



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

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Συνδυασμένη επίδραση κομπόστ και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη της ποικιλίας κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) *Ferimon*

Γεράσιμος Γ. Τσιτσέλης

Επιβλέπων καθηγητής:
Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2025**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Συνδυασμένη επίδραση κομπόστ και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη της ποικιλίας κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) *Ferimon*

Combined effect of compost and biostimulant on the characteristics and growth of hemp (*Cannabis sativa* L.), variety *Ferimon*

Γεράσιμος Γ. Τσιτσέλης

Εξεταστική Επιτροπή:

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παναγιώτα Παπαστυλιανού, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Συνδυασμένη επίδραση κομπόστ και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη της ποικιλίας κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) *Ferimon*

ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργίας

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η μελέτη της επίδρασης δύο διαφορετικών κομπόστ (compost) σε συνδυασμό με την εφαρμογή βιοδιεγέρτη, στην ανάπτυξη και τα αγρονομικά χαρακτηριστικά φυτών βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) ποικιλίας *Ferimon*. Το πειραματικό μέρος έλαβε χώρα στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας έγινε σε 80 γλάστρες όγκου 12 λίτρων ενώ το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν οι πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες (complete randomized design), με 20 επαναλήψεις, δύο κύρια τεμάχια και δύο υποτεμάχια. Το υλικό πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν τα φυτά βιομηχανικής κάνναβης αποτέλεσαν δύο υποστρώματα ανάπτυξης. Πιο συγκεκριμένα, οι 40 γλάστρες πληρώθηκαν με το πρώτο υπόστρωμα ανάπτυξης - κόμποστ ΜΑ που αποτελούταν από εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών (*Pleurotus ostreatus*) με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς σε αναλογία 70:30, και οι υπόλοιπες 40 με το δεύτερο υπόστρωμα ανάπτυξης - κόμποστ ΜΠ που αποτελούταν από εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών με προσθήκη πρόβειας κοπριάς σε αναλογία 70:30. Έξι εβδομάδες μετά το φύτευμα, εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα βιοδιεγέρτης από εκχύλισμα φυκών του είδους *Ascophyllum nodosum* στα μισά φυτά για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης. Η ποσότητα που εφαρμόστηκε ήταν 1 L υδατικό διάλυμα ανά γλάστρα, που προέκυψε με την προσθήκη 4 mL σκευάσματος βιοδιεγέρτη. Ταυτόχρονα έγινε διαφυλλική εφαρμογή του βιοδιεγέρτη με 2,5 mL σκευάσματος ανά λίτρο διαλύματος σε δόση 1 L διαλύματος ανά 20 γλάστρες. Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν σε σχέση με την επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης και της εφαρμογής βιοδιεγέρτη ήταν: η μεταβολή του ύψους των φυτών, το νωπό και ξηρό βάρος τους, ο συνολικός αριθμός ταξιανθιών ανά φυτό, το μήκος και το νωπό και ξηρό βάρος της κύριας ταξιανθίας, το μέσο μήκος και το μέσο νωπό και ξηρό βάρος των δευτερευουσών ταξιανθιών, η περιεκτικότητα σε CBD, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index) και ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI). Από τη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων προέκυψε ότι ο παράγοντας κομπόστ είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) για αρκετές παραμέτρους που μελετήθηκαν. Ο παράγοντας βιοδιεγέρτης είχε σημαντική επίδραση σε κάποια αγρονομικά χαρακτηριστικά της κάνναβης αλλά όχι στα περισσότερα. Η αλληλεπίδραση «κομπόστ Χ βιοδιεγέρτης» δεν ήταν στατιστικά

σημαντική για κανένα από τα αξιολογούμενα χαρακτηριστικά. Με βάση τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, προέκυψε ότι η μεγαλύτερη αύξηση της βλάστησης, της βιομάζας, των δεικτών βλάστησης, του CBD % κ.α. παρατηρήθηκε στην μεταχείριση με υπόστρωμα ανάπτυξης ΜΠ, ενώ η μεταχείριση με βιοδιεγέρτη δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές τουλάχιστον διαφορές ($p>0,05$), πέραν της περιεκτικότητας σε CBD %.

Επιστημονική Περιοχή: Θρέψη φυτών

Λέξεις κλειδιά: Κάνναβη, βιοδιεγέρτης, κομπόστ

Combined effect of compost and biostimulant on the characteristics and growth of hemp (*Cannabis sativa* L.), variety *Ferimon*

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding & Agrometeorology
Department of Crop Science
Laboratory of Agronomy*

Abstract

This M. Sc. Thesis evaluates the effect of two different composts in combination with the application of a biostimulant factor, on the growth and agronomic characteristics of industrial hemp plants (*Cannabis sativa* L.), variety *Ferimon*. The experiment took place at the experimental field of the Agriculture Laboratory, of the Agricultural University of Athens. The cultivation was established in 80 pots with a volume of 12 liters each, while the experimental design applied was based on completely randomized groups (complete randomized design). The industrial hemp plants of the *Ferimon* variety were grown in two growth substrates. More specifically, 40 pots were filled with compost (MA), a growth substrate consisted of depleted mushroom substrate (*Pleurotus ostreatus*) and cow manure at a ratio of 70:30, while the remaining 40 pots were filled with compost (MΠ), a growth substrate consisted of depleted mushroom substrate and sheep manure at a ratio of 70:30. After six weeks of the seeds' germination in the pots, a biostimulant of *Ascophyllum nodosum* algal extract was applied by root drench to half of the plants for each growth substrate treatment. The quantity applied was 1 L of aqueous solution, obtained by adding 4 mL of biostimulant formulation. At the same time, foliar application of the biostimulant was administered with 2.5 mL of formulation per liter of solution at a dose of 1 L of solution per 20 pots. The characteristics studied, based on the effect of the growth substrate and biostimulator application, were: the change in plants' height, the plants' wet and dry weight, the total number of inflorescences per plant, the length and wet and dry weight of the main inflorescence, the average length and the average wet and dry weight of secondary inflorescences, CBD content, Leaf Area Index (LAI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). From the statistical analysis of the measurements, it emerged that the compost factor had statistically significant differences ($p < 0.05$) for several parameters studied. The biostimulant factor had a significant effect on some hemp agronomic traits such as LAI but not on most. The interaction "compost X biostimulant" was not statistically significant for any of the evaluated traits. Based on the statistical analysis of the results, it emerged that the greatest increase in vegetation, biomass, vegetation indices, CBD % etc. was observed in the MΠ growth substrate, while the biostimulator treatment did not show at least statistically significant differences ($p > 0.05$), except for CBD % content.

Scientific Field: Plant Nutrition

Keywords: *Cannabis sativa*, biostimulant, compost

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων.....	VI
Ευρετήριο Πινάκων.....	VIII
Ευχαριστίες.....	IX
Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Υπόβαθρο	1
1.1 Το φυτό της κάνναβης - Γενικά (<i>Cannabis sativa</i> L.).....	1
1.1.1 Ιστορία της κάνναβης στον κόσμο και την Ευρώπη	1
1.1.2 Προϊόντα και Χρήσεις της κάνναβης.....	4
1.1.3 Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογικά χαρακτηριστικά της κάνναβης.....	8
1.1.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις	11
1.1.5 Καλλιεργητικές πρακτικές	12
1.1.6 Εχθροί – Ασθένειες – Ζιζάνια.....	15
1.2 Υποστρώματα ανάπτυξης – κομπόστ	17
1.2.1 Οργανική ουσία και σημασία της	17
1.2.2 Ορισμός του κομπόστ – Χρήσεις.....	18
1.2.3 Παράμετροι κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης.....	19
1.2.4 Διαδικασία κομποστοποίησης – Φάσεις.....	21
1.3 Βιοδιεγέρτες.....	23
1.3.1 Γενικά – Ορισμοί	23
1.3.2 Κατηγορίες βιοδιεγερτών	24
1.3.3 Σημασία βιοδιεγερτών – Εφαρμογές	27
1.3.4 Εκχυλίσματα φυκών – Πλεονεκτήματα	30
1.4 Δείκτες Βλάστησης	33
1.4.1 Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI).....	34
1.4.2 Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI).....	36
Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι.....	38
2.1 Περιοχή μελέτης.....	38
2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα	38
2.3 Φυτικό υλικό	39
2.4 Βιοδιεγέρτης	39
2.5 Υποστρώματα ανάπτυξης - κόμποστ.....	40
2.6 Πειραματικό σχέδιο.....	41
2.7 Καλλιέργεια και χειρισμός των φυτών <i>Cannabis sativa</i> L.	42

2.8 Μετρήσεις – Προσδιορισμοί αγρονομικών χαρακτηριστικών	44
2.9 Εργαστηριακές αναλύσεις των κομπόστ	47
2.10 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων	48
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα	49
3.1 Ιδιότητες των κομπόστ	49
3.2 Ύψος φυτών κάνναβης	50
3.3 Δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI)	52
3.4 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI).....	54
3.5 Βιομάζα κάνναβης (Νωπή).....	56
3.6 Βιομάζα κάνναβης (Ξηρή).....	58
3.7 Συνολικός αριθμός ταξιανθιών	60
3.8 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας – Μήκος.....	62
3.9 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Νωπό - Ξηρό Βάρος	64
3.10 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Συμπάγεια	68
3.11 Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέσο Μήκος, Μέσο νωπό Βάρος ...	70
3.12 Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέση Συμπάγεια.....	74
3.13 Περιεκτικότητα % ταξιανθιών σε CBD	76
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα	79
Βιβλιογραφία.....	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	95

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Εκτάρια γης που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης στην ΕΕ τα έτη 2015-2022	3
Εικόνα 2. Τα βασικά είδη του γένους Cannabis (48).....	10
Εικόνα 3. Ημερήσια βροχόπτωση και ημερήσια μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία από 14//21 – 30/7/21	38
Εικόνα 4. Ανάπτυξη φυτών την 8 ^η DAS.....	43
Εικόνα 5. Ανάπτυξη φυτών την 23 ^η DAS.....	43
Εικόνα 6. Ανάπτυξη φυτών την 35 ^η DAS.....	43
Εικόνα 7. Ανάπτυξη φυτών την 49 ^η DAS - Εφαρμογή βιοδιεγέρτη	43
Εικόνα 8. Ανάπτυξη φυτών την 61η DAS-Μέτρηση LAI, NDVI	44
Εικόνα 9. Συγκομιδή και χειρισμός των φυτών στο εργαστήριο την 77 ^η DAS.....	44
Εικόνα 10. Συσκευή μέτρησης φωτός (PAR) και ανάλυσης φάσματος.....	46
Εικόνα 11. Συσκευή υπολογισμού και αποτύπωσης του δείκτη NDVI	47
Εικόνα 12. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	51
Εικόνα 13. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	51
Εικόνα 14. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις.....	52
Εικόνα 15. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα».....	53
Εικόνα 16. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης».....	53
Εικόνα 17. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για όλες τις μεταχειρίσεις	54
Εικόνα 18. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	55
Εικόνα 19. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	55
Εικόνα 20. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για όλες τις μεταχειρίσεις.....	56
Εικόνα 21. Μέσες τιμές νωπού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	57
Εικόνα 22. Μέσες τιμές νωπού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	57
Εικόνα 23. Μέσες τιμές νωπού βάρους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις	58
Εικόνα 24. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	59
Εικόνα 25. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	59
Εικόνα 26. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις.....	60
Εικόνα 27. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για μεταχείριση «Υπόστρωμα»	61
Εικόνα 28. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης».....	61
Εικόνα 29. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για όλες τις μεταχειρίσεις ..	62
Εικόνα 30. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	63

Εικόνα 31. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	63
Εικόνα 32. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις	64
Εικόνα 33. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	65
Εικόνα 34. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	65
Εικόνα 35. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις.....	66
Εικόνα 36. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	67
Εικόνα 37. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	67
Εικόνα 38. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις.....	68
Εικόνα 39. Μέσες τιμές συμπάγειας κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα» .	69
Εικόνα 40. Μέσες τιμές συμπάγειας κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	69
Εικόνα 41. Μέσες τιμές συμπάγειας κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις	70
Εικόνα 42. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	71
Εικόνα 43. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	72
Εικόνα 44. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις	72
Εικόνα 45. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	73
Εικόνα 46. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	74
Εικόνα 47. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις	74
Εικόνα 48. Μέσες τιμές συμπάγειας δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	75
Εικόνα 49. Μέσες τιμές συμπάγειας δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	76
Εικόνα 50. Μέσες τιμές συμπάγειας δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις	76
Εικόνα 51. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»	77
Εικόνα 52. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»	78
Εικόνα 53. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για όλες τις μεταχειρίσεις	78
Εικόνα 54. Συμπτώματα φυτοτοξικότητας στα φυτά κάνναβης.....	79

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση της κάνναβης	9
Πίνακας 2. Απαιτήσεις της βιομηχανικής κάνναβης σε μακροθρεπτικά στοιχεία	14
Πίνακας 3. Περιεκτικότητα του κόμποστ σε θρεπτικά συστατικά (88).....	19
Πίνακας 4. Ιδανικό εύρος τιμών βασικών παραμέτρων σε διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης [1].....	21
Πίνακας 5. Κατηγορίες καφέ αλγών.....	27
Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ferimon	39
Πίνακας 7. Τυπική ανάλυση του βιοδιεγέρτη Acadian	40
Πίνακας 8. Κάτοψη του πειραματικού σχεδίου.....	41
Πίνακας 9. Ανάλυση χημικών ιδιοτήτων των compost	49
Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το τελικό ύψος των φυτών κάνναβης	50
Πίνακας 11. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον Δείκτη NDVI.....	52
Πίνακας 12. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI.....	54
Πίνακας 13. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το νωπό βάρος φυτών κάνναβης	56
Πίνακας 14. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το ξηρό βάρος φυτών κάνναβης	58
Πίνακας 15. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον συνολικό αριθμό ταξιανθιών /φυτό.....	60
Πίνακας 16. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μήκος κύριας ταξιανθίας	62
Πίνακας 17. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το νωπό βάρος κύριας ταξιανθίας	64
Πίνακας 18. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το ξηρό βάρος κύριας ταξιανθίας	66
Πίνακας 19. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τη συμπάγεια κύριας ταξιανθίας	68
Πίνακας 20. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών.....	71
Πίνακας 21. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών.....	73
Πίνακας 22. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τη συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών.....	75
Πίνακας 23. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για την περιεκτικότητα σε CBD %..	77

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ενώ ένα τμήμα της στο Εργαστήριο μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δημήτρη Μπιλάλη και Καθηγητή του τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την ανάθεση ενός πολύ ενδιαφέροντος θέματος, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ώστε να ασχοληθώ εμπειριστατωμένα με αυτό. Επιπλέον, τον ευχαριστώ για την άψογη συνεργασία, την καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια υλοποίησης της μελέτης αυτής, καθώς και για την ουσιαστική του συνολική συμβολή, ώστε αυτή να πάρει την παρούσα, τελική της μορφή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Παναγιώτα Παπαστυλιανού, καθώς και τον κ. Ηλία Τραυλό, Καθηγητές του τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, μέλη της εξεταστικής επιτροπής, για τις σημαντικές συμβουλές τους και για την προθυμία τους να συνδράμουν στην εξέταση της μεταπτυχιακής μελέτης μου.

Τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στην Προϊσταμένη του Εργαστηρίου Μη Παρασιτικών Ασθενειών, Εδαφικών Πόρων και Γεωπληροφορικής του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Δρα Μαρία Ντούλα, για τη σημαντική στήριξή της, καθώς και σε όλους τους συναδέλφους του Εργαστηρίου, για τη βοήθειά τους με οποιοδήποτε τρόπο.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους φίλους μου για την ενθάρρυνση και τη συμπαράστασή τους όλο αυτό το διάστημα, και την αδερφή μου, για την υπομονή και τη στήριξή της σε όλη την διάρκεια υλοποίησης της παρούσας μελέτης.

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Το φυτό της κάνναβης - Γενικά (*Cannabis sativa* L.)

Η κάνναβη καλλιεργείται/χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια ως φυτό για την ίνα και τους σπόρους του καθώς και για τις ναρκωτικές/φαρμακευτικές ιδιότητές του. Ωστόσο, ο αυστηρός έλεγχος της καλλιέργειας για την καταπολέμηση της παράνομης χρήσης, η εξάπλωση νέων κλωστικών και ελαιούχων φυτών και η εμφάνιση φθηνών συνθετικών ινών προκάλεσαν μείωση ή και εξάλειψη της παραγωγής κάνναβης. Η κάνναβη είχε απαγορευτεί στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου για περισσότερες από επτά δεκαετίες και δεν επωφελήθηκε από την πράσινη επανάσταση και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και ποικιλιών, δημιουργώντας ένα κενό γνώσης. Στις μέρες μας, η δυνατότητα αξιοποίησης ολόκληρου του φυτού για πολλαπλούς σκοπούς ωθεί την αγορά να εκτιμήσει τα προϊόντα κάνναβης. Η τεχνολογία της παραγωγής κάνναβης ποικίλλει ανάλογα με την παραγωγική κατεύθυνση (σπόροι, ίνες ή κανναβινοειδή), τα χαρακτηριστικά του εδάφους και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η κάνναβη έχει τη δυνατότητα να είναι μια πολύ βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική καλλιέργεια. Οι ρίζες της έχουν σημαντικό δυναμικό απορρόφησης και αποθήκευσης βαρέων μετάλλων όπως ο μόλυβδος, το νικέλιο, το κάδμιο αλλά και άλλων επιβλαβών στοιχείων. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί εξαιρετική αποθήκη άνθρακα καθώς και καλλιέργεια για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Τέλος, έχει την ικανότητα να καταστέλλει με επιτυχία τα ζιζάνια και γενικά θεωρείται καλλιέργεια ελεύθερη φυτοφαρμάκων. Σήμερα, το ενδιαφέρον έχει αυξηθεί σημαντικά τόσο για την καλλιέργεια σπόρων και ινών κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) όσο και για μια σειρά από άλλα προϊόντα της (1).

1.1.1 Ιστορία της κάνναβης στον κόσμο και την Ευρώπη

Το φυτό κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι μια από τις παλαιότερες καλλιέργειες στον κόσμο, η οποία έχει καλλιεργηθεί ευρέως λόγω των βιομηχανικών, διατροφικών, φαρμακευτικών και ψυχοτρόπων προϊόντων της (1). Η κάνναβη (*Cannabis. sativa*) ανήκει στα ελαιούχα, κλωστικά φυτά και είναι ένα ετήσιο, δικότυλο, C3 φυτό της οικογένειας Cannabaceae (2), (3). Πιθανότατα αποτελεί μια από τις αρχαιότερες καλλιέργειες του ανθρώπου (4) καθώς αρχαιολογικές έρευνες κάνουν λόγο για χρήση του φυτού ακόμη και πριν από 4.000 χρόνια σε περιοχές της Κίνας (5). Το φυτό της κάνναβης αναπτύσσεται σε υποτροπικές και τροπικές περιοχές και περιλαμβάνει τρία βασικά είδη: την *Cannabis sativa*, την *Cannabis indica* και την *Cannabis ruderalis*. Το πρώτο από αυτά - η βιομηχανική κάνναβη - είναι ετήσιο δίοικο φυτό και καλλιεργείται την άνοιξη.

Η προέλευση του φυτού της κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) και η απαρχή της καλλιέργειας της τοποθετείται κατά την Νεολιθική εποχή, στην Κεντρική Ασία και

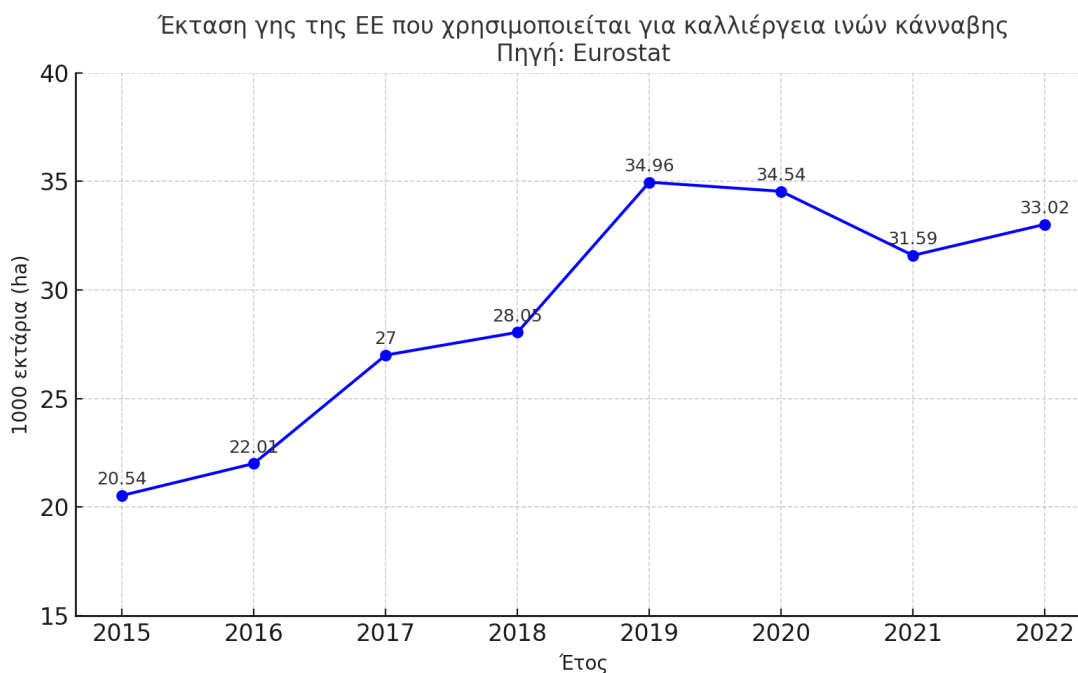
σύμφωνα με τις αρχαιολογικές ανακαλύψεις διαδόθηκε σε όλον το κόσμο λόγω της προσαρμοστικότητας και των σημαντικών χρήσεών της (6). Οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν την κάνναβη για τη παραγωγή σχοινιών και υφασμάτων ενώ η πρώτη καταγραφή για την φαρμακευτική της χρήση βρέθηκε στους προϊστορικούς Σκύθες. Στη μεσαιωνική Ευρώπη η καλλιέργεια της κάνναβης επεκτάθηκε για να ανταπεξέλθει στην αυξημένη ζήτηση για σχοινιά και πανιά πλοίων ενώ μειώθηκε τον 19ο και 20ο αιώνα λόγω της χρήσης του ατμού στα πλοία, τον ανταγωνισμό με άλλες υφάνσιμες ίνες και λόγω της ποινικοποίησης της χρήσης σε πολλές χώρες (7).

Η καλλιέργεια της κάνναβης άρχισε να εγκαταλείπεται διεθνώς τη δεκαετία του 1980. Από 10,9 εκατ. στρέμματα, μέση ετήσια έκταση παγκοσμίως, την πενταετία 1948 - 1952, υποχώρησε στα 1,5 εκατ. στρέμματα την πενταετία 1987 - 1991, με κυριότερες χώρες καλλιέργειας την Κίνα, τον Καναδά, τις Ινδίες, την Αυστραλία, τη Ρωσία και την Ουγγαρία (8).

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, όμως, η Ευρωπαϊκή Ένωση άρχισε να επιδοτεί τις νέες καλλιέργειες και άρχισε η περίοδος αναβίωσης της κλωστικής κάνναβης γιατί μπορεί να αναπτυχθεί σε μεγάλο φάσμα αγροκλιματικών συνθηκών με αύξηση της βιωσιμότητας σε οικονομικό, περιβαλλοντικό, αγρονομικό και κοινωνικό επίπεδο. Επιπλέον δημιουργήθηκαν νέες πολύ παραγωγικές ποικιλίες με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα στην ψυχοτρόπο ουσία τετραϋδρακανναβινόλη (THC), ενώ αναπτύχθηκε και νέα τεχνολογία για την επεξεργασία της ίνας με χαμηλότερο κόστος (9).

Γενικά, μεταξύ 1000 και 2000 π.Χ., η κάνναβη εισήχθη στη Δυτική Ασία, την Ευρώπη και την Αίγυπτο ως καλλιέργεια ινών για την παραγωγή υφασμάτων, σχοινιών πλοίων και χαρτιού. Μετά το 500 μ.Χ., η καλλιέργεια της κάνναβης ήταν ευρέως διαδεδομένη σε όλη την Ευρώπη, ωστόσο, μόλις το 1545 και το 1606 εισήχθη στη Νότια και Βόρεια Αμερική, αντίστοιχα (10).

Η κάνναβη είναι μια καλλιέργεια που καλλιεργείται πλέον σε όλη την Ευρώπη. Τα τελευταία χρόνια η έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια κάνναβης για ίνες έχει αυξηθεί σημαντικά στην ΕΕ από 20.540 εκτάρια (ha) το 2015 σε 33.020 εκτάρια το 2022 (αύξηση 60%). Την ίδια περίοδο, η παραγωγή κάνναβης αυξήθηκε από 97.130 τόνους σε 179.020 τόνους (αύξηση 84,3%). Η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το 60% της παραγωγής της ΕΕ, ακολουθούμενη από τη Γερμανία (17%) και την Ολλανδία (5%).



Εικόνα 1. Εκτάρια γης που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης στην ΕΕ τα έτη 2015-2022¹

Η κάνναβη έχει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη μερικά από τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- **Δέσμευση - Αποθήκευση άνθρακα:** ένα εκτάριο κάνναβης δεσμεύει 9 έως 15 τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), παρόμοια ποσότητα που δεσμεύει και ένα νεαρό δάσος, με τη διαφορά ότι χρειάζεται μόνο πέντε μήνες για να αναπτυχθεί.
- **Διαταραχή του κύκλου των ασθενειών:** η κάνναβη βοηθά στη διαταραχή του κύκλου των ασθενειών σε διάφορες καλλιέργειες όταν χρησιμοποιείται σε αμειψισπορές. Επιπλέον, τα ζιζάνια δεν μπορούν να αναπτυχθούν λόγω της γρήγορης ανάπτυξης και της σκίασης από τα φυτά κάνναβης.
- **Πρόληψη της εδαφικής διάβρωσης:** η πυκνή φυτοκόμη της κάνναβης προσφέρει μια φυσική κάλυψη του εδάφους, μειώνοντας την απώλεια νερού και προστατεύοντας το από τη διάβρωση. Η κάνναβη καλύπτει σημαντική επιφάνεια του εδάφους μόλις τρεις εβδομάδες μετά το φύτευμα.
- **Βιοποικιλότητα:** ο κύκλος ανθοφορίας πραγματοποιείται συνήθως μεταξύ Ιουλίου και Σεπτεμβρίου, συμπίπτοντας με την έλλειψη παραγωγής γύρης από άλλες καλλιέργειες που χρειάζονται οι επικονιαστές. Παρέχει επίσης καταφύγιο για διάφορα είδη πτηνών και οι σπόροι της αποτελούν τροφή για τα ζώα.

¹ European Commission. Agriculture and Rural Development. Hemp. Available online: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en (accessed on 20 October 2024).

- **Χαμηλή ή καθόλου χρήση φυτοφαρμάκων:** η κάνναβη είναι ευαίσθητη σε λίγους εχθρούς και παθογόνα, γεγονός που οδηγεί σε περιορισμένη χρήση φυτοφαρμάκων ή και αποφυγή τους.

1.1.2 Προϊόντα και Χρήσεις της κάνναβης

Η κάνναβη αποτελεί ένα πολυσχιδές φυτό, από το οποίο μπορούν να παραχθούν πληθώρα προϊόντων με διαφορετικές εφαρμογές και χρήσεις. Η ποικιλία των προϊόντων και χρήσεων της κάνναβης καλύπτει από την παραδοσιακή βιομηχανία (κλωστοϋφαντουργία, χαρτί, κατασκευαστικά υλικά) και τη διατροφή (σπόροι, έλαια) έως την ιατρική, τα φαρμακευτικά σκευάσματα, τα καλλυντικά, καθώς και τις ψυχαγωγικές χρήσεις. Οι δυνατότητες αξιοποίησής της συνδέονται με τη διαφοροποίηση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, με έμφαση σε εκείνες με χαμηλή περιεκτικότητα σε τετραϋδροκανναβινόλη (THC) για βιομηχανικούς σκοπούς (βιομηχανική κάνναβη), και σε εκείνες με υψηλότερο ποσοστό κανναβινοειδών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για ιατρικούς ή ψυχαγωγικούς λόγους.

A) Χρήσεις της ίνας και των στελεχών κάνναβης

Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα από κάνναβη:

Οι ίνες της κάνναβης είναι από τις ανθεκτικότερες φυσικές ίνες, με ανώτερες μηχανικές ιδιότητες σε σύγκριση με άλλες φυσικές ίνες όπως το βαμβάκι ή το λινάρι. Η χρήση τους στην υφαντουργία έχει ιστορικό βάθος χιλιάδων ετών, ενώ τα παραγόμενα υφάσματα διακρίνονται για τη στιβαρότητα, την αντοχή, την υδατοαπωθητικότητα και τη μεγάλη διάρκεια ζωής (11) (12). Ιστορικά, η κάνναβη χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ιστίων και σχοινιών (π.χ. στα πλοία του Χριστόφορου Κολόμβου) για την ύφανση του πρώτου γνωστού υφάσματος, της πρώτης αμερικανικής σημαίας καθώς και των πρώτων προϊόντων μεγάλων βιομηχανιών ρουχισμού (13). Σήμερα, η κάνναβη επανακτά έδαφος στον τομέα της ένδυσης και των αξεσουάρ, με μεγάλες εταιρείες να εντάσσουν προϊόντα από ίνες κάνναβης στις συλλογές τους. Μελέτες δείχνουν ότι οι ιδιότητες χρώματος, λεύκανσης, αντοχής σε ελαιώδη λεκέ, καθώς και η ευφλεκτότητα των υφασμάτων κάνναβης δεν διαφέρουν σημαντικά από εκείνες του βαμβακιού (14). Η ανάμειξη με άλλες ίνες (π.χ. βαμβάκι, λινάρι) μπορεί να προσδώσει συγκεκριμένες υφές και ιδιότητες, ενώ σε επίπεδο εσωτερικής διακόσμησης η κάνναβη χρησιμοποιείται για ταπετσαρίες, έπιπλα, κουρτίνες και διακοσμητικά στοιχεία, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, όπου νέες πρωτοβουλίες έρευνας και ανάπτυξης στοχεύουν στην επανένταξη της κάνναβης στον κλωστοϋφαντουργικό κλάδο (15).

Χαρτί και κυτταρινούχα προϊόντα από κάνναβη:

Η παραγωγή χαρτιού από κάνναβη έχει ιστορία αιώνων, αρχής γενομένης από την αρχαία Κίνα (16). Το χαρτί αυτό χρησιμοποιήθηκε για τη συγγραφή σημαντικών ιστορικών εγγράφων, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων αντιτύπων της Βίβλου και του Αμερικανικού Συντάγματος (17). Οι ίνες κάνναβης περιέχουν υψηλό ποσοστό κυτταρίνης (έως 85%) και χαμηλό λιγνίνης (3-5%), γεγονός που καθιστά πιο εύκολη και φιλική προς το περιβάλλον την παραγωγή χαρτιού, συγκριτικά με το ξυλοπολτό που έχει υψηλότερα ποσοστά λιγνίνης. Το χαρτί κάνναβης είναι πιο ανθεκτικό, μακράς διάρκειας, δεν κιτρινίζει εύκολα, μπορεί να ανακυκλωθεί περισσότερες φορές από το συμβατικό χαρτί ξύλου (7-8 φορές, έναντι 3 φορές για το χαρτί ξύλου), και μπορεί να συμβάλει στη μείωση της αποδάσωσης (18).

Βιοπλαστικά και βιοκαύσιμα:

Οι ίνες κάνναβης μπορούν να λειτουργήσουν ως ενισχυτικό στοιχείο σε βιοσύνθετα υλικά, αντικαθιστώντας συνθετικές ίνες (π.χ. υαλοΐνες) με χαμηλότερο κόστος και πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής (19). Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται σε πλαστικά, σε υλικά συσκευασίας τροφίμων, σε μέρη αυτοκινήτων (π.χ. εσωτερικά πάνελ, επενδύσεις θυρών, επενδύσεις πορτ-μπαγκάζ), καθώς και σε αθλητικό εξοπλισμό (π.χ. χιονοσανίδες, κανό). Επιπλέον, η κάνναβη μπορεί να αξιοποιηθεί στην παραγωγή βιοπλαστικών και βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντίζελ), μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (12).

Χρήση ως υπόστρωμα ζώων (Animal bedding):

Τα υπολείμματα του στελέχους είναι εξαιρετικά απορροφητικά, καθιστώντας τα ιδανικά για στρωμένες ζώων (άλογα, κοτόπουλα, κατοικίδια). Προσφέρουν άνεση, έλεγχο οσμών, είναι λιγότερο αλλεργιογόνα σε σχέση με ροκανίδια από ξύλο ή άχυρα, και κομποστοποιούνται ευκολότερα (20). Το υψηλό ποσοστό απορρόφησης υγρασίας και η ανθεκτικότητά τους βελτιώνουν τις συνθήκες υγιεινής στα κτηνοτροφικά περιβάλλοντα.

Χρήση ως υλικό εδαφοκάλυψης (Mulch):

Η κάνναβη χρησιμοποιείται και ως οργανικό υλικό εδαφοκάλυψης στη γεωργία και την κηπουρική. Το mulch από κάνναβη διατηρεί την υγρασία του εδάφους, περιορίζει τη διάβρωση, καταστέλλει τα ζιζάνια μειώνοντας την ανάγκη για ζιζανιοκτόνα, και αποσυντιθέμενο βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους (13). Επιπλέον, υπάρχουν ρολά υφασμάτων από ίνες κάνναβης που χρησιμοποιούνται ως περιβαλλοντικά φιλικό γεωύφασμα, μειώνοντας τη χρήση πλαστικών υλικών.

Σχοινιά και σπάγκοι από κάνναβη:

Οι παραδοσιακές χρήσεις της κάνναβης περιλαμβάνουν την παραγωγή σχοινιών και σπάγκων υψηλής αντοχής. Αν και στη ναυτιλία έχουν εν μέρει αντικατασταθεί από συνθετικά υλικά, τα σχοινιά κάνναβης παραμένουν δημοφιλή για χειροτεχνίες, κηπουρικές εφαρμογές, κοσμήματα και διακοσμητικά, χάρη στην αντοχή τους και την ικανότητά τους να δένουν σταθερούς κόμπους (15).

B) Χρήσεις του σπόρου κάνναβης

Διατροφική αξία των σπόρων κάνναβης:

Οι σπόροι κάνναβης αποτελούν τροφή εδώ και 3.000 χρόνια, πλούσια σε λιπαρά οξέα ω-3 και ω-6, πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, φυτικές ίνες, βιταμίνες και μέταλλα (21). Η σύστασή τους διαφοροποιείται ανάλογα με την ποικιλία και το περιβάλλον. Περιέχουν 20-25% εύπεπτες πρωτεΐνες (με κυριότερες τις εδεστίνη και αλβουμίνη), 25-35% λιπίδια με ιδανική σύσταση λιπαρών οξέων, 20-30% υδατάνθρακες, αντιοξειδωτικά, φαινολικές ενώσεις, τοκοφερόλες, καροτενοειδή και φυτοστερόλες. Η κατανάλωση σπόρων κάνναβης μπορεί να συμβάλει στη μείωση της χοληστερόλης και στην ενίσχυση της διατροφής του ανθρώπου (22).

Έλαιο κάνναβης:

Το έλαιο από σπόρους κάνναβης παράγεται με ψυχρή έκθλιψη, περιέχει υψηλή αναλογία πολυακόρεστων λιπαρών (λινολεϊκό, α-λινολενικό οξύ), τοκοφερόλες (κυρίως α-τοκοφερόλη), στερολικές ενώσεις και γ-λινολενικό οξύ (23). Τα χαρακτηριστικά του ελαίου σπόρων κάνναβης το καθιστούν εξαιρετικό για την παρασκευή ελαφρών ελαίων σώματος και λοσιόν πλούσιων σε λιπίδια που απορροφώνται γρήγορα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρόφιμα, καλλυντικά, φάρμακα και σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Όσον αφορά τις τελευταίες, το έλαιο κάνναβης, λόγω της καλής επιφανειακής διείσδυσης και των ιδιοτήτων ξήρανσης που παρουσιάζει, χρησιμοποιείται εδώ και πολύ καιρό σε διάφορες εφαρμογές, όπως την παρασκευή μελανιών, γυαλιστικών, χρώματα, στεγανοτικών, καθαριστικών και λιπαντικών (24).

Καλλυντικά και προϊόντα περιποίησης:

Η υψηλή περιεκτικότητα του ελαίου σε απαραίτητα λιπαρά οξέα το καθιστά χρήσιμο σε καλλυντικά για την περιποίηση του δέρματος και των μαλλιών. Ενυδατικά, αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδη προϊόντα (σαπούνια, λοσιόν, κρέμες, balm, έλαια μασάζ) παράγονται από έλαιο σπόρων κάνναβης, βελτιώνοντας τη λειτουργία του δερματικού φραγμού (25).

Πρόσθετα ζωοτροφών:

Τα προϊόντα κάνναβης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα ζωοτροφών, βελτιώνοντας το θρεπτικό προφίλ γαλακτοκομικών προϊόντων και κρέατος. Παρά ταύτα, η παρουσία THC στα φύλλα και στα άνθη ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα, επηρεάζοντας αρνητικά την υγεία και την παραγωγικότητα των ζώων. Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (European Food Safety Authority-EFSA) έχει προτείνει αυστηρούς περιορισμούς στην προσθήκη κάνναβης σε ζωοτροφές, ορίζοντας ανώτατα όρια για το THC. Στις ΗΠΑ, η χρήση κάνναβης σε ζωοτροφές δεν έχει ακόμη νομοθετηθεί πλήρως (26) (27).

Γ) Χρήσεις των βοτάνων κάνναβης (φύλλα και άνθη)

Αιθέριο Έλαιο Κάνναβης:

Το αιθέριο έλαιο της κάνναβης, πλούσιο σε τερπένια όπως μυρκένιο, καρυφυλλένιο και λιμονένιο, έχει ευρεία γκάμα εφαρμογών σε καλλυντικά, αρωματοθεραπεία, πρόσθετα τροφίμων και αρωματοποιία. Παρουσιάζει αντιμικροβιακή, εντομοαπωθητική και ζιζανιοκτόνο δράση. Η περιεκτικότητά του και το προφίλ των ενώσεων του επηρεάζονται από την ποικιλία κάνναβης, το περιβάλλον, τον χρόνο συγκομιδής και τη μέθοδο εξαγωγής. Η υψηλότερη απόδοση σε αιθέριο έλαιο επιτυγχάνεται όταν η ταξιανθία διαθέτει άθικτα αδενώδη τριχώματα, συνήθως όταν περίπου οι μισοί σπόροι έχουν ωριμάσει (28) (29).

Χρήση στη Διατροφή και την Ιατρική:

Το έλαιο σπόρων κάνναβης, πλούσιο σε βασικά λιπαρά οξέα, χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής, αλλά δεν συνιστάται για μαγείρεμα σε υψηλές θερμοκρασίες. Έχει εφαρμογές σε σαλάτες, σάλτσες και ως υποκατάστατο βουτύρου ή μαργαρίνης (30). Επίσης, τα εκχυλίσματα από ταξιανθίες κάνναβης εξετάζονται για πιθανή θεραπευτική χρήση σε φλεγμονές, υπέρταση, οξειδωτικό στρες, καρκίνο και άλλες παθήσεις, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης του COVID-19. Εφαρμογές υπάρχουν και σε προϊόντα τοπικής χρήσης για τραύματα και ερεθισμένο δέρμα. Η παρουσία γ-λινολενικού οξέος, τα αντιβακτηριακά και εντομοκτόνα χαρακτηριστικά του αιθέριου ελαίου, και η δυνατότητα χρήσης και των ανθέων από ποικιλίες ινών, καθιστούν την κάνναβη πολύτιμη πηγή φυσικών προϊόντων για τρόφιμα, συμπληρώματα και φάρμακα (31).

Φαρμακευτικά Προϊόντα

Τα φαρμακευτικά προϊόντα κάνναβης προκύπτουν από ειδικά τυποποιημένα εκχυλίσματα του φυτού με ακριβή περιεκτικότητα σε κανναβινοειδή, όπως η ψυχοδραστική τετραϋδροκανναβινόλη (THC) και η μη ψυχοδραστική κανναβιδιόλη

(CBD), τα οποία επιδρούν μέσω του ενδοκανναβινοειδούς συστήματος ρυθμίζοντας λειτουργίες όπως ο πόνος, η όρεξη, η διάθεση και η φλεγμονή (32). Αυτά τα σκευάσματα, σε μορφές όπως έλαια, κάψουλες, εκνεφώματα, κρέμες ή εισπνεόμενα προϊόντα, χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση παθήσεων όπως ο χρόνιος πόνος, η σπαστικότητα σε νευρολογικές νόσους, οι ανθεκτικές μορφές επιληψίας και η ναυτία από χημειοθεραπεία (33). Παράλληλα, διερευνώνται πιθανές εφαρμογές σε αγχώδεις διαταραχές, νευροεκφυλιστικές παθήσεις και φλεγμονώδεις καταστάσεις. Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια εξετάζονται μέσα από κλινικές δοκιμές, ενώ η ποιότητα, η σταθερότητα και η τυποποίηση της σύνθεσης αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την έγκριση και ευρεία ιατρική χρήση των προϊόντων. Το νομικό πλαίσιο διαφέρει μεταξύ χωρών, καθορίζοντας τη διαθεσιμότητα και την πρόσβαση ασθενών, ενώ η συνεχής έρευνα συμβάλλει στη βελτίωση των τεκμηρίων ασφάλειας και αποτελεσματικότητας, προάγοντας έτσι την παροχή ποιοτικής και εξατομικευμένης θεραπευτικής φροντίδας.

1.1.3 Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογικά χαρακτηριστικά της κάνναβης

Η ταξινόμηση των οργανισμών («ταξινομική» ή «συστηματική») βασίζεται στις εξελικτικές σχέσεις και τις ομοιότητες χαρακτηριστικών μεταξύ των ταξινομικών μονάδων. Λόγω της διαφορετικής έκφρασης του φύλου σε μεμονωμένα φυτά και της σημαντικής επιρροής του περιβάλλοντος στα φαινοτυπικά αλλά και σε συγκεκριμένα ποσοτικά χαρακτηριστικά, η ταξινόμηση της κάνναβης έχει συζητηθεί έντονα σε επίπεδο γένους και έχει περάσει από διάφορα στάδια ταξινομικής αναθεώρησης κατά τη διάρκεια της ιστορίας. Έτσι, η ταξινομική κατάταξη της κάνναβης έχει περάσει από διάφορες φάσεις ιστορικά, με τις διαφωνίες να εστιάζουν στον αριθμό των ειδών του γένους *Cannabis* και στα κριτήρια διαχωρισμού των ταξινομικών μονάδων. Ενώ αρχικά βασιζόταν σε μορφολογικά χαρακτηριστικά και τη γεωγραφική καταγωγή, η ανάπτυξη μοριακών και βιοχημικών τεχνικών επέφερε σημαντικές αλλαγές. Κύρια αιτία της ταξινομικής αβεβαιότητας αποτελεί η ικανότητα αυτογονιμοποίησης των άγριων πληθυσμών κάνναβης, γεγονός που οδηγεί σε συνεχή παραλλαγή των χαρακτηριστικών της (34). Τα γένη *Cannabis*, *Humulus* και οκτώ άλλα (*Celtis*, *Pteroceltis*, *Aphananthe*, *Chaetachme*, *Gironniera*, *Lozanella*, *Trema* και *Parasponia*) που είχαν ταξινομηθεί αρχικά ως *Celtidaceae* έχουν επαναταξινομηθεί ως οικογένεια *Cannabaceae*. Η οικογένεια *Cannabaceae* περιλαμβάνει πάνω από 100 αποδεκτά είδη, μεταξύ αυτών και το αξιοσημείωτο *Humulus lupulus* L. (λυκίσκος - το κύριο συστατικό της μπίρας) (35).

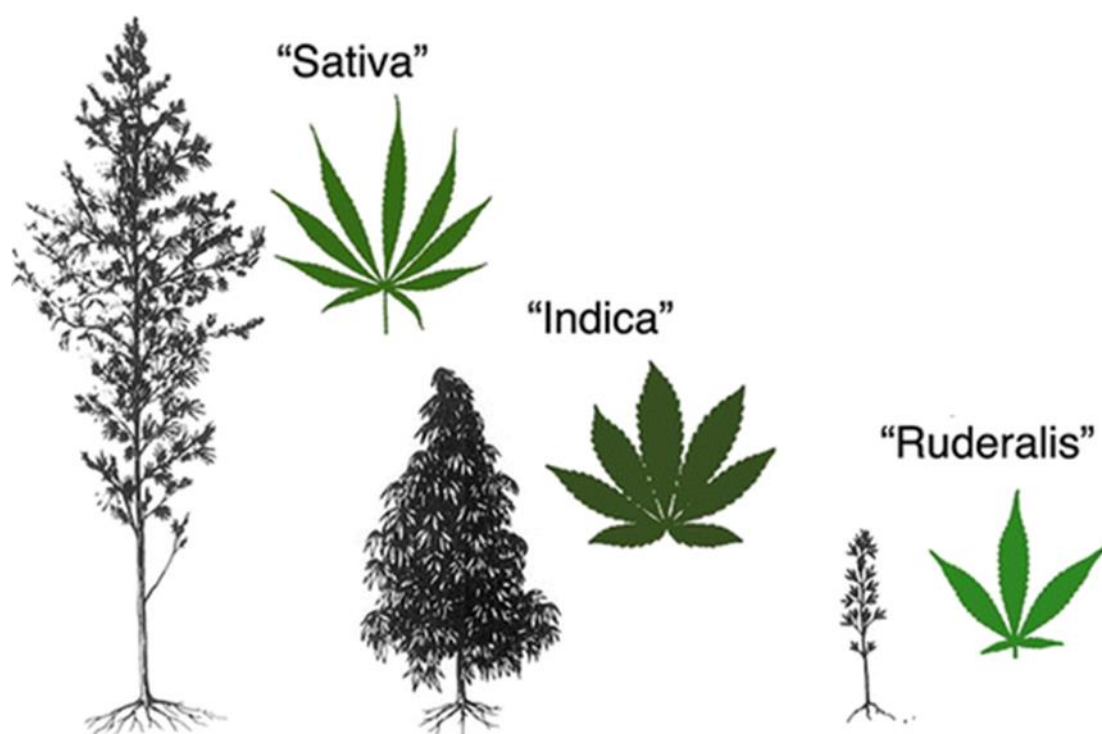
Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση της κάνναβης

Βασίλειο	Φυτά (Plantae)
Υπερομοταξία	Σπερματοφύτα (Spermatophyta)
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
Ομοταξία	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
Τάξη	Κνιδώδη (Urticales)
Οικογένεια	Κανναβινοειδή (Cannabaceae)
Γένος	Κάνναβις (<i>Cannabis</i> L.)
Είδος	Κάνναβη η ήρεμη (<i>Cannabis sativa</i> L.)

Η ταξινόμηση του γένους *Cannabis* αποτελεί αντικείμενο έντονης συζήτησης και δεν έχει προκύψει συναίνεση σχετικά με το αν πρόκειται για ένα μονο- ή πολυειδικό γένος (36), (37). Για κάποιους ερευνητές, η ευρεία παραλλακτικότητα των ποσοτικών χαρακτηριστικών και η απεριόριστη ικανότητα των φυτών κάνναβης για διασταύρωση αποτελούν τη βάση για την ταξινόμηση του *Cannabis* ως μονοτυπικό γένος που περιλαμβάνει ένα είδος, το *Cannabis sativa* (38). Δεδομένου ότι το ψυχοτρόπο δυναμικό κατά την καλλιέργεια της κάνναβης αντιπροσωπεύεται από ένα νομοθετημένο όριο, ο διαχωρισμός σε τύπους και ποικιλίες βασίζεται στην περιεκτικότητα των φυτών σε τετραϋδροκανναβινόλη (THC). Συνεπώς, η ασθενώς ναρκωτική (THC < 0,3%) *Cannabis sativa* ssp. *sativa* περιλαμβάνει την καλλιεργούμενη (var. *sativa*) και την εγκλιματισμένη άγρια κάνναβη (var. *spontanea*), ενώ η ισχυρά ναρκωτική (THC > 0,3%) *Cannabis sativa* ssp. *indica* περιλαμβάνει τις εξημερωμένες (var. *indica*) και τις άγριες (var. *kafiristanica*) ποικιλίες (36). Ο ναρκωτικός τύπος είναι γενικά δίοικος, με κοντή, φαρδιά και θαμνώδη ανάπτυξη, ενώ ο μη ναρκωτικός - τύπος ίνας μπορεί να είναι είτε δίοικος είτεμόνικος, με ψηλή και λεπτή ανάπτυξη. Ωστόσο, η διάκριση αυτή περιπλέκεται περαιτέρω από την κάνναβη που αναπτύσσεται για σπόρους ή μη ψυχοδραστικά κανναβινοειδή, η οποία συχνά μοιάζει μορφολογικά με την κάνναβη ναρκωτικού τύπου (39).

Σύμφωνα με άλλες μελέτες έχουν εντοπιστεί δύο διακριτοί χημειότυποι κάνναβης, οι οποίοι επίσης συμπίπτουν με τις δύο προαναφερθείσες μορφολογικές ομάδες και καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την περιεκτικότητά τους σε THC. Η κάνναβη τύπου ίνας, έχει περιεκτικότητα σε THC στις ανθοφόρες κεφαλές < 0,3% ή < 0,2% ανάλογα με τη νομοθεσία (12), (40). Επίσης, μπορεί συχνά να συνοδεύεται από υψηλότερη περιεκτικότητα σε κανναβιδιόλη (CBD) (THC:CBD < 1), ενώ αντίθετα οι ποικιλίες τύπου ναρκωτικών συνήθως αναφέρουν αναλογία THC:CBD > 1 ή > 0,3% THC

στις ανθοκεφαλές (12), (41). Ωστόσο, το ταξινομικό σύστημα που βασίζεται στην αναλογία THC:CBD έχει τεθεί υπό αμφισβήτηση (42) και έχουν προταθεί άλλα συστήματα ταξινόμησης που διαιρούν περαιτέρω τα είδη με βάση τον χημειότυπο. Αυτά περιλαμβάνουν ταξινομήσεις που βασίζονται σε άλλους δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από την κάνναβη και όχι αποκλειστικά στα επίπεδα THC και CBD (43), (44). Η κάνναβη τύπου ναρκωτικών έχει ιστορικά περιγραφεί από τους λάτρεις της ως αποτελούμενη από τρία είδη: *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* και *Cannabis ruderalis*. Η ποικιλομορφία των χημικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών εντός της κάνναβης οδήγησε ορισμένους ταξινομητές να συμφωνήσουν με αυτό και να προτείνουν ότι η κάνναβη θα πρέπει να θεωρείται ένα πολύ-ειδικό γένος που περιλαμβάνει πολλά μεμονωμένα είδη: *C. sativa*, *C. indica* και *C. ruderalis* (45), (46), (47).



Εικόνα 2. Τα βασικά είδη του γένους *Cannabis* (48)

Η κάνναβη είναι κατά κύριο λόγο δίοικο και σπάνια μόνοικο ετήσιο φυτό. Η κάνναβη είναι κατά κύριο λόγο φυτό βραχείας ημέρας, με την άνθηση να προκαλείται από φωτοπερίοδο 12 έως 14 ωρών (49) - ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί ορισμένες ποικιλίες που δεν είναι ευαίσθητες στη φωτοπερίοδο. Το ύψος του όρθιου κούφιου στελέχους ποικίλλει, ανάλογα με την ποικιλία και το περιβάλλον, από 0,2 έως 6 μέτρα και έχει διάμετρο 1-3 εκατοστά στη βάση του. Τα αρσενικά και θηλυκά φυτά δεν μπορούν εύκολα να διακριθούν μέχρι να αρχίσουν να εμφανίζονται τα άνθη (50). Τα θηλυκά φυτά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη συμπαγεια σε σύγκριση με τα αρσενικά, τα οποία είναι ψηλότερα και λεπτότερα. Τα φύλλα του φυτού έχουν παλαμοειδή σύνθετη μορφολογία. Καθώς το φυτό ωριμάζει, η διάταξη των φύλλων

μετατοπίζεται από αντίθετη σε εναλλασσόμενη και ο αριθμός των φυλλαρίων ανά φύλλο αυξάνεται. Τα φύλλα σε ένα ώριμο φυτό είναι πτυχωτά με 5 έως 11 φυλλάρια και έχουν μακρύ μίσχο, αν και κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας, συχνά επιστρέφουν στην παραγωγή μικρότερου αριθμού φυλλαρίων (51). Τα αρσενικά άνθη έχουν πέντε πρασινοκίτρινα σέπαλα που περικλείουν πέντε στενά τοποθετημένους στήμονες, οι οποίοι φθάνουν σε μικροσκοπικούς ανθήρες και αναπτύσσονται στην άκρη του κεντρικού βλαστού ως χαλαρή ταξιανθία με πολύ λίγα φύλλα. Τα θηλυκά φυτά σχηματίζουν άνθη που φέρονται σε ταξιανθία στην κορυφή του βλαστού και έχουν δύο στύλους και ένα μόνο θάλαμο ωοθήκης (μονόχωρη). Αυτό το ένα ωάριο περικλείεται σε ένα λεπτό πράσινο βράκτιο. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του άνθους, πριν από την επιμήκυνση του στίγματος, αναπτύσσονται αδενώδη τριχίδια στο βράκτιο που περιβάλλει την ωοθήκη (52). Δύο κύριοι τύποι τριχιδίων που καλύπτουν τα φυτά κάνναβης συναντώνται: τα αδενώδη και μη αδενώδη τριχίδια. Μόνο τα πρώτα παράγουν κανναβινοειδή σε σημαντική ποσότητα και βρίσκονται κυρίως στα βράκτια φύλλα και άνθη των θηλυκών φυτών. Τα αρσενικά φυτά παράγουν ελάχιστα ή καθόλου αδενώδη τριχίδια. Λόγω των χαμηλών επιπέδων κανναβινοειδών τους, τα αρσενικά φυτά γενικά δεν χρησιμοποιούνται για φαρμακευτικό ή ψυχαγωγικό σκοπό (53), (54). Οι σπόροι της κάνναβης έχουν σφαιρικό ή ωοειδές σχήμα και, ανάλογα με την ποικιλία, έχουν μήκος 3-5 mm (36).

1.1.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Η κάνναβη αναπτύσσεται σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών, αν και οι διάφοροι οικότυποι κάνναβης αποδίδουν καλύτερα σε συγκεκριμένες ζώνες παραγωγής. Είναι μια καλλιέργεια της εύκρατης ζώνης που ευδοκμεί σε γεωγραφικά πλάτη μεταξύ του 42ου και του 45ου παραλλήλου (1). Η ευαισθησία στη φωτοπερίοδο είναι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό της προσαρμογής της κάνναβης σε μια συγκεκριμένη περιοχή (55). Επίσης, η περίοδος άνθησης είναι καθοριστικός παράγοντας για την απόδοση της κάνναβης τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά (56). Από τους περισσότερους ερευνητές, ο βιολογικός κύκλος της κάνναβης κατηγοριοποιείται σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης: την εκβλάστηση των σπόρων και ανάδυσή τους, το στάδιο βλαστητικής ανάπτυξης του φυτού, το στάδιο άνθισης και σχηματισμού των σπόρων, και τέλος το στάδιο ωρίμανσης του φυτού (57). Το φαινολογικό μοντέλο που προτάθηκε από άλλους συγγραφείς (55), (58) διαιρεί περαιτέρω το στάδιο βλαστητικής ανάπτυξης σε τρεις φάσεις: στάδιο νεανικότητας, στάδιο φωτοευαισθησίας και στάδιο ανάπτυξης των ανθέων.

Η κάνναβη θεωρείται θερμόφιλο φυτό και οι έρευνες δείχνουν ότι οι υψηλές απαιτήσεις της σε θερμότητα είναι εξίσου σημαντικές με τις υψηλές απαιτήσεις της σε νερό (59). Σε γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 51° και 58°, η συνολική παροχή θερμότητας για τη φάση της βλαστητικής ανάπτυξης της κάνναβης 120-150 ημερών

θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2000 και 2600 βαθμοημερών. Αυτά τα εύρη θερμοκρασιών είναι ιδανικά για την ωρίμανση των σπόρων. Όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι 8-10 °C ή υψηλότερη, η βλάστηση των σπόρων είναι φυσιολογική (60). Το φυτό μπορεί να ανεχθεί σύντομες περιόδους παγετού έως 7 °C όταν έχει 4-5 ζεύγη φύλλων, αλλά η ανάπτυξη σταματά μέχρι να επιστρέψουν οι πιο θερμές συνθήκες. Οι θερμοκρασίες μεταξύ 16 και 27 °C θεωρούνται βέλτιστες για την ανάπτυξη της κάνναβης (61). Παλαιότερες έρευνες έχουν δείξει ότι η κάνναβη αναπτύσσεται καλύτερα σε εδάφη πλούσια σε άργιλο ή ιλύ και με ουδέτερη τιμή pH. Η κατάλληλη περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία είναι ζωτικής σημασίας κατά τα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, όπως το φύτευμα και εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Τα υγρά εδάφη δεν υποστηρίζουν την ανάπτυξη της κάνναβης, επειδή μπορούν να περιορίσουν το φύτευμα, την ανάπτυξη των ριζών και των βλαστών, να υποβαθμίσουν την ποιότητα των παραγόμενων ινών και να οδηγήσουν σε ανομοιογενή ύψη φυτών, καθιστώντας τη συγκομιδή πιο δύσκολη (62). Συνολικά, η κάνναβη χρειάζεται βαθιά, καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη για να παράγει υψηλές αποδόσεις σε σπόρο ή ίνες, καθώς υποφέρει υπό αναερόβιες εδαφικές συνθήκες. Επίσης εδάφη με υψηλή αλατότητα, όξινα και συμπιεσμένα θα πρέπει να αποφεύγονται. Το βέλτιστο pH του εδάφους είναι το 6,0 - 7,5. Συνολικά, γόνιμα εδάφη με καλή αποστράγγιση, επαρκή κίνηση του αέρα και ικανότητα αποθήκευσης επαρκών αποθεμάτων νερού είναι ιδανικά για την καλλιέργεια κάνναβης (63).

1.1.5 Καλλιεργητικές πρακτικές

Η κάνναβη, ως καλλιέργεια ελαιούχων σπόρων, ταιριάζει καλύτερα σε μια αμειψισπορά με δημητριακά ή, κατά προτίμηση, ένα ψυχανθές, αλλά μπορεί να καλλιεργηθεί και ως καλλιέργεια ινών μετά από οποιαδήποτε άλλη καλλιέργεια (1). Η μονοκαλλιέργεια της κάνναβης πρέπει να αποφεύγεται για διάφορους λόγους, όπως η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, η μειωμένη γονιμότητα και οι κίνδυνοι υποβάθμισης της ποιότητας. Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτά κάνναβης μειώνουν τον πληθυσμό ενός περιορισμένου αριθμού ειδών νηματωδών και ορισμένων μυκήτων στα εδάφη, και είναι δυνατό να καλλιεργηθούν χωρίς χημικά φυτοφάρμακα (64). Διαπιστώθηκε ότι η κάνναβη καταστέλλει τρεις μολυσματικούς παράγοντες (*Verticillium dahliae* και τους κομβονηματώδεις, *Meloidogyne chitwoodi* και *Meloidogyne hapla*), γεγονός που υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση της κάνναβης σε έναν κύκλο καλλιέργειών θα μπορούσε να βελτιώσει τις ιδιότητες της υγείας των εδαφών (65). Η κάνναβη που καλλιεργείται σε πυκνές φυτεύσεις μπορεί να καλύψει γρήγορα την επιφάνεια του εδάφους, καθώς τα φυτά μπορούν να αναπτυχθούν γρήγορα μετά το φύτευμα, καθιστώντας την ισχυρό ανταγωνιστή των ζιζανίων (61). Η παραγωγή κάνναβης συχνά ακολουθείται από τη σπορά χειμερινών σιτηρών και για το λόγο αυτό, η συγκομιδή πρέπει να ολοκληρώνεται το συντομότερο δυνατό,

ιδίως σε βαριά εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο, καθώς αυτά καθίστανται γρήγορα μη κατεργάσιμα με τις πρώιμες φθινοπωρινές βροχές (63).

Οι τεχνικές κατεργασίας για την καλλιέργεια της κάνναβης, ιδίως σε εδάφη πλούσια σε άργιλο, περιλαμβάνουν άροση σε βάθος 30-40 cm το φθινόπωρο ή το χειμώνα. Η τελική προετοιμασία γίνεται την άνοιξη με τη δημιουργία λεπτής σποροκλίνης (66). Το πιο σημαντικό στοιχείο κατά την εισαγωγή της κάνναβης σε μια νέα περιοχή είναι ο καθορισμός της ιδανικής ημερομηνίας σποράς που θα επιτρέψει τη βέλτιστη εγκατάσταση της φυτείας με αποτέλεσμα υψηλές αποδόσεις σπόρων ή/και ινών. Για την κάνναβη, η επαρκής υγρασία είναι ζωτικής σημασίας κατά τα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, όπως το φύτευμα και η ανάδυση (1). Ο χρόνος σποράς καθορίζεται κυρίως από κλιματικούς παράγοντες. Η κάνναβη μπορεί να βλαστάνει σε θερμοκρασίες 1-2 °C, ωστόσο δεν πρέπει να φυτεύεται νωρίς, στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου. Η σπορά θα πρέπει να καθυστερήσει μέχρι η θερμοκρασία του εδάφους να φτάσει τους 10-12 °C, ώστε να εξασφαλιστεί η γρήγορη ανάπτυξη της φυτείας η οποία ενισχύει την ικανότητά της να υπερτερεί των ζιζανίων. Οι περισσότεροι τύποι κάνναβης βλαστάνουν σε 3 έως 5 ημέρες όταν σπέρνονται σε θερμά εδάφη (>10 °C) με επαρκή εδαφική υγρασία. Η απόσταση μεταξύ των φυτών στην κάνναβη καθορίζεται από την παραγωγική κατεύθυνση της κάνναβης που καλλιεργείται, όπως για παράδειγμα οι ίνες, οι σπόροι ή τα κανναβινοειδή. Γενικά, η πυκνή φύτευση κάνναβης ενθαρρύνει το μεγαλύτερο ύψος των φυτών και περιορίζει την ανθοφορία. Για αυτό το λόγο, η κάνναβη που καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή ινών φυτεύεται πιο πυκνά, για την προώθηση της επιμήκυνσης του μίσχου, μειώνοντας παράλληλα τη διακλάδωση και αποδίδοντας μακρύτερες και ισχυρότερες ίνες. Ιδιαίτερα όταν προορίζεται για την παραγωγή ινών ή σπόρων, η κάνναβη φυτεύεται συχνά με αποστάσεις μεταξύ των γραμμών που κυμαίνονται από 7,6 έως 17,8 cm. Σύμφωνα με άλλη μελέτη, η απόσταση μεταξύ των φυτών κάνναβης που καλλιεργείται για την παραγωγή ινών κυμαίνεται από 20 έως 40 cm (67). Έρευνες έδειξαν ακόμα ότι 120 φυτά m⁻² με απόσταση μεταξύ των σειρών 0,5 m παρήγαγαν συνδυασμένα υψηλές αποδόσεις στελεχών, σπόρων και ταξιανθιών (68). Η ποσότητα του σπόρου για σπορά ποικίλλει και κυμαίνεται από 40 έως 150 kg ha⁻¹ (69). Σύμφωνα με άλλους συγγραφείς, οι συνιστώμενες ποσότητες σπόρου κυμαίνονται για την κλωστική κάνναβη από 40 έως 65 kg ha⁻¹ με στόχο την επίτευξη 200-300 φυτών m⁻², ενώ για την κάνναβη παραγωγής σπόρων 20 kg ha⁻¹ (63). Το ιδανικό βάθος σποράς κυμαίνεται από 1,9 έως 3,2 cm ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, την προετοιμασία του εδάφους, το διαθέσιμο νερό και την ημερομηνία σποράς (68).

Όσον αφορά τη λίπανση, ειδικά για την καλλιέργεια κάνναβης σποροπαραγωγής, το άζωτο (N) είναι ένα κρίσιμο θρεπτικό συστατικό. Οι προτεινόμενες δόσεις συνολικού αζώτου κυμαίνονται από 112 έως 168 kg/ ha⁻¹ για ξηρικές καλλιέργειες και έως 224 kg/ ha⁻¹ για αρδευόμενες καλλιέργειες κάνναβης σποροπαραγωγής. Πολλές έρευνες έδειξαν ότι τα υψηλά επίπεδα αζώτου αυξάνουν την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη και έλαιο (70), ενώ μια μελέτη καθόρισε

ότι 150 kg N/ ha⁻¹ ήταν επαρκή για την παραγωγή κάνναβης σποροπαραγωγής (71). Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι η κάνναβη αναπτύσσεται έως και 7,6 cm την ημέρα καθώς αρχίζει το στάδιο επιμήκυνσης των βλαστών. Ταχύτεροι ρυθμοί επιμήκυνσης των κυττάρων οδηγούν σε λεπτότερα κυτταρικά τοιχώματα και, στη συνέχεια, σε ασθενέστερες ίνες. Για το λόγο αυτό, για την κλωστική κάνναβη προτείνονται μόλις 56 kg N/ ha⁻¹ και αυτό συνήθως παρέχεται πριν από τη φύτευση. Οι αγρότες αντιμετωπίζουν μια πρόκληση όσον αφορά τον προσδιορισμό της βέλτιστης δόσης λίπανσης με N, προκειμένου να μεγιστοποιήσουν το οικονομικό τους κέρδος, επειδή οι μελέτες έχουν δείξει ποικίλα ευρήματα σχετικά με τις αποδόσεις στελεχών και σπόρων ως απόκριση στη λίπανση με N, σε εδάφη με μεγάλες διαφορές στη διαθεσιμότητα του εδαφικού N (72). Περαιτέρω έρευνες έδειξαν ότι η λίπανση με N σε δόσεις έως και 200 kg N/ ha⁻¹ μπορεί να αυξήσει τη διάμετρο του στελέχους, το ύψος των φυτών, τις αποδόσεις σε σπόρους και τις αποδόσεις βιομάζας των ποικιλιών διπλής κατεύθυνσης (73). Μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι τα 60 kg N/ ha⁻¹ ήταν επαρκή για την παραγωγή κάνναβης διπλής κατεύθυνσης και ότι δεν υπήρχε αύξηση της απόδοσης σε σπόρους καθώς αυξανόταν το ποσοστό N (74), ενώ μια άλλη διαπίστωσε ότι η εφαρμογή 100 kg N/ ha⁻¹ παρείχε τα ψηλότερα φυτά και τις μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρους και ταξιανθίες (75).

Η κάνναβη χρειάζεται επίσης μεγάλες ποσότητες καλίου (K). Για την κάνναβη σποροπαραγωγής/διπλής κατεύθυνσης αλλά και για την κλωστική κάνναβη/παραγωγής ινών, συνιστώνται 336 kg K/ ha⁻¹. Οι ποικιλίες κλωστικής κάνναβης απορροφούν το περισσότερο κάλιο καθόλα τα στάδια της βλαστητικής ανάπτυξης. Έχει αποδειχθεί ακόμα ότι η ποιότητα της ίνας επηρεάζεται περισσότερο από το K παρά από τον φώσφορο (P) (76). Ακόμα, μια ορισμένη ποσότητα καλίου, εξέρχεται επίσης από τον αγρό μέσω των σπόρων. Οι καλλιεργητές πρέπει να γνωρίζουν ότι εάν η ίνα δεματοποιηθεί νωπή ή εάν ολόκληρη η βιομάζα του φυτού απομακρυνθεί από τον αγρό πριν από τη διαδικασία διαχωρισμού των ινών, θα χαθούν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών, ειδικά καλίου.

Επειδή οι απαιτήσεις της κάνναβης στο στοιχείο αυτό δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές, η ποσότητα του φωσφόρου (P) που προτείνεται ως λίπασμα με τη μορφή P₂O₅ στο έδαφος είναι 56 kg/ ha⁻¹ για την καλλιέργεια κάνναβης σποροπαραγωγής, και 67 kg/ ha⁻¹ για την καλλιέργεια κάνναβης για παραγωγή ίνας (77).

Πίνακας 2. Απαιτήσεις της βιομηχανικής κάνναβης σε μακροθρεπτικά στοιχεία

Θρεπτικό στοιχείο	Παραγωγή σπόρων/διπλής κατεύθυνσης (kg ha ⁻¹)	Παραγωγή ίνας (kg ha ⁻¹)
Διαθέσιμο N	112-224	56
Διαθέσιμος P	56	67
Διαθέσιμο K	336	336

Η άρδευση μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση της κλωστικής κάνναβης, σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα περιβάλλοντα

ανάπτυξης (78). Ένας από τους πιο περιοριστικούς παράγοντες για την παραγωγή και την ποιότητα των ινών είναι η έλλειψη εδαφικής υγρασίας. Έχει αποδειχθεί ότι η ξηρασία και ο ζεστός καιρός ενισχύουν την παραγωγή ανθέων, αλλά επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών και την ωρίμανση των ινών (79). Σε ένα πείραμα διάρκειας δύο ετών, το μέγεθος και το ύψος των στελεχών μειώθηκαν συνοδευόμενα παράλληλα από ολοένα και λεπτότερα στελέχη κατά τους ξηρότερους μήνες του έτους (80). Σύμφωνα με ευρωπαϊκές έρευνες, η κάνναβη χρειάζεται 500-700 mm διαθέσιμου νερού ενώ κατά την περίοδο βλαστικής ανάπτυξης απαιτούνται 250-300 mm νερού (81).

Ο χρόνος συγκομιδής των φυτών κάνναβης που καλλιεργούνται για την παραγωγή ινών έχει σημαντική επίδραση στην ποιότητα αυτών. Η κάνναβη που καλλιεργείται για ίνες συγκομίζεται όταν τα αρσενικά φυτά βρίσκονται στο 100% της άνθισης, καθώς τότε κορυφώνεται η παραγωγή πρωτογενών ινών (78). Εάν από την άλλη τα φυτά αφεθούν να φτάσουν σε πλήρη ωριμότητα, η αντοχή των ινών μειώνεται σε σύγκριση με τις ίνες που είναι λιγότερο ώριμες. Οι σπόροι κάνναβης ωριμάζουν περίπου τρεις έως τέσσερις μήνες μετά τη φύτευση, εξαρτώμενοι από πολλούς παράγοντες, όπως ο χρόνος σποράς, το γεωγραφικό πλάτος, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, το ποσό βροχής ή άρδευσης κατά την περίοδο ανάπτυξης, η γενετική της ποικιλίας που καλλιεργείται και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Όταν τα φυτά της κάνναβης καταπονούνται από περιβαλλοντικούς ή εδαφολογικούς παράγοντες, μπορεί να ανθίσουν νωρίτερα. Η συγκομιδή τότε πρέπει να αρχίσει όταν οι περισσότεροι σπόροι (90%) έχουν ωριμάσει. Η κάνναβη καλλιεργείται επίσης συχνά για τα άνθη της. Το αιθέριο έλαιο κάνναβης, ως δευτερογενές προϊόν της, θεωρείται σήμερα προϊόν με υψηλή προστιθέμενη αξία και πολλά υποσχόμενη δυνατότητα εμπορίας λόγω των πιθανών εφαρμογών του στη βιομηχανία καλλυντικών, στην ιατρική και στη φυτοπροστασία. Η ημερομηνία συγκομιδής ποικίλλει ανάλογα με τον χρόνο άνθισης και τη συμπεριφορά της ανθοφορίας κάθε ποικιλίας (82).

1.1.6 Εχθροί – Ασθένειες – Ζιζάνια

Η κάνναβη φαίνεται να είναι περισσότερο περιβαλλοντικά φιλική σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες και χρησιμοποιείται σε αμειψισπορές για τη διακοπή του κύκλου ζωής ζιζανίων και εντόμων (83). Η εγγενής προστατευτική δράση της κάνναβης έναντι πολλών παρασίτων αποδίδεται στα τριχίδια που απελευθερώνουν τερπένια και κανναβινοειδή, τα οποία θεωρούνται απωθητικά για τα φυτοφάγα ζώα. Οι αφίδες είναι κοινός εχθρός στις κεφαλές των ταξικαρπιών της κάνναβης, αλλά πολύ λίγα έχουν ερευνηθεί σχετικά με το πώς η διατροφή τους επηρεάζει οικονομικά τις αποδόσεις σε σπόρο (84). Η κάνναβη μπορεί να αντέξει τη ζημιά από σημαντικούς πληθυσμούς εντόμων που τρέφονται με φύλλα χάρη στην έντονη ανάπτυξή της και την αφθονία του φυλλώδους ιστού της. Μπορεί επίσης να είναι αποτελεσματική για

τον έλεγχο των νηματωδών του εδάφους, σύμφωνα με δημοσιευμένες αν και περιορισμένες έρευνες, καθώς τα φυτοχημικά συστατικά των τριχιδίων μπορούν να έχουν νηματωδοκτόνο δράση στους ριζόκομβους νηματώδεις (85). Επίσης, υψηλότερη απόδοση έως 10% σε σόγια που καλλιεργήθηκε μετά από καλλιέργεια κάνναβης συσχετίστηκε με την παρουσία λιγότερων κυστογόνων νηματωδών στο έδαφος (86).

Διάφορες ασθένειες μπορούν να προσβάλλουν την κάνναβη. Ωστόσο πολλά από τα καταγεγραμμένα παθογόνα της κάνναβης δεν έχουν σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις στην καλλιέργεια, τουλάχιστον προς το παρόν. Δεδομένου ότι η έγκριση μυκητοκτόνων για την κάνναβη είναι εξαιρετικά περιορισμένη, είναι σημαντικό να εφαρμόζονται καλλιεργητικά και ενίοτε βιολογικά μέσα καταπολέμησης. Αποτελέσματα από προηγούμενες έρευνες και παρατηρήσεις πεδίου υποδεικνύουν το χρόνο και την πυκνότητα σποράς ως μέσα για τη διαχείριση ασθενειών, όπως αυτές που προκαλούνται από τη *Sclerotinia sclerotiorum* (λευκή μούχλα) και τον *Botrytis cinerea* (γκρίζα μούχλα), καθώς αυτές είναι μεταξύ των μυκητολογικών ασθενειών που μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο αρνητικά την παραγωγή κάνναβης. Και οι δύο αυτές ασθένειες μπορούν να προκαλέσουν προσβολές του στελέχους ή σήψη των ταξιανθιών και των ταξικαρπιών. Η παρουσία της *Sclerotinia* στους σπόρους κάνναβης μπορεί να είναι δύσκολο να εξαλειφθεί, μειώνοντας την ποιότητα και την αξία του τελικού προϊόντος. Η καταπολέμηση της *Sclerotinia* και του *Botrytis* περιλαμβάνει τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών που συμβάλλουν στη μόλυνση, μέσω του κατάλληλου χρόνου σποράς και της κατάλληλης πυκνότητας των φυτών, ώστε να αποφεύγονται οι υγρές συνθήκες ειδικά κατά τα τελευταία στάδια της ωρίμανσης της κάνναβης (87). Ορισμένα εδαφογενή παθογόνα μπορούν να επηρεάσουν τη ευρωστία των καλλιεργειών, οδηγώντας σε νέκρωση των σποροφύτων ή των φυτών σε μεταγενέστερα στάδια. Τα γένη *Fusarium* και *Pythium* είναι μεταξύ των πιο σημαντικών εδαφογενών παθογόνων. Και τα δύο γένη μυκήτων μπορούν να προκαλέσουν σήψη των ριζών και θάνατο των σποροφύτων. Το *Fusarium* μπορεί επίσης να προκαλέσει σήψη της κορυφής, σήψη των βλαστών και ολική μάρανση. Το *Pythium* έχει μεγαλύτερη σημασία όταν τα εδάφη είναι υπερβολικά υγρά κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των φυτών. Για τον έλεγχο αυτών των ασθενειών, συνιστάται επίσης η κατάλληλη εναλλαγή της κάνναβης με καλλιέργειες που δεν είναι ξενιστές και η επιλογή ποικιλιών που είναι λιγότερο ευπαθείς (77). Η χρήση πολλαπλασιαστικού υλικού απαλλαγμένου από παθογόνα θα καταστεί όλο και πιο σημαντική για τη διαχείριση των ασθενειών του γένους *Fusarium*, καθώς η βιομηχανία κάνναβης θα ωριμάζει τις επόμενες δεκαετίες.

Όσον αφορά τα ζιζάνια, η καλύτερη προσέγγιση για τη διαχείρισή τους στην κάνναβη είναι η διευκόλυνση της ταχείας ανάδυσης και ανάπτυξης μιας ικανοποιητικής πυκνότητας φυτείας. Για να διευκολυνθεί η γρήγορη βλάστηση και ανάπτυξη της κάνναβης, είναι σημαντικό να πραγματοποιείται ρηχή σπορά σε μια θερμή, υγρή και καλά προετοιμασμένη σποροκλίση. Η ταχεία ανάπτυξη και η υψηλή

παραγωγή βιομάζας της κάνναβης θα υπερκεράσει την πλειονότητα των ειδών ζιζανίων μόλις τα φυτά κάνναβης φτάσουν σε ύψος μεταξύ 0,15 και 0,20 m. Για τα ζιζάνια που βλαστάνουν αργά μπορεί να γίνει χρήση μηχανικών μεθόδων διαχείρισης ζιζανίων, όπως η κατεργασία του εδάφους ακριβώς πριν από τη σπορά. Ακόμη, στην περίπτωση μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ των γραμμών, η συγκαλλιέργεια με άλλα είδη μεταξύ αυτών μπορεί να είναι μια εναλλακτική λύση (1).

1.2 Υποστρώματα ανάπτυξης – κομπόστ

1.2.1 Οργανική ουσία και σημασία της

Η οργανική ουσία είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά του εδάφους. Η σύνθεσή της μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη και περιλαμβάνει: α) φυτικά και ζωικά υπολείμματα σε διάφορα στάδια και βαθμό αποσύνθεσης β) ζωντανούς και νεκρούς μικροοργανισμούς του εδάφους καθώς και γ) νεοσχηματισθείσες ενώσεις, οι οποίες είναι αποτέλεσμα συνθετικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών τους εδάφους. Η εφαρμογή οργανικής ουσίας στα εδάφη πρέπει να αποτελεί συνεχή ίσως πρακτική, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο την αύξηση της δέσμευσης του άνθρακα ή την τροφοδοσία των μικροοργανισμών του εδάφους, αλλά και τις διάφορες ευεργετικές επιδράσεις που έχει η προσθήκη της στο έδαφος (88).

Όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες που ωφελεί:

1. Βελτιώνει τη δομή του εδάφους και κατ' επέκταση τον αερισμό του, μειώνοντας και τη συνεκτικότητά του.
2. Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας του εδάφους οπότε και το διαθέσιμο νερό για τη λειτουργία των οργανισμών.
3. Μειώνει την εξάτμιση του νερού και ρυθμίζει την υγρασία του εδάφους.
4. Μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης.
5. Διευκολύνει την κατεργασία του εδάφους κατά το όργωμα και τη σπορά.
6. Βοηθά στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους.

Όσον αφορά τις χημικές ιδιότητες που ωφελεί:

1. Προμηθεύει σε σημαντικό βαθμό μακροθρεπτικά όπως N, P, K, S αλλά και ιχνοστοιχεία σχηματίζοντας χηλικές ενώσεις με αυτά, συνήθως με τα Fe, Zn, Cu, και Mn.
2. Συνεισφέρει στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους (ΙΑΚ).
3. Αυξάνει τη ρυθμιστική του ικανότητα.

Όσον αφορά τις βιολογικές λειτουργίες που εξυπηρετεί:

1. Συμβάλλει στην παροχή μικροοργανισμών (βακτηρίων και μυκήτων) ικανών

να μετατρέψουν την μη αποδομημένη οργανική ύλη σε θρεπτικά συστατικά για τα φυτά και να αποικοδομήσουν επιβλαβείς ενώσεις.

2. Βελτίωση των συνθηκών του εδάφους και παροχή άνθρακα για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της μικρο- και μακροπανίδας.

1.2.2 Ορισμός του κομπόστ – Χρήσεις

Όσον αφορά την κομποστοποίηση, αυτή είναι μια βιολογική διαδικασία που λαμβάνει χώρα υπό αερόβιες συνθήκες (παρουσία οξυγόνου). Με τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας, πραγματοποιείται μετατροπή οργανικών αποβλήτων ποικίλης προέλευσης, σε ένα ομοιογενές και απαλλαγμένο από παθογόνα οργανικό υλικό. Η κομποστοποίηση μπορεί να ερμηνευθεί ως το άθροισμα πολύπλοκων μεταβολικών διεργασιών που εκτελούνται από διάφορους μικροοργανισμούς οι οποίοι, παρουσία οξυγόνου, χρησιμοποιούν άνθρακα (C) και άζωτο (N) που είναι διαθέσιμα ώστε να παράγουν τη δική τους βιομάζα. Σε αυτή τη διαδικασία, οι μικροοργανισμοί παράγουν θερμότητα και ένα οργανικό υπόστρωμα στερεής φάσης, με λιγότερο άνθρακα και άζωτο από το αρχικό, αλλά μεγαλύτερης σταθερότητας, το οποίο ονομάζεται κομπόστ. Η κομποστοποίηση παρέχει έτσι την ευκαιρία να μετατραπούν με ασφάλεια τα οργανικά απόβλητα σε εισροές για τη γεωργική παραγωγή. Ο FAO ορίζει σαν κομπόστ το μείγμα οργανικής ουσίας που προκύπτει από αερόβια χώνευση και χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της δομής του εδάφους αλλά και την παροχή θρεπτικών συστατικών. Η συντριπτική πλειοψηφία των οργανικών υλικών είναι κομποστοποιήσιμα. Παρακάτω υπάρχει μια λίστα με τα υλικά που μπορούν να κομποστοποιηθούν:

- α) Υπολείμματα καλλιεργειών, υλικά από κλαδεύματα, φύλλα δέντρων και θάμνων.
- β) Κοπριά βοοειδών, αιγοπροβάτων και χοίρων.
- γ) Οργανικά απόβλητα κουζίνας (υπολείμματα τροφίμων, απορρίμματα καφέ, κελύφοι ξηρών καρπών, βρώσιμα λάδια και λίπη)
- δ) Πριονίδι, χαρτί και χαρτόνι.
- ε) Μαλλί από κουρά ζώων.

Το κομπόστ περιέχει σημαντικά λιπαντικά στοιχεία για τα φυτά, παρόλο που αυτά απαντώνται σε οργανική μορφή και σε μικρότερη ποσότητα από ότι στα συνθετικά ανόργανα λιπάσματα. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης του κομπόστ ως πρόσθετο για τη θρέψη των φυτών, είναι ότι περιέχει θρεπτικά στοιχεία σε αφομοιώσιμη μορφή τα οποία και αποδεσμεύονται σε βάθος χρόνου στην καλλιέργεια (βραδεία αποδέσμευση). Επιπλέον, το κομπόστ έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία με τα πλεονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται και τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω (88).

Η περιεκτικότητα του κόμποστ σε θρεπτικά συστατικά (Πίνακας 3) μπορεί να διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό, καθώς εξαρτάται από το υλικό προέλευσης.

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα του κομπόστ σε θρεπτικά συστατικά (88)

Θρεπτικό στοιχείο	% στο κόμποστ
Άζωτο	0,3% – 1,5% (3g έως 15g ανά kg κόμποστ)
Φώσφορος	0,1% – 1,0% (1g έως 10g ανά kg κόμποστ)
Κάλιο	0,3% – 1,0% (3g έως 10g ανά kg κόμποστ)

1.2.3 Παράμετροι κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης

Δεδομένου ότι η κομποστοποίηση είναι μια βιολογική διαδικασία που πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν το διαθέσιμο οξυγόνο και τον αερισμό, την υγρασία του υποστρώματος, τη θερμοκρασία, το pH και την αναλογία C:N. Η διαδικασία της κομποστοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από διάφορες παραμέτρους όπως τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία), τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και τις πρώτες ύλες, οι οποίες μπορεί να ποικίλλουν κάθε φορά. Ωστόσο, οι διάφορες συνθήκες πρέπει να βρίσκονται υπό συνεχή παρακολούθηση ώστε να βρίσκονται πάντα εντός του βέλτιστου εύρους. Οι παράμετροι και οι βέλτιστες περιοχές τους καθώς και το ιδανικό εύρος τιμών των παραμέτρων σε διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης (Πίνακας 4) παρατίθενται παρακάτω.

Οξυγόνο

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία και θα πρέπει να διατηρείται επαρκής αερισμός για να επιτρέπεται η αναπνοή των μικροοργανισμών. Οι απαιτήσεις σε οξυγόνο ποικίλλουν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, φθάνοντας στο υψηλότερο ποσοστό κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της θερμόφιλης φάσης. Ο κορεσμός οξυγόνου στο οργανικό μέσο δεν πρέπει να είναι χαμηλότερος από 5%, ενώ το βέλτιστο επίπεδο είναι περίπου στο 10%. Ένας υπερβολικός αερισμός μπορεί να προκαλέσει πτώση της θερμοκρασίας και μεγάλη απώλεια υγρασίας λόγω εξάτμισης, με αποτέλεσμα να σταματήσει η διαδικασία αποσύνθεσης λόγω έλλειψης νερού. Τα κύτταρα των μικροοργανισμών τότε αφυδατώνονται, και η ενζυμική δραστηριότητα που είναι υπεύθυνη για την αποικοδόμηση διαφορετικών ενώσεων σταματά. Αντίθετα, ένας χαμηλός αερισμός μπορεί να δημιουργήσει περιβάλλον υπερβολικής υγρασίας με αναερόβιες συνθήκες και νέκρωση των μικροοργανισμών σε ακραίες περιπτώσεις.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Όπως σε όλες τις αερόβιες διεργασίες, έτσι και στην κομποστοποίηση, το οξυγόνο χρησιμεύει για να μετατρέψει (οξειδώσει) τον άνθρακα που υπάρχει στην πρώτη ύλη.

Μέσω της διαδικασίας οξείδωσης, ο άνθρακας μετατρέπεται σε βιομάζα (περισσότεροι μικροοργανισμοί) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο είναι πηγή άνθρακα για τα φυτά και άλλους οργανισμούς που εκτελούν φωτοσύνθεση.. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, το CO₂ απελευθερώνεται μέσω της αναπνοής των μικροοργανισμών και ως εκ τούτου, η συγκέντρωσή του ποικίλλει ανάλογα με τη μικροβιακή δραστηριότητα και την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα. Γενικά, παράγονται 2-3 κιλά CO₂ ανά τόνο ημερησίως. Το CO₂ που παράγεται κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης θεωρείται ωστόσο ότι έχει χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, επειδή δεσμεύεται από τα φυτά για φωτοσύνθεση.

Υγρασία

Η υγρασία είναι μια παράμετρος που σχετίζεται στενά με τους μικροοργανισμούς, επειδή, όπως όλα τα έμβια όντα, χρησιμοποιούν το νερό για να μεταφέρουν θρεπτικά συστατικά και ενέργεια μέσω των κυτταρικών μεμβρανών. Η ιδανική υγρασία του υλικού κομποστοποίησης είναι περίπου 55%, αν και αυτή ποικίλλει ανάλογα με το είδος του υλικού, το μέγεθος των σωματιδίων και τη μέθοδο κομποστοποίησης. Εάν η υγρασία πέσει κάτω από 45%, η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται, οι φάσεις της αποδόμησης δεν μπορούν να ολοκληρωθούν και ως εκ τούτου, το προϊόν που προκύπτει είναι βιολογικά ασταθές. Εάν η υγρασία είναι πολύ υψηλή (> 60%), το νερό θα καταλάβει τους κενούς χώρους του υλικού και θα παρεμποδίσει την οξυγόνωση των μικροοργανισμών. Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία για την κομποστοποίηση είναι από 45% έως 60% νερό w/w του αρχικού υλικού.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τη φάση της διαδικασίας. Η κομποστοποίηση ξεκινά σε μια θερμοκρασία που μπορεί να ανέλθει έως και τους 65°C χωρίς να χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση (εξωτερική θέρμανση). Κατά τη φάση της ωρίμανσης η θερμοκρασία πέφτει στη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Είναι επιθυμητό η θερμοκρασία να μην πέφτει πολύ γρήγορα, καθώς όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και για όσο μεγαλύτερο χρόνο παραμένει σε τέτοια επίπεδα, τόσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός αποσύνθεσης και η εξυγίανση του υλικού.

pH

Το pH της κομποστοποίησης εξαρτάται από τα υλικά προέλευσης και ποικίλλει σε κάθε φάση της διαδικασίας (4,5 έως 8,5). Στις πρώτες φάσεις της διαδικασίας, το pH μειώνεται με το σχηματισμό οργανικών οξέων. Στη θερμοφιλή φάση, λόγω της μετατροπής των αμμωνιακών σε αμμωνία, το pH αυξάνεται και το υλικό αλκαλοποιείται για να σταθεροποιηθεί τελικά σε τιμές κοντά στο ουδέτερο. Το pH καθορίζει την επιβίωση των μικροοργανισμών και κάθε ομάδα έχει βέλτιστο pH για ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό. Η μεγαλύτερη βακτηριακή δραστηριότητα

εμφανίζεται σε pH 6,0 έως 7,5, ενώ η μεγαλύτερη δραστηριότητα των μυκήτων εμφανίζεται σε pH 5,5 έως 8,0. Το ιδανικό εύρος είναι από 5,8 έως 7,2.

Λόγος άνθρακα-αζώτου (C:N)

Ο λόγος C:N αλλάζει ανάλογα με την προέλευση των υλικών κομποστοποίησης και προκύπτει διαιρώντας τη συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα (συνολικό C %) με τη συνολική περιεκτικότητα σε N (συνολικό N %) του υλικού. Αυτή η αναλογία ποικίλλει επίσης καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, με συνεχή μείωση από 35:1 σε 15:1.

Όταν C:N >35:1 Περίσσεια άνθρακα. Υπάρχει μεγάλη ποσότητα υλικών πλούσιων σε άνθρακα στο μείγμα. Η διαδικασία τείνει να επιβραδυνθεί και το υλικό να κρυώσει. Χρειάζεται τότε να προστεθεί πλούσιο σε άζωτο υλικό μέχρι να επιτευχθεί η κατάλληλη αναλογία C:N.

Όταν C:N <15:1 Περίσσεια αζώτου. Υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα υλικού πλούσιου σε άζωτο στο μείγμα. Το υλικό που κομποστοποιείται τείνει να υπερθερμανθεί δημιουργώντας οσμές από την έκλυση αμμωνίας. Χρειάζεται τότε να προστεθεί υλικό με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (ξερά φύλλα, πριονίδι) (88).

Πίνακας 4. Ιδανικό εύρος τιμών βασικών παραμέτρων σε διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης [1]

Παράμετροι	Ιδανικό εύρος τιμών (αρχή κομποστοποίησης 2-5 ημέρες)	Ιδανικό εύρος τιμών (θερμόφιλη φάση 2-5 ημέρες)	Ιδανικό εύρος τιμών (ώριμο κόμποστ 3-6 μήνες)
Λόγος C:N	25:1 - 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Υγρασία	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Συγκέντρωση οξυγόνου	~10%	~10%	~10%
Μέγεθος κόκκων	< 25 cm	~15 cm	< 1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0 – 8,5	6,5 – 8,5
Θερμοκρασία	45 °C – 60 °C	45 °C – Θερμοκρασία περιβάλλοντος	Θερμοκρασία περιβάλλοντος
Πυκνότητα	250-400 kg/m ³	< 700 kg/m ³	< 700 kg/m ³
Οργανική ουσία (επί ξηρού)	50% - 70%	>20%	>20%
Ολικό άζωτο (επί ξηρού)	2,5% – 3%	1% - 2%	~1%

1.2.4 Διαδικασία κομποστοποίησης – Φάσεις

Ανάλογα με τη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, εντοπίζονται τρεις κύριες φάσεις στην κομποστοποίηση, εκτός από μια φάση ωρίμανσης μεταβλητής διάρκειας. Οι διάφορες φάσεις της κομποστοποίησης χωρίζονται ανάλογα με τη θερμοκρασία σε:

1. Μεσόφιλη φάση I. Η διαδικασία κομποστοποίησης ξεκινά από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε λίγες μέρες (ή και ώρες), η θερμοκρασία ανεβαίνει στους 45°C. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στη μικροβιακή δραστηριότητα αφού, σε αυτή τη φάση, οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν πηγές C και N παράγοντας και θερμότητα. Η αποσύνθεση διαλυτών ενώσεων, όπως τα σάκχαρα, παράγει οργανικά οξέα και ως εκ τούτου, το pH μπορεί να πέσει (σε περίπου 4,0 ή 4,5). Αυτή η φάση διαρκεί μερικές ημέρες (δύο έως οκτώ).

2. Θερμόφιλη ή φάση Εξυγίανσης. Όταν το αρχικό υλικό φτάσει σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 45°C, οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε μέσες θερμοκρασίες (μεσόφιλοι μικροοργανισμοί) αντικαθίστανται από άλλους που αναπτύσσονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, κυρίως από θερμόφιλα βακτήρια, οι οποίοι διευκολύνουν την αποικοδόμηση πολύπλοκων πηγών C, όπως η κυτταρίνη και η λιγνίνη. Αυτοί οι μικροοργανισμοί ενεργούν μετατρέποντας το άζωτο σε αμμωνία, και έτσι το pH αυξάνεται. Πιο συγκεκριμένα, πάνω από 60°C, αρχίζουν να αναπτύσσονται βακτήρια που παράγουν σπόρια και ακτινοβακτήρια που είναι υπεύθυνα για τη διάσπαση των κηρών, της ημικυτταρίνης και άλλων οργανικών ενώσεων. Αυτή η φάση μπορεί να διαρκέσει από μέρες έως μήνες, ανάλογα με το αρχικό υλικό, τις κλιματικές συνθήκες και άλλους παράγοντες.

Αυτή η φάση ονομάζεται επίσης και φάση εξυγίανσης, καθώς η θερμότητα που παράγεται καταστρέφει βακτήρια και παθογόνα όπως το *Escherichia coli* και η *Salmonella* spp. Ακόμα, αυτή η φάση είναι σημαντική καθώς θερμοκρασίες πάνω από 55°C εξαλείφουν τις κύστες και τα ωά πλατυέλμινθων, τα σπόρια φυτοπαθογόνων μυκήτων και τους σπόρους ζιζανίων που προϋπάρχουν στο αρχικό υλικό.

3. Μεσόφιλη φάση II ή φάση Ψύξης. Μόλις εξαντληθούν οι πηγές άνθρακα και αζώτου στο υλικό κομποστοποίησης, η θερμοκρασία πέφτει ξανά στους 40-45°C περίπου. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, η αποικοδόμηση πολυμερών συνεχίζεται. Κάτω από τους 40°C, οι μεσόφιλοι οργανισμοί επαναλαμβάνουν τη δραστηριότητά τους και το pH του υλικού μειώνεται ελαφρώς, παραμένοντας ωστόσο ελαφρώς αλκαλικό. Μερικοί μύκητες μπορούν να αναπτυχθούν και να δημιουργήσουν ορατές δομές. Αυτή η φάση ψύξης απαιτεί αρκετές εβδομάδες και μπορεί να συγχέεται με τη φάση ωρίμανσης.

4. Φάση ωρίμανσης. Αυτή η φάση διαρκεί μήνες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατά τη διάρκεια των οποίων εμφανίζονται αντιδράσεις, όπως ο πολυμερισμός οργανικών ενώσεων προς τον σχηματισμό χουμικών και φουλβικών οξέων (88).

1.3 Βιοδιεγέρτες

1.3.1 Γενικά – Ορισμοί

Στις μέρες μας, η φυτική παραγωγή πρέπει να αντιμετωπίσει σε παγκόσμιο επίπεδο τις αυξανόμενες προκλήσεις για υψηλή παραγωγικότητα σε συνδυασμό με περιβαλλοντικά φιλικές καλλιεργητικές πρακτικές. Στη βιολογική γεωργία, η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων είναι περιορισμένη, επομένως υπάρχει ανάγκη για εφαρμογή φυτικών πρόσθετων και βελτιωτικών κατάλληλων για αυτές τις προδιαγραφές. Έτσι, μπροστά στο πρόβλημα των υποβαθμισμένων γεωργικών περιοχών και των αβεβαιοτήτων που σχετίζονται με τις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, η χρήση βιοδιεγερτικών παραγόντων μπορεί να είναι μια ενδιαφέρουσα επιλογή (89).

Έχει διεξαχθεί πληθώρα ερευνών για τον εντοπισμό λειτουργικών και αποτελεσματικών βελτιωτικών παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν στη φυτική παραγωγή για τη βελτίωση της ανάπτυξης των φυτών, της παραγωγικότητας και της ποιότητάς τους, καθώς και για να βοηθούν τα φυτά να ξεπεράσουν διαφορετικούς τύπους περιβαλλοντικών στρες (90).

Ο όρος βιοδιεγέρτες συνήθως αναφέρεται σε φυσικές ουσίες βιολογικής προέλευσης ή μικροοργανισμούς, οι οποίοι όταν εφαρμόζονται μέσω ριζοποτίσματος ή διαφυλλικών ψεκασμών, ή και με συνδυασμό τους σε φυτά, τείνουν να διεγείρουν φυσικές διεργασίες εντός αυτών, που είναι υπεύθυνες για την αποδοτική χρήση των θρεπτικών στοιχείων, τη ρύθμιση της ανάπτυξης ή/και της ανοχής στις αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις. Αυτές οι διεργασίες διεγείρονται ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα των ουσιών αυτών σε θρεπτικά συστατικά (91,92).

Αλλού αναφέρεται ότι διάφορες ουσίες φυσικής προέλευσης που έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών, στην αντοχή τους στα διάφορα στρες και στην απόδοση και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, μπορούν να χαρακτηριστούν ως βιοδιεγέρτες. Οι φυσιολογικές τους επιδράσεις εξαρτώνται από τη σύνθεσή τους, καθώς περιέχουν ποικίλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις τις οποίες τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως μεταβολίτες, ρυθμιστές ανάπτυξης και θρεπτικά συστατικά. Ωστόσο, οι βιοδιεγέρτες δεν μπορούν να θεωρηθούν ως βιολογικής προέλευσης λιπάσματα. Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιούνται στη φυτική παραγωγή έχουν θεωρηθεί ευρέως ως φιλική περιβαλλοντικά γεωργική πρακτική— και έτσι είναι πλέον μεταξύ των εργαλείων που χρησιμοποιούνται στη αειφορική γεωργία (90).

Σύμφωνα με τους συγγραφείς του (93), «βιοδιεγέρτης είναι οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός, ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του σε θρεπτικά συστατικά ή οποιονδήποτε συνδυασμό τέτοιων ουσιών ή/και μικροοργανισμών, και ο οποίος εφαρμόζεται σε φυτά, σπόρους ή στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας με σκοπό την

τόνωση των φυσικών διεργασιών των φυτών που οδηγούν σε αυξημένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών συστατικών ή/και σε ανοχή στα αβιοτικά στρες».

Σε ορισμούς βιοδιεγερτών αναφέρονται επίσης συχνά τα πρωτεϊνικά υδρολύματα (94,95) και τα μικροβιακά εμβόλια (95), τα οποία μπορούν να συμβάλουν στην αντοχή των φυτών στα διάφορα στρες καθώς και να ενισχύσουν την πρόσληψη και τη διανομή των θρεπτικών συστατικών στο εσωτερικό των φυτών.

Εκτός από την υποστήριξη των φυτών κατά των καταπονήσεων, την τόνωση της ανάπτυξης, την ενίσχυση της απορρόφησης θρεπτικών συστατικών και την αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών, οι βιοδιεγέρτες βοηθούν επίσης στη διακοπή του λήθαργου, αυξάνουν το μέγεθος των καρπών, ενισχύουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, αυξάνουν τη δραστηριότητα των φωτοσυνθετικών και άλλων φυτικών ιστών, ενισχύουν τη ζωηρότητα και την ομοιομορφία των φυτών, ρυθμίζουν την ανθοφορία και διεγείρουν την καρπόδεση και την ωρίμανση. Οι επιστήμονες, οι αγρότες, οι καταναλωτές, οι επενδυτές, και οι ρυθμιστικές αρχές εξακολουθούν να μαθαίνουν για τους βιοδιεγέρτες και τον ρόλο τους στη βιώσιμη γεωργία².

1.3.2 Κατηγορίες βιοδιεγερτών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω βιοδιεγέρτης είναι κάθε ουσία ή μικροοργανισμός που εφαρμόζεται σε φυτά με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας της θρέψης ή/και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας, καθώς και της ανοχής στις αβιοτικές καταπονήσεις, ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία. Κατ' επέκταση, οι βιοδιεγέρτες ορίζουν εμπορικά προϊόντα που περιέχουν μείγματα τέτοιων ουσιών ή/και μικροοργανισμών. Στην πραγματικότητα, ο «βιοδιεγέρτης» εμφανίζεται ως ένας ευέλικτος όρος για να περιγράψει οποιαδήποτε ουσία ωφέλιμη για τα φυτά, χωρίς να είναι όμως κάποιας μορφής λίπασμα, φυτοπροστατευτικό ή εδαφοβελτιωτικό (96). Κάποιες κύριες κατηγορίες βιοδιεγερτών παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο και είναι οι εξής:

A) Χουμικές ενώσεις

Οι χουμικές ενώσεις είναι φυσικά συστατικά της οργανικής ουσίας του εδάφους, που προέρχονται από την αποσύνθεση φυτικών, ζωικών και μικροβιακών υπολειμμάτων, αλλά και από τη συνθετική δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους. Οι χουμικές ενώσεις είναι μείγματα ετερογενών ενώσεων, που αρχικά κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το μοριακό τους βάρος και τη διαλυτότητά τους, σε

² <https://biostimulants.eu/plant-biostimulants/>

χουμίνες, χουμικά οξέα και φουλβικά οξέα. Έχουν αναγνωρισθεί εδώ και πολύ καιρό ως σημαντικοί συντελεστές της γονιμότητας του εδάφους, που δρουν στις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητές του. Οι περισσότερες βιοδιεγερτικές επιδράσεις τους αναφέρονται στη βελτίωση της θρέψης των φυτών, μέσω διάφορων μηχανισμών. Κάποιοι από αυτούς είναι η αυξημένη διαθεσιμότητα και κατ' επέκταση πρόσληψη μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων, λόγω της αυξημένης ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) που προσφέρουν στα εδάφη, καθώς και η αυξημένη διαθεσιμότητα του φωσφόρου λόγω παρεμπόδισης της κατακρήμνισής του ως φωσφορικό ασβέστιο (96). Η εφαρμογή χουμικών ενώσεων – διαλυτά κλάσματα χουμικών και φουλβικών οξέων – δείχνει συνολικά θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών. Σε έρευνα έχουν παρουσιαστεί αποτελέσματα συνολικής αύξησης του ξηρού βάρους διάφορων φυτών κατά $22 \pm 4\%$ για τους βλαστούς και κατά $21 \pm 6\%$ για τις ρίζες (97).

Β) Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή

Η χιτοζάνη είναι μια αποακετυλιωμένη μορφή του βιοπολυμερούς της χιτίνης, που παράγεται φυσικά αλλά και τεχνητά. Οι φυσιολογικές επιδράσεις των ολιγομερών χιτοζάνης στα φυτά οφείλονται στην ικανότητά τους να δεσμεύουν ένα ευρύ φάσμα κυτταρικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένου του DNA, και συστατικών της πλασματικής μεμβράνης και του κυτταρικού τοιχώματος. Επιπλέον μπορεί και δεσμεύει συγκεκριμένους υποδοχείς που εμπλέκονται στην ενεργοποίηση των γονιδίων άμυνας, με παρόμοιο τρόπο με τους διεγέρτες της άμυνας των φυτών (98) (99).

Γ) Υδρολύματα πρωτεϊνών και άλλες αζωτούχες ενώσεις

Τα μείγματα αμινοξέων και πεπτιδίων λαμβάνονται με χημική και ενζυμική υδρόλυση πρωτεϊνών από αγροβιομηχανικά παραπροϊόντα, τόσο από φυτικές πηγές (υπολείμματα καλλιεργειών) όσο και από ζωικά απόβλητα (π.χ. κολλαγόνο, επιθηλιακοί ιστοί) (91,100,101). Αυτές οι ενώσεις έχει αποδειχθεί ότι παίζουν πολλαπλούς ρόλους ως βιοδιεγέρτες της ανάπτυξης των φυτών (100) (91) τις άμεσες επιδράσεις που έχουν στα φυτά περιλαμβάνονται η ρύθμιση της πρόσληψης και της αφομοίωσης του αζώτου.

Δ) Ανόργανες ενώσεις

Τα χημικά στοιχεία που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί να είναι απαραίτητα για πολύ συγκεκριμένα είδη, αλλά δεν απαιτούνται από όλα τα φυτά, ονομάζονται ευεργετικά στοιχεία. Τα πέντε κύρια ευεργετικά στοιχεία είναι το Al, το Co, το Na, το Se και το Si. Τα ευεργετικά στοιχεία μπορούν να προάγουν την ανάπτυξη των φυτών, την ποιότητα των φυτικών προϊόντων και την ανοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις. Αυτό περιλαμβάνει αντιδράσεις όπως: η σκλήρυνση του κυτταρικού τοιχώματος, η αυξημένη ωσμωρύθμιση, η μειωμένη διαπνοή, η θερμορύθμιση μέσω

ανάκλασης της ακτινοβολίας, η αυξημένη ενζυμική δραστηριότητα, η καλύτερη θρέψη των φυτών μέσω αλληλεπιδράσεων με άλλα στοιχεία, οι αντιοξειδωτικές δράσεις, η ανοσολογική απόκριση στα παθογόνα, η προστασία από την τοξικότητα βαρέων μετάλλων κ.α. (102).

Ε) Ωφέλιμοι μύκητες

Τα φυτά και οι μύκητες συνεξελίχθηκαν κατά κάποιο τρόπο μέσα στο χρόνο και η έννοια του αμοιβαίου παρασιτισμού είναι χρήσιμη όταν περιγράφεται το εκτεταμένο φάσμα των σχέσεων που αναπτύχθηκαν. Οι μυκόρριζες είναι μια κατηγορία μυκήτων με μεγάλη ετερογένεια οι οποίοι μπορούν να συμβιώσουν με πάνω από το 90% των φυτικών ειδών. Μεταξύ των διαφορετικών μορφών αλληλεπίδρασης, οι δενδροειδείς μυκορριζικοί μύκητες (AMF) είναι ένας ευρέως συναντώμενος τύπος ενδομυκόρριζας. Σε αυτόν, οι μυκητιακές υφές των ειδών του φύλλου *Glomeromycota*, διεισδύουν στα κύτταρα του φλοιού της ρίζας του φυτού ξενιστή και σχηματίζουν δενδροειδείς διακλαδισμένες δομές (103). Μερικά ευρέως αποδεκτά οφέλη της συμβίωσης είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας της θρέψης για τον μύκητα αλλά και τον ξενιστή (μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία, ιδιαίτερα σημαντική αύξηση της διαθεσιμότητας και πρόσληψης φωσφόρου για το φυτό), η ισορροπία του υδατικού δυναμικού, αύξηση της αντοχής σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις κ.α. (104), (105), (106).

ΣΤ) Ωφέλιμα Βακτήρια

Τα βακτήρια αλληλεπιδρούν με τα φυτά με διάφορους τρόπους, παρόμοια με τους μύκητες, με σχέσεις αμοιβαίου παρασιτισμού π.χ. με αμοιβαία ενδοσυμβίωση του τύπου *Rhizobium* ή όπως τα ριζοσφαιρικά βακτήρια PGPRs (Plantgrowth Promoting Rhizobacteria). Οι σχέσεις αυτές μπορεί να είναι παροδικές ή μόνιμες. Το *Rhizobium* και τα σχετικά είδη διατίθενται στο εμπόριο ως βιολιπάσματα, δηλαδή μικροβιακά εμβόλια που διευκολύνουν την απόκτηση θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Οι λειτουργίες που επιτελούνται είναι η παροχή θρεπτικών ουσιών, η αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης θρεπτικών ουσιών, η πρόκληση αντοχής σε ασθένειες, η ρύθμιση της μορφογένεσης από ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών κ.α. (107).

Ζ) Εκχυλίσματα φυκών

Τα περισσότερα από τα είδη θαλασσίων φυκών ανήκουν στο γένος των καφέ αλγών – με κύρια γένη τα *Ascophyllum*, *Fucus*, και *Laminaria*. Τα τελευταία χρόνια η εμπορική χρήση εκχυλισμάτων φυκών και εξευγενισμένων ενώσεων, που περιλαμβάνουν τους πολυσακχαρίτες λαμιναρίνη, καραγενάνη, και αλγινικά άλατα καθώς και τα προϊόντα διάσπασής τους γίνεται όλο και πιο ευρεία λόγω των ευεργετικών τους επιδράσεων στα φυτά. Άλλα συστατικά τους που συμβάλλουν στην προαγωγή της ανάπτυξης των φυτών περιλαμβάνουν μικροθρεπτικά και

μακροθρεπτικά στοιχεία, στερόλες, αζωτούχες ενώσεις όπως μπεταΐνες και διάφορες φυτορμόνες. (108).

Πίνακας 5. Κατηγορίες καφέ αλγών

Phaeophyceae	Rhodophyta	Chlorophyta
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Uitva lactuca</i>
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Porphyra perforate</i>	<i>Enteromorpha prolifera</i>
<i>Durvillea antarctica</i>	<i>Nereocystis spp.</i>	<i>Caulerpa paspaloides</i>
<i>Durvillea protatorum</i>	<i>Cyanidium caldarium</i>	<i>Ulva armoricana</i>
<i>Fucus veciculosus</i>	<i>Gracilaria edulis</i>	<i>Codium Liyengarii</i>
<i>Sargassum spp.</i>	<i>Gracilaria dura</i>	<i>Codium tomentosum</i>
<i>Hydroclathrus spp.</i>	<i>Laurencia johnstonii</i>	<i>Caulerpa sertularioides</i>
<i>Ralfsia spp.</i>		
<i>Laminaria digitata</i>		
<i>Cystoseira myriophylloides</i>		
<i>Focus spiralis</i>		
<i>Padina pavonica</i>		

Στα φυτά, οι ευεργετικές επιδράσεις μέσω της παροχής θρεπτικών συστατικών, δείχνουν ότι λειτουργούν και ως λιπάσματα, εκτός από τους άλλους ρόλους που επιτελούν. Τα θετικά αποτελέσματα στη βλάστηση των σπόρων, στην αρχική εγκατάσταση των φυτών και στην περαιτέρω ανάπτυξή τους, συνδέονται με ορμονικές επιδράσεις, οι οποίες θεωρούνται ως κύριες αιτίες βιοδιεγερτικής δραστηριότητας στις καλλιέργειες (96).

Παρόλο που οι κυτοκινίνες, οι αυξίνες, οι γιββερίνες, το αμπισικό οξύ και άλλες ενώσεις όπως οι στερόλες και οι πολυαμίνες, έχουν εντοπιστεί σε εκχυλίσματα φυκών με βιοδοκιμές και με ανοσολογικές μεθόδους (109), υπάρχουν ενδείξεις ότι οι ορμονικές επιδράσεις των εκχυλισμάτων των καφέ φυκών *Ascophyllum nodosum* εξηγούνται σε μεγάλο βαθμό από την αυξημένη έκφραση γονιδίων βιοσύνθεσης ορμονών στους φυτικούς ιστούς, παρά από το ορμονικό περιεχόμενο των ίδιων των εκχυλισμάτων φυκών (110).

1.3.3 Σημασία βιοδιεγερτών – Εφαρμογές

Ανάλογα με τη σύνθεσή τους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα, τα βιοδιεγερτικά μπορούν να εφαρμοστούν στο έδαφος ή στα φύλλα (111). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ενώσεις φυτικής προέλευσης και σε ορισμένα άλλα φυσικά βιοδραστικά υλικά, όπως τα χουμικά και τα φουλβικά οξέα (112,113).

Οι επιδράσεις στη φυσιολογία των φυτών εμφανίζονται μετά την είσοδό τους στους ιστούς και τα κύτταρα, όπου αυτές οι ενώσεις εμπλέκονται στον μεταβολισμό, τη μεταφορά σημάτων και την ορμονική ρύθμιση της ανάπτυξης τους. (90)

Μεταξύ των διάφορων βιολογικών βελτιωτικών, οι (114) ξεχώρισαν βιοδιεγερτικά που βασίζονται σε αμινοξέα, στη χιτοζάνη, σε εκχυλίσματα φυκιών και σε χουμικές ενώσεις. Συγκεκριμένα τα εκχυλίσματα φυκιών είναι πηγή ποικίλων ενώσεων όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, φυτοορμόνες, αμινοξέα, ωσμοπροστατευτικά, αντιμικροβιακές ενώσεις και ανόργανα στοιχεία, τα οποία μπορούν να έχουν βιοδιεγερτικά αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται στα φυτά.

Επίσης, ανάλογα με τον τύπο του εκχυλίσματος, τη συγκέντρωση στην οποία εφαρμόζεται και την επίδραση διάφορων περιβαλλοντικών παραγόντων, τα βιοδιεγερτικά μπορεί να προκαλέσουν διαφορετικές αποκρίσεις στα φυτά που έχουν υποστεί αγωγή (90).

Οι (115) μεταχειρίστηκαν φυτά πιπεριάς με διάλυμα φουλβικών οξέων και παρατήρησαν αυξημένη αντιοξειδωτική δράση των καρπών, αυξημένες ολικές φαινόλες και αυξημένους υδατάνθρακες και καροτενοειδή στα φρούτα. Η συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή και ασκορβικά δεν επηρεάστηκε. Ακόμα σε έρευνα με δύο ποικιλίες πιπεριάς που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με βιοδιεγέρτες, οι (116) παρατήρησαν αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα στα φρούτα, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε βιταμίνη C και φαινόλες. Τα φυτά πιπεριάς που μεταχειρίστηκαν με βιοδιεγερτικά παρουσίασαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση, η απόδοση της καλλιέργειας αυξήθηκε έως 55% και η συχνότητα εμφάνισης μη εμπορεύσιμων καρπών που επηρεάστηκαν από ξηρή κορυφή (ξηρά σήψη) μειώθηκε (116). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σε άλλο πείραμα με δύο ποικιλίες πιπεριάς στις οποίες εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες, με εξαιρετική επίδραση στην απόδοσή τους, σε μια καλοκαιρινή περίοδο όπου οι υψηλές θερμοκρασίες προκάλεσαν φυσιολογικό στρες σε φυτά θερμοκηπίου. Η εφαρμογή βιοδιεγέρτη αύξησε την περιεκτικότητα σε Ca στα φρούτα, τον αριθμό των καρπών ανά φυτό και το μέσο βάρος του καρπού. Παράλληλα η συχνότητα εμφάνισης ξηρής κορυφής (ξηρά σήψης) στους καρπούς μειώθηκε (117).

Για την καλλιέργεια της ντομάτας αναφέρεται ότι φυτάρια που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση πριν ή/και μετά τη μεταφύτευση, με συνδυασμό βιοδιεγερτών του εμπορίου, ανέπτυξαν καλύτερα τα βλαστικά τους όργανα από τα φυτά του μάρτυρα (118). Κάποια σκευάσματα επηρέασαν θετικά την ανάπτυξη των ριζών ενώ κάποια άλλα διέγειραν την ανάπτυξη των φύλλων (119). Όλα αυτά υποδηλώνουν τα οφέλη της εφαρμογής βιοδιεγερτών κατά την μεταφύτευση σε φυτώρια παραγωγής τομάτας. Φαίνεται επίσης να ενισχύεται η πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τα φυτάρια, αλλά οι μηχανισμοί αυτής της επίδρασης από συγκεκριμένα προϊόντα βιοδιεγερτών είναι ακόμα ασαφείς (90). Ερευνητές σε άλλη μελέτη

συνειδητοποίησαν ότι τα φυτά τομάτας που έλαβαν αγωγή με βιοδιεγερτικά, είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα στην ξηρή μάζα σε N, P, K, Ca και Mg από ότι στα φυτά του μάρτυρα. Η εφαρμογή βιοδιεγερτικού ωστόσο, ήταν πιο αποτελεσματική όταν εφαρμόστηκε πριν από τη μεταφύτευση. Σε σύγκριση με την μεταχείριση μετά τη μεταφύτευση, έδωσε φυτάρια με μεγαλύτερη αντοχή στην καταπόνηση, συντομότερη περίοδο προσαρμογής της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο ή στον αγρό και καλύτερη αποδοτικότητα της χρήσης λιπασμάτων (119). Ομοίως, ορισμένοι άλλοι βιοδιεγέρτες που βασίζονται σε πρωτεϊνικά υδρολύματα, μπορούν να παρέχουν στα φυτά αμινοξέα επηρεάζοντας το μεταβολισμό τους, προκαλώντας επιδράσεις που μοιάζουν με των αυξινών και των γιββερελλινών και ενισχύοντας την πρόσληψη αζώτου (120). Η καλύτερη αποδοτικότητα χρήσης θρεπτικών συστατικών λόγω της εφαρμογής βιοδιεγερτών, τους καθιστά μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική για βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτική παραγωγή, κυρίως λόγω της μειωμένης λίπανσης, ιδιαίτερα σε άζωτο (90). Τέλος, η αντοχή της τομάτας σε συνθήκες καταπόνησης μπορεί να βελτιωθεί μέσω της εφαρμογής βιοδιεγερτών και κατά την καλλιέργεια της σε συνθήκες αγρού αναφέρουν οι (121).

Οι (122) διερεύνησαν μεταξύ άλλων τις επιδράσεις ενός βιοδιεγέρτη προερχόμενο από τα καφέ φύκη *Ascophyllum nodosum* (L.) σε φυτά μαρουλιού. Ο εφαρμοζόμενος βιοδιεγέρτης είχε βελτιωμένη επίδραση στο ύψος του φυτού, στον αριθμό των φύλλων, στη μάζα της κεφαλής, στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και στο ξηρό βάρος στα φύλλα μαρουλιού σε σύγκριση με ένα διαφυλλικά εφαρμοζόμενο λίπασμα Ca με ιχνοστοιχεία. Σε άλλη μελέτη (123) η εφαρμογή βιοδιεγερτών θεωρείται ως ένα βιώσιμο εργαλείο για την καλλιέργεια μαρουλιού και ως μια ουσιαστική βοηθητική πρακτική για την αντιμετώπιση των καταπονήσεων λόγω υψηλής συγκέντρωσης αλάτων. Συνολικά, η εφαρμογή βιοδιεγερτικών σκευασμάτων στην καλλιέργεια μαρουλιού μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη καλύτερης διατροφικής ποιότητας του προϊόντος και μπορεί να βοηθήσει τα φυτά να ξεπεράσουν πιθανές συνθήκες στρες κατά την ανάπτυξη (90).

Όσον αφορά την καλλιέργεια της φράουλας, αναφέρεται πως η πιο επικίνδυνη κατάσταση κατά την παραγωγή της σε συνθήκες αγρού είναι ο όψιμος ανοιξιάτικος παγετός (124) που εμφανίζεται όταν τα φυτά βγαίνουν από τον λήθαργο. Σε μια τέτοια κατάσταση, οι βιοδιεγέρτες μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη των φυτών. Στη μελέτη τους, όλες οι εξεταζόμενες ποικιλίες φράουλας που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με βιοδιεγέρτη ο οποίος περιείχε αμινοξέα ζωικής προέλευσης είχαν μεγαλύτερη αντοχή στον παγετό και αυξημένο βάρος καρπού. Ακόμα, διεγέρτες ανάπτυξης φυτών με εκχύλισμα φυκιών ως ένα από τα συστατικά τους, αύξησαν την εμπορική απόδοση και το μέγεθος των καρπών φράουλας, αλλά δεν επηρέασαν το pH του χυμού της, την τιτλοδοτήσιμη οξύτητα και τη συγκέντρωση των συνολικών διαλυτών στερεών (125). Οι (126) αναφέρουν επίσης ότι εκχύλισμα φυκιών που περιείχε βιταμίνες, ελεύθερα αμινοξέα, άλατα αλγινικού οξέους και φυσικές ορμόνες,

ενίσχυσαν την ανάπτυξη φυτών φράουλας, καθώς και την απόδοση και την ποιότητα του καρπού της ποικιλίας Sweet Charlie, όταν καλλιεργήθηκε σε συνθήκες αγρού.

1.3.4 Εκχυλίσματα φυκών – Πλεονεκτήματα

Τα φύκη είναι μακροάλγη τα οποία αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων, συμβάλλοντας στην πλούσια βιοποικιλότητά τους αλλά και γενικότερα στη συνολική βιόσφαιρα του πλανήτη μας (127). Όσον αφορά τους βιοδιεγέρτες με βάση τα εκχυλίσματα φυκών, εκτός από την ενίσχυση της ανοχής στις καταπονήσεις, της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών, της ανάπτυξης και της απόδοσης, έχει επίσης αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στη μείωση του ληθάργου των σπόρων και ενισχύουν το ριζικό σύστημα, την ανθοφορία (128)(128), καθώς και την ποιότητα και τη γεύση των καρπών (129), (130). Έτσι, θα έλεγε κανείς πως τέτοια προϊόντα, οδηγούν σε βελτιωμένη συνολικά παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Είναι ενδιαφέρον ότι τα εκχυλίσματα φυκών έχουν επανειλημμένα αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στην προώθηση της ανάπτυξης των φυτών, στις αυξημένες αποδόσεις και στην ανοχή των φυτών σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις (90).

Μέθοδοι Παραλαβής και Εφαρμογής στα Φυτά

Για την εξαγωγή και παραλαβή του εκχυλίσματος των φυκών χρησιμοποιούνται τόσο φυσικές μέθοδοι (θέρμανση, υψηλή πίεση και μικροκύματα) όσο και χημικές μέθοδοι (διάφοροι διαλύτες, οξέα και βάσεις). Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη διαδικασία εκχύλισης περιλαμβάνει εκχύλιση με βάσεις σε υψηλή πίεση. Αυτή η μέθοδος έχει βρεθεί ότι δίνει τα βέλτιστα αποτελέσματα. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η υψηλή ικανότητα εκχύλισης και η μέτρια διάσπαση των πολυσακχαριτών σε ολιγομερή που είναι και τα περισσότερο βιολογικά ενεργά συστατικά των εκχυλισμάτων από φύκη (131,132).

Οι περισσότεροι μέθοδοι εφαρμογής είναι είτε διαφυλλικές, είτε με ριζοπότισμα, ή συνδυασμός και των δύο. Τα εκχυλίσματα μπορούν να εφαρμοστούν στο έδαφος ή στο μέσο ανάπτυξης μέσω λίπανσης, στάγδην εφαρμογής ή ακόμα και εκτεταμένης διαβροχής (133). Ωστόσο, διαφυλλικοί ψεκασμοί συγκέντρωσης έως και 0,05% v/v του εκχυλίσματος έχουν αναφερθεί ότι είναι ιδανικοί για τις καλλιέργειες και οδηγούν τόσο σε αποτελεσματικότερο έλεγχο των ασθενειών, όσο και σε υψηλότερες αποδόσεις (134). Επιπλέον, οι βέλτιστη επαναληπτικότητα εφαρμογής για αυτά τα εκχυλίσματα καθορίστηκε περίπου κάθε 10-14 ημέρες ώστε να προκαλούνται οι καλύτερες αποκρίσεις των φυτών (135).

Επίδραση των εκχυλισμάτων φυκών στην ανάπτυξη των φυτών

Έχει αποδειχθεί ότι, η εφαρμογή προϊόντων φυκών οδηγεί σε αυξημένη βλαστικότητα των σπόρων και προκαλεί σημαντική αύξηση της ζωτικότητας των

σποροφύτων ενισχύοντας το μέγεθος και την πυκνότητα της ρίζας (136). Παρατηρήθηκε επίσης, η ενίσχυση του ριζικού συστήματος ήδη ανεπτυγμένων φυτών που υποβλήθηκαν σε μεταχείριση με εκχυλίσματα φυκών (137) Τα εκχυλίσματα του *Ascophyllum nodosum* και του *Karrarphycus alvarezii* βελτίωσαν ακόμα την πρόσληψη νερού και θρεπτικών συστατικών στα φυτά που εφαρμόστηκαν, και τελικά οδήγησαν στην προώθηση της συνολικής ευρωστίας και ανάπτυξής τους (138,139). Εφαρμογή εκχυλισμάτων των *A. nodosum* και *Laminaria spp.* σε αραβόσιτο έδειξαν ότι τα φύλλα ήταν σε θέση να απορροφήσουν σημαντικά περισσότερο Zn, Fe, B, Cu, Mo, S, Mg, Ca και Mn σε σχέση με το μάρτυρα (140). Σε άλλη έρευνα, οι εφαρμογές του *A. nodosum* σε δέντρα λεύκας αύξησαν σημαντικά την πρόσληψη καλίου στα φύλλα (141). Αλλού αναφέρεται πως στο βλαστικό στάδιο φυτών ντομάτας και γλυκιάς πιπεριάς, η εφαρμογή του *A. nodosum* οδήγησε σε αυξημένη περιεκτικότητα χλωροφύλλης στα φύλλα, η οποία πιθανώς οφειλόταν στην αναστολή της αποικοδόμησής της, εν μέρει λόγω της ύπαρξης μπεταϊνών στο εκχύλισμα (142,143). Γενικά, οι ενώσεις μπεταΐνης στα εκχυλίσματα φυκών, αναστέλλουν την μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, μέσω της αναστολής της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης (144). Ομοίως, μια σημαντική αύξηση στην περιεκτικότητα της χλωροφύλλης, στην αγωγιμότητα των στοματίων, στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στο ρυθμό διαπνοής παρατηρήθηκε σε φυτά σπαραγγιών που έλαβαν μεταχείριση με *A. nodosum* (145). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα εκχυλίσματα φυκών και τα συστατικά τους μπορούν να ρυθμίσουν την έκφραση των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για την ενδογενή βιοσύνθεση των αυξητικών φυτορμονών, συμπεριλαμβανομένων των αυξινών, των κυτοκινινών και των γιββερελινών (146). Οι εφαρμογές του *A. nodosum* οδήγησαν σε αύξηση των ανθοκυανινών και του συνολικού φαινολικού περιεχομένου στα σταφύλια (147), ενώ σε φυτά φράουλας βελτίωσαν την ποιότητα του καρπού ενισχύοντας τα συνολικά διαλυτά στερεά, τη σακχαρόζη και τη φρουκτόζη (129). Αυτές οι ευεργετικές επιδράσεις των βιοδιεγερτών έχει αποδειχθεί ότι λαμβάνουν χώρα στο φυτό ανεξάρτητα από τον τρόπο εφαρμογής, π.χ. διαφυλλικό ψεκάσμο, ριζοπότισμα ή συνδυασμό και των δύο (134) (148,149).

Επίδραση των εκχυλισμάτων φυκών στην ανοχή των φυτών στις βιοτικές καταπονήσεις

Το συνεχώς μεταβαλλόμενο κλίμα και η εκτεταμένη υπερβολική χρήση χημικών φυτοπροστατευτικών, έχουν αυξήσει την εμφάνιση ανθεκτικών εχθρών και παθογόνων σε σημαντικές καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις γεωργικές αποδόσεις (150,151). Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, μελέτες που διεξήχθησαν έδειξαν ότι εκχυλίσματα από το *Sargassum wightii* και το *Padina ravanica* είχαν σημαντική εντομοκτόνο δράση και συγκεκριμένα έναντι ενός σοβαρού εχθρού του βαμβακιού, του *Dysdercus cingulatus* (152). Η προσβολή από την αφίδα του βαμβακιού (*Aphis gossypii*) και τη λιριόμυζα (*Liriomyza trifolii*)

μειώθηκε επίσης σημαντικά στο βαμβάκι μετά από μικτές επεμβάσεις με *Sargassum spp.*, *A. nodosum*, *Laminaria spp.* (153). Επιπλέον, τα εκχυλίσματα φυκών μπόρεσαν να μειώσουν σημαντικά τη προσβολή από αφίδες και θρίπες στο ζαχαροκάλαμο (154,155). Ακόμα, έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν την προσβολή από νηματώδεις σε φυτά όπως το νεροκάρδαμο (*Arabidopsis thaliana*) (149), ο ηλίανθος (156) και η ντομάτα (157). Συνολικά, θα έλεγε κανείς πως τα εκχυλίσματα αυτά χρησιμεύουν ως διεγέρτες της άμυνας των φυτών έναντι παθογόνων μυκήτων, βακτηρίων, ακόμη και ιών, προστατεύοντας τις καλλιέργειες από σημαντικές απώλειες (96) (141).

Επίδραση των εκχυλισμάτων φυκών στην ανοχή των φυτών σε αβιοτικές και περιβαλλοντικές καταπονήσεις

Εκτός από τις καταπονήσεις που προκαλούνται από εχθρούς και ασθένειες, διάφορες περιβαλλοντικές πιέσεις όπως η ξηρασία, η υψηλές θερμοκρασίες, η υψηλή αλατότητα και ο παγετός μπορούν να παρεμποδίσουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (127). Και σε αυτές τις συνθήκες, η εφαρμογή βιοδιεγερτών με βάση τα εκχυλίσματα φυκών έχει υπάρξει ευεργετική. Σημαντική μείωση στο οσμωτικό δυναμικό των φύλλων φυτών αμπέλου και τομάτας καταγράφηκε, όταν σε αυτά εφαρμόστηκαν εκχυλίσματα φυκών, αποτρέποντας έτσι εκτεταμένες ζημιές (158). Η μεταχείριση με εκχύλισμα *Karrarhycus alvarezzi* υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας και ξηρασίας, οδήγησε διάφορες ποικιλίες σιταριού σε αυξημένο μήκος ρίζας, αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και καροτενοειδή, και αυξημένο περιεχόμενο σε νερό εντός των ιστών. Το εκχύλισμα προκάλεσε επίσης σημαντική μείωση στην απώλεια ηλεκτρολυτών και την υπεροξειδωση των λιπιδίων, μειωμένη αναλογία Na^+/K^+ και αυξημένη περιεκτικότητα σε Ca, μειώνοντας έτσι την ιοντική ανισορροπία. Επιπλέον, τα φυτά σιταριού συσώρευαν οσμωπροστατευτικά όπως η προλίνη, διάφορα αμινοξέα και ολική πρωτεΐνη (159). Σε άλλες έρευνες διαπιστώθηκε ότι τα εκχυλίσματα φυκών με διαφυλλική εφαρμογή προάγουν την αντοχή του κριθαριού (160) και του νεροκάρδαμου (161) στον παγετό.

Συμπερασματικά, η χρήση βιοπροϊόντων με βάση τα φύκη έχει αποκτήσει σημαντική δυναμική στα συστήματα φυτικής παραγωγής τα τελευταία χρόνια λόγω των μοναδικών βιοδραστικών συστατικών και των ευεργετικών τους επιδράσεων. Τα προϊόντα αυτά παρουσιάζουν φυτοδιεγερτικές ιδιότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα αυξημένη ανάπτυξη και απόδοση των φυτών και σε ιδιαίτερα σημαντικές για τον άνθρωπο καλλιέργειες. Τα συστατικά τους προκαλούν διέγερση ποικίλων αμυντικών αντιδράσεων στα φυτά, συμβάλλοντας στην αντίσταση σε διάφορους εχθρούς και ασθένειες αλλά και αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία, η αλατότητα και ο παγετός. Τα εκχυλίσματα φυκών περιέχουν μια πληθώρα ουσιών που είναι ως επί το πλείστον οργανικές, αλλά ταυτόχρονα περιέχουν και μικροποσότητες ανόργανων θρεπτικών στοιχείων σημαντικών για τα φυτά. Δεδομένου ότι τα προϊόντα αυτά είναι στον μεγαλύτερο βαθμό οργανικά, είναι ταυτόχρονα ιδανικά για την εφαρμογή τους στη βιολογική γεωργία και στην γεωργία περιορισμένων εισροών (127).

1.4 Δείκτες Βλάστησης

Η φασματική σύνθεση της ανακλώμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης παρέχει πληροφορίες για τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, του νερού και της βλάστησης. Οι δείκτες βλάστησης είναι αδιάστατα μεγέθη που ποσοτικοποιούν παραμέτρους της βλάστησης, καλλιεργήσιμων ή μη εκτάσεων, σχετικές με τη βιομάζα ή και την λειτουργική της κατάσταση. Στον τομέα των εφαρμογών τηλεπισκόπησης, οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει τους δείκτες αυτούς χρησιμοποιώντας φασματικές μετρήσεις, για την ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Πάνω από σαράντα δείκτες βλάστησης έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες με σκοπό την μελέτη της βλαστικής μεταβολής, ελαχιστοποιώντας την επίδραση διαφόρων παραγόντων, όπως η εδαφική υγρασία, η σκίαση και η ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Τεχνικές τηλεπισκόπησης, μοντέλα και δείκτες βλάστησης έχουν σχεδιαστεί ώστε να μετατρέπουν τις φασματικές πληροφορίες σε μια μορφή πιο εύκολα ερμηνεύσιμη από τους χρήστες (162). Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές κατά κύριο λόγο συνδέουν τους δείκτες βλάστησης με την τηλεπισκόπηση. Ουσιαστικά, πολυφασματικές κάμερες ή άλλου είδους αισθητήρες συνδέονται σε οχήματα (τρακτέρ, παρελκόμενα) και σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones, UAVs) λαμβάνοντας δεδομένα (πολυφασματικές εικόνες, μετρήσεις ανακλώμενης ακτινοβολίας) με μεγάλη ταχύτητα, υψηλή ποιότητα και μεγάλη χωρική ακρίβεια, τα οποία στην συνέχεια επεξεργάζονται δίνοντας αποτελέσματα ιδιαίτερης σημαντικότητας για την γεωργία ακριβείας.

Οι πιο διαδεδομένοι δείκτες βλάστησης είναι οι NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), NDRE (Normalized Difference Red Edge), LAI (Leaf Area Index) κ.α (163). Για τους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI) και ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI).

Πιο συγκεκριμένα, οι δείκτες βλάστησης χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της καλλιέργειας στο χωράφι σε διάφορα στάδια ανάπτυξης. Με τη σάρωση της φυτοκόμης της καλλιέργειας, δημιουργούνται χάρτες δεικτών βλάστησης, με σαφή χωρική παραλλακτικότητα. Αυτοί οι δείκτες υποδεικνύουν τη σχετική υγεία και ευρωστία των καλλιεργειών, επιτρέποντας στους αγρότες να εντοπίσουν περιοχές με βιοτικό (μυκητολογικές προσβολές) ή αβιοτικό στρες (έλλειψη αζώτου, ανεπάρκεια νερού κ.α.). Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των δεικτών και της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων, όπως του αζώτου, αλλά και της επάρκειας νερού, έχουν μελετηθεί και επικυρωθεί μέσω εκτεταμένων δοκιμών πεδίου και ερευνητικών μελετών σε διάφορες καλλιέργειες και αγροοικοσυστήματα, και έχουν εξαχθεί εξισώσεις που τις περιγράφουν. Μπορούν με αυτόν τον τρόπο να εφαρμόζονται θρεπτικά στοιχεία (λιπάσματα), φυτοπροστατευτικά προϊόντα και νερό άρδευσης με μεταβλητό ρυθμό,

ανάλογα με τη χωρική παραλλακτικότητά τους εντός της καλλιέργειας σε ένα αγροτεμάχιο (164).

Συνολικά, η εκτίμηση των διαφόρων δεικτών βλάστησης είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη γεωργία ακριβείας, προσφέροντας παρακολούθηση των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο και δυνατότητες ζωνικής διαχείρισης θρεπτικών συστατικών, φυτοπροστατευτικών και νερού άρδευσης. Καθίστανται δημοφιλή επιλογή για τη βελτιστοποίηση της φυτικής παραγωγής με παράλληλη ελαχιστοποίηση των εισροών και τους κόστους αλλά και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

1.4.1 Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI)

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) ορίζεται ως η μονόπλευρη επιφάνεια φύλλου ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους, εκφρασμένη σε τετραγωνικά μέτρα επιφάνειας φύλλων ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εδάφους (m^2/m^2). Ο LAI είναι ένας σημαντικός δείκτης που χαρακτηρίζει την κόμη των φυτών. Χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την έκταση της επιφάνειας των φύλλων σε μια καθορισμένη έκταση γης. Είναι μια κρίσιμη παράμετρος για την κατανόηση διάφορων οικολογικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της φωτοσύνθεσης, της ανταλλαγής ενέργειας και του κύκλου του άνθρακα μέσα στα οικοσυστήματα (165).

Ο LAI μπορεί να μετρηθεί απευθείας μέσω μεθόδων δειγματοληψίας πεδίου, όπως καταστροφικές ή μη καταστροφικές μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας. Εναλλακτικά, μπορεί να εκτιμηθεί έμμεσα μέσω τεχνικών τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούν δορυφορικούς ή αερομεταφερόμενους αισθητήρες. Αυτές οι μέθοδοι εκμεταλλεύονται τις σχέσεις μεταξύ φασματικής ανάκλασης και LAI, αξιοποιώντας συχνά δείκτες βλάστησης όπως ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ή φασματικές ζώνες ευαίσθητες στη δομή της βλάστησης (166,167).

Η έρευνα για το LAI έχει δείξει τη σημασία του σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της οικολογίας, της κλιματολογίας, της γεωπονίας και της δασοκομίας.

Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) είναι μια κρίσιμη παράμετρος για την κατανόηση και την ποσοτικοποίηση της δομής και της δυναμικής της βλάστησης εντός ενός οικοσυστήματος. Ακολουθούν ορισμένες πρόσθετες πτυχές και εφαρμογές του LAI (168):

1. Σχέση με τη δομή της φυτοκόμης: Ο LAI είναι στενά συνδεδεμένος με τη δομή της φυτοκόμης και επηρεάζει διάφορες φυσικές ή βιοχημικές διεργασίες όπως η ανάσχεση του ηλιακού φωτός, η φωτοσύνθεση και η διαπνοή. Έτσι, υψηλότερες τιμές LAI υποδεικνύουν πυκνότερη κόμη με περισσότερο

φύλλωμα οδηγώντας σε αυξημένη απορρόφηση και χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ χαμηλότερες το αντίθετο.

2. Οικολογική Σημασία: Ο LAI διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη λειτουργία των οικοσυστημάτων και στη βιοποικιλότητα. Επηρεάζει την ποιότητα των οικοτόπων, τη ρύθμιση του μικροκλίματος, τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων και τη σύνθεση των ειδών. Οι αλλαγές στον δείκτη μπορεί να υποδηλώνουν αλλαγές στη σύνθεση της βλάστησης, στάδια διαδοχής της βλάστησης ή αποκρίσεις σε περιβαλλοντικούς στρεσογόνους παράγοντες όπως η ξηρασία ή η πυρκαγιά.
3. Παρακολούθηση και διαχείριση καλλιεργειών: Ο LAI χρησιμοποιείται εκτενώς στη γεωργία για την παρακολούθηση των καλλιεργειών, την εκτίμηση των αποδόσεων και τη γεωργία ακριβείας. Παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την υγεία των καλλιεργειών, το στάδιο ανάπτυξης και την παραγωγικότητα. Τα μοντέλα που βασίζονται στον LAI και οι τεχνικές τηλεπισκόπησης συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των γεωργικών πρακτικών όπως ο προγραμματισμός άρδευσης, η λίπανση και η διαχείριση εχθρών και παθογόνων.
4. Κύκλος του άνθρακα και του νερού: Ο LAI είναι μια παράμετρος που συνδέεται με τον κύκλο του άνθρακα και του νερού. Επηρεάζει την ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και υδρατμών μεταξύ της βλάστησης και της ατμόσφαιρας μέσω διεργασιών όπως η φωτοσύνθεση και η διαπνοή. Τα μοντέλα που βασίζονται στον LAI συμβάλλουν στην κατανόησή του ισοζυγίου άνθρακα ενός οικοσυστήματος, την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού και τις αντιδράσεις του στην κλιματική αλλαγή.
5. Εφαρμογές τηλεπισκόπησης: Οι τεχνικές τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται ευρέως για την εκτίμηση του LAI σε μεγάλες κλίμακες. Οι δορυφορικοί αισθητήρες, όπως ο MODIS και ο Landsat, παρέχουν προϊόντα LAI παγκόσμιας κάλυψης με διάφορα χρονικά βήματα. Αυτά τα προϊόντα τηλεπισκόπησης είναι πολύτιμα για την παρακολούθηση της δυναμικής της βλάστησης, των αλλαγών στις χρήσεις γης και της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων με την πάροδο του χρόνου.
6. Μοντελοποίηση και προσομοίωση: Ο LAI χρησιμεύει ως βασική παράμετρος εισόδου σε μοντέλα οικοσυστημάτων και κλιματικά μοντέλα. Βοηθά στην προσομοίωση και την πρόβλεψη της δυναμικής της βλάστησης, των ροών άνθρακα και των κλιματικών ανατροφοδοτήσεων κάτω από διαφορετικά σενάρια και μελλοντικές κλιματικές προβολές.

Συνολικά, ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας είναι μια θεμελιώδης οικολογική παράμετρος με ευρείες εφαρμογές σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Η μέτρηση και η εκτίμησή του συμβάλλουν στη διαχείριση του περιβάλλοντος και στη μελέτη των οικοσυστημάτων γενικότερα.

1.4.2 Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σαν δείκτης ορίζεται ο αριθμός που ποσοτικοποιεί την ένταση ενός φαινομένου το οποίο είναι αρκετά περίπλοκο ώστε να αναλυθεί σε γνωστές παραμέτρους. Οι δείκτες βλάστησης είναι ποσοτικές μετρήσεις που καθορίζουν την ζωηρότητα της φυτοκόμης. Όταν εξετάζεται η γενική καμπύλη αντανάκλασης της βλάστησης η διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στις απορροφήσεις των φασμάτων του κόκκινου και του φάσματος κοντά στο υπέρυθρο αποτελεί μια μεταβλητή που σχετίζεται με την παρουσία την πράσινης βλάστησης (162). Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης όπως είναι η ακριβής απόδοση του NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ορίζεται από τον τύπο:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

Όπου: NIR είναι το εγγύς υπέρυθρο φως που ανακλάται από τη βλάστηση και RED είναι το ορατό κόκκινο φως που ανακλάται από τη βλάστηση.

Τιμές κοντά στο 1 υποδηλώνουν πυκνή και υγιή βλάστηση. Οι τιμές κοντά στο -1 υποδεικνύουν περιοχές χωρίς βλάστηση, όπως υδάτινα σώματα ή άγονη γη. Οι τιμές γύρω στο 0 υποδηλώνουν την παρουσία εδάφους, πετρωμάτων ή κατοικημένων περιοχών.

Από τον παραπάνω τύπο είναι εμφανές ότι δεν πρόκειται για ένα αριθμητικό φυσικό μέγεθος παρόλα αυτά σχετίζεται έντονα με κάποιες φυσικές ιδιότητες της φυλλικής επιφάνειας των φυτών όπως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), η κλασματική βλαστική κάλυψη, οι συνθήκες βλάστησης και η βιομάζα (169). Η φασματική αντίδραση της βλάστησης στο κόκκινο σχετίζεται δυναμικά με την συγκέντρωση της χλωροφύλλης ενώ η αντίστοιχη αντίδραση στο φάσμα κοντά στο υπέρυθρο ελέγχεται από τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας και την πυκνότητα του πρασίνου στην κόμη. Ο συνδυασμός των δύο αυτών φασμάτων επιτρέπει την ανίχνευση της διαφοροποίησης του φυλλώματος από το έδαφος και τον καθορισμό της φωτοσυνθετικά ενεργής βιομάζας μέσω της πυκνότητας του φυλλώματος (162).

Ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) είναι και αυτός ένας αριθμητικός δείκτης που χρησιμοποιείται στην γεωργία μέσω της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Geographic Information System - GIS) για την αποτύπωση και ανάλυση της φυτοϋγείας και της ευρωστίας της βλάστησης. Υπολογίζεται από δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες και παρέχει πληροφορίες για την ποσότητα και την ζωηρότητα της υγειούς, πράσινης βλάστησης σε μια συγκεκριμένη περιοχή (170,171).

Ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI) είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης που ποσοτικοποιεί την υγιή, πράσινη βλάστηση σε μια δεδομένη περιοχή με βάση δορυφορικές ή εναέριες εικόνες. Ο NDVI υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ανάκλαση του εγγύς υπέρυθρου (NIR) και της ζώνης κόκκινου φωτός του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Ο NDVI χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους τομείς όπως η γεωργία, η δασοκομία, και η οικολογία για την παρακολούθηση της δυναμικής της βλάστησης, την αξιολόγηση της φυτοϋγείας, την ανίχνευση βιοτικών ή αβιοτικών στρεσογόνων παραγόντων των καλλιεργειών, την εκτίμηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, την ανίχνευση της ξηρασίας, τον εντοπισμό αλλαγών στις χρήσεις γης κ.α. (172).

Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι

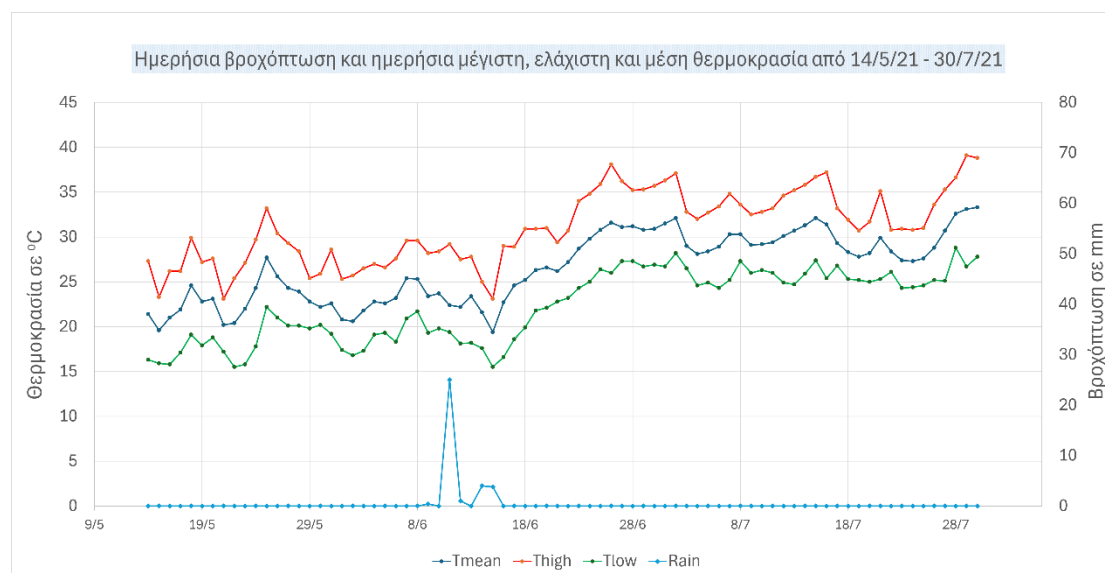
2.1 Περιοχή μελέτης

Στο πείραμα μελετήθηκε η συνδυασμένη επίδραση κομπόστ (compost) και βιοδιεγέρτη στα χαρακτηριστικά και την ανάπτυξη της βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa L.*) ποικιλίας *Ferimon*.

Η εκπόνηση της μελέτης έλαβε χώρα σε πειραματική εγκατάσταση του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Πιο συγκεκριμένα, στη θέση με γεωγραφικό πλάτος 37° 59' 2,7'' Β και γεωγραφικό μήκος 23° 42' 10,9'' Α, υψομέτρου 170 m από την επιφάνεια της θάλασσας, καλλιεργήθηκαν υπαίθρια σε γλάστρες φυτά βιομηχανικής κάνναβης. Η χρονική περίοδος που πραγματοποιήθηκε το πείραμα ήταν από τα μέσα Μαΐου ως τα τέλη Ιουλίου του 2021.

2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Όσον αφορά τα μετεωρολογικά δεδομένα κατά την διάρκεια του πειράματος, οι θερμοκρασίες κυμάνθηκαν από απόλυτη ελάχιστη 15,5 °C έως απόλυτη μέγιστη 39,1 °C, ενώ τα γεγονότα βροχόπτωσης συνέβησαν όλα τον μήνα Ιούνιο με το αθροιστικό ύψος των κατακρημνίσεων να ανέρχεται σε 34,2 mm. Τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας κυμάνθηκαν από 15 - 85 % και οι περίοδοι φωτός ήταν από 12 - 15 ώρες, ενώ αντίστοιχα οι περίοδοι σκότους ήταν από 9 - 12 ώρες. Οι μεταβολές στις επικρατούσες συνθήκες από τη ημέρα σποράς έως και τη συγκομιδή των φυτών φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Ημερήσια βροχόπτωση και ημερήσια μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία από 14/21 – 30/7/21

2.3 Φυτικό υλικό

Όσον αφορά το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ποικιλία *Ferimon*, της οποίας η καλλιέργεια είναι απολύτως νόμιμη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς περιλαμβάνεται στον Κοινοτικό Κατάλογο ποικιλιών καλλιεργούμενων φυτικών ειδών. Καλλιεργείται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες λόγω της προσαρμογής της σε ποικιλία κλιματικών συνθηκών, και χαρακτηρίζεται ως ανθεκτική ποικιλία που καλλιεργείται για παραγωγή ίνας και για παραγωγή σπόρων πλούσιων σε αιθέρια έλαια. Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας *Ferimon* παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6):

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά της ποικιλίας *Ferimon*³

Χαρακτηριστικά	Περιγραφή
Χώρα προέλευσης	Γαλλία
Γονοτυπική έκφραση	Μόνοικο
Βιολογικός κύκλος	125 μέρες
Ύψος φυτού στην ωριμότητα	200 - 250cm
Απόδοση σε σπόρο	80 – 100 kg / στρέμμα
Περιεκτικότητα σπόρου σε έλαιο	30 - 32%
Απόδοση σε ίνα/στέλεχος	30 - 35%
Απόδοση σε βιομάζα	600 – 800 kg / στρέμμα
Περιεκτικότητα σε CBD	1 - 1,50 %
Περιεκτικότητα σε THC	< 0,12 %
Προτεινόμενη χρήση	Ίνα και σπόρος

2.4 Βιοδιεγέρτης

Ο βιοδιεγέρτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα οργανικό φυσικό λίπασμα και συγκεκριμένα το εκχύλισμα φυκών με το εμπορικό όνομα *Acadian*. Πρόκειται για εκχύλισμα προερχόμενο από φρέσκα θαλάσσια φυτά που ανήκουν στο είδος *Ascophyllum Nodosum*, τα οποία συλλέγονται στα παράκτια νερά του βόρειου Ατλαντικού ωκεανού, στον Καναδά. Ο βιοδιεγέρτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν σε μορφή συμπυκνωμένου υγρού και είναι κατάλληλος για συμβατική και βιολογική γεωργία, για υδροπονικές και ολοκληρωμένης διαχείρισης καλλιέργειες, ενώ μπορεί να εφαρμόζεται διαφυλλικά, με υδρολίπανση ή και με εμβάπτιση ριζών και σπόρων. Η διαλυτότητά του στο νερό στους 20 °C είναι 100%, ενώ το pH του κυμαίνεται από 7,4 έως 8,2. Αποτελεί μια φυσική αποθήκη θρεπτικών μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων σε χηλική μορφή, όπως μαγνησίου, ασβεστίου, βορίου, σιδήρου, χαλκού, ψευδαργύρου, μολυβδαινίου, μαγγανίου, κοβαλτίου κ.α. Επίσης, περιέχει α) τους υδατάνθρακες μαννιτόλη, αλγινικό οξύ και λαμιναρίνη, β) φυσικούς παράγοντες προώθησης της ανάπτυξης των φυτών, όπως κυτοκινίνες, αυξίνες, γιββερελλίνες καθώς και γ) τα αμινοξέα: γλουταμινικό οξύ, ασπαρτικό οξύ, αργινίνη, αλανίνη,

³ <https://www.ihempfarm.com/>

λευκίνη, λυσίνη, βαλίνη, φαινυλαλανίνη, ισολευκίνη, ιστιδίνη, προλίνη, θρεονίνη, τυροσίνη, μεθειονίνη κ.α. Ο τρόπος που ο βιοδιεγέρτης εφαρμόστηκε στο συγκεκριμένο πείραμα περιγράφεται στην παράγραφο 2.7, ενώ στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7) φαίνεται μια τυπική ανάλυση του περιεχομένου του συμπυκνωμένου εκχυλίσματος Acadian όπως υποστηρίζει ο παρασκευαστής.

Πίνακας 7. Τυπική ανάλυση του βιοδιεγέρτη Acadian

Παράμετρος	Συγκέντρωση	Παράμετρος	Συγκέντρωση
Ολικό Άζωτο (N) %	0,2	Μαγγάνιο (Mn) ppm	1
Φώσφορος (P ₂ O ₅) %	0,2	Βόριο (B) ppm	22
Κάλιο (K) %	4,5	Αλανίνη %	0,1
Θείο (S) %	0,3	Ασπαρτικό οξύ %	0,2
Ασβέστιο (Ca) %	0,08	Γλουταμινικό οξύ %	0,29
Μαγνήσιο (Mg) %	0,08	Ιστιδίνη %	0,02
Σίδηρος (Fe) ppm	21	Λευκίνη %	0,13
Ψευδάργυρος (Zn) ppm	7	Προλίνη %	0,09

2.5 Υποστρώματα ανάπτυξης - κόμποστ

Το υλικό πάνω στο οποίο έγινε η ανάπτυξη των φυτών κλωστικής κάνναβης ποικιλίας *Ferimon* αποτέλεσαν δύο υποστρώματα ανάπτυξης, τα κομπόστ MA και κομπόστ ΜΠ. Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή αυτών των υποστρωμάτων ανάπτυξης ήταν:

α) **εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών και**

β) **αγελαδινή ή πρόβεια κοπριά**

Οι πρώτες ύλες συλλέγονταν στον χώρο κομποστοποίησης από τις 14/7/2020 έως και τις 31/8/2020. Οι κοπριές, αγελαδινή και πρόβεια, αρχικά τοποθετήθηκαν σε σωρούς με μέγιστο ύψος τα 1,2-1,5 m. Το εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών τοποθετήθηκε σε σωρούς με μέγιστο ύψος τα 1,5-1,8 m, αφού πρώτα απομακρύνθηκε το πλαστικό υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των μπλοκ κατά την καλλιέργεια του *Pleurotus ostreatus*.

Για το κομπόστ MA χρησιμοποιήθηκε εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών (*Pleurotus ostreatus*) με προσθήκη αγελαδινής κοπριάς σε αναλογία 70% : 30% v/v, και για το κομπόστ ΜΠ, χρησιμοποιήθηκε εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών (*Pleurotus ostreatus*) με προσθήκη πρόβειας κοπριάς στην ίδια αναλογία με το πρώτο 70% : 30% v/v. Μετά από καλή ανάμειξη των πρώτων υλών στην παραπάνω αναλογία δημιουργήθηκαν σειράδια με μήκος 80-100 m, ύψος 1,7-1,9 m και πλάτος βάσης 4-5 m για κάθε υπόστρωμα ανάπτυξης. Η κομποστοποίηση ξεκίνησε στις 03/08/2020 και τα σειράδια καλύφθηκαν με ειδικά καλύμματα (tortex) προκειμένου να προστατευτούν από τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (ξηροθερμική περίοδο και

έντονες βροχοπτώσεις). Τα καλύμματα επέτρεπαν την εισροή του O₂ από την ατμόσφαιρα στο εσωτερικό των σειραδιών, αλλά και την απομάκρυνση του CO₂ το οποίο παραγόταν κατά την διαδικασία της αναπνοής στο εσωτερικό τους. Ταυτόχρονα, εμπόδιζαν την απομάκρυνση ποσοτήτων υγρασίας από το εσωτερικό των σειραδιών προς την ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης ελέγχονταν παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η συγκέντρωση οξυγόνου στο εσωτερικό των σειραδιών. Μέσα σε 48 ώρες καταγράφηκε θερμοκρασία 54 °C στο κομπόστ ΜΑ και 55 °C στο κομπόστ ΜΠ. Η μέγιστη θερμοκρασία που μετρήθηκε ήταν 67 °C για το κομπόστ ΜΑ και 70° C για το κομπόστ ΜΠ. Οι θερμοκρασίες παρέμειναν σταθερά πάνω από τους 55 °C για περίπου 100 ημέρες και για τα δύο σειράδια και σταδιακά έπεσαν κάτω από τους 40 °C, περίπου στις 180 ημέρες, οπότε και οι σωροί μπήκαν στη φάση ωρίμανσης. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης πραγματοποιήθηκαν 4 διαβροχές με σύστημα καταιονισμού. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν 6 αναστροφές. Οι 4 από αυτές έγιναν κατά την έντονα θερμόφιλη φάση για τον έλεγχο των θερμοκρασιών, αλλά και για να καλυφθούν οι ανάγκες σε οξυγόνο. Τα δυο τελικά υποστρώματα αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους.

2.6 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε (Πίνακας 8) ήταν ένα πλήρως τυχαιοποιημένο διπαραγοντικό σχέδιο, (Complete randomized design), με είκοσι επαναλήψεις, δύο επίπεδα κυρίων τεμαχίων που αποτελούσαν τα υποστρώματα ανάπτυξης (κομπόστ ΜΑ και κομπόστ ΜΠ) και δύο επίπεδα υποτεμαχίων που αποτελούσαν οι μεταχειρίσεις εφαρμογής βιοδιεγέρτη (εφαρμογή και μη εφαρμογή του - Β και ΧΒ).

Πίνακας 8. Κάτοψη του πειραματικού σχεδίου

Επανάληψη 1	κόμποστ ΜΑ	B
		ΧΒ
	κόμποστ ΜΠ	B
		ΧΒ
Επανάληψη 2	κόμποστ ΜΑ	B
		ΧΒ
	κόμποστ ΜΠ	B
		ΧΒ
Επανάληψη 3	κόμποστ ΜΑ	B
		ΧΒ
	κόμποστ ΜΠ	B
		ΧΒ

· · ·	· · ·	· · ·
Επανάληψη 20	κόμποστ ΜΑ	B
		XB
	κόμποστ ΜΠ	B
		XB

2.7 Καλλιέργεια και χειρισμός των φυτών *Cannabis sativa L.*

Σε πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών καλλιεργήθηκαν φυτά κλωστικής κάνναβης σε 80 γλάστρες όγκου 12 λίτρων (1 φυτό/γλάστρα). Οι 40 γλάστρες πληρώθηκαν με κομπόστ ΜΑ και οι υπόλοιπες 40 με κομπόστ ΜΠ. Τα υποστρώματα ανάπτυξης ήταν απαλλαγμένα από ζιζάνια λόγω της διαδικασίας της κομποστοποίησης από την οποία προέκυψαν, με αποτέλεσμα να μην υπάρξει τέτοιος ανταγωνισμός καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας των φυτών. Τα φυτά της κάνναβης αρδεύονταν με το νερό δικτύου ύδρευσης της πόλης της Αθήνας, ηλεκτρικής αγωγιμότητας 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και pH 7,6. Η συχνότητα και ποσότητα άρδευσης καθοριζόταν από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν και από το ποσοστό υγρασίας των υποστρωμάτων. Αρχικά, όσον αφορά τα φυτά κάνναβης, πραγματοποιήθηκε σπορά τους στις γλάστρες με τα υποστρώματα ανάπτυξης στις 14/5/2021. Από τα φυτά που φύτευαν επιλέχθηκε το πιο εύρωστο στο στάδιο των 3 ζευγών φύλλων ενώ τα υπόλοιπα εκριζώθηκαν.

Την 49 ΗΑΣ (7^η εβδομάδα) εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα βιοδιεγέρτης στα μισά φυτά για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης. Η ποσότητα που εφαρμόστηκε ήταν 1 L υδατικό διάλυμα ανά γλάστρα, που προέκυψε με την προσθήκη 2,5 mL βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος του φύκου *Ascophyllum Nodosum*. Ταυτόχρονα με το ριζοπότισμα, στα ίδια μισά φυτά για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης, έγινε διαφυλλική εφαρμογή του βιοδιεγέρτη με 2,5 mL σκευάσματος ανά λίτρο διαλύματος σε δόση 1 L διαλύματος ανά 20 γλάστρες. Έτσι, μετά την επέμβαση με βιοδιεγέρτη προέκυψαν:

- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε κομπόστ ΜΑ, χωρίς την επίδραση βιοδιεγέρτη,
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε κομπόστ ΜΑ υπό την επίδραση βιοδιεγέρτη,
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε κομπόστ ΜΠ, χωρίς την επίδραση βιοδιεγέρτη,
- 20 φυτά που αναπτύσσονταν σε κομπόστ ΜΠ υπό την επίδραση βιοδιεγέρτη

Την 61 ΗΑΣ (9^η εβδομάδα) πραγματοποιήθηκε μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI) σε τρία διαφορετικά ύψη για κάθε μεταχείριση με βιοδιεγέρτη και για κάθε μεταχείριση υποστρώματος ανάπτυξης, καθώς και του

δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς για κάθε φυτό ξεχωριστά, για όλες τις μεταχειρίσεις (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI).

Την 77 ΗΑΣ (11^η εβδομάδα) πραγματοποιήθηκε συγκομιδή όλων των φυτών και άμεση μεταφορά τους στο εργαστήριο Μη Παρασιτικών Ασθενειών του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου όπου και έγιναν οι μετρήσεις μάζας των φυτών και οι μετρήσεις μάζας και μήκους των ταξιανθιών.



Εικόνα 4. Ανάπτυξη φυτών την 8^η DAS



Εικόνα 5. Ανάπτυξη φυτών την 23^η DAS



Εικόνα 6. Ανάπτυξη φυτών την 35^η DAS

Εικόνα 7. Ανάπτυξη φυτών την 49^η DAS - Εφαρμογή βιοδιεγέρτη



Εικόνα 8. Ανάπτυξη φυτών την 61η DAS-Μέτρηση LAI, NDVI



Εικόνα 9. Συγκομιδή και χειρισμός των φυτών στο εργαστήριο την 77^η DAS

2.8 Μετρήσεις – Προσδιορισμοί αγρονομικών χαρακτηριστικών

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν σε σχέση με την επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης και την εφαρμογή βιοδιεγέρτη ήταν: η μεταβολή του ύψους των φυτών με το χρόνο, το νωπό και ξηρό βάρος τους, ο συνολικός αριθμός ταξιανθιών ανά φυτό, το μήκος και το νωπό και ξηρό βάρος της κύριας ταξιανθίας, το μέσο μήκος και το μέσο νωπό και ξηρό βάρος των δευτερευουσών ταξιανθιών, η περιεκτικότητα σε CBD, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) και ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI).

- Ως ύψος των φυτών θεωρήθηκε η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του υποστρώματος ανάπτυξης και του υψηλότερου φωτοσυνθετικού ιστού, συμπεριλαμβανομένης της κύριας ταξιανθίας, και εκφράστηκε σε εκατοστά (cm). Οι μετρήσεις ύψους πραγματοποιούνταν με υποδεκάμετρο κάθε εβδομάδα, με έναρξη δύο εβδομάδες μετά το φύτευμα (τρεις εβδομάδες από τη σπορά). Συγκεκριμένα μετρήθηκε το ύψος των φυτών την 23^η, 29^η, 35^η, 42^η, 49^η, 63^η, και 77^η ΗΑΣ.
- Η μέτρηση της νωπής μάζας ολόκληρων των φυτών και των ταξιανθιών, κύριας και δευτερευουσών, πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη μεταφορά στο εργαστήριο την ημέρα της συγκομιδής.
- Η μέτρηση της ξηρής μάζας τους έγινε αφού τα φυτικά δείγματα παρέμειναν σε ειδικό κλίβανο σε θερμοκρασία 70 °C για 48 ώρες. Όλα τα δείγματα ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων και η μάζα τους εκφράστηκε σε γραμμάρια (g).
- Η μέτρηση του αριθμού των ταξιανθιών για κάθε φυτό καθώς και η μέτρηση του μήκους της κύριας και των δευτερευουσών ταξιανθιών πραγματοποιήθηκε την ημέρα της συγκομιδής. Η μέτρηση του μήκους των ταξιανθιών πραγματοποιήθηκε με χρήση υποδεκάμετρου και εκφράστηκε σε εκατοστά (cm).
- Η συμπίεση τόσο της κύριας όσο και των δευτερευουσών ταξιανθιών υπολογίστηκε από το λόγο :
$$\frac{\text{Ξηρό βάρος ταξιανθίας}}{\text{Μήκος ταξιανθίας}} \times 100$$
- Ο προσδιορισμός του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) έγινε με τη χρήση της φορητής συσκευής SS1 SunScan Canopy Analysis System (Delta-T Devices). Η λειτουργία του οργάνου που απεικονίζεται και στην εικόνα 9 βασίζεται σε έναν πολυαισθητήρα μήκους 1 m, ο οποίος μετρά την φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (Photosynthetically Active Radiation - PAR). Το όργανο έχει τη δυνατότητα τελείως αυτόνομης λειτουργίας, με την μέτρηση, καταγραφή και ανάλυση των μετρήσεων. Αρχικά, η ένταση του φωτός υπολογίστηκε σε τέσσερα σημεία κάθε μεταχείρισης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη, λαμβάνοντας τρεις τιμές για κάθε σημείο, από την κορυφή, το μέσο και τη βάση της καλλιέργειας. Το όργανο υπολόγισε την προσπίπτουσα και τη διερχόμενη PAR ακτινοβολία που φτάνει στην καλλιέργεια και από αυτή εξήγαγε και το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) μέσω της εξίσωσης:

$$y = 0,0521x - 0,4817 (R^2 = 0,9266),$$

εφαρμόζοντας σε κάθε μέτρηση τα δεδομένα των μετρήσεων της έντασης του φωτός της φυτείας (PAR).



Εικόνα 10. Συσκευή μέτρησης φωτός (PAR) και ανάλυσης φάσματος⁴

- Ο προσδιορισμός του δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI) έγινε με τη συσκευή GreenSeeker. Η συσκευή αυτή που φαίνεται στην εικόνα 10 είναι μια φορητή συσκευή που χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας για την παρακολούθηση και διαχείριση θρεπτικών συστατικών και νερού στις καλλιέργειες σε πραγματικό χρόνο και εν κινήσει. Έχοντας αναπτυχθεί από την Trimble, η συσκευή GreenSeeker χρησιμοποιεί οπτικούς αισθητήρες για τη μέτρηση δεικτών φυτοϋγείας των καλλιεργειών, δίνοντας τη δυνατότητα στους αγρότες να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζουν. Πιο συγκεκριμένα, η συσκευή εκπέμπει μια συγκεκριμένου μήκους κύματος ακτινοβολία (συνήθως στο ορατό και στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα) στην κόμη της καλλιέργειας, και μετρά την ποσότητα της ακτινοβολίας που επιστρέφει σε αυτή ανακλώμενη. Αυτό το ανακλώμενο φως παρέχει πληροφορίες για τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φυτών, συμπεριλαμβανομένης της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη αλλά και της παραγόμενης βιομάζας. Ο δείκτης NDVI υπολογίστηκε απευθείας από τη συσκευή για όλα τα φυτά κάνναβης, σε κάθε μεταχείριση υποστρώματος και εφαρμογής βιοδιεγέρτη, λαμβάνοντας μία μέτρηση πάνω από κάθε φυτό.

⁴ <https://delta-t.co.uk/>



Εικόνα 11. Συσκευή υπολογισμού και αποτύπωσης του δείκτη NDVI⁵

- Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε CBD % έγινε άμεσα μετά τη συγκομιδή των φυτών κάνναβης, σε πέντε κύριες ταξιανθίες κάθε μεταχείρισης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη, χρησιμοποιώντας τη συσκευή GemmaCert (GemmaCert Ltd., Ισραήλ)

2.9 Εργαστηριακές αναλύσεις των κομπόστ

Με τη χημική ανάλυση των κομπόστ έγινε προσδιορισμός της στάθμης των θρεπτικών στοιχείων σε αυτά, αλλά και ο προσδιορισμός άλλων σημαντικών παραμέτρων όπως το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και ο δείκτης βλαστικότητας πριν την εγκατάσταση των φυτών κάνναβης. Οι βασικές χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είχαν ως σκοπό την κατανόηση και τη γνώση του τύπου και των ιδιοτήτων των υπό εξέταση υποστρωμάτων ανάπτυξης, και κατ' επέκταση την αξιολόγησή τους για την καλλιέργεια των φυτών κάνναβης.

Τα κομπόστ αναλύθηκαν ως προς το pH, την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), την οργανική ουσία (OM), τα ολικά άλατα, το ολικό N, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn, τον οργανικό άνθρακα (C), το δείκτη βλαστικότητας (GI), τις ανόργανες μορφές αζώτου (NO_3^- , NH_4^+), την αναλογία C/N, το ολικό NPK, το δείκτη νιτροποίησης (NI) και το επίπεδο σταθερότητας «Rottegrad». Για την αξιολόγηση της ωριμότητας των κομπόστ, χρησιμοποιήθηκαν τρεις δείκτες: η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N), ο δείκτης νιτροποίησης (NI), και το ολικό περιεχόμενο αμμωνιακού αζώτου $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (173), (174), (175). Τα δείγματα προετοιμάστηκαν για χημικοφυσικές δοκιμές

⁵ <https://ww2.agriculture.trimble.com/>

σύμφωνα με τη μέθοδο (176). Το pH, η EC και τα ολικά άλατα προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας φρέσκα δείγματα, τα οποία εκχυλίστηκαν με απιονισμένο νερό σε αναλογία εκχύλισης 1/5 (v/v). Ο προσδιορισμός του pH έγινε ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ηλεκτρονικού πεχαμέτρου ενώ της EC με αγωγιμόμετρο και εκφράστηκε σε $\mu\text{S cm}^{-1}$ (177), (178). Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (OM) προσδιορίστηκε με απώλεια μάζας κατά την καύση στους 550 °C (179). Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των εδαφικών δειγμάτων σε ανθρακικά άλατα έγινε με την επίδραση HCl 1:1, σύμφωνα με τη μέθοδο Bernard. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ποσοστό επί τοις % ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) (180)

Το ολικό N προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας μια τροποποιημένη μέθοδο Kjeldhal. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου σε αμμωνία και στη συνέχεια στον προσδιορισμό της. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ποσοστό επί τοις % (181). Τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα (NO_3^- , NH_4^+), εκχυλίστηκαν με διάλυμα CaCl_2 (182). Ο δείκτης βλαστικότητας (GI) υπολογίστηκε σε εκχυλίσματα νερού (183) και το επίπεδο σταθερότητας «Rottergrad» προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη δοκιμή αυτοθέρμανσης για κομπόστ (184). Για τον προσδιορισμό των ολικών μορφών K, Na, Ca, Mg, P, Cu, Fe, Mn, Zn, τα δείγματα εκχυλίστηκαν με «βασιλικό ύδωρ» - aqua regia (185), (186). Τα αποτελέσματα των K, Na, Ca, Mg, P εκφράστηκαν σε % ενώ των ιχνοστοιχείων Cu, Fe, Mn, Zn σε mg kg^{-1} . Ο ολικός οργανικός άνθρακας C, η αναλογία C/N, το ολικό NPK και ο NI προσδιορίστηκαν υπολογιστικά από τις άλλες παραμέτρους. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένα φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης VARIAN SpectrAA 220 (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn), ένα φασματοφωτόμετρο UV/VIS PerkinElmer Lambda 365 (P) και ένα φασματόμετρο φλόγας Jenway PFP7 (K, Na). Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε πέψη με τη συσκευή BUCHI SpeedDigester K-439.

Τα αποτελέσματα από την πραγματοποίηση των βασικών χημικών αναλύσεων στα υπό εξέταση κομπόστ MA και ΜΠ παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο (Πίνακας 9).

2.10 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSSstatistics 23 στο οποίο και έγινε στατιστική ανάλυση ως προς το τυπικό σφάλμα ($\pm\text{SE}$). Η σημαντικότητα υποδείχθηκε από την Ανάλυση της Διακύμανσης δύο παραγόντων (Two Way Anova). Οι συγκρίσεις των μέσων για στατιστικά σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των ελάχιστα σημαντικών διαφορών (Least Significant Difference - LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$.

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

3.1 Ιδιότητες των κομπόστ

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των δύο υποστρωμάτων ανάπτυξης, καθώς και τα αποδεκτά όρια για κάθε παράμετρο.

Πίνακας 9. Ανάλυση χημικών ιδιοτήτων των compost

Παράμετρος	Εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριού/πρόβεια κοπριά (ΜΠ)	Εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριού/αγελαδινή κοπριά (ΜΑ)	Όρια
Υγρασία (%)	48	45	30 - 40 FAO1
pH	8,4	8,6	4 - 9 ECN2
Ηλ. Αγωγιμότητα (μS/cm)	4270	3490	≤ 1,9 ECN
Συνολικά άλατα (g/L)	2,17	1,71	< 2,0 Austrian Ministry for Agriculture and Forestry3
CaCO ₃ (%)	10,0	15,1	
Οργανική Ουσία (%)	35,6	35,3	≥ 15 ECN
Ολικός C (%)	19,9	19,8	≥ 15 EU Regulation4
C/N	15,0	15,2	10 - 15 FAO
Ολικό N (%)	1,33	1,30	≥ 1 EU Regulation
Ολικός P (%)	0,34	0,23	≥ 1 EU Regulation
Ολικό K (%)	1,6	1,0	≥ 1 EU Regulation
Ολικό N+P+K (%)	3,27	2,53	≥ 4 EU Regulation
Ολικό Na (%)	0,29	0,24	< 0,6 Oregon State University, USA
Ολικό Ca (%)	1,6	6,6	1,5 – 3,5 Oregon State University, USA
Ολικό Mg (%)	0,18	0,33	0,25 – 0,70 Oregon State University, USA
Ολικός Fe (mg/kg)	2391	618	
Ολικός Cu (mg/kg)	21	27	100 EU ECO Label

Ολικός Zn (mg/kg)	54	54	300 EU ECO Label
Ολικό Mn (mg/kg)	300	289	
Δοκιμή φυτοτοξικότητας (%)	93	82	≥ 80 ECN
NO₃⁻ (mg/kg)	652,56	311,76	
NH₄⁺ (mg/kg)	9,89	9,16	
Nitrification index	1,52	2,94	0,5 – 3,0 mature
Βαθμός σταθερότητας («Rottegrad»)	V	V	V EU Ecolabel Criteria6

3.2 Ύψος φυτών κάνναβης

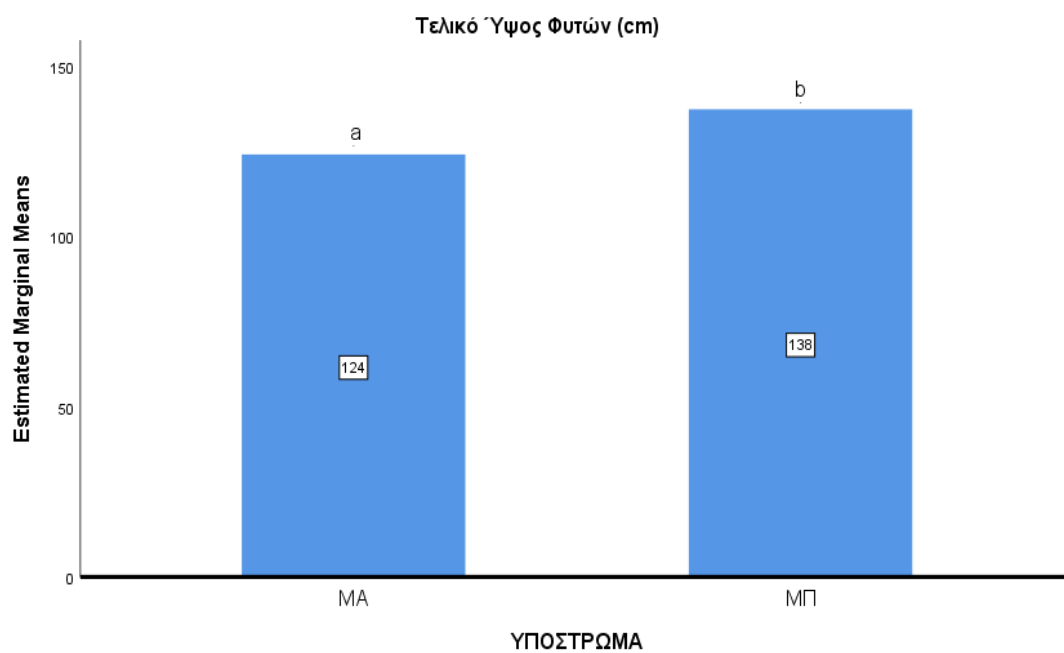
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two-Way Ανοva) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο τελικό ύψος των φυτών κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα (Πίνακας 10) έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,011$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,075$). Επίσης, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,646$). Το τελικό ύψος φυτών είναι αυξημένο κατά 11,29% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 7,14% για την εφαρμογή Β.

Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Ανοva για το τελικό ύψος των φυτών κάνναβης

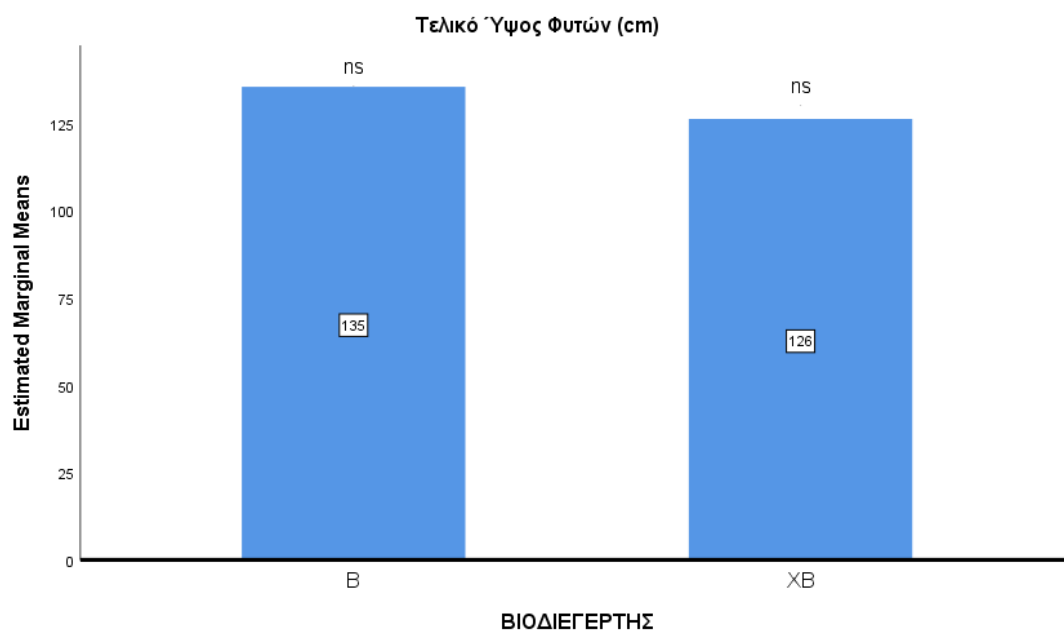
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	969992,763 ^a	4	242498,191	769,441	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	2176,189	1	2176,189	6,905	,011
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	1039,099	1	1039,099	3,297	,075
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	67,176	1	67,176	,213	,646
Error	16073,238	51	315,162		
Total	986066,000	55			

a. R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,982)

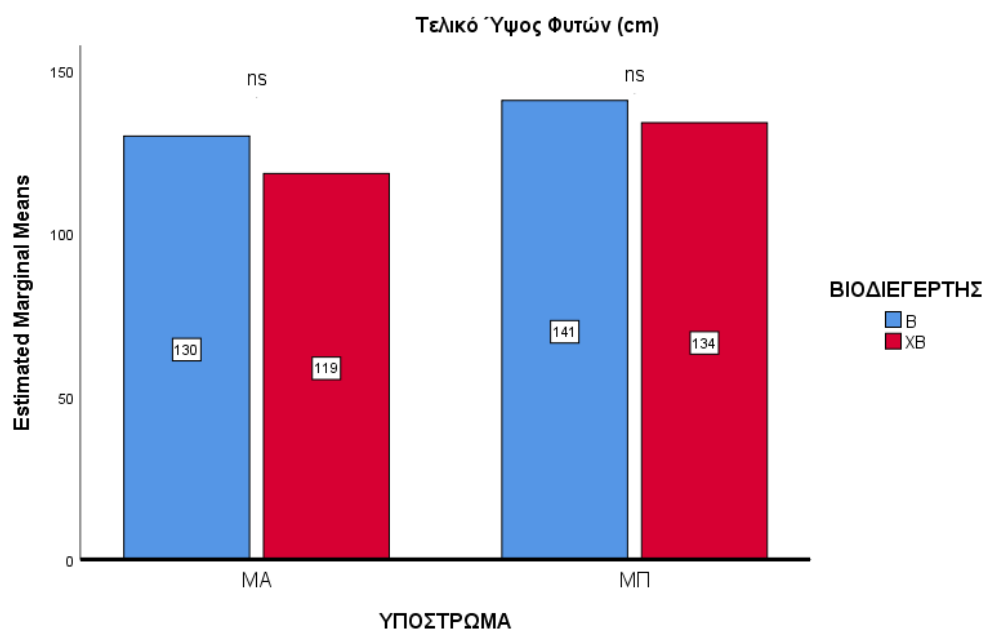
Profile Plots



Εικόνα 12. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 13. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 14. Μέσες τιμές τελικού ύψους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις

3.3 Δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI)

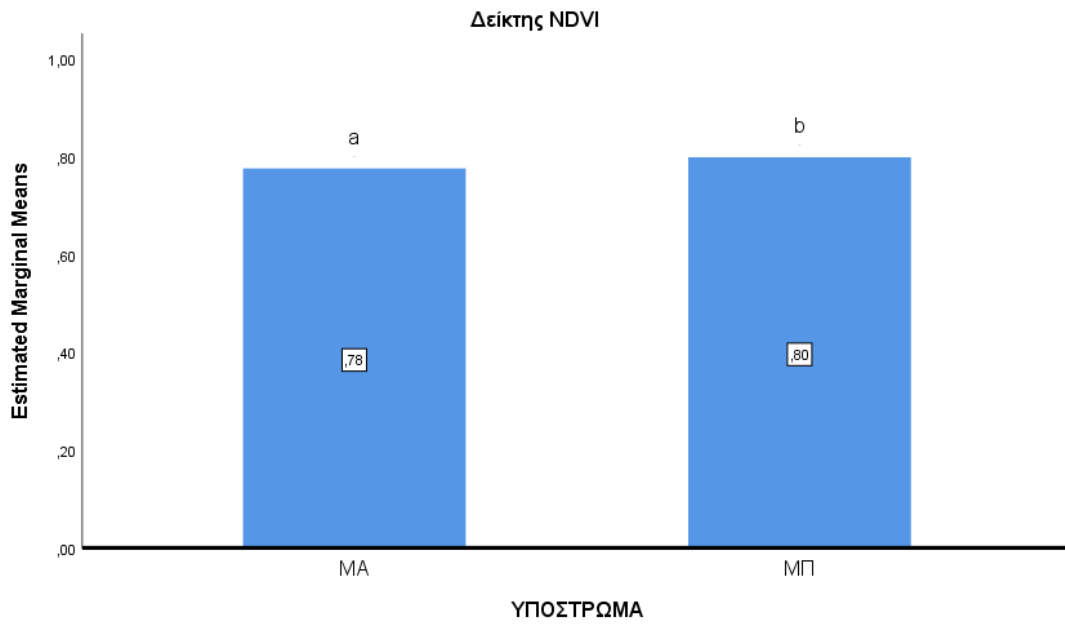
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο δείκτη NDVI στα φυτά κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,007$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,161$). Επίσης, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,578$). Ο δείκτης NDVI είναι αυξημένος κατά 2,56% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένος κατά 1,28% για την εφαρμογή XB.

Πίνακας 11. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον Δείκτη NDVI

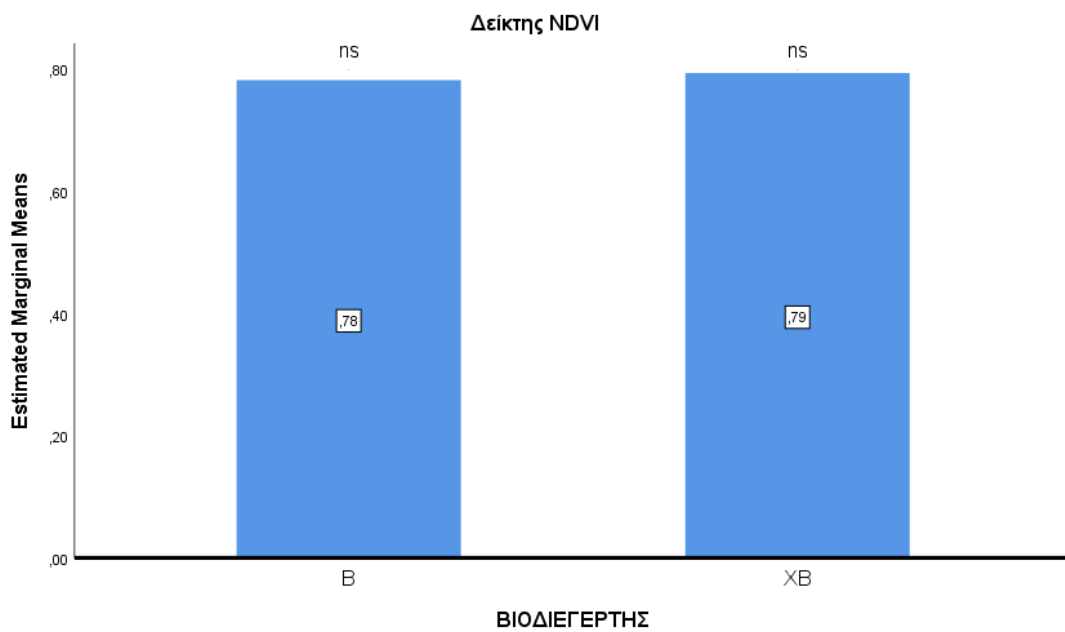
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Δείκτης NDVI					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	34,991 ^a	4	8,748	10256,315	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,007	1	,007	7,833	,007
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,002	1	,002	2,024	,161
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,000	1	,000	,314	,578
Error	,044	52	,001		
Total	35,035	56			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,999)

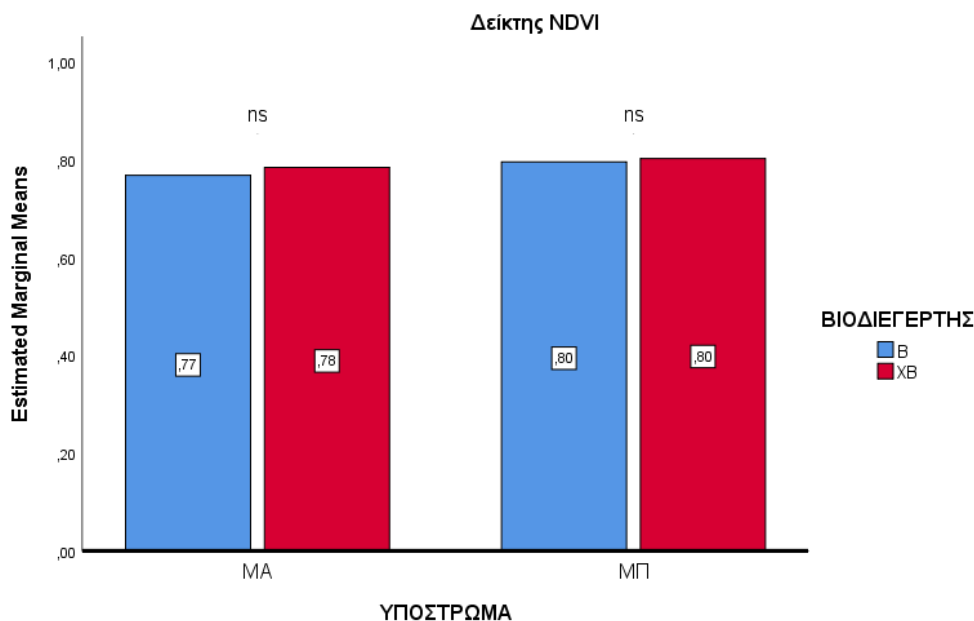
Profile Plots



Εικόνα 15. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 16. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 17. Μέσες τιμές δείκτη NDVI για όλες τις μεταχειρίσεις

3.4 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)

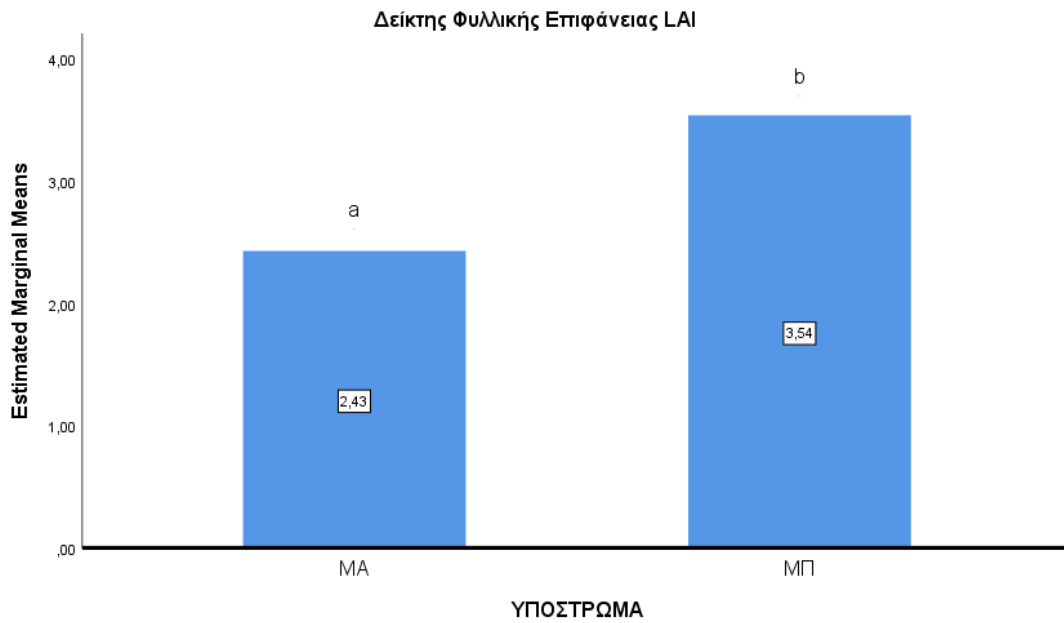
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) στα φυτά κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στατιστικά σημαντική ήταν η κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,002$), καθώς και η αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,006$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,314$). Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI είναι αυξημένος κατά 45,68% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένος κατά 10,95% για την εφαρμογή Β.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI

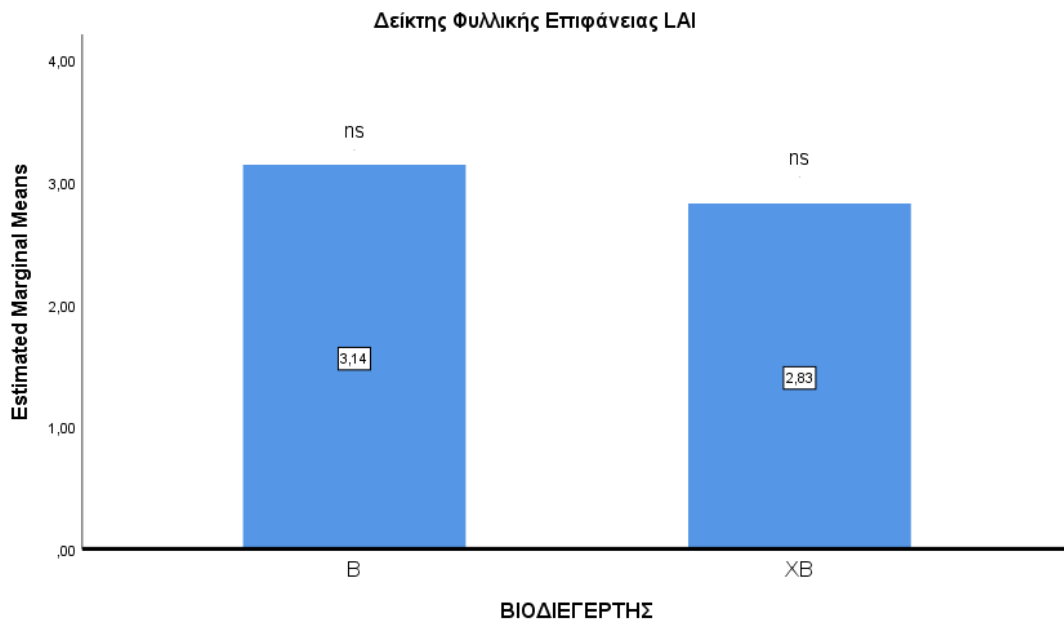
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	182,010 ^a	4	45,502	105,147	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	5,798	1	5,798	13,398	,002
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,470	1	,470	1,086	,314
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	4,483	1	4,483	10,359	,006
Error	6,491	15	,433		
Total	188,501	19			

a. R Squared = ,966 (Adjusted R Squared = ,956)

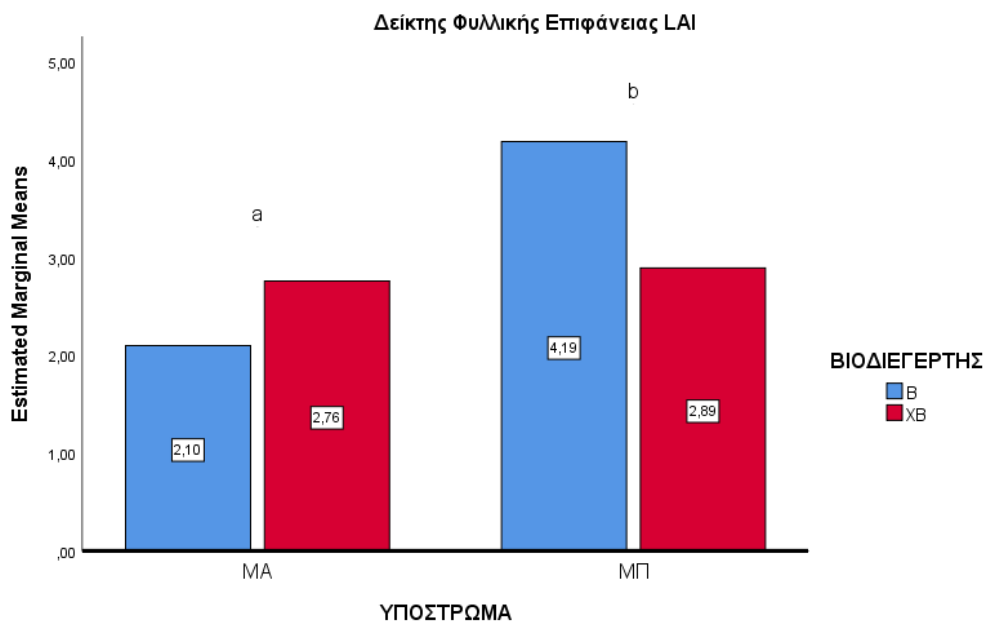
Profile Plots



Εικόνα 18. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 19. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 20. Μέσες τιμές Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας LAI για όλες τις μεταχειρίσεις

3.5 Βιομάζα κάνναβης (Νωπή)

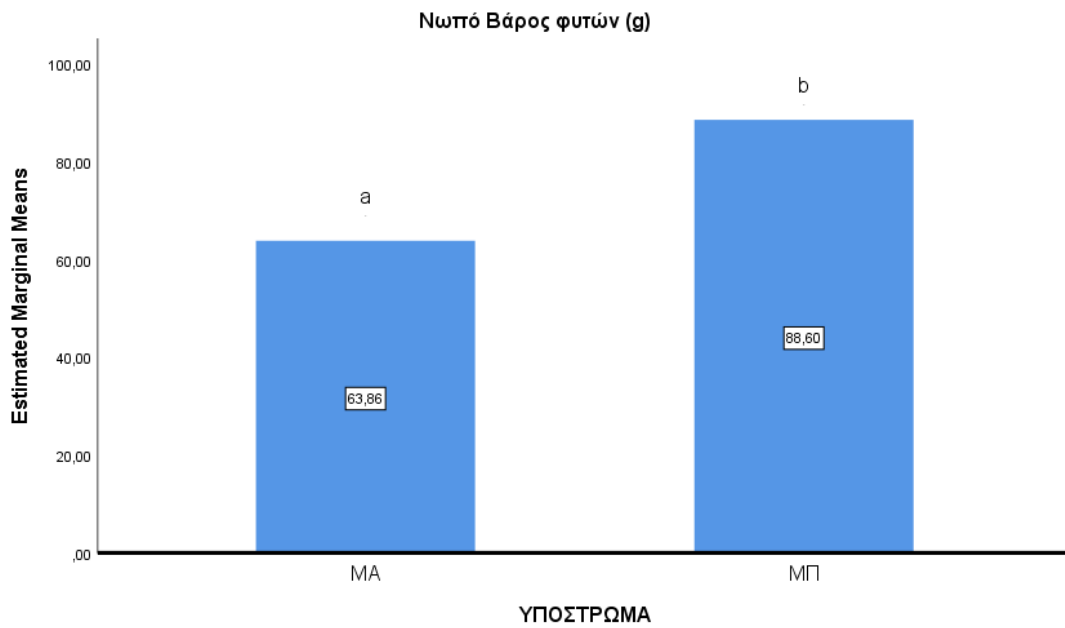
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στη νωπή βιομάζα των φυτών κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p < 0,001$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,700$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p = 0,875$). Το νωπό βάρος φυτών είναι αυξημένο κατά 38,74% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 2,23% για την εφαρμογή XB.

Πίνακας 13. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το νωπό βάρος των φυτών κάνναβης

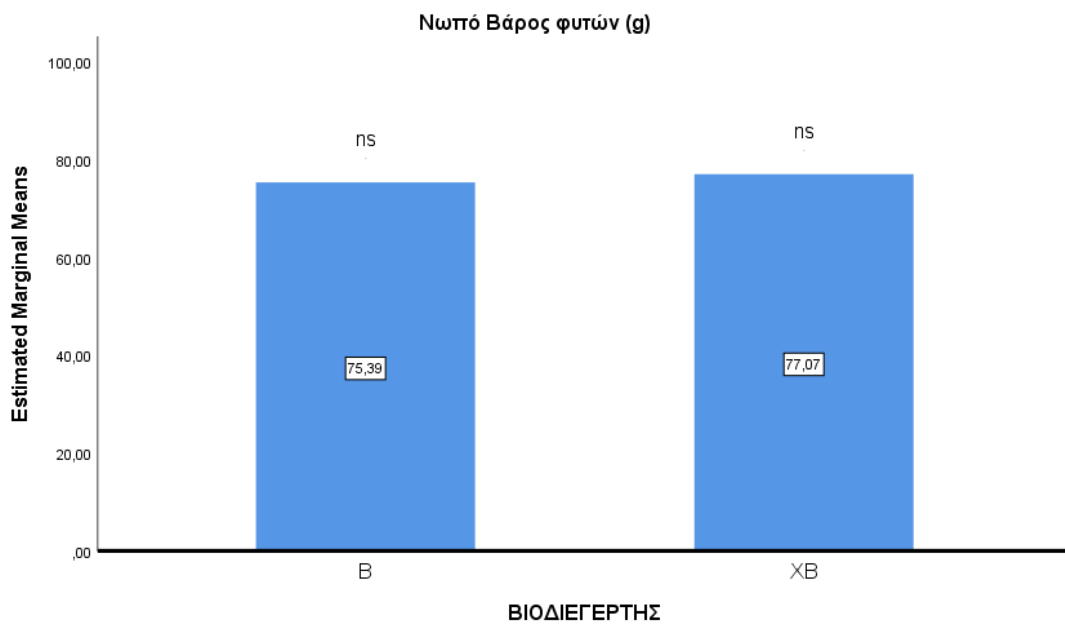
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (g)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	368494,883 ^a	4	92123,721	374,829	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	8069,673	1	8069,673	32,834	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	37,009	1	37,009	,151	,700
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	6,163	1	6,163	,025	,875
Error	13026,103	53	245,776		
Total	381520,986	57			

a. R Squared = ,966 (Adjusted R Squared = ,963)

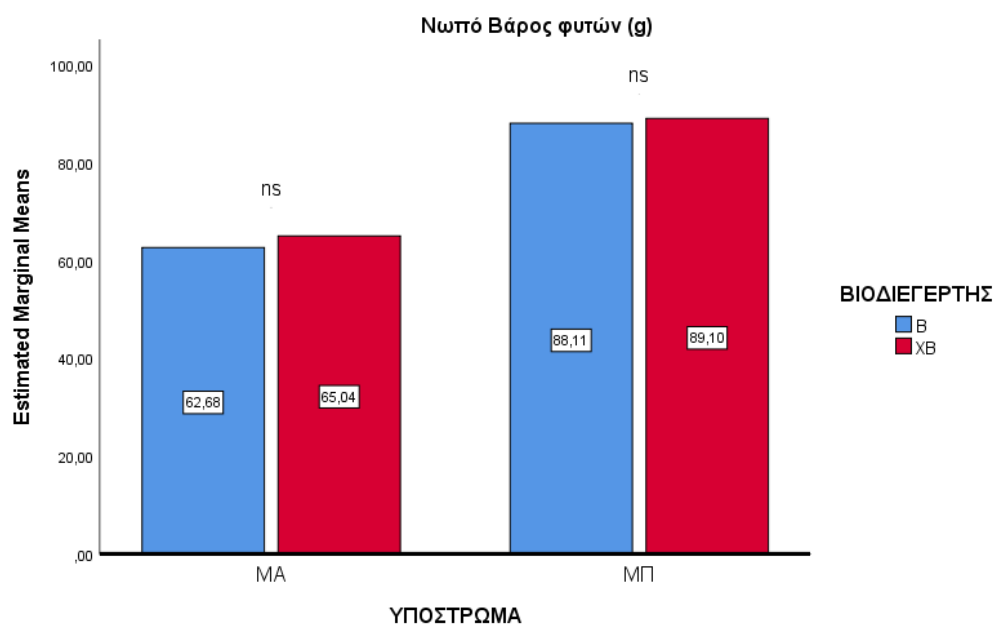
Profile Plots



Εικόνα 21. Μέσες τιμές νωπού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 22. Μέσες τιμές νωπού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 23. Μέσες τιμές νοπού βάρους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις

3.6 Βιομάζα κάνναβης (Ξηρή)

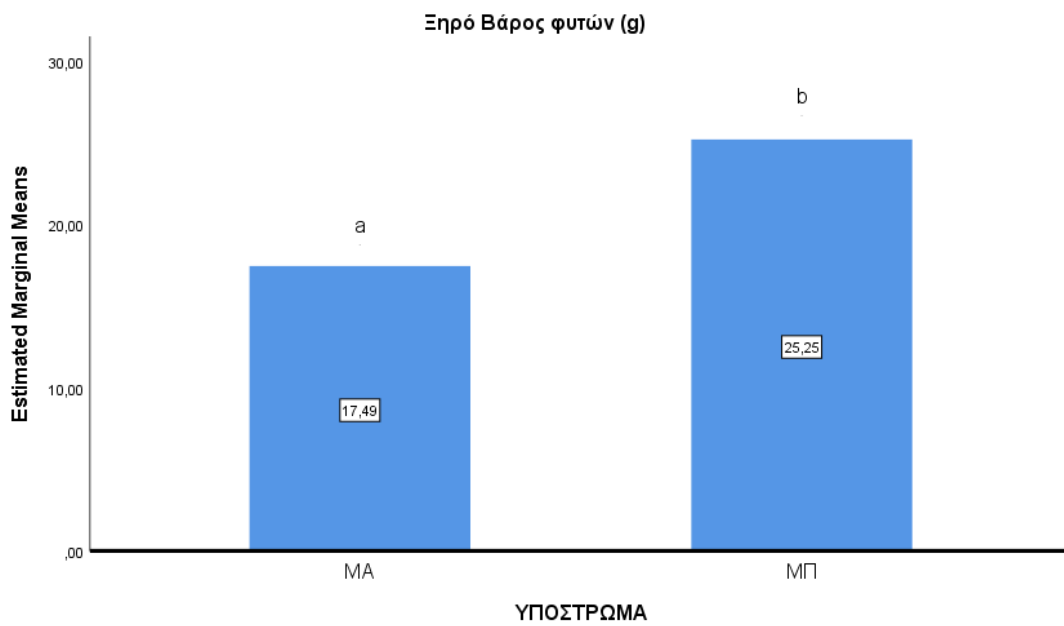
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στην ξηρή βιομάζα των φυτών κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p < 0,001$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,712$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p = 0,795$). Το ξηρό βάρος φυτών είναι αυξημένο κατά 44,37% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 2,42% για την εφαρμογή XB.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το ξηρό βάρος των φυτών κάνναβης

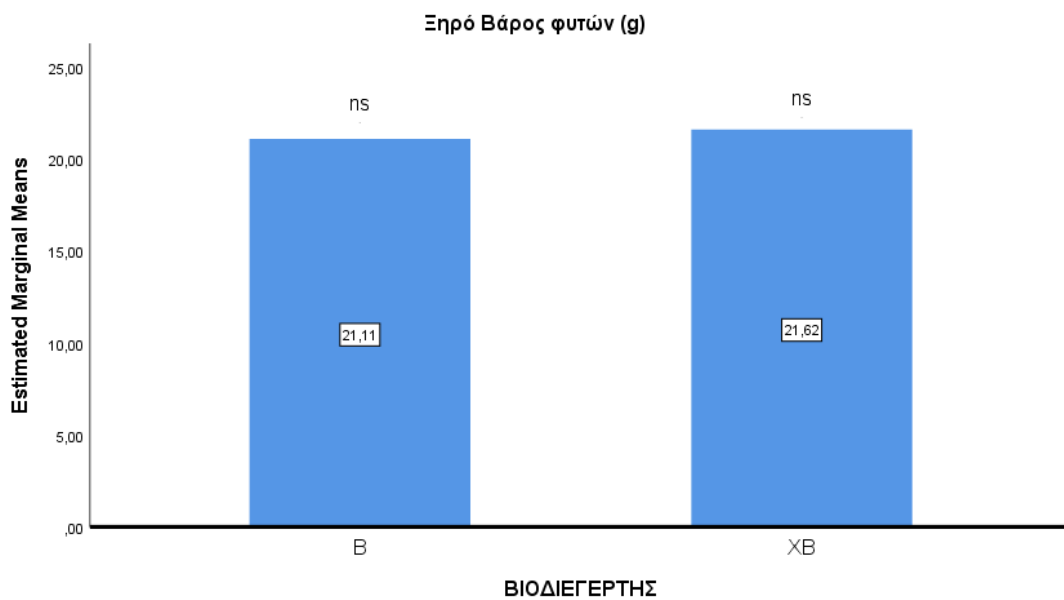
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (g)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	29377,765 ^a	4	7344,441	298,010	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	794,778	1	794,778	32,249	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	3,407	1	3,407	,138	,712
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	1,689	1	1,689	,069	,795
Error	1306,184	53	24,645		
Total	30683,949	57			

a. R Squared = ,957 (Adjusted R Squared = ,954)

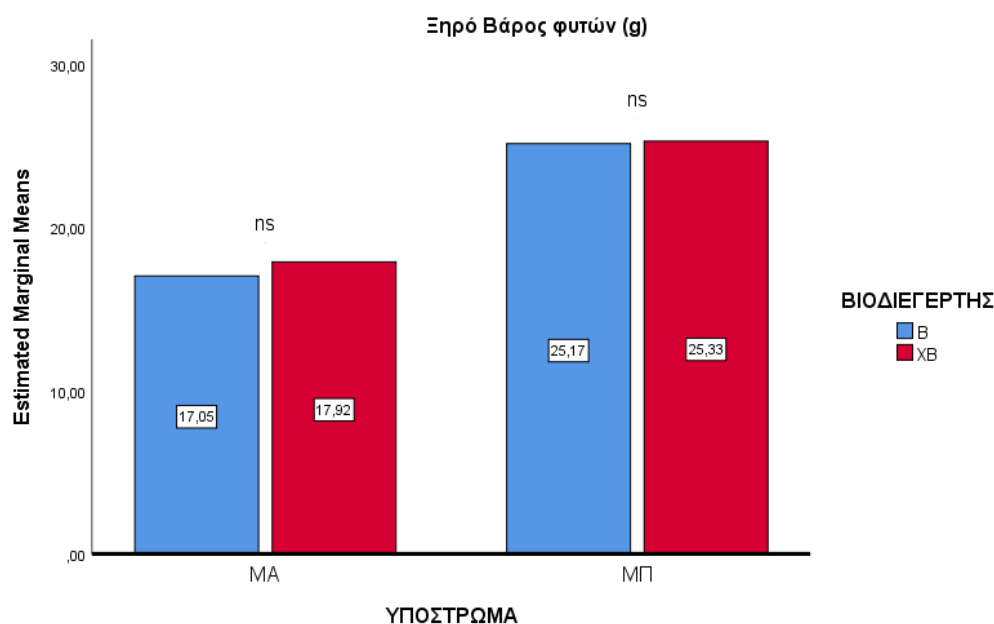
Profile Plots



Εικόνα 24. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 25. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 26. Μέσες τιμές ξηρού βάρους φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις

3.7 Συνολικός αριθμός ταξιανθιών

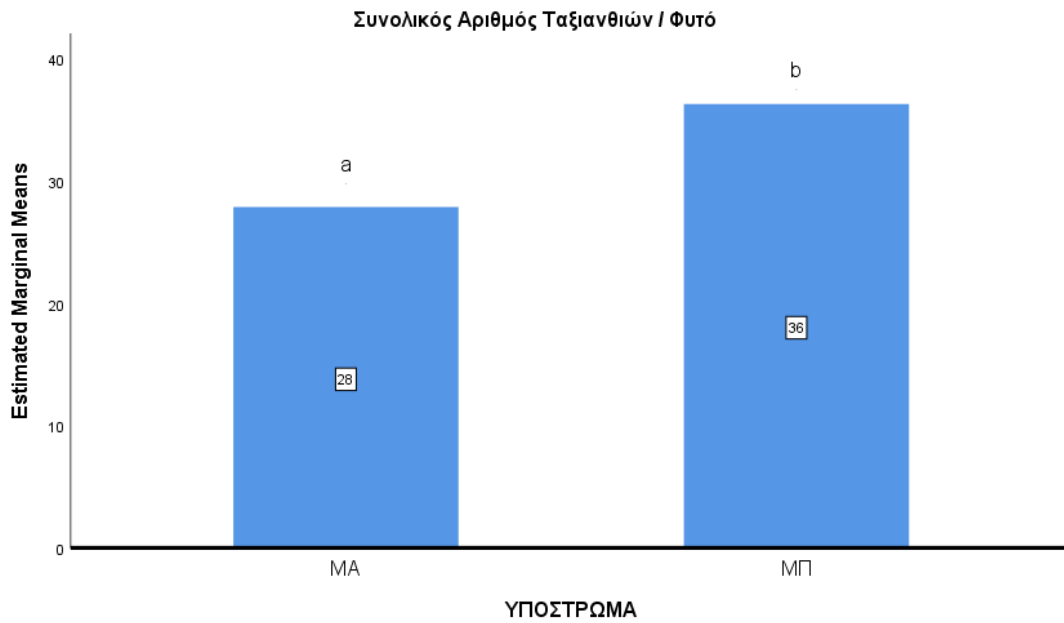
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο συνολικό αριθμό ταξιανθιών των φυτών κάνναβης, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,001$) και της κύριας επίδρασης του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,014$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,795$). Ο Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών είναι αυξημένος κατά 28,57% για το υπόστρωμα ΜΠ και μειωμένος κατά 17,14% για την εφαρμογή Β.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τον συνολικό αριθμό ταξιανθιών/φυτό

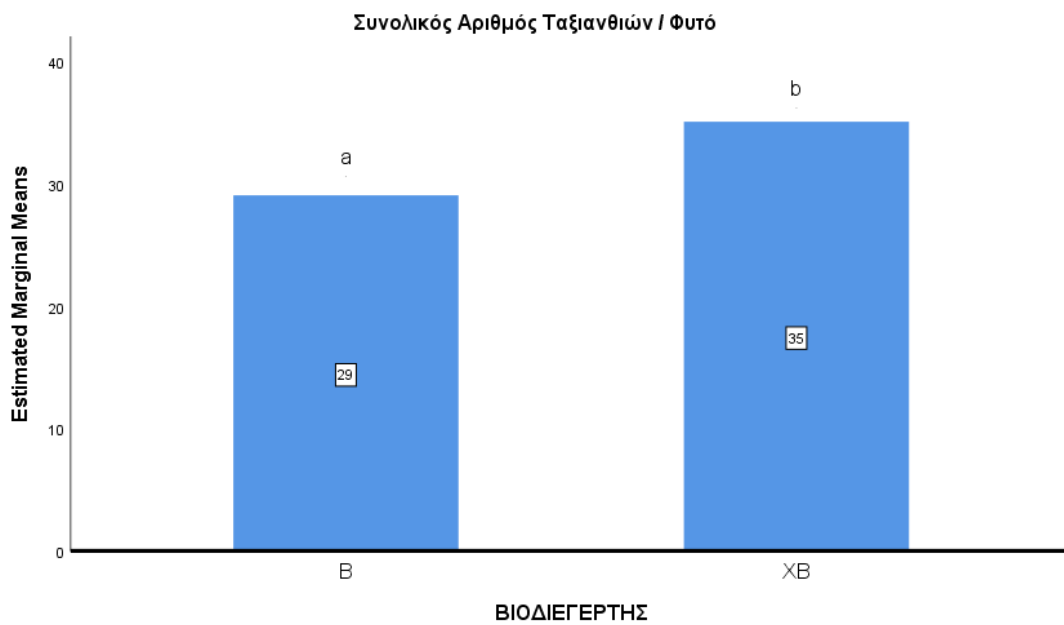
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	64116,414 ^a	4	16029,103	220,940	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	925,091	1	925,091	12,751	,001
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	473,513	1	473,513	6,527	,014
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	4,933	1	4,933	,068	,795
Error	3772,586	52	72,550		
Total	67889,000	56			

a. R Squared = ,944 (Adjusted R Squared = ,940)

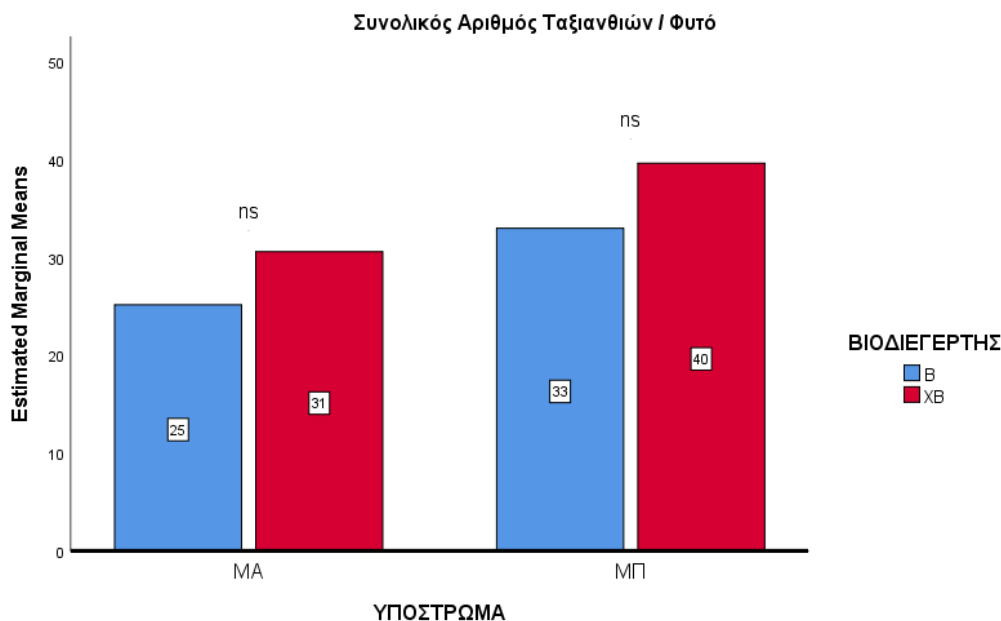
Profile Plots



Εικόνα 27. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 28. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 29. Μέσες τιμές συνολικού αριθμού ταξιανθιών/φυτό για όλες τις μεταχειρίσεις

3.8 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας – Μήκος

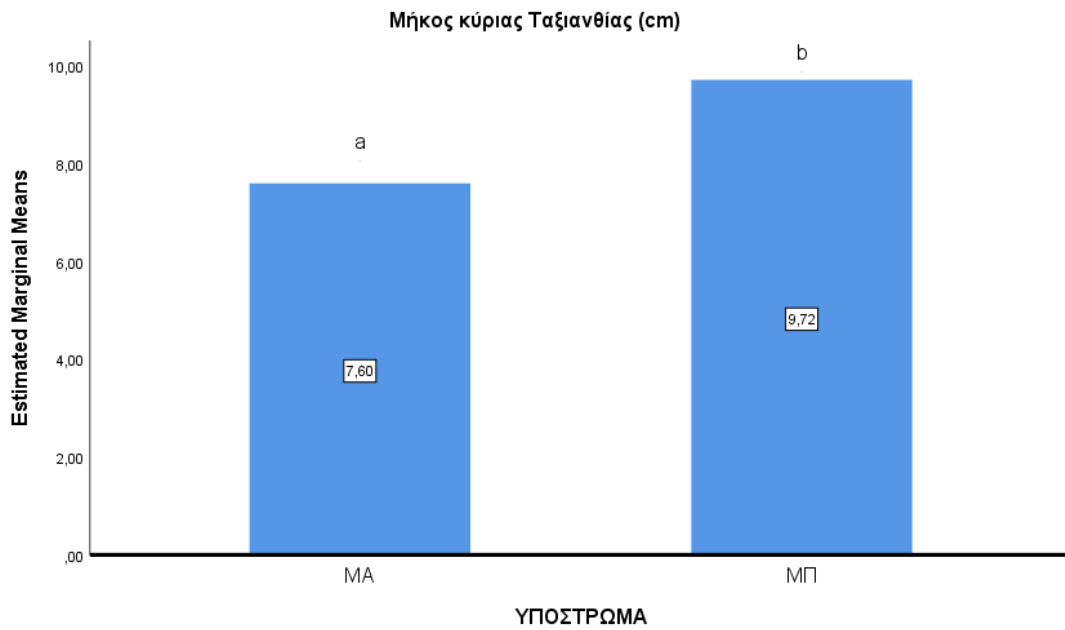
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο μήκος της κύριας ταξιανθίας, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p < 0,001$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p = 0,006$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,276$). Το Μήκος κύριας Ταξιανθίας είναι αυξημένο κατά 27,89% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 5,95% για την εφαρμογή XB.

Πίνακας 16. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μήκος κύριας ταξιανθίας

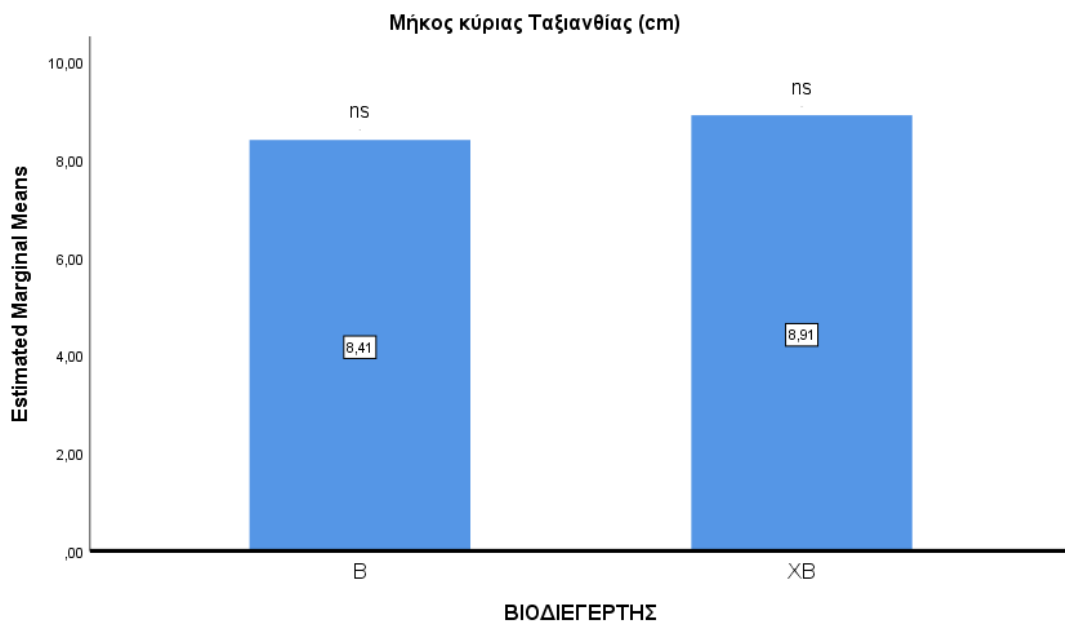
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4658,775 ^a	4	1164,694	431,138	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	57,461	1	57,461	21,270	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	3,280	1	3,280	1,214	,276
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	21,840	1	21,840	8,085	,006
Error	140,475	52	2,701		
Total	4799,250	56			

a. R Squared = ,971 (Adjusted R Squared = ,968)

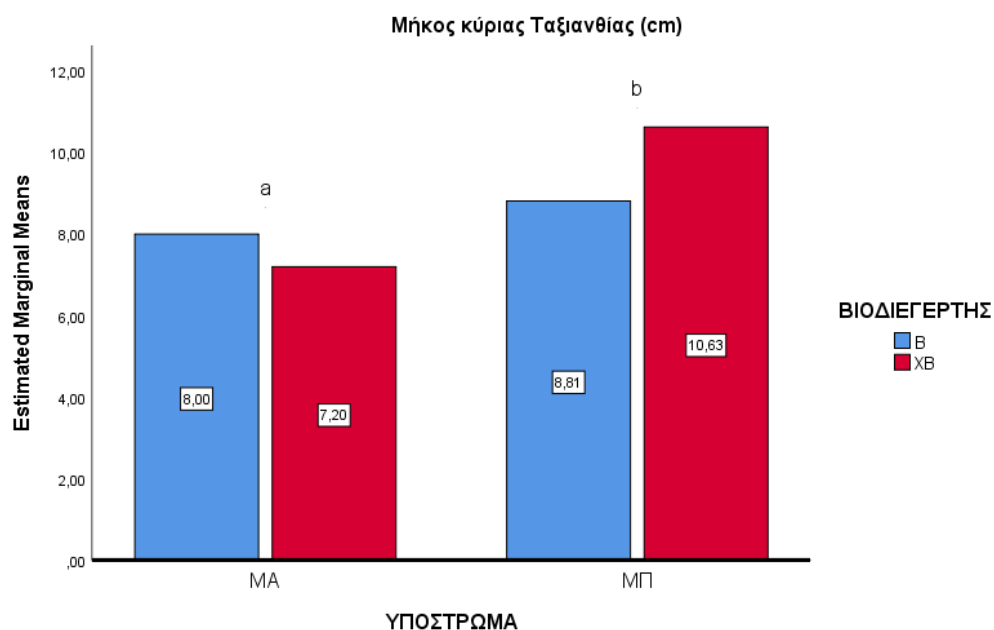
Profile Plots



Εικόνα 30. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 31. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 32. Μέσες τιμές μήκους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις

3.9 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Νωπό - Ξηρό Βάρος

Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο νωπό και ξηρό βάρος της κύριας ταξιανθίας, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Για το νωπό βάρος τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υποστρώμα ανάπτυξης ($p < 0,001$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,707$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p = 0,055$). Το Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας είναι αυξημένο κατά 60,97% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 3,78% για την εφαρμογή XB.

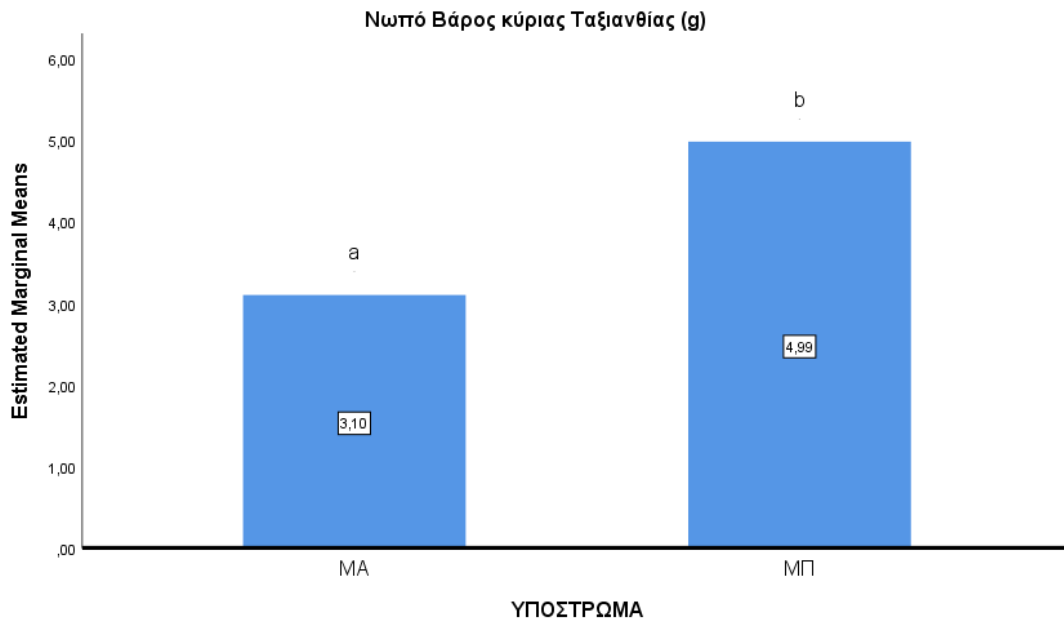
Νωπό βάρος

Πίνακας 17. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το νωπό βάρος κύριας ταξιανθίας

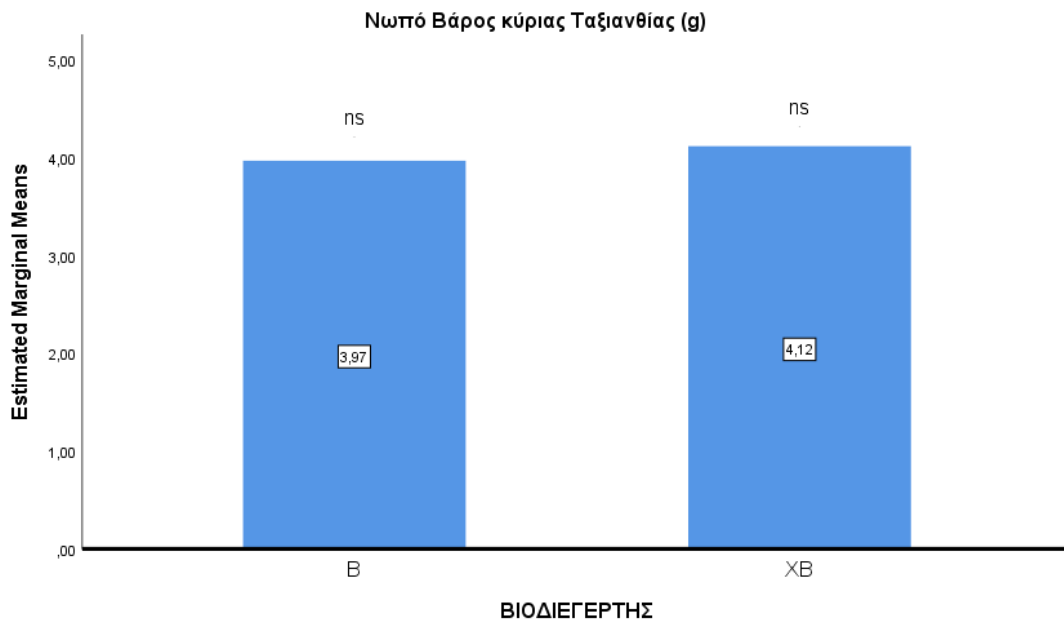
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (g)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1115,649 ^a	4	278,912	140,290	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	45,337	1	45,337	22,804	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,284	1	,284	,143	,707
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	7,648	1	7,648	3,847	,055
Error	103,382	52	1,988		
Total	1219,032	56			

a. R Squared = ,915 (Adjusted R Squared = ,909)

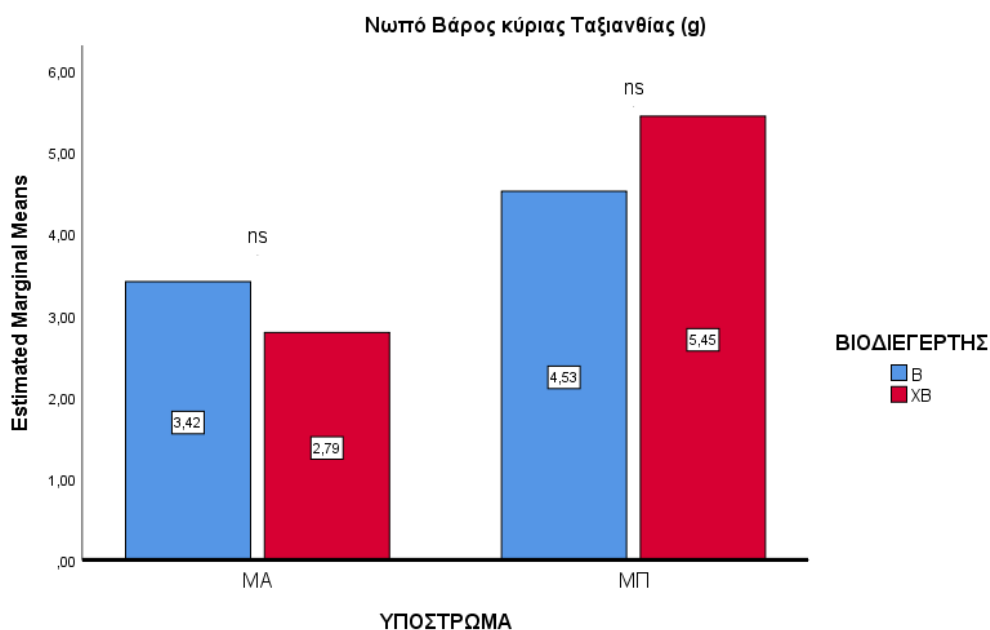
Profile Plots



Εικόνα 33. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 34. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 35. Μέσες τιμές νωπού βάρους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις

Για το ξηρό βάρος τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p < 0,001$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p = 0,023$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,605$). Το Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας είναι αυξημένο κατά 64% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 5,21% για την εφαρμογή XB.

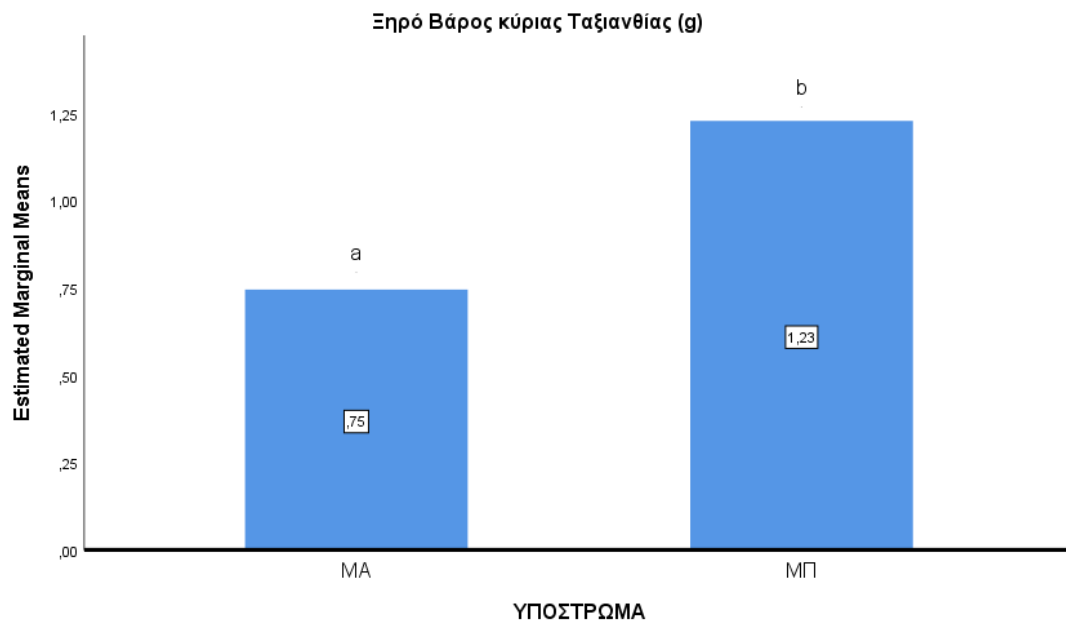
Ξηρό βάρος

Πίνακας 18. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το ξηρό βάρος κύριας ταξιανθίας

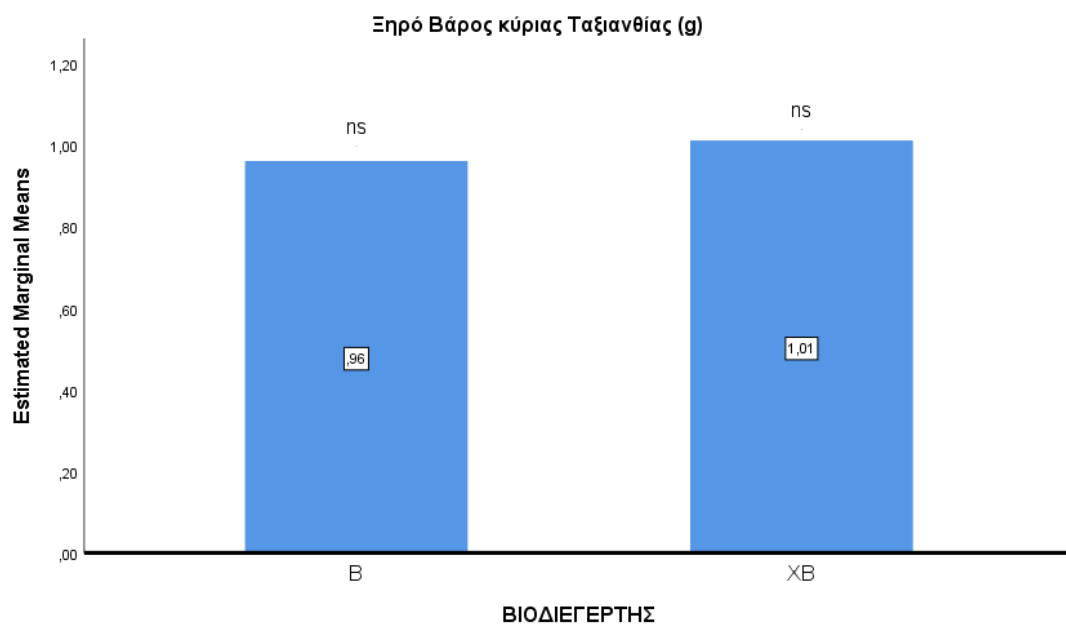
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (g)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	67,668 ^a	4	16,917	142,441	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	2,991	1	2,991	25,182	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,032	1	,032	,271	,605
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,649	1	,649	5,462	,023
Error	6,176	52	,119		
Total	73,844	56			

a. R Squared = ,916 (Adjusted R Squared = ,910)

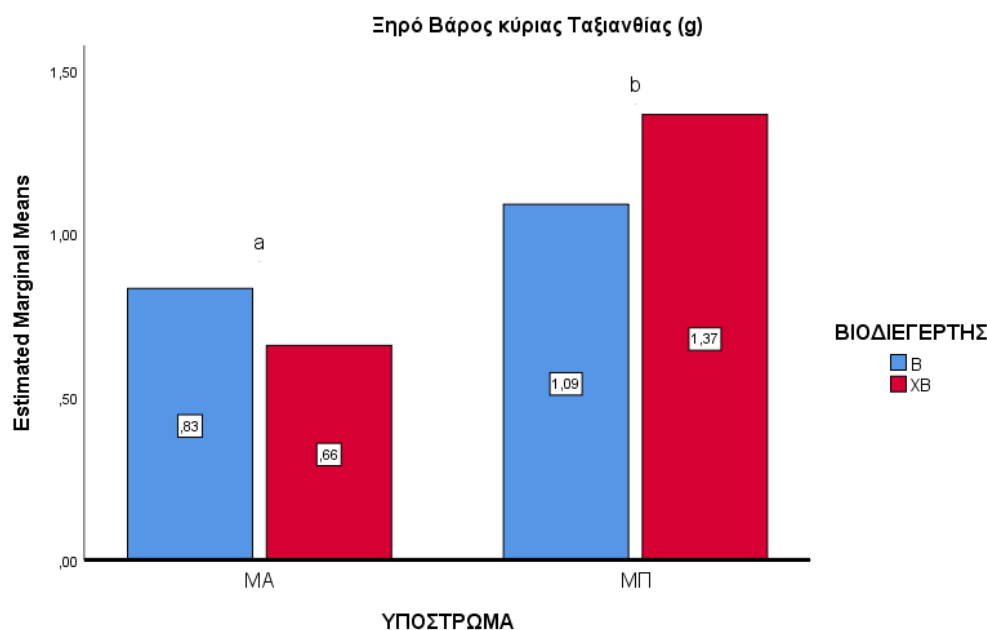
Profile Plots



Εικόνα 36. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 37. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 38. Μέσες τιμές ξηρού βάρους κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις

3.10 Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Συμπάγεια

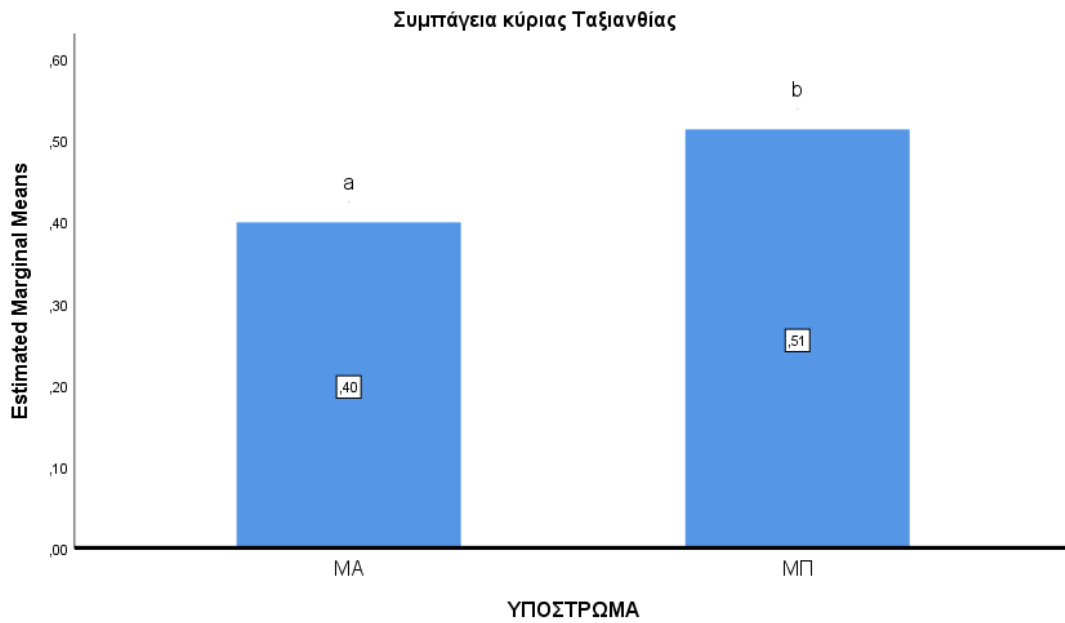
Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στη συμπάγεια της κύριας ταξιανθίας, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,001$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,489$). Επίσης, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,538$). Η Συμπάγεια κύριας Ταξιανθίας είναι αυξημένη κατά 27,5% για το υπόστρωμα ΜΠ και μειωμένη κατά 4,26% για την εφαρμογή XB.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τη συμπάγεια κύριας ταξιανθίας

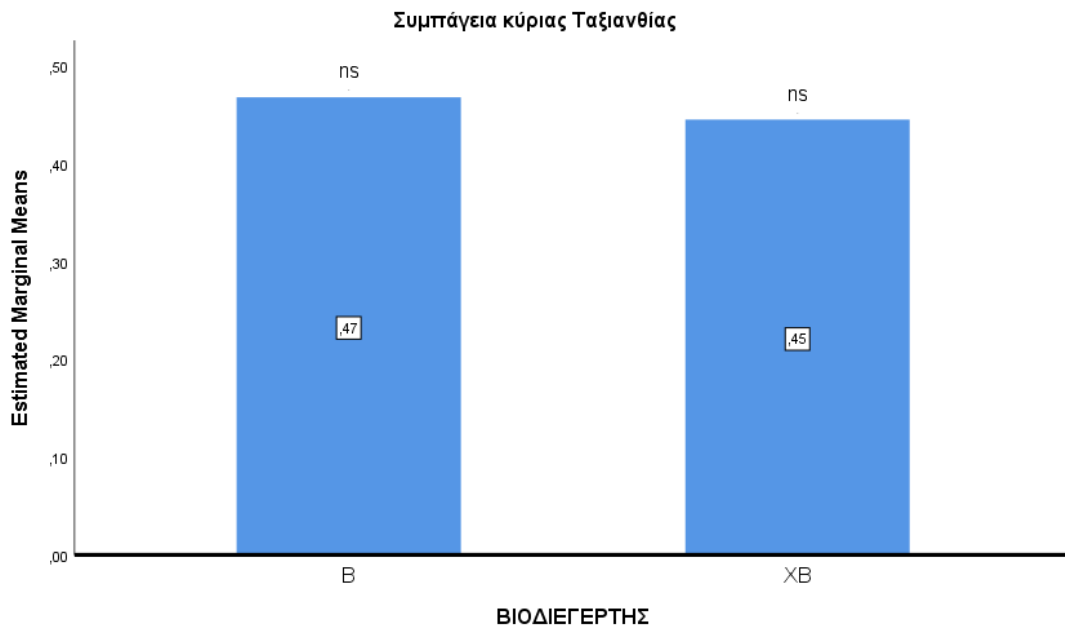
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιανθίας					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	12,698 ^a	4	3,174	232,490	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,167	1	,167	12,236	,001
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,007	1	,007	,485	,489
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,005	1	,005	,384	,538
Error	,710	52	,014		
Total	13,408	56			

a. R Squared = ,947 (Adjusted R Squared = ,943)

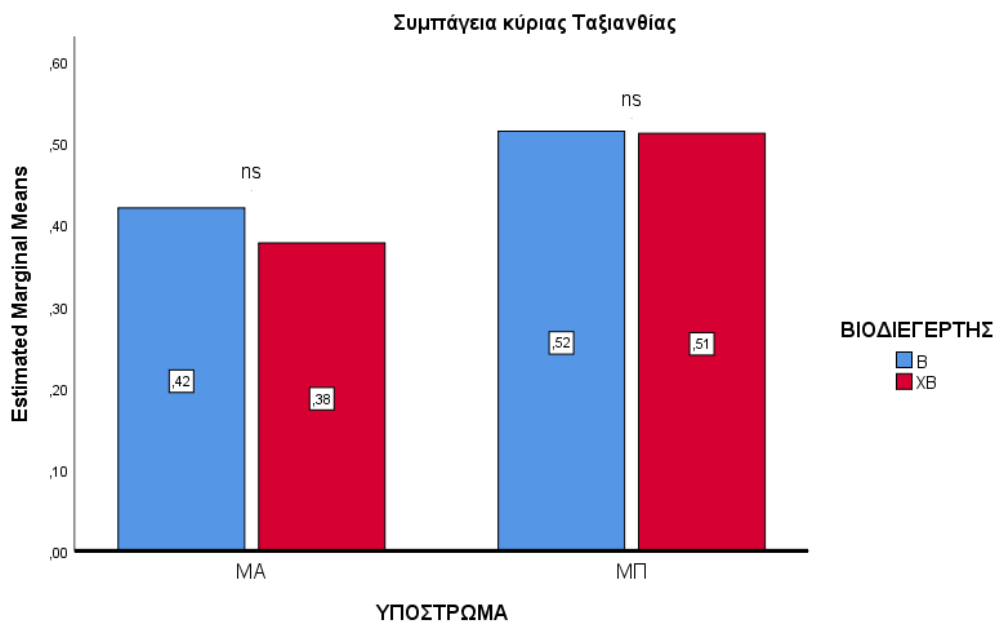
Profile Plots



Εικόνα 39. Μέσες τιμές συμπάγειας κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 40. Μέσες τιμές συμπάγειας κύριας ταξιανθίας για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 41. Μέσες τιμές συμπάγεια κύριας ταξιανθίας για όλες τις μεταχειρίσεις

3.11 Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέσο Μήκος, Μέσο νωπό Βάρος

Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στο μέσο μήκος και το μέσο νωπό βάρος των δευτερευουσών ταξιανθιών, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Για το μέσο μήκος τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υποστρώμα ανάπτυξης ($p=0,007$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,437$) και της αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,385$). Το Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών είναι μειωμένο κατά 9,87% για το υπόστρωμα ΜΠ και μειωμένο κατά 2,89% για την εφαρμογή XB.

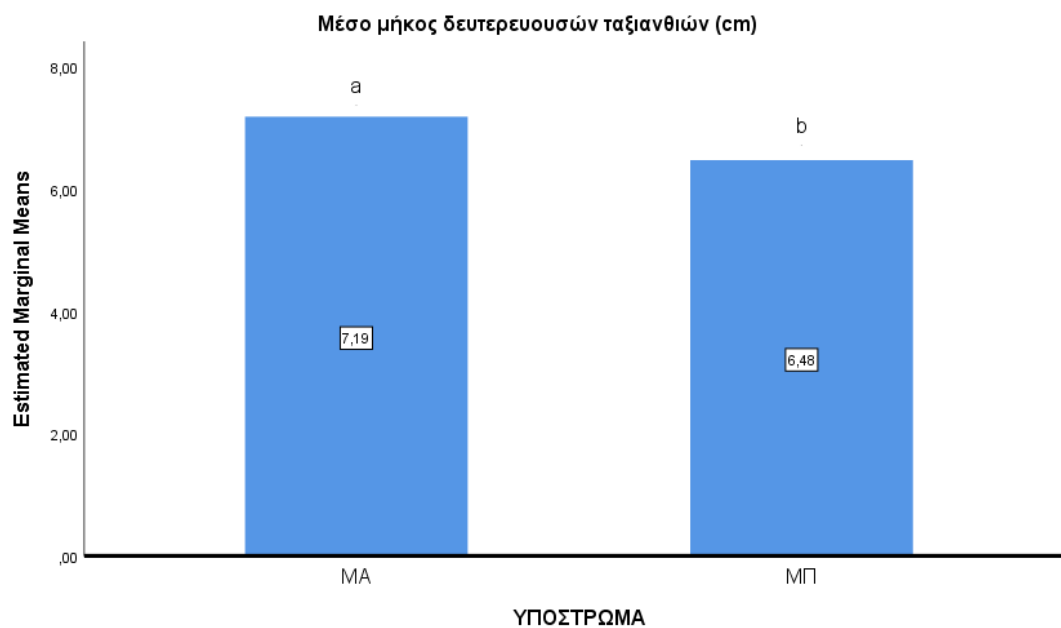
Μέσο Μήκος

Πίνακας 20. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών

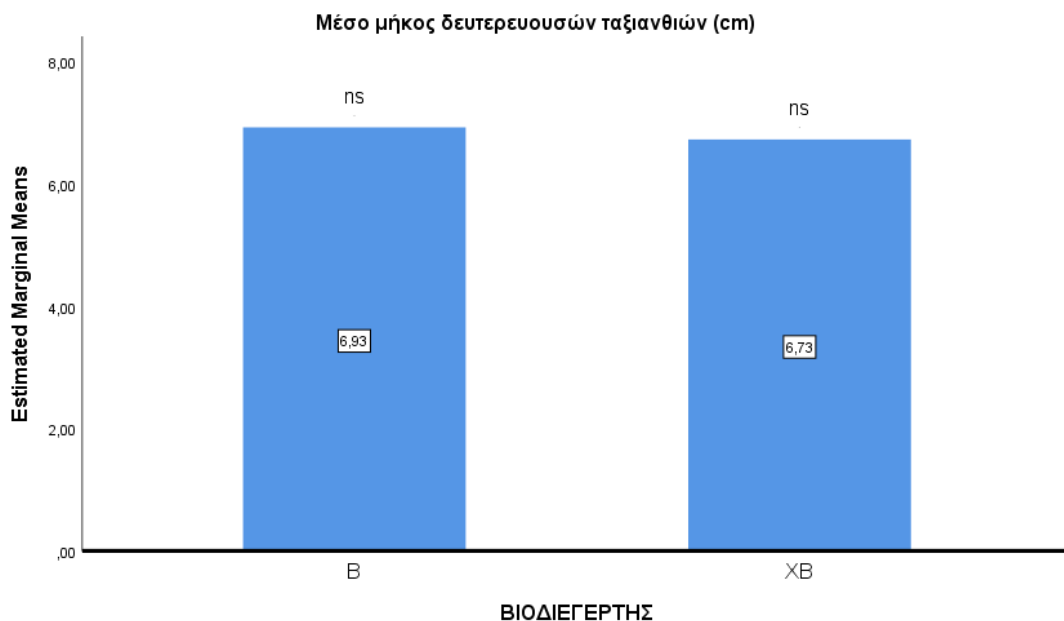
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2483,001 ^a	4	620,750	785,886	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	6,251	1	6,251	7,914	,007
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,485	1	,485	,614	,437
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,606	1	,606	,767	,385
Error	40,284	51	,790		
Total	2523,284	55			

a. R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,983)

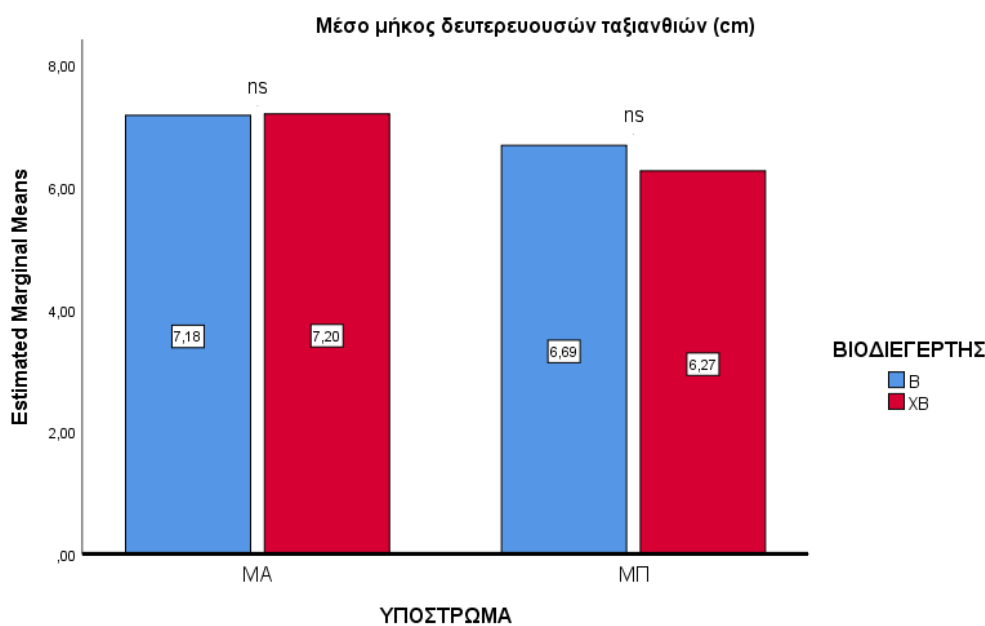
Profile Plots



Εικόνα 42. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 43. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 44. Μέσες τιμές μέσου μήκους δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις

Για το μέσο νωπό βάρος τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης, καθώς και της αλληλεπίδρασης του υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p > 0,05$). Αντίθετα υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p = 0,05$). Το Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών είναι αυξημένο κατά 5,71% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένο κατά 14,88% για την εφαρμογή Β.

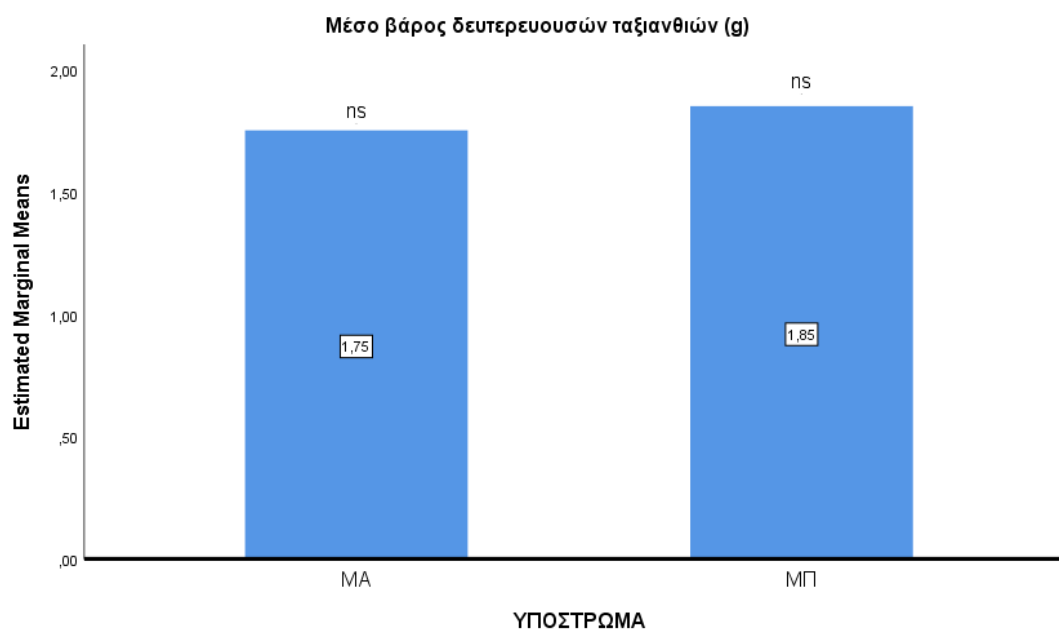
Μέσο νωπό Βάρος

Πίνακας 21. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για το μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών

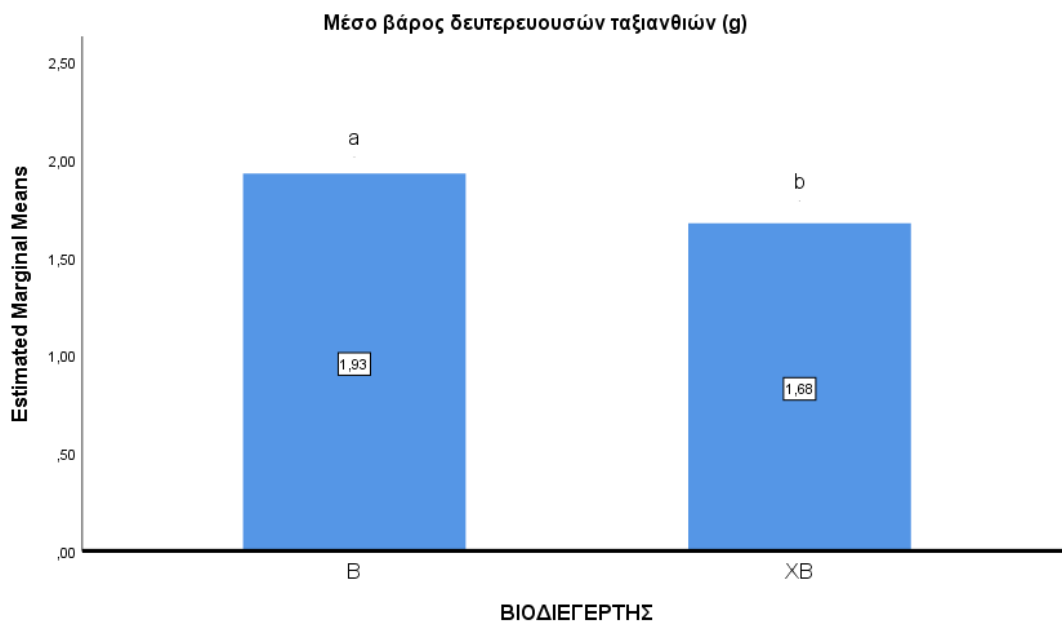
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (g)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	180,299 ^a	4	45,075	228,248	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,123	1	,123	,621	,434
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,799	1	,799	4,044	,050
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,119	1	,119	,602	,441
Error	10,072	51	,197		
Total	190,371	55			

a. R Squared = ,947 (Adjusted R Squared = ,943)

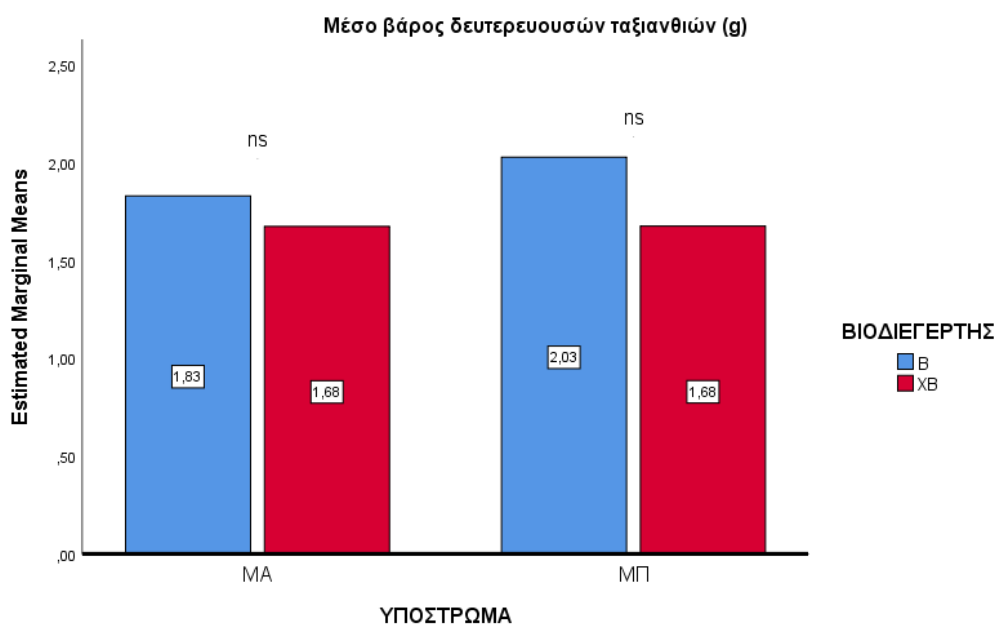
Profile Plots



Εικόνα 45. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 46. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 47. Μέσες τιμές μέσου βάρους δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις

3.12 Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέση Συμπάγεια

Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στη μέση συμπάγεια των δευτερευουσών ταξιανθιών, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του

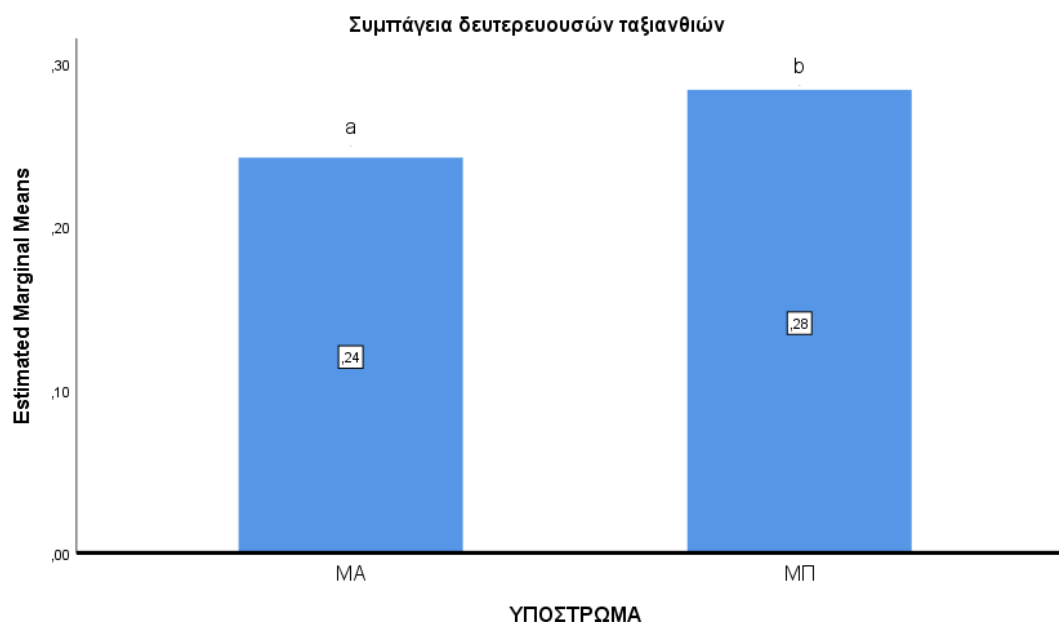
παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης ($p=0,005$) και στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,038$). Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,454$). Η Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών είναι αυξημένη κατά 16,67% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένη κατά 12% για την εφαρμογή Β.

Πίνακας 22. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για τη συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών

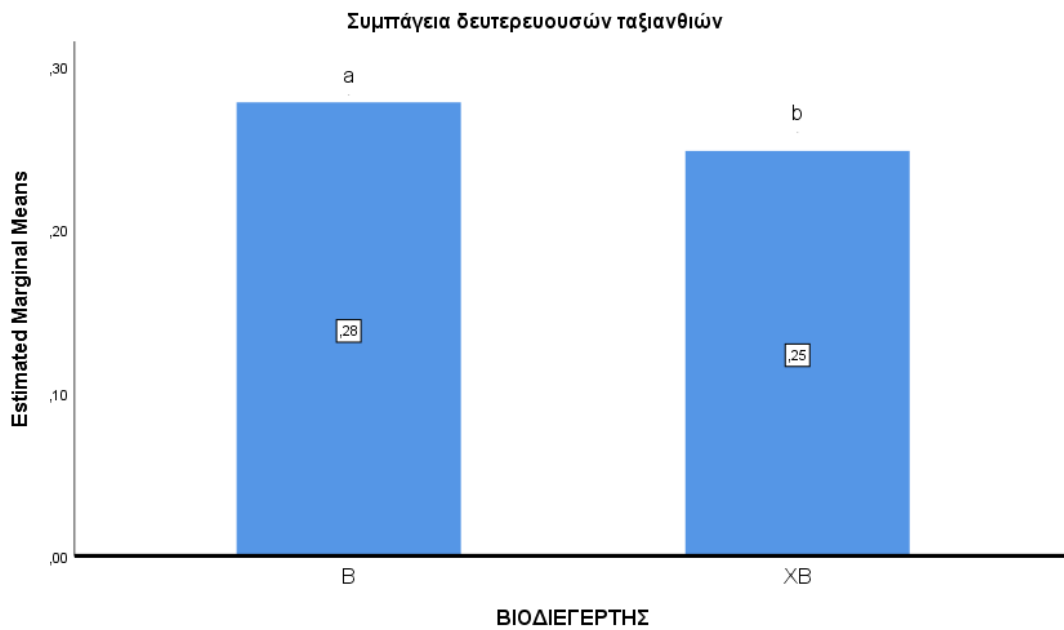
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3,992 ^a	4	,998	410,965	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,021	1	,021	8,799	,005
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,011	1	,011	4,520	,038
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,001	1	,001	,569	,454
Error	,124	51	,002		
Total	4,116	55			

a. R Squared = ,970 (Adjusted R Squared = ,968)

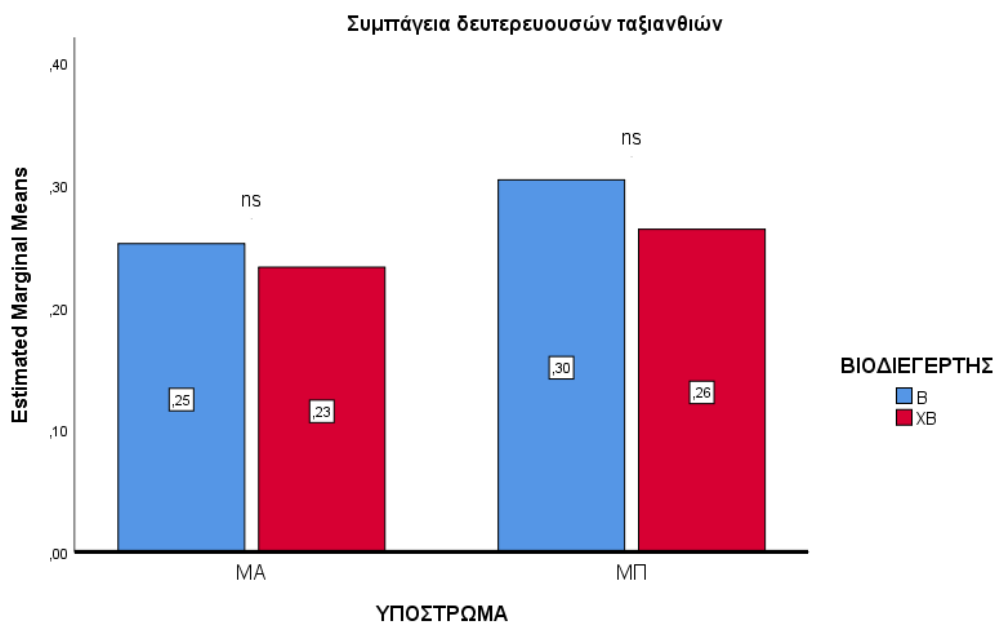
Profile Plots



Εικόνα 48. Μέσες τιμές συμπάγιας δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 49. Μέσες τιμές συμπάγειας δευτερευουσών ταξιανθιών για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 50. Μέσες τιμές συμπάγειας δευτερευουσών ταξιανθιών για όλες τις μεταχειρίσεις

3.13 Περιεκτικότητα % ταξιανθιών σε CBD

Χρησιμοποιήθηκε Ανάλυση Διακύμανσης διπλής Κατεύθυνσης (Two Way Anova) για να εξεταστεί εάν υπάρχουν διαφορές στην περιεκτικότητα % σε CBD των ταξιανθιών, λόγω υποστρώματος ανάπτυξης, εφαρμογής βιοδιεγέρτη και αλληλεπίδρασης υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα

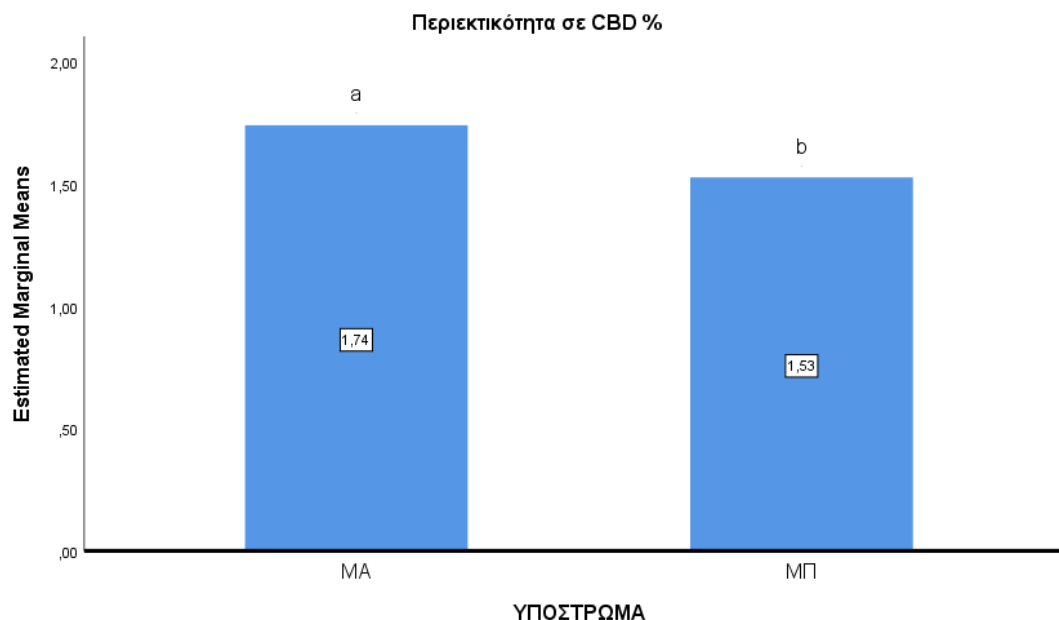
ανάπτυξης ($p=0,006$). Επίσης, υπήρχε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη ($p=0,004$). Τέλος, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υποστρώματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη ($p=0,909$). Η περιεκτικότητα σε CBD % είναι μειωμένη κατά 13,14% για το υπόστρωμα ΜΠ και αυξημένη κατά 15,13% για την εφαρμογή Β.

Πίνακας 23. Αποτελέσματα ανάλυσης Two-Way Anova για την περιεκτικότητα σε CBD %

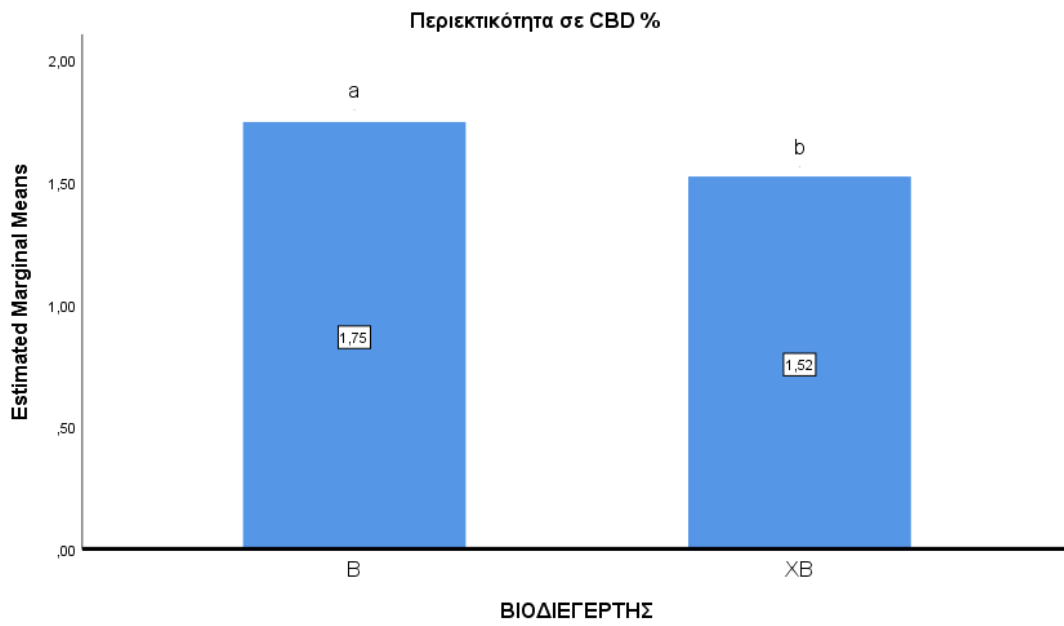
Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	32,365 ^a	4	8,091	836,305	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,137	1	,137	14,112	,006
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,150	1	,150	15,466	,004
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,000	1	,000	,014	,909
Error	,077	8	,010		
Total	32,442	12			

a. R Squared = ,998 (Adjusted R Squared = ,996)

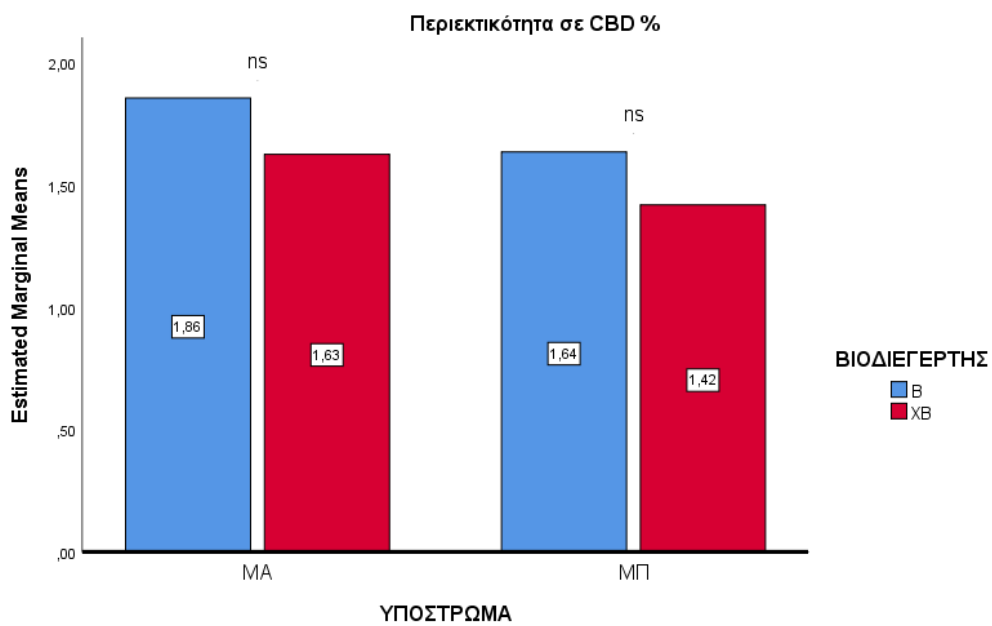
Profile Plots



Εικόνα 51. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για τη μεταχείριση «Υπόστρωμα»



Εικόνα 52. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για τη μεταχείριση «Βιοδιεγέρτης»



Εικόνα 53. Μέσες τιμές περιεκτικότητας σε CBD % για όλες τις μεταχειρίσεις

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε **στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα υπόστρωμα ανάπτυξης** ($p < 0,05$) για τις παρακάτω παραμέτρους:

1) τελικό ύψος των φυτών κάνναβης, 2) δείκτη NDVI, 3) δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), 4) στη νωπή και 5) ξηρή βιομάζα, 6) στο συνολικό αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό, 7) στο μήκος, 8) στο νωπό και 9) ξηρό βάρος και 10) στη συμπάγεια της κύριας ταξιανθίας, 11) στο μέσο μήκος των δευτερευουσών ταξιανθιών και 12) στη μέση συμπάγεια των δευτερευουσών ταξιανθιών, 13) στην περιεκτικότητα σε CBD% των ταξιανθιών. Δηλαδή σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους εκτός του μέσου νωπού βάρους των δευτερευουσών ταξιανθιών.

Από τις παραπάνω παραμέτρους όλες ήταν αυξημένες για το υπόστρωμα ανάπτυξης ΜΠ εκτός από το μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών και την περιεκτικότητα σε CBD% όπου υπήρχε στατιστικώς σημαντική αύξηση για το υπόστρωμα ανάπτυξης ΜΑ. Όπως και οι περισσότερες ποικιλίες βιομηχανικής κάνναβης, η *Ferimon* έχει μέτρια ανοχή στην αλατότητα και μπορεί να καλλιεργηθεί καλά σε μέσα ανάπτυξης με EC



Εικόνα 54. Συμπτώματα φυτοτοξικότητας στα φυτά κάνναβης

έως περίπου 2-4 dS/m. Οι θετικά στατιστικά σημαντικές διαφορές των παραμέτρων για την μεταχείριση υποστρώματος ΜΠ είναι πολύ πιθανό να οφείλονται κατά ένα μέρος σε καταπόνηση των φυτών λόγω αλάτων στην μεταχείριση υποστρώματος ΜΑ. Επίσης φαίνεται το υπόστρωμα ΜΑ να παρουσιάζει μικρότερο βαθμό ωριμότητας (μεγαλύτερος δείκτης νιτροποίησης, μεγαλύτερος λόγος C/N) που αποτυπώνεται και στη δοκιμή φυτοτοξικότητας. Ο βαθμός βλαστικότητας είναι εμφανώς αυξημένος για το υπόστρωμα ΜΠ (93%) σε σχέση με το ΜΑ (82%). Στην εικόνα αριστερά φαίνονται και τα συμπτώματα φυτοτοξικότητας στα φυτά κάνναβης στη μεταχείριση με το υπόστρωμα ανάπτυξης ΜΑ.

Ακόμα, το υπόστρωμα ΜΠ είχε σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό Κ (> 0,6%) σε σχέση με το υπόστρωμα ΜΑ γεγονός που ενδέχεται να βοήθησε στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών. Όπως αναφέρουν και οι (187) όλες οι μορφολογικές παράμετροι που μετρήθηκαν σε έρευνά τους: το ύψος των φυτών, ο αριθμός των γονάτων του κύριου στελέχους, η διάμετρος του στελέχους και ο ρυθμός επιμήκυνσης του κύριου στελέχους, έδειξαν καθυστερημένη ανάπτυξη σε φυτά κάνναβης που έλαβαν μειωμένη δόση Κ, σε σύγκριση με τα φυτά που έλαβαν υψηλότερες ποσότητες. Αυτές οι καθυστερήσεις στην ανάπτυξη κάτω από περιορισμένη παροχή Κ, είχαν σε άλλη

έρευνα και σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών, με αποτέλεσμα πιο κοντά φυτά (188). Επίσης, η βιομάζα των φύλλων, των στελεχών και των ριζών αυξανόταν με την αύξηση της συγκέντρωσης K, και γενικά η ανάπτυξή τους ανταποκρινόταν θετικά στην αύξηση της παροχής K (189).

Όπως αναφέρουν και οι (190), η παραγωγή βιομάζας επηρεάζεται σημαντικά από τον γονότυπο και το σύστημα ανάπτυξης των φυτών κάνναβης. Το ύψος των φυτών επηρεάζεται έντονα τόσο από γενετικούς όσο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Παρόμοια με τη διάμετρο του στελέχους και την απόδοση σε σπόρο, το ύψος των φυτών γενικά αυξάνεται με μεγαλύτερη διαθεσιμότητα νερού. Επίσης έχουν εντοπιστεί από ερευνητές σημαντικές επιδράσεις του γονότυπου και του περιβάλλοντος στην περιεκτικότητα σε CBD%. Οι μεταβολές στα θρεπτικά συστατικά και στην αλατότητα του εδάφους μπορούν επίσης να επηρεάσουν το προφίλ των δευτερογενών μεταβολιτών αναφέρεται από τους (191). Στην παρούσα εργασία η αυξημένη περιεκτικότητα σε CBD% φαίνεται να επηρεάζεται από αυξημένη συγκέντρωση Ca και Mg στο υπόστρωμα MA, καθώς και από τη μειωμένη περιεκτικότητα σε άλατα σε σχέση με το υπόστρωμα ΜΠ. Είναι σημαντικό να ερευνηθούν περαιτέρω οι διαφορές, καθώς η επιλογή του κατάλληλου υποστρώματος ανάπτυξης για τα φυτά κάνναβης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την καλή βλαστική τους ανάπτυξη. Γνωρίζουμε επίσης ότι σε αντίθεση με το έδαφος, τα φυτά σε γλάστρες έχουν στη διάθεσή τους μικρότερο όγκο υποστρώματος, με αποτέλεσμα το υπόστρωμα να φτάνει γρήγορα σε κατάσταση κορεσμού μετά από άρδευση. Ωστόσο, αυτός ο μικρός όγκος δεν μπορεί να συγκρατήσει αρκετό νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, όπως αναφέρεται και από τους (192), ένα κατάλληλο υπόστρωμα ανάπτυξης πρέπει να εξασφαλίζει ισορροπία μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία και αέρα, προσφέροντας έτσι άριστες συνθήκες στράγγισης και αερισμού για την βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών.

Ακόμα, υπήρχε **στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα βιοδιεγέρτη** ($p < 0,05$) για τις παρακάτω παραμέτρους:

1) συνολικό αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό, 2) μέσο νωπό βάρος των δευτερευουσών ταξιανθιών και 3) στη μέση συμπάγεια των δευτερευουσών ταξιανθιών, 4) στην περιεκτικότητα σε CBD% των ταξιανθιών.

Παράλληλα υπήρχε **αλληλεπίδραση μεταξύ του παράγοντα υποστρώμα ανάπτυξης και του παράγοντα βιοδιεγέρτη** για 1) το μήκος και 2) το ξηρό βάρος της κύριας ταξιανθίας καθώς και 3) για τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI).

Όσον αφορά την μεταχείριση με βιοδιεγέρτη, είναι ακόμα ένα ανοιχτό ερώτημα σχετικά με το πώς οι συνθήκες ανάπτυξης επηρεάζουν την πρόσληψή του από τα φυτά και τη βιολογική δραστηριότητα εντός αυτών. Ένα άλλο ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι σε ποιο βαθμό μπορεί να τροποποιηθεί ένα τεκμηριωμένο βιοδιεγερτικό αποτέλεσμα από μια ειδική για τον γονότυπο φυτική απόκριση σε κυτταρικό και μοριακό επίπεδο (90). Ως προϋπόθεση για την κατανόηση των

επιδράσεων των βιοδιεγερτών στα φυτά, πρέπει να ληφθεί υπόψη η πολύπλοκη σύνθεση των εμπορικά διαθέσιμων προϊόντων. Οι (193) ανέφεραν ότι τέτοια προϊόντα είχαν για μεγάλο χρονικό διάστημα οριστεί χαλαρά και συχνά αμφισβητούνταν λόγω της φύσης τους και της εγγενούς δυσκολίας να προσδιοριστεί ποια συγκεκριμένα συστατικά τους είχαν ευεργετική συμβολή στα φυτά. Από πληθώρα ερευνών, προκύπτει ένα βασικό συμπέρασμα: Σε πολλά κηπευτικά, καλλωπιστικά, φαρμακευτικά φυτά και βότανα, διάφορα εμπορικά σκευάσματα βιοδιεγερτών που εφαρμόστηκαν, ενίσχυσαν την αντοχή των φυτών στα διάφορα στρες, την αντιοξειδωτική τους ικανότητα καθώς και την πρόσληψη και διανομή θρεπτικών συστατικών εντός του φυτού (90). Φαίνεται ότι ευεργετικά έδρασε η μεταχείριση με βιοδιεγέρτη και στην παρούσα εργασία για αρκετές παραμέτρους, χωρίς όμως να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επιπλέον, αρκετά πειράματα δείχνουν ότι ο συνδυασμός πολλών βιοδιεγερτών μπορεί να δώσει καλύτερα αποτελέσματα από μεμονωμένη εφαρμογή ενός προϊόντος. Δεδομένου ότι τα βιοδιεγερτικά αποτελέσματα παρουσιάζουν εξειδίκευση τόσο ως προς το φυτικό είδος όσο και ως προς το εφαρμοζόμενο προϊόν, όσα γνωρίζουμε για έναν βιοδιεγέρτη ή για ένα είδος φυτού, δεν μπορούν να γενικευτούν για άλλα παρόμοια σύνθεσης βιοδιεγέρτες ή και για άλλα φυτικά είδη (90). Για να αποκτηθούν τόσο βασικές όσο και εφαρμοσμένες γνώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα των βιοδιεγερτών για ένα συγκεκριμένο είδος φυτού, πρέπει να διεξαχθούν πειράματα ευρείας κλίμακας για το συγκεκριμένο φυτικό είδος, σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, με διάφορα προϊόντα βιοδιεγερτών και τρόπους εφαρμογής και σε διάφορες συγκεντρώσεις (90). Οι (114) επεσήμαναν την ανάγκη για διάχυση της πληροφορίας από και προς τους αγρότες που θα επέτρεπε να κάνουν και οι ίδιοι διακρίσεις μεταξύ προϊόντων με διαφορετικά επίπεδα αποτελεσματικότητας, για την αντιμετώπιση αυτής της ανάγκης αλλά και προς όφελος και της έρευνας.

Συμπερασματικά, τα αγρονομικά χαρακτηριστικά της κλωστικής κάνναβης ποικιλίας *Ferimon* επηρεάστηκαν σε σημαντικό βαθμό από το υπόστρωμα ανάπτυξης, με θετικότερη επίδραση να έχει το εξαντλημένο υπόστρωμα μανιταριών με προσθήκη πρόβειας κοπριάς (ΜΠ), για τη συντριπτική πλειοψηφία των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Αντίθετα, μικρότερη φαίνεται να ήταν η επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγέρτη καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων υπόστρωματος ανάπτυξης και εφαρμογής βιοδιεγέρτη. Ωστόσο, φαίνεται να υπάρχει μια τάση αύξησης του ύψους, του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), της περιεκτικότητας σε CBD% και κάποιων χαρακτηριστικών των δευτερευουσών ταξιανθιών με την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη με βάση το εκχύλισμα φυκών που θα μπορούσαν να μελετηθούν περαιτέρω σε μια άλλη έρευνα.

Βιβλιογραφία

1. Visković J, Zheljzkov VD, Sikora V, Noller J, Latković D, Ocamb CM, et al. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy*. 2023;13(3):931.
2. Abdollahi M, Sefidkon F, Calagari M, Mousavi A, Mahomoodally MF. A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of Hemp (*Cannabis sativa* L.) grown from three regions in northern Iran. *Ind Crops Prod*. 2020;152:112397.
3. McPartland J. Cannabis: the plant, its evolution, and its genetics—with an emphasis on Italy. *Rend Lincei Sci Fis Nat*. 2020;31(4):939–48.
4. Russo EB. History of cannabis and its preparations in saga, science, and sobriquet. *Chem Biodivers*. 2007;4(8):1614–48.
5. Li HL. An archaeological and historical account of cannabis in China. *Econ Bot*. 1974;28(4):437–48.
6. Fike J. Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop. *CRC Crit Rev Plant Sci*. 2016;35(5–6):406–24.
7. McPartland JM, Guy GW, Hegman W. Cannabis is indigenous to Europe and cultivation began during the Copper or Bronze age: a probabilistic synthesis of fossil pollen studies. Vol. 27, *Vegetation History and Archaeobotany*. 2018.
8. Bouloc P, Allegret S, Arnaud L. *Hemp: industrial production and uses*. CABI; 2013.
9. Struik PC, Amaducci S, Bullard MJ, Stutterheim NC, Venturi G, Cromack HTH. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Ind Crops Prod*. 2000;11(2–3):107–18.
10. Monthony AS, Page SR, Hesami M, Jones AMP. The past, present and future of *Cannabis sativa* tissue culture. *Plants*. 2021;10(1):185.
11. Clarke R, Merlin M. *Cannabis: evolution and ethnobotany*. Univ of California Press; 2016.
12. Cherney JH, Small E. Industrial hemp in North America: production, politics and potential. *Agronomy*. 2016;6(4):58.
13. Bouloc P. The uses of hemp for domestic animals. In: *Hemp: industrial production and uses*. CABI Wallingford UK; 2013. p. 260–2.
14. Lamberti DD, Sarkar AK. Hemp fiber for furnishing applications. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing; 2017. p. 192009.
15. Crini G, Lichtfouse E, Chanet G, Morin-Crini N. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: A review. *Environ Chem Lett*. 2020;18(5):1451–76.
16. Robinson R. *The great book of hemp: the complete guide to the environmental, commercial, and medicinal uses of the world's most extraordinary plant*. Inner Traditions/Bear & Co; 1996.

17. Ranalli P, Venturi G. Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*. 2004;140(1):1–6.
18. Malachowska E, Przybysz P, Dubowik M, Kucner M, Buzala K. Comparison of papermaking potential of wood and hemp cellulose pulps. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Forestry and Wood Technology*. 2015;91.
19. Karche T. The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: A review. *Turk J Botany*. 2019;43(6):710–23.
20. Small E, Marcus D. Hemp: A new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*. 2002;24(5):284–326.
21. Zuardi AW. History of cannabis as a medicine: a review. *Brazilian Journal of Psychiatry*. 2006;28:153–7.
22. Irakli M, Tsaliki E, Kalivas A, Kleisiaris F, Sarrou E, Cook CM. Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Antioxidants*. 2019;8(10):491.
23. BAĞCI E, Bruehl L, Aitzetmuller K, Altan Y. A chemotaxonomic approach to the fatty acid and tocopherol content of *Cannabis sativa* L.(Cannabaceae). *Turk J Botany*. 2003;27(2):141–7.
24. Small E. Evolution and classification of *Cannabis sativa* (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *The botanical review*. 2015;81:189–294.
25. Vogl CR, Mölleken H, Lissek-Wolf G, Surböck A, Kobert Jör. Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a resource for green cosmetics: Yield of seed and fatty acid compositions of 20 varieties under the growing conditions of organic farming in Austria. *Journal of Industrial Hemp*. 2004;9(1):51–68.
26. Wagner B, Gerletti P, Fürst P, Keuth O, Bernsmann T, Martin A, et al. Transfer of cannabinoids into the milk of dairy cows fed with industrial hemp could lead to Δ^9 -THC exposure that exceeds acute reference dose. *Nat Food*. 2022;3(11):921–32.
27. (CONTAM) EP on C in the FC. Scientific opinion on the risks for human health related to the presence of tetrahydrocannabinol (THC) in milk and other food of animal origin. *EFSA Journal*. 2015;13(6):4141.
28. McPartland JM. Cannabis as repellent and pesticide. 1997;
29. Bertoli A, Tozzi S, Pistelli L, Angelini LG. Fibre hemp inflorescences: From crop-residues to essential oil production. *Ind Crops Prod*. 2010;32(3):329–37.
30. Ranalli P. *Advances in hemp research*. CRC Press; 1999.
31. Iványi I, Izsáki Z. Effect of nutrient supply on quantity and quality of hempseed. *Research Journal of Agricultural Science*. 2010;42(3):187–91.
32. Andre CM, Hausman JF, Guerriero G. *Cannabis sativa*: the plant of the thousand and one molecules. *Front Plant Sci*. 2016;7:19.

33. Dependence WHOEC on D. Cannabidiol (CBD): Critical review report. Geneva, Switzerland: World Health Organization Retrieved from <https://www.who.int/medicines/access/controlledsubstances/CannabidiolCriticalReview.pdf>. 2018;
34. Koren A, Sikora V, Kiproviski B, Brdar-Jokanović M, Aćimović M, Konstantinović B, et al. Controversial taxonomy of hemp. *Genetika*. 2020;52(1):1–13.
35. McPartland JM. Cannabis systematics at the levels of family, genus, and species. *Cannabis Cannabinoid Res*. 2018;3(1):203–12.
36. Small E. Evolution and classification of *Cannabis sativa* (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *The botanical review*. 2015;81:189–294.
37. Schwabe AL, McGlaughlin ME. Genetic tools weed out misconceptions of strain reliability in *Cannabis sativa*: implications for a budding industry. *J Cannabis Res*. 2019;1:1–16.
38. Small E, Cronquist A. A practical and natural taxonomy for *Cannabis*. *Taxon*. 1976;405–35.
39. Chandra S, Lata H, ElSohly MA. Propagation of cannabis for clinical research: an approach towards a modern herbal medicinal products development. *Front Plant Sci*. 2020;11:958.
40. Mark T, Shepherd J, Olson D, Snell W, Proper S, Thornsbury S. Economic viability of industrial hemp in the United States: a review of state pilot programs. 2020;
41. Fetterman PS, Keith ES, Waller CW, Guerrero O, Doorenbos NJ, Quimby MW. Mississippi-grown *Cannabis sativa* L.: Preliminary observation on chemical definition of phenotype and variations in tetrahydrocannabinol content versus age, sex, and plant part. *J Pharm Sci*. 1971;60(8):1246–9.
42. Mudge EM, Murch SJ, Brown PN. Chemometric analysis of cannabinoids: chemotaxonomy and domestication syndrome. *Sci Rep*. 2018;8(1):13090.
43. Hazekamp A, Fishedick JT. Cannabis-from cultivar to chemovar. *Drug Test Anal*. 2012;4(7–8):660–7.
44. Mudge EM, Brown PN, Murch SJ. The terroir of cannabis: terpene metabolomics as a tool to understand *Cannabis sativa* selections. *Planta Med*. 2019;85(09/10):781–96.
45. Hillig KW. A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in *Cannabis*. *Biochem Syst Ecol*. 2004;32(10):875–91.
46. Hillig KW. Genetic evidence for speciation in *Cannabis* (Cannabaceae). *Genet Resour Crop Evol*. 2005;52:161–80.
47. Clarke RC, Merlin MD. Classical and molecular taxonomy. *Cannabis: Evolution and Ethnobotany*; University of California Press: Berkeley, CA, USA. 2013;311–31.
48. McPartland JM. Cannabis Systematics at the Levels of Family, Genus, and Species. *Cannabis Cannabinoid Res*. 2018;3(1).
49. Moher M, Jones M, Zheng Y. Photoperiodic response of in vitro *Cannabis sativa* plants. *HortScience*. 2021;56(1):108–13.

50. Barcaccia G, Palumbo F, Scariolo F, Vannozzi A, Borin M, Bona S. Potentials and challenges of genomics for breeding cannabis cultivars. *Front Plant Sci.* 2020;11:573299.
51. Chandra S, Lata H, ElSohly MA. *Cannabis sativa L.-botany and biotechnology.* Springer; 2017.
52. Spitzer-Rimon B, Duchin S, Bernstein N, Kamenetsky R. Architecture and florogenesis in female *Cannabis sativa* plants. *Front Plant Sci.* 2019;10:350.
53. Farag S. *Cannabinoids production in Cannabis sativa L.: An in vitro approach.* 2014;
54. Romero P, Peris A, Vergara K, Matus JT. Comprehending and improving cannabis specialized metabolism in the systems biology era. *Plant Science.* 2020;298:110571.
55. Amaducci S, Colauzzi M, Bellocchi G, Cosentino SL, Pahkala K, Stomph TJ, et al. Evaluation of a phenological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis Sativa L.*) biomass production across European sites. *Ind Crops Prod.* 2012;37(1):100–10.
56. Amaducci S, Zatta A, Pelatti F, Venturi G. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa L.*) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Res.* 2008;107(2):161–9.
57. Spitzer-Rimon B, Shafran-Tomer H, Gottlieb GH, Doron-Faigenboim A, Zemach H, Kamenetsky-Goldstein R, et al. Non-photoperiodic transition of female cannabis seedlings from juvenile to adult reproductive stage. *Plant Reprod.* 2022;35(4):265–77.
58. Lisson SN, Mendham NJ, Carberry PS. Development of a hemp (*Cannabis sativa L.*) simulation model 2. The flowering response of two hemp cultivars to photoperiod. *Aust J Exp Agric.* 2000;40(3):413–7.
59. Williams DW, Mundell R. *An Introduction to Industrial Hemp and Hemp Agronomy.* ID-250, University of Kentucky College of Agriculture, Food, and Environment ...; 2018.
60. Zadrożniak B, Radwańska K, Baranowska A, Mystkowska I. Possibility of industrial hemp cultivation in areas of high nature value. *Economic and Regional Studies/Studia Ekonomiczne i Regionalne.* 2017;10(1):114–27.
61. Adesina I, Bhowmik A, Sharma H, Shahbazi A. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture.* 2020;10(4):129.
62. Roseberg RJ, Jeliaskov VD, Angima S. *Soil, Seedbed Preparation and Seeding for Hemp in Oregon.* Oregon State University Extension Service; 2019.
63. Amaducci S, Scordia D, Liu FH, Zhang Q, Guo H, Testa G, et al. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Ind Crops Prod.* 2015;68:2–16.
64. Van der Werf HMG, Van Geel WCA, Wijlhuizen M. Agronomic research on hemp (*Cannabis sativa L.*) in the Netherlands, 1987–1993. *Journal of the International Hemp Association.* 1995;2(1):14–7.

65. Kok CJ, Coenen GCM, De Heij A. The effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on selected soil-borne pathogens. *Journal of the International hemp Association*. 1994;1(1):6–9.
66. Desanlis F, Cerruti N, Warner P. Hemp agronomics and cultivation. In: *Hemp: industrial production and uses*. Cabi Wallingford UK; 2013. p. 98–124.
67. Liu M, Ale MT, Kołaczowski B, Fernando D, Daniel G, Meyer AS, et al. Comparison of traditional field retting and *Phlebia radiata* Cel 26 retting of hemp fibres for fibre-reinforced composites. *AMB Express*. 2017;7(1):58.
68. Krüger M, van Eeden T, Beswa D. *Cannabis sativa* cannabinoids as functional ingredients in snack foods—Historical and developmental aspects. *Plants*. 2022;11(23):3330.
69. Benelli G, Pavela R, Petrelli R, Cappellacci L, Santini G, Fiorini D, et al. The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Ind Crops Prod*. 2018;122:308–15.
70. Vera CL, Malhi SS, Phelps SM, May WE, Johnson EN. N, P, and S fertilization effects on industrial hemp in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 2010;90(2):179–84.
71. Adamovics A, Ivanovs S, Stramkale V. Investigations about the impact of norms of the fertilisers and cultivars upon the crop capacity biomass of industrial hemp. *Agronomy Research*. 2016;14(3).
72. Tang K, Struik PC, Yin X, Calzolari D, Musio S, Thouminot C, et al. A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Ind Crops Prod*. 2017;107:427–38.
73. Aubin M, Seguin P, Vanasse A, Lalonde O, Tremblay GF, Mustafa AF, et al. Evaluation of eleven industrial hemp cultivars grown in eastern Canada. *Agron J*. 2016;108(5):1972–80.
74. Karche T. The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: A review. *Turk J Botany*. 2019;43(6):710–23.
75. Ascrizzi R, Ceccarini L, Tavarini S, Flamini G, Angelini LG. Valorisation of hemp inflorescence after seed harvest: Cultivation site and harvest time influence agronomic characteristics and essential oil yield and composition. *Ind Crops Prod*. 2019;139:111541.
76. Merfield C. *Industrial hemp and its potential for New Zealand*. 1999;
77. John F, Williams D, Trey R, Jared N, Patrick F, Jeff K, et al. *Industrial hemp as a modern commodity crop*. American Society of Agronomy: Madison, WI, USA. 2019;
78. Faux AM, Draye X, Lambert R, d’Andrimont R, Raulier P, Bertin P. The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *European journal of agronomy*. 2013;47:11–22.
79. Hackett C. Mobilising environmental information about lesser-known plants: the value of two neglected levels of description. *Agroforestry systems*. 1991;14:131–43.

80. Schäfer T, Honermeier B. Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Ind Crops Prod.* 2006;23(1):88–98.
81. Bocsa I, Karus M. *The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting.* 1998.
82. Pieracci Y, Ascrizzi R, Terreni V, Pistelli L, Flamini G, Bassolino L, et al. Essential oil of *Cannabis sativa* L: Comparison of yield and chemical composition of 11 hemp genotypes. *Molecules.* 2021;26(13):4080.
83. Montford S, Small E. *A comparison of the biodiversity friendliness of crops with special reference to hemp (Cannabis sativa L.).* 1999;
84. Young EM. *Revival of Industrial Hemp: A systematic analysis of the current global industry to determine limitations and identify future potentials within the concept of sustainability.* Master s Degree of International Environmental Science Thesis, Environmental ...; 2005.
85. Tariq Mukhtar TM, Kayani MZ, Hussain MA. Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. against *Meloidogyne incognita*. 2012;
86. Zhang QY, Li ZL, Han BJ, Zhou KQ, Hashemi M, Liu XB. Immediate responses of cyst nematode, soil-borne pathogens and soybean yield to one-season crop disturbance after continuous soybean in Northeast China. 2013;
87. Hu J, Masson R, Dickey L. First report of Beet curly top virus infecting industrial hemp (*Cannabis sativa*) in Arizona. *Plant Dis.* 2021;105(4):1233.
88. Roman P, Martinez MM, Pantoja A. *Farmer´ s Compost Handbook.* 2015;
89. Pascual JA, Ceglie F, Tuzel Y, Koller M, Koren A, Hitchings R, et al. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agron Sustain Dev.* 2018;38:1–23.
90. Parađiković N, Teklić T, Zeljković S, Lisjak M, Špoljarević M. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food Energy Secur.* 2019;8(2):e00162.
91. du Jardin P. *The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis, Ad hoc study report.* 2012;
92. Yakhin OI, Lubyantsev AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front Plant Sci.* 2017;7:2049.
93. Traon D, Amat L, Zott F, du Jardin P. *A Legal Framework for Plant Biostimulants and Agronomic Fertiliser Additives in the EU-Report to the European Commission, DG Enterprise & Industry.* 2014;
94. Colla G, Nardi S, Cardarelli M, Ertani A, Lucini L, Canaguier R, et al. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci Hortic.* 2015;196:28–38.
95. De Pascale S, Roupheal Y, Colla G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *Eur J Hortic Sci.* 2017;82(6):277–85.
96. Du Jardin P. *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation.* *Sci Hortic.* 2015;196:3–14.

97. Rose MT, Patti AF, Little KR, Brown AL, Jackson WR, Cavagnaro TR. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. *Advances in agronomy*. 2014;124:37–89.
98. El Hadrami A, Adam LR, El Hadrami I, Daayf F. Chitosan in plant protection. *Mar Drugs*. 2010;8(4):968–87.
99. Hadwiger LA. Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. *Plant science*. 2013;208:42–9.
100. Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 2014;383:3–41.
101. Halpern M, Bar-Tal A, Ofek M, Minz D, Muller T, Yermiyahu U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in agronomy*. 2015;130:141–74.
102. Pilon-Smits EAH, Quinn CF, Tapken W, Malagoli M, Schiavon M. Physiological functions of beneficial elements. *Curr Opin Plant Biol*. 2009;12(3):267–74.
103. Bonfante P, Genre A. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat Commun*. 2010;1(1):48.
104. Augé RM. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 2001;11(1):3–42.
105. Gianinazzi S, Gollotte A, Binet MN, van Tuinen D, Redecker D, Wipf D. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*. 2010;20(8):519–30.
106. Hamel C. *Mycorrhizae in crop production*. CRC Press; 2007.
107. Ahmad I, Pichtel J, Hayat S. *Plant-bacteria interactions: strategies and techniques to promote plant growth*. John Wiley & Sons; 2008.
108. Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul*. 2009;28:386–99.
109. Craigie JS. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*. 2011;23:371–93.
110. Wally OSD, Critchley AT, Hiltz D, Craigie JS, Han X, Zaharia LI, et al. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. *J Plant Growth Regul*. 2013;32:324–39.
111. Kunicki E, Grabowska A, Sękara A, Wojciechowska R. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*L.*). *Folia Horticulturae*. 2010;22(2):9–13.
112. Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 2014;383:3–41.
113. Canellas LP, Olivares FL, Aguiar NO, Jones DL, Nebbioso A, Mazzei P, et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci Hortic*. 2015;196:15–27.

114. Abbott LK, Macdonald LM, Wong MTF, Webb MJ, Jenkins SN, Farrell M. Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agric Ecosyst Environ.* 2018;256:34–50.
115. Aminifard MH, Aroiee H, Nemati H, Azizi M, Jaafar HZE. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *Afr J Biotechnol.* 2012;11(68):13179–85.
116. Parađiković N, Vinković T, Vinković Vrček I, Tkalec M, Lončarić Z, Milaković Z. Ca status in pepper fruit and leaves under influence of biostimulants treatment. In: *Book of abstracts of the 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture.* 2011. p. 14–8.
117. Parađiković N, Vinković T, Vrček IV, Tkalec M. Natural biostimulants reduce the incidence of BER in sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Agricultural and food science.* 2013;22(2):307–17.
118. Vinković T, Parađiković N, Teklić T, Štolfa I, Guberac V, Vujić D. Influence of biostimulants on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth and development after transplanting. 2009;
119. Vinković T, Parađiković N, Tkalec M, Teklić T, Lončarić Z. Effect of biostimulants on nutrient content in some organs and tomato plant. In: *Book of abstract of 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture.* 2012. p. 13–7.
120. Colla G, Rouphael Y, Canaguier R, Svecova E, Cardarelli M. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front Plant Sci.* 2014;5:448.
121. Grabowska A, Kunicki E, Sękara A, Kalisz A, Jezdinsky A, Gintrowicz K. The effect of biostimulants on the quality parameters of tomato grown for the processing industry. *Agrochimica.* 2015;59(3):203–17.
122. Dudaš S, Šola I, Sladonja B, Erhatic R, Ban D, Poljuha D. The effect of biostimulant and fertilizer on “low input” lettuce production. *Acta Bot Croat.* 2016;75(2):253–9.
123. Colla G, Rouphael Y. *Biostimulants in horticulture.* 2015;
124. Bogunovic I, Duralija B, Gadze J, Kistic I. Biostimulant usage for preserving strawberries to climate damages. 2015;
125. Roussos PA, Denaxa N, Damvakaris T. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Sci Hortic.* 2009;119(2):138–46.
126. El-Miniawy SM, Ragab ME, Youssef SM, Metwally AA. Influence of foliar spraying of seaweed extract on growth, yield and quality of strawberry plants. *J Appl Sci Res.* 2014;10(2):88–94.
127. Ali O, Ramsuhag A, Jayaraman J. Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. *Plants* 2021, Vol 10, Page 531 [Internet]. 2021 Mar 12 [cited 2024 Sep 15];10(3):531. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/3/531/htm>

128. Ali O, Ramsubhag A, Jayaraman J. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS One*. 2019;14(5):e0216710.
129. Kapur B, Sarıdaş MA, Çeliktöpez E, Kafkas E, Kargı SP. Health and taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and bio-stimulant application. *Food Chem*. 2018;263:67–73.
130. Li Y, Mattson NS. Effects of seaweed extract application rate and method on post-production life of petunia and tomato transplants. *Horttechnology*. 2015;25(4):505–10.
131. Shukla PS, Mantin EG, Adil M, Bajpai S, Critchley AT, Prithiviraj B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Front Plant Sci*. 2019;10:462648.
132. Jayaraj J. Induced resistance—a sustainable biotechnological approach of plant disease management. *Microbial Antagonists: Their Role in Biological Control of Plant Diseases; Today & Tomorrow's Printers and Publishers: New Delhi, India*. 2018;770–7.
133. Jayaraj J, Ali N. Use of seaweed extracts for disease management of vegetable crops. In: *Sustainable crop disease management using natural products*. CABI Wallingford UK; 2015. p. 160–83.
134. Ali N, Farrell A, Ramsubhag A, Jayaraman J. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *J Appl Phycol*. 2016;28:1353–62.
135. Arioli T, Mattner SW, Winberg PC. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. *J Appl Phycol*. 2015;27:2007–15.
136. Rayorath P, Khan W, Palanisamy R, MacKinnon SL, Stefanova R, Hankins SD, et al. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA 3)-independent amylase activity in barley. *J Plant Growth Regul*. 2008;27:370–9.
137. Crouch IJ, Van Staden J. Evidence for rooting factors in a seaweed concentrate prepared from *Ecklonia maxima*. *J Plant Physiol*. 1991;137(3):319–22.
138. Crouch IJ, Beckett RP, Van Staden J. Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *J Appl Phycol*. 1990;2:269–72.
139. Senthuran S, Balasooriya B, Arasakesary SJ, Gnanavelrajah N. Effect of seaweed extract (*Kappaphycus alvarezii*) on the growth, yield and nutrient uptake of leafy vegetable *Amaranthus polygamous*. 2019;
140. Ertani A, Francioso O, Tinti A, Schiavon M, Pizzeghello D, Nardi S. Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Front Plant Sci*. 2018;9:428.
141. Fei H, Crouse M, Papadopoulos Y, Vessey JK. Enhancing the productivity of hybrid poplar (*Populus*× hybrid) and switchgrass (*Panicum virgatum* L.) by the application of beneficial soil microbes and a seaweed extract. *Biomass Bioenergy*. 2017;107:122–34.

142. Blunden G, Jenkins T, Liu YW. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *J Appl Phycol.* 1996;8:535–43.
143. Whapham CA, Blunden G, Jenkins T, Hankins SD. Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *J Appl Phycol.* 1993;5:231–4.
144. Genard H. Effect of salinity on lipid composition, glycine betaine content and photosynthetic activity in chloroplasts of *Suaeda maritima*. *Plant Physiol Biochem.* 1991;29:421–7.
145. Al-Ghamdi AA, Elansary HO. Synergetic effects of 5-aminolevulinic acid and *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on *Asparagus* phenolics and stress related genes under saline irrigation. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2018;129:273–84.
146. Ali O, Ramsubhag A, Jayaraman J. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS One.* 2019;14(5):e0216710.
147. Frioni T, Sabbatini P, Tombesi S, Norrie J, Poni S, Gatti M, et al. Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. *Sci Hort.* 2018;232:97–106.
148. Finnie JF, Van Staden J. Effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots. *J Plant Physiol.* 1985;120(3):215–22.
149. Beckett RP, Van Staden J. The effect of seaweed concentrate on the growth and yield of potassium stressed wheat. *Plant Soil.* 1989;116:29–36.
150. Ayliffe MA, Lagudah ES. Molecular genetics of disease resistance in cereals. *Ann Bot.* 2004;94(6):765–73.
151. Anderson PK, Cunningham AA, Patel NG, Morales FJ, Epstein PR, Daszak P. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol Evol.* 2004;19(10):535–44.
152. Asaraja A, Sahayaraj K. Screening of insecticidal activity of brown macroalgal extracts against *Dysdercus cingulatus* (Fab.)(Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Journal of biopesticides.* 2013;6(2):193.
153. Gençsoylu İ. Effect of seaweeds and organic foliar fertilizers on the cotton pests, predators, yield and fiber quality in cotton. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 2016;13(2):33–8.
154. De Vasconcelos ACF, Chaves LHG. Biostimulants and their role in improving plant growth under abiotic stresses. *Biostimulants in plant science.* 2019;3–16.
155. Chen D, Huang Y, Shen D, Zhou W, Ao J, Jiang Y, et al. Effects of seaweed extracts on promoting growth and improving stress resistance in sugarcane. *Asian Agricultural Research.* 2019;11(4):69–76.
156. Vernieri P, Borghesi E, Tognoni F, Serra G, Ferrante A, Piagessi A. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. In: III International

- Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation 718. 2006. p. 477–84.
157. Mancuso S, Azzarello E, Mugnai S, Briand X. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv Horti Sci.* 2006;20(2):156–61.
 158. Wilson S. Frost management in cool climate vineyards. University of Tasmania research report UT. 2001;99(1).
 159. Patel K, Agarwal P, Agarwal PK. *Kappaphycus alvarezii* sap mitigates abiotic-induced stress in *Triticum durum* by modulating metabolic coordination and improves growth and yield. *J Appl Phycol.* 2018;30:2659–73.
 160. Dalal A, Bourstein R, Haish N, Shenhar I, Wallach R, Moshelion M. Dynamic physiological phenotyping of drought-stressed pepper plants treated with “productivity-enhancing” and “survivability-enhancing” biostimulants. *Front Plant Sci.* 2019;10:905.
 161. Ganesan S, Vadivel K, Jayaraman J. Sustainable crop disease management using natural products. CABI; 2015.
 162. Bannari A, Morin D, Bonn F, Huete A. A review of vegetation indices. *Remote sensing reviews.* 1995;13(1–2):95–120.
 163. Radočaj D, Šiljeg A, Marinović R, Jurišić M. State of major vegetation indices in precision agriculture studies indexed in web of science: A review. *Agriculture.* 2023;13(3):707.
 164. Tanriverdi C. A review of remote sensing and vegetation indices in precision farming. *J Sci Eng.* 2006;9:69–76.
 165. Watson DJ. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann Bot.* 1947;11(41):41–76.
 166. Jonckheere I, Fleck S, Nackaerts K, Muys B, Coppin P, Weiss M, et al. Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agric For Meteorol.* 2004;121(1–2):19–35.
 167. Hu R, Yan G, Mu X, Luo J. Indirect measurement of leaf area index on the basis of path length distribution. *Remote Sens Environ.* 2014;155:239–47.
 168. Bréda NJJ. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *J Exp Bot.* 2003;54(392):2403–17.
 169. Carlson TN, Ripley DA. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens Environ.* 1997;62(3):241–52.
 170. Cantini C, Nepi PE, Avola G, Riggi E. Direct and indirect ground estimation of leaf area index to support interpretation of NDVI data from satellite images in hedgerow olive orchards. *Smart Agricultural Technology.* 2023;5:100267.
 171. Jiang X, Li WAN, Qiang DU, Hu BX. Estimation of NDVI images using geostatistical methods. *Earth Science Frontiers.* 2008;15(4):71–80.

172. Kumar V, Sharma A, Bhardwaj R, Thukral AK. Comparison of different reflectance indices for vegetation analysis using Landsat-TM data. *Remote Sens Appl.* 2018;12:70–7.
173. Roman P, Martinez MM, Pantoja A. *Farmer’s Compost Handbook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015;
174. Sullivan DM, Bary AI, Miller RO, Brewer LJ. *Interpreting compost analyses*. Oregon State University Extension Service Corvallis, OR, USA; 2018. 1–10 p.
175. Ozores-Hampton M. Guidelines for assessing compost quality for safe and effective utilization in vegetable production. *Horttechnology.* 2017;27(2):162–5.
176. DIN EN 13040. *Soil Improvers and Growing Media—Sample Preparation for Chemical and Physical Tests, Determination of Dry Matter Content, Moisture Content and Laboratory Compacted Bulk Density*. 01. British Standards Institution, London, UK. 2008;
177. DIN EN 13037. *Soil Improvers and Growing Media – Determination of pH*. 01. German Institute for Standardization. 2012;
178. DIN EN 13038. *Soil Improvers and Growing Media – Determination of Electrical Conductivity*. 01. . German Institute for Standardization. 2012;
179. DIN EN 13039. *Soil Improvers and Growing Media – Determination of Organic Matter Content and Ash*. 01. German Institute for Standardization. 2012;
180. NF ISO 10693. *Détermination de la Teneur en Carbonate—Méthode Volumétrique*. Qualité des sols AFNOR: Paris, France. 1995;177–86.
181. DIN EN 13654-1. *Soil improvers and growing media – Determination of nitrogen Part 1: Modified Kjeldahl method*. German Institute for Standardization. 2001;
182. BGK. *Methods Book for the Analysis of Compost 3*. Bundesgütegemeinschaft Kompost eV (BGK), Germany. 2003;35–7.
183. Zucconi F, Pera A, Forte M, De Bertoldi M. *Evaluating Toxicity of Immature Compost*. *Biocycle* 22. 1981;54–7.
184. DIN EN 16087-2. *Soil improvers and growing media - Determination of the aerobic biological activity - Part 2: Self heating test for compost*. German Institute for Standardization. 2012;
185. DIN EN 13650. *Soil improvers and growing media - Extraction of aqua regia soluble elements*. German Institute for Standardization. 2001;
186. Gasparatos D, Haidouti C. A comparison of wet oxidation methods for determination of total phosphorus in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* 2001;164(4):435–9.
187. Saloner A, Sacks MM, Bernstein N. Response of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes to K supply under long photoperiod. *Front Plant Sci.* 2019;10:1369.

188. Bernstein N, Gorelick J, Zerahia R, Koch S. Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical cannabis (*Cannabis sativa* L). *Front Plant Sci.* 2019;10:736.
189. Figueiredo AC, Barroso JG, Pedro LG, Scheffer JJC. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour Fragr J.* 2008;23(4):213–26.
190. Campbell BJ, Berrada AF, Hudalla C, Amaducci S, McKay JK. Genotypex environment interactions of industrial hemp cultivars highlight diverse responses to environmental factors. *Agrosystems, Geosciences & Environment.* 2019;2(1):1–11.
191. Preety Singh, Misra A. Influence of graded level of iron on growth and essential oil production in *Mentha spicata*. 2000;
192. Fonteno WC. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. In: *International Symposium on Horticultural Substrates other than Soil in situ* 342. 1992. p. 197–204.
193. Van Oosten MJ, Pepe O, De Pascale S, Silletti S, Maggio A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture.* 2017;4:1–12.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ύψος φυτών κάνναβης

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	19
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	25
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	130,00	16,688	9
	ΧΒ	118,50	16,595	10
	Total	123,95	17,213	19
ΜΠ	Β	140,94	18,325	16
	ΧΒ	134,10	18,252	20
	Total	137,14	18,348	36
Total	Β	137,00	18,205	25
	ΧΒ	128,90	18,965	30
	Total	132,58	18,895	55

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	969992,763 ^a	4	242498,191	769,441	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	2176,189	1	2176,189	6,905	,011
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	1039,099	1	1039,099	3,297	,075
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	67,176	1	67,176	,213	,646
Error	16073,238	51	315,162		
Total	986066,000	55			

a. R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,982)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	124,250	4,078	116,062	132,438
ΜΠ	137,519	2,977	131,542	143,496

Univariate Tests					
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2176,189	1	2176,189	6,905	,011
Error	16073,238	51	315,162		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	135,469	3,698	128,044	142,894
XB	126,300	3,438	119,398	133,202

Univariate Tests					
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	1039,099	1	1039,099	3,297	,075
Error	16073,238	51	315,162		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Τελικό Ύψος Φυτών (cm)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	130,000	5,918	118,120	141,880
	ΜΠ	140,938	4,438	132,027	149,848
XB	ΜΑ	118,500	5,614	107,230	129,770
	ΜΠ	134,100	3,970	126,131	142,069

Δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI)

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	21
	ΜΠ	ΜΠ	35
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	28
	ΧΒ	ΧΒ	28

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Δείκτης NDVI				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	,7683	,02918	12
	ΧΒ	,7844	,03358	9
	Total	,7752	,03140	21
ΜΠ	Β	,7956	,03224	16
	ΧΒ	,8026	,02400	19
	Total	,7994	,02786	35
Total	Β	,7839	,03337	28
	ΧΒ	,7968	,02816	28
	Total	,7904	,03127	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Δείκτης NDVI					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	34,991 ^a	4	8,748	10256,315	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,007	1	,007	7,833	,007
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,002	1	,002	2,024	,161
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,000	1	,000	,314	,578
Error	,044	52	,001		
Total	35,035	56			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,999)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Δείκτης NDVI				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	,776	,006	,763	,789
ΜΠ	,799	,005	,789	,809

Univariate Tests					
Dependent Variable: Δείκτης NDVI					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,007	1	,007	7,833	,007
Error	,044	52	,001		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Δείκτης NDVI				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	,782	,006	,771	,793
XB	,794	,006	,782	,805

Univariate Tests					
Dependent Variable: Δείκτης NDVI					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,002	1	,002	2,024	,161
Error	,044	52	,001		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Δείκτης NDVI					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	,768	,008	,751	,785
	ΜΠ	,796	,007	,781	,810
XB	ΜΑ	,784	,010	,765	,804
	ΜΠ	,803	,007	,789	,816

Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	9
	ΜΠ	ΜΠ	10
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	10
	ΧΒ	ΧΒ	9

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	2,1000	,58941	5
	ΧΒ	2,7600	,46375	4
	Total	2,3933	,61266	9
ΜΠ	Β	4,1860	,75394	5
	ΧΒ	2,8940	,73870	5
	Total	3,5400	,97921	10
Total	Β	3,1430	1,27112	10
	ΧΒ	2,8344	,59873	9
	Total	2,9968	,99612	19

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	182,010 ^a	4	45,502	105,147	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	5,798	1	5,798	13,398	,002
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,470	1	,470	1,086	,314
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	4,483	1	4,483	10,359	,006
Error	6,491	15	,433		
Total	188,501	19			

a. R Squared = ,966 (Adjusted R Squared = ,956)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	2,430	,221	1,960	2,900
ΜΠ	3,540	,208	3,097	3,983

Univariate Tests					
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	5,798	1	5,798	13,398	,002
Error	6,491	15	,433		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	3,143	,208	2,700	3,586
XB	2,827	,221	2,357	3,297

Univariate Tests					
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,470	1	,470	1,086	,314
Error	6,491	15	,433		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	2,100	,294	1,473	2,727
	ΜΠ	4,186	,294	3,559	4,813
XB	ΜΑ	2,760	,329	2,059	3,461
	ΜΠ	2,894	,294	2,267	3,521

Βιομάζα κάνναβης (Νωπή)

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	21
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	27
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	62,6818	12,89819	11
	ΧΒ	65,0410	15,54382	10
	Total	63,8052	13,90554	21
ΜΠ	Β	88,1063	16,32102	16
	ΧΒ	89,0980	16,53121	20
	Total	88,6572	16,20998	36
Total	Β	77,7481	19,48653	27
	ΧΒ	81,0790	19,67415	30
	Total	79,5012	19,48241	57

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	368494,883 ^a	4	92123,721	374,829	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	8069,673	1	8069,673	32,834	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	37,009	1	37,009	,151	,700
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	6,163	1	6,163	,025	,875
Error	13026,103	53	245,776		
Total	381520,986	57			

a. R Squared = ,966 (Adjusted R Squared = ,963)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	63,861	3,425	56,992	70,731
ΜΠ	88,602	2,629	83,329	93,876

Univariate Tests					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	8069,673	1	8069,673	32,834	,000
Error	13026,103	53	245,776		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	75,394	3,070	69,236	81,552
XB	77,070	3,036	70,980	83,159

Univariate Tests					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	37,009	1	37,009	,151	,700
Error	13026,103	53	245,776		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Νωπό Βάρος φυτών (gr)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	62,682	4,727	53,201	72,163
	ΜΠ	88,106	3,919	80,245	95,967
XB	ΜΑ	65,041	4,958	55,097	74,985
	ΜΠ	89,098	3,506	82,067	96,129

Βιομάζα κάνναβης (Ξηρή)

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	21
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	27
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	17,0527	3,81981	11
	ΧΒ	17,9190	4,12773	10
	Total	17,4652	3,89348	21
ΜΠ	Β	25,1750	4,85237	16
	ΧΒ	25,3255	5,86582	20
	Total	25,2586	5,36425	36
Total	Β	21,8659	5,97793	27
	ΧΒ	22,8567	6,35936	30
	Total	22,3874	6,14683	57

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	29377,765 ^a	4	7344,441	298,010	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	794,778	1	794,778	32,249	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	3,407	1	3,407	,138	,712
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	1,689	1	1,689	,069	,795
Error	1306,184	53	24,645		
Total	30683,949	57			

a. R Squared = ,957 (Adjusted R Squared = ,954)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	17,486	1,085	15,311	19,661
ΜΠ	25,250	,833	23,580	26,920

Univariate Tests					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	794,778	1	794,778	32,249	,000
Error	1306,184	53	24,645		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	21,114	,972	19,164	23,064
XB	21,622	,961	19,694	23,550

Univariate Tests					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	3,407	1	3,407	,138	,712
Error	1306,184	53	24,645		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Ξηρό Βάρος φυτών (gr)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	17,053	1,497	14,050	20,055
	ΜΠ	25,175	1,241	22,686	27,664
XB	ΜΑ	17,919	1,570	14,770	21,068
	ΜΠ	25,326	1,110	23,099	27,552

Συνολικός αριθμός ταξιανθιών

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	21
	ΜΠ	ΜΠ	35
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	26
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	25,18	7,795	11
	ΧΒ	30,60	6,310	10
	Total	27,76	7,483	21
ΜΠ	Β	33,00	5,425	15
	ΧΒ	39,65	11,226	20
	Total	36,80	9,680	35
Total	Β	29,69	7,503	26
	ΧΒ	36,63	10,666	30
	Total	33,41	9,888	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	64116,414 ^a	4	16029,103	220,940	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	925,091	1	925,091	12,751	,001
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	473,513	1	473,513	6,527	,014
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	4,933	1	4,933	,068	,795
Error	3772,586	52	72,550		
Total	67889,000	56			

a. R Squared = ,944 (Adjusted R Squared = ,940)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	27,891	1,861	24,157	31,625
ΜΠ	36,325	1,455	33,406	39,244

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	925,091	1	925,091	12,751	,001
Error	3772,586	52	72,550		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	29,091	1,691	25,699	32,483
XB	35,125	1,649	31,815	38,435

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	473,513	1	473,513	6,527	,014
Error	3772,586	52	72,550		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Συνολικός Αριθμός Ταξιανθιών / Φυτό					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	25,182	2,568	20,028	30,335
	ΜΠ	33,000	2,199	28,587	37,413
XB	ΜΑ	30,600	2,694	25,195	36,005
	ΜΠ	39,650	1,905	35,828	43,472

Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας – Μήκος

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	20
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	26
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	8,0000	1,68325	10
	ΧΒ	7,2000	1,67000	10
	Total	7,6000	1,68273	20
ΜΠ	Β	8,8125	1,69189	16
	ΧΒ	10,6250	1,57175	20
	Total	9,8194	1,84450	36
Total	Β	8,5000	1,70294	26
	ΧΒ	9,4833	2,27613	30
	Total	9,0268	2,07237	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	4658,775 ^a	4	1164,694	431,138	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	57,461	1	57,461	21,270	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	3,280	1	3,280	1,214	,276
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	21,840	1	21,840	8,085	,006
Error	140,475	52	2,701		
Total	4799,250	56			

a. R Squared = ,971 (Adjusted R Squared = ,968)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	7,600	,368	6,863	8,337
ΜΠ	9,719	,276	9,166	10,272

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	57,461	1	57,461	21,270	,000
Error	140,475	52	2,701		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	8,406	,331	7,741	9,071
XB	8,913	,318	8,274	9,551

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	3,280	1	3,280	1,214	,276
Error	140,475	52	2,701		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Μήκος κύριας Ταξιανθίας (cm)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	8,000	,520	6,957	9,043
	ΜΠ	8,813	,411	7,988	9,637
XB	ΜΑ	7,200	,520	6,157	8,243
	ΜΠ	10,625	,368	9,888	11,362

Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Νωπό - Ξηρό Βάρος

Νωπό βάρος

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	20
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	26
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	3,4160	1,11397	10
	ΧΒ	2,7920	1,04370	10
	Total	3,1040	1,09830	20
ΜΠ	Β	4,5250	1,30356	16
	ΧΒ	5,4470	1,73085	20
	Total	5,0372	1,60327	36
Total	Β	4,0985	1,33005	26
	ΧΒ	4,5620	1,98023	30
	Total	4,3468	1,71059	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1115,649 ^a	4	278,912	140,290	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	45,337	1	45,337	22,804	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,284	1	,284	,143	,707
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	7,648	1	7,648	3,847	,055
Error	103,382	52	1,988		
Total	1219,032	56			

a. R Squared = ,915 (Adjusted R Squared = ,909)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	3,104	,315	2,471	3,737
ΜΠ	4,986	,236	4,511	5,461

Univariate Tests					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	45,337	1	45,337	22,804	,000
Error	103,382	52	1,988		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	3,971	,284	3,400	4,541
XB	4,120	,273	3,572	4,667

Univariate Tests					
Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,284	1	,284	,143	,707
Error	103,382	52	1,988		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Νωπό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	3,416	,446	2,521	4,311
	ΜΠ	4,525	,353	3,818	5,232
XB	ΜΑ	2,792	,446	1,897	3,687
	ΜΠ	5,447	,315	4,814	6,080

Ξηρό βάρος

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	20
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	26
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	,8330	,29567	10
	ΧΒ	,6580	,25759	10
	Total	,7455	,28443	20
ΜΠ	Β	1,0913	,34577	16
	ΧΒ	1,3665	,39726	20
	Total	1,2442	,39516	36
Total	Β	,9919	,34587	26
	ΧΒ	1,1303	,48927	30
	Total	1,0661	,43063	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	67,668 ^a	4	16,917	142,441	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	2,991	1	2,991	25,182	,000
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,032	1	,032	,271	,605
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,649	1	,649	5,462	,023
Error	6,176	52	,119		
Total	73,844	56			

a. R Squared = ,916 (Adjusted R Squared = ,910)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
MA	,746	,077	,591	,900
ΜΠ	1,229	,058	1,113	1,345

Univariate Tests					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2,991	1	2,991	25,182	,000
Error	6,176	52	,119		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	,962	,069	,823	1,102
XB	1,012	,067	,878	1,146

Univariate Tests					
Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,032	1	,032	,271	,605
Error	6,176	52	,119		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Ξηρό Βάρος κύριας Ταξιανθίας (gr)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	MA	,833	,109	,614	1,052
	ΜΠ	1,091	,086	,918	1,264
XB	MA	,658	,109	,439	,877
	ΜΠ	1,366	,077	1,212	1,521

Χαρακτηριστικά κύριας ταξιανθίας - Συμπάγια

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	20
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	26
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Συμπάγια κύριας Ταξιανθίας				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	,4210	,09219	10
	ΧΒ	,3780	,07955	10
	Total	,3995	,08666	20
ΜΠ	Β	,5150	,11668	16
	ΧΒ	,5125	,14000	20
	Total	,5136	,12836	36
Total	Β	,4788	,11577	26
	ΧΒ	,4677	,13771	30
	Total	,4729	,12697	56

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συμπάγια κύριας Ταξιανθίας					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	12,698 ^a	4	3,174	232,490	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,167	1	,167	12,236	,001
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,007	1	,007	,485	,489
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,005	1	,005	,384	,538
Error	,710	52	,014		
Total	13,408	56			

a. R Squared = ,947 (Adjusted R Squared = ,943)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιαριθίας				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
MA	,399	,026	,347	,452
ΜΠ	,514	,020	,474	,553

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιαριθίας					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,167	1	,167	12,236	,001
Error	,710	52	,014		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιαριθίας				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	,468	,024	,421	,515
XB	,445	,023	,400	,491

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιαριθίας					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,007	1	,007	,485	,489
Error	,710	52	,014		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Συμπάγεια κύριας Ταξιαριθίας					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	MA	,421	,037	,347	,495
	ΜΠ	,515	,029	,456	,574
XB	MA	,378	,037	,304	,452
	ΜΠ	,513	,026	,460	,565

Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέσο Μήκος, Μέσο νωπό Βάρος

Μέσο Μήκος

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	19
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	25
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	7,1767	,73763	9
	ΧΒ	7,2000	1,47058	10
	Total	7,1889	1,15033	19
ΜΠ	Β	6,6869	,72466	16
	ΧΒ	6,2675	,67240	20
	Total	6,4539	,71775	36
Total	Β	6,8632	,75309	25
	ΧΒ	6,5783	1,08040	30
	Total	6,7078	,94838	55

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2483,001 ^a	4	620,750	785,886	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	6,251	1	6,251	7,914	,007
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,485	1	,485	,614	,437
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,606	1	,606	,767	,385
Error	40,284	51	,790		
Total	2523,284	55			

a. R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,983)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	7,188	,204	6,778	7,598
ΜΠ	6,477	,149	6,178	6,776

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	6,251	1	6,251	7,914	,007
Error	40,284	51	,790		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	6,932	,185	6,560	7,303
XB	6,734	,172	6,388	7,079

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,485	1	,485	,614	,437
Error	40,284	51	,790		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Μέσο μήκος δευτερευουσών ταξιανθιών (cm)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	7,177	,296	6,582	7,771
	ΜΠ	6,687	,222	6,241	7,133
XB	ΜΑ	7,200	,281	6,636	7,764
	ΜΠ	6,268	,199	5,869	6,666

Μέσο νωπό Βάρος

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	19
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	25
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	1,8311	,54638	9
	ΧΒ	1,6750	,42686	10
	Total	1,7489	,47979	19
ΜΠ	Β	2,0287	,33643	16
	ΧΒ	1,6765	,47825	20
	Total	1,8331	,45186	36
Total	Β	1,9576	,42382	25
	ΧΒ	1,6760	,45431	30
	Total	1,8040	,45902	55

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	180,299 ^a	4	45,075	228,248	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,123	1	,123	,621	,434
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,799	1	,799	4,044	,050
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,119	1	,119	,602	,441
Error	10,072	51	,197		
Total	190,371	55			

a. R Squared = ,947 (Adjusted R Squared = ,943)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	1,753	,102	1,548	1,958
ΜΠ	1,853	,075	1,703	2,002

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,123	1	,123	,621	,434
Error	10,072	51	,197		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	1,930	,093	1,744	2,116
XB	1,676	,086	1,503	1,849

Univariate Tests					
Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,799	1	,799	4,044	,050
Error	10,072	51	,197		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Μέσο βάρος δευτερευουσών ταξιανθιών (gr)					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	1,831	,148	1,534	2,128
	ΜΠ	2,029	,111	1,806	2,252
XB	ΜΑ	1,675	,141	1,393	1,957
	ΜΠ	1,677	,099	1,477	1,876

Χαρακτηριστικά δευτερευουσών ταξιανθιών - Μέση Συμπάγεια

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	19
	ΜΠ	ΜΠ	36
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	25
	ΧΒ	ΧΒ	30

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	,2522	,05826	9
	ΧΒ	,2330	,02751	10
	Total	,2421	,04454	19
ΜΠ	Β	,3044	,05215	16
	ΧΒ	,2640	,05082	20
	Total	,2819	,05461	36
Total	Β	,2856	,05903	25
	ΧΒ	,2537	,04635	30
	Total	,2682	,05440	55

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιανθιών					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3,992 ^a	4	,998	410,965	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,021	1	,021	8,799	,005
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,011	1	,011	4,520	,038
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,001	1	,001	,569	,454
Error	,124	51	,002		
Total	4,116	55			

a. R Squared = ,970 (Adjusted R Squared = ,968)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιαριθμών				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
MA	,243	,011	,220	,265
ΜΠ	,284	,008	,268	,301

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιαριθμών					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,021	1	,021	8,799	,005
Error	,124	51	,002		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιαριθμών				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	,278	,010	,258	,299
XB	,249	,010	,229	,268

Univariate Tests					
Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιαριθμών					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,011	1	,011	4,520	,038
Error	,124	51	,002		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Dependent Variable: Συμπάγεια δευτερευουσών ταξιαριθμών					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	MA	,252	,016	,219	,285
	ΜΠ	,304	,012	,280	,329
XB	MA	,233	,016	,202	,264
	ΜΠ	,264	,011	,242	,286

Περιεκτικότητα % ταξιανθίων σε CBD

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΑ	ΜΑ	6
	ΜΠ	ΜΠ	6
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Β	Β	6
	ΧΒ	ΧΒ	6

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Deviation	N
ΜΑ	Β	1,8567	,07767	3
	ΧΒ	1,6267	,07572	3
	Total	1,7417	,14345	6
ΜΠ	Β	1,6367	,12583	3
	ΧΒ	1,4200	,10536	3
	Total	1,5283	,15766	6
Total	Β	1,7467	,15253	6
	ΧΒ	1,5233	,13981	6
	Total	1,6350	,18183	12

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	32,365 ^a	4	8,091	836,305	,000
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	,137	1	,137	14,112	,006
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,150	1	,150	15,466	,004
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ * ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	,000	1	,000	,014	,909
Error	,077	8	,010		
Total	32,442	12			

a. R Squared = ,998 (Adjusted R Squared = ,996)

Estimated Marginal Means

1. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Estimates				
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %				
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
ΜΑ	1,742	,040	1,649	1,834
ΜΠ	1,528	,040	1,436	1,621

Univariate Tests					
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,137	1	,137	14,112	,006
Error	,077	8	,010		

The F tests the effect of ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ

Estimates				
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %				
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
B	1,747	,040	1,654	1,839
XB	1,523	,040	1,431	1,616

Univariate Tests					
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	,150	1	,150	15,466	,004
Error	,077	8	,010		

The F tests the effect of ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ * ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ					
Dependent Variable: Περιεκτικότητα σε CBD %					
ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΗΣ	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
B	ΜΑ	1,857	,057	1,726	1,988
	ΜΠ	1,637	,057	1,506	1,768
XB	ΜΑ	1,627	,057	1,496	1,758
	ΜΠ	1,420	,057	1,289	1,551