

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



**ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΕΛΛΑΔΟΣ**



ΕΥΡΥΝΟΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΘΕΜΑ: ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΟΪΔΙΚΩΝ**

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α.Μ. : 2018/004

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΜΑΡΑΣ ΠΕΤΡΟΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020

ΔΙ.ΠΑ.Ε. ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΣΙΝΔΟΣ
57400

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ: ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ:
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:
ΣΑΜΑΡΑΣ ΠΕΤΡΟΣ
ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΛΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ:
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
Α.Μ. : 2018/004

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ: ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΟΪΛΙΚΩΝ

Ευχαριστίες

Η διατριβή αυτή εκπονήθηκε στο θερμοκήπιο του τμήματος των Τεχνολόγων Γεωπόνων, καθώς και στο εργαστήριο του τμήματος της Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, καταρχάς τον κ. Σαμαρά Πέτρο, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τα αρωματικά φυτά και να συνειδητοποιήσω ότι είναι ένα αντικείμενο που θα ήθελα να ασχοληθώ περαιτέρω. Απευθύνω τις ευχαριστίες μου στην κ. Γιαννακούλα Αναστασία, για την προμήθεια σε πρώτες ύλες, αλλά και την πρόσβαση σε εξοπλισμό και υλικά του θερμοκηπίου, αναγκαία για το πείραμα. Για τον πολύτιμο χρόνο και την καθοδήγησή τους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Στεφάνου Στέφανο, όσον αφορά τις πρακτικές και εργασίες που έπρεπε να πραγματοποιηθούν για τις εδαφολογικές αναλύσεις και τον κ. Ταμπάκη Μ. Νικόλαο, όσον αφορά την στατιστική ανάλυση. Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Παπαστεργιάδη Ευθύμιο για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε όσον αφορά την οργάνωση του χρονοδιαγράμματος των πειραματικών πρακτικών. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κ. Βαρθολομαίο Ν. για τις πολύτιμες γνώσεις του και τις πληροφορίες που μου έδωσε σχετικά με τα χουμικά οξέα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η ανάπτυξη αρωματικών φυτών, συγκεκριμένα του μελισσόχορτου (lemon balm, *Melissa officinalis*) και της σάλβιας της φαρμακευτικής (*Salvia officinalis*), σε διαφορετικά βιοϋλικά με σκοπό την εκτίμηση των αγρονομικών χαρακτηριστικών τους. Τα τρία βιοϋλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η χωνεμένη κοπριά, που προέρχεται από την αξιοποίηση και επεξεργασία αποβλήτων μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου, ένα κομπόστ που παράχθηκε από την επεξεργασία υπολειμμάτων φυτικών καλλιεργειών (βιοκομπόστ) και τέλος ένα κομπόστ που περιείχε το μύκητα *Trichoderma harzianum*, ο οποίος αναπτύσσεται στις ρίζες κάποιων φυτών και από την συμβίωση αυτή επωφελούνται και το φυτό και ο μύκητας. Το όργανο που προκύπτει από την συνένωση του ριζώματος με τον ωφέλιμο αυτό μικροοργανισμό, ονομάζεται μυκόρριζα.

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό μείγμα τύρφης με περλίτη, το οποίο συνδυάστηκε με τα τρία υλικά. Σκοπός του πειράματος είναι να αξιολογηθούν και τα τρία αυτά υλικά ως βελτιωτικά εδάφους. Οι εδαφικές μεταχειρίσεις των συνδυασμών του υποστρώματος με το κάθε βελτιωτικό εκφράζονταν με τέσσερις αναλογίες. Στη μία υπήρχε μόνο του το υπόστρωμα, την οποία την ονομάσαμε μάρτυρα. Στις άλλες τρεις, συνδυάζονταν το υπόστρωμα με τα τρία υλικά σε διάφορες αναλογίες: 1:2 (υπόστρωμα : βελτιωτικό), 1:10 (υπόστρωμα : βελτιωτικό) και 10:1 (υπόστρωμα : βελτιωτικό).

Τους σπόρους των φυτών, τους προμηθευθήκαμε από τον ΕΛΓΟ (Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός) ΔΗΜΗΤΡΑ. Το πείραμα διεξήχθη ουσιαστικά σε δύο χώρους. Στο θερμοκήπιο που βρίσκεται στο αγρόκτημα του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, όπου έγινε η φύτευση, η μεταφύτευση και οι διαδοχικές μετρήσεις των χαρακτηριστικών ανάπτυξης των φυτών και στο βιομηχανικό εργαστήριο του τμήματος της Τεχνολογίας Τροφίμων, όπου έγιναν οι εδαφολογικές αναλύσεις. Τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης που μετρήθηκαν ήταν η χλωροφύλλη, ο αριθμός των γονάτων – διακλαδώσεων και το ύψος των φυτών. Στις εδαφολογικές αναλύσεις υπολογίστηκαν τα εξής: το ποσοστό ολικού αζώτου, το ποσοστό υγρασίας και οργανικής ουσίας και τα mg/L φωσφόρου.

Στη σάλβια, τα αποτελέσματα ριζοβολίας δεν ήταν ικανοποιητικά. Εκπύχθηκαν στο σύνολο τρία φυτά, δύο στις αναλογίες 1:2 και 1:10 του βιοκομπόστ και ένα στην 10:1 για την κοπριά. Στο μελισσόχορτο, γενικά το βιοκομπόστ ευνόησε περισσότερο τη ριζοβολία των φυτών, ενώ τα άλλα δύο εδαφοβελτιωτικά είχαν κακή επίδραση στην έκπτυξη των φυτών, με χειρότερα αποτελέσματα στη μυκόρριζα. Για το ίδιο φυτό και για το βιοκομπόστ, όσον αφορά τη φυτρωτική ικανότητα, οι καλύτερες μεταχειρίσεις ήταν οι 1:2 και 10:1 – υπόστρωμα : βιοκομπόστ, αφού σε αυτές φύτρωσαν τα περισσότερα φυτά (από 8 σε κάθε μία).

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών, αυτά αξιολογήθηκαν δύο φορές. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, όπως οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των βιοϋλικών και των μεταχειρίσεων όσον αφορά τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, ήταν διαφορετικά για κάθε αξιολόγηση. Από τα διαγράμματα των μέσων που αφορούν την τελική (2^η) αξιολόγηση προκύπτουν τα εξής: 1. Η μεταχείριση 1:2 – υπόστρωμα :

βιοκομπόστ διεγείρει περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη τη σύνθεση της χλωροφύλλης, καθώς τα φυτά αυτής της μεταχείρισης εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές ενώ η μεταχείριση 1:2 υπόστρωμα : κοπριά είχε αρνητική επίδραση στη σύνθεση της χλωροφύλλης, αφού οι τιμές της στα φυτά αυτά ήταν οι χαμηλότερες, **2.** Οι μεταχειρίσεις 1:2 – υπόστρωμα : μυκόρριζα, 1:10 – υπόστρωμα : βιοκομπόστ, 1:10 – υπόστρωμα : κοπριά και ο μάρτυρας υποκινούν τη μεγαλύτερη διακλάδωση, καθώς στα φυτά αυτά ο αριθμός των γονάτων ήταν ο μεγαλύτερος, ενώ οι μεταχειρίσεις 1:2 υπόστρωμα : κοπριά και 10:1 υπόστρωμα : βιοκομπόστ είχαν τη δυσμενέστερη επίδραση στη διακλάδωση των φυτών. **3.** Οι μεταχειρίσεις 10:1 υπόστρωμα : κοπριά και ο μάρτυρας ευνόησαν περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη το ύψος των φυτών, ενώ πάλι οι μεταχειρίσεις 1:2 υπόστρωμα : κοπριά και 10:1 υπόστρωμα : βιοκομπόστ είχαν τη χειρότερη επίδραση όσον αφορά το χαρακτηριστικό αυτό, αφού τα φυτά των τελευταίων μεταχειρίσεων ήταν τα χαμηλότερα.

ABSTRACT

This diploma thesis explored the development of herbs (aromatic plants), namely lemon balm (*Melissa officinalis*) and medicinal salvia (*Salvia officinalis*) in different biomaterials, in order to assess their agronomic characteristics. The three biomaterials used, were digested manure, derived from the recovery and treatment of waste from a biogas plant, a compost produced by the treatment of plant crop residues (biocompost) and finally a compost containing the fungus *Trichoderma harzianum*, which grows at the roots of some plants and from this symbiosis benefit both the plant and the fungus. The organ resulting from the union of the rhizome with this beneficial microorganism is called mycorrhiza.

The substrate used was the commercial mixture of peat and perlite, which was combined with the three materials. The goal of this experiment is to evaluate all three of these materials as soil additives (improvers). The soil treatments of the substrate combinations with each compost (improver) were expressed in four proportions. In one of these (treatments), there was the substrate alone, which was called our control. In the other three, the substrate was combined with the three materials in different proportions: 1:2 (substrate : compost), 1:10 (substrate : compost) and 10:1 (substrate : compost).

The plant seeds were supplied by ELGO (Greek (Hellenic) Agricultural Organization) DIMITRA. The experiment was conducted in two places. In the greenhouse, located on the farm of ATEI Thessaloniki, where the sowing (planting), transplantation and successive (reiterative) measurements of plant growth characteristics took place and in the industrial laboratory of the Department of Food Technology, where the soil analyses were carried out. The growth characteristics measured were chlorophyll, the number of nodes – branches and the height of the plants. The soil analyses calculated the following: the percentage (quota) of total nitrogen, the percentage of moisture and organic matter and mg/L of phosphorus.

In salvia, the germination results were not satisfactory. Three plants germinated and were grown in total, two in the 1:2 and 1:10 ratios of biocompost and one in 10:1 of (digested) manure. In lemon balm, biocompost generally favoured seed germination more than the other soil additives, while the other two composts had a bad effect on seed germination, with worse effects on mycorrhiza. In terms of plant germination capacity, the best treatments were 1:2 and 10:1 – substrate : biocompost (8 grown plants of lemon balm for each one of them).

As regards the plant growth characteristics, these were assessed two times. The results of the statistical analysis, such as the significant differences between biomaterials and soil treatments, in terms of growth characteristics, were various for each evaluation. The diagrams of the means, relating to the final (2nd) evaluation, show the following: **1.** Treatment 1:2 – substrate : biocompost, stimulates more than any other the synthesis of chlorophyll, as the plants of this treatment showed the highest values, while the treatment of 1:2 – substrate : manure (digested) had a negative effect on the composition of chlorophyll, since its values in these plants were the lowest. **2.** Treatments 1:2 – substrate : mycorrhiza, 1:10 - substrate : biocompost, 1:10 – substrate : (digested) manure and the

control, stimulate the greatest branching, as in these plants, the number of nodes was the highest, while the treatments 1:2 – substrate : (digested) manure and 10:1 – substrate : biocompost, had the most adverse effect on the branching of plants. **3.** Treatments 10:1 – substrate : (digested) manure and the control favoured more than any other plant height, while again 1:2 - substrate : (digested) manure and 10:1 – substrate : biocompost had the worst effect, in terms of this characteristic, since the plants of the last treatments were the lowest.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	13
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	16
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	17
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	19
1.1. ΧΟΥΜΙΚΑ ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΧΟΥΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	19
1.2. ΧΩΝΕΨΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	23
1.3. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	28
1.3.1. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΩΣ ΦΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	32
1.4. ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ.....	34
1.4.1. <i>Trichoderma harzianum</i>	36
1.5. ΜΕΛΙΣΣΟΧΟΡΤΟ – <i>Melissa officinalis</i>	38
1.6. ΣΑΛΒΙΑ Η ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ – <i>Salvia officinalis</i>	44
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	47
2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	47
2.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ.....	69

2.3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ.....	74
2.4. ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΜΕ TEST - ΚΙΤ).....	75
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	77
3.1. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	77
3.1.1. ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.....	77
3.1.2. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ – ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	81
3.1.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	90
3.1.4. ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	94
3.1.5. ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ.....	96
3.1.6. ΓΟΝΑΤΑ – ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ.....	105
3.1.7. ΎΨΟΣ.....	112
3.2. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΣΩΝ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	119
3.2.1. ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.....	119
3.2.2. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ.....	131
3.2.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	143
3.2.4. ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ.....	153
3.2.5. ΓΟΝΑΤΑ – ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ.....	165
3.2.6. ΎΨΟΣ.....	170
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	175
4.1. ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	175
4.2. ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	177

4.3. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	179
4.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	181
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	183
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	192

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2.1. Βάρη και αναλογίες βάρους προς όγκο.....	61
Πίνακας 3.1. Αυτούσια Υλικά – % Ολικό Άζωτο – Μοίρες.....	77
Πίνακας 3.2. Μεταχειρίσεις – % Ολικό Άζωτο – Μοίρες	78
Πίνακας 3.3. Ανάλυση διακύμανσης για τα ποσοστά ολικού αζώτου.....	79
Πίνακας 3.4. Υποσύνολα για τα βελτιωτικά εδάφους – μεταβλητή «% ολικό άζωτο».....	79
Πίνακας 3.5. Υποσύνολα για τις αναλογίες ανάμειξης– μεταβλητή «% ολικό άζωτο».....	80

Πίνακας 3.6. Αυτούσια υλικά – Εδαφική Υγρασία – Μοίρες.....	82
Πίνακας 3.7. Αυτούσια υλικά – Οργανική Ουσία – Μοίρες.....	82
Πίνακας 3.8. Μεταχειρίσεις – Εδαφική Υγρασία - Μοίρες.....	83
Πίνακας 3.9. Μεταχειρίσεις – Οργανική Ουσία - Μοίρες.....	84
Πίνακας 3.10. Πολλαπλή Ανάλυση Διακύμανσης για την υγρασία και οργανική ουσία...	85
Πίνακας 3.11. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» - μεταβλητή «οργανική ουσία».....	86
Πίνακας 3.12. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» - τη μεταβλητή «υγρασία εδάφους».....	86
Πίνακας 3.13. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «αναλογίες ανάμειξης» -τη μεταβλητή «υγρασία».....	87
Πίνακας 3.14. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «αναλογίες» - τη μεταβλητή «οργανική ουσία».....	88
Πίνακας 3.15. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) των δειγμάτων.....	90
Πίνακας 3.16. Ανάλυση Διακύμανσης για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L).....	91
Πίνακας 3.17. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L).....	92
Πίνακας 3.18. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες ανάμειξης» για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L).....	92
Πίνακας 3.19. Αριθμός φυτών Μελισσόχορτο.....	94
Πίνακας 3.20. Αριθμός φυτών Σάλβια.....	95
Πίνακας 3.21. Ομαδοποίηση δεδομένων – μεταχειρίσεων (παρατηρήσεων).....	95
Πίνακας 3.22. Ανάλυση διακύμανσης για ριζοβολία φυτών.....	96
Πίνακας 3.23. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση.....	97
Πίνακας 3.24. Χλωροφύλλη – Σάλβια – 1 ^η Αξιολόγηση.....	97
Πίνακας 3.25. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση.....	98
Πίνακας 3.26. Χλωροφύλλη – Σάλβια – 2 ^η Αξιολόγηση.....	98

Πίνακας 3.27. Ανάλυση Διακύμανσης – Χλωροφύλλη – 1 ^η αξιολόγηση.....	99
Πίνακας 3.28. Υποσύνολα για τα «βιοϋλικά» – 1 ^η αξιολόγηση χλωροφύλλης.....	99
Πίνακας 3.29. Υποσύνολα για τις «αναλογίες» - μεταβλητή: χλωροφύλλη – 1 ^η αξιολόγηση.....	100
Πίνακας 3.30. Ανάλυση Διακύμανσης – Χλωροφύλλη – 2 ^η αξιολόγηση.....	102
Πίνακας 3.31. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - 2 ^η αξιολόγηση χλωροφύλλης.....	103
Πίνακας 3.32. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - 2 ^η αξιολόγηση χλωροφύλλης.....	104
Πίνακας 3.33. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση.....	105
Πίνακας 3.34. Διακλαδώσεις – Σάλβια – 1 ^η Αξιολόγηση.....	106
Πίνακας 3.35. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση.....	106
Πίνακας 3.36. Διακλαδώσεις – Σάλβια – 2 ^η Αξιολόγηση.....	107
Πίνακας 3.37. Ανάλυση Διακύμανσης – Διακλαδώσεις – 1 ^η Αξιολόγηση.....	107
Πίνακας 3.38. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Διακλαδώσεις – 1 ^η αξιολόγηση.....	108
Πίνακας 3.39. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» » - Διακλαδώσεις – 1 ^η αξιολόγηση.....	109
Πίνακας 3.40. Ανάλυση Διακύμανσης – Διακλαδώσεις – 2 ^η Αξιολόγηση.....	110
Πίνακας 3.41. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Διακλαδώσεις – 2 ^η αξιολόγηση.....	110
Πίνακας 3.42. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» » - Διακλαδώσεις – 2 ^η αξιολόγηση.....	111
Πίνακας 3.43. Ύψος – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση.....	112
Πίνακας 3.44. Ύψος - Σάλβια – 1 ^η Αξιολόγηση.....	113
Πίνακας 3.45. Ύψος – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση.....	113
Πίνακας 3.46. Ύψος - Σάλβια – 2 ^η Αξιολόγηση.....	114
Πίνακας 3.47. Ανάλυση Διακύμανσης – Ύψος – 1 ^η Αξιολόγηση.....	114

Πίνακας 3.48. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Ύψος - 1 ^η Αξιολόγηση.....	115
Πίνακας 3.49. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - Ύψος - 1 ^η Αξιολόγηση...	116
Πίνακας 3.50. Ανάλυση Διακύμανσης – Ύψος – 2 ^η Αξιολόγηση.....	117
Πίνακας 3.51. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Ύψος - 2 ^η Αξιολόγηση.....	117
Πίνακας 3.52. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - Ύψος - 2 ^η Αξιολόγηση...	118
Πίνακας 3.53. Ολικό Άζωτο – Συγκεντρωτικός Πίνακας.....	119
Πίνακας 3.54. Οργανική ουσία εδάφους.....	132

Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1. Μέσοι – Τυπικές αποκλίσεις (excel) – Αυτούσια υλικά - % Ολικό Άζωτο.....	120
Διάγραμμα 3.2. Μέσοι – Τυπικές αποκλίσεις (spss) – Αυτούσια υλικά - % Ολικό Άζωτο.....	120
Διάγραμμα 3.3. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Αυτούσια υλικά -% Ολικό Άζωτο...121	
Διάγραμμα 3.4. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Κοπριά (excel) - % Ολικό Άζωτο.....123	
Διάγραμμα 3.5. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Κοπριά (spss) -% Ολικό Άζωτο.....124	
Διάγραμμα 3.6. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Κοπριά (%Ολικό Άζωτο).....125	
Διάγραμμα 3.7. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Βιοκομπόστ (excel) - %Ολικό Άζωτο...125	
Διάγραμμα 3.8. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Βιοκομπόστ (spss) (%Ολικό Άζωτο)...126	
Διάγραμμα 3.9. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Βιοκομπόστ (%Ολικό Άζωτο).....126	
Διάγραμμα 3.10. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Μυκόρριζα (excel) - %Ολικό Άζωτο..127	
Διάγραμμα 3.11. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Μυκόρριζα (spss) (%Ολικό Άζωτο)...128	
Διάγραμμα 3.12. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Μυκόρριζα (%Ολικό Άζωτο).....128	
Διάγραμμα 3.13. Ολικό άζωτο % (excel) –Όλες οι μεταχειρίσεις.....129	
Διάγραμμα 3.14. Ολικό άζωτο % (spss) (Όλες οι μεταχειρίσεις).....130	

Διάγραμμα 3.15. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Ολικό Άζωτο %	130
Διάγραμμα 3.16. Οργανική Ουσία % - Αυτούσια υλικά (excel).....	132
Διάγραμμα 3.17. Οργανική Ουσία % - Αυτούσια υλικά (spss).....	133
Διάγραμμα 3.18. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία %.....	133
Διάγραμμα 3.19. Οργανική Ουσία % - Κοπριά (excel).....	135
Διάγραμμα 3.20. Μέσοι – Οργανική Ουσία % - Κοπριά (spss).....	136
Διάγραμμα 3.21. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία % - Κοπριά.....	136
Διάγραμμα 3.22. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Βιοκομπόστ (excel).....	137
Διάγραμμα 3.23. Μέσοι – Οργανική Ουσία % - Βιοκομπόστ (spss).....	138
Διάγραμμα 3.24. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία – Βιοκομπόστ....	138
Διάγραμμα 3.25. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα (excel).....	139
Διάγραμμα 3.26. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα (spss).....	139
Διάγραμμα 3.27. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα....	140
Διάγραμμα 3.28. Μέσοι – Οργανική Ουσία % (excel) -Όλες οι μεταχειρίσεις.....	141
Διάγραμμα 3.29. Μέσοι – Οργανική Ουσία % (spss) - Όλες οι μεταχειρίσεις.....	141
Διάγραμμα 3.30. Διαστήματα Εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία %.....	142
Διάγραμμα 3.31. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αυτούσια υλικά (excel)...	143
Διάγραμμα 3.32. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αυτούσια υλικά (spss)...	144
Διάγραμμα 3.33. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L)...	144
Διάγραμμα 3.34. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά (excel).....	145
Διάγραμμα 3.35. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά (spss).....	146
Διάγραμμα 3.36. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά.....	146
Διάγραμμα 3.37. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ (excel).....	147
Διάγραμμα 3.38. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ (spss).....	148

Διάγραμμα 3.39. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ.....	148
Διάγραμμα 3.40. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα (excel).....	149
Διάγραμμα 3.41. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα (spss).....	150
Διάγραμμα 3.42. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα.....	150
Διάγραμμα 3.43. Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια (excel)...	151
Διάγραμμα 3.44. Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια (spss).....	152
Διάγραμμα 3.45. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια.....	152
Διάγραμμα 3.46. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Κοπριά 1 ^η Αξιολόγηση.....	153
Διάγραμμα 3.47. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Κοπριά 2 ^η Αξιολόγηση.....	154
Διάγραμμα 3.48. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Βιοκομπόστ 1 ^η Αξιολόγηση	155
Διάγραμμα 3.49. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Βιοκομπόστ 2 ^η Αξιολόγηση.....	155
Διάγραμμα 3.50. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μυκόρριζα 1 ^η Αξιολόγηση.....	157
Διάγραμμα 3.51. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μυκόρριζα 2 ^η Αξιολόγηση..	157
Διάγραμμα 3.52. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μάρτυρας 1 ^η Αξιολόγηση...	159
Διάγραμμα 3.53. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μάρτυρας 2 ^η Αξιολόγηση...	159
Διάγραμμα 3.54. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1 ^η Αξιολόγηση – Όλες οι μεταχειρίσεις.....	160
Διάγραμμα 3.55. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1 ^η Αξιολόγηση (spss) (Όλες οι μεταχειρίσεις).....	160
Διάγραμμα 3.56. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1 ^η Αξιολόγηση - Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 %	161
Διάγραμμα 3.57. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2 ^η Αξιολόγηση (Όλες οι μεταχειρίσεις).....	162

Διάγραμμα 3.58. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2 ^η Αξιολόγηση (spss).....	162
Διάγραμμα 3.59. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2 ^η Αξιολόγηση – Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 %.....	163
Διάγραμμα 3.60. Μέσοι Χλωροφύλλης – Σάλβια –1 ^η Αξιολόγηση.....	164
Διάγραμμα 3.61. Μέσοι Χλωροφύλλης – Σάλβια –2 ^η Αξιολόγηση.....	164
Διάγραμμα 3.62. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση.....	165
Διάγραμμα 3.63. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση (spss).....	166
Διάγραμμα 3.64. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση.....	166
Διάγραμμα 3.65. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση (spss).....	167
Διάγραμμα 3.66. Μέσοι Διακλαδώσεων – Σάλβια – 1 ^η Αξιολόγηση.....	168
Διάγραμμα 3.67. Μέσοι Διακλαδώσεων – Σάλβια – 2 ^η Αξιολόγηση.....	169
Διάγραμμα 3.68. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση.....	170
Διάγραμμα 3.69. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 1 ^η Αξιολόγηση (spss).....	170
Διάγραμμα 3.70. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση.....	171
Διάγραμμα 3.71. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση (spss).....	171
Διάγραμμα 3.72. Μέσοι ύψους – Σάλβια – 1 ^η Αξιολόγηση.....	173
Διάγραμμα 3.73. Μέσοι ύψους – Σάλβια – 2 ^η Αξιολόγηση.....	173

Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 2.1. 1 ^ο σπορείο – Σχέδιο πειράματος.....	52
Σχήμα 2.2. 2 ^ο σπορείο – Σχέδιο πειράματος.....	52
Σχήμα 2.3. 3 ^ο σπορείο – Σχέδιο πειράματος.....	53
Σχήμα 3.1. – Ολικό Άζωτο % - Αλληλεπίδραση μεταξύ μεταχειρίσεων.....	81
Σχήμα 3.2. Υγρασία εδάφους – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων.....	89

Σχήμα 3.3. Οργανική ουσία εδάφους – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων.....	89
Σχήμα 3.4. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων.....	93
Σχήμα 3.5. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων...	101
Σχήμα 3.6. Χλωροφύλλη – Σάλβια – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων.....	102

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 2.1. Αισθητήρας υγρασίας.....	49
Εικόνα 2.2. Ανεμιστήρας.....	49
Εικόνα 2.3. Πίνακας ελέγχου των ηλεκτρολογικών.....	49
Εικόνα 2.4. Οθόνη τιμών.....	50
Εικόνα 2.5. Ανιχνευτής – μετρητής διοξειδίου του άνθρακα.....	50
Εικόνα 2.6. Σπορά και οπτική κατά μήκος του σπορείου.....	55
Εικόνα 2.7. Σπορά και οπτική του σπορείου κατά πλάτος.....	55
Εικόνα 2.8. Πότισμα.....	56
Εικόνα 2.9. Πότισμα.....	57
Εικόνα 2.10. Μέτρηση φυτών σάλβιας – 1 ^ο σπορείο.....	58
Εικόνα 2.11. Έκπτυξη του τελευταίου φυτού σάλβιας – 16/11/2019.....	58
Εικόνα 2.12. 2 ^ο σπορείο – 16/11/2019.....	59
Εικόνα 2.13. 2 ^ο σπορείο – 16/11/2019.....	59
Εικόνα 2.14. 3 ^ο σπορείο – 16/11/2019.....	60
Εικόνα 2.15. 3 ^ο σπορείο – 16/11/2019.....	60
Εικόνα 2.16. Μέτρηση χλωροφύλλης πριν από τη μεταφύτευση.....	62
Εικόνα 2.17. Μεταφύτευση.....	63

Εικόνα 2.18. Το σπορείο με τα μεταφυτευμένα φυτά.....	63
Εικόνα 2.19. Τοποθέτηση των γλαστρών ανά μεταχείριση.....	64
Εικόνα 2.20. Μέτρηση χλωροφύλλης των φυτών – 27/01/2020.....	65
Εικόνα 2.21. Μέτρηση χλωροφύλλης – 27/01/2020.....	65
Εικόνα 2.22. Εικόνα σπορείου την 27 ^η Ιανουαρίου.....	66
Εικόνα 2.23. Λειτουργία τεχνητής φωτοπερίοδου.....	67
Εικόνα 2.24. Εικόνα σπορείου με τεχνητή φωτοπερίοδο – λάμπες LED.....	68
Εικόνα 2.25. Συσκευή πέψης.....	70
Εικόνα 2.26. Πέψη των δειγμάτων.....	70
Εικόνα 2.27. Τοποθέτηση του σωλήνα kjeldahl στη συσκευή εκχύλισης.....	71
Εικόνα 2.28. Απόσταξη της αμμωνίας.....	73
Εικόνα 2.29. Συλλογή του αποστάγματος.....	73
Εικόνα 2.30. Ογκομέτρηση.....	73
Εικόνα 2.31. Τέλος ογκομέτρησης.....	73

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 ΧΟΥΜΙΚΑ ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΧΟΥΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ – ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Πριν προχωρήσουμε στα οργανικά βελτιωτικά εδάφους, θα πρέπει να περιγραφούν περιληπτικά κάποιες διεργασίες που υφίστανται στο σχηματισμό της εδαφικής οργανικής ουσίας και των συστατικών της και πώς αυτά επηρεάζουν την περιεκτικότητα των εδαφών σε θρεπτικά στοιχεία, τη διαθεσιμότητά τους για τα φυτά, τις φυσιολογικές λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών.

Η οργανική ύλη προσδιορίζεται χημικά ως μία κατηγορία ενώσεων που περιέχουν άνθρακα (C), οι οποίες εναποτίθενται επάνω ή διαμέσου των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους (Pettit 2013). Πρόκειται για μία βιολογική διεργασία όπου ο C κυκλοφορεί και πάλι στην ατμόσφαιρα με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), και με αυτό τον κύκλο συνδέονται άλλα βασικά στοιχεία όπως το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το θείο (S) και διάφορα άλλα μικροστοιχεία που εμφανίζονται σε διάφορους σχηματισμούς που απαιτούνται από ανώτερους οργανισμούς, όπως είναι τα φυτά (Stevenson 1982). Την εδαφική οργανική ύλη γενικά απαρτίζουν τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα του περιβάλλοντος. Ο χούμος είναι το προϊόν που προκύπτει από την αποσύνθεση /αποικοδόμηση της οργανικής ύλης (Mac Carthy κ.α. 1990). Ουσιαστικά κατά τη διαδικασία της χουμοποίησης, τα νεκρά φυτικά και ζωικά υπολείμματα μετασχηματίζονται, με τη βοήθεια μικροοργανισμών, γαιοσκωλήκων, εντόμων και με τη συμβολή διάφορων άλλων καιρικών και φυσικών επιδράσεων, σε χουμικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές κατατάσσονται στα χουμικά, στα φουλβικά και στα ουλμικά οξέα, ανάλογα με το βαθμό διαλυτότητάς τους σε διαλύματα διαφορετικής οξύτητας (Mac Carthy κ.α. 1990). Τα χουμικά οξέα διαλύονται σε βάσεις αλλά όχι σε οξέα, ενώ τα φουλβικά διαλύονται και σε βάσεις και σε οξέα. Όλες οι απόψεις συνηγορούν στο ότι το χουμικό και φουλβικό οξύ διαδραματίζουν το σπουδαιότερο ρόλο στη δομή των εδαφών και στη φυσιολογία των φυτών, σε σχέση με τις υπόλοιπες ουσίες της οργανικής ύλης. Είναι πολλά τα οφέλη της ευνοϊκής επίδρασης των χουμικών ουσιών στα εδάφη και συνεπώς στην ανάπτυξη των φυτών (Mac Carthy κ.α. 1990).

Όλα τα πλούσια εδάφη σε οργανική ουσία, έχουν σκούρο έως μαύρο χρώμα, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε χούμο. Ο χούμος συμβάλλει στη θέρμανση των εδαφών (Stevenson 1982). Ένα οργανικό έδαφος, μπορεί να συγκρατήσει νερό έως είκοσι φορές το βάρος του. Αυτό σημαίνει ότι ο χούμος εμποδίζει την ξήρανση των εδαφών, αλλά και τη σμίκρυνση του όγκου τους. Ακόμα βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας στα αμμώδη εδάφη (Stevenson 1982). Οι ουσίες του χούμου βοηθούν στη δημιουργία μιας επιθυμητής εδαφικής δομής, όπου διευκολύνεται η διήθηση του νερού και η συγκράτησή

του στη ριζόσφαιρα (όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών) (Pettit 2013). Εξαιτίας του ηλεκτρικού φορτίου που φέρουν, οι ουσίες αυτές λειτουργούν σαν σπόγγος. Ο σπόγγος αυτός συμβάλλει στην αποθήκευση νερού στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Το νερό αυτό αποτελεί ένα πολύ καλό μέσο μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά, αλλά και στους οργανισμούς του εδάφους (Pettit 2013).

Ο χούμος βοηθάει στη συγκόλληση των εδαφικών σωματιδίων σε σταθερές μονάδες τεμαχιδίων που λέγονται συσσωματώματα. Συνεπώς συμβάλλει στον αερισμό, στη σταθεροποίηση της δομής και στην αύξηση της διαπερατότητας των εδαφών (Stevenson 1982). Βοηθάει επίσης στη ρύθμιση και διατήρηση ενός ομοιόμορφου pH για όλα τα εύρη τιμών ανάλογα με το έδαφος (όξινα, ελαφρώς όξινα, ουδέτερα και αλκαλικά εδάφη) (Stevenson 1982). Πιο αναλυτικά, η στενή σύνδεση των χουμικών ουσιών με το ανόργανο κλάσμα του εδάφους, συντελεί στο σχηματισμό κολλοειδών συμπλόκων μεταξύ χούμου και αργίλου και μεταξύ χούμου και ιλύος (Pettit 2013). Τα συσσωματώματα αυτά που δημιουργούνται, αναπτύσσουν ισχυρές δυνάμεις συνοχής μεταξύ τους. Η συσσωμάτωση αυτή δημιουργεί με τη σειρά της μια επιθυμητή δομή στα επιφανειακά στρώματα των εδαφών, κάνοντάς τα εύθρυπτα, δηλαδή εύκολα στην κατεργασία τους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον σωστό αερισμό μεταξύ των εδαφικών πόρων, βελτιώνει το όργανο των εδαφών (Pettit 2013). Ακόμα με τις συνεκτικές δυνάμεις μεταξύ των συσσωματωμάτων, περιορίζεται σημαντικά η διάβρωση των εδαφών (Burdick, 1965).

Οι χουμικές ουσίες ρυθμίζουν την οξύτητα ή αλκαλικότητα των εδαφών, διαμορφώνοντας ένα ουδέτερο pH ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνουν CO₂ (Pettit 2013). Πολλά από τα στοιχεία που ανιχνεύονται στο έδαφος και προηγουμένως δεν ήταν διαθέσιμα στα φυτά, εξαιτίας των όξινων ή αλκαλικών συνθηκών, από τη στιγμή που το pH ουδετεροποιείται, επιτυγχάνεται και η διαθεσιμότητα αυτών των στοιχείων για τα φυτά (Pettit 2013). Το CO₂ που απελευθερώνεται από το ανθρακικό ασβέστιο που βρίσκεται στο έδαφος, μπορεί να προσληφθεί εκ νέου από τα ανθρακικά οξέα των εδαφών, τα οποία με τη σειρά τους συμβάλλουν στην απελευθέρωση των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στα ανόργανα εδάφη (Pettit 2013).

Τα χουμικά οξέα έχουν την ιδιότητα να σχηματίζουν άλατα με διάφορα αλκαλικά κατιόντα (μέταλλα), τα οποία είναι αδιάλυτα στο νερό. Η αδιαλυτότητα αυτή οφείλεται στο ότι τα χουμικά οξέα είναι κολλοειδή και συμπεριφέρονται κάπως σαν την άργιλο και αυτός είναι ο λόγος που ορισμένα δισθενή (++) και τρισθενή (+++) άλατα με οργανική ύλη είναι αδιάλυτα (Stevenson 1982). Ενώ λοιπόν τα κατιόντα αυτά επιφέρουν μια αλλοίωση σε ένα μικρό ποσοστό της οργανικής ουσίας, η ένωση αυτή με τα χουμικά οξέα συμβάλλει στο να υπάρχουν μικρές μόνο απώλειες οργανικής ουσίας από έκπλυση (Stevenson 1982).

Τα χουμικά οξέα σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα (χηλικές μορφές) με διάφορα μέταλλα όπως Fe⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺ και άλλα κατιόντα. Αυτό συμβάλλει στη διαθεσιμότητα διάφορων ιχνοστοιχείων στα φυτά (Stevenson 1982). Εκτός από αυτό, οι χηλικές αυτές μορφές που σχηματίζονται, συντελούν στη μείωση της τοξικότητας αυτών των στοιχείων και στην αποτροπή της απομάκρυνσής τους από έκπλυση (Pettit 2013). Από την άλλη μεριά, τα χουμικά οξέα (σε συνεργασία κάποιες φορές με τα Fe⁺), βοηθούν στην

απομάκρυνση του εξασθενούς χρωμίου (Cr VI), που είναι τοξικό για τα φυτά, ενώ συγχρόνως δεσμεύουν το τρισθενές χρώμιο (Cr III), που δεν είναι τοξικό καθιστώντας το διαθέσιμο στα φυτά (Janos κ.α. 2009). Σε ένα πείραμα που έγινε στα ορύγματα ενός ορυχείου, διαπιστώθηκε ότι τα χουμικά οξέα μπορούν να βελτιώσουν την κινητικότητα του αρσενικού (As) και των βαρέων μετάλλων ταυτόχρονα, εντός του εδάφους. Συνεπώς τα χουμικά οξέα, στην περίπτωση αυτή αποτελούν μία καλή επιλογή σταδιακής αποκατάστασης εδαφών που είναι μολυσμένα με As και βαρέα μέταλλα και από την άλλη να αποφευχθεί η περαιτέρω μόλυνσή τους (Wang and Muligan, 2008).

Η ανταλλακτική ικανότητα ιόντων μεμονωμένων χουμικών κλασμάτων κυμαίνεται μεταξύ 300 και 1400 cmoles/kg. Συνεπώς τα χουμικά οξέα αυξάνουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των εδαφών (C.E.C.). Σε πολλά εδάφη, το 20 με 70% της C.E.C. προκαλείται από την οργανική ουσία (Stevenson 1982). Τα χουμικά οξέα έχουν την ικανότητα να συγκρατούν και να σχηματίζουν δεσμούς και με ανιόντα, εξίσου καλά με τα κατιόντα. Αυτό οφείλεται στο ότι περιέχουν πολλές αζωτούχες ομάδες (αμινικές, αμιδικές, πεπτιδικές κ.α.) Αποτέλεσμα της κατιονικής και ανιοντικής ανταλλακτικής ικανότητας των χουμικών οξέων, είναι η αυξημένη πρόσληψη και η καλύτερη αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους από τα φυτά, ενώ από την άλλη, οι ισχυροί δεσμοί με τα ιόντα αυτά, αποτρέπουν την απομάκρυνση των θρεπτικών στοιχείων από έκπλυση (Pettit 2013). Σε μία ανάλυση εκχυλίσματος χουμικών οξέων, μπορούν να ανιχνευθούν ιόντα έως και 60 διαφορετικών στοιχείων δεσμευμένα από τα μόρια των χουμικών, τα οποία είναι διαθέσιμα να αξιοποιηθούν από ανώτερους ζωντανούς οργανισμούς που είναι τα φυτά. Συμπερασματικά λοιπόν, οι περισσότερο ωφέλιμες λειτουργίες των χουμικών οξέων για τα εδάφη και τα φυτά είναι η ισχυρή ανταλλακτική ικανότητα ιόντων που διαθέτουν και η ικανότητα συμπλοκοποίησης με τα μεταλλικά ιόντα (σχηματισμός χηλικών μορφών) (Pettit 2013). Τα φουλβικά οξέα έχουν πολλές καρβοξυλικές (-COOH) και υδροξυλικές (-OH) ομάδες, συνεπώς προκαλούν περισσότερες χημικές αντιδράσεις από τα χουμικά οξέα. Η ανταλλακτική ικανότητα των φουλβικών οξέων είναι παραπάνω από διπλάσια σε σχέση με αυτή των χουμικών (Pettit 2013).

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης (χούμος), αυξάνει τα ποσοστά NO_3^- και NH_4^+ , που είναι και οι αφομοιώσιμες μορφές αζώτου για τα φυτά, αλλά και τα ποσοστά CO_2 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , που αποτελούν πολύτιμες πηγές θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των φυτών (Stevenson 1982). Από τα στοιχεία που χορηγούνται με τη λίπανση, όσα δεν αξιοποιηθούν από τα φυτά, αυτά συγκρατούνται από τις χουμικές ουσίες σε μοριακή μορφή, η οποία περιορίζει σημαντικά την έκπλυση των στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα και κατά συνέπεια την τοξική τους επίδραση (Pettit 2013). Σε πολλά φυτικά είδη, τα αποτελέσματα επίδρασης των χουμικών οξέων, μπορούν να παρατηρηθούν πιο έντονα μετά τη δεύτερη χρονιά από την εφαρμογή τους (Li κ.α., 2019). Ένα από αυτά τα είδη είναι και η φυστικιά. Σε πείραμα εφαρμογής χουμικών οξέων, τα μέγιστα οφέλη διαπιστώθηκαν τον τρίτο χρόνο. Κάποια από αυτά ήταν η συνολική αύξηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, δηλαδή του ολικού αζώτου (N) (δεσμευμένο και διαθέσιμο), του ολικού φωσφόρου (P), και του ολικού καλίου (K), αλλά και των διαθεσίμων N, P και K για τα φυτά (Li κ.α., 2019).

Έχει μελετηθεί η επίδραση των χουμικών οξέων στην αναπνοή των φυτών. Με την εμφάνιση φυτικών ιστών σίτου και κριθαριού σε αραιωμένο διάλυμα χουμικού Na, έχουν παρατηρηθεί μεγάλες διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών, αξιολογώντας θετικά την χουμική μεταχείριση. Έχει διαπιστωθεί δηλαδή, μία αύξηση του ρυθμού πρόσληψης του O₂ από τους φυτικούς ιστούς (Khristeva, και Manoilova, 1950). Ακόμα έχει διαπιστωθεί ότι οι χουμικές ουσίες έχουν διεγερτική επίδραση στην αραβίδωση, συγκεκριμένα στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, όπου στην έγχυση διαλυμένων χουμικών ουσιών σε ριζικά τμήματα, τα ριζικά κύτταρα ανταποκρίθηκαν άμεσα και προκλήθηκε η διαίρεση και η διαφοροποίησή τους. Αυτός ο μηχανισμός, κανονικά ενεργοποιείται με την φυτική ορμόνη αυξίνη Αυτό μας δείχνει ότι οι χουμικές ουσίες έχουν και ορμονικές επιδράσεις στα φυτά (Trevisan κ.α. 2010).

Θετικό ήταν ακόμα το αποτέλεσμα της μεταχείρισης σπόρων με χουμικά ή φουλβικά οξέα (πιθανά με εφαρμογή διαλυμάτων χουμικών και φουλβικών οξέων σε αυλακίες των σπόρων), όπου παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού βλάστησης των σπόρων (Pettit 2013). Οι ουσίες αυτές διαπερνούν τα κυτταρικά τοιχώματα και προκαλούν ταυτόχρονα την αύξηση του ρυθμού διαίρεσης των κυττάρων και του ρυθμού αναπνοής των φυτών κατ' επέκταση. Αποτέλεσμα αυτού, είναι να ενεργοποιούνται άλλοι μηχανισμοί, όπως η ανάπτυξη των ριζικών μεριστωμάτων (Pettit 2013). Η επέμβαση αυτή όμως πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η πιθανή αύξηση της συγκέντρωσης των χουμικών ή φουλβικών οξέων πάνω από ένα όριο, μπορεί να προκαλέσει τα αντίθετα αποτελέσματα, ακόμα και τη θανάτωση των σπόρων (Pettit 2013). Με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων χουμικών ή φουλβικών οξέων στο θρεπτικό διάλυμα που παρέχονταν σε καπνά, παρατηρήθηκε η αύξηση της συγκέντρωσης των N, P, K, Ca, Mg και Fe στους μίσχους και στα φύλλα, ενώ παράλληλα αυξήθηκε το ξηρό βάρος της ρίζας και το ύψος των φυτών (Mylonas και McCants, 1980). Δυσμενής ήταν η επίδραση των χουμικών και φουλβικών οξέων, όταν οι ποσότητες παροχής ήταν μεγάλες, με αντίθετα αποτελέσματα, ιδίως στην ανάπτυξη των φυτών (Mylonas και McCants, 1980).

Ο Sladky, σε πείραμά του, όπου εφαρμόστηκαν χουμικά και φουλβικά οξέα σε βλαστούς τομάτας, παρατήρησε μία αύξηση της αναπνοής των φυτών (αύξηση της πρόσληψης O₂), αλλά και μία σημαντική αύξηση του ποσού χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών (Sladky, 1959). Θετικά ήταν τα αποτελέσματα ανάπτυξης των φυτών γενικότερα και ειδικότερα της αναπνοής και του ποσού χλωροφύλλης, σε παρόμοιο πείραμα στο είδος *Begonia semperflorens* Link et Otto (η κοινή βεγόνια) (Sladky, 1959). Τα φουλβικά οξέα ήταν αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα χουμικά και στα δύο πειράματα (Sladky, 1959).

Τα χουμικά οξέα έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν σύμπλοκα με Fe ιόντα, όπως αναφέραμε παραπάνω. Συνήθως τα Fe ιόντα, ως αδιάλυτα, κατακρημνίζονται και διαφεύγουν από τα στρώματα εδάφους που θα ήταν διαθέσιμα για τα φυτά. Αυτό συμβαίνει μόλις το pH ξεπεράσει την τιμή 2.3 (Weir και Soper, 1962). Η παρουσία και η διασπορά των χουμικών οξέων στο έδαφος, μετριάξει σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο αυτό, με τη διατήρηση αξιολογών ποσοτήτων ιόντων Fe στο εδαφικό διάλυμα (Weir και Soper, 1962). Σε φυτά και δένδρα, τα οποία μεταχειρίστηκαν με χουμικές ουσίες, βρέθηκαν υψηλότερες

συγκεντρώσεις Fe στα φύλλα, καθώς και αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού από το ριζικό σύστημα, σε σχέση με άλλα που δεν μεταχειρίστηκαν με χουμικά συστατικά (Fallahi κ.α., 2006).

Τα χουμικά οξέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εντομοκτόνα, ιδίως αν αυτά συνδυαστούν με εκχυλίσματα φυτών, όπως το σκόρδο (Khiew κ.α., 2020). Ένα τέτοιο σκεύασμα αποτελεί μία πρακτική, φιλική προς το περιβάλλον και μία προσέγγιση στη βιώσιμη γεωργία (Khiew κ.α., 2020). Η κομποστοποίηση οργανικών υλικών, έχει αποδειχθεί ότι διευκολύνει τη διαδικασία της χουμοποίησης. Συγκεκριμένα παρασκευάστηκε κομπόστ από τη μείξη ιτιάς και σανού. Το υλικό που δημιουργήθηκε, περιείχε χουμικές ουσίες, στις οποίες το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού άνθρακα, απαρτίζονταν από μικρο-μοριακές ενώσεις και το μικρότερο μέρος από χουμικά οξέα (Kaluz-Haladyn κ.α. 2019). Τα στοιχεία που προέκυψαν από την ανάλυση του κομπόστ, έδειξαν ότι τα αδιάλυτα αλκαλικά κλάσματα σταδιακά μετατρέπονται σε χουμικές ουσίες, συνεπώς είναι αναγκαίος ο ρόλος τους στη χουμοποίηση. Η αναλογία μεταξύ χουμικών και φουλβικών κλασμάτων σε σχέση με τον ολικό οργανικό C, αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη της κομποστοποίησης, ως μια διαδικασία που διευκολύνει τη χουμοποίηση της οργανικής ύλης (Kaluz-Haladyn κ.α. 2019).

1.2. ΧΩΝΕΨΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Πάνω από το 88% της απαίτησης της παγκόσμιας οικονομίας για ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, καλύπτεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που κυρίως είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο (Zieminski και Frac, 2012). Πέρα από το γεγονός ότι αυτές οι πρώτες ύλες σταδιακά εξαντλούνται, η εξαγωγή, η επεξεργασία και η καύση τους, επηρεάζουν δυσμενώς το φυσικό περιβάλλον. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενέργεια στρέφεται όλο και περισσότερο σε μη συμβατές πηγές πρώτων υλών τα τελευταία χρόνια. Στόχος της πολιτικής αυτής είναι η χρησιμοποίηση μοντέρνων τεχνολογιών για την απόκτηση ενέργειας, η οποία, βάσει θεωρητικών εκτιμήσεων, θα επιφέρει μείωση των εκπομπών του CO₂ κατά 50% μέχρι το 2050 (Zieminski και Frac, 2012). Η χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης, θα επέτρεπε μείωση των ετήσιων εκπομπών του CO₂ κατά 57 περίπου εκατομμύρια τόνους (Zieminski και Frac, 2012).

Η αναερόβια χώνεψη οργανικών υπολειμμάτων αποτελεί ένα καλό μέσο μετριασμού της εκμετάλλευσης των ορυκτών και των πετρωμάτων, για ενεργειακούς σκοπούς και αποτελεί μία μεγάλη μεταστροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Insam κ.α., 2015). Το χωνεμένο υλικό που προκύπτει από την παραγωγή του βιοαερίου, είναι ένα υποπροϊόν με καλύτερες ιδιότητες από την αχώνευτη κοπριά (Insam κ.α., 2015). Το βιοαέριο, αν και

χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο και συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το χωνεμένο υλικό ακόμα δεν είναι ευρέως αποδεκτό στην κατηγορία των λιπασμάτων (Sturmer κ.α. 2020).

Εκτός από τα ζωικά υπολείμματα, στην παραγωγή του βιοαερίου, χρησιμοποιούνται και άλλων ειδών πρώτες ύλες, όπως οι καλλιέργειες κάποιων ενεργειακών φυτών (καλαμπόκι, *Silphium perfoliatum* ή αλλιώς cup plant κ.α.), αλλά και φυτικά υπολείμματα όπως τα στέμφυλα. Αν και υπάρχουν κάποιες ανησυχίες σχετικά με την παραγωγή και τη χρήση της χωνεμένης κοπριάς από τις μονάδες του βιοαερίου, όπως η σταδιακή εξάντληση του αποθέματος της οργανικής ύλης των εδαφών, η ενίσχυση των αερίων του θερμοκηπίου από τις εκπομπές των οσμών και η τυχόν εξάπλωση κάποιων παθογόνων, εντούτοις η χρήση των χωνεμένων υπολειμμάτων, έχει θετική επίδραση στο κλίμα, στο περιβάλλον αλλά και στον ίδιο τον καλλιεργητή, σε αντίθεση με την αχώνευτη ύλη (Insam κ.α., 2015). Τα κύρια πλεονεκτήματα της χωνευτικής διαδικασίας για την παραγωγή μεθανίου υπό αναερόβιες συνθήκες είναι: η παραγωγή αμελητέας ποσότητας βιομάζας και η πολύ χαμηλότερη απαιτούμενη εισροή ενέργειας σε σχέση με τη διαδικασία αποσύνθεσης υπό αερόβιες συνθήκες (Zieminski και Frac, 2012).

Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης

Η πλήρης βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης με σκοπό την παραγωγή του βιοαερίου σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου, συνιστά μια σύνθετη διεργασία, στην οποία αλληλεπιδρούν διαφορετικές ομάδων μικροοργανισμών μεταξύ τους. Το βιοαέριο, προκύπτει από τη δραστηριότητα διαφόρων βακτηρίων, που δρουν από κοινού για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης (Ali-Shah κ.α., 2014). Ουσιαστικά οι μικροοργανισμοί αυτοί χωρίζονται σε τέσσερις ομάδες, εκ των οποίων η κάθε μία προετοιμάζει το έργο της επόμενης, ή αλλιώς η κάθε μία συνεχίζει το έργο της προηγούμενης ομάδας. Η σύσταση του τελικού προϊόντος εξαρτάται από τις πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιηθούν και από τη μέθοδο χώνευσης που θα ακολουθηθεί (Ali-Shah κ.α., 2014). Γενικά στη διαδικασία αυτή παράγονται τα ακόλουθα, που συνιστούν το βιοαέριο: μεθάνιο (CH_4) (50-75%), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) (25-45%), υδρόθειο (H_2S) (0-1%), υδρογόνο (H_2) (0-1%), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (0-2%), άζωτο (N_2) (0-2%), αμμωνία (NH_3) (0-1%), οξυγόνο (O_2) (0-2%) και νερό (H_2O) (2-7%) (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012).

Πρώτο στάδιο είναι η **υδρόλυση**. Τα διάφορα πολυμερή, στην πλειοψηφία τους αδιάλυτες οργανικές ενώσεις, όπως οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια αποσυντίθενται σε διαλυτά μονομερή και διμερή, όπως οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Αυτό το στάδιο υφίσταται εξωτερικά του κυτταρικού τοιχώματος των μικροοργανισμών και συγκεκριμένα συμμετέχουν σε αυτό τα ένζυμα που παράγονται από ορισμένα στελέχη των υδρολυτικών βακτηρίων. Αυτά είναι οι αμυλάσες, οι πρωτεάσες και οι λιπάσες (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Οι πρωτεΐνες, το άμυλο και κάποια απλά σάκχαρα υδrolύονται σχετικά εύκολα σε αναερόβιες συνθήκες. Άλλα πολυμερή όμως, όπως η κυτταρίνη και η λιγνοκυτταρίνη αποσυντίθενται πολύ πιο δύσκολα και αργά. Το στάδιο αυτό ουσιαστικά αποτελεί μια ατελή αποδόμηση των στερεών υπολειμμάτων, καθώς μόνο το 50% των

οργανικών ενώσεων αποδομείται πλήρως (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Κάποια από τα γένη των βακτηρίων που συμμετέχουν στην υδρόλυση είναι τα *Streptococcus* και *Enterobacterium* (Zieminski και Frac, 2012) (Ali-Shah κ.α., 2014).

Στο στάδιο της **οξυγένεσης**, μία άλλη ομάδα βακτηρίων μετατρέπει τις υδατοδιαλυτές ενώσεις που προέκυψαν στο προηγούμενο στάδιο, σε οργανικά οξέα με λίγους δεσμούς στη μοριακή αλυσίδα (όπως το μυρμηκικό, ακετικό, προπιονικό, βουτυρικό οξύ), σε αλκοόλες (μεθανόλη, αιθανόλη), σε αλδεΐδες, σε CO₂ και σε H₂ (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Από όλα τα προϊόντα της οξυγένεσης, τα σημαντικότερα είναι τα οξικά, το CO₂ και το H₂, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως υποστρώματα από τα βακτήρια του επόμενου σταδίου. Μεταξύ των προϊόντων του σταδίου αυτού, η NH₃ και το H₂S ευθύνονται για τη δυσάρεστη οσμή που εκλύεται στη φάση αυτή. Κατά την οξυγένεση συναντάμε τα γένη των βακτηρίων: *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, και *Micrococcus* ή *Flavobacterium* (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012).

Στην **ακετογένεση**, τα βακτήρια των γενών *Syntrophomonas* και *Syntrophobacter* οξειδώνουν τα προϊόντα από την οξυγένεση (πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες) σε οξικό οξύ και σε H₂, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μεθανογενή υποστρώματα (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Το H₂ που ελευθερώνεται, έχει τοξική επίδραση επάνω στους μικροοργανισμούς των δύο προαναφερόμενων γενών, οπότε τα βακτήρια αυτού του σταδίου εμποδίζονται να μεταβολιστούν και θα πρέπει να συμβιώσουν με τα μεθανογενή (από τη συμβίωση αυτή προκύπτει και το πρώτο συνθετικό των γενών syntro). Ουσιαστικά το στάδιο αυτό υφίσταται παράλληλα με τη μεθανογένεση (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Το στάδιο αυτό θεωρείται καθοριστικό για την αποτελεσματικότητα της παραγωγής του βιοαερίου, αφού το 70% του μεθανίου προέρχεται από τη μείωση των οξικών προϊόντων (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012).

Η **μεθανογένεση** αποτελεί το τελευταίο στάδιο της διεργασίας αυτής και πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Ουσιαστικά στη φάση αυτή, παράγεται μεθάνιο από τα υποστρώματα που έχουν δημιουργηθεί στις προηγούμενες φάσεις κι αυτά είναι: το οξικό οξύ, το H₂ και το CO₂ (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012). Ακόμα τα μεθανογενή παράγουν μεθανόλη, μεθυλανίνη και διμεθυλοθειαιθέρα. Όπως είπαμε το 70% του CH₄, προέρχεται από τη μετατροπή των οξικών, η οποία πραγματοποιείται από ετερότροφα μεθανογενή βακτήρια. Το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μείωση του CO₂ που πραγματοποιείται από αυτότροφα μεθανογενή βακτήρια. Το H₂ χρησιμοποιείται ώστε να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη των βακτηρίων που θα εγείρουν την παραγωγή οργανικών οξέων με λίγους δεσμούς της οξυγενούς φάσης και συνεπώς την παραγωγή ενός πολύ μικρού ποσοστού H₂ της ακετογενούς φάσης (Ali-Shah κ.α., 2014) (Zieminski και Frac, 2012).

Σύσταση των χωνεμένων υλικών – ιδιότητες – υποστρώματα

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου, υφίστανται πολλές μεταβολές σε πολλά χαρακτηριστικά (περιεχόμενο

αμμωνίας, pH, αναλογία C προς N κ.α.), μέχρις ότου διαμορφωθούν στο τελικό προϊόν με συγκεκριμένη σύσταση. Αυτές οι μεταβολές, σχετίζονται άμεσα με τη διαθεσιμότητα των μακρο και μικροστοιχείων για τα φυτά, αφού εφαρμοστεί το χωνεμένο υλικό (Moller και Muller, 2012). Τα διάφορα υλικά που προστίθενται στο μείγμα προς χώνευση, όπως τα υπολείμματα από καλλιέργειες φυτών, συμβάλλουν στη συνολική αύξηση της κινητικότητας των οργανικών συστατικών της κοπριάς σε ολόκληρο το σύστημα ενός αγροκτήματος. Αυτό συνεπάγεται με τη σειρά του, την αύξηση της επάρκειας του N προς εκμετάλλευση (Moller και Muller, 2012). Παρατηρείται ότι η αναερόβια χώνευση των κοπριών (και στερεών υπολειμμάτων) που προέρχονται από τα αγροκτήματα και τις μονάδες γαλακτοπαραγωγής, μειώνει το κλάσμα του άμεσα διαθέσιμου P και των μικροστοιχείων. Το γεγονός αυτό όμως δεν επηρεάζει τη βραχυπρόθεσμη διαθεσιμότητα σε συνθήκες αγρού (Moller και Muller, 2012).

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η αξιολόγηση και η δυνατότητα για βελτιστοποίηση των χωνεμένων υλικών ως λιπάσματα, διαμορφώνεται από την επίδρασή τους στο N και τον C του εδάφους. Καλύτερα συμπεράσματα εξάγονται από την αξιολόγηση της ικανότητας των χωνεμένων για βιο – αποδόμηση των οργανικών υλικών. Η ικανότητα για άμεση αποδόμηση αξιολογείται με βάση ορισμένα κριτήρια, όπως ο διαλυτός οργανικός C (DOC), ο χωνεμένος οργανικός C, το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και το ποσοστό ανοργανοποίησης αυτών μέσα στις πρώτες 7 ημέρες αναερόβιας χώνευσης (Alburquerque κ.α., 2011). Η ικανότητα των χωνεμένων για εμπλουτισμό του εδάφους με N, αξιολογείται από όλα τα παραπάνω και την αναλογία του DOC προς το ολικό άζωτο (TN) (Alburquerque κ.α., 2011). Υψηλά αποδομήσιμα υλικά, όπως τα συστατικά της κοπριάς των βοοειδών, κρίθηκαν ως ακατάλληλα για γεωργική χρήση, επειδή παρήγαγαν υψηλά ποσοστά CO₂ - C , ενώ παράλληλα προκαλούσαν την ακινητοποίηση του N και την απονιτροποίηση του εδάφους μετά την εφαρμογή τους (Alburquerque κ.α., 2011). Αντιθέτως, τα λιγότερο αποδομήσιμα υλικά (που αυτό σημαίνει: BOD < g O₂L⁻¹ νωπού βάρους από τα υψηλά αποδομήσιμα υλικά,

DOC < g L⁻¹ νωπού βάρους από τα υψηλά αποδομήσιμα υλικά και DOC/ TN < από τα υψηλά αποδομήσιμα υλικά), συνέβαλλαν στην παραγωγή χαμηλότερων ποσοστών CO₂ – C, και το NH₄-N, μετατράπηκε σε NO₃⁻-N (νιτροποίηση), που είναι και η διαθέσιμη μορφή N για τα φυτά (Alburquerque κ.α., 2011). Για τα υψηλά ή ταχέως αποδομήσιμα υλικά υποστρωμάτων, όπως η κοπριά των βοοειδών, εκτός από την αναερόβια χώνευση, είναι αναγκαία μία περαιτέρω βιολογική μεταχείριση, όπως η σταθεροποίηση των προαναφερόμενων χαρακτηριστικών υπό αερόβιες συνθήκες, προτού γίνει η σπορά του εδάφους με το συγκεκριμένο υπόστρωμα. Αντιθέτως, μετά την εφαρμογή των χωνεμένων υποστρωμάτων με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά στο έδαφος, μπορεί να γίνει απευθείας η σπορά (Alburquerque κ.α., 2011).

Σε σύγκριση με την αχώνευτη κοπριά βοοειδών και άλλων ζώων, το χωνεμένο υλικό από το βιοαέριο, χαρακτηρίζεται από ένα πολύ χαμηλότερο ποσοστό ξηρής ύλης (Potsch κ.α. 2004). Το pH της χωνεμένης κοπριάς, που επηρεάζει άμεσα την αστάθεια της αμμωνίας (NH₃), κυμαίνεται μεταξύ 7,3 και 9,1, ενώ η αναλογία του αμμωνιακού αζώτου

προς το ολικό N (NH₄-TN) έχει ποσοστό 56%, σημαντικά υψηλότερο από αυτό της αχώνευτης κοπριάς (44%). Επομένως, ο κίνδυνος για αύξηση των απωλειών NH₃ είναι μεγάλος, ο οποίος μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την τήρηση ορισμένων σημαντικών μέτρων, όπως η καλή και ομοιόμορφη εφαρμογή της χωνεμένης κοπριάς, σε υγρές ή δροσερές έως κρύες καιρικές συνθήκες (Potsch κ.α. 2004). Υψηλότερα είναι τα ποσοστά N, P, K, Ca και Mg, της κοπριάς από το βιοαέριο, σε σχέση με την αχώνευτη. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μείωση της ξηρής ύλης που υφίσταται κατά την αναερόβια χώνευση. Όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα, η κοπριά από το βιοαέριο, έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε Fe και Cd, αλλά εμφανίζει υψηλότερες τιμές για Cu, Zn, Mn, Cr, Ni και Pb, σε σχέση με την αχώνευτη κοπριά (Potsch κ.α. 2004).

Η χωνεμένη κοπριά μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος και σε υγρή μορφή, εκτός από τη στερεή (Valentinuzzi κ.α., 2020). Η υγρή μορφή, αν εφαρμοστεί σε χαμηλή δόση μπορεί να προκαλέσει αύξηση του νωπού βάρους σε βλαστό κηπευτικών φυτών, όπως το αγγούρι. Η στερεή μορφή, αν χορηγηθεί σε υψηλή δόση, μπορεί συμβάλλει στην αύξηση του νωπού βάρους σε βλαστό φυτών μεγάλης καλλιέργειας όπως το καλαμπόκι (Valentinuzzi κ.α., 2020). Το υγρό κλάσμα της χωνεμένης κοπριάς, μπορεί να απελευθερώσει άμεσα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, όμως η αδυναμία συγκράτησης και αποθήκευσης των στοιχείων αποτελεί το μεγάλο της μειονέκτημα. Από την άλλη η στερεή μορφή μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη συγκράτηση των θρεπτικών (όπως P και K), συμβάλλοντας έτσι ταυτόχρονα στη διαθεσιμότητά τους για τα φυτά, σε επικείμενη αύξηση της φυτικής βιομάζας και μακροπρόθεσμα στη βελτίωση των βιοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους (Valentinuzzi κ.α., 2020).

Πέρα από την κοπριά, προστίθενται και άλλα υλικά ως πρώτες ύλες στην αναερόβια χώνευση. Στις κατηγορίες των πρόσθετων υλικών ως υποστρώματα, τις πρώτες θέσεις κατέχουν τα υπολείμματα τροφίμων, τα υπολείμματα γκαζόν και χορτοδοτικών φυτών και τα διαχωρισμένα λιπαρά. Ακολουθούν τα υγρά λύματα που ανιχνεύονται στις αφιλτράριστες υδάτινες πηγές, το ενσίρωμα από καλαμπόκι, τα βρώσιμα λιπαρά και το ενσίρωμα από αγρωστώδη φυτά. (Potsch κ.α. 2004). Τα υπολείμματα προς αναερόβια χώνευση, από όπου κι αν προέρχονται, δεν θεωρούνται βλαβερά, εφόσον σε 50 g νωπού βάρους του υποστρώματος δεν ανιχνεύεται καθόλου *Salmonella* spp, αν σε 1 g νωπού βάρους δεν ανιχνευθούν πάνω από 5000 σχηματιζόμενες μονάδες αποικίας βακτηρίων της οικογένειας *Enterobacteriaceae* και τέλος εφόσον δεν βρεθεί κανένα αυγό από κάποιο παράσιτο (Potsch κ.α. 2004).

Η χρήση χωνεμένης κοπριάς από την παραγωγή βιοαερίου, σε συνδυασμό με κατεργασμένα (π.χ. αποτεφρωμένα) φυτικά υπολείμματα (π.χ. δασικά), αποτελεί έναν πολύ καλό τρόπο αξιοποίησης και ανακύκλωσης των προϊόντων ζωικής και φυτικής προέλευσης και συγχρόνως μια διέξοδο από τη χρήση ανόργανων λιπασμάτων, ειδικά για τα όξινα εδάφη (Fernandez-Delgado Juarez κ.α., 2013). Έχει παρατηρηθεί σε πείραμα, ότι ο συνδυασμός άχυρου με χωνεμένη κοπριά, συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα K σε σχέση με την ίδια σύσταση κοπριά μόνη της (Barlog κ.α., 2020). Το όργωμα αυτού του υποστρώματος, αύξησε την κινητικότητα του N, ενώ ταυτόχρονα, μείωσε τα ποσοστά

νιτρικών αλάτων του εδάφους (Barlog κ.α., 2020). Είναι διαπιστωμένο ότι κατά την αναερόβια χώνευση της κοπριάς, αναστέλλεται η βλάστηση σπόρων των ζιζανίων, έως ότου πολλοί από αυτούς νεκρώνονται (Johansen κ.α., 2013). Συνεπώς η εφαρμογή του υποστρώματος αυτού μπορεί να γίνει χωρίς κανένα φόβο για επικείμενη εξάπλωση των αυτοφυών ζιζανίων (Johansen κ.α., 2013).

Η αξιολόγηση των χωνεμένων προϊόντων, ως βελτιωτικά εδάφους και ως λιπάσματα, θα πρέπει να γίνεται βάσει νομικών, αγρονομικών, χημικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων (Nkoa, 2014). Τα κύρια σημεία και τα γενικά συμπεράσματα μιας τέτοιας αξιολόγησης είναι τα εξής: 1) τα περισσότερα από τα χωνεμένα προϊόντα συμμορφώνονται το κατά δύναμιν με τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις για τα βελτιωτικά της εδαφικής οργανικής ουσίας, 2) η αξία τους ως λιπάσματα είναι μεγαλύτερη από τα αχώνευτα υπολείμματα του ζωικού κεφαλαίου και μικρότερη από τα ανόργανα λιπάσματα, 3) τα αναερόβια χωνεμένα προϊόντα μπορεί να προκαλέσουν εκπομπή αμμωνίας (NH₃) σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό τι τα αχώνευτα υπολείμματα, δημιουργώντας έτσι μεγάλο κίνδυνο για το περιβάλλον, 4) κατά την αναερόβια χώνευση, δημιουργούνται υψηλές συγκεντρώσεις χαλκού (Cu) και ψευδάργυρου (Zn), δυσχεραίνοντας έτσι τη βιωσιμότητα των εδαφών και 5) οι υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου στα χωνεμένα προϊόντα μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα στα εδάφη, έπειτα από επανειλημμένες εφαρμογές τους (Nkoa, 2014).

Στην επικείμενη ευρωπαϊκή ρύθμιση περί τα βελτιωτικά εδάφους και τα λιπάσματα, η χωνεμένη κοπριά αποτελεί ένα υλικό που πληρεί όλες τις προϋποθέσεις, ώστε να ενταχθεί στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας (Sturmer κ.α. 2020). Σύμφωνα με τη ρύθμιση αυτή, τα λιπάσματα και βελτιωτικά εδάφους που είναι διαθέσιμα στο διεθνές εμπόριο, θα εντάσσονται στις τρεις κατηγορίες: «οργανικό βελτιωτικό εδάφους», «μέσο ανάπτυξης» και «οργανικός – απαλλαγμένος από μικρόβια – βιο-διεγέρτης φυτών» (Sturmer κ.α. 2020). Ένα μεγάλο βήμα στην κυκλική οικονομία, θα είναι ο καθορισμός νομικών κριτηρίων που θα αξιολογούν την αναερόβια χώνευση ως διαδικασία διαχείρισης αποβλήτων και τη φυσιολογική κατάσταση της χωνεμένης κοπριάς ως υλικό βελτίωσης του εδάφους (Sturmer κ.α. 2020).

1.3. ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Διαδικασία κομποστοποίησης

Διάφορα υλικά φυσικής προέλευσης, όπως συμπιεσμένο φυτόχωμα, κομμένο γρασίδι και υπολείμματα χορτοδοτικών φυτών, δημητριακών και γενικότερα φυτών μεγάλων

καλλιεργειών, φλούδες καρπών, φύλλα, μικρά ξυλώδη τεμαχίδια και φλοιοί δένδρων, αναμειγμένα χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικά λιπάσματα ή πρόσθετα βελτιωτικά εδάφους (Rynk κ.α. 1992). Όλα αυτά τα υλικά όμως θα είναι αποτελεσματικότερα και θα έχουν καλύτερη επίδραση στα φυτά και στο έδαφος, αν εφαρμοστούν μέσω κάποιας μεταχείρισης. Η συνηθέστερη μεταχείριση για αυτά τα υλικά είναι η κομποστοποίηση.

Κομποστοποίηση καλείται η διαδικασία όπου: ένα οργανικό στερεό υλικό μετατρέπεται σε ένα σταθεροποιημένο υπόστρωμα, μέσω διαφόρων διεργασιών που υφίστανται υπό αερόβιες συνθήκες και συντελούνται χάριν στη μικροβιακή δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα στο υλικό αυτό (de Oliveira κ.α. 2016). Η διαδικασία αυτή αποτελείται από τρεις φάσεις: α) τη μεσοφιλική ή μέτρια θερμοκρασιακή φάση, όπου η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 25 και 45 °C, β) τη θερμοφιλική ή υψηλά θερμοκρασιακή φάση με θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 45 °C (συνηθέστερα μεταξύ 45 και 70 °C) και γ) τη μεσοφιλική ξήρανση και επεξεργασία ή αλλιώς τη φάση ωρίμανσης, όπου η θερμοκρασία πέφτει ξανά στους 40 με 45°C (Mehta κ.α. 2014).

Οι μικροοργανισμοί, οι οποίοι αναλαμβάνουν δράση κατά την πρώτη φάση είναι κατά κύριο λόγο βακτήρια. Οι οργανισμοί αυτοί χρησιμοποιούν το διαθέσιμο οξυγόνο από την αποσυντιθέμενη πρώτη ύλη, ώστε να το μετατρέψουν σε άνθρακα και ενέργεια που απαιτείται για την ανάπτυξή τους. Μέσω αυτής της διεργασίας, παράγουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Κατά τον μεταβολισμό των συστατικών της πρώτης ύλης, παράγεται θερμότητα. Όταν η θερμοκρασία φτάσει κοντά στους 45°C, οι μεσοφιλικοί οργανισμοί (βακτήρια) πεθαίνουν ή αδρανοποιούνται και βρίσκονται σε λανθάνουσα κατάσταση έως ότου ενεργοποιηθούν και πάλι. Στο επόμενο στάδιο, ενεργοποιούνται άλλοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι είναι μύκητες κατά κύριο λόγο. Οι θερμοφιλικοί αυτοί οργανισμοί, καταναλώνουν όλα τα έτοιμα και διαθέσιμα υλικά, πολλαπλασιάζονται και αντικαθιστούν τα βακτήρια. Παράλληλα, η θερμοκρασία ανεβαίνει σε πολύ υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να πεθαίνουν όλοι οι παθογόνοι βλαβεροί μικροοργανισμοί και οι σπόροι των ζιζανίων. Τα αποθέματα τροφής και ενέργειας μειώνονται με αποτέλεσμα να πεθάνουν οι μύκητες και να ενεργοποιηθούν εκ νέου οι μεσοφιλικοί οργανισμοί. Παράλληλα η θερμοκρασία πέφτει ξανά στους 40 με 45°C. Τα βακτήρια αξιοποιούν τις τελευταίες πηγές ενέργειας που έχουν απομείνει και το υλικό υφίσταται μια σταδιακή ξήρανση και τελικώς ωριμάζει καθιστώντας το κομπόστ κατάλληλο για εφαρμογή (U.S. Environmental Protection Agency).

Παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση

Αναφορικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία αυτή είναι: τα ποσοστά οξυγόνου και ο βαθμός αερισμού του κομπόστ ή της σωρού, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά (για την εκτίμησης της οποίας βοηθάει ο λόγος C/N), τα ποσοστά υγρασίας, το πορώδες, το μέγεθος των εδαφικών τεμαχιδίων / συσσωματωμάτων, το pH, η δομή και η υφή της σωρού υπό κομποστοποίηση, οι θερμοκρασίες και ο χρόνος (Rynk κ.α. 1992).

Οξυγόνο και αερισμός. Από τις πρώτες μέρες της κομποστοποίησης, όλα τα συστατικά των πρώτων υλών που αποσυντίθενται, μεταβολίζονται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Επομένως είναι μεγάλες οι ανάγκες σε οξυγόνο και θερμότητα από τα πολύ πρώιμα στάδια της διαδικασίας, κι έπειτα μειώνονται καθώς εξελίσσονται οι διάφορες διεργασίες. Αν είναι χαμηλή η επάρκεια σε οξυγόνο, τότε η όλη διαδικασία καθυστερεί. Στο κενό μεταξύ των πόρων της σωρού, η ελάχιστη συγκέντρωση σε O₂, πρέπει να κυμαίνεται στο 5% (Rynk κ.α. 1992).

Σε τυχόν έλλειψη O₂ δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες. Η αναερόβια αποσύνθεση εμπλέκει διαφορετικούς μικροοργανισμούς από αυτούς που έχουμε αναφέρει και οδηγεί σε διαφορετικές βιοχημικές αντιδράσεις. Οι χημικές ενώσεις που δημιουργούνται σε αυτή την περίπτωση, περιέχουν μεθάνιο, οργανικά οξέα, υδρόθειο και άλλες ουσίες. Οι ενώσεις αυτές παράγουν έντονη δυσσομία και δεν συνιστάται η εφαρμογή υλικών που τις περιέχουν (Rynk κ.α. 1992).

Τα απαιτούμενα ποσοστά O₂ και ο σωστός αερισμός συμβάλλει στη σταδιακή μείωση της θερμότητας, στην απομάκρυνση του εξατμιζόμενου νερού και άλλων αερίων που βρίσκονται παγιδευμένα στα υλικά της σωρού (Rynk κ.α. 1992).

Θρεπτικά στοιχεία (C/N). Τα βασικότερα μακροστοιχεία που απαιτούν οι μικροοργανισμοί και σε μεγάλα ποσοστά, είναι ο άνθρακας (C), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), και το κάλλιο (K) (Richard 1992). Από αυτά, ο C και το N θεωρούνται τα πιο σημαντικά, καθώς είναι δύσκολο να βρίσκονται και τα δύο σε επάρκεια (Richard 1992). Ο C αποτελεί πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς, ενώ ένα μικρό κλάσμα του στοιχείου αυτού βρίσκεται ενσωματωμένο στα κυτταρικά τους τοιχώματα. Το N είναι απαραίτητο για την αύξηση και εξάπλωση του μικροβιακού πληθυσμού, αφού αποτελεί βασικό συστατικό της πρωτεΐνης, η οποία δομεί και σχηματίζει πάνω από το 50% της κυτταρικής βιομάζας των βακτηρίων (Richard 1992). Ο λόγος C/N είναι σημαντικός και μας δίνει πολλές χρήσιμες πληροφορίες για το βαθμό αποσύνθεσης και τη σύσταση του κομπόστ σε συστατικά και τις χημικές ενώσεις που τα αποτελούν. Αν το N είναι περιορισμένο, ο μικροβιακός πληθυσμός θα παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα και θα καθυστερήσει η διεργασία της αποσύνθεσης των οργανικών υλικών. Από την άλλη αν το N βρίσκεται σε επίπεδα υψηλότερα από τις απαιτήσεις των μικροοργανισμών, τότε η περίσσεια N θα χαθεί ή θα αποβληθεί από το σύστημα της κομποστοποίησης με τη μορφή αέριας αμμωνίας ή άλλων κινητών αζωτούχων ενώσεων, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν έντονη δυσσομία και διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα (Richard 1992). Ο P και το K είναι επίσης πολύ σημαντικά στοιχεία για την αναπαραγωγή και τον μεταβολισμό των κυττάρων των μικροοργανισμών (U.S. EPA).

Πορώδες, δομή, υφή και μέγεθος εδαφικών τεμαχιδίων. Πορώδες είναι ουσιαστικά το κενό αέρα ή ο χώρος μεταξύ των εδαφικών πόρων της κομποστοποιημένης μάζας. Προσδιορίζεται από το μέγεθος των εδαφικών τεμαχιδίων, το μέγεθος της διαβάθμισης των υλικών και τη συνέχεια των κενών χώρων μεταξύ των εδαφικών πόρων (Rynk κ.α. 1992). Γενικά, όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος των εδαφικών τεμαχιδίων, τόσο πιο έντονος είναι ο ρυθμός της κομποστοποίησης (U.S. EPA). Αναφορικά με τα κομπόστ, η δομή ουσιαστικά

συνιστά την συνοχή των εδαφικών τεμαχιδίων. Όσο πιο καλή είναι η δομή, τόσο πιο δύσκολη είναι η απώλεια πορώδους (των κενών χώρων), εξαιτίας του υγρού περιβάλλοντος που επικρατεί στην υπό κομποστοποίηση σωρό (Rynk κ.α. 1992). Η υφή, είναι το χαρακτηριστικό που περιγράφει τη διαθέσιμη επιφάνεια των υλικών (πόρων), για την αερόβια μικροβιακή δραστηριότητα (Rynk κ.α. 1992). Η διαθέσιμη αυτή επιφάνεια είναι μεγαλύτερη στα αρχικά στάδια της κομποστοποίησης (U.S. EPA).

Υγρασία. Όσον αφορά τις πρώτες ύλες, ένα ικανοποιητικό πορώδες και μια ικανοποιητική δομή, μπορούν να επιτευχθούν όταν το ποσοστό υγρασίας είναι κάτω από 65% (Rynk κ.α. 1992). Εάν υπερβεί το όριο αυτό, τότε το νερό απορροφάται ταχύτερα από το ρυθμό απομάκρυνσής του μέσω της εξάτμισης και του αερισμού, οπότε εμποδίζεται η ροή οξυγόνου με συνέπεια να δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες (U.S. EPA).

Θερμοκρασία. Οι ιδανικές θερμοκρασίες κομποστοποίησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κατά πόσο η θερμότητα που δημιουργείται από τους μικροοργανισμούς, αντισταθμίζει την θερμότητα που χάνεται μέσω του ελεγχόμενου αερισμού και των απωλειών υγρασίας (Richard 1992). Γενικά οι θερμοκρασίες για μια πιο αποτελεσματική διαδικασία κυμαίνονται μεταξύ 45 και 59 °C (Richard 1992). Αν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη των 20 °C, τότε οι μικροοργανισμοί δεν αναπαράγονται και η αποσύνθεση των υλικών καθυστερεί (U.S. EPA). Αν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 59 με 60 °C, τότε παρεμποδίζεται η δημιουργία θερμότητας εντός της σωρού, με αποτέλεσμα να είναι και πάλι πολύ χαμηλός ο ρυθμός της αποσύνθεσης (Finstein κ.α. 1986). Η προσέγγιση της τακτικής που θέλει τη θερμοκρασία κάτω των 59 °C, οδηγεί σε μια σειρά επιθυμητών διεργασιών: κατανάλωση O₂ εξαιτίας της αποσύνθεσης και παραγωγή θερμότητας, αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται από τη θερμότητα, η υψηλή θερμοκρασία απαιτεί καλό αερισμό της σωρού, ο αερισμός απομακρύνει σταδιακά τη θερμότητα και προμηθεύει τη σωρό με επιπλέον O₂ που είναι επιθυμητό (Finstein κ.α. 1986). Συνεπώς οι θερμοκρασίες αυτές βοηθούν στην επιτάχυνση της αποσύνθεσης, ενώ ταυτόχρονα οξυγονώνεται η μάζα της σωρού (Finstein κ.α. 1986).

pH. Οι καλύτερες τιμές για την κομποστοποίηση βρίσκονται μεταξύ 6.5 και 8. Τα βακτήρια προτιμούν ένα pH μεταξύ 6 και 7.5. Οι μύκητες ευδοκιμούν σε μεγαλύτερο εύρος pH με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 5.5 και 8 (U.S. EPA). Αν φτάσει την τιμή 9, τότε το N μετατρέπεται σε αμμωνία και δεν είναι πια διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η αποσύνθεση (Rynk κ.α. 1992). Γενικά, στην κομποστοποίηση, η σύσταση των αρχικών υλικών, καθώς και το pH τους μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης (Rynk κ.α. 1992). Μία τυχόν απελευθέρωση οργανικών οξέων για παράδειγμα, θα μπορούσε να προκαλέσει προσωρινή μείωση του pH, κατά το πρώτο στάδιο της κομποστοποίησης. Από την άλλη, η παραγωγή αμμωνίας από αζωτούχες ενώσεις μπορεί να προκαλέσει αύξηση του pH (Rynk κ.α. 1992). Ανεξάρτητα από το pH των αρχικών υλικών, η κομποστοποίηση τελικώς μας δίνει ένα προϊόν με σταθερό pH κοντά στην ουδέτερη τιμή (7) (Rynk κ.α. 1992).

Χρόνος. Η χρονική περίοδος για μετασχηματισμό των πρώτων υλών σε κομπόστ, εξαρτάται από πολλούς από τους προαναφερόμενους παράγοντες, δηλαδή από τη

θερμοκρασία, την υγρασία, τη συχνότητα αερισμού και άλλες απαιτήσεις (Rynk κ.α. 1992). Γενικά συστήνεται να περάσουν ένας με δύο μήνες προτού χρησιμοποιηθεί το κομπόστ, εφόσον πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις (Rynk κ.α. 1992). Αν το κομπόστ προορίζεται για καλλιέργεια φυτών, τότε αυτό μπορεί να εφαρμοστεί, να υποστεί την επεξεργασία του έως ότου ωριμάσει, απευθείας στο χωράφι (Rynk κ.α. 1992).

1.3.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΩΣ ΦΥΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤ

Ιστορικά έχει αποδειχθεί επανειλημμένα ότι εάν επέλθει κάποια τροποποίηση στα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, για παράδειγμα με τη λίπανση όπου ενισχύεται η περιεκτικότητα σε κάποιο στοιχείο από αυτά, πιθανόν να εκδηλωθούν συμπτώματα τοξικότητας και να προκληθούν σοβαρές αλλοιώσεις στην τροφική αλυσίδα με βλαβερές επιπτώσεις για τον άνθρωπο (Channey 2012). Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, όπου εφαρμόζονται λιπάσματα με υψηλά επίπεδα σε βαρέα μέταλλα, ο κίνδυνος να ληφθούν μέσω της τροφής υπολείμματα στοιχείων όπως το κάδμιο (Cd), ο μόλυβδος (Pb) και το αρσενικό (As) είναι μεγαλύτερος από την τοξική επίδραση που μπορεί να έχουν στα φυτά (Channey 2012). Γενικά, σε κανέναν αγρό δεν ενδείκνυται η κατ' εξακολούθηση χρήση λιπασμάτων και προϊόντων τροποποίησης εδάφους που περιέχουν όλα τα προαναφερόμενα στοιχεία ή ακόμα ψευδάργυρο (Zn), χαλκό (Cu), μολυβδαίνιο (Mo) και σελήνιο (Se) σε σημαντικές ποσότητες (Channey 2012).

Η τύρφη είναι ένα πολύ καλό οργανικό υλικό για τη φύτευση και ανάπτυξη των φυτών στα πρώτα τους στάδια, σε μικρά γλαστράκια (Pane κ.α. 2011). Συγχρόνως όμως είναι γεγονός ότι είναι ασύμφορη η μεταφορά και η χρήση της όταν πρόκειται για μεγάλες ποσότητες, καθώς είναι από τα πιο κοινά και ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά, οπότε και η τιμή της είναι ακριβή (Carlile κ.α. 2015). Ακόμα η κατασταλτική της επίδραση έναντι της δράσης των παθογόνων που εξαπλώνονται στο έδαφος είναι μικρή, γι' αυτό και όλοι καταφεύγουν στα μυκητοκτόνα και παρασιτοκτόνα (Pane κ.α. 2011). Η χρήση των χημικών προϊόντων είναι πολύ εκτεταμένη και δυστυχώς αναγκαία και αναπόφευκτη σε πολλές περιπτώσεις, αφού η αποτελεσματικότητα των σκευασμάτων αυτών είναι μεγάλη, ιδίως στις ποικιλίες, των οποίων η ανθεκτικότητα στα παθογόνα και τις ασθένειες είναι μικρή (Lazarovits 2001). Η χρόνια χρήση όμως αυτών των προϊόντων, πέρα από το ότι είναι οικονομικά ασύμφορη, μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση νέων ασθενειών, που με τη σειρά του αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω χρήση φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων (Lazarovits 2001). Υπάρχουν όμως και εναλλακτικές μέθοδοι εμπλουτισμού του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία. Μία από αυτές είναι και η χρήση υπολειμμάτων οργανικών προϊόντων, που είναι ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον (Mehta κ.α. 2014). Σε αυτές συμπεριλαμβάνεται ακόμα η εφαρμογή κομπόστ στα χωράφια ως μία εξαιρετική φυσική προσέγγιση εμπλουτισμού του εδάφους αλλά και καταπολέμησης των παθογόνων για τα φυτά μικροοργανισμών (Mehta κ.α. 2014). Αποτελεσματική ήταν η κατασταλτική επίδραση των κομπόστ που εφαρμόστηκαν σε διάφορα πειράματα, έναντι ασθενειών που

μεταδίδονται μέσω του εδάφους, όπως οι σηψιρρηζίες και οι κηλιδώσεις (*Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* spp.) η μάρανση και η βερτιτσιλλίωση (*Fusarium oxysporum* και *Verticillium dahliae*) (Noble κ.α. 2004). Η επίδρασή τους όμως σε συνθήκες περιβάλλοντος παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και γενικά η αποτελεσματικότητά τους είναι μικρότερη σε σύγκριση με τις ελεγχόμενες συνθήκες που επικρατούν στα πειράματα (Noble κ.α. 2004).

Μεταξύ άλλων υλικών φυσικής προέλευσης για την παρασκευή κομπόστ είναι τα φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες λαχανικών παράγουν μεγάλο όγκο τέτοιων υπολειμμάτων, τα οποία είναι εύκολα αποδομήσιμα και μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν ως πηγή οργανικών υλικών ώστε να παρασκευαστούν κομπόστ και να αξιοποιηθούν έτσι όλες οι θρεπτικές ιδιότητες που περιέχονται σε αυτά (Chatterjee κ.α. 2014). Πολύ χρήσιμοι στην αποδόμηση αυτών των υλικών είναι οι γαιοσκώληκες που συμβάλλουν στην παρασκευή των vermicompost, μιας ειδικής κατηγορίας κομπόστ με πολύ καλά ποιοτικά στοιχεία, η εφαρμογή των οποίων μας δίνει φυτά με πολύ καλά στοιχεία ποιότητας και με μεγάλη παραγωγή σε καρπό (Chatterjee κ.α. 2014). Ακόμα χρησιμοποιούνται τα απόβλητα ελαιτριβείου και οι κληματσίδες από αμπέλι για την ανάμειξή τους με υπολείμματα λαχανικών. Μέσα στη σωρό των υλικών αυτών παρεμβάλλονται σειρές από στάχια και αφήνονται όλα μαζί να κομποστοποιηθούν. Η εφαρμογή τέτοιων υλικών έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει στην αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Maniadas κ.α. 2004).

Φυτικής και ζωικής προέλευσης κομπόστ έχουν χρησιμοποιηθεί για να ελέγξουν κατά πόσο επηρεάζουν τα επίπεδα σε βαρέα μέταλλα που υπάρχουν στο έδαφος, αλλά και αυτά που ανιχνεύονται στα φύλλα των φυτών (Abubakar κ.α. 2017). Σε εδάφη που το pH είναι χαμηλό, διευκολύνεται η βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων για τα φυτά, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στα μέρη των φυτών, καθιστώντας τα επικίνδυνα για τον άνθρωπο ιδίως αυτά που καλλιεργούνται για το εδάδιμο μέρος τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι αναγκαία μία ανύψωση του εδαφικού pH, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί και με τα κομπόστ φυτικής προέλευσης (Abubakar κ.α. 2017).

Υπολείμματα φρούτων και λαχανικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή οργανικών κομπόστ, τα οποία όταν ανοργανοποιούνται, αυξάνουν τη διαθεσιμότητα του N για τα φυτά (Trasch κ.α. 2019). Ωστόσο η προσθήκη ενός μικρού μέρους ζωικής κοπριάς σε ένα κομπόστ, ως επί τω πλείστο παρασκευασμένο από φυτικά υπολείμματα και η ανάμειξη αυτού με γεωργική τύρφη, δίνει ένα πολύ καλό προϊόν που ικανοποιεί όλες τις προϋποθέσεις και απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τα οργανικά λιπάσματα, ενώ παράλληλα διευκολύνει την ανοργανοποίηση του N (Trasch κ.α. 2019).

Η χρήση των κομπόστ μπορεί να καταπραΰνει τις δυσάρεστες επιπτώσεις που προκαλούνται από την εντατική καλλιέργεια και την υπερβολική κατεργασία του εδάφους. Τέτοιες επιπτώσεις μπορεί να είναι η απώλεια οργανικής ουσίας ή η ευπάθεια των εδαφών σε παθογόνα του εδάφους (Rane κ.α. 2015). Η βιομάζα διάφορων λαχανοκομικών φυτών, όπως η τομάτα, είναι μια πολύ χρήσιμη πρώτη ύλη για την παρασκευή τους. Τέτοια κομπόστ επηρεάζουν χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με την ανάπτυξη και

παραγωγικότητα των φυτών, αυξάνοντας την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων και υποκινώντας διάφορες βιο -διεγερτικές λειτουργίες (Pane κ.α. 2015). Διαφορετική είναι η επίδραση που έχουν τα φυτικά κομπόστ σε σχέση με τα συμβατικά βιοϋλικά, όσον αφορά τις βιολογικές λειτουργίες του εδάφους, όπως η υδρόλυση διοξικού οξέος, ή η ενζυματική λειτουργία της δεϋδρογενάσης και της αλκαλικής φωσφατάσης (Pane κ.α. 2015). Πολλές από τις επιδράσεις στην εδαφική δραστηριότητα είναι έμμεσες. Δηλαδή η σύσταση των κομπόστ διαμορφώνει φυτά, των οποίων διάφορα βιο μόρια των κυττάρων τους, όπως οι πολυσακχαρίτες και διάφορες ενώσεις που προέρχονται από τη λιγνίνη (δευτερεύον τοίχωμα στα φυτικά κύτταρα που ισχυροποιεί και στεγανοποιεί το κύτταρο) συσχετίζονται με τις λειτουργικές δραστηριότητες των εδαφών (Pane κ.α. 2015).

Η χρήση των κομπόστ αποτρέπει την απόρριψη και την καύση των γεωργικών υπολειμμάτων, που έχουν δυσάρεστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ από την άλλη αποτελεί μία πολύ καλή επιλογή για ανακύκλωση των φυτών (Maniadaakis κ.α. 2004).

1.4. ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ

Η μυκόρριζα είναι το αποτέλεσμα της συμβίωσης μυκήτων και φυτών. Σε πολλά εδάφη υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις μικροοργανισμών, όπως οι μύκητες που ευδοκιμούν οργανωμένοι σε αποικίες. Το βλαστικό τους τμήμα απαρτίζεται από πολλά διακλαδισμένα νημάτια που λέγονται υφές. Το σύνολο των υφών ονομάζεται μυκήλιο (Τζάμος 2007). Μέσω του μυκηλίου ο μύκητας αντλεί τις αναγκαίες τροφές για την ανάπτυξή του. Συγκεκριμένα, ο σχηματισμός αυτός αναπτύσσεται στους ιστούς των φυτών, είτε στην επιφάνειά τους είτε στους μεσοκυττάριους χώρους, αποστέλλοντας μυζητήρες στο εσωτερικό των κυττάρων του ξενιστή.

Στην πλειοψηφία των εδαφών αυτών, πολλά καλλιεργούμενα φυτά αλλά και θάμνοι και δασικά είδη σχηματίζουν την μυκόρριζα. Πρόκειται για έναν συμβιωτικό σύνδεσμο μεταξύ της ρίζας του φυτού και του μύκητα του εδάφους. Αυτή η συμβίωση, σε πολλές καλλιέργειες συνεισφέρει στην υγεία, την ευρωστία και την επάρκεια των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία (όπως N, P, K αλλά και μικροστοιχεία). Ειδικότερα όσον αφορά το άζωτο, τα φυτά προκειμένου να σχηματίσουν τις πρωτεΐνες που έχουν ανάγκη, προσλαμβάνουν μέσω των ριζών τους, το N που υπάρχει στα μυκήλια των μυκήτων. Οι ευεργετικές επιδράσεις της μυκόρριζας έχουν διαπιστωθεί σε τροπικές καλλιέργειες όπως η μπανάνα, το κακάο, ο καφές, ακόμα σε σακχαρότευτλα, αλλά και στο βαμβάκι και στο τσάι (Dalzell κ.α. 1987).

Προκειμένου να αναλύσουμε στα επόμενα κεφάλαια τα αποτελέσματα που μας έδωσε το εδαφοβελτιωτικό αυτό υλικό, θα πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε την ευεργετική δράση της μυκόρριζας στο υπέργειο αλλά και υπόγειο περιβάλλον των φυτών.

Πολλά πειράματα έχουν διεξαχθεί, όπου πραγματοποιήθηκε τεχνητή μόλυνση φυτών με τους συγκεκριμένους μύκητες (διάφοροι μικροοργανισμοί των γενών *Trichoderma*,

Glomus κ.α.), με σκοπό να εκτιμηθεί η επίδραση που είχε η μυκόρριζα που σχηματιζόταν, στη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών, αλλά ακόμα και στη δομή του εδάφους.

Ο Ortas το 2010, διερεύνησε την απόδοση που είχε μία καλλιέργεια αγγουριού, έπειτα από εμβολιασμό με ειδικά μυκορριζικά σκευάσματα σε ιστούς των νεαρών φυτών. Τα εμβόλια αυτά, είχαν σημαντική θετική επίδραση στην επιβίωση των φυταρίων, ενώ αυξήθηκαν σημαντικά οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου (P) και του ψευδάργυρου (Zn) στις ρίζες και τους βλαστούς των φυτών. Επίσης σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια αγγουριών, ο εμβολιασμός με μυκόρριζα αύξησε τις συγκεντρώσεις του αζώτου (N) και του P στις ρίζες, ενώ παράλληλα τα επίπεδα του μαγνησίου (Mg), του χαλκού (Cu), και του Zn αυξήθηκαν σημαντικά στους βλαστούς (Wang κ.α. 2008). Σε μία καλλιέργεια νεραντζιών, ανεξάρτητα από τις ποσότητες λίπανσης σε P και Zn, ο εμβολιασμός με τη μυκόρριζα αύξησε το ξηρό βάρος και το βάρος της ρίζας και του βλαστού αντίστοιχα πάνω από δέκα φορές σε σχέση με τα μη εμβολιασμένα φυτά (Ortas κ.α. 2002). Έχει διαπιστωθεί επανειλημμένα ότι η απομάκρυνση αυτών των μικροοργανισμών από τα εδάφη είχε αρνητικές επιδράσεις στα φυτά. Ο κατ' εξακολούθηση υποκαπνισμός του εδάφους, με σκοπό την αποστείρωσή του, είχε ως αποτέλεσμα να εκδηλωθούν σε εσπεριδοειδή συμπτώματα τροφοπενίας (έλλειψης), σε θρεπτικά συστατικά, μέχρι που σοκαρίστηκαν εξαιτίας της εξουδετέρωσης των μυκήτων αυτών (Menge κ.α 1978). Πέρα από την βελτίωση της θρέψης των φυτών σε βασικά στοιχεία όπως ο P και το N, οι μυκόρριζες συμβάλλουν δραματικά στη διατήρηση της θρεπτικής κατάστασης του εδάφους, αλλά και στον βιολογικό έλεγχο των παθογόνων οργανισμών (Hooker και Black 1995). Πολλά είναι τα πειράματα που έχουν γίνει και γίνονται κι όμως τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί για την επίδραση που έχει η μυκόρριζα στην ανάπτυξη (ιστολογική ανάλυση, ξηρό – νωπό βάρος) την ευρωστία (ρυθμός ανάπτυξης, διάμετρος – αριθμός φύλλων, αριθμός γονάτων, ύψος) και την ποιότητα του προϊόντος (φύλλα, καρπός, αιθέρια έλαια κ.α.) που συγκομίζεται από το φυτό, δεν είναι πάντοτε αρκετά και δεν καλύπτουν ποτέ όλες τις περιπτώσεις, αφού σε κάθε είδος οι παράμετροι είναι διαφορετικές.

Ένα ζήτημα μεγάλης σημασίας και άξιο για διερεύνηση, είναι η επίδραση που έχει η μυκόρριζα στη δομή των εδαφών. Κάθε έδαφος έχει διαφορετική συσσωμάτωση, δηλαδή διαφορετική διάμετρο εδαφικών τεμαχιδίων. Από την άλλη οι μυκόρριζες διακρίνονται σε αυτές που η ανάπτυξή τους (μήκος), είναι καλή (με διάμετρο 0,2-1 mm) και σε αυτές των οποίων το μήκος κρίνεται πολύ καλό (με διάμετρο < 0,2 mm). Εντυπωσιακό είναι ότι οι πρώτες επηρεάζουν περισσότερο την διάμετρο και κατανομή των εδαφικών τεμαχιδίων σε σχέση με αυτές που η ανάπτυξή τους είναι πολύ καλή (Miller 1990). Οι επιρροές που ασκεί η μυκόρριζα, μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορα επίπεδα, όπως η ποικιλότητα των φυτών, που είναι ενδεικτική για την παραγωγικότητα και συσσωμάτωση των εδαφών, η φυσιολογία και η μορφολογία των ριζών, στο επίπεδο ξενιστή των μυκήτων και άλλες επιδράσεις από την διαμεσολάβηση του μυκηλίου των μυκήτων (Rilling και Mummey 2006). Η συνολική δομή του εδάφους και η φυσιολογία των φυτών που ευδοκιμούν σε αυτό, είναι στοιχεία αλληλένδετα, των οποίων η αλληλεπίδραση διαμορφώνει κάθε οικοσύστημα. Είναι γεγονός ότι η μυκόρριζα ευνοεί την πλεονάζουσα παραγωγή της

φυτικής βιομάζας, όμως η παραγωγικότητα των εδαφών, αν και αυξάνεται ανάλογα με τον πληθυσμό των ωφέλιμων μυκήτων, δεν συμπίπτει πάντα με την αύξηση της βιομάζας των φυτών. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα έδαφος με προσθήκη μυκόρριζας δεν είναι γραμμική η σχέση μεταξύ παραγωγικότητας εδάφους και φυτικού πλούτου (Klironomos κ.α. 2000). Έχει διαπιστωθεί ότι τόσο σε μικρούς όσο και σε μεγάλους πληθυσμούς – μικρής αλλά και έντονης παρουσίας μυκόρριζας – των ωφέλιμων μικροοργανισμών διαφόρων γενών, η ποικιλομορφία των φυτικών ειδών και της δομής του μικρόκοσμου των εδαφών παρουσιάζουν έντονες αλλαγές σε περίπτωση που επέλθει κάποια αλλαγή στην ταξινομική βαθμίδα – όσον αφορά το στέλεχος του γένους - ενώ από την άλλη όσο περισσότερα είδη αυτού του γένους απαντώνται σε ένα έδαφος, τόσο αυξάνεται η ποικιλότητα των φυτών που ευδοκιμούν σε αυτό και συνεπαγόμενα ο ρυθμός λήψης θρεπτικών στοιχείων από αυτά (van der Heijden κ.α. 1998).

Το κάθε αρωματικό φυτό αποκομίζει διαφορετικά οφέλη από τον εμβολιασμό με μυκορριζικά σκευάσματα. Για παράδειγμα βελτιώνεται η ανάπτυξη της μαντζουράνας , ενώ το μελισσόχορτο παράγει μεγαλύτερα ποσοστά διαφόρων φαινολικών οξέων που υπάρχουν στο αιθέριο έλαιο, όπως το ροσμαρινικό οξύ (Engel κ.α., 2016).

1.4.1. *Trichoderma harzianum*

Το εδαφοβελτιωτικό υλικό που χρησιμοποιήσαμε εμείς, περιέχει τον ωφέλιμο μύκητα *Trichoderma harzianum*. Γενικά τα είδη του γένους αυτού απαντώνται σε πολλούς αμπελώνες. Σαν φυσικά συστατικά του εδάφους, συμβάλλουν στη βελτίωση της θρέψης των φυτών (λήψη θρεπτικών) και στην αντίσταση των ριζών σε τυχόν επιθέσεις παθογόνων μικροοργανισμών του εδάφους. Ακόμα συνεισφέρουν στη διαμόρφωση της δομής και σταθερότητας που καθιστούν παραγωγικό ένα έδαφος (Tsvetkov κ.α. 2014). Ο περονόσπορος (downey mildew – κοινώς χνουδωτή μούχλα – εντοπίζεται κυρίως στα φύλλα), μία από τις σοβαρότερες ασθένειες στο αμπέλι, καταπολεμείται στις μέρες μας κυρίως με χαλκούχα σκευάσματα. Μία πολύ καλή λύση εναλλακτικής καταπολέμησης αποτελεί το σκεύασμα που περιέχει φυτικό εκχύλισμα του είδους *Salvia officinalis* σε συνδυασμό με τον μύκητα *Trichoderma harzianum* (Dagostin κ.α. 2011). Η εφαρμογή σκευάσματος που περιέχει στέλεχος του συγκεκριμένου μύκητα, ενεργοποιεί την έκφραση των γονιδίων εκείνων που είναι υπεύθυνα για τους μηχανισμούς άμυνας της αμπέλου στην ασθένεια αυτή που προκαλεί το φυτοπαθογόνο *Plasmopara viticola* (περονόσπορος) (Banani κ.α. 2014). Πρόκειται λοιπόν για έναν σπουδαίο βιοτικό φορέα που διεγείρει το αμυντικό σύστημα στα φυτά. Το φουζάριο είναι μια άλλη ασθένεια που συναντάται σε πολλά κηπευτικά προϊόντα. Πολύ συχνά αναφέρεται και ως οξύσπορο φουζάριο της τομάτας (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*). Οι μεταχειρίσεις φυτών με σκευάσματα που περιέχουν στελέχη του *Trichoderma harzianum* και άλλων ωφέλιμων μικροοργανισμών, συνέβαλαν στη μείωση της σφοδρότητας της ασθένειας (ένταση – συμπτώματα) , ενώ ακόμα συντέλεσαν στο να αυξηθεί η παραγωγή και το συγκομιζόμενο προϊόν (Srivastava κ.α. 2009).

Στα φυτά της οικογένειας Brassicaceae (λαχανοκομικά είδη), η εφαρμογή σκευασμάτων ή βελτιωτικών εδάφους που περιέχουν ταυτόχρονα το είδος *Trichoderma harzianum* αλλά και άλλα είδη ωφέλιμων μυκήτων, συντελεί στην αύξηση της βιομάζας και της παραγωγικότητας των φυτών. Συγκριτικά όμως μεταξύ τους το *Trichoderma harzianum* δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ η παρουσία του διευκολύνει κατά κάποιο τρόπο την εμφάνιση και ανάπτυξη και των υπολοίπων ωφέλιμων μυκήτων στο περιβάλλον των φυτών (Poveda κ.α., 2019). Το *T. harzianum*, είναι ένας από τους μικροοργανισμούς που προκαλεί την αύξηση της παραγωγής φυτικών ορμονών, όπως είναι οι αυξίνες IAA (ινδολυλ-3-οξικό οξύ), το ACC (αμινο-κυκλο-προπυλο-μεθανικό οξύ) (Medina-Martinez 2010), οι οποίες, μεταξύ άλλων, προκαλούν ή επιβραδύνουν την πτώση των ώριμων καρπών, προκαλούν την σύνθεση του αιθυλενίου και προωμίζουν την ωρίμανση. Ακόμα διεγείρει την παραγωγή διαφόρων κυτοκινινών όπως η Ζεατίνη (Ze) (Medina-Martinez 2010), που συμβάλλουν στο σχηματισμό των ανθικών καταβολών, στη διακίνηση των θρεπτικών στοιχείων εντός των φυτικών ιστών και στην προβλάστηση των σπόρων και τέλος προκαλεί την παραγωγή του αμπισικού οξέος (ABA) (Medina-Martinez 2010), το οποίο αποτελεί παρεμποδιστή της αύξησης και ανάπτυξης των υπολοίπων ορμονών και ευθύνεται για το λήθαργο των σπόρων και των οφθαλμών.

Είναι λοιπόν ξεκάθαρη και αποδεδειγμένη η παραδοχή της κατάστασης που διαμορφώνουν το *T. Harzianum* αλλά και γενικότερα τα στελέχη *Trichoderma* spp. Ότι δηλαδή μπορούν να συμβάλλουν στην επιτυχή αναπαραγωγή και ταχεία ανάπτυξη των φυτών σε συνδυασμό με την επαρκή μεταφορά και πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Παράλληλα όμως με την προώθηση της ανάπτυξης, επιφέρουν αξιοσημείωτες αλλαγές στη δομή του εδάφους της ριζόσφαιρας των φυτών και μεταξύ άλλων αυξάνουν σημαντικά την ενζυματική δραστηριότητα των εδαφών (Halifu κ.α. 2019). Η εργαστηριακή παρακολούθηση ριζών και φύλλων με μικροσκόπιο, έχει δείξει ότι η διείσδυση του *T. Harzianum* περιορίζεται σε ιστούς της επιδερμίδας και του εξωτερικού φλοιού των φυτών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται πρόσθετα φράγματα, τα οποία με την εναπόθεσή τους, ενδυναμώνουν τα κυτταρικά τοιχώματα (Yeyidia κ.α. 1998). Στα οπωροφόρα έχει βρσθεί ότι το *T. Harzianum* μειώνει τη διάμετρο των ριζών, αυξάνοντας έτσι την βιωσιμότητα και αντοχή τους έναντι σημαντικών ασθενειών όπως η σηψιρριζία που προκαλείται από το παθογόνο *Armillaria mellea* (Baldi κ.α. 2015). Σε εδάφη όπου υπάρχει ο συγκεκριμένος μύκητας, συγκεκριμένα στο στρώμα της ριζόσφαιρας, έχουν βρεθεί πολύ χαμηλότερα επίπεδα φαινολικών ενώσεων σε σχέση με εκείνα στα οποία απουσίαζε το *T. Harzianum* (Zhang κ.α. 2013). Το χαμηλό επίπεδο των φαινολικών ενώσεων σημαίνει ότι είναι μικρότερη η απειλή από παθογόνους μικροοργανισμούς, και υποδεικνύουν καλύτερη δομή εδάφους αφού αυτές έχουν αντιοξειδωτική δράση και αποτελούν έναν αποτελεσματικό αμυντικό μηχανισμό των φυτικών οργανισμών σε διάφορες επιβλαβείς αλλοιώσεις που μπορούν να επιφέρουν κάποιοι παράγοντες. Στα εδάφη όπου δεν υπάρχει το *T. Harzianum*, τα ριζικά εξιδρώματα συμβάλλουν σημαντικά στην βλάστηση των σπορίων των παθογόνων μικροοργανισμών, η οποία είναι σαφώς εντονότερη από τις μεταχειρίσεις με το *T. Harzianum* (Zhang κ.α. 2013). Τα ριζικά

εξιδρώματα συνιστούν ένα σύμπλεγμα από τη μείξη διάφορων διαλυτών οργανικών ουσιών, που μπορεί να περιέχει σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα, ένζυμα και άλλες ουσίες (B-J Koo κ.α. 2005).

Πέραν των παραπάνω φυτικών ειδών, το *T. Harzianum* έχει ευεργετική επίδραση για πολλές ακόμα καλλιέργειες όπως το βαμβάκι (Wei κ.α. 2019) και τα ανθοκομικά είδη (Chang κ.α. 1986).

1.5. ΜΕΛΙΣΣΟΧΟΡΤΟ – *Melissa officinalis*

Το μελισσόχορτο, γνωστό και ως μελισσοβότανο, ή κιτροβάλσαμο (Δόρδας, 2012), το συναντάμε ως αυτοφυές φυτό στη νότια Ευρώπη, συγκεκριμένα στις παραμεσόγειες περιοχές, στη δυτική και κεντρική Ασία, στη βόρεια Αφρική, στο βόρειο Ιράν, στον Καύκασο αλλά και σε τροπικές χώρες, όπως η Βραζιλία (Mihajlov, κ.α., 2013), (Moradkhani κ.α., 2010), (Miraj κ.α. 2016).

Βοτανική ταξινόμηση

Το είδος *Melissa officinalis* είναι πολυετής πόα και ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών, Lamiaceae (παλαιότερα γνωστή ως Labiatea). Πρόκειται για μία μεγάλη οικογένεια φυτών, της οποίας τα είδη συναντώνται σε όλες τις περιοχές του πλανήτη, καθώς μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα μεγάλο εύρος μορφολογικά διαφορετικών περιοχών με διαφορετικά κλίματα. Μπορούν να αναπτυχθούν σε αλπικές περιοχές, σε πεδινές, σε δασικές και σε άνυδρες παραθαλάσσιες περιοχές (Δόρδας, 2012), (Suthar και Patel, 2014).

Τα φύλλα του είναι ελαφρώς χνουδωτά και ελαφρώς καρδιόσχημα. Έχουν μήκος από 2 έως 8 cm, η επιφάνειά τους έχει βαθιές ραβδώσεις και είναι ελαφρώς οδοντωτά στις άκρες τους. Έχουν έντονη οσμή λεμονιού. Είναι γενικά μεγάλα και ωοειδή, σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, αλλά μικρότερα προς την κορυφή του βλαστού. Για φαρμακευτικούς σκοπούς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φρέσκα ή ξερά φύλλα από το ανώτερο τμήμα του υπέργειου μέρους του φυτού (Moradkhani κ.α., 2010), (Δόρδας, 2012).

Ο βλαστός του σχηματίζει πολλές διακλαδώσεις σε κάθε γόνατο, ενώ το ύψος του μπορεί να φτάσει τα 60 με 80 cm, σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος. Έχει πλούσιο ριζικό σύστημα, με πολλαπλές κεφαλές ριζών και πολλές πλευρικές ρίζες, που βοηθούν το φυτό να προσαρμόζεται εξίσου καλά σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα ανώτερα τμήματα, προς την κορυφή του φυτού, συνήθως νεκρώνονται το χειμώνα, αλλά καινούργιοι βλαστοί εκπύσσονται από τα χαμηλότερα προς τη βάση τμήματα, στις αρχές της άνοιξης, ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος (Moradkhani κ.α., 2010), (Δόρδας, 2012).

Τα άνθη του εκπύσσονται ανά 6 έως 12 σε μασχαλιαίους μονόπλευρους βλαστούς, συνήθως το δεύτερο χρόνο από τη φύτευση του φυτού, το διάστημα μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου. Το χρώμα τους είναι άσπρο έως ρόδινο με θαλασσιές αποχρώσεις. Το μελισσόχορτο είναι σταυρεπικονιαζόμενο είδος. Κάθε άνθος αποτελείται από δύο στήμονες και τέσσερις λοβωτές ωοθήκες (Moradkhani κ.α., 2010), (Δόρδας, 2012).

Ο σπόρος του είναι επιμήκης, ωοειδής, με μήκος που κυμαίνεται από τα 1,5 έως 2 mm και το χρώμα του είναι από κίτρινο έως σκούρο καφέ ή μαύρο. Μπορεί να διατηρηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία, μέχρι και -18 °C και με υγρασία 5-7%, μέχρι και τρία χρόνια, όμως η ικανότητα βλάστησης του σπόρου μειώνεται όσο περισσότερο διαρκεί η περίοδος αποθήκευσης. Στα πέντε χρόνια, θεωρητικά ο σπόρος δε βλαστάνει πια (Moradkhani κ.α., 2010), (Δόρδας, 2012).

Εδαφικές απαιτήσεις

Οι καλύτερες περιοχές για το *Melissa officinalis* είναι οι ημιορεινές, με ήπιο χειμώνα, δροσερό καλοκαίρι και μεσημβρινό προσανατολισμό (Δόρδας, 2012). Το μελισσόχορτο μπορεί να αναπτυχθεί σε όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών, αλλά γενικά προτιμάει τα πηλώδη έως πηλοαμμώδη ή αμμοπηλώδη εδάφη, με καλή στράγγιση, αρκετή οργανική ουσία (χούμο) ή λίπανση και καλή υφή (Moradkhani κ.α., 2010), (Δόρδας, 2012). Μπορεί να αναπτυχθεί καλύτερα από άλλα βότανα (αρωματικά και φαρμακευτικά) σε σκιερά και υγρά εδάφη, αλλά δεν μπορεί να ευδοκιμήσει σε κατακλυσμένα από υγρασία εδάφη ή αντίστροφα σε πολύ ξηρικές συνθήκες, γιατί μπορεί να προκληθεί η χλώρωση των φυτών (Mihajlov, κ.α., 2013). Είναι γεγονός πάντως ότι όταν αναπτύσσονται σε ημισκιερά μέρη, η ανάπτυξή τους είναι πιο ζωνρή σε σύγκριση με τις ηλιόλουστες περιοχές. Στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης, το φυτό είναι περισσότερο ευαίσθητο στην ξηρασία και τους παγετούς. Από τη στιγμή που αναπτυχθεί αρκετά το ριζικό σύστημα, είναι λιγότερο απαιτητικό σε νερό. Σε θερμοκρασίες από 15 έως 35 °C αναπτύσσεται πολύ γρήγορα (Moradkhani κ.α., 2010).

Το pH που προτιμάει κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 7,6. Έχει προταθεί από ορισμένους καλλιεργητές ότι το μελισσόχορτο αποκτάει καλύτερο και πιο έντονο άρωμα, αν αναπτυχθεί σε σχετικά δύσκολες συνθήκες για το είδος αυτό. Η περίοδος πριν από την άνθιση, θεωρείται ως το καλύτερο στάδιο για συγκομιδή, ώστε να αποστάξεις τη μεγαλύτερη ποσότητα και την καλύτερη ποιότητα αιθέριου ελαίου (Mihajlov, κ.α., 2013), (Saeb και Gholamrezaee, 2012). Τα σκιερά μέρη πάντως, αν και αυξάνουν την ευρωστία του φυτού, μειώνουν την περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο (Δόρδας, 2012).

Ακατάλληλα θεωρούνται τα πολύ πεδινά εδάφη, χωρίς καλό αερισμό, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος να προσβληθούν από διάφορες ασθένειες. Εφόσον βρίσκεται στις κατάλληλες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες, το μελισσόχορτο μπορεί να ζήσει στο ίδιο χωράφι για 5, 6 ή και περισσότερα χρόνια (Δόρδας, 2012).

Πολλαπλασιασμός και καλλιεργητικές εργασίες

Το μελισσόχορτο μπορεί να πολλαπλασιαστεί είτε εγγενώς με σπόρο, είτε αγενώς με μοσχεύματα ή με παραφυάδες (Mihajlov, κ.α., 2013), (Δόρδας, 2012). Ο σπόρος σπέρνεται συνήθως, πρώτα σε θερμοκήπιο, αρχές Αυγούστου, οπότε τα φυτά είναι έτοιμα για μεταφύτευση τον Οκτώβριο με Νοέμβριο. Εναλλακτική εποχή σποράς στο θερμοκήπιο είναι στα τέλη Μαρτίου με τέλη Απριλίου και η μεταφύτευση γίνεται τέλη Μαΐου. Γενικά τα φυτά μπορούν να μεταφυτευτούν, όταν έχουν ωριμάσει αρκετά και το ύψος τους είναι στα 5 με 6 cm, αλλά στην περίπτωση της χειμερινής σποράς, καλό είναι η εργασία αυτή να γίνει περίπου ένα μήνα πριν από την έναρξη των χειμερινών παγετών, για να μετριαστεί όσο το δυνατόν περισσότερο, το μεταφυτευτικό σοκ των φυτών (Mihajlov, κ.α., 2013), (Δόρδας, 2012).

Η απαιτούμενη θερμοκρασία για να φυτρώσουν τα φυτά είναι στους 20 με 25 °C, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία της ημέρας πρέπει να είναι οι 16 °C και η αντίστοιχη της νύχτας είναι οι 12 °C. Αν η σπορά γίνει απευθείας στο έδαφος, που δεν ενδείκνυται, τότε η καλύτερη εποχή είναι την άνοιξη ή νωρίς το φθινόπωρο. Σε οποιαδήποτε περίπτωση όμως, ο σπόρος πρέπει να σπέρνεται επιφανειακά και να καλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα εδάφους, πάχους συνήθως ενός δαχτύλου (Mihajlov, κ.α., 2013), (Δόρδας, 2012). Τα φυτά μεταφυτεύονται σε σειρές. Το πλάτος των σειρών πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε τα καλλιεργητικά μηχανήματα να διασχίζουν το χωράφι χωρίς να προξενούν τραυματισμούς στα φυτά, κατά τη διάρκεια εργασιών, όπως ο ξεριζωμός ή η μηχανική κοπή των ζιζανίων, η συγκομιδή κ.λ.π. Οι αποστάσεις που συστήνονται, είναι στα 50 cm μεταξύ των γραμμών και στα 30 cm επί της γραμμής, μεταξύ των φυτών (Mihajlov, κ.α., 2013), (Δόρδας, 2012).

Στην αγενή αναπαραγωγή με μοσχεύματα, χρησιμοποιούνται μικρά κομμάτια βλαστού ή ρίζας του μητρικού φυτού, μήκους 5, 8, ή 10 cm, τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται στο χώμα του σπορείου. Η εργασία αυτή γίνεται την άνοιξη. Περίπου δύο εβδομάδες μετά τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, γίνεται η μεταφύτευσή τους στην οριστική τους θέση. Το μελισσόχορτο στο χωράφι, σχηματίζει πολλές παραφυάδες. Το φθινόπωρο (σχετικά νωρίς) ή την άνοιξη, ξεριζώνουμε τα μητρικά επιλεγμένα φυτά και μεταφυτεύουμε τις παραφυάδες στο χωράφι. Με αυτό τον τρόπο πολλαπλασιασμού, από ένα φυτό, μπορούν να δημιουργηθούν μέχρι και 9 νεαρά φυτά (Δόρδας, 2012).

Τα ποτίσματα, στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης μετά τη φύτευση, πρέπει να είναι τακτικά. Τουλάχιστον δύο ποτίσματα την εβδομάδα, τα οποία πρέπει να πραγματοποιούνται μέσω ψεκασμού σταγονιδίων. Μετά τη μεταφύτευση, οι απαιτήσεις σε νερό είναι χαμηλότερες. Ένα καλό πότισμα ανά 10 ημέρες είναι ικανοποιητικό για τα φυτά στο χωράφι. Όπως είπαμε, η απευθείας σπορά στον αγρό δεν ενδείκνυται. Τα ζιζάνια, συστήνεται να απομακρύνονται μέσω του σκαλίσματος ή ξεχορταριάσματος, γιατί το μελισσόχορτο είναι ευαίσθητο στη χημική καταπολέμηση (Δόρδας, 2012).

Εφαρμογή τεχνολογιών στην παραγωγή

Το μελισσόχορτο είναι γνωστό για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες. Η φαρμακευτική του αξία οφείλεται στο μεταβολισμό ή αλλιώς στην αντιγραφή του γονιδιώματος κάποιων ενζύμων που υπάρχουν μέσα σε φαινολικές ενώσεις και έχουν αντιβακτηριακή δράση (Weitzel και Petersen, 2010). Τα τελευταία χρόνια, είναι μεγάλο το καταναλωτικό ενδιαφέρον και η ζήτηση για φυτικά προϊόντα που προέρχονται από το *Melissa officinalis* και οι απαιτήσεις συνεπώς για την παραγωγή εκχυλισμάτων του φυτού είναι μεγάλες (Oliveira κ.α., 2015).

Διάφορες μέθοδοι εφαρμόζονται για την εντατικοποίηση της καλλιέργειας του *Melissa officinalis* με σκοπό την ταχύτερη ανάπτυξη και την αύξηση της παραγωγής. Μία από αυτές είναι η χρήση έγχρωμων δίχτων σκίασης. Τα δίχτυα που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι συνήθως τριών χρωμάτων, κόκκινου, μπλε και μαύρου. Τα φυτά που αναπτύσσονται υπό σκίαση, συγκρίνονται με άλλα που αναπτύσσονται κάτω από το φως του ήλιου – 0% σκίαση – ως προς διάφορα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, την ένταση της φωτοσύνθεσης και την ποσότητα του παραλαμβανόμενου αιθέριου ελαίου (Oliveira κ.α., 2015), (Martins κ.α., 2008), (Brant κ.α., 2011). Ουσιαστικά, αυτά τα φωτοσυλλεκτικά δίχτυα, τροποποιούν την ποσότητα και την ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, διαφορετικά το καθένα, ανάλογα με το χρώμα (Oliveira κ.α., 2015). Σύμφωνα με τον Oren-Shamir, η διαπερατότητα του φωτός είναι μέγιστη στα 450 με 540 nm μήκος κύματος, με το μπλε και πράσινο δίχτυ αντίστοιχα και η ελάχιστη στα 590 nm με το κόκκινο δίχτυ (Oren-Shamir κ.α., 2001).

Σε μια έρευνα που έγινε χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο, καταρχάς διαπιστώθηκε ότι αν και το μελισσόχορτο είναι ένα φυτό που προτιμά το ημισκιερό περιβάλλον, τα φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες 0% σκίασης, προσαρμόζονται ικανοποιητικά αλλά δεν παρατηρείται αύξηση της φυτικής βιομάζας (Oliveira κ.α., 2015). Επίσης η επίδραση των έγχρωμων δίχτων στο φάσμα του ηλιακού φωτός, δε φαίνεται να επηρεάζει καθόλου την ανατομία των φύλλων. Όμως τα φυτά κάτω από το μπλε δίχτυ ψηλώνουν περισσότερο από τα άλλα, και παράγουν περισσότερη χλωροφύλλη και μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου (Oliveira κ.α., 2015). Ίδια σχεδόν είναι τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθόδου και για άλλα αρωματικά φυτά, όπου την καλύτερη επίδραση στα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά έχει το μπλε δίχτυ. Τα αποτελέσματα αυτά μας δείχνουν ότι η τροποποίηση του ηλιακού φωτός κατά την ανάπτυξη των φυτών με τα κατάλληλα μέσα, μπορεί να μας δώσει τα επιθυμητά μορφολογικά χαρακτηριστικά (ύψος, ξηρό βάρος ρίζας και βλαστού κ.α.) και να μεγιστοποιήσει την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος (αιθέριο έλαιο) (Martins κ.α., 2008).

Η ένταση της φωτεινότητας μπορεί να κυμανθεί από 20, 50 έως και 60%, ανάλογα με το δίχτυ που θα χρησιμοποιηθεί. Όσο κι αν είναι παράδοξο, είναι γεγονός ότι όσο μικρότερο είναι το ποσοστό αυτό, τόσο περισσότερη χλωροφύλλη α (κυανοπράσινη) παράγουν τα φύλλα του μελισσόχορτου και συνεπώς, τόσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος: χλωροφύλλη α/β (κιτρινοπράσινη) (Brant κ.α., 2011). Από την άλλη, σε ένταση φωτεινότητας 60% ή σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας (χωρίς δίχτυ), η εφουμενίδα των φύλλων είναι παχύτερη,

ενώ η επιδερμίδα παραμένει λεπτή όπως και στα άλλα φυτά. Ο αριθμός των χλωροπλαστών αυξάνεται όσο αυξάνει και η ένταση του φωτός, αλλά παράλληλα μικραίνουν σε μέγεθος και καταλαμβάνουν μικρότερη περιοχή (Brant κ.α., 2011).

Έντονη στροφή προς τις τεχνολογίες παρατηρείται τα τελευταία χρόνια και στην εφαρμογή διαφόρων μεθόδων στην παραγωγή των φυτών. Η επίδραση της ακτινοβολίας από διάφορες πηγές στη φυσιολογία και ανάπτυξη των φυτών είναι το αντικείμενο πολλών ερευνών που έγιναν και θα γίνουν στο μέλλον. Για παράδειγμα, η υπεριώδης (UV-B) ακτινοβολία προκαλεί την αύξηση των συγκεντρώσεων του ροσμαρινικού και καρνοσικού οξέος στο φύλλωμα σε δεντρολίβανο (Luis κ.α., 2007).

Οι δίοδοι εκπομπής φωτός (light emitting diodes – LED), έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ευρέως και συνεχίζουν να μελετούν την επίδρασή τους στα φυτά, καθώς και να τις συγκρίνουν με άλλες φωτεινές πηγές, όπως οι κοινές λάμπες φθορίου. Ένα τέτοιο ακριβώς πείραμα έχει γίνει σε ραπανάκι, μαρούλι και σπανάκι, όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από λάμπες LED, μπλε, κόκκινου χρώματος και κάτω από άσπρες φθορίζουσες λάμπες, και στη συνέχεια αξιολογήθηκαν τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, η ένταση της φωτοσύνθεσης και η αγωγιμότητα των στομάτων των φύλλων (Yorio κ.α., 2001).

Ιδιαίτερα χρήσιμη κρίθηκε η εφαρμογή LED, μπλε και κόκκινου χρώματος σε διάφορα μήκη κύματος σε καλλιέργεια μανταρινιών. Οι λάμπες προκάλεσαν την αύξηση της αντιοξειδωτικής ουσίας β-κρυπτοξανθίνης στους καρπούς. Η ουσία αυτή παρεμποδίζει τη δημιουργία πολλών δυσμενών παραγόντων που μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές ασθένειες, όπως ο καρκίνος (Ma κ.α., 2012). Ο Kondo και οι συνεργάτες του ασχολήθηκαν ειδικά με την επίδραση που είχε η κόκκινη και μπλε ακτινοβολία από λάμπες LED, όσον αφορά το μεταβολισμό και τη σύνθεση του αμπισισικού οξέος και της ανθοκυανίνης σε σταφύλια και μούρα. Το αμπισισικό οξύ είναι μία ορμόνη που δρα ως ανασταλτικός παράγοντας στην αύξηση των βλαστών ή στη φύτρωση όταν το φυτό ή ο σπόρος βρίσκεται υπό συνθήκες καταπόνησης ή ακόμα επάγει το λήθαργο των σπόρων. Οι ανθοκυανίνες είναι χρωστικές ουσίες. Η κόκκινη ακτινοβολία αύξησε τη σύνθεση του αμπισισικού οξέος και όλων των γονιδίων που συνδέονται με αυτό, ενώ η μπλε ακτινοβολία ευνόησε τη σύνθεση των ανθοκυανινών (Kondo κ.α., 2014).

Το *Melissa officinalis* ήταν το είδος που δοκιμάστηκε σε ένα πείραμα, όπου μελετήθηκε, εάν και κατά πόσο οι λάμπες LED βοηθάνε εκ των προτέρων στη σκληραγώγηση των φυτών, εάν ακολουθήσουν συνθήκες ξηρασίας. Κάποια φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από τις λάμπες και κάποια άλλα με φυσικό φωτισμό. Στη συνέχεια, όλα τα φυτά παρέμειναν απότιστα, σε συνθήκες ξηρασίας για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Το σοκ που υπέστησαν τα φυτά επηρέασε περισσότερο τα φυτά που αναπτύχθηκαν με φυσικό φωτισμό, στα οποία οι επιπτώσεις ήταν χειρότερες. Αντιθέτως, τα φυτά, στα οποία επενέβησαν με τις λάμπες στην ανάπτυξή τους, είχαν μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος, συγκράτησαν περισσότερο νερό, είχαν υψηλότερη συγκέντρωση σε διαλυτά σάκχαρα, επέδειξαν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα και συνέθεσαν μεγαλύτερη ποσότητα προλίνης, υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂), αμπισισικού οξέος (ABA) και ροσμαρινικού οξέος σε σχέση με τα φυτά που δεν μεταχειρίστηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο

(Ahmadi κ.α., 2019). Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι το μελισσόχορτο, ανταποκρίνεται ακόμα καλύτερα σε λάμπες φθορίου, όπου η φωτοσύνθεση έχει μεγαλύτερη ένταση, σε σχέση με τις λάμπες LED (Fraszczak κ.α., 2014).

Αιθέριο έλαιο – θεραπευτικές ιδιότητες

Τα συστατικά που ανιχνεύονται μέσα στο αιθέριο έλαιο του *Melissa officinalis* ποικίλλουν από χώρα σε χώρα κι από τόπο σε τόπο, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Οι ουσίες όμως που συναντάμε πάντα στην ανάλυση του ελαίου, ανεξαρτήτως τοπικών και κλιματικών συνθηκών είναι η κιτράλη (που αποτελείται από γερανιάλη και νεράλη), η κιτρονελλάλη και η γερανιόλη (Moradkhani κ.α., 2010). Το μελισσόχορτο, χρησιμοποιείται ευρέως από την παραδοσιακή ιατρική ως τονωτικό, σπασμολυτικό, ως ανακουφιστικό από τα αέρια του στομάχου, εφιδρωτικό, αναισθητικό – υπνωτικό, ενδυναμωτικό της μνήμης και ως παυσίπονο για τον πονοκέφαλο που προκαλείται από το άγχος (Moradkhani κ.α., 2010). Στη σύγχρονη ιατρική χρησιμοποιείται ως επιβραδυντικό των ήπιας έως μέτριας έντασης συμπτωμάτων του αλτσχάιμερ, για τις ημικρανίες και τους ρευματισμούς, ενώ ακόμα αξιοποιούνται οι αντικαρκινικές και αντιοξειδωτικές ικανότητες του φυτού (Moradkhani κ.α., 2010).

Η αντιοξειδωτική δράση του φυτού έχει αξιοποιηθεί για τη συντήρηση των τροφίμων, παρατείνοντας έτσι το χρόνο ζωής τους στα ράφια της αποθήκης, όπως τα είδη ζαχαροπλαστικής (Meftahizade κ.α., 2010). Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στις φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο αιθέριο έλαιο μαζί με άλλους χημικούς παράγοντες και από τα συστατικά του κυρίως στη νεράλη και το β-καρνοφυλλένιο (Meftahizade κ.α., 2010).

Κατά τη συγκομιδή και την αποξήρανση του φυτού υφίστανται διάφορες βιολογικές διεργασίες που συμβάλλουν στη χημική σύνθεση του αιθέριου ελαίου. Έχουν γίνει πολλά πειράματα με *in vitro* αναλύσεις που έχουν επαληθεύσει την αντικαρκινική του δράση σε πολλές σειρές ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων και σε μία σειρά κυττάρων ποντικίου (Carvalho de Sousa κ.α., 2004). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών καταδεικνύουν την αρνητική επίδραση που ασκεί το αιθέριο έλαιο στη βιωσιμότητα των κυττάρων που τα έχει προσβάλλει ο καρκίνος (Carvalho de Sousa κ.α., 2004). Σύμφωνα με μερικούς, η γερανιόλη είναι το κύριο συστατικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί *in vitro* για την αναχαίτιση της ανάπτυξης του καρκίνου στο πάγκρεας, του ήπατος και του δέρματος, παύοντας τον πολλαπλασιασμό των ασθενών κυττάρων και μάλιστα χωρίς να επηρεάσει τα επίπεδα της χοληστερόλης (Carvalho de Sousa κ.α., 2004) (Burke κ.α., 1997).

Καθοριστικής σημασίας παράγοντας για τη σύνθεση του αιθέριου ελαίου είναι η εποχή που θα γίνει η συγκομιδή. Η εποχή πριν από την άνθιση, θεωρείται η καταλληλότερη για τη συγκομιδή, ώστε να αποσταχθεί η καλύτερη ποιότητα ελαίου (Saeb και Gholamrezaee, 2012). Τα κύρια συστατικά που ανιχνεύονται στο έλαιο που αποστάχθηκε αυτή την εποχή είναι η δεκαδιενάλη, γερανιόλη, το οξείδιο του καρνοφυλλενίου και η αιθανική γεράλη (Saeb και Gholamrezaee, 2012).

Ευρέως διαδεδομένη καταναλωτική χρήση του μελισσόχορτου είναι το αφέψημα που προκύπτει από τα αποξηραμένα φύλλα του (Carnat κ.α., 1998), (Barros κ.α., 2013). Έχει διαπιστωθεί ότι το αφέψημα περιέχει πολύ μεγαλύτερες ποσότητες κιτράλης (νεράλης και γερανιάλης) από ότι τα ξερά φύλλα (Carnat κ.α., 1998). Οι δειγματοληπτικές αναλύσεις από *in vitro* καλλιέργειες και από διάφορα σκευάσματα (σε κοκκοειδή μορφή) μελισσόχορτου, έδειξαν ότι τα συστατικά χημικής σύστασης είναι περίπου τα ίδια, με κάποιες διαφορές στις ποσότητες, όπου οι μεγαλύτερες ανιχνεύονταν συνήθως στα σκευάσματα (Barros κ.α., 2013). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το τσάι από μελισσόχορτο που περιέχει πολύ περισσότερο ροσμαρινικό οξύ, σε σχέση με τους φυτικούς ιστούς (Barros κ.α., 2013).

1.6. Σάλβια η φαρμακευτική – *Salvia officinalis*

Μορφολογικά χαρακτηριστικά – καλλιέργεια – ποικιλίες

Η Σάλβια η φαρμακευτική είναι ένα είδος που το συναντάμε αυτοφυές στην Ήπειρο, ανήκει στα πολυετή φυτά και μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 30 με 50 εκατοστά. Έχει έμμισχα, επιμήκη φύλλα, τα οποία, μερικές φορές φέρουν δύο λοβούς στη βάση, ενώ το χρώμα τους είναι λευκοπράσινο και έχουν έντονο άρωμα (Πάνου-Φιλοθέου, 2000). Από το Μάιο μέχρι τον Ιούνιο, εμφανίζονται τα άνθη στην άκρη των βλαστών, σε σπειροειδή διάταξη (3-6), σε στάχυ. Η στεφάνη έχει χρώμα μπλε-βιολετί. Δύο στήμονες περιέχονται σε κάθε άνθος, τους οποίους χαρακτηρίζει το ισόρροπο σχήμα, επιτρέποντας έτσι την σταυρεπικονίαση με έντομα (Πάνου-Φιλοθέου, 2000).

Η σάλβια η φαρμακευτική μπορεί να καλλιεργηθεί είτε με σπόρο σε σπορείο, κι έπειτα να μεταφυτευθεί σε χωράφι, είτε με μοσχεύματα απευθείας στο χωράφι. Η καλύτερη εποχή για τη σπορά, είναι στις αρχές του Μάρτη. Το βάρος 1000 σπόρων είναι περίπου 9 g, ενώ η αναμενόμενη παραγωγή για το ένα στρέμμα, εκτιμάται στα 80 με 90 g / 10 m² (Πάνου-Φιλοθέου, 2000). Οχτώ με δέκα εβδομάδες μετά τη σπορά, όταν τα φυτά έχουν αποκτήσει ύψος περίπου 10 εκατοστά, γίνεται η μεταφύτευση στο χωράφι, σε απόσταση 0,70 εκατοστά μεταξύ των γραμμών και 0,30 επί της γραμμής, δηλαδή 5000 περίπου φυτά στο 1 στρέμμα (Πάνου-Φιλοθέου, 2000). Μετά τη μεταφύτευση, τα φυτά πρέπει να ποτιστούν επαρκώς, για την καλύτερη εγκατάσταση των φυταρίων. Στη συνέχεια όμως, η καλλιέργεια αναπτύσσεται ξερική, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε νερό (Πάνου-Φιλοθέου, 2000).

Το είδος *Salvia officinalis* περιλαμβάνει μια σειρά ποικιλιών, τις οποίες χαρακτηρίζει το διαφορετικό χρώμα του φυλλώματός τους, το οποίο προσδίδει μία διακοσμητική αξία στο περιβάλλον που αυτές ευδοκιμούν. Μία από αυτές είναι η ποικιλία 'Jacterina', με φύλλα σε χρώμα ανοιχτό πράσινο με κίτρινες αποχρώσεις. Η ποικιλία 'Tricolor' έχει φύλλα, των οποίων το χρώμα ποικίλλει από πράσινο, σε άσπρο ή φωτεινό ροζ. Η ποικιλία

‘Purpurascens’ έχει μπλε – βιολετί άνθη που ξεπροβάλλουν από ένα σκούρο πράσινο έως βαθύ κόκκινο φύλλωμα. Η ‘Berggarten’ έχει επίσης σκουροπράσινα και απαλά στην υφή φύλλα (Devecchi, 2006). Όσον αφορά το σχήμα του φύλλου, η ‘Albiflora’, έχει στενά φύλλα και άσπρα άνθη, η ποικιλία ‘Crispa’ έχει τραχιά στην υφή φύλλα και με κυματιστά άκρα και η ‘Maxima’ έχει παχιά φύλλα με έντονο άρωμα (Devecchi, 2006).

Τα αποτελέσματα από έρευνες σχετικά με την επίδραση που έχει στο φυτό ο τεχνητός φωτισμός είναι διφορούμενα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτισμού τόσο αυξάνεται η ξηρή μάζα, ο αριθμός των φύλλων και ο ρυθμός με τον οποίο υφίστανται διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού. Αντίθετα όμως, όσο μειώνεται η ένταση του φωτισμού, τόσο αυξάνεται το ύψος του φυτού και η παραγωγή χρωστικών στα φύλλα μέσω της φωτοσύνθεσης (Zervoudakis κ.α., 2012).

Αιθέριο έλαιο – συγκομιδή - αντιοξειδωτικές ικανότητες

Η ποιότητα και η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου της σάλβιας της φαρμακευτικής – κοινώς φασκόμηλο – επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την εποχή που θα γίνει η συγκομιδή, από το μέρος του φυτού και από την ηλικία των φύλλων, από τα οποία θα γίνει η απόσταξη και παραλαβή του ελαίου (Verma κ.α., 2015) (Lakusic κ.α., 2013). Η ποσότητα του ελαίου που θα παραληφθεί εξαρτάται επίσης από την εποχή συγκομιδής και από το φυτικό μέρος που θα χρησιμοποιηθεί στην απόσταξη. Τα κύρια συστατικά που ανιχνεύονται στο έλαιο είναι: η θουγιόνη, το β-καρυοφυλλένιο, η μανούλη, η βιριδιφλορόλη, η κινεόλη, η καμφορά, το καμφένιο, η βορνεόλη, το χουμουλένιο, το μυσένιο και το β-πιπένιο (Verma κ.α., 2015), (Πάνου-Φιλοθέου, 2000). Στο έλαιο που παραλαμβάνεται από το βλαστό, έχει βρεθεί ότι η θουγιόνη και η μανούλη είναι τα συστατικά που κυριαρχούν, ενώ στο έλαιο που παραλαμβάνεται από την ταξιανθία του φυτού, τα αντίστοιχα συστατικά είναι το καρυοφυλλένιο και η βιριδιφλορόλη (Verma κ.α., 2015). Έχει διαπιστωθεί ότι η ηλικία των φύλλων, αλλά και η γεωγραφική καταγωγή του φυτού έχουν σημαντική επίδραση στη χημική σύνθεση του αιθέριου ελαίου. Το έλαιο που παραλαμβάνεται από νεαρά φύλλα, το χρονικό διάστημα μεταξύ Απριλίου και Ιουνίου, είναι διαφορετικού τύπου από εκείνο που θα παραληφθεί από μεγαλύτερα σε ηλικία φύλλα, μεταξύ Ιουνίου και Αυγούστου, με διαφορετική σύσταση και σύνθεση των συστατικών σε διαφορετικές αναλογίες. Οι μεταβολές αυτές στο έλαιο που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των εποχών ενός έτους, στον ίδιο γενότυπο του φυτού, έχουν σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικοί φαινολογικοί τύποι όσον αφορά το αιθέριο έλαιο (Lakusic κ.α., 2013). Γενικά, αν η καλλιέργεια προορίζεται για παραγωγή αιθέριου ελαίου, τότε η συγκομιδή καλό είναι να γίνεται όταν τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη ανθοφορία (Μάιο και Ιούνιο). Αν όμως μας ενδιαφέρει μόνο η παραγωγή φύλλων, τότε η συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί δύο φορές: μία τον Απρίλιο κι άλλη μία το Σεπτέμβριο (Πάνου-Φιλοθέου, 2000).

Το αιθέριο έλαιο έχει ακόμα αντιοξειδωτικές ικανότητες, για τις οποίες ευθύνονται οι πολυφαινόλες του φυτού που αποτελούνται από φλαβονοειδείς γλυκοζίτες και από ουσίες – παράγωγα του ροσμαρινικού οξέος. Μία τέτοια ευεργετική ιδιότητα είναι η μείωση του

τοξικού εξασθενούς μολύβδου (Mo VI) σε τρισθενές (Mo III), καθιστώντας το έτσι μη τοξικό (Lu και Foo, 2001). Μεταξύ των ειδών σάλβιας με βακτηριοκτόνο δράση, είναι και το *Salvia officinalis*, του οποίου το αιθέριο έλαιο θανατώνει διάφορα είδη βακτηρίων, όπως το *Bacillus cereus*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus subtilis*, *Aeromonas aedrophila*, *Aeromonas sobria*, και *Klebsiella oxytoca*, αλλά και τα είδη *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella enteritidis* και *Shigella sonnei* (Longaray-Delamare κ.α., 2007) (Bozin κ.α., 2007). Εκτός από βακτηριοκτόνο, το αιθέριο έλαιο της Σάλβιας της φαρμακευτικής έχει και μυκητοκτόνο δράση έναντι ορισμένων ειδών όπως το *Candida albicans* και άλλων 5 δερματομυκήτων (Bozin κ.α., 2007).

Τα φύλλα του φυτού, με αντιχολερετικές, αντισπασμολυτικές και αντιδρωτικές ιδιότητες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τσάι, ενώ το αιθέριο έλαιο είναι σπασμολυτικό εξαιτίας της περιεχόμενης θουγιόνης και συμμετέχει στην οينوποιία σε πολλά aperitifs και κρασιά (Πάνου-Φιλοθέου, 2000). Έχει παρατηρηθεί ότι το αιθέριο έλαιο του φυτού έχει και αντιφλεγμονώδη δράση, την οποία οφείλει κυρίως στο ουρσολικό οξύ. Σε φαρμακολογική έρευνα που έχει γίνει, με εκχυλίσματα φυτών από αυτόχθονα φυτά του είδους, διαπιστώθηκε ότι το έλαιο του φυτού έχει τη διπλάσια αντιφλεγμονώδη δράση σε σχέση με το αντιφλεγμονώδες φάρμακο: ινδομεθακίνη (Baricevic κ.α., 2001).

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Στην παρούσα διατριβή διερευνήθηκε η ανάπτυξη αρωματικών φυτών, συγκεκριμένα του μελισσόχορτου και της σάλβιας σε διαφορετικά βιοϋλικά με σκοπό την εκτίμηση των αγρονομικών χαρακτηριστικών τους. Ουσιαστικά μελετήθηκε η χρήση χωνεμένης κοπριάς, που προέρχεται από την αξιοποίηση και επεξεργασία αποβλήτων μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου και άλλων δύο εμπορικών κομπόστ, από γνωστή εταιρεία, ούτως ώστε να αξιολογηθούν και τα τρία αυτά υλικά ως βελτιωτικά εδάφους. Το ένα από τα κομπόστ που χρησιμοποιήθηκαν, παράχθηκε από την επεξεργασία υπολειμμάτων φυτικών καλλιιεργειών και το άλλο περιείχε επεξεργασμένη μυκόρριζα. Στις ρίζες κάποιων φυτών, αναπτύσσονται κάποιοι μύκητες. Από την συμβίωση αυτή επωφελούνται και το φυτό και ο μύκητας. Το όργανο που προκύπτει από την συνένωση του ριζώματος με τους ωφέλιμους αυτούς μικροοργανισμούς, ονομάζεται μυκόρριζα.

Το πείραμα διεξήχθη ουσιαστικά σε δύο χώρους. Στο θερμοκήπιο που βρίσκεται στο αγρόκτημα του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, όπου έγινε η φύτευση, η μεταφύτευση και οι διαδοχικές μετρήσεις των χαρακτηριστικών ανάπτυξης των φυτών και στο βιομηχανικό εργαστήριο του τμήματος της Τεχνολογίας Τροφίμων, όπου έγιναν οι εδαφολογικές αναλύσεις. Τους σπόρους τους προμηθευτήκαμε από τον ΕΛΓΟ (Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός) ΔΗΜΗΤΡΑ.

Συνοπτικό διάγραμμα ροής των εργασιών που έγιναν στο θερμοκήπιο.

- 5/10/2019: Σπορά των φυτών
- 22/10/2019: 1^η μέτρηση του αριθμού των φυτών .
- 4/11/2019: 2^η μέτρηση των φυτών.
- 16/11/2019: 3^η μέτρηση των φυτών.
- 22/11/2019: Τελική μέτρηση του αριθμού των φυτών.
- 17/12/2019: Μεταφύτευση και 1^η αξιολόγηση της ανάπτυξης.
- 17/1/2020: Μεταφύτευση και της τελευταίας αναλογίας, 10:1 του βιοκομπόστ.
- 27/1/2020: Δεύτερη αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ανάπτυξης.

Συνοπτικός σχεδιασμός του πειράματος.

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό μείγμα τύρφης με περλίτη, το οποίο συνδυάστηκε με τα τρία εδαφοβελτιωτικά. Οι εδαφικές μεταχειρίσεις

εκφράζονταν με τέσσερις αναλογίες. Στη μία υπήρχε μόνο του το υπόστρωμα, την οποία την ονομάσαμε μάρτυρα. Στις άλλες τρεις, συνδυάζονταν το υπόστρωμα με τα τρία υλικά σε διάφορες αναλογίες: 1:2 (υπόστρωμα : βελτιωτικό), 1:10 (υπόστρωμα : βελτιωτικό) και 10:1 (υπόστρωμα : βελτιωτικό). Στα τρία βελτιωτικά, δώσαμε τις κωδικές ονομασίες com 1, com 2 και com 3, για δική μας διευκόλυνση, όπου: το com 1 αντιστοιχεί στην χωνεμένη κοπριά, το com 2 στο κομπόστ με τα επεξεργασμένα υπολείμματα των καλλιεργειών (βιοκομπόστ) και το com 3 στο κομπόστ με την επεξεργασμένη μυκόρριζα.

Συνοψίζοντας και πάλι λοιπόν, έχουμε:

- 3 υλικά προς διερεύνηση: χωνεμένη κοπριά (com 1), βιοκομπόστ (com 2) και το κομπόστ με την μυκόρριζα (com 3).
- 1 εμπορικό υπόστρωμα - τύρφη με περλίτη.
- 2 φυτικά είδη – το μελισσόχορτο και τη σάλβια
- 4 εδαφικές μεταχειρίσεις: μάρτυρας, 1:2, 1:10 και 10:1, οπότε 3 εδαφοβελτιωτικά επί 3 αναλογίες το καθένα = 9 + 1, που είναι ο μάρτυρας, έχουμε συνολικά 10 διαφορετικές μεταχειρίσεις για το κάθε φυτό.

Χρησιμοποιήθηκαν οι σπόροι δύο φυτικών ειδών, τους οποίους προμηθευτήκαμε από τον ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ. Τα φυτικά είδη ήταν η *Salvia officinalis* (σάλβια) και το *Melissa officinalis* (μελισσόχορτο). Πρόκειται για δύο αρωματικά φυτά, που χρησιμοποιούνται ευρέως και ως φαρμακευτικά είδη. Προηγουμένως έγινε μία βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τις συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξή τους. Οι πληροφορίες που κρίναμε εμείς ότι είναι οι πιο σημαντικές, περιλαμβάνονται σε κεφάλαιο του θεωρητικού μέρους αυτής της εργασίας.

Προσπαθήσαμε να διαμορφώσουμε εμείς το μικροκλίμα που επιθυμούμε στο θερμοκήπιό μας, όσον αφορά την υγρασία, τη θερμοκρασία και την φωτοπερίοδο. Πετύχαμε η τελευταία να είναι ελεγχόμενη με ειδικές λάμπες led, ενώ το κάλυμμα του σπορείου ήταν αδιαφανές, ώστε να αποκλείσουμε οποιαδήποτε επίδραση του εξωτερικού φωτός. Το ρολόι της φωτοπεριόδου ρυθμίστηκε ώστε τα φυτά να έχουν φως από τις 16:00 το απόγευμα, έως τις 08:00 το πρωί. Ακόμη, εντός του σπορείου, εγκαταστάθηκε σύστημα εκνέφωσης, με το οποίο πραγματοποιούνταν το πότισμα. Γενικά τα φυτά, ποτίζονταν κάθε 2 μέρες περίπου, όσο ήταν ακόμα μικρά για 3 με 4 λεπτά και αφού μεταφυτεύτηκαν στα γλαστράκια, για 5 λεπτά περίπου, 2 φορές την εβδομάδα. Υπήρχε ακόμα ειδικός αισθητήρας για την υγρασία, ο οποίος ήταν βυθισμένος σε μία γλάστρα με σκέτο χώμα και συνδέονταν με ένα ανεμιστηράκι, το οποίο ενεργοποιούνταν αυτόματα, όταν η υγρασία ξεπερνούσε μια τιμή, την οποία είχαμε ορίσει εμείς στο όργανο ποια θα είναι.



Εικόνα 2.1 Αισθητήρας υγρασίας - Εικόνα 2.2 - Ανεμιστήρας

Στο εξωτερικό μέρος του πίνακα ελέγχου των ηλεκτρολογικών, υπήρχε μία οθόνη που μας έδινε τις τιμές για την θερμοκρασία εδάφους και αέρα. Οι επιθυμητές τιμές είχαν οριστεί για την θερμοκρασία εδάφους, στους 16 με 20 °C για το χειμώνα, η σχετική υγρασία, στο 30 με 40% και η υγρασία εδάφους στο 9%.



Εικόνα 2.3. Πίνακας ελέγχου των ηλεκτρολογικών.



Εικόνα 2.4. Οθόνη τιμών.
Τέλος είχε κατασκευαστεί ένας ανιχνευτής – μετρητής διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να έχουμε μια καλή εικόνα για τα επίπεδά του.



Εικόνα 2.5. Ανιχνευτής – μετρητής διοξειδίου του άνθρακα.

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε, συμπεριλαμβανομένου και του υποστρώματος είναι φυσικής προέλευσης. Η τύρφη που υπάρχει στην αγορά, θεωρείται ένα από τα απλούστερα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών. Μόνη της όμως η τύρφη δεν περιέχει κάποιο θρεπτικό στοιχείο. Επιπλέον αποτελεί ένα υπόστρωμα με υψηλή οξύτητα και κακή αποστράγγιση, με αποτέλεσμα να μην αερίζονται τα φυτά. (Ευθυμιάδης κ.α. 2019). Για τους λόγους αυτούς, συνηθίζεται να χρησιμοποιείται σε μείγμα με περλίτη, ένα υλικό το οποίο συμβάλλει κατά πολύ στη δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος στη ριζόσφαιρα του φυτού.

Η κοπριά των ζώων και συγκεκριμένα των βοοειδών θεωρείται από τις καλύτερες και πιο φυσικές πηγές λίπανσης (Ευθυμιάδης κ.α. 2019). Πρωτίστως όμως θα πρέπει να παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα στις λεγόμενες κοπροσωρούς ώστε να χωνευτεί. Η συγκεκριμένη που προμηθευτήκαμε από την μονάδα παραγωγής του βιοαερίου, ήταν χωνεμένη και προορίζονταν για πώληση ως βελτιωτικό εδάφους.

Όσον αφορά το *comost bio* (βιοκομπόστ), πρόκειται για ένα φυσικό προϊόν που προκύπτει από την αποικοδόμηση γεωργικών φυτικών υπολειμμάτων και υπολειμμάτων της διαδικασίας πρωτογενούς παραγωγής τροφίμων. Η διαδικασία παραγωγής του βασίζεται στην ελεγχόμενη αερόβια αποσύνθεση οργανικών υλικών, χωρίς την προσθήκη πρόσθετων χημικών. Ικανοποιεί τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 114218/1997, σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κομπόστ.

Το *Organic Grow* (κομπόστ με μυκόρριζα), είναι ένα εδαφοβελτιωτικό εμπλουτισμένο με μυκόρριζα, συγκεκριμένα με τον ωφέλιμο μύκητα *Trichoderma harzianum*. Ενδείκνυται για θρέψη της ρίζας και για την αύξηση της αντοχής του φυτού σε καταπονήσεις, όπως είναι το μεταφυτρωτικό και μεταφυτευτικό στρες, η έλλειψη νερού, ο παγετός.

Τα ακόλουθα σχήματα απεικονίζουν τα τρία σπορεία όπως ήταν διαμορφωμένα, όταν φυτεύσαμε τους σπόρους. Πρόκειται για σπορεία από φελιζόλ, των 7 σειρών, με 11 θέσεις η κάθε σειρά. Σε κάθε θέση τοποθετούνταν τρεις σπόροι. Τα σπορεία ήταν σύνολο τρία και αριθμούνταν από αριστερά προς τα δεξιά.

Ο παράγοντας Com 3 (κομπόστ με μυκόρριζα) έχει τρεις παραμέτρους:

- 1:2 (τύρφη & περλίτης : κομπόστ με μυκόρριζα)
- 1:10 (τύρφη & περλίτης : κομπόστ με μυκόρριζα)
- 10:1 (τύρφη & περλίτης : κομπόστ με μυκόρριζα)

Ο παράγοντας φυτό έχει δύο παραμέτρους:

- Σάλβια
- Μελισσόχορτο

Σε κάθε μεταχείριση (σειρά), έχουμε 11 επαναλήψεις (θέσεις – φυτά). Συνεπώς συνολικά έχουμε $N = \{[(3 \times 3) + 1] \times 2\} \times 11 = 220$ επαναλήψεις και για τα δύο φυτά.

Σπορά

Για την διαδικασία της σποράς, αρχικά μπήκε το υπόστρωμα μόνο του μέσα στις θέσεις για τη δημιουργία των 2 σειρών – μεταχειρίσεων του μάρτυρα. Το σκεύος με το οποίο δουλέψαμε για την εναπόθεση του υποστρώματος στις θέσεις, είχε όγκο όσο περίπου ένα ποτήρι ζέσεως των 600 mL. Αφού μετρήσαμε τα μέρη εδάφους (ποτήρια) που χρειάζονται για να πληρωθεί η μια σειρά, υπολογίσαμε τα μέρη της κάθε αναλογίας που αντιστοιχούν σε κάθε υλικό, ξεκινώντας από την κοπριά (Com 1), αναμειγνύοντάς τη με το υπόστρωμα και συνεχίζοντας με τα υπόλοιπα βιοϋλικά (με τη σειρά που τα έχουμε αριθμήσει Com 2 και Com 3).

Όπως προείπαμε, το κάθε σπορείο είχε 7 σειρές και η κάθε σειρά 11 θέσεις, που μας κάνει συνολικά 77 θέσεις το καθένα. Στο σχήμα 2.1. φαίνεται ότι στο 1^ο σπορείο φυτεύτηκε μόνο σάλβια για τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα (τύρφη & περλίτης), για όλες τις αναλογίες ανάμειξης της κοπριάς με το υπόστρωμα και για όλες επίσης της ανάμειξης του βιοκομπόστ. Στο 2^ο σπορείο υπήρχαν όλες οι αναλογίες ανάμειξης του κομπόστ με τη μυκόρριζα και για τα δύο φυτά και στο 3^ο σπορείο φυτεύτηκε μόνο μελισσόχορτο, στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και όλων των αναλογιών του com 1 και com 2 (κοπριά και βιοκομπόστ), ομοίως με το 1^ο. Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν 3 σπόροι, 1 δάχτυλο κάτω από την επιφάνεια και κατόπιν συμπληρώναμε με το υλικό της κάθε αναλογίας.

Αφού ολοκληρώθηκε η σπορά έγινε το πρώτο πότισμα.



Εικόνα 2.6. Σπορά και οπτική κατά μήκος του σπορείου.



Εικόνα 2.7. Σπορά και οπτική του σπορείου κατά πλάτος.



Εικόνα 2.8. Πότισμα



Εικόνα 2.9. Πότισμα.

Μέτρηση του αριθμού των φυτών – Αξιολογήσεις

Όπως αναφέρεται και στη ροή των εργασιών παραπάνω, η πρώτη μέτρηση των φυτών έγινε στις 22 Οκτωβρίου. Από τους σπόρους της σάλβιας μόνο δύο είχαν καταφέρει να βλαστήσουν. Στο 2^ο σπορείο, φύτεψαν ουσιαστικά λιγότερα από τα μισά στο σύνολο, και μόνο του μελισσόχορτου οι σπόροι. Τη μεγαλύτερη επιτυχία όσον αφορά τη βλάστηση των σπόρων, είχε το 3^ο σπορείο, με τα περισσότερα φυτά να είναι σε δύο αναλογίες του com 2 (βιοκομπόστ). Στην αναλογία 10:1, όπου το ένα μέρος είναι το com 2 και τα δέκα μέρη το υπόστρωμα και στην αναλογία 1:2, όπου το ένα μέρος είναι το υπόστρωμα και τα 2 μέρη το com 2. Στις 16 Νοεμβρίου περίπου φύτεψε άλλο ένα φυτό σάλβιας. Στις 22 Νοεμβρίου έγινε η τελική μέτρηση των φυτών που φύτεψαν.



Εικόνα 2.10. Μέτρηση φυτών σάλβιας – 1^ο σπορείο



Εικόνα 2.11. Έκπτυξη του τελευταίου φυτού σάλβιας – 16/11/2019.



Εικόνα 2.12. 2^ο σπορείο – 16/11/2019.



Εικόνα 2.13. 2^ο σπορείο – 16/11/2019.



Εικόνα 2.14. 3^ο σπορείο – 22/11/2019.



Εικόνα 2.15. 3^ο σπορείο – 22/11/2019.

Μεταφύτευση και αξιολογήσεις ανάπτυξης των φυτών.

Στις 17 Δεκεμβρίου, πραγματοποιήθηκε η μεταφύτευση, προηγουμένως όμως αναμείχθηκαν τα υλικά στις ίδιες αναλογίες ώστε να φυτά να μεταφυτευτούν στις ίδιες μεταχειρίσεις.

Οι αναμείξεις γίναν ως εξής: αφού συγκεντρώνονταν όλο το δείγμα για την κάθε μεταχείριση (αναλογία), τότε η συνολική ποσότητά του τοποθετούνταν σε κύκλο, τον οποίο χωρίζαμε σε τέσσερα τεταρτημόρια. Το κάθε ένα από αυτά ενώνονταν με το αντικρυστό του και αναμειγνύονταν, οπότε δημιουργούνταν δύο μικρότεροι κύκλοι. Για τον κάθε ένα από αυτούς επαναλαμβανόταν η ίδια διαδικασία. Σε κάποια δείγματα κρίναμε ότι οι δύο επαναλήψεις ήταν αρκετές, ενώ σε άλλα ακολουθούσε και τρίτη. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα σκεύος, του οποίου ο όγκος ήταν στα 1300 mL. Στο πινακάκι που ακολουθεί, εκφράζεται το βάρος και η αναλογία βάρους προς τον όγκο για το κάθε υλικό, σύμφωνα με το σκεύος αυτό.

Πίνακας 2.1. – Βάρη και αναλογίες

Όγκος σκεύους: 1300 mL	Βάρος (g)	Βάρος / Όγκος
Τύρφη και περλίτης	400	0,615/2
Κοπριά - Com 1	500	0,769/2
Βιοκομπόστ - Com 2	800	1,23/2
Με μυκόρριζα - Com 3	710	1,09/2

Στη συνέχεια έγινε η πρώτη αξιολόγηση της ανάπτυξης, όπου μετρήθηκε η χλωροφύλλη με ειδικό όργανο σε τρία φύλλα για το κάθε φυτό. Οπότε είχαμε τρεις μετρήσεις χλωροφύλλης για κάθε φυτό. Ακόμα έγινε μέτρηση του ύψους τους και του αριθμού των γονάτων – διακλαδώσεων. Γόνατα είναι οι κόμβοι που παρατηρούνται κατά μήκος του βλαστού σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους. Από τους κόμβους αυτούς εκφύονται τα φύλλα (Μποζαμπαλίδης 1993). Η μεταφύτευση έγινε σε μεγαλύτερα γλαστράκια, στα οποία και παρέμειναν μέχρι την συγκομιδή τους. Τελικώς τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν εντός του σπορείου σε σειρές σύμφωνα με την μεταχείριση. Τα φυτά του μελισσόχορτου για την μεταχείριση 10:1 – υπόστρωμα : βιοκομπόστ, δεν μεταφυτεύθηκαν αρχικά γιατί ήταν μικρότερου βαθμού η ανάπτυξή τους κι έτσι παρέμειναν στο σπορείο, μέχρι τις 17 Ιανουαρίου, που έγινε η μεταφύτευσή και αυτών. Στις 27 Ιανουαρίου έγινε και η δεύτερη αξιολόγηση της ανάπτυξης των φυτών, όπου μετρήθηκαν και πάλι τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά ανάπτυξης.



Εικόνα 2.16. Μέτρηση χλωροφύλλης πριν από τη μεταφύτευση.



Εικόνα 2.17. Μεταφύτευση.



Εικόνα 2.18. Το σπορείο με τα μεταφυτευμένα φυτά.



Εικόνα 2.19 Τοποθέτηση των γλαστρών ανά μεταχείριση.



Εικόνα 2.20. Μέτρηση χλωροφύλλης των φυτών - 27/01/2020.



Εικόνα 2.21. Μέτρηση χλωροφύλλης – 27/01/2020.



Εικόνα 2.22 – Εικόνα σπορείου την 27^η Ιανουαρίου



Εικόνα 2.23 – Λειτουργία τεχνητής φωτοπερίοδου.



Εικόνα 2.24 – Εικόνα σπορείου με τεχνητή φωτοπερίοδο – λάμπες LED.

2.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Προσδιορίστηκαν στα δείγματα, τα ποσοστά του ολικού αζώτου, καθώς και των πρωτεϊνών στις οποίες δεσμεύεται, με τη μέθοδο kjeldahl. Πρόκειται για μία μέθοδο, η οποία παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1883 από τον Δανό χημικό Γιόχαν Κέλνταλ. Έκτοτε, χρησιμοποιείται ευρέως, με κάποιες τροποποιήσεις σε διάφορα πειράματα με σκοπό τον υπολογισμό της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών και κατά συνέπεια του αζώτου που υπάρχει μέσα σε οργανικές ενώσεις, όπως σε λιπάσματα και εδαφικά βελτιωτικά, σε τρόφιμα, σε λύματα και ορυκτά καύσιμα.

Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος χρησιμοποιεί θειικό οξύ, μια ποικιλία καταλυτών και αλάτων / βάσεων, με σκοπό την μετατροπή του δεσμευμένου οργανικού αζώτου, που περιέχεται στα δείγματα προς ανάλυση, σε αμμωνία (αμμώνιο) της οποίας γίνεται η μέτρηση στη συνέχεια (Saez-Plaza κ.α. 2013).

Τα στάδια της μεθόδου είναι τρία. Αρχικά το δείγμα υπόκειται σε χώνευση / πέψη με πυκνό θειικό οξύ και παρουσία καταλυτών θειικού καλίου και θειικού χαλκού. Κατά τη διάρκεια της πέψης το οργανικά δεσμευμένο άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία, η οποία δεσμεύεται από την περίσσεια του οξέος. Στη συνέχεια, αφού τα δείγματα κρυσώσουν, πραγματοποιείται απόσταξης της αμμωνίας, η οποία απελευθερώνεται με την προσθήκη καυστικού νατρίου. Στο τελευταίο στάδιο, γίνεται τιτλοδότηση της αναλυτέας ουσίας. Με άλλα λόγια προσδιορίζεται η ποσότητα του οξέος που δεν αντέδρασε με την αμμωνία. Αφού λοιπόν είναι γνωστή η ποσότητα της αμμωνίας, υπολογίζεται το ολικό άζωτο και μέσω αυτού η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Αφού λοιπόν βρεθεί το % N, με τη βοήθεια ενός συντελεστή, που ισούται με 6,25, υπολογίζεται η % περιεκτικότητα των υλικών προς ανάλυση σε πρωτεΐνες. Αν και δεν είναι ξεκάθαρο ποιος ανέφερε και χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον συντελεστή μετατροπής του N σε πρωτεΐνες, η πρώτη αναφορά σχετικά με αυτόν γίνεται σε μεθόδους που ανέπτυξαν ο Henneberg και ο Stohmann το 1864. Ο συντελεστής αυτός λοιπόν διαμορφώθηκε βασιζόμενος σε δύο υποθέσεις. Πρώτον ότι οποιαδήποτε πρωτεΐνη έχει ένα σταθερό φορτίο αζώτου που κυμαίνεται στο 16%, και δεύτερον ότι το N που περιέχεται στα προς ανάλυση υλικά, προέρχεται από πρωτεΐνη (Moore κ.α. 2010).

Αντιδραστήρια: πυκνό θειικό οξύ 98%, καταλύτης (μείγμα K_2SO_4 , $CuSO_4$), διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 10 N ή 40%, διάλυμα βορικού οξέος (H_3BO_3) 4%, δείκτης – ερυθρό του μεθυλίου.

Σκεύη, συσκευές και όργανα: κυλινδρικός σωλήνας (σωλήνας πέψης), ογκομετρικός κύλινδρος, μπλοκ θέρμανσης (συσκευή πέψης), ζυγός, συσκευή απόσταξης και προχοΐδα ογκομέτρησης.

Μέθοδος – Διαδικασία

Πέψη

Ζυγίζουμε 1-2 g εδάφους επάνω σε ειδικά χαρτιά για πέψη, τα οποία είναι ελεύθερα αζώτου, τυλίγουμε και κλείνουμε το δείγμα με το χαρτί και ρίχνουμε το καθένα από αυτά στον αντίστοιχο σωλήνα (σωλήνες kjeldahl). Έπειτα προσθέτουμε σε κάθε σωλήνα, 25 mL H_2SO_4 98% και δύο ταμπλέτες καταλύτη. Κλείνουμε το καπάκι με τα πώματα, τα οποία προσαρμόζουμε στους σωλήνες. Φροντίζουμε όμως προηγουμένως να θέσουμε σε λειτουργία τον απαγωγό και να ανοίξουμε στο τέρμα την βάνα του κενού με σκοπό την απορρόφηση των αναθυμιάσεων από τα θειικά. Μόλις η θερμοκρασία στη συσκευή ανέβει στους 400 °C, ξεκινάει η πέψη των δειγμάτων πατώντας το κουμπί START.



Εικόνα 2.25. Συσκευή πέψης.



Εικόνα 2.26. Πέψη των δειγμάτων.

Η πέψη διαρκεί 3 ώρες. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία, πατούμε το OFF για το κλείσιμο της συσκευής. Αφήνουμε τον απαγωγό σε λειτουργία και τη βάνα του κενού ανοιχτή για 2 ώρες ακόμα, με τους σωλήνες Kjeldahl μέσα στη συσκευή προκειμένου τα δείγματα να κρυώσουν και στο μεταξύ να απορροφηθούν οι αναθυμιάσεις που συνεχίζουν να βγαίνουν από το βρασμό των δειγμάτων.

Κατά τη διάρκεια της πέψης πραγματοποιείται αντίδραση μεταξύ του δείγματός μας (m εδάφους), του H_2SO_4 , και του Cu^{2+} (καταλύτης). Η αντίδραση αυτή έχει ως εξής:



Εκχύλιση

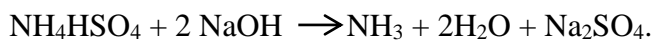
Στη συνέχεια μεταφέρουμε έναν-έναν διαδοχικά τους σωλήνες Kjeldahl στη συσκευή εκχύλισης και τους τοποθετούμε προσεκτικά στην ειδική υποδοχή που βρίσκεται αριστερά της συσκευής.



Εικόνα 2.27. Τοποθέτηση του σωλήνα kjeldahl στη συσκευή εκχύλισης.

Φροντίζουμε πάντα, η σφαιρική φιάλη που βρίσκεται στο πίσω μέρος της συσκευής της εκχύλισης να είναι γεμάτη κατά τα $\frac{3}{4}$ αυτής με αποσταγμένο νερό, ανοίγοντας τη βαλβίδα του νερού αριστερόστροφα. Σε κωνική φιάλη προσθέτουμε 30 mL βορικό οξύ 4%, 100 mL απιονισμένο νερό και τρεις σταγόνες μίγματος δεικτών methylred-methylblue (παρασκευή μίγματος δεικτών: 0,1 g methylred και 0,05 g methylblue και 100 mL αλκοόλης). Η παρασκευή του B_3HO_3 γίνεται στον απαγωγό με μαγνητικό αναδευτήρα που λειτουργεί με θέρμανση, διαλύοντας 40 g B_3HO_3 σε 1000 mL απιονισμένο νερό. Τοποθετούμε την κωνική φιάλη στη δεξιά θέση της συσκευής και βάζω το σωληνάκι που υπάρχει στη θέση αυτή μέσα στην κωνική φιάλη. Ανοίγουμε τη θέρμανση και μόλις αρχίζει να βράζει το νερό στη σφαιρική φιάλη, σηκώνουμε πάνω το μοχλό για να περάσουν οι ατμοί μέσα στον σωλήνα με το δείγμα.

Στο γυάλινο ογκομετρικό σκεύος που βρίσκεται πάνω-δεξιά στη συσκευή, προσθέτω 40 με 50 mL NaOH (καυστικό νάτριο) 40%. Όταν αρχίσει να βράζει το δείγμα μέσα στον σωλήνα, στρίβουμε δεξιόστροφα τη βαλβίδα στο ογκομετρικό σκεύος και αποχύνουμε τα 40 με 50 mL NaOH μέσα στο σωλήνα Kjeldahl (για την παρασκευή του NaOH 40%, εργαζόμαστε στον απαγωγό, όπου χρησιμοποιούμε αναδευτήρα χωρίς θέρμανση και διαλύουμε σταδιακά 400 g σε 1000 mL απιονισμένο νερό). Το NaOH ανεβάζει το σημείο ζέσεως, δεσμεύει και εξουδετερώνει το SO_2 και συντελεί στην απόσταξη της αμμωνίας. Η απόσταξη εκφράζεται μέσα από την αντίδραση:



Περιμένουμε περίπου για 15 λεπτά μέχρι να συλλεχθούν 280 με 300 mL αποστάγματος στην κωνική φιάλη. Όσο περισσότερο άζωτο περιέχει το δείγμα, τόσο πιο έντονος είναι ο αποχρωματισμός του διαλύματος της κωνικής φιάλης και η μετατροπή του χρώματος από ροζ σε πράσινο.



Εικόνα 2.28. Απόσταξη της αμμωνίας. Εικόνα 2.29. Συλλογή του αποστάγματος.

Με θερμομονωτικό γάντι αφαιρούμε το σωλήνα Kjeldahl από τη συσκευή της εκχύλισης και κατεβάζουμε το μοχλό.

Ογκομέτρηση

Γεμίζουμε την προχοΐδα με διάλυμα 0,1 M HCl, και ογκομετρούμε το απόσταγμα της κωνικής φιάλης (μέτρηση των mL του HCl που καταναλώθηκαν έως ότου αλλάξει το χρώμα από πράσινο σε φουξ-ροζ).



Εικόνα 2.30. Ογκομέτρηση.



Εικόνα 2.31. Τέλος ογκομέτρησης.

Στην ογκομέτρηση, ουσιαστικά εξουδετερώνεται και προσδιορίζεται η αμμωνία μέσω της αντίδρασης: $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$

Επαναλαμβάνω την ίδια διαδικασία για κάθε έναν από τους υπόλοιπους σωλήνες Kjeldahl. Τα mL HCl που καταναλώθηκαν για την εξουδετέρωση της αμμωνίας χρησιμοποιούνται σε έναν τύπο για την % περιεκτικότητα σε ολικό N, που είναι ο εξής:

$$\text{Ολικό N \%} = \frac{1,4 \chi N \chi (Vs - Vo)}{p}, \text{ όπου N είναι η κανονικότητα του διαλύματος HCl που}$$

ισούται με 0,1, Vs είναι τα mL HCl που καταναλώθηκαν για την εξουδετέρωση της αμμωνίας στο κάθε δείγμα, Vo είναι τα mL HCl που καταναλώθηκαν για την εξουδετέρωση της αμμωνίας στο τυφλό διάλυμα (όλες οι ουσίες σε κάθε σωλήνα για την πέψη χωρίς όμως το έδαφος) που είναι πάντα 0,1 mL και p είναι το βάρος του δείγματος εδάφους που κυμαίνεται από 1 έως 1,10 g. Τέλος, όπως εξηγήσαμε παραπάνω, πολλαπλασιάζουμε το τελικό νούμερο με το 6,25 για να βρούμε την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη από την οποία προήλθε το N. Συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα για το άζωτο (συμπεριλαμβανομένων και των mL HCl που καταναλώθηκαν για το κάθε δείγμα), για όλα τα υλικά βρίσκονται στο παράρτημα.

2.3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

Για τον προσδιορισμό της εδαφικής υγρασίας, πρώτα ζυγίστηκαν 10 g από το υπόστρωμα, από τα τρία υλικά αυτούσια και από όλες τις αναλογίες ανάμειξης με το υπόστρωμα και για τα τρία υλικά. Δηλαδή 31 συνολικά δείγματα των 10 g, τοποθετήθηκαν με τη σειρά σε πυριαντήριο και παρέμειναν για 24 ώρες τουλάχιστον στους 105 °C. Στη συνέχεια, αυτά μεταφέρθηκαν σε ξηραντήριο, όπου και παρέμειναν για 1 ώρα, έως ότου ψυχθούν σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα βγήκαν από τον ξηραντήριο και ζυγίστηκαν ξανά. Αν A είναι το βάρος του κάθε δείγματος πριν από την ξήρανση (υγρό βάρος) και B είναι το βάρος μετά την ξήρανση (ξηρό βάρος), τότε: Υγρασία εδάφους % = $\frac{A-B}{B} \times 100$. Αυτή είναι η σταθμική μέθοδος υπολογισμού της %υγρασίας για κάθε δείγμα των 10 g. Στα δικά μας δεδομένα, στα αυτούσια βελτιωτικά εδάφους, ζυγίσαμε 50 g, για αρχικό καθαρό βάρος.

Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας χρησιμοποιήσαμε την ξηρή μέθοδο ή αλλιώς τη μέθοδο αποτέφρωσης (loss on ignition). Πρώτα 20 g εδάφους μέσα σε πορσελάνινη κάψα τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο για 4 ώρες στους 105 °C. Αφού βγήκε η κάψα και τοποθετήθηκε για 1 ώρα σε ξηραντήριο υπό κενό (απουσία οξυγόνου) για να ψυχθούν, ζυγίστηκε ξανά το δείγμα για να βρεθεί το ξηρό βάρος. Στη συνέχεια η κάψα με

το δείγμα τοποθετήθηκε σε φούρνο υψηλής θερμοκρασίας (τέφρα) και παρέμεινε για 48 ώρες στους 350 °C. Μετά την ψύξη τους σε ξηραντήρα υπό κενό για μία 1 ώρα, το δείγμα ζυγίζεται και πάλι. Εάν B1 είναι το ξηρό βάρος του δείγματος πριν την αποτέφρωση (105 °C) και B2 είναι το βάρος του ίδιου δείγματος μετά την αποτέφρωση (350 °C), τότε η εκατοστιαία απώλεια βάρους λόγω αποτέφρωσης (loss on ignition), θα μας δίνει και την οργανική ουσία, η οποία θα υπολογίζεται ως εξής: $L.O.I.\% = \frac{B1-B2}{B1} \times 100$. Η ίδια ακριβώς διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα 31 συνολικά δείγματα.

2.4. ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΜΕ TEST-KIT)

Μέθοδος

Προκειμένου να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων, χρησιμοποιήθηκαν kit της εταιρείας Hack (LCK 348, με εύρος προσδιορισμού PO_4^{3-} 6-60 mg/L). Τα φωσφορικά ιόντα αντιδρούν με μολυβδαινικά και ιόντα αντιμονίου σε όξινο διάλυμα, για να σχηματίσουν το σύμπλοκο αντιμονυλ-φωσφομολυβδαινικό, το οποίο παρουσία ασκορβικού οξέος, ανάγεται σε κυανό φωσφομολυβδαίνιο.

Για κάθε δείγμα εδάφους, όλων των μεταχειρίσεων η πρακτική που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Αναμείχθηκαν 300 mg δείγματος με 20 mL απιονισμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως, χρησιμοποιώντας μαγνητικό αναδευτήρα, για 20 λεπτά περίπου. Ζυγίστηκαν σε μικρούς falcon σωλήνες περίπου 10 mL από το κάθε δείγμα, φροντίζοντας ανά δύο, να έχουν το ίδιο ακριβώς μεικτό βάρος (μαζί με τα καπάκια τους).

Τοποθετήθηκαν οι falcon σωλήνες στη φυγόκεντρο. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι τέσσερις κεντρικές θέσεις της φυγόκεντρο, με τους σωλήνες που έχουν το ίδιο βάρος να τοποθετούνται στις αντικριστές θέσεις. Πραγματοποιήθηκε φυγοκέντριση για 20 λεπτά, στις 4000 στροφές. Όταν τελείωσε η φυγοκέντριση, λήφθηκε το υπερκείμενο υγρό της φυγοκέντρισης με πιπέτα (διαφορετική για κάθε δείγμα) και στη συνέχεια εγχύθηκε σε μεγαλύτερους falcon σωλήνες.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αραιώση 1:4 ή 1:3 (ανάλογα) σε μικρούς falcon, λαμβάνοντας με αυτόματη πιπέτα 250 mL από το δείγμα και 750 mL απιονισμένο νερό, με διαφορετικό tip για κάθε δείγμα (δείγμα A). Αφού ανακινήθηκε κάθε αραιωμένο δείγμα, στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν 0,5 mL από το κάθε δείγμα, τα οποία προστέθηκαν στην αμπούλα με το πράσινο καπάκι του test-kit και τέλος τοποθετήθηκε το πράσινο καπάκι ανάποδα για να κλείσει η αμπούλα (δείγμα B του test-kit). Ακολούθησε και πάλι έντονη ανάδευση, επώαση και θέρμανση του διαλύματος της αντίδρασης για 30 λεπτά στους 120 °C.

Αφέθηκε στη συνέχεια το επωασμένο δείγμα να ψυχθεί για 20 λεπτά, ώσπου απέκτησε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια προστέθηκαν 200 mL από το δείγμα Β του test-kit, με αυτόματη πιπέτα σε κάθε αμπούλα, η οποία σφραγίστηκε με το γκρι καπάκι (δείγμα C του test-kit). Μετά την πάροδο χρόνου των 10 λεπτών, ακολούθησε ανακίνηση του κάθε διαλύματος κι έπειτα ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των PO_4^{3-} φωτομετρικά. Τελικώς, η ένδειξη του φωτόμετρου πολλαπλασιάστηκε με το συντελεστή αραίωσης και βρέθηκαν τα mg P που περιέχονταν σε 1 L δείγματος.

Στο παράρτημα υπάρχει σχετικός πίνακας με την ένδειξη του φωτόμετρου (mg/L), το συντελεστή αραίωσης για το κάθε δείγμα (χ3 ή χ4) και την τελική συγκέντρωση του φωσφόρου (mg/L).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Στατιστική Ανάλυση

3.1.1 Ολικό Άζωτο

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, τα οποία εκφράζονται σε ποσοστά θα πρέπει αυτά προηγουμένως να μετατραπούν σε μοίρες ώστε να επιτευχθεί η κανονικότητα της κατανομής. Ουσιαστικά υπολογίζουμε τη γωνία εκείνη που έχει ως ημίτονο την τετραγωνική ρίζα του ποσοστού. Στο SPSS αυτό πραγματοποιείται με τη συνάρτηση:

= $ARSIN(\sqrt{X}) * 57.296$. Το X είναι η μεταβλητή (άζωτο), η οποία αφού στη συγκεκριμένη περίπτωση δίνεται σε ποσοστό, θα πρέπει να διαιρεθεί με το εκατό. Οπότε η συνάρτηση διαμορφώνεται ως: $\text{Άζωτο 1} = ARSIN(\sqrt{X/100}) * 57.296$ και τα δεδομένα καταχωρούνται κατ' αυτόν τον τρόπο.

Πίνακας 3.1. Αυτούσια Υλικά - % Ολικό Άζωτο – Μοίρες

Άζωτο – Ποσοστά %	Βιοϋλικά - Αυτούσια	Άζωτο 1 - Μοίρες
0,0000	Υπόστρωμα	0,0000
0,0000	Υπόστρωμα	0,0000
0,0000	Υπόστρωμα	0,0000
0,1426	Κοπριά	2,1641
0,1223	Κοπριά	2,0041
0,1296	Κοπριά	2,0631
0,1087	Βιοκομπόστ	1,8894
0,0800	Βιοκομπόστ	1,6208
0,1098	Βιοκομπόστ	1,8989
0,0533	Μυκόρριζα	1,3229
0,1056	Μυκόρριζα	1,8622
0,0518	Μυκόρριζα	1,3041

Όπως και στα αυτούσια υλικά, έτσι και στις αναλογίες ανάμειξης των υλικών, τα ποσοστά αζώτου, μετατράπηκαν σε μοίρες, με την ίδια συνάρτηση, προκειμένου να γίνει η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τη γωνιακή μετατροπή της μεταβλητής αζώτου σε **Άζωτο 1** για όλες τις αναλογίες ανάμειξης των υλικών με το υπόστρωμα, συγκεντρώνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.2. Μεταχειρίσεις - % Ολικό Άζωτο – Μοίρες

Βιοϋλικά	Αναλογίες	Άζωτο - ποσοστά %	Άζωτο 1 - μοίρες
Κοπριά	1:2	0,0138	0,6731
Κοπριά	1:2	0,0000	0,0000
Κοπριά	1:2	0,0256	0,9168
Κοπριά	1:10	0,0132	0,6583
Κοπριά	1:10	0,0133	0,6608
Κοπριά	1:10	0,0543	1,3353
Κοπριά	10:1	0,0533	1,3229
Κοπριά	10:1	0,0777	1,5973
Κοπριά	10:1	0,0808	1,6289
Βιοκομπόστ	1:2	0,0961	1,7765
Βιοκομπόστ	1:2	0,0777	1,5973
Βιοκομπόστ	1:2	0,0777	1,5973
Βιοκομπόστ	1:10	0,0420	1,1743
Βιοκομπόστ	1:10	0,0396	1,1403
Βιοκομπόστ	1:10	0,0392	1,1345
Βιοκομπόστ	10:1	0,0266	,9345
Βιοκομπόστ	10:1	0,0269	,9398
Βιοκομπόστ	10:1	0,0403	1,1503
Μυκόρριζα	1:2	0,0392	1,1345
Μυκόρριζα	1:2	0,0388	1,1287
Μυκόρριζα	1:2	0,0259	0,9221
Μυκόρριζα	1:10	0,0777	1,5973
Μυκόρριζα	1:10	0,0533	1,3229
Μυκόρριζα	1:10	0,0642	1,4519
Μυκόρριζα	10:1	0,0831	1,6519
Μυκόρριζα	10:1	0,0544	1,3365
Μυκόρριζα	10:1	0,0686	1,5008

Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση παραλλακτικότητας ως προς δύο κριτήρια κατάταξης (παράγοντες: βιοϋλικά, αναλογίες), χρησιμοποιώντας δηλαδή το General Linear Model. Τα αποτελέσματα με τη μεγαλύτερη σημασία, είναι τα παρακάτω.

Πίνακας 3.3. Ανάλυση διακύμανσης για τα ποσοστά ολικού αζώτου

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Μοίρες

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7,881 ^a	6	1,313	9,362	,000
Intercept	19,302	1	19,302	137,576	,000
Βιοϋλικά	7,386	3	2,462	17,548	,000
Αναλογίες	2,713	3	,904	6,446	,002
Error	4,490	32	,140		
Total	72,472	39			
Corrected Total	12,370	38			

a. R Squared = ,637 (Adjusted R Squared = ,569)

Οι δύο παράγοντες (βιοϋλικά και αναλογίες), επιδρούν σημαντικά στην περιεκτικότητα του αζώτου, εφόσον ισχύει: (sig: 0,000 και 0,002 < 0,05).

Από τους πίνακες των πολλαπλών συγκρίσεων, για τον κάθε παράγοντα ξεχωριστά, οι οποίοι βρίσκονται στο παράρτημα, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 3.4. Υποσύνολα για τα βελτιωτικά εδάφους – μεταβλητή «% ολικό άζωτο»

Μοίρες

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Τύρφη & Περλίτης	3	,000000	
	Κοπριά	12		1,252056
	Μυκόρριζα	12		1,377992
	Βιοκομπόστ	12		1,404480
	Sig.		1,000	,874
Tukey B ^{a,b,c}	Τύρφη & Περλίτης	3	,000000	
	Κοπριά	12		1,252056
	Μυκόρριζα	12		1,377992
	Βιοκομπόστ	12		1,404480

c. Alpha = ,05.

Πίνακας 3.5. Υποσύνολα για τις αναλογίες ανάμειξης– μεταβλητή «% ολικό άζωτο»

Μοίρες

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset
			1
Tukey HSD ^{a,b,c}	1:2	9	1,082916
	1:10	9	1,163942
	10:1	9	1,340321
	Αυτούσια κατάσταση	12	1,344144
	Sig.		,433
Tukey B ^{a,b,c}	1:2	9	1,082916
	1:10	9	1,163942
	10:1	9	1,340321
	Αυτούσια κατάσταση	12	1,344144

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,140.

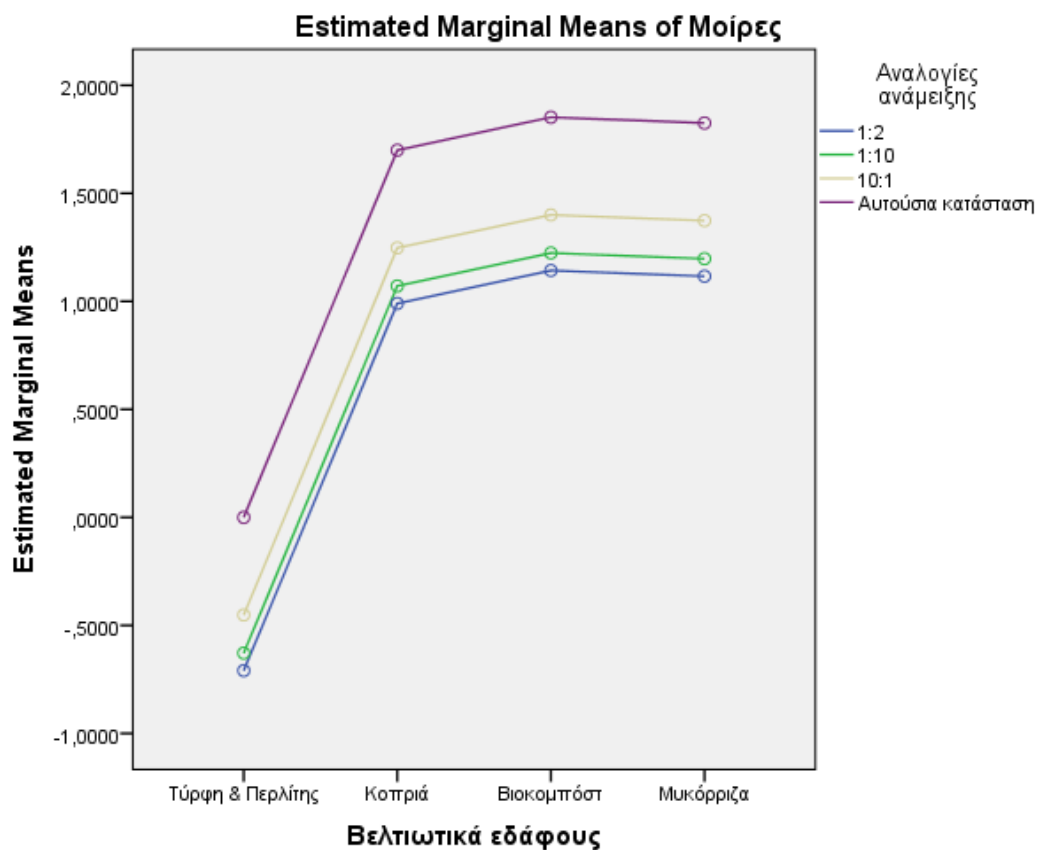
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,600.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Από τον πίνακα 3.4., όσον αφορά τα βιοϋλικά (βελτιωτικά εδάφους), ο μέσος των τιμών αζώτου για το υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης), διαφέρει σημαντικά με τους μέσους και των τριών άλλων υλικών, οπότε δημιουργούνται δύο υποομάδες, στη μία εκ των οποίων συμπεριλαμβάνονται τα τρία κομπόστ (κοπριά, βιοκομπόστ και μυκόρριζα), στα οποία δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τα ποσοστά αζώτου και στην άλλη υποομάδα περιλαμβάνεται μόνο το υπόστρωμα, του οποίου τα ποσοστά αζώτου διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με εκείνα των υπόλοιπων υλικών. Όσον αφορά τις αναλογίες, από τον πίνακα 3.5. βλέπουμε ότι δεν δημιουργούνται υποομάδες, καθώς οι μέσοι των τιμών αζώτου δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Σχήμα 3.1. – Ολικό Άζωτο % - Αλληλεπίδραση μεταξύ μεταχειρίσεων



Στο διάγραμμα εκτίμησης των μέσων (Σχήμα 3.1.) βλέπουμε ότι δεν τέμνονται καμία από τις τεθλασμένες γραμμές, επομένως η αλληλεπίδραση μεταξύ των αναλογιών 1:2, 1:10, 10:1 και αυτούσιας κατάστασης δεν επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα σε άζωτο (ισχύει για τα όλα τα υλικά).

3.1.2. Οργανική Ουσία – Εδαφική Υγρασία

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, τα ποσοστά μετατράπηκαν σε μοίρες, ώστε να γίνει η σύγκριση των μέσων.

Πίνακας 3.6. Αυτούσια υλικά – Εδαφική Υγρασία – Μοίρες

Βιοϋλικά	Αναλογίες	Υγρασία - Ποσοστά %	Υγρασία 2 - μοίρες
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	47,9166	43,81
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	32,0652	34,49
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	56,2745	48,60
Κοπριά	Αυτούσιο	32,5053	34,76
Κοπριά	Αυτούσιο	32,4004	34,70
Κοπριά	Αυτούσιο	32,3730	34,68
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	61,7590	51,80
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	62,3181	52,13
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	62,4187	52,19
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	30,7335	33,67
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	30,3572	33,43
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	30,2990	33,40

Πίνακας 3.7. Αυτούσια υλικά – Οργανική Ουσία – Μοίρες

Βιοϋλικά	Αναλογίες	Οργανική ουσία - Ποσοστά %	Οργανική ουσία 2 - μοίρες
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	68,60	55,92
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	69,14	56,25
Τύρφη & περλίτης	Αυτούσιο	64,52	53,44
Κοπριά	Αυτούσιο	60,26	50,92
Κοπριά	Αυτούσιο	60,32	50,96
Κοπριά	Αυτούσιο	56,05	48,48
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	61,71	51,77
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	62,44	52,20
Βιοκομπόστ	Αυτούσιο	61,46	51,63
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	50,54	45,31
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	49,42	44,67
Μυκόρριζα	Αυτούσιο	47,35	43,48

Πίνακας 3.8. Μεταχειρίσεις – Εδαφική Υγρασία - Μοίρες

Βιοϋλικά	Αναλογίες	Υγρασία - Ποσοστά %	Υγρασία 2 - μοίρες
Κοπριά	1:2	34,8236	36,17
Κοπριά	1:2	35,0058	36,27
Κοπριά	1:2	35,2205	36,40
Κοπριά	1:10	49,6652	44,81
Κοπριά	1:10	49,5026	44,72
Κοπριά	1:10	49,4208	44,67
Κοπριά	10:1	59,6644	50,57
Κοπριά	10:1	58,1519	49,69
Κοπριά	10:1	59,1035	50,25
Βιοκομπόστ	1:2	60,2464	50,91
Βιοκομπόστ	1:2	60,6221	51,13
Βιοκομπόστ	1:2	61,6270	51,72
Βιοκομπόστ	1:10	65,5955	54,09
Βιοκομπόστ	1:10	65,7158	54,16
Βιοκομπόστ	1:10	65,9214	54,28
Βιοκομπόστ	10:1	61,2252	51,49
Βιοκομπόστ	10:1	61,4702	51,63
Βιοκομπόστ	10:1	62,0550	51,98
Μυκόρριζα	1:2	45,4446	42,39
Μυκόρριζα	1:2	47,1905	43,39
Μυκόρριζα	1:2	47,4071	43,51
Μυκόρριζα	1:10	43,9336	41,52
Μυκόρριζα	1:10	42,9939	40,97
Μυκόρριζα	1:10	49,1947	44,54
Μυκόρριζα	10:1	56,0767	48,49
Μυκόρριζα	10:1	56,1807	48,55
Μυκόρριζα	10:1	56,5746	48,78

Πίνακας 3.9. Μεταχειρίσεις – Οργανική Ουσία - Μοίρες

Βιοϋλικά	Αναλογίες	Οργανική ουσία - Ποσοστά %	Οργανική ουσία 2 - μοίρες
Κοπριά	1:2	65,34	53,93
Κοπριά	1:2	61,49	51,64
Κοπριά	1:2	59,57	50,52
Κοπριά	1:10	56,39	48,67
Κοπριά	1:10	62,63	52,32
Κοπριά	1:10	61,12	51,43
Κοπριά	10:1	69,00	56,17
Κοπριά	10:1	68,11	55,62
Κοπριά	10:1	66,40	54,57
Βιοκομπόστ	1:2	66,30	54,51
Βιοκομπόστ	1:2	65,60	54,09
Βιοκομπόστ	1:2	63,72	52,96
Βιοκομπόστ	1:10	64,11	53,20
Βιοκομπόστ	1:10	64,34	53,33
Βιοκομπόστ	1:10	62,21	52,07
Βιοκομπόστ	10:1	71,68	57,85
Βιοκομπόστ	10:1	69,76	56,64
Βιοκομπόστ	10:1	64,31	53,32
Μυκόρριζα	1:2	52,06	46,18
Μυκόρριζα	1:2	48,54	44,16
Μυκόρριζα	1:2	46,32	42,89
Μυκόρριζα	1:10	46,28	42,87
Μυκόρριζα	1:10	44,94	42,10
Μυκόρριζα	1:10	43,58	41,31
Μυκόρριζα	10:1	66,22	54,46
Μυκόρριζα	10:1	66,11	54,40
Μυκόρριζα	10:1	61,89	51,88

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης MANOVA (Multivariate Analysis of Variance), όπου ελέγχθηκε η επίδραση δύο ποιοτικών παραγόντων (βιοϋλικά και αναλογίες), στις δύο εξαρτημένες ποσοτικές μεταβλητές που είναι η **υγρασία** και η **οργανική ουσία εδάφους**. Στους δύο παραπάνω πίνακες εμφανίζονται οι μοίρες στις οποίες μετατράπηκαν τα ποσοστά της υγρασίας και της οργανικής ουσίας, σε **Υγρασία 2** και **Οργανική ουσία 2** αντίστοιχα. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 3.10. Πολλαπλή Ανάλυση Διακύμανσης για την υγρασία και οργανική ουσία

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Υγρασία2	1439,113 ^a	6	239,852	17,353	,000
	Οργανική2	674,280 ^b	6	112,380	30,156	,000
Intercept	Υγρασία2	50281,060	1	50281,060	3637,839	,000
	Οργανική2	65446,725	1	65446,725	17561,669	,000
Βιοϋλικά	Υγρασία2	913,229	3	304,410	22,024	,000
	Οργανική2	467,317	3	155,772	41,799	,000
Αναλογίες	Υγρασία2	513,366	3	171,122	12,381	,000
	Οργανική2	240,497	3	80,166	21,511	,000
Error	Υγρασία2	442,294	32	13,822		
	Οργανική2	119,254	32	3,727		
Total	Υγρασία2	80832,550	39			
	Οργανική2	102141,609	39			
Corrected Total	Υγρασία2	1881,407	38			
	Οργανική2	793,533	38			

a. R Squared = ,765 (Adjusted R Squared = ,721)

b. R Squared = ,850 (Adjusted R Squared = ,822)

Οι παράγοντες «βιοϋλικά», και «αναλογίες» διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ($\text{sig} < 0,05$), οπότε επιδρούν σημαντικά και επηρεάζουν τη διαμόρφωση των ποσοστών της υγρασίας και της οργανικής ουσίας.

Στον πίνακα πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων για τα βελτιωτικά εδάφους, που υπάρχει στο παράρτημα, παρατηρούνται τα εξής: όσον αφορά την υγρασία, ο μέσος του βιοκομποστ διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων υλικών ($\text{sig} < 0,05$). Οπότε περιμένουμε να δημιουργηθούν υποομάδες. Όσον αφορά την οργανική ουσία, ο μέσος της μυκόρριζας διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων υλικών. Οπότε κι εδώ περιμένουμε να δημιουργηθούν υποομάδες.

Πίνακας 3.11. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» - μεταβλητή «οργανική ουσία»

Οργανική2

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b,c}	Μυκόρριζα	12	46,1424		
	Κοπριά	12		52,1014	
	Βιοκομπόστ	12		53,6307	53,6307
	Τύρφη & περλίτης	3			55,2049
	Sig.		1,000	,469	,444
Tukey B ^{a,b,c}	Μυκόρριζα	12	46,1424		
	Κοπριά	12		52,1014	
	Βιοκομπόστ	12		53,6307	53,6307
	Τύρφη & περλίτης	3			55,2049

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,727.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,857.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Πίνακας 3.12. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» - τη μεταβλητή «υγρασία εδάφους»

Υγρασία2

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Κοπριά	12	41,4733	
	Μυκόρριζα	12	41,8863	
	Τύρφη & περλίτης	3	42,3003	
	Βιοκομπόστ	12		52,2932
	Sig.		,976	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	Κοπριά	12	41,4733	
	Μυκόρριζα	12	41,8863	
	Τύρφη & περλίτης	3	42,3003	
	Βιοκομπόστ	12		52,2932

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 13,822.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,857.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Από τους πίνακες 3.11 και 3.12 προκύπτουν τα εξής: όσον αφορά την **οργανική ουσία**, δημιουργούνται τρεις υποομάδες. Στην πρώτη περιλαμβάνεται η μυκόρριζα, στη δεύτερη η κοπριά με το βιοκομπόστ και στην τρίτη το βιοκομπόστ με το υπόστρωμα. Εντός κάθε υποομάδας, τα υλικά δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τους μέσους τους, συνεπώς δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στην περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας. Όσον αφορά την **υγρασία**, δημιουργούνται δύο υποομάδες. Η μία περιλαμβάνει όλα τα υλικά εκτός από το βιοκομπόστ και η άλλη το τελευταίο υλικό μόνο του. Συνεπώς το βιοκομπόστ διαφέρει σημαντικά από τα υπόλοιπα υλικά, όσον αφορά την υγρασία.

Στον πίνακα πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων για τις αναλογίες ανάμειξης των υλικών παρατηρούνται τα εξής: Σχετικά με την υγρασία, βλέπουμε ότι ο μέσος της 10:1 αναλογίας (όλων των υλικών) διαφέρει σημαντικά με την 1:2 και την Αυτούσια (κατάσταση) ($\text{sig} < 0,05$). Ακόμα ο μέσος της 1:10 διαφέρει σημαντικά και αυτός από την Αυτούσια. Στην οργανική ουσία βλέπουμε ότι ο μέσος της 10:1 διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων αναλογιών ($\text{sig} < 0,05$). Οπότε κι εδώ περιμένουμε να δημιουργηθούν υποομάδες και στις δύο μεταβλητές.

Πίνακας 3.13. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «αναλογίες ανάμειξης» -τη μεταβλητή «υγρασία»

Υγρασία2

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	Αυτούσια κατάσταση	12	40,6382		
	1:2	9	43,5448	43,5448	
	1:10	9		47,0834	47,0834
	10:1	9			50,1581
	Sig.			,334	,180
Tukey B ^{a,b}	Αυτούσια κατάσταση	12	40,6382		
	1:2	9	43,5448	43,5448	
	1:10	9		47,0834	47,0834
	10:1	9			50,1581

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 13,822.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,600.

b. Alpha = ,05.

Πίνακας 3.14. Υποσύνολα για: τον παράγοντα «αναλογίες» - τη μεταβλητή «οργανική ουσία»

Οργανική2

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	1:10	9	48,5871	
	1:2	9	50,0994	
	Αυτούσια κατάσταση	12	50,4188	
	10:1	9		54,9893
	Sig.		,182	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	1:10	9	48,5871	
	1:2	9	50,0994	
	Αυτούσια κατάσταση	12	50,4188	
	10:1	9		54,9893

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,727.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,600.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

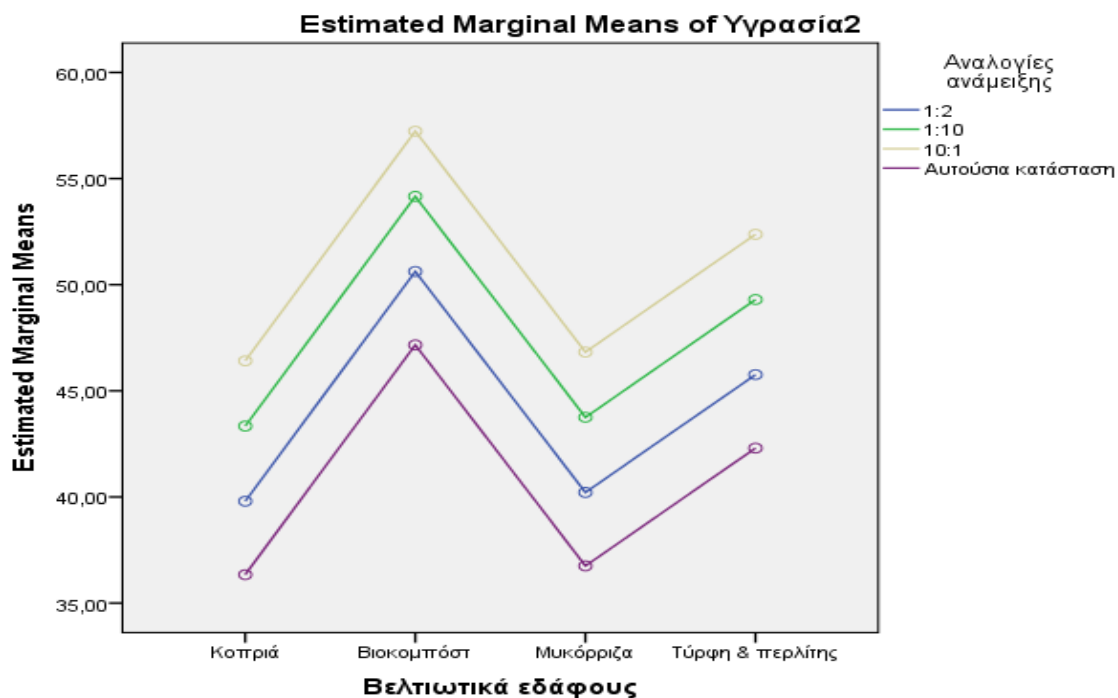
Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

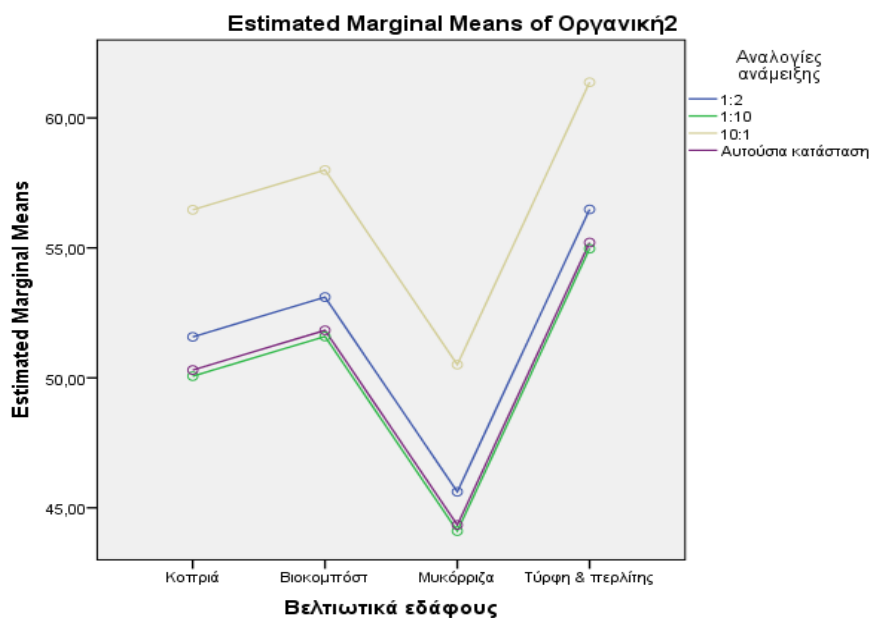
Στους πίνακες 3.13 και 3.14 παρατηρούνται τα εξής: στην **υγρασία** δημιουργούνται τρεις υποομάδες. Στην πρώτη περιλαμβάνονται η Αυτούσια κατάσταση και η 1:2, στη δεύτερη η 1:2 και η 1:10 αναλογίες και στην τρίτη η 1:10 με τη 10:1. Μεταξύ των υλικών της κάθε υποομάδας δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην υγρασία εδάφους. Στην **οργανική ουσία** δημιουργούνται δύο υποομάδες. Στη μία περιλαμβάνονται όλες οι αναλογίες εκτός από τη 10:1 και στην άλλη υποομάδα, η 10:1 μόνη της. Αυτό σημαίνει ότι η 10:1, σε όλα τα υλικά, παρουσιάζει μεγαλύτερη διαφορά ως προς την περιεκτικότητα σε

οργανική ουσία, σε σχέση με τις άλλες τρεις αναλογίες που έχουν μικρότερες διαφορές μεταξύ τους και αντίστροφα, μεγάλη διαφορά και οι τρεις με την 10:1 αναλογία.

Σχήμα 3.2. Υγρασία εδάφους – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων



Σχήμα 3.3. Οργανική ουσία εδάφους – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων



Στην **υγρασία**, δεν τέμνονται πουθενά οι τεθλασμένες γραμμές, επομένως δεν υπάρχει καμία σημαντική αλληλεπίδραση. Στην **οργανική ουσία** υπάρχει οριακά μικρή αλληλεπικάλυψη των τεθλασμένων της 1:10 αναλογίας και της Αυτούσιας κατάστασης, για τη μυκόρριζα και το υπόστρωμα, οπότε υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των «βιοϋλικών» και των «αναλογιών» για τις δύο προαναφερόμενες αναλογίες

3.1.3. Συγκέντρωση Φωσφόρου

Ο ακόλουθος συνοπτικός πίνακας μας δίνει την (τελική) συγκέντρωση του φωσφόρου για το κάθε δείγμα από όλες τις αναλογίες ανάμειξης των υλικών με το υπόστρωμα και από τα αυτούσια υλικά.

Πίνακας 3.15. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) των δειγμάτων

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (mg/L)					
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΜΕ ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	19,68	14,24	15,88
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	3,06	4,74	4,02
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	8,44	8,64	10,00
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	13,76	14,60	15,80
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	4,68	5,10	7,53
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	9,44	11,68	7,00
	10:1	ΚΟΠΡΙΑ	18,68	18,76	12,75
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	10,86	11,16	11,01
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	12,60	15,64	11,76
ΑΥΤΟΥΣΙΑ		ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	9,80	9,32	17,40
		ΚΟΠΡΙΑ	12,81	12,84	12,24
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	2,52	3,18	4,11
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	6,72	6,08	8,52

Ακολουθεί η στατιστική ανάλυση των δεδομένων

Πίνακας 3.16. Ανάλυση Διακύμανσης για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Συγκέντρωση φωσφόρου

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	726,117 ^a	12	60,510	13,780	,000
Intercept	4056,487	1	4056,487	923,770	,000
Βιοϋλικά	556,569	3	185,523	42,249	,000
Αναλογίες	168,652	3	56,217	12,802	,000
Βιοϋλικά * Αναλογίες	36,753	6	6,125	1,395	,254
Error	114,172	26	4,391		
Total	5088,743	39			
Corrected Total	840,289	38			

a. R Squared = ,864 (Adjusted R Squared = ,801)

Τα βιοϋλικά δεν έχουν κατά μέσο όρο την ίδια συγκέντρωση φωσφόρου, αλλά αντιθέτως υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς αυτήν ($\text{sig} < 0,05$). Το ίδιο ισχύει και με τις αναλογίες, οι οποίες δεν έχουν κατά μέσο όρο την ίδια συγκέντρωση σε φώσφορο. Εξετάσαμε και τον όρο (βαθμό) αλληλεπίδρασης μεταξύ των βιοϋλικών και των αναλογιών, ο οποίος δεν είναι στατιστικά σημαντικός, οπότε δεν επιδρά στη συγκέντρωση φωσφόρου.

Αν ανατρέξουμε στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων (multiple comparisons) για τον παράγοντα «βελτιωτικά», που βρίσκεται το παράρτημα, θα δούμε ότι ο μέσος του βιοκομπόστ διαφέρει σημαντικά με τους μέσους και των τριών υπολοίπων υλικών ($\text{sig.} < 0,05$). Ακόμα ο μέσος της κοπριάς διαφέρει σημαντικά (εκτός του βιοκομπόστ) με τον μέσο της μυκόρριζας ($0,000 < 0,05$) και αντίστροφα ο μέσος της μυκόρριζας διαφέρει σημαντικά με τα δύο προαναφερόμενα υλικά (κοπριά και βιοκομπόστ) ($0,000$ και $0,001 < 0,05$ αντίστοιχα). Οπότε θα πρέπει να δημιουργηθούν 3 υποομάδες.

Αν παρατηρήσουμε τον πίνακα πολλαπλών συγκρίσεων για τον παράγοντα «αναλογίες», που βρίσκεται το παράρτημα, θα δούμε ότι ο μέσος της 10:1 αναλογίας διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων αναλογιών. Οπότε εδώ θα πρέπει να δημιουργηθούν δύο υποομάδες.

Πίνακας 3.17. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βελτιωτικά εδάφους» για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L)

Συγκέντρωση φωσφόρου

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	12	5,9975		
	Μυκόρριζα	12		9,7100	
	Τύρφη & περλίτης	3		12,1733	12,1733
	Κοπριά	12			15,1700
	Sig.		1,000	,156	,061
Tukey B ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	12	5,9975		
	Μυκόρριζα	12		9,7100	
	Τύρφη & περλίτης	3		12,1733	
	Κοπριά	12			15,1700

Πίνακας 3.18. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες ανάμειξης» για τη Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L)

Συγκέντρωση φωσφόρου

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Αυτούσια κατάσταση	12	8,7950	
	1:2	9	9,8556	
	1:10	9	9,9544	
	10:1	9		13,6911
	Sig.		,625	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	Αυτούσια κατάσταση	12	8,7950	
	1:2	9	9,8556	
	1:10	9	9,9544	
	10:1	9		13,6911

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,391.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,600.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

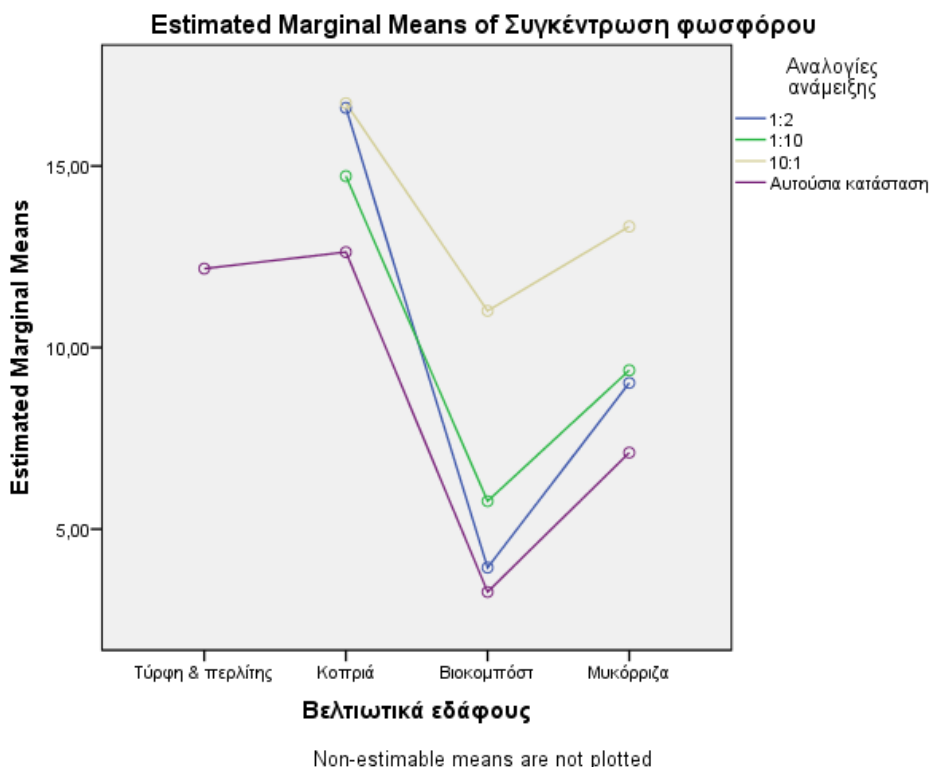
Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Πράγματι στον πίνακα 3.17 δημιουργούνται 3 υποομάδες, όπου: στην πρώτη περιλαμβάνεται μόνο το βιοκομπόστ, στη δεύτερη η μυκόρριζα μαζί με το υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης), μεταξύ των οποίων δεν υπάρχει σημαντική διαφορά των μέσων, άρα και ως προς τη συγκέντρωση φωσφόρου και στην τρίτη υποομάδα περιλαμβάνονται το υπόστρωμα μαζί με την κοπριά, μεταξύ των οποίων επίσης δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ως προς τη συγκέντρωση φωσφόρου (σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD). Στο συγκεκριμένο πίνακα, μπορούμε να θεωρήσουμε σωστά και τα δύο κριτήρια ελέγχου, όπου στο δεύτερο (Tukey B), η τρίτη υποομάδα περιλαμβάνει μόνη της την κοπριά, της οποίας προφανώς η συγκέντρωση σε φώσφορο διαφέρει σημαντικά από αυτήν των άλλων τριών υλικών. Μεταξύ των υποομάδων, τυπικά υπάρχει μεγάλη διαφορά ως προς τη συγκέντρωση του φωσφόρου βάσει των μέσων. Όσα ερμηνεύονται από τον παραπάνω πίνακα, εννοείται ότι ισχύουν για όλες τις αναλογίες.

Στον πίνακα 3.18 δημιουργούνται δύο υποομάδες, όπου στη μία περιλαμβάνονται όλες οι αναλογίες εκτός από την 10:1 και στην άλλη η 10:1 μόνη της. Εδώ θα δεχτούμε ότι η 10:1, σε όλα τα υλικά, έχει σημαντική διαφορά ως προς τη συγκέντρωση φωσφόρου, βάσει των μέσων με τις υπόλοιπες τρεις αναλογίες (sig. < 0,05), ενώ τυπικά, οι υπόλοιπες αναλογίες δεν έχουν σημαντικές διαφορές.

Σχήμα 3.4. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων



Οι τεθλασμένες γραμμές των αναλογιών 1:10 και 1:2, στο βιοκομπόστ, τέμνονται, οπότε υφίσταται αλληλεπίδραση μεταξύ των βιοϋλικών και των αναλογιών, δηλαδή σωστά κάναμε που λάβαμε υπόψη και τον όρο «Βιοϋλικά * Αναλογίες», ασχέτως άμα το πεδίο ελέγχου της διακύμανσης μας δείχνει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντικός.

3.1.4. Αριθμός των φυτών

Ο αριθμός των φυτών της κάθε μεταχείρισης (υλικά – αναλογίες), εκφράζει την ικανότητα για βλάστηση των σπόρων. Όσον αφορά την ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων, είχαμε μία μεταβλητή, που είναι ο αριθμός των φυτών (παραγωγή) και τρεις παράγοντες:

- Το είδος του φυτού – με 2 παραμέτρους: σάλβια και μελισσόχορτο.
- Το υλικό του εδάφους με 4 παραμέτρους: υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης), κοπριά, βιοκομπόστ και κομπόστ με μυκόρριζα.
- Την αναλογία με 4 επίπεδα: 1:0 (μάρτυρας), 1:2, 1:10 και 10:1 (στην αριστερή θέση του λόγου των αναλογιών είναι πάντα τα μέρη του υποστρώματος).

Πίνακας 3.19. Αριθμός φυτών – Μελισσόχορτο

				Τύρφη & περλίτης	Σύνολα		
Μελισσόχορτο	Αναλογίες	1:2	Μάρτυρας	6	6		
			Κοπριά	1	12		
			Βιοκομπόστ	8			
		1:10	Μυκόρριζα	3	11		
			Κοπριά	3			
			Βιοκομπόστ	6			
		10:1	Μυκόρριζα	2	10		
			Κοπριά	2			
			Βιοκομπόστ	8			
				Μυκόρριζα	0		
							39

Πίνακας 3.20. Αριθμός φυτών – Σάλβια

Σάλβια	Αναλογίες		Μάρτυρας	Τύρφη & περλίτης	Σύνολα
Σάλβια	1:2		Κοπριά	0	1
			Βιοκομπόστ	1	
			Μυκόρριζα	0	
	1:10		Κοπριά	0	1
			Βιοκομπόστ	1	
			Μυκόρριζα	0	
	10:1		Κοπριά	1	1
			Βιοκομπόστ	0	
			Μυκόρριζα	0	
					3

Όσον αφορά τα παραπάνω δεδομένα, επειδή έχουμε τρία κριτήρια κατάταξης (παράγοντες), η ανάλυση της διακύμανσης ακολουθεί τη λογική της ανάλυσης παλινδρόμησης και γίνεται μέσω της γενικής διαδικασίας General Linear Model (Γενικό Γραμμικό Μοντέλο – συνοπτικά GLM). Χρησιμοποιώντας λοιπόν αυτή την εντολή για τη συγκεκριμένη μέτρηση της ποσοτικής μεταβλητής του αριθμού των φυτών και προκειμένου να διαπιστώσουμε αν οι μέσοι όροι διαφέρουν, αν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων και αν αυτή είναι στατιστικά σημαντική, είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 3.21. Ομαδοποίηση δεδομένων – μεταχειρίσεων (παρατηρήσεων)

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Είδος Φυτού	1	Σάλβια	10
	2	Μελισσόχορτο	10
Υπόστρωμα βελτιωτικά	1	Τύρφη & περλίτης	2
	2	Κοπριά	6
	3	Βιοκομπόστ	6
	4	Μυκόρριζα	6
Αναμειξεις υλικών	1	Μάρτυρας	2
	2	1:2	6
	3	1:10	6
	4	10:1	6

Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζονται ομαδοποιημένες όλες οι μεταχειρίσεις του δείγματος ανά είδος φυτού, ανά υλικό εδάφους και για κάθε αναλογία ανάμειξης.

Πίνακας 3.22. Ανάλυση διακύμανσης για ριζοβολία φυτών

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Αριθμός φυτών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	136.133 ^a	15	9.076	6.406	.043
Intercept	85.279	1	85.279	60.197	.001
Είδος	64.000	1	64.000	45.176	.003
Βιοϋλικά	36.333	2	18.167	12.824	.018
Αναλογίες	.333	2	.167	.118	.892
Βιοϋλικά * Αναλογίες	4.333	4	1.083	.765	.599
Είδος * Αναλογίες	.333	2	.167	.118	.892
Είδος * Βιοϋλικά	25.000	2	12.500	8.824	.034
Error	5.667	4	1.417		
Total	230.000	20			
Corrected Total	141.800	19			

a. R Squared = ,960 (Adjusted R Squared = ,810)

Ο πίνακας ανάλυσης της διακύμανσης μας δείχνει τα εξής: η στατιστική τιμή ελέγχου F για τον παράγοντα «είδος φυτού», έχει επίπεδο σημαντικότητας $p\text{-value } 0,03 < 0,05$, οπότε οι μέσοι όροι των δύο ειδών παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, συνεπώς τα δύο φυτικά είδη δεν έχουν κατά μέσο όρο την ίδια απόδοση όσον αφορά τη βλάστηση των σπόρων. Το ίδιο ισχύει και για τον παράγοντα «βιοϋλικά», αφού $p\text{-value } 0,018 < 0,05$. Όσον αφορά τώρα την αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «βιοϋλικά» και «αναλογίες», όπως και μεταξύ των παραγόντων «είδος» και «αναλογίες», δεν είναι στατιστικά σημαντική αφού έχουν επίπεδα σημαντικότητας $0,599 > 0,05$ και $0,892 > 0,05$, αντίστοιχα. Όμως αυτό δεν ισχύει μεταξύ των παραγόντων «είδος» και «βιοϋλικά», καθώς έχουν $p\text{-value } 0,034 < 0,05$, οπότε η αλληλεπίδρασή μεταξύ τους είναι στατιστικά σημαντική – επηρεάζει τον αριθμό των φυτών που φύτεψαν.

Αν ανατρέξουμε στον πίνακα πολλαπλών συγκρίσεων των μέσων, για τη ριζοβολία, που βρίσκεται στο παράρτημα, θα δούμε ότι υπάρχουν στατιστικά – οριακά – σημαντικές διαφορές μεταξύ μόνο κάποιων υλικών. Δε φαίνεται όμως να είναι τόσο σημαντικές, ούτε για τον παράγοντα, βιοϋλικά, ώστε να δημιουργηθούν υποσύνολα. Για το «είδος» (φυτού) λόγω των δύο μόνο επιπέδων το ξέραμε εξαρχής ότι δεν θα έχει υποσύνολα.

3.1.5. Χλωροφύλλη

Στους πίνακες 3.24, 3.25, 3.26 και 3.27 που ακολουθούν, εμφανίζονται οι μέσοι των μετρήσεων της χλωροφύλλης για το κάθε φυτό των μεταχειρίσεων (τα αποτελέσματα όλων

των μετρήσεων, αναλυτικά, υπάρχουν σε πίνακες στο παράρτημα) για την 1^η και 2^η αξιολόγηση.

Πίνακας 3.23. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Μελισσόχορτο - 1η Αξιολόγηση				
Φυτά	Μυκόρριζα - 10:1	Μυκόρριζα 1:10	Μυκόρριζα 1:2	Βιοκομπόστ 10:1
1		4,3700	2,2500	0,7200
2		3,2267	4,9900	1,2133
3			2,8767	1,7133
4				1,8567
5				2,8433
6				3,0600
7				2,2667
8				1,4167

Πίνακας 3.23. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Μελισσόχορτο - 1η Αξιολόγηση						
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	Μάρτυρας
1	1,6000	1,6800	2,0800	2,9933	2,3667	1,2500
2	2,8400	2,4667	2,0233	2,8900		1,8033
3	2,2133	2,8133		2,9300		2,1067
4	2,3133	2,4533				2,2833
5	2,3700	2,2267				2,5200
6	2,3233	2,6567				4,4200
7		1,9000				
8		4,0567				

Πίνακας 3.24. Χλωροφύλλη – Σάλβια – 1^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Σάλβια - 1η Αξιολόγηση			
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	5,7733	6,2233	5,6967

Πίνακας 3.25. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Μελισσόχορτο - 2η Αξιολόγηση				
Φυτά	Μυκόρριζα - 10:1	Μυκόρριζα 1:10	Μυκόρριζα 1:2	Βιοκομπόστ 10:1
1		4,0033	5,1267	1,3567
2		5,1167	5,7767	3,1600
3			7,6667	3,8833
4				1,6000
5				1,3333
6				1,2333
7				4,0433
8				1,6067

Πίνακας 3.25. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια).

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Μελισσόχορτο - 2η Αξιολόγηση						
Φυτά	Βιοκομπόστ 1: 10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	Μάρτυρας
1	6,0433	9,1000	7,8033	4,7800	1,5500	6,8100
2	7,6600	7,8700	8,7333	4,4733		7,8033
3	6,0733	8,4300		3,9600		6,0533
4	7,1233	5,6133				7,6400
5	6,5367	7,3600				7,2133
6	6,2167	6,2900				7,1900
7		6,8300				
8		8,3733				

Πίνακας 3.26. Χλωροφύλλη – Σάλβια – 2^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη - Μέσοι όροι - Σάλβια - 2η Αξιολόγηση			
Φυτά	Βιοκομπόστ 1: 10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	5,7933	6,9167	8,6300

Στατιστική ανάλυση δεδομένων 1^{ης} αξιολόγησης

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα SPSS με την εντολή General Linear Model. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η τιμή της χλωροφύλλης, ενώ οι παράγοντες ήταν τα «φυτά» (μελισσόχορτο, σάλβια), τα «βιοϋλικά» (τύρφη & περλίτης, κοπριά, βιοκομπόστ και μυκόρριζα) και οι «αναλογίες» (μάρτυρας, 1:2, 1:10 και 10:1).

Πίνακας 3.27. Ανάλυση Διακύμανσης – Χλωροφύλλη – 1^η αξιολόγηση

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	127,552 ^a	7	18,222	18,441	,000
Intercept	90,674	1	90,674	91,763	,000
Φυτά	103,207	2	51,603	52,223	,000
Βιοϋλικά	14,385	2	7,192	7,279	,001
Αναλογίες	7,144	2	3,572	3,615	,030
Error	116,600	118	,988		
Total	1173,686	126			
Corrected Total	244,152	125			

a. R Squared = ,522 (Adjusted R Squared = ,494)

Τα «φυτά» δεν παράγουν κατά μέσο όρο τα ίδια ποσά χλωροφύλλης ($\text{sig} < 0,05$). Το ίδιο ισχύει και για τα «βιοϋλικά» και για τις «αναλογίες», αφού υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων ($\text{sig} < 0,05$), συνεπώς οι παράγοντες αυτοί επιδρούν στην παραγωγή χλωροφύλλης.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: όσον αφορά τα βιοϋλικά, ο μέσος του υποστρώματος (τύρφη & περλίτης) διαφέρει σημαντικά με το μέσο της μυκόρριζας ($0,007 < 0,05$) και ο μέσος της μυκόρριζας με το μέσο του βιοκομπόστ ($0,003 < 0,05$). Επομένως θα πρέπει να δημιουργούνται υποομάδες.

Πίνακας 3.28. Υποσύνολα για τα «βιοϋλικά» - μεταβλητή: χλωροφύλλη – 1^η αξιολόγηση

Χλωροφύλλη

	Βιοϋλικά	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	18	2,3972	
	Βιοκομπόστ	72	2,5417	
	Κοπριά	21	2,9971	2,9971
	Μυκόρριζα	15		3,5427
	Sig.			,197

Tukey B ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	18	2,3972	
	Βιοκομπόστ	72	2,5417	
	Κοπριά	21	2,9971	2,9971
	Μυκόρριζα	15		3,5427

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,988.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21,771.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Στη μία υποομάδα περιλαμβάνονται το υπόστρωμα, το βιοκομπόστ και η κοπριά και στην άλλη υποομάδα, η κοπριά με τη μυκόρριζα. Μεταξύ των υλικών της κάθε υποομάδας, δεν υπάρχει σημαντική διαφορά των μέσων των τιμών της χλωροφύλλης.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: μεταξύ των αναλογιών, η 10:1 εμφανίζει σημαντικές διαφορές με την 1:2 και την 1:10 αναλογία. Οπότε και εδώ περιμένουμε να δημιουργηθούν υποομάδες.

Πίνακας 3.29. Υποσύνολα για τις «αναλογίες» – 1^η αξιολόγηση χλωροφύλλης

Χλωροφύλλη

	Αναλογίες	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	33	2,2627	
	Μάρτυρας	18	2,3972	2,3972
	1:10	36		2,9869
	1:2	39		2,9969
	Sig.		,956	,107
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	33	2,2627	
	Μάρτυρας	18	2,3972	2,3972
	1:10	36		2,9869
	1:2	39		2,9969

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,988.

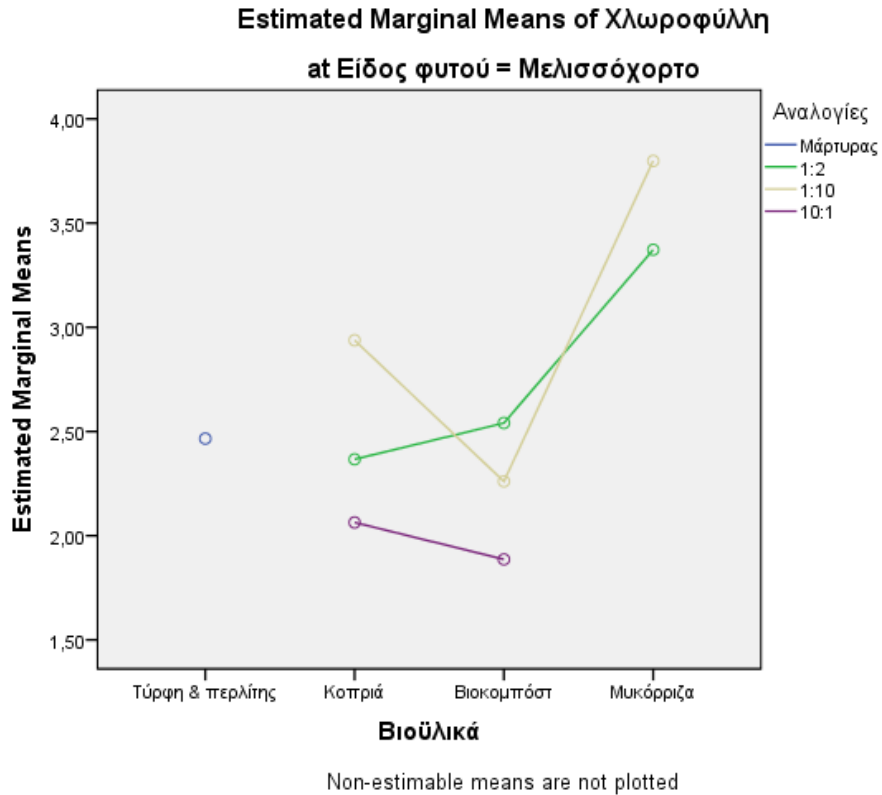
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 28,720.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

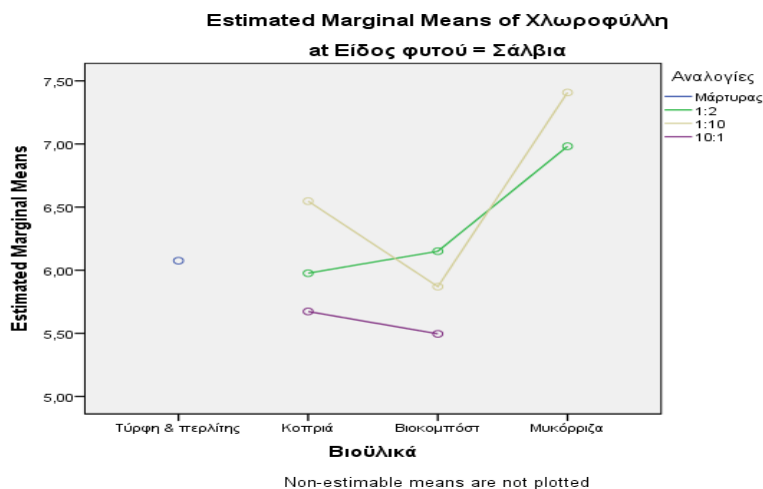
c. Alpha = ,05.

Στην μία υποομάδα περιλαμβάνονται η 10:1 αναλογία και ο μάρτυρας και στην άλλη, οι αναλογίες 1:10, 1:2 και ο μάρτυρας, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των τιμών χλωροφύλλης για τις αναλογίες της ίδιας υποομάδας. Όμως μεταξύ διαφορετικών υποομάδων υπάρχει σημαντική διαφορά στην παραγωγή χλωροφύλλης.

Σχήμα 3.5. Χλωροφύλλη – Μελισσόχορτο – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων



Σχήμα 3.6. Χλωροφύλλη – Σάλβια – Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταχειρίσεων



Παρατηρούμε ότι και στα δύο φυτά υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των αναλογιών 1:2 και 1:10, για το βιοκομπόστ, αφού οι τεθλασμένες γραμμές τέμνονται μεταξύ τους, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη, αφού επηρεάζει τις τιμές χλωροφύλλης.

Στατιστική Ανάλυση δεδομένων 2^{ης} αξιολόγησης.

Πίνακας 3.30 Ανάλυση Διακύμανσης – Χλωροφύλλη – 2^η αξιολόγηση

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	263,589 ^a	6	43,932	8,645	,000
Intercept	805,929	1	805,929	158,587	,000
Φυτά	1,895	1	1,895	,373	,543
Βιοϋλικά	91,916	2	45,958	9,043	,000
Αναλογίες	155,582	2	77,791	15,307	,000
Error	604,750	119	5,082		
Total	4553,956	126			
Corrected Total	868,339	125			

a. R Squared = ,304 (Adjusted R Squared = ,268)

Εκτός από τα «φυτά», οι άλλοι δύο παράγοντες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους μέσους τους ($\text{sig} < 0,05$), οπότε επιδρούν στην παραγωγή της χλωροφύλλης. Τα φυτά της σάλβιας ήταν μόνο τρία στο σύνολο αλλά οι τιμές χλωροφύλλης, ενδεικτικά ήταν πολύ υψηλές, οπότε οι μέσοι των τιμών των δύο φυτών δεν είχαν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: η διαφορά των μέσων του υποστρώματος και της κοπριάς είναι σχεδόν πάνω στο όριο ($0,06 > 0,05$), ώστε να μη θεωρηθεί σημαντική, ενώ είναι στατιστικά σημαντική με τα άλλα δύο υλικά. Επίσης οι μέσοι του βιοκομπόστ διαφέρουν σημαντικά με τους μέσους της μυκόρριζας και του υποστρώματος.

Πίνακας 3.31. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - 2^η αξιολόγηση χλωροφύλλης

Χλωροφύλλη

	Βελτιωτικό εδάφους	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b,c}	Μυκόρριζα	15	3,5427		
	Κοπριά	21	5,2852	5,2852	
	Βιοκομπόστ	72		5,4056	5,4056
	Τύρφη & περλίτης	18			7,1183
	Sig.		,057	,998	,064
Tukey B ^{a,b,c}	Μυκόρριζα	15	3,5427		
	Κοπριά	21		5,2852	
	Βιοκομπόστ	72		5,4056	
	Τύρφη & περλίτης	18			7,1183

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,082.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 21,771.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Οι δύο έλεγχοι για τυχόν υποομάδες, διαφωνούν μόνο ως προς την τρίτη υποομάδα. Θα θεωρήσουμε σωστό τον έλεγχο που γίνεται σύμφωνα με το κριτήριο Tukey B^{abc}, όπου η μία υποομάδα περιλαμβάνει τη μυκόρριζα μόνη της, η άλλη την κοπριά μαζί με το βιοκομπόστ και στην τρίτη υποομάδα, υπάρχει μόνο του το υπόστρωμα. Η διαφορά των μέσων υποστρώματος και βιοκομπόστ είναι σημαντική ($0,024 < 0,05$), οπότε δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στην ίδια υποομάδα. Συνεπώς τα δύο τελευταία υλικά εμφανίζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, όσον αφορά την παραγωγή χλωροφύλλης για όλες τις μεταχειρίσεις.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: οι μέσοι της αναλογίας 10:1, διαφέρουν σημαντικά τους μέσους των άλλων τριών αναλογιών.

Πίνακας 3.32. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - 2^η αξιολόγηση χλωροφύλλης

Χλωροφύλλη

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	33	3,6773		
	1:10	36		5,5197	
	1:2	39		5,9813	5,9813
	Μάρτυρας	18			7,1183
	Sig.		1,000	,865	,229
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	33	3,6773		
	1:10	36		5,5197	
	1:2	39		5,9813	5,9813
	Μάρτυρας	18			7,1183

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,082.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 28,720.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Εδώ είναι σωστοί και οι δύο έλεγχοι, καθώς στην πρώτη υποομάδα, η 10:1 αναλογία έχει σημαντική διαφορά με τις άλλες τρεις αναλογίες ως προς τους μέσους των τιμών της χλωροφύλλης, όπως μπορούμε να δούμε στον αντίστοιχο πίνακα πολλαπλών συγκρίσεων που υπάρχει στο παράρτημα. Η 1:2 αναλογία δε διαφέρει σημαντικά με τον Μάρτυρα και μάλιστα το επίπεδο σημαντικότητας είναι αρκετά μεγαλύτερο από το προκαθορισμένο όριο ($0,293 > 0,05$), οπότε άνετα μπορούν να συμπεριληφθούν στην μαζί στην τρίτη υποομάδα.

Τα σχήματα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αναλογιών για το κάθε υλικό δεν μας έδειχναν κάτι σημαντικό στη δεύτερη αξιολόγηση.

3.1.6. Γόνατα – Διακλαδώσεις

Στους πίνακες 3.34, 3.35, 3.36 και 3.37, που ακολουθούν εμφανίζεται ο αριθμός των διακλαδώσεων για το κάθε φυτό, κάθε μεταχείρισης για την 1^η και 2^η αξιολόγηση.

Πίνακας 3.33. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 1 ^η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Φυτά	Μυκόρριζα		Βιοκομπόστ
	1:10	1:2	Βιοκομπόστ 10:1
1	5	5	2
2	4	5	2
3		5	2
4			3
5			3
6			2
7			2
8			3

Πίνακας 3.33. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 1 ^η Αξιολόγηση						
Μελισσόχορτο						
Φυτά	Βιοκομπόστ		Κοπριά			Μάρτυρας
	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	
1	4	3	3	3	2	3
2	5	3	3	4		3
3	5	5		3		3
4	3	4				4
5	4	4				2
6	4	3				3
7		3				
8		3				

Πίνακας 3.34. Διακλαδώσεις – Σάλβια – 1^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 1 ^η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
Βιοκομπόστ			Κοπριά
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	4	4	3

Πίνακας 3.35. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 2 ^η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Μυκόρριζα			Βιοκομπόστ
Φυτά	Μυκόρριζα 1:10	Μυκόρριζα 1:2	Βιοκομπόστ 10:1
1	6	6	2
2	5	7	3
3		6	3
4			3
5			3
6			3
7			2
8			3

Πίνακας 3.35. Διακλαδώσεις – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων - 2 ^η Αξιολόγηση						
Μελισσόχορτο						
Βιοκομπόστ			Κοπριά			Μάρτυρας
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	
1	6	4	6	6	3	4
2	7	4	5	7		6
3	6	6		6		5
4	4	3				6
5	6	4				4
6	6	5				7
7		4				
8		6				

Πίνακας 3.36. Διακλαδώσεις – Σάλβια – 2^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 2 ^η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
Φυτά	Βιοκομπόστ		Κοπριά
	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	6	5	5

Στατιστική Ανάλυση δεδομένων 1^{ης} Αξιολόγησης

Η στατιστική ανάλυση έγινε όπως και με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, με ανάλυση παραλλακτικότητας κατά τρία κριτήρια κατάταξης (General Linear Model), όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο «αριθμός διακλαδώσεων» και οι παράγοντες είναι τα «φυτά», τα «βιοϋλικά» και οι «αναλογίες».

Πίνακας 3.37. Ανάλυση Διακύμανσης – Διακλαδώσεις – 1^η Αξιολόγηση**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Γόνατα - διακλαδώσεις

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21,662 ^a	6	3,610	7,679	,000
Intercept	124,669	1	124,669	265,145	,000
Φυτά	,582	1	,582	1,239	,273
Βιοϋλικά	6,407	2	3,204	6,814	,003
Αναλογίες	9,016	2	4,508	9,587	,000
Error	16,457	35	,470		
Total	525,000	42			
Corrected Total	38,119	41			

a. R Squared = ,568 (Adjusted R Squared = ,494)

Εκτός από το είδος του φυτού (παράγοντας «φυτά»), υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων για τους άλλους δύο παράγοντες ($0,000 < 0,05$), οπότε το είδος του βιοϋλικού που χρησιμοποιείται, αλλά και η αναλογία ανάμειξής του με του υπόστρωμα, επιδρούν στον αριθμό των διακλαδώσεων των φυτών.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της μυκόρριζας διαφέρει σημαντικά με τον μέσο των άλλων δύο βελτιωτικών εδάφους (κοπριά, βιοκομπόστ), αλλά και με τον μέσο του υποστρώματος (sig. < 0,05). Οπότε θα πρέπει να δημιουργηθούν δύο υποομάδες.

Πίνακας 3.38. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Διακλαδώσεις – 1^η αξιολόγηση

Γόνατα - διακλαδώσεις

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	6	3,00	
	Κοπριά	7	3,00	
	Βιοκομπόστ	24	3,33	
	Μυκόρριζα	5		4,80
	Sig.		,791	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	6	3,00	
	Κοπριά	7	3,00	
	Βιοκομπόστ	24	3,33	
	Μυκόρριζα	5		4,80

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,470.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,257.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Τα δύο κριτήρια ελέγχου συμφωνούν στον τρόπο δημιουργίας υποομάδων, εκ των οποίων η μία περιλαμβάνει το υπόστρωμα, την κοπριά και το βιοκομπόστ και στην άλλη ομάδα βρίσκεται η μυκόρριζα μόνη της. Σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων υπάρχει μόνο μεταξύ των υποομάδων και όχι εντός της ομάδας. Οπότε ο αριθμός των διακλαδώσεων για τα φυτά στη μυκόρριζα διαφέρει σημαντικά με τα φυτά στα άλλα δύο βελτιωτικά και στο υπόστρωμα.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της αναλογίας 1:10 διαφέρει σημαντικά με τον μέσο του μάρτυρα (sig <0,05), ενώ ο μέσος της 10:1 διαφέρει σημαντικά με τον μέσο της 1:10 (και αντίστροφα) και της 1:2 αναλογίας.

Πίνακας 3.39. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - Διακλαδώσεις – 1^η αξιολόγηση

Γόνατα – διακλαδώσεις

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	11	2,55		
	Μάρτυρας	6	3,00	3,00	
	1:2	13		3,77	3,77
	1:10	12			4,00
	Sig.			,478	,085
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	11	2,55		
	Μάρτυρας	6	3,00		
	1:2	13		3,77	
	1:10	12		4,00	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,470.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,573.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Θα δεχτούμε καλύτερα το δεύτερο κριτήριο ελέγχου. Στο πρώτο δημιουργούνται τρεις υποομάδες, όπου στη μία περιλαμβάνονται η 10:1 αναλογία με τον μάρτυρα, στη δεύτερη ο μάρτυρας μαζί με την 1:2 και στην τρίτη η 1:2 με την 1:10 αναλογία. Στο δεύτερο κριτήριο ελέγχου, είναι ίσως λίγο πιο ξεκάθαρο το αποτέλεσμα, καθώς δημιουργούνται μόνο δύο υποομάδες, όπου η μία περιλαμβάνει το μάρτυρα και την 10:1 αναλογία, ενώ η άλλη περιλαμβάνει τις αναλογίες 1:10 και 1:2. Εντός της κάθε ομάδας δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων, όσον αφορά τον αριθμό των διακλαδώσεων των φυτών για τις αναλογίες αυτές.

Στατιστική Ανάλυση δεδομένων 2^{ης} Αξιολόγησης

Πίνακας 3.40. Ανάλυση Διακύμανσης – Διακλαδώσεις – 2^η Αξιολόγηση

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Γόνατα – διακλαδώσεις

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	47,214 ^a	6	7,869	6,898	,000
Intercept	275,140	1	275,140	241,174	,000
Φυτά	1,189	1	1,189	1,042	,314
Βιοϋλικά	9,584	2	4,792	4,201	,023
Αναλογίες	29,103	2	14,552	12,755	,000
Error	39,929	35	1,141		
Total	1078,000	42			
Corrected Total	87,143	41			

a. R Squared = ,542 (Adjusted R Squared = ,463)

Ομοίως με την πρώτη αξιολόγηση, το είδος του βελτιωτικού εδάφους («βιοϋλικά») και η αναλογία ανάμειξης («αναλογίες»), επιδρούν στον αριθμό των διακλαδώσεων (sig. < 0,05), κάτι που δεν παρατηρείται και με το είδος του φυτού (0,314 > 0,05).

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά εντοπίζεται μεταξύ του βιοκομπόστ και της μυκόρριζας και αντίστροφα (sig < 0,05).

Πίνακας 3.41. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Διακλαδώσεις – 2^η αξιολόγηση

Γόνατα - διακλαδώσεις

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	24	4,33	
	Τύρφη & περλίτης	6	5,33	5,33
	Κοπριά	7	5,43	5,43
	Μυκόρριζα	5		6,00
	Sig.		,225	,638
Tukey B ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	24	4,33	
	Τύρφη & περλίτης	6	5,33	5,33
	Κοπριά	7	5,43	5,43
	Μυκόρριζα	5		6,00

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,141.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,257.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Δύο υποομάδες δημιουργούνται όπου σίγουρα υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ του βιοκομπόστ και της μυκόρριζας, όσον αφορά τους μέσους. Μεταξύ των υλικών, εντός της κάθε υποομάδας δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ως προς τους μέσους τους. Τυπικά, μεταξύ των δύο υποομάδων υπάρχει σημαντική διαφορά στον αριθμό των διακλαδώσεων.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της αναλογίας 10:1, διαφέρει σημαντικά με τους μέσους των άλλων τριών αναλογιών (sig. < 0,05).

Πίνακας 3.42. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» » - Διακλαδώσεις – 2^η αξιολόγηση

Γόνατα - διακλαδώσεις

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	11	3,45	
	1:2	13		4,85
	Μάρτυρας	6		5,33
	1:10	12		5,92
	Sig.			1,000
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	11	3,45	
	1:2	13		4,85
	Μάρτυρας	6		5,33
	1:10	12		5,92

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,141.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,573.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Η αναλογία 10:1 εντάσσεται μόνη της σε μια υποομάδα, ενώ τα άλλα τρία υλικά περιλαμβάνονται στην άλλη υποομάδα, αφού οι μέσοι τους δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Συνεπώς οι μεγαλύτερες διαφορές στον αριθμό των διακλαδώσεων εντοπίζονται μεταξύ των φυτών της 10:1 αναλογίας και των άλλων τριών μαζί.

3.1.7. Ύψος

Στους πίνακες που ακολουθούν εμφανίζονται τα ύψη των φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις όπως μετρήθηκαν στην 1^η και στη 2^η αξιολόγηση.

Πίνακας 3.43. Ύψος – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση

Ύψος – 1^η Αξιολόγηση (cm)				
Μελισσόχορτο				
	Μυκόρριζα		Βιοκομπόστ	
Φυτά	Μυκόρριζα 1:10	Μυκόρριζα 1:2	Βιοκομπόστ 10:1	Βιοκομπόστ 1:10
1	6	8	1	4
2	8,5	7	2	5
3		9	2	6
4			2,5	4
5			2,5	4
6			3	5
7			2,5	
8			1,5	

Πίνακας 3.43. Ύψος – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Ύψος – 1^η Αξιολόγηση (cm)					
Μελισσόχορτο					
	Βιοκομπόστ	Κοπριά			
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	Μάρτυρας
1	3	3	4	2	3
2	3	5	4		3
3	7		2		4
4	6				5
5	4				2
6	4				4
7	4				
8	3				

Πίνακας 3.44. Ύψος - Σάλβια – 1^η Αξιολόγηση

Ύψος – 1 ^η Αξιολόγηση (cm)			
Σάλβια			
	Βιοκομπόστ		Κοπριά
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	9	6	6

Πίνακας 3.45. Ύψος – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση

Ύψος – 2 ^η Αξιολόγηση (cm)				
Μελισσόχορτο				
	Μυκόρριζα		Βιοκομπόστ	
Φυτά	Μυκόρριζα 1:10	Μυκόρριζα 1:2	Βιοκομπόστ 10:1	Βιοκομπόστ 1:10
1	6	9	2	10
2	8,5	10,5	2	10
3		9,5	2,5	7
4			3	9
5			2	6
6			2,5	10,5
7			2	
8			2,5	

Πίνακας 3.45. Ύψος – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Ύψος – 2 ^η Αξιολόγηση (cm)					
Μελισσόχορτο					
	Βιοκομπόστ	Κοπριά			
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1	Κοπριά 1:10	Κοπριά 1:2	Μάρτυρας
1	8	11	8	2	10
2	5	9	9		10
3	6		7		6
4	6				11
5	6				7
6	7				10
7	6				
8	5				

Πίνακας 3.46. Ύψος - Σάλβια – 2^η Αξιολόγηση

	Ύψος – 2 ^η Αξιολόγηση (cm)		
	Σάλβια		
	Βιοκομπόστ		Κοπριά
Φυτά	Βιοκομπόστ 1:10	Βιοκομπόστ 1:2	Κοπριά 10:1
1	10	8,5	8

Στατιστική Ανάλυση δεδομένων 1^{ης} Αξιολόγησης

Πίνακας 3.47. Ανάλυση Διακύμανσης – Ύψος – 1^η Αξιολόγηση

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ύψος φυτών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	118,944 ^a	6	19,824	12,579	,000
Intercept	349,037	1	349,037	221,482	,000
Βιοϋλικά	51,799	2	25,900	16,435	,000
Αναλογίες	18,196	2	9,098	5,773	,007
Φυτά	32,266	1	32,266	20,474	,000
Error	55,157	35	1,576		
Total	941,250	42			
Corrected Total	174,101	41			

a. R Squared = ,683 (Adjusted R Squared = ,629)

Όλοι οι παράγοντες («φυτά», «βιοϋλικά» και «αναλογίες»), επιδρούν στο ύψος των φυτών (sig. < 0,05).

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της μυκόρριζας διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων υλικών.

Πίνακας 3.48. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Ύψος - 1^η Αξιολόγηση

Ύψος φυτών

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	6	3,500	
	Κοπριά	7	3,714	
	Βιοκομπόστ	24	3,917	
	Μυκόρριζα	5		7,700
	Sig.		,921	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	Τύρφη & περλίτης	6	3,500	
	Κοπριά	7	3,714	
	Βιοκομπόστ	24	3,917	
	Μυκόρριζα	5		7,700

c. Alpha = ,05.

Συνεπώς δημιουργούνται δύο υποομάδες, εκ των οποίων στη μία περιλαμβάνονται όλα τα υλικά πλην της μυκόρριζας και στην άλλη μόνο το τελευταίο υλικό. Οι μέσοι των τριών υλικών στην 1^η υποομάδα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, οπότε είναι μικρές οι διαφορές ύψους των φυτών στα υλικά αυτά και μεγάλες οι διαφορές ύψους με τα φυτά στη μυκόρριζα που βρίσκεται στη 2^η υποομάδα.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της αναλογίας 10:1 διαφέρει σημαντικά με τους μέσους της 1:2 και της 1:10 αναλογίας. Το ίδιο φυσικά ισχύει και αντίστροφα.

Πίνακας 3.49. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - Ύψος - 1^η Αξιολόγηση

Ύψος φυτών

	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	11	2,818	
	Μάρτυρας	6	3,500	
	1:2	13		5,077
	1:10	12		5,125
	Sig.		,638	1,000
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	11	2,818	
	Μάρτυρας	6	3,500	
	1:2	13		5,077
	1:10	12		5,125

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,576.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,573.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Συνεπώς και εδώ δημιουργούνται δύο υποομάδες. Στη μία περιλαμβάνονται η 10:1 και ο Μάρτυρας με μικρή και αμελητέα διαφορά ως προς τους μέσους τους, οπότε και μικρή διαφορά στο ύψος των φυτών και στην άλλη περιλαμβάνονται η 1:2 και η 1:10 αναλογία, με ανάλογη σχέση μεταξύ τους.

Πίνακας 3.50. Ανάλυση Διακύμανσης – Ύψος – 2^η Αξιολόγηση

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ύψος

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	181,643 ^a	6	30,274	6,056	,000
Intercept	708,863	1	708,863	141,792	,000
Φυτά	18,331	1	18,331	3,667	,064
Βιοϋλικά	30,818	2	15,409	3,082	,058
Αναλογίες	84,237	2	42,119	8,425	,001
Error	174,976	35	4,999		
Total	2359,000	42			
Corrected Total	356,619	41			

a. R Squared = ,509 (Adjusted R Squared = ,425)

Το είδος του φυτού και του βιοϋλικού δεν επιδρούν στο ύψος των φυτών (0,064 και 0,058 > 0,05). Οι αναλογίες όμως επιδρούν στο ύψος των φυτών (sig. < 0,05).

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των βιοϋλικών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: μόνο το υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης) με το βιοκομπόστ, έχουν μεγάλη διαφορά ως προς τους μέσους τους (sig < 0,05).

Πίνακας 3.51. Υποσύνολα για τον παράγοντα «βιοϋλικά» - Ύψος - 2^η Αξιολόγηση

Ύψος

	Βελτιωτικά εδάφους	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	24	5,771	
	Κοπριά	7	7,714	7,714
	Μυκόρριζα	5	8,700	8,700
	Τύρφη & περλίτης	6		9,000
	Sig.		,078	,695
Tukey B ^{a,b,c}	Βιοκομπόστ	24	5,771	
	Κοπριά	7	7,714	7,714
	Μυκόρριζα	5	8,700	8,700
	Τύρφη & περλίτης	6		9,000

c. Alpha = ,05.

Ως προς το ύψος και τα βιοϋλικά, δημιουργούνται δύο υποομάδες, όπου κοινά υλικά και στις δύο είναι η κοπριά και η μυκόρριζα, με πολύ μικρές διαφορές ως προς τους μέσους τους κι επακολούθως στο ύψος των φυτών. Σε ξεχωριστές υποομάδες είναι το βιοκομπόστ και το υπόστρωμα με σημαντικές διαφορές ως προς τους μέσους, συνεπώς τα φυτά αυτών των δύο υλικών εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές ως προς το ύψος.

Στον πίνακα των πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των αναλογιών, που υπάρχει στο παράρτημα, θα δούμε ότι: ο μέσος της αναλογίας 10:1, διαφέρει σημαντικά και με τους τρεις μέσους των άλλων υλικών (sig. < 0,05).

Πίνακας 3.52. Υποσύνολα για τον παράγοντα «αναλογίες» - Ύψος - 2^η Αξιολόγηση

Ύψος				
	Αναλογίες ανάμειξης	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	10:1	11	4,227	
	1:2	13	6,808	6,808
	1:10	12		8,417
	Μάρτυρας	6		9,000
	Sig.		,073	,159
Tukey B ^{a,b,c}	10:1	11	4,227	
	1:2	13		6,808
	1:10	12		8,417
	Μάρτυρας	6		9,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,999.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,573.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου με το δεύτερο κριτήριο, θα θεωρήσουμε ότι ανταποκρίνονται καλύτερα στις αποδόσεις σε ύψος των φυτών της κάθε αναλογίας. Στη μια υποομάδα λοιπόν, εντάσσεται μόνη της η 10:1 αναλογία και στην άλλη περιλαμβάνονται οι υπόλοιπες δύο και ο μάρτυρας, με αρκετά έως πολύ μικρότερες

διαφορές ως προς τους μέσους κι επακολούθως ως προς το ύψος των φυτών, συγκριτικά με την 10:1 που διαφέρει σημαντικά.

3.2. Διαγράμματα μέσων – Συζήτηση

3.2.1. Ολικό Άζωτο

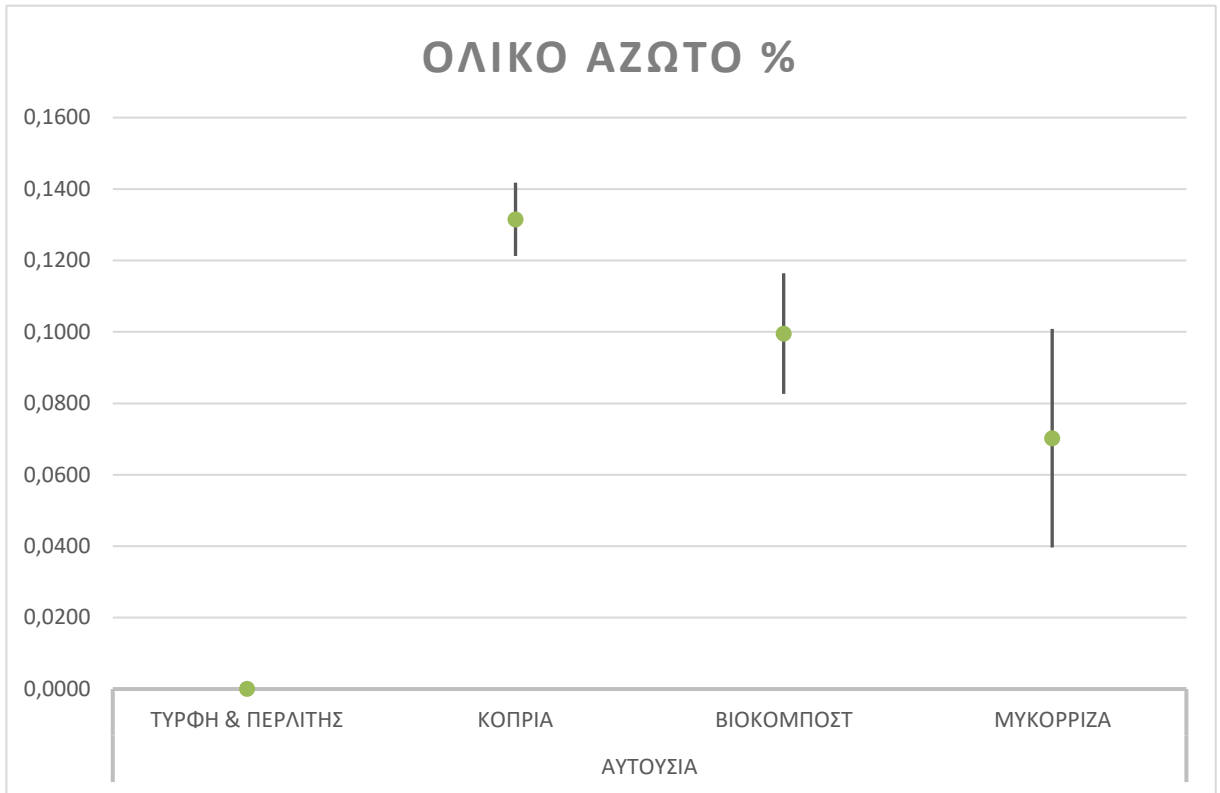
Συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα για το άζωτο (συμπεριλαμβανομένων των ποσοστών των πρωτεϊνών και των mL HCl που καταναλώθηκαν για το κάθε δείγμα), για όλα τα υλικά βρίσκονται στο παράρτημα. Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα και διαγράμματα για το ολικό άζωτο για τα υλικά μας ως αυτούσια και για όλες τις αναλογίες ανάμειξής τους με το υπόστρωμα. Διαγραμματικά απεικονίζονται μόνο οι μέσοι των ποσοστών για το ολικό άζωτο.

Πίνακας 3.53. Ολικό Άζωτο – Συγκεντρωτικός Πίνακας

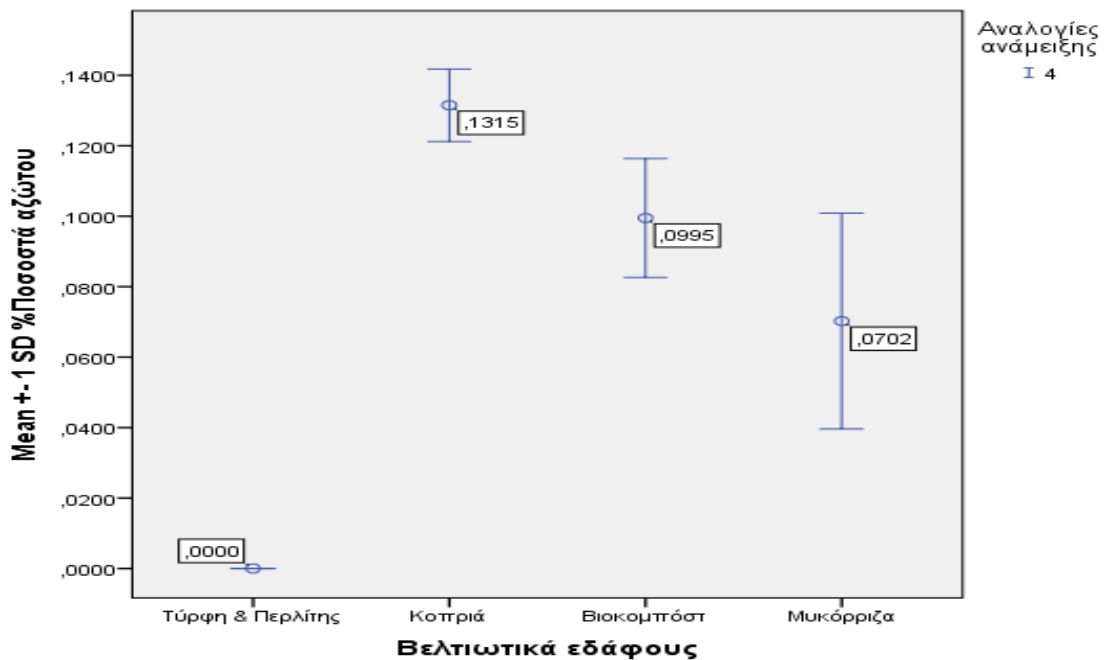
Ολικό Άζωτο %					
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΜΕΙΞΗΣ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	0,0138	0,0000	0,0256
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0961	0,0777	0,0777
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0392	0,0388	0,0259
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	0,0132	0,0133	0,0543
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0420	0,0396	0,0392
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0777	0,0533	0,0642
	10:1	ΚΟΠΡΙΑ	0,0533	0,0777	0,0808
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0266	0,0269	0,0403
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0831	0,0544	0,0686
ΑΥΤΟΥΣΙΑ		ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	0,0000	0,0000	0,0000
		ΚΟΠΡΙΑ	0,1426	0,1223	0,1296
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,1087	0,0800	0,1098
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0533	0,1056	0,0518

Η διαγραμματική απεικόνιση των μέσων έγινε με το excel και το spss. Με το spss επίσης αναπαρίστανται τα διαστήματα εμπιστοσύνης μέσα στα οποία βρίσκονται αυτοί οι μέσοι με βεβαιότητα 95%.

Διάγραμμα 3.1. Μέσοι – Τυπικές αποκλίσεις (excel) – Αυτούσια υλικά - % Ολικό Άζωτο

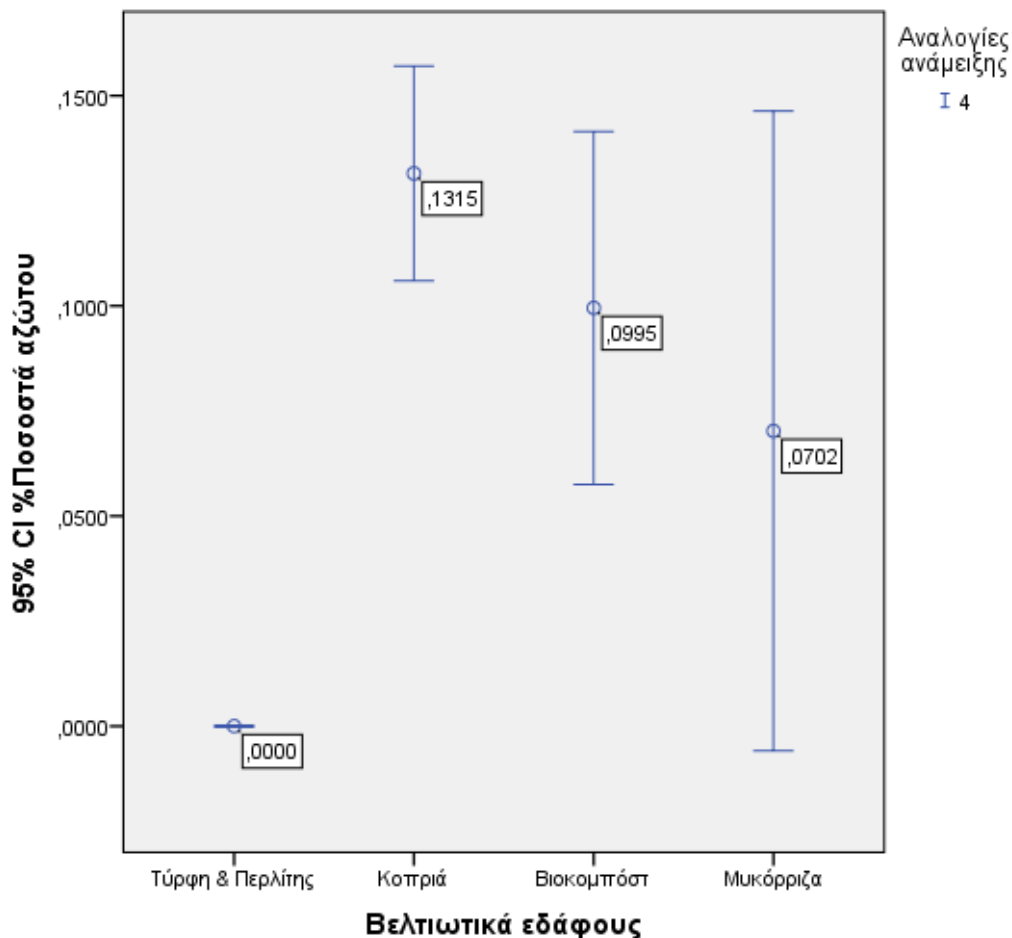


Διάγραμμα 3.2. Μέσοι – Τυπικές αποκλίσεις (spss) – Αυτούσια υλικά - % Ολικό Άζωτο



Το υλικό με τον υψηλότερο μέσο και την μικρότερη τυπική απόκλιση είναι η κοπριά με 0,1315 % και (-0,0103, +0,0103) αντίστοιχα. Αν δε λάβουμε υπόψιν το υπόστρωμα (0 %), η μυκόρριζα έχει το χαμηλότερο μέσο (0,0702 %) από τα τρία βελτιωτικά, και τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (-0,0307, +0,0307). Υπάρχει μια αλληλεπικάλυψη μεταξύ των αποκλίσεων του βιοκομπόστ και της μυκόρριζας, το οποίο μας δείχνει ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα.

Διάγραμμα 3.3. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Αυτούσια υλικά -% Ολικό Άζωτο



Το ποσοστό αζώτου (της κοπριάς) 0,1315 %, με 95 % βεβαιότητα, βρίσκεται μεταξύ 0,11 και 0,16 % (περίπου). Δημιουργούνται υποσύνολα μεταξύ των τριών υλικών, πλην του υποστρώματος, καθώς οι τιμές των τυπικών τους αποκλίσεων αλληλεπικαλύπτονται.

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 3.53, τα μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου περιέχει η αναλογία 1K/10E, όπου K είναι η κοπριά και E, το υπόστρωμα, ή αλλιώς υπόστρωμα / κοπριά: 10:1.

Στην πρώτη αναλογία που δείχνει ο πίνακας από πάνω προς τα κάτω, στην αναλογία 1E/10 K, δηλαδή υπόστρωμα / κοπριά: 1:10, υπολογίσαμε την απόκλιση από τη θεωρητική εκτίμηση για το ποσοστό περιεχόμενου αζώτου, με άλλα λόγια την απόκλιση από την αναμενόμενη περιεκτικότητα, σύμφωνα με τα ποσοστά αζώτου του υποστρώματος και της κοπριάς ως αυτούσια υλικά. Ο μέσος όρος των ποσοστών αζώτου για τα δείγματα της αυτούσιας κοπριάς ισούται με 0,1315%. Το υπόστρωμα δεν έχει άζωτο (0%). Το σκεύος που χρησιμοποιήθηκε στη μεταφύτευση, είχε χωρητικότητα 0,5 kg σε κοπριά και 0,4 kg σε υπόστρωμα. Αφού η αναλογία είναι 1:10, το συνολικό βάρος είναι $0,4 + 10 * 0,5 = 5,4$ kg. Αν μεταφράσουμε τα μέρη σε kg και αν λάβουμε υπόψη τις δύο παραπάνω τιμές των αυτούσιων υλικών, θα βρούμε ότι στα 5,4 kg περιέχονται 0,00657 kg και στα 100 kg περιέχονται 0,1217 kg. Χρησιμοποιώντας το τελευταίο αποτέλεσμα και την ένδειξη του πίνακα 0,0132 για το πρώτο δείγμα της αναλογίας αυτής βρίσκουμε ότι η απόκλιση από τη θεωρητική εκτίμηση για το % N, ισούται με 0,1085% κατά βάρος. Ομοίως για το δεύτερο δείγμα της ίδιας αναλογίας βρίσκουμε 0,1084% απόκλιση. Το τελευταίο δείγμα της αναλογίας έχει απόκλιση 0,0674%.

Στην αναλογία 1K/10E ή αλλιώς υπόστρωμα / κοπριά: 10:1, το ποσοστό του πρώτου δείγματος έχει απόκλιση 0,0387%. Το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 0,0631% και το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 0,0662%.

Στην αναλογία 1E/2K, (1:2), το ποσοστό του πρώτου δείγματος έχει απόκλιση 0,0802%. Το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 0,0684%.

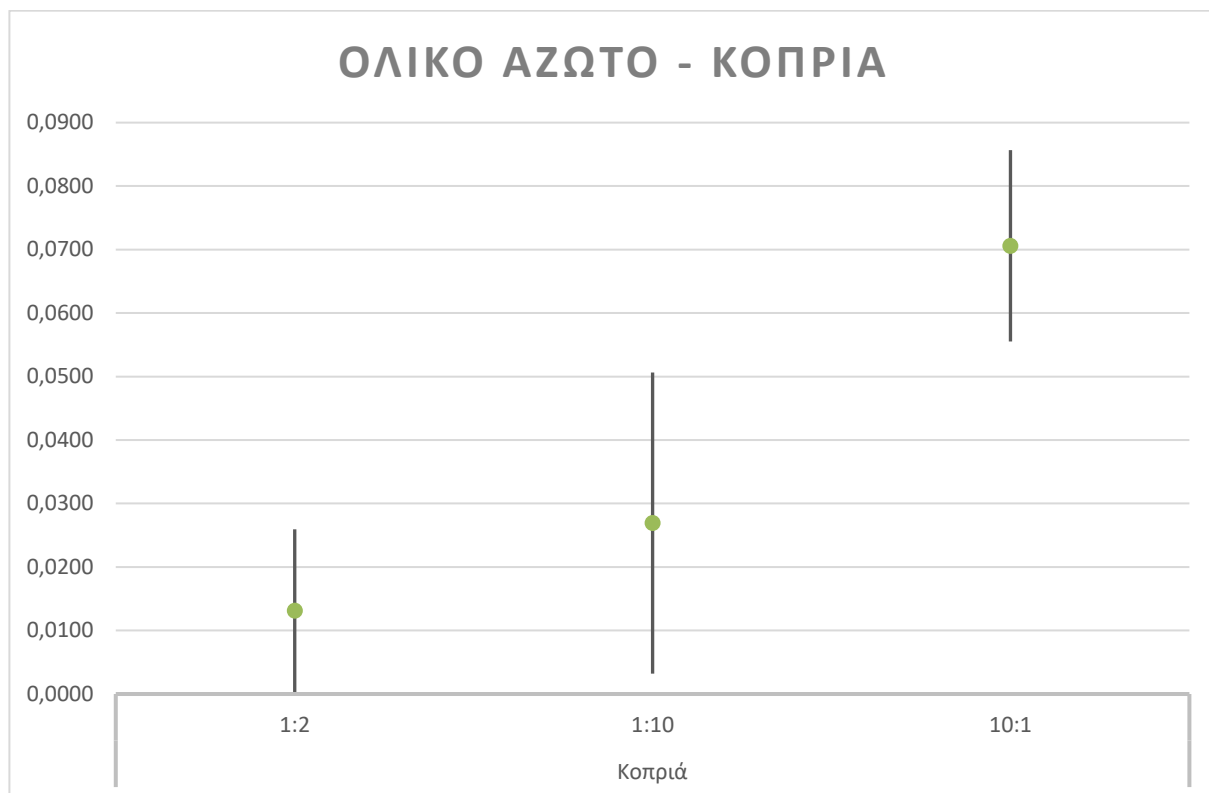
Στην πρώτη αναλογία, υπόστρωμα / βιοκομπόστ: 1:10, το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 0,0527% κατά όγκο από τη θεωρητική εκτίμηση. Το δεύτερο και τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,0551 και 0,0555% αντίστοιχα. Στη δεύτερη αναλογία, υπόστρωμα / βιοκομπόστ: 10:1, το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 0,01%, ενώ το δεύτερο και τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,0103 και 0,0237% αντίστοιχα. Στην τρίτη αναλογία, υπόστρωμα / βιοκομπόστ: 1:2, το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 0,0563%, ενώ το δεύτερο και το τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,0379%.

Στην πρώτη αναλογία: υπόστρωμα : μυκόρριζα, 1:10, το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση από τη θεωρητική εκτίμηση 0,011216%. Το δεύτερο δείγμα και τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,013184% και 0,002284% αντίστοιχα. Στη δεύτερη αναλογία υπόστρωμα : μυκόρριζα, 10:1, το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση από τη θεωρητική εκτίμηση 0,072514%. Το δεύτερο δείγμα και τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,043814% και 0,058014% αντίστοιχα. Στη τρίτη αναλογία υπόστρωμα : μυκόρριζα, 1:2, το πρώτο δείγμα έχει

απόκλιση από τη θεωρητική εκτίμηση 0,01558%. Το δεύτερο δείγμα και τρίτο δείγμα έχουν απόκλιση 0,01598% και 0,0288% αντίστοιχα.

Ακολουθούν τα διαγράμματα των μέσων και των διαστημάτων εμπιστοσύνης.

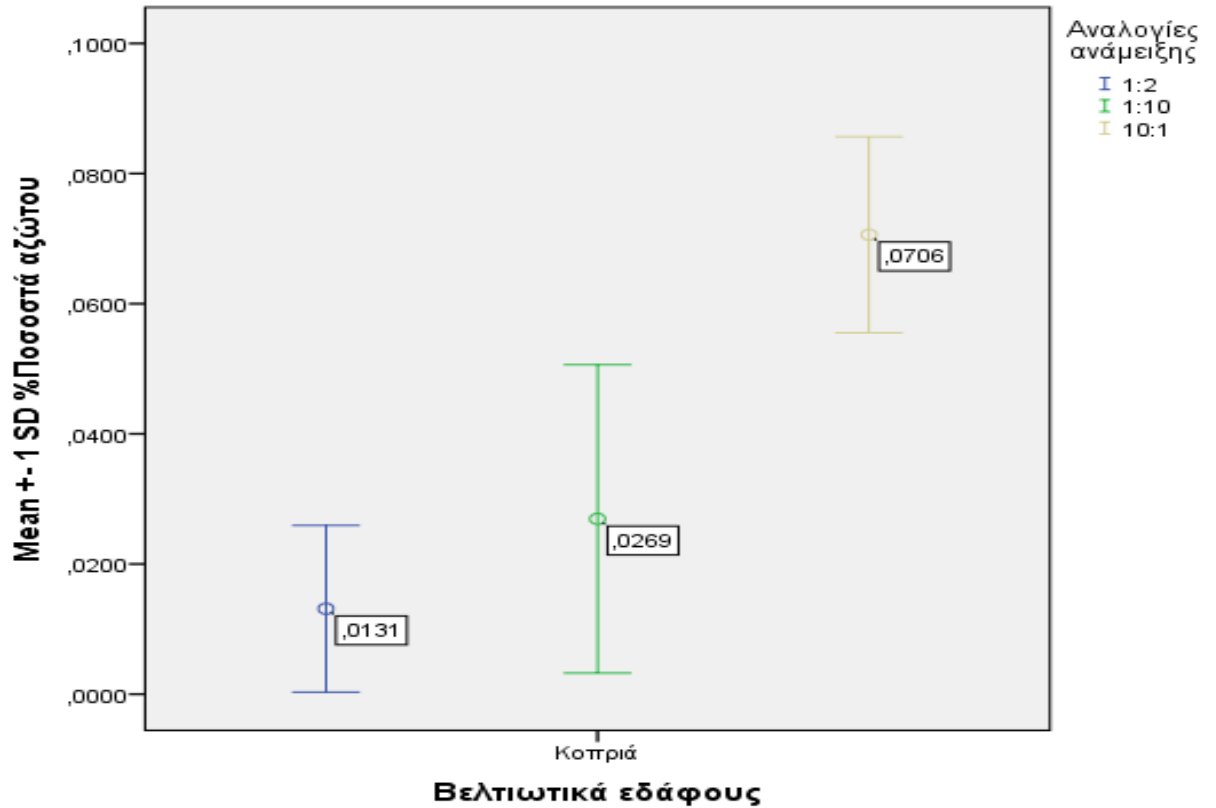
Διάγραμμα 3.4. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Κοπριά (excel) - % Ολικό Άζωτο



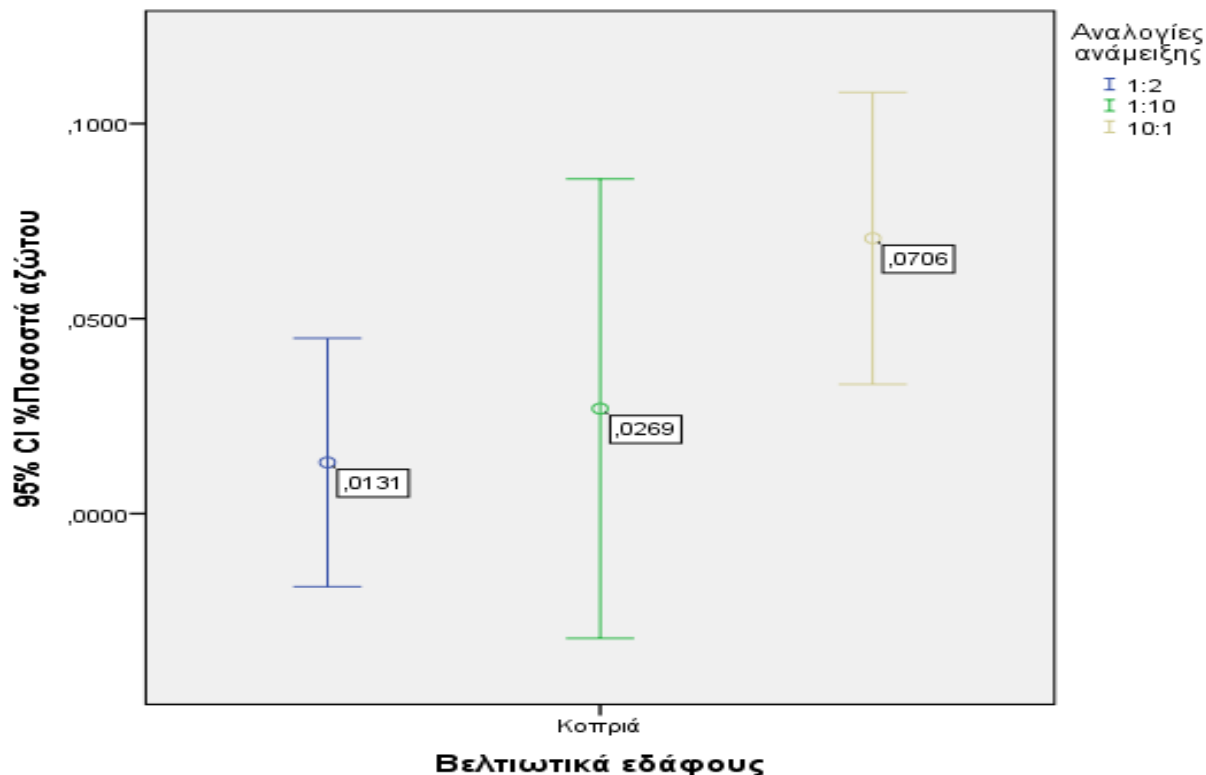
Παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου εμφανίζονται στην αναλογία 10:1 της κοπριάς ή τις υψηλότερες τιμές, αγγίζει ο μέσος της 10:1 της κοπριάς (0,0706 %), που βρίσκεται μεταξύ 0,035 και 0,105 % (περίπου) (διάγραμμα 3.6.), με τυπική απόκλιση (-0,0151 %, +0,0151 %). Η 1:2 αναλογία έχει το χαμηλότερο μέσο (0,0131 %), με τυπική απόκλιση: (-0,0128 %, +0,0128 %) και διάστημα εμπιστοσύνης μεταξύ -0,02 και 0,04 % (περίπου). Στις αναλογίες 1:2 και 1:10 δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα, αφού υπάρχει αλληλεπικάλυψη μεταξύ των τυπικών αποκλίσεων.

Συνεπώς τα υψηλότερα ποσοστά αζώτου ανιχνεύονται στην αναλογία εκείνη που υπερτερεί το υπόστρωμα (10:1). Η αναλογία, στην οποία υπερτερεί η κοπριά (1:10), έχει τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (-0,0237 %, +0,0237 %).

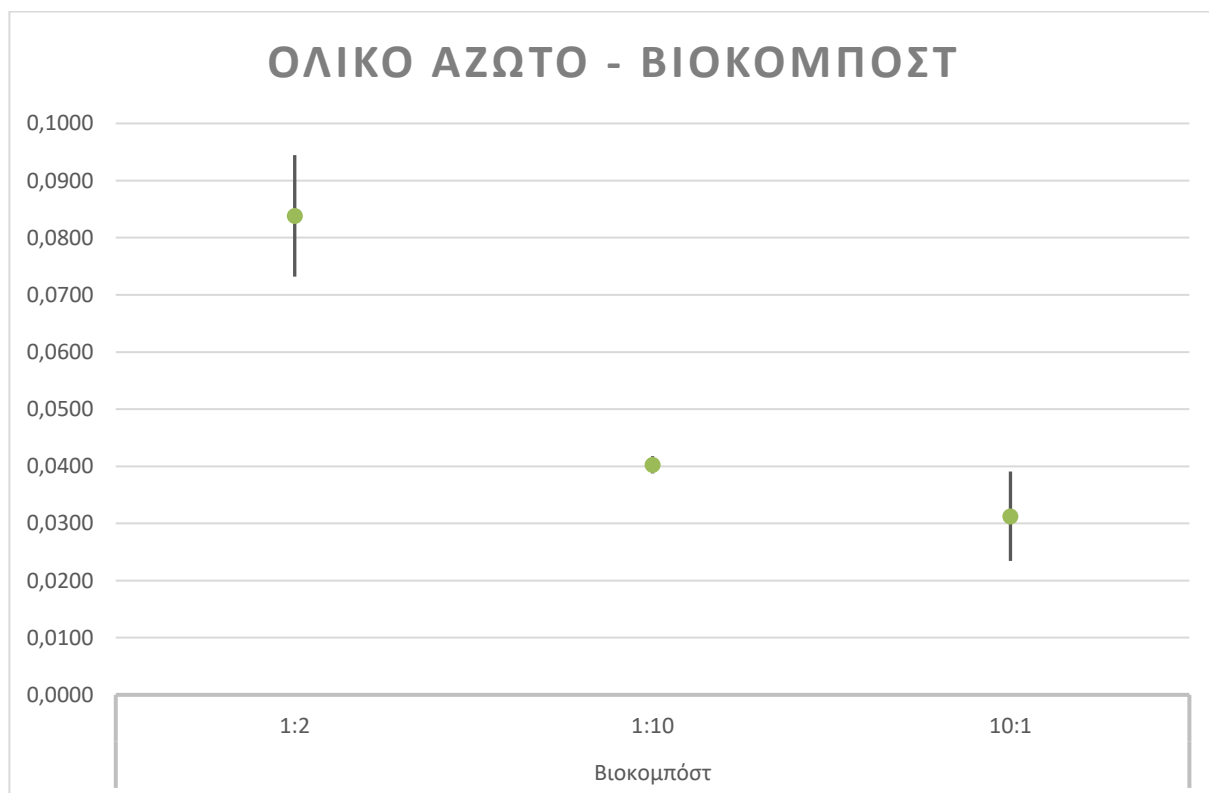
Διάγραμμα 3.5. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Κοπριά (spss) -% Ολικό Άζωτο



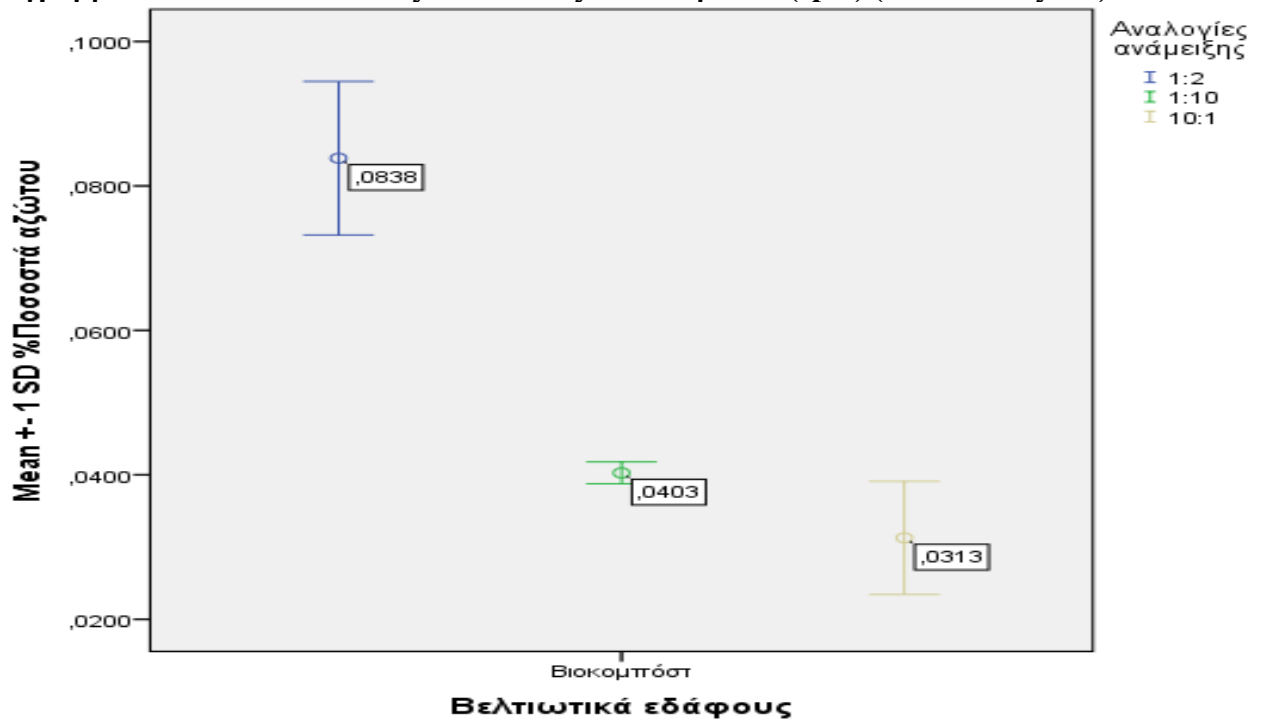
Διάγραμμα 3.6. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Κοπριά (%Ολικό Άζωτο)



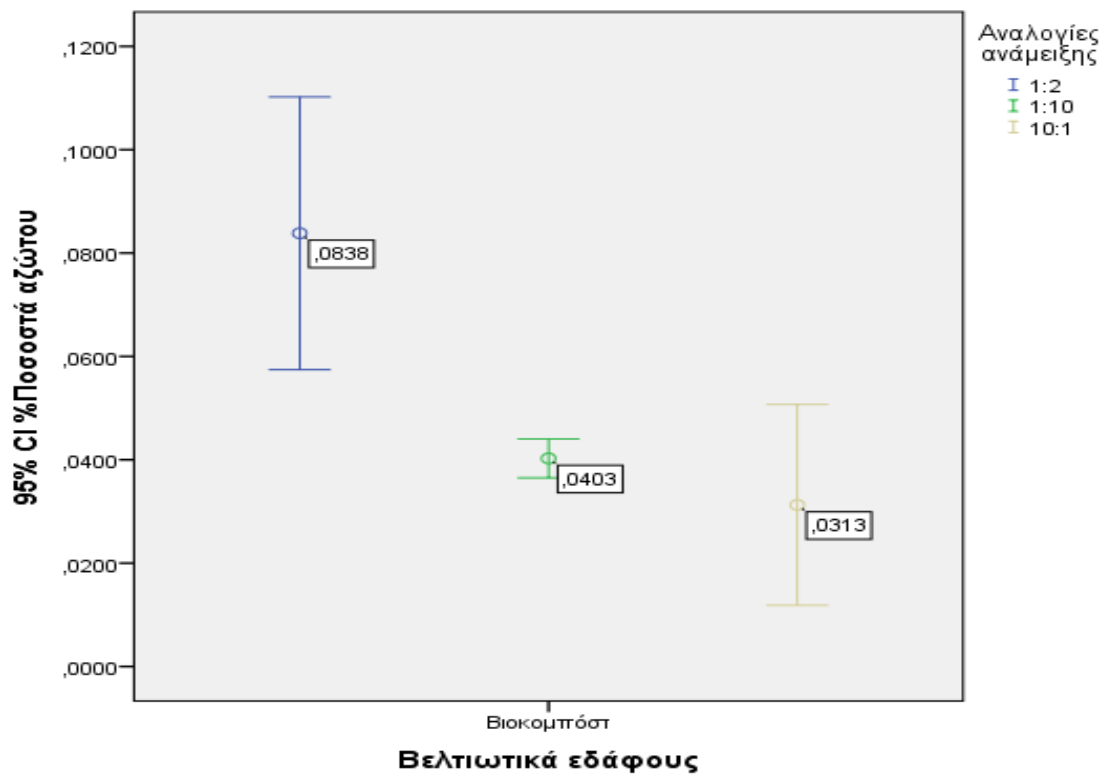
Διάγραμμα 3.7. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Βιοκομπόστ (excel) - %Ολικό Άζωτο



Διάγραμμα 3.8. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Βιοκομπόστ (spss) (%Ολικό Άζωτο)



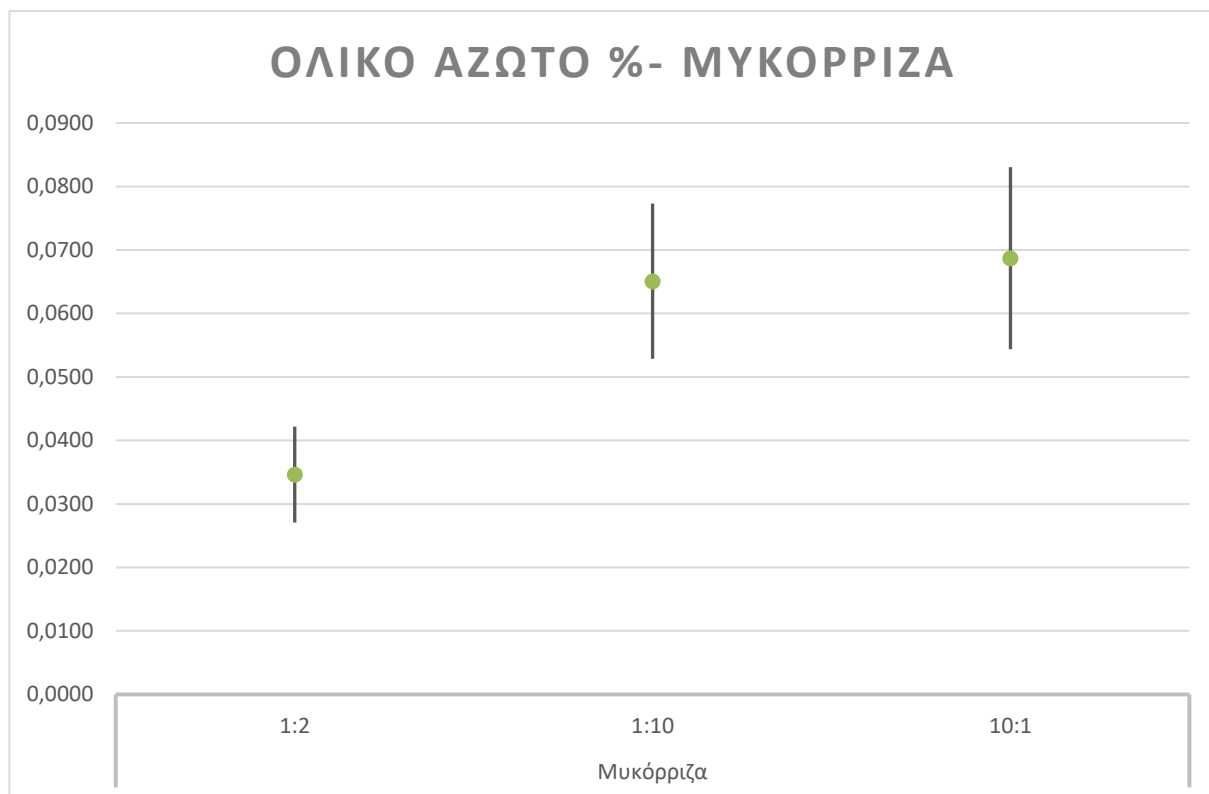
Διάγραμμα 3.9. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Βιοκομπόστ (%Ολικό Άζωτο)



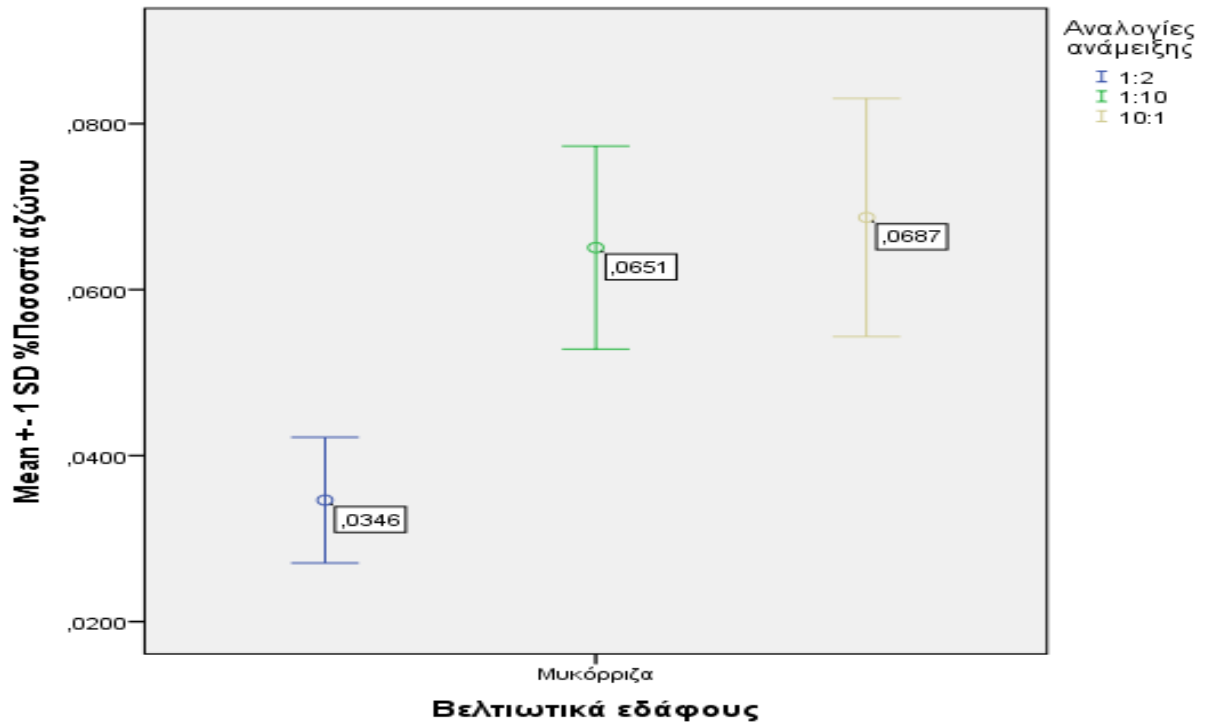
Τα μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου παρατηρούνται στην αναλογία υπόστρωμα : βιοκομπόστ, 1:2. Ο μέσος της αναλογίας αυτής έχει την υψηλότερη τιμή (0,0838 %), με τυπική απόκλιση: (-0,0106 %, +0,0106 %) και βρίσκεται με 95 % βεβαιότητα μεταξύ 0,055 και 0,11 % (περίπου). Η αναλογία 10:1 έχει το χαμηλότερο μέσο (0,0313 %), τυπική απόκλιση (- 0,0078%, +0,0078 %) και βρίσκεται μεταξύ 0,01 και 0,05 % (περίπου). Μεταξύ της 1:10 και 10:1 αναλογίας, για το βιοκομπόστ, δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα, αφού κάποιες από τις τιμές των τυπικών τους αποκλίσεων αλληλεπικαλύπτονται.

Η 1:2 αναλογία, όπου υπερτερεί το βιοκομπόστ, έχει τα υψηλότερα ποσοστά αζώτου και τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση. Στην 1:10 αναλογία, αν και η διαφοροποίηση των τιμών στα δείγματα είναι η μικρότερη (πίνακας 3.53) – αφού έχει τη μικρότερη τυπική απόκλιση – τα ποσοστά αζώτου πάραυτα μειώνονται σε σχέση με την 1:2 αναλογία. Αλλά εκεί όπου υπερτερεί το υπόστρωμα (10:1), περιέχονται τα χαμηλότερα ποσοστά αζώτου.

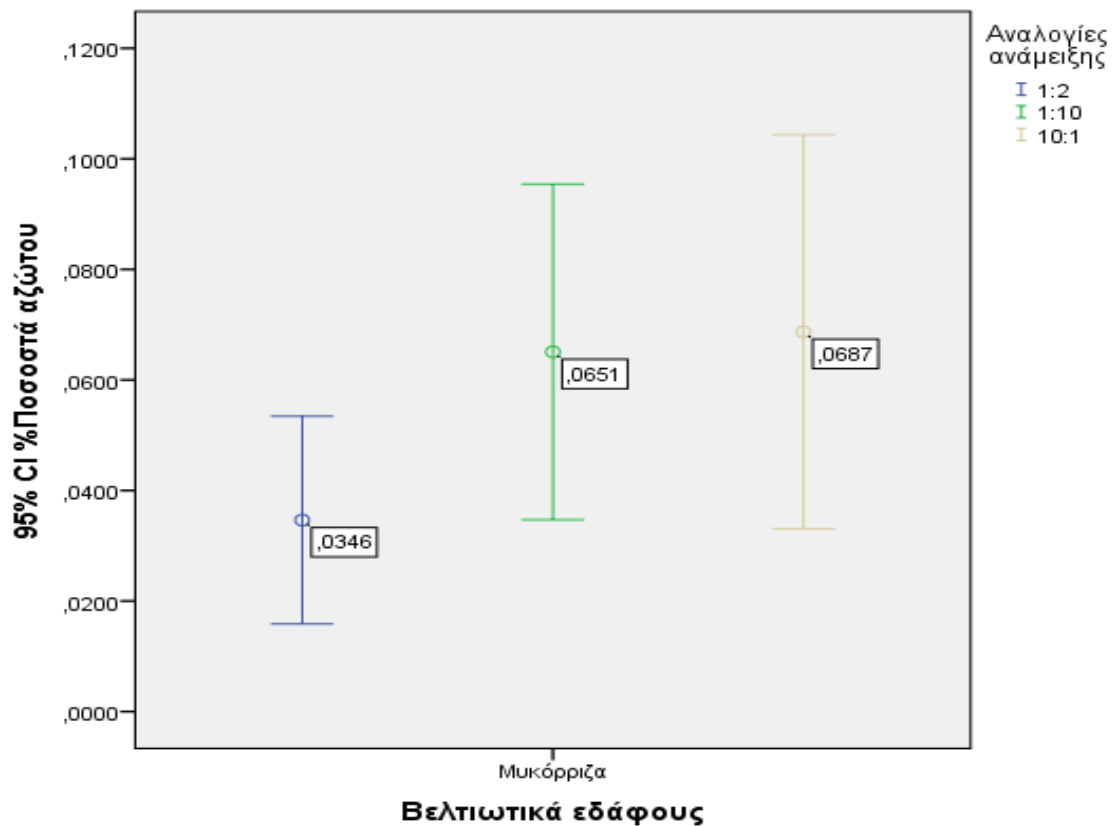
Διάγραμμα 3.10. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Μυκόρριζα (excel) - %Ολικό Άζωτο



Διάγραμμα 3.11. Μέσοι – Τυπικές Αποκλίσεις – Μυκόρριζα (spss) (%Ολικό Άζωτο)



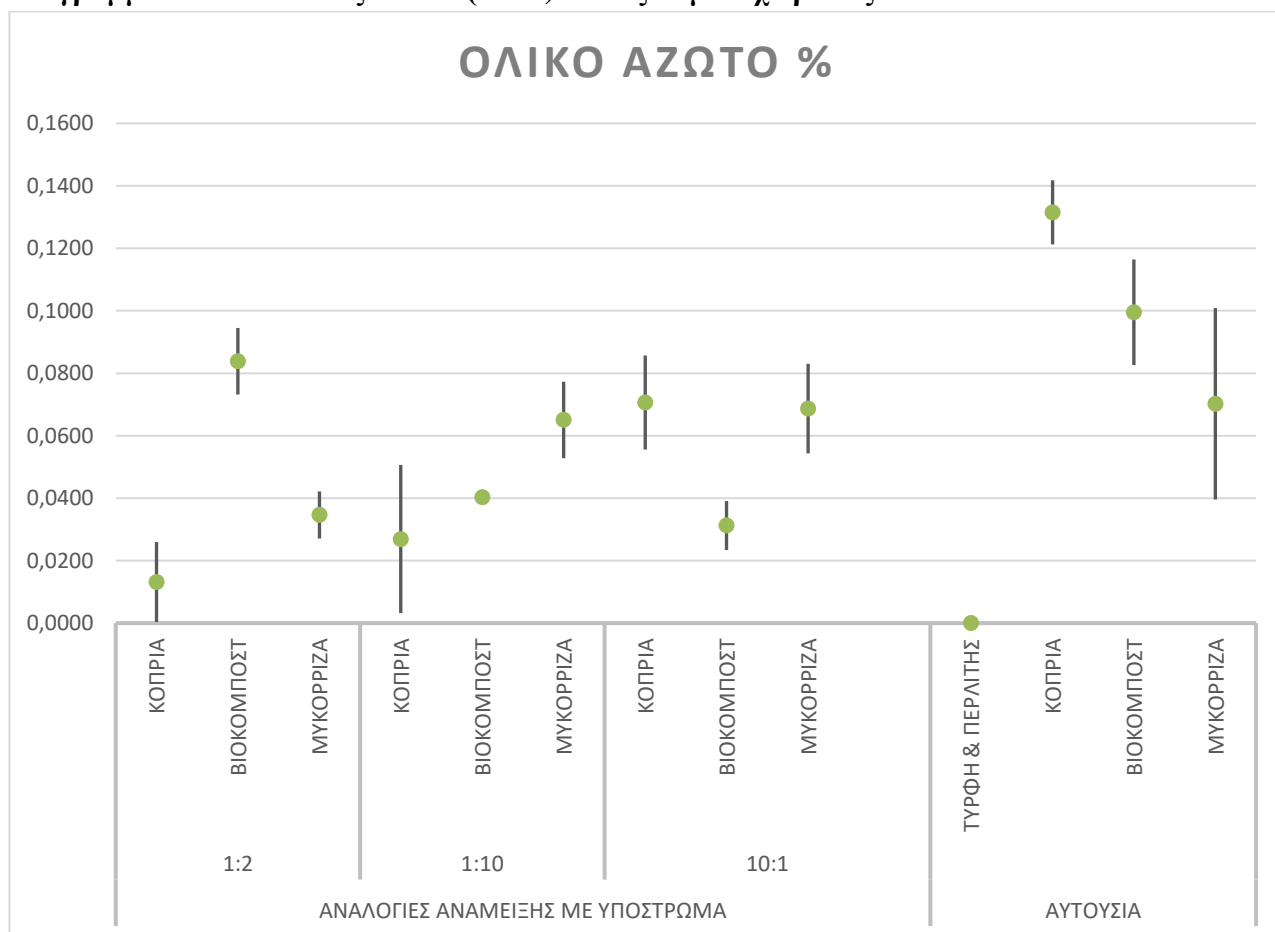
Διάγραμμα 3.12. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Μυκόρριζα (%Ολικό Άζωτο)



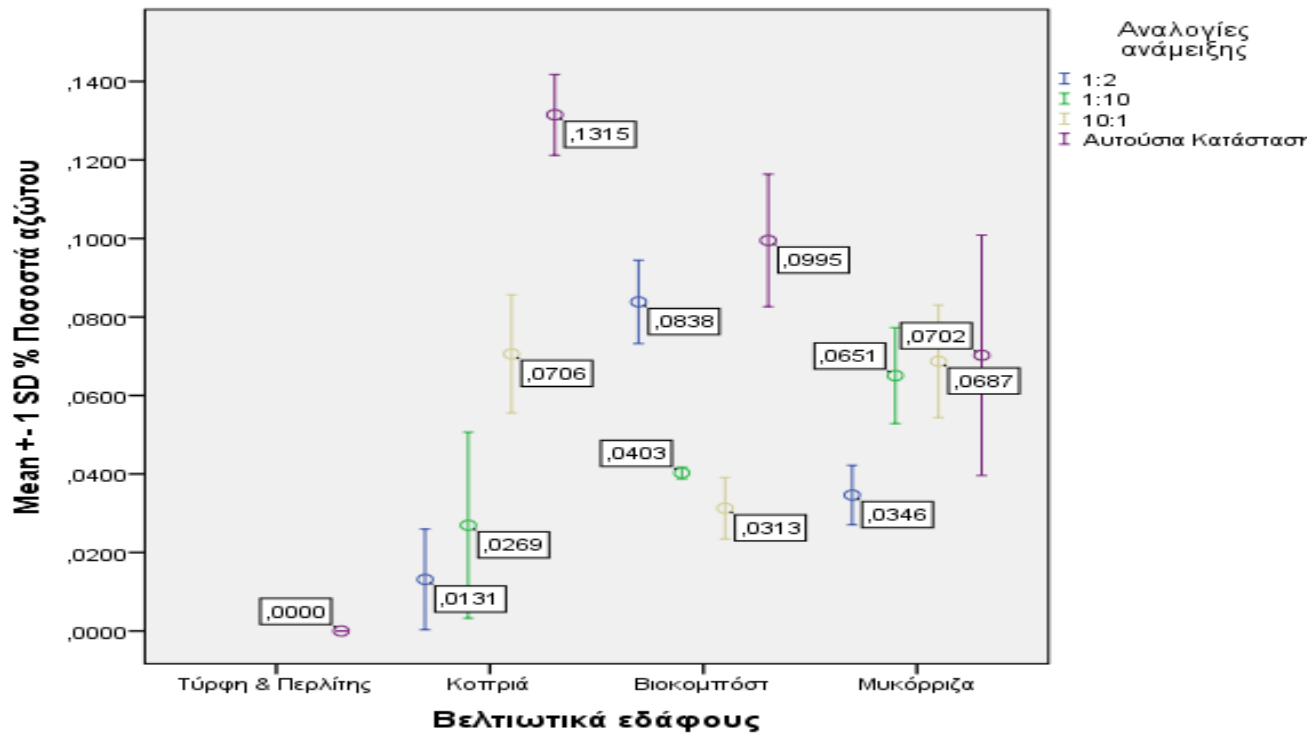
Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο διάγραμμα των μέσων, τα μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου εμφανίζονται στην αναλογία 10:1, της οποίας ο μέσος έχει τιμή 0,0687 % με τυπική απόκλιση από -0,0144 % έως +0,0144 %. Ο μέσος της 10:1 βρίσκεται μεταξύ 0,031 και 0,103 % (περίπου). Επίσης ο μέσος αυτός έχει τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση, η οποία στο μεγαλύτερο τμήμα της αλληλεπικαλύπτεται με την τυπική απόκλιση της 1:10 αναλογίας. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού. Η αναλογία 1:2 έχει τον χαμηλότερο μέσο και τη μικρότερη τυπική απόκλιση, συνεπώς και τη μικρότερη διαφορά μεταξύ των τιμών για τα δείγματα αυτής της αναλογίας.

Ακολουθεί συγκεντρωτικό διάγραμμα των ποσοστών αζώτου όλων των υλικών και των αναλογιών ανάμειξής τους με το υπόστρωμα.

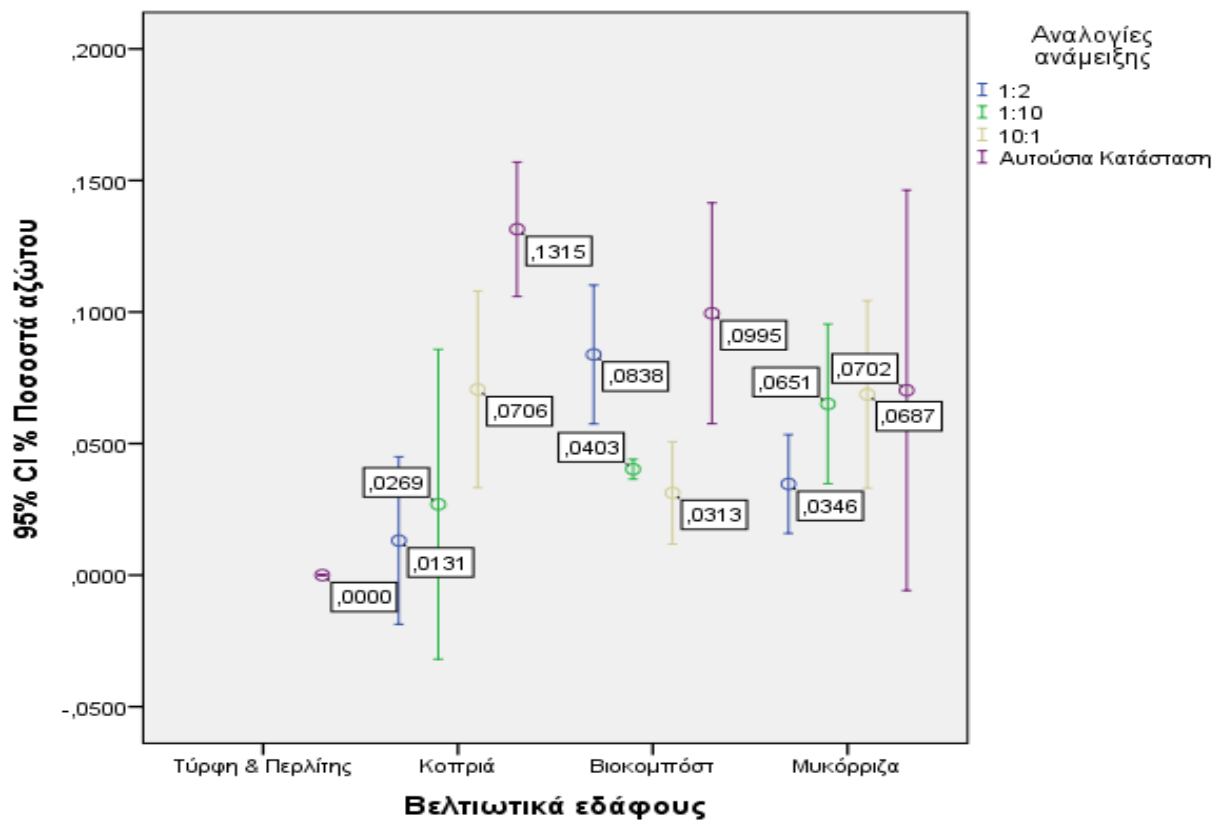
Διάγραμμα 3.13. Ολικό άζωτο % (excel) –Όλες οι μεταχειρίσεις



Διάγραμμα 3.14. Ολικό άζωτο % (spss) (Όλες οι μεταχειρίσεις)



Διάγραμμα 3.15. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Ολικό Άζωτο %



Στη διαγραμματική απεικόνιση των μέσων για περιεκτικότητα σε άζωτο, βλέπουμε κι εδώ ότι η κοπριά, στην αυτούσια κατάσταση έχει τον υψηλότερο μέσο, με πολύ μικρή τυπική απόκλιση. Όσον αφορά τις αναλογίες, η 1:2 του βιοκομπόστ έχει τον υψηλότερο μέσο (0,0838 %), με τυπική απόκλιση: (-0,0106 %, +0,0106 %) και βρίσκεται με 95 % βεβαιότητα μεταξύ 0,055 και 0,11 % (περίπου). Η αναλογία αυτή έχει μικρότερη τυπική απόκλιση από την 1:2 της κοπριάς. Μετά τον υψηλότερο μέσο της 1:2 του βιοκομπόστ, ακολουθούν η 10:1 της κοπριάς και η ίδια αναλογία της μυκόρριζας με μικρή τυπική απόκλιση.

Η αναλογία 1:2 της κοπριάς έχει τον χαμηλότερο μέσο (0,0131 %) με τυπική απόκλιση: (-0,0128 %, +0,0128 %) και διάστημα εμπιστοσύνης μεταξύ -0,02 και 0,04 % (περίπου) (βλέπε και διάγραμμα 3.6).

Μεταξύ όλων σχεδόν των αναλογιών παρατηρούνται αλληλεπικαλύψεις των τυπικών τους αποκλίσεων. Αυτό παρατηρείται κυρίως μεταξύ της 1:10 της μυκόρριζας, της 10:1 της κοπριάς και της 10:1 της μυκόρριζας. Το ίδιο συμβαίνει μεταξύ της 1:2 της κοπριάς με την 1:10 του ίδιου υλικού, καθώς και με την 10:1 του βιοκομπόστ. Τέλος η τυπική απόκλιση της 1:10 της κοπριάς επικαλύπτει πλήρως και τις τιμές της 1:2 της μυκόρριζας. Οι παρατηρήσεις αυτές υποδεικνύουν ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο πληθυσμού.

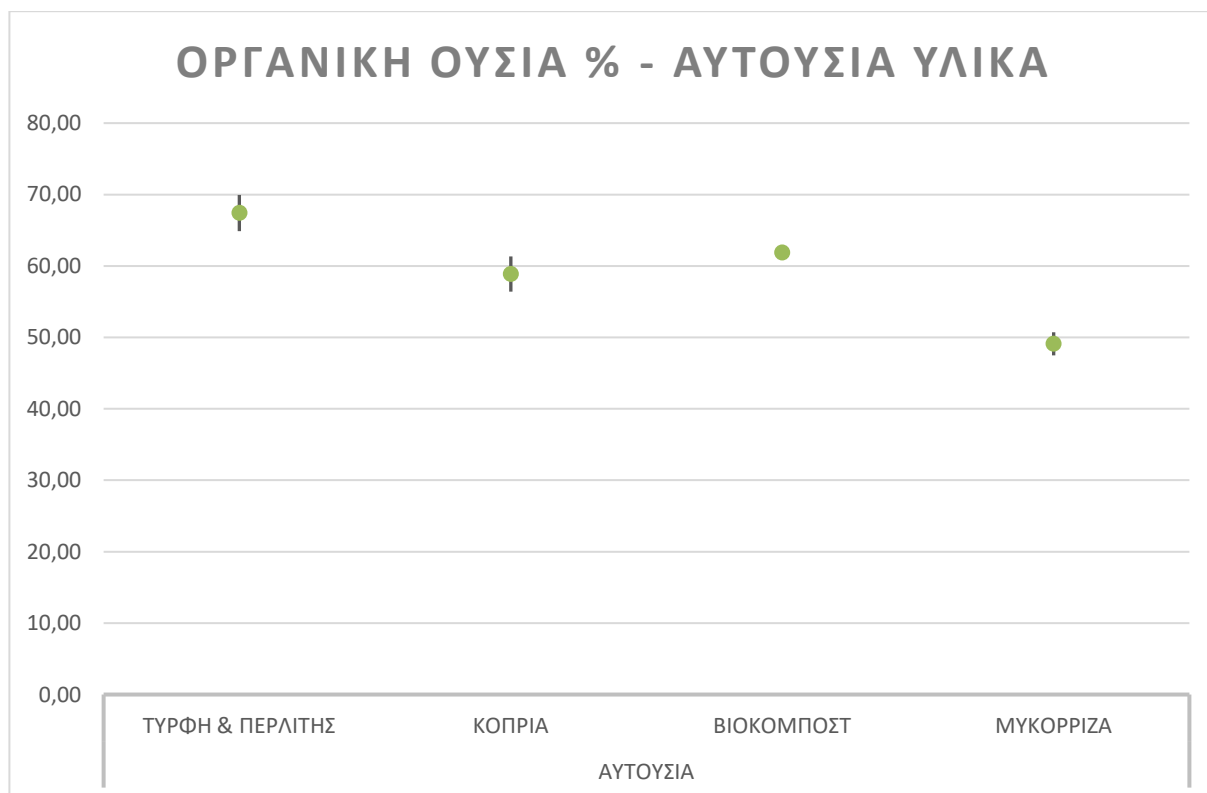
3.2.2. Οργανική Ουσία

Σε αυτό το κεφάλαιο, εμφανίζονται τα αποτελέσματα και διαγράμματα για την οργανική ουσία εδάφους, για τα υλικά μας ως αυτούσια και για όλες τις αναλογίες ανάμειξής τους με το υπόστρωμα.

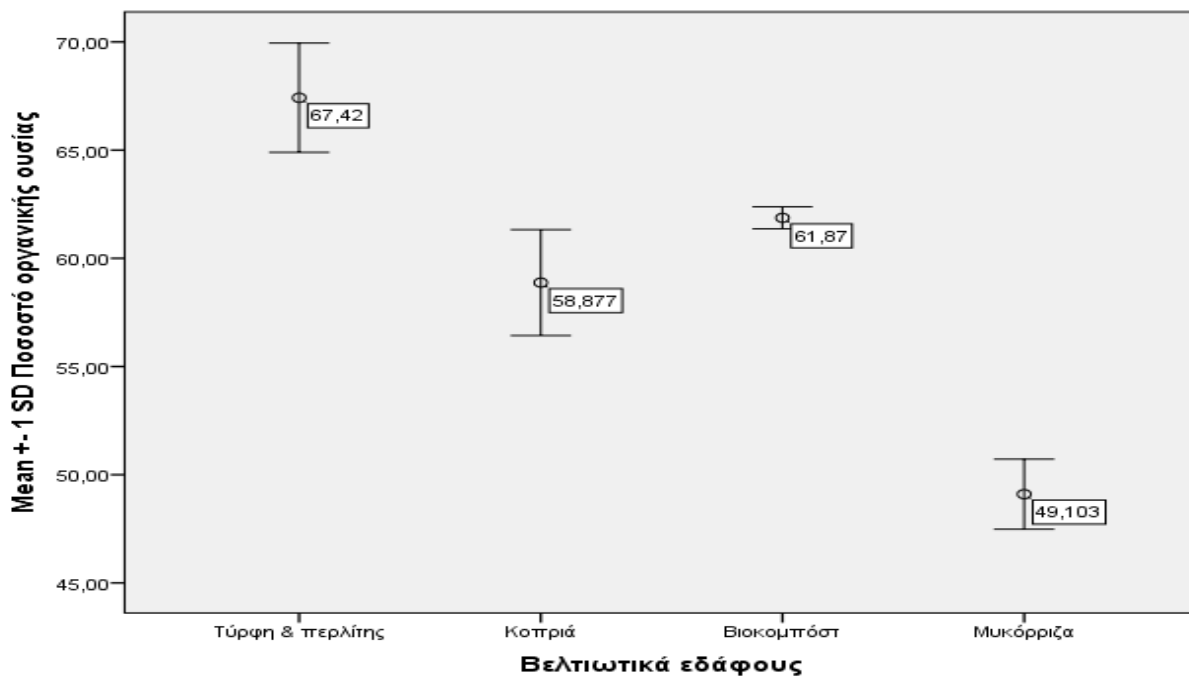
Πίνακας 3.54. Οργανική ουσία εδάφους.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %					
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	65,34	61,49	59,57
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	66,3	65,6	63,72
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	52,06	48,54	46,32
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	56,39	62,63	61,12
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	64,11	64,34	62,21
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	46,28	44,94	43,58
	10:1	ΚΟΠΡΙΑ	69	68,11	66,4
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	71,68	69,76	64,31
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	66,22	66,11	61,89
ΑΥΤΟΥΣΙΑ		ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	68,6	69,14	64,52
		ΚΟΠΡΙΑ	60,26	60,32	56,05
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	61,71	62,44	61,46
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	50,54	49,42	47,35

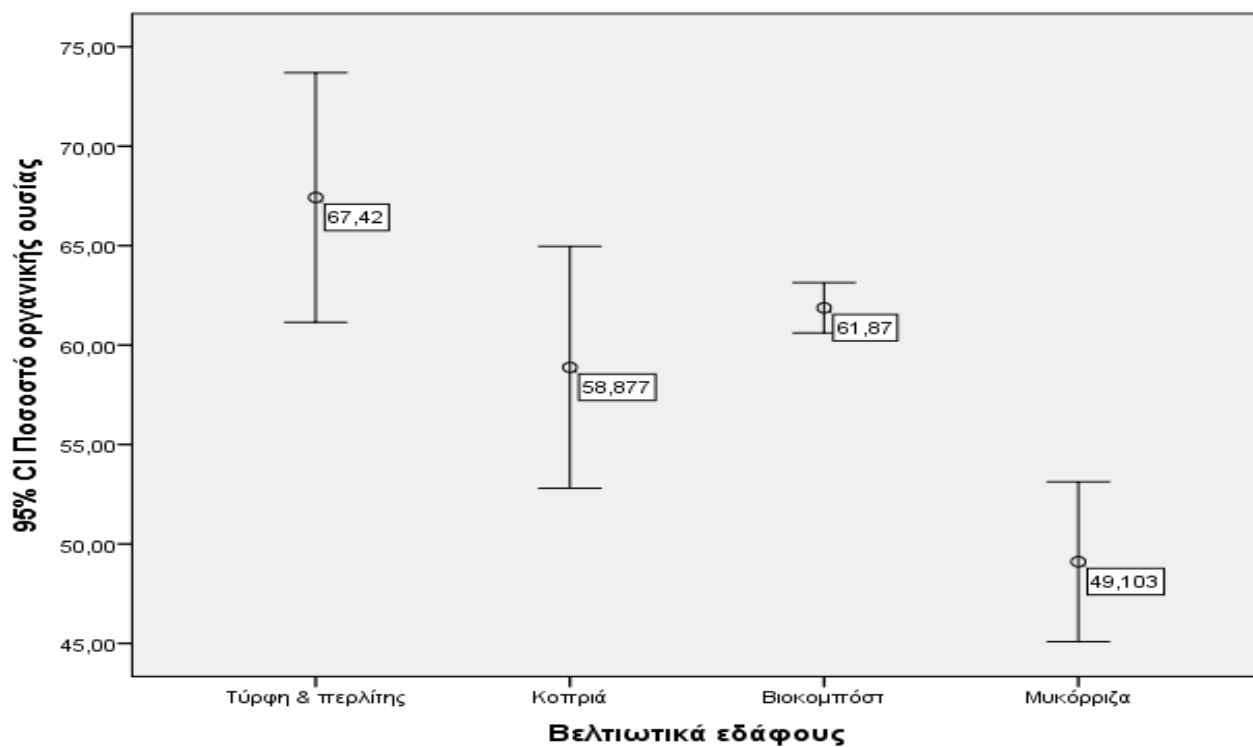
Διάγραμμα 3.16. Οργανική Ουσία % - Αυτούσια υλικά (excel).



Διάγραμμα 3.17. Οργανική Ουσία % - Αυτούσια υλικά (spss).



Διάγραμμα 3.18. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία %.



Το υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης) έχει τον υψηλότερο μέσο ποσοστών οργανικής ουσίας (67,42 %) και τυπική απόκλιση (-2,53 %, +2,53 %). Ο μέσος αυτός, με 95 % βεβαιότητα, βρίσκεται μεταξύ 61,5 και 74 % (περίπου). Η μυκόρριζα έχει τον χαμηλότερο

μέσο (49,1 %) και τυπική απόκλιση (-1,62 %, + 1,62 %), ενώ το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης είναι μεταξύ 45,05 % και 54 %. Παρατηρείται ακόμη μερική αλληλεπικάλυψη μεταξύ κοπριάς και βιοκομπόστ, που σημαίνει ότι δημιουργούνται εν μέρει ομοιογενή υποσύνολα.

Αν λάβουμε υπόψη από τη μία τους μέσους των ποσοστών της οργανικής ουσίας των αυτούσιων υλικών και από την άλλη τα ποσοστά των δειγμάτων για τις αναλογίες ανάμειξης των υλικών με το υπόστρωμα και εξετάσουμε την απόκλιση του κάθε δείγματος από την θεωρητική εκτίμηση, με τον ίδιο τρόπο όπως στο προηγούμενο κεφάλαιο, θα βρούμε τα εξής:

Για την 1:2 αναλογία της κοπριάς :

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 4,03 %.
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 0,18 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 1,74 %.

Για την 1:10 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 3,11 %,
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 3,13 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 1,62 %.

Για την 10 :1 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 2,53 %
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 1,64 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 0,07 %.

Για την 1:2 αναλογία του βιοκομπόστ:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 13,82 %
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 13,12 %, και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 11,24 %.

Για την 1:10 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 1,98 %,
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 2,21 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 0,08 %.

Για την 10:1 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 5,19 %,
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 3,27 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 2,18 %.

Για την 1:2 αναλογία της μυκόρριζας:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 1,07 %, και

- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 4,59 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 6,81 %.

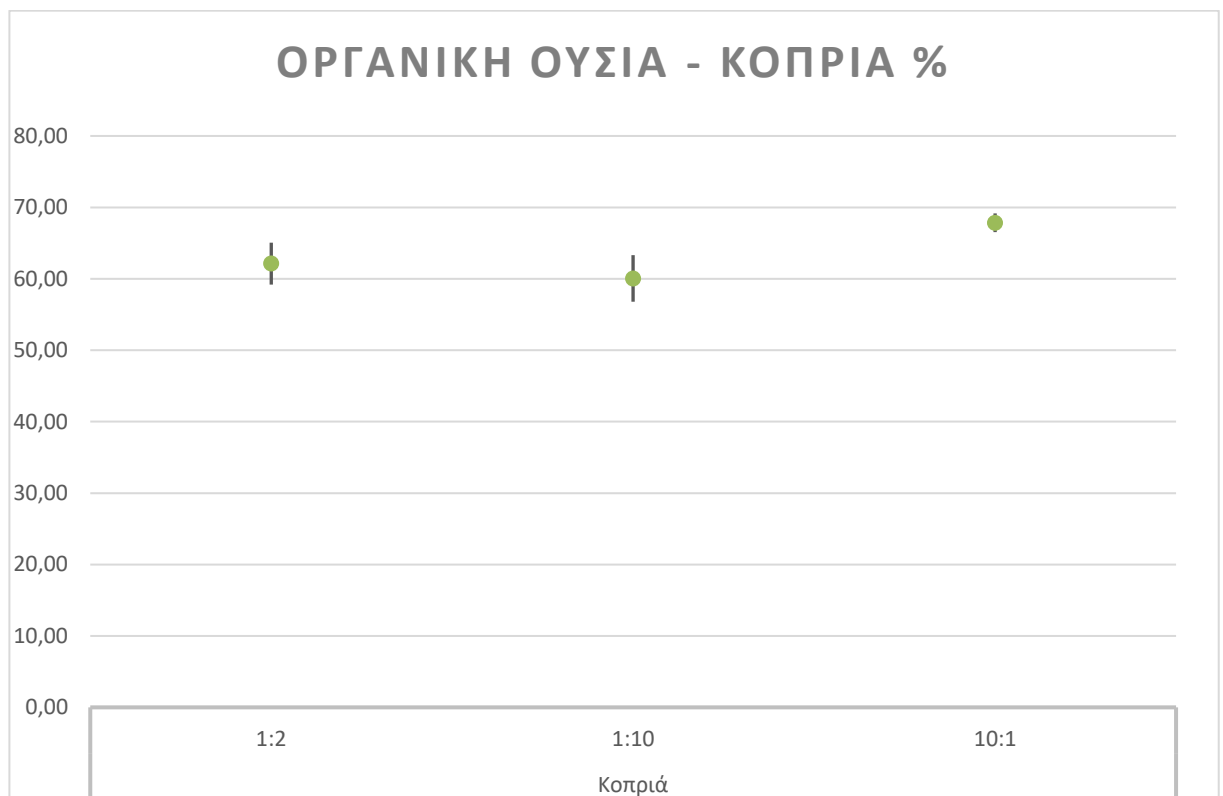
Για την 1:10 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 3,8 %,
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 5,14 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 6,5 %.

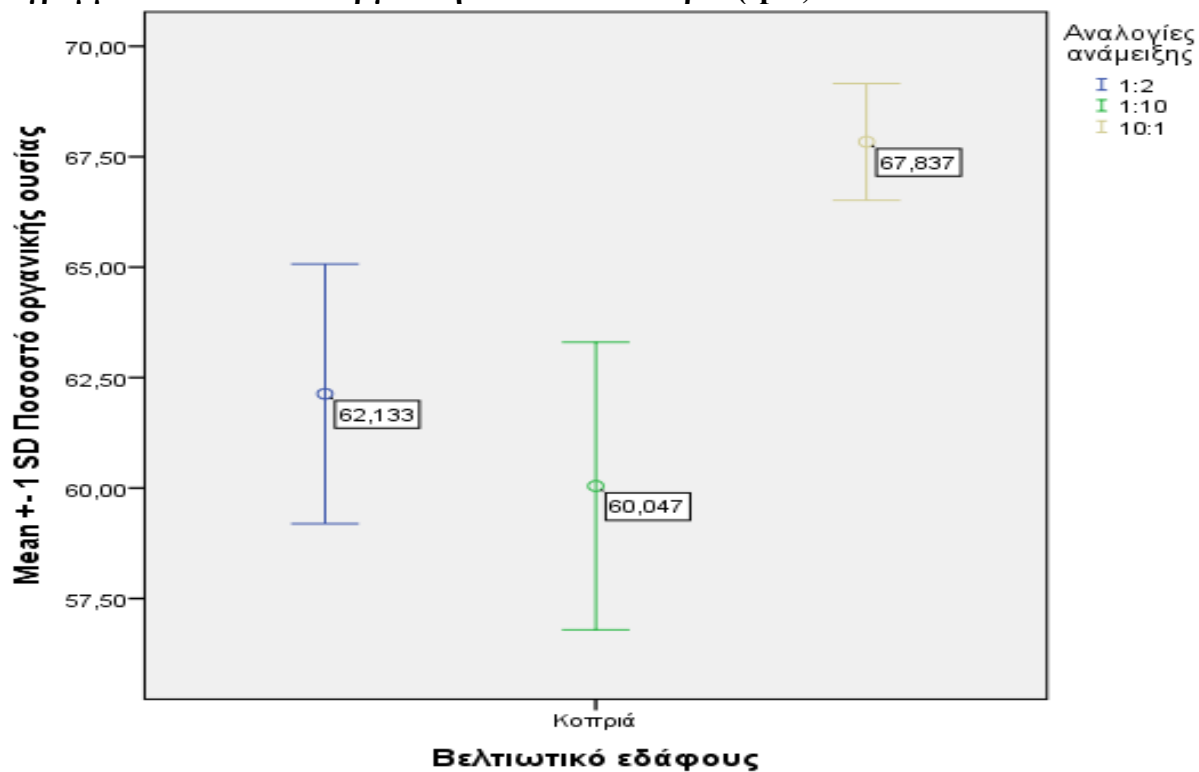
Για την 10:1 αναλογία του ίδιου υλικού:

- το πρώτο δείγμα έχει απόκλιση 0,99 %,
- το δεύτερο δείγμα έχει απόκλιση 0,88 % και
- το τρίτο δείγμα έχει απόκλιση 3,34 %

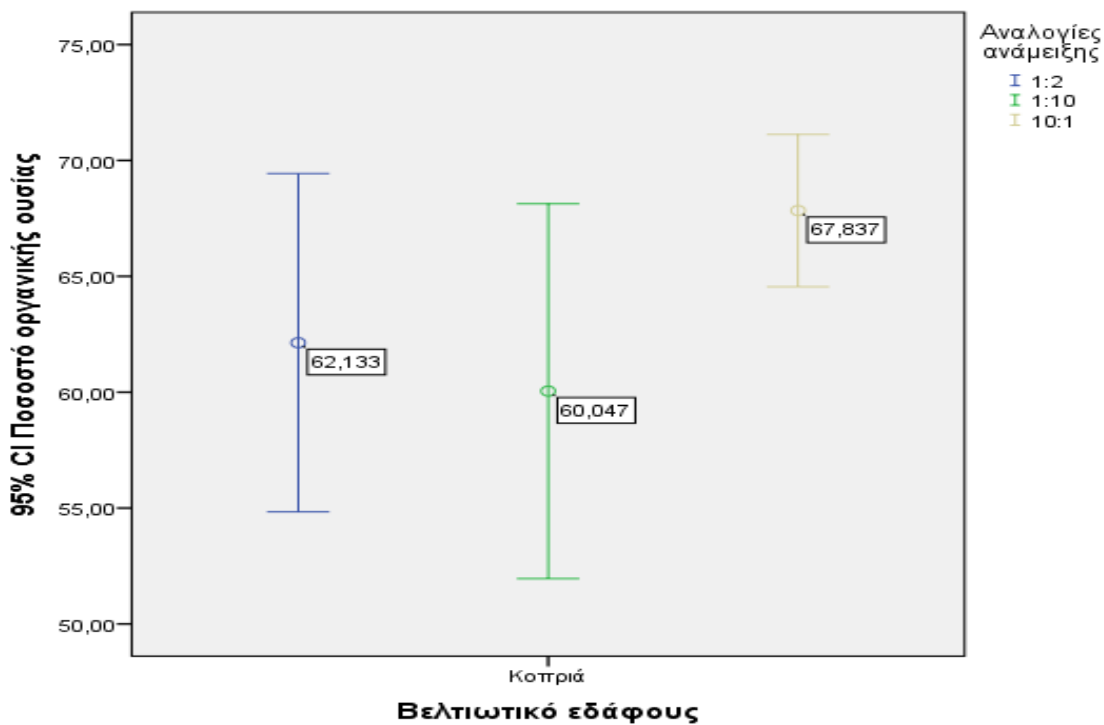
Διάγραμμα 3.19. Οργανική Ουσία % - Κοπριά (excel)



Διάγραμμα 3.20. Μέσοι – Οργανική Ουσία % - Κοπριά (spss)

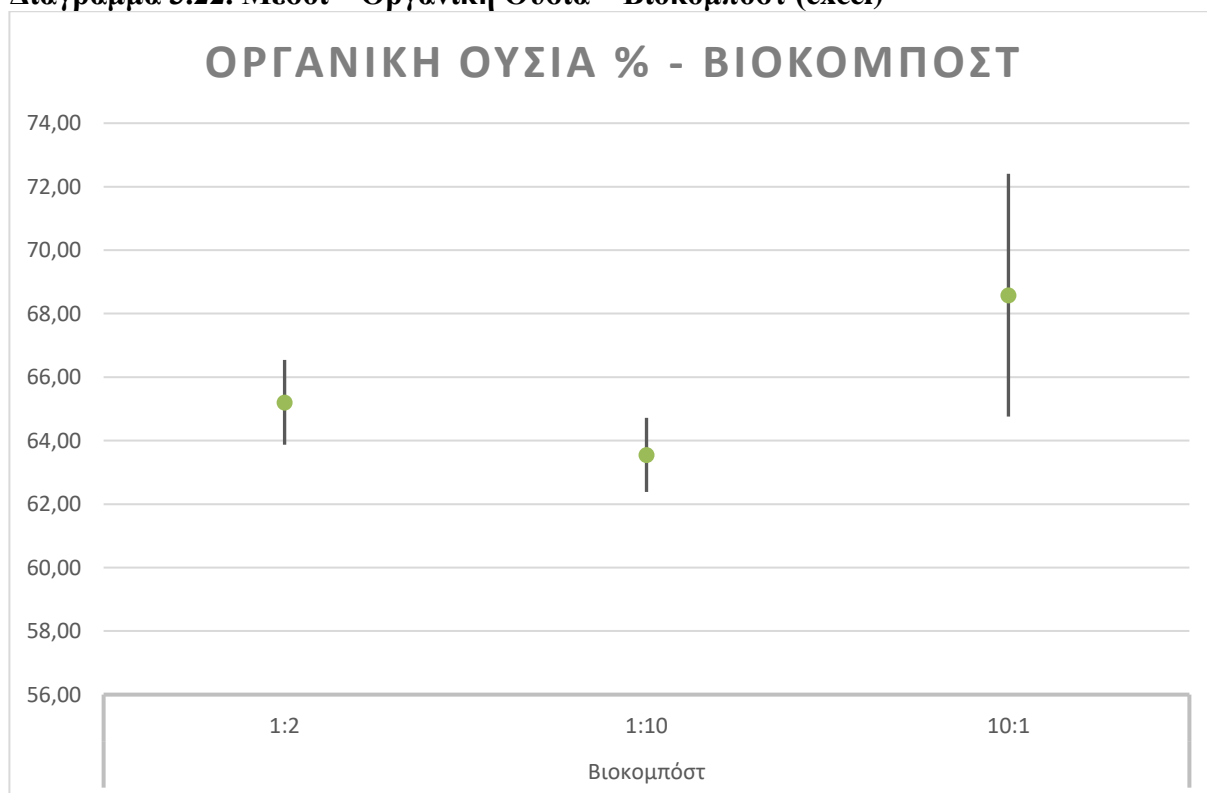


Διάγραμμα 3.21. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία % - Κοπριά



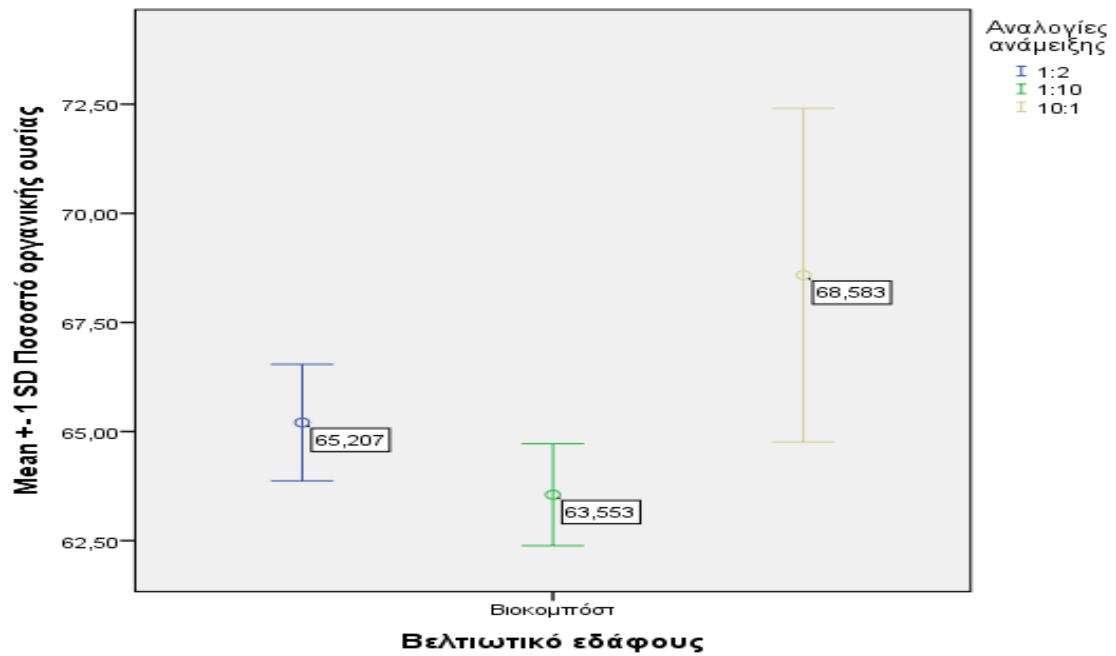
Στην κοπριά, η αναλογία 10:1 έχει τον υψηλότερο μέσο (67,84 %), με τυπική απόκλιση (-1,32 %, +1,32 %). Η 1:10 αναλογία έχει τον χαμηλότερο μέσο (60,05 %) και τυπική απόκλιση (-3,26 %, +3,26 %). Παρατηρείται αλληλεπικάλυψη των τιμών στις αναλογίες 1:2 και 1:10. Οπότε δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού. Ο μέσος της 10:1 βρίσκεται μεταξύ 64,8 και 72 % (περίπου), ενώ ο μέσος της 1:10 βρίσκεται μεταξύ 54 και 67 % (περίπου), με 95 % βεβαιότητα.

Διάγραμμα 3.22. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Βιοκομπόστ (excel)

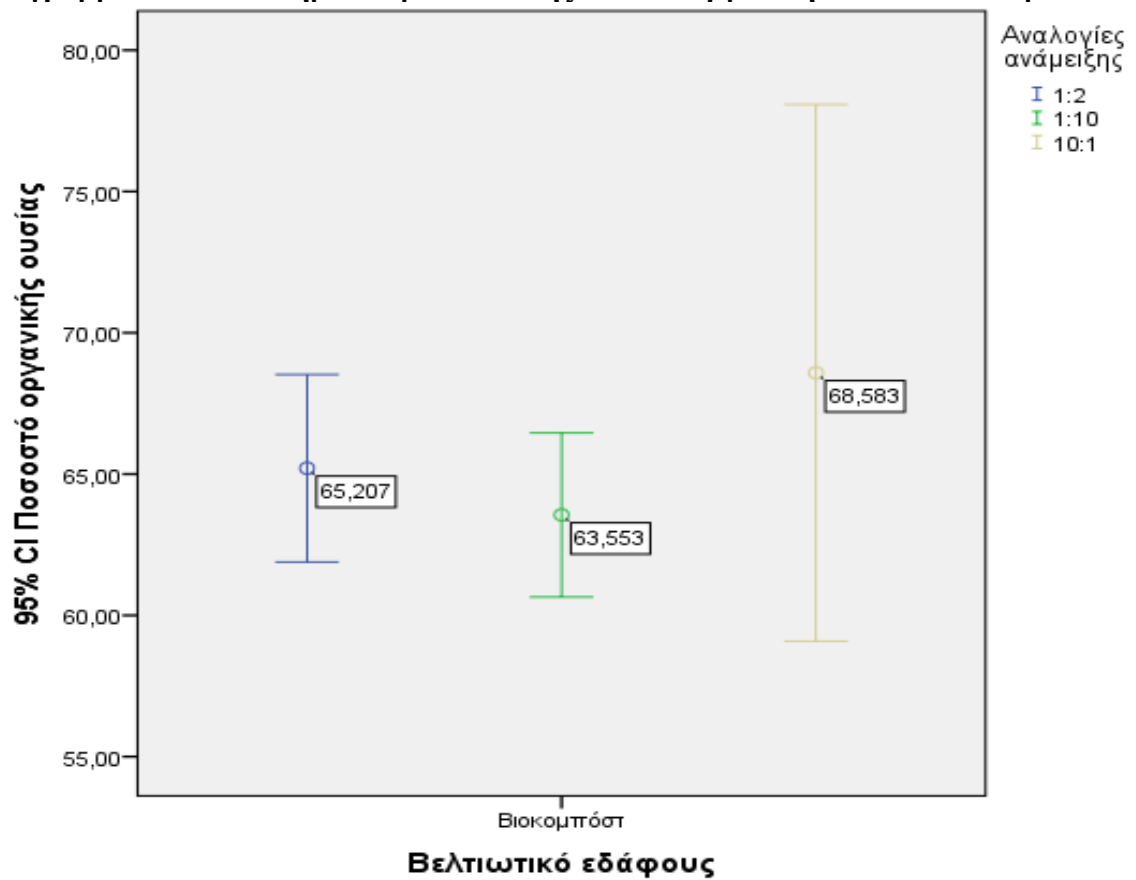


Στο υλικό αυτό, η 10:1 αναλογία έχει τον υψηλότερο μέσο (68,58 %) και τυπική απόκλιση (-3,83 %, +3,83 %). Ο μέσος αυτός βρίσκεται μεταξύ 59 και 78 % (περίπου) (διάγραμμα 3.24). Η 1:10 αναλογία έχει τον χαμηλότερο μέσο (63,55 %), με τυπική απόκλιση (-1,17 %, +1,17 %) και βρίσκεται μεταξύ 60,05 και 66,5 % (περίπου) (διάγραμμα 3.24). Όπως στην κοπριά, έτσι και εδώ κάποιες τιμές των αποκλίσεων των αναλογιών 1:2 και 1:10 αλληλεπικαλύπτονται, οπότε έχουμε ομοιογενή υποσύνολα και σε αυτό το υλικό.

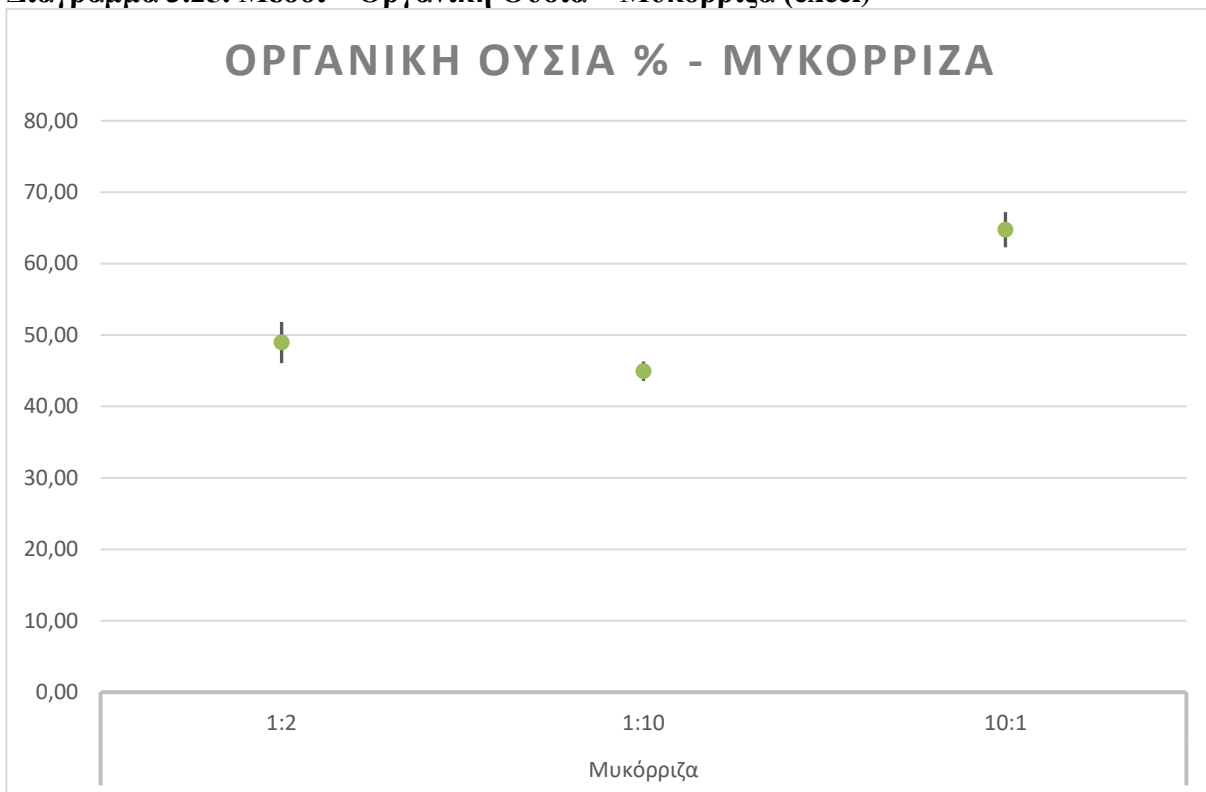
Διάγραμμα 3.23. Μέσοι – Οργανική Ουσία % - Βιοκομπόστ (spss)



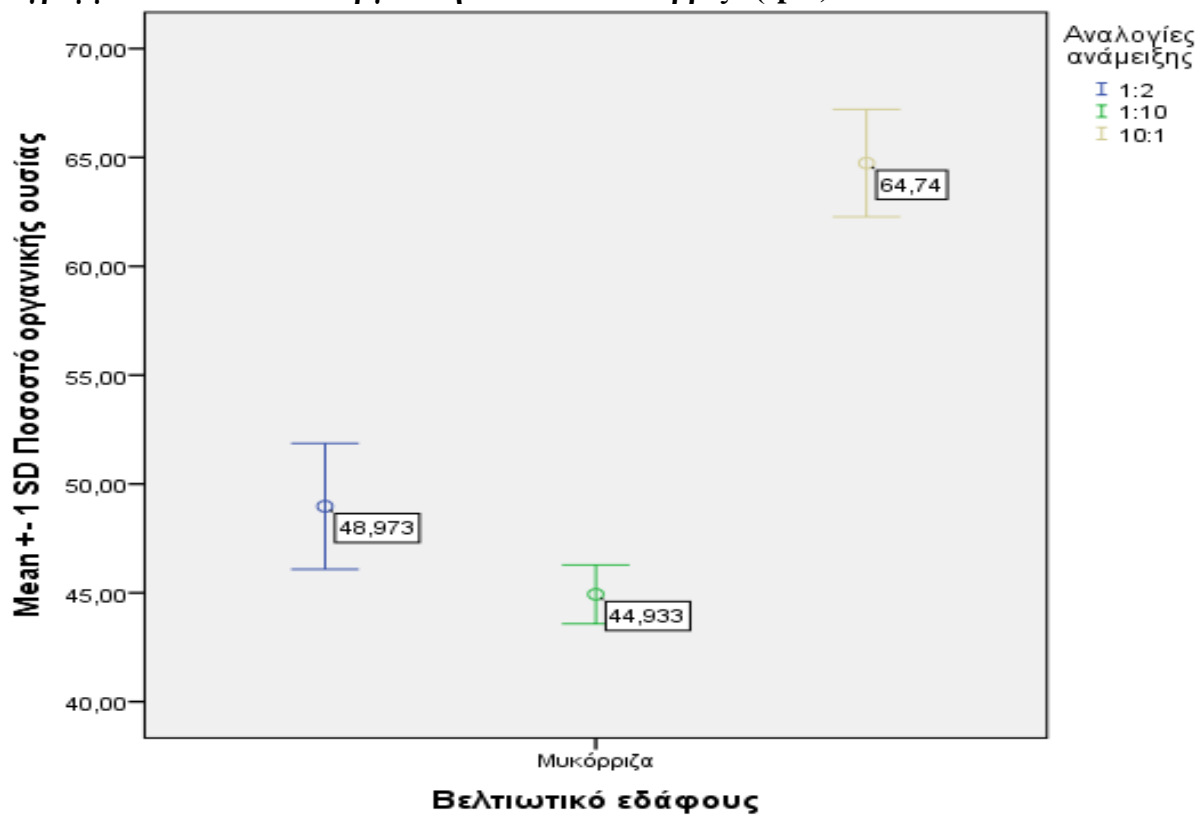
Διάγραμμα 3.24. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία – Βιοκομπόστ



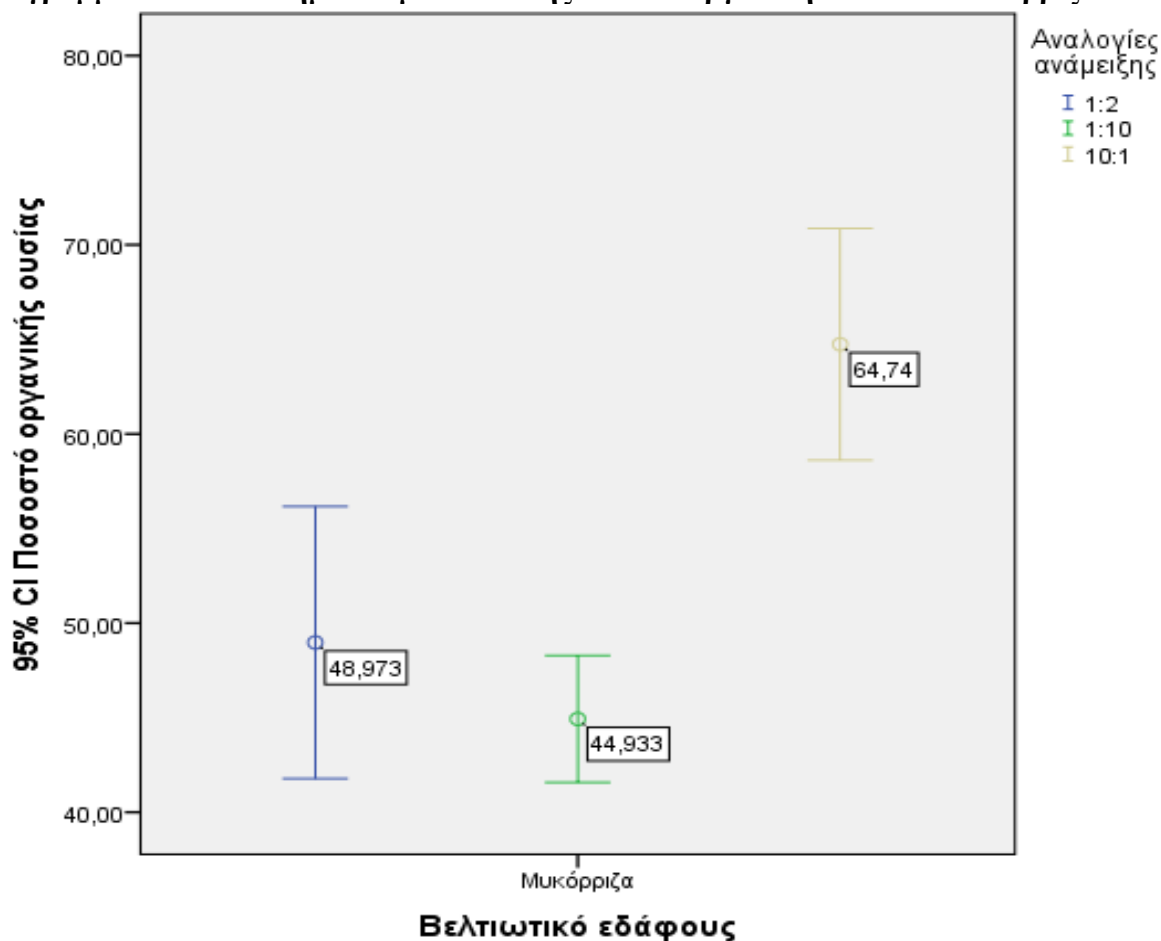
Διάγραμμα 3.25. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα (excel)



Διάγραμμα 3.26. Μέσοι – Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα (spss)



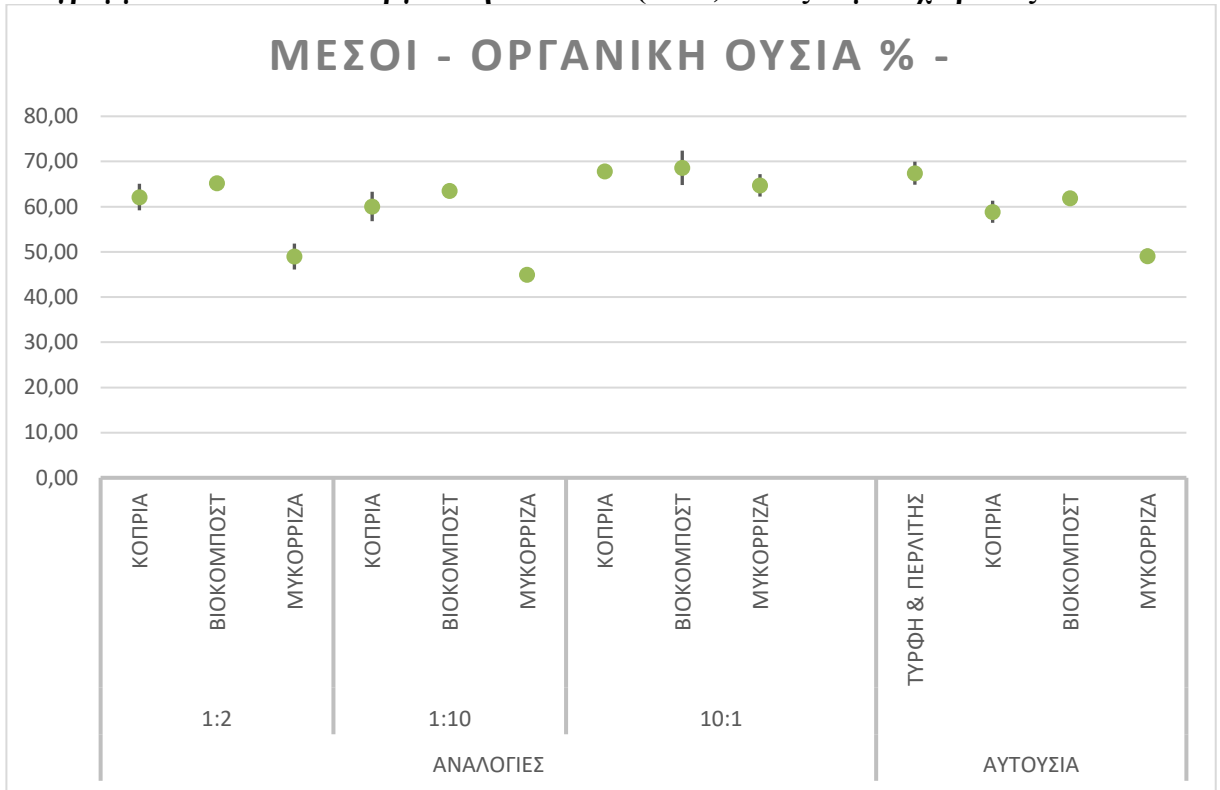
Διάγραμμα 3.27. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία – Μυκόρριζα



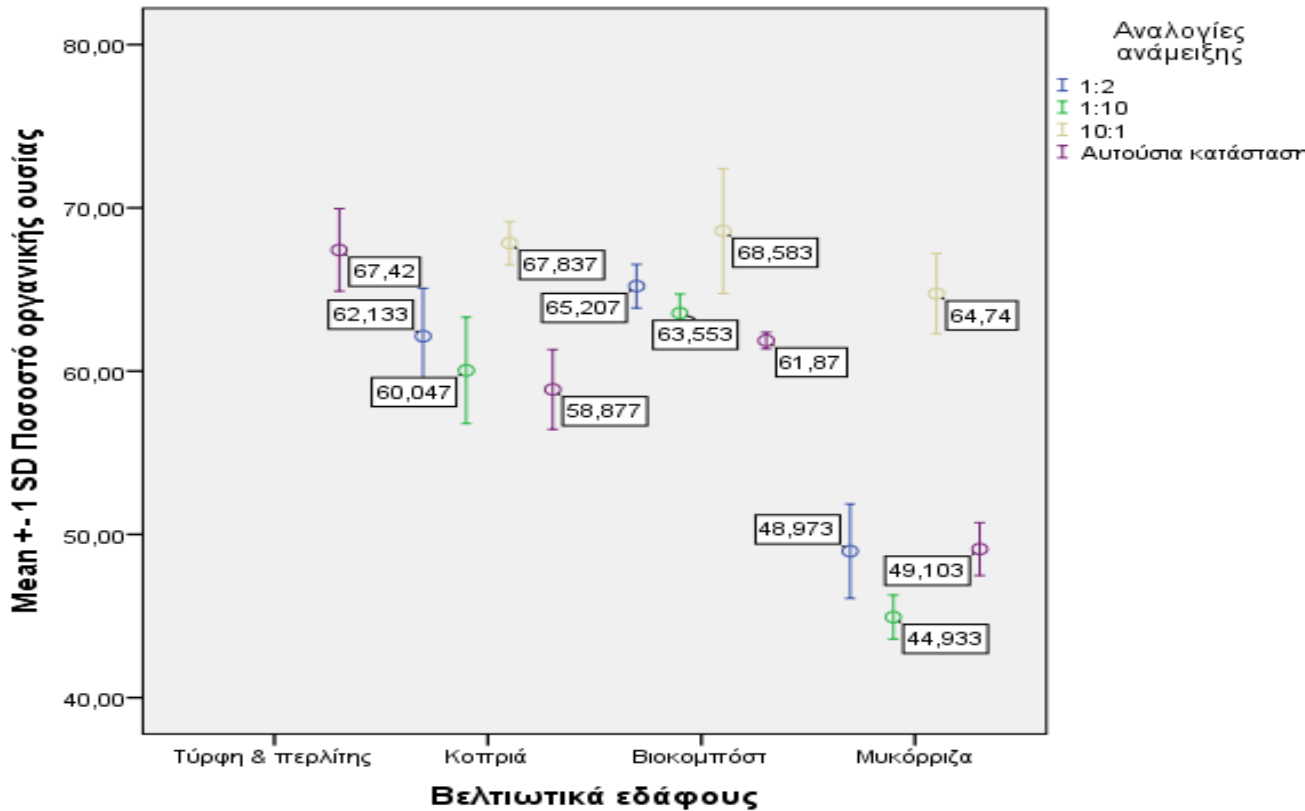
Η 10:1 αναλογία της μυκόρριζας έχει τον υψηλότερο μέσο (64,74 %) και τυπική απόκλιση (-2,47 %, +2,47 %), ενώ βρίσκεται μεταξύ 59 και 70,05 % (περίπου) με 95 % βεβαιότητα. Η 1:10 της μυκόρριζας έχει το χαμηλότερο μέσο (44,93 %), με τυπική απόκλιση (-1,35 %, +1,35 %) και βρίσκεται μεταξύ 41,5 και 48 % (περίπου). Υπάρχει και εδώ, αλλά οριακά μικρή αλληλεπικάλυψη στις αποκλίσεις μεταξύ 1:2 και 1:10 αναλογιών.

Ακολουθούν διαγράμματα με τους μέσους και τα αντίστοιχα διαστήματα εμπιστοσύνης για όλες τις αναλογίες ανάμειξης και όλα τα αυτούσια υλικά.

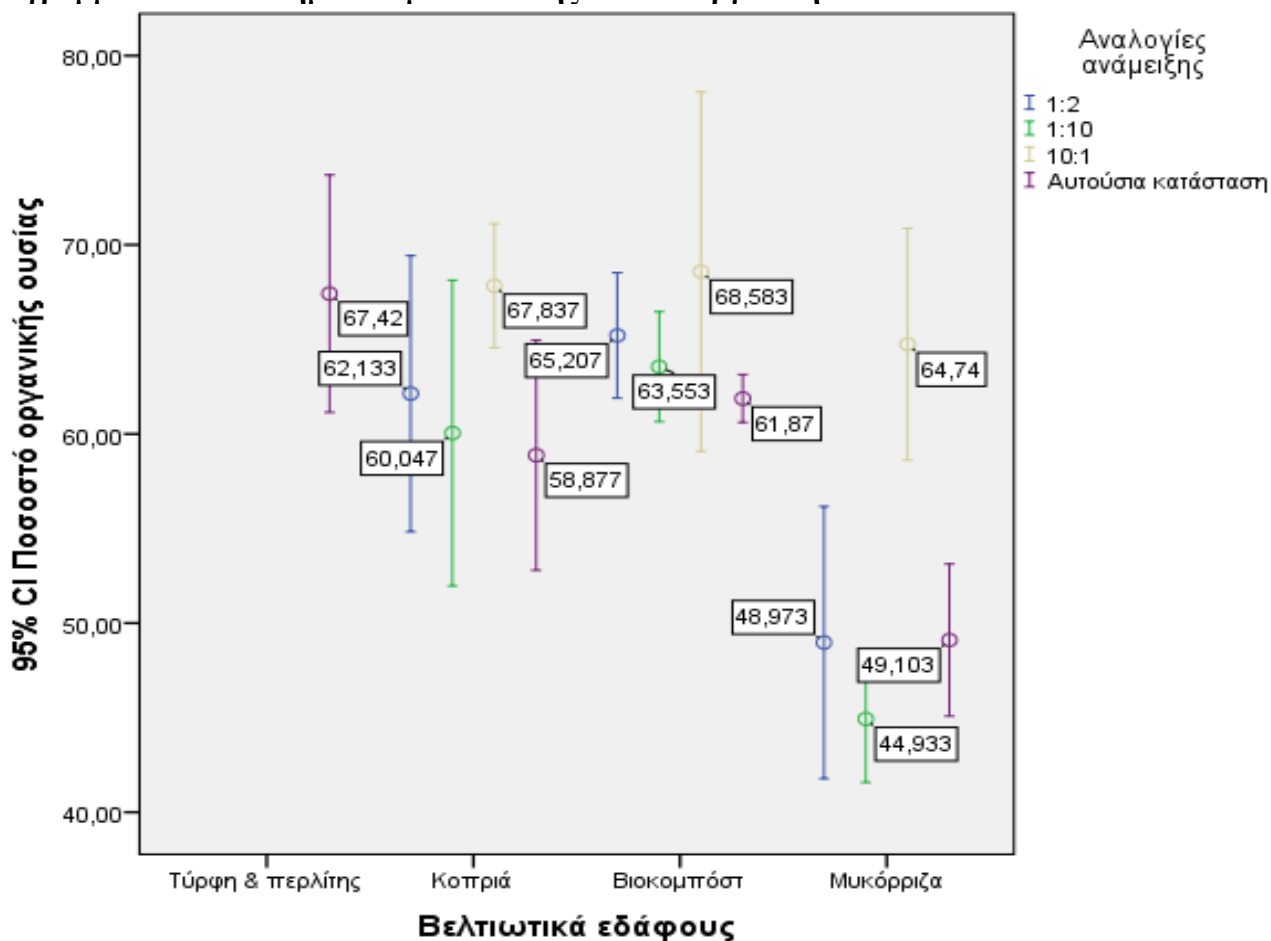
Διάγραμμα 3.28. Μέσοι – Οργανική Ουσία % (excel) - Όλες οι μεταχειρίσεις



Διάγραμμα 3.29. Μέσοι – Οργανική Ουσία % (spss) - Όλες οι μεταχειρίσεις



Διάγραμμα 3.30. Διαστήματα Εμπιστοσύνης 95 % - Οργανική Ουσία %



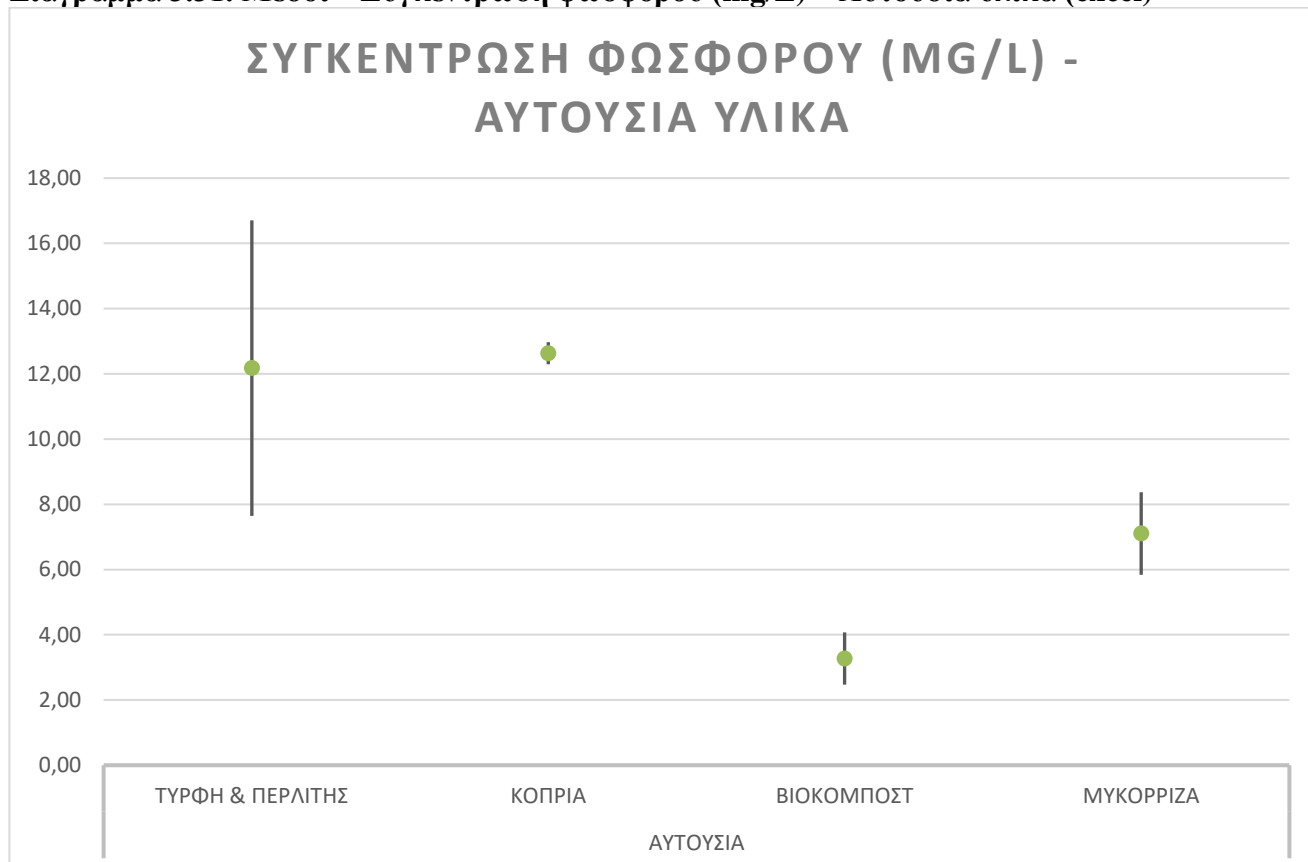
Ο υψηλότερος μέσος ανήκει στην 10:1 αναλογία του βιοκομπόστ (68,58 %), με τυπική απόκλιση (-3,83 %, +3,83 %) (διαγράμματα 3.22 και 3.23). Ο μέσος αυτός βρίσκεται μεταξύ 59 και 78 % (περίπου) (διάγραμμα 3.24). Η 1:10 αναλογία της μυκόρριζας έχει τον χαμηλότερο μέσο (44,93 %), με τυπική απόκλιση (-1,35 %, +1,35 %) και βρίσκεται μεταξύ 41,5 και 48 % (περίπου) (διαγράμματα 3.24, 3.25 και 3.26). Οι μεταχειρίσεις 10:1 του βιοκομπόστ και της κοπριάς, όπου υπερτερεί το υπόστρωμα έχουν τους δύο υψηλότερους μέσους (υψηλότερα ποσοστά) οργανικής ουσίας. Στην αυτούσια κατάσταση της μυκόρριζας, αλλά και όπου αυτή υπερτερεί (1:2 και 1:10) εμφανίζονται οι χαμηλότεροι μέσοι ποσοστών.

Η τυπική απόκλιση της αναλογίας 10:1 του βιοκομπόστ επικαλύπτει κάποιες τιμές της ίδιας αναλογίας των άλλων υλικών κι επίσης κάποιες τιμές της απόκλισης του μέσου του υποστρώματος. Συνεπώς παρατηρούμε κάτι καινούριο όσον αφορά τη μεταχείριση 10:1 όλων των υλικών, όπου δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα. Η αλληλεπικάλυψη των

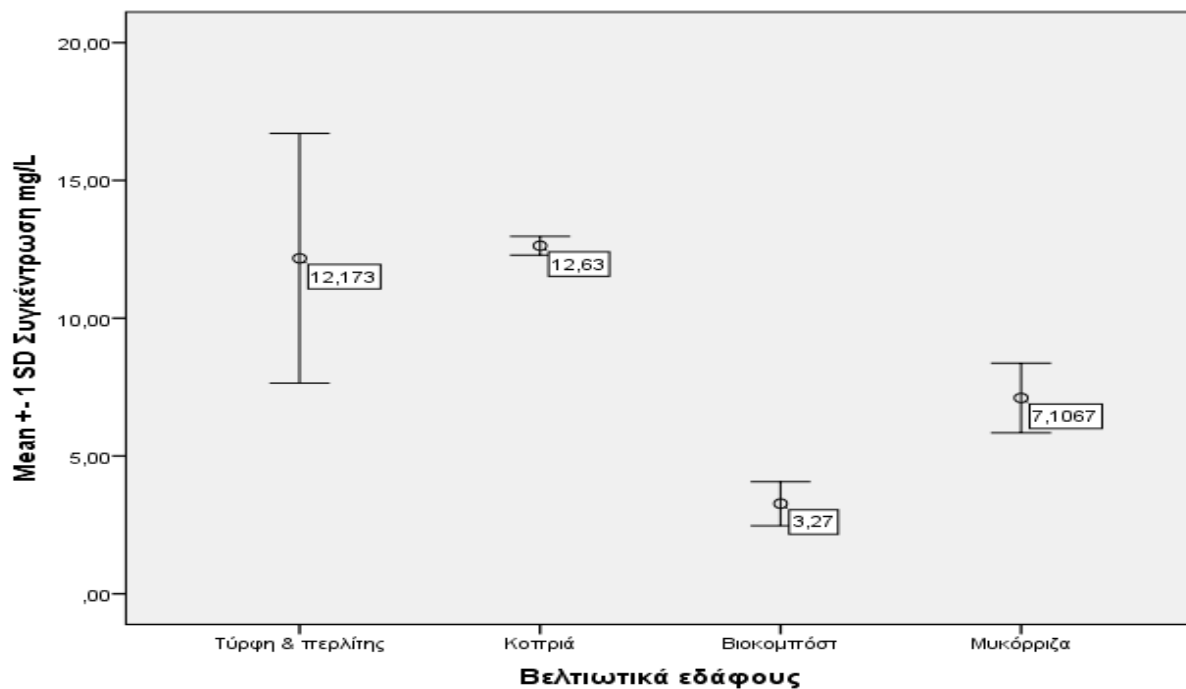
τιμών των τυπικών αποκλίσεων μεταξύ του βιοκομπόστ και του υποστρώματος, αλλά και μεταξύ όλων σχεδόν (πλην 1:2 και 1:10 της μυκόρριζας) των αναλογιών ανάμειξης των υλικών υποδεικνύει ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ όλων σχεδόν των μεταχειρίσεων.

3.2.3. Συγκέντρωση Φωσφόρου

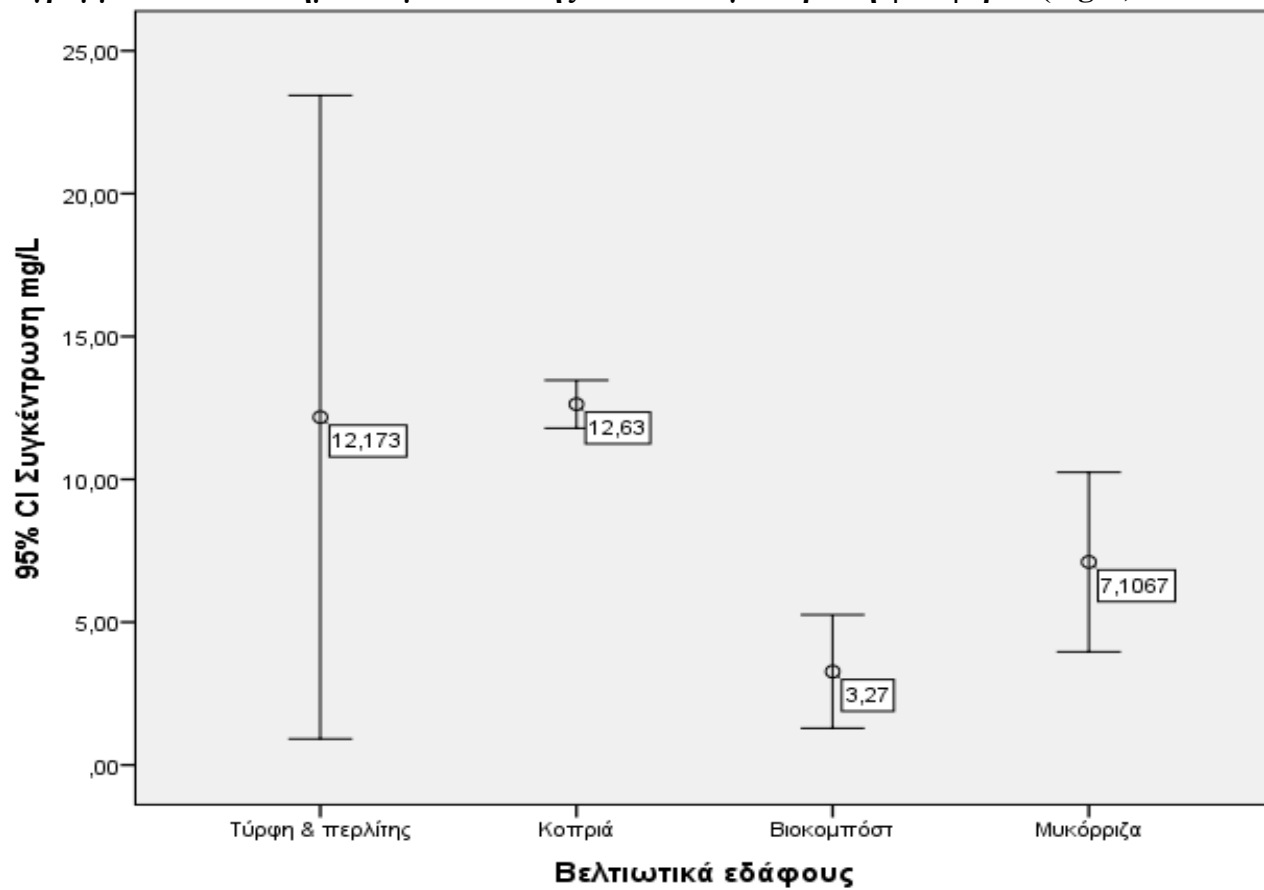
Διάγραμμα 3.31. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αυτούσια υλικά (excel)



Διάγραμμα 3.32. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αυτούσια υλικά (spss)

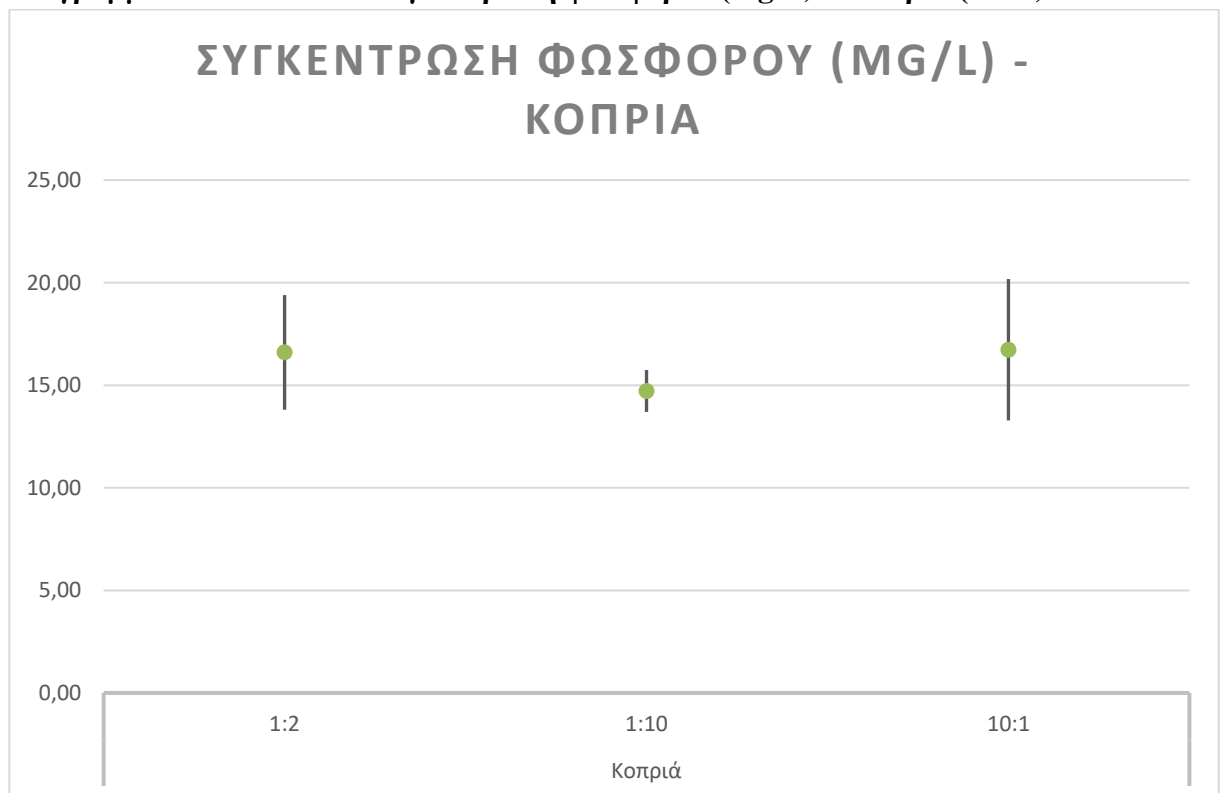


Διάγραμμα 3.33. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L)

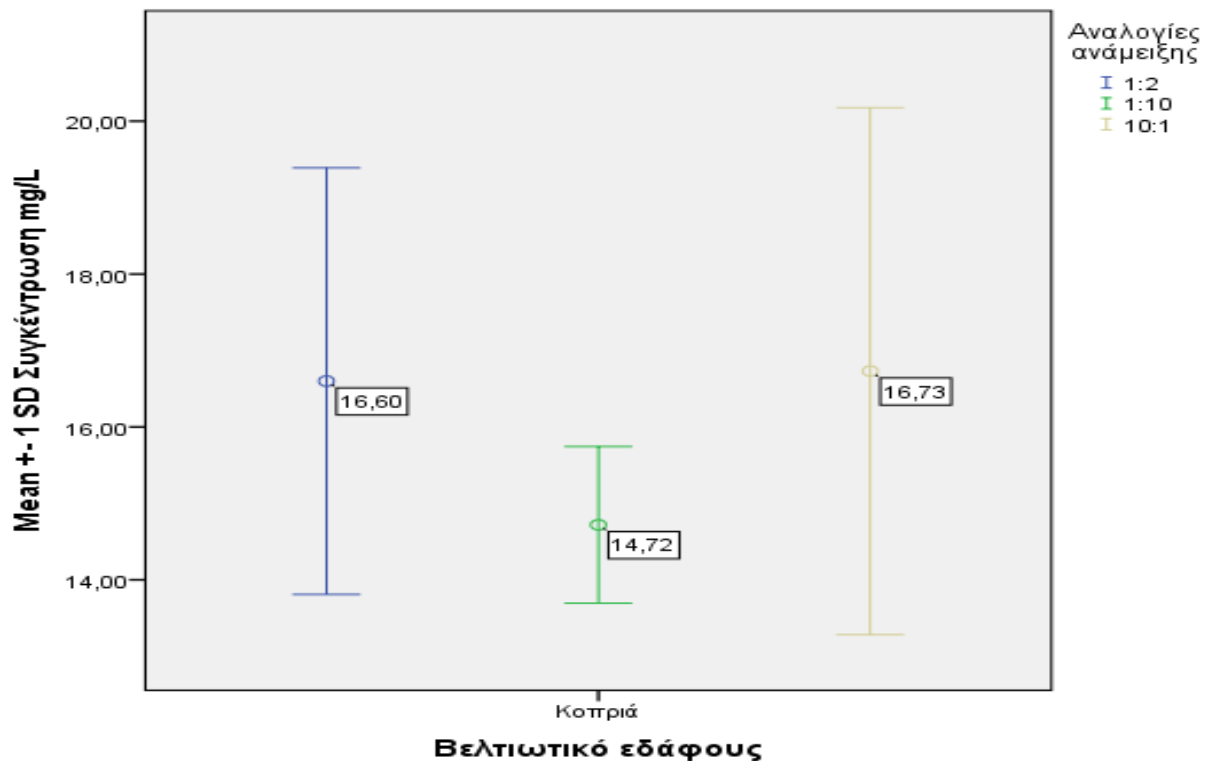


Η κοπριά έχει τον υψηλότερο μέσο (12,63 mg/L) με τυπική απόκλιση (-0,34 mg/L, + 0,34 mg/L), που βρίσκεται μεταξύ 12 και 14 mg/L (περίπου). Το βιοκομπόστ έχει τον χαμηλότερο μέσο (3,27 mg/L), με τυπική απόκλιση (-0,8 mg/L, +0,8 mg/L), που βρίσκεται μεταξύ 2 και 5 mg/L (περίπου). Παρατηρείται αλληλεπικάλυψη στις τιμές των αποκλίσεων του υποστρώματος, της κοπριάς και της μυκόρριζας. Θα θεωρήσουμε ότι δημιουργείται ένα ομοιογενές υποσύνολο μεταξύ μυκόρριζας και υποστρώματος και άλλο ένα μεταξύ υποστρώματος και κοπριάς.

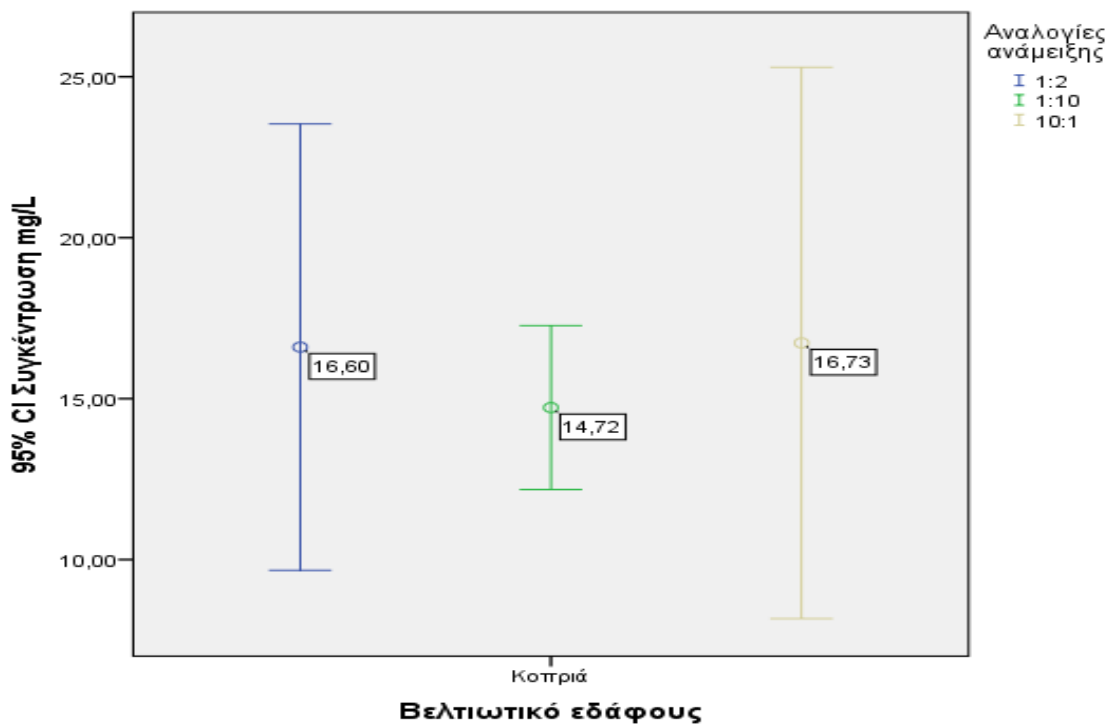
Διάγραμμα 3.34. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά (excel)



Διάγραμμα 3.35. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά (spss)



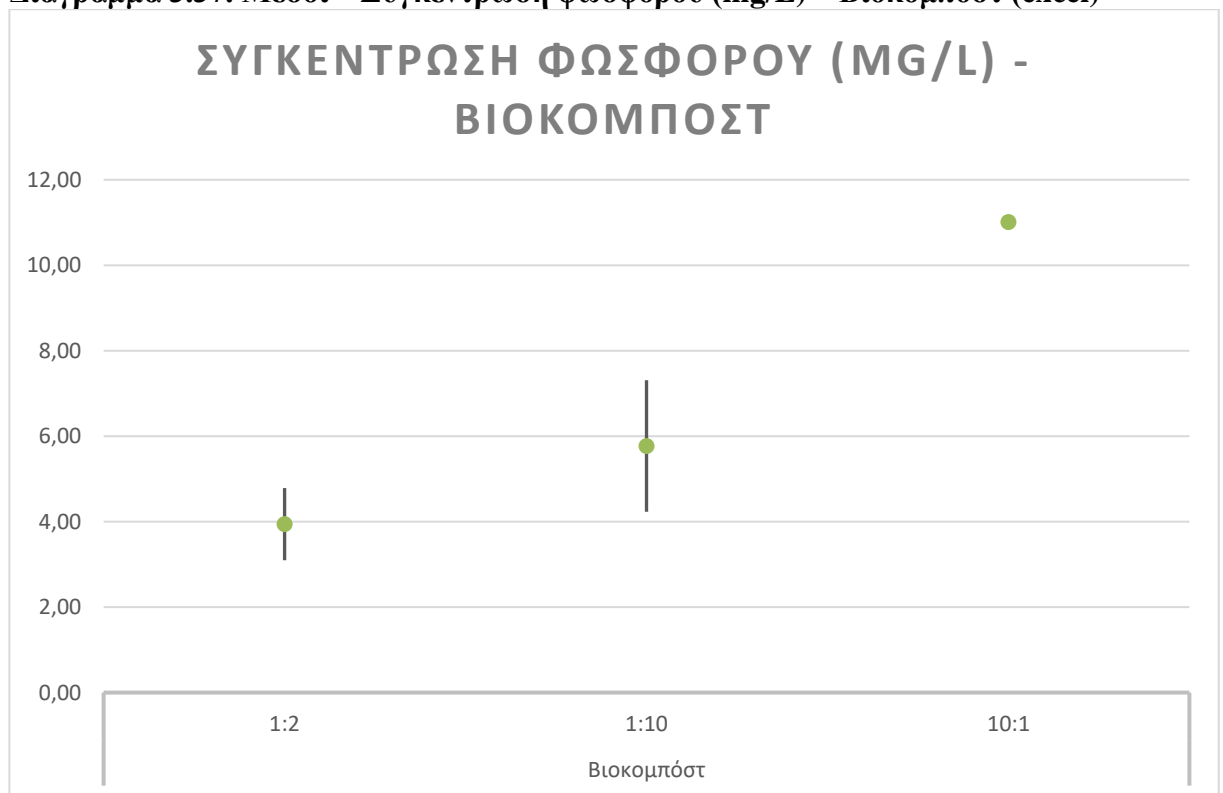
Διάγραμμα 3.36. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Κοπριά



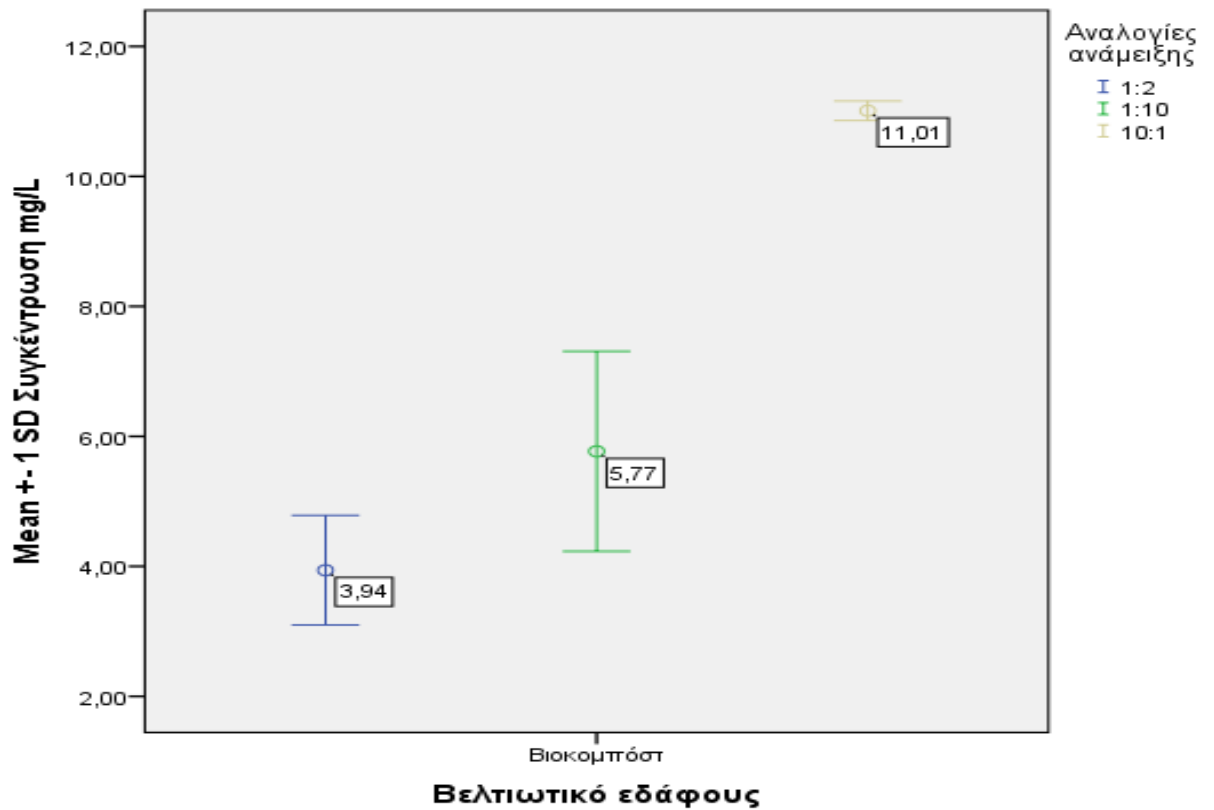
Η αναλογία 10:1 της κοπριάς έχει τον υψηλότερο μέσο (16,73 mg/L), με τυπική απόκλιση (-3,45 mg/L, +3,45 mg/L) και βρίσκεται μεταξύ 4 και 25,2 mg/L (περίπου). Ο χαμηλότερος μέσος είναι στην αναλογία 1:10 (14,72 mg/L), με τυπική απόκλιση (-1,03 mg/L, +1,03 mg/L) και βρίσκεται μεταξύ 12,7 και 17,4 mg/L (περίπου). Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνονται τα μέρη του υποστρώματος στην αναλογία ανάμειξης, τόσο αυξάνονται και τα mg/L φωσφόρου.

Οι τιμές των αποκλίσεων και στις τρεις αναλογίες αλληλεπικαλύπτονται, οπότε δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα.

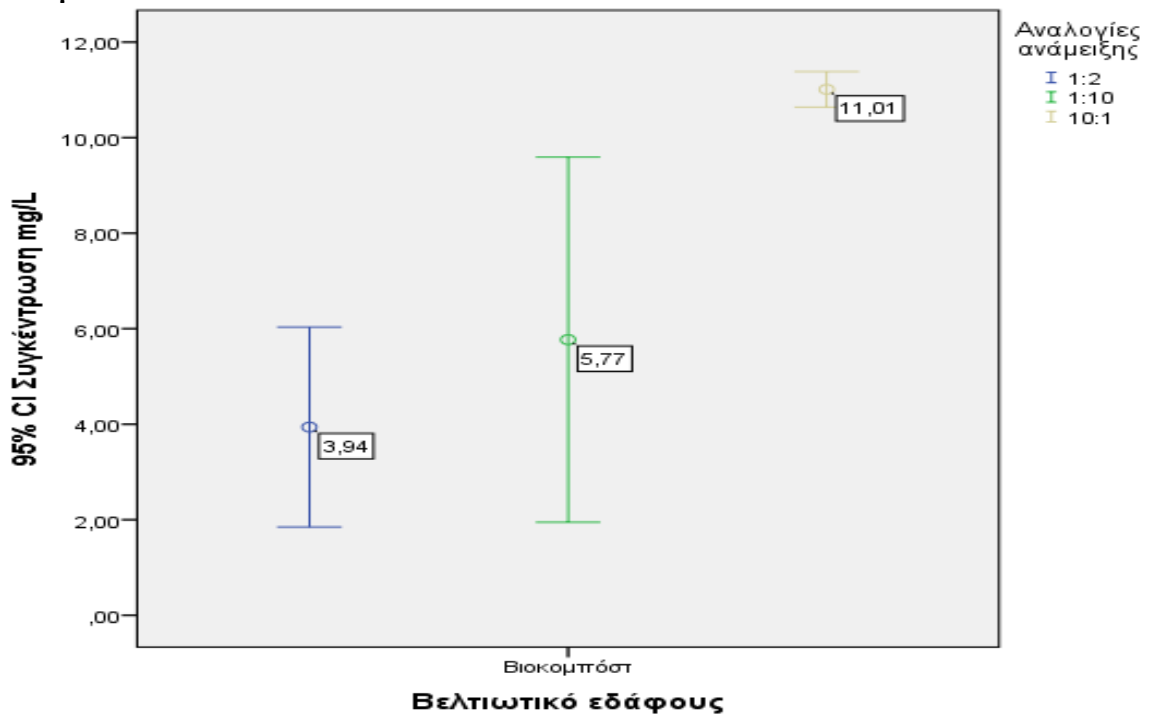
Διάγραμμα 3.37. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ (excel)



Διάγραμμα 3.38. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ (spss)

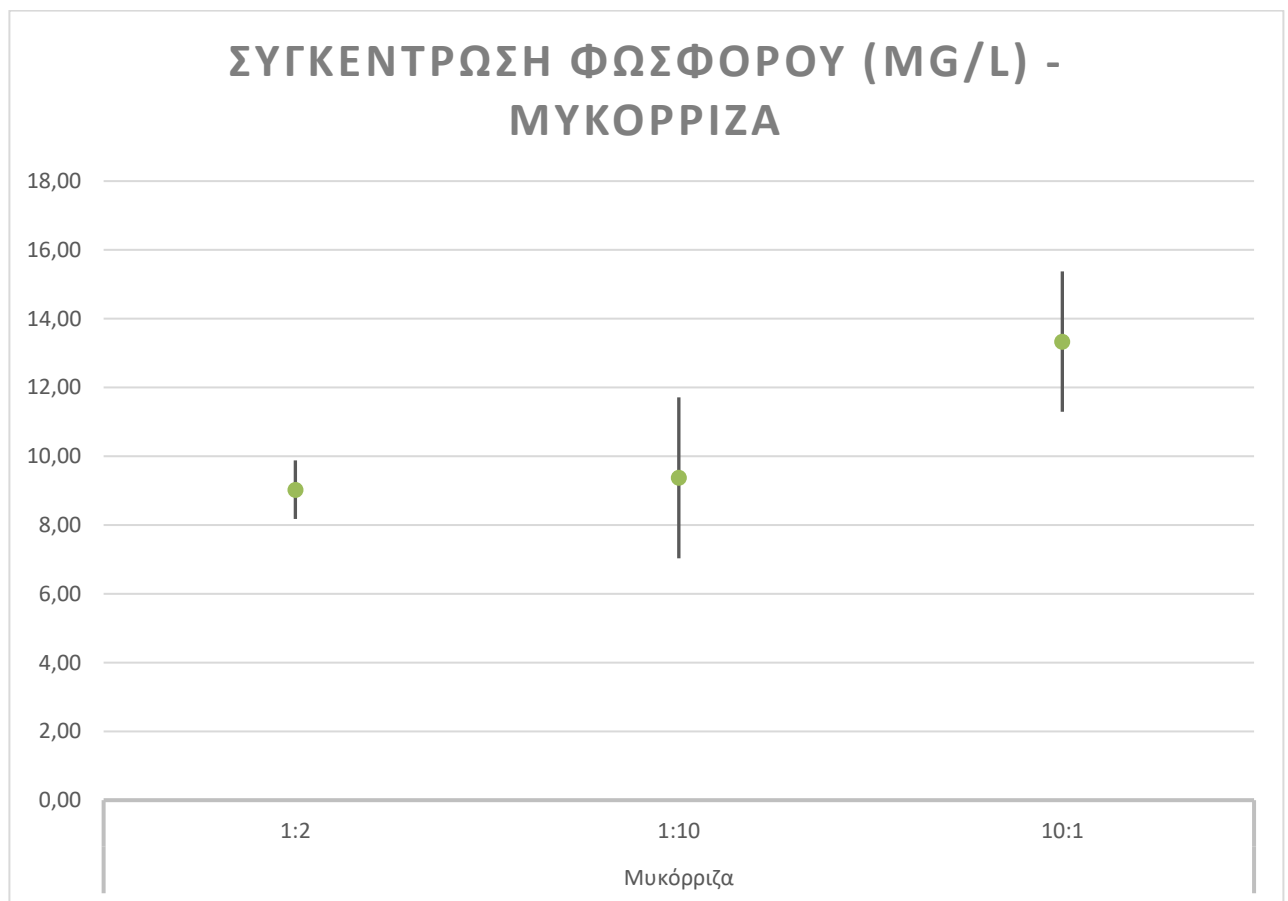


Διάγραμμα 3.39. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Βιοκομπόστ

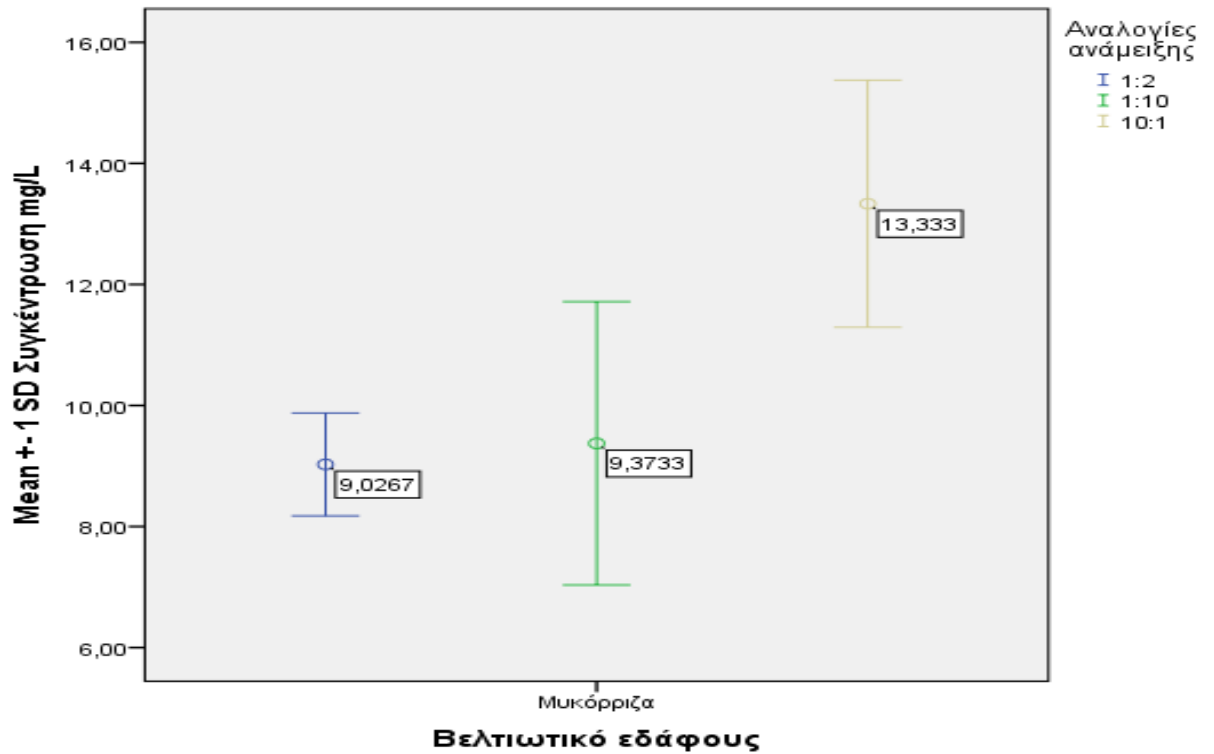


Η αναλογία 10:1 έχει τον υψηλότερο μέσο (11,01 mg/L) με μηδενική σχεδόν τυπική απόκλιση, που βρίσκεται μεταξύ 10,5 και 11,5 mg/L (περίπου). Ο χαμηλότερος μέσος είναι στην 1:2 αναλογία (3,94 mg/L), με τυπική απόκλιση (-0,84 mg/L, + 0,84 mg/L), που βρίσκεται μεταξύ 1,98 και 6 mg/L. Και εδώ, ο υψηλότερος μέσος mg/L φωσφόρου βρίσκεται στην αναλογία όπου υπερτερεί το υπόστρωμα. Δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα για κάποιες τιμές των αποκλίσεων στις 1:2 και 1:10 αναλογίες.

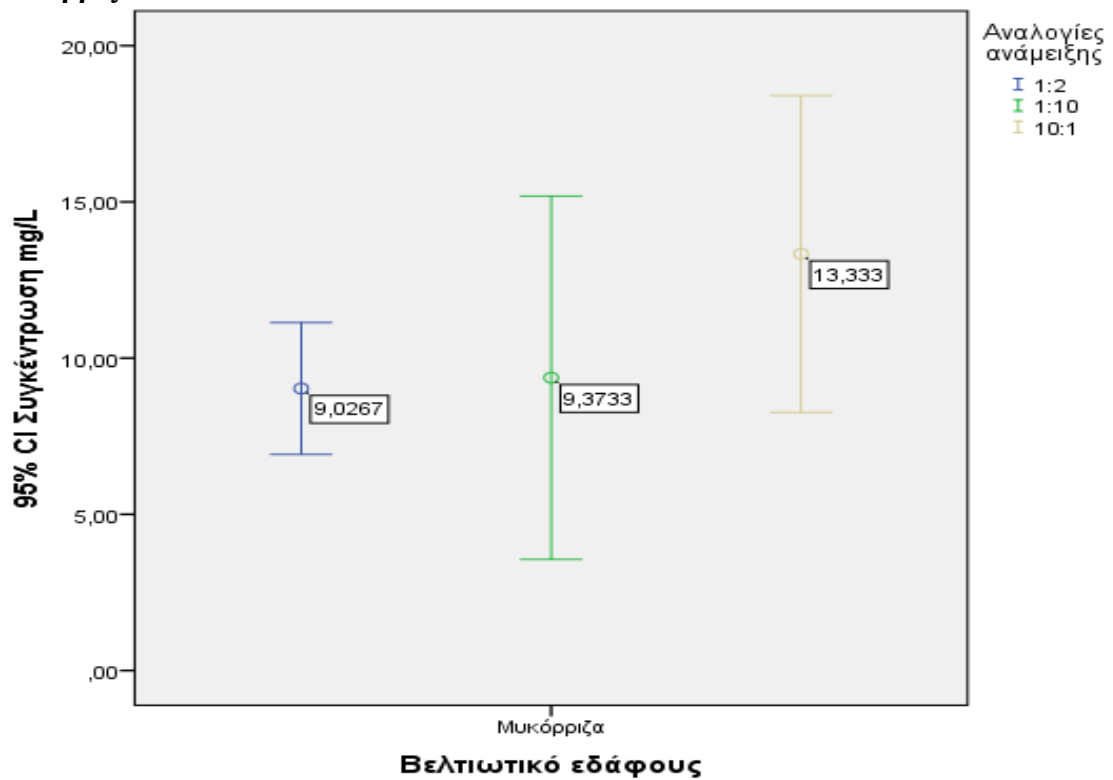
Διάγραμμα 3.40. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα (excel)



Διάγραμμα 3.41. Μέσοι – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα (spss)



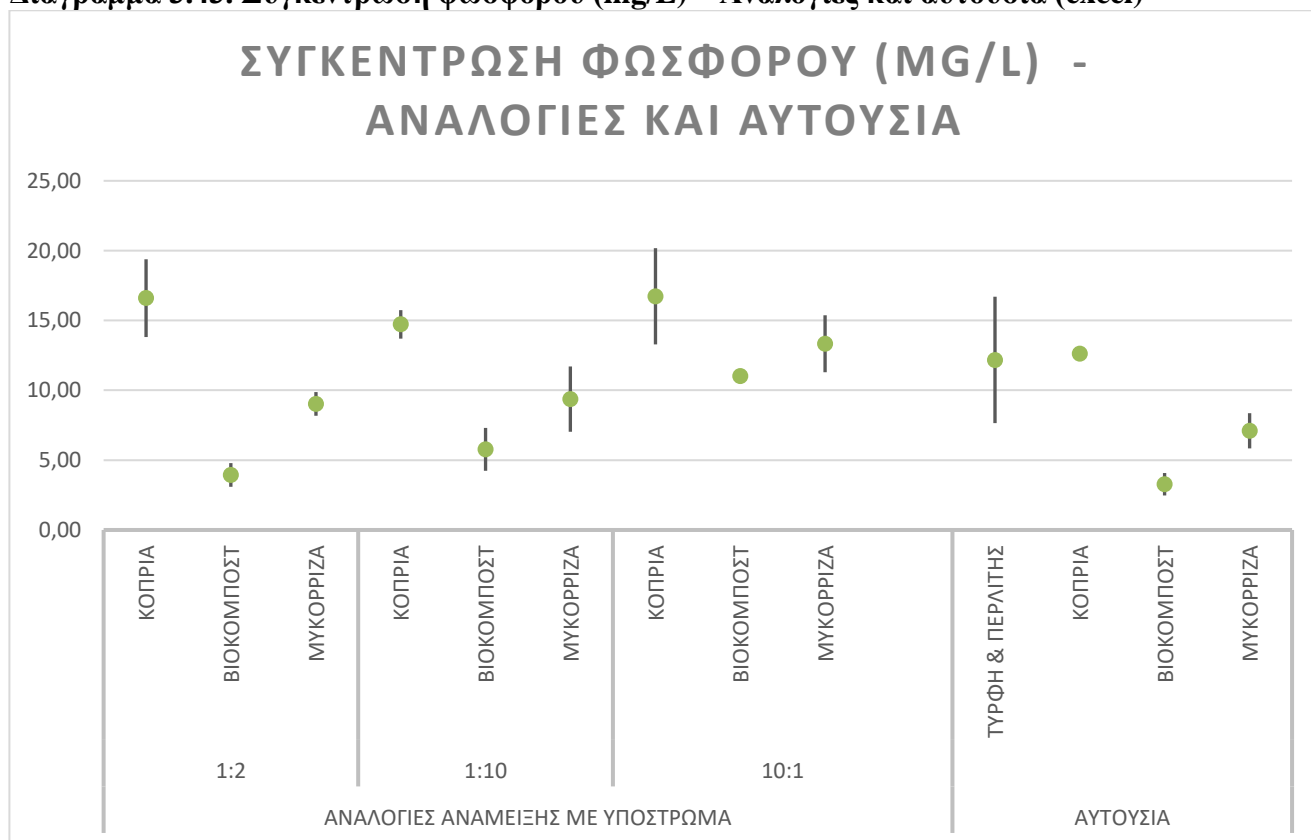
Διάγραμμα 3.42. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Μυκόρριζα



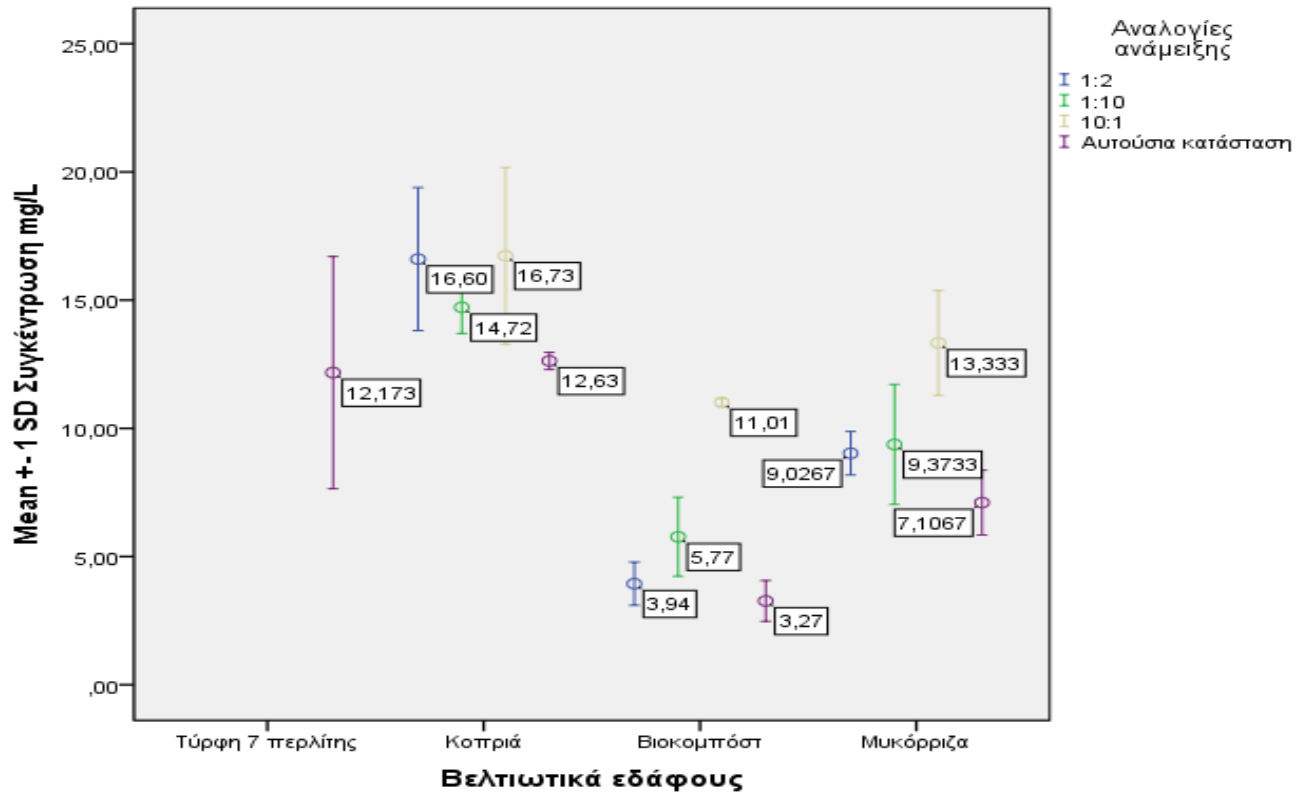
Η 10:1 αναλογία έχει τον υψηλότερο μέσο (13,33 mg/L), με τυπική απόκλιση (-2,04, +2,04 mg/L), που βρίσκεται μεταξύ 8 και 17 mg/L (περίπου). Η 1:2 αναλογία έχει τον χαμηλότερο μέσο (9,03 mg/L), τυπική απόκλιση (-0,85, +0,85 mg/L) και βρίσκεται μεταξύ 7,5 και 11 mg/L (περίπου). Αν και μεταξύ των 1:2 και 1:10 αναλογιών, φαίνεται ότι τα mg/L φωσφόρου, αυξάνονται ανάλογα με τα μέρη της μυκόρριζας, πάλι η μεγαλύτερη τιμή βρίσκεται εκεί που υπερτερεί το υπόστρωμα (10:1).

Οι τιμές της απόκλισης της 1:10 επικαλύπτουν πλήρως εκείνες της 1:2 αναλογίας, οπότε η 1:2 εντάσσεται στο ίδιο υποσύνολο με την 1:10 αναλογία. Μερικές μόνο από τις τιμές της 1:10 εντάσσονται στο ίδιο υποσύνολο με εκείνες της 10:1.

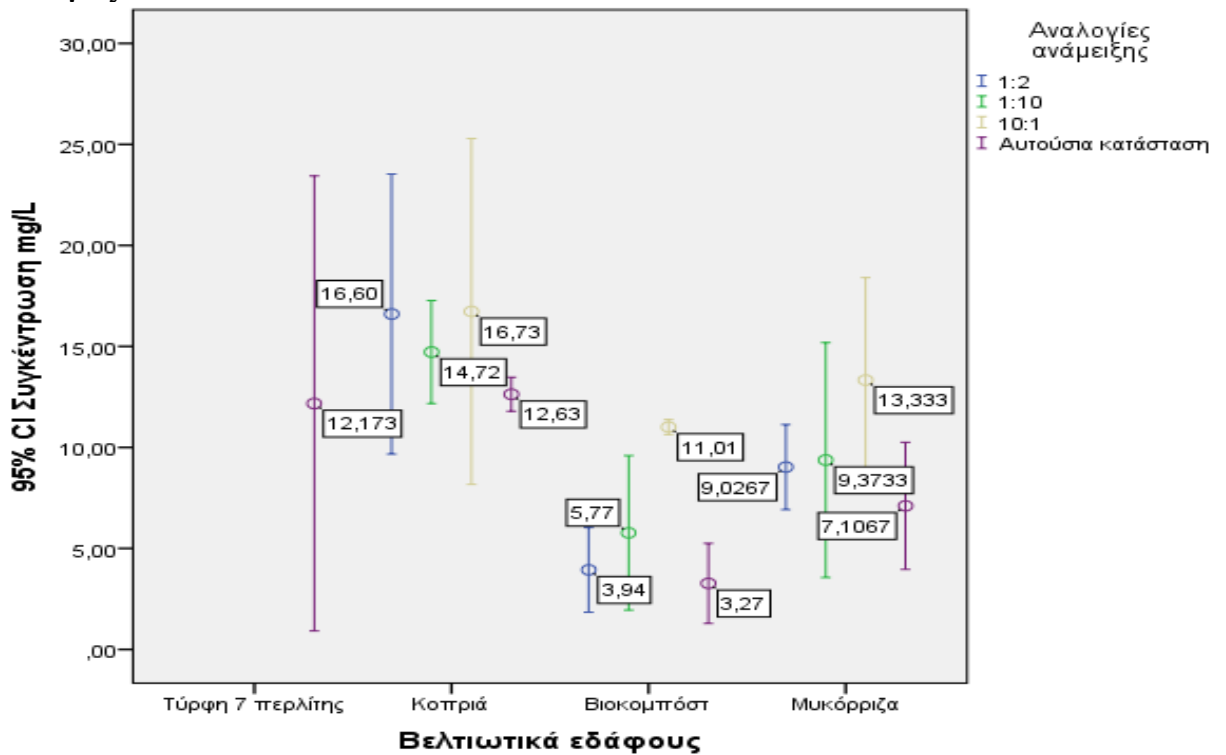
Διάγραμμα 3.43. Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια (excel)



Διάγραμμα 3.44. Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια (spss)



Διάγραμμα 3.45. Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 % – Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες και αυτούσια

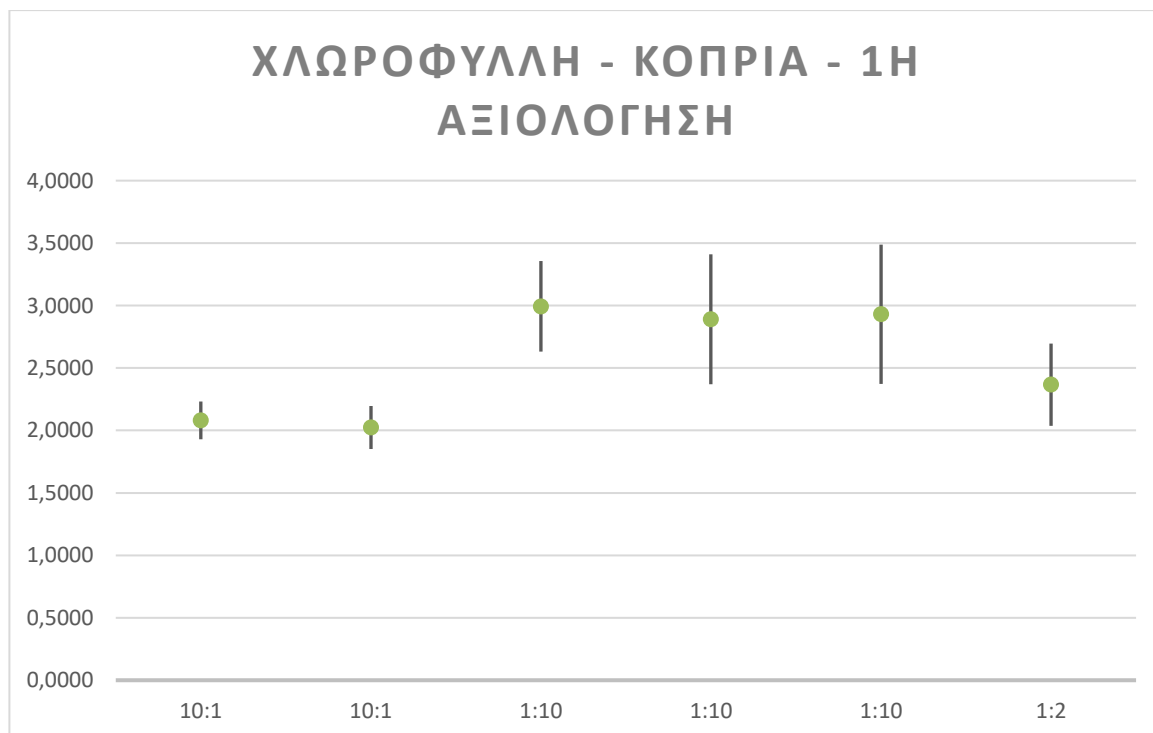


Συγκεντρωτικά λοιπόν, ο υψηλότερος μέσος mg/L φωσφόρου είναι της αναλογίας 10:1 της κοπριάς (16,73 mg/L) και ο χαμηλότερος είναι της 1:2 αναλογίας του βιοκομπόστ. Σε όλα τα υλικά εκτός από την κοπριά, μεταξύ των αναλογιών 1:2 και 1:10, τα mg/L φωσφόρου αυξάνονται ανάλογα με τα μέρη του βελτιωτικού εδάφους (κομπόστ) μέσα στην αναλογία. Μόνο στην κοπριά συμβαίνει το αντίθετο για τις ίδιες αναλογίες (μείωση των mg/L φωσφόρου, με την αύξηση των μερών του κομπόστ). Τελικώς όμως σε όλα τα υλικά, οι υψηλότεροι μέσοι mg/L φωσφόρου εντοπίζονται στην 10:1 αναλογία.

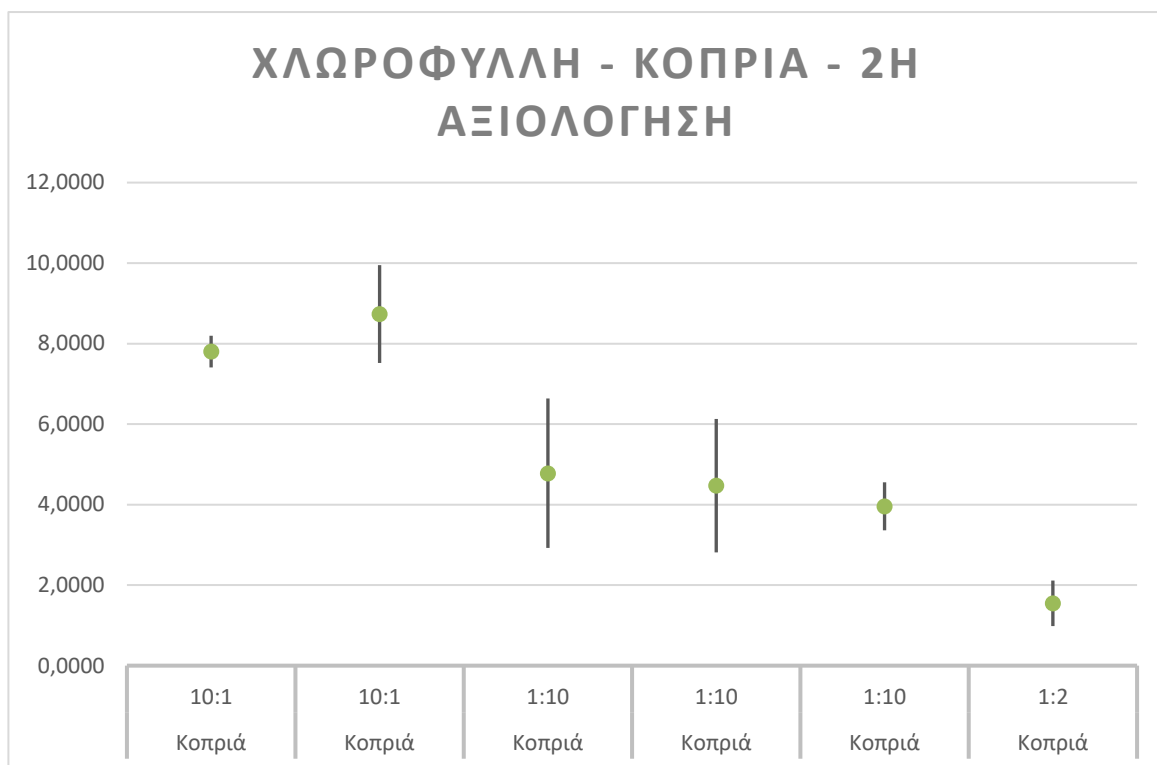
Όσον αφορά τις αλληλεπικαλύψεις των τιμών των τυπικών αποκλίσεων των μέσων για τις αναλογίες, ισχύει ό,τι είπαμε για το κάθε υλικό ξεχωριστά. Αυτές παρατηρούνται πιο έντονα στις αναλογίες 1:2 και 1:10 των υλικών, οπότε δημιουργούνται υποσύνολα σε όλο σχεδόν το εύρος των τιμών των αποκλίσεων για τις μεταχειρίσεις αυτές στο κάθε υλικό. Στην κοπριά μόνο, δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ και των τριών αναλογιών.

3.2.4. Χλωροφύλλη

Διάγραμμα 3.46. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Κοπριά 1^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.47. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Κοπριά 2^η Αξιολόγηση

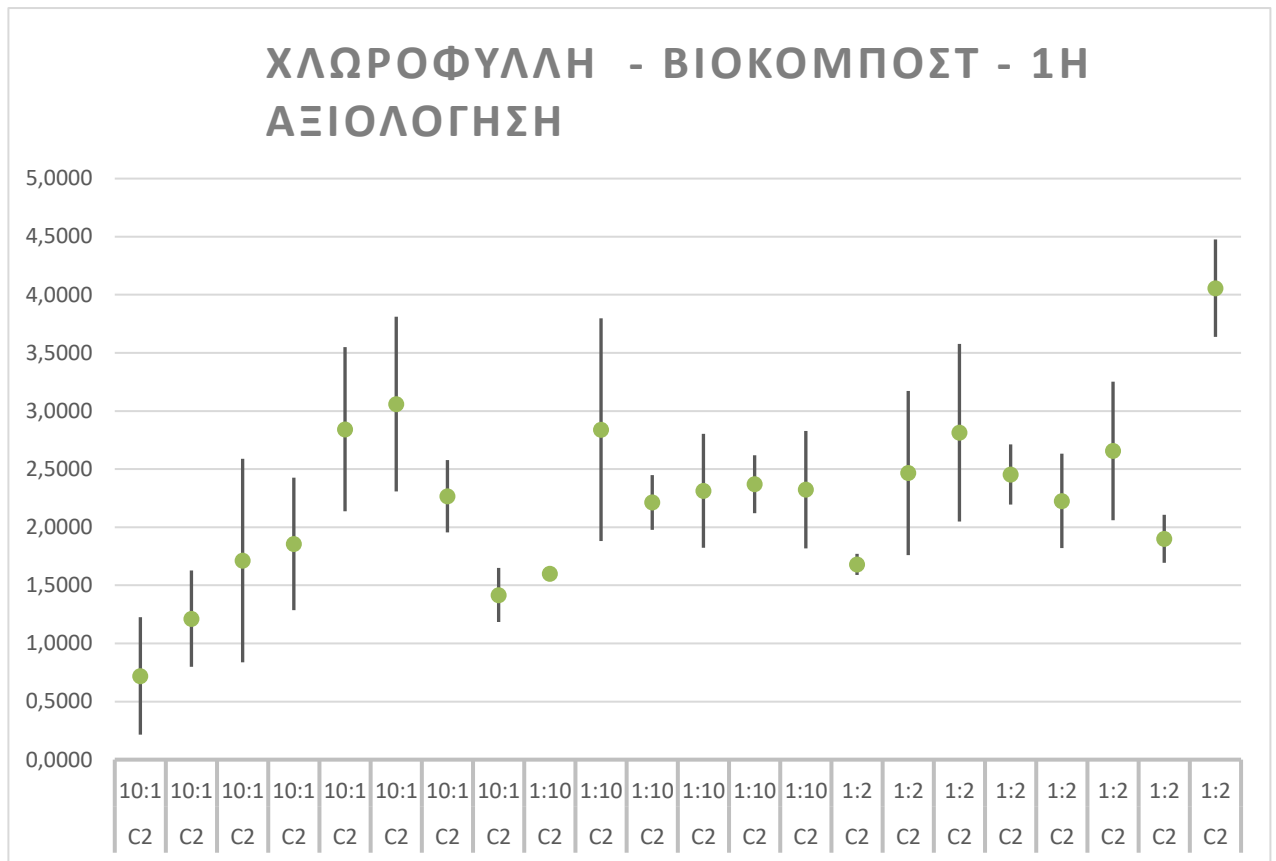


Ύστερα από τυχαία λήψη τιμών, προκύψαν τα εξής: στην 1^η αξιολόγηση, ο υψηλότερος μέσος στην κοπριά ήταν στην 1:10 αναλογία (2,9933), με τυπική απόκλιση (-0,3626, +0,3626). Ο χαμηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 10:1 αναλογία (2,0233), με τυπική απόκλιση (-0,1722, +0,1722). Η τυπική απόκλιση της 1:10 αναλογίας καλύπτει κάποιες τιμές από την απόκλιση της 1:2, οπότε δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ αυτών των δύο αναλογιών.

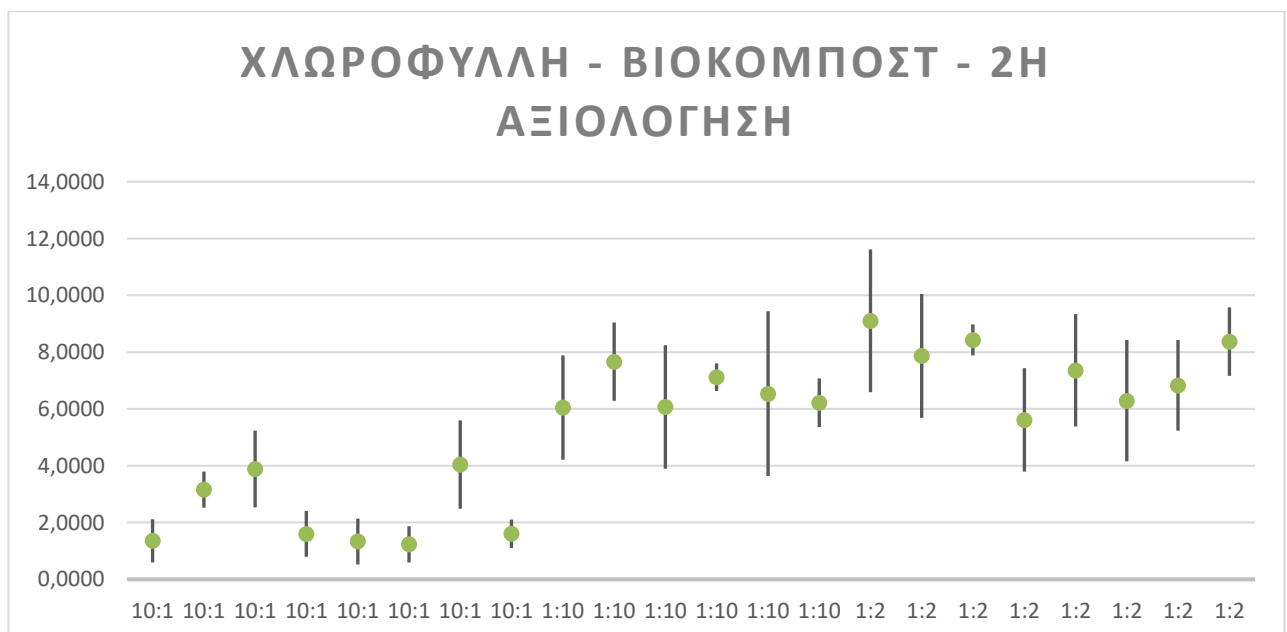
Για τη 2^η αξιολόγηση στην κοπριά προκύπτουν τα εξής: ο υψηλότερος μέσος βρίσκεται στην 10:1 αναλογία (8,7333), με τυπική απόκλιση (-1,216, +1,216). Ο χαμηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 1:2 αναλογία (1,5500), με τυπική απόκλιση (-0,5667, +0,5667).

Στην 1^η αξιολόγηση παρατηρούνται υψηλότερες τιμές των μέσων εκεί που υπερτερεί η κοπριά (1:10), ενώ στη 2^η αξιολόγηση οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται εκεί που υπερτερεί το υπόστρωμα (10:1). Συνεπώς, στην 1^η, η χλωροφύλλη αυξάνεται ανάλογα με τα μέρη της κοπριάς στην αναλογία. Στη 2^η αξιολόγηση, δεν είναι τόσο ξεκάθαρη η κατάσταση. Η ανάλογη αύξηση χλωροφύλλης και μερών της κοπριάς ισχύει μόνο για τις αναλογίες 1:2 και 1:10, ενώ στην 10:1 η σχέση αυτή αντιστρέφεται.

Διάγραμμα 3.48. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Βιοκομπόστ 1^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.49. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Βιοκομπόστ 2^η Αξιολόγηση

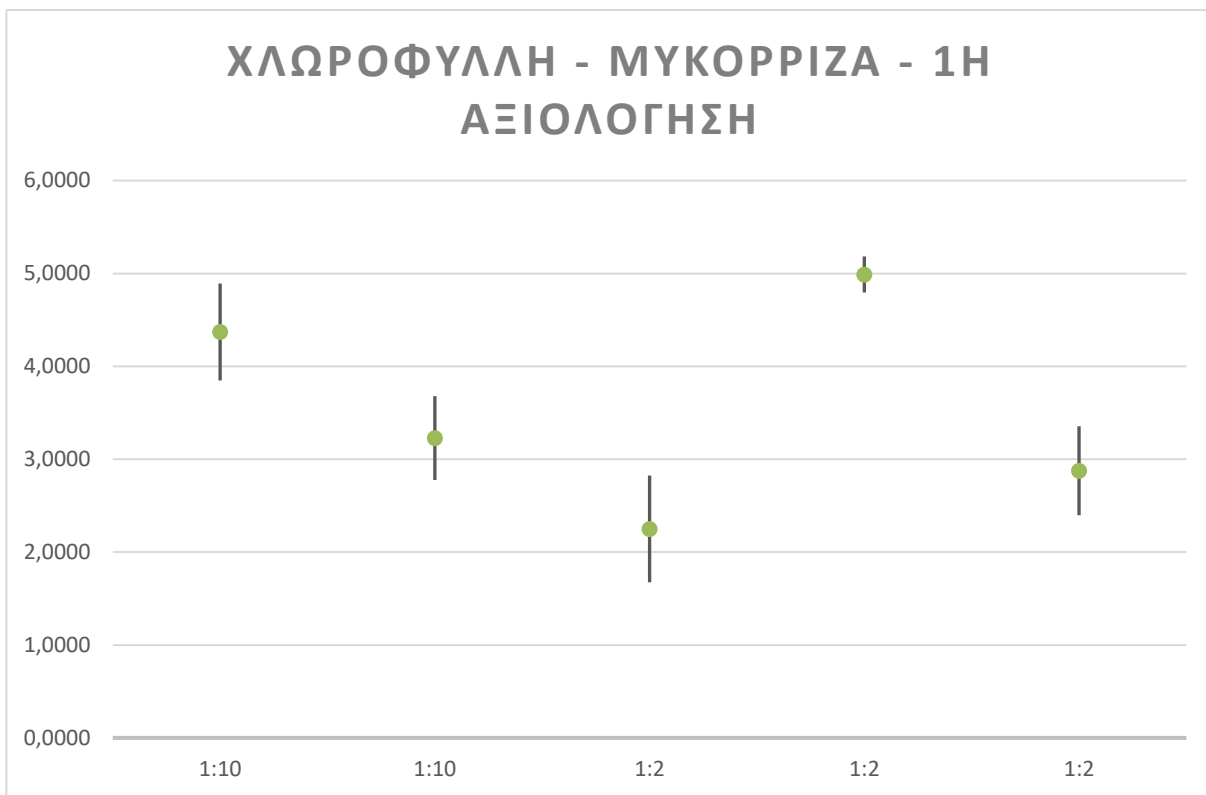


Ύστερα από τυχαία λήψη τιμών, προκύψαν τα εξής: στην 1^η αξιολόγηση η αναλογία 1:2 έχει τον υψηλότερο μέσο (4,0567) με τυπική απόκλιση (-0,4196, +0,4196). Ο χαμηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 10:1 αναλογία (0,7200), με τυπική απόκλιση (-0,5078, +0,5078). Δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού για το υλικό αυτό, καθώς παρατηρούνται αλληλεπικαλύψεις στις τιμές των τυπικών αποκλίσεων και στις τρεις αναλογίες.

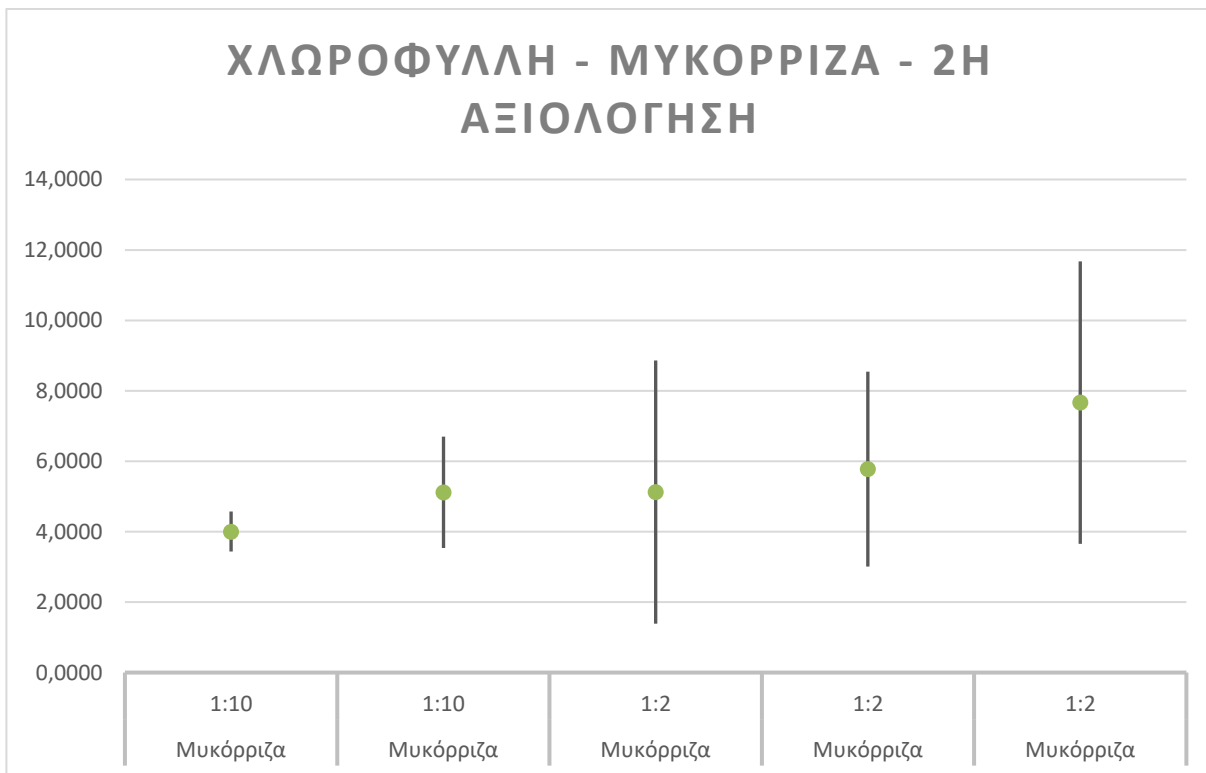
Στην 2^η αξιολόγηση, η 1:2 αναλογία έχει τον υψηλότερο μέσο (9,1000), με τυπική απόκλιση (-2,5159, +2,5159). Η αναλογία 10:1 έχει τον χαμηλότερο μέσο (1,3567), με τυπική απόκλιση (-0,7588, +0,7588). Υπάρχουν αλληλεπικαλύψεις στις τιμές των τυπικών αποκλίσεων, που αποτελεί ένδειξη ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού για το υλικό αυτό.

Στην 1^η αξιολόγηση δεν βγαίνει κάποια ξεκάθαρη συσχέτιση μεταξύ των μερών του κομπόστ (στην κάθε αναλογία) και των τιμών της χλωροφύλλης. Αφού οι πρώτοι δύο υψηλότεροι μέσοι εντοπίζονται κατά σειρά στην 1:2 – όπου υπερτερεί το κομπόστ – και στην 10:1 – όπου υπερτερεί το υπόστρωμα. Στη 2^η αξιολόγηση, οι υψηλότεροι μέσοι βρίσκονται σε αναλογίες που υπερτερεί το κομπόστ (1:10 και 1:2). Όπου υπερτερεί το υπόστρωμα, συγκεντρώνονται οι χαμηλότεροι μέσοι (10:1).

Διάγραμμα 3.50. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μυκόρριζα 1^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.51. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μυκόρριζα 2^η Αξιολόγηση

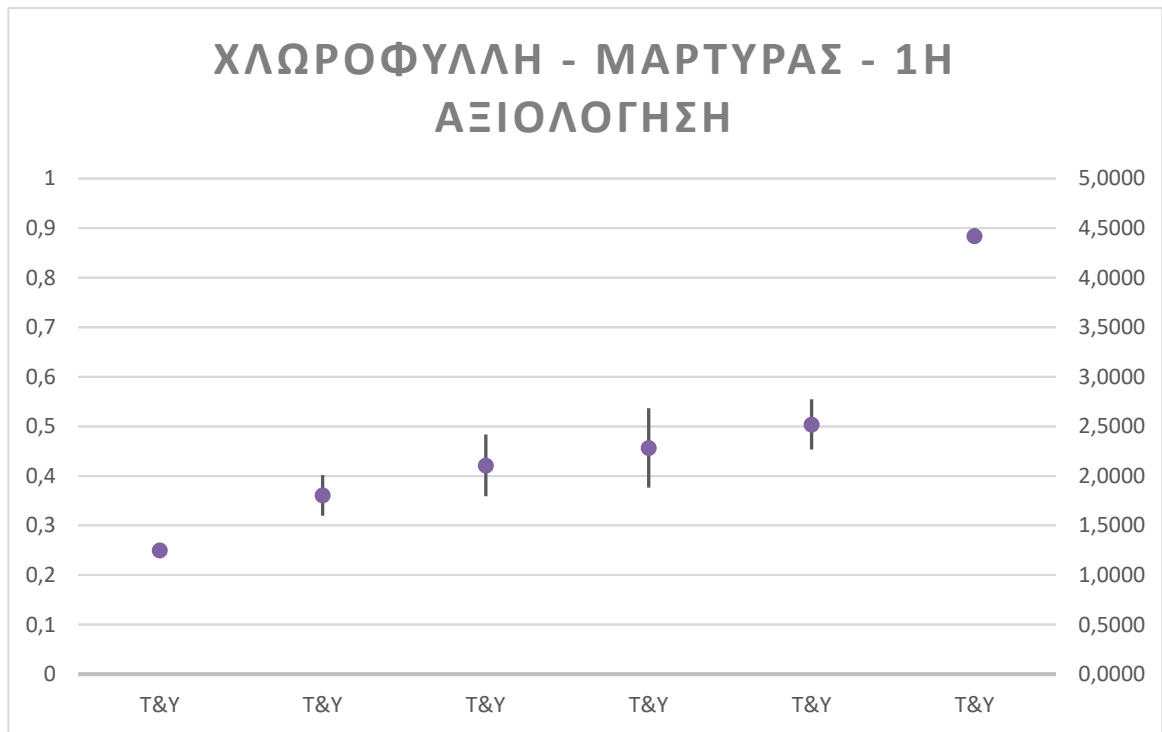


Στη μυκόρριζα υπάρχουν μόνο δύο αναλογίες να αξιολογηθούν, η 1:10 και η 1:2. Στην 1^η αξιολόγηση η 1:2 αναλογία έχει το μεγαλύτερο εύρος τιμών των μέσων, όπου βρίσκεται ο υψηλότερος μέσος (4,9900), με τυπική απόκλιση (-0,1931, +0,1931), αλλά και ο χαμηλότερος μέσος (2,2500), με τυπική απόκλιση (-0,0347, +0,0347). Στην 1:10 αναλογία, οι μέσοι έχουν ενδιάμεσες τιμές που περιλαμβάνονται στο εύρος τιμών της 1:2. Συνεπώς δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ των δύο αναλογιών, σε επίπεδο πληθυσμού (σύνολο των δειγμάτων – μετρήσεων των τιμών στη μυκόρριζα).

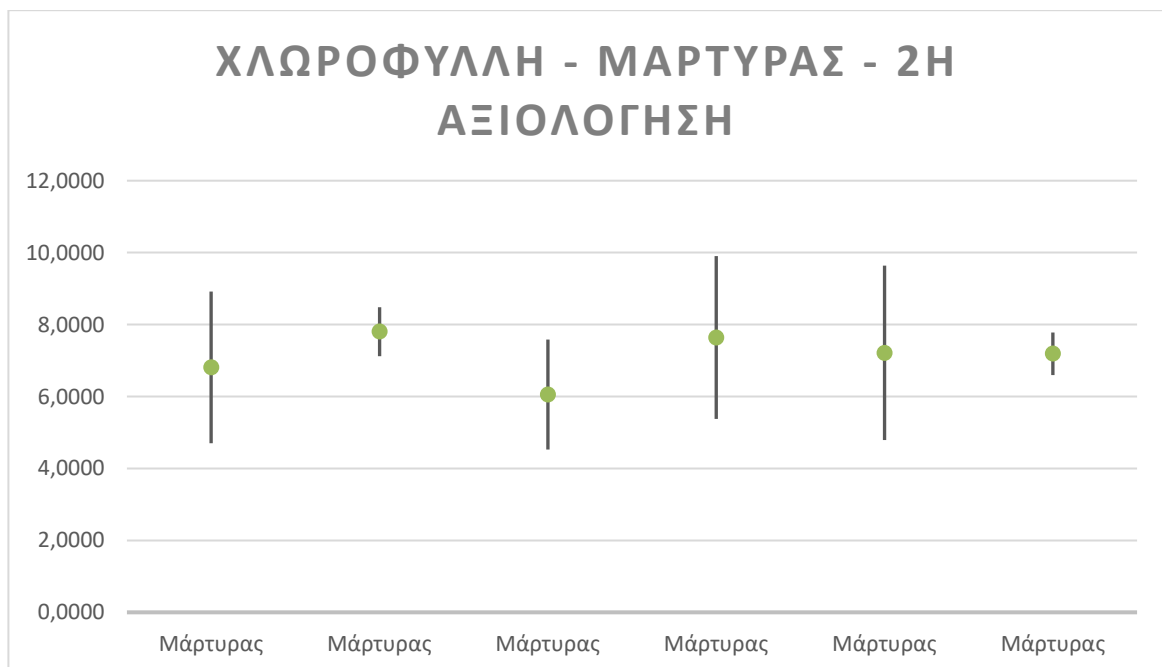
Στη 2^η αξιολόγηση, η 1:2 αναλογία έχει πάλι τον υψηλότερο μέσο (7,6667), με τυπική απόκλιση (-4,0079, +4,0079). Ο χαμηλότερος μέσος βρίσκεται στην 1:10 αναλογία (4,0033), με τυπική απόκλιση (-0,5689, +0,5689). Παρατηρείται ότι δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα μεταξύ των δύο αναλογιών, σε επίπεδο πληθυσμού.

Οι δύο αξιολογήσεις συμφωνούν στο ίδιο συμπέρασμα, το οποίο διεξάγεται με επιφύλαξη, καθώς το σύνολο των μετρήσεων είναι πολύ μικρό (μικρός αριθμός φυτών). Οι τιμές των μέσων της χλωροφύλλης αυξάνονται με τη μείωση των μερών του κομπόστ (1:10 < 1:2).

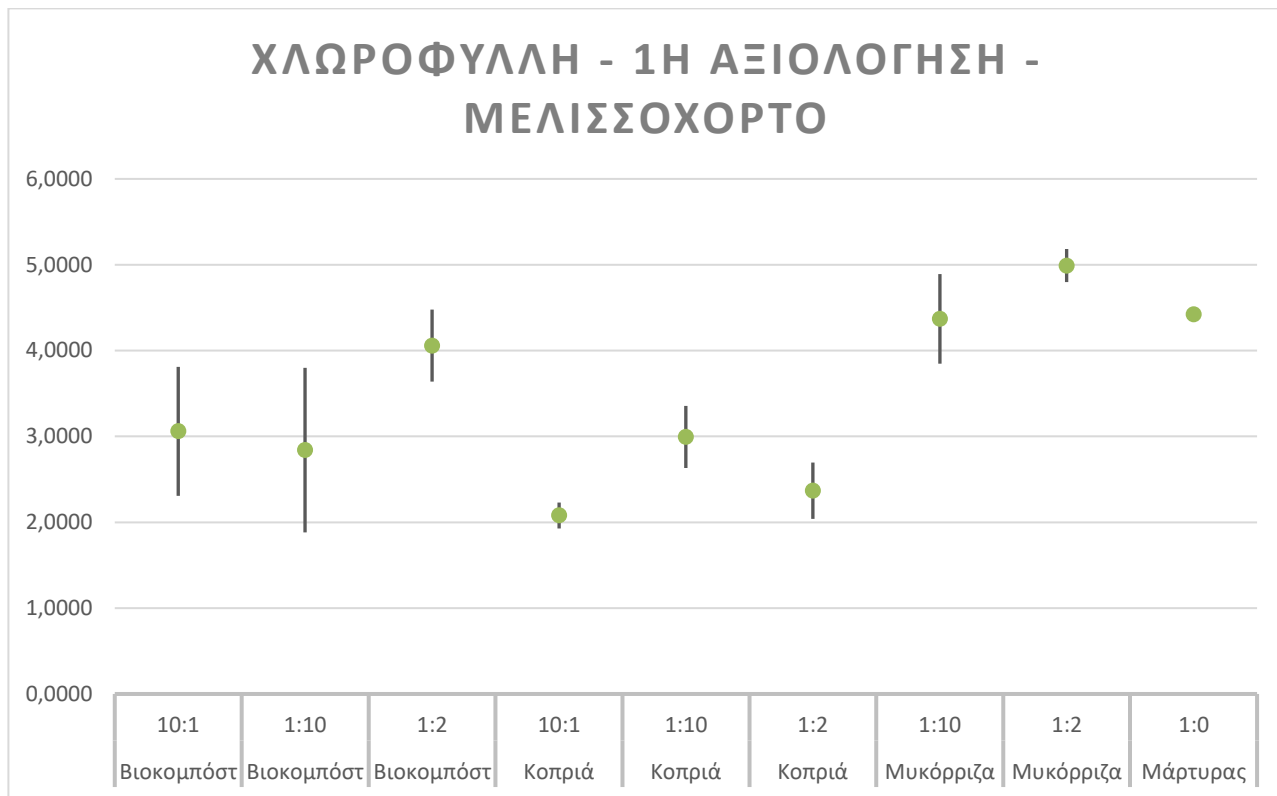
Διάγραμμα 3.52. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μάρτυρας 1^η Αξιολόγηση



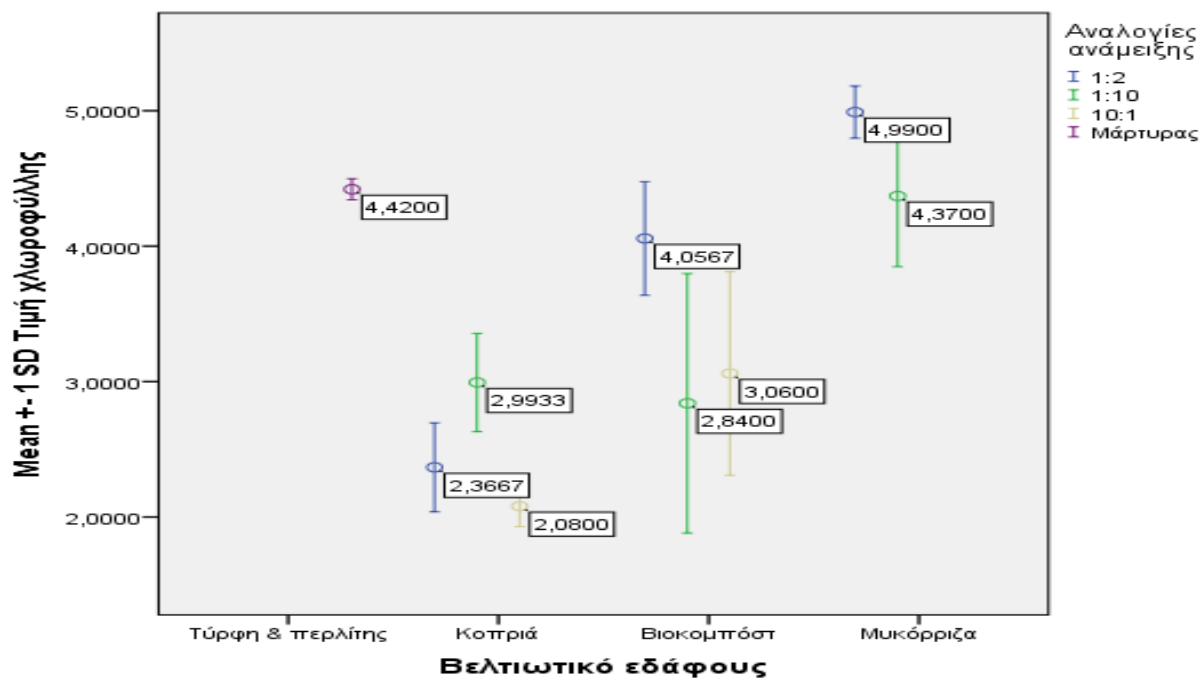
Διάγραμμα 3.53. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο – Μάρτυρας 2^η Αξιολόγηση



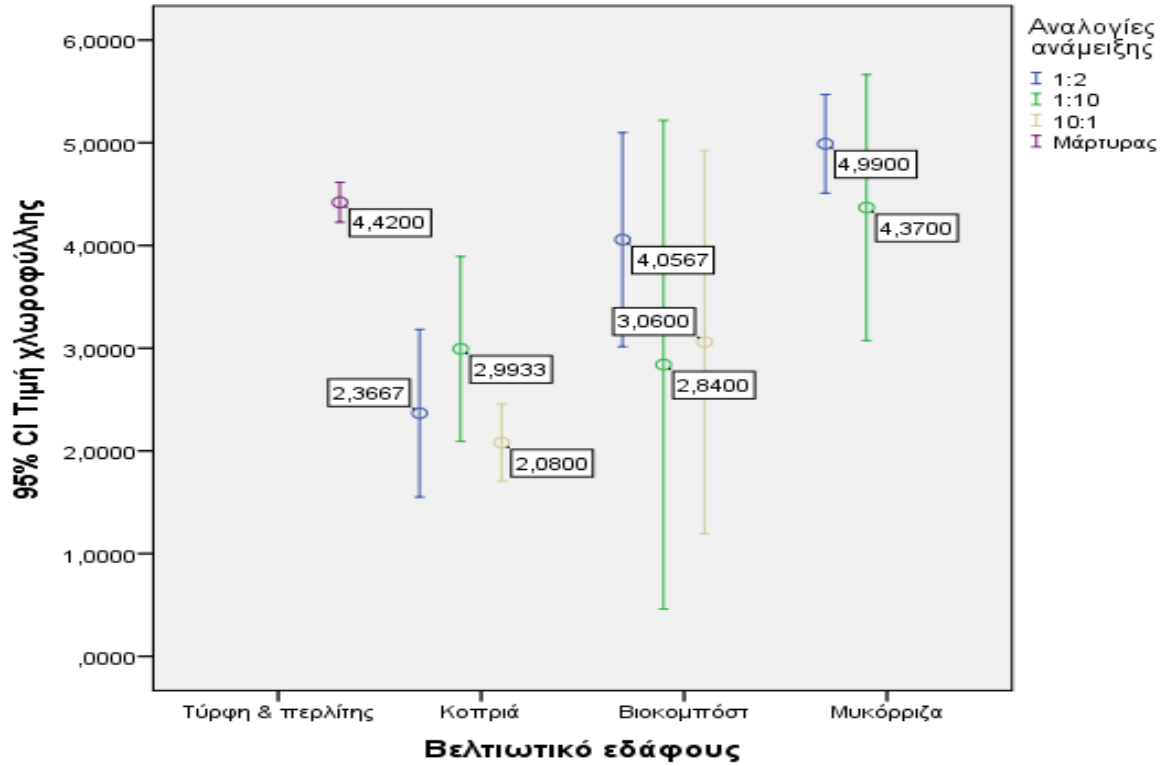
Διάγραμμα 3.54. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1^η Αξιολόγηση – Όλες οι μεταχειρίσεις



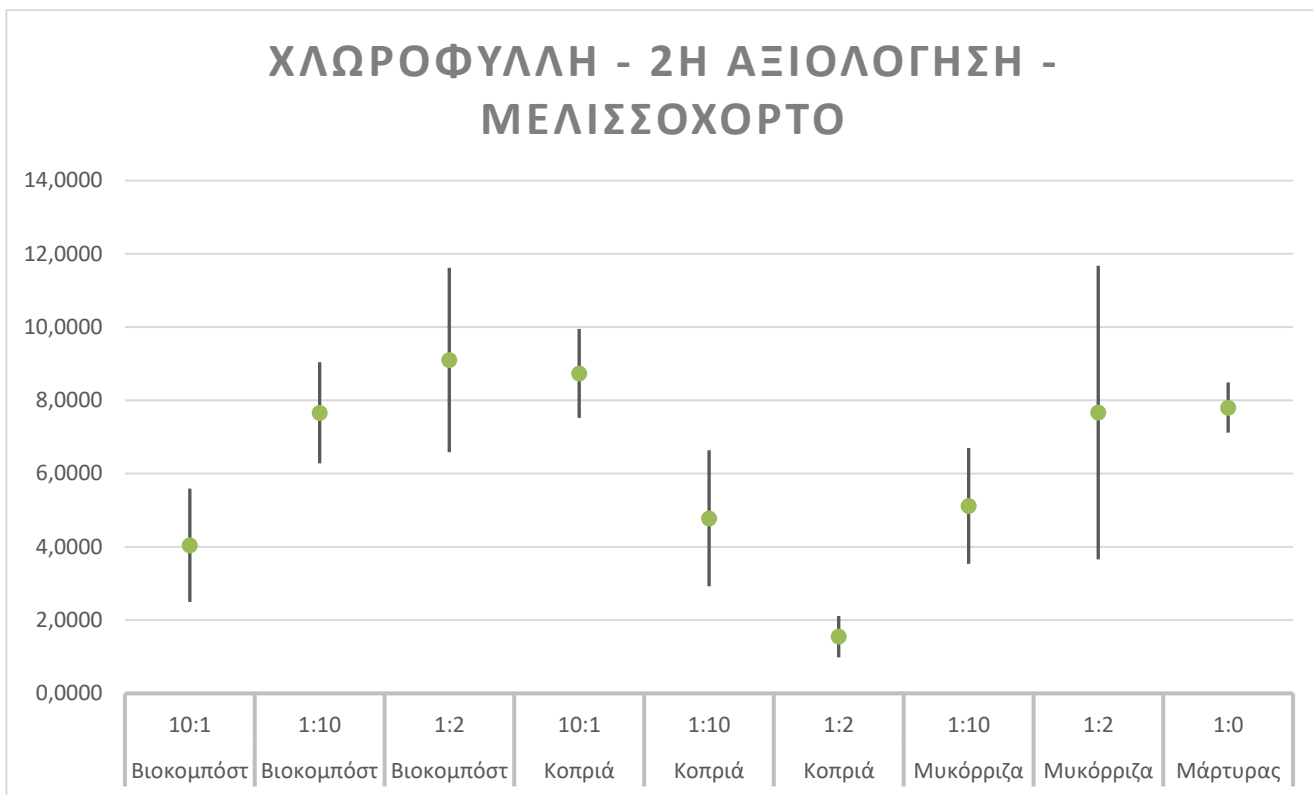
Διάγραμμα 3.55. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1^η Αξιολόγηση (spss)



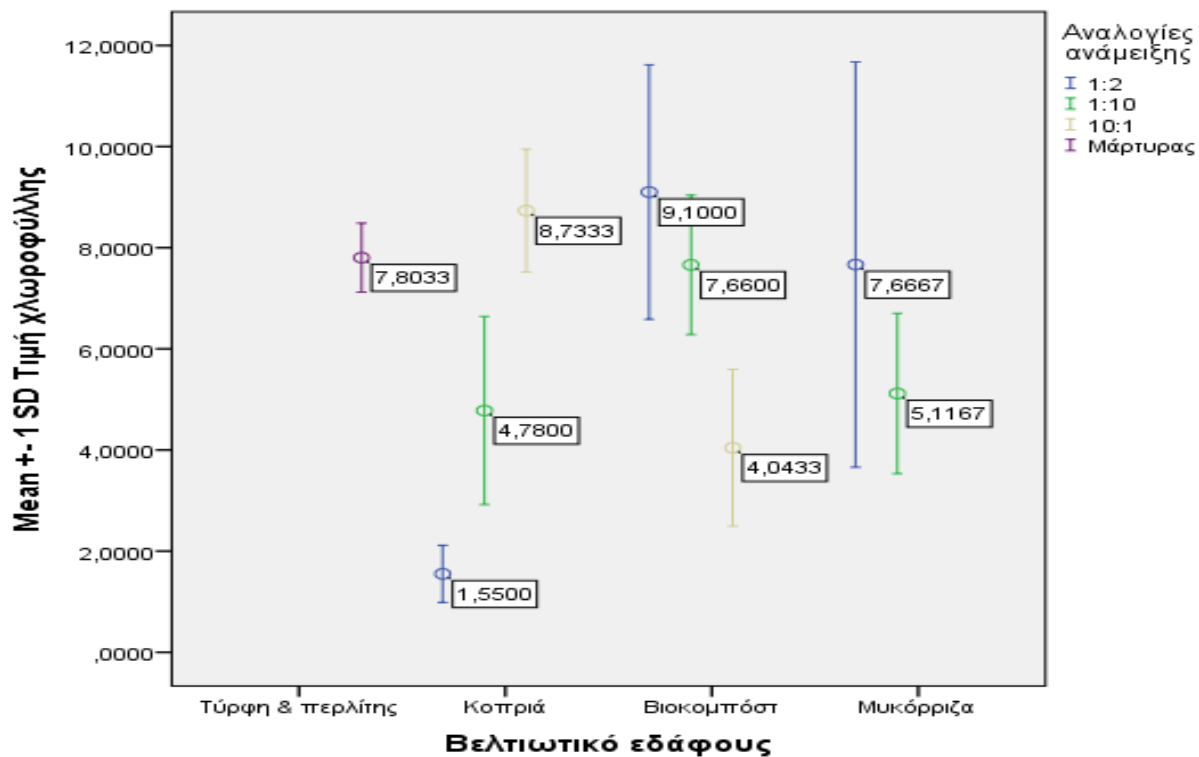
Διάγραμμα 3.56. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –1^η Αξιολόγηση - Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 %



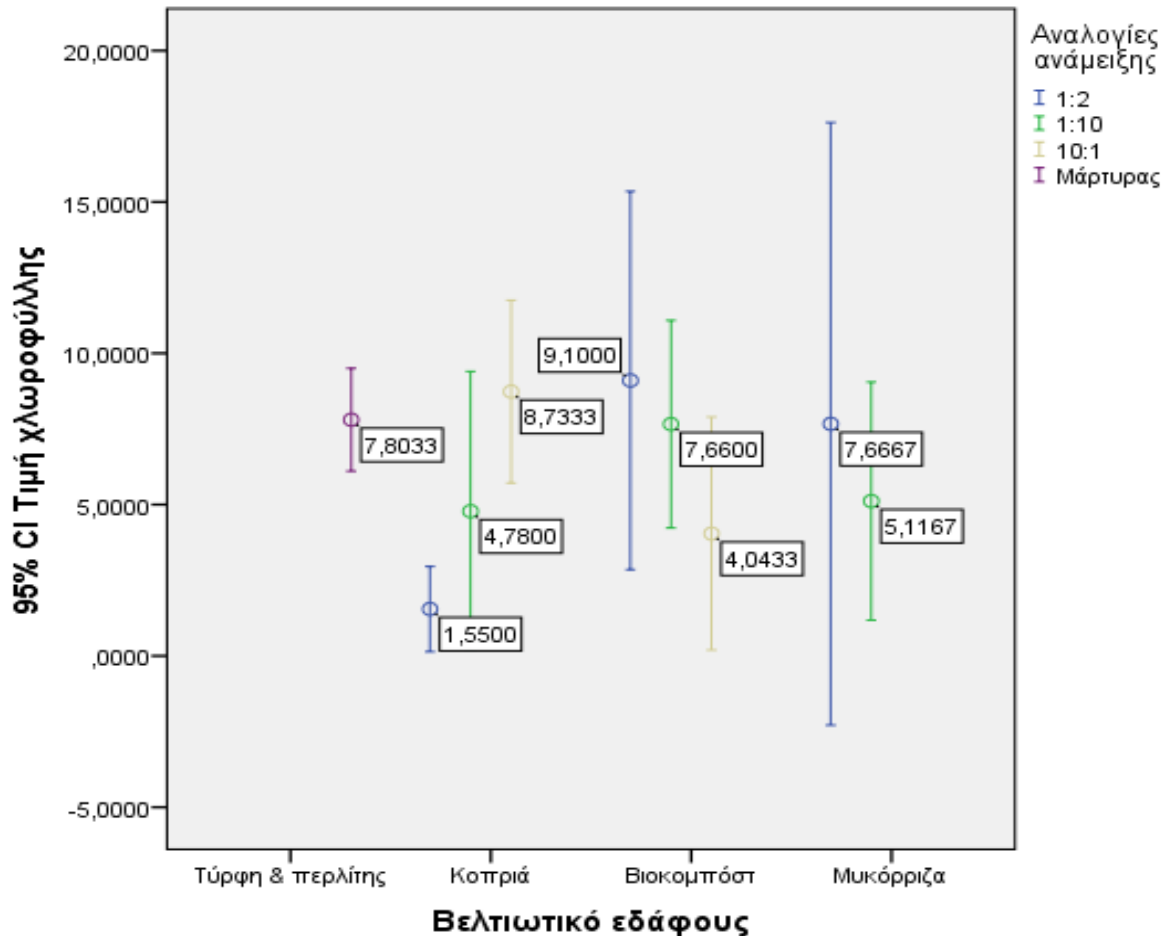
Διάγραμμα 3.57. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.58. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2^η Αξιολόγηση (spss)



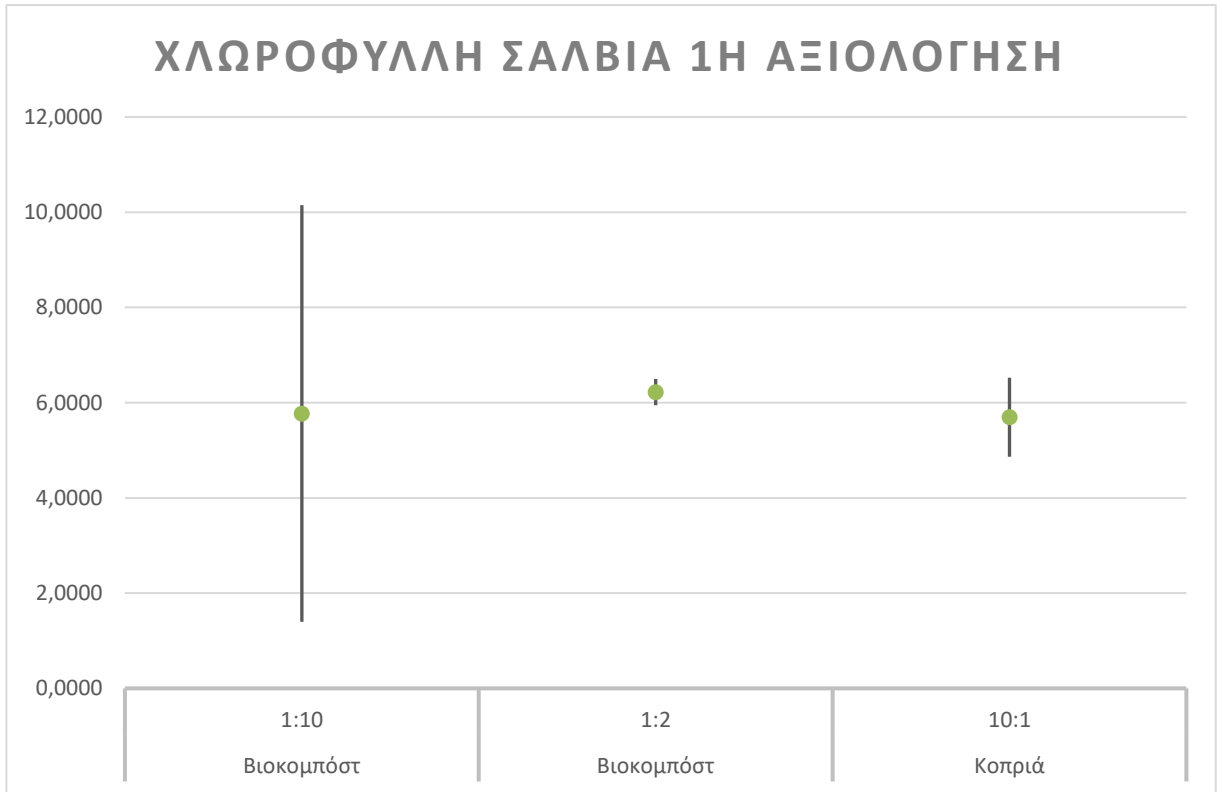
Διάγραμμα 3.59. Μέσοι Χλωροφύλλης – Μελισσόχορτο –2^η Αξιολόγηση – Διαστήματα εμπιστοσύνης 95 %.



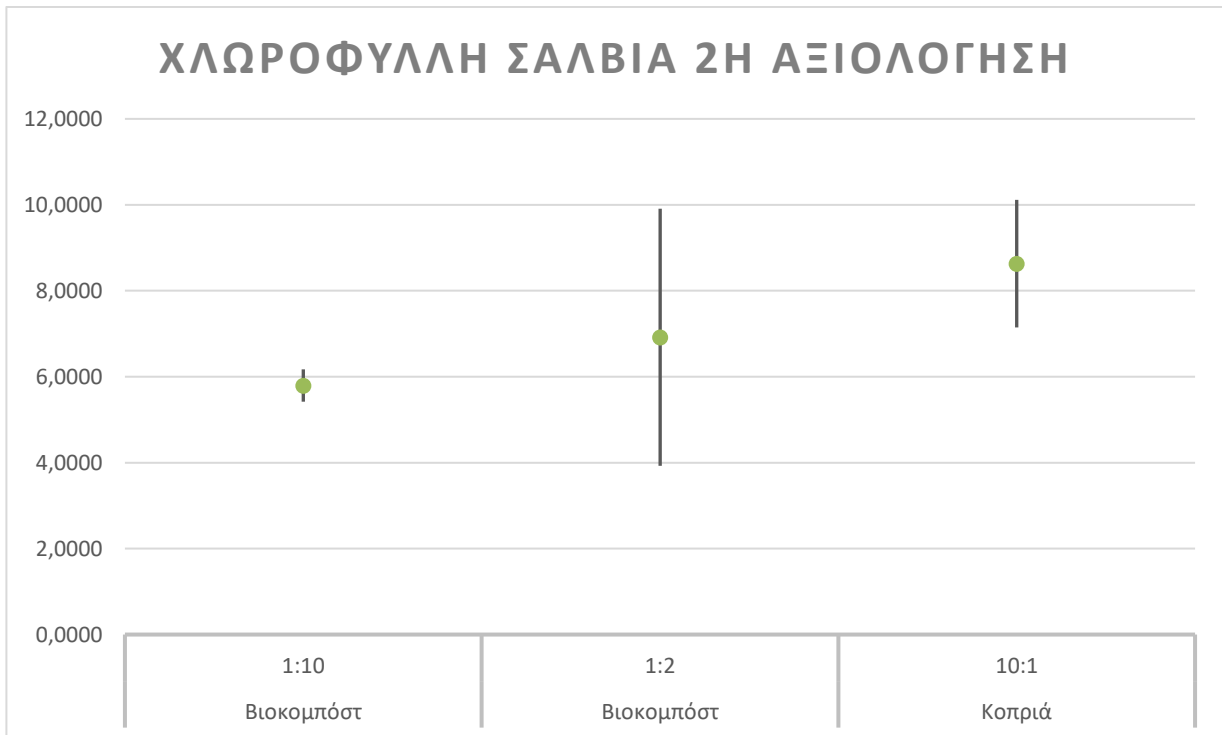
Στην 1^η αξιολόγηση, η αναλογία 1:2 της μυκόρριζας έχει τον υψηλότερο μέσο (4,9900), με τυπική απόκλιση (-0,1931, +0,1931), ενώ ο χαμηλότερος μέσος βρίσκεται στην 10:1 της κοπριάς, (2,0800), με τυπική απόκλιση (-0,1513, +0,1513). Ο υψηλότερος μέσος βρίσκεται μεταξύ 4,2 και 5,6, ενώ ο χαμηλότερος βρίσκεται μεταξύ 1,6 και 2,3 περίπου. Δημιουργούνται υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού, μεταξύ των μεταχειρίσεων για το κάθε υλικό, αλλά και μεταξύ των υλικών για κάποιες από τις μεταχειρίσεις.

Στη 2^η αξιολόγηση, η 1:2 του βιοκομπόστ έχει τον υψηλότερο μέσο (9,1000), με τυπική απόκλιση (-2,5159, +2,5159). Ο χαμηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 1:2 αναλογία της κοπριάς (1,5500), με τυπική απόκλιση (-0,5667, +0,5667). Ο υψηλότερος βρίσκεται μεταξύ 3 και 15. Το εύρος τιμών στη συγκεκριμένη μεταχείριση (1:2 του βιοκομπόστ) είναι μεγάλο. Ο χαμηλότερος μέσος βρίσκεται μεταξύ 0 και 3,5 περίπου. Δημιουργούνται υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού, μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων, πλην της 1:2 αναλογίας της κοπριάς

Διάγραμμα 3.60. Μέσοι Χλωροφύλλης – Σάλβια –1^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.61. Μέσοι Χλωροφύλλης – Σάλβια –2^η Αξιολόγηση



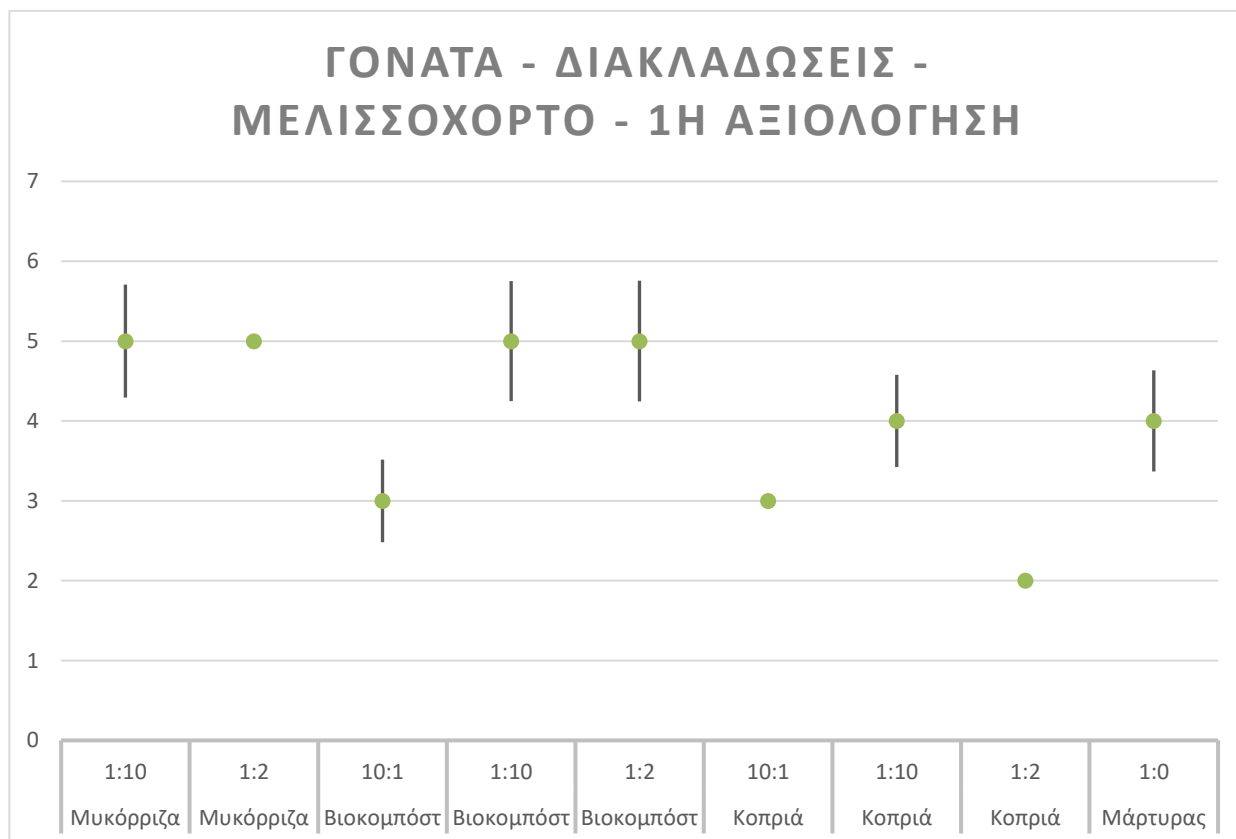
Στην 1^η αξιολόγηση, ο υψηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 1:2 αναλογία του βιοκομπόστ (6,2233), με τυπική απόκλιση (-0,2743, +0,2743), ενώ ο χαμηλότερος είναι στην 10:1 της κοπριάς (5,6967), με τυπική απόκλιση (-0,8295, +0,8295).

Στην 2^η αξιολόγηση, ο υψηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 10:1 της κοπριάς (8,6300), με τυπική απόκλιση (-1,4852, +1,4852), ενώ ο χαμηλότερος είναι στην 1:10 του βιοκομπόστ (5,7933), με τυπική απόκλιση (-0,3944, +0,3944).

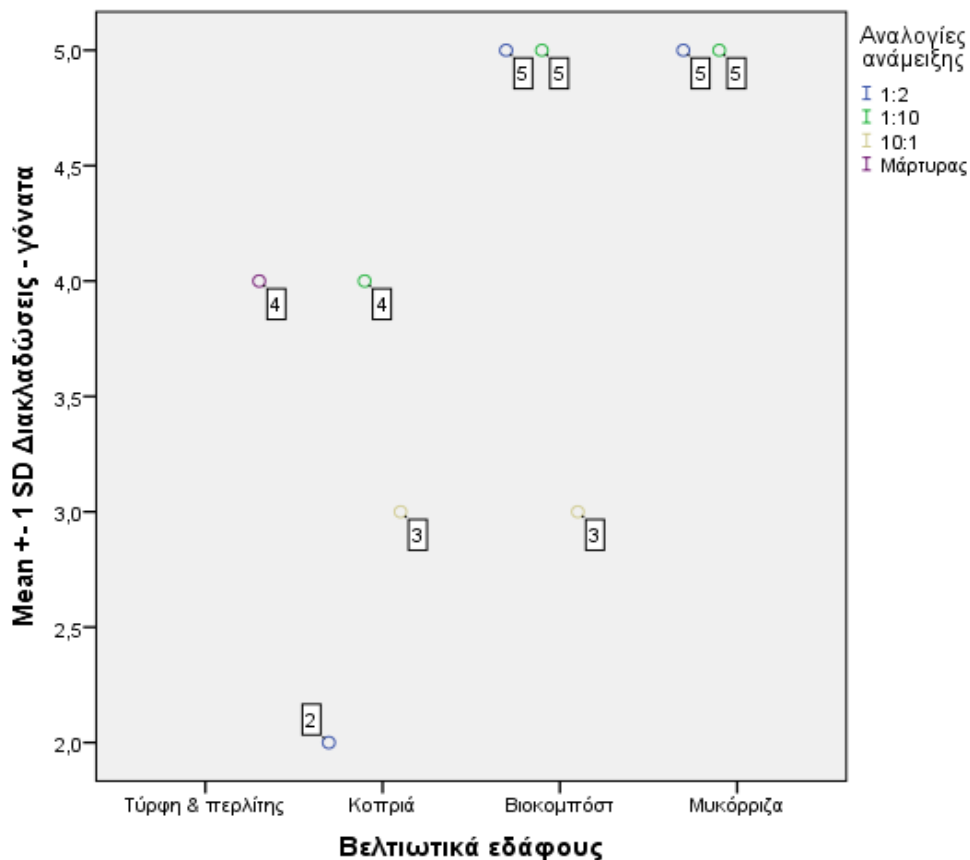
Όσον αφορά τις μεταχειρίσεις, στην 1^η αξιολόγηση, ο μεγαλύτερος μέσος χλωροφύλλης εντοπίζεται εκεί όπου υπερτερεί το κομπόστ (1:2 αναλογία του βιοκομπόστ), ενώ στη 2^η αξιολόγηση, βλέπουμε μια αντιστροφή, όπου ο μεγαλύτερος μέσος χλωροφύλλης εντοπίζεται εκεί όπου υπερτερεί το υπόστρωμα (10:1, υπόστρωμα : κοπριά). Η τελευταία μεταχείριση, από το χαμηλότερο επίπεδο, ανήλθε στο υψηλότερο επίπεδο στη 2^η αξιολόγηση, σύμφωνα με τους μέσους.

3.2.5. Γόνατα – Διακλαδώσεις

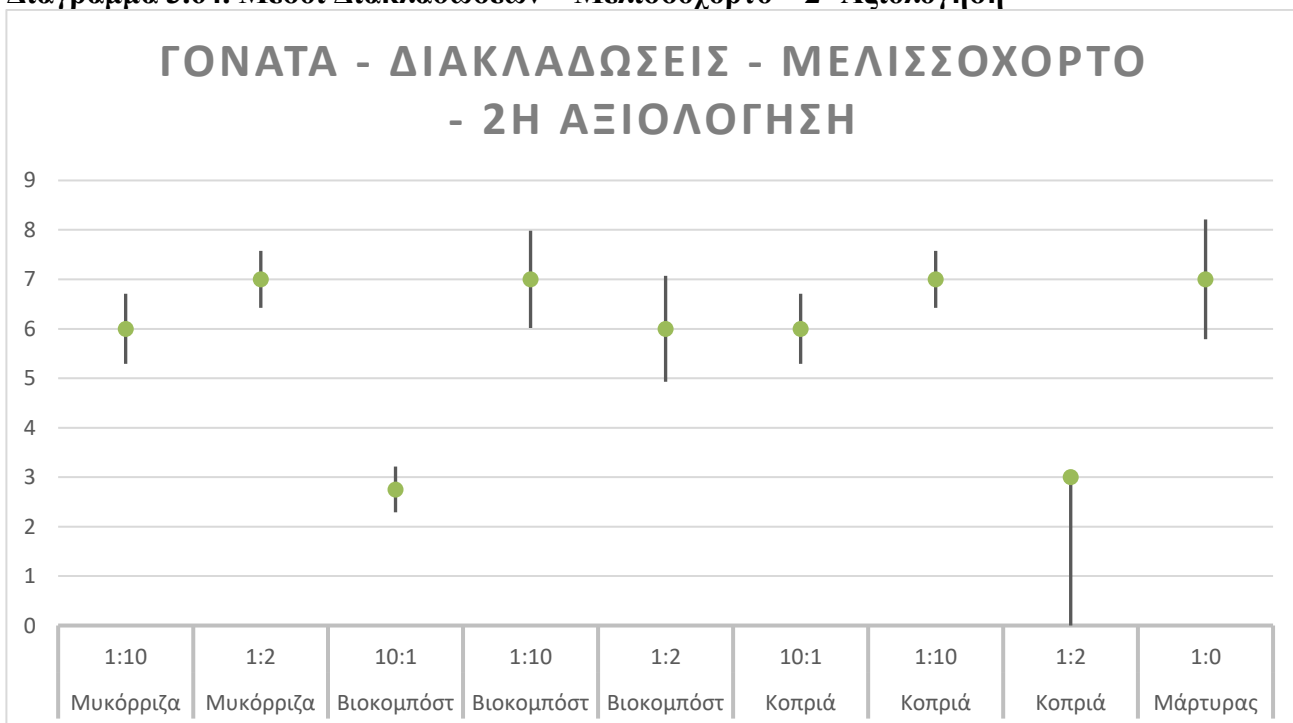
Διάγραμμα 3.62. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση



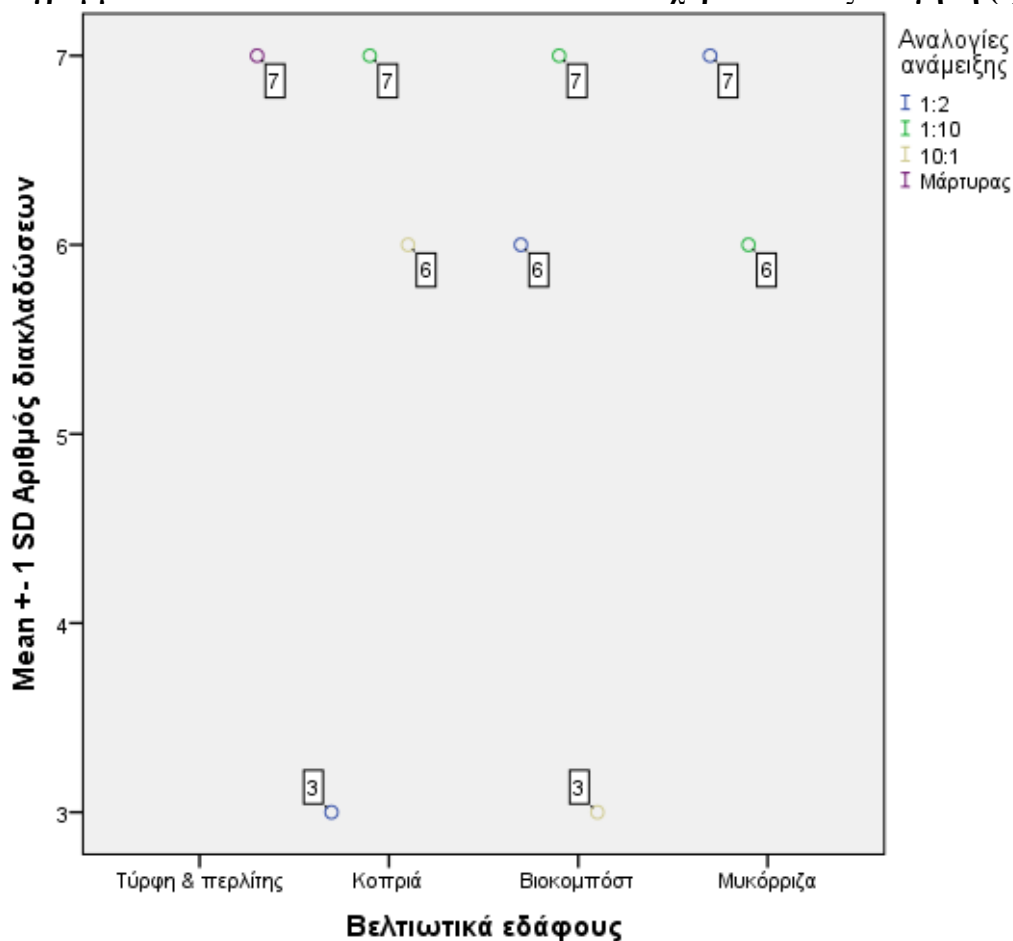
Διάγραμμα 3.63. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση (spss)



Διάγραμμα 3.64. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.65. Μέσοι Διακλαδώσεων – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση (spss)



Στην 1^η αξιολόγηση διακλαδώσεων, οι υψηλότεροι μέσοι εντοπίζονται στις μεταχειρίσεις: 1:10 της μυκόρριζας, 1:2 της μυκόρριζας και στις 1:10 και 1:2 του βιοκομπόστ. Τα φυτά αυτών των μεταχειρίσεων, που είχαν τον ίδιο μέσο αριθμό διακλαδώσεων (5), είχαν τον μεγαλύτερο αριθμό γονάτων κατά μήκος του κεντρικού βλαστού. Εκτός από την 1:2 της μυκόρριζας (μηδενική τυπική απόκλιση), όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων τα φυτά είχαν τυπική απόκλιση (-1,+1). Ο χαμηλότερος μέσος εντοπίζεται στην 1:2 της κοπριάς (2), με μηδενική τυπική απόκλιση.

Σε όλες τις μεταχειρίσεις, πλην της 1:2 στην κοπριά, παρατηρούνται αλληλεπικαλύψεις των τιμών των τυπικών αποκλίσεων, συνεπώς δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού. Πλήρης αλληλεπικάλυψη παρατηρείται στις τυπικές αποκλίσεις μεταξύ των αναλογιών των υλικών με τους υψηλότερους μέσους (1:2 και 1:10 βιοκομπόστ και μυκόρριζας).

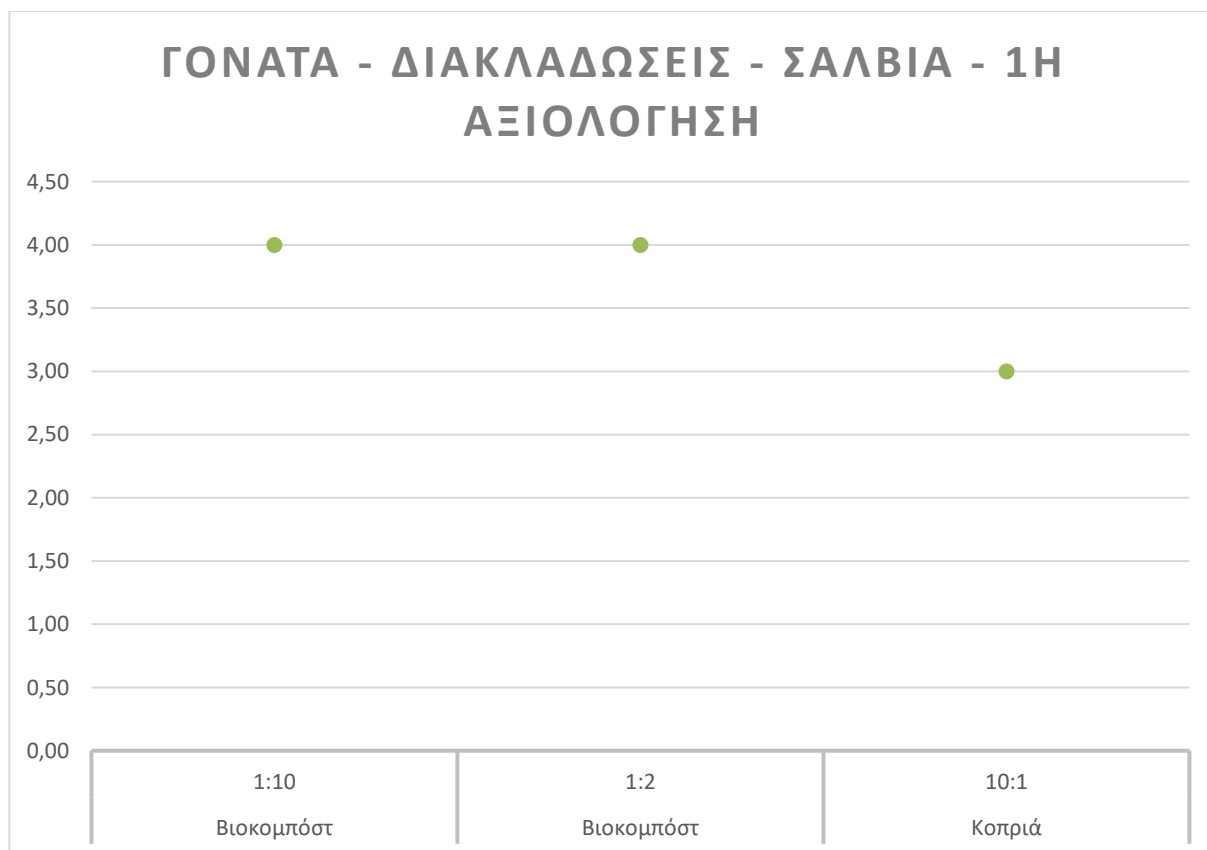
Στην 2^η αξιολόγηση διακλαδώσεων, ο υψηλότερος μέσος (7) εντοπίζεται στις μεταχειρίσεις: 1:2 της μυκόρριζας, 1:10 του βιοκομπόστ, 1:10 της κοπριάς και στον

μάρτυρα. Όλες οι μεταχειρίσεις αυτές έχουν περίπου την ίδια τυπική απόκλιση (-1, +1). Οι διαφορές που βγαίνουν σε δεκαδικά ψηφία δεν λαμβάνονται υπόψιν, αφού οι διακλαδώσεις εκφράζονται μόνο σε ακέραιους αριθμούς.

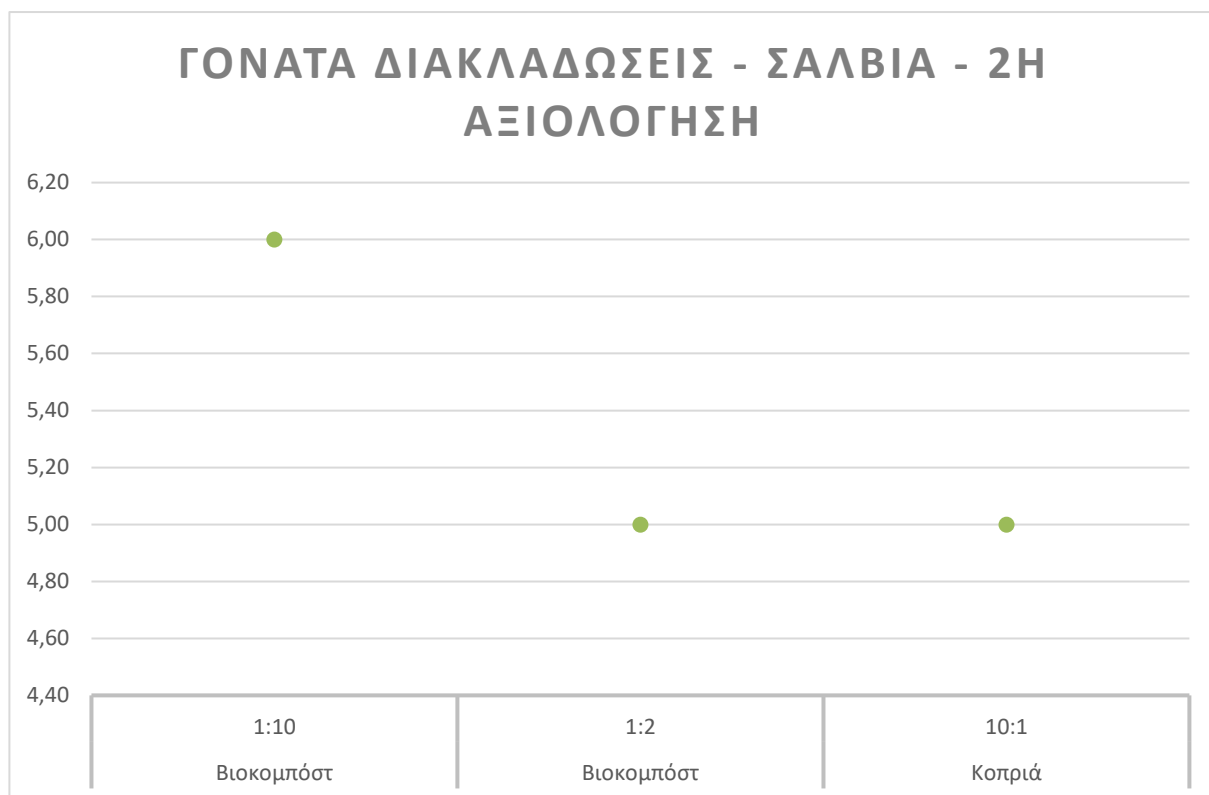
Πλήρης αλληλεπικάλυψη παρατηρείται στις τιμές των τυπικών αποκλίσεων μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων, οπότε έχουμε ομοιογενή υποσύνολα σε επίπεδο πληθυσμού, για τις μεταχειρίσεις όλων των υλικών (μάρτυρας – υπόστρωμα, κοπριά, βιοκομπόστ και μυκόρριζα). Οι τιμές των τυπικών αποκλίσεων των αναλογιών με τους χαμηλότερους μέσους αλληλεπικαλύπτονται, οπότε έχουμε ένα ξεχωριστό υποσύνολο για τις μεταχειρίσεις 10:1 του βιοκομπόστ και 1:2 της κοπριάς.

Στις δύο αξιολογήσεις, ο μεγαλύτερος μέσος των γονάτων εμφανίζονται σε φυτά των μεταχειρίσεων όπου υπερτερεί το κομπόστ, με τη διαφορά ότι στη 2^η αξιολόγηση, προστίθενται και τα φυτά του μάρτυρα, όπου χρησιμοποιείται το υπόστρωμα ως έχει αυτούσιο, ανάμεσα σε εκείνα με τη μεγαλύτερη διακλάδωση. Αυτό ενδεχομένως μας δείχνει ότι αν το υπόστρωμα αναμειχθεί με άλλο υλικό, θα πρέπει να αντιστοιχούν σε αυτό τα λιγότερα μέρη της αναλογίας για να έχουμε μεγάλη διακλάδωση στα φυτά και όχι το αντίθετο, αλλιώς θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μόνο του ως αυτούσιο.

Διάγραμμα 3.66. Μέσοι Διακλαδώσεων – Σάλβια – 1^η Αξιολόγηση



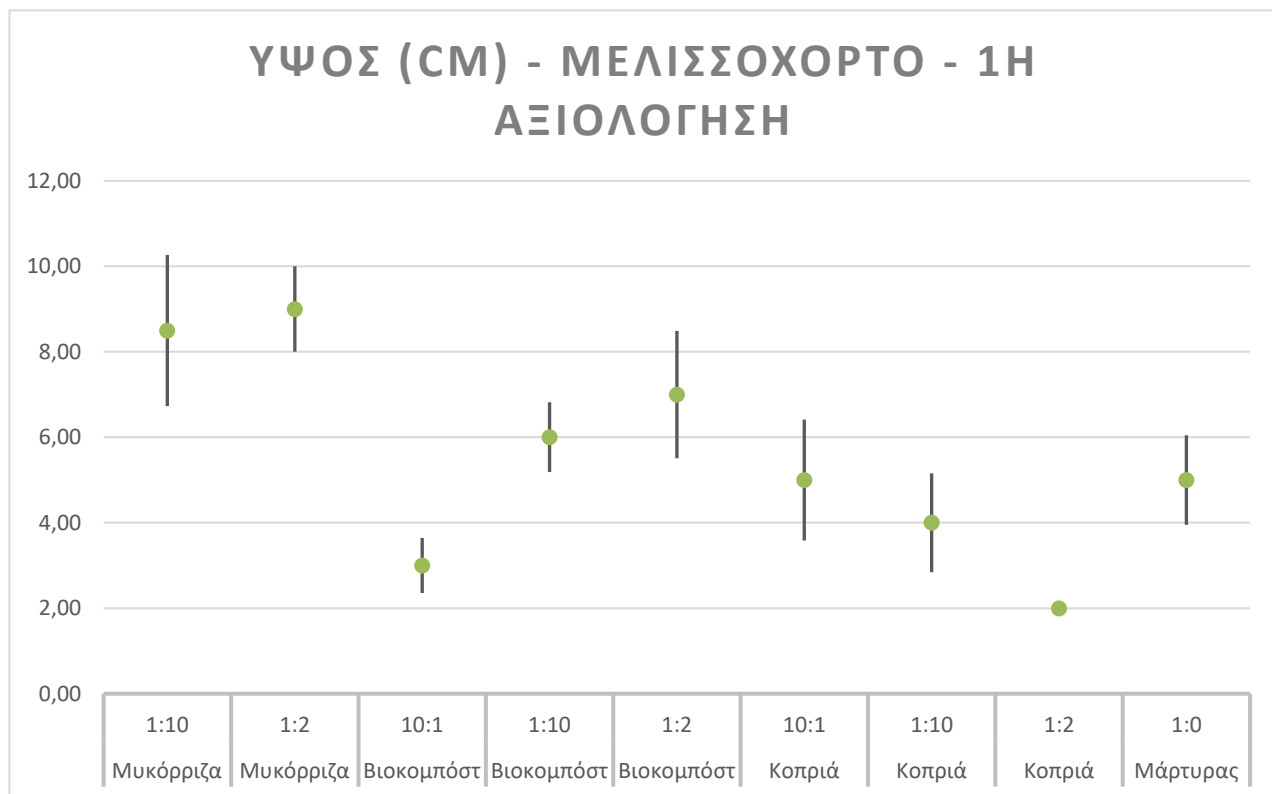
Διάγραμμα 3.67. Μέσοι Διακλαδώσεων – Σάλβια – 2^η Αξιολόγηση



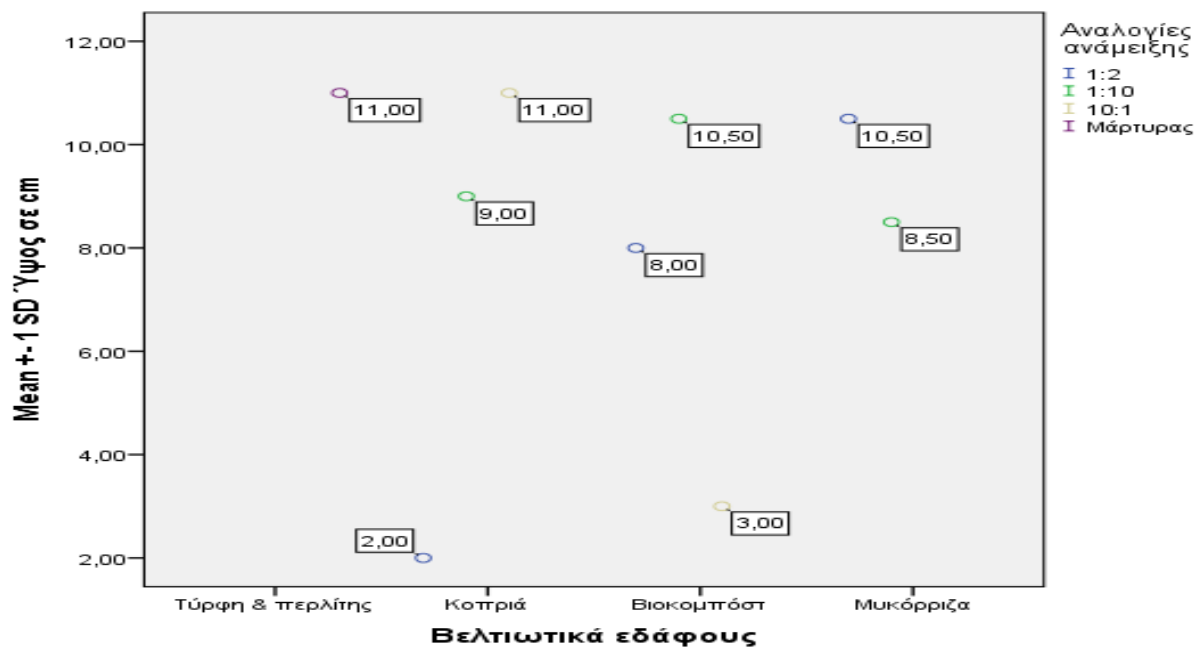
Στην 1^η αξιολόγηση για τη σάλβια, τα φυτά των μεταχειρίσεων 1:2 και 1:10 του βιοκομπόστ είχαν τον ίδιο μέσο του αριθμού των διακλαδώσεων, (4,00), που ήταν και υψηλότερος από τον μέσο των φυτών στην αναλογία 10:1 της κοπριάς, που ήταν και ο χαμηλότερος (3,00). Στη 2^η αξιολόγηση τα φυτά της μεταχείρισης 1:10 του βιοκομπόστ είχαν τον υψηλότερο μέσο του αριθμού των διακλαδώσεων (6,00), ενώ οι άλλες δύο μεταχειρίσεις, έδωσαν φυτά με τον ίδιο μέσο (5,00), όσον αφορά τις διακλαδώσεις. Η τυπική απόκλιση ήταν μηδενική σε όλους τους μέσους, αφού φύτεψε ένα μόνο φυτό για κάθε μεταχείριση. Ο υψηλότερος μέσος, και στις δύο αξιολογήσεις, εμφανίζεται στις αναλογίες, όπου υπερτερεί το κομπόστ.

3.2.6. Ύψος φυτών.

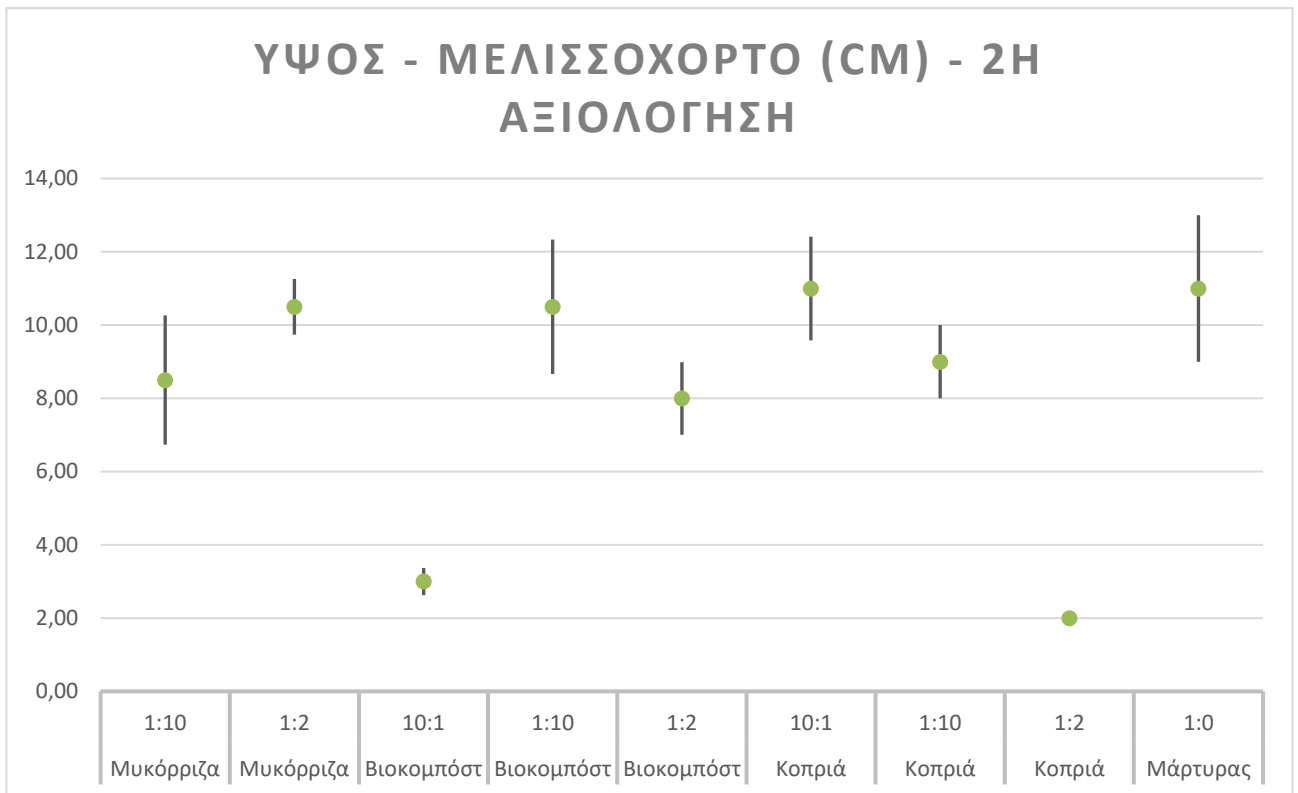
Διάγραμμα 3.68. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση



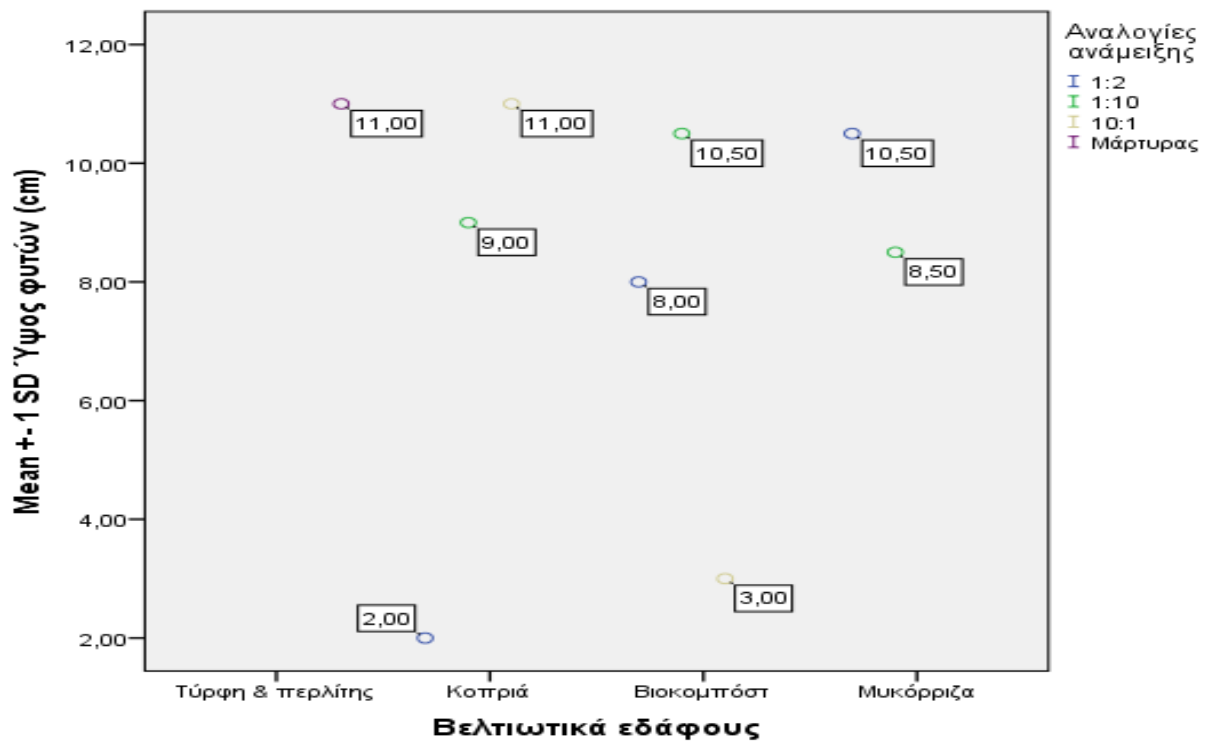
Διάγραμμα 3.69. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 1^η Αξιολόγηση (spss)



Διάγραμμα 3.70. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.71. Μέσοι ύψους – Μελισσόχορτο – 2^η Αξιολόγηση (spss)



Στην 1^η αξιολόγηση του ύψους στο μελισσόχορτο, οι υψηλότεροι μέσοι εμφανίζονται κατά σειρά, από το μεγαλύτερο στο μικρότερο, στις μεταχειρίσεις 1:2 και 1:10 της μυκόρριζας, 9,00 και 8,50 αντίστοιχα. Ο μέσος της 1:2 έχει τυπική απόκλιση (-1, +1) και ο μέσος της 1:10 (-1,77, +1,77). Η τυπική απόκλιση του τελευταίου είναι η μεγαλύτερη από όλες τις άλλες αναλογίες. Οι χαμηλότεροι μέσοι εντοπίζονται στις μεταχειρίσεις 10:1 του βιοκομπόστ και 1:2 της κοπριάς, με τον τελευταίο να είναι ο χαμηλότερος από όλους (2,00), με μηδενική τυπική απόκλιση.

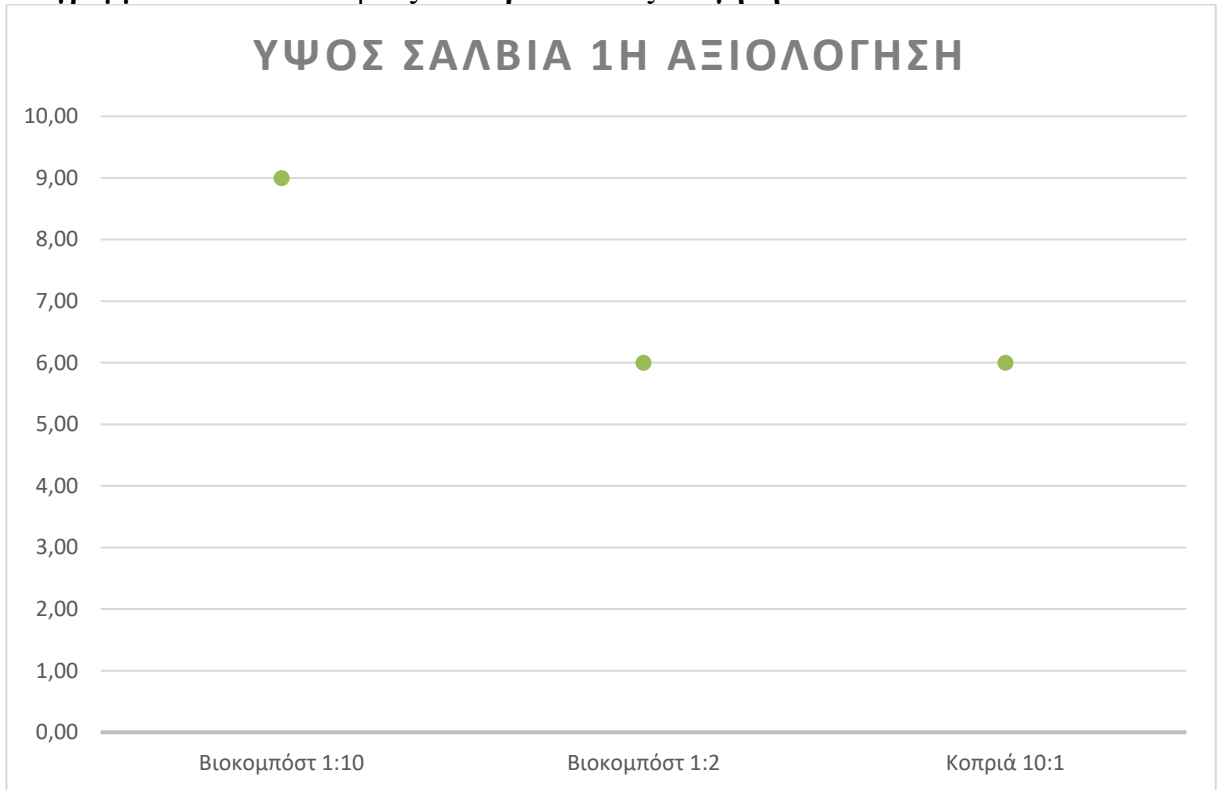
Εκτός από τη μεταχείριση με τον χαμηλότερο μέσο, για το κάθε υλικό ξεχωριστά δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα στις αναλογίες (πιο έντονα μεταξύ των 1:2 και 1:10 – εκτός από την κοπριά), αφού όλες έχουν τυπικές αποκλίσεις, των οποίων οι τιμές αλληλεπικαλύπτονται μεταξύ τους. Όσον αφορά τώρα μεταξύ διαφορετικών υλικών παρατηρούνται ομοιογενή υποσύνολα για το υπόστρωμα ως έχει (μάρτυρας), το βιοκομπόστ και την κοπριά. Όσον αφορά το μάρτυρα, η τυπική του απόκλιση αλληλεπικαλύπτεται πλήρως από τις τιμές της 10:1 της κοπριάς – οπότε δημιουργείται υποσύνολο, ενώ όσον αφορά το βιοκομπόστ, σχεδόν όλες οι τιμές της 1:10 αναλογίας αλληλεπικαλύπτονται από τις τιμές της τυπικής απόκλισης της 1:2 αναλογίας. Δημιουργείται συνεπώς υποσύνολο και για τις δύο αυτές μεταχειρίσεις, στο οποίο όμως δεν περιλαμβάνονται οι τιμές από τα 5,18 έως τα 5,51 cm της 1:10 αναλογίας. Οι αναλογίες της μυκόρριζας δημιουργούν ένα ξεχωριστό υποσύνολο από τα άλλα δύο υλικά.

Στη 2^η αξιολόγηση του ύψους, οι υψηλότεροι μέσοι εντοπίζονται στο μάρτυρα και στην 10:1 αναλογία της κοπριάς, οι οποίοι είναι και ίσοι μεταξύ τους (11,00). Η τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη στο μέσο του μάρτυρα (-2,+2), από τον μέσο της 10:1 της κοπριάς (-1,41, +1,41). Οι χαμηλότεροι μέσοι εντοπίζονται στις ίδιες μεταχειρίσεις με την 1^η αξιολόγηση και με την ίδια ακριβώς σειρά (χαμηλότερος, από όλους, ο μέσος της 1:2 της κοπριάς). Ο μέσος της μεταχείρισης 10:1 του βιοκομπόστ (3,00) έχει τυπική απόκλιση (-0,37, +0,37), ενώ ο μέσος της 1:2 της κοπριάς (2,00), έχει μηδενική τυπική απόκλιση.

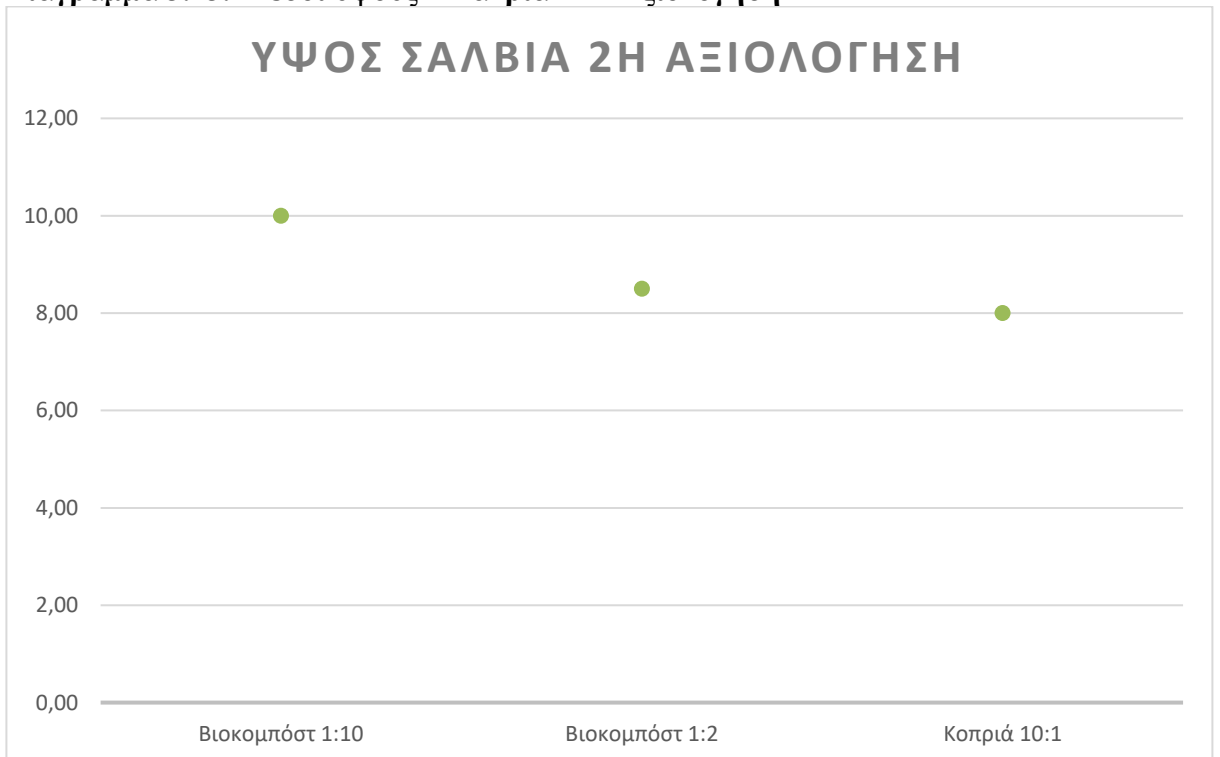
Όπως και στην προηγούμενη αξιολόγηση, δημιουργούνται ομοιογενή υποσύνολα σε όλες τις μεταχειρίσεις, πλην των δύο με τους χαμηλότερους μέσους. Η τυπική απόκλιση του μάρτυρα επικαλύπτει πλήρως τη 10:1 της κοπριάς και τη 1:2 της μυκόρριζας.

Στην 1^η αξιολόγηση, οι υψηλότεροι μέσοι εμφανίζονται στις μεταχειρίσεις όπου υπερτερεί το κομπόστ (με εξαίρεση την κοπριά όπου ισχύει ακριβώς το αντίθετο). Στη 2^η αξιολόγηση, ενώ γενικά ο υψηλότερος μέσος εντοπίζεται στη μεταχείριση όπου υπερτερεί το υπόστρωμα, είναι διαφορετικά τα αποτελέσματα για το κάθε υλικό. Στη μυκόρριζα, το ύψος αυξάνεται όσο αυξάνονται τα μέρη του κομπόστ. Στο βιοκομπόστ ισχύει ακριβώς το ίδιο. Στην κοπριά πάλι ισχύει ακριβώς το αντίθετο. Ο μάρτυρας επίσης συμπεριφέρεται εντελώς ανεξάρτητα, αφού ο μέσος είναι ίσος με τον υψηλότερο, που είναι στην 10:1 της κοπριάς.

Διάγραμμα 3.72. Μέσοι ύψους – Σάλβια – 1^η Αξιολόγηση



Διάγραμμα 3.73. Μέσοι ύψους – Σάλβια – 2^η Αξιολόγηση



Στην 1^η και 2^η αξιολόγηση για τη σάλβια, στην μεταχείριση 1:10 του βιοκομπόστ εντοπίζεται ο υψηλότερος μέσος (9,00 και 10,00 αντίστοιχα). Οι άλλες δύο μεταχειρίσεις (1:2 του βιοκομπόστ και 10:1 της κοπριάς) είχαν ίσους μέσους στην 1^η αξιολόγηση (6,00), ενώ στη δεύτερη η 10:1 της κοπριάς είχε τον χαμηλότερο μέσο (8,00), με μικρή όμως διαφορά από την 1:2 του βιοκομπόστ (8,50). Η τυπική απόκλιση ήταν μηδενική σε όλους τους μέσους, αφού φύτεψε ένα μόνο φυτό για κάθε μεταχείριση. Όπως και στις διακλαδώσεις, ο υψηλότερος μέσος, και στις δύο αξιολογήσεις, εμφανίζεται στις αναλογίες, όπου υπερτερεί το κομπόστ.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

Βλάστηση σπόρων.

Είναι βέβαιο ότι το υλικό με τις τιμές των ποσοστών που κυμαίνονται από το 0,08 έως περίπου το 0,11%, (βιοκομπόστ), «συνεργάζεται» με το υπόστρωμα καλύτερα από όλα τα άλλα υλικά. Επίσης μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι το υλικό με ποσοστό αζώτου 0,1315 % κατά μέσο όρο, που περιέχει η κοπριά, δεν ενδείκνυται ως κατάλληλο για ανάμειξη με το υπόστρωμα, ασχέτως αν περιέχει περισσότερο άζωτο (κατά μέσο όρο) από το βιοκομπόστ αφού φύτεψαν συνολικά έξι φυτά για όλες τις αναλογίες (πέντε μελίσσοχορτα και μία σάλβια). Η μυκόρριζα από την άλλη, ενώ τα ποσοστά αζώτου ως αυτούσιο κυμαίνονται στο 0,0702% κατά μέσο όρο, οπότε κάποιες από αυτές τις τιμές συμπεριλαμβάνονται και μέσα στο εύρος τιμών για το βιοκομπόστ (0,0995 % άζωτο κατά μέσο όρο), παρ' όλα αυτά έδωσαν τη χαμηλότερη απόδοση όσον αφορά τη φύτευση, όταν αυτό αναμείχθηκε με το υπόστρωμα (πέντε φυτά στο σύνολο). Για αυτό το αποτέλεσμα ευθύνονται και άλλες παράμετροι εκτός του αζώτου.

Για τη χαμηλή ικανότητα ριζοβολίας των υλικών αυτών (κοπριά και μυκόρριζα) ευθύνεται εν μέρει η περίσσεια των χουμικών οξέων, δυσχεραίνοντας έτσι την πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά. Εκτός αυτού όμως, έχουν αναφερθεί και άλλοι παράγοντες που αναστέλλουν τη φύτευση, όπως η χαμηλή περιεκτικότητα της χωνεμένης κοπριάς σε $N-NO_3$ (Przygocka-Cyna και Grzebisz, 2020). Το νιτρικό άζωτο προσλαμβάνεται πιο γρήγορα από τα φυτά σε σχέση με το αμμωνιακό. Αυτό συμβαίνει γιατί το αμμωνιακό πρώτα προσροφάται από τα κολλοειδή του εδάφους και μετά απελευθερώνεται σταδιακά (Τσικαλάς, 2003).

Η μυκόρριζα, αν και οι δύο από τις τρεις αναλογίες είχαν υψηλά ποσοστά αζώτου (1:2 και 1:10), δεν ευνόησε τη βλάστηση των σπόρων (5 συνολικά φυτά – κανένα φυτό στην αναλογία 10:1). Το υλικό αυτό δεν φημίζεται να διεγείρει τη φύτευση των φυτών, αντιθέτως αποτελεί ένα δυνητικά ανασταλτικό παράγοντα. Το συμπέρασμα μας είναι ότι το άζωτο που περιέχει δεν είναι άμεσα διαθέσιμο για τα φυτά. Σε ιστολογικές έρευνες φυτών που μεταχειρίστηκαν με μυκορριζικά σκευάσματα (συγγενή είδη του *T. harzianum*), ανιχνεύονται υψηλά ποσοστά στοιχείων όπως ο P και ο Cu, αλλά χαμηλές συγκεντρώσεις στοιχείων όπως το N, και ο Fe (Ortas, κ.α. 2002). Τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι το N που περιέχει η μυκόρριζα, ενδεχομένως ωφελεί τα φυτά μετά τη φύτευση, αφού τα φυτά, αν και λιγότερα από τα μισά που σπάρθηκαν, επέδειξαν μεγαλύτερη ζωνρότητα και ευρωστία στα πρώτα στάδια ανάπτυξης πριν τη μεταφύτευση, σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτά.

Όσον αφορά τα φυτά που φύτεψωσαν, το υπόστρωμα ως έχει αυτούσιο και ο συνδυασμός υποστρώματος και βιοκομπόστ (το κομπόστ που προέρχεται από τα υπολείμματα καλλιεργειών φρούτων και λαχανικών) είχαν τη μεγαλύτερη επιτυχία. Αλλιώς σε μηδενικό επίπεδο αζώτου από τη μία και από την άλλη, στο εύρος των τιμών που έδωσαν οι τρεις αναλογίες ανάμειξης του βιοκομπόστ με το υπόστρωμα, παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ικανότητα για βλάστηση των σπόρων. **Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η φύτεψη ευνοείται ακόμα περισσότερο στα δύο επίπεδα N, 0,0838% και 0,0312% κατά μέσο όρο για τις αναλογίες 1:2 και 10:1 του βιοκομπόστ αντίστοιχα.** Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι η ανοργανοποίηση των υπολειμμάτων φρούτων και λαχανικών, ως πρώτη ύλη του κομπόστ, αυξάνει τη διαθεσιμότητα του N για τα φυτά (Trasch κ.α. 2019).

Χαρακτηριστικά ανάπτυξης φυτών.

Σε προγενέστερο στάδιο, τα ποσοστά αζώτου που κυμαίνονται από 0,0346% έως 0,0651 % κατά μέσο όρο (μυκόρριζα – 1:2 και 1:10 αντίστοιχα) και σε μεταγενέστερο στάδιο από 0,0706% έως 0,0838 % κατά μέσο όρο (10:1 της κοπριάς και 1:2 του βιοκομπόστ αντίστοιχα), ευνοούν περισσότερο την ένταση της φωτοσύνθεσης και την παραγωγή της χλωροφύλλης για το μελισσόχορτο. Γενικά τόσο σε αρχικό, όσο και σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης παρατηρείται μία γραμμική σχέση μεταξύ του αζώτου και της χλωροφύλλης, όπου τα ποσοστά και οι τιμές αυξάνονται ανάλογα. Στα φυτά του μάρτυρα εντοπίζονται επίσης πολύ υψηλά ποσά χλωροφύλλης σε μεταγενέστερο στάδιο, οπότε επαληθεύεται η υπόθεση ότι υπάρχουν άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό το γεγονός, αφού περιέχει 0 % άζωτο. Στη σάλβια, επιφυλακτικά συμπεραίνουμε (τρία φυτά στο σύνολο) ότι το ποσοστό αζώτου 0,0838 % κατά μέσο όρο είναι το ιδανικό για την υψηλότερη παραγωγή χλωροφύλλης σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, ενώ σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης αυτό διαμορφώνεται στο 0,0706 % για τη 10:1 της κοπριάς με τις υψηλότερες τιμές χλωροφύλλης. **Γενικά τόσο σε αρχικό, όσο και σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης παρατηρείται μία γραμμική σχέση μεταξύ του αζώτου και της χλωροφύλλης, όπου τα ποσοστά και οι τιμές αυξάνονται ανάλογα.**

Κατά τους πρώτους μήνες ανάπτυξης των φυτών για το μελισσόχορτο, τα ιδανικά επίπεδα αζώτου για τη μεγαλύτερη διακλάδωση κυμαίνονται μεταξύ 0,0346% και 0,0403 %, κατά μέσο όρο για τις αναλογίες 1:2 και 1:10 αναλογίες της μυκόρριζας και του βιοκομπόστ αντίστοιχα, ενώ μετά τη μεταφύτευση, στα προηγούμενα επιθυμητά επίπεδα αζώτου για τη μεγαλύτερη διακλάδωση έρχεται να προστεθεί και το 0,0269 % άζωτο κατά μέσο όρο για την αναλογία 1:10 της κοπριάς, ώστε να συνεχιστεί όσο το δυνατόν αμείωτος ο ρυθμός αύξησης των γονάτων. Συνεπώς μετά τη μεταφύτευση, μεγαλώνει το εύρος των επιθυμητών τιμών για τα ποσοστά αζώτου. Στη σάλβια, συμπεραίνουμε με επιφύλαξη (τρία φυτά μόνο), ότι τα ιδανικά επίπεδα αζώτου για τις περισσότερες διακλαδώσεις είναι το 0,0403% και το 0,0838 % κατά μέσο όρο για τις αναλογίες: 1:10 και 1:2 του βιοκομπόστ

αντίστοιχα πριν τη μεταφύτευση. Μετά τη μεταφύτευση παρουσιάστηκε μεγαλύτερος ρυθμός αύξησης στην 1:10 του βιοκομπόστ σε σχέση με τις άλλες δύο αναλογίες, οπότε εδώ μειώνονται οι επιθυμητές τιμές ποσοστών αζώτου σε μεταγενέστερο στάδιο.

Το ποσοστό 0,0346 % κατά μέσο όρο περιεχόμενου αζώτου (1:2 της μυκόρριζας) συμβάλλει στο μεγαλύτερο ύψος μεταξύ των φυτών κατά τους πρώτους μήνες, για το μελισσόχορτο. Μετά τη μεταφύτευση, ενώ για τα περισσότερα υλικά το εύρος των επιθυμητών ποσοστών αζώτου δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά (από το 0,0346 στο 0,0403 % άζωτο κατά μέσο όρο που περιέχεται στην αναλογία 1:10 του βιοκομπόστ), στην κοπριά, ειδικά στην αναλογία 10:1, απαιτείται περισσότερο άζωτο, συγκεκριμένα 0,0706 % κατά μέσο όρο για τη μεγαλύτερη επιμήκυνση του βλαστού μεταξύ των φυτών. Στη σάλβια, συμπεραίνουμε με επιφύλαξη ότι τους πρώτους μήνες, τα ιδανικά επίπεδα αζώτου για το ύψος βρίσκονται στην αναλογία 1:10 του βιοκομπόστ (0,0403%). Το ίδιο ισχύει και για τους επόμενους μήνες μετά τη μεταφύτευση.

Ανακεφαλαιωτικά, ανεξάρτητα με τα επίπεδα του ολικού N, στο βιοκομπόστ βρίσκονται τα μεγαλύτερα επίπεδα (άμεσα) διαθέσιμου N για τα φυτά. Τα αποτελέσματα που έχουμε για τα ποσοστά αζώτου από τη μία και τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών του μάρτυρα (αυτούσιο υπόστρωμα) από την άλλη, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι αφενός το εμπορικό υπόστρωμα έχει άλλα χαρακτηριστικά, εκτός του αζώτου που το καθιστούν κατάλληλο για ζωηρή ανάπτυξη των φυτών και αφετέρου ότι το άζωτο δεν αποτελεί υποχρεωτική παράμετρο για μια πολύ καλή ανάπτυξη στο μελισσόχορτο.

4.2. ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

Βλάστηση σπόρων.

Από όλα τα υλικά (πλην του υποστρώματος) οι μεταχειρίσεις (αναλογίες) αλλά και η αυτούσια κατάσταση του βιοκομπόστ έχουν τα χαμηλότερα επίπεδα P. Αυτό όμως δεν εμπόδισε τη βλάστηση των σπόρων, αλλά και την ένταση της ανάπτυξης των φυτών που σπάρθηκαν στο υλικό αυτό (ιδίως σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης). Τα φυτά έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε P, αφού είναι ένα από τα στοιχεία που ανιχνεύεται σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση στους φυτικούς ιστούς (Μόσχος, 2004). Τα υψηλότερα επίπεδα P στα άλλα υλικά και ειδικά στην κοπριά δε σημαίνει ότι είναι σε κατάσταση που μπορούν να αξιοποιηθούν από τα φυτά, γιατί γενικά ο P στο έδαφος συναντάται σε άλατα όπως το φωσφορικό ασβέστιο και ο φωσφορικός σίδηρος, τα οποία έχουν μικρή διαλυτότητα, επομένως και η συγκέντρωση του P στο εδαφικό διάλυμα (διαθέσιμη για τα φυτά μορφή) είναι πολύ χαμηλή (Μόσχος, 2004). Στο υπόστρωμα, το μέρος του P που είναι διαθέσιμο για τα φυτά, είναι αρκετό ώστε η ριζοβολία των φυτών να είναι ικανοποιητική (μικρότερη όμως του βιοκομπόστ),

Χαρακτηριστικά ανάπτυξης φυτών

Παρατηρώντας τα επίπεδα P κατά μέσο όρο από τη μία και από την άλλη τα διαγράμματα για την παραγωγή χλωροφύλλης για το μελισσόχορτο κατά μέσο όρο, χωρίς ακόμα να λάβουμε υπόψη το μηχανισμό λειτουργίας του στοιχείου εντός των φυτών, διαπιστώνουμε ότι για κάθε υλικό ξεχωριστά (εκτός του υποστρώματος σε αυτούσια κατάσταση), η παραγωγή χλωροφύλλης, σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, είναι υψηλότερη για την /τις αναλογία/ες με τα χαμηλότερα επίπεδα P. Επομένως η αύξηση των τιμών χλωροφύλλης από αναλογία σε αναλογία ενός υλικού δεν είναι γραμμική, αλλά και αντιστρόφως ανάλογη θα λέγαμε με την πορεία των επιπέδων P σε mg/L.

Ο P στα φυτά, συνδυάζεται με πολλές σπουδαίες ομάδες διαφόρων οργανικών συνθέσεων με υδρόφιλες ή υδρόφοβες ιδιότητες (Τσικαλάς, 2003), οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να σχηματίζονται δεσμοί μεταξύ των πρωτεϊνών που είναι υδρόφιλες ή υδρόφοβες ενώσεις, όπως είναι η χλωροφύλλη (Τσικαλάς, 2003). Όσον αφορά την παραγωγή χλωροφύλλης και την ένταση της φωτοσύνθεσης για το μελισσόχορτο, σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, τα φυτά της 1:2 αναλογίας της μυκόρριζας, με P 9,03 mg/L κατά μέσο όρο, η 1:10 της μυκόρριζας με 9,37 mg P /L κατά μέσο όρο και ο μάρτυρας, με 12,17 mg P /L έδωσαν φυτά, εντός των οποίων, ο P μετακινούνταν προφανώς με τη μεγαλύτερη ευκολία. Σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, ο υψηλότερος ρυθμός μετακίνησης του P υφίσταται στα φυτά των μεταχειρίσεων: 1:2 του βιοκομπόστ, με τα χαμηλότερα επίπεδα P συγκριτικά με τις άλλες δύο αναλογίες του υλικού αυτού (3,94 mg/L κατά μέσο όρο), 10:1 της κοπριάς (16,73 mg/L) και του μάρτυρα. Στην 10:1 αναλογία της κοπριάς, είναι η μόνη περίπτωση όπου P και χλωροφύλλη αυξάνονται γραμμικά σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης. Στη σάλβια, οι αντίστοιχες μεταχειρίσεις, στις οποίες ο P μετακινούνταν ευκολότερα ήταν η 1:10 του βιοκομπόστ (5,77 mg/L) για το αρχικό στάδιο ανάπτυξης και η 1:2 του βιοκομπόστ και 10:1 της κοπριάς, για τη δεύτερη αξιολόγηση ανάπτυξης.

Σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, για το ύψος στο μελισσόχορτο, ισχύουν περίπου τα ίδια με τη χλωροφύλλη. **Μεταξύ των αναλογιών για το κάθε υλικό, τα επίπεδα P ακολουθούν αντίστροφη πορεία με το ύψος**, το οποίο είναι μεγαλύτερο στα φυτά των μεταχειρίσεων 1:2 και 1:10 της μυκόρριζας. Στη δεύτερη αξιολόγηση ανάπτυξης, μεταξύ των φυτών της ίδιας αναλογίας αλλά διαφορετικών υλικών, όπως στην 10:1 της κοπριάς και του βιοκομπόστ, η αύξηση του ύψους των φυτών ήταν γραμμική με τα επίπεδα P, δίνοντας έτσι τα υψηλότερα και τα σχεδόν χαμηλότερα φυτά αντίστοιχα. Το αντίθετο ακριβώς όμως παρατηρείται μεταξύ των φυτών της 1:2 της μυκόρριζας, και της κοπριάς, όπου τα τελευταία με υψηλότερα επίπεδα P είναι τα χαμηλότερα φυτά. Το υπόστρωμα, που έρχεται δεύτερο σε mg/L P μεταξύ των αυτούσιων υλικών (η κοπριά περιέχει 12,63 mg/L κατά μέσο όρο) , δίνει τα υψηλότερα φυτά μαζί με την 10:1 της κοπριάς. Οπότε και εδώ θα μπορούσαμε να πούμε ότι η αύξηση μεταξύ των δύο παραμέτρων είναι γραμμική όσον αφορά τα αυτούσια υλικά.

Ο Ρ έχει σπουδαίο ρόλο, βοηθώντας πολλές φυσιολογικές λειτουργίες, όπως η φωτοσύνθεση και η παραγωγή χλωροφύλλης που αναφέρθηκε παραπάνω, η κυτταρική αναπνοή, η **μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας**, η **κυτταροδιαίρεση**, διεγείροντας έτσι την ανάπτυξη της ρίζας και του βλαστού, καθώς και το σχηματισμό των σπερμάτων (Μόσχος, 2004), (Τσικαλάς, 2003). Όσον αφορά την επίδραση του Ρ στην επιμήκυνση των βλαστών, σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, η διαίρεση των κυττάρων είχε τη μεγαλύτερη ένταση στο επάκριο μερίστωμα του βλαστού των φυτών των μεταχειρίσεων της μυκόρριζας, ιδίως της 1:2 αναλογίας, ενώ σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, η φυσιολογική αυτή λειτουργία, είχε τη μεγαλύτερη ένταση στα φυτά του μάρτυρα και της 10:1 αναλογίας της κοπριάς, ακολουθούμενα από τα φυτά της 1:10 μεταχείρισης του βιοκομπόστ και της 1:2 της μυκόρριζας. Για τη σάλβια, η αντίστοιχη μεταχείριση και σε αρχικό και σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης είναι η 1:10 του βιοκομπόστ με τα υψηλότερα φυτά.

Τα οφέλη του Ρ στην ριζοβολία και ανάπτυξη των φυτών του μάρτυρα, μπορούν να αιτιολογηθούν σε ένα βαθμό από το pH των αυτούσιων υλικών, συμπεριλαμβανομένου και του υποστρώματος (τύρφη & περλίτης). Έχει βρεθεί ότι η πρόσληψη Ρ από τα φυτά είναι περίπου 4 φορές μεγαλύτερη στα εδάφη με pH = 5 σε σχέση με pH = 7,7 (Μόσχος, 2004). Αυτό μπορεί να εξηγήσει σε ένα βαθμό, τις μέγιστες ωφέλειες των φυτών του μάρτυρα (τύρφη & περλίτης) (pH = 5,09), μετά τη μεταφύτευση, από τον Ρ. Για τα τρία βελτιωτικά υπάρχουν κι άλλες παράμετροι που επηρεάζουν την αφομοιωσιμότητα του φωσφόρου και την ανάπτυξη των φυτών.

4.3. ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

Βλάστηση σπόρων.

Τα συμπεράσματα αυτά διεξάγονται με επιφύλαξη, γιατί οι διαφορές στην οργανική ουσία μεταξύ των υλικών είναι μικρές, ιδίως στην αναλογία 10:1.

Για το βιοκομπόστ και την μυκόρριζα, με το μεγαλύτερο και το μικρότερο αριθμό φυτών αντίστοιχα, φαίνεται ότι σε αυτά τα δύο υλικά η οργανική ουσία αυξάνεται ανάλογα με τον αριθμό των φυτών που φύτεψαν. Η κοπριά όμως που απέχει ελάχιστα από το βιοκομπόστ σε οργανική, επέδειξε πολύ χαμηλή ικανότητα για βλάστηση των σπόρων, σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τη μυκόρριζα. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η συγκέντρωση των χουμικών οξέων στην κοπριά ξεπερνά το όριο, πέρα από το οποίο αναστέλλεται η βλάστηση των σπόρων ή προκαλείται έως και η θανάτωση ορισμένων από αυτούς (Pettit 2013). Σίγουρα πάντως υπάρχουν και άλλες παράμετροι που διεγείρουν ή αναστέλλουν τη ικανότητα βλάστησης των σπόρων των φυτών.

Χαρακτηριστικά ανάπτυξης φυτών.

Στη μυκόρριζα, ενώ η περιεχόμενη οργανική ουσία μάλλον δεν αρκεί για ένα ικανοποιητικό ποσοστό ριζοβολίας, παρ' όλα αυτά, τα ποσοστά της βοηθούν στην άμεση διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων (ιδίως του N και P), ώστε τα φυτά να παράγουν τα υψηλότερα ποσά χλωροφύλλης σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης. Στα άλλα δύο υλικά, η οργανική ουσία και η χλωροφύλλη αυξάνονται γραμμικά (μεταξύ των αναμείξεων για το κάθε υλικό). Σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, περίπου ενάμιση μήνα μετά τη μεταφύτευση, βλέπουμε ότι η χλωροφύλλη των φυτών της αναλογίας 10:1 του βιοκομπόστ, εξακολουθεί να βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Αυτό πιθανώς συμβαίνει επειδή η οργανική ουσία πάνω από ένα όριο, παύει να ευνοεί, αντιθέτως εμμέσως μειώνει τους ρυθμούς παραγωγής της χλωροφύλλης αλλά και καθυστερεί γενικότερα την περαιτέρω ανάπτυξη των φυτών (Mylonas και McCants, 1980). Η οργανική που περιέχεται στις άλλες δύο αναλογίες του βιοκομπόστ, αλλά και στην 10:1 της κοπριάς, φαίνεται ότι βοήθησε μακροπρόθεσμα μέσω της διαθεσιμότητας των στοιχείων που ευνοούν την αύξηση παραγωγής της χλωροφύλλης. Στη σάλβια, σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης η οργανική ουσία που περιέχεται στην 1:10 αναλογία του βιοκομπόστ φαίνεται ότι συνέβαλλε στην υψηλότερη παραγωγή χλωροφύλλης, ενώ σε μεταγενέστερο στάδιο, φαίνεται ότι η οργανική ουσία που είναι περισσότερη στην 1:2 αναλογία του βιοκομπόστ και στην 10:1 της κοπριάς, υποβοήθησε μακροπρόθεσμα την παραγωγή της χλωροφύλλης, με αποτέλεσμα και οι δύο να ξεπεράσουν την 1:10 του βιοκομπόστ αναλογία.

Η υπέρβαση της οργανικής ουσίας πάνω από ένα όριο, λειτουργεί δυσμενώς στην ανάπτυξη των διακλαδώσεων των φυτών, τουλάχιστον σε αρχικό στάδιο. Αυτό φαίνεται ιδιαίτερα στις αναλογίες 1:2 της κοπριάς και 10:1 του βιοκομπόστ με τα υψηλότερα σχεδόν ποσοστά οργανικής (62,13 και 68,58 % κατά μέσο όρο αντίστοιχα), έδωσαν φυτά με το μικρότερο αριθμό γονάτων – διακλαδώσεων. Αντιθέτως οι αναλογίες 1:10 και 1:2 της μυκόρριζας με τα χαμηλότερα ποσοστά οργανικής ουσίας (44,93 και 48,97 % κατά μέσο όρο αντίστοιχα) έδωσαν τα φυτά με τον μεγαλύτερο αριθμό γονάτων κατά μήκος των βλαστών τους. Στις ίδιες αναλογίες του βιοκομπόστ, υπάρχει διαφορετική αλληλεπίδραση μεταξύ οργανικής και αριθμού γονάτων, οπότε συντρέχουν άλλοι πιθανοί λόγοι για τους οποίους τα φυτά έδωσαν το μεγαλύτερο αριθμό γονάτων μαζί με τη μυκόρριζα. Περίπου η ίδια αντίστροφη σχέση μεταξύ γονάτων και οργανικής ουσίας υφίσταται και αργότερα – λίγο παραπάνω από ένα μήνα μετά τη μεταφύτευση.

Όπως και με τις διακλαδώσεις, οι αναλογίες 1:10 και 1:2 της μυκόρριζας και του βιοκομπόστ, με χαμηλότερα επίπεδα σε οργανική σε σχέση με την 10:1 αναλογία όλων των υλικών, έδωσαν τα υψηλότερα φυτά. Σε μεταγενέστερο στάδιο, η οργανική ουσία φαίνεται να βοήθησε έμμεσα σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις των υλικών, στην επιμήκυνση των βλαστών των φυτών, εκτός από την 10:1 αναλογία του βιοκομπόστ και την 1:2 της κοπριάς, που παρέμειναν τα χαμηλότερα φυτά.

Η οργανική ουσία εμπλουτίζει το έδαφος με αρκετά θρεπτικά στοιχεία που είναι χρήσιμα για το φυτό. **Από άποψη οργανικής ουσίας, μεταξύ των τριών υλικών, χωρίς**

να λάβουμε ακόμα υπόψη το υπόστρωμα στην αυτούσια κατάσταση, θα λέγαμε ότι τα καταλληλότερα επίπεδα βρίσκονται στις αναλογίες 1:10 και 1:2 του βιοκομπόστ (63,55 και 65,21 % κατά μέσο όρο αντίστοιχα), με πολύ καλά χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών τόσο σε προγενέστερο, όσο και σε μεταγενέστερο στάδιο. Οι αναλογίες της μυκόρριζας έδωσαν φυτά με καλά χαρακτηριστικά ανάπτυξης σε αρχικό στάδιο, που δεν διατήρησαν όμως στη συνέχεια τον ίδιο ρυθμό ανάπτυξης, ενώ οι 1:10 και 10:1 αναλογίες της κοπριάς (με 60,05 και 67,84 % κατά μέσο όρο αντίστοιχα), ωφελήθηκαν μακροπρόθεσμα από την οργανική ουσία, δίνοντας έτσι φυτά με καλά χαρακτηριστικά ανάπτυξης, σε μεταγενέστερο όμως στάδιο. Οι ωφέλειες των φυτών του μάρτυρα (τύρφη & περλίτης – αυτούσιο) από τα θρεπτικά στοιχεία που καθίστανται διαθέσιμα μέσω της οργανικής ουσίας, φαίνονται πολύ έντονα ειδικά σε μεταγενέστερο στάδιο, με τα καλύτερα σχεδόν χαρακτηριστικά ανάπτυξης, ενώ σε αρχικό στάδιο τα φυτά αυτά μειονεκτούσαν ως προς το ύψος σε σχέση με τα άλλα. Αυτό μπορεί να συνέβη επειδή τα θρεπτικά στοιχεία αποδεσμεύονται αργά εξαιτίας της σύστασης του υλικού σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή οργανική ουσία (67,42 % κατά μέσο όρο - η υψηλότερη από τα υπόλοιπα αυτούσια υλικά και οριακά χαμηλότερη από την 10:1 της κοπριάς και του βιοκομπόστ).

4.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Όσον αφορά λοιπόν τη βλάστηση των σπόρων, οι μεταχειρίσεις που αποδίδουν περισσότερο είναι κατά σειρά οι εξής: 1:2 του βιοκομπόστ (9 φυτά – εκ των οποίων το ένα ήταν σάλβια), 10:1 του βιοκομπόστ (8 φυτά), 1:10 του βιοκομπόστ (7 φυτά – εκ των οποίων το ένα ήταν σάλβια) και ο μάρτυρας (6 φυτά).

Όσον αφορά τις τιμές της χλωροφύλλης, οι αποδοτικότερες μεταχειρίσεις, στην 1^η αξιολόγηση είναι κατά σειρά: 1:2 της μυκόρριζας, ο μάρτυρας και η 1:10 της μυκόρριζας. Άρα δύο μεταχειρίσεις, όπου υπερτερεί το κομπόστ με το μύκητα *T. Harzianum* από τη μία και το υπόστρωμα από την άλλη. Αν επιθυμούμε τη σύνθεση, όσο το δυνατόν περισσότερης χλωροφύλλης σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης (2^η αξιολόγηση) οι κατάλληλες μεταχειρίσεις είναι κατά σειρά: η 1:2 του βιοκομπόστ, όπου υπερτερεί το κομπόστ με τα φυτικά υπολείμματα, η 10:1 της κοπριάς, όπου υπερτερεί το υπόστρωμα και ο μάρτυρας.

Στην 1^η αξιολόγηση, η μεγαλύτερη διακλάδωση εντοπίζεται στα φυτά των μεταχειρίσεων: 1:2 και 1:10 της μυκόρριζας και στις 1:2 και 1:10 του βιοκομπόστ (σε όλες υπερτερούν τα μέρη των κομπόστ και οι διακλαδώσεις ήταν 5). Αν επιδιώκουμε τη μεγαλύτερη διακλάδωση σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, οι ιδανικές μεταχειρίσεις, είναι οι εξής: η 1:2 της μυκόρριζας, η 1:10 του βιοκομπόστ, η 1:10 της κοπριάς (υπερτερούν τα μέρη του κομπόστ) και ο μάρτυρας (όλες από 7 γόνατα).

Οι μεταχειρίσεις, οι οποίες αποδίδουν τα υψηλότερα φυτά, για την 1^η αξιολόγηση είναι κατά σειρά: οι 1:2 και 1:10 της μυκόρριζας, όπου υπερτερούν τα μέρη του κομπόστ αυτού. Στην τελική αξιολόγηση όμως τα φυτά του μάρτυρα και της 10:1 της κοπριάς, όπου πάλι υπερτερεί το υπόστρωμα, ήταν τα υψηλότερα (11 cm), και ακολουθούσαν τα φυτά της 1:2

της μυκόρριζας και της 1:10 του βιοκομπόστ (στα 10,5 cm). Οπότε οι τελευταίες δύο αναφερόμενες μεταχειρίσεις, όπου υπερτερούν τα μέρη του κομπόστ στην αναλογία, μολονότι δεν δίνουν τα υψηλότερα φυτά, είναι κατάλληλες, για να αποκτήσουμε φυτά με πολύ καλό ύψος.

Όπως είπαμε, τα ιδανικά υλικά για μεγάλα ποσοστά ριζοβολίας, είναι δύο. Το βιοκομπόστ (κομπόστ από τα γεωργικά απόβλητα οπωροκηπευτικών) και το εμπορικό υπόστρωμα (τύρφη & περλίτης). Οι ιδανικές μεταχειρίσεις για μεγαλύτερη ριζοβολία είναι αυτές όπου υπερτερούν τα μέρη του κομπόστ (1:2 και 1:10 του βιοκομπόστ) και από την άλλη το υπόστρωμα στην αυτούσια κατάσταση (μάρτυρας). Ενδιαφέρον θα είχε να ερευνήσουμε τα αποτελέσματα που θα είχε το ίδιο πείραμα, αν παραλλάσαμε λίγο τις αναλογίες του βιοκομπόστ – παράδειγμα 1:3 αντί για 1:2 και 2:8 αντί για 1:10. Εκτός από τα δύο αυτά υλικά, οι μεταχειρίσεις όπου υπερτερούσαν τα μέρη της μυκόρριζας (1:2 και 1:10), έδωσαν φυτά με ζωνρή ανάπτυξη (και στα τρία χαρακτηριστικά) κατά το αρχικό στάδιο ανάπτυξης πριν τη μεταφύτευση. Από την άλλη οι μεταχειρίσεις 10:1 και 1:10 της κοπριάς έδωσαν φυτά με καλά χαρακτηριστικά ανάπτυξης σε μεταγενέστερο στάδιο μετά τη μεταφύτευση, συγκεκριμένα οι τιμές της χλωροφύλλης και το ύψος των φυτών της 10:1 αναλογίας, όπου υπερτερεί το υπόστρωμα, και η διακλάδωση των φυτών της 1:10 αναλογίας της κοπριάς. Κατά τη μεταφύτευση, δεν ενδείκνυται να αλλάξουμε ούτε το βιοϋλικό (παράδειγμα να προσθέσουμε το βιοκομπόστ σε φυτά που σπαρθήκαν σε μεταχείριση μυκόρριζας), ούτε την αναλογία (παράδειγμα να μειώσουμε τα μέρη του κομπόστ και να αυξήσουμε τα μέρη του υποστρώματος, αλλά και το αντίστροφο), γιατί το φυτό δεν θα ξεπεράσει ποτέ το σοκ της μεταφύτευσης. Οπότε θα είχε ενδιαφέρον αν από την αρχή το βασικό μας υλικό ήταν το βιοκομπόστ και πειραματιζόμασταν με την ανάμειξη αυτού με το μίγμα τύρφης και περλίτη, με τη μυκόρριζα και την κοπριά. Δηλαδή να ερευνήσουμε την ικανότητα ριζοβολίας και τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης σε 7 συνολικά μεταχειρίσεις, οι οποίες θα ήταν οι εξής: 2:8 – τύρφη & περλίτης : βιοκομπόστ (που θα το λαμβάναμε υπόψη ως μάρτυρα), 1:3 – μυκόρριζα : βιοκομπόστ, 2:8 - μυκόρριζα : βιοκομπόστ και 8:2 - μυκόρριζα : βιοκομπόστ, 1:3 – κοπριά : βιοκομπόστ, 2:8 - κοπριά : βιοκομπόστ και 8:2 κοπριά : βιοκομπόστ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δόρδας Χ. (2012). *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία.
- Μόσχος Α.Δ. (2004). *Γονιμότητα Εδάφους – Θρέψη Φυτού και Λιπάσματα*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Μποζαμπαλίδης Α.Μ. (1993). *Βοτανική: Μορφολογία και ανατομία φυτών*. Θεσσαλονίκη: Art of Text.
- Πάνου-Φιλοθέου Ε. (2000). *Ειδική Γεωργία V. Μέρος II: Αρωματικά φυτά*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- Τζάμος Ε.Κ. (2007). *Φυτοπαθολογία*. Αθήνα: Σταμούλης.
- Τσικαλάς Π. (2003). *Θρέψη Φυτών – Γονιμότητα Εδαφών*. Ηράκλειο: ΤΕΙ Κρήτης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abubakari M., Moomin A., Nyarko G. and Dawuda M.M. (2017). Heavy metals concentrations and risk assessment of roselle and jute mallow cultivated with three compost types. *Annals of Agricultural Sciences*, 62: 145-150.
- Ahmadi T., Shabani L. and Sabzalian M.R. (2019). Improvement of drought tolerance of lemon balm, *Melissa officinalis* L. under the pre-treatment of LED lighting. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139: 548-557.
- Albuquerque J.A., de la Fuente C. and Pilar-Bernal M. (2011). Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 160: 15-22.
- Ali Shah F., Mahmood Q., Maroof Shah M., Pervez A. and Ahmad Asad S. (2014). Microbial ecology of anaerobic digesters: the key players of anaerobiosis. *The Scientific World*, 3852379.
- Baldi E., Amadei P., Pelliconi F. and Tosell M. (2015). Use of *Trichoderma* spp. and arbuscular mycorrhizal fungi to increase soil beneficial population of bacteria in a nectarine commercial orchard: effect on root growth nutrient acquisition and replanting disease. *Plant Nutrition*, 39:8, 1147-1155.
- Banani H., Roatti B., Ezzahi B., Giovannini O., Gessler G., Pertot I. and Perazzolli M. (2014). Characterization of resistance mechanisms activated by *Trichoderma harzianum*

T39 and benzothiadiazole to downy mildew in different grapevine cultivars. *Plant Pathology*, 63: 334-343.

Baricevic D., Sosa S., Della Loggia R., Tubaro A., Simonovska B., Krasna A. and Zupancic A. (2001). Topical anti-inflammatory activity of *Salvia officinalis* L. leaves: the relevance of ursolic acid. *Ethnopharmacology*, 75: 121-132.

Barlog P., Hlisnikovsky L. and Kunzova E. (2020). Effect of digestate on soil organic carbon and plant-available nutrient content compared to cattle slurry and mineral fertilization. *Agronomy*, 10030379.

Barros L., Duenas M., Dias M.I., Sousa M.J., Santos-Buelga C. and Ferreira I.C.F.R. (2013). Phenolic profiles of cultivated, in vitro cultured and commercial samples of *Melissa officinalis* L. infusions. *Food Chemistry*, 136: 1-8.

Bozin B., Mimica-Dukic N., Smojlik I. and Jovin E. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. *Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7879-7885.

Brant R.S., Pinto J.E.B.P., Rosal L.F., Alves C., Oliveira C. and Albuquerque C.J.B. (2011). Physiological and morphological adaptations of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivated under thermo-reflector shading nets at different luminous intensities. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai s . Botucatu*, 13(4): 467-474.

Burdick, E.M. (1965). Commercial humates for agriculture and the fertilizer industry. *Economic Botany* 19: 152-156.

Burke D.Y., Stark J.M., Roach S.L., Sen S.E. and Crowell P.L. (1997). Inhibition of pancreatic cancer growth by the dietary isoprenoids farnesol and geraniol. *Lipids*, 32: 151-156.

Carnat A.P., Carnat A., Fraisse D. and Lamaison J.L. (1998). The aromatic and polyphenolic composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L. subsp. *officinalis*) tea. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 72: 301-305.

Carvalho de Sousa A., Alviano D.S., Fitzgerald-Blank A., Alves P.B., Alviano C.S. and Rocha-Gattass C. (2004). *Melissa officinalis* L. essential oil: antitumoral and antioxidant activities. *Pharmacy and Pharmacology*, 56: 677-681.

Chaney R.L. (2012). Chapter two: Food safety issues for mineral and organic fertilizers. *Advances in Agronomy*, 117: 51-116.

Chang Y.C., Baker R., Kleifield O. and Chet I. (1986). Increased growth of plants in presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.*, 70: 145-148.

- Chatterjee R., Bandyopadhyay S. and Jana J.C. (2014). Evaluation of vegetable wastes recycled for vermicomposting and its response on yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3: 60.
- Dagostin S., Scharer H.J., Pertot I. and Tamm L. (2011). Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture ? *Crop Protection*, 30: 776-788.
- Dalzell H.W., Biddlestone A.J., Gray K.R. and Thurairajan A. (1987). *Soil Management: Compost Production and Use in Tropical and Subtropical Environments*. Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- Devecchi M. (2006). The use of *Labiatae* of ornamental interest in the design of parks and gardens. *ISHS Acta Horticulturae*, 723.3.
- Engel R., Szabo K., Abranko L., Rendes K., Fuzy A. and Takacs T. (2016). Effect of arbuscular fungi on the growth and the polyphenol profile of marjoram, lemon balm and marigold. *Agricultural and Food Chemistry*, 64(19): 3733-3742.
- Fallahi E., Fallahi B. and Seyedbagheri M.M. (2006). Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality and leaf mineral elements of 'Early Spur Rome' apple. *Plant Nutrition*, 29:10 1819-1833.
- Fernandez-Delgado Juarez M., Waldhuber S., Knapp A., Partl C., Gomez-Brandon M. and Insam H. (2013). Wood ash effects on chemical and microbiological properties of digestate- and manure- amended soils. *Biology and Fertility of Soils*, 49: 575-585.
- Finstein M.S., Miller F.C. and Strom P.F. (1986). Monitoring and evaluating composting process performance. *Water Pollution Control Federation*, 58: 272-278.
- Fraszczak B., Golcz A., Zawirska-Wojtasiak R. and Janowska B. (2014). Growth rate of sweet basil and lemon balm plants grown under fluorescent lamps and led modules. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 13(2): 3-13.
- Halifu S., Deng X., Song X. and Song R. (2019). Effect of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients and fungal community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings. *Forests*, 10: 758.
- van der Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwulf-Engel R., Boller T., Wiemken A. and Sanders I.R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69-72.
- Hooker J.E. and Black K.E. (1995). Arbuscular mycorrhizal fungi as components of sustainable soil-plant systems. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15(3/4): 201-212.

- Insam H., Gomez-Brandon M. and Ascher J. (2015). Manure-based biogas fermentation residues – Friend or foe of soil fertility? *Soil Biology & Biochemistry*, 84: 1-14.
- Janos P., Hula V., Bradnova P., Pilarova V. and Sedbauer J. (2009). Reduction and immobilization of hexavalent chromium with coal – and humate – based sorbents. *Science Direct, Chemosphere* 75: 732-738.
- Johansen A., Nielsen H.B., Hansen C.M., Andreasen C., Carlsgart J., Hauggard-Nielsen H. and Roepstoff A. (2013). Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. *Waste Management*, 33: 807-812.
- Kaluza-Haladyn A., Jamroz E. and Bekier J. (2019). Humic substances of differently matured composts produced from municipal solid wastes and biomass of energetic plants. *Scienco: Soil Science Annual*, vol. 70, no. 4: 292-297.
- Khiew A.A.M., Lew J.H., Shamsuddin M.R., Aqsha N., Mustapa N.I. and Narasimha M.M. (2020). Study on humic acid derived from EFB based vermicompost as biopesticide. IOP Conf. series: *Material Science and Engineering*, 736. 072012.
- Khristeva L.A. and Manoilova A.V. (1950). The nature of the direct effect of humic acid on the growth and development of plants. No 11. pp. 10-16. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19511900696> (ανάκτηση 20/3/2020).
- Klironomos J.N., McCune J., Hart M. and Neville J. (2000). The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. *Ecology Letters*, 3: 137-141.
- Kondo S., Tomiyama H., Rodyoung A., Okawa K., Ohara H., Sugaya S., Terahara N. and Hirai N. (2014). Abscisic acid metabolism and anthocyanin synthesis in grape skin are affected by light emitting diode (LED) irradiation at night. *Plant physiology*, 171: 823-829.
- Koo B-J., Adriano D.C., Bolan N.S. and Barton C.D. (2005). Root exudates and microorganisms. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 421-428.
- Lakusic B.S., Ristic M.S., Slavkovska V.N., Stojanovic D.Lj. and Lakusic D. (2013). Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different development stages. *Botanica Serbica*, 37(2): 127-139.
- Lazarovits G. (2001). Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Plant Pathology*, 23: 1-7.
- Li Y., Fang F., Wei J., Wu X., Cui R., Li G., Zheng F. and Tan D. (2019). Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three – year experiment. *Scientific Reports*, Naturesearch 9: 12014.

- Longaray Delamare A.P., Moschen-Pistorello I.T., Artico L., Atti-Serafini L. and Echeverrigaray S. (2007). Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chemistry*, 100: 603-608.
- Luis J.C., Marin-Perez R. and Valdez-Gonzalez F. (2007). UV-B radiation effects on foliar concentrations of rosmarinic and carnosic acids in rosemary plants. *Food Chemistry*, 101: 1211-1215.
- Lu. Y. and Foo L.Y. (2001). Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry*, 75: 197-202.
- Ma G., Zhang L., Kato M., Yamawaki K., Kiriiwa Y., Yahata M., Ikoma Y. and Matsumoto H. (2012). Effect of blue and red LED light irradiation of β -cryptoxanthin accumulation in the flavedo of Citrus fruits. *Agricultural and Food Chemistry*, 60: 197-201.
- Mac Carthy P., Malcolm R.L., Clapp C.E. and Bloom P.R. (1990). An introduction to soil humic substances: Chapter 1. *ASA, CSSA and SSSA Books*, p. 1-10.
- Maniadakis K., Lasaridi K., Manios Y., Kyriacou M. and Manios T. (2004). Integrated waste management through producers and consumers education: Composting of vegetable crop residues for reuse in cultivation. *Environmental Science and Health*, 39:1, 169-183.
- Martins J.R., Alvarenga A.A., Castro E.M., Pinto J.E.B.P. and Silva A.P.O. (2008). Avaliacao do crescimento e do teor de oleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais . Botucatu*, 10(4): 102-107.
- Medina-Martinez A., Roldan A., Albacete A. and Pascual J.A. (2011). The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. *Phytochemistry*, 72: 223-229.
- Meftahizade H., Sargsyan E. and Moradkhani H. (2010). Investigation of antioxidant capacity of *Melissa officinalis* L. essential oils. *Medicinal Plant Research*, 4(14): 1391-1395.
- Mehta C.M., Palni U., Franke-Whittle I.H. and Sharma A.K. (2014). Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Management*, 34: 607-622.
- Menge J.A., Davis R.M., Johnson E.L.V. and Zentmyer G.A. (1978). Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. *Hilgardia*, 32(4): 6-7.
- Mihajlov L., Ilieva V., Markova N. and Zlatkovski V. (2013). Organic cultivation of lemon balm (*Melissa officinalis*) in Macedonia. *Agricultural Science and Technology B*, 3: 769-775.

- Miller R.M. and Jastrow J.D. (1990). Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(5): 579-584.
- Miraj S., Azizi N. and Kiani S. (2016). A review of chemical components and pharmacological effects of *Melissa officinalis* L. *Der Pharmacia Lettre*, 8(6): 229-237.
- Moller K. and Muller T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, 3: 242-257.
- Moore J.C., De Vries W., Lipp M., Griffiths J.C., Abernethy D.R. (2010). Total protein methods and their potential utility to reduce the risk of food protein adulteration. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 9(4): 330-357.
- Moradkhani H., Sargsyan E., Bibak H., Naseri B., Sadat-Hosseini M., Fayazi-Barjin A. and Meftahizade H. (2010). *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: A review. *Medicinal Plants Research*, 4(25): 2753-2759.
- Mylonas V.A. and McCants C.B. (1980). Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco. 2. Tobacco growth and ion uptake. *Plant Nutrition* 2:3 377-393.
- Nkoa R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34: 473-492.
- Noble R. and Roberts S.J. (2004). Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: a review. *Plant Pathology*, 53: 548-568.
- Oliveira G.C., Vieira W.L., Bertolli S.C. and Pacheco A.C. (2015). Photosynthetic behavior, growth and essential oil production of *Melissa officinalis* L. cultivated under colored shade nets. *Agricultural Research*, 76(1).
- de Oliveira T.B., Padilha Lopes V.C., Barbosa F.N., Ferro M., Meirelles L.A., Sette L.D., Gomes E. and Rodrigues A. (2016). Fungal communities in pressmud composting harbour beneficial and detrimental fungi for human welfare. *Microbiology*, 162: 1147-1156.
- Oren-Shamir A., Gussakovsky E., Eugene E., Nissim-Levi A., Ratner K., Ovadia R., Giller Y. and Shahak Y. (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Horticultural Science & Biotechnology*, 76(3): 353-361.
- Ortas I., Ortakci D. and Kaya Z. (2002). Mycorrhizal dependency of sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. *Plant Nutrition*, 25: 6, 1263-1279.
- Ortas I. (2010). Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. *Agricultural Research*, 1: 116-122.

- Pane C., Celano G., Piccolo A., Villeco D., Spaccini R., Palese A.M. and Zaccardeli M. (2015). Effects of on-farm composted tomato residues on soil biological activity and yields in a tomato cropping system. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2:4.
- Pane C., Spaccini R., Piccolo A., Scala F. and Bonanomi G. (2011). Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control*, 56: 115-124.
- Pettit, E.R. (2013). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin. College station: *Texas A & M University*, p. 5-20.
- Potch E.M. and Much P. (2004). Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plants. *Research Gate*, 321966512.
- Poveda J., Hermosa R., Monte E. and Nicolas C. (2019). *Trichoderma harzianum* favours the access of arbuscular mycorrhizal fungi to non-host Brassicaceae roots and increases plant productivity. *Scientific Reports*, 9: 11650.
- Przygocka-Cyna K. and Grzebisz W. (2020). The multifactorial effect of digestate on the availability of soil elements and grain yield and its mineral profile – the case of maize. *Agronomy*, 10(2): 275.
- Richard T.L. (1992). Municipal solid waste composting: physical and biological processing. *Biomass and Bioenergy*, 3: 163-180.
- Rilling M.C. and Mummey D.L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1): 41-53.
- Rynk R., van de Kamp M., Wilson G.B., Singley M.E., Richard T.L., Kolega J.J., Gouin F.R., Laliberty L.J., Kay D., Murphy D.W., Hoitink H.A.J. and Brinton W.F. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Ithaca: Plant and Life Sciences Publishing (PALS).
- Saeb K. and Gholamrezaee S. (2012). Variation of essential composition of *Melissa officinalis* L. leaves during different stages of plant growth. *Tropical Biomedicine*, S547-S549.
- Saez-Plaza P., Michalowski T., Navas M.J., Asuero A.G., and Wybraniec S. (2013). An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Early history, chemistry of the procedure and titrimetric finish. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 43.
- Sladky, Z. (1959). The application of extracted humic substances to overground parts of plants. *Biologia Plantarum (PRAHA)*, 1 (3): 199-204.
- Srivastava R., Khalid A., Singh U.S. and Sharma A.K. (2009). Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation

against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological Control*, 53: 24-31.

Stevenson, F.J. (1982). *Humus chemistry: Genesis Composition, Reactions*. (2nd ed). New York: John Wiley & Sons.

Sturmer B., Pfundtner E., Kirchmeyr F and Uschnig S. (2020). Legal requirements for digestate as fertilizer in Austria and the European Union compared to actual technical parameters. *Environmental Management*, 253: 109756.

Suthar B.A. and Patel R.S. (2014). A taxonomic study of Lamiaceae (Mint family) in Rajpipla (Gujarat, India). *World Applied Sciences*, 32(5): 766-768.

Tratsch M.V.M., Ceretta C.A., da Silva L.C., Ferreira P.A.A. and Brunetto G. (2019). Composition and mineralization of organic compost derived from composting of fruit and vegetable waste. *SciELO Analytics*, 2177-3491.

Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S. and Nardi S. (2010). Humic substances biological activity at the plant – soil interface. *Plant Signaling & Behavior*, 5:6 635-643.

Tsevtkov I., Dzhambazova T., Kondakova V. and Batchvarova R. (2014). Mycorrhizal fungi *Glomus* spp. and *Trichoderma* spp. in viticulture (review). *Agricultural Science*, 20(4): 849-855.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. E.P.A.) (Office Of Solid Waste and Emergency Response). Beyea J., Cannon C., Diddy S., Finstein M., Henry C., Joyal F., Macy J., Monk R., Razvi A., Richard T., Saulter C., Smith W. and Wirth R. *Composting. Yard and Municipal Solid Waste*. Lancaster. Pennsylvania: Technomic Publishing Company Inc.

Valentinuzzi F., Gavani L., Porfido C., Terzano R., Pii Y., Cesco S., Marzadori C. and Mimmo T. (2020). The fertilizing potential of manure-based biogas fermentation residues: pelleted vs. liquid digestate. *Heliyon*, e03325.

Verma R.S., Padalia R.C. and Chauhan A. (2015). Harvesting season and plant part dependent variations in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. grown in northern India. *Herbal Medicine*, 5: 165-171.

Wang C., Li X., Zhou J., Wang G. and Dong Y. (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of cucumber plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39: 3-4, 499-509.

Wang S. and Muligan C.N. (2008). Enhanced mobilization of arsenic and heavy metals from mine tailings by humic acid. *Science Direct, Chemosphere* 74: 274-279.

- Wei F., Zhao L., Xu X., Feng H., Shi Y., Deakin G., Feng Z. and Zhu H. (2019). Cultivar-dependent variation of the cotton rhizosphere and endosphere microbiome under field conditions. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1659.
- Weir C.C. and Soper R.J. (1962). Interaction of phosphates with ferric organic complexes. *University of Manitoba*, 87: 211-226.
- Weitzel C. and Petersen M. (2010). Enzymes of phenylpropanoid metabolism in the important medicinal plant *Melissa officinalis* L. *Planta*, 232: 731-742.
- Yedidia I., Benhamou N. and Chet I. (1998). Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(3): 1061-1070.
- Yorio N.C., Goins G.D., Kagie H.R., Wheeler R.M. and Sager J.C. (2001). Improving spinach, radish and lettuce growth under red-light emitting diodes (LEDs) with blue-light supplementation. *Hort Science*, 36(2): 380-383.
- Zervoudakis G., Salahas G., Kaspiris G. and Konstantopoulou E. (2012). Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(1): 1516-8913.
- Zhang F., Zhu Z., Yang X., Ran W. and Shen Q. (2013). *Trichoderma harzianum* T-35 significantly affects cucumber root exudates and fungal community in the cucumber rhizosphere. *Applied Soil Ecology*, 72: 41-48.
- Zieminski K and Frac M. (2012). Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms. *African Journal of Biotechnology*, vol 11 (18), pp. 4127-4139.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Πίνακας Α.1. Μετρήσεις Ολικού Αζώτου % και Αζωτούχων Ουσιών (Πρωτεϊνών) %

			Ολικό Άζωτο %			Αζωτούχες Ουσίες % (Πρωτεΐνη)		
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΜΕΙΞΙΣ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	0,0138	0,0000	0,0256	0,0866	0,0000	0,1605
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0961	0,0777	0,0777	0,6005	0,4861	0,4861
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0392	0,0388	0,0259	0,2453	0,2430	0,1620
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	0,0132	0,0133	0,0543	0,0825	0,0833	0,3394
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0420	0,0396	0,0392	0,2625	0,2476	0,2453
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0777	0,0533	0,0642	0,4861	0,3333	0,4014
	10:1	ΚΟΠΡΙΑ	0,0533	0,0777	0,0808	0,3333	0,4861	0,5048
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,0266	0,0269	0,0403	0,1666	0,1682	0,2524
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0831	0,0544	0,0686	0,5198	0,3398	0,4289
ΑΥΤΟΥΣΙΑ	Αυτούσιο	ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Αυτούσιο	ΚΟΠΡΙΑ	0,1426	0,1223	0,1296	0,8912	0,7646	0,8102
	Αυτούσιο	ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	0,1087	0,0800	0,1098	0,6796	0,5000	0,6863
	Αυτούσιο	ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	0,0533	0,1056	0,0518	0,3333	0,6604	0,3240

Πίνακας Α.2. Μετρήσεις Οργανικής Ουσίας %

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ %					
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	65,34	61,49	59,57
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	66,3	65,6	63,72
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	52,06	48,54	46,32
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	56,39	62,63	61,12
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	64,11	64,34	62,21
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	46,28	44,94	43,58
	10:1	ΚΟΠΡΙΑ	69	68,11	66,4
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	71,68	69,76	64,31
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	66,22	66,11	61,89
ΑΥΤΟΥΣΙΑ		ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	68,6	69,14	64,52
		ΚΟΠΡΙΑ	60,26	60,32	56,05
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	61,71	62,44	61,46
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	50,54	49,42	47,35

Πίνακας Α.3. Μετρήσεις Υγρασίας Εδάφους %

ΥΓΡΑΣΙΑ %					
			ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ	1:2	ΚΟΠΡΙΑ	34,8236	35,0058	35,2205
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	60,2464	60,6221	61,627
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	45,4446	47,1905	47,4071
	1:10	ΚΟΠΡΙΑ	49,6652	49,5026	49,4208
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	65,5955	65,7158	65,9214
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	43,9336	42,9939	49,1947
	10:01	ΚΟΠΡΙΑ	59,6644	58,1519	59,1035
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	61,2252	61,4702	62,055
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	56,0767	56,1807	56,5746
ΑΥΤΟΥΣΙΑ		ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ	47,9166	32,0652	56,2745
		ΚΟΠΡΙΑ	32,5053	32,4004	32,373
		ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ	61,759	62,3181	62,4187
		ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ	30,7335	30,3572	30,299

Πίνακας Α.4. Μετρήσεις Συγκέντρωσης Φωσφόρου

	ΕΝΔΕΙΞΗ ΦΩΤΟΜΕΤΡΟΥ(mg/L)	ΑΡΑΙΩΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (mg/L)
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ - 1:10			
ΔΕΙΓΜΑ 1	2,36	x4	9,44
ΔΕΙΓΜΑ 2	2,92	x4	11,68
ΔΕΙΓΜΑ 3	1,75	x4	7,00
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ - 10:1			
ΔΕΙΓΜΑ 1	3,15	x4	12,60
ΔΕΙΓΜΑ 2	3,91	x4	15,64
ΔΕΙΓΜΑ 3	2,94	x4	11,76
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ - 1:2			
ΔΕΙΓΜΑ 1	2,11	x4	8,44
ΔΕΙΓΜΑ 2	2,16	x4	8,64
ΔΕΙΓΜΑ 3	2,50	x4	10,00
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ - 1:10			
ΔΕΙΓΜΑ 1	1,56	x3	4,68
ΔΕΙΓΜΑ 2	1,70	x3	5,10
ΔΕΙΓΜΑ 3	2,51	x3	7,53

ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ - 10:1			
ΔΕΙΓΜΑ 1	3,62	x3	10,86
ΔΕΙΓΜΑ 2	3,72	x3	11,16
ΔΕΙΓΜΑ 3	3,67	x3	11,01
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ - 1:2			
ΔΕΙΓΜΑ 1	1,02	x3	3,06
ΔΕΙΓΜΑ 2	1,58	x3	4,74
ΔΕΙΓΜΑ 3	1,34	x3	4,02
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΚΟΠΡΙΑ - 1:10			
ΔΕΙΓΜΑ 1	3,44	x4	13,76
ΔΕΙΓΜΑ 2	3,65	x4	14,60
ΔΕΙΓΜΑ 3	3,95	x4	15,80
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΚΟΠΡΙΑ - 10:1			
ΔΕΙΓΜΑ 1	4,67	x4	18,68
ΔΕΙΓΜΑ 2	4,69	x4	18,76
ΔΕΙΓΜΑ 3	4,25	x3	12,75
ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ : ΚΟΠΡΙΑ - 1:2			
ΔΕΙΓΜΑ 1	4,92	x4	19,68
ΔΕΙΓΜΑ 2	3,56	x4	14,24
ΔΕΙΓΜΑ 3	3,97	x4	15,88
ΜΑΡΤΥΡΑΣ (ΤΥΡΦΗ & ΠΕΡΛΙΤΗΣ - ΑΥΤΟΥΣΙΟ)			
ΔΕΙΓΜΑ 1	2,45	x4	9,80
ΔΕΙΓΜΑ 2	2,33	x4	9,32
ΔΕΙΓΜΑ 3	4,35	x4	17,40
ΒΙΟΚΟΜΠΟΣΤ ΑΥΤΟΥΣΙΟ			
ΔΕΙΓΜΑ 1	0,84	x3	2,52
ΔΕΙΓΜΑ 2	1,06	x3	3,18
ΔΕΙΓΜΑ 3	1,37	x3	4,11
ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ ΑΥΤΟΥΣΙΑ			
ΔΕΙΓΜΑ 1	1,68	x4	6,72
ΔΕΙΓΜΑ 2	1,52	x4	6,08
ΔΕΙΓΜΑ 3	2,84	x3	8,52
ΚΟΠΡΙΑ ΑΥΤΟΥΣΙΑ			

ΔΕΙΓΜΑ 1	4,27	χ3	12,81
ΔΕΙΓΜΑ 2	4,28	χ3	12,84
ΔΕΙΓΜΑ 3	4,08	χ3	12,24

Πίνακας Α.5. Μετρήσεις pH των υλικών

	Βάρος (g)	Νερό (mL)	pH	°C
Τύρφη & περλίτης	100,17	400	5,09	15,5
Κοπριά	100	250	7,25	15,2
Βιοκομπόστ	100,008	250	7,62	16,3
Μυκόρριζα	100,02	250	6,3	15,2

Πίνακας Α.6. Σάλβια - Φυτρωτική Ικανότητα – Αριθμοί και Ποσοστά

Σάλβια	Αναλογίες			Τύρφη & περλίτης	Σύνολα	Ποσοστό %
				0	0	0,00
	1:2	Μάρτυρας	0	1	0,00	
		Κοπριά	0		9,09	
		Βιοκομπόστ	1		0,00	
		Μυκόρριζα	0		0,00	
	1:10	Κοπριά	0	1	0,00	
		Βιοκομπόστ	1		9,09	
		Μυκόρριζα	0		0,00	
	10:1	Κοπριά	1	1	9,09	
		Βιοκομπόστ	0		0,00	
Μυκόρριζα		0	0,00			
				3		

Πίνακας Α.7. Μελισσόχορτο - Φυτρωτική Ικανότητα – Αριθμοί και Ποσοστά

Μελισσόχορτο	Αναλογίες			Τύρφη & περλίτης	Σύνολα	Ποσοστό %
				1:0	Μάρτυρας	6
Αναλογίες	1:2	Κοπριά	1	12	9,09	
		Βιοκομπόστ	8		72,73	
		Μυκόρριζα	3		27,27	
	1:10	Κοπριά	3	11	27,27	
		Βιοκομπόστ	6		54,55	
		Μυκόρριζα	2		18,18	
	10:1	Κοπριά	2	10	18,18	
		Βιοκομπόστ	8		72,73	
		Μυκόρριζα	0		0,00	
				39		

Πίνακας Α.8. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 1^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη -1η αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
10 τύρφη & περλίτης : 1 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	1,18	0,8	0,18	0,7200
2	1,23	0,79	1,62	1,2133
3	2,58	1,73	0,83	1,7133
4	1,59	1,47	2,51	1,8567
5	3,66	2,43	2,44	2,8433
6	3,39	3,59	2,2	3,0600
7	2,19	2,61	2	2,2667
8	1,21	1,37	1,67	1,4167

Χλωροφύλλη -1η αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 10 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	1,57	1,62	1,61	1,6000
2	2,7	1,96	3,86	2,8400

3	1,98	2,45	2,21	2,2133
4	1,95	2,87	2,12	2,3133
5	2,12	2,37	2,62	2,3700
6	2,84	2,3	1,83	2,3233

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	1,66	1,6	1,78	1,6800
2	2,77	1,66	2,97	2,4667
3	2,52	3,68	2,24	2,8133
4	2,75	2,28	2,33	2,4533
5	2,43	1,76	2,49	2,2267
6	2,08	3,27	2,62	2,6567
7	1,84	2,13	1,73	1,9000
8	3,91	4,53	3,73	4,0567

Πίνακας Α.8. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
10 τύρφη & περλίτης : 1 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,13	2,2	1,91	2,0800
2	1,83	2,16	2,08	2,0233

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 10 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,75	3,41	2,82	2,9933
2	2,61	3,49	2,57	2,8900
3	2,55	2,67	3,57	2,9300

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,12	2,74	2,24	2,3667

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
Μάρτυρας (τύρφη & περλίτης)				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	1,23	1,27	1,25	1,2500
2	1,59	1,82	2	1,8033
3	2,46	1,87	1,99	2,1067
4	1,88	2,68	2,29	2,2833
5	2,63	2,23	2,7	2,5200
6	4,37	4,38	4,51	4,4200

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Μυκόρριζα				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης: 10 μυκόρριζα				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	3,78	4,56	4,77	4,3700
2	2,76	3,66	3,26	3,2267

Πίνακας Α.8. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Compost 3				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 μυκόρριζα				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,52	1,59	2,64	2,2500
2	5,16	4,78	5,03	4,9900
3	3,26	2,34	3,03	2,8767

Πίνακας Α.9. Σάλβια – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 1^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
--	--	--	--	--

Σάλβια				
	1 τύρφη & περλίτης : 10 βιοκομπόστ			
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	9,65	1,03	6,64	5,7733

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Σάλβια				
	1 τύρφη & περλίτης : 2 βιοκομπόστ			
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	5,91	6,34	6,42	6,2233

Χλωροφύλλη – 1 ^η Αξιολόγηση				
Σάλβια				
	10 τύρφη & περλίτης : 1 κοπριά			
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	4,99	6,61	5,49	5,6967

Πίνακας Α.10. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 2^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη - 2η αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
	10 τύρφη & περλίτης : 1 βιοκομπόστ			
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,04	0,54	1,49	1,3567
2	3,23	3,76	2,49	3,1600
3	4,26	5,01	2,38	3,8833
4	1,18	1,09	2,53	1,6000
5	0,4	1,85	1,75	1,3333

6	1,53	0,5	1,67	1,2333
7	2,4	4,25	5,48	4,0433
8	1,08	1,66	2,08	1,6067

Χλωροφύλλη - 2η αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 10 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	4,17	7,84	6,12	6,0433
2	7,64	9,05	6,29	7,6600
3	3,96	8,3	5,96	6,0733
4	7,57	7,19	6,61	7,1233
5	4,88	9,89	4,84	6,5367
6	6,78	5,23	6,64	6,2167

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	10,4	6,2	10,7	9,1000
2	10	7,97	5,64	7,8700
3	8,63	8,85	7,81	8,4300
4	7,49	3,85	5,5	5,6133
5	7,3	9,37	5,41	7,3600
6	8,58	5,94	4,35	6,2900
7	8,55	6,53	5,41	6,8300
8	8,22	7,25	9,65	8,3733

Πίνακας Α.10. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
10 τύρφη & περλίτης : 1 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	8,24	7,47	7,7	7,8033

2	8,79	7,49	9,92	8,7333
---	------	------	------	--------

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 10 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	3,43	4,01	6,9	4,7800
2	5,39	5,47	2,56	4,4733
3	4,54	3,99	3,35	3,9600

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 σκοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	1,5	1,01	2,14	1,5500

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Μελισσόχορτο				
Μάρτυρας (τύρφη & περλίτης)				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	4,41	7,66	8,36	6,8100
2	7,65	8,55	7,21	7,8033
3	7,2	4,32	6,64	6,0533
4	8,26	5,13	9,53	7,6400
5	7,43	9,52	4,69	7,2133
6	6,69	7,04	7,84	7,1900

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Compost 3				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 10 μυκόρριζα				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	4,08	3,4	4,53	4,0033
2	3,41	6,54	5,4	5,1167

Πίνακας Α.10. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
--	--	--	--	--

Compost 3				
Μελισσόχορτο				
1 τύρφη & περλίτης : 2 μυκόρριζα				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	2,52	3,45	9,41	5,1267
2	8,21	6,35	2,77	5,7767
3	9,3	3,1	10,6	7,6667

Πίνακας Α.11. Σάλβια – Μετρήσεις Χλωροφύλλης – 2^η Αξιολόγηση

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Σάλβια				
1 τύρφη & περλίτης : 10 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	6,02	5,36	6	5,7933

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Σάλβια				
1 τύρφη & περλίτης : 2 βιοκομπόστ				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	4,35	6,2	10,2	6,9167

Χλωροφύλλη – 2 ^η Αξιολόγηση				
Σάλβια				
10 τύρφη & περλίτης : 1 κοπριά				
Φυτά	1η Μέτρηση	2η Μέτρηση	3η Μέτρηση	Μέσος όρος
1	7,13	10,1	8,66	8,6300

Πίνακας Α.12. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Διακλαδώσεων – 1^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων - 1η Αξιολόγηση		
Μελισσόχορτο		
Μυκόρριζα		
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης :10 Μυκόρριζα	1 Τύρφη & Περλίτης :2 Μυκόρριζα
1	5	5
2	4	5
3		5

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων - 1η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Βιοκομπόστ			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ
1	2	4	3
2	2	5	3
3	2	5	5
4	3	3	4
5	3	4	4
6	2	4	3
7	2		3
8	3		3

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων - 1η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Κοπριά			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Κοπριά
1	3	3	2
2	3	4	
3		3	

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων - 1η Αξιολόγηση	
Μελισσόχορτο	
Φυτά	Μάρτυρας
1	3
2	3
3	3
4	4
5	2

6	3
---	---

Πίνακας Α.13. Σάλβια – Μετρήσεις Διακλαδώσεων – 1^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 1η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
	Βιοκομπόστ		Κοπριά
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά
1	4	4	3

Πίνακας Α.14. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Διακλαδώσεων – 2^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων		
Μελισσόχορτο – 2 ^η Αξιολόγηση		
	Μυκόρριζα	
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Μυκόρριζα	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Μυκόρριζα
1	6	6
2	5	7
3		6

Αριθμός Γονάτων – Διακλαδώσεων – 2 ^η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
	Βιοκομπόστ		
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ
1	2	6	4
2	3	7	4
3	3	6	6
4	3	4	3
5	3	6	4
6	3	6	5
7	2		4
8	3		6

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων 2η Αξιολόγηση			
--	--	--	--

Μελισσόχορτο			
Κοπριά			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Κοπριά
1	6	6	3
2	5	7	
3		6	

Πίνακας Α.14. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Διακλαδώσεων – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων 2η Αξιολόγηση	
Μελισσόχορτο	
Φυτά	Μάρτυρας
1	4
2	6
3	5
4	6
5	4
6	7

Πίνακας Α.15. Σάλβια – Μετρήσεις Διακλαδώσεων – 2^η Αξιολόγηση

Αριθμός Γονάτων - Διακλαδώσεων - 2η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
	Βιοκομπόστ		Κοπριά
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά
1	6	5	5

Πίνακας Α.16. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Ύψους – 1^η Αξιολόγηση

Ύψος (cm) - 1η Αξιολόγηση		
Μελισσόχορτο		
Μυκόρριζα		
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Μυκόρριζα	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Μυκόρριζα
1	6	8
2	8,5	7

3	9
---	---

Πίνακας Α.16. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Ύψους – 1^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Ύψος (cm) - 1η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Βιοκομπόστ			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ
1	1	4	3
2	2	5	3
3	2	6	7
4	2,5	4	6
5	2,5	4	4
6	3	5	4
7	2,5		4
8	1,5		3

Ύψος (cm) - 1η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Κοπριά			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Κοπριά
1	3	4	2
2	5	4	
3		2	

Ύψος (cm) - 1η Αξιολόγηση	
Μελισσόχορτο	
Φυτά	Μάρτυρας
1	3
2	3
3	4
4	5
5	2
6	4

Πίνακας Α.17. Σάλβια – Μετρήσεις Ύψους – 1^η Αξιολόγηση

Ύψος (cm) - 1η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
	Βιοκομπόστ		Κοπριά
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Κοπριά
1	9	6	6

Πίνακας Α.18. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Ύψους – 2^η Αξιολόγηση

Ύψος (cm) - 2η Αξιολόγηση		
Μελισσόχορτο		
	Μυκόρριζα	
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Μυκόρριζα	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Μυκόρριζα
1	6	9
2	8,50	10,5
3		9,5

Ύψος (cm) - 2η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
	Βιοκομπόστ		
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης : 1 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ
1	2	10	8
2	2	10	5
3	2,5	7	6
4	3	9	6
5	2	6	6
6	2,5	10,5	7
7	2		6
8	2,5		5

Πίνακας Α.18. Μελισσόχορτο – Μετρήσεις Ύψους – 2^η Αξιολόγηση (συνέχεια)

Ύψος (cm) - 2η Αξιολόγηση			
Μελισσόχορτο			
Κοπριά			
Φυτά	10 Τύρφη & Περλίτης: 1 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Κοπριά	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Κοπριά
1	11	8	2
2	9	9	
3		7	

Ύψος (cm) - 2η Αξιολόγηση	
Μελισσόχορτο	
Φυτά	Μάρτυρας
1	10
2	10
3	6
4	11
5	7
6	10

Πίνακας Α.17. Σάλβια – Μετρήσεις Ύψους – 2^η Αξιολόγηση

Ύψος (cm) - 2η Αξιολόγηση			
Σάλβια			
Βιοκομπόστ			Κοπριά
Φυτά	1 Τύρφη & Περλίτης : 10 Βιοκομπόστ	1 Τύρφη & Περλίτης : 2 Βιοκομπόστ	10 Τύρφη & Περλίτης: 1 Κοπριά
1	10	8,5	8

**Πίνακας Α.18. Ολικό Άζωτο % - Βελτιωτικά εδάφους - Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων
– Multiple comparisons**

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Μοίρες

	(I) Βελτιωτικά εδάφους (J) εδάφους	Βελτιωτικά	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Τύρφη & Περλίτης	Κοπριά	-1,252056*	,2417808	,000	-1,907128	-,596985
		Βιοκομπόστ	-1,404480*	,2417808	,000	-2,059552	-,749409
		Μυκόρριζα	-1,377992*	,2417808	,000	-2,033064	-,722921
	Κοπριά	Τύρφη & Περλίτης	1,252056*	,2417808	,000	,596985	1,907128
		Βιοκομπόστ	-,152424	,1529156	,752	-,566728	,261879
		Μυκόρριζα	-,125936	,1529156	,843	-,540240	,288368
	Βιοκομπόστ	Τύρφη & Περλίτης	1,404480*	,2417808	,000	,749409	2,059552
		Κοπριά	,152424	,1529156	,752	-,261879	,566728
		Μυκόρριζα	,026488	,1529156	,998	-,387816	,440792
	Μυκόρριζα	Τύρφη & Περλίτης	1,377992*	,2417808	,000	,722921	2,033064
		Κοπριά	,125936	,1529156	,843	-,288368	,540240
		Βιοκομπόστ	-,026488	,1529156	,998	-,440792	,387816

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,140.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

**Πίνακας Α.19. Ολικό Άζωτο % - Αναλογίες ανάμειξης - Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων
– Multiple comparisons**

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Μοίρες

	(I) ανάμειξης	Αναλογίες (J) ανάμειξης	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1:2	1:10		-,081027	,1765717	,967	-,559423	,397370
		10:1		-,257405	,1765717	,474	-,735802	,220992
		Αυτούσια κατάσταση		-,261229	,1651677	,403	-,708728	,186270
	1:10	1:2		,081027	,1765717	,967	-,397370	,559423
		10:1		-,176379	,1765717	,751	-,654775	,302018
		Αυτούσια κατάσταση		-,180202	,1651677	,697	-,627701	,267297
	10:1	1:2		,257405	,1765717	,474	-,220992	,735802
		1:10		,176379	,1765717	,751	-,302018	,654775
		Αυτούσια κατάσταση		-,003823	,1651677	1,000	-,451323	,443676
	Αυτούσια κατάσταση	1:2		,261229	,1651677	,403	-,186270	,708728
		1:10		,180202	,1651677	,697	-,267297	,627701
		10:1		,003823	,1651677	1,000	-,443676	,451323

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,140.

Πίνακας Α.20. Υγρασία εδάφους – Οργανική Ουσία εδάφους – Βελτιωτικά εδάφους - Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple Comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I)	Βελτιωτικά (J)	Βελτιωτικά	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
							Lower Bound	Upper Bound	
Υγρασία2	Tukey HSD	Κοπριά	Βιοκομπόστ	-10,8199*	1,51777	,000	-14,9321	-6,7077	
			Μυκόρριζα	-,4130	1,51777	,993	-4,5252	3,6991	
			Τύρφη & περλίτης	-,8270	2,39980	,986	-7,3289	5,6749	
		Βιοκομπόστ	Κοπριά	10,8199*	1,51777	,000	6,7077	14,9321	
			Μυκόρριζα	10,4069*	1,51777	,000	6,2947	14,5191	
			Τύρφη & περλίτης	9,9929*	2,39980	,001	3,4910	16,4948	
		Μυκόρριζα	Κοπριά	-,4130	1,51777	,993	-3,6991	4,5252	
			Βιοκομπόστ	-10,4069*	1,51777	,000	-14,5191	-6,2947	
			Τύρφη & περλίτης	-,4140	2,39980	,998	-6,9159	6,0880	
	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	-,8270	2,39980	,986	-5,6749	7,3289		
		Βιοκομπόστ	-9,9929*	2,39980	,001	-16,4948	-3,4910		
		Μυκόρριζα	-,4140	2,39980	,998	-6,0880	6,9159		
	Οργανική 2	Tukey HSD	Κοπριά	Βιοκομπόστ	-1,5293	,78811	,232	-3,6645	,6060
				Μυκόρριζα	5,9590*	,78811	,000	3,8238	8,0943
				Τύρφη & περλίτης	-3,1035	1,24611	,081	-6,4796	,2727
			Βιοκομπόστ	Κοπριά	1,5293	,78811	,232	-,6060	3,6645
				Μυκόρριζα	7,4883*	,78811	,000	5,3530	9,6235
				Τύρφη & περλίτης	-1,5742	1,24611	,592	-4,9504	1,8019
Μυκόρριζα			Βιοκομπόστ	-5,9590*	,78811	,000	-8,0943	-3,8238	
			Τύρφη & περλίτης	-7,4883*	,78811	,000	-9,6235	-5,3530	
			Τύρφη & περλίτης	-9,0625*	1,24611	,000	-12,4387	-5,6864	
Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	3,1035	1,24611	,081	-,2727	6,4796			
	Βιοκομπόστ	1,5742	1,24611	,592	-1,8019	4,9504			
			Μυκόρριζα	9,0625*	1,24611	,000	5,6864	12,4387	

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3,727.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.21. Υγρασία εδάφους – Οργανική Ουσία εδάφους – Αναλογίες ανάμειξης - Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple Comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I)	Αναλογίες (J)	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
							Lower Bound	Upper Bound	
Υγρασία2	Tukey HSD	1:2	1:10	-3,5386	1,75257	,202	-8,2869	1,2097	
			10:1	-6,6133*	1,75257	,004	-11,3617	-1,8650	
			Αυτούσια κατάσταση	2,9066	1,63937	,305	-1,5350	7,3483	
		1:10	1:2	3,5386	1,75257	,202	-1,2097	8,2869	
			10:1	-3,0747	1,75257	,313	-7,8231	1,6736	
			Αυτούσια κατάσταση	6,4452*	1,63937	,002	2,0036	10,8869	
	10:1	1:2	6,6133*	1,75257	,004	1,8650	11,3617		
		1:10	3,0747	1,75257	,313	-1,6736	7,8231		
		Αυτούσια κατάσταση	9,5199*	1,63937	,000	5,0783	13,9616		
		Αυτούσια κατάσταση	1:2	-2,9066	1,63937	,305	-7,3483	1,5350	
			1:10	-6,4452*	1,63937	,002	-10,8869	-2,0036	
			10:1	-9,5199*	1,63937	,000	-13,9616	-5,0783	
	Οργανική 2	Tukey HSD	1:2	1:10	1,5123	,91003	,360	-,9533	3,9779
				10:1	-4,8899*	,91003	,000	-7,3555	-2,4243
				Αυτούσια κατάσταση	-,3194	,85125	,982	-2,6258	1,9869
			1:10	1:2	-1,5123	,91003	,360	-3,9779	,9533
				10:1	-6,4022*	,91003	,000	-8,8678	-3,9366
				Αυτούσια κατάσταση	-1,8318	,85125	,159	-4,1381	,4746
10:1		1:2	4,8899*	,91003	,000	2,4243	7,3555		
		1:10	6,4022*	,91003	,000	3,9366	8,8678		
		Αυτούσια κατάσταση	4,5705*	,85125	,000	2,2641	6,8768		
		Αυτούσια κατάσταση	1:2	,3194	,85125	,982	-1,9869	2,6258	
			1:10	1,8318	,85125	,159	-,4746	4,1381	
			10:1	-4,5705*	,85125	,000	-6,8768	-2,2641	

Πίνακας Α.22. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Συγκέντρωση φωσφόρου

	(I) Βελτιωτικά εδάφους	(J) Βελτιωτικά εδάφους	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	-2,9967	1,35266	,146	-6,7074	,7141
		Βιοκομπόστ	6,1758*	1,35266	,001	2,4651	9,8866
		Μυκόρριζα	2,4633	1,35266	,287	-1,2474	6,1741
	Κοπριά	Τύρφη & περλίτης	2,9967	1,35266	,146	-,7141	6,7074
		Βιοκομπόστ	9,1725*	,85549	,000	6,8256	11,5194
		Μυκόρριζα	5,4600*	,85549	,000	3,1131	7,8069
	Βιοκομπόστ	Τύρφη & περλίτης	-6,1758*	1,35266	,001	-9,8866	-2,4651
		Κοπριά	-9,1725*	,85549	,000	-11,5194	-6,8256
		Μυκόρριζα	-3,7125*	,85549	,001	-6,0594	-1,3656
	Μυκόρριζα	Τύρφη & περλίτης	-2,4633	1,35266	,287	-6,1741	1,2474
		Κοπριά	-5,4600*	,85549	,000	-7,8069	-3,1131
		Βιοκομπόστ	3,7125*	,85549	,001	1,3656	6,0594

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,391.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.23. Συγκέντρωση Φωσφόρου (mg/L) – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Συγκέντρωση φωσφόρου

	(I) Αναλογίες ανάμειξης	(J) Αναλογίες ανάμειξης	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1:2	1:10	-,0989	,98784	1,000	-2,8089	2,6111
		10:1	-3,8356*	,98784	,003	-6,5455	-1,1256
		Αυτούσια κατάσταση	1,0606	,92404	,664	-1,4744	3,5955
	1:10	1:2	,0989	,98784	1,000	-2,6111	2,8089
		10:1	-3,7367*	,98784	,004	-6,4466	-1,0267
		Αυτούσια κατάσταση	1,1594	,92404	,599	-1,3755	3,6944
	10:1	1:2	3,8356*	,98784	,003	1,1256	6,5455
		1:10	3,7367*	,98784	,004	1,0267	6,4466
		Αυτούσια κατάσταση	4,8961*	,92404	,000	2,3612	7,4310
	Αυτούσια κατάσταση	1:2	-1,0606	,92404	,664	-3,5955	1,4744
		1:10	-1,1594	,92404	,599	-3,6944	1,3755
		10:1	-4,8961*	,92404	,000	-7,4310	-2,3612

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,391.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.24. Φυτρωτική ικανότητα – Βελτιωτικά εδάφους - Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Αριθμός φυτών

Tukey HSD

(I) Υπόστρωμα βελτιωτικά	(J) Υπόστρωμα βελτιωτικά	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Τύρφη &περλίτης	Κοπριά	1.8333	.97183	.359	-2.1228	5.7895
	Βιοκομπόστ	-1.0000	.97183	.744	-4.9562	2.9562
	Μυκόρριζα	2.1667	.97183	.258	-1.7895	6.1228
Κοπριά	Τύρφη &περλίτης	-1.8333	.97183	.359	-5.7895	2.1228
	Βιοκομπόστ	-2.8333*	.68718	.048	-5.6308	-.0359
	Μυκόρριζα	.3333	.68718	.958	-2.4641	3.1308
Βιοκομπόστ	Τύρφη &περλίτης	1.0000	.97183	.744	-2.9562	4.9562
	Κοπριά	2.8333*	.68718	.048	.0359	5.6308
	Μυκόρριζα	3.1667*	.68718	.033	.3692	5.9641
Μυκόρριζα	Τύρφη &περλίτης	-2.1667	.97183	.258	-6.1228	1.7895
	Κοπριά	-.3333	.68718	.958	-3.1308	2.4641
	Βιοκομπόστ	-3.1667*	.68718	.033	-5.9641	-.3692

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,417.

*. The mean difference is significant at the 0,05 level.

**Πίνακας Α.25. Φυτρωτική ικανότητα – Αναλογίες ανάμειξης - Πολλαπλές συγκρίσεις
μέσων – Multiple comparisons**

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Αριθμός φυτών

Tukey HSD

(I) Αναμείξεις υλικών	(J) Αναμείξεις υλικών	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Μάρτυρας	1:2	.8333	.97183	.826	-3.1228	4.7895
	1:10	1.0000	.97183	.744	-2.9562	4.9562
	10:1	1.1667	.97183	.658	-2.7895	5.1228
1:2	Μάρτυρας	-.8333	.97183	.826	-4.7895	3.1228
	1:10	.1667	.68718	.994	-2.6308	2.9641
	10:1	.3333	.68718	.958	-2.4641	3.1308
1:10	Μάρτυρας	-1.0000	.97183	.744	-4.9562	2.9562
	1:2	-.1667	.68718	.994	-2.9641	2.6308
	10:1	.1667	.68718	.994	-2.6308	2.9641
10:1	Μάρτυρας	-1.1667	.97183	.658	-5.1228	2.7895
	1:2	-.3333	.68718	.958	-3.1308	2.4641
	1:10	-.1667	.68718	.994	-2.9641	2.6308

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,417.

**Πίνακας Α.26. Χλωροφύλλη 1^η αξιολόγηση – Βιοϋλικά – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων
– Multiple comparisons**

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

	(I) Βιοϋλικά	(J) Βιοϋλικά	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	-,5999	,31930	,243	-1,4320	,2322
		Βιοκομπόστ	-,1444	,26195	,946	-,8271	,5382
		Μυκόρριζα	-1,1454*	,34752	,007	-2,0511	-,2398
	Κοπριά	Τύρφη & περλίτης	,5999	,31930	,243	-,2322	1,4320
		Βιοκομπόστ	,4555	,24653	,257	-,1870	1,0979
		Μυκόρριζα	-,5455	,33605	,370	-1,4213	,3302
	Βιοκομπόστ	Τύρφη & περλίτης	,1444	,26195	,946	-,5382	,8271
		Κοπριά	-,4555	,24653	,257	-1,0979	,1870
		Μυκόρριζα	-1,0010*	,28213	,003	-1,7362	-,2658
	Μυκόρριζα	Τύρφη & περλίτης	1,1454*	,34752	,007	,2398	2,0511
		Κοπριά	,5455	,33605	,370	-,3302	1,4213
		Βιοκομπόστ	1,0010*	,28213	,003	,2658	1,7362

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,988.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.27. Χλωροφύλλη 1^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

	(I) Αναλογίες	(J) Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Μάρτυρας	1:2	-,5997	,28325	,154	-1,3379	,1385
		1:10	-,5897	,28696	,174	-1,3375	,1581
		10:1	,1345	,29127	,967	-,6246	,8936
	1:2	Μάρτυρας	,5997	,28325	,154	-,1385	1,3379
		1:10	,0100	,22975	1,000	-,5888	,6087
		10:1	,7342*	,23512	,012	,1215	1,3469
	1:10	Μάρτυρας	,5897	,28696	,174	-,1581	1,3375
		1:2	-,0100	,22975	1,000	-,6087	,5888
		10:1	,7242*	,23957	,016	,0999	1,3485
	10:1	Μάρτυρας	-,1345	,29127	,967	-,8936	,6246
		1:2	-,7342*	,23512	,012	-1,3469	-,1215
		1:10	-,7242*	,23957	,016	-1,3485	-,0999

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,988.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.28. Χλωροφύλλη 2^η αξιολόγηση – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

	(I) Βελτιωτικό εδάφους	(J) Βελτιωτικό εδάφους	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	1,8331	,72410	,060	-,0537	3,7199
		Βιοκομπόστ	1,7128*	,59406	,024	,1648	3,2607
		Μυκόρριζα	3,5757*	,78811	,000	1,5221	5,6293
	Κοπριά	Τύρφη & περλίτης	-1,8331	,72410	,060	-3,7199	,0537
		Βιοκομπόστ	-,1203	,55909	,996	-1,5771	1,3365
		Μυκόρριζα	1,7426	,76210	,107	-,2432	3,7284
	Βιοκομπόστ	Τύρφη & περλίτης	-1,7128*	,59406	,024	-3,2607	-,1648
		Κοπριά	,1203	,55909	,996	-1,3365	1,5771
		Μυκόρριζα	1,8629*	,63983	,022	,1957	3,5301
	Μυκόρριζα	Τύρφη & περλίτης	-3,5757*	,78811	,000	-5,6293	-1,5221
		Κοπριά	-1,7426	,76210	,107	-3,7284	,2432
		Βιοκομπόστ	-1,8629*	,63983	,022	-3,5301	-,1957

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,082.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.29. Χλωροφύλλη 2^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Χλωροφύλλη

	(I) ανάμειξης	Αναλογίες (J) ανάμειξης	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Μάρτυρας	1:2		1,1371	,64237	,293	-,5368	2,8109
		1:10		1,5986	,65076	,072	-,0971	3,2943
		10:1		3,4411*	,66055	,000	1,7199	5,1623
	1:2	Μάρτυρας		-1,1371	,64237	,293	-2,8109	,5368
		1:10		,4616	,52103	,812	-,8961	1,8192
		10:1		2,3040*	,53320	,000	,9146	3,6934
	1:10	Μάρτυρας		-1,5986	,65076	,072	-3,2943	,0971
		1:2		-,4616	,52103	,812	-1,8192	,8961
		10:1		1,8424*	,54329	,005	,4268	3,2581
	10:1	Μάρτυρας		-3,4411*	,66055	,000	-5,1623	-1,7199
		1:2		-2,3040*	,53320	,000	-3,6934	-,9146
		1:10		-1,8424*	,54329	,005	-3,2581	-,4268

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,082.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.30. Διακλαδώσεις 1^η αξιολόγηση – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Γόνατα - διακλαδώσεις

	(I) Βελτιωτικά εδάφους (J) Βελτιωτικά εδάφους	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Κοπριά	,00	,381	1,000	-1,03	1,03	
	Τύρφη & περλίτης	Βιοκομπόστ	-,33	,313	,713	-1,18	,51
		Μυκόρριζα	-1,80*	,415	,001	-2,92	-,68
		Τύρφη & περλίτης	,00	,381	1,000	-1,03	1,03
	Κοπριά	Βιοκομπόστ	-,33	,295	,673	-1,13	,46
		Μυκόρριζα	-1,80*	,402	,000	-2,88	-,72
		Τύρφη & περλίτης	,33	,313	,713	-,51	1,18
	Βιοκομπόστ	Κοπριά	,33	,295	,673	-,46	1,13
		Μυκόρριζα	-1,47*	,337	,001	-2,38	-,56
		Τύρφη & περλίτης	1,80*	,415	,001	,68	2,92
	Μυκόρριζα	Κοπριά	1,80*	,402	,000	,72	2,88
		Βιοκομπόστ	1,47*	,337	,001	,56	2,38

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,470.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.31. Διακλαδώσεις 1^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Γόνατα - διακλαδώσεις

	(I) Αναλογίες ανάμειξης (J) Αναλογίες ανάμειξης	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1:2	-,77	,338	,124	-1,68	,14
	Μάρτυρας					
	1:10	-1,00*	,343	,030	-1,92	-,08
	10:1	,45	,348	,565	-,48	1,39
	Μάρτυρας					
	1:2					
	1:10	-,23	,275	,835	-,97	,51
	10:1	1,22*	,281	,001	,47	1,98
	Μάρτυρας					
	1:10					
	1:2	,23	,275	,835	-,51	,97
	10:1	1,45*	,286	,000	,68	2,23
	Μάρτυρας					
	1:2	-,45	,348	,565	-1,39	,48
10:1						
	1:2	-1,22*	,281	,001	-1,98	-,47
	1:10	-1,45*	,286	,000	-2,23	-,68

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,470.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.32. Διακλαδώσεις 2^η αξιολόγηση – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Γόνατα - διακλαδώσεις

	(I) Βελτιωτικά εδάφους	(J) Βελτιωτικά εδάφους	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Κοπριά	Κοπριά	-,10	,594	,999	-1,70	1,51
		Τύρφη & περλίτης	1,00	,488	,189	-,31	2,31
		Μυκόρριζα	-,67	,647	,733	-2,41	1,08
	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά	,10	,594	,999	-1,51	1,70
		Βιοκομπόστ	1,10	,459	,098	-,14	2,33
		Μυκόρριζα	-,57	,625	,798	-2,26	1,12
	Βιοκομπόστ	Κοπριά	-1,00	,488	,189	-2,31	,31
		Κοπριά	-1,10	,459	,098	-2,33	,14
		Μυκόρριζα	-1,67*	,525	,016	-3,08	-,25
	Μυκόρριζα	Τύρφη & περλίτης	,67	,647	,733	-1,08	2,41
		Κοπριά	,57	,625	,798	-1,12	2,26
		Βιοκομπόστ	1,67*	,525	,016	,25	3,08

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,141.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.33. Διακλαδώσεις 2^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσω – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Γόνατα - διακλαδώσεις

	(I) ανάμειξης	Αναλογίες (J) ανάμειξης	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Μάρτυρας	1:2		,49	,527	,792	-,93	1,91
		1:10		-,58	,534	,696	-2,02	,86
		10:1		1,88*	,542	,007	,42	3,34
	1:2	Μάρτυρας		-,49	,527	,792	-1,91	,93
		1:10		-1,07	,428	,077	-2,22	,08
		10:1		1,39*	,438	,016	,21	2,57
	1:10	Μάρτυρας		,58	,534	,696	-,86	2,02
		1:2		1,07	,428	,077	-,08	2,22
		10:1		2,46*	,446	,000	1,26	3,66
	10:1	Μάρτυρας		-1,88*	,542	,007	-3,34	-,42
		1:2		-1,39*	,438	,016	-2,57	-,21
		1:10		-2,46*	,446	,000	-3,66	-1,26

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,141.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.34. Ύψος 1^η αξιολόγηση – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ύψος φυτών

	(I) εδάφους	Βελτιωτικά (J) εδάφους	Βελτιωτικά	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
							Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Τύρφη & περλίτης	Κοπριά		-,214	,6984	,990	-2,098	1,669	
			Βιοκομπόστ		-,417	,5730	,886	-1,962	1,129
				Μυκόρριζα		-4,200*	,7602	,000	-6,250
	Κοπριά	Τύρφη & περλίτης		,214	,6984	,990	-1,669	2,098	
			Βιοκομπόστ		-,202	,5393	,982	-1,657	1,252
				Μυκόρριζα		-3,986*	,7351	,000	-5,968
	Βιοκομπόστ	Τύρφη & περλίτης		,417	,5730	,886	-1,129	1,962	
			Κοπριά		,202	,5393	,982	-1,252	1,657
				Μυκόρριζα		-3,783*	,6171	,000	-5,448
	Μυκόρριζα	Τύρφη & περλίτης		4,200*	,7602	,000	2,150	6,250	
			Κοπριά		3,986*	,7351	,000	2,003	5,968
				Βιοκομπόστ		3,783*	,6171	,000	2,119

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,576.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.35. Ύψος 1^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ύψος φυτών

	(I)	Αναλογίες (J)	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Μάρτυρας	1:2		-1,577	,6196	,070	-3,248	,094
		1:10		-1,625	,6277	,064	-3,318	,068
		10:1		,682	,6371	,710	-1,036	2,400
	1:2	Μάρτυρας		1,577	,6196	,070	-,094	3,248
		1:10		-,048	,5025	1,000	-1,403	1,307
		10:1		2,259*	,5143	,001	,872	3,646
	1:10	Μάρτυρας		1,625	,6277	,064	-,068	3,318
		1:2		,048	,5025	1,000	-1,307	1,403
		10:1		2,307*	,5240	,001	,894	3,720
	10:1	Μάρτυρας		-,682	,6371	,710	-2,400	1,036
		1:2		-2,259*	,5143	,001	-3,646	-,872
		1:10		-2,307*	,5240	,001	-3,720	-,894

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,576.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.36. Ύψος 2^η αξιολόγηση – Βελτιωτικά εδάφους – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ύψος

	(I) Βελτιωτικά εδάφους (J) Βελτιωτικά εδάφους	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Κοπριά	1,286	1,2439	,731	-2,069	4,641
	Τύρφη & περλίτης	3,229*	1,0206	,016	,477	5,981
	Μυκόρριζα	,300	1,3539	,996	-3,351	3,951
	Τύρφη & περλίτης	-1,286	1,2439	,731	-4,641	2,069
	Κοπριά	1,943	,9605	,199	-,647	4,534
	Μυκόρριζα	-,986	1,3092	,875	-4,517	2,545
	Τύρφη & περλίτης	-3,229*	1,0206	,016	-5,981	-,477
	Βιοκομπόστ	-1,943	,9605	,199	-4,534	,647
	Μυκόρριζα	-2,929	1,0992	,054	-5,894	,035
	Τύρφη & περλίτης	-,300	1,3539	,996	-3,951	3,351
	Μυκόρριζα	,986	1,3092	,875	-2,545	4,517
	Βιοκομπόστ	2,929	1,0992	,054	-,035	5,894

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,999.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Πίνακας Α.37. Ύψος 2^η αξιολόγηση – Αναλογίες ανάμειξης – Πολλαπλές συγκρίσεις μέσων – Multiple comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ύψος

	(I) ανάμειξης	Αναλογίες (J) ανάμειξης	Αναλογίες	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Μάρτυρας	1:2		2,192	1,1035	,212	-,784	5,168
		1:10		,583	1,1180	,953	-2,432	3,598
		10:1		4,773*	1,1348	,001	1,712	7,833
	1:2	Μάρτυρας		-2,192	1,1035	,212	-5,168	,784
		1:10		-1,609	,8951	,292	-4,023	,805
		10:1		2,580*	,9160	,038	,110	5,051
	1:10	Μάρτυρας		-,583	1,1180	,953	-3,598	2,432
		1:2		1,609	,8951	,292	-,805	4,023
		10:1		4,189*	,9333	,000	1,672	6,706
	10:1	Μάρτυρας		-4,773*	1,1348	,001	-7,833	-1,712
		1:2		-2,580*	,9160	,038	-5,051	-,110
		1:10		-4,189*	,9333	,000	-6,706	-1,672

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4,999.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

