

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΜΥΚΟΡΡΙΖΙΚΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ ΣΤΟΝ
ΑΠΟΙΚΙΣΜΟ ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ, ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΛΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ.**



**ΔΗΜΗΤΡΑΔΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ ΜΑΡΙΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
κ. ΝΙΚΗΤΑΣ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΙΔΗΣ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον επιβλέποντα της πτυχιακής μας διατριβής, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Καραγιαννίδη Νικήτα για την επιλογή του θέματος και την πολύ χρήσιμη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της.

Επιπλέον, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες στην κα. Τσανακτσίδου Αγάπη, στην κα. Παπαζαφειρίου Αγάπη και στην συμφοιτήτρια μας Βασιλική Γούλιαρη για την πολύτιμη βοήθειά τους στις εργαστηριακές αναλύσεις και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Ακόμη, ευχαριστώ για την διάθεση του εργαστηρίου προκειμένου να διεξαχθεί το πειραματικό μέρος της εργασίας μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε και αφορά την επίδραση διαφορετικών ειδών μυκορριζικών μυκήτων στον αποικισμό των ριζών, στην ανάπτυξη, στη χημική σύσταση και στην περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια διαφορετικών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Για την έρευνα πραγματοποιήθηκαν τρία πειράματα που αποσκοπούσαν στα εξής:

-να διαπιστωθεί εάν ένας συγκεκριμένος μυκορριζικός μύκητας έχει παρόμοια ή διαφορετική δραστηριότητα σε διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου φυτικού είδους (3 ποικ. μέντας και 2 ποικ. ρίγανης).

-να μελετηθεί η δραστηριότητα του ίδιου μυκορριζικού μύκητα σε 5 διαφορετικά είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που ήταν: λεβαντίνη (*Santolina chamaecypa*), φασκόμηλο (*Salvia officinalis*), λεβάντα (*Lavandula officinalis*), περλαγόνιο (*Pelargonium geranium*) και δίκταμο (*Oreganum dictamus*).

-να εξετασθεί εάν 3 είδη μυκορριζικών μυκήτων έχουν διαφορετική ή παρόμοια επίδραση στο ίδιο φυτό (πειραματικά φυτά ήταν η ρίγανη και η μέντα).

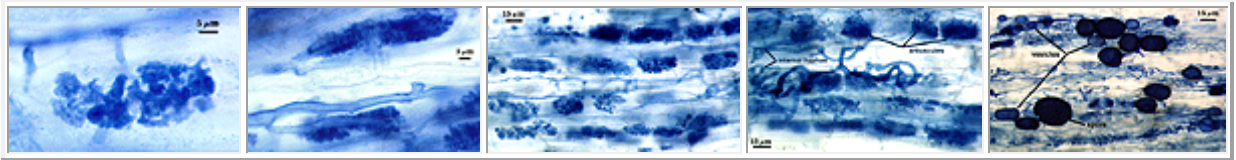
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

-η *Mentha spicata* και η *Mentha piperita* αντέδρασαν ισχυρότερα στον εμβολιασμό με τον μύκητα M34 και αύξησαν τις αποδόσεις τους σε ξηρή μάζα κατά 3,5 φορές, συγκριτικά με τα φυτά που δεν έφεραν μυκόρριζα, ενώ η *Mentha viridis* κατάφερε να αυξήσει το ξηρό βάρος μόνον κατά 2,3 φορές. Από τις δύο ποικιλίες ρίγανης η ποικ. της Χαλκιδικής αντέδρασε ισχυρότερα απ'ότι η νησιώτικη με αύξηση ξηρού βάρους 5,09 και 3,92 αντίστοιχα, συγκριτικά με τα μη μυκορριζοφόρα φυτά (πείραμα I)

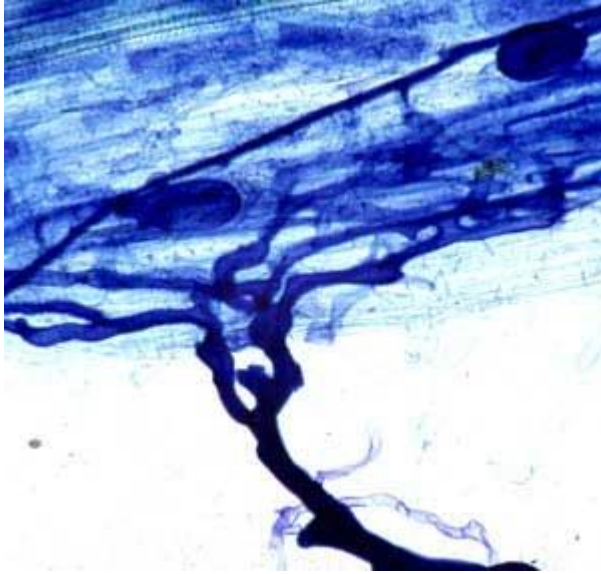
- στον εμβολιασμό με τον μύκητα M6 αντέδρασαν εντονότερα τα φυτά πελαργόνιο και δίκταμο με 4πλασιασμό του ξηρού τους βάρους, συγκριτικά με τα μη εμβολιασμένα φυτά πελαργονίου και δικτάμου (ή φυτά μάρτυρες). Ακολουθούν το λεβαντίνι με 3πλασιασμό του ξηρού του βάρους και κατόπιν η λεβάντα και το φασκόμηλο με αύξηση του ξηρού των βάρους λίγο πιο πάνω από το 2πλάσιο (πείραμα II)

- και τα τρία είδη μυκήτων είχαν παράλληλη δράση στο ίδιο φυτό. Η ρίγανη αντέδρασε με 4πλασιασμό του ξηρού βάρους ισχυρότερα στον εμβολιασμό με τους μυκορριζικούς μύκητες, σε σχέση με τη μέντα στην οποία τα ξηρά βάρη αυξήθηκαν από 2 έως 3 φορές συγκριτικά με τα φυτά-μάρτυρες (πείραμα III).

Τα μεγέθη του εκατοστιαίου αποικισμού των ριζών και της περιεκτικότητας σε αιθέρια έλαια ήταν ανάλογα των αποδόσεων σε ξηρό βάρος των αντιστοίχων φυτών.



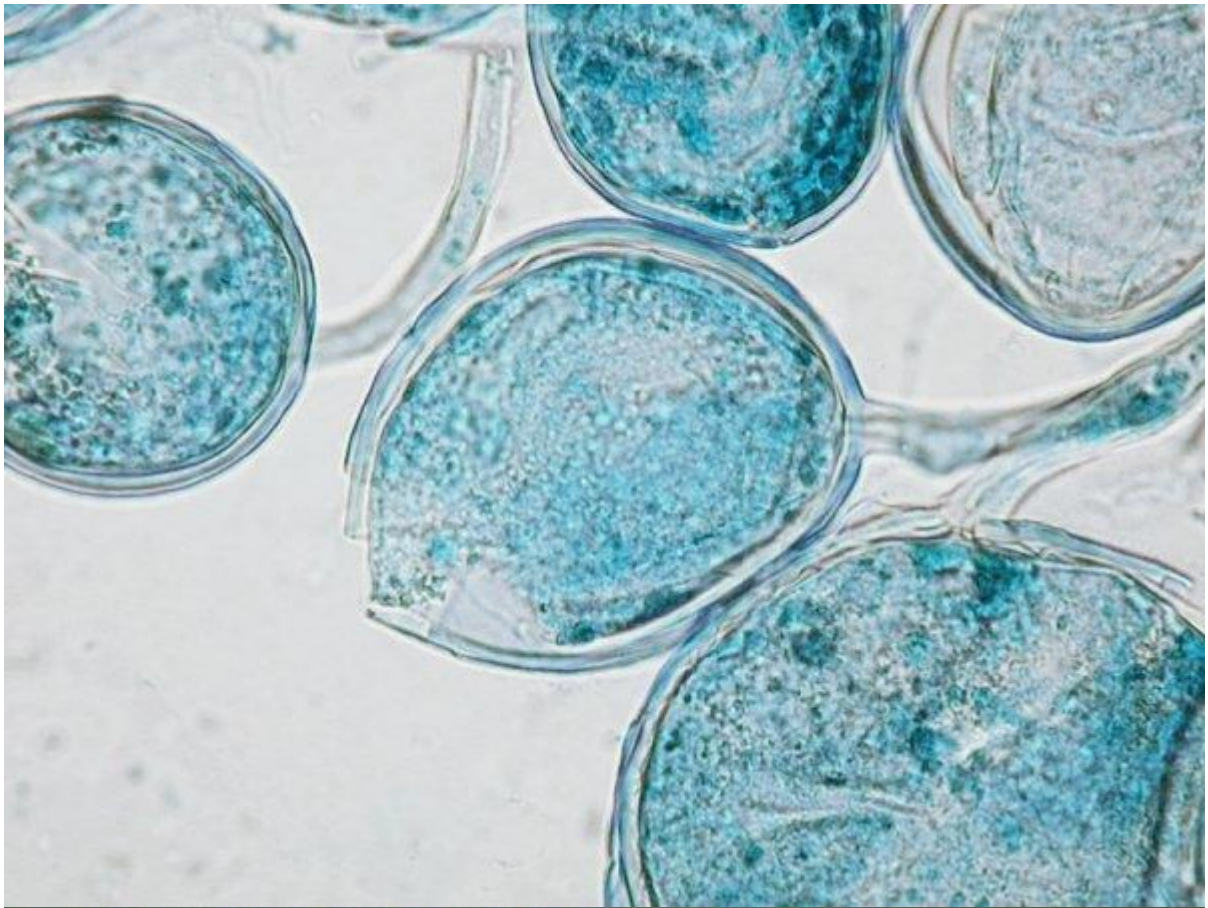
Εικόνα 1. Διάφορα όργανα που σχηματίζει ο μύκητας (*Glomus* sp.) ενδοκυτταρικά όπως δενδροειδείς σχηματισμούς (1-4), υφές (σε όλες) και κύστεις (5)



Εικόνα 2. Υφές και κύστεις σε μεγέθυνση (*Glomus* sp.)



Εικόνα 3. Σπόρια (*Glomus* sp.)



Εικόνες 4 και 5. Σπόρια σε μεγέθυνση μυκορριζικών μυκήτων του γένους *Glomus*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θέμα της εργασίας που ακολουθεί αφορά στην επίδραση που έχουν οι ενδομυκορριζικοί μύκητες στην αύξηση, ποσότητα και ποιότητα των αιθέριων ελαίων των αρωματικών φυτών.

Οι ενδομυκορριζικοί μύκητες είναι συμβιωτικοί και αναπτύσσονται στις ρίζες φυτών τα οποία και αποικίζουν. Ο συνδυασμός μύκητα-φυτό ονομάζεται μυκόρριζα. Έχουν βρεθεί και καταχωρηθεί πολλά είδη ενδομυκορριζικών μυκήτων τα οποία ξεχωρίζουν μεταξύ τους με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, δομή, ύπαρξη υφών). Τα όργανα αναπαραγωγής τους είναι τα σπόρια που εκβλαστάνουν σε υφές (νηματόμορφα κύτταρα) και αργότερα δημιουργείται το μυκήλιο, που είναι ένα σύμπλεγμα υφών. Η υφή διαπερνά την επιδερμίδα της ρίζας και αναπτύσσεται ενδοκυτταρικά και μεταξύ των κυττάρων και σχηματίζει μέσα στα κύτταρα δενδρόμορφες υφές (abuscules), που είναι τα όργανα επαφής του μύκητα με το φυτό. Μέσω των δενδρόμορφων υφών γίνεται η ανταλλαγή των θρεπτικών στοιχείων, από τον μύκητα στο φυτό, ενώ το φυτό προμηθεύει τον μύκητα με διάφορους μεταβολίτες και κυρίως με υδατάνθρακες για να καλύψει τις δικές του ενεργειακές ανάγκες. Ο μύκητας σχηματίζει επιπλέον και κύστες (vesicles), που βρίσκονται στο τέλος των υφών και είναι αποθηκευτικά όργανα. Άλλα όργανα που σχηματίζονται στο έδαφος και τον βοηθούν στην επιβίωση του κάτω από αντίξοες συνθήκες είναι τα σποροκάρπια.

Οι μυκορριζικοί μύκητες βρίσκονται σ' όλα τα κλίματα και εδάφη, που φέρουν βλάστηση και σχηματίζουν με τα ανώτερα φυτά μυκόρριζες. Αν κάνουμε έρευνα στον αγρό θα διαπιστώσουμε ότι η μυκόρριζα εξαπλώνεται κυρίως την άνοιξη, τους μήνες Απρίλιο-Μάιο και το φθινόπωρο. Το καλοκαίρι μειώνεται η ύπαρξη της στα εδάφη λόγω υπερβολικής ζέστης και ξηρασίας, ενώ το χειμώνα εξαφανίζεται σχεδόν λόγω ψύχους.

Μυκόρριζα σχηματίζουν σχεδόν όλα τα καλλιεργούμενα φυτά. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη δραστηριότητα της μυκόρριζας όπως η οργανική ουσία, το pH, η θερμοκρασία, η εδαφική υγρασία, η αλατότητα εδάφους καθώς και η ένταση του φωτός και ο χρόνος έκθεσης στο φως. Η οργανική ουσία επιδρά ευνοϊκά στη συμβίωση αυτή έμμεσα και λόγω της βελτίωσης της δομής του εδάφους. Το pH είναι ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά στην δραστηριότητα κάποιων ειδών μυκόρριζας. Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που με την αύξηση της βοήθεται στην δραστηριότητα της μυκόρριζας. Ωστόσο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30°C, αναστέλλεται η φυσιολογική τους λειτουργία παρόλο που μπορούν να εξελίσσονται κανονικά και στους 35°C και να σχηματίζουν δενδρόμορφες υφές και οι κύστες. Ακόμα η εδαφική υγρασία επιδρά θετικά στους μυκορριζικούς μύκητες βοηθώντας τους στην διαλυτότητα των δυσδιάλυτων μορφών φωσφόρου. Η αλατότητα του εδάφους απ την άλλη είναι ένας παράγοντας που επιδρά αρνητικά στη δραστηριότητα της μυκόρριζας, ωστόσο σε συνθήκες αλατότητας εδάφους τα μυκορριζοφόρα φυτά αποδίδουν περισσότερο συγκριτικά με μη μυκορριζοφόρα. Τέλος η ένταση του φωτός και ο χρόνος έκθεσης στο φως επιδρούν θετικά στην δραστηριότητά της αυξάνοντας την.

Έτσι καταλαβαίνουμε λοιπόν πως η μυκόρριζα είναι πολύ σημαντική για τα καλλιεργούμενα φυτά και αν βρεθεί τρόπος να χρησιμοποιείται ευρέως (όπως τα ριζόβια), θα αντικαταστήσει τη φωσφορική λίπανση, κάτι πολύ σημαντικό αφού το κόστος της είναι μεγάλο.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες εργασίες που αναφέρονται στη συμβίωση κάποιων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με ενδομυκορριζικούς μύκητες, από τις οποίες να προκύπτει ότι οι μυκόρριζες (εκτός από καλύτερη ανάπτυξη) επιδρούν άμεσα και στην ποσότητα και ποιότητα των αιθέριων ελαίων που περιέχονται στα φυτά αυτά. Ως εκ τούτου σκοπός αυτής της πειραματικής εργασίας είναι να ερευνησει και να δώσει περισσότερες πληροφορίες πάνω στο θέμα αυτό.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Προετοιμασία πειράματος

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν μοσχεύματα τα οποία ριζοβόλησαν σε θερμοκήπιο του Αγροκτήματος του Α.Τ.Ε.Ι.Θ., κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, σε υπόστρωμα αποτελούμενο από περλίτη. Έως ότου να ριζοβολήσουν τα φυτά, ετοιμάστηκε το υπόστρωμα που θα χρησιμοποιούνταν για το πειραματικό μέρος της εργασίας. Αυτό αποτελούνταν από χώμα, που πήραμε από το αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι.Θ., το οποίο ψιλοκοσκινίσαμε και το απολυμάνουμε σε κλίβανο αποστείρωσης στους 120°C, για 25 λεπτά, από άμμο και από περλίτη. Απολύμανση έγινε μόνο στο χώμα, γιατί τα υπόλοιπα ήταν συσκευασμένα και θεωρήσαμε ότι δεν θα ήταν μολυσμένα με μυκορριζικούς μύκητες. Το μίγμα του υποστρώματος είχε αναλογία χώματος, άμμου, περλίτη 1:1:1 και πριν την τοποθέτησή του στα πειραματικά δοχεία προστέθηκε βασικό λίπασμα σε ποσότητα θρεπτικών στοιχείων που αντιστοιχούν με 25.4 KCl, 29.7 K₂SO₄, 162 Ca₅(PO₄)₃OH, 27.6 MgCl₂·6H₂O και 190 NH₄NO₃ mg kg⁻¹ εδάφους.

Η μεταφύτευση των έρριζων μοσχευμάτων όλων των φυτών έγινε στις 06/04/2009. Κάθε γλάστρα περιείχε 1,5 kg μίγματος.

Το πειραματικό χώμα είχε τις φυσικοχημικές ιδιότητες που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία υφής εδάφους	Αμμοπηλώδες (SL)
Ποσοστό υγρασίας	2,3%
pH	6,5
Ηλ. Αγωγιμότητα	0,82 mSiemens
Ποσοστό % CaCO ₃	0,11%
Ποσοστό % οργανικού άνθρακα	0,6%
Ποσοστό ιόντων ασβεστίου (Ca ²⁺)	152 mg Ca/kg εδάφους
Ποσοστό ιόντων μαγνησίου (Mg ²⁺)	9,6 mg Mg/kg εδάφους
Ποσότητα φωσφόρου P	0,7 mg P/kg εδάφους

*Οι μέθοδοι των εδαφολογικών αναλύσεων παρατίθενται σε ειδικό παράρτημα στο τέλος της πτυχιακής εργασίας.

Διαδικασία πειράματος κατά την εγκατάσταση

Αρχικά ετοιμάστηκαν οι γλάστρες, που εξυπηρετούσαν ως μάρτυρες (δεν θα περιείχαν μυκορριζοφόρο εμβόλιο). Στο κάτω μέρος της γλάστρας τοποθετήθηκε ένα φύλλο απορροφητικού χαρτιού για να μη χαθεί χώμα από τις οπές που υπήρχαν στη βάση της γλάστρας, ακολούθησε γέμισμα μέχρι τα τρία τέταρτα της γλάστρας με το πειραματικό εδαφικό μίγμα, μετά τοποθετήθηκαν τα έρριζα μοσχεύματα των αντιστοιχών φυτών, πιέστηκαν ελαφρά ώστε να έρθουν σε καλύτερη επαφή με το μίγμα και ακολούθησε γέμισμα της γλάστρας μέχρι επάνω. Στο τέλος έγινε ένα πολύ καλό πότισμα.

Για τις γλάστρες που περιείχαν μυκορριζοφόρο εμβόλιο, τοποθετήθηκε πάλι το φύλλο χαρτιού, μίγμα χώματος λίγο πιο πάνω απ' τη μέση, κατόπιν την μυκορριζοφόρο τμήμα ρίζας (εμβόλιο) και αμέσως μετά τα μοσχεύματα ώστε να έρχονται σε επαφή με το

εμβόλιο. Γεμίστηκε η γλάστρα και εδώ μέχρι επάνω με το μίγμα του υποστρώματος , ενώ το πιέζουμε καλά ώστε να μην έχουμε κενά και να έρθουν οι ρίζες των μοσχευμάτων σε καλή επαφή με το υπόστρωμα. Τέλος έγινε ένα πολύ καλό πότισμα. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα τρία πειράματα.

Οι γλάστρες τοποθετήθηκαν πάνω σε παλέτες και τις ποτίζονταν σχεδόν κάθε δυο μέρες για να διατηρείται πάντα το υπόστρωμα υγρό. Σε κάθε γλάστρα τοποθετήθηκε καρτελάκι με τον μύκητα που χρησιμοποιήθηκε και τον αριθμό που δόθηκε στο πειραματικό σχέδιο (σκαρίφημα).

Πειραματικό σχέδιο

Πείραμα I

Το μέγεθος του πειράματος ήταν 30 γλάστρες.

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά το πειραματικό σχέδιο που έχει ως εξής:

3 ποικ. Μέντας και 2ποικ. Ρίγανης x 2 επίπεδα μόλυνσης (M και MM) x 3 επαναλήψεις = 30 γλάστρες

M.vir.1 ☐ *M.vir.2* ☐ *M.vir.3* ☐ *MM*

M.vir.4 ☐ *M.vir.5* ☐ *M.vir.6* ☐ *M*

M.sp.7 ☐ *M.sp.8* ☐ *M.sp.9* ☐ *MM*

M.sp.10 ☐ *M.sp.11* ☐ *M.sp.12* ☐ *M*

M.p. 13 ☐ *M.p. 14* ☐ *M.p. 15* ☐ *MM*

M.p. 16 ☐ *M.p. 17* ☐ *M.p.18* ☐ *M*

P.on.19 ☐ *P.on.20* ☐ *P.on.21* ☐ *MM*

P.on. 22 ☐ *P.on. 23*☐ *P.on.24* ☐ *M*

P.χαλ25 ☐ *P.χαλ26* ☐ *P.χαλ27* ☐ *MM*

P.χαλ.28☐ *P.χαλ29* ☐ *P.χαλ30* ☐ *M*

Όπου:

M.vir. = *Mentha viridis*, *M.sp*= *Mentha spicata*, *M.pip.* =*Mentha piperita*,
P=*Oreganum onites*, *P.χαλ.* = *Oreganum Χαλκιδικής*

MM σημαίνει πως είναι τα φυτά μάρτυρες (τα οποία δεν έχουν μυκόρριζα)

M συμβολίζει τον μύκητα *Glomus etunicatum* προέλευσης Χορτιάτη

Πείραμα II

Το μέγεθος του πειράματος ήταν 30 γλάστρες.

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά το πειραματικό σχέδιο που έχει ως εξής:

5 φυτά x 2 επίπεδα μόλυνσης (M και MM) x 3 επαναλήψεις = 30 γλάστρες

<i>S. ch. 1</i> ☐	<i>S. ch. 2</i> ☐	<i>S. ch. 3</i> ☐	<i>MM</i>
<i>S. ch. 4</i> ☐	<i>S. ch. 5</i> ☐	<i>S. ch. 6</i> ☐	<i>M</i>
<i>S. of. 7</i> ☐	<i>S. of. 8</i> ☐	<i>S. of. 9</i> ☐	<i>MM</i>
<i>S. of. 10</i> ☐	<i>S. of. 11</i> ☐	<i>S. of. 12</i> ☐	<i>M</i>
<i>L. of. 13</i> ☐	<i>L. of. 14</i> ☐	<i>L. of. 15</i> ☐	<i>MM</i>
<i>L. of. 16</i> ☐	<i>L. of. 17</i> ☐	<i>L. of. 18</i> ☐	<i>M</i>
<i>P. ger. 19</i> ☐	<i>P. ger. 20</i> ☐	<i>P. ger. 21</i> ☐	<i>MM</i>
<i>P. ger. 22</i> ☐	<i>P. ger. 23</i> ☐	<i>P. ger. 24</i> ☐	<i>M</i>
<i>O. dic. 25</i> ☐	<i>O. dic. 26</i> ☐	<i>O. dic. 27</i> ☐	<i>MM</i>
<i>O. dic. 28</i> ☐	<i>O. dic. 29</i> ☐	<i>O. dic. 30</i> ☐	<i>M</i>

Όπου:

S. ch. = λεβαντίνη, *S. of.* = φασκόμηλο, *L. of.* = λεβάντα, *P. ger.* = πελαργόνιο, *O. dic.* = δίκταμο

MM σημαίνει πως είναι τα φυτά μάρτυρες (τα οποία δεν έχουν μυκόρριζα)

M συμβολίζει τον μύκητα *Glomus etunicatum* προέλευσης Χορτιάτη.

Πείραμα III

Το μέγεθος του πειράματος ήταν 24 γλάστρες.

Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά το πειραματικό σχέδιο που έχει ως εξής:

2 φυτά x 4 επίπεδα μόλυνσης (M και MM) x 3 επαναλήψεις = 24 γλάστρες

Ρίγ.1	☐	Ρίγ.2	☐	Ρίγ.3	☐	MM
Ρίγ.4	☐	Ρίγ.5	☐	Ρίγ.6	☐	6M
Ρίγ.7	☐	Ρίγ.8	☐	Ρίγ.9	☐	16M
Ρίγ.10	☐	Ρίγ.11	☐	Ρίγ.12	☐	34M
Μέντ.13	☐	Μέντ.14	☐	Μέντ.15	☐	MM
Μέντ.16	☐	Μέντ.17	☐	Μέντ.18	☐	6M
Μέντ.19	☐	Μέντ.20	☐	Μέντ.21	☐	16M
Μέντ.22	☐	Μέντ.23	☐	Μέντ.24	☐	34M

Όπου:

Ρίγ.=ρίγανη, Μέντ.=μέντα

MM σημαίνει φυτά μάρτυρες (τα οποία δεν έχουν μυκόρριζα)

M6 συμβολίζει τον μύκητα *Glomus etunicatum*, προέλευσης Πιέρια

M16 συμβολίζει τον μύκητα *Glomus lamellosum*, προέλευσης Πιέρια

M34 συμβολίζει τον μύκητα *Glomus etunicatum* προέλευσης Χορτιάτη

Διαδικασία πειραμάτων μετά την συγκομιδή

Στις 01/06/09 κόψαμε όλα τα πειραματικά φυτά στο λαιμό και το καθένα το βάλαμε σε ξεχωριστό σακουλάκι γράφοντας έξω απ' αυτό το πείραμα και τον αριθμό που το χαρακτηρίζει. Παράλληλα ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία και για τις ρίζες.

Αμέσως μετά τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Α.Τ.Ε.Ι.Θ., προκειμένου να γίνουν στο υπέργειο φυτικό τμήμα χημικές αναλύσεις ως προς τα θρεπτικά στοιχεία και ως προς τα αιθέρια έλαια και στις ρίζες να γίνουν μικροσκοπικές παρατηρήσεις. Το υπέργειο φυτικό υλικό αρχικά τοποθετήθηκε στα πυριατήρια για 3 συνεχείς ημέρες μέχρι απόκτησης σταθερού ξηρού βάρους. Κατόπιν τα δείγματα αλέστηκαν σε μύλο και από το αλεσμένο φυτικό υλικό ελήφθη ποσότητα 2g για την ξηρή καύση που έγινε σε φούρνο αποτεφρώσεως.

Για την ξηρή καύση τα αλεσμένα δείγματα τοποθετήθηκαν σε κάψες και κήκαν στους 450°C για 8 ώρες. Έπειτα παρελήφθησαν με HCl σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml. Από αυτά τα διαλύματα στην συνέχεια προσδιορίστηκαν τα στοιχεία Na και K με χρήση φλογοφωτόμετρου και ο P προσδιορίστηκε με φασματοφωτόμετρο. Τα στοιχεία Ca και Mg μετρήθηκαν ογκομετρικά με τη μέθοδο τιτλοδότησης με EDTA. Τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Cu, Zn μετρήθηκαν στην ατομική απορρόφηση και το ιχνοστοιχείο B προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της αζωμεθύνης. Οι αναλυτικές μέθοδοι που

χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn και B αναφέρονται στο παράρτημα στο τέλος της πτυχιακής εργασίας.

Για τα πειράματα ήταν απαραίτητο να χρωματιστούν οι ρίζες των φυτών, ώστε να γίνει ορατός ο μύκητας. Η βαφή αυτή έγινε με τον τρόπο που περιγράφεται αναλυτικά στο παράρτημα και σύμφωνα με τους Phillips και Hayman (1970) καθώς και με τον Sylvia (1994).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πείραμα I



Εικόνες 6 και 7. Τα πειραματικά φυτά δυόσμος και ρίγανη

Πίνακας 5. Ξηρό βάρος βλαστών, περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια, συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu) και εκατοστιαίος αποικισμός ριζών μυκορριζοφόρων και μη μυκορριζοφόρων φυτών μέντας και ρίγανης εμβολιασμένων με τον μυκορριζικό μύκητα M34 (*Glomus etunicatum*) προέλευσης «Πιέρια»

Φυτά	Μύκητ.	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Αποικι σμός%
M.viridis	M*	20,7	2,1	2,5	0,29	3,6	5,1	1,6	0,8	68,6	95,7	144,1	602,8	88,2	72
M.spicata		32,7	2,7	2,5	0,75	3,8	4,0	1,8	0,6	71,8	140,7	142,0	732,5	92,4	65
M.piperata		31,8	1,6	2,8	0,73	3,4	3,4	1,6	1,0	67,1	135,4	139,1	919,1	80,7	68
M.viridis	MM*	9,0	1,0	0,9	0,13	1,2	2,1	0,9	0,3	24,1	30,0	21,9	21,9	12,6	
M.spicata		9,3	1,4	0,8	0,15	1,2	2,2	0,7	0,3	26,5	27,2	20,2	20,2	13,2	
M.piperata		9,2	0,9	0,7	0,12	1,2	1,7	0,7	0,3	22,9	16,9	21,7	21,7	11,4	
O.onites	M	33,6	3,0	2,5	0,56	3,4	3,7	2,4	0,7	83,7	134,6	151,5	508,9	108,1	85
O.vulgare		41,5	3,4	2,4	0,77	5,7	3,0	3,9	1,0	83,0	133,4	131,1	756,7	114,6	86
O.onites	MM	8,6	1,9	0,7	0,1	1,2	1,8	0,5	0,3	19,2	21,7	18,7	136,5	9,5	
O.vulgare		8,2	1,7	0,8	0,13	1,2	1,9	0,5	0,3	24,8	20,9	23,2	94,9	10,8	

M=μυκορριζοφόρα φυτά, MM=μη μυκορριζοφόρα φυτά

Πίνακας 6. Σχέσεις M/MM όσον αφορά το ξηρό βάρος των βλαστών, την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια και τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu)

Φυτά	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm
M.viridis	2,3	2,1	2,8	2,2	3,0	2,4	1,8	2,7	2,8	3,2	6,6	27,5	7,0
M.spicata	3,5	1,9	3,3	5,0	3,2	1,8	2,6	2,0	2,7	5,2	7,1	36,3	7,0
M.piperata	3,5	1,8	3,9	6,1	2,8	2,0	2,3	3,3	2,9	8,0	6,4	42,4	7,1
O.onites	3,9	1,6	3,6	5,6	2,8	2,1	4,8	2,3	4,4	6,2	8,1	3,7	11,4
O.vulgare	5,1	2,0	3,0	5,9	4,8	1,6	7,8	3,3	3,3	6,4	5,7	5,7	10,6

Σ' αυτό το πείραμα μελετήθηκε το πώς επέδρασε ο εμβολιασμός των πειραματικών φυτών με μυκορριζικούς μύκητες στις αποδόσεις των (μετρημένο σε ξηρό βάρος των υπέργειων φυτικών τμημάτων), την ένταση του αποικισμού των ριζών, τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων (μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία) καθώς και την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια (πίνακας 5).

Συγκρίνοντας τις σχέσεις M/OM (πίνακας 6), που είναι ένα μέτρο αναφοράς για την δραστηριότητα (ή αποδοτικότητα) της μυκόρριζας παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

Η μυκόρριζα αύξησε το ξηρό βάρος των βλαστών. Στην μέντα μετρήθηκαν αυξήσεις έως και 3,5 φορές στις *M. spicata* και *M. piperata* και μόνον 2,3 φορές στη *M. viridis*. Στη ρίγανη μετρήθηκαν αυξήσεις από 4 (*O. onites*) έως 5 (*O. vulgare*) φορές. Στην περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέρια έλαια διαπιστώθηκε ότι τα μυκορριζοφόρα φυτά συνέθεσαν περισσότερα έλαια συγκριτικά με τα μη μυκορριζοφόρα (φυτά μάρτυρες). Οι σχέσεις M/MM κυμάνθηκαν από 1,6 (*O. onites*) έως 2,1 (*M. viridis*) φορές.

Από τις μικροσκοπικές αναλύσεις των ριζών διαπιστώθηκε αποικισμός που κυμαίνονταν από 58% έως 79%. Οι ρίζες της ρίγανης αποικίστηκαν συγκριτικά με τη μέντα ισχυρότερα (σε ποσοστό περίπου 86%) κατά Μ.Ο.

Στα μακροστοιχεία (πίνακας 6) παρατηρείται τριπλασιασμός της απορρόφησης του N από τα μυκορριζοφόρα φυτά. Αύξηση στην απορρόφηση του P κατά 6 φορές (με εξαίρεση της *M. viridis*), του Na κατά 2 περίπου φορές και του Mg κατά 2-3 φορές παρατηρήθηκε επίσης από τα μυκορριζοφόρα φυτά, συγκριτικά με τα φυτά μάρτυρες. Στην πρόσληψη του K έχουμε τριπλασιασμό από τα εμβολιασμένα φυτά των τριών ποικ. μέντας και από την *O. onites* και 5πλασιασμό από την *O. onites*. Στην πρόσληψη Ca μετρήθηκαν αυξήσεις κατά 2 περίπου φορές στην μέντα και κατά 5 έως 8 φορές στη ρίγανη.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία από τις σχέσεις M/MM φαίνεται ότι τα μυκορριζοφόρα φυτά ρίγανης προσέλαβαν περισσότερο B, Zn και Cu, αλλά λιγότερο Fe συγκριτικά με τα μυκορριζοφόρα φυτά μέντας. Η πρόσληψη του Mn ήταν από 6 έως 8 φορές υψηλότερη στα εμβολιασμένα με μυκορριζικούς μύκητες φυτά.

Πείραμα II

Εικόνες 8-12. Τα πειραματικά φυτά πελαργόνιο, δίκταμο, λεβάντα, λεβαντίνι και φασκόμηλο





Πίνακας 7. Ξηρό βάρος βλαστών, περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια, συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu) και εκατοστιαίος αποικισμός ριζών μυκορριζοφόρων και μη μυκορριζοφόρων φυτών λεβαντίνι, φασκόμηλου, λεβάντας, πελαργονίου και δικτάμου εμβολιασμένων με τον μυκορριζικό μύκητα M6 (*Glomus lamellosum*) προέλευσης «Πιέρια»

Φυτό	Μύκη τας	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Αποικι σμός%
<i>S. chamaecypa</i>	M*	42,5	0,8	2,7	0,86	3,5	4,0	1,5	0,7	58,0	122,4	167,5	560,5	59,2	38
<i>S. officinalis</i>		25,6	1,2	2,7	0,79	3,55	3,1	1,9	0,7	62,6	128,8	157,1	499,8	56,8	83
<i>L. officinalis</i>		39,6	2,2	2,5	0,74	1,9	2,9	1,5	0,6	76,4	110,1	167,2	837,7	46,5	52
<i>P. geranium</i>		51,7	4,3	2,7	0,63	1,8	2,9	1,9	0,7	70,2	121,2	176,4	568,0	56,4	64
<i>O. dictamus</i>		33,7	5,3	2,4	0,81	2,6	2,5	1,6	0,6	87,7	131,5	176,5	378,6	52,5	68
<i>S. chamaecypa</i>	MM*	14,2	0,2	0,7	0,10	1,0	1,6	0,7	0,3	21,9	26,4	19,0	104,8	42,3	
<i>S. officinalis</i>		11,3	0,7	0,6	0,11	1,1	2,1	0,7	0,4	20,5	18,5	23,8	107,6	9,2	
<i>L. officinalis</i>		18,5	1,3	0,6	0,09	1,0	2,2	0,5	0,2	18,1	20,2	20,5	88,9	8,6	
<i>P. geranium</i>		12,9	2,3	0,7	0,18	1,2	2,2	0,7	0,2	21,8	18,0	17,0	121,3	9,5	
<i>O. dictamus</i>		8,5	2,9	0,6	0,10	0,9	1,1	0,8	0,3	26,6	24,0	15,7	126,7	13,3	

M=μυκορριζοφόρα φυτά, MM=μη μυκορριζοφόρα φυτά

Πίνακας 8. Σχέσεις M/MM όσον αφορά το ξηρό βάρος των βλαστών, την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια και τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu)

Φυτά	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm
S. chamaecypa	3,0	3,4	4,0	8,6	3,3	2,5	2,3	2,5	2,6	4,6	8,8	5,3	1,3
S. officinalis	2,2	1,8	4,8	7,1	3,1	1,5	2,7	2,0	3,0	6,9	6,6	4,6	6,1
L. officinalis	2,1	1,7	3,9	8,2	1,9	1,3	3,0	2,8	4,2	5,4	8,1	9,4	5,4
P. geranium	4,0	1,8	3,9	3,5	1,5	1,3	2,8	3,0	3,2	6,7	10,3	4,6	5,9
O. dictamus	3,9	1,8	3,9	8,1	2,8	2,2	2,0	2,0	3,2	5,4	11,2	2,9	3,9

Μελετώντας αναλυτικά τα αποτελέσματα που αναγράφονται στους παραπάνω πίνακες (πίνακες 9 και 10) διαπιστώνουμε τα εξής:

Αρχικά θα γίνει αναφορά στον εκατοστιαίο αποικισμό των ριζών. Το φασκόμηλο έδειξε να είναι ο καλύτερος ξενιστής, αφού οι ρίζες του αποικίστηκαν στο 83%. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ φασκόμηλου και του μύκητα Μ6 να υπάρχει πιο εξειδικευμένη σχέση συμβίωσης, συγκριτικά με τα άλλα φυτά. Ακολουθούν τα φυτά δίκταμος και πελαργόνιο με ένταση αποικισμού 68% και 64% αντίστοιχα. Η λεβάντα αποικίστηκε στο 52% των ριζών της και στο τέλος της ιεράρχησης βρίσκουμε το λεβαντίνη που κατάφερε να αποικιστεί μόνον στο 38% των ριζών του. Έδειξε δηλαδή να έχει τη μικρότερη σχέση με τον Μ6, όσον αφορά την ικανότητά του να σχηματίζει ενδομυκόρριζα.

Συνεχίζοντας με την πρώτη στήλη, η οποία αναφέρεται στο ξηρό βάρος των φυτών, εξάγουμε το συμπέρασμα ότι ο εμβολιασμός με τον μύκητα Μ6 επέδρασε θετικά σε όλες τις περιπτώσεις. Ισχυρότερα αντέδρασαν φυτά πελαργόνιο (*Pelargonium geranium*) και τα φυτά του δικτάμου (*Oreganum dictamus*) αφού τετραπλασίασαν το ξηρό τους βάρος σε σύγκριση με τα μη εμβολιασμένα φυτά (φυτά-μάρτυρες). Στη συνέχεια ακολουθεί το φυτό λεβαντίνη (*Santolina chamaecypa*) το οποίο τριπλασίασε το ξηρό του βάρος με την επίδραση της μυκόρριζας και τέλος τα φυτά λεβάντα (*Lavandula officinalis*) και φασκόμηλο (*Salvia officinalis*) όπου αύξησαν το ξηρό τους βάρος σχεδόν στο διπλάσιο.

Όσον αφορά με την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια παρατηρούμε πως την πιο μεγάλη αντίδραση στον εμβολιασμό με τον Μ6 έδειξε το φυτό λεβαντίνη όπου και βελτιώθηκε η περιεκτικότητα της δρόγης του κατά 3,4 φορές. Στα υπόλοιπα φυτά, φασκόμηλο, λεβάντα, πελαργόνιο και δίκταμο, η περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια βελτιώθηκε σχεδόν στο διπλάσιο.

Στο τέλος θα αναφερθούμε στη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων μελετώντας τα αναλυτικά το καθένα από αυτά. Αρχίζοντας από το άζωτο (N) παρατηρούμε πως η περιεκτικότητα του αυξήθηκε περισσότερο στο φασκόμηλο, αφού η συγκέντρωσή του σχεδόν 5πλασιάστηκε. Στα υπόλοιπα φυτά (λεβαντίνη, λεβάντα, πελαργόνιο και δίκταμο) παρατηρήθηκε 4πλασιασμός του N στο φυτικό ιστό, κατόπιν εμβολιασμού των με τον μύκητα Μ6. Η περιεκτικότητα του φωσφόρου (P) αυξήθηκε σημαντικά στα εμβολιασμένα φυτά. Η πρόσληψη του P από τα πειραματικά φυτά κυμάνθηκε από 7 (φασκόμηλο) έως και 8,6 (λεβαντίνη) φορές. Στο πελαργόνιο μετρήθηκε η μικρότερη

συγκέντρωση P που ήταν μόλις κατά 3,5 φορές υψηλότερη, συγκριτικά με τα μη μυκορριζοφόρα φυτά. Τόσο στο κάλιο (K) και στο νάτριο (Na), όσο και στο ασβέστιο (Ca) και στο μαγνήσιο (Mg), η ενδομυκώριζα επέφερε ήπιες αυξήσεις αυτών των στοιχείων στα πειραματικά φυτά που κυμαίνονταν μεταξύ 1,5 και 3 φορές, συγκριτικά με τα μη μυκορριζοφόρα φυτά.

Σχετικά με τα ιχνοστοιχεία η πρόσληψη του βορίου (B) στα αποικισμένα φυτά αυξήθηκε από 2,6 φορές στο λεβαντίνι έως 4,2 φορές στη λεβάντα. Η πρόσληψη του ψευδαργύρου (Zn) όπως φαίνεται και στον πίνακα, αυξήθηκε στα εμβολιασμένα φυτά από 4,6 φορές στο λεβαντίνι έως 6,9 φορές στο φασκόμηλο. Η πρόσληψη του μαγγανίου (Mn) στα φυτά που εμβολιάστηκαν με το μύκητα M6 8πλασιάστηκε στα φυτά λεβαντίνη και λεβάντα, 10πλασιάστηκε στο φυτό περλαργόνιο και 11πλασιάστηκε στο δίκταμο. Σχετικά αδύναμα αντέδρασε στον εμβολιασμό το φασκόμηλο, στον ιστό του οποίου μετρήθηκε αύξηση σε μαγγάνιο μόνον κατά 6,6 φορές. Στην πρόσληψη του σιδήρου ((Fe) διαπιστώθηκαν αυξήσεις στα εμβολιασμένα φυτά που κυμαίνονταν από 2,9 (δίκταμο) έως 9,4 (λεβάντα) φορές, συγκριτικά με τα μη εμβολιασμένα. Στο τέλος αναφερόμαστε στο χαλκό (Cu), όπου η πρόσληψή του από τα εμβολιασμένα φυτά αυξήθηκε από 1,3 (λεβαντίνι) έως 6,1 (φασκόμηλο) φορές.

Πείραμα III





Εικόνες 13-16. Τα πειραματικά φυτά ρίγανη και μέντα

Πίνακας 9. Ξηρό βάρος βλαστών, περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια, συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu) και εκατοστιαίος αποικισμός ριζών μυκορριζοφόρων και μη μυκορριζοφόρων φυτών ρίγανης και μέντας εμβολιασμένων με 3 διαφορετικά στελέχη μυκορριζικών μυκήτων

Φυτά	Μύκητ.	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Αποικι σμός%
O. onites	M34	30,6	4,0	2,6	0,73	5,0	3,6	1,9	0,7	77,7	116,0	187,6	509,0	73,0	78
	M6	35,7	4,3	2,8	0,91	3,7	3,8	1,7	0,7	80,7	82,3	140,5	605,0	87,6	78
	M19	28,4	3,0	2,5	0,59	6,7	3,8	1,5	0,5	60,2	48,6	122,9	368,0	56,2	77
	MM	7,5	2,3	0,6	0,10	1,1	1,6	0,6	0,2	21,2	19,5	20,9	21,8	7,6	-
M. viridis	M34	25,4	2,7	2,7	0,29	2,4	6,1	2,0	0,7	63,0	93,3	180,6	893,3	65,2	70
	M6	23,6	2,6	2,5	0,3	2,1	5,7	1,7	0,7	60,8	67,2	167,5	735,0	71,9	71
	M19	17,3	1,9	1,5	0,28	1,8	3,6	4,7	0,8	58,0	55,2	152,6	422,0	49,6	70
	MM	8,1	1,0	0,6	0,09	0,8	1,5	0,7	0,2	18,6	17,9	21,3	20,0	8,6	-

M=μυκορριζοφόρα φυτά, MM=μη μυκορριζοφόρα φυτά

Πίνακας 10. Σχέσεις M/MM όσον αφορά το ξηρό βάρος των βλαστών, την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια και τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων (P, K, Na, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu)

Φυτά	Μύκητ.	Ξ.Β. g	Αιθέρ. Έλαια	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %	B ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm
O. onites	M34/MM	4,1	1,7	4,1	7,3	4,8	2,3	3,2	3,7	3,7	5,9	9,0	23,3	9,6
	M6/MM	4,8	1,9	4,5	9,1	3,6	2,4	2,8	3,6	3,8	4,2	6,7	27,8	11,5
	M19/MM	3,8	1,3	3,9	5,9	6,5	2,4	2,5	2,4	2,8	2,5	5,9	16,9	7,4
M. viridis	M34/MM	3,1	2,8	4,8	3,2	2,9	4,1	2,9	3,7	3,4	5,2	8,5	44,7	7,6
	M6/MM	2,9	2,7	4,4	3,3	2,6	3,8	2,5	3,5	3,3	3,8	7,9	36,8	8,4
	M19/MM	2,1	2,0	2,6	3,1	2,2	2,4	6,7	4,1	3,1	2,1	7,2	21,1	5,8

Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι στα φυτά ρίγανης που χρησιμοποιήθηκαν οι μύκητες M_6 (*Glomus etunicatum*, προέλευσης Πιερία), M_{16} (*Glomus lamellosum*) και M_{34} (*Glomus etunicatum* προέλευσης Χορτιάτη), τα φυτά είχαν τέσσερις (4) φορές περίπου καλύτερη απόδοση στο ξηρό βάρος, σε σχέση με τα MM.-φυτά.(φυτά-μάρτυρες). Στα φυτά μέντας (*Mentha viridis*) που χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι μύκητες, τα φυτά είχαν απόδοση από 2-3 φορές καλύτερη σε σύγκριση με τα MM.-φυτά. Άρα η ρίγανη αντέδρασε ισχυρότερα στον εμβολιασμό με τους μυκορριζικούς μύκητες σε σχέση με τη μέντα.

Ο αποικισμός στις ρίζες της ρίγανης κυμάνθηκε από 74-82% και στη μέντα από 68- 73%. Τα αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων έδειξαν ότι στη μέντα ο μύκητας επέδρασε με υπερδιπλασιασμό ελαίων, ενώ στη ρίγανη η αύξηση που επήλθε ήταν της τάξεως 1,3 έως 1,9 φορές.

Η απορρόφηση φωσφόρου ήταν ανάλογη της δραστηριότητας των μυκορριζικών μυκήτων. Προκύπτει πως τα φυτά ρίγανης συγκέντρωσαν περισσότερο φώσφορο, αλλά το φυτό δεν μπόρεσε να τον αξιοποιήσει, γιατί κάποιοι παράγοντες, οι οποίοι δεν μελετήθηκαν στο παρόν πείραμα δεν άφησαν το φυτό. Η συγκέντρωση ιχνοστοιχείων αυξήθηκε στη ρίγανη, σε σχέση με τη μέντα που τριπλασιάστηκε.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι τρεις εξετασθέντες μύκητες είχαν παράλληλη αλλά όχι ταυτόσημη δραστηριότητα.

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τις αναλύσεις και μετρήσεις που έγιναν στα φυτά και από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους πίνακες οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι τα εμβολιασμένα φυτά, έχουν πολύ καλύτερες αποδόσεις από αντίστοιχα φυτά που δεν συμβίωναν με ενδομυκορριζικούς μύκητες. Τα μυκορριζοφόρα φυτά έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια καθώς επίσης και αυξημένες συγκεντρώσεις σε θρεπτικά στοιχεία, είτε αυτά είναι τα βασικά θρεπτικά στοιχεία είτε τα ιχνοστοιχεία. Λόγω του ότι η μυκορριζα μόνον θετικές επιδράσεις έχει στα φυτά με τα οποία συμβιώνει, θα πρέπει οι καλλιεργητές να λαμβάνουν μέτρα που θα ευνοούν τη συμβίωση αυτή για να πετύχουν υψηλότερες αποδόσεις. Μέσω μυκορριζας μειώνεται ή και καταργείται η φωσφορική λίπανση που είναι πολύ δαπανηρή, κάτι που είναι προς όφελος της τσέπης του παραγωγού. Επιπλέον με την μείωση ή και κατάργηση της φωσφορικής λίπανσης συμβάλουμε και στην προστασία του περιβάλλοντος γιατί μειώνεται ή και μηδενίζεται ο ευτροφισμός των υπόγειων και λιμναίων υδάτων από φωσφορικά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A. Αναλύσεις εδάφους

α) Μηχανική ανάλυση (μέθοδος Βουγιούκου)

Χρησιμοποιήσαμε: ζυγό ακριβείας, πυκνόμετρο, ηλεκτρικό αναδευτήρα, θερμομέτρο υγρών, κυλίνδρους καθίζησης, μεταλλικό ποτήρι, εξαμεταφωσφορικό νάτριο (NaPO_3)₆.

Ζυγίσαμε 50 gr εδάφους και τα τοποθετήσαμε στο μεταλλικό ποτήρι με 20 ml (NaPO_3)₆ και προσθέσαμε μέχρι τη μέση απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε το ποτήρι στον ηλεκτρικό αναδευτήρα και το αφήσαμε για πέντε λεπτά. Μετά ρίξαμε το μίγμα σε ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 ml και προσθέσαμε νερό μέχρι τη χαραγή (το ποτήρι πρέπει να καθαριστεί τελείως ώστε να μην υπάρχουν καθόλου υπολείμματα του μίγματος. Αναδευούμε με μια ράβδο το περιεχόμενο του κυλίνδρου και αμέσως βυθίζουμε το πυκνόμετρο για 40 δευτερόλεπτα κι έτσι παίρνουμε την πρώτη μέτρηση 15g/L. Επίσης με το θερμομέτρο παίρνουμε την θερμοκρασία που ήταν 19,5°C. Αφήνουμε σε ηρεμία για 2 ώρες τον ογκομετρικό κύλινδρο και όταν περάσει αυτό το χρονικό διάστημα βυθίζουμε ξανά το πυκνόμετρο, το οποίο μας δείχνει αυτή τη φορά 0,2g/L.

Τις ενδείξεις του πυκνομέτρου θα τις διπλασιάσω επειδή ζυγίσαμε 50 g εδάφους.

Η πρώτη ένδειξη δείχνει την ποσότητα ιλύος και αργίλου: $15\text{g/L} * 2 = 30\text{g/L}$.

Η δεύτερη ένδειξη δείχνει την ποσότητα της αργίλου: $0,2\text{g/L} * 2 = 0,4\text{g/L}$.

Η ποσότητα της άμμου βρίσκεται αν αφαιρέσω απ' το 100 τις ποσότητες αργίλου και ιλύος. Άρα σ' αυτήν την περίπτωση έχουμε: ιλύς 29,6g/L, άργιλος 0,4g/L και άμμος 70g/L. Την κατηγορία στην οποία ανήκει το έδαφος μας βρίσκουμε από τον οδηγό τριγωνικών συντεταγμένων (USDA). Κάθε πλευρά έχει διαβαθμισμένο ένα κλάσμα, της αργίλου, της ιλύος και της άμμου, ενώ σε κάθε πλευρά σημειώνουμε τα αποτελέσματα που βρήκαμε για το καθένα αντίστοιχα. Αυτό το σημείο που αντιστοιχεί στην ποσότητα αργίλου φέραμε παράλληλη προς την πλευρά της άμμου. Στο σημείο που τέμνονται οι δυο ευθείες φαίνεται η κατηγορία υφής του εδάφους που στην περίπτωση μας είναι αμμοπηλώδες (SL) και ανήκει στα μέσα εδάφη.

β) Μέτρηση υγρασίας του εδάφους (κλασική μέθοδος)

Για την μέθοδο της μέτρησης χρησιμοποιήσαμε τα εξής: ζυγός ακριβείας, πυριατήριο και μεταλλικό κουτί με καπάκι.

Ζυγίσαμε στο ζυγό ακριβείας 10 g εδάφους και τα τοποθετώ στο κουτί με το καπάκι που ζυγίζουν 39,22. Όλα μαζί ζυγίζουν 49,22g. Έπειτα τα βάζουμε στο πηριαντήριο στους 105°C για 24 ώρες. Μετά από 24 ώρες τα βγάλαμε και αφού πήρε τη θερμοκρασία δωματίου τα ζυγίσαμε πάλι και η νέα μέτρηση που πήραμε ήταν 48,10g. Το ποσοστό υγρασίας βγαίνει εφ' όσον αφαιρέσουμε απ' το υγρό βάρος το ξερό και το διαιρέσουμε

με το ξερό και τέλος αυτό που θα βρούμε το πολλαπλασιάζουμε με 100. Σ' αυτή την περίπτωση έχουμε:

$$Y\% = (49,22 - 48,10) / 48,10 * 100 = 2,3\%$$

Ο συντελεστής διόρθωσης είναι $100 / (100 - 2,3)$ άρα περίπου ίσον με 1. Για να είναι ακριβή τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα πρέπει να τα πολλαπλασιάσουμε με το συντελεστή διόρθωσης, δηλαδή το 1.

γ) Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Χρησιμοποιήσαμε ζυγό ακριβείας, πλαστικά μπόλκια, προχοΐδα με απιονισμένο νερό, αντλία κενού, πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο.

Για τη δημιουργία πάστας ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία κατά την οποία ζυγίσαμε 100gr εδάφους και τα βάλουμε στο πλαστικό μπολ. Ρίχνουμε στο έδαφος νερό από την προχοΐδα μέχρι να φτάσει στο σημείο κορεσμού. Έπειτα με την τεχνική διήθησης της πάστας και τη βοήθεια της αντλίας κενού πήραμε το εκχύλισμα στο οποίο διηθήσαμε το πεχάμετρο και το αγωγιμόμετρο και βρήκαμε αντίστοιχα 6,5 σε θερμοκρασία 21,1 °C και 0,82 mSiemens.

δ) Μέτρηση ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃)

Χρησιμοποιήθηκαν : ζυγός ακριβείας, κωνική φιάλη, μικρός κύλινδρος, ασβεστόμετρο Bernard, HCL 4N

Παίρνουμε μια μικρή ποσότητα εδάφους, τη βάζουμε σ' ένα χαρτάκι και ρίχνουμε HCL. Ανάλογα με το πόσο θα αφρίσει παίρνω από 1 έως 10g εδάφους για την ανάλυση. Εμείς πήραμε ζυγίσαμε 8 g εδάφους. Έπειτα τα βάλουμε σε κωνική φιάλη και ρίξαμε λίγο απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια γέμισα τον μικρό κύλινδρο με HCL και με τη βοήθεια μιας τσιμπίδας το τοποθετήσαμε στον πάτο της κωνικής φιάλης. Μετά μεταφέραμε την κωνική φιάλη στο ασβεστόμετρο, την κλείσαμε με ένα πώμα και την ανακινήσαμε ελαφρά μέχρι να πάρουμε την μέτρηση, που ήταν 2ml.

Τελικά το σύνολο των ανθρακικών αλάτων ή το Ισοδύναμο CaCO₃ υπολογίζεται ως εξής: $2/8 * 0,0044 * 100 = 0,11\%$

ε) Μέτρηση οργανικής ουσίας

Χρησιμοποιήθηκαν : ζυγός ακριβείας, απαγωγός εστία, κωνικές φιάλες, ογκομετρικοί κύλινδροι, προχοΐδα, διχρωμικό κάλι (K₂Cr₂O₇)1N, πυκνό θειικό οξύ (H₂SO₄), πυκνό φωσφορικό οξύ (HPO₃), δείκτης διφαινυλαμίνης, θειικός σίδηρος (FeSO₄) 0.5N

Ζυγίσαμε 1g εδάφους και το τοποθετήσαμε στην κωνική φιάλη μαζί με 10ml διχρωμικού καλίου. Στην απαγωγό εστία προσθέσαμε 20ml θειικού οξέος και ανακινήσαμε καλά. Το αφήσαμε σε ηρεμία για μισή ώρα. Μετά προσθέσαμε απιονισμένο νερό, το δείκτη και γίνεται η ογκομέτρηση με το θειικό σίδηρο που βρίσκεται στην προχοΐδα. Καταναλώσαμε 23,7ml θειικού σιδήρου.

Εν τω μεταξύ έχουμε κάνει και ένα λευκό προσδιορισμό με τον ίδιο τρόπο, χωρίς να υπάρχει όμως έδαφος μέσα στην κωνική φιάλη και καταναλώθηκαν 27,8ml θειικού σιδήρου.

Άρα:

$$N_2 = N_1 \cdot V_1 / V_2 = 1 \cdot 10 / 27,8 = 0,36N$$

$$\delta = 23,7 \cdot N_2 = 23,7 \cdot 0,36 = 8,5$$

$$\text{οργανικός άνθρακας \%} = (10 - 8,5) \cdot 0,3 / 1 \cdot 1,32 = 0,6\%$$

στ) Μέτρηση εναλλακτικών ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} (μέθοδος οξικού αμμωνίου)

Για να μπορέσουμε να κάνουμε τις μετρήσεις Ca^{2+} - Mg^{2+} - K^+ - Na^+ κάνουμε πρώτα τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου για να φτιάξουμε το εκχύλισμα. Ζυγίζουμε 5g εδάφους και 100ml οξικό αμμώνιο σε κωνική φιάλη των 250 ml. Τοποθετούμε την κωνική στη συσκευή ανακίνησης για μισή ώρα. Μετά διηθούμε και στο εκχύλισμα που παίρνουμε κάνουμε τις μετρήσεις.

Μέτρηση ασβεστίου (Ca)

Χρησιμοποιήθηκαν : σιφόνια, κωνική φιάλη, προχοΐδα, απιονισμένο νερό, εκχύλισμα οξικού αμμωνίου, υδροξείδιο του νατρίου NaOH, υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, τριαιθανολαμίνη, δείκτη Calcon και EDTA 0,01N.

Πήραμε με το σιφόνιο 5 ml εκχυλίσματος και το μεταφέραμε στην κωνική φιάλη. Προσθέσαμε 2ml NaOH και περίπου 100 ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια ρίξαμε 10 σταγόνες υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, 10 σταγόνες τριαιθανολαμίνη και λίγο δείκτη Calcon. Το χρώμα του διαλύματος έγινε ροζ. Τέλος αφού είχαμε γεμίσει την προχοΐδα με EDTA κάναμε την ογκομέτρηση. Μέχρι να αλλάξει το χρώμα σε μπλε καταναλώσαμε 1,9ml EDTA.

Άρα έχουμε 7,6meq Ca^{2+} /100gr εδάφους.

Μέτρηση ασβεστίου (Ca) + μαγνησίου (Mg)

Χρησιμοποιήθηκαν : σιφόνια, κωνική φιάλη, προχοΐδα, απιονισμένο νερό, εκχύλισμα οξικού αμμωνίου, χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl), υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, τριαιθανολαμίνη, σιδηροκυανιούχο κάλιο, δείκτη EBT και EDTA 0,01N.

Πήραμε με το σιφόνιο 5 ml εκχυλίσματος και το μεταφέραμε στην κωνική φιάλη. Προσθέσαμε 10ml NH_4Cl και περίπου 100 ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια ρίξαμε 10 σταγόνες υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, 10 σταγόνες τριαιθανολαμίνη, 10 σταγόνες σιδηροκυανιούχο κάλιο και λίγο δείκτη EBT. Το χρώμα του διαλύματος έγινε ροζ. Τέλος αφού είχαμε γεμίσει την προχοΐδα με EDTA κάναμε την ογκομέτρηση. Μέχρι να αλλάξει το χρώμα σε μπλε καταναλώσαμε 2,1ml EDTA.

Άρα έχουμε 8,4 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ / 100gr εδάφους.

Τέλος η ποσότητα του Mg^{2+} είναι $8,4-7,6=0,8$ meq/100gr εδάφους.

ζ) Μέτρηση Φωσφόρου (μέθοδος όξινου ανθρακικού νατρίου, $NaHCO_3$)

Για να μπορέσουμε να κάνουμε τη μέτρηση του φωσφόρου κάναμε πρώτα τη μέθοδο όξινου ανθρακικού νατρίου.

Ζυγίζουμε 5gr εδάφους και 100ml $NaHCO_3$ και μεταφέρουμε σε κωνική φιάλη των 250ml. Στην κωνική βάζουμε και λίγο άνθρακα λόγω ύπαρξης οργανικής ουσίας. Τοποθετούμε την κωνική φιάλη στη συσκευή ανακίνησης για μισή ώρα. Μετά διηθούμε και το εκχύλισμα που πήραμε το χρησιμοποιήσαμε για να κάνουμε την μέτρηση φωσφόρου. Πριν πάμε το εκχύλισμα στο φασματοφωτόμετρο κάνουμε μία αραιώση.

Η ένδειξη του οργάνου είναι $0,219\text{mg/kg PO}_4$.

Άρα έχουμε $0,7\text{mg/kg P}$.

B. Αναλύσεις φυτικού ιστού

α) Μέτρηση ασβεστίου (Ca)

Χρησιμοποιήθηκαν : σιφόνια, κωνική φιάλη, προχοΐδα, απιονισμένο νερό, εκχύλισμα φυτικού υλικού, υδροξείδιο του νατρίου $NaOH$ 4N, υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, τριαιθανολαμίνη, δείκτη $Calcon$ και $EDTA$ 0,01N.

Πήραμε με το σιφόνιο 10 ml εκχυλίσματος και το μεταφέραμε στην κωνική φιάλη. Προσθέσαμε 2,5 ml $NaOH$ και περίπου 100 ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια ρίξαμε 10 σταγόνες υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, 10 σταγόνες τριαιθανολαμίνη και λίγο δείκτη $Calcon$. Το χρώμα του διαλύματος έγινε ροζ. Τέλος αφού είχαμε γεμίσει την προχοΐδα με $EDTA$ 0,02N κάναμε την ογκομέτρηση.

β) Μέτρηση ασβεστίου (Ca) + μαγνησίου (Mg)

Χρησιμοποιήθηκαν : σιφόνια, κωνική φιάλη, προχοΐδα, απιονισμένο νερό, εκχύλισμα φυτικού υλικού, χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl), υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, τριαιθανολαμίνη, σιδηροκυανιούχο κάλιο, δείκτη EBT και $EDTA$ 0,02N.

Πήραμε με το σιφόνιο 5 ml εκχυλίσματος και το μεταφέραμε στην κωνική φιάλη. Προσθέσαμε 10ml NH_4Cl και περίπου 100 ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια ρίξαμε 10 σταγόνες υδροχλωρική υδροξυλαμίνη, 10 σταγόνες τριαιθανολαμίνη, 10 σταγόνες σιδηροκυανιούχο κάλιο και λίγο δείκτη EBT . Το χρώμα του διαλύματος έγινε ροζ. Τέλος αφού είχαμε γεμίσει την προχοΐδα με $EDTA$ κάναμε την ογκομέτρηση. Μέχρι να αλλάξει το χρώμα σε κυανό.

γ) Μέτρηση καλίου (K)

(Σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml).

Για την μέτρηση του καλίου (K^+), έγινε μία αραιώση 5/50, στο εκχύλισμα φυτικού υλικού. Χρησιμοποιήθηκαν: ογκομετρικές φιάλες, σιφόνιο και απιονισμένο νερό. Η μέτρηση γίνεται σε φλογοφωτόμετρο προπανίου.

δ) Μέτρηση νατρίου (Na)

Για την μέτρηση νατρίου (Na^+), χρησιμοποιήσαμε το μητρικό διάλυμα της συγκέντρωσης 100 ml (Na^+)/λίτρο (διαλύθηκαν 2 gr NaCl σε νερό και συμπληρώθηκαν μέχρι ενός λίτρου. Χρησιμοποιήθηκαν τα πρότυπα διαλύματα για την μέτρηση του νατρίου (Na^+).

Η μέτρηση γίνεται σε φλογοφωτόμετρο.

ε) Μέτρηση ιχνοστοιχείων (Fe, Mn, Cu, Zn)

Για την μέτρηση του σιδήρου (Fe) και του μαγγανίου (Mn), χρησιμοποιήθηκαν: ογκομετρικές φιάλες των 50 ml., σιφόνιο των 5 ml., απιονισμένο νερό, αφού στις μετρήσεις αυτών, κάνουμε αραιώση.

Για τις μετρήσεις του χαλκού (Cu) και του ψευδαργύρου (Zn) χρησιμοποιούμε το πυκνό διάλυμα.

Οι μετρήσεις των ιχνοστοιχείων έγιναν στο φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

στ) Μέτρηση φωσφόρου (P)

Χρησιμοποιήθηκαν: σιφόνιο μετρήσεως των 2 cm³, ογκομετρικές φιάλες των 25 cm³, ογκομετρικοί κύλινδροι των 100 cm³, συσκευή ανακίνησης, 15 ml μολυβδαινικό αμμώνιο, 30ml ασκορβικό οξύ, 5ml τρυγικό καλιοαντιμόνιο, 50 ml H₂SO₄, 8 ml μείγμα οξέων.

Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων για την μέτρηση φωσφόρου. Για το αραιό διάλυμα PO₄, χρησιμοποιήθηκαν 10 ml πυκνό διάλυμα σε ογκομετρική των 250 ml και συμπληρώθηκαν ως την χαραγή με H₂SO₄.

Η μέτρηση γίνεται με χρήση φασματοφωτόμετρου.

ζ) Μέτρηση βορίου (B), (μέθοδος αζωμεθίνης)

Χρησιμοποιήθηκαν:

Γ. Μικροσκοπικές Παρατηρήσεις

α) Χρωματισμός ριζών

Η ρίζα πλένεται προσεκτικά ώστε να μην υπάρχει κανένα ξένο σώμα. Ένα μέρος της ρίζας που λήφθηκε και περιελάμβανε κομμάτια απ' όλη την ρίζα τοποθετήθηκε στον πάτο δοκιμαστικού σωλήνα, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε ειδικά πλέγματα. Το δείγμα της ρίζας καλύφθηκε με KOH 10% (10 g KOH και γεμίζουμε έως τα 100 ml σ' έναν ογκομετρικό κύλινδρο). Το αφήνουμε για 5 έως 30 min, ανάλογα με το πάχος της ρίζας. Μετά βάζουμε τους δοκιμαστικούς σωλήνες με τα stands στο πυριατήριο στους 90-95°C για 20-25 min. Όταν περάσει ο χρόνος που απαιτείται χύνουμε το KOH και ξεπλένουμε τρεις φορές με απιονισμένο νερό. Έπειτα ρίχνουμε στους σωλήνες αραιό HCL που είναι αραιωμένο με νερό σε αναλογία 1:4 (20ml HCL + 80 ml H₂O). Μετά καλύπτουμε το δείγμα της ρίζας με διάλυμα λακτοφαινόλης που να περιέχει τον δείκτη trypanblue (ή μπλε του Κογκό) και τοποθετούμε τους δοκιμαστικούς σωλήνες με τα stands εκ νέου στο πυριατήριο στους 90-95°C για 30 min. Το διάλυμα λακτοφαινόλης αποτελείται από γλυκερόλη, γαλακτικό οξύ και απιονισμένο νερό σε αναλογία 1:1:1 στο οποίο προστίθεται trypanblue σε ποσότητα που το διάλυμα λακτοφαινόλης να είναι περιεκτικότητας 0,5%.

Όταν ολοκληρωθεί η βαφή των ριζών βάζουμε το περιεχόμενο σε τριβλία, τα τοποθετούμε σε αντικειμενοφόρους πλάκες, τις σκεπάζουμε με καλυπτρίδες και μελετάμε τον αποικισμό των ριζών, από τους μικρορριζικούς μύκητες, στο μικροσκόπιο.

Δ. Παραδείγματα ασκήσεων για τον υπολογισμό των στοιχείων Ca, Mg, P στο έδαφος και στο φυτικό ιστό

α) Υπολογισμός του ασβεστίου (Ca)

Για το έδαφος έχει αναφερθεί πως μέχρι την αλλαγή του χρώματος καταναλώθηκαν 1,9 ml EDTA.

Άρα έχουμε: 1,9 ml EDTA 0.01N

0,019 meq Ca²⁺ σε 5 ml εκχυλίσματος

0.38 meq Ca²⁺ σε 100 ml εκχυλίσματος

0.38 meq Ca²⁺ σε 5 gr εδάφους

Άρα : Σε 5 gr εδάφους έχουμε 0.38 meq Ca²⁺

Σε 100 gr εδάφους έχουμε X meq Ca²⁺

$X = 100 \cdot 0,38 / 5$

$X = 7,6 \text{ meq Ca}^{2+} / 100 \text{ gr εδάφους}$

1 meq Ca²⁺ περιέχει 20 mgr

7,6 meq Ca^{2+} περιέχουν X mgr

$X = 152 \text{ mgr} / 1000 \text{ gr}$ εδάφους

$X = 152 \text{ ppm } \text{Ca}^{2+}$

Για το φυτικό υλικό έστω ότι καταναλώθηκαν 2,9 ml EDTA.

Άρα έχουμε: 2,9 ml EDTA 0.02N

0,058 meq Ca^{2+} σε 5 ml διαλύματος

1,16 meq Ca^{2+} σε 100 ml διαλύματος

1,16 meq Ca^{2+} σε 2 gr Φ.Υ.

58 meq Ca^{2+} σε 100 gr Φ.Υ.

Άρα : Το 1 meq Ca^{2+} έχει 20mgr

Τα 58 meq Ca^{2+} έχουν X mgr

$X = 1160 \text{ mgr} / 100 \text{ gr } \Phi.Υ.$

$X = 1,16\% \text{ Ca}^{2+}$

β) Υπολογισμός του ασβεστίου και του μαγνησίου (Ca + Mg)

Για το έδαφος έχει αναφερθεί πως μέχρι την αλλαγή του χρώματος καταναλώθηκαν 2,1 ml EDTA.

Άρα έχουμε: 2,1 ml EDTA 0.01N

0,021 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 5 ml εκχυλίσματος

0.42 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 100 ml εκχυλίσματος

0.42 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 5 gr εδάφους

Άρα : Σε 5 gr εδάφους έχουμε 0.42 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

Σε 100 gr εδάφους έχουμε X meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

$X = 100 * 0,42 / 5$

$X = 8,4 \text{ meq } \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / 100 \text{ gr}$ εδάφους

$X = 8,4 \text{ meq } \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - 7,6 \text{ meq } \text{Ca}^{2+} = 0.8 \text{ meq } \text{Mg}^{2+}$

1 meq Mg^{2+} περιέχει 12 mgr

0.8 meq Mg^{2+} περιέχουν X mgr

$$X = 0,8 * 12 = 9,6 \text{ mgr} / 1000 \text{ gr εδάφους}$$

$$X = 9,6 \text{ ppm } \text{Mg}^{2+}$$

Για το φυτικό υλικό έστω ότι καταναλώθηκαν 5,1 ml EDTA.

Άρα έχουμε: 5,1 ml EDTA 0.02N

2,04 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 5 ml διαλύματος

2,04 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 100 ml διαλύματος

2,04 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 2 gr Φ.Υ.

102 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ σε 100 gr Φ.Υ.

102 meq $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - 58 meq Ca^{2+} = 44 meq Mg^{2+}

Άρα : Το 1 meq Mg^{2+} έχει 12 mgr

Τα 44 meq Mg^{2+} έχουν X mgr

$$X = 528 \text{ mgr} / 100 \text{ gr } \Phi.Υ.$$

$$X = 0,528\% \text{ } \text{Mg}^{2+}$$

γ) Υπολογισμός του φωσφόρου (P)

Για το έδαφος έχει αναφερθεί η ένδειξη οργάνου 0,219 mg/kg και έχει γίνει αραιώση 50/10= 5.

Άρα έχουμε: 0,219 mg/kg * 5 = 1,095 mg/kg PO_4

1,095 mg PO_4 / L εκχυλίσματος

0,1095 mg PO_4 / 100 ml εκχυλίσματος

0,1095 meq mg PO_4 / 5 gr εδάφους

Άρα : Σε 5 gr εδάφους έχουμε 0,1095 mg PO_4

Σε 100 gr εδάφους έχουμε X mg PO_4

$$X = 2,19 \text{ mg } \text{PO}_4 / \text{ kg εδάφους.}$$

Τελικά : Τα 95 mg PO_4 περιέχουν 31 mg P

Τα 2,19 mg PO_4 περιέχουν X mg P

$$X = 2,19 * 31 / 95 = 0,7 \text{ mg } \text{PO}_4 / \text{ kg}$$

Για το φυτικό υλικό έστω ότι η ένδειξη οργάνου είναι 1,06 και έχει γίνει αραιώση $2/100=50$.

Άρα έχουμε: $1,06\text{mg/kg} * 500 = 530 \text{ ppm PO}_4$

$530 \text{ mgr PO}_4 / \text{L εκχυλίσματος}$

$53,5 \text{ mgr PO}_4 / 2 \text{ gr Φ.Υ.}$

Άρα : Σε 2 gr Φ.Υ. περιέχονται $53,5 \text{ mgr PO}_4$

Σε 100 gr Φ.Υ. περιέχονται $X \text{ mgr PO}_4$

$X = 100 * 53,5 / 2 = 2675 \text{ mgr PO}_4 / 100 \text{ gr Φ.Υ.}$

ή $2,675 \text{ gr PO}_4 / 100 \text{ gr Φ.Υ.}$

Τελικά : Τα 95 mg PO_4 περιέχουν 31 mg P

Τα $2,675 \text{ mg PO}_4$ περιέχουν $X \text{ mg P}$

$X = 2,675 * 31 / 95 = 0,87 \% \text{ P.}$