



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

*Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής*

*Εργαστήριο Γεωργίας*

**«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

*Συστήματα ολοκληρωμένης – βιολογικής παραγωγής και πιστοποίησης»*



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

*«Επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στα χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος δύο τοπικών ποικιλιών κουκιών»*

**Κούστας Κ. Νικόλαος**

Επιβλέπων Καθηγητής: Μπιλάλης Δημήτριος

**Αθήνα 2015**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στα χαρακτηριστικά του  
ριζικού συστήματος δύο τοπικών ποικιλιών κουκιών»**

**ΚΟΥΣΤΑΣ Κ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

**Μπιλάλης Δημήτριος**

Αναπληρωτής Καθηγητής - Επιβλέπων

**Παπαστυλιανού Παναγιώτα-Θηρεσία**

Επίκουρη Καθηγήτρια - Μέλος

**Τραυλός Ηλίας**

Λέκτορας - Μέλος

**ΑΘΗΝΑ 2015**

# Περιεχόμενα

|  |           |
|--|-----------|
| Ευχαριστίες .....  | 6         |
| Περίληψη .....   | 8         |
| Summary .....  | 10        |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>   | <b>12</b> |
| 1.1 Ψυχανθή.....   | 12        |
| 1.1.1. Γενικά .....  | 12        |
| 1.1.2. Ταξινόμηση .....  | 12        |
| 1.1.3. Διατροφική αξία των ψυχανθών για τον άνθρωπο .....        | 13        |
| 1.2. Μυκόρριζα.....  | 16        |
| 1.2.1. Ορισμός .....   | 16        |
| 1.2.2. Τύποι της μυκόρριζας .....                                | 16        |
| 1.2.3. Μυκόρριζα και ψυχανθή.....                                | 19        |
| 1.2.4. Μυκόρριζα και γεωργική πρακτική.....                      | 21        |
| 1.3. Κουκιά .....  | 21        |
| 1.3.1. Γενικά .....  | 21        |
| 1.3.2. Βοτανική Ταξινόμηση.....                                  | 24        |
| 1.3.3. Αύξηση και ανάπτυξη.....                                  | 27        |
| 1.3.4. Οικολογικές απαιτήσεις .....                              | 28        |
| 1.3.5. Προϊόντα και ποιότητα αυτών .....                         | 29        |
| 1.4. Τοπικές ποικιλίες και γενετική ποικιλότητα στα κουκιά ..... | 31        |
| 1.4.1. Τοπική ποικιλία .....                                     | 31        |
| 1.4.2. Ανάγκες παραγωγής και γενετική ποικιλομορφία .....        | 32        |
| 1.4.2.1. Ανάγκες Παραγωγής .....                                 | 32        |
| 1.4.2.2. Διαθέσιμη γενετική ποικιλότητα .....                    | 33        |
| 1.4.2.2.1. Καταγωγή και προέλευση του <i>Vicia faba</i> L.....   | 33        |
| 1.4.2.2.2. Δίκτυο συλλογών.....                                  | 34        |
| 1.4.2.2.3. Διατήρηση .....                                       | 34        |
| 1.5. Βιολογική γεωργία .....                                     | 35        |
| 1.5.1. Οριοθέτηση εννοιών .....                                  | 35        |
| 1.5.2. Αρχές και Στόχοι της Βιολογικής Γεωργίας .....            | 37        |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.5.3. Η Βιολογική Γεωργία σε Ευρωπαϊκή Ένωση και Ελλάδα.....         | 38        |
| 1.5.4. Παραγωγική Διαδικασία Βιολογικής Καλλιέργειας.....             | 41        |
| 1.5.5. Οργανική Λίπανση.....  | 41        |
| 1.6. Κατεργασία και έδαφος.....                                       | 43        |
| 1.6.1. Γενικά.....  | 43        |
| 1.6.2. Κατεργασία του εδάφους και φυσικές του ιδιότητες.....          | 44        |
| 1.6.2.1. Πορώδες.....   | 44        |
| 1.6.2.2. Αντίσταση εδάφους.....                                       | 45        |
| 1.6.2.3. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων.....               | 45        |
| 1.6.3. Κατεργασία εδάφους και χημικές του ιδιότητες.....              | 46        |
| 1.6.3.1. Ποσοστό ολικού αζώτου (N) και οργανικού άνθρακα (C).....     | 46        |
| 1.6.4. Κατεργασία εδάφους και βιολογικές του ιδιότητες.....           | 47        |
| 1.6.4.1. Μικροβιακή δραστηριότητα και εκλυόμενο CO <sub>2</sub> ..... | 47        |
| 1.6.5. Κατεργασία εδάφους και φυτικά χαρακτηριστικά.....              | 48        |
| 1.6.5.1. Ριζικό σύστημα.....  | 48        |
| 1.6.5.2. Ζιζάνια.....   | 49        |
| 1.7. Σκοπός Μελέτης.....  | 49        |
| <b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>                                      | <b>50</b> |
| 2.1. Περιοχή μελέτης.....   | 50        |
| 2.2 Συλλογή του φυτικού υλικού.....                                   | 52        |
| 2.3. Πειραματικός αγρός και παρατηρήσεις.....                         | 54        |
| 2.3.1. Πειραματικό σχέδιο.....  | 54        |
| 2.3.2. Μηχανήματα εδαφοκατεργασίας.....                               | 55        |
| 2.3.3. Συστήματα εδαφοκατεργασίας.....                                | 55        |
| 2.3.4. Λίπανση.....   | 56        |
| 2.4. Δειγματοληψίες - προετοιμασία των δειγμάτων.....                 | 56        |
| 2.4.1. Δειγματοληψίες.....  | 56        |
| 2.4.2. Προετοιμασία των δειγμάτων.....                                | 57        |
| 2.5. Προσδιορισμός εδαφικών παραμέτρων.....                           | 57        |
| 2.5.1. Προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους.....           | 57        |
| 2.5.1.1 Πορώδες.....  | 57        |
| 2.5.1.2. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ, MWD).....   | 58        |
| 2.5.1.3. Αντίσταση του εδάφους.....                                   | 59        |
| 2.5.2. Προσδιορισμός των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους.....           | 59        |
| 2.5.2.1. Οργανική ουσία.....  | 59        |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| 2.5.2.2             | Ολικό εδαφικό άζωτο (N)                                  | 61         |
| 2.5.2.3             | Λόγος C / N  | 62         |
| 2.5.3               | Προσδιορισμός των βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους       | 62         |
| 2.5.3.1             | Μικροβιακή δραστηριότητα / Έκλυση CO <sub>2</sub>        | 62         |
| 2.5.3.2             | Συμβιωτικές σχέσεις ριζικού συστήματος – μικροοργανισμών | 63         |
| 2.5.3.2.1           | Μυκόρριζα  | 63         |
| 2.5.3.2.2           | Αζωτοδεσμευτικά φυμάτια                                  | 64         |
| 2.6                 | Προσδιορισμός των φυτικών παραμέτρων                     | 64         |
| 2.6.1               | Πυκνότητα ριζικού συστήματος                             | 64         |
| 2.6.2               | Όγκος ριζικού συστήματος                                 | 65         |
| 2.6.3               | Μάζα ριζικού συστήματος                                  | 65         |
| 2.7                 | Στατιστική Ανάλυση                                       | 65         |
| <b>3</b>            | <b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>                                      | <b>66</b>  |
| 3.1                 | Πορώδες εδάφους  | 66         |
| 3.2                 | Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ, MWD)    | 70         |
| 3.3                 | Αντίσταση εδάφους  | 72         |
| 3.4                 | Οργανική ουσία   | 76         |
| 3.5                 | Ολικό εδαφικό άζωτο (N)                                  | 78         |
| 3.6                 | Οργανικός άνθρακας (C)                                   | 81         |
| 3.7                 | Λόγος C/N  | 84         |
| 3.8                 | Μικροβιακή δραστηριότητα / Έκλυση CO <sub>2</sub>        | 85         |
| 3.9                 | Μυκόρριζα  | 90         |
| 3.10                | Φυμάτια  | 96         |
| 3.11                | Πυκνότητα ριζικού συστήματος                             | 106        |
| 3.12                | Όγκος ριζικού συστήματος                                 | 112        |
| 3.13                | Μάζα ριζικού συστήματος                                  | 116        |
| <b>4</b>            | <b>Συμπεράσματα – Συζήτηση</b>                           | <b>121</b> |
| 4.1                 | Πορώδες (%)  | 121        |
| 4.2                 | Μυκόρριζα (%)  | 125        |
| 4.3                 | Πυκνότητα ριζικού συστήματος (mm/cm <sup>3</sup> )       | 129        |
| 4.4                 | Οργανική ουσία (%)                                       | 135        |
| 4.5                 | CO <sub>2</sub> (mg/24 <sup>h</sup> )                    | 139        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> |  | <b>141</b> |
|                     | Ξένη βιβλιογραφία  | 141        |
|                     | Ελληνική βιβλιογραφία                                    | 151        |

|  |            |
|--|------------|
| Διαδικτυακοί ιστότοποι – Χρήσιμα links ..... | 153        |
| <b>Πίνακες</b> .....                         | <b>154</b> |

## Ευχαριστίες

Με το τέλος της μεταπτυχιακής μου μελέτης σηματοδοτείται το τέλος μιας πορείας ενάμιση χρόνου όντας μεταπτυχιακός φοιτητής του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Το τέλος της μεταπτυχιακής μου φοίτησης έφθασε και έτσι θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένα πρόσωπα που με τη βοήθειά τους συνετέλεσαν στην περάτωση των σπουδών μου και της παρούσας μεταπτυχιακής μου μελέτης.

Η παρούσα μελέτη δε θα ολοκληρωνόταν χωρίς την συμβολή του επιβλέποντά μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτριου Μπιλάλη, τον οποίο δεν αρκεί να τον ευχαριστήσω απλά για την ανάθεση, επίβλεψη και διόρθωση αυτής της μελέτης. Θα ήθελα κατ' αρχήν να τον ευχαριστήσω για το γεγονός ότι πίστεψε από την αρχή στις δυνατότητές μου, με ξεχώρισε επιστημονικά από προπτυχιακό κιάλας επίπεδο και μου έδωσε την ευκαιρία να προχωρήσω αρκετά βήματα πιο μπροστά. Τον ευχαριστώ επίσης, για το φιλικό κλίμα, τις συστάσεις του και τον εγκάρδιο τρόπο για την επίλυση των όποιων προβλημάτων αντιμετώπισα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω και στα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, στον Λέκτορα Ηλία Τραυλό για την άριστη συνεργασία, προσφορά, βοήθεια την οποία μου παρείχε σε ό,τι και αν χρειάστηκα, καθώς και την προσοχή που έδειξε στο πρόσωπό μου καθ' όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μου πορείας. Θερμά ευχαριστώ για τις πολύτιμες συμβουλές και το ενδιαφέρον για την πρόοδό μου στην Επίκουρο Καθηγήτρια Παναγιώτα Παπαστυλιανού. Έπονται των ευχαριστιών μου τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας, κύριος Στυλιανός Τσιώρος και ο κύριος Κώστας Μαργαρίτης, για την προθυμία τους να βοηθήσουν στο οτιδήποτε.

Θεωρώ επίσης χρέος μου να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στον γενικό διευθυντή των Τουριστικών Επιχειρήσεων Μεσσηνίας και του Ιδρύματος «Καπετάν Βασίλης Κωνσταντακόπουλος» κύριο Ξενοφόντα Κάππα, τον κύριο Σωτήρη Τσέκα, υπεύθυνο γεωπόνο του ξενοδοχείου «Costa Navarino» και τα στελέχη του «Costa Navarino», κύριο Διονύσιο Παπαδάτο και κύριο Γεώργιο Παρασκευόπουλο για την υπομονή, την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν. Φυσικά δε μπορώ να παραλείψω τους παραγωγούς τοπικών ποικιλιών που φρόντισαν να μας φυλάξουν και να μας δώσουν το φυτικό υλικό για την διεξαγωγή του πειράματος. Τους ευχαριστώ έναν-έναν ξεχωριστά, την κυρία Σταματίνα Πουλημενέα, τον κύριο Χρυσομάλλη Γρηγόρη, τον κύριο Γαλέα Σταύρο, την κυρία

Κωνσταντίνα Μπάρκα, τον κύριο Νικόλαο Διακουμέα και τον κύριο Χριστόφορο Λαμπρινέα.

Αμέριστη στήριξη σε όλους τους τομείς και έμπνευση βρήκα στην οικογένειά μου, τον πατέρα μου Κωνσταντίνο, τη μητέρα μου Μαριάνθη και την αδελφή μου Αγγελική. Δε θα μπορούσα να παραλείψω τον παππού μου Αυγουστίνο, τη γιαγιά μου Αγγελική και φυσικά την θεία μου Δήμητρα. Τους ευχαριστώ όλους για την αγάπη, την κατανόηση και την υπομονή την οποία έδειξαν παροτρύνοντάς με να λάβω την παιδεία που επιθυμούσα.



## Περίληψη

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η επίδραση της κατεργασίας του εδάφους στα χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος δύο τοπικών Μεσσηνιακών ποικιλιών κουκιών. Επίσης εξετάστηκε η επίδραση της οργανικής λίπανσης σε συνδυασμό με την κατεργασία του εδάφους τόσο στο ριζικό σύστημα όσο και στο έδαφος. Η μελέτη αυτή έλαβε χώρα σε αγροτεμάχιο όπου ανήκει στον ξενοδοχειακό χώρο του «Costa Navarino» , στην Πύλο του Νομού Μεσσηνίας, ύστερα από παραχώρηση φυτικού υλικού το οποίο ανήκε σε ντόπιους παραγωγούς.

Οι εδαφικές παράμετροι που εξετάστηκαν και για τις δύο καλλιέργειες είναι οι εξής: το πορώδες, η Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ, MWD), η αντίσταση εδάφους, η οργανική ουσία, ο οργανικός C και το ολικό N, ο λόγος C/N. Τέλος μελετήθηκε και η μικροβιακή δραστηριότητα / έκλυση CO<sub>2</sub>.

Όσον αφορά το ριζικό σύστημα προσδιορίστηκε, η ύπαρξη και το ποσοστό της μυκόρριζας καθώς και ο αριθμός των σχηματιζόμενων φυματίων, η πυκνότητα του ριζικού συστήματος, ο όγκος και η μάζα του ριζικού συστήματος. Φυσικά υπολογίσθηκαν και οι αποδόσεις των σπόρων σε βάρος.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η ποικιλία «πλατοκούκι» έναντι της ποικιλίας «ψιλοκούκι», παρουσίασε σε ελάχιστο βαθμό την θετικότερη απόδοση και ανταπόκριση σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους.

Όσον αφορά τις εδαφικές παραμέτρους ανάμεσα στις διαφορετικού τύπου κατεργασίες, η εφαρμογή άροσης έναντι αυτής της φρέζας έδωσε τα θετικότερα αποτελέσματα. Σχετικά με τις φυτικές παραμέτρους που εξετάστηκαν η χρήση της φρέζας (ελάχιστη κατεργασία) έναντι της άροσης (συμβατικής) έδωσε τα θετικότερα αποτελέσματα, εκτός του όγκου του ριζικού συστήματος που δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Εξαίρεση αποτέλεσε και η μάζα του ριζικού συστήματος η οποία επηρεάστηκε θετικά από την εφαρμογή της άροσης και όχι από της φρέζας. Η έκλυση του CO<sub>2</sub> παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές με την εφαρμογή της άροσης.

Η εφαρμογή της οργανικής λίπανσης (κομπόστ) έναντι του μάρτυρα σημειώνει επίσης θετικές επιδράσεις σε όλες τις παραμέτρους εδαφικές και φυτικές. Η έκλυση του CO<sub>2</sub> παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στον μάρτυρα και λιγότερες με την εφαρμογή της οργανικής λίπανσης.

Συμπερασματικά, καταλήγουμε πως μειώνοντας ή αποφεύγοντας την συχνή κατεργασία του εδάφους σε συνδυασμό με την οργανική λίπανση θα μπορούσαν να

βελτιωθούν οι παράμετροι του εδάφους και του ριζικού συστήματος των καλλιεργούμενων φυτών.

Λέξεις κλειδιά: ποικιλία, κατεργασία, άροση, φρέζα, οργανική λίπανση, εδαφικές παράμετροι, ριζικό σύστημα, μυκόρριζα, πλατοκούκι, ψιλοκούκι

## Summary

In this M.Sc. thesis were evaluated the effects of soil tillage on the characteristics of the root system of two Messinian succeeding crop landraces of faba beans. Also they were evaluated the effects of Organic fertilization in combination with soil tillage on the root system and soil parameters. This study took place in an experiment field where it belongs in the hotel area of «Costa Navarino», at Pylos of Messinia, Greece after collecting seeds which belonged to local producers.

The soil parameters examined for both crops were: the porosity, the Mean Weighted Diameter aggregates (MSDS, MWD), the soil resistance, the organic matter, the organic C and the total N, the ratio C / N. Finally it was studied the microbial activity / emission of CO<sub>2</sub>.

Concerning the root system, it was determined the presence and percentage of arbuscular mycorrhizal funghi (AMF) and the number of nodules formed, also the root length density, the volume and mass of the roots. Also they were calculated the yields of the seeds in weight.

The results showed that the landrace “platokouki” versus the landrace “psilokouki” presented a positive response, but in a minimum degree, on the yield and in all the examined parameters.

About the soil parameters, between the different type of tillage treatments, the use of ploughing versus milling had the more positive results.

Concerning the root parameters that were examined , the use of milling (minimum) versus ploughing(conventional) gave positive results except the volume of root system that weren't observed any significant differences. Also an exception was the mass of the root system that was affected positively from the use of ploughing-tillage and not from the milling.

The Organic fertilization (compost) versus Control also notes positive effects in all soil and plant parameters. The release of the CO<sub>2</sub> showed higher values in control and less in organic fertilization.

Conclusively, it could be argued that reducing or avoiding frequent tillage combined with organic fertilization, could improve soil and root system parameters on the crops.

Keywords: landrace, tillage, ploughing, milling, organic fertilization, compost, soil parameters, root system, platokouki, psilokouki



# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Ψυχανθή

### 1.1.1. Γενικά

Η λέξη «ψυχανθές» ετυμολογικά προκύπτει από τα αρχικά *ψυχή* = πεταλούδα + *άνθος* (*Online* βικιλεξικό). Με περίπου 13.000 είδη, η οικογένεια των ψυχανθών είναι η δεύτερη μεγαλύτερη στο βασίλειο των φυτών. Φυτά της οικογένειας των ψυχανθών προσφέρουν τροφή, φαρμακευτικές ουσίες, λάδι, χρωστικές ουσίες. Οι λόγοι που καλλιεργούνται είναι τρεις: α) για καρπούς που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων, β) για τη παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών και γ) ως φυτά χλωρής λίπανσης.

Είναι σημαντικά φυτά έναντι άλλων καλλιεργειών διότι έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν με αρκετά ικανοποιητικό τρόπο το άζωτο της ατμόσφαιρας και έτσι εκτός από το να καλύπτονται οι ανάγκες τους σε άζωτο εξ ολοκλήρου (αποφυγή χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων – οικονομία) ή μερικώς, εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο, το οποίο χρησιμοποιεί η καλλιέργεια που θα ακολουθήσει. Η χρήση των ψυχανθών στα διάφορα συστήματα αμειψισποράς ήταν γνωστή απ' την αρχαιότητα. Υπάρχουν ιστορικές καταγραφές, όσον αφορά την αμειψισπορά, για τους Αρχαίους Έλληνες, Αιγύπτιους και Κινέζους (Παπακώστα, 2012). Από τους πρώτους Έλληνες βοτανολόγους, ο Θεόφραστος, συγκεντρώνοντας την μέχρι τότε γνώση, γράφει τον 3ο αιώνα π.Χ. ότι τα ψυχανθή αναζωογονούν το έδαφος και μάλιστα, όχι μόνο δεν εξαντλούν το χώμα αλλά αντίθετα φαίνεται ότι το λιπαίνουν (Σιδηράς, 1997).

### 1.1.2. Ταξινόμηση

Τα ψυχανθή ανήκουν στην οικογένεια *Fabaceae* (ή με τις παλιές συνώνυμες ονομασίες *Leguminosae* ή *Papilionaceae*). Η οικογένεια αυτή περιλαμβάνει γένη και είδη που είναι ετήσια ή πολυετή, ποώδη, θαμνώδη ή δενδρώδη, έρποντα ή αναρριχώμενα.

Τα κριτήρια ταξινόμησης τους είναι με βάση τη χρήση που προορίζονται, την εποχή σποράς, την αντοχή τους σε δυσμενείς συνθήκες (π.χ. η ξηρασία κ.α.). Τα ψυχανθή όμως μπορεί να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες από τις παραπάνω.

i. Ταξινόμηση με βάση τη χρήση τους. Διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες: 1) καρποδοτικά για ανθρώπινη κατανάλωση και διατροφή των ζώων, 2) χορτοδοτικά, 3) καρποδοτικά-χορτοδοτικά των οποίων χρησιμοποιείται ολόκληρο το φυτό στη διατροφή των ζώων, 4) φυτά χλωρής λίπανσης.

ii. Ταξινόμηση με βάση την εποχή σποράς. Διακρίνονται σε χειμερινά και εαρινά ψυχανθή, αντίστοιχα με την εποχή σποράς το φθινόπωρο ή την άνοιξη. Βέβαια υπάρχουν ορισμένα είδη που μπορούν να σπαρούν είτε φθινόπωρο είτε άνοιξη. Η σπορά το φθινόπωρο των ανθεκτικών ειδών στις χαμηλές θερμοκρασίες πλεονεκτεί σε σχέση με τη σπορά την άνοιξη. Η φθινοπωρινή σπορά πλεονεκτεί στο ότι: α) δεν αντιμετωπίζονται συνήθως προβλήματα καλής προετοιμασίας του εδάφους, β) το φύτρωμα γίνεται κάτω από ευνοϊκότερες συνθήκες, γ) τα φυτά αξιοποιούν αποτελεσματικότερα τις χειμερινές βροχοπτώσεις, δ) ο βιολογικός κύκλος στις μη αρδευόμενες καλλιέργειες ολοκληρώνεται πριν από την εξάντληση της υγρασίας του εδάφους και την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών. Μειονεκτεί όμως στην προσβολή, λόγω υγρασίας, από μυκητολογικές ασθένειες.

iii. Ταξινόμηση ανάλογα με τις απαιτήσεις τους για άρδευση. Ξεχωρίζουν σε αρδευόμενες και μη-αρδευόμενες. Οι μη-αρδευόμενες είναι τα χειμερινά ψυχανθή και ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο στις αρχές του θέρους. Αυτές μπορούν να αποδώσουν ικανοποιητικώς μόνο με την παρουσία βροχοπτώσεων. Στις αρδευόμενες ανήκουν τα εαρινά ψυχανθή καθώς οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του θέρους είναι πολύ περιορισμένες έως ανύπαρκτες. Τα χορτοδοτικά φυτά, όπως μηδική και τριφύλλια, μπορούν να καλλιεργηθούν χωρίς άρδευση, όμως έτσι δεν επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις. Κατά συνέπεια αρδεύονται στο μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων που καταλαμβάνουν (Παπακώστα, 2012).

### **1.1.3. Διατροφική αξία των ψυχανθών για τον άνθρωπο**

Είναι μια σημαντική καθημερινή τροφή για τους ανθρώπους σε πολλές χώρες. Τα ψυχανθή είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην Ελλάδα και παρόλο που η κατανάλωση τους έχει μειωθεί αρκετά τελευταία χρόνια, οι Έλληνες κρατούν την πρώτη θέση στην κατανάλωση οσπρίων ανάμεσα στους Ευρωπαίους. Όσον αφορά τους καρπούς των ψυχανθών, είναι πλούσιοι σε φυτικές ίνες, σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες υψηλής βιολογικής αξίας ενώ περιέχουν σίδηρο και βιταμίνες. Η υπεροχή των ψυχανθών σε πρωτεΐνες εντοπίζεται σε φύλλα και βλαστούς. Η πρωτεΐνοπεριεκτικότητα σε σχέση με

τα σιτηρά που έχουν γύρω στο 10 % , στα ψυχανθή κυμαίνεται από 20% και άνω. Επίσης περιέχουν πολλούς σύνθετους υδατάνθρακες και έχουν χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη ο οποίος υποδεικνύει πόσο γρήγορα απορροφώνται από τον οργανισμό οι υδατάνθρακες που περιέχονται σε μια συγκεκριμένη τροφή. Οι τροφές που περιέχουν σύνθετους υδατάνθρακες αυξάνουν σταδιακά στο αίμα τα επίπεδα σακχάρου και ινσουλίνης. Μια διατροφή υψηλής περιεκτικότητας σε σύνθετους υδατάνθρακες με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη μειώνει τον κίνδυνο ανάπτυξης σακχαρώδους διαβήτη τύπου β (Κάζης & Χονδρογιάννη, 2011).

Τα όσπρια αποκτούν ιδιαίτερα σημαντική παρουσία στο διατροφολόγιο των αναπτυσσόμενων χωρών αφού αντικαθιστούν τις τροφές ζωικής προέλευσης οι οποίες είναι ανεπαρκείς και έχουν υψηλό κόστος. Και στις ανεπτυγμένες χώρες όμως η συχνότερη κατανάλωση των οσπρίων έναντι του κρέατος έχει σημειωθεί ότι οφείλεται στην τάση των καταναλωτών για μια πιο υγιεινή διατροφή (μεσογειακή δίαιτα) (Παπακώστα, 2012).

Τα ρεβίθια και οι φακές είναι μια πολύτιμη πηγή ασβεστίου, απαραίτητη για έγκυες, για γυναίκες κατά την εμμηνόπαυση και για παιδιά. Οι διαλυτές φυτικές ίνες, οι οποίες περιέχουν σημαντικές ποσότητες φυλλικού οξέος και μαγνησίου είναι άπεπτες σε ποσοστό πολύ μεγαλύτερο ακόμα και από τα δημητριακά, βοηθώντας στην αποβολή του λίπους από το εντερικό σύστημα, παρέχοντας προστασία από τη δημιουργία καρκίνου του εντέρου, ενώ μια διατροφή πλούσια σε διαλυτές φυτικές ίνες συνδέεται άμεσα με τον μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιοπαθειών καθώς βοηθούν στη μείωση της χοληστερόλης (Κάζης & Χονδρογιάννη, 2011). Πλην όμως των ξηρών καρπών, καταναλώνονται υπό μορφή χλωρών λοβών ή σπερμάτων σημαντικές ποσότητες ψυχανθών (Παπακώστα, 2012).

#### Αντιοξειδωτική ικανότητα των ψυχανθών

Είναι γενικά πλούσια σε φαινολικές ενώσεις και έχουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, η οποία μπορεί να είναι ευεργετική στην πρόληψη διάφορων, σχετικών με την υγεία παθήσεων, όπως τις στεφανιαίες και καρδιαγγειακές παθήσεις (Ryszard Amarowicz *et al.*, 2010). Περιέχουν πληθώρα μικροθρεπτικών και μακροθρεπτικών στοιχείων με το υψηλό περιεχόμενο τους σε πρωτεΐνες και σε υδατάνθρακες να ξεχωρίζει. Από μελέτες φαίνεται ότι τα φαινολικά συστατικά εντοπίζονται στον φλοιό των οσπρίων (B. Dave Oomah *et al.*, 2011) και μάλιστα στις φακές βρέθηκε ότι η

κοτυληδόνα περιείχε κυρίως μη φλαβονοειδή συστατικά και μικρή αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τον φλοιό τους όπου βρέθηκε αφθονία φλαβονοειδών και εμφάνιζαν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα. Κάποιες μελέτες στηρίζουν πως η αντιοξειδωτική ικανότητα των οσπρίων οφείλεται στις υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες. Πολλές πρωτεΐνες τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών γάλακτος, όπως η β-γαλακτογλοβουλίνη και η καζεΐνη, οι πρωτεΐνες σόγιας, οι πρωτεΐνες μανιταριών, η αλβουμίνη των αυγών αναφέρθηκαν πως αναπτύσσουν αντιοξειδωτική ικανότητα. Οι πρωτεΐνες οφείλουν την αντιοξειδωτική τους ικανότητα στα αμινοξέα που τις δομούν. Παραδείγματος χάριν, η αντιοξειδωτική ικανότητα των αρωματικών αμινοξέων όπως η φαινυλαλανίνη οφείλεται στην ικανότητα τους να δίνουν πρωτόνια στις ελεύθερες ρίζες. Βέβαια, η απλή παρουσία κάποιων αμινοξέων που έχουν αντιοξειδωτική ικανότητα δεν φτάνει αφού πρέπει να βρίσκονται και στην κατάλληλη θέση μέσα στην αλυσίδα της πρωτεΐνης (Iskender Arcan et al., 2007).

Από τις υπάρχουσες μελέτες φαίνεται πως η επεξεργασία των οσπρίων επηρεάζει την αντιοξειδωτική τους ικανότητα και την περιεκτικότητά τους σε ολικά φαινολικά συστατικά. Μελετήθηκε η αντιοξειδωτική ικανότητα σε ωμά όσπρια, σε όσπρια που είχαν εμποτιστεί σε νερό και σε ψημένα όσπρια. Βρήκαν ότι η περιεκτικότητά τους σε ολικά φαινολικά (mg γαλλικού οξέος/g) στα ωμά κυμαινόταν από 3.42 έως 7.21, στα εμποτισμένα από 3.58 έως 6.94 και στα ψημένα από 4.55 έως 9.52 (Boateng J. et al., 2008). Σε δεύτερη μελέτη βρήκαν πως αυξάνοντας τον χρόνο μαγειρέματος ενισχύθηκε η διάχυση φαινολικών από τον φλοιό στο νερό και από το νερό στις κοτυληδόνες (Nuria E et al., 2007). Αντικρουόμενη μελέτη παρουσιάζει πως η αντιοξειδωτική ικανότητα μειώνεται από 63.5% σε 56.8% με την διαδικασία του μαγειρέματος (Granito M. et al., 2008).

#### Άλλα προϊόντα των ψυχανθών

Σε ορισμένα είδη όπως η σόγια και η αραχίδα, πέραν των προαναφερθέντων χρήσεων, αποτελούν σημαντικά ελαιοδοτικά φυτά σε ολόκληρο τον κόσμο.

Στα αξιολογικά ψυχανθή που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των ζώων υπάγονται η σόγια, ο βίκος, το μπιζέλι, το κουκί, το λούπινο, η μηδική, τα τριφύλλια που καταναλώνονται υπό μορφή καρπού, χλωρού χόρτου, σανού και ενσιρώματος (Παπακώστα, 2012). Τα Ψυχανθή περιέχουν επίσης ένα μεγάλο ποσό ασβεστίου και ένα ικανοποιητικό ποσό φωσφόρου που και τα δύο μαζί είναι απαραίτητα στην καλή



διατροφή των ζώων. Τέλος, τα χορτοδοτικά ψυχανθή θεωρούνται σαν καλές πηγές των Α και D βιταμινών (Δαλιάνης, 1993).

## **1.2. Μυκόρριζα**

### **1.2.1. Ορισμός**

Ο ορισμός της λέξης «μυκόρριζα» διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον *Frank* Γερμανό Βοτανικό το 1885 και εξηγεί την ιδιόρρυθμη αυτή συμβίωση ανάμεσα σε ρίζες και μύκητες. Η συμβίωση αυτή είναι τόσο ωφέλιμη για τον μύκητα όσο και για το φυτό. Ο μύκητας προσλαμβάνει από το φυτό έτοιμους τους υδατάνθρακες, ενώ το φυτό αντλεί θρεπτικά στοιχεία και νερό από τον μύκητα ή με την μεσολάβηση του. Ο μύκητας λόγω του ανεπτυγμένου μυκηλίου του εντός του εδάφους μπορεί και τα αφομοιώνει με μεγαλύτερη ευκολία. Αποτελεί ένα είδος μεσάζοντα δηλαδή ο μύκητας μεταξύ φυτού και εδάφους. Συνήθως χρησιμοποιείται για τον ίδιο τον μύκητα ο όρος μυκόρριζα, αν και αναφέρεται στο σύστημα μύκητα και ρίζας αυτότροφου οργανισμού.

Ο σχηματισμός μυκόρριζας είναι πολύ διαδεδομένο φαινόμενο σε όλες τις φυτοκοινότητες της υδρογείου και δημιουργείται στις ρίζες πάνω από τα δύο τρίτα των φυτικών ειδών (*Fitter & Moyersoen, 1996*). Παλαιοντολογικά ευρήματα δείχνουν ότι μυκόρριζες σχημάτιζαν και τα πρώτα φυτικά είδη τα οποία εμφανίστηκαν στην Γη. Πολλά είδη αυτότροφων οργανισμών, που δεν σχηματίζουν ριζικά τριχίδια ή και ρίζες, μπορούν να υπάρχουν σε ορισμένες περιοχές γιατί σχηματίζουν μυκόρριζες (*Fitter, 2005*).

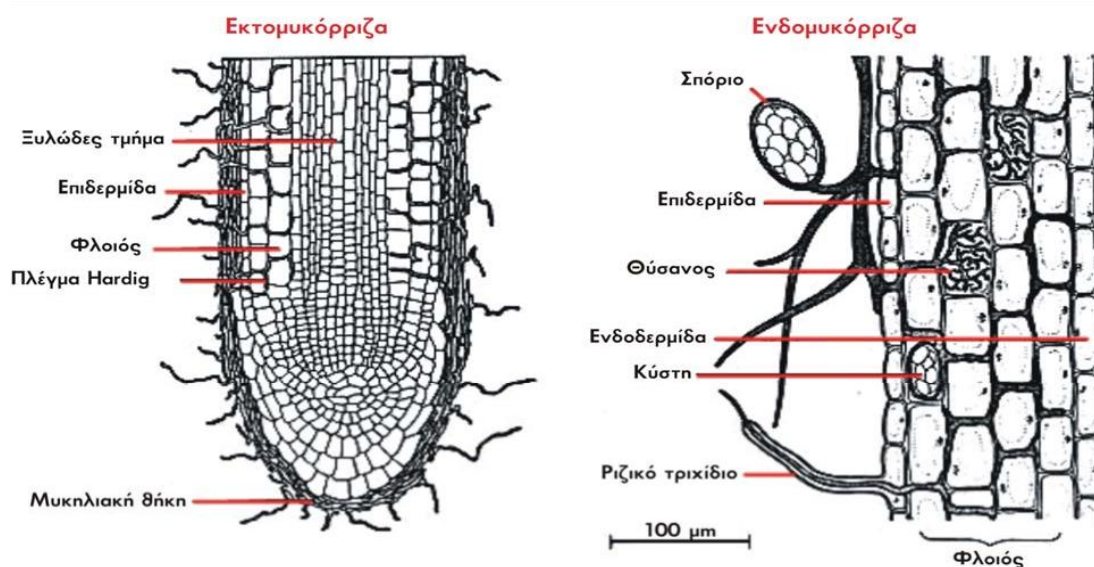
### **1.2.2. Τύποι της μυκόρριζας**

Οι μυκόρριζες διακρίνονται σε εκτομυκόρριζες και ενδομυκόρριζες (*Read, 1998*).

Οι εκτομυκόρριζες υπάρχουν σε μικρό σχετικά αριθμό φυτών, κυρίως δασικών και σχηματίζονται στις ρίζες δέντρων από έναν βασιδιομύκητα ή ασκομύκητα. Η ύπαρξή τους είναι αναγκαία για την εγκατάσταση και την επιβίωση δασικών δένδρων, και ιδιαίτερα των κωνοφόρων. Αρχικά, ο μύκητας που υποβοηθείται από τις εκκρίσεις των ριζών, σχηματίζει ένα είδος μανδύα ο οποίος περιβάλλει τα λεπτά ριζίδια.

Στη συνέχεια οι υφές, ενζυματικά, εισέρχονται μέσα στους μεσοκυττάριους χώρους και σχηματίζουν γύρω από τα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιού ένα είδος πλέγματος, που είναι γνωστό ως πλέγμα *Hartig*. Το πλέγμα αυτό είναι και το κύριο γνώρισμα αυτού του είδους της μυκόρριζας (Σχήμα 1). Οι αυξίνες παραγόμενες από τις ρίζες και τον μύκητα προκαλούν αύξηση του μεγέθους των κυττάρων των ριζιδίων.

Η ενδομυκόρριζα είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος μυκόρριζας, αφού συναντάται στα δύο τρίτα τουλάχιστον των χερσαίων φυτών και φαίνεται ότι αυτή η συμβίωση είναι η πλέον διαδεδομένη στα χερσαία οικοσυστήματα. Σε αντίθεση με την εκτομυκόρριζα, η ενδομυκόρριζα δεν σχηματίζει τον τυπικό μανδύα γύρω από τα ριζίδια, αλλά οι υφές της εισέρχονται όχι μόνο μεταξύ των κυττάρων των ριζιδίων αλλά και μέσα σε αυτά (Σχήμα 1). Αντίθετα από ό,τι συμβαίνει με την εκτομυκόρριζα, η ενδομυκόρριζα δεν προκαλεί σημαντική διόγκωση των κυττάρων των ριζικών τριχιδίων ή χαρακτηριστικές ανατομικές μεταβολές στις ρίζες. Οι ενδομυκόρριζες περιλαμβάνουν τρεις κύριους τύπους. Οι δύο είναι πολύ εξειδικευμένοι: ο ένας τύπος απαντά στα φυτικά είδη της τάξης *Ericales* και είναι ασκομύκητας, ο δε άλλος είναι βασιδιομύκητας και απαντά σε φυτά της οικογενείας *Orchidaceae*. Και στους δύο αυτούς εξειδικευμένους τύπους μυκορριζών, ο μύκητας εφοδιάζει το φυτό με άζωτο (N) και φώσφορο (P) και ενδεχομένως και με κάποια ιχνοστοιχεία. Ο τρίτος, και ο πλέον διαδεδομένος τύπος ενδομυκορριζών είναι ο θυσανοειδής (arbuscular) και στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως AMF (από τα αρχικά των λέξεων *Arbuscular Mycorrhizas Fungi*).



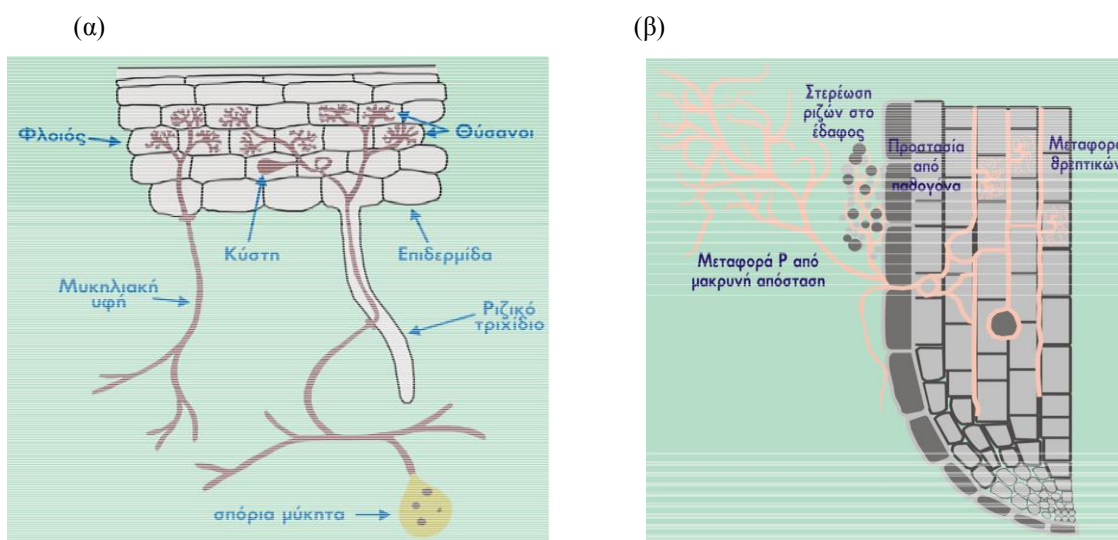
**Σχήμα 1:** Σχηματική απεικόνιση της δομής (α) της εκτομυκόρριζας και (β) της ενδομυκόρριζας (Από [biology.uwsp.edu/.../symbioses/endomyco.htm](http://biology.uwsp.edu/.../symbioses/endomyco.htm)).

## Θυσανώδεις μυκόρριζες

Οι μύκητες που σχηματίζουν τις θυσανώδεις μυκόρριζες ανήκουν στο φύλο Glomeromycota. Αυτοί συμβιώνουν υποχρεωτικά με αυτότροφους οργανισμούς, κυρίως στις ρίζες φυτών, δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε κανένα θρεπτικό υπόστρωμα χωρίς αυτές (Fitter, 2005). Η ονομασία των μυκήτων προήλθε από τον σχηματισμό θυσάνων εντός των ριζών (Σχήμα 2). Ο θύσανος είναι μια λεπτεπίλεπτη δομή με διακλαδιζόμενες υφές. Οι υφές αναπτύσσονται στο τοίχωμα κυττάρων φλοιού της ρίζας και διαπερνούν την πρωτοπλασματική μεμβράνη, δηλαδή το πλασμαλήμμα του κυττάρου, και με αυτόν τον τρόπο δημιουργούν μια αναλογικά μεγάλης επιφάνειας μεμβράνη - επαφής μεταξύ φυτού και μύκητα. Τα φωσφορικά ιόντα κινούνται από τον μύκητα προς το φυτό δια μέσου της πρωτοπλασματικής μεμβράνης, ενώ ο μύκητας προσλαμβάνει υδατάνθρακες από το φυτό (Smith *et al.*, 2001). Η ανταλλαγή αυτή μεταξύ υδατανθράκων - φωσφόρου είναι θεμελιώδης για τη συμβίωση. Υπάρχει γνώση σχετικά με το ότι πραγματοποιείται πιθανώς εδώ και 400 εκατομμύρια έτη αυτή η συμβίωση. Παλαιότερα, κυριαρχούσε η άποψη ότι όλες οι θυσανώδεις μυκόρριζες σχηματίζουν και κύστες (*vesicles*). Τα τελευταία χρόνια, όμως έχει διαπιστωθεί ότι ο σχηματισμός κύστεων δεν είναι γνώρισμα όλων των θυσανωδών μυκορριζών. Γι' αυτό οι θυσανώδεις μυκόρριζες αναφέρονταν στην αγγλική γλώσσα με την ονομασία *vesicular-arbuscular mycorrhizae* (VA *mycorrhizae*), ενώ τώρα η καθιερωμένη τους ορολογία είναι *Arbuscular Mycorrhiza Fungi* (AMF).

Με την πρώτη εγκατάσταση των φυτών σε χερσαίες περιοχές, αντιμετώπισαν ήταν το σοβαρό πρόβλημα της πρόσληψης φωσφόρου και όχι του νερού. Μάλιστα, εικάζεται ότι προήλθαν από υγρά ενδιαιτήματα (Fitter, 2005). Τα φωσφορικά ιόντα είναι δυσκίνητα λόγω του γεγονότος ότι σχηματίζουν αδιάλυτες ενώσεις με τα συχνά στο έδαφος απαντώμενα κατιόντα  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  και  $Ca^{2+}$ . Συνεπώς, το έδαφος, εβρισκόμενο σε στενή επαφή με τις ρίζες και τα ριζικά τριχίδια, πολύ γρήγορα εξαντλείται από τα θρεπτικά στοιχεία, όπως ο φώσφορος, των οποίων ο ρυθμός διάχυσης είναι χαμηλός. Ορισμένα αρχέγονα χερσαία φυτά, όπως το *Aglaophyton major*, βασιζόταν στο ελάχιστο δικτυωμένο ρίζωμα του, αφού δεν είχαν ρίζες και το οποίο ήταν ανεπαρκές για την πρόσληψη του φωσφόρου και θρεπτικών στοιχείων (Fitter, 2005). Χαρακτηριστικό είναι ότι τα απολιθώματα των φυτών αυτών, έχουν θυσάνους στα ριζώματά τους. Αυτή η γνώση, σε συνδυασμό με αποτελέσματα

μοριακών αναλύσεων, καταλήγει στο ότι η γένεση των *Glomeromycota* χρονολογείται πριν από 400 - 500 εκατομμύρια έτη (Redecker et al., 2002, Simon et al., 1993). Τα συμβιώμενα με θυσανώδεις μυκόρριζες φυτά που βρίσκονται σε κάθε έναν από τους βραχίονες του εξελικτικού δένδρου των φυτών, δείχνει ότι αυτού του τύπου η συμβίωση ήταν αναγκαία προκειμένου να αποικίσουν τα φυτά τις χερσαίες περιοχές (Nicolson 1967, Pirozynski & Malloch, 1975).



**Σχήμα 2:** Σχηματική απεικόνιση (α) της δομής της θυσανώδους μυκόρριζας (Από Lambers κ.ά. 1998) και (β) των μορφολογικών οργάνων της θυσανώδους μυκόρριζας που επιτελούν τις διεργασίες στη ριζόσφαιρα και στη ρίζα, οι οποίες είναι ωφέλιμες για το φυτό (Από Fitter 2005)

### 1.2.3. Μυκόρριζα και ψυχανθή

Τα είδη τα οποία φαίνεται να είναι αυτά που ανταποκρίνονται έντονα στην αποίκισή τους με μυκόρριζες είναι τα ψυχανθή. Το υψηλό ποσοστό αποικισμού των ψυχανθών – ιδιαίτερα σε φτωχά σε φώσφορο εδάφη – πιθανότατα οφείλεται στην δυνατότητά τους να αζωτοδεσμεύουν και καθιστά τον φώσφορο ακόμη περισσότερο περιοριστικό. Κατ' επέκταση τα ψυχανθή κατευθύνουν την εξέλιξή τους προς τη κατεύθυνση της αποτελεσματικότερης αξιοποίησης του φωσφόρου ικανοποιώντας το μέσω της ανάπτυξης συμβιώσεων με μυκόρριζες. Οι μυκόρριζες προμηθεύουν τα ψυχανθή φυτά πλην του φώσφορου, και με άλλα στοιχεία που επιδρούν στο σύστημα της αζωτοδέσμευσης, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο την συμβιωτική αποτελεσματικότητα των *Rhizobium* (ριζοβακτήρια), όπως είναι ο ψευδάργυρος, ο

χαλκός, το μολυβδαίνιο και τα ασβέστιο (*Munns & Mosse, 1980, Hayman, 1986, O'Hara et al., 1988*).

#### Λόγος αζώτου προς φωσφόρο στα φυτά

Οι μελέτες γύρω απ τη θρέψη φυτών έχει εστιάσει κυρίως στη θρέψη με άζωτο και φωσφόρο (*Aerts & Chapin, 2000*), καθώς αυτά τα δύο θρεπτικά στοιχεία είναι τα συνηθέστερα τα οποία περιορίζουν την αύξηση των φυτών υπό φυσικές συνθήκες (*Güsewell & Koerselman 2002, Koerselman & Meuleman 1996, Tessier & Reynal 2003, Vitousek & Howarth 1991*).

Οι λόγοι θρεπτικών στοιχείων έχουν χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθούν ποια από τα θρεπτικά στοιχεία είναι περιοριστικά (*Aerts et al. 1992, Ingestad, 1979*). Οι *Koerselman & Meuleman (1996)* αναφέρουν ότι ο λόγος N:P στο υπέργειο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί η περιοριστικότητα του αζώτου ή του φωσφόρου σε φυτοκοινότητες ή ατομικά φυτικά είδη. Παρόλα αυτά, υπάρχουν αντίθετες απόψεις σχετικά με το αν οι λόγοι N:P των ατομικών ειδών καθορίζονται από το ιδιαίτερο περιβάλλον στο οποίο τα είδη αυξάνονται ή από τις ειδικές φυσιολογικές απαιτήσεις που έχουν τα είδη φυτών και από το αν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι λόγοι N:P των ατομικών φυτικών ειδών για να προβλέπονται οι περιοριστικότητες αζώτου ή/και του φωσφόρου.

Ο *Tilman (1997β)* θεωρεί ότι τα φυτά έχουν την τάση να προσλαμβάνουν τα θρεπτικά στις αναλογίες που απαιτούν για την αύξησή τους και ανεξάρτητα από την αναλογία που είναι διαθέσιμα. Από την άλλη πλευρά, οι *Güsewell et al. (2003)* βρήκαν ότι ο λόγος N:P στη φυτομάζα αντικατοπτρίζει τις αναλογικές ποσότητες αζώτου και φωσφόρου που είναι διαθέσιμες στα φυτά, όπως είχαν προτείνει οι *Koerselman & Mauleman (1996)*. Αυτό οδηγεί στο να συσχετίζονται σημαντικά οι παραλλακτικότητες των λόγων N:P των ατομικών φυτών με τους λόγους N:P του συνόλου της φυτοκοινότητας (*Braakhekke & Hoofmann, 1999, Roem & Berendse, 2000*). Άλλες εργασίες με παρόμοια αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν τα προηγούμενα αποδεικνύουν (*Bedford et al. 1999, Garten 1976, Grime et al. 1997, Güsewell & Koerselman 2002, Mamolos et al. 2005, Thompson et al. 1997*) ότι οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου ατομικών φυτικών ειδών τείνουν να συσχετίζονται θετικά.

Βέβαια, υπάρχουν κάποιοι παράγοντες οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν

αυτή τη συσχέτιση και να αυξήσουν την τυχαία παραλλακτικότητα, δηλαδή του σφάλματος, ακόμη κι αν οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου συσχετίζονται θετικά.

Τα ψυχανθή, αναμένεται να έχουν περισσότερο άζωτο λόγω του ότι συλλέγουν και από μια δεύτερη πηγή αζώτου, την ατμόσφαιρα. Από την άλλη όμως, φυτικά είδη τα οποία σχηματίζουν μυκόρριζες αναμένεται να περιέχουν αναλογικά περισσότερο φώσφορο. Κι αυτό διότι οι μυκόρριζες αξιοποιούν αποτελεσματικότερα τον φώσφορο. Αξίζει να αναφερθεί πως, η τυχαία παραλλακτικότητα μπορεί να διευρυνθεί διότι είναι συχνά διαφορετική η κατανομή των ριζών των φυτικών ειδών με το βάθος του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να προσλαμβάνουν τα θρεπτικά στοιχεία στα διάφορα βάθη και, κατά συνέπεια, σε διαφορετικές αναλογίες.

#### **1.2.4. Μυκόρριζα και γεωργική πρακτική**

Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η ποικιλομορφία της μυκόρριζας ενισχύεται με τη βιολογική γεωργία ως σύστημα διαχείρισης μιας καλλιέργειας έναντι της συμβατικής γεωργίας. Οι πληθυσμοί της μυκόρριζας ήταν πιο πλούσιοι και πιο ποικιλόμορφοι σε σημείο που να ομοιάζουν με αυτούς τους πληθυσμούς που συναντώνται σε ημιφυσικούς, αδιατάραχτους από τον άνθρωπο, λειμώνες. Επιπλέον, έχει προκύψει πως η αφθονία πληθυσμών μυκόρριζας αυξήθηκε σημαντικά από τη μετάβαση μιας καλλιέργειας από συμβατική σε βιολογική.

Κατά συνέπεια, η μυκόρριζα και ο λειτουργικός της ρόλος μπορεί να έχει θετικό πρόσημο στις επιπτώσεις του οικοσυστήματος, κατ'έκταση στο περιβάλλον και στην αειφορική διαχείριση (Vebruggen & Roling, 2010).

### **1.3. Κουκιά**

#### **1.3.1. Γενικά**

Τα κουκιά ανήκουν στο γένος *Vicia* και το επιστημονικό τους όνομα είναι *Vicia faba* L.. Τα κουκιά αναφέρονται απ 'τον Όμηρο ως «κύαμοι», ονομασία που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στη χώρα μας. Επίσης αναφορά γίνεται από τον Θεόκριτο και το Θουκυδίδη.

Έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες ταξινομήσεις των κουκιών.

A. Σύμφωνα με τον Duc ( 1997 ) διακρίνονται τέσσερις κυρίως ομάδες:

**1. *Vicia faba major*:** Μεγαλόσπερμοι τύποι, με βάρος 1000 σπόρων μεγαλύτερο από 1 Kg. Αναπτύχθηκαν στις χώρες της Ν. Μεσογείου και στην Κίνα. Καταναλώνονται από τον άνθρωπο ως λαχανικό (ολόκληροι λοβοί), νωποί σπόροι και αποξηραμένοι σπόροι (όσπριο). Διακρίνονται σε ποικιλίες: α) με μακρείς λοβούς και περισσότερους από 8 σπόρους ανά λοβό και β) με κοντούς λοβούς και 4 σπόρους ανά λοβό.

**2. *Vicia faba minor*:** Μικρόσπερμοι τύποι, με βάρος 1000 σπόρων μικρότερο από 500 g. Αναπτύχθηκαν στην περιοχή της Αιθιοπίας και η καλλιέργειά τους διαδόθηκε στις χώρες της Β. Ευρώπης. Χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

**3. *Vicia faba equina*:** Τύποι με μέσο μέγεθος σπόρου, που κατατάσσεται ανάμεσα στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις. Αναπτύχθηκαν στις περιοχές της Μ. Ανατολής και στη Ν. Αφρική, με κυριότερη χώρα την Αίγυπτο. Χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

**4. *Vicia faba paucijuga*:** Μικρόσπερμοι τύποι παρόμοιοι με εκείνους του *Vicia faba minor*. Καλλιεργούνται στην Κ. Ασία και χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

B. Πολλοί ερευνητές προτείνουν δε ως πλέον αντιπροσωπευτική την ταξινόμηση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, με βάση τις κύριες χρήσεις τους ως ακολούθως (Kelly & George, 1998):

**1. Λαχανοκομικές:** Οι νεαροί λοβοί και οι ανώριμοι σπόροι χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο ως νωποί, κατεψυγμένοι, κονσερβοποιημένοι (Εικόνα 1.3.1.α.1. & 1.3.1.α.2.). Οι ώριμοι (αποξηραμένοι) σπόροι αποθηκεύονται και είτε μαγειρεύονται ολόκληροι αφού προηγηθεί εμβάπτιση (μαλάκωμα) σε νερό και πολλές φορές αποφλοιώση, είτε θραύονται ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων (π.χ. φάβα, ψωμί σε ανάμειξη με άλλα άλευρα et al.).





*Εικόνα 1.3.1.α.1. & 1.3.1.α.2: Χλωροί λοβοί και χλωροί σπόροι λαχανοκομικών κουκιών.*

**2. Κτηνοτροφικές:** Οι ώριμοι (αποξηραμένοι) σπόροι χρησιμοποιούνται ως πρωτεϊνούχος ζωτροφή (Εικόνα 1.3.1.β.1). Οι ποικιλίες ανάλογα με το μέγεθος του σπόρου, διακρίνονται δύο κατηγορίες, μικρόσπερμες και μεγαλόσπερμες. Επιπλέον ολόκληρο το φυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σανός ή ως ενσίρωμα (Εικόνα 1.3.1.β.2).



*Εικόνα 1.3.1.β.1. & 1.3.1.β.2.: Αποξηραμένοι σπόροι κτηνοτροφικών κουκιών και χλωρά φυτά κουκιών.*

Λόγω της ικανότητάς τους να αναπτύσσονται σε εδάφη πτωχά σε άζωτο και να παράγουν ικανοποιητική βιομάζα, τα κουκιά είναι ελκυστικά και ως φυτά χλωράς λίπανσης.



Γ. Οι Wiersma & Leon (1999) διακρίνουν τα εξής είδη: *Vicia faba* L. var. *faba*, κοινά κουκιά, *Vicia faba* L. var. *equina* Pers. και *Vicia faba* L. var. *minuta* (host ex Alef.) Mansf., κτηνοτροφικά κουκιά (Εικόνα 1.3.1.γ).



Εικόνα 1.3.1.γ.: Διαφορετικοί τύποι κουκιών με βάση το είδος.

Στη χώρα μας η καλλιέργεια των κουκιών τα τελευταία χρόνια έχει περιορισθεί σε πολύ μικρή έκταση. Καλλιεργούνται τόσο οι μεγαλόσπερμες ποικιλίες για ανθρώπινη κατανάλωση, κυρίως ως νωποί λοβοί και ανώριμοι σπόροι, όσο και οι μικρόσπερμες ποικιλίες των οποίων οι ώριμοι σπόροι χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζωοτροφή, μερικές όμως φορές και για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι μικρόσπερμες ποικιλίες είναι γνωστές με το όνομα «φούλια». Οι κυριότερες περιοχές καλλιέργειας βρώσιμων κουκιών είναι η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου, η Πελοπόννησος και η Εύβοια (ΕΣΥΕ 1998).

### 1.3.2. Βοτανική Ταξινόμηση

**Ριζικό σύστημα:** Τα κουκιά είναι ετήσια ποώδη φυτά, με πασσαλώδες ριζικό σύστημα και πλάγιες διακλαδώσεις. Θεωρούνται φυτά με σχετικά επιφανειακό ριζικό σύστημα. Το μέγιστο βάθος στο οποίο εισχωρούν οι ρίζες κυμαίνεται από 50 έως 90 cm (σπάνια ξεπερνά το 1m) και εξαρτάται από το γενότυπο, τη διαθεσιμότητα του νερού και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Μεγαλύτερο βάθος και πυκνότητα ριζών παρατηρείται σε ξηρικές συνθήκες ανάπτυξης. Το συνολικό ριζικό σύστημα των κουκιών βρέθηκε πολύ μικρότερο από εκείνο της βρώμης, η συνολική όμως διαπνοή

ήταν ελάχιστα μικρότερη, πράγμα που οφείλεται στη μεγαλύτερη ταχύτητα απορρόφησης νερού ανά μονάδα μήκους της ρίζας στα κουκιά σε σύγκριση με τη βρώμη (Muller *et al.*, 1985, όπως αναφέρεται από τους Manschadi *et al.*, 1998). Τα φυμάτια είναι μεγάλα, σχεδόν σφαιρικά και βρίσκονται τόσο στην κύρια ρίζα όσο και στις πλάγιες διακλαδώσεις (Εικόνα 1.3.2.α).



*Εικόνα 1.3.2.α:* Κύρια ρίζα με πλάγιες διακλαδώσεις και φυμάτια.

**Ανάπτυξη του φυτού:** Η ανάπτυξη του φυτού είναι συνεχής. Κατά μήκος του βλαστού από τον 5<sup>ο</sup> έως 10<sup>ο</sup> κόμβο, ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης, υπάρχουν μόνο φύλλα, ενώ πιο πάνω από τους οφθαλμούς στη βάση των φύλλων, αναπτύσσονται οι ταξιανθίες. Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 50 έως 150 cm, ανάλογα με την ποικιλία. Ο κύριος βλαστός διακλαδίζεται και ο αριθμός των διακλαδώσεων είναι μεγαλύτερος στις φθινοπωρινές ποικιλίες έχουν ισχυρό στέλεχος και δεν πλαγιαίζουν.

Τα φύλλα είναι σύνθετα και στη βάση τους υπάρχουν δύο μικρά οδοντωτά παράφυλλα. Ο αριθμός των φυλλιδίων ανά φύλλο αυξάνεται από 2 που είναι στη βάση του φυτού σε 6-8 στην κορυφή. Τα φυλλάρια είναι ακέραια και έχουν σχήμα ωοειδές, με λεία επιφάνεια (Εικόνα 1.3.2.β.). Τα άνθη φέρονται πολλά μαζί (9-12) σε ταξιανθίες, οι οποίες έχουν ένα μικρό ποδίσκο και όπως αναφέρθηκε, εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων μετά τον 50 κόμβο. Κατά την άνθηση τα άνθη έχουν μήκος 2-3 cm και τα πέταλα είναι τελείως λευκά, καστανόχρωμα ή ιόχρωμα (μενεξεδί). Στις περισσότερες περιπτώσεις το χρώμα συγκεντρώνεται σε μαύρες ή καφετί κηλίδες μελανίνης στις πτέρυγες του άνθους (Εικόνα 1.3.2.γ.).



Εικόνα 1.3.2.β. και Εικόνα 1.3.2.γ.: Φύλλα και άνθη κουκιών.

Οι λοβοί διαφέρουν ως προς το μέγεθος και τον τρόπο έκφυσης, ανάλογα με την ποικιλία. Στους τύπους *minor* και *raucijuga* έχουν μικρό μήκος, είναι συνήθως κυλινδρικοί, όρθιοι (σχεδόν εφάπτονται στο βλαστό) και φέρουν 3-4 σπόρους, ενώ στον τύπο *major* έχουν μεγάλο μήκος, είναι κεκλιμένοι, πεπλατυσμένοι και φέρουν 3-8 σπόρους. Οι τύποι *equina* έχουν ενδιάμεσο μέγεθος λοβών με 4-8 σπόρους. Σε κάθε γόνατο, ανάλογα με την καρπόδεση, μπορούν να σχηματισθούν από 1 έως 8 λοβοί. Πριν από την ωρίμανση οι λοβοί είναι πράσινοι, λείοι εξωτερικά και χνουδωτοί, με σπογγώδη υφή εσωτερικά. Κατά την ωρίμανση το χνούδι εξαφανίζεται, ο λοβός παίρνει χρώμα μαύρο ή σκούρο καφέ και γίνεται εύθραυστος. Σε ορισμένες ποικιλίες, με την ωρίμανση ανοίγουν οι λοβοί πριν τη συγκομιδή και οι σπόροι πέφτουν στο έδαφος.

Οι σπόροι διαφέρουν ως προς το χρώμα και το μέγεθος, ανάλογα με τον τύπο. Στον τύπο *major* (λαχανοκομικά) είναι μεγάλοι, μέχρι 2-3 cm και πεπλατυσμένοι, ενώ στον τύπο *minor* (κτηνοτροφικά) είναι μικροί, περίπου 1 cm, με σχήμα σχεδόν σφαιρικό. Το χρώμα τους μπορεί να είναι κίτρινο, μπεζ, πρασινωπό, καφετί, μαύρο, ιώχρουν. Οι σπόροι μερικές φορές φέρουν καφετί κηλίδες, στίγματα ή ραβδώσεις γύρω από τον οφθαλμό.

### 1.3.3. Αύξηση και ανάπτυξη

Τα κουκιά παρουσιάζουν υπόγειο φύτευμα (Εικόνα 1.3.3.α) και συνεχή ανάπτυξη. Έχουν δημιουργηθεί χειμερινές και εαρινές ποικιλίες, ώστε να προσαρμόζονται σε υποτροπικά και εύκρατα κλίματα. Ορισμένες από τις χειμερινές ποικιλίες αντιδρούν στη φωτοπερίοδο, χωρίς όμως να χρειάζονται εαρινοποίηση. Η εμφάνιση των ανθέων αρχίζει από το κάτω μέρος του στελέχους προς την κορυφή και από τη βάση προς την κορυφή κάθε ταξιανθίας.



*Εικόνα 1.3.3.α:* Υπόγειο φύτευμα στο κουκί

Στα κουκιά υπολογίστηκε φυσική σταυρογονιμοποίηση από 2 έως 84%, με μέσο όρο 32% (Duc, 1997). Ανάλογα βέβαια με τη γεωγραφική περιοχή της καλλιέργειας, το είδος και τη δραστηριότητα των επικονιαστών εντόμων (κυρίως των μελισσών) κατά τη διάρκεια της άνθησης και από την κληρονομική ικανότητα του γενότυπου για αυτογονιμοποίηση, ποικίλλει αυτό το ποσοστό. Η βιολογία της αναπαραγωγής στα κουκιά έχει μελετηθεί ιδιαίτερα, λόγω της μεγάλης πτώσης ανθέων και λοβών που παρατηρείται. Αναφέρεται (Duc, 1997) ότι μόνον το 24% των σπέρμοβλαστών δίνει σπόρους. Η καρπόδεση είναι συχνά μεγαλύτερη στους μέσους και κατώτερους ανθοφόρους κόμβους του βλαστού και στους λοβούς που σχηματίζονται στην αρχή της ταξιανθίας. Σε κάθε ξεχωριστό λοβό, η αποτυχία σχηματισμού σπόρων είναι μεγαλύτερη στην περιοχή κοντά στον ποδίσκο.



Η πτώση ανθέων και νεαρών λοβών πιθανολογείται πως οφείλεται σε πολλούς αδιευκρίνιστους παράγοντες. Οι δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η μειωμένη εδαφική υγρασία, η χαμηλή σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η υψηλή θερμοκρασία, καθώς επίσης η μειωμένη δραστηριότητα των επικονιαστών εντόμων κατά τη διάρκεια της άνθησης θεωρούνται από τους κυριότερους παράγοντες της πτώσης των αναπαραγωγικών οργάνων. Άλλος σημαντικός παράγοντας είναι ο ανταγωνισμός ως προς τα θρεπτικά στοιχεία και τα προϊόντα φωτοσύνθεσης μεταξύ νεαρών και παλαιών σπόρων ή μεταξύ της ανάπτυξης βλαστικών οργάνων και αναπαραγωγικών δομών. Ως αποτέλεσμα των πολλών μη-ελεγχόμενων παραγόντων που επηρεάζουν την καρπόδεση, είναι η ιδιαίτερα μεταβλητή απόδοση των κουκιών σε όλες τις περιοχές όπου καλλιεργούνται.

Η ασταθής απόδοση των κουκιών από έτος σε έτος στη λεκάνη της Μεσογείου αποδίδεται στην καταπόνηση των φυτών από την ξηρασία κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και της καρπόδεσης. Σε συνθήκες ξηρασίας τα φυτά παρουσιάζουν διάφορους μηχανισμούς προσαρμογής, όπως είναι η μείωση: α) του μεγέθους και της επιβίωσης του φυλλώματος, β) της ικανότητας χρήσης του φωτός, γ) του ρυθμού φωτοσύνθεσης, δ) της συγκράτησης των λοβών πάνω στο φυτό, λόγω της μεταβολής της ισορροπίας των ορμονών και ε) του γεμίσματος των λοβών λόγω του περιορισμού των διαθέσιμων προϊόντων φωτοσύνθεσης (*Karamanos, 1978, Husain et al., 1988, Karamanos & Gimenez 1991, Χία 1994*).

#### **1.3.4. Οικολογικές απαιτήσεις**

Τα κουκιά έχουν προσαρμογή σε σχετικά υγρές και δροσερές περιοχές. Η αντοχή των φυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία και την εποχή σποράς. Οι φθινοπωρινές ποικιλίες κατά μέσο όρο αντέχουν έως  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ οι ανοιξιάτικες μέχρι  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία αναφέρεται ότι επέζησαν στον αγρό φυτά κουκιών, μετά από σκληραγώγηση, είναι  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Βρέθηκε όμως ότι αναπτυσσόμενα φυτά δύναται να επιζήσουν μόνον όταν η θερμοκρασία στη ριζόσφαιρα δεν είναι μικρότερη από  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*Murray et al., 1988*). Οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνοιξη καταστρέφουν τα άνθη. Η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες είναι κληρονομικό χαρακτηριστικό και υπάρχουν γενότυποι με σημαντική αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Το χαρακτηριστικό όμως αυτό

συνδέεται με οψιμότητα στην άνθηση που είναι ανεπιθύμητη για ξηροθερμικά περιβάλλοντα (π.χ. περιοχή της Μεσογείου). Οι βελτιωτές προσπαθούν να ξεχωρίσουν κατά τη βελτίωση τα δύο αυτά χαρακτηριστικά.

Επιζήμιες για το φυτό είναι επίσης και οι υψηλές θερμοκρασίες, κυρίως κατά την περίοδο της αναπαραγωγικής ανάπτυξης. Θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 25 °C αναστέλλουν την άνθηση και προκαλούν ξήρανση και πτώση των ανθέων, με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της παραγωγής. Η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών είναι εντονότερη όταν συνοδεύεται και από μειωμένη υγρασία στο έδαφος.

Γενικά τα κουκιά θεωρούνται ως φυτά ευαίσθητα στην ξηρασία και εκδηλώνεται μεγάλο ενδιαφέρον από τους βελτιωτές για την αύξηση της προσαρμοστικότητας του φυτού σε περιοχές με μειωμένη βροχόπτωση. Πλέον ανθεκτικά θεωρούνται τα κτηνοτροφικά κουκιά. Η επάρκεια υγρασίας είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της βιολογικής απόδοσης και της απόδοσης σε σπόρο (*Mwanamwenge et al.*, 1999). Η αντιμετώπιση της ξηρασίας σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όπως η χώρα μας, γίνεται με πρόιμη σπορά και χρήση ποικιλιών που ανθίζουν νωρίς την άνοιξη πριν εξαντληθεί η υγρασία του εδάφους που αποθηκεύτηκε από τις φθινοπωρινές βροχές. Ανεπιθύμητες είναι όμως και οι υπερβολικές βροχοπτώσεις κατά το χειμώνα, γιατί ευνοούν τη γενίκευση των προσβολών από σκληρωτίνα. Επιπλέον τα φυτά δεν αντέχουν την κατάκλυση.

Τα κουκιά προσαρμόζονται καλύτερα στα εδάφη μέσης και βαριάς μηχανικής σύστασης, πλούσια σε ασβέστιο. Μπορούν όμως να καλλιεργηθούν και σε πολύ πτωχά εδάφη, λόγω της μεγάλης αζωτοδεσμευτικής ικανότητας που παρουσιάζουν. Είναι φυτά ευαίσθητα στην οξύτητα του εδάφους, με την ανάπτυξή τους να μειώνεται σε pH μικρότερο από 6. Παρουσιάζουν όμως αντοχή στην αυξημένη αλατότητα και αλκαλικότητα του εδάφους.

### **1.3.5. Προϊόντα και ποιότητα αυτών**

Η απόδοση των κουκιών είναι ιδιαίτερα ασταθής και οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, οι οποίοι αναλύθηκαν προηγουμένως.

Η απόδοση σε νωπούς λοβούς κυμαίνεται από 200 έως 300 kg/στρ. και σε σπόρους από 40 έως 300 kg/στρ. Με σωστή καλλιεργητική τεχνική και χρήση

βελτιωμένων ποικιλιών η απόδοση σε ξηρό σπόρο μπορεί να φθάσει τα 300 kg/στρ. και σε χλωρούς λοβούς τα 1500 kg/στρ. Η μέση στρεμματική απόδοση στη χώρα μας, το 1998, των βρώσιμων κουκιών ήταν 168 kg ξηρού σπόρου/στρ. και των κτηνοτροφικών 196 kg/στρ. (ΕΣΥΕ 1998). Αναφέρονται αποδόσεις σανού 200 έως 500 kg/στρ.

Τα κουκιά καταναλώνονται από τον άνθρωπο ως χλωροί λοβοί και αποξηραμένοι σπόροι και αποτελούν πολύ καλή τροφή για όλα τα είδη των ζώων. Τα ξηρά κουκιά χορηγούνται στα ζώα συνήθως ως χονδροαλεσμένο αλεύρι. Έχουν υψηλή πρωτεϊνοπεριεκτικότητα 27-34% και το 80% των πρωτεϊνών είναι γλοβουλίνες (βισιλίνη και λεγκουμίνη). Σε σχέση με τη σόγια, οι σπόροι των κουκιών είναι πλουσιότεροι σε λυσίνη, αλλά πτωχότεροι σε θειούχα αμινοξέα (μεθειονίνη και κυστίνη). Όταν τα ξηρά κουκιά χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου, συνεκτιμώνται και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα των σπόρων, καθώς και η ποιότητα βρασμού.

Η παρουσία των γλυκοζιτών πυριμιδίνης, βικίνη και κονβικίνη, δύναται να δημιουργήσει στον άνθρωπο σοβαρή αιμόλυση γνωστή και ως «κυάμωση», η οποία μπορεί να επιφέρει και το θάνατο. Η κυάμωση συνδέεται με την έλλειψη, σε ορισμένα άτομα, του ενζύμου των ερυθρών αιμοσφαιρίων αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης. Άτομα που έχουν αυτό το ένζυμο, μπορούν να καταναλώνουν κουκιά χωρίς προβλήματα. Στα ζώα που τρέφονται με κουκιά, δεν αναφέρθηκαν ανάλογες, βαριάς μορφής, επιπτώσεις στην υγεία τους. Μεγαλύτερες ποσότητες των προαναφερθέντων γλυκοζιτών απαντώνται στα χλωρά κουκιά και τα μόλις συγκομιζόμενα. Με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης των ξηρών κουκιών, η περιεκτικότητα μειώνεται.

Ο κύριος αντιθρεπτικός παράγοντας που μειώνει την πεπτικότητα των πρωτεϊνών είναι οι ταννίνες, οι οποίες κυρίως βρίσκονται στο περισπέρμιο. Έτσι τα κουκιά θα πρέπει να χορηγούνται στα ζώα σε αντικατάσταση άλλων πηγών πρωτεΐνης π.χ. σόγιας, σε ορισμένες ποσότητες ανάλογα με το είδος του ζώου, για να αποφευχθούν πεπτικές διαταραχές. Εκ μέρους των βελτιωτών γίνονται προσπάθειες για τη δημιουργία γενοτύπων με χαμηλή περιεκτικότητα ή ακόμη και απουσία γλυκοζιτών και ταννινών. Τέτοιες όμως ποικιλίες μέχρι τώρα δεν έχουν δοθεί για καλλιέργεια.

## 1.4. Τοπικές ποικιλίες και γενετική ποικιλότητα στα κουκιά

### 1.4.1. Τοπική ποικιλία

Ως τοπική ποικιλία κάποιου καλλιεργούμενου είδους χαρακτηρίζεται ένας δυναμικός πληθυσμός ο οποίος έχει ιστορική προέλευση, διακριτή ταυτότητα και δεν υπάρχει δυνατότητα επιστημονικής βελτιωτικής παρέμβασης. Χαρακτηρίζεται συνήθως από γενετική ποικιλομορφία, έχει προσαρμοστικότητα στα τοπικά δεδομένα και άμεση σύνδεση με τα παραδοσιακά συστήματα καλλιέργειας (*Camacho Villa et al.*, 2005).

Αφορούν όλα τα καλλιεργούμενα είδη, όπως σιτηρά, όσπρια, κηπευτικά, αρωματικά, δενδρώδη και το αμπέλι. Τα πολυετή πολλαπλασιάζονται συνήθως αγενώς (χωρίς σπόρο) ούτως ώστε να διατηρούνται τα χαρακτηριστικά του μητρικού φυτού. Μια τοπική ποικιλία μπορεί να καλλιεργείται μόνο σε ένα μέρος, όπως η τσακώνικη μελιτζάνα, ή να είναι διαδεδομένη σε πολλές περιοχές, όπως η Κορωνέικη ελιά.

Η εκμηχάνιση της γεωργίας οδήγησε στην δημιουργία των βελτιωμένων ποικιλιών με την χρήση της επιστήμης της Βελτίωσης Φυτών, κατά κύριο λόγο στα ετήσια είδη, σε αρκετά δενδρώδη και λιγότερο στο αμπέλι. Για παραγωγικούς, επισιτιστικούς λόγους και ύστερα λόγω προδιαγραφών των αγορών επιτάχυνε την προώθηση και αποδοχή από τον αγρότη των βελτιωμένων ποικιλιών και είχε ως αποτέλεσμα την εγκατάλειψη και τον ελαχιστοποίηση της καλλιέργειας των τοπικών ποικιλιών, ιδίως σε ετήσια και σε αρκετά πολυετή είδη. Κατ' επέκταση εκατοντάδες τοπικές ποικιλίες χάθηκαν για πάντα, ενώ η έκταση καλλιέργειας τους περιορίστηκε δραματικά οδηγώντας σε γενετική διάβρωση, λόγω της απώλειάς των αλλά και της ποικιλότητας ή των αλληλομόρφων, εντός κάθε τοπικής ποικιλίας.

Η απώλεια μιας τοπικής ποικιλίας είναι μη αναστρέψιμη, συνεπώς η σωστή συλλογή αλλά και καταγραφή σχετικών πληροφοριών είναι μείζονος σημασίας για την διάσωσή τους. Η συλλογή αφορά πρώτα απ' όλα τις τοπικές ποικιλίες στα ετήσια καλλιεργούμενα με σπόρους είδη, ενώ η καταγραφή αφορά πληροφορίες για την καλλιέργεια, την χρήση κλπ. των ετησίων τοπικών ποικιλιών, από τις οποίες συλλέγονται σπόροι. Ενώ η καταγραφή στα πολυετή αφορά είδη που καλλιεργούνται ακόμα είτε σε οπωρώνες και αμπελώνες είτε στους κήπους των σπιτιών. Σημειώνονται, όσον αφορά την καταγραφή, και οι ποικιλίες που έχουν χαθεί,



αλλά θυμούνται ακόμα οι ντόπιοι καλλιεργητές.

Οι τοπικές ποικιλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν (Θανόπουλος κ.ά. 2008):

- Στην τόνωση των τοπικών οικονομιών, ιδιαίτερα των απομονωμένων περιοχών.
- Στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των γεωργικών προϊόντων που αποτελεί κρίσιμη παράμετρο λόγω της τάσης ομογενοποίησης των καλλιεργούμενων ποικιλιών.
- Στην παραγωγή τοπικών εδεσμάτων που απαιτούν την ύπαρξη των κατάλληλων πρώτων υλών (π.χ. Μεσογειακή διατροφή, αγροτουρισμός).
- Στη γεωργία χαμηλών εισροών, στη βιολογική γεωργία και στη γεωργία που ασκείται σε αντίξοες κλιματικές συνθήκες.

Η συλλογή και η μελέτη των τοπικών ποικιλιών μιας περιοχής μπορεί να συμβάλει από τη μία στη διάσωσή τους και από την άλλη στην ανάδειξή τους προς όφελος των τοπικών κοινωνιών.

## **1.4.2. Ανάγκες παραγωγής και γενετική ποικιλομορφία**

### **1.4.2.1. Ανάγκες Παραγωγής**

Τη δεκαετία του 1980, λόγω των πλεονασμάτων σιτηρών στην Ευρώπη, δόθηκε έμφαση στην ανάπτυξη άλλων καλλιεργειών και κυρίως σε τοπικά προσαρμοσμένα ψυχανθή που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν την ευρέως καλλιεργούμενη στις Η.Π.Α. σόγια που ήταν εισαγόμενη. Τα κουκιά (*Vicia faba L.*), λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και της ικανότητας ανάπτυξής τους σε ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με αυτούς τους σκοπούς (Bond *et al.*, 1980; Lawes *et al.*, 1983). Ήταν όμως αναγκαίο να βρεθούν ή να σχεδιασθούν βελτιωτικά προγράμματα που θα μπορούσαν να βελτιώσουν περισσότερο τις ήδη υπάρχουσες ποικιλίες κουκιών, να τις κάνουν πιο αποδοτικές και αν ήταν δυνατόν να ενσωματώνουν και νέα χαρακτηριστικά (Bond, 1987).

Το κουκί είναι είδος που καλλιεργείται τα τελευταία 6000 χρόνια με αποτέλεσμα την παρουσία αξιόλογης ποικιλότητας και τοπικής προσαρμοστικότητας

(Bond, 1987). Τα χαρακτηριστικά του αυτά το κάνουν το πλέον κατάλληλο για την αξιοποίηση ημιορεινών και ορεινών περιοχών της χώρας που τα τελευταία χρόνια εγκαταλείπονται από τους καλλιεργητές (Stringi et al., 1986).

#### **1.4.2.2. Διαθέσιμη γενετική ποικιλότητα**

##### **1.4.2.2.1. Καταγωγή και προέλευση του *Vicia faba* L.**

Το γένος *Vicia* περιλαμβάνει 166 είδη (Van de Ven et al., 1993) και χωρίζεται σε δύο υπογένη τα *Vicia* και *Vicilla*. Το υπογένος *Vicia* χωρίζεται σε 9 τμήματα. Στην κατηγορία *Faba* ανήκει το είδος *Vicia faba*. Το *Vicia narbonensis* θεωρείται από πολλούς ερευνητές ως το είδος που είναι μορφολογικά το πιο συγγενές προς το κουκί. Βρίσκεται κατά κύριο λόγο στην Νότια Ευρώπη, στην Μεσόγειο και στην δυτική Ασία και ανήκει στην κατηγορία *Narbonensis* (Maxted, 1992). Ο διαχωρισμός του *V. faba* από το *V. narbonensis* βασίστηκε στη συμπεριφορά του φυτού κατά την ανάπτυξη, στο μέγεθος και το σχήμα φύλλου, στο χρώμα και στο μέγεθος ανθέων αλλά και στο σχήμα και χρώμα χεδρώπων και σπόρων (Maxted, 1992). Άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι ένα άλλο μέλος της κατηγορίας *Narbonensis*, το *V. galilaea* μπορεί να είναι ο πρόγονος του κουκιού με βάση και πάλι μορφολογικά χαρακτηριστικά (Van de Ven et al., 1993). Ο Yamamoto (1982, αναφέρεται από τον Maxted, 1992) κάνοντας καρυοτυπική, φυτοχημική και μορφολογική μελέτη υβριδίων στο *Faba sensu Kupicha* βρήκε ότι το *V. galilaea* ήταν το πιο συγγενές είδος με το κουκί. Ωστόσο κατά την γνώμη τους δεν είναι ο πρόγονος του κουκιού.

Όσον αφορά τον τόπο καταγωγής των κουκιών, οι Cubero (1982), Ladizinsky (1975, αναφέρεται από τον Maxted, 1992) πιστεύουν ότι βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ του Αφγανιστάν, της Ινδίας και του Πακιστάν, ενώ ο Zohary (1977) θεωρεί ότι βρίσκεται στην Μέση Ανατολή. Διειδικές διασταυρώσεις μεταξύ του *Vicia faba* (n=12) και άγριων συγγενικών ειδών (n=14) δεν έχουν επιτευχθεί (Duc, 1997) και αυτό δεικνύει είτε ότι τα άγρια είδη δεν έχουν ακόμη βρεθεί είτε ότι έχουν εκλείψει. Συνεπώς η βελτιωσή του βασίζεται μόνο σε πληθυσμούς εντός του είδους.

#### 1.4.2.2.2. Δίκτυο συλλογών

Σε σχέση με άλλες κύριες καλλιέργειες, στα κουκιά οι διαθέσιμοι γενετικοί πόροι είναι λίγοι (Witcombe, 1982). Η μεγαλύτερη συλλογή κουκιών βρίσκεται στην ICARDA (Aleppo, Συρία), ενώ άλλες σημαντικές συλλογές υπάρχουν στο Bari (Ιταλία), Braunschweig (Γερμανία), Gatersleben (Γερμανία) και Cordoba (Ισπανία). Είναι διεθνείς συλλογές και περιλαμβάνουν τοπικές ποικιλίες κουκιών και πληθυσμούς από όλο τον κόσμο. Μοναδική χώρα που δεν αντιπροσωπεύεται στις συλλογές αυτές, διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στη καλλιέργεια κουκιών, είναι η Κίνα (Witcombe, 1982).

Γενικά, η δημιουργία συλλογών και η διατήρησή τους βελτιώνεται αλλά υπάρχουν ντόπιοι πληθυσμοί που δεν έχουν συλλεχθεί ακόμη και δεν έχουν ενσωματωθεί σε οργανωμένες συλλογές. Επιπροσθέτως δεν υπάρχει κάποιο εννιαίο σύστημα διατήρησης κυρίως στις ποικιλίες που διαγράφονται από τους εθνικούς καταλόγους. Πληθυσμοί που μπορεί να έχουν χαμηλή σπουδαιότητα και υπό τις επικρατούσες συνθήκες δεν παρουσιάζουν κανένα ενδιαφέρον με το υπάρχον σύστημα αξιολόγησης, μπορεί να γίνουν χρήσιμοι σε άλλα περιβάλλοντα ή σε μελλοντικές συνθήκες.

#### 1.4.2.2.3. Διατήρηση

Η διατήρηση των συλλογών στο κουκί παρουσιάζει αρκετά προβλήματα λόγω της ετερογένειας πολλών καταχωρημένων δειγμάτων και τον κίνδυνο της σταυρογονιμοποίησης μεταξύ τους κατά την διάρκεια της αναπαραγωγής. Έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα. Ένας τρόπος είναι να απομακρυνθούν οι μέλισσες με την φύτευση άλλων καλλιεργειών περιφερειακά. Επίσης έχουν πλέον δημιουργηθεί σύγχρονες ποικιλίες οι σπόροι των οποίων μπορούν να διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και κατά συνέπεια να μην χρειάζεται να αναπαράγονται τόσο συχνά όσο άλλες ποικιλίες (Bond, 1987).

Η αξία των συλλογών κουκιών δεν είναι διακριτή λόγω της ετερογένειάς τους, όταν αυτές αποτελούνται από εγχώριους πληθυσμούς. Μελετώντας όμως καθαρές σειρές με χαρακτηριστικά όπως η ανθεκτικότητα σε ασθένειες, μπορεί να γίνει γνωστή

η αξία της συλλογής. Με αυτό τον τρόπο βρέθηκε ότι υπάρχει μεγάλο εύρος παραλλακτικότητας σε ανθεκτικότητα σε ασθένειες, στην απόδοση και στη διατροφική ποιότητα (Hawtin, 1982).

## 1.5. Βιολογική γεωργία

### 1.5.1. Οριοθέτηση εννοιών

Οι όροι **οικολογική καλλιέργεια**, **βιολογική καλλιέργεια** ή **οργανική καλλιέργεια** είναι συνώνυμες έννοιες.

Ως ξεχωριστές κατηγορίες και ως ποιοτικές έννοιες, χαρακτηρίζουν τον ίδιο επιστημονικό κλάδο και υποδηλώνουν βασικές και τυπικές πλευρές μιας γεωργίας η οποία είναι ιδιαίτερα φιλική προς τη φύση και περιβαλλοντικά ανεκτή. Και οι τρεις έννοιες, ως ισοβαρείς (κατάλληλες). Δεν ισχύουν, βέβαια, τα ίδια για την έννοια της **ολοκληρωμένης καλλιέργειας**, διότι η έννοια αυτή, συγκρινόμενη με τις προαναφερθείσες, δεν περιέχει εκείνα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ούτε και η κατεύθυνση των στόχων της γεωργίας που επιδιώκεται σχετίζεται με τους πιο πάνω όρους (Raupp, 1989). Με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Κοινότητας 2092/91 καθορίστηκαν οι ονομασίες της γεωργίας αυτής, έτσι π.χ. στις γερμανόφωνες χώρες χρησιμοποιείται ο όρος **οικολογική καλλιέργεια**, στις αγγλόφωνες χώρες για την ίδια μορφή γεωργίας χρησιμοποιείται ο όρος **Organic Farming**. Στη χώρα μας καθιερώθηκε ο όρος **βιολογική γεωργία**. Η λέξη «γεωργία» παραπέμπει στη φυτική παραγωγή, δηλαδή στις μεθόδους καλλιέργειας, και όχι στον γενικό όρο επί γεωργίας.

Ο κανονισμός 2092/91, με νομοθετήματα (παραρτήματα νομοθεσιών) θέτει συγκεκριμένες απαιτήσεις από τους παραγωγούς.

Ο όρος **βιολογική καλλιέργεια** χρησιμοποιείται από τις χώρες όπως η Ελβετία και η Αυστρία. Ο όρος βιολογική καλλιέργεια παραπέμπει σε στόχους τέτοιους όπου η γεωργική παραγωγή διασφαλίζεται μέσω της αξιοποίησης και αύξησης των βιολογικών ιδιοτήτων και διεργασιών και της αβιοτικής ενέργειας και απαγορεύονται οι χειρισμοί με χημικά – συνθετικά φυτοφάρμακα και οι ρυθμιστές ανάπτυξης, καθώς επίσης δεν επιτρέπονται οι επεμβάσεις στο έδαφος και στα φυτά με ευδιάλυτα χημικά αζωτούχα λιπάσματα.

**Η βιολογική γεωργία είναι** ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής που προωθεί και ενισχύει την υγεία αγροοικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας, τους βιολογικούς κύκλους, και την εδαφική βιολογική δραστηριότητα (IFOAM).

Ο όρος **οργανική καλλιέργεια** (Organic Agriculture ή Organic Farming) χρησιμοποιείται παγκοσμίως, και μάλιστα εν ονόματι της Ομοσπονδίας όλων των μορφών βιολογικής παραγωγής, γνωστής ως International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Ο όρος οργανική καλλιέργεια παραπέμπει στο **οργανωτικό σύστημα**, στην **οργάνωση των στόχων της γεωργίας** με όσο το δυνατό πιο κλειστές διαδικασίες, που λειτουργούν όμως ως ένας οργανισμός. Η οργανική καλλιέργεια ταυτίζεται, ως εκ τούτου, περισσότερο με τη μεικτού τύπου βιολογική εκμετάλλευση, όπου η καλλιέργεια των φυτών βρίσκεται σε μια σχέση ισορροπίας με τον αριθμό των διατηρούμενων ζώων. Αυτές ακριβώς είναι οι εκμεταλλεύσεις που παρέχουν δυνατότητες για ένα υψηλό βαθμό εντατικοποίησης και επιθυμούν οι καταναλωτές να υπάρχουν στη βιολογική γεωργία (Σιδηράς, 2005)

Έγινε προσπάθεια για μια σωστή γνωριμία των πιο πάνω όρων χωρίς πρόθεση για κάποια υποτίμηση ή διάκριση των άλλων μορφών της γεωργίας. Ένας ειδικός σχεδιασμός της παραγωγικής διαδικασίας είναι και η γνωστή με τον όρο **ολοκληρωμένη καλλιέργεια**, χωρίς αυτό να σημαίνει αποβολή-αποχωρισμό της από τη συμβατική καλλιέργεια (Raupp, 1989). Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν παραπάνω, δεν υπάρχει καμία «ανόργανη καλλιέργεια», «αβιολογική καλλιέργεια» ή «μη-οικολογική καλλιέργεια».

Ενώ πολλές ουσιώδεις απαιτήσεις που προσβέει η βιολογική καλλιέργεια καταγγέλλονται επίσης και από την ολοκληρωμένη καλλιέργεια, η τελευταία όμως δεν αποποιείται της εφαρμογής των χημικών διαλυτών ανόργανων λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων (παρασιτοκτόνα, ρυθμιστές ανάπτυξης κλπ.). Η ολοκληρωμένη καλλιέργεια, προσπαθεί όλα τα γνωστά από τη συμβατική γεωργία εφόδια να τα συνδυάσει στις φυτείες κατά τέτοιο τρόπο ώστε, με την κάπως περιορισμένη σε ποσότητα και συχνότητα έκτασή τους, να μεγιστοποιήσει τα οικονομικά οφέλη. Κατά κανόνα, η προσπάθεια για παρακολούθηση και έλεγχο των εφοδίων, σε επίπεδο παραγωγού στην ολοκληρωμένη καλλιέργεια, εξακολουθεί να είναι δυσκολότερη απ' ό,τι στη βιολογική καλλιέργεια, επίσης όσον αφορά στο βαθμό έντασης της οργάνωσης: ακόμη και όταν συμπεριληφθούν σ' αυτήν και τα ζώα, αυτός παραμένει σημαντικά μικρότερος (Σιδηράς, 2005).

### 1.5.2. Αρχές και Στόχοι της Βιολογικής Γεωργίας

Οι βασικές αρχές και οι στόχοι της βιολογικής γεωργίας έτσι όπως εκφράζονται από την IFOAM, είναι οι ακόλουθες:

- να παράγει τροφές υψηλής θρεπτικής αξίας σε επαρκή ποσότητα,
- να αλληλεπιδράσει με εποικοδομητικό και ζωτικό τρόπο σε όλα τα φυσικά συστήματα και κύκλους,
  - να ενθαρρύνει και να αυξήσει τους βιολογικούς κύκλους στα γεωργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων μικροοργανισμών της εδαφικής χλωρίδας και πανίδας των φυτών και των ζώων,
    - να διατηρήσει και να αυξήσει μακροπρόθεσμα τη γονιμότητα του εδάφους,
    - να χρησιμοποιήσει, όσο το δυνατόν, ανανεώσιμες πηγές σε γεωργικά συστήματα οργανωμένα σε τοπικό επίπεδο,
      - να εργαστεί, όσο το δυνατό, μέσα σε κλειστό σύστημα σε σχέση με την οργανική ουσία και τα θρεπτικά στοιχεία,
      - να εργαστεί με ουσίες και υλικά που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν στο αγρόκτημα ή κάπου αλλού,
      - να προσφέρει στα εκτρεφόμενα ζώα συνθήκες ζωής τέτοιες που θα επιτρέψουν την ανάπτυξη των βασικών πλευρών της έμφυτης συμπεριφοράς τους,
        - να ελαχιστοποιήσει όλες τις μορφές ρύπανσης, που είναι αποτέλεσμα της γεωργικής πρακτικής,
        - να διατηρήσει τη γενετική ποικιλομορφία των γεωργικών οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας των φυτών και των άγριων ζώων,
        - να προσφέρει στους αγρότες παραγωγούς διαβίωση σύμφωνη με τα ανθρώπινα δικαιώματα των Ηνωμένων Εθνών, να καλύψει τις βασικές τους ανάγκες και να τους παρέχει επαρκές εισόδημα και ικανοποίηση από την εργασία τους σε ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον,
          - να εξετάσει τον ευρύτερο κοινωνικό και οικολογικό αντίκτυπο των αγροοικοσυστημάτων.

### 1.5.3. Η Βιολογική Γεωργία σε Ευρωπαϊκή Ένωση και Ελλάδα

Εξετάζοντας τα στοιχεία από την επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτουν τα εξής. Το 2000, η βιολογική γεωργία εξελίχθηκε στην πραγματικότητα σε έναν από τους δυναμικότερους γεωργικούς τομείς στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο τομέας της βιολογικής γεωργίας αυξήθηκε κατά 25% περίπου ετησίως μεταξύ του 1993 και 1998 και, από το 1998, εκτιμάται ότι αναπτύσσεται κατά 30% περίπου ετησίως.

Από το 1992, όταν τέθηκαν σε ισχύ οι κανόνες της Ε.Ε για τη βιολογική γεωργία, δεκάδες χιλιάδες γεωργικών εκμεταλλεύσεων μετατράπηκαν προς αυτό το σύστημα, ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης των καταναλωτών καθώς και της ζήτησης για προϊόντα που καλλιεργούνται με βιολογικές μεθόδους.

Βασικό στόχο της σημερινής κοινής αγροτικής πολιτικής (ΚΑΠ) αποτελεί η αειφορία τόσο της γεωργίας όσο και του περιβάλλοντος. Ο στόχος αυτός απαιτεί να λαμβάνουν υπόψη τους οι γεωργοί τις συνέπειες που θα έχουν οι δραστηριότητές τους στο μέλλον της γεωργίας και τον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα που χρησιμοποιούν διαμορφώνουν το περιβάλλον.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι γεωργοί, οι καταναλωτές και όσοι συμβάλλουν στη χάραξη πολιτικών γραμμών να εκδηλώσουν ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον για τη βιολογική γεωργία. Επίσης, με τα μεταρρυθμιστικά μέτρα του Προγράμματος Δράσης 2000 της Ε.Ε, δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην αγροτική ανάπτυξη, καθιστώντας την το δεύτερο πυλώνα της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής. Στα πλαίσια αυτών των μέτρων οι γεωργοί που χρησιμοποιούν μεθόδους βιολογικής γεωργίας έχουν το δικαίωμα να ζητήσουν γεωργο περιβαλλοντικές επιδοτήσεις, εφόσον αναγνωρίζεται ότι αυτό το ιδιαίτερο σύστημα γεωργίας ωφελεί το περιβάλλον. Επιπλέον, οι γεωργοί που χρησιμοποιούν μεθόδους βιολογικής γεωργίας μπορούν να ενθαρρύνονται μέσω επενδυτικών ενισχύσεων στον τομέα της πρωτογενούς παραγωγής, της μεταποίησης και της εμπορίας. Με όλες αυτές τις διατάξεις, το πλαίσιο της πολιτικής αγροτικής ανάπτυξης πρόκειται να συμβάλει σημαντικά στην επέκταση της βιολογικής γεωργίας.

Παράλληλα, για να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη των καταναλωτών στη βιολογική γεωργία, ήταν εμφανές ότι έπρεπε να θεσπιστεί μία αυστηρή κανονιστική ρύθμιση που να πλαισιώνει την παραγωγή και την πολιτική ποιότητας, καθώς και μέτρα που

αποσκοπούν στην παρεμπόδιση δολίων απαιτήσεων όσον αφορά το βιολογικό χαρακτήρα των τροφίμων (europa.eu) .

Θεσπίστηκαν, λοιπόν, κανονισμοί για να διασφαλιστεί ο αυθεντικός χαρακτήρας των μεθόδων βιολογικής καλλιέργειας, οι οποίοι εξελίχθηκαν σε ένα γενικό πλαίσιο που εφαρμόζεται στις καλλιέργειες και στην κτηνοτροφία καθώς και στην επισήμανση, στη μεταποίηση και στην εμπορία βιολογικών προϊόντων. Οι κανονισμοί αυτοί διέπουν επίσης τις εισαγωγές βιολογικών προϊόντων στην ΕΕ.

Ο πρώτος κανονισμός για τη βιολογική γεωργία [κανονισμός ΕΟΚ αριθ. 2092/91] εγκρίθηκε το 1991 και, από την εφαρμογή του το 1992, πολλές γεωργικές εκμεταλλεύσεις στην ΕΕ αναπροσανατολίστηκαν προς τις μεθόδους της βιολογικής παραγωγής. Όταν οι κάτοχοι εκμεταλλεύσεων επιθυμούν την επίσημη αναγνώριση του βιολογικού τρόπου παραγωγής τους, η περίοδος μετατροπής είναι δύο έτη τουλάχιστον πριν από τη σπορά ετήσιων καλλιεργειών και τρία έτη σε περίπτωση πολυετών καλλιεργειών. Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί και τα προϊόντα που προέρχονται από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς αποκλείονται ρητά από τις βιολογικές μεθόδους παραγωγής.

Συνοψίζοντας, οι κανόνες της Ε.Ε εγγυώνται την αυθεντικότητα των προϊόντων της βιολογικής γεωργίας, όπου και αν αυτά παράγονται, και διασφαλίζουν την ορθή επισήμανση των βιολογικών προϊόντων. Η χρήση του χαρακτηρισμού "βιολογικό" προορίζεται αποκλειστικά για τα προϊόντα διατροφής της βιολογικής γεωργίας. Έτσι παρέχονται εγγυήσεις στους καταναλωτές για την ποιότητα και την αξιοπιστία των βιολογικών προϊόντων που αγοράζουν. Τον λογότυπο της Ε.Ε για τα βιολογικά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιήσουν, εάν το επιθυμούν, οι καλλιεργητές, κτηνοτρόφοι και παραγωγοί βιολογικών ειδών διατροφής μετά από μια διαδικασία πιστοποίησης (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

Στην Ελλάδα τα βασικά χαρακτηριστικά του κλάδου της βιολογικής γεωργίας, είναι η αυξητική τάση των καλλιεργούμενων εκτάσεων βιολογικής καλλιέργειας καθώς και η χαρακτηριστική γεωγραφική ανισοκατανομή των βιολογικά καλλιεργούμενων εκμεταλλεύσεων.

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, για το έτος 2005 οι κυριότερες βιολογικές καλλιέργειες στην Ελλάδα και το αντίστοιχο ποσοστό τους επί του συνόλου των βιοκαλλιεργειών είναι:



- Η καλλιέργεια της ελιάς με ποσοστό 38,2%
- Η καλλιέργεια των ψυχανθών με ποσοστό 29%
- Η καλλιέργεια των σιτηρών, με ποσοστό 13,5%
- Η καλλιέργεια της μηδικής με ποσοστό 5,6%
- Οι αμπελώνες με ποσοστό 3,8%
- Η καλλιέργεια των εσπεριδοειδών με ποσοστό 1,9%

Οι εμπλεκόμενοι με τη βιολογική γεωργία-κτηνοτροφία κατά το έτος 2005 έφτασαν τους 15.556 από 9.885 που ήταν το 2004, παρουσιάζοντας μια αύξηση της τάξης του 36,45%. Σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, η βιολογικά καλλιεργούμενη έκταση έφτασε το 2005 περίπου τα 1.035.610 στρέμματα καλύπτοντας το 2,6% περίπου της συνολικά καλλιεργούμενης γης στη χώρα μας, ενώ το 2004 οι βιολογικά καλλιεργούμενες εκτάσεις ήταν 590.080 στρέμματα που αντιστοιχούσαν στο 1,5% της συνολικά καλλιεργούμενης γης.

Εξετάζοντας τα στοιχεία από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για τη βιολογική γεωργία, προκύπτει το συμπέρασμα ότι από την εμφάνισή της στη χώρα μας, παρατηρείται μια συνεχής αύξηση των μεγεθών με μοναδική εξαίρεση το διάστημα των ετών 2001 και 2002 όπου εμφανίστηκε μικρή μείωση τόσο των βιοκαλλιεργητών, όσο και των συνολικών βιολογικά καλλιεργούμενων εκτάσεων, οι οποίες ελαττώθηκαν κατά 5,1%. Σταδιακά όμως, οι βιοκαλλιεργητές άρχισαν να εξοικειώνονται με τη λειτουργία του όλου συστήματος και τις απαιτήσεις των βιολογικών καλλιεργειών, με αποτέλεσμα να ομαλοποιηθεί η κατάσταση όπως αποδεικνύουν και τα πρόσφατα στατιστικά στοιχεία. Αυτό πιστοποιείται και από τη σημαντική απορρόφηση που είχαν τα μέτρα 3.1 (Βιολογική γεωργία) και 3.2 (Βιολογική κτηνοτροφία) του άξονα 3 «Γεωργικοπεριβαλλοντικά Μέτρα» του Εγγράφου Προγραμματισμού Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΠΑΑ) 2000-2006.

Τέλος, στόχοι της χώρας μας, είναι η ταχύρρυθμη αύξηση της παραγωγής βιολογικών προϊόντων με τη θεσμοθέτηση ειδικών μέτρων. Τα μέτρα αυτά θα στοχεύουν στην παροχή κινήτρων για επενδύσεις σε εκμεταλλεύσεις βιολογικής καλλιέργειας, στην προώθηση τεχνικών γνώσεων και πληροφοριών για τη βιολογική γεωργία, στη διασφάλιση της αξιοπιστίας των ελέγχων καθώς και στην ενημέρωση των καταναλωτών για τα πλεονεκτήματα των βιολογικών προϊόντων (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων).

#### **1.5.4. Παραγωγική Διαδικασία Βιολογικής Καλλιέργειας**

Οι ενέργειες που απαιτούνται όταν ένας παραγωγός ενδιαφέρεται να μετατρέψει την καλλιέργειά του από συμβατική σε βιολογική, περιλαμβάνουν τα εξής στάδια: Ο παραγωγός πρέπει να έρθει σε επαφή με κάποιον από τους εγκεκριμένους Οργανισμούς Ελέγχου και Πιστοποίησης, όπου θα υποβάλλει τη σχετική αίτηση. Γίνεται η πρώτη επίσκεψη του ελεγκτή στο αγρόκτημα και συμπληρώνονται τα απαραίτητα σχετικά έντυπα και ερωτηματολόγια από κοινού με τον ελεγκτή. Στη συνέχεια, ο ελεγκτής συντάσσει έκθεση, την οποία μαζί με τα προηγούμενα έντυπα και αφού ο παραγωγός συμφωνήσει με τους όρους και τις υποχρεώσεις που συνεπάγεται η βιολογική καλλιέργεια, υποβάλλονται προς την τεχνική επιτροπή του Οργανισμού Ελέγχου, η οποία θα δώσει την οριστική απάντηση για το πώς θα χαρακτηριστεί ο παραγωγός. Τέλος, σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΟΚ) 2092/91, για μία καλλιέργεια που ξεκινάει σαν βιολογική μεσολαβεί υποχρεωτικά ένα χρονικό διάστημα (περίοδος μετατροπής), η διάρκεια του οποίου είναι τουλάχιστον δύο χρόνια πριν από τη σπορά (για τις ετήσιες καλλιέργειες), ή τουλάχιστον τρία χρόνια πριν την πρώτη συγκομιδή (για τις πολυετείς καλλιέργειες). Μετά την έλευση της περιόδου μετατροπής τα καλλιεργούμενα προϊόντα μπορούν πλέον να σημανθούν ως βιολογικά. Σημειώνεται ότι οι Οργανισμοί Ελέγχου και Πιστοποίησης μπορούν με την έγκριση της αρμόδιας αρχής (Υπουργείο Γεωργίας) να αποφασίσουν παράταση ή μείωση της περιόδου μετατροπής σε ορισμένες περιπτώσεις, λαμβάνοντας υπόψη την προγενέστερη χρήση των αγροτεμαχίων.

#### **1.5.5. Οργανική Λίπανση**

Τα οργανικά συστατικά μαζί με τα ανόργανα αποτελούν την στερεά ουσία του εδάφους. Η οργανική ουσία επηρεάζει τις συνθήκες του νερού, του αέρα και της θερμοκρασίας του εδάφους, παρέχει επίσης θρεπτικά στοιχεία στα φυτά και συμβάλλει στη δημιουργία ευνοϊκού πορώδους συστήματος. Στην οργανική ουσία περιλαμβάνονται ζωικοί οργανισμοί που διαβιούν στο έδαφος, ρίζες φυτών, ημιαποσυντεθημένα ή αποσυντεθημένα υπολείμματα φυτικών ιστών και νεοσχηματισμένες μορφές φυτικών και ζωικών ουσιών (Σιδηράς, 2002).

Στον Κοινοτικό Κανονισμό 2092/91 αναφέρονται εκτενώς τα προϊόντα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους βιοκαλλιεργητές ως λιπάσματα και βελτιωτικά του εδάφους.

- **Κοπριά.** Από τα οικονομικά λιπάσματα συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, ιδιαίτερα αν αναλογιστεί κανείς την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας στη χώρα μας. Η κοπριά αποτελείται από στερεά και υγρά απορρίμματα ζώων, από άχυρο με το οποίο επιστρώνεται ο στάβλος και ζωοτροφές. Περιέχει σε μεγάλο ποσοστό οργανικά υλικά, αξιoσημείωτες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (μακροστοιχείων και μικροστοιχείων) ακόμα και αυξητικές ουσίες. Για τον λόγο αυτό χαρακτηρίζεται ως ολοκληρωμένο λίπασμα (Williams & Cook, 1961). Η σημασία της κοπριάς ως πηγή άντλησης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και ως μέσο βελτίωσης της φυσικής και βιολογικής γονιμότητας των εδαφών έχει πλήρως κατανοηθεί από τους βιοκαλλιεργητές (Σιδηράς, 1997).

- Η εκμετάλλευση του **κομπόστ** στη γεωργία και ειδικότερα στις κηπευτικές καλλιέργειες ως λίπασμα είναι πολύ καλά γνωστή από τα μεταπολεμικά χρόνια. Η κατασκευή κομπόστ προϋποθέτει ορισμένες γνώσεις και η ποιότητά του εξαρτάται κυρίως από το είδος και την ποιότητα των υλικών που προστίθενται στη φάση της κομποστοποίησης. Και άλλοι παράγοντες επιδρούν στο ποιοτικό επίπεδο του κομπόστ όπως: η τρόπος δημιουργίας της στοίβας, ο χώρος κατασκευής, η ταχύτητα αποδόμησης των υλικών, η πορεία της ζύμωσης, η ωρίμανση, η χουμοποίηση κ.α.

- Η **κομποστοποίηση** είναι μια διαδικασία αερόβιας αποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων και η τους σε μετατροπή χούμο, σε ουσίες σταθερές καθώς επίσης και στο σχηματισμό αργιλλοχουμικών συμπλόκων (Σιδηράς, 1997). Μετά την παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος τα οργανικά είδη δεν είναι πλέον δυνατό να αναγνωρισθούν με γυμνό μάτι, έχουν χάσει την αρχική τους δομή και έχουν αποδομηθεί. Το τμήμα το οποίο έχει απομείνει πλέον, έχει χρώμα σκοτεινό, είναι ανθεκτικό στην παραπέρα αποσύνθεση και ονομάζεται με μια λέξη **χούμος** (Σιδηράς, 2002).

- **Χλωρή λίπανση** συνίσταται η καλλιέργεια φυτών εδαφοκάλυψης και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος. Εφαρμόζεται συγχρόνως με την κύρια καλλιέργεια (στις δενδρώδεις καλλιέργειες) και μεταξύ δύο συνεχόμενων καλλιεργειών (στις ετήσιες καλλιέργειες). Η επιλογή του κατάλληλου είδους φυτικής μάζας γίνεται με

βάση το κλίμα της περιοχής, το pH, το έδαφος και την αντοχή του σε έντομα και ασθένειες. Η σπορά θα πρέπει να γίνεται όταν το έδαφος βρίσκεται στο ρώγο του. Η ποσότητα του σπόρου των φυτών χλωρής λίπανσης εξαρτάται από το είδος του φυτού, το μέγεθος του σπόρου και το βαθμό της επιθυμητής εδαφοκάλυψης (Καμπουράκης, 2000). Η ενσωμάτωση των φυτών γίνεται κατά την περίοδο της άνθησης τους κατά την οποία έχουμε τη μέγιστη ποσότητα πράσινης φυτικής μάζας, με θερισμό και όργωμα είτε με κυλίνδρισμα και στη συνέχεια όργωμα.

## **1.6. Κατεργασία και έδαφος**

### **1.6.1. Γενικά**

Ως κατεργασία του εδάφους ορίζεται η παρέμβαση οποιασδήποτε μορφής σε αυτό (και κυρίως στη δομή του) από τον άνθρωπο, μέσω διαφόρων εργαλείων και μηχανημάτων (μηχανική κατεργασία). Η εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες είναι δεδομένη, γεγονός που δεν άφησε ανεπηρέαστη τη βιομηχανία κατασκευής γεωργικών ελκυστήρων και παρελκομένων, η οποία παρουσίασε τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα της (μεγαλύτερο βάθος καλλιέργειας, μεγαλύτερος βαθμός αναστροφής του εδάφους, μεγαλύτερος βαθμός θρυμματισμού του εδάφους κ.ά.). Οι επιδράσεις της συμβατικής εδαφοκατεργασίας στο έδαφος, στα φυτά, στο ευρύτερο περιβάλλον, στην οικονομία ή ακόμη και στην ανθρώπινη κοινωνία διαφαίνονται όλο και πιο ξεκάθαρα με την πάροδο των χρόνων και είναι μάλλον αρνητικές.

Η κατεργασία ενσωματώνει και διανέμει την οργανική ουσία στην επιφάνεια του εδάφους και έτσι εξασφαλίζονται συνθήκες κατάλληλες για την ανοργανοποίηση των θρεπτικών στοιχείων, και ιδιαίτερα του αζώτου (N). Επίσης αφήνει υπολείμματα στη επιφάνεια του εδάφους, καλυτερεύει τις εδαφικές συνθήκες και ευνοεί την αποστράγγιση.

Επίσης βελτιώνονται οι συνθήκες ριζοβολίας και η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων (Koerke, 2003). Επίσης η κατεργασία διευκολύνει την προετοιμασία της σποροκλίνης. Η κατεργασία μόνη, ή σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους διαχείρισης των ζιζανίων μπορεί να είναι ένα επαρκές σύστημα για την διαχείριση των ζιζανίων. Ελέγχει τα ζιζάνια με το να τα ενσωματώνει στο έδαφος, διαχωρίζει τους βλαστούς

από τις ρίζες (Zimdahl, 2004). Επομένως, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η κατεργασία του εδάφους μπορεί να ελέγξει τα ζιζάνια. Οι απόψεις όμως δίστανται για την ένταση και την χρονική διάρκεια στην οποία θα πρέπει να πραγματοποιούνται οι διάφορες κατεργασίες για την προετοιμασία της σποροκλίνης και την διαμόρφωση της με τέτοιο τρόπο που να εξυπηρετεί την καλύτερη διαχείριση των ζιζανίων.

## **1.6.2. Κατεργασία του εδάφους και φυσικές του ιδιότητες**

### **1.6.2.1. Πορώδες**

Ως πορώδες ορίζεται το κλάσμα ή το ποσοστό του συνολικού όγκου του εδάφους που καταλαμβάνεται από νερό και αέρα (Παναγιωτόπουλος, 2010). Σημαντικό ρόλο παίζει και η κατανομή μεγέθους των πόρων. Για να αερίζεται σωστά το έδαφος δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση απλά ο συνολικά μεγάλος όγκος πόρων, αλλά ύπαρξη πόρων μεγάλης διαμέτρου. Π.χ., τα αργιλώδη εδάφη παρουσιάζουν υψηλές τιμές πορώδους (>55%) αλλά είναι ακατάλληλα για τις περισσότερες καλλιέργειες λόγω κακού αερισμού. Αντίθετα, τα αμμώδη εδάφη, με πορώδες περίπου 40-45%, παρουσιάζουν συνήθως καλό και σταθερό αερισμό ([prosodol.gr](http://prosodol.gr)). Κατά τη συμβατική κατεργασία παρατηρείται στο βάθος κατεργασίας αύξηση του πορώδους τόσο του ολικού όσο και του μακροπορώδους σε σχέση με την ελάχιστη κατεργασία. Λόγω της γεωργικής πρακτικής κάτω από το βάθος αυτό παρατηρείται αύξηση της αντίστασης του εδάφους στη διείδυση και μείωση του ολικού πορώδους όπως και του μακροπορώδους (Hermawen & Cameron, 1993).

Αύξηση του μακροπορώδους προκαλείται από την παρουσία των φυτικών υπολειμμάτων καθώς επίσης και από την εδαφοκατεργασία. Όσο συχνότερα γίνεται εδαφοκατεργασία με τα γεωργικά μηχανήματα, τόσο περισσότεροι μακροπόροι καταστρέφονται μειώνοντας παράλληλα και το ολικό πορώδες (Alakukku, 1996). Η παρατηρούμενη μείωση στους μακροπόρους οφείλεται πιθανότατα στη συμπίεση που ασκείται από το βάρος των γεωργικών μηχανημάτων όπως επίσης και από το βάρος των ελαστικών (Danfors, 1994).

### 1.6.2.2. Αντίσταση εδάφους

Η αντίσταση εδάφους στη διείδυση της μεταλλικής ράβδου του διειδυσιόμετρου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εδαφοκατεργασία. Μειώνεται από τα εργαλεία που προκαλούν έντονη αναμόχλευση αλλά διατηρείται σταθερή στην ακατεργασία. Έτσι μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ελάχιστης η πρώτη παρουσιάζει την μικρότερη αντίσταση μόνο έως το βάθος αναμόχλευσης (*Mahli et al, 1992*).

Κατά τη συμβατική κατεργασία προκαλείται συμπίεση του εδάφους κάτω από το βάθος άροσης από το βάρος των μηχανημάτων, τα περάσματα του ελκυστήρα όπως και από την πίεση των ελαστικών, που οδηγεί σε μειωμένες αποδόσεις αφού εμποδίζει την καλή ανάπτυξη των φυτών (*Pagliai et al. 2004, Hakansson & Medvedev, 1995, Stewart & Vyn 1994, Asoegwu 1994*).

Με την πάροδο του χρόνου από τη σπορά έως τη συγκομιδή η αντίσταση του εδάφους αυξάνεται και αυτό ανεξάρτητα από το σύστημα κατεργασίας. Όσο πιο έντονη είναι η κατεργασία τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση της αντίστασης (*Gajri et al., 1996*).

Η δημιουργία της κρούστας μετά την εδαφοκατεργασία οφείλεται στην παρουσία φυλλόμορφων ορυκτών, στη λιγυστή οργανική ουσία και στην απότομη απώλεια υγρασίας. Η κρούστα με την σειρά της οδηγεί στην αύξηση της αντίστασης του εδάφους έχοντας μέγιστες τιμές προτού η υγρασία βρεθεί στο ελάχιστο ποσοστό της. Η οργανική ουσία μειώνει την αντίσταση του εδάφους και ταυτόχρονα μειώνονται οι απώλειες της εδαφικής υγρασίας (*Biamah et al., 1994*).

### 1.6.2.3. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων

Η Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ), είναι κι αυτή ένας σπουδαίος εδαφικός παράγοντας όπου το εκάστοτε σύστημα εδαφοκατεργασίας το επηρεάζει. Κατά την εδαφοκατεργασία μειώνεται ενώ με την πάροδο του χρόνου και πριν τη συγκομιδή έχει μεγαλύτερες τιμές.

Σε καλλιέργειες σίτου και σόγιας συγκρίθηκαν δύο διαφορετικά συστήματα εδαφοκατεργασίας και με διαφορετικό αριθμό περασμάτων ανά κατεργασία. Βρέθηκε λοιπόν ότι η κατεργασία με φρέζα παρουσίασε και στις δύο καλλιέργειες μικρότερη

ΜΣΔΣ σε σχέση με την κατεργασία με δισκάρωτρο ενώ ο αριθμός περασμάτων μείωσε σημαντικά την ΜΣΔΣ μόνο στο δισκάρωτρο (*Prasad, 1996*).

Σε πείραμα όπου ακολούθησαν μακροχρόνια διαφορετικές κατεργασίες του εδάφους παρατηρήθηκε ότι η ΜΣΔΣ στο σύστημα ελάχιστης εδαφοκατεργασίας ήταν μεγαλύτερη. Εκτός από την ένταση της κατεργασίας η ΜΣΔΣ συσχετίστηκε και με τα διαφορετικά ποσοστά οργανικού C, όπου με το σύστημα της ελάχιστης εδαφοκατεργασίας ήταν μεγαλύτερα αυτά τα ποσοστά (*Hermawan, 1993*).

Η παρουσία στο έδαφος της οργανικής ουσίας ευνοεί το φαινόμενο της συσσωμάτωσης και της σταθερότητας των συσσωματωμάτων. Συνεπώς τα υπολείμματα των καλλιεργειών καθώς και η οργανική λίπανση συμβάλουν στη δημιουργία συσσωματωμάτων με μεγαλύτερη Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο Συσσωματωμάτων (*Cook et al., 1992*).

### **1.6.3. Κατεργασία εδάφους και χημικές του ιδιότητες**

#### **1.6.3.1. Ποσοστό ολικού αζώτου (N) και οργανικού άνθρακα (C)**

Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στην αποδόμηση βιολογικά της οργανικής ουσίας είναι δύο, πρωτίτως το σύστημα εδαφοκατεργασίας και δευτερευόντως η θερμοκρασία του εδάφους (*Tate, 1984*). Στο σύστημα της ακατεργασίας με τη διαδικασία διαχείρισης των υπολειμμάτων και την τοποθέτησή τους στην επιφάνεια επηρεάζεται η εδαφική υγρασία, η θερμοκρασία καθώς και η διατήρηση της δομής του εδάφους. Επίσης μειώνεται η επιφανειακή απορροή (*Tate, 1984*).

Η επίδραση της κατεργασίας στο ποσό του ολικού αζώτου και του οργανικού άνθρακα έχει να κάνει κυρίως με τη ζώνη κατεργασίας ενώ κάτω από αυτή δεν σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ). Σε σύγκριση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας, ακατεργασία, άροτρο, καλλιεργητή αποδείχθηκε μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε άζωτο και σε άνθρακα όσον αφορά το σύστημα της ακατεργασίας και ακολούθησε αυτό του καλλιεργητή, (*Karlen et al., 1994.; Singh et al., 1994; Alvarez et al., 1995*).

Τα φυτικά υπολείμματα καθώς και τα καλλιεργητικά συστήματα επηρεάζουν σημαντικά τα ποσά του εδάφους σε άζωτο και άνθρακα. Σε σύστημα αμειψισποράς σόργου – αγρανάπαυσης – σιτάρι μετρήθηκαν μεγαλύτερες ποσότητες ολικού αζώτου

και οργανικού άνθρακα στην συμβατική κατεργασία ενώ στο σύστημα ακατεργασίας μικρότερες ποσότητες ανόργανου αζώτου (*Christensen et al.*, 1994).

Στο σύστημα της ακατεργασίας το προστιθέμενο με την λίπανση αζώτου, κάτω από ξηροθερμικές και εντατικής γεωργίας συνθήκες συγκρατείται στο έδαφος μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας σε οργανική μορφή, ενώ στην επιφάνεια αποδομούνται τα υπολείμματα με αργό ρυθμό δίνοντας έτσι άζωτο μέσω μικροβιακής βιομάζας (*Porter et al.*, 1996).

Τα υπολείμματα καλλιεργειών περιέχουν μεγάλες ποσότητες σε άζωτο. Στην Αυστραλία σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα αζώτου στο έδαφος στα αγροτεμάχια όπου αξιοποιήθηκαν τα υπολείμματα ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με αυτά τα αγροτεμάχια όπου απομακρύνθηκαν τα υπολείμματα ενώ η απόδοση ήταν κατά 10% μεγαλύτερη σε αυτά με τα υπολείμματα (*Rochester et al.*, 1997).

#### **1.6.4. Κατεργασία εδάφους και βιολογικές του ιδιότητες**

##### **1.6.4.1. Μικροβιακή δραστηριότητα και εκλυόμενο CO<sub>2</sub>**

Σε καλώς αεριζόμενα εδάφη τα οργανικά σύμπλοκα που υπάρχουν στα φυτικά υπολείμματα οξειδώνονται. Η ενζυματική οξείδωση κατά την αποδόμηση της οργανικής ουσίας έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Τα φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους ακολουθώντας το μειωμένο σύστημα κατεργασίας ή σύστημα ακατεργασίας επιδρούν σημαντικά τόσο στην αύξηση της οργανικής ουσίας όσο και στην θερμοκρασία του εδάφους. Έτσι υπό το σύστημα της ακατεργασίας παρατηρείται έντονη βιολογική δραστηριότητα που συνοδεύει την έντονη έκλυση CO<sub>2</sub>, (*Unger, 1978, Alvarez et al.*, 1995).

Η αντίσταση του εδάφους, ως αποτέλεσμα της συμπίεσης επιδρά αρνητικά στην αποδόμηση της οργανικής ουσίας και παράλληλα επιβραδύνει τον ρυθμό ανοργανοποίησής της. Αυτό οφείλεται στις αρνητικές για τους εδαφόβιους οργανισμούς συνθήκες, υγρασίας και θερμοκρασίας, (*Whalley et al.*, 1995).



## 1.6.5. Κατεργασία εδάφους και φυτικά χαρακτηριστικά

### 1.6.5.1. Ριζικό σύστημα

Το πορώδες, το μέγεθος των συσσωματωμάτων επηρεάζονται από την κατεργασία και επιδρούν σημαντικά στο μέγεθος, την ποσότητα και την κατανομή στο βάθος του ριζικού συστήματος.

Σε καλλιέργεια τριφυλλίου βρέθηκε ότι με το σύστημα της ακατεργασίας το μήκος των ριζών ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με άλλα συστήματα κατεργασίας (συμβατικής και ελάχιστης), ανεξάρτητα από τον αριθμό περασμάτων, (*Unger & Kaspar, 1994*).

Σε καλλιέργεια αραβοσίτου σε μελέτη επίδρασης δύο συστημάτων κατεργασίας στην ανάπτυξη των ριζών αλλά και στην δομή του εδάφους, σημειώθηκε θετική υψηλή συσχέτιση μεταξύ του μακροπορώδους, τόσο της μάζας των ριζών όσο και της πυκνότητάς του, ενώ το ριζικό σύστημα κάτω από το σύστημα της άροσης ήταν πλουσιότερο σε σχέση με το σύστημα της φρέζας, (*Sidiras & Kendristakis, 1997*).

Η συμπάγεια όπως και ο βαθμός της συμπάγειας παίζει ρόλο στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Σε καλλιέργειες κριθαριού και αραβοσίτου όπου ακολούθησαν μελέτες παρατηρήθηκε ότι τόσο φτωχότερο ήταν το ριζικό σύστημα και η πρόσληψη θρεπτικών, όσο πιο έντονη ήταν η συμπάγεια του εδάφους (*Lipiec et al., 1994*).

Η θερμοκρασία του εδάφους, που επηρεάζεται σημαντικά από το σύστημα κατεργασίας, επιδρά επίσης και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των περισσότερων καλλιεργειών η άριστη θερμοκρασία βρίσκεται μεταξύ 25-30°C και σκοπός του κάθε συστήματος κατεργασίας είναι να διατηρεί τη θερμοκρασία του εδάφους κοντά σε αυτές τις τιμές. Το σύστημα της ακατεργασίας, μεταξύ των συστημάτων κατεργασίας είναι αυτό όπου παρουσιάζει το μικρότερο εύρος ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας, (*Marelli et al., 1981*).

### 1.6.5.2. Ζιζάνια

Η αντιμετώπιση ζιζανίων απαιτεί γνώση των ειδών των ζιζανίων, της περιοχής, της καλλιέργειας, του συστήματος κατεργασίας και του συστήματος αμειψισποράς. Ήδη σήμερα για την αντιμετώπιση πολλών ετήσιων πλατύφυλλων ζιζανίων συνιστάται η παραμονή των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους και κυρίως στις μικρόκαρπες καλλιέργειες, (Putnam & DeFrank, 1983).

## 1.7. Σκοπός Μελέτης

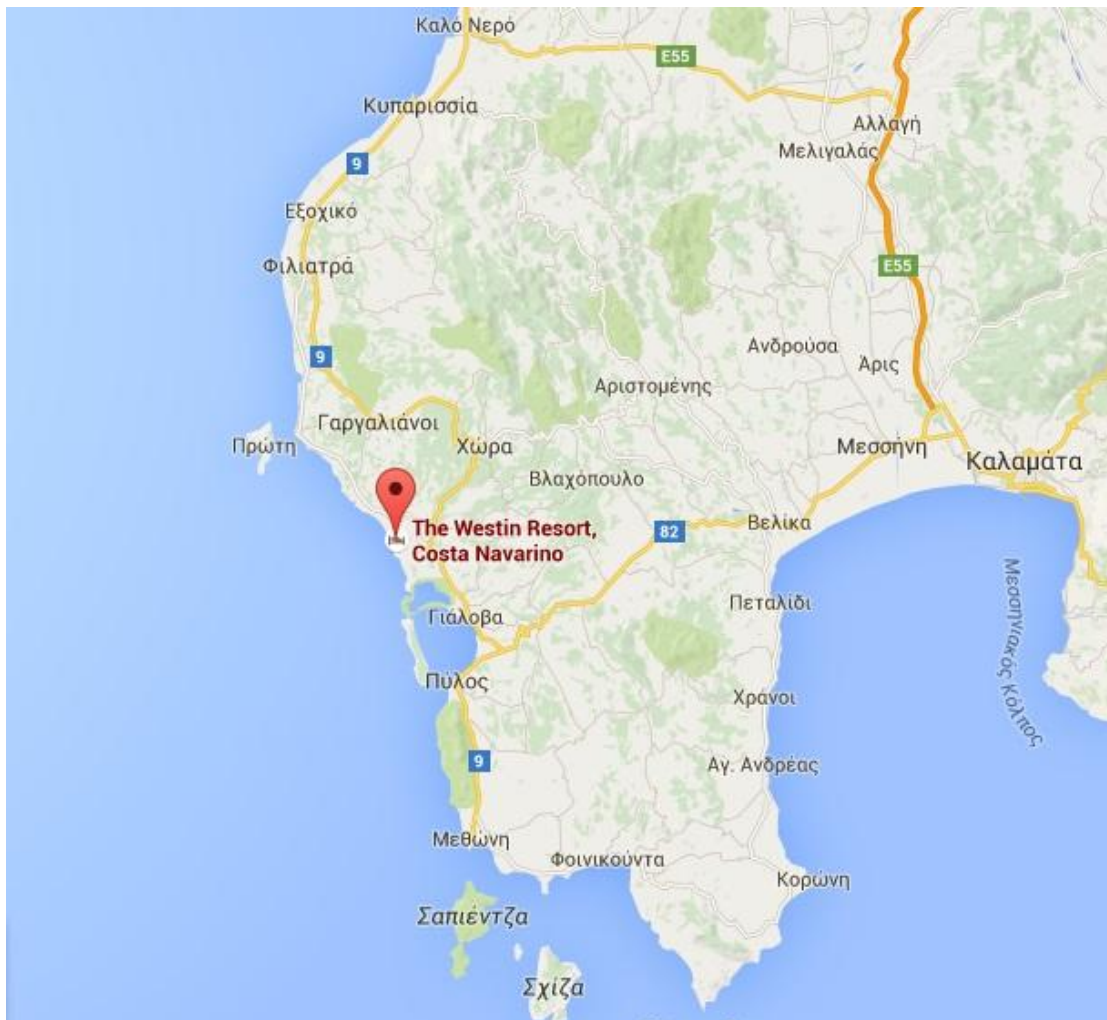
Οι πρακτικές της συμβατικής γεωργίας έχουν δημιουργήσει προβλήματα, με την κατάχρηση γεωργικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, την υποβάθμιση της γονιμότητας και την εξάντληση των αγρών λόγω λανθασμένων συστημάτων διαχείρισης, καθώς επίσης συνέβαλαν σε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα (φαινόμενο θερμοκηπίου, μείωση βιοποικιλότητας) σε διεθνές επίπεδο. Αυτό οδήγησε στην αναζήτηση και ανάπτυξη εναλλακτικών συστημάτων καλλιέργειας φιλικών προς το περιβάλλον, με στόχο την μακροπρόθεσμη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας καθώς και της γονιμότητας του εδάφους. Ένα τέτοιο σύστημα είναι η βιολογική γεωργία. Επίσης, σε εθνικό επίπεδο, η μακροχρόνια ενασχόληση των αγροτών με απαιτητικές σε εισροές καλλιέργειες που έχουν μεγάλο κόστος και ελάχιστο κέρδος πλέον, οδήγησε σε στροφή προς τις καλλιέργειες τοπικών ποικιλιών καλύτερα προσαρμοσμένων στα τοπικά δεδομένα από πλευράς οικολογικών απαιτήσεων.

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας σε συνδυασμό με την εφαρμογή ή μη της οργανικής λίπανσης σε δύο τοπικές Μεσσηνιακές ποικιλίες κουκιών, τις ποικιλίες «ψιλοκούκι» και «πλατοκούκι». Η σύγκριση αυτή πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό στην Πύλο της Μεσσηνίας, για να υπολογισθούν οι διαφορές που σημειώνονται σε εδαφικές, βιολογικές και φυτικές (ριζικό σύστημα) παραμέτρους της καλλιέργειας των τοπικών ποικιλιών.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Περιοχή μελέτης

Ο πειραματικός αγρός όπου διεξήχθη το πείραμα παραχωρήθηκε ύστερα από συνεννόηση με το ξενοδοχείο “Costa Navarino – Resort Hotel” . Βρίσκεται στην Πύλο του νομού Μεσσηνίας, στο νοτιοδυτικό άκρο της Πελοποννήσου. Οι ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις ανήκουν στις Τουριστικές Επιχειρήσεις Μεσσηνίας Α.Ε. που υπάγονται στο Ίδρυμα «Καπετάν Βασίλης Κωνσταντακόπουλος».



**Εικόνα 2.1.1.α:** Ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις - Πύλος Μεσσηνίας. Χάρτης προσανατολισμού περιοχής μελέτης.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του είναι με (WGS84) και κλίμακα περίπου 1 : 300000: 36° 59' 45.6" N, 21° 39' 0" E , με γεωγραφικό πλάτος: 36.996° και γεωγραφικό μήκος: 21.65°, ενώ το υψόμετρο είναι στα 500-600 μέτρα (m) από το επίπεδο της θάλασσας (*Google Maps & costanavarino.com/gr/*).



*Εικόνα 2.1.1.β: Δορυφορική αποτύπωση του σημείου που βρίσκεται ο πειραματικός αγρός σε κάτοψη.*

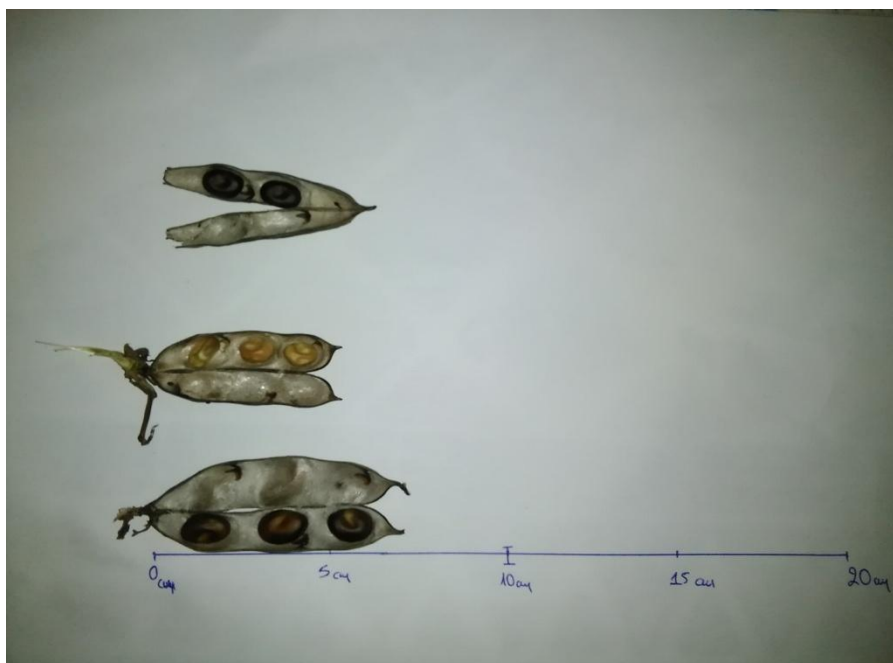
Στην επιλογή της περιοχής μελέτης λήφθηκαν υπόψη τα εξής:

- Παρουσιάζει εύκρατο κλίμα με ετήσιο εύρος θερμοκρασιών συνήθως μεταξύ 13 °C και 19 °C. Οι ανώτατες ετήσιες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 18 °C και 25 °C. Τα παράκτια τμήματα στα δυτικά του Μεσσηνιακού κόλπου παρουσιάζουν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 18 °C. Παγετός εκδηλώνεται σπάνια. Κατά τον χειμώνα, η γειτνίαση με τη θάλασσα και οι σχετικά θερμοί και υγροί άνεμοι διατηρούν τη θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα, καθιστώντας τον ήπιο. Η σχετική υγρασία του αέρα σημειώνει τις - μεγαλύτερες τιμές της στου μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο με μέση τιμή που υπερβαίνει τους 80 βαθμούς της υγρομετρικής κλίμακας. Οι άνεμοι παρουσιάζουν σχετικά μικρές εντάσεις κατά τον μήνα Ιανουάριο.

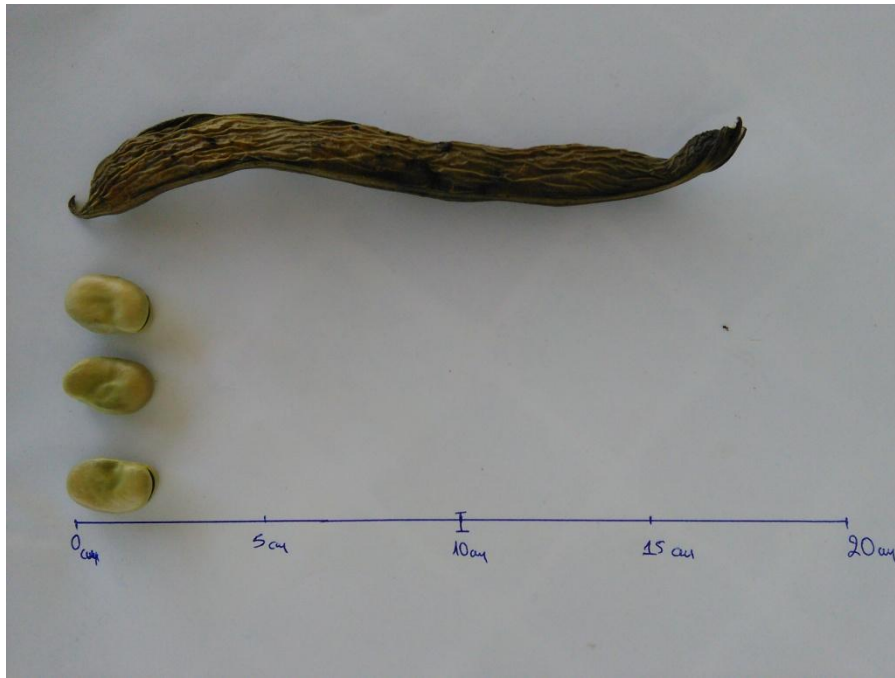
- Η περιοχή μελέτης απέχει 280 χιλιόμετρα οδικής απόστασης από την Αθήνα. Η διεξαγωγή των δειγματοληψιών και η μεταφορά των δειγμάτων σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών διευκολύνθηκε χάρη στη νέα Εθνική Οδό Ε65-Ε55.
- Οι τοπικές ποικιλίες που καλλιεργούνται στην περιοχή ανεξαρτήτως συστήματος καλλιέργειας είναι προσαρμοσμένες στο μικροκλίμα της περιοχής.

## 2.2 Συλλογή του φυτικού υλικού

Οι σπόροι που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα προέρχονται από το νομό Μεσσηνίας καθώς πρόκειται για τοπικές ποικιλίες κουκιών. Οι δύο τοπικές ποικιλίες που καλλιεργήθηκαν είναι το Ψιλοκούκι (*Vicia faba minor*) (Εικόνα 2.2.α) καθώς και το Πλατοκούκι (*Vicia faba major*) (Εικόνα 2.2.β.), αποτέλεσμα συλλογής από ντόπιους παραγωγούς της ευρύτερης περιοχής.



**Εικόνα 2.2.α:** Λοβοί και σπόροι της τοπικής ποικιλίας Ψιλοκούκι (*Vicia faba minor*)



*Εικόνα 2.2.β.: Λοβοί και σπόροι της τοπικής ποικιλίας Πλατοκούκι (Vicia faba major)*

Σημείωση: Η ποσότητα του σπόρου που συλλέχθηκε από τους παραγωγούς, οριακά δεν επαρκούσε για την αποτελεσματική διεξαγωγή του πειράματος. Κατά συνέπεια ύστερα από συνεννόηση με το Ίδρυμα «Καπετάν Βασίλης Κωνσταντακόπουλος» και επαφή με τον κύριο Κάππα Ξενοφώντα, Γενικό Διευθυντή συμπληρώθηκε η απαιτούμενη ποσότητα για την ολοκλήρωση της σποράς, από παλαιότερες συλλογές του ιδρύματος.



## 2.3. Πειραματικός αγρός και παρατηρήσεις

### 2.3.1. Πειραματικό σχέδιο

Ακολούθησε το σχέδιο των υποδιαιρεμένων τεμαχίων με 4 επαναλήψεις, 2 κύριες επεμβάσεις κατεργασίας (φρέζα και άροση) και 2 υποτεμάχια λίπανσης (Μάρτυρας και Βιομηχανικό Κομπόστ).

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| Μάρτυρας | Κομπόστ  | Μάρτυρας | Κομπόστ  |
| Κομπόστ  | Μάρτυρας | Κομπόστ  | Μάρτυρας |

*Εικόνα 2.3.1.: Σχεδιασμός του πειραματικού αγρού όπως έγινε για την ποικιλία πλατοκούκι. Με απαλές αποχρώσεις αποτυπώνεται η χρήση φρέζας, ενώ με έντονο χρώμα όπου έχει γίνει εφαρμογή της άροσης. Το κύριο τεμάχιο χωρίσθηκε σε τέσσερα υποτεμάχια με βάση την κατεργασία και έπειτα σε επιμέρους, σύνολο οκτώ με βάση την εφαρμογή οργανικής λίπανσης ή όχι. Ομοίως το ίδιο σχέδιο ακουλούθησε και για την ποικιλία ψιλοκούκι.*

#### Προετοιμασία αγρού

Η σπορά πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά και εντοπισμένα, για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας της πυκνότητας σποράς. Οι γραμμές φύτευσης ήταν 4 σε κάθε τεμάχιο και χαραχτηκαν επίσης χειρωνακτικά. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 12 cm, ενώ οι αποστάσεις επί της γραμμής ήταν 2-3 cm. Κάθε τεμάχιο είχε έκταση 0.9m x 1.5m, ενώ ανάμεσά τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 0.4m για την διευκόλυνση των επεμβάσεων κατά την διάρκεια του πειράματος.

Η διαδικασία της σποράς πραγματοποιήθηκε ως εξής:

- ✓ Προσδιορίστηκε με τη βοήθεια νήματος και πασσάλων το εμβαδόν όλου του αγρού που χρησιμοποιήθηκε για σπορά.
- ✓ Ακολούθησε χάραξη της βασικής γραμμής και ορίστηκαν τα όρια της κάθε ζώνης άρδευσης (4 ζώνες στην πρώτη γραμμή).
- ✓ Έγινε μετατόπιση παράλληλη της πρώτης γραμμής για να προσδιορισθεί και η δεύτερη γραμμή. Ομοίως προσδιορίστηκαν και οι υπόλοιπες γραμμές.
- ✓ Τέλος, ακολούθησε η σπορά σε κάθε ζώνη, σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις **14 Ιανουαρίου 2015**.

### **2.3.2. Μηχανήματα εδαφοκατεργασίας**

Για την εδαφοκατεργασία χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα που αποτελούν ιδιοκτησία του ξενοδοχείου «*Costa Navarino*»:

- α) Άροτρο με πλάτος κοπής 14 τύπου γενικής χρήσης με βάθος κατεργασίας " 30cm
- β) Φρέζα με 3 μαχαίρια ανά βάση τύπου "L" και πλάτος 1,60m με βάθος κατεργασίας "15 cm.

Η χάραξη των γραμμών σποράς γίνονταν με γραμμοχαράκτη και η σπορά με το χέρι γιατί δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή σπαρτικής μηχανής. Τα μηχανήματα αυτά φέρονταν ή σύρονταν σε γεωργικό ελκυστήρα *Massey Ferguson 240 HP*.

### **2.3.3. Συστήματα εδαφοκατεργασίας**

Τα συστήματα της εδαφοκατεργασίας που μελετήθηκαν ήταν δύο:

- α) Άροση** : τα επιλεγμένα τεμάχια οργώθηκαν στα 30 cm και μετά έγινε ένα επιφανειακό πέρασμα με την φρέζα.
- β) Φρέζα** : τα επιλεγμένα τεμάχια δέχθηκαν πέρασμα με τη φρέζα, στα 15 cm περίπου.



### 2.3.4. Λίπανση

Υπήρξε ένα είδος οργανικής λίπανσης και ο μάρτυρας. Η λίπανση έγινε μία μέρα πριν την κατεργασία για προετοιμασία της σποράς και αυτό για να επιτευχθεί καλύτερη ενσωμάτωση του λιπάσματος στο έδαφος.

**α) Μάρτυρας (C):** Τα τεμάχια του μάρτυρα δεν υπέστησαν ποτέ και σε καμία από τις δύο διαφορετικές καλλιέργειες κουκιών οποιαδήποτε λίπανση.

**β) Οργανική Λίπανση (F):** Το οργανικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν βιομηχανικό οργανικό κομπόστ σε σακιά των 50 λίτρων , «*Ανθορμον*». Είχε την εξής σύνθεση: Οργανική ουσία 65%, Τυρφώδης μάζα 15%, Χουμικά οξέα 20%, Υγρασία 20,30% και pH=7.

## 2.4. Δειγματοληψίες - προετοιμασία των δειγμάτων

### 2.4.1. Δειγματοληψίες

Τα πείραμα πραγματοποιήθηκε την περίοδο μέσα Φεβρουαρίου – μέσα Ιουνίου 2015. Στο διάστημα αυτό έλαβαν χώρα οι εξής δειγματοληψίες:

1) Δείγματα εδάφους: Έλαβαν χώρα 3 δειγματοληψίες στις 10 Μαρτίου, 15 Μαΐου και 10 Ιουνίου. Τα δείγματα εδάφους λήφθηκαν από 5 σημεία στον εκάστοτε αγρό, βάθους 0-15 cm. Οι θέσεις δειγματοληψίας καθορίστηκαν από τις δύο διαγώνιες του κτήματος και επιλέχθηκαν τυχαία. Τα δείγματα εδάφους από τα 5 διαφορετικά δειγματοληπτικά σημεία από τον εκάστοτε αγρό, αναμίχθηκαν ώστε να αποτελέσουν ένα ενιαίο σύνθετο δείγμα εδάφους όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό για τον κάθε αγρό. Εν συνεχεία, από το σύνθετο αυτό δείγμα λήφθηκε ποσότητα εδάφους περίπου 2 kg και τοποθετήθηκε σε σακούλα στην οποία αναγράφονταν οι απαραίτητες πληροφορίες του εκάστοτε αγρού από το οποίο λήφθηκε.

2) Δείγματα εδάφους με τμήμα ριζικού συστήματος: Πραγματοποιήθηκαν 5 δειγματοληψίες στις 10 Μαρτίου, 21 Απριλίου, 6 Μαΐου, 15 Μαΐου και στις 10 Ιουνίου. Τα δείγματα εδάφους με τμήμα ριζικού συστήματος λήφθηκαν μέχρι το βάθος των 0-15 cm από 3 διαφορετικά δειγματοληπτικά σημεία στον εκάστοτε αγρό που σχημάτιζαν μεταξύ τους μία διαγώνιο. Η λήψη έγινε επί της γραμμής στην μέση

της απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών φυτών. Τα δείγματα εδάφους με τα τμήματα από το ριζικό σύστημα αναμίχθηκαν για να αποτελέσουν ένα ενιαίο δείγμα εδάφους όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερο για τον κάθε αγρό. Εν συνεχεία τα εκάστοτε δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες στις οποίες αναγράφονταν οι απαραίτητες πληροφορίες του αγρού όπου πραγματοποιήθηκε η διαδικασία.

#### **2.4.2. Προετοιμασία των δειγμάτων**

1) Τα δείγματα εδάφους αφού μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο αεροξηράνθηκαν, κοσκινίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια μιας χρήσης για να χρησιμοποιηθούν στις μετέπειτα μετρήσεις.

2) Τα δείγματα εδάφους που περιείχαν και τμήματα από το ριζικό σύστημα των φυτών, μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες στις οποίες προστέθηκε νερό μέχρι να καλυφθεί όλος ο όγκος του εδάφους. Στη συνέχεια προστέθηκαν σε κάθε σακούλα 10g πολυμεταφωσφορικού νατρίου και ακολούθως καθεμία σακούλα κλείστηκε καλά, ανακινήθηκε και τοποθετήθηκε σε σκιερό μέρος για 1-3 μέρες. Μετά το πέρας των 1-3 ημερών αφαιρέθηκε από τη σακούλα το νερό και με την βοήθεια κόσκινου (5mm) ξεπλύθηκαν τα τμήματα του ριζικού από τα εδαφικά τεμαχίδια που είχαν παραμείνει πάνω σε αυτά και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε τρυβλία με διηθητικό χαρτί ώστε να στεγνώσουν καλύτερα.

### **2.5. Προσδιορισμός εδαφικών παραμέτρων**

#### **2.5.1. Προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους**

##### **2.5.1.1 Πορώδες**

Οι δειγματοληψίες για τον προσδιορισμό του πορώδους (ολικό , μικρό-, μέσο- & μακροπορώδες ) έγιναν στο τέλος κάθε καλλιέργειας . Ο υπολογισμός τους έγινε με την λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων (1 δείγμα από κάθε βάθος/τεμάχιο), τα οποία αφού κορέστηκαν με νερό υποβλήθηκαν σε στράγγιση σε συγκεκριμένες τιμές μύζησης στην ειδική συσκευή (*Pressure membrane extractor της Soil Moisture Ltd. California USA*). Σε κάθε πίεση αφαιρείται και νερό από πόρους με διαφορετικό διάμετρο (*Kuntze et al., 1988*). Με τα αποτελέσματα από αυτή τη συσκευή, εκτός από

το πορώδες , μπορεί να υπολογισθεί η ισοδύναμη υγρασία, υγρασία στο σημείο μόνιμης μάρανσης αλλά και η φαινομενική πυκνότητα.

#### **2.5.1.2. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ, MWD)**

Η συσσωμάτωση των εδαφικών τεμαχιδίων συμβάλλει στην ανάπτυξη των φυτών, αυξάνοντας κυρίως το ποσοστό των μακροπόρων του εδάφους (*Arshad et al.*, 1996), οι οποίοι βελτιώνουν τον ρυθμό διήθησης του νερού και τον αερισμό του εδάφους (*Dinel et al.*, 1991). Οι ρίζες των φυτών και οι μυκηλιακές υφές είναι κύριοι παράγοντες σταθεροποίησης των μακροσυσσωματωμάτων (>0,25 mm), ενώ οι χουμικές ενώσεις ευνοούν κυρίως τον σχηματισμό των μικροσυσσωματωμάτων (<0,25 mm) (*Weill et al.*, 1988). Οι καλλιεργητικές τεχνικές καθορίζουν την παρουσία στο έδαφος των παραγόντων σύνδεσης των εδαφικών τεμαχιδίων, οδηγώντας σε σχηματισμό ή διάσπαση συσσωματωμάτων (*Jiao et al.*, 2006). Η ΜΣΔΣ μετρήθηκε για τα διάφορα εδαφικά δείγματα, τα οποία είχαν μόνο αεροξηρανθεί. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια κόσκινων όπου το ένα προσαρμόζεται πάνω στο άλλο, από εκείνο με τη μεγαλύτερη διάμετρο οπών ως εκείνο με την μικρότερη. Οι κλάσεις διαμέτρου των οπών είναι 20-40 mm, 10-20 mm, 5-10 mm, 2-5 mm και < 2mm. Όλα τα κόσκινα με την σειρά που αναφέρθηκε παραπάνω τοποθετήθηκαν στη βάση συσκευής (*Analyssete 3 Spartan, Fritsch Ltd, Oberstein, Germany*) η οποία πάλλεται με ένταση και χρόνο που ρυθμίζονται από τον χρήστη. Στη βάση της συσκευής υπήρχε δοχείο συλλογής των τεμαχιδίων που διήλθαν από όλα τα κόσκινα. Αφού δέθηκαν σφιχτά τα κόσκινα πάνω στην συσκευή με δύο μάντες ρυθμίστηκε ο χρόνος του μηχανήματος στα 3 λεπτά. Μετά το πέρας των 3 λεπτών ζυγίστηκε η ποσότητα εδάφους που είχε παραμείνει σε κάθε κόσκινο και με τον ακόλουθο τύπο (*Van Bavel*, 1949) προσδιορίστηκε η ΜΣΔΣ:

$$\text{ΜΣΔΣ} = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

$x_i$  = η μέση διάμετρος οπών στα κόσκινα

$w_i$  = η αναλογία βάρους των σωματιδίων που παραμένουν στα κόσκινα

### 2.5.1.3. Αντίσταση του εδάφους

Η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετρήθηκε με ψηφιακό διεισδυσόμετρο (*Model 06.15 της Eijkelkamp Equipment Netherlands*). Η αντίσταση του εδάφους μετρήθηκε έως το βάθος των 45 cm. Η συσκευή διαθέτει την δυνατότητα εμφάνισης του γραφήματος με την εμφάνιση της Ε.Σ.Δ. σε κάθε βάθος για επίπεδο σημαντικότητας 5% (ανά βάθος και επανάληψη). Σε κάθε καλλιέργεια η μέτρηση της αντίστασης γίνονταν ανά 20ήμερο. Στην παρούσα μελέτη κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν 3 μετρήσεις ανά καλλιέργεια, που χαρακτηρίζουν την πορεία της αντίστασης, λόγω εξοικονόμησης χώρου.

## 2.5.2. Προσδιορισμός των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους

### 2.5.2.1. Οργανική ουσία

Η οργανική ουσία συμβάλλει στη συσσωμάτωση των εδαφικών τεμαχιδίων και κατά συνέπεια μεταβάλλει τον αριθμό και την κατανομή του μεγέθους των πόρων. Επηρεάζει την υδατοχωρητικότητα και την κίνηση του νερού εντός του εδάφους (*Shukla et al, 2006*), τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων (*Pernes-Debuysse and Tessier, 2004*) και τη διηθητικότητα και τον αερισμό των εδαφών (*Brejda et al., 2000*). Επίσης ελαττώνει τη φαινομενική πυκνότητα των εδαφών, λόγω της πολύ μικρής πυκνότητάς της σε σχέση με τα ανόργανα εδαφικά κλάσματα (*Shepherd et al., 2002*). Τέλος, επηρεάζει το pH, τη ρυθμιστική ικανότητα, την Ικανότητα Ανταλλαγής

Κατιόντων, την ανοργανοποίηση και τη δράση των οργανισμών του εδάφους (*Brejda et al.*, 2000).

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας των εδαφικών δειγμάτων της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *Walkey-Black* (1934). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: 1,0 g δείγματος εδάφους ζυγίστηκαν και μεταφέρθηκαν σε κωνική φιάλη των 500 ml. Με την βοήθεια προχοϊδας προστέθηκαν 10 ml διαλύματος 1N  $K_2Cr_2O_7$ , ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιούνταν ανάδευση προκειμένου να αναμειχθεί πολύ καλά το δείγμα με το αντιδραστήριο. Στην συνέχεια σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο μετρήθηκαν 20 ml πυκνού  $H_2SO_4$  και προστέθηκαν στην κωνική φιάλη. Έπειτα έγινε ανάδευση περιστρέφοντας την φιάλη για 30–60 δευτερόλεπτα με μεγάλη προσοχή καθώς δεν ήταν επιθυμητό να κολλήσουν τεμαχίδια του εδαφικού δείγματος στα τοιχώματα της φιάλης. Η κωνική φιάλη αφέθηκε σε ηρεμία περίπου για 30 λεπτά. Μετά το πέρας των 30 λεπτών προστέθηκαν 200 ml απεσταγμένου νερού, 10 ml πυκνό  $H_2PO_4$ , 0,2 g NaF και αφέθηκε να ψυχθεί. Ακολούθως προστέθηκαν 1-2 ml δείκτη διφαινυλαμίνης και έγινε τιτλοδότηση της περίσσειας του  $K_2Cr_2O_7$  με  $FeSO_4$ . Όταν η τιτλοδότηση έφτασε στο τέλος, το διάλυμα απέκτησε κυανό χρώμα. Από το σημείο αυτό προστέθηκε σταγόνα – σταγόνα ο  $FeSO_4$ , με ταυτόχρονη ανάδευση. Στο σημείο εξουδετέρωσης το διάλυμα απέκτησε απότομα ένα πράσινο χρώμα, όπου και σταμάτησε η τιτλοδότηση για να σημειωθεί ο όγκος του  $FeSO_4$  που καταναλώθηκε. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα και σε μια δεύτερη κωνική φιάλη στην οποία δεν είχε προστεθεί δείγμα εδάφους (λευκός προσδιορισμός).

Έπειτα για να προσδιοριστεί η οργανική ουσία χρησιμοποιήθηκε ο εξής τύπος:

$$\text{Ολική Οργανική Ουσία (\%)} = (T - T') \cdot N \cdot (0,67/B)$$

T': καταναλωθέντα ml διαλύματος  $FeSO_4$  για την τιτλοδότηση του δείγματος.

T: καταναλωθέντα ml διαλύματος  $FeSO_4$  για την τιτλοδότηση του μάρτυρα.

N: κανονικότητα του  $FeSO_4$ .

B: βάρος του εδαφικού δείγματος σε g.

### 2.5.2.2 Ολικό εδαφικό άζωτο (N)

Το βιοδιαθέσιμο άζωτο αποτελεί ένα από τα κλειδιά για την ανάπτυξη των φυτών στη γεωργία. Την ίδια στιγμή ενώσεις αζώτου όπως νιτρικά, νιτρώδη ή  $N_2O$  διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην περιβαλλοντική ρύπανση. Ως εκ τούτου, έχει μεγάλη σημασία η κατανόηση των βασικών διαδικασιών στο κύκλο του αζώτου ώστε να καθοριστεί ο τρόπος αύξησης της παραγωγής στη γεωργία, χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον (*Schlöter et al*, 2003). Τα φυσικά αποθέματα αζώτου στο έδαφος βρίσκονται σε οργανική μορφή ιδιαίτερα ως συστατικά του χούμου. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο είναι το κλίμα, η βλάστηση, οι συνθήκες στραγγίσεως, η κατεργασία του εδάφους, το εδαφικό pH και αναλογία στην περιεκτικότητα άνθρακα-αζώτου (λόγος C/N) (*Χουλιάρας*, 2004).

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου αναφέρεται στο ποσό του οργανικού αζώτου, που περιέχεται στην οργανική ουσία του εδάφους. Η διαδικασία του προσδιορισμού του ολικού αζώτου στα διάφορα εδαφικά δείγματα έγινε με την μέθοδο *Bremner* (*Bremner*, 1965). Η αρχή της μεθόδου, στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου, εκτός από τα νιτρικά ιόντα, σε αμμωνία και στη συνέχεια στον προσδιορισμό της.

Αναλυτικότερα η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

2g δείγματος εδάφους ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε ειδικές φιάλες της συσκευής καύσης. Στη συνέχεια προστέθηκαν 20 ml διαλύματος  $H_2SO_4$ , σαλικυλικού οξέος και 1g  $Na_2S_2O_3$ . Έπειτα τοποθετήθηκαν οι φιάλες στην συσκευή καύσης *Büchi* και έγινε η έναρξη της καύσης. Όταν άρχισαν να εκλύονται ατμοί, έγινε προσθήκη μιας ταμπλέτας σεληνίου σε κάθε δείγμα. Αφέθηκε να ολοκληρωθεί η καύση μέχρι το διάλυμα να πάρει ένα ελαφρώς πράσινο χρώμα. Ακολούθως τέθηκε σε λειτουργία η συσκευή απόσταξης *Büchi*. Το κάθε δείγμα μετά την καύση, και αφού κρύωσε, μεταφέρθηκε από τη φιάλη καύσης στη φιάλη απόσταξης. Ύστερα προστέθηκαν σε κάθε φιάλη 30 ml απιονισμένου νερού και 100 ml NaOH 7N και τοποθετήθηκαν στη συσκευή. Παράλληλα σε κωνική φιάλη τοποθετήθηκαν 100 ml βορικού οξέος 20% για την παραλαβή της αμμωνίας κατά την απόσταξη. Η κωνική φιάλη τοποθετήθηκε έπειτα στη συσκευή απόσταξης. Απόσταξη για 3 min. Τέλος έγινε η προσθήκη δείκτη σε κάθε κωνική φιάλη και πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση της αμμωνίας με HCl

0,05N.

Ο προσδιορισμός του ολικού άζωτο έγινε από τον τύπο:

$$\text{Ολικό N\%} = (\text{ml HCl δείγματος} - 0,2) * 0,05 * 14 * 100 / B * 1000$$

Όπου B: βάρος του δείγματος

### **2.5.2.3. Λόγος C / N**

Ο λόγος C / N είναι μία αξιόλογη παράμετρος γιατί έχει σχέση με την διαθεσιμότητα του εδαφικού N , λαμβανομένου υπόψη ότι η μικροβιακή χλωρίδα ανταγωνίζεται τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών στην πρόσληψη του ανόργανου N.

## **2.5.3. Προσδιορισμός των βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους**

### **2.5.3.1. Μικροβιακή δραστηριότητα / Έκλυση CO<sub>2</sub>**

Η μικροβιακή αναπνοή του εδάφους αναφέρεται στην παραγωγή CO<sub>2</sub> λόγω της βιολογικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών και οργανισμών του εδάφους (*Carlisle et al.*, 2006). Η βιολογική αυτή δραστηριότητα σχετίζεται άμεσα με την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στα φυτικά υπολείμματα, στις ουσίες που εκκρίνονται από τις ρίζες των φυτών, στην οργανική ουσία του εδάφους, σε οργανικά υλικά λίπανσης, όπως η κοπριά και στη νεκρή βιομάζα των μικροοργανισμών και των οργανισμών του εδάφους.

Η εκλύομενη ποσότητα CO<sub>2</sub> για τα διάφορα δείγματα εδάφους προσδιορίστηκε ογκομετρικά κατά *Isermeyer* (*Isemeyer*, 1952).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: 50g δείγματος εδάφους ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν μέσα σε ποτήρι εντός του οποίου υπήρχε ποσότητα νερού ίση με το 60% της υδατοϊκανότητας του εδάφους. Το ποτήρι μεταφέρθηκε στη συνέχεια μέσα σε ειδικό βάζο, στον πυθμένα του οποίου υπήρχαν 25ml 0,1 N Ba(OH)<sub>2</sub> και 5 σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης. Παράλληλα προετοιμάστηκε και μάρτυρας ο οποίος διέφερε μόνο ως προς το ότι δεν περιείχε

έδαφος. Τα δοχεία παρέμειναν επί 24 ώρες σε ειδικό θάλαμο στους 25°C όπου κατά διαστήματα λάμβανε χώρα ανακίνηση. Μετά το πέρας των 24 ωρών το δείγμα τιτλοδοτήθηκε με 0,1N HCl, το ίδιο και ο μάρτυρας. Η διαφορά από το μάρτυρα πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή του CO<sub>2</sub> δίνει την ολική ποσότητα του εκλυόμενου CO<sub>2</sub>. Το CO<sub>2</sub> δίνεται συνήθως σε mg CO<sub>2</sub> ανά 100 g εδάφους ή σε ppm CO<sub>2</sub> ανά 1000 g βάρος εδάφους, πολλαπλασιαζόμενης της ποσότητας CO<sub>2</sub> σε ppm με το 0,273 λαμβάνεται η ποσότητα C σε ppm. Ο υπολογισμός του CO<sub>2</sub> σε ppm είναι μεγάλης σημασίας για τον χαρακτηρισμό της λεγόμενης «αναπνοής του εδάφους» ενώ ο χαρακτηρισμός της οργανικής ουσίας επιτυγχάνεται με το λόγο C<sub>CO<sub>2</sub></sub> : C ολικό.

Παρακάτω δίνεται πίνακας κατάταξης ανάλογα με τις κατηγορίες διάσπασης οργανικής ουσίας:

| Κατηγορίες διάσπασης<br>οργανικής ουσίας | C <sub>CO<sub>2</sub></sub> : C ολικό |
|--|---------------------------------------|
| Ελάχιστη                                 | 0-1                                   |
| Μικρή                                    | 1-5                                   |
| Μέτρια                                   | 5-10                                  |
| Καλή                                     | >10                                   |

*Πίνακας 2.5.3.1.α: Κατηγορίες διάσπασης της οργανικής ουσίας του εδάφους κατά Isemeyer, 1952.*

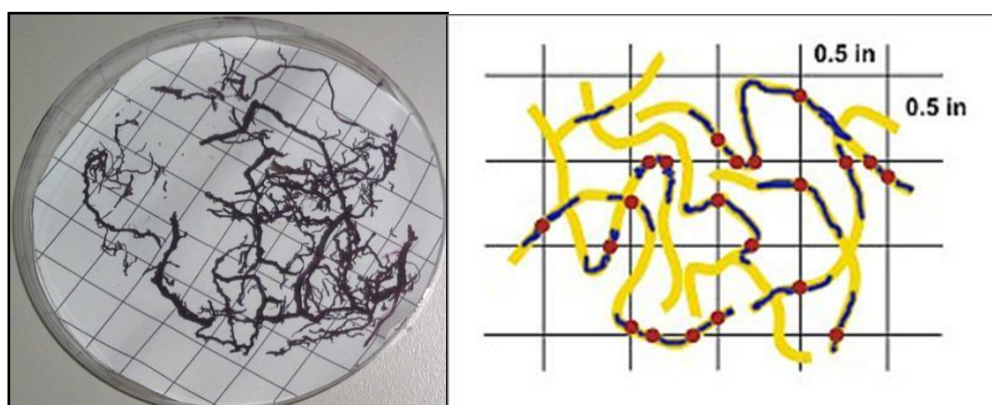
## 2.5.3.2. Συμβιωτικές σχέσεις ριζικού συστήματος – μικροοργανισμών

### 2.5.3.2.1. Μυκόρριζα

Οι ρίζες μετρήθηκαν σε βάθος (0-15 cm). Με ειδικό κύλινδρο γίνονταν λήψη 1 lt εδάφους το οποίο στην συνέχεια τοποθετούνταν σε "διάλυμα πολυμεταφωσφορικού Na (10% κ.β.), προκειμένου να επιτευχθεί διασπορά και εύκολη απομάκρυνση των ριζών.



Τα δείγματα από τα τμήματα του ριζικού συστήματος που είχαν τοποθετηθεί κατά την προετοιμασία των δειγμάτων σε τρυβλία με διηθητικό χαρτί δέχθηκαν χρώση με φουξίνη (*fuchsine*), ώστε να υπολογισθεί το ποσοστό αποικισμού της ρίζας με μυκόρριζα. Σε κάθε τρυβλίο αφαιρέθηκε το διηθητικό χαρτί και προστέθηκε σταυρώνημα. Με τη χρήση στερεοσκοπίου και του προγράμματος *Motic Image Plus 2.0* (2009) (*Giovannetti and Mosse, 1980*), έγινε ο προσδιορισμός του ποσοστού του αποικισμού μέσω της μέτρησης των διασταυρώσεων της ρίζας με το σταυρώνημα και συνολικά τον αριθμό που η ρίζα είναι παρασιτισμένη (Εικόνα 8).



**Εικόνα 8.** Τοποθέτηση τμημάτων του ριζικού συστήματος σε σταυρώνημα (αριστερά) και τρόπος μέτρησης του ποσοστού αποικισμού της μυκόρριζας στο ριζικό σύστημα με την βοήθεια του σταυρονήματος (δεξιά).

#### 2.5.3.2.2. Αζωτοδεσμευτικά φυμάτια

Ο προσδιορισμός των αζωτοδεσμευτικών φυματίων πραγματοποιήθηκε μακροσκοπικά, με την καταγραφή του αριθμού τους.

## 2.6. Προσδιορισμός των φυτικών παραμέτρων

### 2.6.1. Πυκνότητα ριζικού συστήματος

Η πυκνότητα του ριζικού συστήματος προσδιορίστηκε με το λογισμικό winRHIZO Reg. 2012 συνδεδεμένο με scanner Epson Expression 10000x1. Υπολογίσθηκε η πυκνότητα του ριζικού με βάση το εμβαδό του στην επιφάνεια σάρωσης.

### 2.6.2. Όγκος ριζικού συστήματος

Ο όγκος του ριζικού συστήματος μετρήθηκε σε ογκομετρική φιάλη, Schott Duran, διαβαθμισμένη στα 500 ml. Υπολογίσθηκε ο όγκος του δείγματος του ριζικού συστήματος σε ml με βάση τη διαφορά όγκου ως εξής:  $V_{\text{τελικό}} = V_{\text{νερό+ρίζα}} - V_{\text{νερό}}$ . Ύστερα πραγματοποιήθηκε η μετατροπή των ml του  $V_{\text{τελικό}}$  σε  $\text{mm}^3$  ούτως ώστε να εξαχθούν οι υπολογισμοί σε  $\text{mm}^3/\text{cm}^3$ .

### 2.6.3. Μάζα ριζικού συστήματος

Η ξηρή μάζα του ριζικού συστήματος μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας, Kern PGB, Max=1500 gr, d=0,01 gr. Ο προσδιορισμός της μάζας υπολογίζονταν ως : **Μάζα ριζικού συστήματος σε gr / 100 gr εδάφους.**

## 2.7. Στατιστική Ανάλυση

Το πείραμα ακολούθησε το σχέδιο των υπο-υποδιαιρεμένων τεμαχίων (*Split-split plot*), με τρεις παράγοντες (ποικιλία, κατεργασία, λίπανση). Για την ανάλυση των μετρήσεων των εδαφικών αλλά και των φυτικών παραμέτρων προσδιορίστηκαν οι τυπικές αποκλίσεις των μετρήσεων με τον υπολογισμό των δειγματικών τυπικών αποκλίσεων. Η δειγματική τυπική απόκλιση (*standard deviation, STDEV*) αποτελεί μέτρο της διασποράς, ορίζεται ως η θετική ρίζα της δειγματικής διασποράς  $s^2$ , μετριέται στην ίδια μονάδα μέτρησης με τα δεδομένα και εκφράζει πόσο μια τυπική τιμή της μεταβλητής απέχει από τη μέση τιμή. Η τυπική απόκλιση της δειγματικής κατανομή ονομάζεται τυπικό σφάλμα του μέσου ή απλά τυπικό σφάλμα. Για τις συγκρίσεις των μέσων τιμών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης *Sigma Plot 12.0* και οι συγκρίσεις μέσω πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο της ανάλυσης διασποράς *AN.O.VA*. Η συσχέτιση των εξεταζομένων παραμέτρων και η δημιουργία γραφημάτων για τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος στατιστικής ανάλυσης *Statistica 8.0*.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

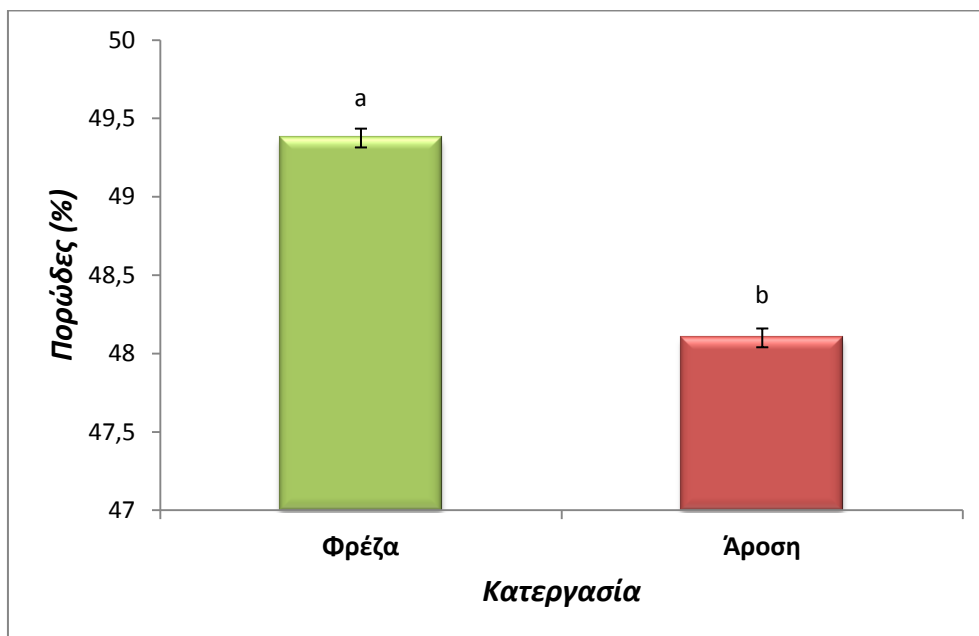
#### 3.1. Πορώδες εδάφους

Εξετάζοντας το πορώδες του εδάφους (%) ξεχωριστά στους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους παράγοντες κατεργασία και λίπανση. Παρατηρήθηκαν όμως και στην αλληλεπίδραση της ποικιλίας με την κατεργασία του εδάφους, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.1.α. στον οποίο γίνεται ανάλυση παραλλακτικότητας:

*Πίνακας 3.1.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για το πορώδες του εδάφους.*

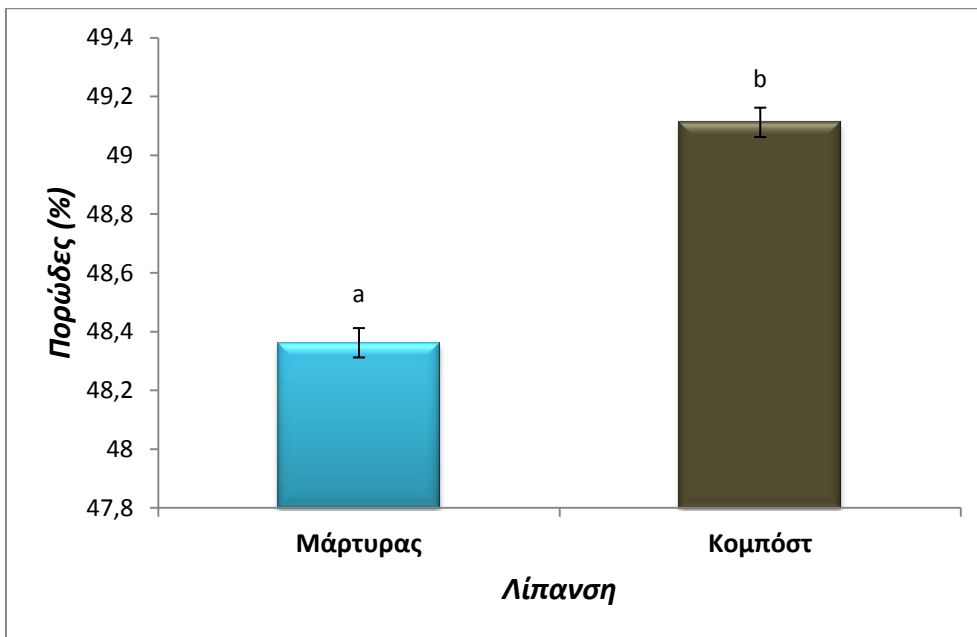
| Source of Variation  | DF       | SS           | MS           | F             | P                |
|----------------------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                  | 1        | 1,323        | 1,323        | 18,561        | 0,003            |
| <b>Tillage</b>       | <b>1</b> | <b>6,503</b> | <b>6,503</b> | <b>91,263</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>FER</b>           | <b>1</b> | <b>2,250</b> | <b>2,250</b> | <b>31,579</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>VAR x Tillage</b> | <b>1</b> | <b>2,402</b> | <b>2,402</b> | <b>33,719</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x FER            | 1        | 0,0400       | 0,0400       | 0,561         | 0,475            |
| Tillage x FER        | 1        | 0,0900       | 0,0900       | 1,263         | 0,294            |
| VAR x Tillage x FER  | 1        | 0,160        | 0,160        | 2,246         | 0,172            |
| Residual             | 8        | 0,570        | 0,0712       |               |                  |
| Total                | 15       | 13,338       | 0,889        |               |                  |

**Κατεργασία:** Όσον αφορά στην κατεργασία του εδάφους, από το Γράφημα 3.1.β. αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή της φρέζας επηρέασε σε μεγαλύτερο βαθμό με ποσοστό 49,3 % το πορώδες του εδάφους, απ' ότι αυτή της άροσης με ποσοστό 48,1 %.



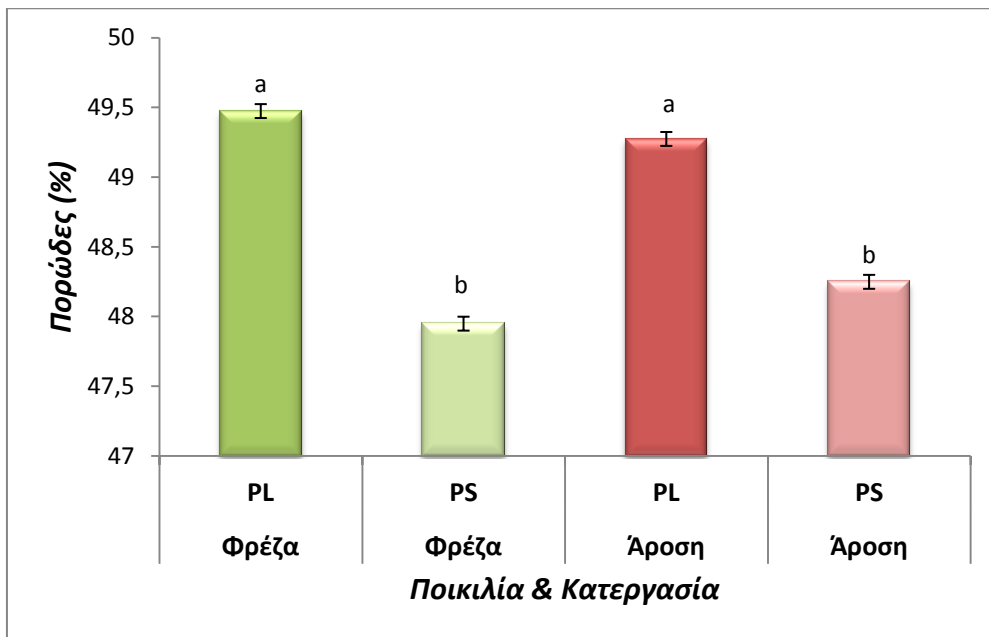
*Γράφημα 3.1.β. Επίδραση της κατεργασίας στο πορώδες του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Από το Γράφημα 3.1.γ λίπανσης-πορώδους όπως παρατηρούμε, η εφαρμογή της οργανικής λίπανσης, δηλαδή του κομπόστ επηρέασε θετικά το πορώδες του εδάφους με ποσοστό 49,1% έναντι του ποσοστού του μάρτυρα 48,3%.



*Γράφημα 3.1.γ. Επίδραση της λίπανσης στο πορώδες του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Ποικιλία και Κατεργασία:** Σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλίας και κατεργασίας, από το Γράφημα 3.1.δ. προκύπτει ότι η ποικιλία Πλατοκούκι σε συνδυασμό με την εφαρμογή φρέζας αύξησε το πορώδες του εδάφους σε ποσοστό 49,4%, συγκριτικά με την εφαρμογή άροσης που είχε ποσοστό 49,3%. Αντίθετα, για την ποικιλία Ψιλοκούκι, είχαμε μικρότερες αποκλίσεις όσον αφορά την διαφορετική κατεργασία, δηλαδή με ποσοστό 47,9% για την φρέζα και ποσοστό 48,2% για την εφαρμογή άροσης. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για τις δύο ποικιλίες εντός της ίδιας κατεργασίας, όχι όμως για την κάθε ποικιλία ξεχωριστά συγκριτικά με τις δύο διαφορετικές εφαρμογές κατεργασίας (π.χ. φρέζα και άροση για το «πλατοκούκι»).



*Γράφημα 3.1.δ. Επίδραση της ποικιλίας (Pl-Πλατοκούκι, Ps-Ψιλοκούκι) και της κατεργασίας στο πορώδες του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

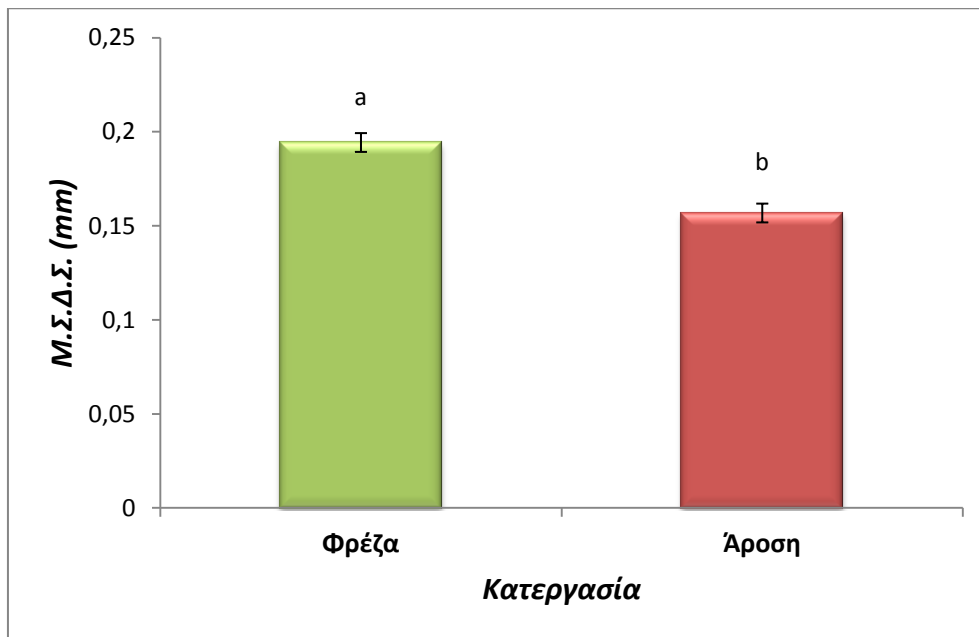
### 3.2. Μέση Σταθμισμένη Διάμετρος Συσσωματωμάτων (ΜΣΔΣ, MWD)

Μετρώντας την Μέση Σταθμισμένη Διάμετρο Συσσωματωμάτων (*mm*) και για τους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους παράγοντες κατεργασία και λίπανση. Δεν παρατηρήθηκαν όσον αφορά αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.2.α. στον οποίο γίνεται ανάλυση παραλλακτικότητας:

*Πίνακας 3.2.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για την ΜΣΔΣ.*

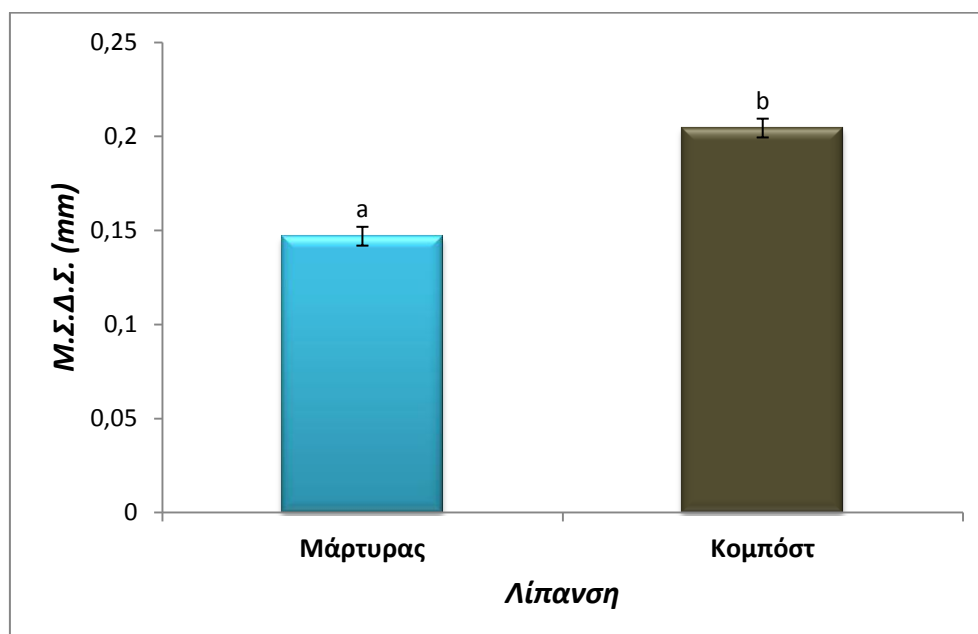
| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F             | P                |
|---------------------|----------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,00000625     | 0,00000625     | 0,0444        | 0,838            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,00562</b> | <b>0,00562</b> | <b>40,000</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,0132</b>  | <b>0,0132</b>  | <b>94,044</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0000250      | 0,0000250      | 0,178         | 0,684            |
| VAR x FER           | 1        | 0,0000250      | 0,0000250      | 0,178         | 0,684            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,000156       | 0,000156       | 1,111         | 0,323            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,000156       | 0,000156       | 1,111         | 0,323            |
| Residual            | 8        | 0,00113        | 0,000141       |               |                  |
| Total               | 15       | 0,0203         | 0,00136        |               |                  |

**Κατεργασία:** Η ΜΣΔΣ προέκυψε μεγαλύτερη με τη εφαρμογή της φρέζας 0,19 mm έναντι της άροσης που έδωσε αποτελέσματα μικρότερης ΜΣΔΣ 0,15 mm, όπως αποτυπώνεται στο Γράφημα 3.2.β.



*Γράφημα 3.2.β. Επίδραση της κατεργασίας στην ΜΣΔΣ. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Είναι σημαντική η διαφορά που παρουσιάζεται στο Γράφημα 3.2.γ, μεταξύ του μάρτυρα με ΜΣΔΣ 0,14 mm και της οργανικής λίπανσης με ΜΣΔΣ 0,20 mm, δηλαδή του κομπόστ.



*Γράφημα 3.2.γ. Επίδραση της λίπανσης στην ΜΣΔΣ. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*



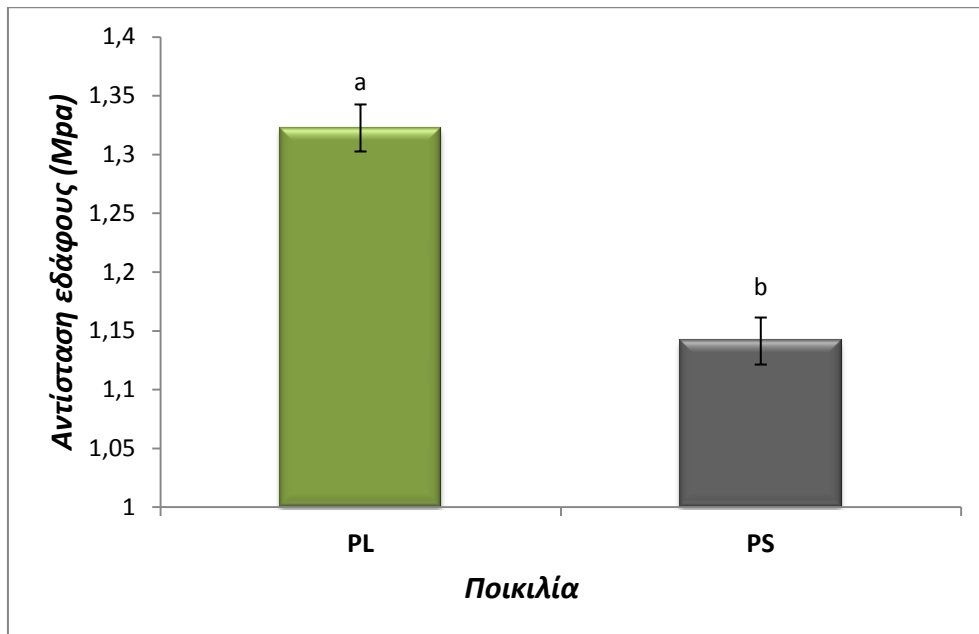
### 3.3. Αντίσταση εδάφους

Μελετώντας την αντίσταση εδάφους (*MPa*) και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους παράγοντες ποικιλία και λίπανση καθώς επίσης παρατηρήθηκαν και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ποικιλίας και κατεργασίας. Απεικονίζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.3.α. στον οποίο γίνεται ανάλυση παραλλακτικότητας:

*Πίνακας 3.3.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για την αντίσταση εδάφους.*

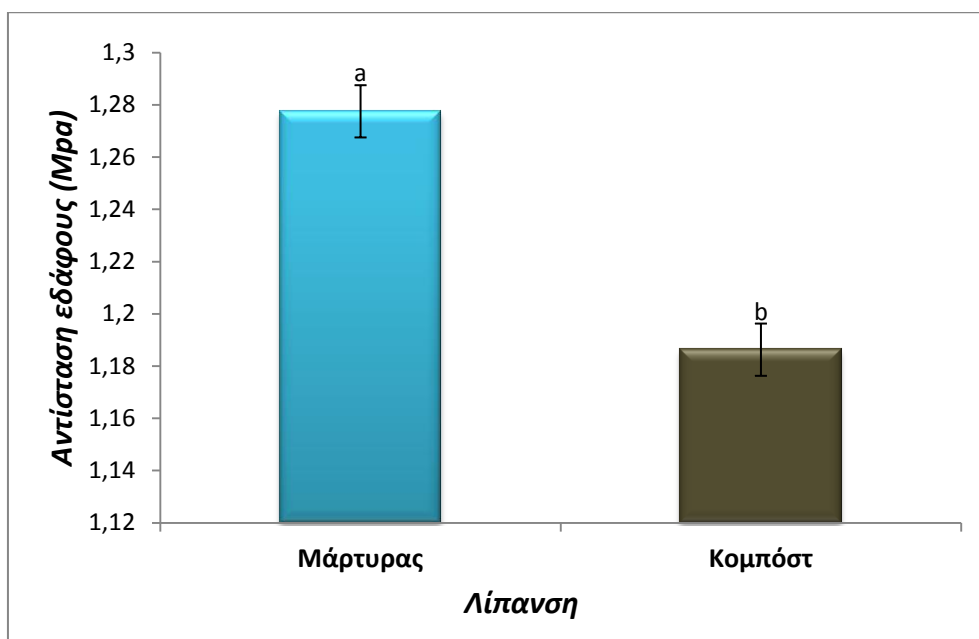
| Source of Variation  | DF       | SS            | MS            | F             | P                |
|----------------------|----------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| <b>VAR</b>           | <b>1</b> | <b>0,131</b>  | <b>0,131</b>  | <b>36,313</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| Tillage              | 1        | 0,000506      | 0,000506      | 0,140         | 0,718            |
| <b>FER</b>           | <b>1</b> | <b>0,0333</b> | <b>0,0333</b> | <b>9,204</b>  | <b>0,016</b>     |
| <b>VAR x Tillage</b> | <b>1</b> | <b>0,0203</b> | <b>0,0203</b> | <b>5,611</b>  | <b>0,045</b>     |
| VAR x FER            | 1        | 0,00000625    | 0,00000625    | 0,00173       | 0,968            |
| Tillage x FER        | 1        | 0,00106       | 0,00106       | 0,292         | 0,604            |
| VAR x Tillage x FER  | 1        | 0,000506      | 0,000506      | 0,140         | 0,718            |
| Residual             | 8        | 0,0290        | 0,00362       |               |                  |
| Total                | 15       | 0,216         | 0,0144        |               |                  |

**Ποικιλία:** Όπως παρατηρούμε στο Γράφημα 3.3.β., στην ποικιλία Πλατοκούκι παρουσίασε αντίσταση εδάφους 1,32 MPa , η οποία σημειώνεται μεγαλύτερη έναντι της ποικιλίας Ψιλοκούκι με αντίσταση εδάφους 1,14 MPa.



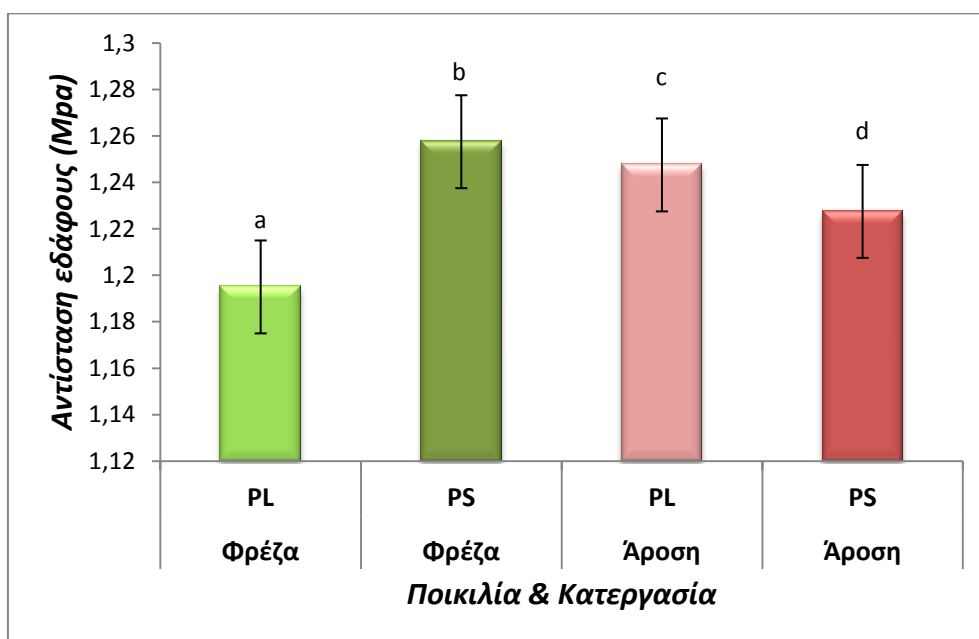
*Γράφημα 3.3.β. Επίδραση της ποικιλίας (Pl-Πλατοκούκι, Ps-Ψιλοκούκι) στην αντίσταση του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Στην περίπτωση της οργανικής λίπανσης (κομπόστ) η αντίσταση εδάφους είχε τιμή 1,18 MPa , αρκετά μικρότερη έναντι του μάρτυρα με τιμή 1,27 MPa, όπως προκύπτει στο Γράφημα 3.3.γ.



*Γράφημα 3.3.γ. Επίδραση της λίπανσης στην αντίσταση του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Ποικιλία και Κατεργασία:** Στο Γράφημα 3.3.δ. αποτυπώνεται, σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλίας και κατεργασίας, ότι στην ποικιλία Πλατοκούκι η εφαρμογή της άροσης αύξησε την αντίσταση του εδάφους με 1,24 MPa, συγκριτικά με την εφαρμογή φρέζας που έδωσε αποτέλεσμα 1,19 MPa. Αντίθετα όμως δεν συνέβη το ίδιο στην ποικιλία Ψιλοκούκι, όπου η αντίσταση του εδάφους με την εφαρμογή της φρέζας ήταν ελάχιστα μεγαλύτερη, έχοντας τιμή 1,25 MPa σε σχέση με την άροση με τιμή 1,22 MPa. Παρατηρήθηκαν λοιπόν σημαντικές διαφορές τόσο εντός των ποικιλιών όσο και εντός των διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας.



*Γράφημα 3.3.δ. Επίδραση της ποικιλίας (Pl-Πλατοκούκι, Ps-Ψιλοκούκι) και της κατεργασίας στην αντίσταση του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

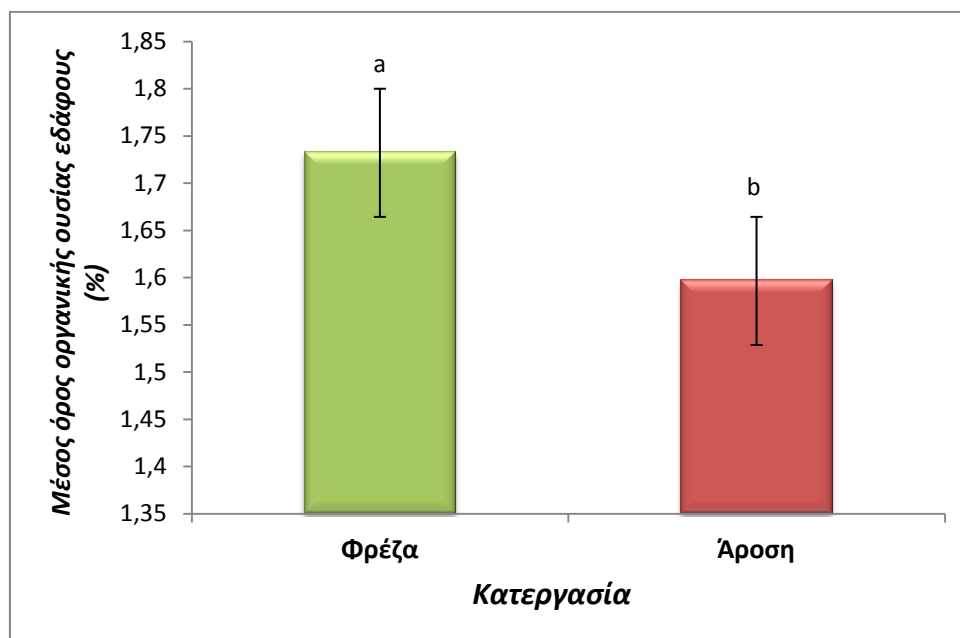
### 3.4. Οργανική ουσία

Εξετάζοντας την οργανική ουσία (%) του εδάφους ξεχωριστά για τους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους παράγοντες κατεργασία και λίπανση, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.4.1. στον οποίο γίνεται ανάλυση παραλλακτικότητας:

*Πίνακας 3.4.1. Ανάλυση παραλλακτικότητας για την οργανική ουσία στο έδαφος.*

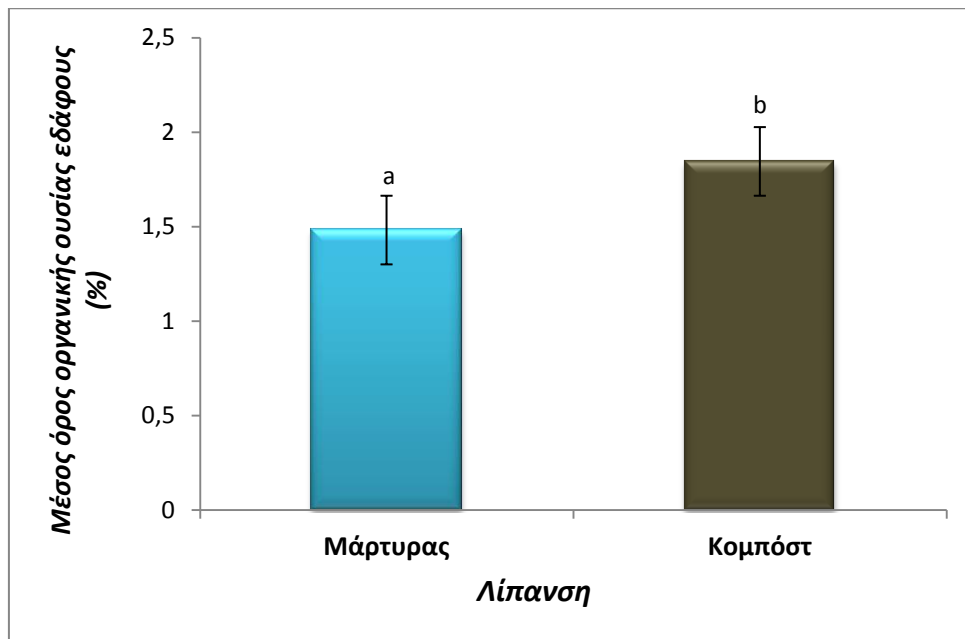
| Source of Variation | DF       | SS            | MS            | F             | P                |
|---------------------|----------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,00150       | 0,00150       | 0,161         | 0,699            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,0736</b> | <b>0,0736</b> | <b>7,879</b>  | <b>0,023</b>     |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,528</b>  | <b>0,528</b>  | <b>56,533</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x-Tillage       | 1        | 0,0000939     | 0,0000939     | 0,0101        | 0,923            |
| VAR x FER           | 1        | 0,00150       | 0,00150       | 0,161         | 0,699            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,00150       | 0,00150       | 0,161         | 0,699            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00460       | 0,00460       | 0,492         | 0,503            |
| Residual            | 8        | 0,0747        | 0,00934       |               |                  |
| Total               | 15       | 0,686         | 0,0457        |               |                  |

**Κατεργασία:** Η εφαρμογή φρέζας διατήρησε την οργανική ουσία σε πιο υψηλά ποσοστά 1,73% έναντι της εφαρμογής άροσης 1,59%, όπως προκύπτει από το Γράφημα 3.4.2.α.



*Γράφημα 3.4.2.α* Επίδραση της κατεργασίας στο ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.

**Λίπανση:** Από το Γράφημα 3.4.2.β. προκύπτει ότι η οργανική λίπανση (κομπόστ) αύξησε τον μέσο όρο οργανικής ουσίας του εδάφους, με ποσοστό 1,84% έναντι του μάρτυρα με ποσοστό 1,48%.



*Γράφημα 3.4.2.β Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

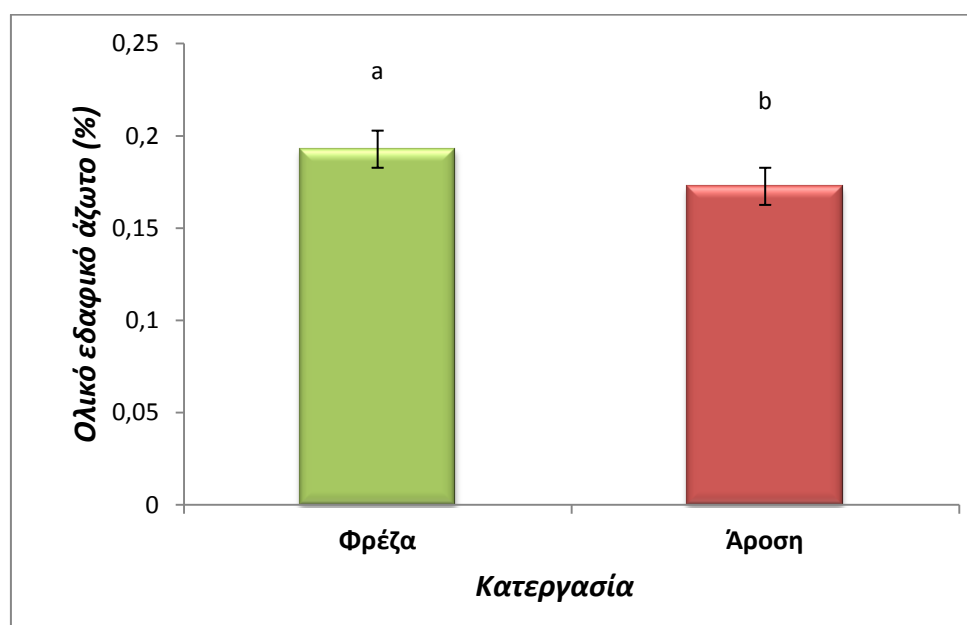
### 3.5. Ολικό εδαφικό άζωτο (N)

Μελετώντας το ολικό εδαφικό N (%), παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους 2 από τους 3 παράγοντες (ποικιλία, κατεργασία και λίπανση). Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν όσον αφορά την κατεργασία και την λίπανση, σημαντικές διαφορές, ενώ καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε για τον παράγοντα ποικιλία. Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας 3.5.1. όπου έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας.

**Πίνακας 3.5.1.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για το ποσοστό του ολικού εδαφικού αζώτου (N).

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F             | P                |
|---------------------|----------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,000105       | 0,000105       | 2,690         | 0,140            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,00162</b> | <b>0,00162</b> | <b>41,474</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,00107</b> | <b>0,00107</b> | <b>27,458</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0000526      | 0,0000526      | 1,346         | 0,279            |
| VAR x FER           | 1        | 0,000000563    | 0,000000563    | 0,0144        | 0,907            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,000000562    | 0,000000562    | 0,0144        | 0,907            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00000756     | 0,00000756     | 0,194         | 0,672            |
| Residual            | 8        | 0,000312       | 0,0000391      |               |                  |
| Total               | 15       | 0,00317        | 0,000211       |               |                  |

**Κατεργασία:** Από το Γράφημα 3.5.2.1, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή της φρέζας συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στο ποσοστό του ολικού εδαφικού N με τιμή 0,19%, έναντι της άροσης με ποσοστό 0,17%.

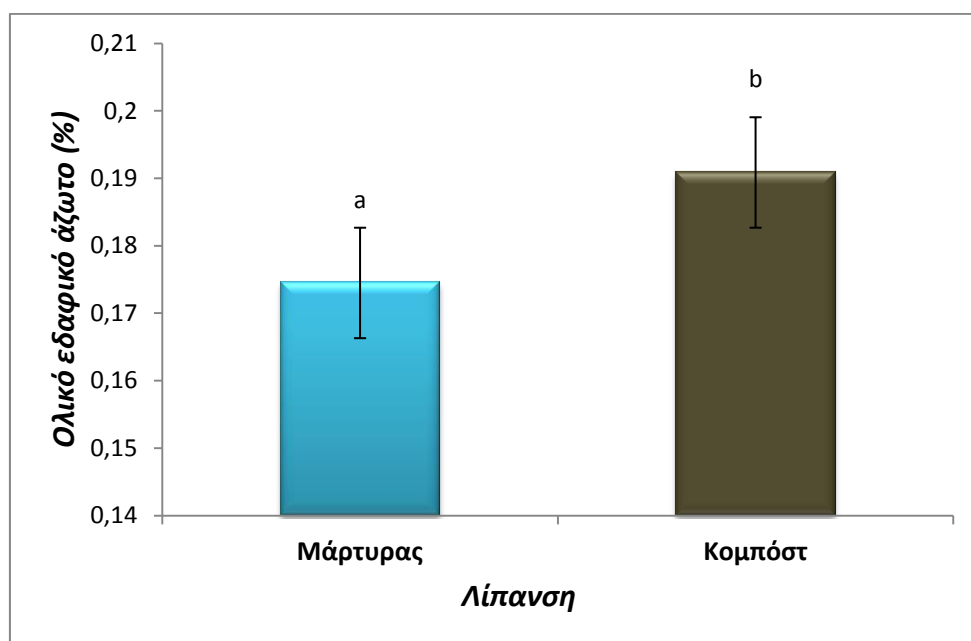


**Γράφημα 3.5.2.1** Επίδραση της κατεργασίας στο ποσοστό του ολικού εδαφικού N. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με



βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.

**Λίπανση:** Παρατηρώντας το Γράφημα 3.5.2.2 προκύπτει πως η εφαρμογή της οργανικής λίπανσης συμβάλλει στην αύξηση του ποσοστού του ολικού εδαφικού N με ποσοστό 0,19%, αφού η διαφορά από τον μάρτυρα με ποσοστό 0,17% είναι σχετικά μεγαλύτερη.



*Γράφημα 3.5.2.2 Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό του ολικού εδαφικού N. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

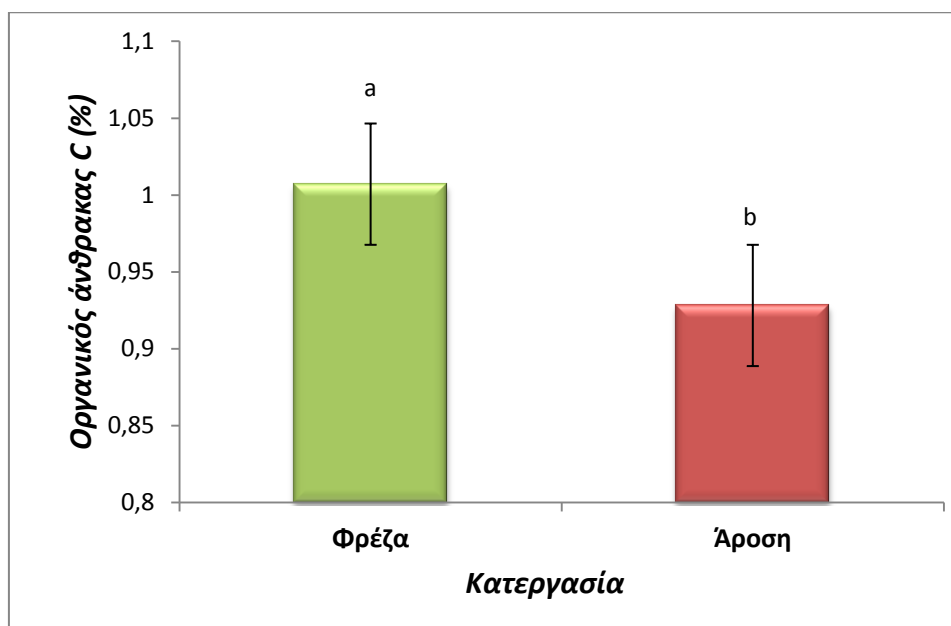
### 3.6. Οργανικός άνθρακας (C)

Μελετώντας τον οργανικό άνθρακα (%), παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους 2 από τους 3 παράγοντες (ποικιλία, κατεργασία και λίπανση). Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν όσον αφορά την κατεργασία και την λίπανση, σημαντικές διαφορές, ενώ καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε για τον παράγοντα ποικιλία. Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας 3.6.1. όπου έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας.

*Πίνακας 3.6.1. Ανάλυση παραλλακτικότητας για το ποσοστό του οργανικού άνθρακα (C).*

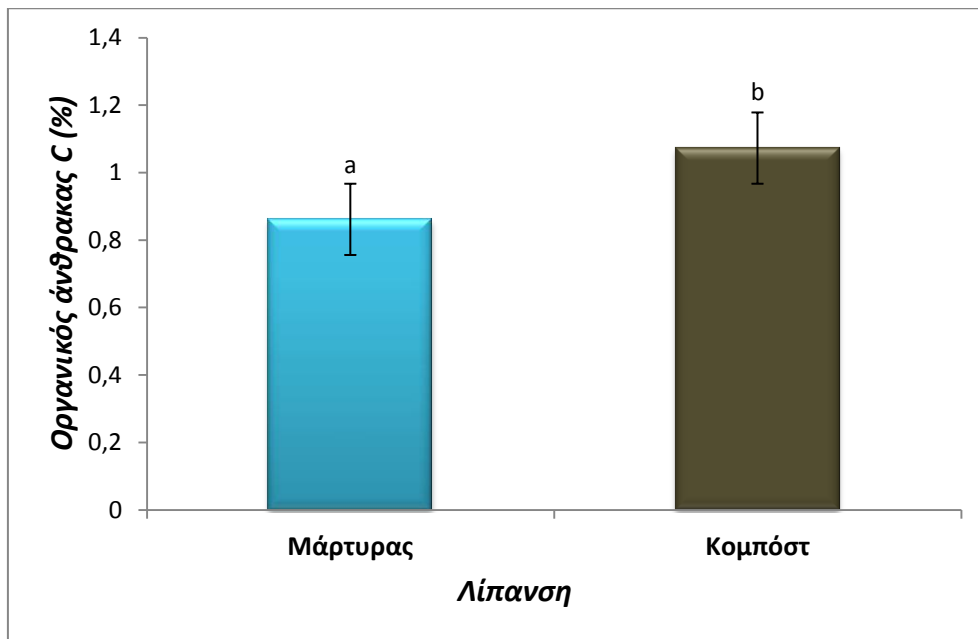
| Source of Variation | DF       | SS            | MS            | F             | P                |
|---------------------|----------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,000508      | 0,000508      | 0,161         | 0,699            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,0249</b> | <b>0,0249</b> | <b>7,879</b>  | <b>0,023</b>     |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,179</b>  | <b>0,179</b>  | <b>56,533</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0000317     | 0,0000317     | 0,0101        | 0,923            |
| VAR x FER           | 1        | 0,000508      | 0,000508      | 0,161         | 0,699            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,000508      | 0,000508      | 0,161         | 0,699            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00156       | 0,00156       | 0,492         | 0,503            |
| Residual            | 8        | 0,0253        | 0,00316       |               |                  |
| Total               | 15       | 0,232         | 0,0155        |               |                  |

**Κατεργασία:** Όπως παρατηρούμε στο Γράφημα 3.6.2.1, η εφαρμογή της φρέζας με ποσοστό 1% συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στο ποσοστό του οργανικού άνθρακα, έναντι της άροσης που είχε τιμή ποσοστού 0,92%.



*Γράφημα 3.6.2.1 Επίδραση της κατεργασίας στο ποσοστό του οργανικού άνθρακα (C). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Το Γράφημα 3.6.2.2 αποτυπώνει ότι η εφαρμογή οργανικής λίπανσης (κομπόστ) συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στο ποσοστό του οργανικού άνθρακα με τιμή 1 % ,συσχετιζόμενο με το ποσοστό του μάρτυρα με τιμή 0,86 %.



*Γράφημα 3.6.2.2 Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό του οργανικού άνθρακα (C). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

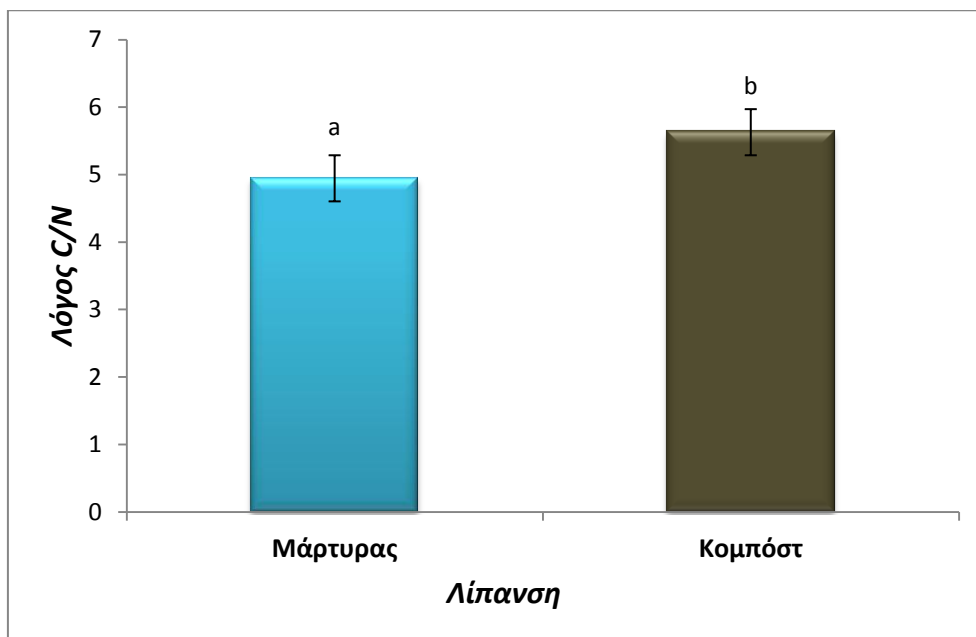
### 3.7. Λόγος C/N

Μελετώντας τον λόγο άνθρακα/άζωτο (C/N), παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) μόνο σε 1 από τους 3 παράγοντες (ποικιλία, κατεργασία και λίπανση). Στον Πίνακα 3.7.1. αποτυπώνονται οι σημαντικές διαφορές για την λίπανση.

*Πίνακας 3.7.1. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον λόγο C/N.*

| Source of Variation       | DF       | SS           | MS           | F             | P            |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| VAR                       | 1        | 0,186        | 0,186        | 1,735         | 0,224        |
| Tillage                   | 1        | 0,0982       | 0,0982       | 0,915         | 0,367        |
| <b>FER</b>                | <b>1</b> | <b>1,869</b> | <b>1,869</b> | <b>17,403</b> | <b>0,003</b> |
| VAR x<br>Tillage          | 1        | 0,0378       | 0,0378       | 0,352         | 0,570        |
| VAR x FER                 | 1        | 0,0192       | 0,0192       | 0,179         | 0,684        |
| Tillage x<br>FER          | 1        | 0,00663      | 0,00663      | 0,0617        | 0,810        |
| VAR x<br>Tillage x<br>FER | 1        | 0,0165       | 0,0165       | 0,154         | 0,705        |
| Residual                  | 8        | 0,859        | 0,107        |               |              |
| Total                     | 15       | 3,093        | 0,206        |               |              |

**Λίπανση:** Στο Γράφημα 3.7.2. αποτυπώνεται ότι η εφαρμογή οργανικής λίπανσης (κομπόστ) συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στο λόγο C/N με τιμή 5,63, συσχετιζόμενο με αυτόν του μάρτυρα με τιμή 4,94.



*Γράφημα 3.7.2 Επίδραση της λίπανσης στον λόγο C/N. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

### 3.8. Μικροβιακή δραστηριότητα / Έκλυση CO<sub>2</sub>

Η εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> (mg/24<sub>h</sub>) του εδάφους παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (P < 0,01) στους 2 από τους 3 παράγοντες (ποικιλία, κατεργασία και λίπανση). Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν όσον αφορά την κατεργασία, σημαντικές διαφορές και στις 3 μετρήσεις. Σχετικά με την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέτρηση παρατηρήθηκαν σημαντικές για τον παράγοντα λίπανση ενώ καμία σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε για τον παράγοντα ποικιλία. Παρακάτω παραθέτονται οι πίνακες (Πίνακας 3.8.1.α – 3.8.1.β. – 3.8.1.γ.) όπου έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας και για τις 3 μετρήσεις.

*Πίνακας 3.8.1.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F             | P            |
|---------------------|----------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 5,594          | 5,594          | 0,626         | 0,452        |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>190,071</b> | <b>190,071</b> | <b>21,262</b> | <b>0,002</b> |
| FER                 | 1        | 0,0382         | 0,0382         | 0,00428       | 0,949        |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,115          | 0,115          | 0,0129        | 0,912        |
| VAR x FER           | 1        | 0,00476        | 0,00476        | 0,000532      | 0,982        |
| Tillage x FER       | 1        | 0,0286         | 0,0286         | 0,00320       | 0,956        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0271         | 0,0271         | 0,00303       | 0,957        |
| Residual            | 8        | 71,514         | 8,939          |               |              |
| Total               | 15       | 267,394        | 17,826         |               |              |

*Πίνακας 3.8.1.β. Ανάλυση παραλλακτικότητας για εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> κατά την 2<sup>η</sup> μέτρηση.*

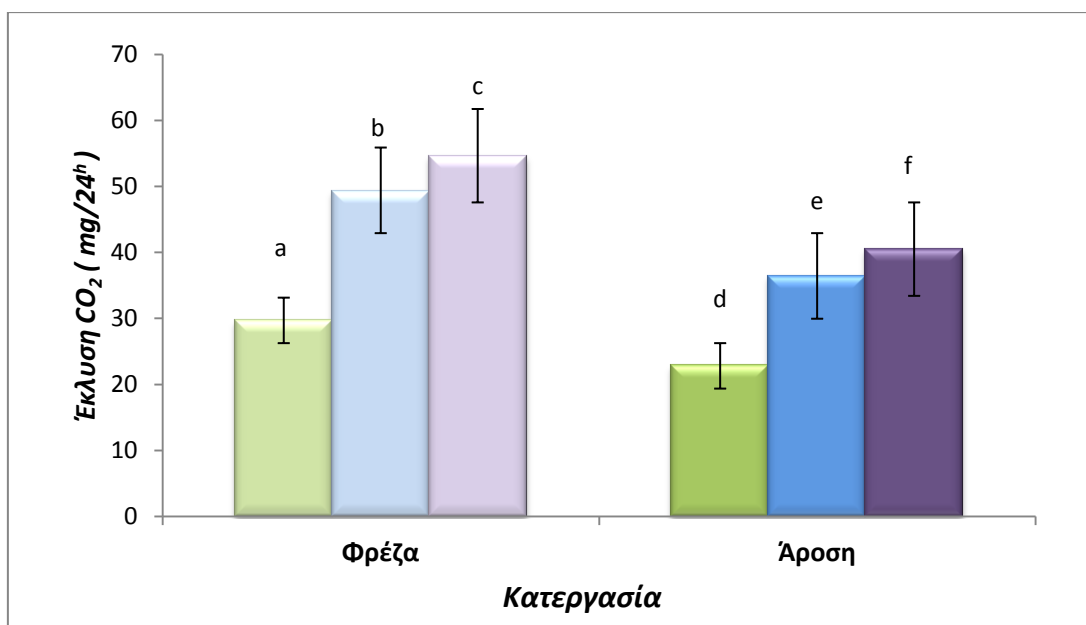
| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F             | P                |
|---------------------|----------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,567          | 0,567          | 0,0642        | 0,806            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>673,274</b> | <b>673,274</b> | <b>76,197</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>120,267</b> | <b>120,267</b> | <b>13,611</b> | <b>0,006</b>     |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,916          | 0,916          | 0,104         | 0,756            |
| VAR x FER           | 1        | 1,294          | 1,294          | 0,146         | 0,712            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,158          | 0,158          | 0,0179        | 0,897            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0847         | 0,0847         | 0,00958       | 0,924            |
| Residual            | 8        | 70,687         | 8,836          |               |                  |
| Total               | 15       | 867,249        | 57,817         |               |                  |

Πίνακας 3.8.1.γ. Ανάλυση παραλλακτικότητας για εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F              | P                |
|---------------------|----------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 3,482          | 3,482          | 0,616          | 0,455            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>802,440</b> | <b>802,440</b> | <b>141,959</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>202,066</b> | <b>202,066</b> | <b>35,747</b>  | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 4,319          | 4,319          | 0,764          | 0,408            |
| VAR x FER           | 1        | 2,058          | 2,058          | 0,364          | 0,563            |
| Tillage x FER       | 1        | 7,903          | 7,903          | 1,398          | 0,271            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 15,043         | 15,043         | 2,661          | 0,141            |
| Residual            | 8        | 45,221         | 5,653          |                |                  |
| Total               | 15       | 1082,532       | 72,169         |                |                  |

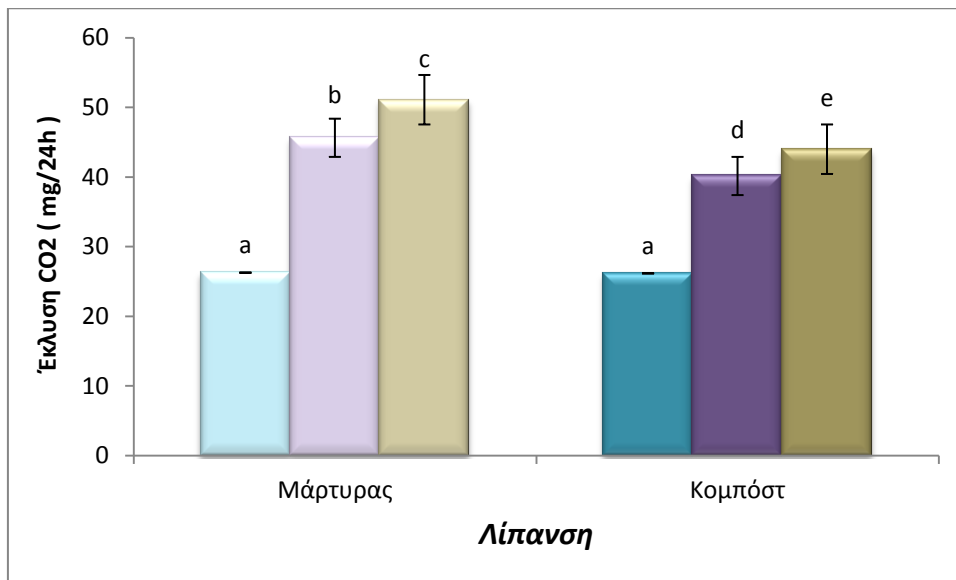


**Κατεργασία:** Στο Γράφημα 3.8.2.α. αξίζει να σημειωθεί, παρατηρώντας για τις 3 μετρήσεις, ότι η εφαρμογή της άροσης συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στην έκλυση CO<sub>2</sub> έναντι της φρέζας. Για την εφαρμογή της άροσης η εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> σημειώθηκε με τις εξής τιμές: 1<sup>η</sup> μέτρηση=29,68 mg/24<sub>h</sub>, 2<sup>η</sup> μέτρηση=49,39 mg/24<sub>h</sub>, 3<sup>η</sup> μέτρηση=54,64 mg/24<sub>h</sub>. Αντίστοιχα για την εφαρμογή της φρέζας η εκλυόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub> σημειώθηκε με τις εξής τιμές: 1<sup>η</sup> μέτρηση=22,78 mg/24<sub>h</sub>, 2<sup>η</sup> μέτρηση=36,42 mg/24<sub>h</sub>, 3<sup>η</sup> μέτρηση=40,48 mg/24<sub>h</sub>.



*Γράφημα 3.8.2.α. Επίδραση της κατεργασίας στην έκλυση CO<sub>2</sub>. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Ο μάρτυρας παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στην έκλυση CO<sub>2</sub>, 2<sup>η</sup> μέτρηση=45,65 mg/24<sub>h</sub> και 3<sup>η</sup> μέτρηση=51,11 mg/24<sub>h</sub>. έναντι της οργανικής λίπανσης (κομπόστ), 2<sup>η</sup> μέτρηση=40,16 mg/24<sub>h</sub> και 3<sup>η</sup> μέτρηση=44,01 mg/24<sub>h</sub>. Από το Γράφημα 3.8.2.β φαίνονται σημαντικά οι διαφορές μάρτυρα - οργανικής λίπανσης για την κάθε μέτρηση. Για την 1<sup>η</sup> μέτρηση δε παρατηρούνται σημαντικές διαφορές.



**Γράφημα 3.8.2.β.** Επίδραση της λίπανσης στην έκλυση CO<sub>2</sub>. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.

### 3.9. Μυκόρριζα

Η καταγραφή της πορείας του ποσοστού αποικισμού (%) με μυκόρριζα πραγματοποιήθηκε σε 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα, ξεχωριστά στους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση. Παρατηρήθηκαν ξεχωριστά, ανά ημερομηνία ανάλυσης δειγμάτων, και να σημειωθεί ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) δεν υπήρχαν πάντα και σε όλους τους παράγοντες.

Για την 1<sup>η</sup> μέτρηση: Μελετώντας τον Πίνακα 3.9.α δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) μεταξύ των τριών παραγόντων: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, όπως αποτυπώνεται, ύστερα από ανάλυση παραλλακτικότητας.

*Πίνακας 3.9.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αποικισμό με μυκόρριζα κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF | SS      | MS     | F       | P     |
|---------------------|----|---------|--------|---------|-------|
| VAR                 | 1  | 10,656  | 10,656 | 0,239   | 0,638 |
| Tillage             | 1  | 0,398   | 0,398  | 0,00892 | 0,927 |
| FER                 | 1  | 1,555   | 1,555  | 0,0348  | 0,857 |
| VAR x Tillage       | 1  | 12,771  | 12,771 | 0,286   | 0,607 |
| VAR x FER           | 1  | 6,369   | 6,369  | 0,143   | 0,716 |
| Tillage x FER       | 1  | 30,990  | 30,990 | 0,694   | 0,429 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 19,268  | 19,268 | 0,431   | 0,530 |
| Residual            | 8  | 357,360 | 44,670 |         |       |
| Total               | 15 | 439,367 | 29,291 |         |       |

Για την 2<sup>η</sup> μέτρηση: Ομοίως στον Πίνακα 3.9.β. αποτυπώνεται ύστερα από ανάλυση παραλλακτικότητας, και σε αυτή την μέτρηση δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) μεταξύ των τριών παραγόντων: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση.

**Πίνακας 3.9.β.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αποικισμό με μυκόρριζα κατά την 2<sup>η</sup> μέτρηση.

| Source of Variation | DF | SS       | MS      | F      | P     |
|---------------------|----|----------|---------|--------|-------|
| VAR                 | 1  | 90,918   | 90,918  | 0,733  | 0,417 |
| Tillage             | 1  | 10,085   | 10,085  | 0,0814 | 0,783 |
| FER                 | 1  | 73,662   | 73,662  | 0,594  | 0,463 |
| VAR x Tillage       | 1  | 105,288  | 105,288 | 0,849  | 0,384 |
| VAR x FER           | 1  | 41,770   | 41,770  | 0,337  | 0,578 |
| Tillage x FER       | 1  | 13,897   | 13,897  | 0,112  | 0,746 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 72,796   | 72,796  | 0,587  | 0,466 |
| Residual            | 8  | 991,740  | 123,968 |        |       |
| Total               | 15 | 1400,157 | 93,344  |        |       |

Για την 3<sup>η</sup> μέτρηση: Αντίστοιχα και γι αυτή την μέτρηση δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) ούτε μεταξύ των τριών παραγόντων: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, αλλά ούτε και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.9.γ., ύστερα από ανάλυση παραλλακτικότητας.

**Πίνακας 3.9.γ.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αποικισμό με μυκόρριζα κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.

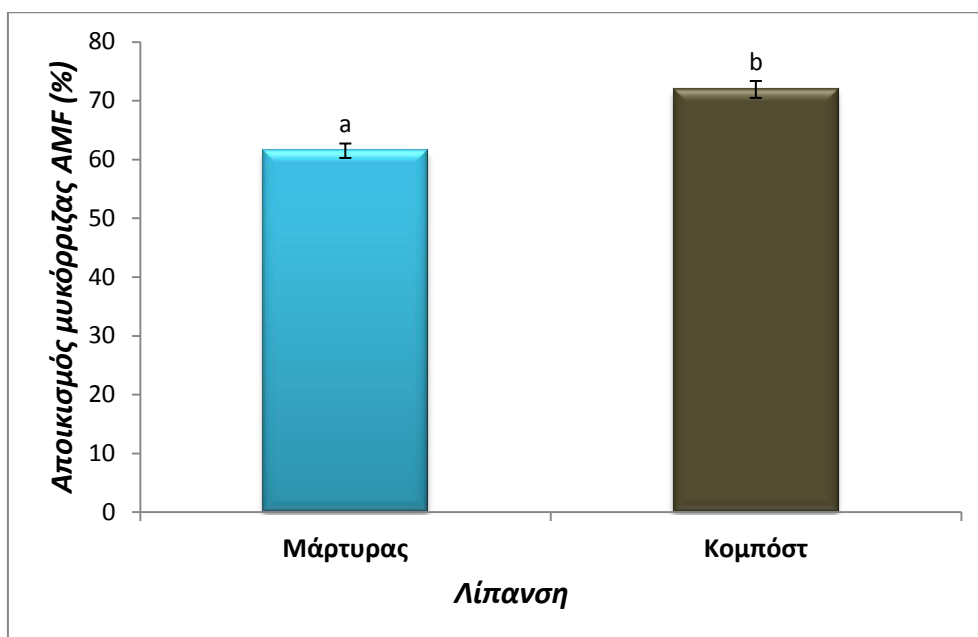
| Source of Variation | DF | SS       | MS      | F        | P     |
|---------------------|----|----------|---------|----------|-------|
| VAR                 | 1  | 35,548   | 35,548  | 0,0990   | 0,761 |
| Tillage             | 1  | 0,0886   | 0,0886  | 0,000247 | 0,988 |
| FER                 | 1  | 113,375  | 113,375 | 0,316    | 0,590 |
| VAR x Tillage       | 1  | 82,672   | 82,672  | 0,230    | 0,644 |
| VAR x FER           | 1  | 28,473   | 28,473  | 0,0793   | 0,785 |
| Tillage x FER       | 1  | 83,401   | 83,401  | 0,232    | 0,643 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 239,698  | 239,698 | 0,668    | 0,438 |
| Residual            | 8  | 2872,049 | 359,006 |          |       |
| Total               | 15 | 3455,305 | 230,354 |          |       |

Για την 4<sup>η</sup> μέτρηση: Στον Πίνακα 3.9.δ. αποτυπώνεται η ανάλυση παραλλακτικότητας. Σ' αυτή την μέτρηση και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) μόνο για τον παράγοντα λίπανση.

*Πίνακας 3.9.δ. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αποικισμό με μυκόρριζα κατά την 4<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F            | P            |
|---------------------|----------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 13,495         | 13,495         | 0,195        | 0,671        |
| Tillage             | 1        | 6,551          | 6,551          | 0,0944       | 0,766        |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>434,761</b> | <b>434,761</b> | <b>6,268</b> | <b>0,037</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 45,249         | 45,249         | 0,652        | 0,443        |
| VAR x FER           | 1        | 30,930         | 30,930         | 0,446        | 0,523        |
| Tillage x FER       | 1        | 149,402        | 149,402        | 2,154        | 0,180        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 11,763         | 11,763         | 0,170        | 0,691        |
| Residual            | 8        | 554,910        | 69,364         |              |              |
| Total               | 15       | 1247,061       | 83,137         |              |              |

**Λίπανση:** Μελετώντας το Γράφημα 3.9.δ.1. προκύπτει ότι στην περίπτωση της οργανικής λίπανσης (κομπόστ) το ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζα είναι 71,9% αρκετά μεγαλύτερο σχετιζόμενο με το ποσοστό του μάρτυρα, 61,4%.



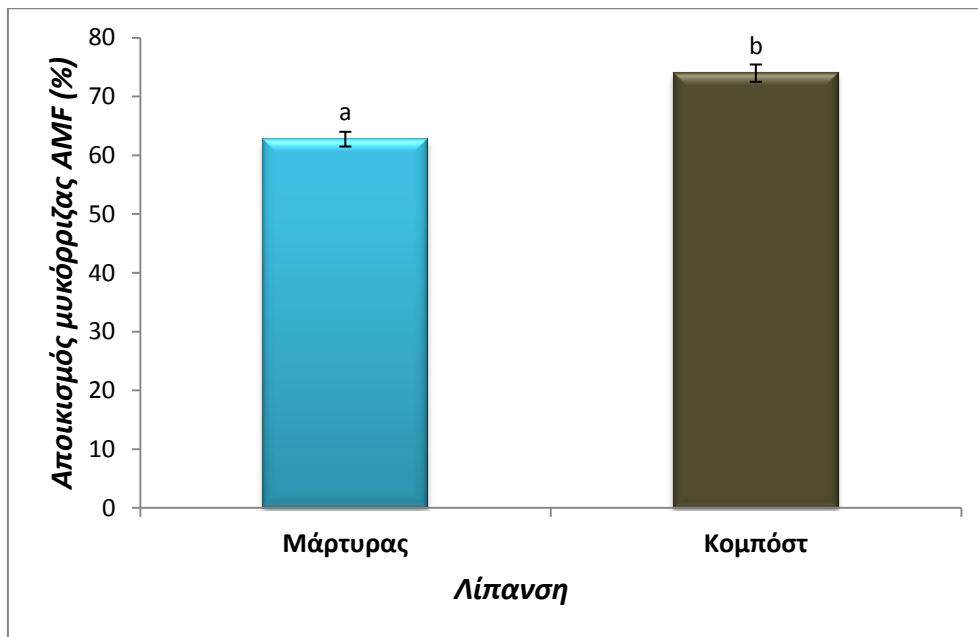
*Γράφημα 3.9.δ.1. Επίδραση της λίπανσης στον αποικισμό με μυκόρριζα, κατά την 4<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

Για την 5<sup>η</sup> μέτρηση: Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.9.ε.1., στην τελευταία μέτρηση, ύστερα από ανάλυση παραλλακτικότητας και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, προκύπτουν επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) μόνο για τον παράγοντα λίπανση.

**Πίνακας 3.9.ε.1.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αποικισμό με μυκόρριζα κατά την 5<sup>η</sup> μέτρηση.

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F            | P            |
|---------------------|----------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 21,091         | 21,091         | 0,351        | 0,570        |
| Tillage             | 1        | 12,799         | 12,799         | 0,213        | 0,657        |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>503,890</b> | <b>503,890</b> | <b>8,374</b> | <b>0,020</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 45,125         | 45,125         | 0,750        | 0,412        |
| VAR x FER           | 1        | 25,781         | 25,781         | 0,428        | 0,531        |
| Tillage x FER       | 1        | 180,970        | 180,970        | 3,008        | 0,121        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 20,634         | 20,634         | 0,343        | 0,574        |
| Residual            | 8        | 481,367        | 60,171         |              |              |
| Total               | 15       | 1291,656       | 86,110         |              |              |

**Λίπανση:** Προκύπτει μελετώντας το Γράφημα 3.9.ε.1., ομοίως και στην 5<sup>η</sup> μέτρηση, ότι η παρουσία της οργανικής λίπανσης (κομπόστ) έδωσε τιμή ποσοστού 74%, σε σχέση με το ποσοστό αποικισμού του μάρτυρα 62,7%, δηλαδή αύξησε το ποσοστό αποικισμού με μυκόρριζα κατά 11,2% περίπου.



*Γράφημα 3.9.ε.1. Επίδραση της λίπανσης στον αποικισμό με μυκόρριζα, κατά την 5<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*



### 3.10. Φυμάτια

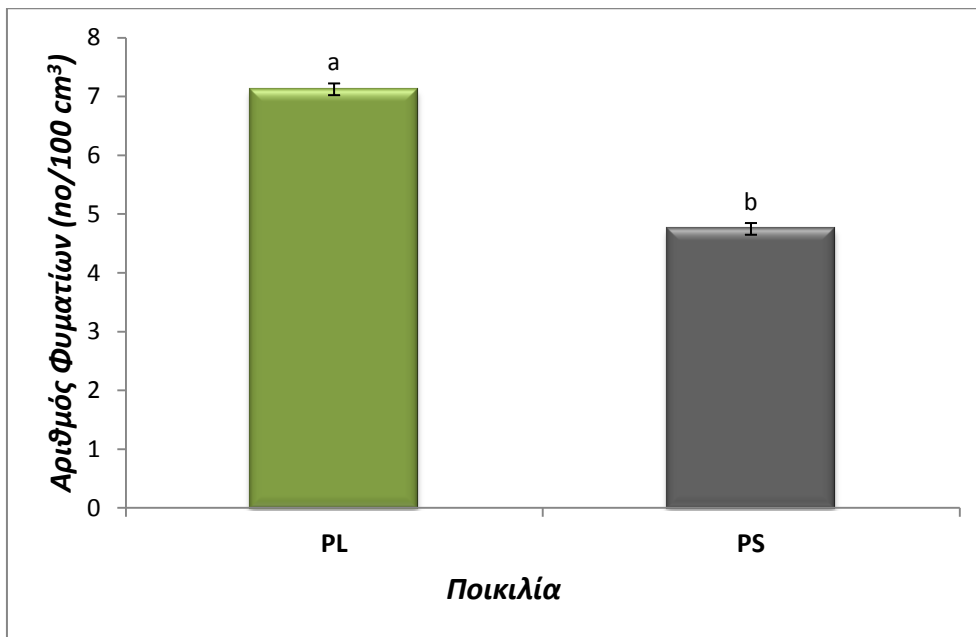
Ο αριθμός των φυματίων ( $no/100cm^3$ ) καταγράφηκε επίσης στα αντίστοιχα 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση. Παρατηρήθηκαν ξεχωριστά, ανά ημερομηνία ανάλυσης δειγμάτων, και να σημειωθεί ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) δεν υπήρχαν πάντα και σε όλους τους παράγοντες.

Για την 1<sup>η</sup> μέτρηση: Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές όπως προκύπτει απ τον Πίνακα 3.10.1.α. και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση.

*Πίνακας 3.10.1.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση.*

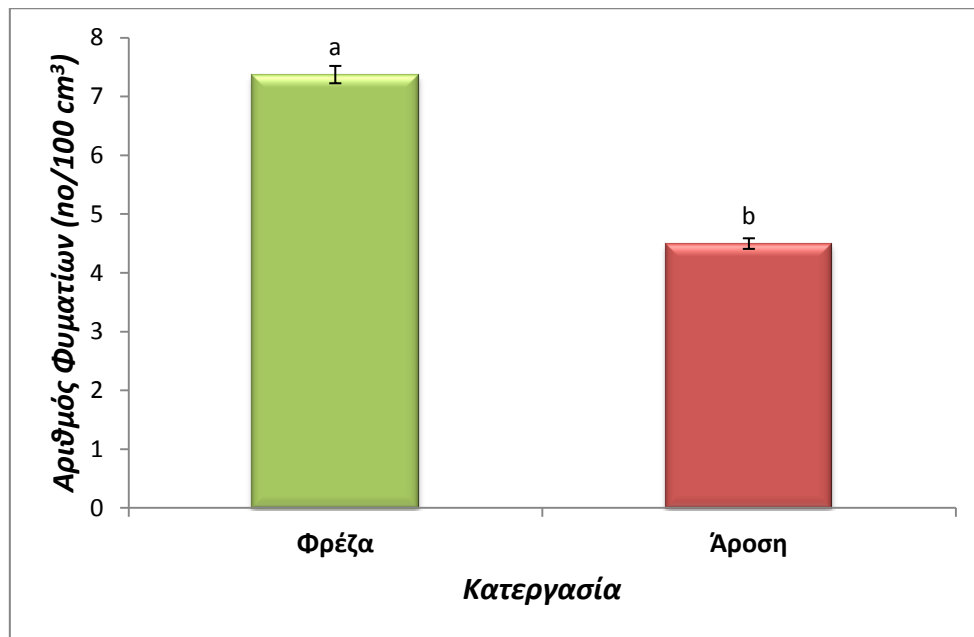
| Source of Variation       | DF       | SS            | MS            | F             | P            |
|---------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>VAR</b>                | <b>1</b> | <b>22,563</b> | <b>22,563</b> | <b>12,448</b> | <b>0,008</b> |
| <b>Tillage</b>            | <b>1</b> | <b>33,063</b> | <b>33,063</b> | <b>18,241</b> | <b>0,003</b> |
| <b>FER</b>                | <b>1</b> | <b>18,063</b> | <b>18,063</b> | <b>9,966</b>  | <b>0,013</b> |
| VAR x<br>Tillage          | 1        | 5,063         | 5,063         | 2,793         | 0,133        |
| VAR x FER                 | 1        | 5,063         | 5,063         | 2,793         | 0,133        |
| Tillage x<br>FER          | 1        | 0,0625        | 0,0625        | 0,0345        | 0,857        |
| VAR x<br>Tillage x<br>FER | 1        | 0,563         | 0,563         | 0,310         | 0,593        |
| Residual                  | 8        | 14,500        | 1,813         |               |              |
| Total                     | 15       | 98,938        | 6,596         |               |              |

**Ποικιλία:** Αξίζει να σημειωθεί, μελετώντας το Γράφημα 3.10.1.β., ότι στην ποικιλία Πλατοκούκι ο αριθμός των φυματίων σημειώνεται μεγαλύτερος, περίπου 7 φυμάτια/ $100cm^3$ , έναντι της ποικιλίας Ψιλοκούκι περίπου 4 φυμάτια/ $100cm^3$ .



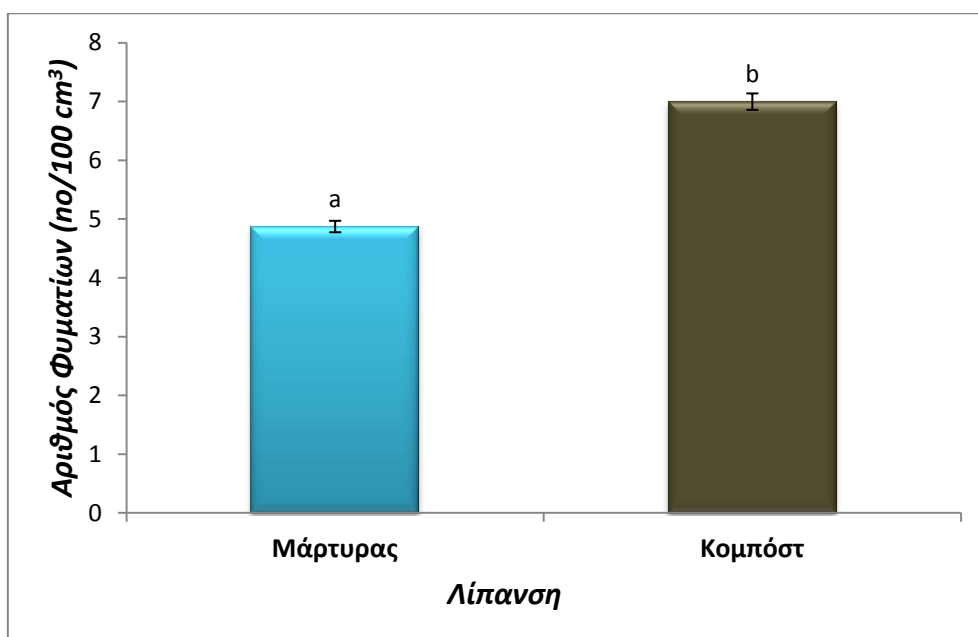
*Γράφημα 3.10.1.β. Επίδραση της ποικιλίας (Pl-Πλατοκούκι, Ps-Ψιλοκούκι) στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Κατεργασία:** Στο Γράφημα 3.10.1.γ. ο αριθμός των φυματίων προέκυψε μικρότερος, περίπου 4-5 φυμάτια/100cm<sup>3</sup> με τη εφαρμογή της άροσης, έναντι της φρέζας που έδωσε αποτελέσματα μεγαλύτερου πλήθους φυματίων, περίπου 7 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.10.1.γ. Επίδραση της κατεργασίας στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Από το Γράφημα 3.10.1.δ., προκύπτει ότι η επίδραση της οργανικής λίπανσης είχε θετικά αποτελέσματα στον σχηματισμό φυματίων δίνοντας 7 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>, έναντι του μάρτυρα με 5 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



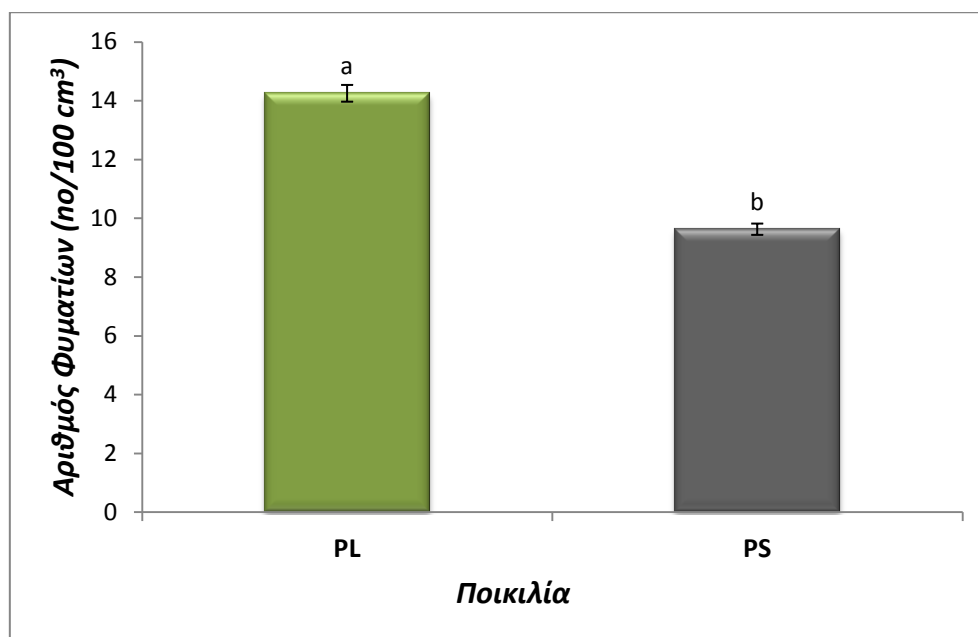
*Γράφημα 3.10.1.δ. Επίδραση της λίπανσης στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

Για την 2<sup>η</sup> μέτρηση: Παρατηρήθηκαν στον Πίνακα 3.10.2.α, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ), όπως προκύπτει για τους 2 από τους 3 παράγοντες, την ποικιλία και την κατεργασία.

*Πίνακας 3.10.2.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 2<sup>η</sup> μέτρηση.*

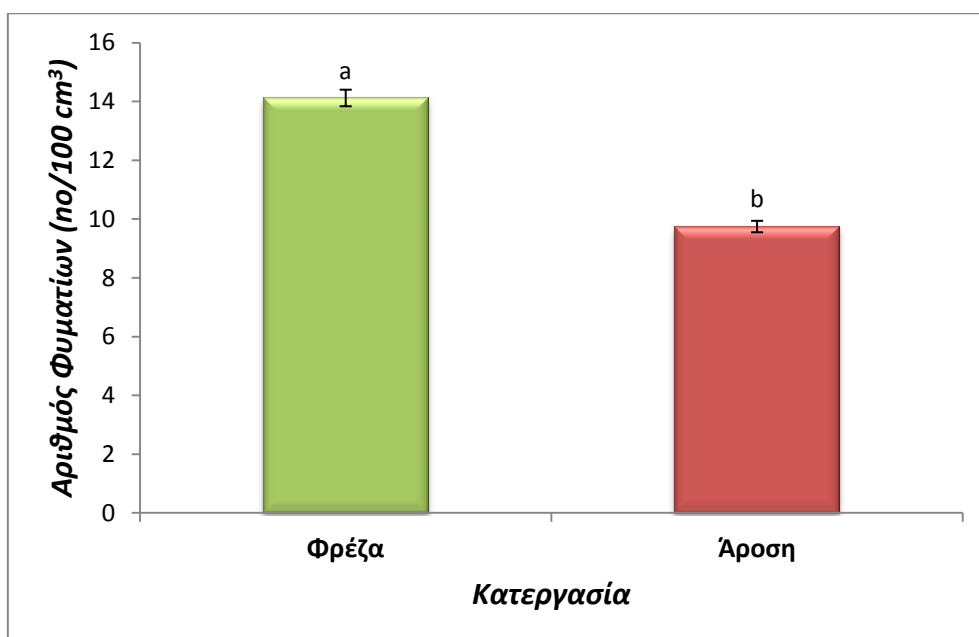
| Source of Variation | DF       | SS            | MS            | F             | P            |
|---------------------|----------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>VAR</b>          | <b>1</b> | <b>85,563</b> | <b>85,563</b> | <b>17,779</b> | <b>0,003</b> |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>76,563</b> | <b>76,563</b> | <b>15,909</b> | <b>0,004</b> |
| FER                 | 1        | 22,563        | 22,563        | 4,688         | 0,062        |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0625        | 0,0625        | 0,0130        | 0,912        |
| VAR x FER           | 1        | 10,563        | 10,563        | 2,195         | 0,177        |
| Tillage x FER       | 1        | 0,0625        | 0,0625        | 0,0130        | 0,912        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 3,063         | 3,063         | 0,636         | 0,448        |
| Residual            | 8        | 38,500        | 4,813         |               |              |
| Total               | 15       | 236,938       | 15,796        |               |              |

**Ποικιλία:** Από το Γράφημα 3.10.2.β. προκύπτει ότι η ποικιλία Πλατοκούκι σχηματίζει περισσότερα φυμάτια, 14 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>, σε σχέση με την ποικιλία Ψιλοκούκι, 9-10 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.10.2.β. Επίδραση της ποικιλίας (PL-Πλατοκούκι, Ps-Ψιλοκούκι) στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Κατεργασία:** Μελετώντας το Γράφημα 3.10.2.γ., προέκυψε πως ο αριθμός των φυματίων προέκυψε μικρότερος με τη εφαρμογή της άροσης, 9-10 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>, έναντι της φρέζας που έδωσε αποτελέσματα μεγαλύτερου πλήθους φυματίων, 14 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.10.2.γ. Επίδραση της κατεργασίας στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

Για την 3<sup>η</sup> μέτρηση: Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) με βάση τον Πίνακα 3.10.3.α. για τους 3 παράγοντες.

*Πίνακας 3.10.3.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.*

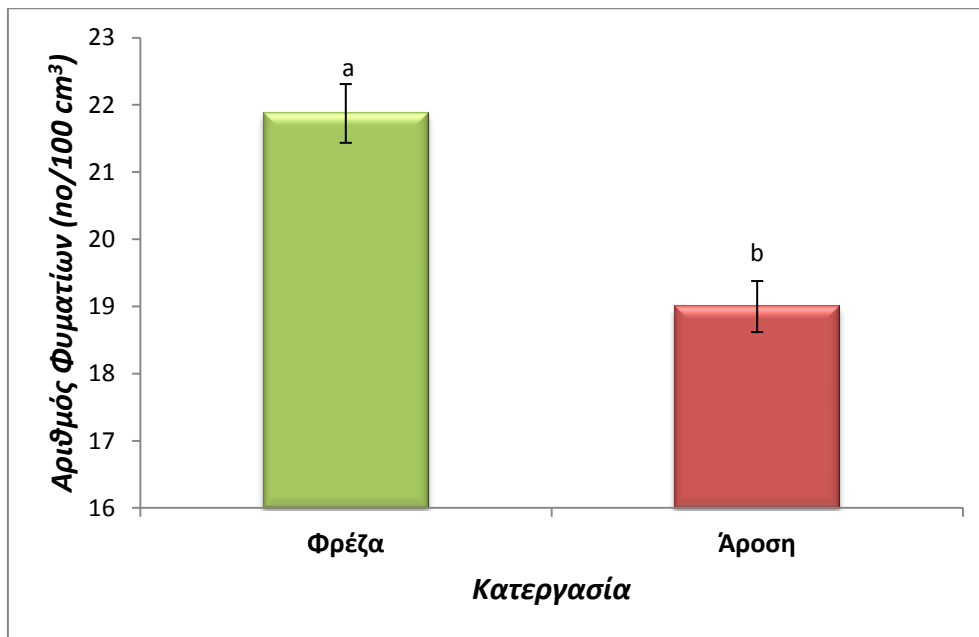
| Source of Variation | DF | SS      | MS     | F      | P     |
|---------------------|----|---------|--------|--------|-------|
| VAR                 | 1  | 20,250  | 20,250 | 3,176  | 0,113 |
| Tillage             | 1  | 25,000  | 25,000 | 3,922  | 0,083 |
| FER                 | 1  | 25,000  | 25,000 | 3,922  | 0,083 |
| VAR x Tillage       | 1  | 0,250   | 0,250  | 0,0392 | 0,848 |
| VAR x FER           | 1  | 2,250   | 2,250  | 0,353  | 0,569 |
| Tillage x FER       | 1  | 0,000   | 0,000  | 0,000  | 1,000 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 0,250   | 0,250  | 0,0392 | 0,848 |
| Residual            | 8  | 51,000  | 6,375  |        |       |
| Total               | 15 | 124,000 | 8,267  |        |       |

Για την 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση: Και στις δύο αυτές μετρήσεις τα αποτελέσματα ήταν ίδια καθώς ο σχηματισμός φυματίων τερματίζεται ελάχιστα μετά την 4<sup>η</sup> μέτρηση, αφού τα φυτά έχουν αναπτυχθεί πλήρως. Κατ' επέκταση τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραλλακτικότητας είναι κοινά. Προκύπτει λοιπόν από τον Πίνακα 3.10.4.α., ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) παρατηρήθηκαν για τους παράγοντες κατεργασία και λίπανση.

*Πίνακας 3.10.4.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS            | MS            | F             | P            |
|---------------------|----------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 10,563        | 10,563        | 3,596         | 0,095        |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>33,063</b> | <b>33,063</b> | <b>11,255</b> | <b>0,010</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>45,563</b> | <b>45,563</b> | <b>15,511</b> | <b>0,004</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,563         | 0,563         | 0,191         | 0,673        |
| VAR x FER           | 1        | 0,0625        | 0,0625        | 0,0213        | 0,888        |
| Tillage x FER       | 1        | 0,563         | 0,563         | 0,191         | 0,673        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0625        | 0,0625        | 0,0213        | 0,888        |
| Residual            | 8        | 23,500        | 2,938         |               |              |
| Total               | 15       | 113,938       | 7,596         |               |              |

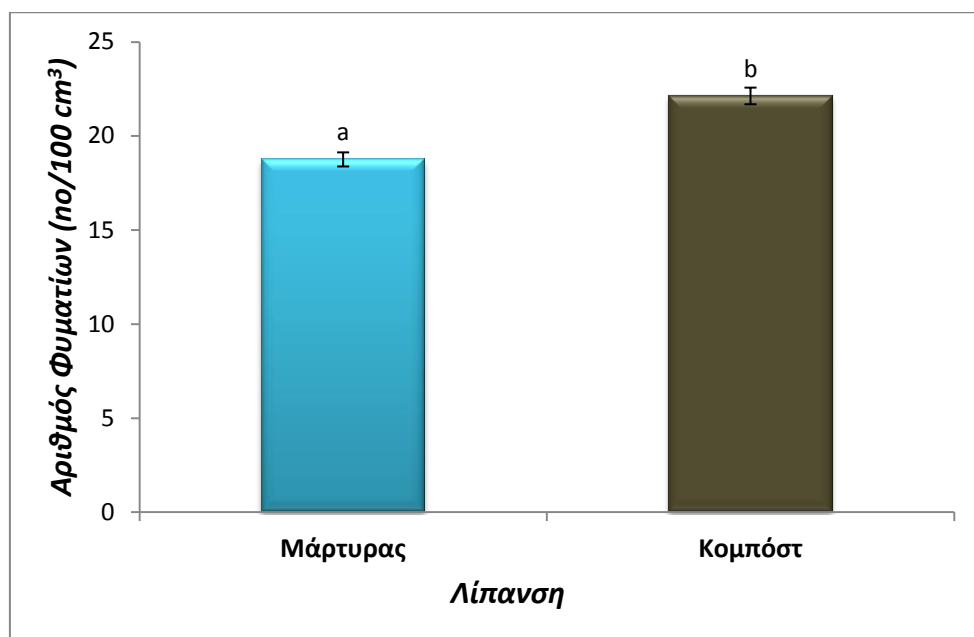
**Κατεργασία:** Με βάση το Γράφημα 3.10.4.β., ο αριθμός των φυματίων προέκυψε μικρότερος με τη εφαρμογή της άροσης, 19 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>, έναντι της φρέζας που έδωσε αποτελέσματα μεγαλύτερου πλήθους φυματίων, 21-22 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.10.4.β. Επίδραση της κατεργασίας στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

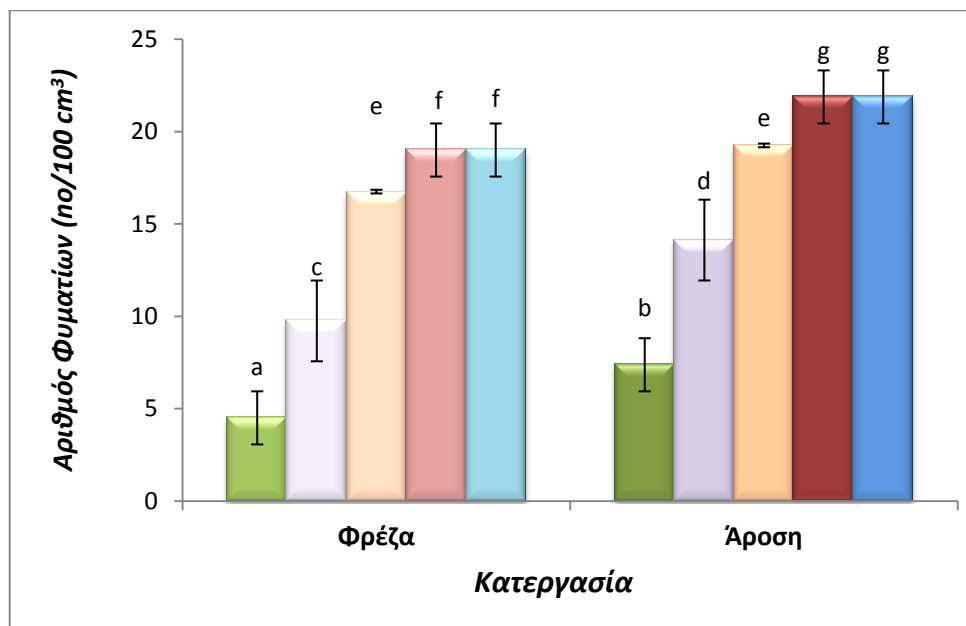


**Λίπανση:** Παρουσιάζεται από το Γράφημα 3.10.4.γ., πως η επίδραση της οργανικής λίπανσης είχε θετικά αποτελέσματα στον σχηματισμό φυματίων, 22 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>, έναντι αυτού του μάρτυρα, 18-19 φυμάτια/100cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.10.4.γ. Επίδραση της λίπανσης στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

Συνολικά για την **κατεργασία** σε όλες τις μετρήσεις: Με βάση το γράφημα 3.4.10.δ. στην 3<sup>η</sup> μέτρηση δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές. Σε όλες τις άλλες μετρήσεις παρατηρούνται σημαντικές διαφορές.



*Γράφημα 3.10.4.δ. Επίδραση της κατεργασίας στον σχηματισμό του αριθμού φυματίων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

### 3.11. Πυκνότητα ριζικού συστήματος

Η πυκνότητα του ριζικού συστήματος ( $mm/cm^3$ ) καταγράφηκε σε 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα και για τους 3 παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση. Παρατηρήθηκαν ξεχωριστά, ανά ημερομηνία ανάλυσης δειγμάτων, και να σημειωθεί ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) δεν υπήρχαν πάντα και σε όλους τους παράγοντες. Από τον Πίνακα 3.11.1.α. ανάλυσης παραλλακτικότητας, προκύπτει πως στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση υπήρξαν οι ίδιες σημαντικές διαφορές όσον αφορά την κατεργασία και την λίπανση:

*Πίνακας 3.11.1.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS             | MS             | F            | P            |
|---------------------|----------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 0,00160        | 0,00160        | 0,921        | 0,365        |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,0169</b>  | <b>0,0169</b>  | <b>9,727</b> | <b>0,014</b> |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,01000</b> | <b>0,01000</b> | <b>5,755</b> | <b>0,043</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,00423        | 0,00423        | 2,432        | 0,158        |
| VAR x FER           | 1        | 0,0000250      | 0,0000250      | 0,0144       | 0,907        |
| Tillage x FER       | 1        | 0,000225       | 0,000225       | 0,129        | 0,728        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0001000      | 0,0001000      | 0,0576       | 0,816        |
| Residual            | 8        | 0,0139         | 0,00174        |              |              |
| Total               | 15       | 0,0470         | 0,00313        |              |              |

Για την 3<sup>η</sup> (Πίνακας 3.11.1.β) , 4<sup>η</sup> (Πίνακας 3.11.1.γ) και 5<sup>η</sup> (Πίνακας 3.11.1.δ) μέτρηση παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μόνο ως προς τον παράγοντα λίπανση.

**Πίνακας 3.11.1.β.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.

| Source of Variation | DF       | SS            | MS            | F            | P            |
|---------------------|----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| VAR                 | 1        | 0,00122       | 0,00122       | 0,233        | 0,642        |
| Tillage             | 1        | 0,0210        | 0,0210        | 4,005        | 0,080        |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,0272</b> | <b>0,0272</b> | <b>5,186</b> | <b>0,052</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,00303       | 0,00303       | 0,576        | 0,470        |
| VAR x FER           | 1        | 0,00563       | 0,00563       | 1,071        | 0,331        |
| Tillage x FER       | 1        | 0,000625      | 0,000625      | 0,119        | 0,739        |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0000250     | 0,0000250     | 0,00476      | 0,947        |
| Residual            | 8        | 0,0420        | 0,00525       |              |              |
| Total               | 15       | 0,101         | 0,00672       |              |              |

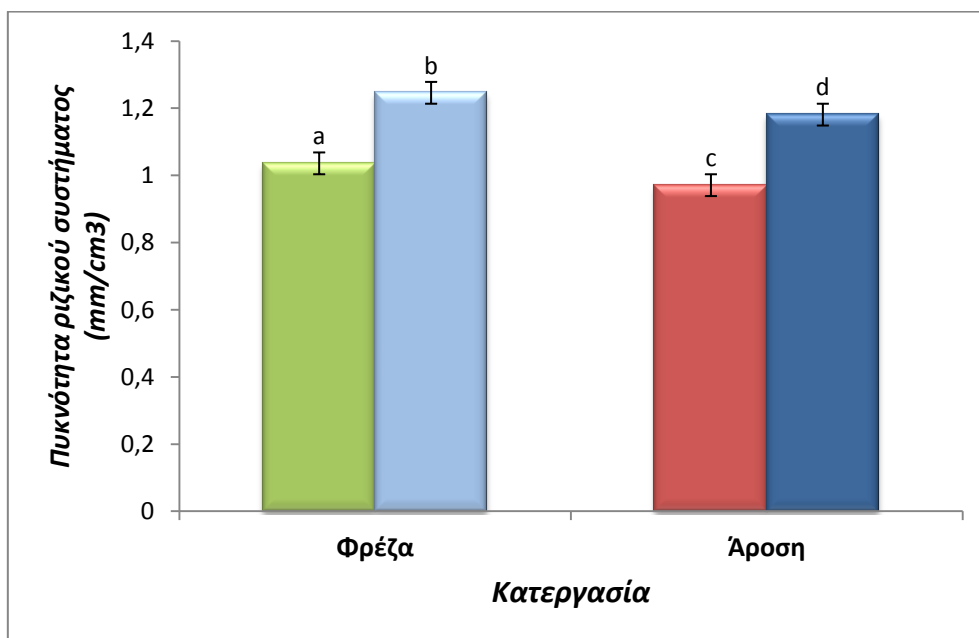
**Πίνακας 3.11.1.γ.** Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 4<sup>η</sup> μέτρηση.

| Source of Variation | DF       | SS           | MS           | F             | P                |
|---------------------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,000400     | 0,000400     | 0,0882        | 0,774            |
| Tillage             | 1        | 0,000900     | 0,000900     | 0,198         | 0,668            |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>0,152</b> | <b>0,152</b> | <b>33,521</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,000225     | 0,000225     | 0,0496        | 0,829            |
| VAR x FER           | 1        | 0,00203      | 0,00203      | 0,446         | 0,523            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,0110       | 0,0110       | 2,430         | 0,158            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00160      | 0,00160      | 0,353         | 0,569            |
| Residual            | 8        | 0,0363       | 0,00454      |               |                  |
| Total               | 15       | 0,205        | 0,0136       |               |                  |

*Πίνακας 3.11.1.δ. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον αριθμό των φυματίων κατά την 5<sup>η</sup> μέτρηση.*

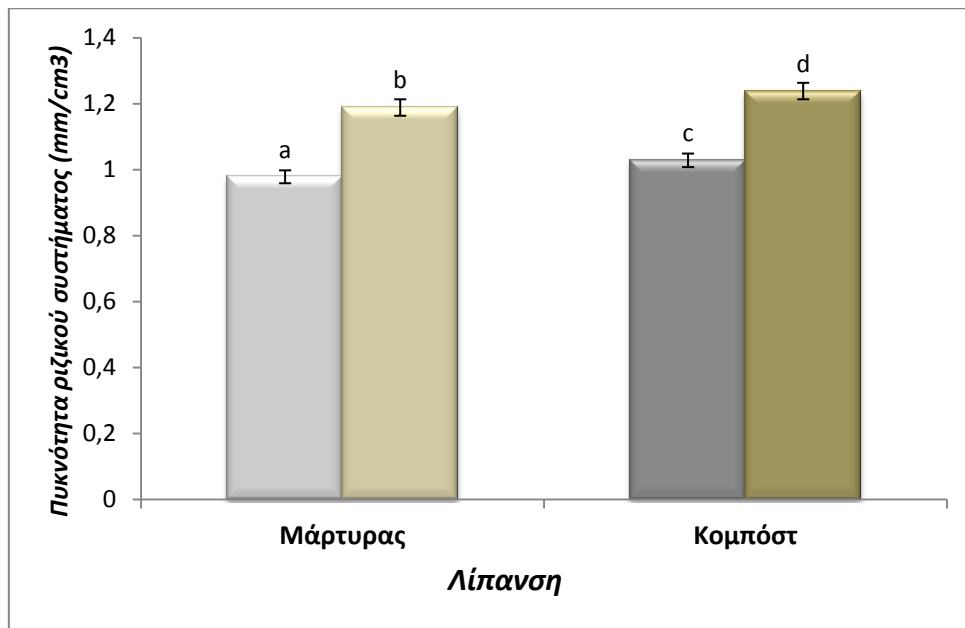
| <b>Source of Variation</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b>    | <b>MS</b>    | <b>F</b>      | <b>P</b>         |
|----------------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                        | 1         | 0,00226      | 0,00226      | 0,712         | 0,423            |
| Tillage                    | 1         | 0,00106      | 0,00106      | 0,333         | 0,580            |
| <b>FER</b>                 | <b>1</b>  | <b>0,114</b> | <b>0,114</b> | <b>35,947</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage              | 1         | 0,00226      | 0,00226      | 0,712         | 0,423            |
| VAR x FER                  | 1         | 0,00000625   | 0,00000625   | 0,00197       | 0,966            |
| Tillage x FER              | 1         | 0,0138       | 0,0138       | 4,357         | 0,070            |
| VAR x Tillage x FER        | 1         | 0,000506     | 0,000506     | 0,160         | 0,700            |
| Residual                   | 8         | 0,0254       | 0,00317      |               |                  |
| Total                      | 15        | 0,159        | 0,0106       |               |                  |

**Κατεργασία:** Προκύπτει από το Γράφημα 3.11.2., για την κατεργασία στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση παρατηρήθηκε σημαντική υπεροχή της εφαρμογής φρέζας, 1<sup>η</sup> μέτρηση=1,03 mm/cm<sup>3</sup>, 2<sup>η</sup> μέτρηση=1,24 mm/cm<sup>3</sup> έναντι της εφαρμογής της άροσης, 1<sup>η</sup> μέτρηση=0,97 mm/cm<sup>3</sup>, 2<sup>η</sup> μέτρηση=1,18 mm/cm<sup>3</sup>, στην αύξηση της πυκνότητας του ριζικού συστήματος.



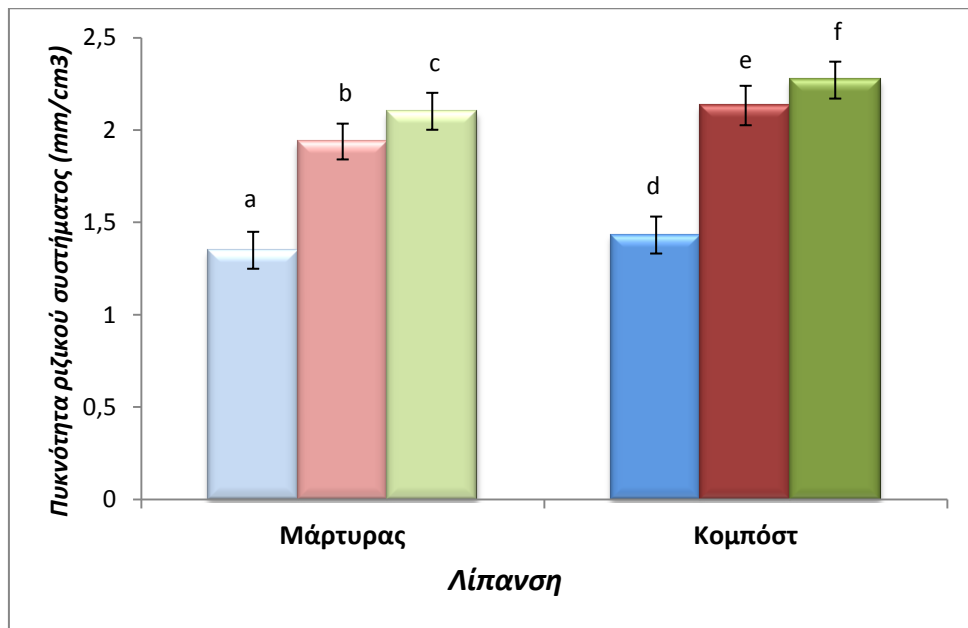
*Γράφημα 3.11.2. Επίδραση της κατεργασίας στην πυκνότητα του ριζικού συστήματος στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

**Λίπανση:** Όσον αφορά την λίπανση, παρατηρήθηκε μελετώντας το Γράφημα 3.11.2.β., ότι τόσο κατά την 1<sup>η</sup> όσο και κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση η επίδραση της οργανικής λίπανσης, δηλαδή του κομπόστ ήταν θετική. Αύξησε ελάχιστα την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, όπως φαίνεται και Η οργανική λίπανση έδωσε τιμές για 1<sup>η</sup> μέτρηση=1,02 mm/cm<sup>3</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση=1,23 mm/cm<sup>3</sup>. Σχετικά με αυτές του μάρτυρα 1<sup>η</sup> μέτρηση=0,97 mm/cm<sup>3</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση=1,18 mm/cm<sup>3</sup>.



*Γράφημα 3.11.2.β. Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα του ριζικού συστήματος στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

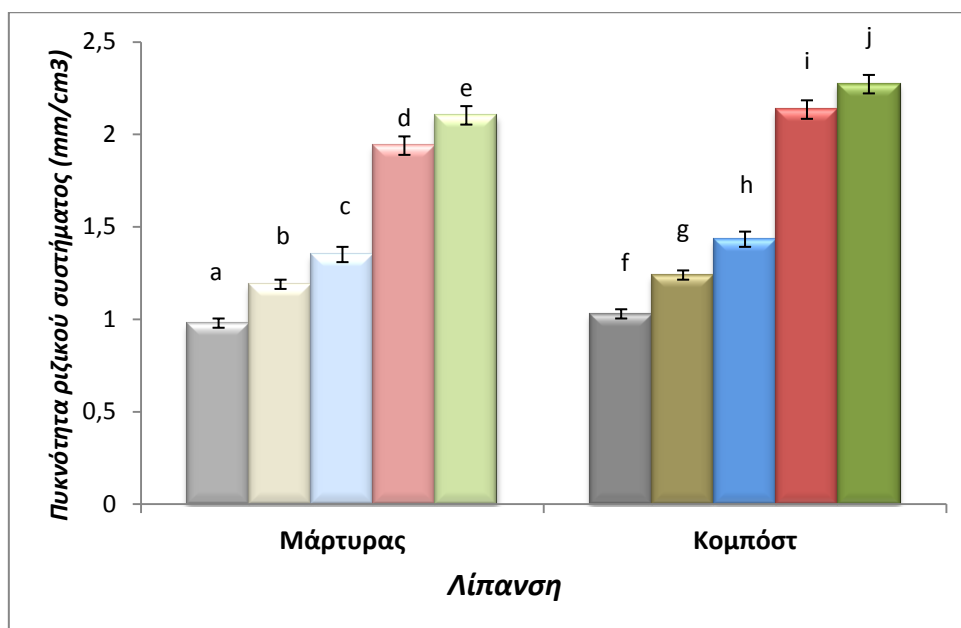
Για την 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση μελετήθηκε από το Γράφημα 3.11.3. ο παράγοντας λίπανση. Προκύπτει ότι η οργανική λίπανση επέδρασε σημαντικά έναντι του μάρτυρα στην αύξηση της πυκνότητας του ριζικού συστήματος. Παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ μάρτυρα – οργανικής λίπανσης στην 4<sup>η</sup> μέτρηση και η μικρότερη στην 3<sup>η</sup> μέτρηση. Για τον μάρτυρα οι τιμές ήταν οι εξής: 3<sup>η</sup> μέτρηση= 1,35 mm/cm<sup>3</sup>, 4<sup>η</sup> μέτρηση=1,93 mm/cm<sup>3</sup>, 5<sup>η</sup> μέτρηση=2,10 mm/cm<sup>3</sup>. Για την οργανική λίπανση οι τιμές ήταν: 3<sup>η</sup> μέτρηση= 1,43 mm/cm<sup>3</sup>, 4<sup>η</sup> μέτρηση=2,13 mm/cm<sup>3</sup>, 5<sup>η</sup> μέτρηση=2,27 mm/cm<sup>3</sup>.



**Γράφημα 3.11.3.** Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα του ριζικού συστήματος στην 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.



Συνολικά για την **λίπανση** σε όλες τις μετρήσεις: Με βάση το γράφημα 3.11.4. παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε όλες τις μετρήσεις και εντός της κάθε επέμβασης.



*Γράφημα 3.11.4. Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα του ριζικού συστήματος στην 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

### 3.12. Όγκος ριζικού συστήματος

Εξετάζοντας τον Πίνακα 3.12.1.α. έως και τον Πίνακα 3.12.1.ε για τον όγκο του ριζικού συστήματος ( $mm^3/cm^3$ ) ξεχωριστά στους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, καθώς επίσης και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, στα αντίστοιχα 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα (όπως η μυκόρριζα, τα φυμάτια και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος), δεν σημειώθηκαν πουθενά στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) όπως προέκυψε από τις αναλύσεις παραλλακτικότητας.

*Πίνακας 3.12.1.α. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον όγκο του ριζικού συστήματος κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF | SS         | MS         | F          | P     |
|---------------------|----|------------|------------|------------|-------|
| VAR                 | 1  | 0,122      | 0,122      | 0,386      | 0,552 |
| Tillage             | 1  | 0,360      | 0,360      | 1,134      | 0,318 |
| FER                 | 1  | 0,360      | 0,360      | 1,134      | 0,318 |
| VAR x Tillage       | 1  | 0,0225     | 0,0225     | 0,0709     | 0,797 |
| VAR x FER           | 1  | 0,00250    | 0,00250    | 0,00787    | 0,931 |
| Tillage x FER       | 1  | 9,095E-013 | 9,095E-013 | 2,865E-012 | 1,000 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 0,0225     | 0,0225     | 0,0709     | 0,797 |
| Residual            | 8  | 2,540      | 0,317      |            |       |
| Total               | 15 | 3,430      | 0,229      |            |       |

*Πίνακας 3.12.1.β. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον όγκο του ριζικού συστήματος κατά την 2<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF | SS       | MS       | F       | P     |
|---------------------|----|----------|----------|---------|-------|
| VAR                 | 1  | 0,00563  | 0,00563  | 0,0214  | 0,887 |
| Tillage             | 1  | 0,0756   | 0,0756   | 0,287   | 0,606 |
| FER                 | 1  | 0,681    | 0,681    | 2,587   | 0,146 |
| VAR x Tillage       | 1  | 0,106    | 0,106    | 0,401   | 0,544 |
| VAR x FER           | 1  | 0,0306   | 0,0306   | 0,116   | 0,742 |
| Tillage x FER       | 1  | 0,0756   | 0,0756   | 0,287   | 0,606 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 0,000625 | 0,000625 | 0,00238 | 0,962 |
| Residual            | 8  | 2,105    | 0,263    |         |       |
| Total               | 15 | 3,079    | 0,205    |         |       |

*Πίνακας 3.12.1.γ. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον όγκο του ριζικού συστήματος κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF | SS       | MS       | F       | P     |
|---------------------|----|----------|----------|---------|-------|
| VAR                 | 1  | 0,00563  | 0,00563  | 0,0217  | 0,887 |
| Tillage             | 1  | 0,526    | 0,526    | 2,027   | 0,192 |
| FER                 | 1  | 0,856    | 0,856    | 3,299   | 0,107 |
| VAR x Tillage       | 1  | 0,106    | 0,106    | 0,407   | 0,541 |
| VAR x FER           | 1  | 0,000625 | 0,000625 | 0,00241 | 0,962 |
| Tillage x FER       | 1  | 0,106    | 0,106    | 0,407   | 0,541 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 0,0306   | 0,0306   | 0,118   | 0,740 |
| Residual            | 8  | 2,075    | 0,259    |         |       |
| Total               | 15 | 3,704    | 0,247    |         |       |

*Πίνακας 3.12.1.δ. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον όγκο του ριζικού συστήματος κατά την 4<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF | SS       | MS       | F       | P     |
|---------------------|----|----------|----------|---------|-------|
| VAR                 | 1  | 0,00562  | 0,00562  | 0,0217  | 0,887 |
| Tillage             | 1  | 0,526    | 0,526    | 2,027   | 0,192 |
| FER                 | 1  | 0,856    | 0,856    | 3,299   | 0,107 |
| VAR x Tillage       | 1  | 0,106    | 0,106    | 0,407   | 0,541 |
| VAR x FER           | 1  | 0,000625 | 0,000625 | 0,00241 | 0,962 |
| Tillage x FER       | 1  | 0,106    | 0,106    | 0,407   | 0,541 |
| VAR x Tillage x FER | 1  | 0,0306   | 0,0306   | 0,118   | 0,740 |
| Residual            | 8  | 2,075    | 0,259    |         |       |
| Total               | 15 | 3,704    | 0,247    |         |       |

*Πίνακας 3.12.1.ε. Ανάλυση παραλλακτικότητας για τον όγκο του ριζικού συστήματος κατά την 5<sup>η</sup> μέτρηση.*

| <b>Source of Variation</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| VAR                        | 1         | 0,00202   | 0,00202   | 0,00592  | 0,941    |
| Tillage                    | 1         | 0,319     | 0,319     | 0,934    | 0,362    |
| FER                        | 1         | 0,856     | 0,856     | 2,503    | 0,152    |
| VAR x Tillage              | 1         | 0,0420    | 0,0420    | 0,123    | 0,735    |
| VAR x FER                  | 1         | 0,00422   | 0,00422   | 0,0124   | 0,914    |
| Tillage x FER              | 1         | 0,106     | 0,106     | 0,309    | 0,594    |
| VAR x Tillage x FER        | 1         | 0,0210    | 0,0210    | 0,0615   | 0,810    |
| Residual                   | 8         | 2,735     | 0,342     |          |          |
| Total                      | 15        | 4,085     | 0,272     |          |          |

### 3.13. Μάζα ριζικού συστήματος

Μελετώντας την μάζα του ριζικού συστήματος (*gr / 100 lt soil*) ξεχωριστά στους τρεις παράγοντες: ποικιλία, κατεργασία και λίπανση, καθώς επίσης και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, στα αντίστοιχα 5 διαφορετικά χρονικά διαστήματα παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $P < 0,01$ ) στους παράγοντες κατεργασία και λίπανση.

Συγκεκριμένα για τον παράγοντα κατεργασία σημαντικές διαφορές βρέθηκαν από την 2<sup>η</sup> έως και την 5<sup>η</sup> μέτρηση εκτός της 1<sup>ης</sup>. Αντίθετα για τον παράγοντα λίπανση παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για όλες τις μετρήσεις που ακολούθησαν. Παραθέτονται παρακάτω σε πίνακες (Πίνακας 3.13.1.α, 3.13.1.β., 3.13.1.γ, 3.13.1.δ) οι αναλύσεις παραλλακτικότητας για όλες τις μετρήσεις. Να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων ήταν τα ίδια για την 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση κι αυτό διότι στην 5<sup>η</sup> μέτρηση τα φυτά ήταν αρκετά ανεπτυγμένα και η ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος που σημειώθηκε ήταν αμελητέα.

*Πίνακας 3.13.1.α Ανάλυση παραλλακτικότητας για τη μάζα του ριζικού συστήματος κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS           | MS           | F             | P                |
|---------------------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,0400       | 0,0400       | 1,000         | 0,347            |
| Tillage             | 1        | 0,0400       | 0,0400       | 1,000         | 0,347            |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>1,563</b> | <b>1,563</b> | <b>39,063</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0100       | 0,0100       | 0,250         | 0,631            |
| VAR x FER           | 1        | 0,00250      | 0,00250      | 0,0625        | 0,809            |
| Tillage x FER       | 1        | 0,00250      | 0,00250      | 0,0625        | 0,809            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,0225       | 0,0225       | 0,563         | 0,475            |
| Residual            | 8        | 0,320        | 0,0400       |               |                  |
| Total               | 15       | 2,000        | 0,133        |               |                  |

*Πίνακας 3.13.1.β Ανάλυση παραλλακτικότητας για τη μάζα του ριζικού συστήματος κατά την 2<sup>η</sup> μέτρηση.*

| <b>Source of Variation</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b>    | <b>MS</b>    | <b>F</b>      | <b>P</b>         |
|----------------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                        | 1         | 0,00563      | 0,00563      | 0,290         | 0,605            |
| <b>Tillage</b>             | <b>1</b>  | <b>0,226</b> | <b>0,226</b> | <b>11,645</b> | <b>0,009</b>     |
| <b>FER</b>                 | <b>1</b>  | <b>1,501</b> | <b>1,501</b> | <b>77,452</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x<br>Tillage           | 1         | 0,0156       | 0,0156       | 0,806         | 0,395            |
| VAR x FER                  | 1         | 0,0156       | 0,0156       | 0,806         | 0,395            |
| Tillage x<br>FER           | 1         | 0,0506       | 0,0506       | 2,613         | 0,145            |
| VAR x<br>Tillage x<br>FER  | 1         | 0,0306       | 0,0306       | 1,581         | 0,244            |
| Residual                   | 8         | 0,155        | 0,0194       |               |                  |
| Total                      | 15        | 1,999        | 0,133        |               |                  |

*Πίνακας 3.13.1.γ Ανάλυση παραλλακτικότητας για τη μάζα του ριζικού συστήματος κατά την 3<sup>η</sup> μέτρηση.*

| <b>Source of Variation</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b>    | <b>MS</b>    | <b>F</b>      | <b>P</b>         |
|----------------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                        | 1         | 0,0100       | 0,0100       | 0,286         | 0,608            |
| <b>Tillage</b>             | <b>1</b>  | <b>0,360</b> | <b>0,360</b> | <b>10,286</b> | <b>0,012</b>     |
| <b>FER</b>                 | <b>1</b>  | <b>1,563</b> | <b>1,563</b> | <b>44,643</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x<br>Tillage           | 1         | 0,000        | 0,000        | 0,000         | 1,000            |
| VAR x FER                  | 1         | 0,00250      | 0,00250      | 0,0714        | 0,796            |
| Tillage x<br>FER           | 1         | 0,0225       | 0,0225       | 0,643         | 0,446            |
| VAR x<br>Tillage x<br>FER  | 1         | 0,0625       | 0,0625       | 1,786         | 0,218            |
| Residual                   | 8         | 0,280        | 0,0350       |               |                  |
| Total                      | 15        | 2,300        | 0,153        |               |                  |

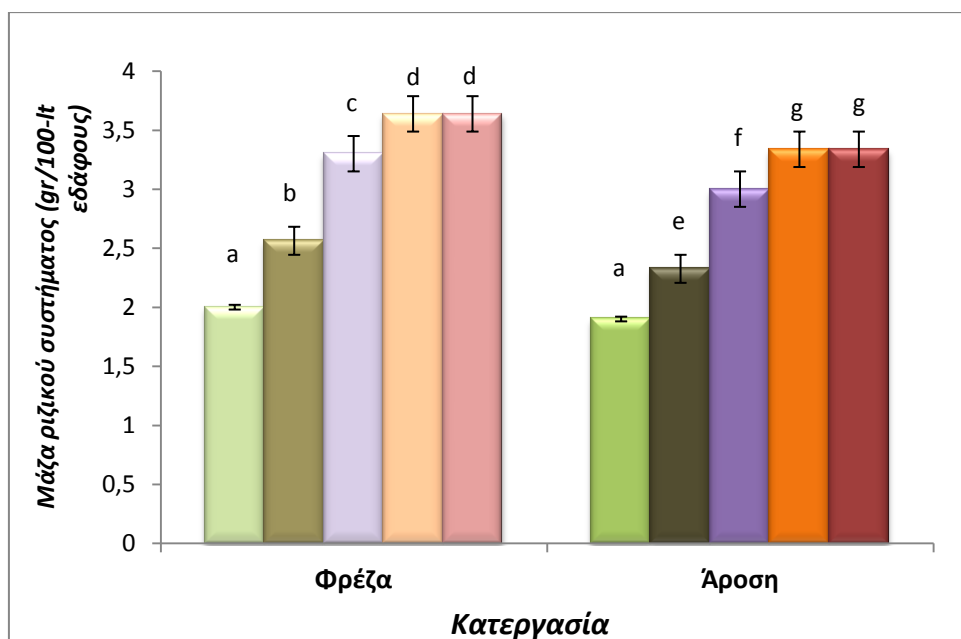
*Πίνακας 3.13.1.δ Ανάλυση παραλλακτικότητας για τη μάζα του ριζικού συστήματος κατά την 4<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS           | MS           | F             | P                |
|---------------------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,01000      | 0,01000      | 0,229         | 0,645            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,360</b> | <b>0,360</b> | <b>8,229</b>  | <b>0,021</b>     |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>1,563</b> | <b>1,563</b> | <b>35,714</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0225       | 0,0225       | 0,514         | 0,494            |
| VAR x FER           | 1        | 0,0100       | 0,0100       | 0,229         | 0,645            |
| Tillage x FER       | 1        | 5,684E-014   | 5,684E-014   | 1,299E-012    | 1,000            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00250      | 0,00250      | 0,0571        | 0,817            |
| Residual            | 8        | 0,350        | 0,0438       |               |                  |
| Total               | 15       | 2,317        | 0,154        |               |                  |

*Πίνακας 3.13.1.ε Ανάλυση παραλλακτικότητας για τη μάζα του ριζικού συστήματος κατά την 5<sup>η</sup> μέτρηση.*

| Source of Variation | DF       | SS           | MS           | F             | P                |
|---------------------|----------|--------------|--------------|---------------|------------------|
| VAR                 | 1        | 0,01000      | 0,01000      | 0,229         | 0,645            |
| <b>Tillage</b>      | <b>1</b> | <b>0,360</b> | <b>0,360</b> | <b>8,229</b>  | <b>0,021</b>     |
| <b>FER</b>          | <b>1</b> | <b>1,563</b> | <b>1,563</b> | <b>35,714</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| VAR x Tillage       | 1        | 0,0225       | 0,0225       | 0,514         | 0,494            |
| VAR x FER           | 1        | 0,0100       | 0,0100       | 0,229         | 0,645            |
| Tillage x FER       | 1        | 5,684E-014   | 5,684E-014   | 1,299E-012    | 1,000            |
| VAR x Tillage x FER | 1        | 0,00250      | 0,00250      | 0,0571        | 0,817            |
| Residual            | 8        | 0,350        | 0,0438       |               |                  |
| Total               | 15       | 2,317        | 0,154        |               |                  |

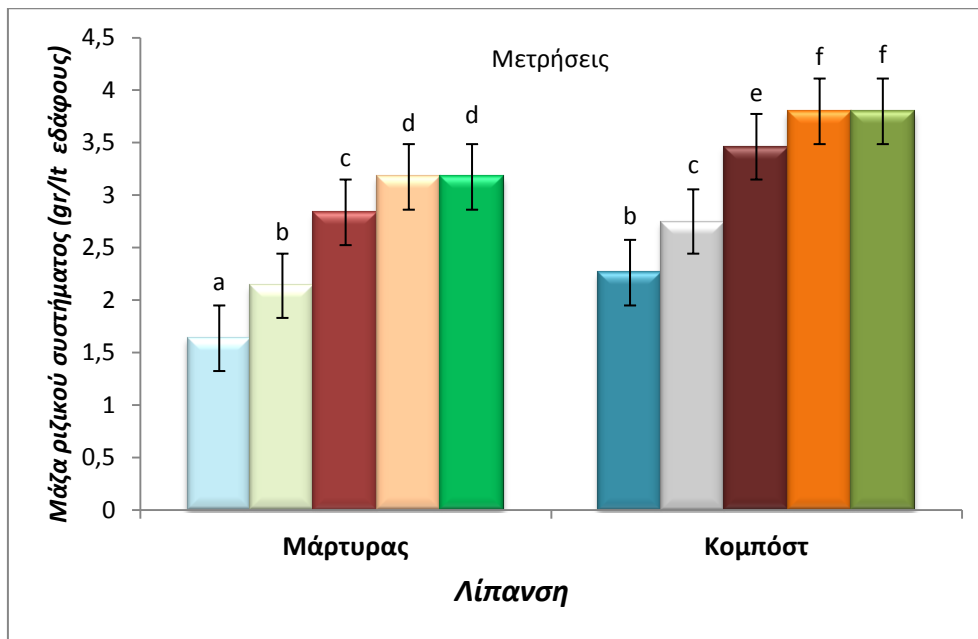
**Κατεργασία:** Στο Γράφημα 3.13.2.α., αποτυπώνεται η εφαρμογή της άροσης, η οποία αύξησε σε σημαντικό βαθμό την ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος έναντι αυτής της φρέζας. Για την άροση οι τιμές ήταν οι εξής: 2<sup>η</sup> μέτρηση=2,56 gr /100 lt soil, 3<sup>η</sup> μέτρηση=3,3 gr /100 lt soil, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση=3,63 gr /100 lt soil. Για την φρέζα οι τιμές ήταν: 2<sup>η</sup> μέτρηση=2,32 gr /100 lt soil, 3<sup>η</sup> μέτρηση=3 gr /100 lt soil, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση=3,33 gr /100 lt soil. Για την 1<sup>η</sup> μέτρηση δε παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές, καθώς η φρέζα έδωσε τιμή 2 gr /100 lt soil και η άροση 1,9 gr /100 lt soil.



*Γράφημα 3.13.2.α* Επίδραση της κατεργασίας στη μάζα του ριζικού συστήματος από την 1<sup>η</sup> έως την 5<sup>η</sup> μέτρηση. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.

**Λίπανση:** Η οργανική λίπανση σε σύγκριση με τον μάρτυρα, μελετώντας το Γράφημα 3.13.2.β., ήταν καθοριστική στην ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος σε όλα τα στάδια των μετρήσεων που λήφθηκαν. Για τον μάρτυρα οι τιμές ήταν οι εξής: 1<sup>η</sup> μέτρηση=1,63 gr /100 lt soil, 2<sup>η</sup> μέτρηση=2,13 gr /100 lt soil, 3<sup>η</sup> μέτρηση=2,83 gr /100 lt soil, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση=3,17 gr /100 lt soil. Για την οργανική λίπανση οι τιμές ήταν: 1<sup>η</sup> μέτρηση=2,26 gr /100 lt soil, 2<sup>η</sup> μέτρηση=2,75 gr /100 lt soil, 3<sup>η</sup> μέτρηση=3,46 gr /100 lt soil, 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> μέτρηση=3,8 gr /100 lt soil.



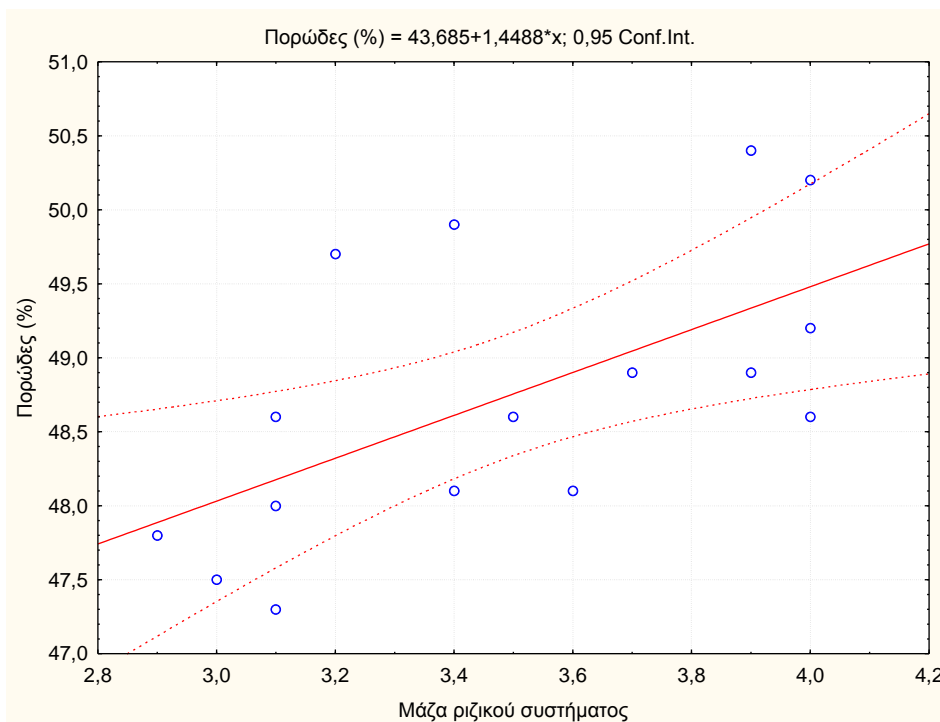


*Γράφημα 3.13.2.β Επίδραση της λίπανσης στη μάζα του ριζικού συστήματος σε όλες τις μετρήσεις. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την απόκλιση από το μέσο με βάση το τυπικό σφάλμα. Με διαφορετικό γράμμα πάνω απ τις μπάρες συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές.*

## 4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

### 4.1. Πορώδες (%)

Με βάση το Γράφημα 4.1.α. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό του Πορώδους συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,60$  ,  $p=0,013$ ) με την ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος των κουκιών.

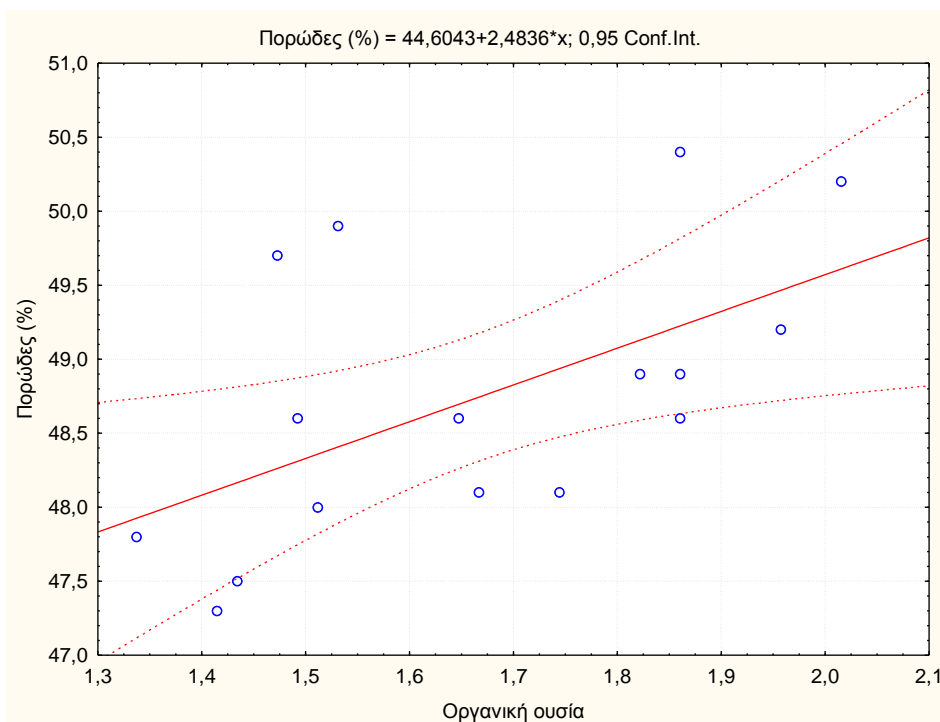


*Γράφημα 4.1.α.: Απεικόνιση της συσχέτισης του πορώδους του εδάφους με τη μάζα του ριζικού συστήματος.*

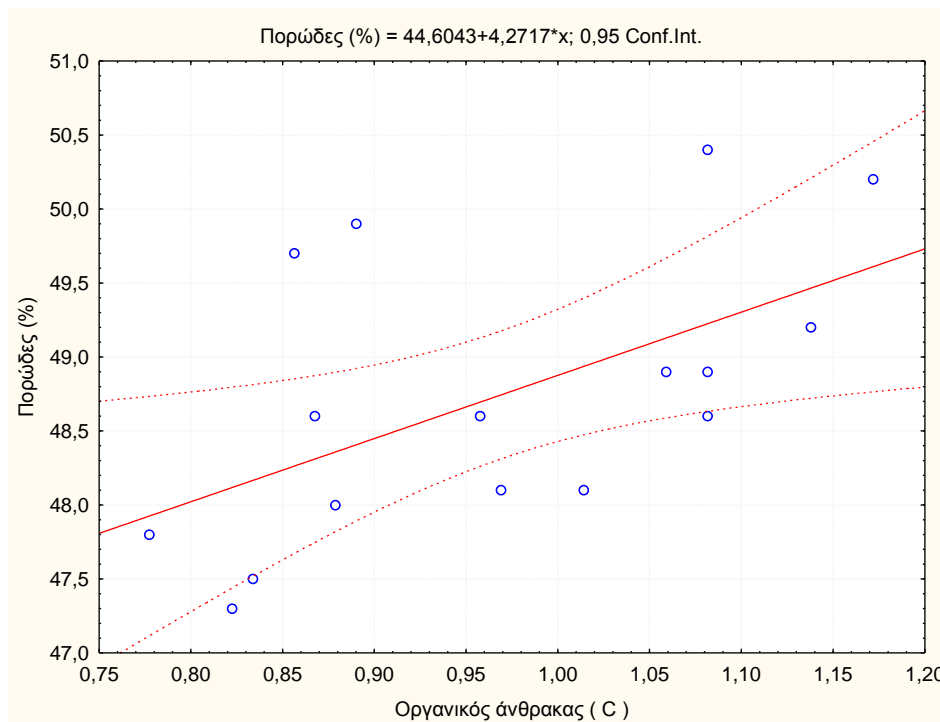
Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Liang et al. (1996) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πορώδες του εδάφους τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο βαθμός της αεροπερατότητας. Οπότε, ο εφοδιασμός της ρίζας με οξυγόνο είναι μεγαλύτερος, και γι' αυτό αναπτύσσονται καλύτερα οι δευτερογενείς πλάγιες ρίζες, κατ' επέκταση αυξάνεται η μάζα του ριζικού συστήματος.

Όπως προκύπτει από το Γράφημα 4.1.β. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό του Πορώδους συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,5631$  ,  $p=0,023$ ) με την παρουσία της οργανικής ουσίας του εδάφους καθώς επίσης και με την παρουσία του οργανικού άνθρακα C (Γράφημα 4.1.γ.). Η οργανική ουσία έχει άμεση σχέση με τον οργανικό άνθρακα και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Οργανικός άνθρακας} = \text{Οργανική ουσία} / 1,72$$



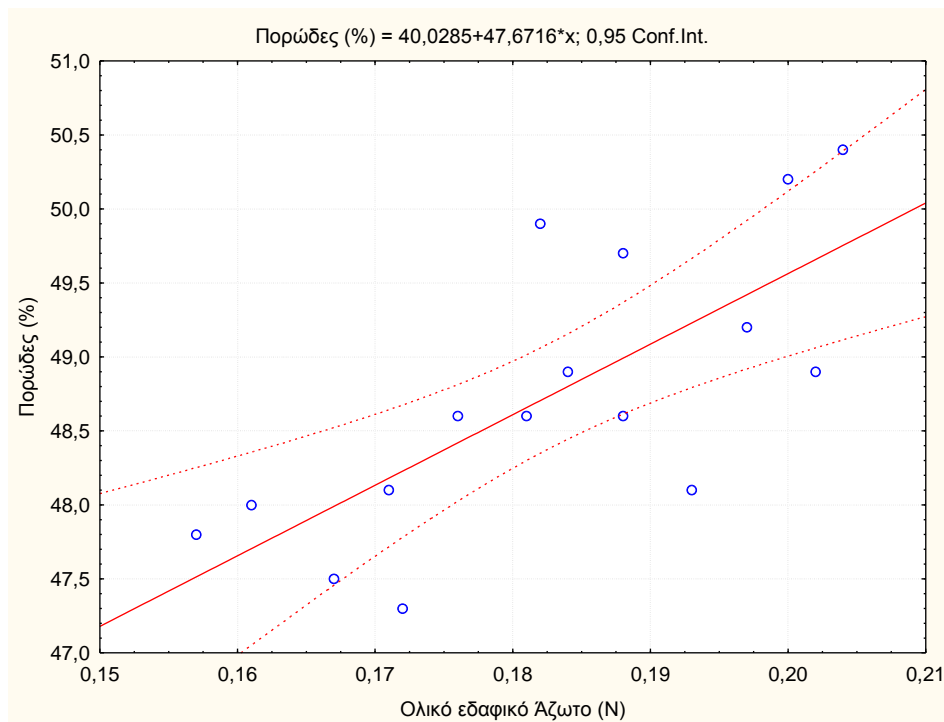
**Γράφημα 4.1.β.:** Απεικόνιση της συσχέτισης του πορώδους του εδάφους με την οργανική ουσία του εδάφους.



**Γράφημα 4.1.γ.:** Απεικόνιση της συσχέτισης του πορώδους του εδάφους με τον οργανικό άνθρακα του εδάφους.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Kay et al. (2001) και ερμηνεύεται ότι κατά τη μετάβαση από συμβατικό σύστημα κατεργασίας στο σύστημα ακατεργασίας θα αυξάνει η διάμετρος των πόρων του εδάφους, δηλαδή το πορώδες του. Ακόμη έχει βρεθεί ότι όσο αυξάνεται το πορώδες τόσο θα αυξάνεται και η οργανική του ουσία, πόσο μάλλον και ο οργανικός άνθρακας.

Όπως προκύπτει από το Γράφημα 4.1.δ. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό του Πορώδους συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,7351$  ,  $p=0,001$ ) με το ολικό άζωτο N του εδάφους.

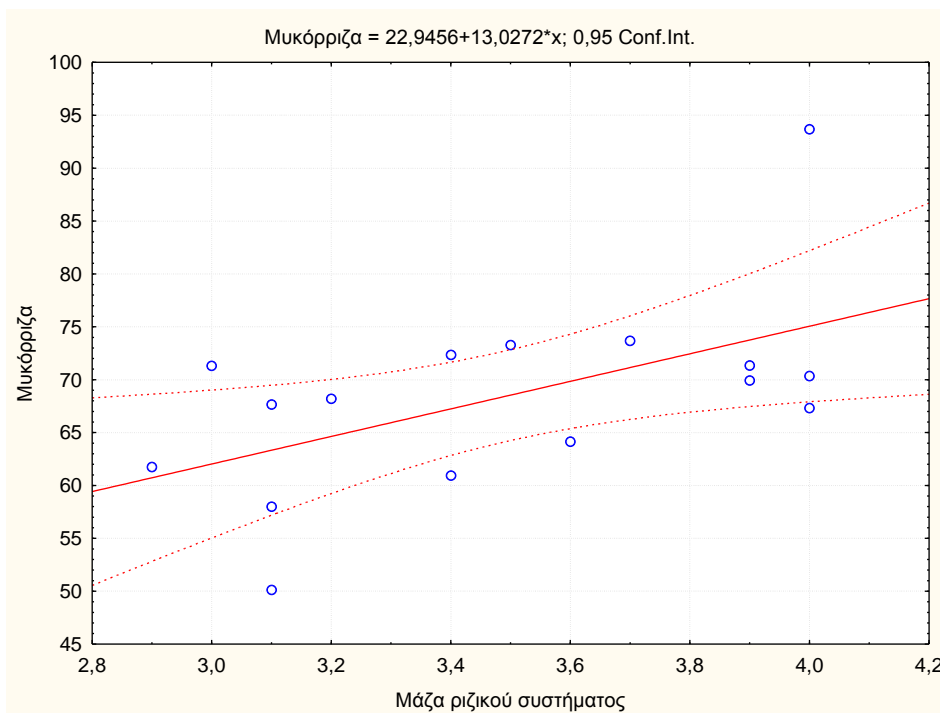


**Γράφημα 4.1.δ.:** Απεικόνιση της συσχέτισης του πορώδους του εδάφους με το ολικό εδαφικό άζωτο.

Παρόμοιες μελέτες από τους Mahdi et al. (2004) έχουν δείξει ότι με μειωμένη κατεργασία αυξάνονται τα επίπεδα του ολικού εδαφικού αζώτου. Αυτό συμβαίνει επειδή μειώνοντας την κατεργασία αυξάνεται το πορώδες, το οποίο όσο μεγαλύτερο είναι, τόσο θα αυξηθεί και το ολικό εδαφικό άζωτο.

## 4.2. Μυκόρριζα (%)

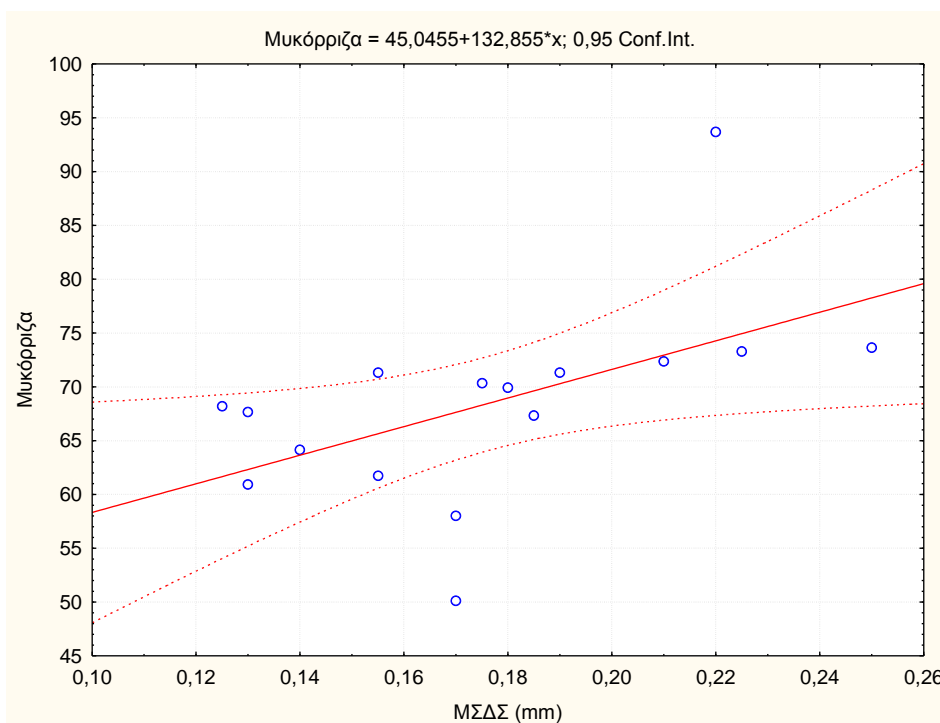
Με βάση το Γράφημα 4.2.α. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό της μυκόρριζας συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,5518$ ,  $p=0,027$ ) με την ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος των κουκιών.



*Γράφημα 4.2.α.: Απεικόνιση της συσχέτισης της μυκόρριζας με τη μάζα του ριζικού συστήματος.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Blum et al. (2002) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της μυκόρριζας, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος. Αυτό συμβαίνει διότι ο μύκητας που αποικίζει τη ρίζα δημιουργεί ένα δίκτυο εντός των μεσοκυττάρων χώρων της ρίζας μέσω των μυκηλιακών υφών του με σκοπό την πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Με βάση το Γράφημα 4.2.β. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό της μυκόρριζας συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,5273$   $p=0,036$ ) με την ΜΣΔΣ.

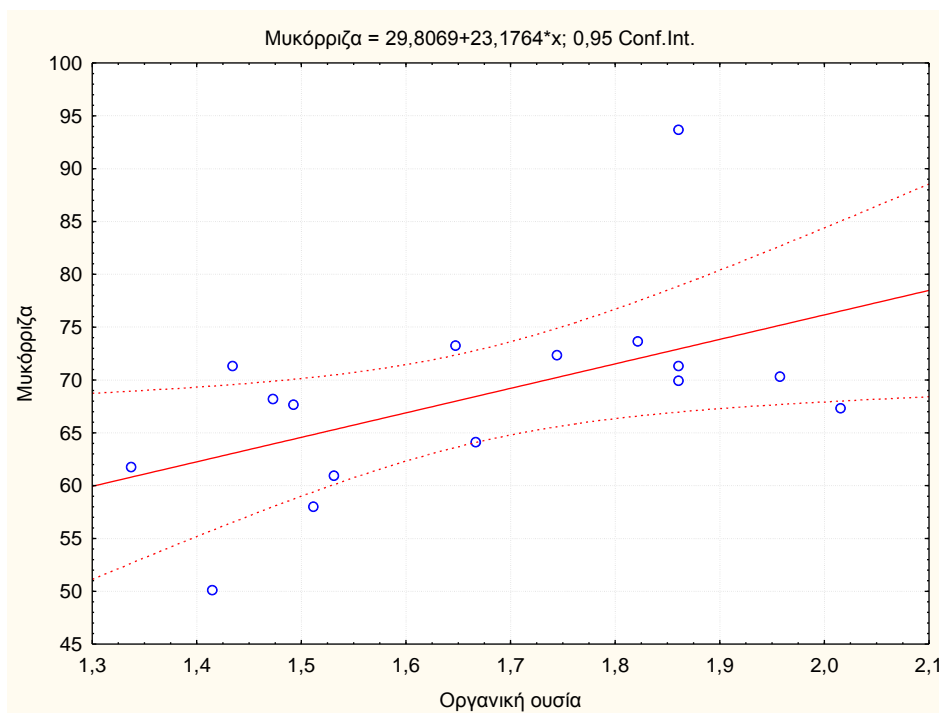


*Γράφημα 4.2.β.: Απεικόνιση της συσχέτισης της μυκόρριζας με την ΜΣΔΣ.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Qiang-Sheng Wu et al. (2014) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της μυκόρριζας τόσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα του ριζικού συστήματος στο έδαφος. Οι υφές της μυκόρριζας ελευθερώνουν μια γλυκοπρωτεΐνη, την γλομαλίνη, η οποία επιδρά θετικά στην ΜΣΔΣ.

Με βάση το Γράφημα 4.2.γ. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό της μυκόρριζας συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,5340$  ,  $p=0,033$ ) με την παρουσία της οργανικής ουσίας του εδάφους καθώς επίσης και με την παρουσία του οργανικού άνθρακα C (Γράφημα 4.1.δ.). Η οργανική ουσία έχει άμεση σχέση με τον οργανικό άνθρακα και δίνεται από τη σχέση:

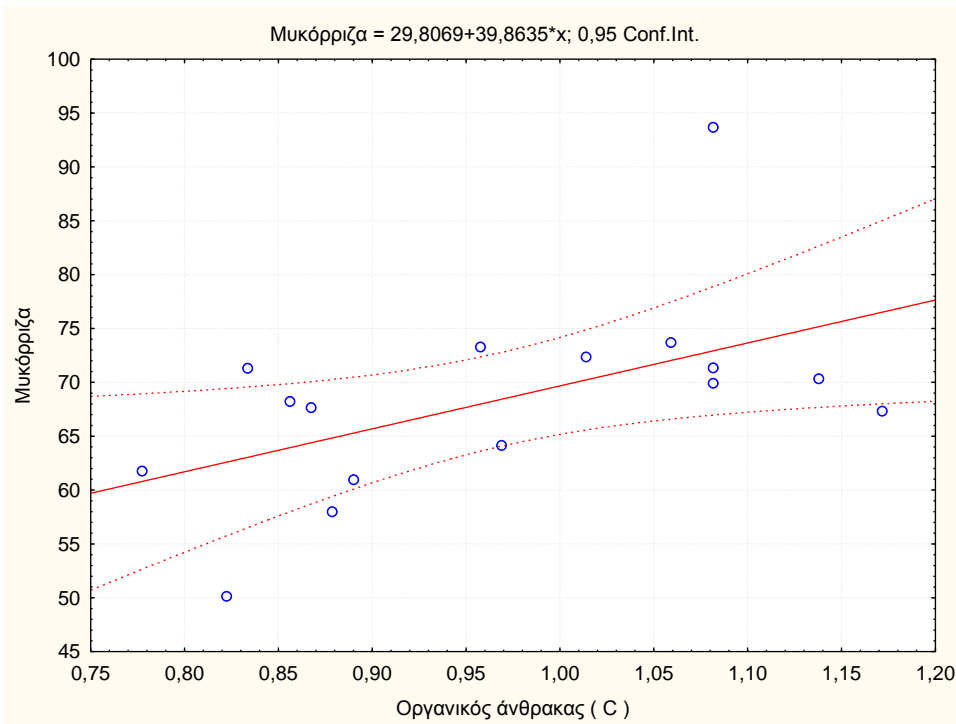
$$\text{Οργανικός άνθρακας} = \text{Οργανική ουσία} / 1,72$$



*Γράφημα 4.2.γ.: Απεικόνιση της συσχέτισης της μυκόρριζας με την οργανική ουσία.*

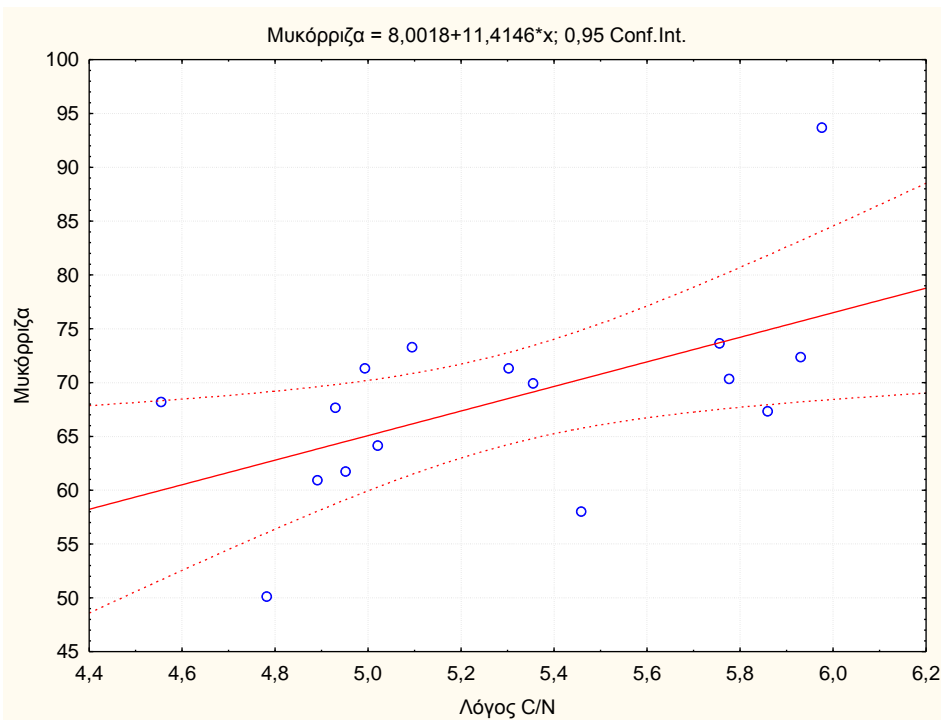
Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους R.P. Schreiner et al. (1996) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της μυκόρριζας, τόσο θα αυξάνεται η έκκριση ουσιών από τις ρίζες, γεγονός που συμβαίνει κατά τον αποικισμό. Κατ' επέκταση γίνεται έντονη η παρουσία χρήσιμων μικροοργανισμών (π.χ. βακτηρίων εδάφους) που έλκονται από τις εκκρινόμενες αυτές ουσίες, αποικοδομούν τη νεκρή ύλη και αυξάνουν έτσι την οργανική ουσία του εδάφους.





*Γράφημα 4.2.δ.: Απεικόνιση της συσχέτισης της μυκόρριζας με τον οργανικό άνθρακα.*

Με βάση το Γράφημα 4.2.ε. αποδεικνύεται ότι το ποσοστό της μυκόρριζας συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,5585$  ,  $p=0,025$ ) με τον λόγο C/N.

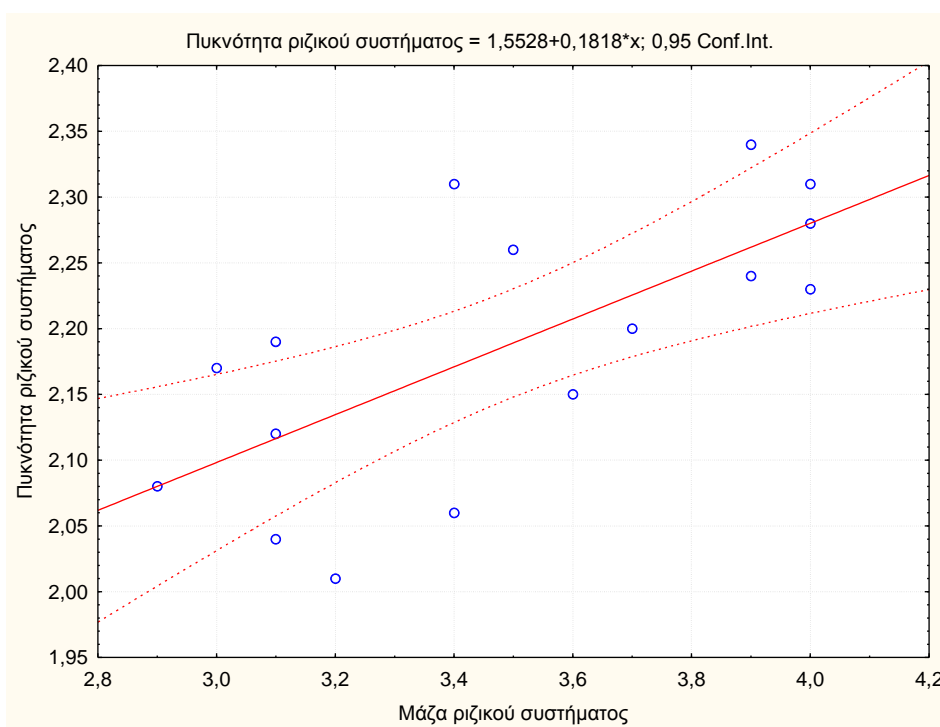


*Γράφημα 4.2.ε.: Απεικόνιση της συσχέτισης της μυκόρριζας με το λόγο C/N.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Mahdi et al. (2004) & Heidi-Jayne Hawkins et al. (2000) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της μυκόρριζας τόσο θα αυξηθεί το ποσοστό της οργανικής ουσίας-οργανικού άνθρακα, αλλά ακόμη περισσότερο του αζώτου λόγω της αζωτοδέσμευσης. Συνεπώς ο λόγος C/N επηρεάζεται θετικά από το ποσοστό της μυκόρριζας.

### 4.3 Πυκνότητα ριζικού συστήματος ( $mm/cm^3$ )

Με βάση το Γράφημα 4.3.α. αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα με την ανάπτυξη της μάζας του ριζικού συστήματος των κουκιών παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,6938$ ,  $p=0,003$ ).

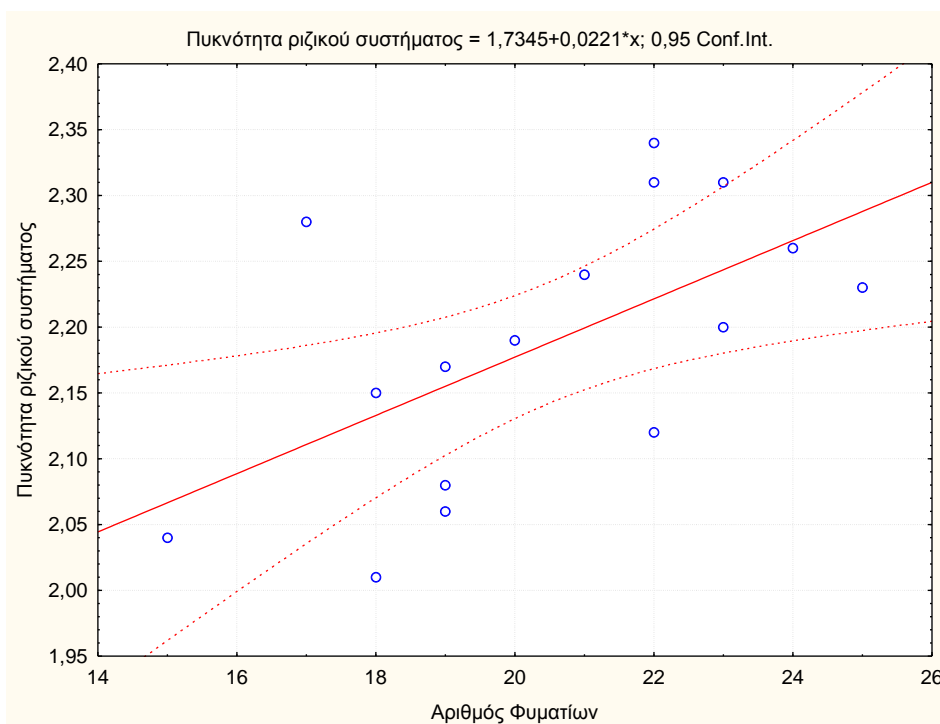


*Γράφημα 4.3.α.: Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας και της μάζας του ριζικού συστήματος.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Gilbert et al. (2013) και ερμηνεύεται ότι αυξανόμενη η μάζα του ριζικού συστήματος σε βάθη 0-30cm από την

επιφάνεια του εδάφους, θα ακολουθεί αντίστοιχη αύξηση και στην πυκνότητά του, μιας και τα δύο μεγέθη ακολουθούν ανάλογη ανάπτυξη.

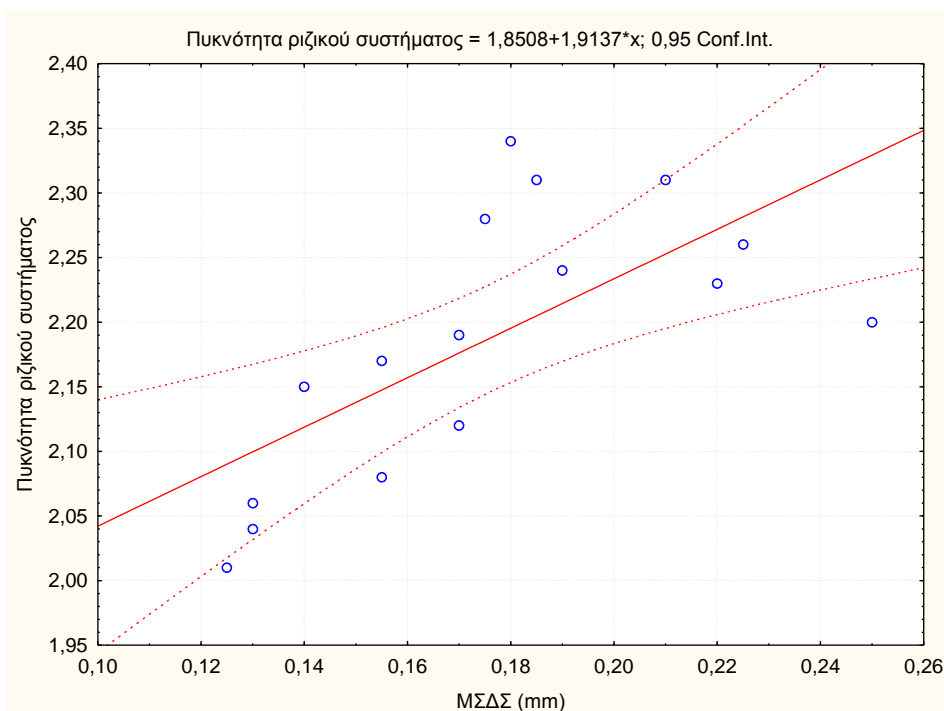
Με βάση το Γράφημα 4.3.β. αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα του ριζικού συστήματος κουκιού με τον αριθμό των φυματίων παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,5922$  ,  $p=0,016$ ).



**Γράφημα 4.3.β.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας του ριζικού συστήματος και του αριθμού φυματίων.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Baryon et al. (1995) & Newsham et al. (2005) και ερμηνεύεται ότι παράλληλα με την αύξηση της πυκνότητας του ριζικού συστήματος θα αυξάνεται ο αριθμός και η διάμετρος των φυματίων, κυρίως όταν η ρίζα τροφοδοτείται επαρκώς με νερό και θρεπτικά.

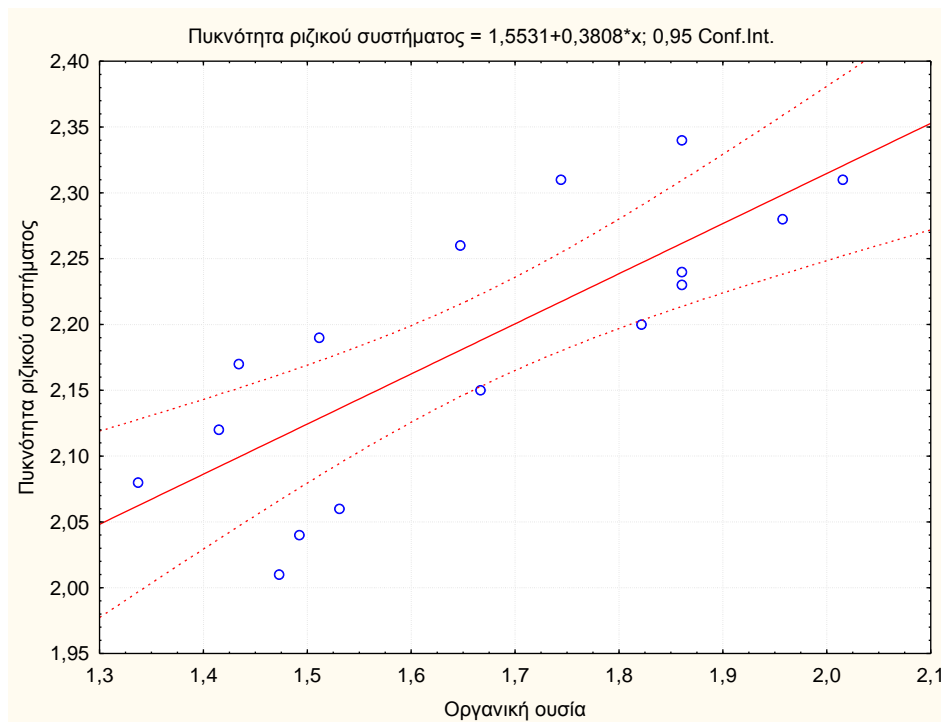
Με βάση το Γράφημα 4.3.γ. αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα του ριζικού συστήματος κουκιού παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,6842$  ,  $p=0,003$ ) με την ΜΣΔΣ.



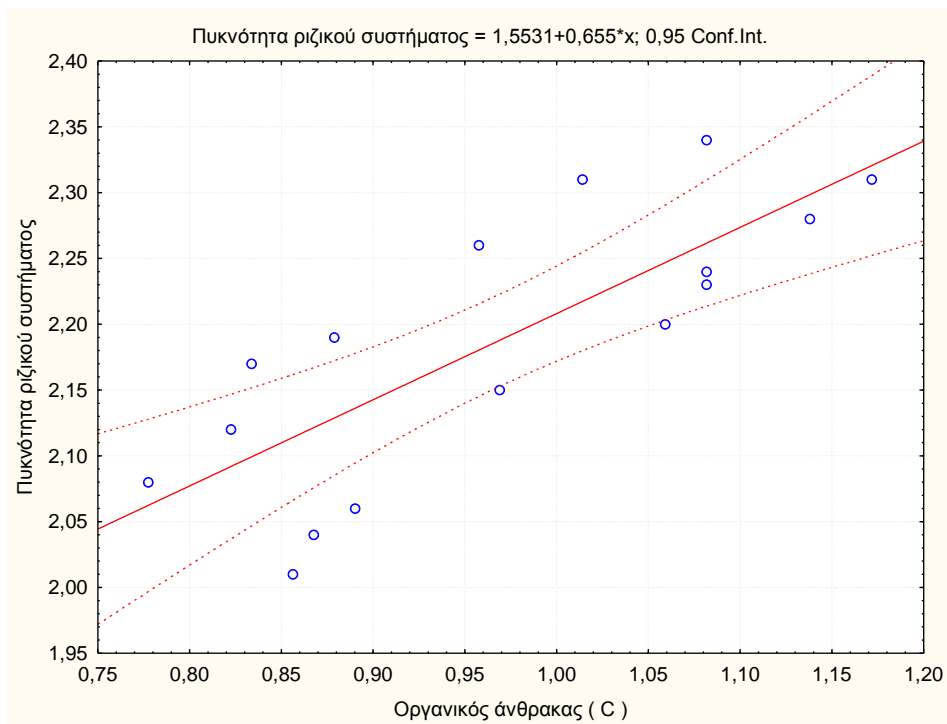
**Γράφημα 4.3.γ.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας του ριζικού συστήματος με την ΜΣΔΣ.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Sidiras et al. (2001) και ερμηνεύεται ότι όσο πιο μεγάλη είναι η ΜΣΔΣ, τόσο πιο πολύ χώρο καταλαμβάνει η ρίζα στο έδαφος , κατά συνέπεια αυξάνεται η πυκνότητα του ριζικού συστήματος.

Με βάση το Γράφημα 4.3.δ. αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα του ριζικού συστήματος κουκιού παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,7904$ ,  $p=0$ ) με την οργανική ουσία αλλά και με τον οργανικό άνθρακα C (Γράφημα 4.3.ε.). Η οργανική ουσία έχει άμεση σχέση με τον οργανικό άνθρακα και δίνεται από τη σχέση: ***Οργανικός άνθρακας = Οργανική ουσία / 1,72***



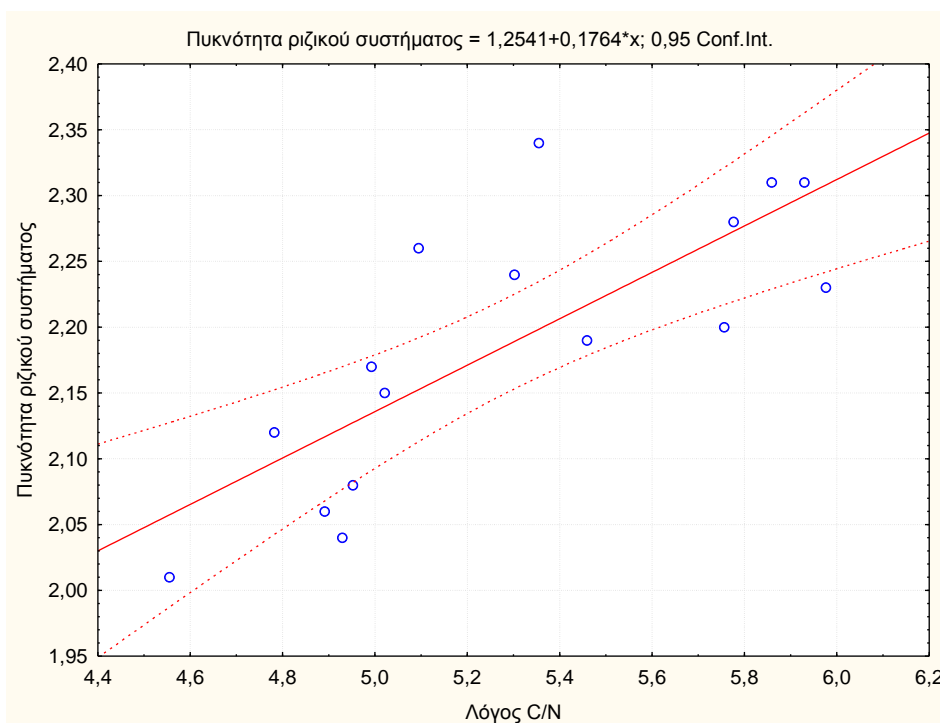
**Γράφημα 4.3.δ.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας του ριζικού συστήματος με την οργανική ουσία.



**Γράφημα 4.3.ε.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας του ριζικού συστήματος με τον οργανικό άνθρακα.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Campbell et al. (1991) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα του ριζικού συστήματος τόσο μεγαλύτερη είναι η διατήρηση της οργανικής ουσίας του εδάφους και κατ' επέκταση πιο εύκολη πρόσληψη του.

Με βάση το Γράφημα 4.3.στ. αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα του ριζικού συστήματος κουκιού παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,774$ ,  $p=0$ ) με τον λόγο C/N.

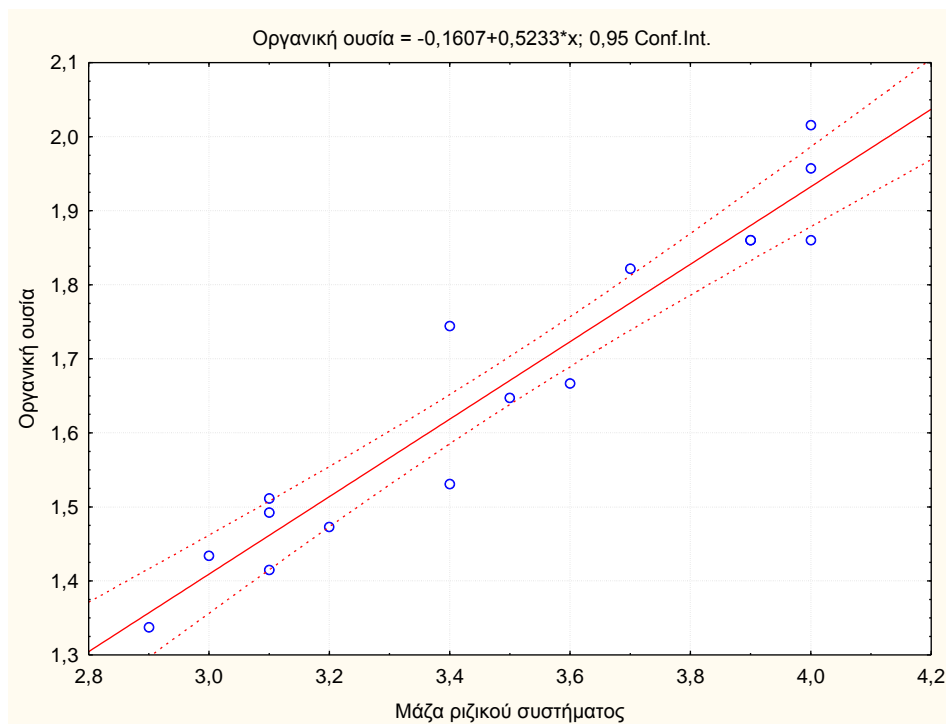


*Γράφημα 4.3.στ.: Απεικόνιση της συσχέτισης της πυκνότητας του ριζικού συστήματος με τον λόγο C/N.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Y.T. Gan et al. (2011) και ερμηνεύεται ότι σε διαφορετικά βάθη της ριζόσφαιρας υπάρχει διαφορετική κατανομή για τον άνθρακα. Οπότε ο λόγος C/N διαμορφώνεται θετικά με την αύξηση της πυκνότητας του ριζικού συστήματος.

#### 4.4 Οργανική ουσία (%)

Με βάση το Γράφημα 4.4.α. αποδεικνύεται ότι η οργανική ουσία του εδάφους παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,9620$  ,  $p=0$ ) με τη μάζα του ριζικού συστήματος των κουκιών.

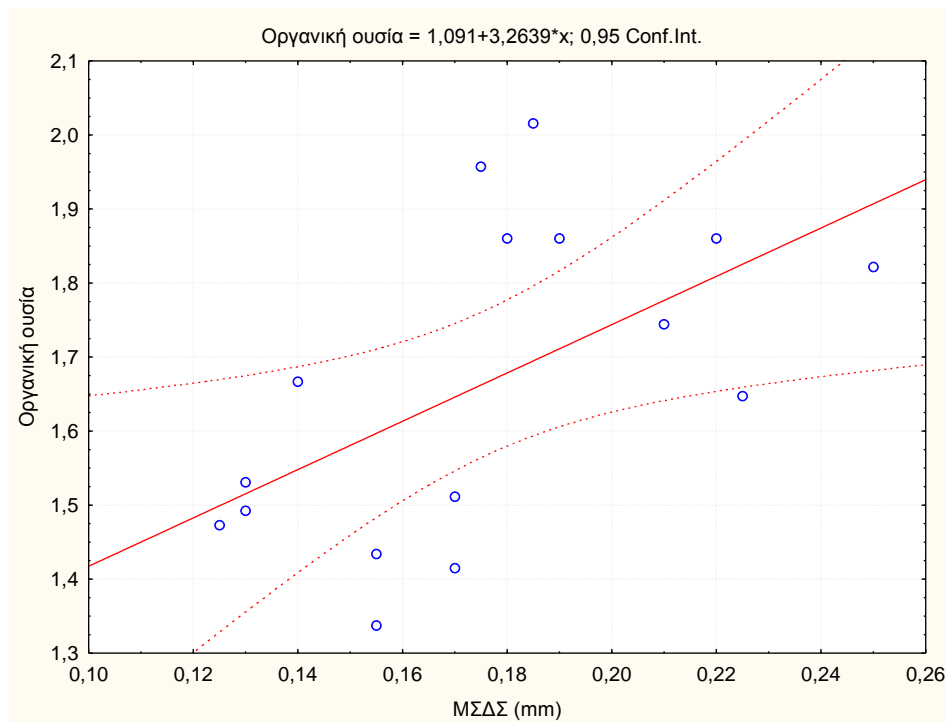


*Γράφημα 4.4α.: Απεικόνιση της συσχέτισης της οργανικής ουσίας του εδάφους με τη μάζα του ριζικού συστήματος.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Chimento & Amaducci (2015) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας στο έδαφος και κυρίως στα επιφανειακά στρώματα, αντίστοιχη θα είναι η αύξηση της μάζας του ριζικού συστήματος λόγω προσρόφησης της οργανικής ουσίας.



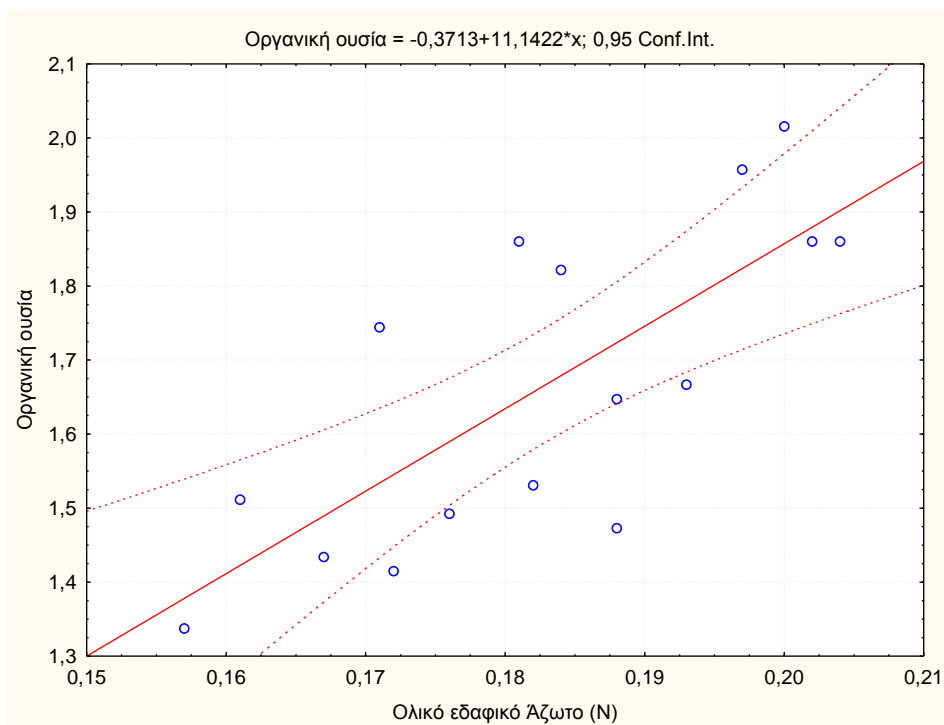
Με βάση το Γράφημα 4.4.β. αποδεικνύεται ότι η οργανική ουσία του εδάφους παρουσίασε θετική συσχέτιση ( $r=0,5622$  ,  $p=0,023$ ) με την ΜΣΔΣ.



**Γράφημα 4.4.β.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της οργανικής ουσίας με τη ΜΣΔΣ.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τον Carter (1991) και ερμηνεύεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας στο έδαφος θα βελτιώνεται όλο και περισσότερο η δομική του σταθερότητα. Κατ' επέκταση βελτιώνεται η ΜΣΔΣ με την αύξηση της οργανικής ουσίας.

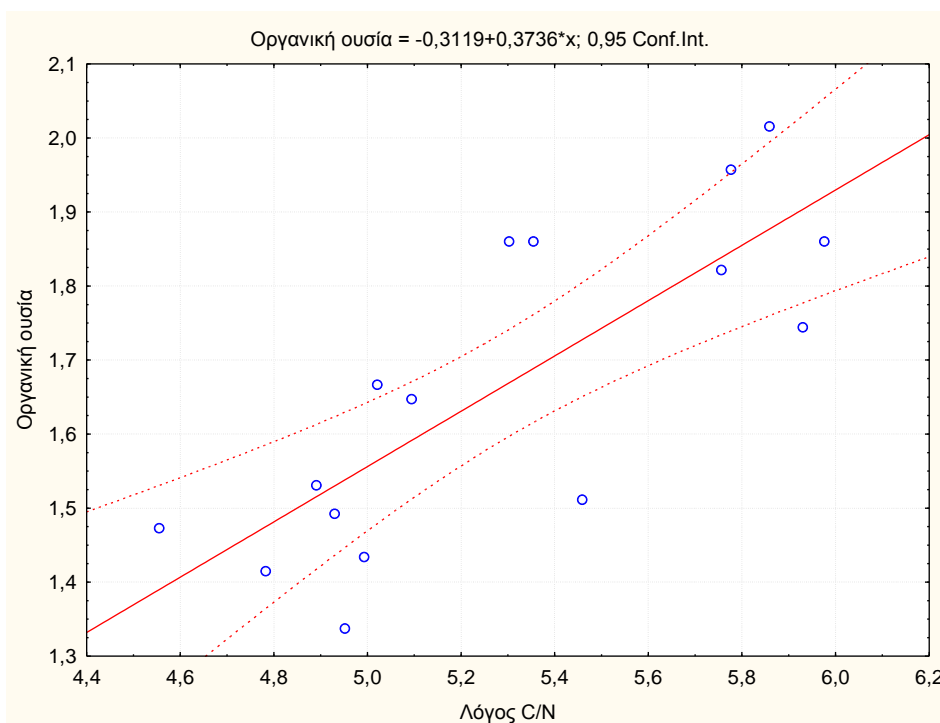
Με βάση το Γράφημα 4.4.γ. αποδεικνύεται ότι η οργανική ουσία του εδάφους συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,7578$  ,  $p=0,001$ ) με το ολικό εδαφικό άζωτο.



**Γράφημα 4.4.γ.:** Απεικόνιση της συσχέτισης της οργανικής ουσίας με το ολικό εδαφικό άζωτο.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Mahdi et al. (2004) και ερμηνεύεται ότι η παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης της οργανικής ουσίας στο έδαφος και του ολικού εδαφικού αζώτου είναι ανάλογη του βαθμού κατεργασίας του εδάφους. Επίσης η βιομάζα των φυτών παίζει το ρόλο πηγής τόσο της οργανικής ουσίας όσο και του ολικού εδαφικού αζώτου.

Με βάση το Γράφημα 4.4.δ. αποδεικνύεται ότι η οργανική ουσία του εδάφους συσχετίστηκε θετικά ( $r=0,7934$  ,  $p=0$ ) με τον λόγο C/N.

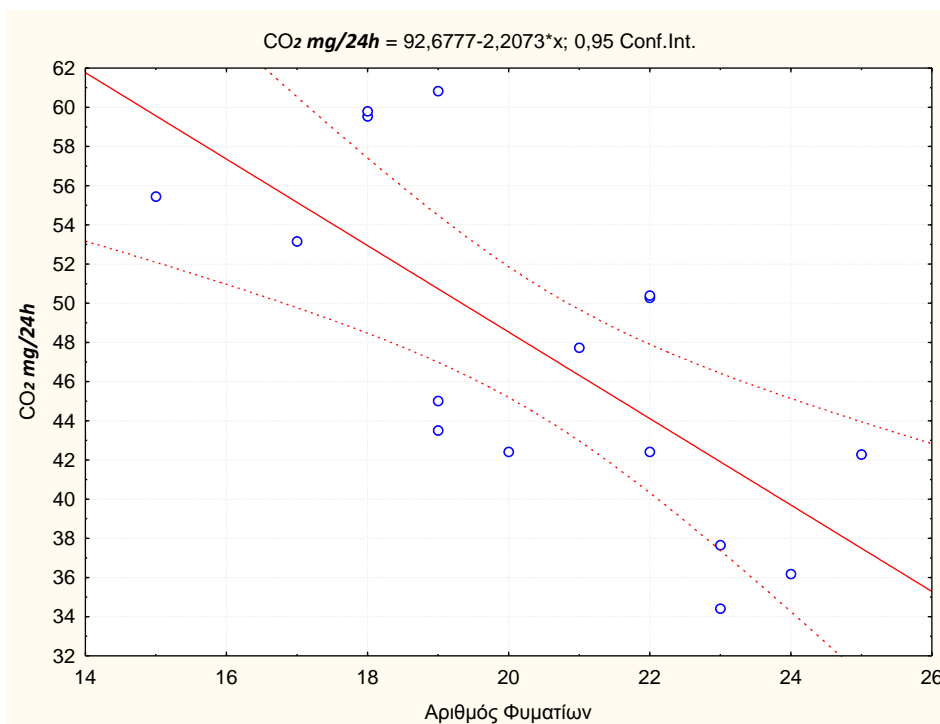


*Γράφημα 4.4.δ.: Απεικόνιση της συσχέτισης της οργανικής ουσίας με τον λόγο C/N.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Greenland et al. (1964) και ερμηνεύεται πως η οργανική ουσία αποσυντίθεται με την παρουσία φωτός σύντομα, δίνοντας μεγάλη αναλογία στον λόγο C/N. Αντίθετα, οι Hayes & Swift (1978) υποστηρίζουν ότι όταν η οργανική ουσία διασπάται δύσκολα ο λόγος C/N είναι μικρότερος. Αυτό συμβαίνει διότι ενώσεις με ευρεία αναλογία C/N, όπως πολυσακχαρίτες και κυτταρικά τοιχώματα μυκήτων, αντικαθίστανται με χουμικές ενώσεις πλουσιότερες σε N αλλά πιο δύσκολες στην αποσύνθεση.

#### 4.5. CO<sub>2</sub> (mg/24<sup>h</sup>)

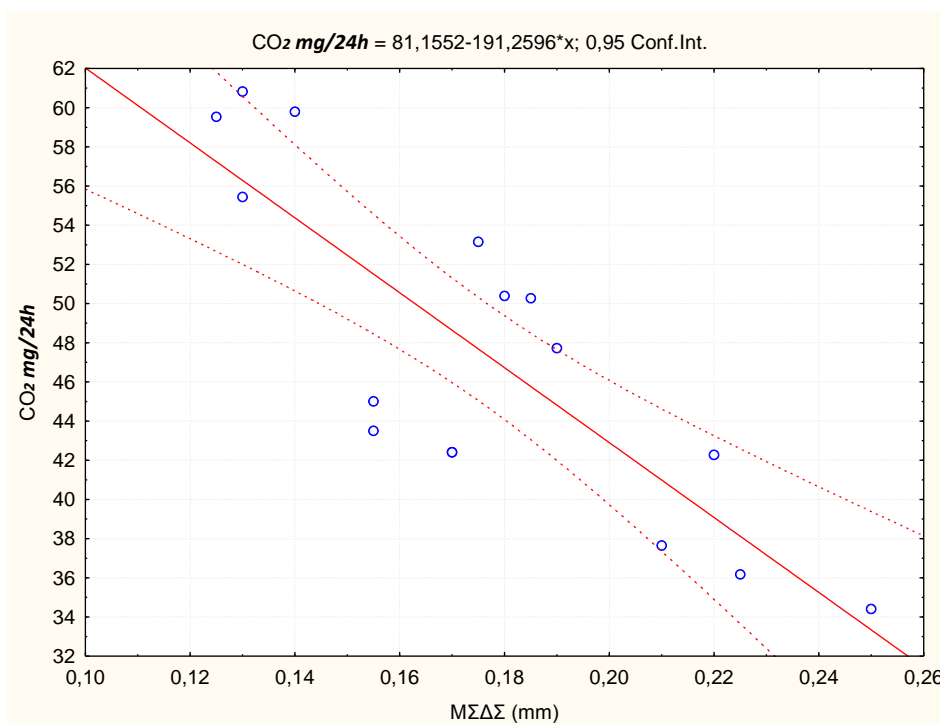
Με βάση το Γράφημα 4.5.α. αποδεικνύεται ότι η έκλυση CO<sub>2</sub> με τον αριθμό των φυματίων παρουσίασε αρνητική συσχέτιση ( $r = -0,7161$ ,  $p = 0,002$ ).



*Γράφημα 4.5.α: Απεικόνιση της συσχέτισης του CO<sub>2</sub> με τον αριθμό των φυματίων.*

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Christeller et al. (1977) σε καλλιέργεια λούπινου και ερμηνεύεται πως η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> μειώνεται όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των φυματίων στη ρίζα. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φυμάτια διασπούν το CO<sub>2</sub>.

Με βάση το Γράφημα 4.5.β. αποδεικνύεται ότι η έκλυση CO<sub>2</sub> παρουσίασε αρνητική συσχέτιση ( $r = -0,8291$ ,  $p=0$ ) με την ΜΣΔΣ.



**Γράφημα 4.5.β:** Απεικόνιση της συσχέτισης του CO<sub>2</sub> με την ΜΣΔΣ.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί κι από τους Wakindiki et al. (2011) και ερμηνεύεται ότι σε διαφορετικά τύπου εδάφη με διαφορετική εδαφική δομή η ένταση αποδόμησης του CO<sub>2</sub> θα είναι διαφορετική. Σε αργιλοπηλώδες έδαφος η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> σημειώθηκε με μεγαλύτερη τιμή απ' ότι σε αργιλώδες έδαφος. Όσο η ένταση της αποδόμησης του CO<sub>2</sub> είναι ταχύτερη, δηλαδή μειώνεται η συγκέντρωσή της στο έδαφος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ΜΣΔΣ.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ξένη βιβλιογραφία

- Aerts, R., and F. S. Chapin III. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* **30**:1-67.
- Augé, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Baryon G. , Hewidy M., Zanetti F, Mosca G. and Vamerali T. , 2009. “Root and nodule efficiency in soybean (*Glycine max* (L) Merr.) in differing conditions of water and nitrogen supply”.
- Bedford, B. L., M. R. Walbridge, and A. Aldous. 1999. Patterns in nutrient availability and plant diversity of temperate North American wetlands. *Ecology* **80**:2151-2169.
- Boateng J., M. Verghese, L.T. Walker, S. Ogotu (2008) Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.), *Food Science and Technology* 41 1541e1547
- Bond, D. A. & M. H. Poulsen, 1983. Pollination. In: P.D. Hebblethwaite (eds.), *Faba bean*, p.p. 77-101, Butterworth-Heineman
- Bond, D. A., 1987. Recent developments in breeding field beans (*Vicia faba* L.). *Plant Breeding* 99: 1-26. Stringi, L., R. Sarno, G. Amato & L. Gristina, 1986. Effects of plant density on *Vicia faba* L. *equina* and *Vicia faba* L. *minor* in a semi-arid environment in Southern Italy. *FABIS Newsletter* 15: 42-45.
- Braakhekke, W. G., and D. A. P. Hoofmann. 1999. The resource balance hypothesis of plant species diversity in grassland. *Journal of Vegetation Science* **10**:187-200.
- Brundrett, M. C., and B. Kendrick. 1988. The mycorrhizal status, root anatomy, and phenology of plants in a sugar maple forest. *Canadian Journal of Botany* **66**:1153–1173.

- Camacho Villa TC, Maxted N, Scholten MA, Ford-Lloyd BV (2005) Defining and identifying crop landraces. *Plant Genet Resour.: Charact Util* 3:373–384. doi:10.1079/PGR200591
- Carlo Chimento & Stefano Amaducci , 2015. “Characterization of fine root system and potential contribution to soil organic carbon of six perennial bioenergy crops”.
- Carter M., 1991. “Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate”.
- Christeller J., Laing W., & Sutton W., 1977. “Carbon Dioxide Fixation by Lupin Root Nodules”
- Cubero, J. I., 1982. Interspecific hybridization in *Vicia*. In: Hawtin, G. & C.Webb (eds.), *Faba Bean Improvement*, p.p. 91-108, ICARDA, Aleppo, Syria.
- Duc, G. 1997, *Faba bean (Vicia faba L.) Field Crops Research* 53:99-109.
- Erik Verbruggen<sup>1</sup>, Wilfred F. M. Roling<sup>2</sup>, Hannes A. Gamper<sup>3,4</sup>, George A. Kowalchuk<sup>1,3</sup>, Herman A. Verhoeft<sup>1</sup> and Marcel G. A. van der Heijden. *New Phytologist* (2010) “Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils”. 186: 968–979.
- Fitter, A. H., and B. Moyersoen. 1996. Evolutionary trends in root-microbe symbioses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B-Biological Sciences* 351:1367–1375.
- Fitter, A. H. 2005. Darkness visible: reflections on underground ecology. *Journal of Ecology* 93:231-243.
- Gan Y. , Liang B. , Liu L. , Wang X. & McDonald C., 2011. “C:N ratios and carbon distribution profile across rooting zones in oilseed and pulse crops”.

- Garten, C. T. 1976. Correlations between concentrations of elements in plants. *Nature* **261**:686-688.
- Granito M., Mariangel Paolini, Suhey Perez (2008) Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed, *LWT* 41 994–999
- Grime, J. P. 1997. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science* **277**:1260–1261.
- Grime, J. P., J. M. MacKey, S. H. Hillier, and D. J. Read. 1987. Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. *Nature* 328:420–422.
- Güsewell, S., and W. Koerselman. 2002. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **5**:37-61.
- Güsewell, S., and W. Koerselman. 2002. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **5**:37-61.
- Hawkins Heidi-Jayne, Johansen Anders & George Eckhard, 2000. “Uptake and transport of organic and inorganic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi”.
- Hawtin, G. C., 1982. The genetic improvement of faba bean. In: Hawtin, G. & C. Webb (eds.), *Faba Bean Improvement*, p.p. 15-32, ICARDA, Aleppo, Syria.
- Hayman, D. S. 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular– arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology* 72:1119 –1125.
- Helgason, T., J. W. Merryweather, J. Denison, P. Wilson, J. P. W. Young, and A. H. Fitter. 2002. Selectivity and functional diversity in arbuscular mycorrhizas of co-



occurring fungi and plants from a temperate deciduous woodland. *Journal of Ecology* 90:371-384.

- Husain, M.M., G.D. Hill, J.N. Gallagher. 1988. The response of field beans (*Vicia faba* L.) to irrigation and sowing date. 1. Yield and yield components. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 111:221-232.
- Husband, R., E. A. Herre, S. L. Turner, R. Gallery, and J. P. W. Young. 2002. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and patterns of host association over time and space in a tropical forest. *Molecular Ecology* 11:2669-2678.
- Ingestad, T. 1979. Nitrogen stress in birch seedlings. II. N, K, P, Ca, and Mg nutrition. *Physiologia Plantarum* 45:149-157.
- Isemeyer, H. 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 56 : 26-38.
- Iskender Arcan, Ahmet Yemenicioglu (2007) Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans, *Food Chemistry* 103 301-312
- Johnson, D., P. J. Vandenkoornhuyse, J. R. Leake, L. Gilbert, R. E. Booth, J. P. Grime, J. P. W. Young, and D. J. Read. 2004. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. *New Phytologist* 161:503-515. ( [www.newphytologist.com](http://www.newphytologist.com) )
- Karamanos A.J. 1978. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: leaf number and total leaf area. *Annals of Botany* 42:1393-1402.
- Karamanos A.J. and C. Gimenez. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. *Options Mediterraneennes – Serie Seminaires* 10:79-90.
- Kay B. & Van den Bygaart A., 2001. “Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter”.

- Kelly, A.F. and R.A.T. George, 1998. Encyclopedia of seed production of world crops, John Wiley and Sons, New York. 403 pp.
- Klironomos, J. N., J. McCune, M. Hart, and J. Neville. 2000. The influence of arbuscular mycorrhiza on the relationship between plant diversity and productivity. Ecology Letters 3:137–141.
- Koerselman, W., and A. F. Meuleman. 1996. The vegetation N:P ratio : a new tool to detect the nature of nutrients limitation. Journal of Applied Ecology 33:144-145.
- Liang J. , Zhang J. & Wong M. , 1996. “Effects of air-filled soil porosity and aeration on the initiation and growth of secondary roots of maize (*Zea mays*)”.
- Lithourgidis, A.S., D.G. Roupakias and K.Tzavella – Klonari. 1991. Factors affecting the differentiation of resistant faba bean plants after inoculation with *Sclerotinia trifoliorum*. Plant Breeding 107:258-261.
- Mahdi M. Al-Kaisi, Xinhua Yin, Mark A. Licht, 2004. “Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils”.
- Mamolos, A. P., C. V. Vasilikos and D. S. Veresoglou. 2005. Vegetation in contrasting soil water sites of upland herbaceous grasslands and N:P ratios as indicators of nutrient limitation. Plant and Soil 270:355-369.
- Manschandi, A.M., J. Sauerborn, H. Stutzer, W. Gobel and M.C. Saxena. 1998. Simulation of faba beans (*Vicia faba* L.) root system development under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 9:259-272.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition. Academic Press. London. Marschner, H., E. Kirkby, and I. Cakmak. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot– root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. Journal of Experimental Botany 47:1255–1263.
- Marschner, P., and S. Timonen. 2005. Interactions between plant species and mycorrhizal colonization on the bacterial community composition in the

- Marschner, P., and K. Baumann. 2003. Changes in bacterial community structure induced by mycorrhizal colonisation in split-root maize. *Plant and Soil* 251:279-289.
- Marschner, P., D. E. Crowley, and R. Lieberei. 2001. Arbuscular mycorrhizal infection changes the bacterial 16S rDNA community composition in the rhizosphere of maize. *Mycorrhiza* 11:297-302.
- Maxted, N., 1992. Towards a faba bean progenitor. *FABIS Newsletter* 31: 3-8.
- Morton, J. B., and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) – a new order, Glomales, 2 new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and 2 new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471–491.
- Munns, D. N., and B. Mosse. 1980. Mineral nutrition of legume crops. Pages 115–125, in R. J. Summerfield, and A. H. Butting, editors. *Advances in legume science*, H.M. StationaryOffice, London. Hayman, D. S. 1986. Mycorrhizae of nitrogen-fixing legumes. *MIR-CEN Journal* 2:121–145.
- Murray, G.A., D. Eser, L.V. Gusta and G. Eteve. 1998. Winter – hardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. In Summerfield R.J. (ed.). *World crops: cool reason food legumes* pp.831-843. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Newsham, K. K., A. H. Fitter, and A. R. Watkinson. 1995. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Ecology and Evolution* 10:407–411.
- Nicolson, T. H. 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza – a universal plant symbiosis. *Science Progress, Oxford* 55:561–581.
- Nuria E. Rocha-Guzman, Ruben F. Gonzalez-Laredo, Francisco J. Ibarra-Pe´rez, Cynthia A. Nava-Berumen, Jose´-Alberto Gallegos-Infante (2008) Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean

(Phaseolus vulgaris L.) cultivars Food Chemistry 100 31–35

- O'Hara, G. W., N. Boonkerd, and M. J. Dilworth. 1988. Mineral constraints to nitrogenfixation. Plant and Soil 108:93–110.
- Oomah B. Dave, François Caspar, Linda J. Malcolmson, Anne-Sophie Bellido (2011) Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls, Food Research International 44 / 436–441.
- Öpik, M., M. Moora, J. Liira, U. Kõljalg, M. Zobel, and R. Sen. 2003. Divergent arbuscular mycorrhizal fungal communities colonize roots of Pulsatilla spp. in boreal Scots pine forest and grassland soils. New Phytologist 160:581–593.
- Öpik, M., M. Moora, J. Liira, U. Kõljalg, M. Zobel, and R. Sen. 2003. Divergent arbuscular mycorrhizal fungal communities colonize roots of *Pulsatilla* spp. in boreal Scots pine forest and grassland soils. New Phytologist **160**:581–593.
- Oplinger, E.S., D.H. Putnam, J.D. Doll and S.M. Combs. 1989. Faba bean alternative field crops manual.
- Pirozynski, K. A., and D. W. Malloch. 1975. The origin of land plants; a matter of mycotrophism. Biosystems 6:153–164.
- Raupp, J., (1989): Beitrag zur wissenschaftlichen Begriffsbildung: Ökologischer, biologischer, organischer, alternative Landbau. Bayer. Landw. Jahrbuch 66, S. 159-167.
- Read, D. J. 1998. Mycorrhiza – the state of the art. Pages 3-34 in A. Varma and B. Hock, editors. Micorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology (second edition). Springer, Berlin. Redecker, D., R. Kodner, and L. E. Graham. 2002. Palaeoglomus grayi from the Ordovician. Mycotaxon 84:33–37.
- Robson, M.C., S.M. Fowler, N.H. Lampkin, C. Leilerf, M. Leitch, D. Robinson, C.A. Watson and A.M. Litterick. 2002. The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. Advances in Agronomy

77:370-438.

- Roem, W. J., and F. Berendse. 2000. Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities. *Biological Conservation* **92**:151-161.
- Rosendahl, S., and E. H. Stukenbrock. 2004. Community structure of arbuscular mycorrhizae fungi in undisturbed vegetation revealed by analysis of LSU rDNA sequences. *Molecular Ecology* **13**:3179–3186.
- Ryszard Amarowicz , Isabel Estrella , Teresa Hernandez , Sergio Robredo , Agnieszka Troszyn ska , Agnieszka Kosin ska , Ronald B. Pegg . (2010) Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*) *Food Chemistry* **121** 705–711
- Schreiner R.P., Mihara K.L., McDaniel H. and Bethlenfalvay G.J., 1996. “Mycorrhizal fungi influence plant and soil functions and interactions”.
- Sidiras N. , Bilalis D. & Vavoulidou E., 2001. “Effects of Tillage and Fertilization on Some Selected Physical Properties of Soil (0±30 cm Depth) and on the Root Growth Dynamic of Winter Barley (*Hordeum vulgare* cv. Niki)”.
- Simon, L., J. Bousquet, R. C. Levesque, and M. Lalonde. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature* **363**:67–69.
- Sollins P. , Speacher G. and Glassman C., 1983. “NET NITROGEN MINERALIZATION FROM LIGHT- AND HEAVY-FRACTION FOREST SOIL ORGANIC MATTER”.
- Stringi, L., R. Sarno, G. Amato & L. Gristina, 1986. Effects of plant density on *Vicia faba* L. *equina* and *Vicia faba* L. *minor* in a semi-arid environment in Southern Italy. *FABIS Newsletter* **15**: 42-45.

- Tessier, J. T., and D. J. Raynal. 2003. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation. *Journal of Applied Ecology* **40**:523-534.
- Thompson, K., J. A. Parkinson, S. R. Band, and R. E. Spencer. 1997. A comparative study of leaf nutrient concentrations in a regional herbaceous flora. *New Phytologist* **136**:679-689.
- Tilman, D. 1997 $\beta$ . Mechanisms of plant competition. Pages 239–261 in M. Crawley, editor. *Plant Ecology*. Blackwell Publications, Oxford.
- Tilman, D., and M. L. Cowan. 1989. Growth of old field herbs on a nitrogen gradient. *Functional Ecology* **3**:425–438.
- Van de Ven, W. T. G., N. Duncan, G. Ramsay, M. Phillips, W. Powell & R. Waugh, 1993. Taxonomical relationships between *V. faba* and its relatives based on nuclear and mitochondrial RFLPs and PCR analysis. *Theor. Appl. Genet.* **86**: 71-80.
- Van de Ven, W. T. G., N. Duncan, G. Ramsay, M. Phillips, W. Powell & R. Waugh, 1993. Taxonomical relationships between *V. faba* and its relatives based on nuclear and mitochondrial RFLPs and PCR analysis. *Theor. Appl. Genet.* **86**: 71-80.
- Vandenkoornhuyse, P., K. P. Ridgway, I. J. Watson, A. H. Fitter, and J. P. W. Young. 2003. Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. *Molecular Ecology* **12**:3085-3095.
- Vandenkoornhuyse, P., R. Husband, T. J. Daniell, I. J. Watson, J. M. Duck, A. H. Fitter, and J. P. W. Young. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. *Molecular Ecology* **11**:1555-1564.
- Vitousek, P. M., and R. W. Howarth. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur? *Biogeochemistry* **13**:87-115.

- Wakindiki I. , Yegon R. , 2011. “Effect of decomposition intensity of incorporated chickpea manure on stability and saturated hydraulic conductivity of a clay loam and clay soil”.
- Wiersema, J.H. and B. Leon. 1999. World economic plants: A standard reference. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 749 pp.
- Williams, R.J.B. & Cook, G.W., 1961. Some effects of farmyard manure and of grass residues on soil structure. Soil Sci., 92: 30-39.
- Witcombe, J.R., 1982. Genetic resources of faba beans. In: Hawtin, G. & C.Webb (eds.), Faba Bean Improvement, p.p. 1-13, ICARDA, Aleppo, Syria.
- Wu Qiang-Sheng , Cao Ming-Qin, Zou Ying-Ning & He Xin-hua, 2014. “Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliate orange”.
- Yamamoto, K., 1973. Karyotaxonomical studies on *Vicia*. 1. On the karyotype and character of some annual species of *Vicia*. Japan. J. Genet. 48: 315-327.
- Zohary, D., 1977. Comments of the origin of cultivated broad bean (*Vicia faba* L.). J. Bot. 26: 39-40.

## Ελληνική βιβλιογραφία

- Ηλιάδης, Κ. 2004. Προσωπική επικοινωνία.
- Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών. 1973. Έρευνα επί των κτηνοτροφικών φυτών και οσπρίων . Α' Συμπόσιο Γεωτεχνικών Ερευνών, σελ 23-70. Αθήνα.
- Μπουρνάκας, Β. 1995. Ο λίκκος ένας σοβαρός εχθρός των κουκιών. Γεωργία – Κτηνοτροφία, τεύχος 8:38-40.
- Τερζάκης, Μ., Α.Δ. Αυγελής και Ν.Ι. Κατής. 2001. Ιολογικές ασθένειες των κουκιών στην Ελλάδα. Γεωργία – Κτηνοτροφία, τεύχος 4: 24- 29.
- Σιδηράς Ν., Βιολογική Γεωργία – Φυτική Παραγωγή. Εκδόσεις ΔΗΩ, Αθήνα 2005.
- Σιδηράς Κ. Νικόλαος, Οργανική Λίπανση και Αμειψισπορές, Εκδόσεις ΔΗΩ 1997.
- Δαλιάνης Κ., 1993, «Ψυχανθή για καρπό και σανό», Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
- «Διατροφική αξία των Οσπρίων», δημοσιεύτηκε στο medNutrition, Κάζης Α. & Χονδρογιάννη Μ., 2011.
- Σιδηράς, Κ.Ν., 1997. Οργανική λίπανση και αμειψισπορές. ΔΗΩ.
- Τσατσαρέλη, Α.Κ., 2000. Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς.
- Καμπουράκης Ε. 2000. Βιοκαλλιέργεια της ελιάς. Εκδόσεις: Γεωργική Τεχνολογία. Σελ. 141-142.
- Κανονισμός 2092/91 Ε.Ο.Κ. Επιτρεπτά προϊόντα λίπανσης - φυτοπροστασίας στα πλαίσια της κοινοτικής νομοθεσίας για τη Βιολογική Γεωργία.
- Σιδηράς, Κ.Ν., 2002. Εδαφικό περιβάλλον. Πανεπιστημιακό βιβλίο για το



- Θανόπουλος Ρ., Σαμαράς Στ., Γανίτης Κ., Γκατζελάκης Χ., Κόταλη Ε., Ψαρρά Ε., Κυπριωτάκης Ζ., Τζιτζικάς Ε.Ν. Καλαϊτζής Π., Τερζόπουλος Π.Ι., Μπεμπέλη Π.Ι. (2008) Τοπικές ποικιλίες καλλιεργούμενων ειδών στη Κρήτη με έμφαση στα κηπευτικά: Ένα δυναμικό για πολλαπλή αξιοποίηση. Γεωργία και Κτηνοτροφία 2008/9: 48-47.

## Διαδικτυακοί ιστότοποι – Χρήσιμα links

- Βικιλεξικό – Ετυμολογία «Ψυχανθές»  
<https://el.wiktionary.org/wiki/%CF%88%CF%85%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CE%AE>
- ΔΗΩ – Οργανισμός Ελέγχου και Πιστοποίησης Βιολογικών Προϊόντων:  
Website: <http://www.dionet.gr/index.php>
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ). 1991, 1998 και 2001.  
Website: <http://www.statistics.gr/>
- «Η διατροφική αξία των οσπρίων», άρθρο:  
<http://www.mednutrition.gr/diatrofiki-axia-twn-ospriwn>
- International Federation of Organic Agriculture Movements – IFOAM : Website:  
<http://www.ifoam.bio/>
- [http://europa.eu/publications/index\\_en.html](http://europa.eu/publications/index_en.html) ( Επίσημη ιστοσελίδα της Ε.Ε.- δημοσιεύσεις )

## Πίνακες

*Πίνακας 2.2.2.α: Καταγραφή επισκέψεων και συλλογών του πειραματικού σπόρου των τοπικών ποικιλιών ανά ημέρα.*

| Χωριό           | Ημερομηνία συλλογής | Είδος                          | Τοπική ονομασία ποικιλίας              |
|-----------------|---------------------|--------------------------------|--|
| Καλαμάτα        | 23/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Πλατοκούκι ( <i>Vicia faba macro</i> ) |
| Άγιοι Απόστολοι | 23/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Πλατοκούκι ( <i>Vicia faba macro</i> ) |
| Πλάτανος        | 23/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Πλατοκούκι ( <i>Vicia faba macro</i> ) |
| Μανιάκι         | 24/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Ψιλοκούκι ( <i>Vicia faba minor</i> )  |
| Ελαιοχώρι       | 24/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Ψιλοκούκι ( <i>Vicia faba minor</i> )  |
| Προσήλιο        | 24/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Ψιλοκούκι ( <i>Vicia faba minor</i> )  |
| Εξωχώρι         | 24/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Ψιλοκούκι ( <i>Vicia faba minor</i> )  |
| Εξωχώρι         | 24/11/14            | Κουκί ( <i>Vicia faba L.</i> ) | Πλατοκούκι ( <i>Vicia faba macro</i> ) |