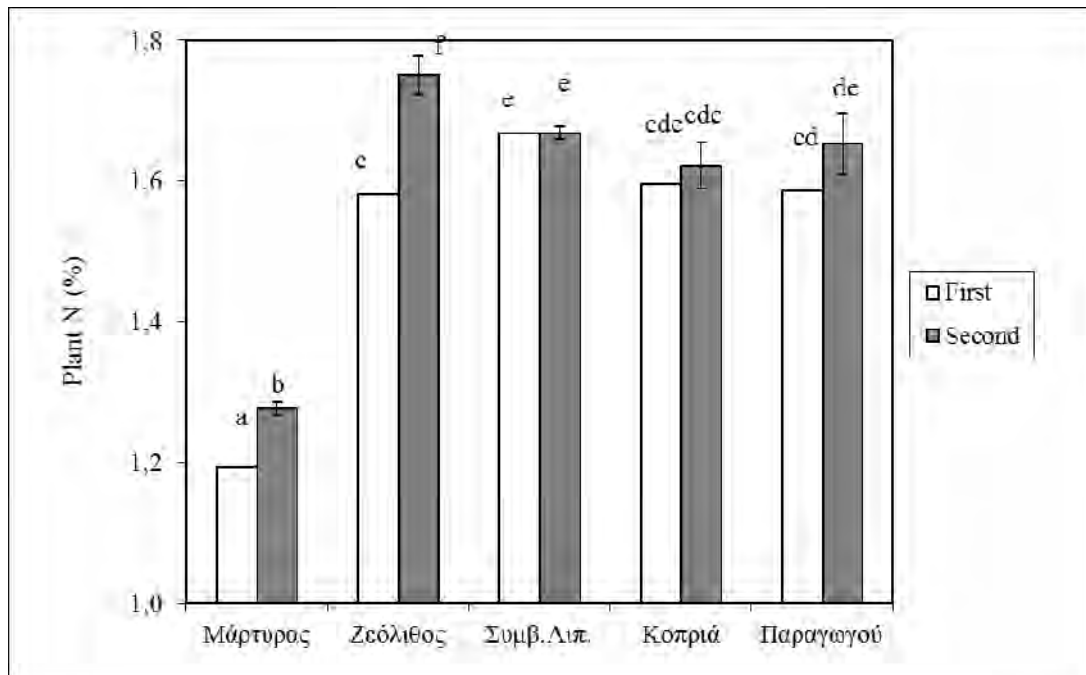
Σχήμα 4 Επίδραση του pH του εδάφους στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά (Μετζιδάκης, 2006).



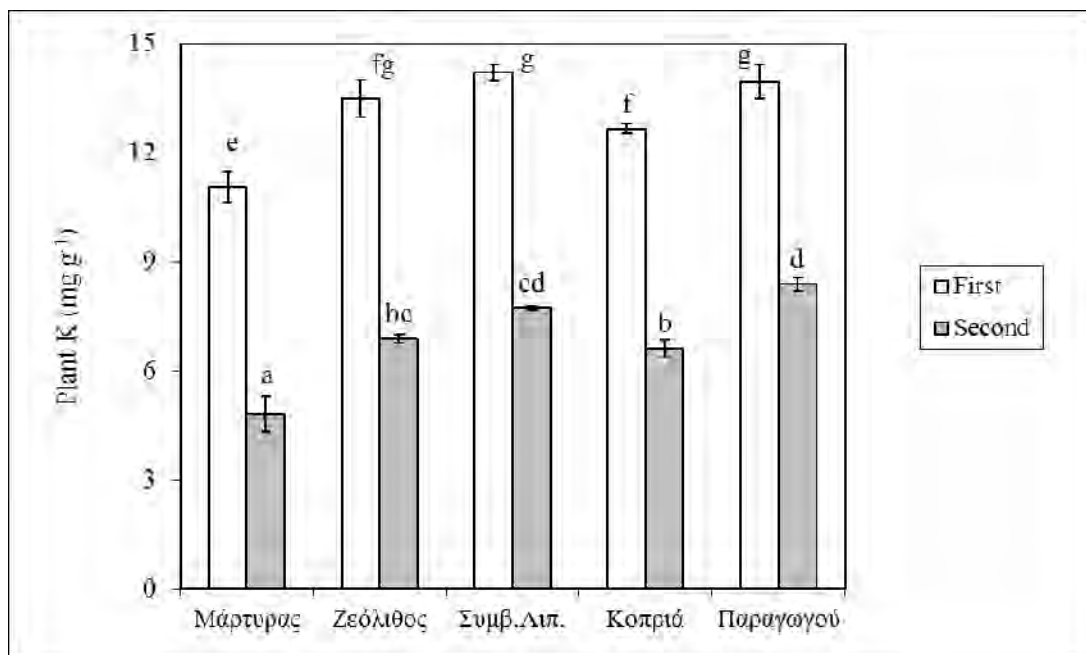
Σχήμα 5 Ανταλλαγή ιόντων στο ζεόλιθο (Dimirkou et al. 2007).



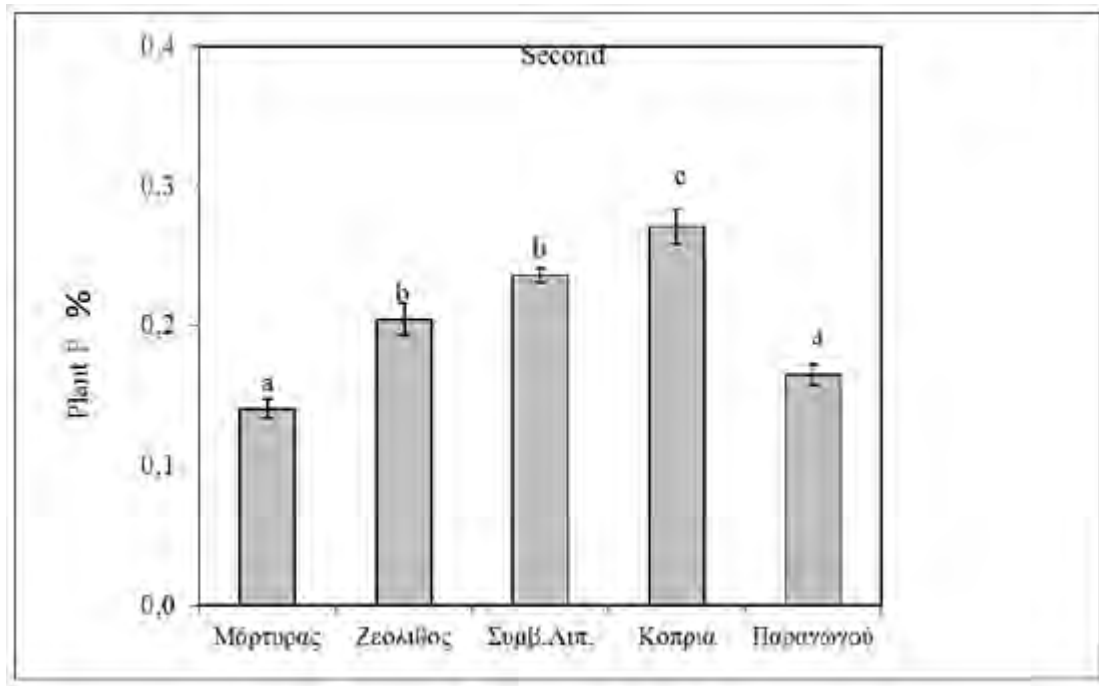
Σχήμα 6 Σύνθεση αζώτου στη κοπριά (Quirilin et al. 2005).



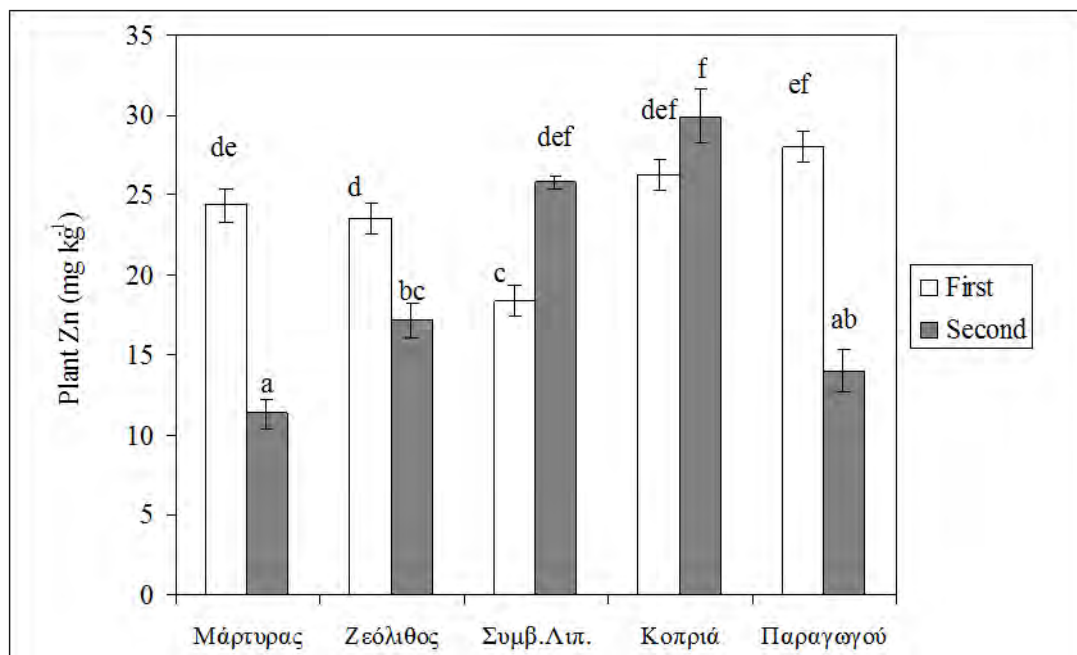
Σχήμα 7 Άζωτο στο φυτό.



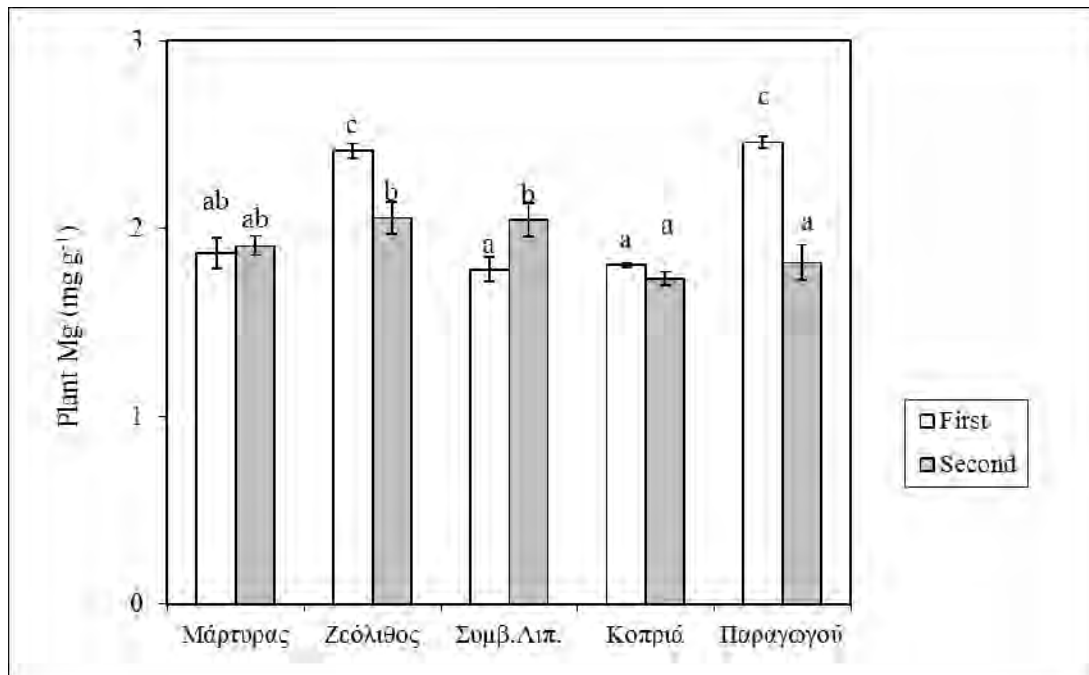
Σχήμα 8 Κάλιο στο φυτό.



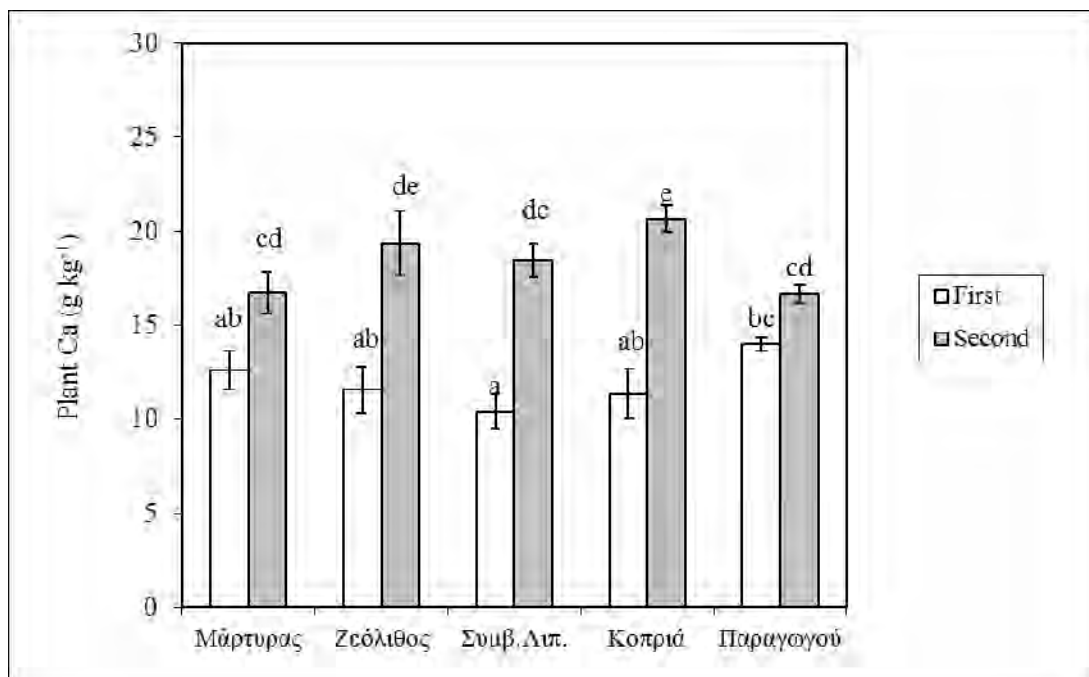
Σχήμα 9 Φώσφορος στο φυτό.



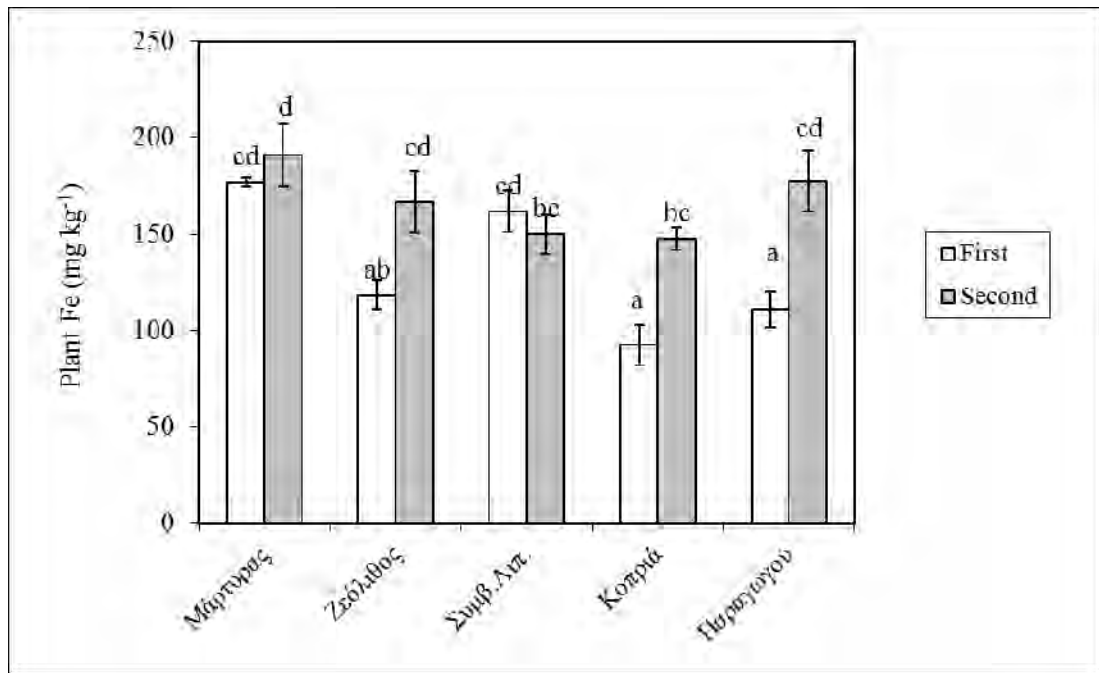
Σχήμα 10 Ψευδάργυρος στο φυτό.



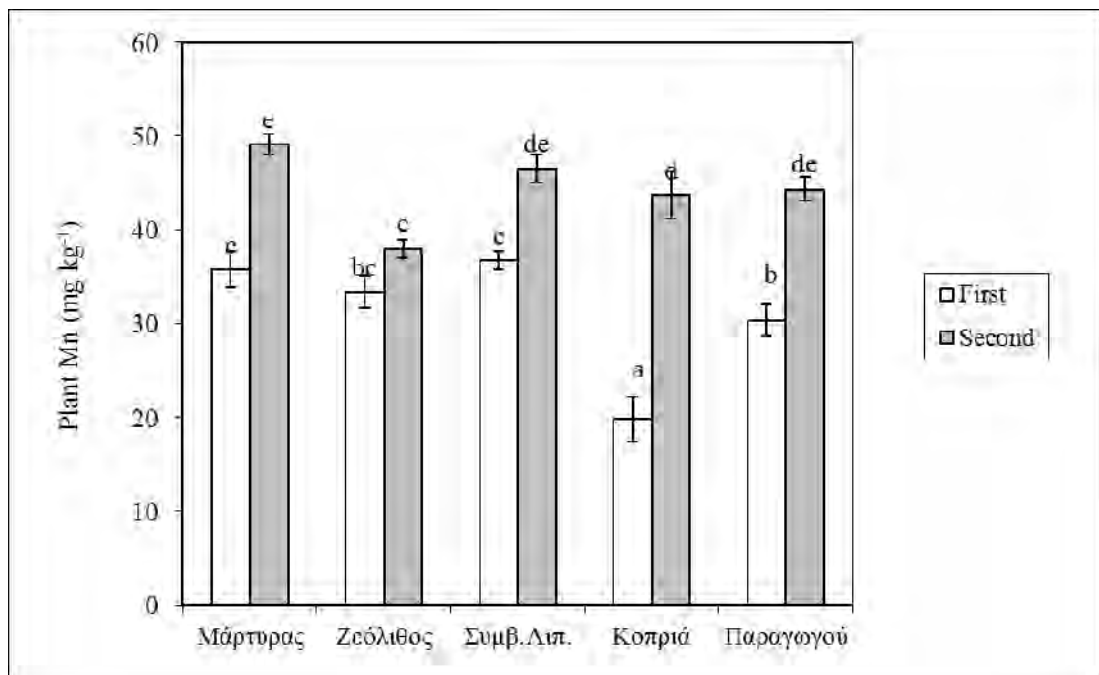
Σχήμα 11 Μανγήσιο στο φυτό.



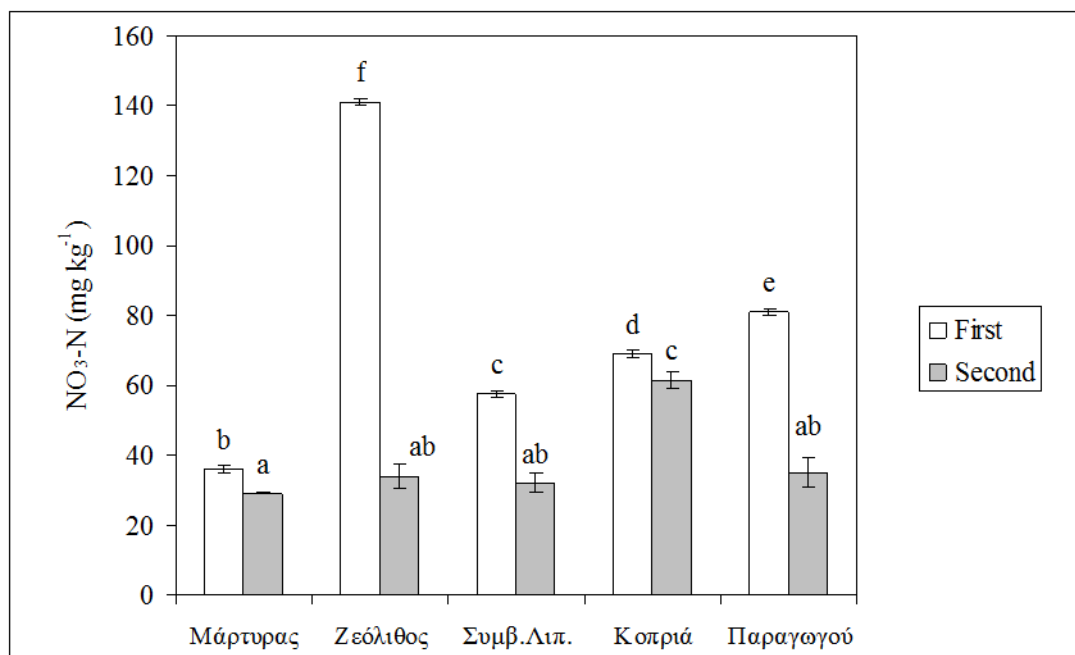
Σχήμα 12 Ασβέστιο στο φυτό.



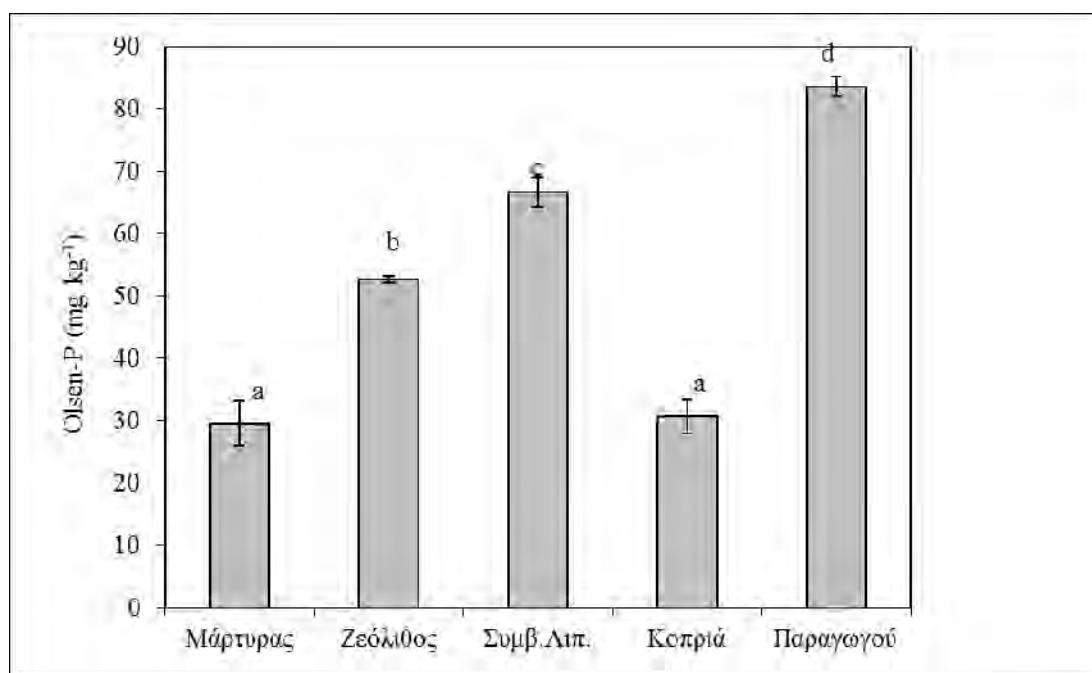
Σχήμα 13 Σίδηρος στο φυτό.



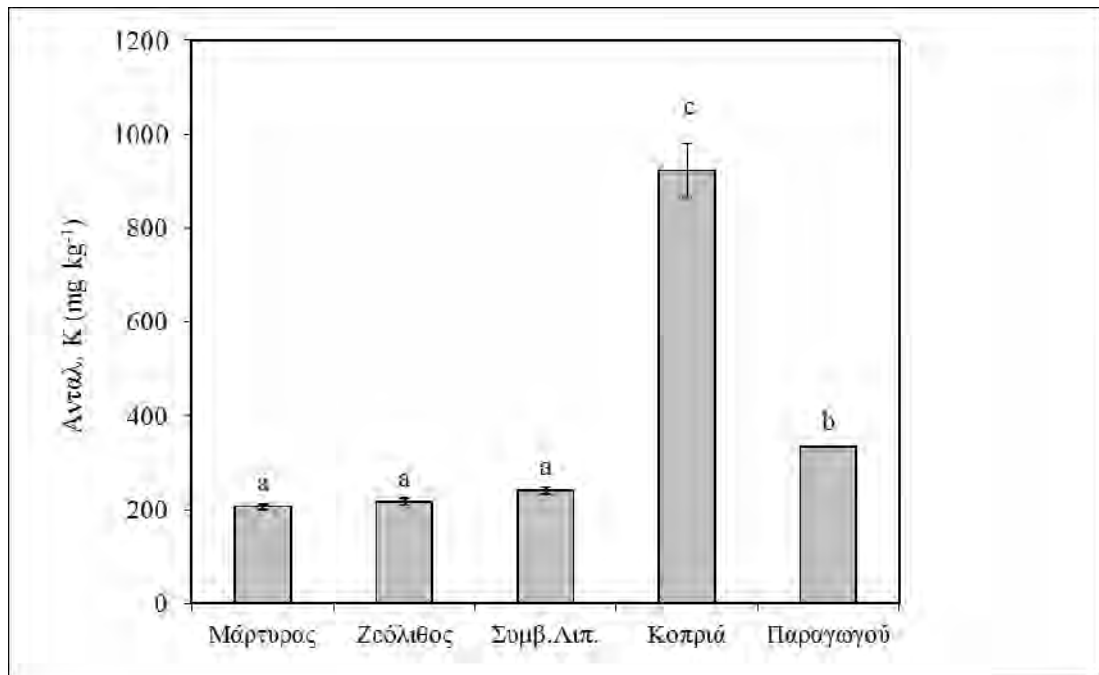
Σχήμα 14 Μαγγάνιο στο φυτό.



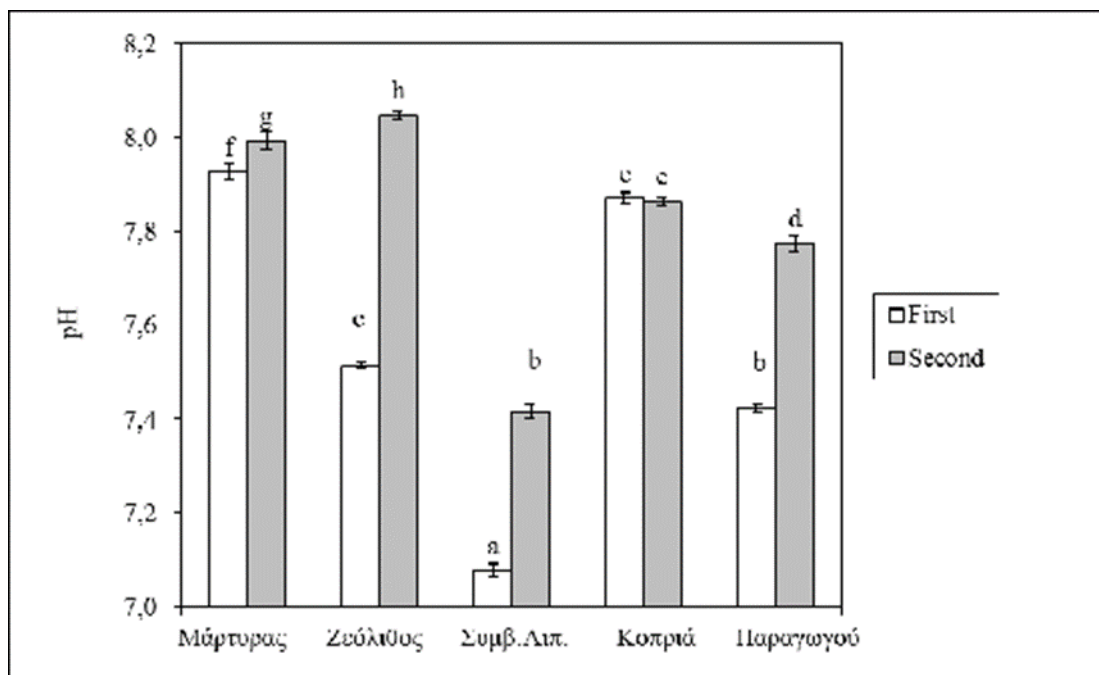
Σχήμα 15 Νιτρικά στο έδαφος.



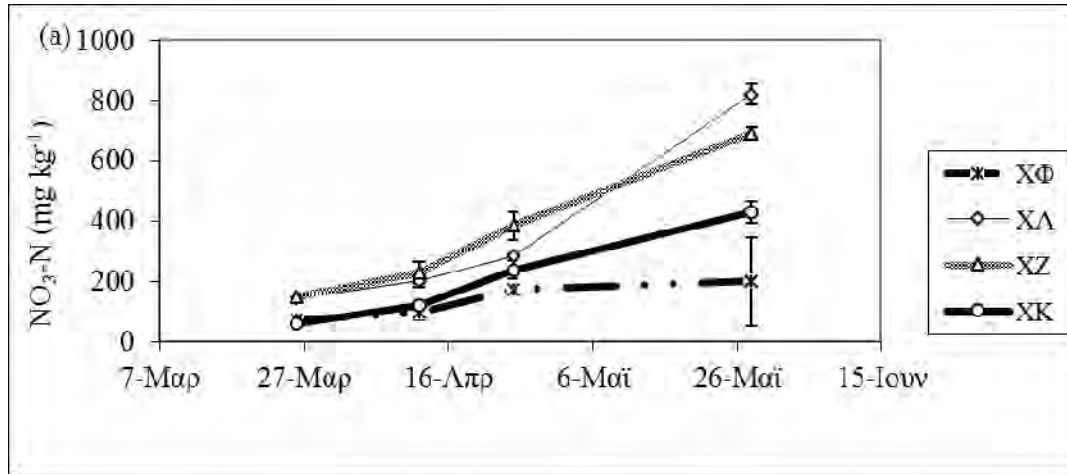
Σχήμα 16 Εκχυλίσματος φώσφορος στο έδαφος.



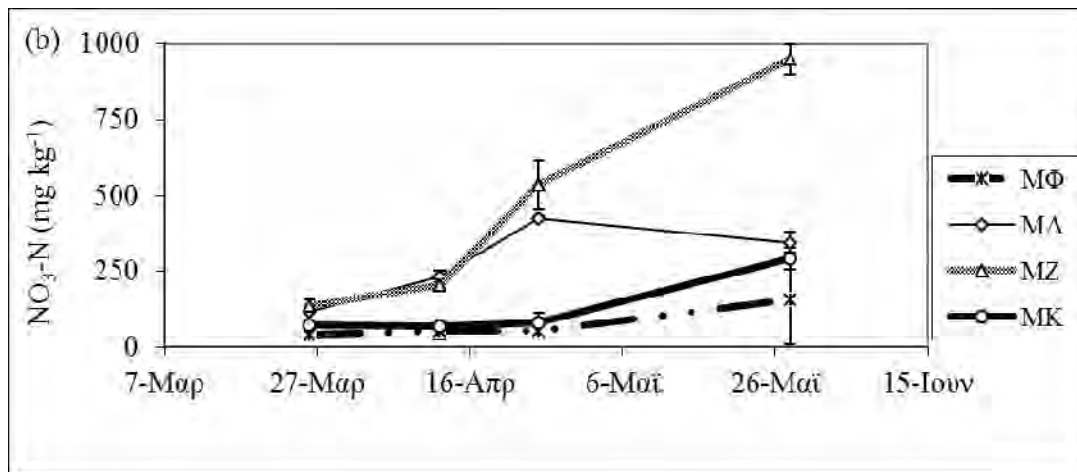
Σχήμα 17 Ανταλλάξιμο κάλιο στο έδαφος.



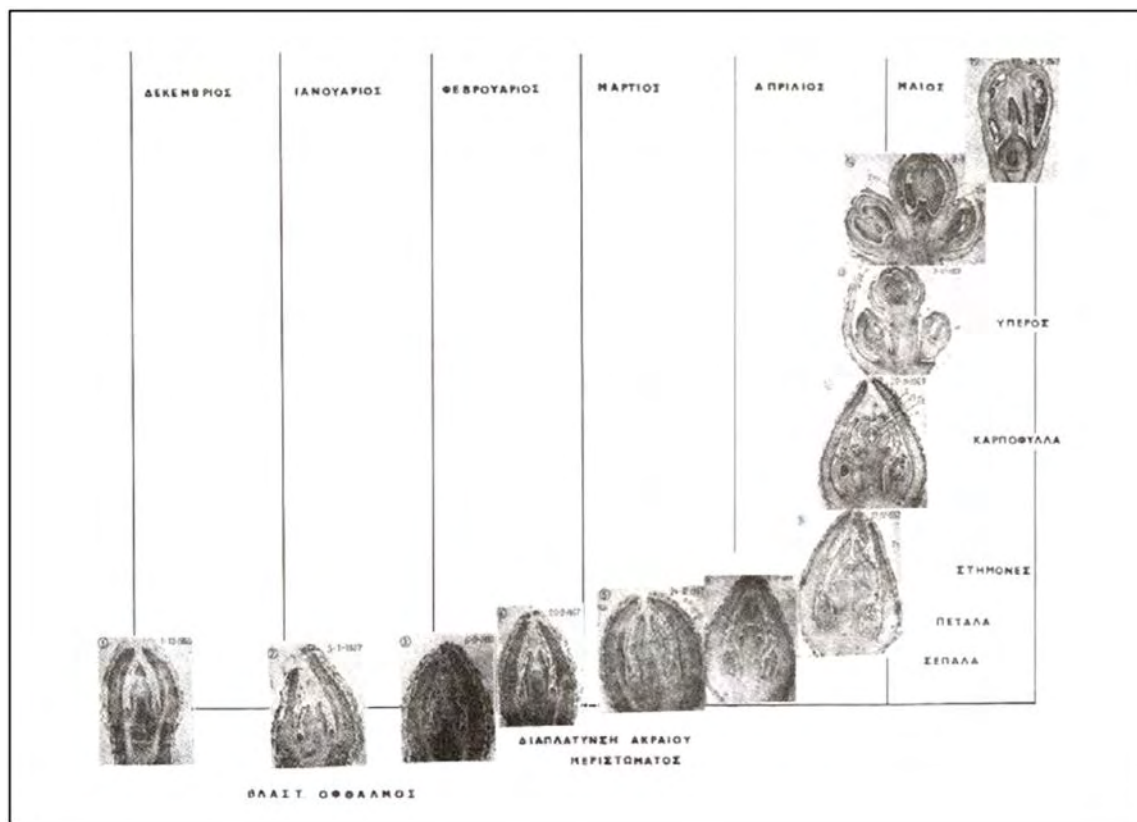
Σχήμα 18 Εδαφικό pH.



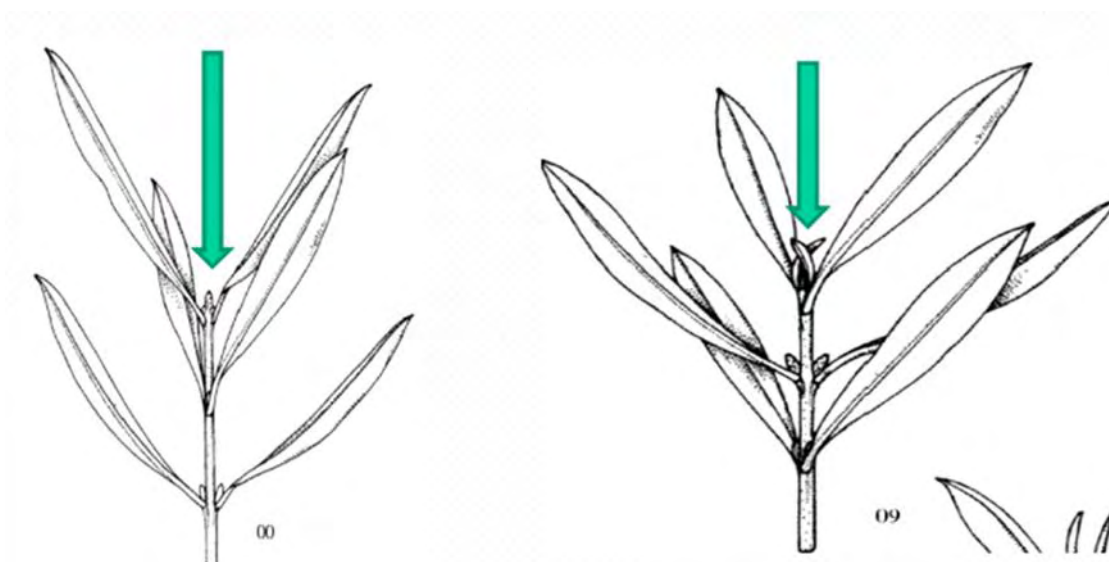
Σχήμα 19 Μέτρηση απελευθέρωσης $\text{NO}_3\text{-N}$ στο πείραμα επώασης για τη μεταχείριση χωρίς φυτικό υλικό. Όπου XΦ: η μεταχείριση του μάρτυρα χωρίς φύλλα, XΛ: η μεταχείριση με λίπασμα χωρίς φύλλα, XZ: η μεταχείριση με εμποτισμένο ζεόλιθο χωρίς φύλλα, XK: η μεταχείριση με κοπριά χωρίς φύλλα.



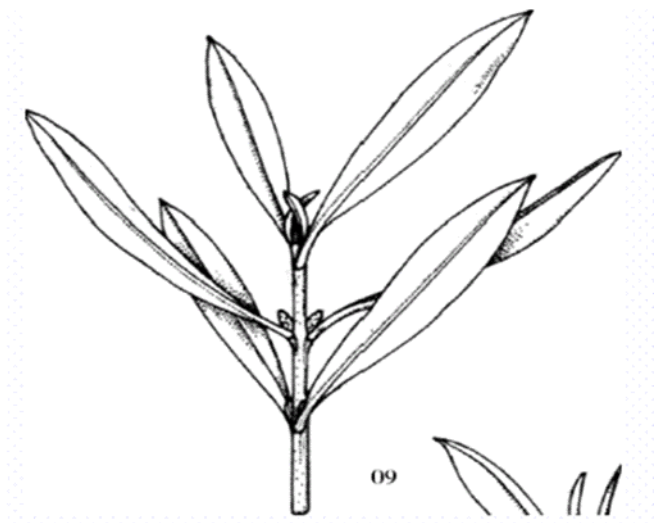
Σχήμα 20 Μέτρηση απελευθέρωσης $\text{NO}_3\text{-N}$ στο πείραμα επώασης για τη μεταχείριση με φυτικό υλικό. Όπου MΦ: η μεταχείριση του μάρτυρα με φύλλα, MΛ: η μεταχείριση με λίπασμα και φύλλα, MZ: η μεταχείριση με εμποτισμένο ζεόλιθο και φύλλα, MK: η μεταχείριση με κοπριά και φύλλα.



Εικόνα 1 Διαφοροποίηση και ανάπτυξη ανθοφόρων οφθαλμών (Τσουράκη, 2008).



Εικόνα 2 Ανάπτυξη ξυλοφόρων οφθαλμών (Τσαντήλας, 2013).



Εικόνα 3 Ανάπτυξη φύλλων (Τσαντήλας, 2013).



Εικόνα 4 Ανάπτυξη βλαστών (Τσαντήλας, 2013).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Α1 Άζωτο στο φυτό από Two-way Anova.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant N VAR00005

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,874 ^a	9	,097	49,388	,000
Intercept	73,039	1	73,039	37138,578	,000
TIME	,038	1	,038	19,405	,000
TREAT	,810	4	,203	102,997	,000
TIME * TREAT	,026	4	,006	3,274	,032
Error	,039	20	,002		
Total	73,953	30			
Corrected Total	,913	29			

a. R Squared = ,957 (Adjusted R Squared = ,938)

Πίνακας Α2 Κάλιο στο φυτό από Two-way Anova.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant K VAR00011

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	328,737 ^a	9	36,526	113,793	,000
Intercept	2984,819	1	2984,819	9298,792	,000
TIME	287,185	1	287,185	894,685	,000
TREAT	40,526	4	10,132	31,563	,000
TIME * TREAT	1,026	4	,256	,799	,540
Error	6,420	20	,321		
Total	3319,976	30			
Corrected Total	335,157	29			

a. R Squared = ,981 (Adjusted R Squared = ,972)

Πίνακας Α3 Μαγγήσιο στο φυτό από Two-way Ανοva.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant Mg VAR00007

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,805 ^a	9	,201	16,122	,000
Intercept	118,803	1	118,803	9550,080	,000
TIME	,176	1	,176	14,175	,001
TREAT	,886	4	,221	17,800	,000
TIME * TREAT	,743	4	,186	14,930	,000
Error	,249	20	,012		
Total	120,857	30			
Corrected Total	2,054	29			

a. R Squared = ,879 (Adjusted R Squared = ,824)

Πίνακας Α4 Ασβέστιο στο φυτό από Two-way Ανοva.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant Ca VAR00008

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	363,195 ^a	9	40,355	12,078	,000
Intercept	6925,425	1	6925,425	2072,664	,000
TIME	305,092	1	305,092	91,309	,000
TREAT	9,695	4	2,424	,725	,585
TIME * TREAT	48,408	4	12,102	3,622	,022
Error	66,826	20	3,341		
Total	7355,447	30			
Corrected Total	430,021	29			

a. R Squared = ,845 (Adjusted R Squared = ,775)

Πίνακας Α5 Σίδηρος στο φυτό από Two-way Anova.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant Fe VAR00009

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28298,342 ^a	9	3144,260	8,002	,000
Intercept	#####	1	#####	1703,222	,000
TIME	8877,264	1	8877,264	22,593	,000
TREAT	13050,915	4	3262,729	8,304	,000
TIME * TREAT	6370,163	4	1592,541	4,053	,014
Error	7858,593	20	392,930		
Total	#####	30			
Corrected Total	36156,934	29			

a. R Squared = ,783 (Adjusted R Squared = ,685)

Πίνακας Α6 Ψευδάργυρος στο φυτό από Two-way Anova.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant Zn VAR00006

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1057,500 ^a	9	117,500	18,022	,000
Intercept	14334,914	1	14334,914	2198,645	,000
TIME	149,991	1	149,991	23,005	,000
TREAT	346,660	4	86,665	13,292	,000
TIME * TREAT	560,849	4	140,212	21,505	,000
Error	130,398	20	6,520		
Total	15522,811	30			
Corrected Total	1187,898	29			

a. R Squared = ,890 (Adjusted R Squared = ,841)

Πίνακας Α7 Μαγγάνιο στο φυτό από Two-way Ανοva.

Tests of Between-Subjects Effects

Plant Mn VAR00010

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2056,741 ^a	9	228,527	26,800	,000
Intercept	42876,541	1	42876,541	5028,317	,000
TIME	1290,614	1	1290,614	151,356	,000
TREAT	464,635	4	116,159	13,622	,000
TIME * TREAT	301,491	4	75,373	8,839	,000
Error	170,540	20	8,527		
Total	45103,822	30			
Corrected Total	2227,281	29			

a. R Squared = ,923 (Adjusted R Squared = ,889)

Πίνακας Α8 Νιτρικά στο έδαφος από Two-way Ανοva.

Tests of Between-Subjects Effects

Νιτρικά VAR00003

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	31800,607 ^a	9	3533,401	243,837	,000
Intercept	99626,134	1	99626,134	6875,117	,000
TIME	11144,998	1	11144,998	769,107	,000
TREAT	10371,931	4	2592,983	178,940	,000
TIME * TREAT	10283,678	4	2570,920	177,417	,000
Error	289,817	20	14,491		
Total	131716,557	30			
Corrected Total	32090,423	29			

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,987)

Πίνακας Α9 Εδαφικό pH από Two-way Anova.

Tests of Between-Subjects Effects

pH VAR00004

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,693 ^a	9	,299	564,674	,000
Intercept	1774,237	1	1774,237	3347616,610	,000
TIME	,494	1	,494	932,233	,000
TREAT	1,903	4	,476	897,616	,000
TIME * TREAT	,296	4	,074	139,843	,000
Error	,011	20	,001		
Total	1776,941	30			
Corrected Total	2,704	29			

a. R Squared = ,996 (Adjusted R Squared = ,994)

Πίνακας Α10 Ιχνοστοιχεία εδάφους από One Way Anova.

ANOVA X1	K (ανταλ.)	P (olsen)	P (plant)
LSO	26.18	2.438	0.010
P(x10 ⁻³)	0	0	0
F	136.40	91.31	32.40
Sign.	***	***	***

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



Εικόνα 1 Εικόνα απο το πειραματικό αγρό μέσω Google Earth, όπου Μ=Μάρτυρας, Ζ=Ζεόλιθος, Κ=Κοπριά, Σ.Λ.=Συμβατική Λίπανση, Π=Παραγωγού (Γεωγραφικό πλάτος: 39°23'48.50"Β, Γεωγραφικό μήκος: 22°55'56.27"Α).



Εικόνα 2 Δείγμα φύλλων απο τον πειραματικό αγρό για ανάλυση.



Εικόνα 3 Ξήρανση δειγμάτων φύλλων στο φούρνο του εργαστηρίου.



Εικόνα 4 Εδαφικό δείγμα για αεροζήρανση και μετέπειτα ανάλυση.



Εικόνα 5 Φύλλα προς κονιορτοποίηση.



Εικόνα 6 Φυτικό δείγμα στο κόσκινο.



Εικόνα 7 Φυτικό δείγμα έτοιμο για αποθήκευση.



Εικόνα 8 Αποθηκευμένο φυτικό δείγμα.



Εικόνα 9 Εμποτισμός ζεόλιθου με διάλυμα θειικής αμμωνίας.



Εικόνα 10 Απορρόφηση διαλύματος από το ζεόλιθο.



Εικόνα 11 Μεταχείριση κοπριάς στον πειραματικό αγρό.



Εικόνα 12 Μεταχείριση παραγωγού στον πειραματικό αγρό.



Εικόνα 13 Εμποτισμένος ζεόλιθος με θειική αμμωνία έτοιμος για χρήση.



Εικόνα 14 Αναποθέτηση εμποτισμένου ζεόλιθου στον αγρό.



Εικόνα 15 Ζεόλιθος στον πειραματικό αγρό.



Εικόνα 16 Αναμόγλευση ζεόλιθου στον αγρό.



Εικόνα 17 Ο ζεόλιθος μετά απο 6 μήνες στο πειραματικό αγρό.



Εικόνα 18 Εδαφικά δείγματα απο το πείραμα επώασης.