



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Αειφόρος και Βιώσιμη Φυτική Παραγωγή»

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**«Επίδραση της πυκνότητας, της άρδευσης και της λίπανσης στην
αύξηση-ανάπτυξη και απόδοση σε βιομάζα της βιομηχανικής
κάνναβης»**

ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ

Βόλος 2024

**«Επίδραση της πυκνότητας, της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση-
ανάπτυξη και απόδοση σε βιομάζα της βιομηχανικής κάνναβης»**

**“Effect of density, irrigation and fertilizer on industrial hemp growth and
biomass yield”**

ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Γιαννούλης Κυριάκος (επιβλέπων): Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας
Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δαναλάτος Νικόλαος (μέλος): Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Παυλή Ουρανία (μέλος): Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής
Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Copyright © ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, κρίνω απαραίτητο να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην επιτυχημένη ολοκλήρωση της.

Ιδιαίτερα βοηθητική και κατατοπιστική ήταν η συμβολή του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιαννούλη Κυριάκο, για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την περάτωση της πειραματικής διαδικασίας και την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής του κειμένου της παρούσας διατριβής.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δαναλάτο Νικόλαο και την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα Παυλή Ουρανία για τα σχόλια και τις διορθώσεις που βοήθησαν στη βελτίωση της παρούσας διατριβής.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο, μέλος ΕΔΙΠ του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος και στον κ. Γκιντσιούδη Ιππόλυτο υποψήφιο διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια στα πειράματα αγρού.

Έπονται των ευχαριστιών μου, στους συμφοιτητές μου για την προθυμία τους και την έμπρακτη προσφορά τους, τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο πειραματικό μέρος που πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω το μεγαλύτερο ευχαριστώ στον πατέρα μου Βασίλη, την αδελφή μου Κωνσταντίνα και την σύντροφο μου Σωτηρία και για την αμέριστη συμπαράσταση τους, καθόλη την διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή έρευνα πραγματεύεται το θέμα την επίδραση της πυκνότητας, της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση-ανάπτυξη και απόδοση σε βιομάζα της βιομηχανικής κάνναβης (*cannabis sativa.L*). Η καλλιέργεια έλαβε μέρος στο πειραματικό αγρόκτημα του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο Μαγνησίας, την περίοδο 6 Μαΐου με 21 Σεπτεμβρίου του έτους 2022.

Χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης με τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων με υποτεμάχια (split-split-plot design). Συγκεκριμένα η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η DIOICA 88. Κύρια τεμάχια ήταν οι δύο πληθυσμοί (60 και 120 φυτά το m²), Υποτεμάχια τα τρία επίπεδα άρδευσης (33, 66 και 100% Ετο) και υπό-τεμάχια τα τρία επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (0, 7 και 14 kg N/ στρέμμα) με την χρήση λιπάσματος Alzon (46-0-0) σε τέσσερις επαναλήψεις, συνολικά δηλαδή 72 τεμάχια. Πραγματοποιήθηκαν 4 δειγματοληψίες τις ακόλουθες ημερομηνίες, στις 18/07/2022, στις 02/08/2022, στις 19/08/2022 και στις 21/09/2022.

Τα δείγματα πρώτα ζυγίστηκαν και στην συνέχεια μετρήθηκαν σε ύψος. Έπειτα έγινε διαχωρισμός σε φύλλα, βλαστούς, ίνα και άνθη και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο θερμού αέρος. Στην συνέχεια μετρήθηκε το ύψος του φυτού, το ξηρό βάρος, το χλωρό βάρος, η πρωτεΐνη και η στάχτη και αναλύθηκαν τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά με την χρήση του NIR.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως η αζωτούχος λίπανση συνέβαλλε σημαντικά σε στατιστικές διαφορές εξαιτίας των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης τόσο στα ποσοτικά όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας.

Τέλος, η συγκεκριμένη μελέτη αποδεικνύει τον σημαντικό ρόλο, που κατέχει η οργανική λίπανση στην ανάπτυξη και απόδοση της κλωστικής κάνναβης. Παράλληλα, δίνει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα, η οποία θα έχει ως απόρροια την καλύτερη επίγνωση και αντίληψη των αγρονομικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας στην ελληνική πραγματικότητα.

Λέξεις κλειδιά: *Dioica 88, πυκνότητα φυτών, λίπανση, άρδευση, ύψος, ξηρό βάρος, χλωρό βάρος, υγρασία, πρωτεΐνη, στάχτη.*

ABSTRACT

The present postgraduate dissertation discusses the influence of density, irrigation and fertilization, in the increase, development and efficiency of biomass, concerning *cannabis sativa L.* The experimental cultivation run from May 6th to September 21st 2022, and took place in the Laboratory's of Agronomy and Applied Crop Physiology farm, of the University of Thessaly, in Velesino, Magnesia, Greece.

For the purpose of this study, the researcher opted for utilizing the experimental plan adopted in the cultivation of *cannabis sativa L.* with the split-split-plot design. More specifically, the used of variety was that of DIOICA 88. Whole plots consisted of two populations (60 and 120 plants per m²), split-plots were three levels of irrigation (33,66 and 100% Eto) and the three levels of nitrogen fertilization (0,7 and 14 kg N/acre) with the usage of Alzon fertilizer (46-0-0) in four repetitions, meaning 72 plots in total. Four samplings were conducted \, with the first being on 18/07/2022, the second on 02/08/2022, the third on 19/08/2022 and the last one on 21/09/2022.

The collected samples were initially weighed and then had their height measured. After that, they were separated into leaves, shoots, fibers and flowers, and emplaced in a hot dryer. Afterward, the researcher measured the plants height, their dry and fresh weight, their protein, their moisture as well as their ash, and eventually with the usage of NIR method, he examined and analyzed their qualitative features.

The plants reached 3m in height, and the maximum fresh and dry weights surpassed 42.000 kg/ha and 18.000 kg/ha respectively.

The results demonstrated that nitrogen fertilization contributed significantly in the statistical variations, due to the diverse levels of fertilization, regarding not only the quantitative but also the qualitative characteristics of the cultivation.

At last, the current study underlines the pivotal role assigned to organic fertilization, with regard to the development and efficiency of *cannabis sativa L.* Simultaneously, it sets off further research, aspiring the optimal awareness and comprehension of agronomic and qualitative attributes of cultivations in the contemporary Greek setting.

Key words: *Dioica 88*, *density*, *irrigation*, *fertilization*, *height*, *forage weight*, *dry weight*, *ash*, *protein*.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. Γενικά – Ιστορική Αναδρομή	8
1.2. Ταξινομική Κατάταξη Κάνναβης.....	9
1.3. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Βοτανική Περιγραφή Βιομηχανικής Κάνναβης.....	13
1.4. Οικολογικές Απαιτήσεις Καλλιέργειας	16
1.5. Καλλιεργητικές Πρακτικές Κάνναβης	18
1.6. Εχθροί και Ασθένειες Κάνναβης	21
1.7. Συγκομιδή και αποδόσεις καλλιέργειας	23
1.8. Χρήσεις της βιομηχανικής Κάνναβης.....	25
1.9. Σκοπός της εργασίας	28
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	29
2.1. Πειραματικός αγρός	29
2.2. Πειραματικό σχέδιο	29
2.3. Προετοιμασία αγρού – Σπορά	30
2.4. Καλλιεργητικές φροντίδες	31
2.5. Μετρήσεις	32
2.6. Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών	33
2.7. Έδαφος	34
2.8. Μετεωρολογικά δεδομένα.....	34
2.9. Στατιστική ανάλυση.....	34
3. Αποτελέσματα - Συζήτηση.....	35
3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα.....	35
3.2. Ύψος Φυτών	36
3.3. Χλωρό Βάρος	39
3.4. Ξηρό βάρος.....	42
3.5. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.....	45
3.6. Περιεκτικότητα σε στάχτη	48
4. Συμπεράσματα	51
5. Βιβλιογραφία.....	53

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά – Ιστορική Αναδρομή

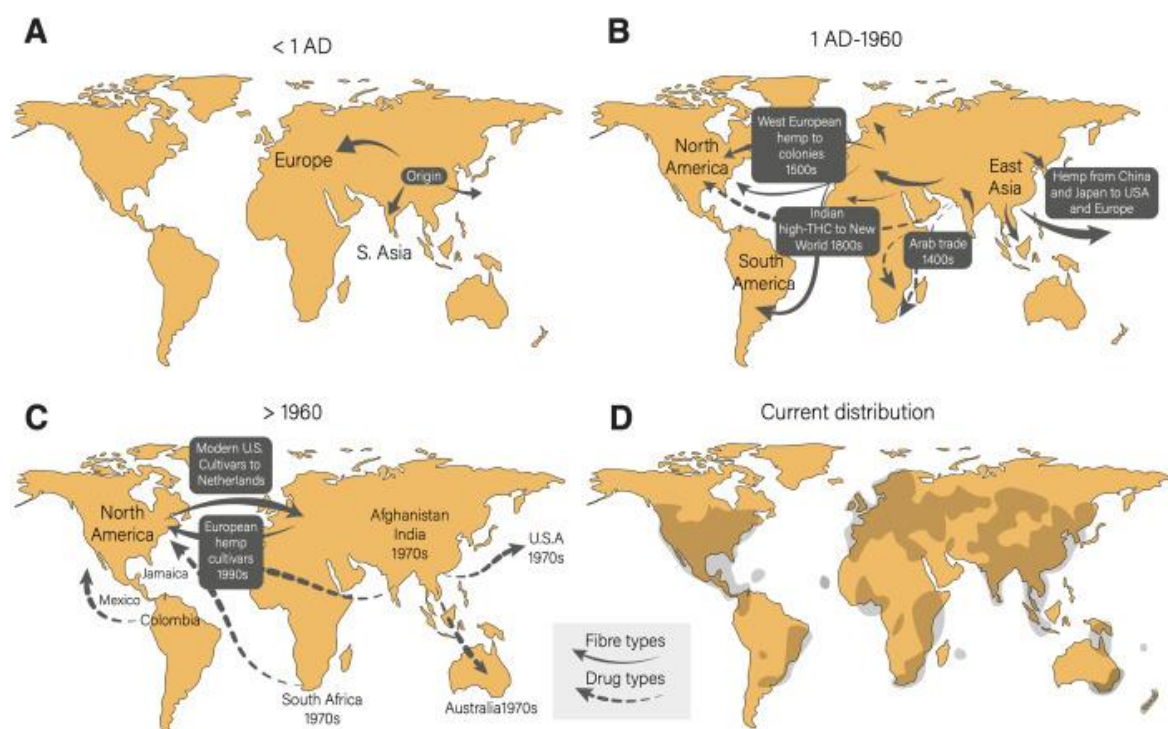
Το φυτό *Cannabis sativa* L. ή αλλιώς καννάβι, καλλιεργείται σε διάφορα μέρη ανά τον κόσμο και εμφανίζει μεγάλη ιστορία αναφορικά με της χρήσεις του ως σπόρος, ως ίνα, ως τρόφιμο, ως λάδι, ως φάρμακο ή ακόμη και σαν ναρκωτικό (Salami *et al.*, 2020). Της μέρες της, παρουσιάζεται μια εκθετική αύξηση στην ζήτηση των προϊόντων κάνναβης, περιλαμβανομένου μιας αγοράς πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων με ψυχοενεργών ουσιών κανναβινοειδών που μπορούν να παραχθούν από τη βιομηχανική κάνναβη (Monthony *et al.*, 2021).

Ο αρχικός τόπος εμφάνισης της κάνναβης πιστεύεται πως ήταν στην Ασία, και συγκεκριμένα στην Κεντρική Ασία (McPartland *et al.*, 2019). Υπάρχουν της στοιχεία που αναφέρουν χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη στην ασιατική ήπειρο, ως πιθανά σημεία προσέλευσης (Zhang *et al.*, 2018). Από τα αρχαία χρόνια, ευρήματα έχουν δείξει την ύπαρξη της κάνναβης σε θραύσματα αγγείων 10.000 χρόνια πριν, στην τοποθεσία της Ταιβάν (Chang *et al.*, 1968). Περίπου εκατοντάδες, ίσως και χιλιάδες έτη, οι άνθρωποι που κατοίκησαν πρώτοι στην Κεντρική ή και στην Ανατολική Ασία, εξημέρωσαν άγριες ποικιλίες Κάνναβης σε τεχνητά επιλεγμένες καλλιεργούμενες φυτείες (Merlin *et al.*, 2003).

Η εξημέρωση της κάνναβης ήταν το άμεσο αποτέλεσμα που προέκυψε μόλις ο άνθρωπος αντιλήφθηκε της ευεργετικές ιδιότητες που του έδιναν τα διάφορα μέρη του φυτού. Τα πολλαπλά οφέλη και ειδικά η χρήση του ως πηγή ινών, πυροδότησε την εξάπλωση του και της υπόλοιπες ηπείρους (Deitch *et al.*, 2003). Από την εποχή των αρχαιότερων πρωτόγονων κοινωνιών, 4.000-5.000 έτη πριν έως και της δυναστείας των Τσιν και Χαν 221 π.Χ. έως και το 220 μ.Χ., το σύνολο των αρχαίων τεχνικών που αφορούσαν την σπορά, την καλλιέργεια και την επεξεργασία της κάνναβης, άνθισαν ταχύτατα και έγιναν αρκετά προηγμένες (Lu & Clarke *et al.*, 1995). Υπολείμματα ίνας κάνναβης έχουν βρεθεί στην νοτιοανατολική περιοχή της Ασίας, ηλικίας 3.000-4.000 χιλιάδων ετών (Long *et al.*, 2017). Υποδηλώνεται με αυτό τον τρόπο ότι οι πρακτικές επεξεργασίας κάνναβης έλαβαν χώρα τα επόμενα χρόνια σε εκείνη την περιοχή της ασιατικής ηπείρου.

Η αποικιοκρατία και το εμπόριο μεταξύ των ηπείρων, επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό την είσοδο του φυτού της υπόλοιπες ηπείρους. Συγκεκριμένα, στην Αφρική πιστεύεται ότι η κάνναβη εισήλθε από την Ινδία κατά τον 11^ο με 13^ο αιώνα, μέσω των ακτών της Ανατολικής Αφρικής (Ren *et al.*, 2021). Η εξάπλωση της καλλιέργειας

σε Βαλκανικά κράτη και Ιταλία τοποθετείται χρονολογικά την ίδια περίοδο με την επάνοδο της Ελληνικής και Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Στη συνέχεια, η νότια Ευρώπη αποτέλεσε το μέσο για την εγκατάσταση της καλλιέργειας της σε Βορρά και Δύση μέσω του εμπορίου (Godwin *et al.*, 1967). Ερευνητές της αρχές του 19^{ου} αιώνα, ανακάλυψαν ότι οι ντόπιοι της αφρικανικής ηπείρου έκαναν εκτεταμένη χρήση του φυτού (Duvall *et al.*, 2019). Οι πρώτες ενδείξεις εξάπλωσης της κάνναβης στην αμερικανική ήπειρο φαίνεται να σχετίζεται με την έλευση αποίκων από τον ευρωπαϊκό χώρο, οι οποίοι σύστησαν το φυτό αυτό ως μέσο συναλλαγής (Schultes *et al.*, 2001). Στην εικόνα 1.1 δίνεται η διάδοση της κάνναβης με την πάροδο των ετών ανά τον κόσμο.



Εικόνα 1.1. Διάδοση της κάνναβης (Α) από την Ανατολική Ασία, που εμφανίζεται ως αρχικός τόπος προέλευσης, σε Νότια Ασία κατά τη διάρκεια της πρώιμης εξημέρωσης (Β) σε παγκόσμιο επίπεδο μέσω των πρωταρχικών οδών εμπορίου όπου διακινήθηκε η κάνναβη ως ναρκωτικό αλλά και ως καλλιέργεια ίνας της τον προηγούμενο αιώνα, ως φάρμακο αναψυχής. Τρέχουσα κατανομή (Δ) κάνναβης η οποία εκτείνεται σε της της ηπείρους, όπου βρίσκονται φυτά υπό καλλιεργούμενη μορφή, ως άγριο είδος. Το ενιαίο βέλος αποδίδει την εξάπλωση του βαμβακιού σε μορφή ίνας, ενώ το διακεκομμένο βέλος την εξάπλωση της κάνναβης ως ναρκωτικό. Στο (D) η κατανομή αποδίδεται από της γκριζές περιοχές (Canavan *et al.*, 2022)

1.2. Ταξινόμική Κατάταξη Κάνναβης

Το 1753 έγινε για πρώτη φορά η ταξινόμηση του φυτού από τον Κάρολο Λινέο, ο οποίος θεώρησε ότι πρόκειται για μονοτυπικό γένος – με ένα μόνο είδος, που στην συνέχεια το ονόμασε *Cannabis sativa* L. Εκείνο το διάστημα, η καλλιέργεια της

βιομηχανικής κάνναβης ήταν ευρέως διαδεδομένη σε ολόκληρη την Ευρώπη και με αφορμή την εξάπλωση αυτή, ο Σουηδός βοτανολόγος εργάστηκε εκτεταμένα στην μελέτη του συγκεκριμένου φυτού. (Green *et al.*, 2005).

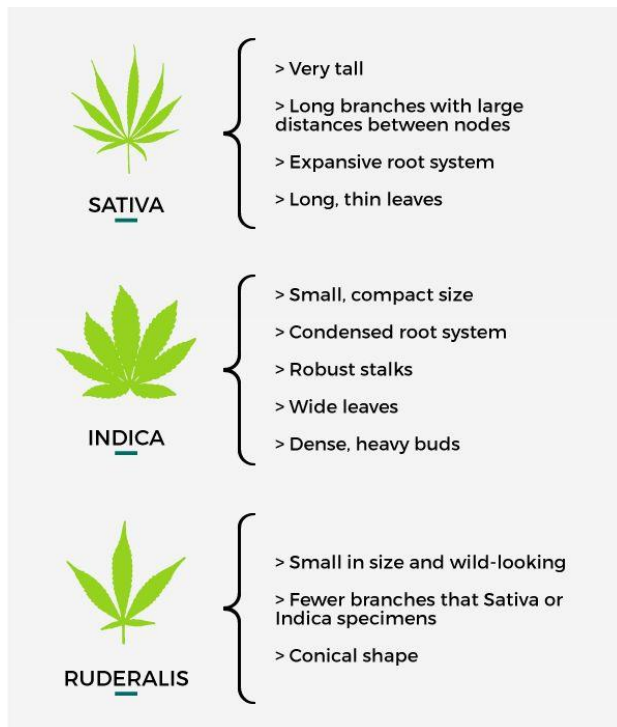
Πίνακας 1.1 Ταξινομική κατάταξη βιομηχανικής κάνναβης βάσει USDA:

Βασίλειο	<i>Plantae</i>
Υποβασίλειο	<i>Tracheibionta</i>
Υπερομοταξία	<i>Spermatophyta</i>
Συνομοταξία	<i>Magnoliophyta</i>
Ομοταξία	<i>Magnoliopsida</i>
Υφομοταξία	<i>Hamamelididae</i>
Τάξη	<i>Urticales</i>
Οικογένεια	<i>Cannabaceae</i>
Γένος	<i>Cannabis</i> L.
Είδος	<i>Cannabis sativa</i> L.

(Πηγή: Natural Resources Conservation Service – USDA)

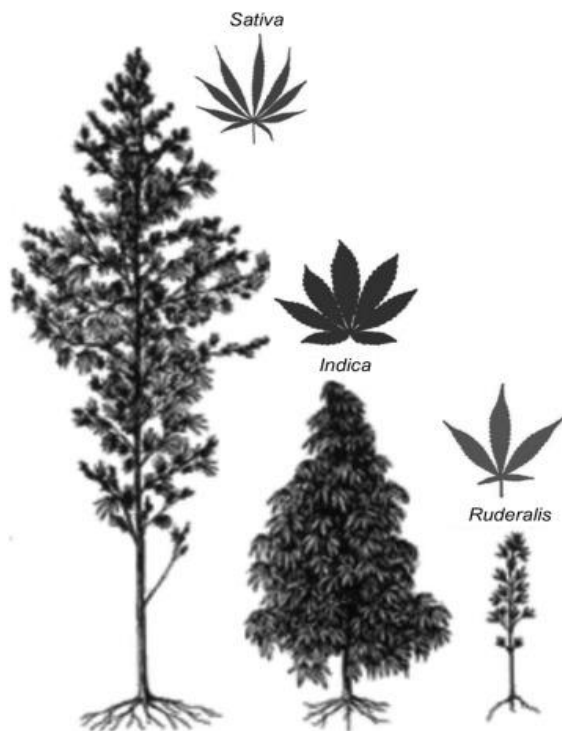
Η κάνναβη ανήκει στην οικογένεια *Cannabaceae* , στο γένος *Cannabis*, έχει αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=20$ και αποτελεί ένα ετήσιο ανθοφόρο φυτό. Συχνά, διαιρείται σε 3 διαφορετικά είδη τα οποία διακρίνονται στην εικόνα 1.2:

- 1) *Cannabis sativa*
- 2) *Cannabis indica*
- 3) *Cannabis ruderalis*



Εικόνα 1.2. Διαφορετικά είδη *Cannabis* (<https://www.dinafem.org/en/blog/cannabis-types/>)

Στην εικόνα 1.3 δίνονται τα είδη αυτά. Υπάρχει, βέβαια, μια σημαντική διαφωνία αναφορικά με την κατανομή αυτή καθότι μερικοί τα θεωρούν υποείδη του ίδιου μητρικού είδους (Gloss *et al.*, 2015). Η *Cannabis sativa* L. ή αλλιώς κοινή κάνναβη, καλλιεργείται για σπόρο και για ίνα, μπορεί να αναπτυχθεί σε ύψος από 1,5 έως 5,5 μέτρα ή και περισσότερο και περιλαμβάνει μερικά κλαδιά. Η *Cannabis indica* καλλιεργείται για την παραγωγή ναρκωτικών ουσιών της η μαριχουάνα και χασίς. Μπορεί να αναπτυχθεί σε ύψος από 0,5 έως 1,2 μέτρα και είναι ένα συμπαγώς διακλαδισμένο φυτό. Η *Cannabis ruderalis* αποτελεί άγριο είδος, ανθίζει με βάση την ηλικία και όχι της συνθήκες φωτός, φαινόμενο που ονομάζεται αυτοάνθιση και χρησιμοποιείται κυρίως σε υβρίδια ώστε να προσδώσει στο υβρίδιο την ιδιότητα αυτή.

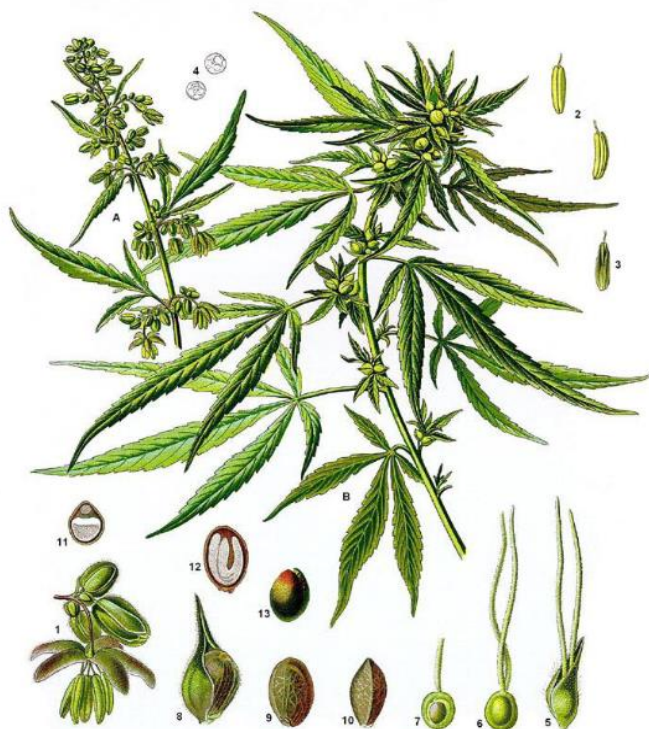


Εικόνα 1.3. Τα βασικά είδη του γένους *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* και *Cannabis ruderalis* (Richter *et al.*, 2021).

Η *Cannabis sativa* L. είναι ένα φυτό δίοικο που έχει σε ένα πληθυσμό ίσο αριθμό αρσενικών και θηλυκών ανθέων. Συναντώνται της ορισμένοι γενότυποι και πληθυσμοί με μονόικα (δικλινή) φυτά, που στον ίδιο πληθυσμό υπάρχουν και δίοικα που η αναλογία των φύλων εξαρτώνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και γενοτύπους. Η διαφορά μεταξύ των ποικιλιών που καλλιεργούνται για ίνα και σπόρο με της ποικιλίες που καλλιεργούνται για ναρκωτική χρήση, οφείλεται στην περιεκτικότητα του φυτού σε κανναβινοειδή. Τα υπέργεια τμήματα των φυτών παράγουν τα κανναβινοειδή σε αδένες της επιδερμίδας της. Η ψυχοενεργός ουσία της κάνναβης λέγεται δέλτα-9-τετραϋδροκανναβινόλη ή αλλιώς THC. Σε ποικιλίες της *Cannabis sativa* η περιεκτικότητα σε THC είναι <1%, στην *Cannabis indica* από 10% έως και 20-30% ή και περισσότερο, ενώ στην *Cannabis ruderalis* η περιεκτικότητα είναι πάρα πολύ μικρή. (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013).

1.3. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Βοτανική Περιγραφή Βιομηχανικής Κάνναβης

Η *Cannabis sativa* L. είναι ένα ετήσιο, ποώδες, δίοικο φυτό και παρουσιάζει αξιοσημείωτη μεταβλητότητα στα φαινοτυπικά του χαρακτηριστικά. Μονόικα φυτά του γένους, μπορούν να προκύψουν κατόπιν αναπαραγωγικών προσπαθειών (Faux *et al.*, 2013).



Εικόνα 1.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά ανθέων, καρπών και ταξιανθιών στην δίοικη κάνναβη. (www.illustratedgarden.org)

(A) Αρσενικό φυτό – Ταξιανθία αρσενικού φυτού

(B) Θηλυκό φυτό – Ταξιανθία θηλυκού φυτού-καρποφόρου

- 1) Ανθοταξία άρρενος φυτού
- 2) Ανθήρας και στύλοι αρσενικού άνθους
- 3) Αρσενικό άνθος
- 4) Κόκκοι από γύρη
- 5) Ανθοταξία θηλυκού φυτού μαζί με βράκτιο φύλλο
- 6) Ανθοταξία θηλυκού φυτού χωρίς βράκτιο φύλλο
- 7) Άνθος θηλυκού φυτού όπου φαίνεται η ωοθήκη και διαμήκη τομή
- 8) Καρπός αχάινιο που περιβάλλεται από βράκτιο φύλλο

- 9) Καρπός ελλείπει βράκτιου φύλλου
- 10) Καρπός σε πλάγια όψη
- 11) Διατομή καρπού
- 12) Διαμήκης τομή καρπού
- 13) Ξεφλουδισμένους καρπός χωρίς περικάρπιο (ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, 2016)

Η κάθε ποικιλία που καλλιεργείται, παρουσιάζει διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά τα οποία εξαρτώνται άμεσα από της χρηστικές της ανάγκες, ενώ τα φυτά που βρίσκονται εκτός του φάσματος της βιομηχανικής καλλιέργειας, ενδέχεται να εμφανίσουν αποκλίσεις υιοθετώντας μη εξημερωμένα χαρακτηριστικά.

Στην Εικόνα 1.4 δίνονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των καρπών, των ανθέων και των ταξιανθιών στην δίοικη κάνναβη. Πιο συγκεκριμένα:

Βλαστός: Για παράδειγμα, οι ποικιλίες κάνναβης που επιλέγονται για παραγωγή ινών αποδίδουν συνήθως ψηλά φυτά, με μειωμένες διακλαδώσεις βλαστού και λιγότερο ξυλώδη ιστό ώστε να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή ίνας φλοιού, ενώ οι ποικιλίες κάνναβης που προορίζονται για ναρκωτική-φαρμακευτική χρήση, παρουσιάζουν αυξημένες διακλαδώσεις για να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή θηλυκών ανθέων (Small *et al.*, 2013). Σε γενικές γραμμές, ο βλαστός της κάνναβης είναι όρθιος, λεπτός με απλούς έως καλά διακλαδιζόμενους μίσχους και ύψος που παρουσιάζει αρκετές μεταβολές ανάλογα τη γενετική σύσταση και της περιβαλλοντικές επιδράσεις. Συνήθως το ύψος κυμαίνεται από 1-5 μέτρα αλλά έχουν αναφερθεί και ύψη άνω των 12 μέτρων σε καλλιέργειες (Small *et al.*, 2003). Μολονότι ο βλαστός είναι της φορές ξυλώδης, τα φυτά της κάνναβης αναφέρονται ως ποώδη (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013).

Ριζικό σύστημα: Τα μορφολογικά στοιχεία του ριζικού συστήματος έχουν βρεθεί να προσαρμόζονται στο σύνολο των εδαφικών χαρακτηριστικών και στην διαθεσιμότητα του εδάφους σε νερό. Όταν η κάνναβη αναπτύσσεται σε ελαφρύ έδαφος, το ριζικό σύστημα της αποτελείται από μια κύρια ρίζα η οποία είναι πασσαλώδης και μπορεί διεισδύσει σε βάθος έως και τα 2,5 μέτρα. Όταν της επικρατούν μη ευνοϊκές συνθήκες εδάφους της υψηλή υγρασία και συνεκτικότητα, τότε έχουμε μικρή ανάπτυξη της κύριας ρίζας και αυξημένη ανάπτυξη πλαγίων ριζών (Amaducci *et al.*, 2008).

Φύλλα: Τα μεγαλύτερα φύλλα του φυτού ή αλλιώς τα επονομαζόμενα <<φύλλα βεντάλιας>>, είναι σύνθετα με έναν περιττό αριθμό φυλλαρίων (3 έως 13) που

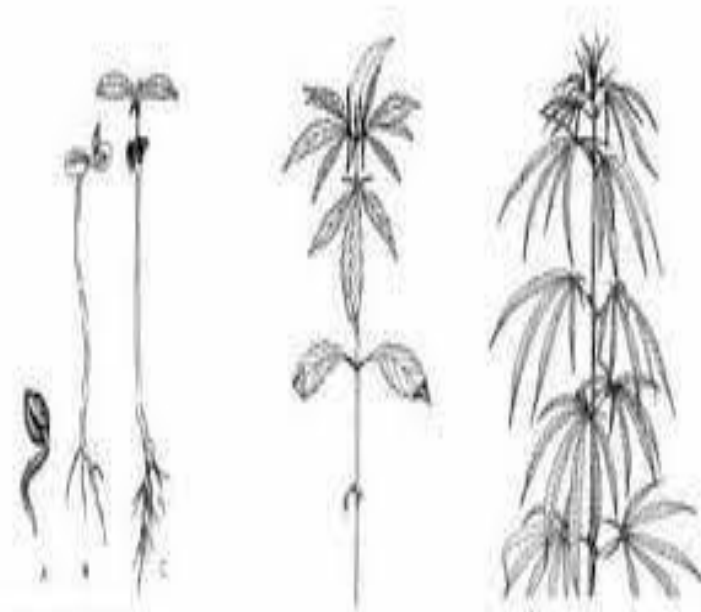
εκτείνονται από ένα κοινό σημείο στο άκρο κάθε μίσχου. Τα φυλλάρια είναι λογχοειδή ή περιστασιακά ωοειδή με οδοντωτή περιφέρεια (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013). Οι μίσχοι έχουν μήκος από 2 έως 7 εκατοστά και διατάσσονται κατά ζεύγη αντίθετα στο κάτω στέλεχος και εναλλάξ της την κορυφή του στελέχους (Small *et al.*, 2003). Το φυτό μπορεί να έχει στο φύλλωμα και της μίσχους ραβδώσεις ανθοκυανίνης και μετά από παγετό, ολόκληρο το φυτό μπορεί να γίνει μωβ.

Κατά το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, η διάκριση αρσενικών από θηλυκά φυτά είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί βάσει μόνο εμφάνισης. Τα αναπαραγωγικά ώριμα αρσενικά και θηλυκά φυτά διακρίνονται πιο εύκολα. Συγκεκριμένα, τα αρσενικά είναι λιγότερο εύρωστα και ψηλότερα, με λεπτότερους μίσχους, λιγότερες διακλαδώσεις βλαστού και μικρότερα φύλλα από τα θηλυκά (Small *et al.*, 2016).

Ταξιανθίες και άνθη: Το φυτό της κάνναβης είναι συχνά δίοικο. Έχει δηλαδή άνθη ατελή, είτε θηλυκά είτε αρσενικά, τα οποία αναπτύσσονται σε διαφορετικά φυτά. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες μοντέρνες ποικιλίες κάνναβης της οποίες τα φυτά είναι μονόικα, δηλαδή τα δύο φύλλα αναπτύσσονται πάνω στο ίδιο φυτό (Rana & Choudhary *et al.*, 2010). Τα άρρενα άνθη παράγονται, στα μονόικα φυτά, πριν από τα θηλυκά φυτά με περιστασιακά ερμαφρόδιτα άνθη (Small *et al.*, 2003). Εδώ, τα άνθη των ταξιανθιών είναι παρόμοια σε αρσενικό και θηλυκό και η αναλογία της στο φυτό ποικίλει. Μετέπειτα, οι ταξιανθίες των αρρένων ανθέων εμφανίζονται με της διακλαδώσεις και κρέμονται ταξιανθίες τύπου φόβης, ενώ τα θηλυκά άνθη βρίσκονται συγκεντρωμένα σε ταξιανθίες τύπου στάχυ (όρθιες) στην περιοχή των φύλλων, της μασχάλης. Κατά την άνθιση, στα άρρενα άνθη παρουσιάζεται με ευδιάκριτο τρόπο κάλυκας με 5 στήμονες και 5 πράσινα ή λευκά σέπαλα. Στα θήλεα άνθη απουσιάζει η στεφάνη της ακριβώς και στα άρρενα. Απαρτίζονται από δύο στύλους που προεξέχουν από μεμβρανώδη κάλυκα, μια μονόχωρη, ωοειδή ωοθήκη και τα περιβάλλει το περίανθο. Ο κάλυκας από τα θηλυκά άνθη, επικαλύπτεται από αδενώδεις τρίχες που εκκρίνουν την δέλτα-9-τετραυδροκανναβινόλη ή αλλιώς THC. (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013).

Καρπός: Ο καρπός της κάνναβης είναι αχαίνιο και στην διάρκεια της ωρίμανσης σπάει το περικάρπιο και διαχωρίζεται από το σπόρο. Το περίβλημα του σπόρου έχει ανοιχτού καφέ, γκρι και μαύρους χρωματισμούς. Έχει επίμηκες σχήμα και είναι ελαφρώς συμπιεσμένος (Clarke *et al.*, 1981). Παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι, οι σπόροι από μονόικες ποικιλίες είναι μικρότερου μεγέθους σε σχέση με της δίοικες

(Bosca & Karus *et al.*, 1998). Οι 1.000 σπόροι κάνναβης ζυγίζουν από 3g έως 60g και ο μέσος όρος τους είναι 20g (Clarke *et al.*, 1981). Ο χρόνος και η θερμοκρασία αποθήκευσης διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων. Για παράδειγμα, σπόροι αποθηκευμένοι για δύο έτη σε συνθήκες δωματίου ενδέχεται να χάσουν κατά 70-80% την ικανότητα βλαστικότητας της. Αντίθετα, σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας και θερμοκρασίας λίγο πιο πάνω από 0°C, η μακροζωία των σπόρων μπορεί να διαρκέσει περισσότερο (Suriyong *et al.*, 2015).



Εικόνα 1.5. Τα τρία πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού της κάνναβης. (www.eiha.org)

Βλάστηση σπόρων: (Α) Βλάστηση σπόρων – (Β) Κοτυληδόνες – (Γ) 1^ο ζευγάρι φύλλων.

- 1) Βλαστική ανάπτυξη: 3^ο ζευγάρι φύλλων
- 2) Έναρξη σχηματισμού ταξιανθίας

1.4. Οικολογικές Απαιτήσεις Καλλιέργειας

1.4.1. Εδαφολογικές απαιτήσεις

Σε κάθε καλλιέργεια, το έδαφος έχει κυρίαρχο ρόλο και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη του φυτού. Η κλωστική κάνναβη προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος εδαφών, με τη μόνη προϋπόθεση ότι πρέπει να αερίζεται καλά το ριζικό της σύστημα (Haney & Kutscheid *et al.*, 1975). Βέβαια, τα βέλτιστα εδάφη για την καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης παρουσιάζονται ως γόνιμα, πηλώδη, που στραγγίζουν καλά, με ουδέτερο έως ελαφρώς αλκαλικό pH. Τα αμμώδη ή βαριά πηλώδη, όξινα εδάφη

δεν ευνοούν την ανάπτυξη του φυτού. Εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία ενδεχομένως να δώσουν μεγάλη ανάπτυξη στα φυτά αλλά η ποιότητα της ίνας θα είναι υποδεέστερη και η ποσότητα μειωμένη (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013). Απαραίτητη ενέργεια πριν από την εγκατάσταση των φυτών, κρίνεται λοιπόν, η αξιολόγηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους, μέσω εδαφολογικής ανάλυσης. Σε εδάφη με έλλειψη θρεπτικών συστατικών, ειδικά σε εκείνα που απαντάται χαμηλή συγκέντρωση αζώτου, τα φυτά αδρανοποιούνται. Με την αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άργιλο, μειώνεται η παραγωγή ινών της καλλιέργειας (Li *et al.*, 1974). Χαμηλά επίπεδα αζώτου σε αμμώδες έδαφος επιτρέπουν με την καλλιέργεια της κάνναβης, περιορίζουν την ανάπτυξη των φυτών (Joyce *et al.*, 1970). Περιορισμένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, μπορεί να επέλθει από την παρουσία συμπίεσμένου εδαφικού στρώματος, καθώς περιορίζεται κατ' επέκταση η πρόσληψη νερού και θρεπτικών από την καλλιέργεια (Desanlis *et al.*, 2013).

1.4.2. Κλιματολογικές Συνθήκες

Η καλλιέργεια της κάνναβης διαθέτει ευρύ φάσμα προσαρμοστικότητας της κλιματολογικές συνθήκες. Η εξημερωμένη μορφή του φυτού μπορεί να ανεχτεί την ζέστη αποτελεσματικά, όχι της το παρατεταμένο κρύο, με της βέλτιστες θερμοκρασίες να κυμαίνονται μεταξύ 13°C και 27°C για παραγωγή ποιοτικής ίνας βαμβακιού (Small *et al.*, 2013). Τα νεαρά φυτά της *C.sativa* μπορούν να αντέξουν ελαφρύ παγετό της τάξεως των -6°C για λίγες ημέρες, αλλά μπορεί να θανατωθεί σε περιπτώσεις ισχυρού παγετού. Για παραγωγή ίνας, απαιτείται περίοδος 4 μηνών άνευ παγετών και για την παραγωγή σπόρων απαιτείται περίοδος 5–5,5 μηνών απουσία παγετών. Η παραγωγή σπόρου ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες.

Η καλλιέργεια της κάνναβης, ειδικά όταν αυτή προορίζεται για παραγωγή ίνας, έχει πολύ μεγάλες απαιτήσεις σε υγρασία εδάφους, αλλά και σε ατμοσφαιρική υγρασία, σε όλη την αναπτυξιακή περίοδο. Αυτό συμβαίνει, διότι οι συνθήκες ξηρασίας επιταχύνουν την ωρίμανση, αφήνοντας τα φυτά σε ύψος με επιθυμητό. Έρευνες πάνω στην αντοχή σε συνθήκες ξηρασίας και στην αποτελεσματικότητα χρήσης νερού είναι αρκετά αντικρουόμενες. Υπάρχει της μια γενική συμφωνία ότι οι συνθήκες έλλειψης νερού αποτελούν έναν αρκετά περιοριστικό παράγοντα στην παραγωγή κάνναβης (Cosentino *et al.*, 2013) και σίγουρα απαιτούνται μεγαλύτερες παροχές νερού απ' ό τι στα σιτηρά (Schultz *et al.*, 2020). Η ίνα που παράγει η κάνναβη είναι συγκρίσιμη με

εκείνη του βαμβακιού και έρευνες υποστηρίζουν ότι η καλλιέργεια της κάνναβης απαιτεί κατά 70% λιγότερο νερό από το βαμβάκι (Andre *et al.*, 2016).

Της περισσότερες περιοχές όπου καλλιεργείται η κάνναβη, συνήθως απαιτείται συμπληρωματική άρδευση με σκοπό την επίτευξη των βέλτιστων αποδόσεων. Μελέτες αναφέρουν ότι η κάνναβη έχει ανάγκη από 500-700 mm νερού (συνολικής υγρασίας) καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, με 250-300 mm από τα οποία να είναι διαθέσιμα κατά το βλαστικό στάδιο (Adesina *et al.*, 2020). Περιοχές υψηλής σχετικής υγρασίας δίνουν καλύτερη ποιότητα ίνα καθώς ευνοείται η διαδικασία παραλαβής. Μολονότι απαιτούνται υψηλά ποσοστά υγρασίας, η καλλιέργεια δεν είναι καθόλου ανεκτική σε συνθήκες κατάκλυσης και σε εδάφη με κακή αποστράγγιση. Ιδανικά, το φυτό αυτό καλλιεργείται σε περιοχές με υψηλή υγρασία και σημαντικές βροχοπτώσεις κατά την αναπτυξιακή περίοδο και λιγότερο σε περιοχές όπου απαιτείται άρδευση για κάλυψη των βασικών αναγκών (Adesina *et al.*, 2020).

1.5. Καλλιεργητικές Πρακτικές Κάνναβης

(Α) Προετοιμασία σποροκλίνης: Η κάνναβη αποτελεί εαρινή καλλιέργεια, συνεπώς το έδαφος προετοιμάζεται όμοια με τα υπόλοιπα εαρινά φυτά (π.χ. καλαμπόκι). Απαραίτητη πρακτική κρίνεται στο όργωμα του χωραφιού κατά την διάρκεια του φθινοπώρου. Τα ζιζάνια που εμφανίζονται, αντιμετωπίζονται την άνοιξη εφαρμόζοντας ελαφριάς μορφής καλλιεργητικές εργασίες (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013). Η προετοιμασία της σποροκλίνης για σπορά, πραγματοποιείται με καλλιεργητή και δισκοσβάρνα. Σημαντικό είναι της να τονιστεί ότι το χωράφι θα πρέπει να είναι σε ιδανική κατάσταση, έτσι ώστε να αποφευχθεί η συμπίεση του εδάφους (Struik *et al.*, 2000).

(Β) Σπορά: Προαναφέρθηκε ότι η κάνναβη είναι εαρινό φυτό και η σπορά του συνεπώς θα πρέπει να πραγματοποιείται όταν το έδαφος έχει θερμοκρασίες γύρω της 10 °C (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013). Η καλλιέργεια απαιτεί συγκεκριμένη διάρκεια σε ημερήσιο φωτισμό, κοντά της 14 ώρες, με σκοπό να καθυστερήσει η άνθιση και να προκύψουν βέλτιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης, περί της 19-26 °C. Στην χώρας της, παρατηρείται μια κλιμάκωση στην περίοδο σποράς η οποία ξεκινάει από τα μέσα Μαρτίου και φτάνει έως τα μέσα του Απρίλη (Amaducci *et al.*, 2008). Η περίοδος σποράς εξαρτάται από την περιοχή, της επικρατούσες συνθήκες και τον σκοπό της καλλιέργειας. Σε βορειότερες ευρωπαϊκές χώρες, έχουμε παράταση της

περιόδου σποράς έως και τον Μάιο. Πρώιμες σπορές, πλεονεκτούν καθότι αυξάνεται η βλαστική ανάπτυξη των φυτών σε μέτριες ανοιξιάτικες θερμοκρασίες, ενώ γίνεται ταυτόχρονα καλύτερη αξιοποίηση της εδαφικής υγρασίας (Amaducci *et al.*, 2015). Επιπροσθέτως, οι σπορές αυτές, έχουν ως κύριο στόχο την ανάπτυξη μεγαλύτερου στελέχους στο φυτό και την σποροπαραγωγή (Faux *et al.*, 2013). Η πρώιμη σπορά σε μεσογειακά κλίματα πραγματοποιείται τον Φεβρουάριο ή της αρχές Μαρτίου. Πολύ πρώιμες σπορές σε ποικιλίες ευαίσθητες στην φωτοπερίοδο, θα πρέπει να αποφεύγονται καθώς οι λιγότερες από 14 ώρες φωτός ημερησίως πολύ πιθανόν να οδηγήσουν σε πτώση της παραγωγής λόγω πρόωρης άνθισης. Η σπορά μπορεί να γίνει είτε στα πεταχτά, είτε γραμμικά για ομοιόμορφη κατανομή της καλλιέργειας. Το επιθυμητό τελικό προϊόν καθορίζει της πυκνότητα σποράς στον αγρό (Stafecka *et al.*, 2016). Για ίνα, η σπορά γίνεται σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 10-15 cm και χρησιμοποιούνται 4-8 kg σπόρου στρ βάσει πάντα συνθηκών σποράς. Για αυτή την ποσότητα σπόρου απαντώνται 100-400 φυτά ανά m². Πυκνότερες φυτεύσεις, οδηγούν σε μη διακλαδιζόμενα στελέχη και κατά συνέπεια καλύτερης ποιότητας ινών βλαστού. Υπερβολικά πυκνές φυτεύσεις, μπορεί να οδηγήσουν συχνά σε θάνατο κάποιων φυτών λόγω ανταγωνισμού με αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής απόδοσης των φυτών και την ανομοιόμορφη ανάπτυξη της. Όταν το τελικό προϊόν είναι οι ταξιανθίες, τότε οι αποστάσεις φύτευσης αυξάνονται σημαντικά και στόχος είναι να προκύψουν 300-500 φυτά στρ (Amaducci *et al.*, 2015).

Για σποροπαραγωγή, δύο είναι τα συστήματα καλλιέργειας που έχουν αναπτυχθεί:

- 1) **Παραδοσιακό:** 60-70 cm αποστάσεις μεταξύ των γραμμών και 10-12 cm απόσταση επί της γραμμής. Ποσότητα σπόρου: 1-2 kg στρ.
- 2) **Σύστημα πυκνών γραμμών (κοντόσωμες ποικιλίες):** 20 cm μεταξύ των γραμμών. Ποσότητα σπόρου: 3 kg στρ. Βάθος σποράς: 2,5 cm και βαθύτερα σε ξηρά εδάφη.

(Γ) Λίπανση: Η καλλιέργεια της κάνναβης έχει εύλογες απαιτήσεις αναφορικά με της ανάγκες της σε θρεπτικά. Τα κύρια θρεπτικά που απαιτούνται για την ομαλή ανάπτυξη του φυτού είναι το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P) και το Κάλιο (K). Αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν διερευνήσει την επίδραση του N στην παραγωγή κάνναβης σε όλο τον κόσμο. Η απόκριση απόδοσης της βιομάζας της N λίπανσης σε ήδη γόνιμο έδαφος έχει βρεθεί να είναι αμελητέα (Prade *et al.*, 2011), ενώ έχει παρατηρηθεί μια πολύ υψηλή αύξηση της απόδοσης της τάξεως των 60 kg/N όταν η εφαρμογή γίνεται σε φτωχά εδάφη (Finnan & Burke *et al.*, 2013). Εκτός από την επίδραση της

απόδοσης σε βιομάζα, η αζωτούχος λίπανση έχει βρεθεί να παρουσιάζει αρνητικό αντίκτυπο στο περιεχόμενο του φλοιού του στελέχους (H.M.G van dew Werf *et al.*, 1995). Συγκεκριμένα, όταν εφαρμοστεί στο φυτό υπερβολική ποσότητα αζωτούχου λίπανσης, τότε προάγεται η χυμώδης ανάπτυξη η οποία εστιάζει στην αύξηση του βλαστού παραπάνω από τα επιθυμητά επίπεδα και προκύπτουν ίνες κάνναβης με λιγότερη αντοχή. Υψηλό άζωτο μπορεί μάλιστα να μειώνει την περιεκτικότητα του σπόρου κάνναβης σε λάδι, εξισορροπείται δε η μείωση αυτή, καθώς αυξάνει την απόδοση σε σπόρο και κατ'επέκταση η συνολική ποσότητα λαδιού.

Σε αντίθεση με την N λίπανση, οι μελέτες που έχουν διενεργηθεί για την επίδραση P και K της λίπανσης είναι πολύ λιγότερες στην παραγωγή κάνναβης. Έρευνα έχει δείξει ότι 10 kg στρ P και 20 kg στρ K, δεν επιδρούν σημαντικά στην απόδοση της βιομάζας κάνναβης (Aubin *et al.*, 2016). Ωστόσο, διαπιστώνεται από μελέτες ότι οι P και K λιπάνσεις όταν εφαρμοστούν μαζί, ενισχύουν της θετικές επιδράσεις της N λίπανσης (Ivonyi *et al.*, 1997). Οι ανάγκες πρόσληψης θρεπτικών από το φυτό εντείνονται πριν την ανθοφορία. Οι (Piotrowski & Carus *et al.*, 2011) αναφέρουν ότι η λίπανση που συνηθίζεται σε κανονικά εδάφη είναι 8-10 kg/N στρ, 10 kg P₂O₅ στρ και 15 kg K₂O. Σημαντικό βέβαια να τονισθεί, ότι είναι απαραίτητο να συνυπολογίζεται στην εφαρμογή λιπασμάτων η εδαφολογική εξέταση των εκάστοτε αγροτεμαχίων.

(Δ) Άρδευση: Οι απαιτήσεις της βιομηχανικής κάνναβης σε νερό είναι αρκετές και συχνά καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα και την απόδοση της καλλιέργειας. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το στάδιο της ανάπτυξης του φυτού είναι οι δυο βασικοί εκ των παραγόντων που επηρεάζουν της ανάγκες του φυτού σε νερό. Μεταξύ άνθισης και ωρίμανσης έχουμε την πιο κρίσιμη περίοδο για το φυτό. Τότε το νερό που απαιτείται αγγίζει το 50% των συνολικών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό. Συνεπώς, σε εκείνο το διάστημα συνιστάται η καλή παροχή νερού αποφεύγοντας διαστήματα μακράς έλλειψης. Στον Μεσογειακό χώρο, οι απαιτήσεις σε πρώιμη μονόκη ποικιλία είναι 250mm και σε όψιμες δίοικες η ποσότητα άρδευσης που προτείνεται είναι τα 450mm νερού (Cosentino *et al.*, 2013). Οι Bosca & Karus αναφέρουν ότι στην καλλιέργεια του κανναβιού απαιτείται διαθέσιμη υγρασία ύψους 500-700mm για βέλτιστες αποδόσεις, από τα οποία 250-300 mm θα πρέπει να τα προσλάβει το φυτό κατά την βλαστική του ανάπτυξη.

(Ε) Ζιζανιοκτονία: Η καλλιέργεια της κάνναβης είναι αρκετά ανταγωνιστική έναντι των ζιζανίων, ειδικά όταν πρόκειται για παραγωγή ίνας όπου έχει επέλθει πυκνότερη

φύτευση. Όταν η σπορά πραγματοποιηθεί σε καλά προετοιμασμένο και γόνιμο έδαφος με κατάλληλες συνθήκες εργασίας και θερμοκρασίας, το φύτεμα έρχεται γρήγορα και σε 3- 4 εβδομάδες από τη σπορά τα φυτά μπορούν να φτάσουν στα 30 cm ύψος. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε άμεση επικάλυψη του εδάφους και δεν υπάρχουν περιθώρια ανάπτυξης ζιζανίων λόγω μειωμένου φωτισμού. Συνεπώς, στην κάνναβη για ένα δεν γίνεται χρήση ζιζανιοκτόνων. Όταν πρόκειται για σποροπαραγωγή, η ανάπτυξη των ζιζανίων δεν καταστέλλεται πλήρως, καθώς τα φυτά έχουν την μικρότερη πυκνότητα στον αγρό. Σε τέτοιες περιπτώσεις όπου το τελικό προϊόν είναι ο σπόρος, συνιστάται η επιλογή αγρών οι οποίοι είναι καθαροί από ζιζάνια και μετέπειτα καταπολέμηση ζιζανίων με ζιζανιοκτόνα και σκαλίσματα (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013).

(Ζ) Αμειψισπορά: Η καλλιέργεια της κάνναβης μπορεί να πραγματοποιηθεί σε έναν αγρό για διάστημα 3-4 ετών συνεχόμενα χωρίς να δημιουργηθεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Φυτά χλωρής λίπανσης, ωφελούν την καλλιέργεια αυτή σε συνθήκες αμειψισποράς καθώς αφήνουν στο έδαφος άζωτο. Μπορεί να ανταποκριθεί σε ικανοποιητικό βαθμό μετά από σχεδόν οποιαδήποτε καλλιέργεια (H. Van der Werf *et al.*, 1987). Μολονότι απαιτεί αρκετά θρεπτικά, ή άντληση των στοιχείων δεν γίνεται από εδάφους καθώς φύλλα και μέρος ή ολόκληρα τα στελέχη, επιστρέφουν στο έδαφος κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, ανάλογα με την κατεύθυνση της παραγωγικής διαδικασίας. Η κάνναβη αντλεί στοιχεία θρέψης από βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι η κάνναβη για ένα μπορεί να βελτιώσει την υγεία του εδάφους, καταστέλλοντας παθογόνα της νηματώδεις και *Verticillium* (Kok *et al.*, 1994).

1.6. Εχθροί και Ασθένειες Κάνναβης

1.6.1. Εχθροί

Οι περισσότεροι εχθροί που προσβάλλουν τα φυτά της κάνναβης είναι έντομα. Ο αριθμός των εχθρών που έχουν καταγραφεί προσεγγίζει της 300, της λίγοι είναι εκείνοι που μπορούν να επιφέρουν οικονομικά ασύμφορες απώλειες στην καλλιέργεια. Στην κάνναβη, τα πιο επικίνδυνα έντομα είναι :

- 1) οι βλαστορρύκτες των Λεπιδοπτέρων, με κύρια τον βλαστορύκτη του καλαμποκιού *Ostrinia nubilalis*
- 2) και τον βλαστορύκτη της κάνναβης *Grapholita delineana*,

- 3) ακολουθούν τα σκαθάρια που τρυπούν μίσχους και ρίζες της *Psylliodes attenuata*, *Thyestes gebleri*, *Ceutorhynchus rapae*, *rhinocus pericarpus*
- 4) και αρκετά *Mordellistena spp.*, η μηλολόνη ή *Melolontha spp.*,
- 5) και ο βρόχος ή *Crutorhynchus spp.*

Καταγραφές προσβολών σε σπόρους, άνθη και φύλλα, έχουν γίνει από έντομα της:

- 1) Ασημένιος σκόρος – *Autographa gamma*
- 2) Αχερόντια – *Acherontia Atropos*
- 3) Μαμέστρα – *Mamestra configurata*
- 4) Πράσινη αφίδα της ροδακινιάς – *Myzus persicae*
- 5) Φυλλορήκτης της κάνναβης – *Liriomyza cannabis*
- 6) Αφίδα της κάνναβης – *Phorodon cannabis*
- 7) Λύγκος – *Lygusus lineolaris*

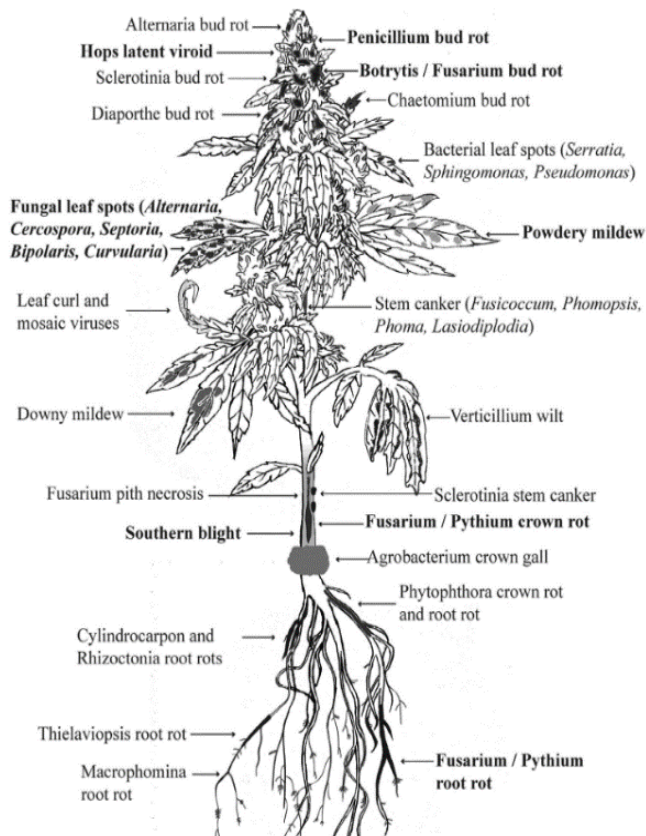
Σοβαροί εχθροί αποτελούν της ακάρεα του γένους *Tetranychus spp.* Και τέλος, οι νηματώδεις του γένους *Meloidogyne spp.* Θεωρούνται εξίσου επιβλαβείς για την καλλιέργεια. Οι γυμνοσάλιαγκες, τα τρωκτικά και τα πουλιά είναι εχθροί ολόκληρου του φυτού και των σπόρων. (Mc Partland *et al.*, 1996).

1.6.2. Ασθένειες

Με χρήση της μεθόδου Αλυσιδωτής Πολυμεράσης, έχει καταστεί δυνατό να γίνει ταυτοποίηση των παθογόνων που προσβάλουν την κάνναβη, σε επίπεδο είδους. Στην Εικόνα 1.6 δίνονται τα παθογόνα και η περιοχή δραστηριοποίησης της στο φυτό. Με σκούρα γράμματα τονίζονται τα πιο καταστροφικά παθογόνα. Συνοψίζοντας, στο φυτό της κάνναβης μπορεί να προκληθούν:

- Σήψεις οφθαλμών από της μύκητες: *Alternaria*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Diaporthe*
- Βακτηριακή κηλίδωση φύλλων από τα βακτήρια: *Serratia*, *Sphingomonas*, *Pseudomonas*
- Μυκητιακή κηλίδωση φύλλων από της μύκητες: *Alternaria*, *Cercospora*, *Septoria*, *Bipolaris*, *Curvularia*
- Καρκίνος του στελέχους από: *Fusicoccum*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Lasiodiplodia*, *Sclerotinia*.
- Κατσάρωμα φύλλων και ιός του μωσαϊκού
- Μάρανση φύλλων από *Verticillium*

- Προσβολές από περονόσπορο
- Νέκρωση του ξύλου από *Fusarium*
- Αλτερναριώσεις,
- Σήψεις κορυφής από *Fusarium/Pythium*
- Σηψιρριζίες από *Phytophthora*, *Cylindrocarpon*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*, *Macrophomina*, *Fusarium*, *Pythium*



Εικόνα 1.6. Τα παθογόνα που προσβάλλουν τα φυτά κάνναβης. Τα παθογόνα με έντονους χαρακτήρες είναι τα πιο επιζήμια (Punja *et al.*, 2021).

1.7. Συγκομιδή και αποδόσεις καλλιέργειας

Όταν πρόκειται για παραγωγή ίνας, η συγκομιδή πραγματοποιείται 100 μέρες από τη σπορά και γίνεται κοπή των στελεχών του φυτού. Για την μεγιστοποίηση των αποδόσεων, τα φυτά ωθούνται να αποκτήσουν 2-5 μέτρα ύψος μέσω της πυκνής σποράς και της κατάλληλης επιλογής γενοτύπου κατά την επιλογή της ποικιλίας (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013). Όταν πρόκειται για την παραγωγή σπόρου, η συγκομιδή γίνεται έως 150 μέρες από τη σπορά, με την ωρίμανση άνω του 60% των συνολικών σπόρων. Οι ποικιλίες για σπόρο, είναι πιο κοντόσωμες, εμφανίζουν μικρό αριθμό διακλαδώσεων και παρουσιάζουν πρόωμη ωρίμανση στην εύκρατη ζώνη. Η

συγκομιδή της πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα. Πλέον, γίνονται και μελέτες που αφορούν, όχι μόνο την αύξηση της ποσότητας του συγκομισμένου σπόρου αλλά και την αύξηση της περιεκτικότητας του σε έλαιο. Στην νεότερη εποχή, το ενδιαφέρον έχει στραφεί στη συγκομιδή των ταξιανθιών του φυτού. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχουν διαθέσιμα μηχανήματα τα οποία συγκομίζουν σε δύο φάσεις:

- 1) Αρχική κοπή του ανώτερου τμήματος του φυτού περί τα 30cm
- 2) Μετέπειτα κοπή των στελεχών (Gusonius *et al.*, 2016).



Εικόνα 1.7: <https://semi-matti.it/how-to-harvest-cannabis-jorge-cervantes/?v=cd32106bcb6d>

Όταν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί κατά την άνθιση, προκύπτει καλύτερης ποιότητας ίνα. Βέβαια, οι γενετιστές προσπαθούν να δημιουργήσουν γενοτύπους οι οποίοι θα επιδέχονται μηχανική συγκομιδή και το συγκομισμένο προϊόν θα μπορεί να συνδυάζει μεγάλη ποσότητα σπόρου και ύψιστη ποιότητα ινών, ώστε οι παραγωγοί να μπορούν να επωφεληθούν στο έπακρον από την καλλιέργεια της (Amaducci *et al.*, 2015).

Αναφορικά με της αποδόσεις της κάνναβης σε βάρος ίνας και βλαστού, η βιβλιογραφία αναφέρει ότι είναι ανάλογες των κλιματολογικών συνθηκών, της πυκνότητας φύτευσης, της λίπανσης, του εδάφους και της ποικιλίας. Οι βλαστοί καταλαμβάνουν ένα 80% του υπέργειου τμήματος του φυτού, έχουν 12% υγρασία και το ξηρό της βάρος αντιστοιχεί σε 450-750 kg/στρ. Οι ίνες των βελτιωμένων ποικιλιών αποτελούν ένα 25-30% του βάρους του βλαστού το οποίο αντιστοιχεί σε 150-200 kg/στρ, εκ των οποίων, μόνο ένα ποσοστό της τάξεως του 20% κρίνεται κατάλληλο για χρήση στη βιομηχανία της υφαντουργίας. Οι ίνες που παραλαμβάνονται από τα

φυτά είναι είτε κοντές, είτε μακριές, ανάλογα το ύψος του φυτού. Ποιοτικά ανώτερες, είναι οι ίνες χρώματος λευκού της κρεμ, με όψη γυαλιστερή, με μεγάλη διάρκεια ζωής και αντοχή. Στην δίοικη κάνναβη, η απόδοση του φυτού σε σπόρο είναι αισθητά μικρότερη καθώς τα μισά φυτά της καλλιέργειας δεν παράγουν σπόρο. Νέες μονοίκες ποικιλίες, έχουν οδηγήσει σε μερική αύξηση των αποδόσεων που αντιστοιχεί σε 120-150 kg/στρ (Παπακώστα – Τασοπούλου *et al.*, 2013).

1.8. Χρήσεις της βιομηχανικής Κάνναβης

Τα διάφορα μέλη του φυτού της κάνναβης παράγουν ένα μεγάλο εύρος προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλαπλούς βιομηχανικούς τομείς. Τα κύρια τμήματα του φυτού που αξιοποιούνται είναι τα εξής;

- 1) Οι ταξιανθίες για την άντληση κανναβινοειδών,
- 2) Το στέλεχος για την παραγωγή ινών και κατ'έκταση χαρτιού, υφασμάτων, συνθετικών υλικών, υλικών δόμησης, ενέργειας, βιοντίζελ, βιοκαυσίμων (Promhuad *et al.*, 2022)
- 3) Οι σπόροι για την κατανάλωση του ως τρόφιμο, για την παραγωγή ελαίου για προσωπική φροντίδα, ως πηγή ενέργειας και βιοκαυσίμου (Salentijn *et al.*, 2015).



Εικόνα 1.8.1. Οφέλη από την καλλιέργεια κλωστικής και φαρμακευτικής κάνναβης (<https://www.iatronet.gr/eidiseis-nea/epistimi-zwi/news/34944/simantika-ta-ofeli-apo-tin-kalliergeia-klwstikis-kai-therapeftikis-kannavis.html>)

Η υψηλή περιεκτικότητα της κάνναβης σε κυτταρίνη έχει προάγει την αξιοποίηση της ως ενεργειακό φυτό (Cosentino *et al.*, 2013). Τα παράγωγα κυτταρίνης, από τα οποία αποτελούνται οι ίνες της κάνναβης, παρουσιάζουν ανώτερη αντοχή όταν χρησιμοποιούνται ως ενισχυτές σε θερμοπλαστικές συσκευασίες και χαρτί. Με την αύξηση των καινοτόμων εφαρμογών στα συστατικά και παραπροϊόντα της κάνναβης, διευκολύνεται η χρήση πράσινων αειφόρων βιοϋλικών στην επίλυση ζητημάτων βιωσιμότητας (Promhuad *et al.*, 2022). Στην εικόνα 1.8 αναπαρίστανται τα τμήματα του φυτού και οι αντίστοιχες της της της διάφορες βιομηχανίες. Οι όλο και αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις αποτελούν σοβαρή απειλή για την βιωσιμότητα του πλανήτη. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα αισθητό σε μέρη όπου οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι υψηλές και τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται εκτενώς για την κάλυψη των αναγκών. Η βιομηχανική κάνναβη έχει βρεθεί να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή βιοενέργειας και έχει εφαρμοστεί σε ποικίλες αγορές υψηλών απαιτήσεων (Parvez *et al.*, 2021). Μολονότι η κάνναβη ως καλλιέργεια έχει αντιμετωπίσει πληθώρα νομικών εμποδίων, η παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης από την βιομηχανική μορφή της εμφανίζει ισχυρό δυναμικό αναφορικά με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ταυτόχρονη ενίσχυση της οικονομίας των χωρών που την φιλοξενούν.



Εικόνα 1.8.2. Οι πολλαπλές χρήσεις του φυτού της κάνναβης. (<https://www.4elementsseeds.gr/kyrioteres-xrhseis-viomhxanikhs-kannavis>)

Οι σπόροι μπορεί να αξιοποιηθούν σε ζωοτροφές, στα τρόφιμα, στον αισθητικό τομέα κεκαλυμμένοι ή αποφλοιωμένοι ή μπορεί να υποβληθούν σε διαδικασία ψυχρής έκθλιψης για παραγωγή αιθέριων ελαίων για την βιομηχανία τροφίμων και καλλυντικών. Το στέλεχος δύναται να δώσει ρινίσματα και ίνες, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετέπειτα από την ζωική βιομηχανία, τον κατασκευαστικό κλάδο και την κλωστοϋφαντουργία. Συγκριτικά με άλλα ποώδη φυτά, το ριζικό σύστημα της κάνναβης είναι πολύ ανεπτυγμένο, χαρακτηριστικό το οποίο το καθιστά κατάλληλο για φυτοαποκατάσταση του εδάφους από βαρέα μέταλλα. Οι ταξιανθίες της κάνναβης δύναται να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων και καλλυντικών (Farizon *et al.*, 2020).

1.9. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση της πυκνότητας, της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση – ανάπτυξη και απόδοση σε βιομάζα στην καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Πειραματικός αγρός

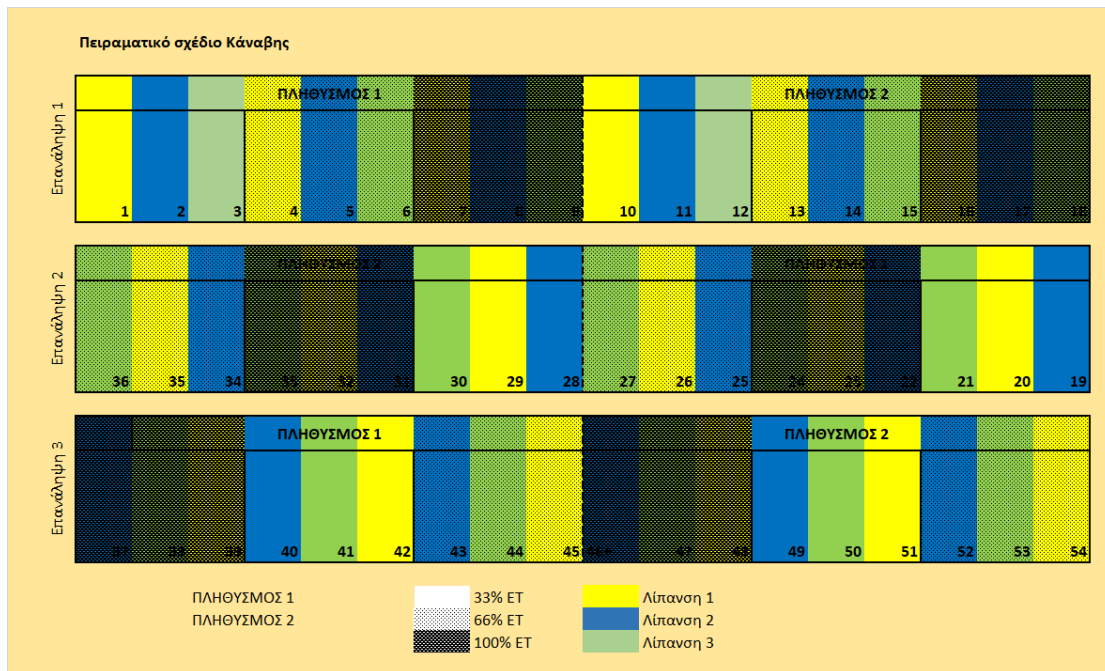
Στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο Μαγνησίας, πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση πειραματικού αγρού βιομηχανικής κάνναβης, και συγκεκριμένα η ποικιλία DIOICA 88. Η προμήθεια του σπόρου πραγματοποιήθηκε από το εξωτερικό και η ποικιλία βρίσκεται στον εθνικό κατάλογο με περιεχόμενη περιεκτικότητα σε (-)-τρανς- Δ^9 -τετραϋδροκανναβινόλη μικρότερη ή ίση με 0,2%. Για την εγκατάσταση της έλαβαν μέρος οι απαιτούμενες ενέργειες από το Εργαστήριο και το ΥΠΑΑΤ.



Εικόνα 2.1. Αγρόκτημα ΠΘ Βελεστίνου, πειραματικός αγρός.

2.2. Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο (Σχ. 1) που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων με υποτεμάχια (split-split-plot design). Κύρια τεμάχια ήταν οι δύο πληθυσμοί (60 και 120 φυτά το m^2), υποτεμάχια τα τρία επίπεδα άρδευσης (33, 66 και 100% Ετο) και υπό-υποτεμάχια τα τρία επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (0, 7 και 14 kg N/στρέμμα) σε τέσσερις επαναλήψεις, συνολικά δηλαδή 72 τεμάχια.



Σχήμα 2.1. Πειραματικό σχέδιο βιομηχανικής κάνναβης.

2.3. Προετοιμασία αγρού – Σπορά

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε βαθιά άροση του αγρού με τη χρήση γεωργικού ελκυστήρα και μετέπειτα ψιλοχωματισμός του εδάφους με την χρήση περιστροφικής σβάρνας.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε της 6 Μαΐου με 2022 με σπαρτική ψιλών σπόρων και σε πληθυσμούς 60 και 120 φυτών το τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 2.3.1. Ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 2.3.2. Σπαρτική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε.

2.4. Καλλιεργητικές φροντίδες

2.4.1. Αζωτούχος λίπανση

Η λίπανση της καλλιέργειας έλαβε μέρος της 07/07/2022 χειρωνακτικά επί της γραμμής με τη χρήση του λιπάσματος Alzon, 46-0-0. Αμέσως μετά την εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης πραγματοποιήθηκε άρδευση της καλλιέργειας για τη μείωση των απωλειών από πιθανή εξάτμιση του λιπάσματος.



Εικόνα 2.4.1. Λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε στη διαφοροποίηση της αζωτούχου λίπανσης της καλλιέργειας.

2.4.2. Άρδευση

Μετά την σπορά πραγματοποιήθηκε αμέσως άρδευση με καταιονισμό για το φύτευμα της καλλιέργειας. Κατόπιν στον πειραματικό αγρό πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση συστήματος στάγδην άρδευσης με διαφορετικές παροχές σταλάκτη ώστε να επιτευχθούν οι διαφοροποιήσεις στην άρδευση.



Εικόνα 2.4.2 Σύστημα άρδευσης της καλλιέργειας

2.5. Μετρήσεις

Για τη μελέτη της επίδρασης της πυκνότητας, της άρδευσης και της λίπανσης στην αύξηση-ανάπτυξη και απόδοση σε βιομάζα της βιομηχανικής κάνναβης πραγματοποιήθηκαν καταστροφικές δειγματοληψίες σε τακτά χρονικά μέχρι και το Σεπτέμβριο. Οι χρονικές στιγμές που έλαβαν μέρος οι δειγματοληψίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

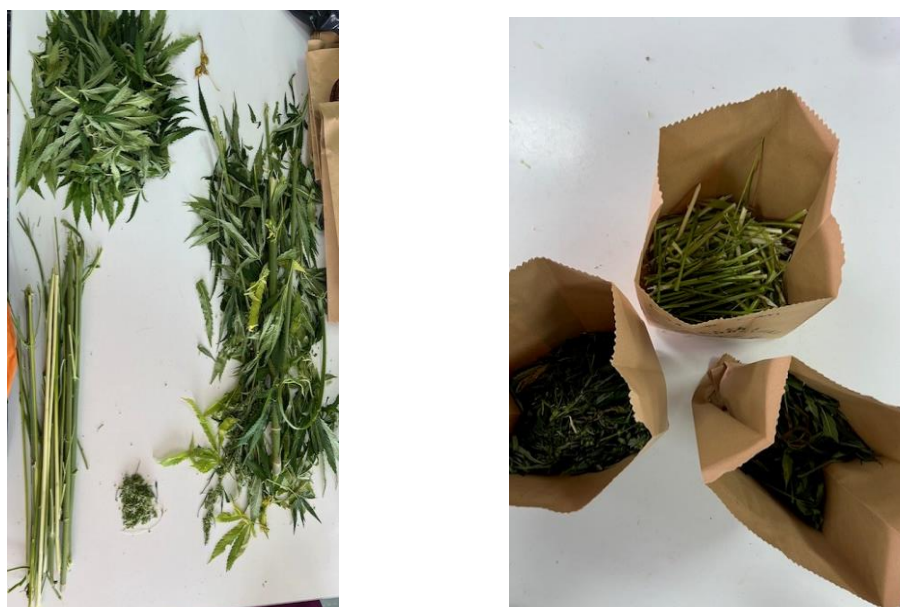
Πίνακας 1. Ημερομηνίες δειγματοληψιών.

Δειγματοληψία	Ημερομηνία
1 ^η	18/7/2022
2 ^η	2/8/2022
3 ^η	18/8/2022
4 ^η	21/9/2022

Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή του υπέργειου τμήματος των φυτών που περικλείονταν εντός επιφάνειας συνολικού εμβαδού 0,5 m² (100 cm x 50 cm = 0,50 m²) από κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Αρχικά γινόταν καταγραφή του συνολικού χλωρού βάρους των φυτικών αυτών δειγμάτων και στη συνέχεια επιλεγόταν ένα αντιπροσωπευτικό υπόδειγμα φυτών από το συνολικό δείγμα κάθε τεμαχίου και όπου ζυγιζόταν το χλωρό βάρος του πριν οδηγηθεί για ξήρανση.

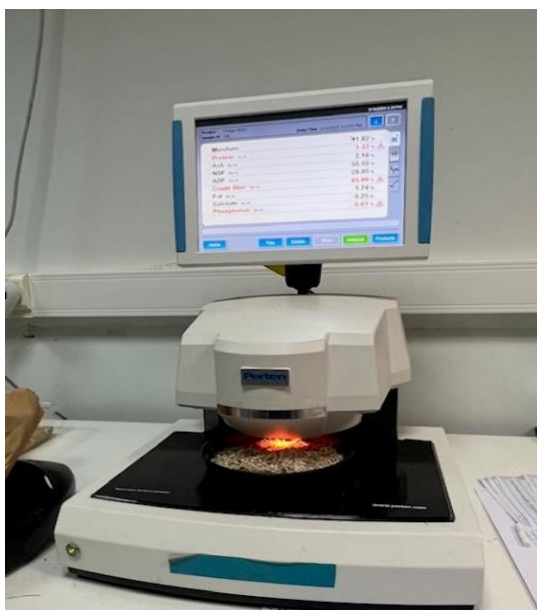
Τα υποδείγματα διαχωρίζονταν στα επιμέρους φυτικά μέρη και ακολουθούσε η ξήρανση των δειγμάτων σε ξηραντήριο αέρος σε θερμοκρασία 59°C. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.



Εικόνα 2.5: Διαχωρισμός των φυτών της κάνναβης στα επιμέρους τμήματα.

2.6. Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

Με την βοήθεια του αναλυτή NIR (DA 7250 NIR analyzer, Perten Instruments, Hagersten, Sweden) εκτιμήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Οι εκτιμώμενοι παράμετροι (ως ποσοστό %) για τα ξηρά φυτικά υλικά ήταν η τέφρα (ASH), η πρωτεΐνη (PROTEIN) και η περιεχόμενη υγρασία (MOISTURE). Λόγω μη ύπαρξης σχετικής καμπύλης για την καλλιέργεια της κάνναβης, στον αναλυτή NIR χρησιμοποιήθηκε η επιλογή του «forage dry» για τις μετρήσεις και μπορεί να υπάρχουν τυχόν αποκλίσεις.



Εικόνα 2.6. Αναλυτής NIR.

2.7. Έδαφος

Η εκτίμηση των εδαφικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε με δειγματοληψία και ανάλυση από διάφορα σημεία του πειραματικού αγρού σε βάθος 0-30 και 30-60 cm. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αργιλώδες με αλκαλική αντίδραση τόσο στον επιφανειακό όσο και στον υπό-επιφανειακό εδαφικό ορίζοντα.

2.8. Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από αυτοματοποιημένο μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο σε καθημερινή .

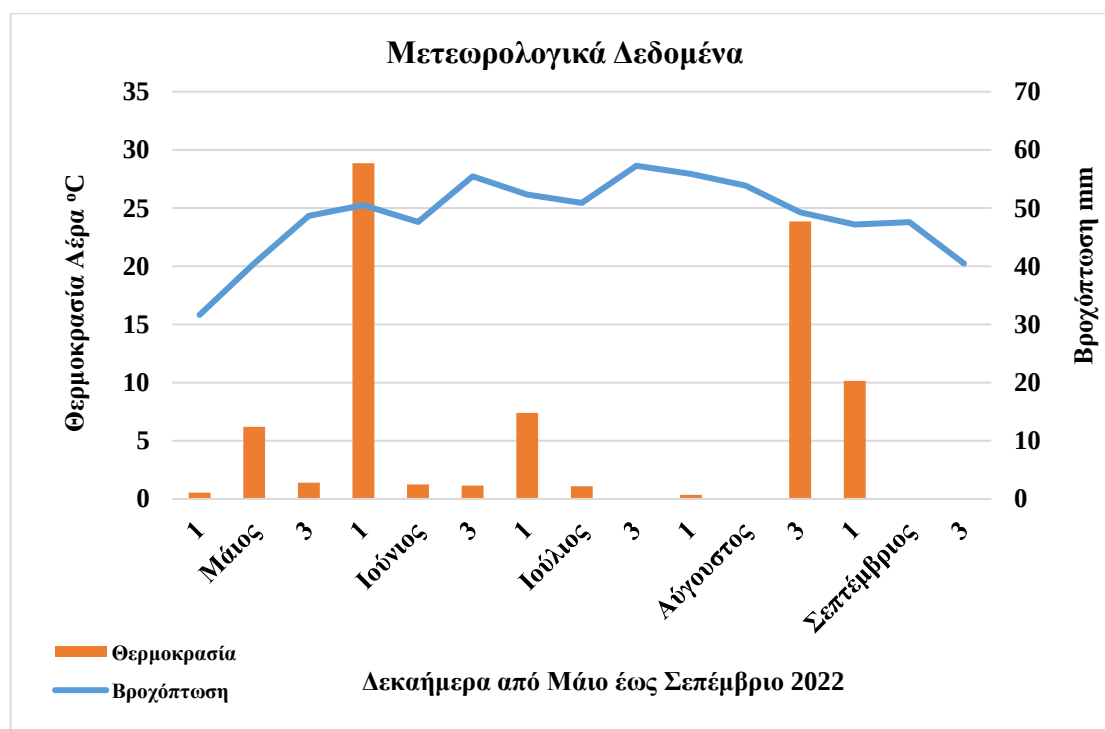
2.9. Στατιστική ανάλυση

Για την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο GenStat (7^η Έκδοση) για όλα τα δεδομένα που μετρήθηκαν και προέκυψαν. Η ΕΣΔ₀₅ χρησιμοποιήθηκε ως το κριτήριο δοκιμής για την αξιολόγηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων (Steel and Torrie, 1982) των παραγόντων και/ή των επιδράσεων αλληλεπίδρασης.

3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από το τυπικό μεσογειακό κλίμα με τις ευδιάκριτες διακυμάνσεις στις καιρικές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα για αυτή τη μελέτη δείχνουν ότι οι καλοκαιρινοί μήνες στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζονται από ζεστό και ξηρό καιρό. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα δείχνουν ότι η μέγιστη μέση θερμοκρασία αέρα κατά την περίοδο δειγματοληψίας έφτασε τους 28,6°C.

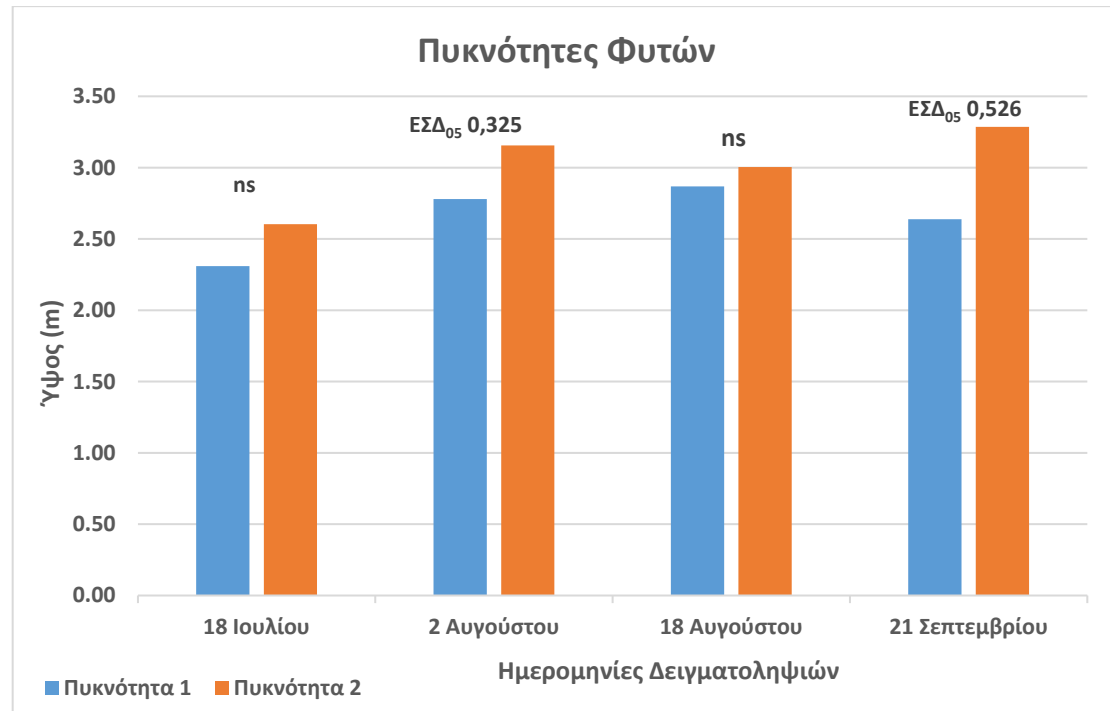


Διάγραμμα 3.1.1: Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά δεκαήμερο για την καλλιεργητική περίοδο.

Στην περίπτωση της βροχόπτωσης καταγράφηκαν στην περιοχή για τις περιόδους συγκομιδής περί τα 95,8 mm, 0mm, 0,7mm, 68,0mm, αντίστοιχα. Αυτά τα στοιχεία υπογραμμίζουν την εμφάνιση συνθηκών ξηρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα από τα μέσα Ιουλίου έως τα μέσα Αυγούστου. Η έλλειψη βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου υπογραμμίζει την άνυδρη φύση του μεσογειακού καλοκαιριού και τον πιθανό αντίκτυπο του στις γεωργικές πρακτικές, και την ανάγκη άρδευσης σε καλλιέργειες όπως η κάνναβη.

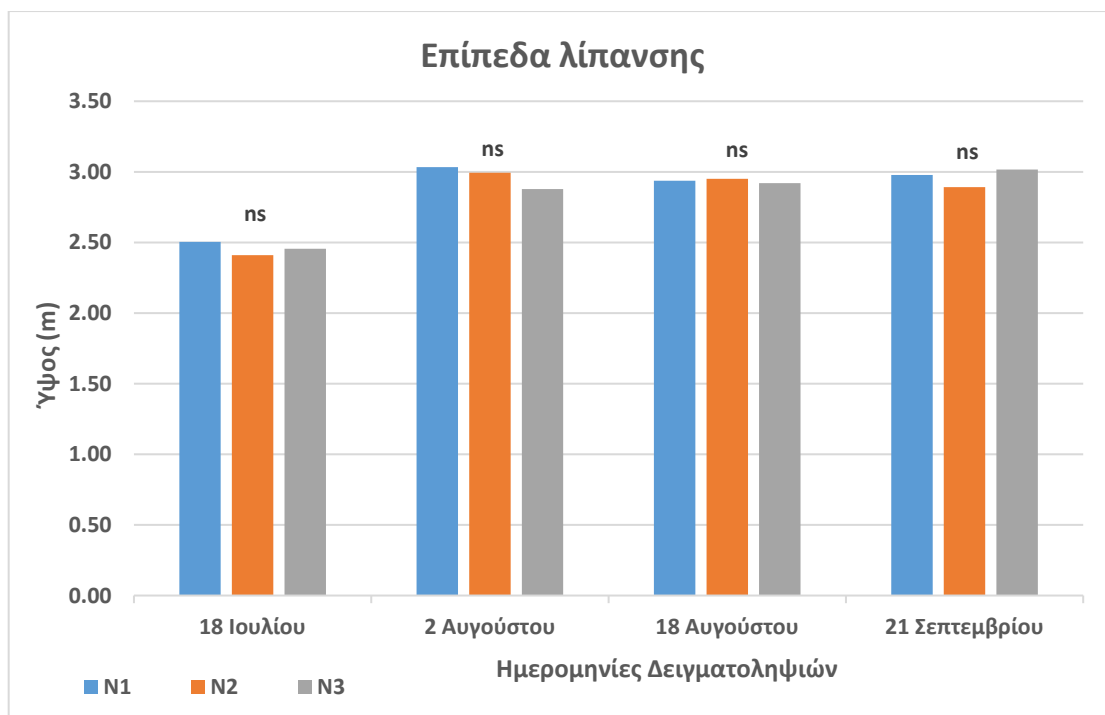
3.2. Ύψος Φυτών

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις μετρήσεις για να προσδιορισθεί το ύψος των φυτών. Η πρώτη έγινε 74 ημέρες μετά την σπορά, ενώ οι επόμενες μετρήσεις που ακολούθησαν έγιναν στις 90, 106, 140 ημέρες μετά την σπορά.



Διάγραμμα 3.2.1: Επίδραση της πυκνότητας στο ύψος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

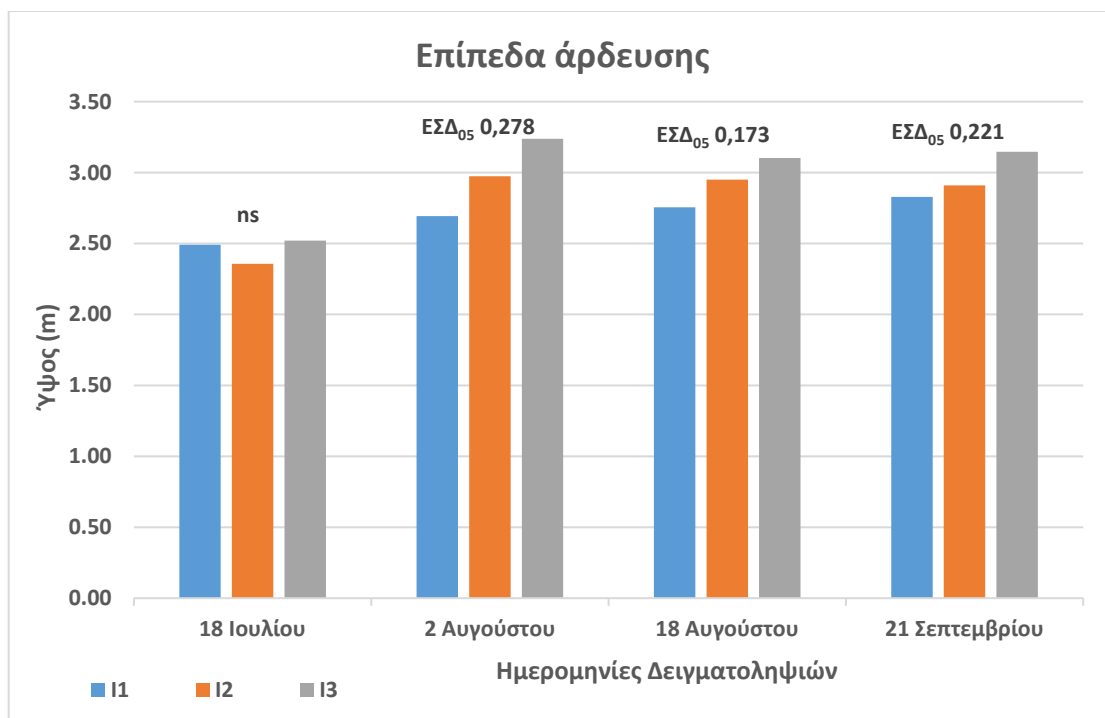
Στο Διάγραμμα 3.2.1, παρατηρείται η μεταβολή του ύψους των φυτών μεταξύ των δύο πληθυσμών. Στατιστικώς μεγαλύτερο ύψος παρουσιάζεται στην αραιή πυκνότητα κατά την τελευταία δειγματοληψία (Διάγραμμα 3.2.1) το οποίο και έφθασε περί τα 3.3 m.



Διάγραμμα 3.2.2. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.2.2 παρατηρείται η αύξηση του ύψους των φυτών μεταξύ της πρώτης και δεύτερης κοπής υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης. Στη συνέχεια όπως ακριβώς φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα η μεταβολή στο ύψος της καλλιέργειας ανεξαρτήτως επιπέδου λίπανσης παραμένει σταθερή.

Από τη συγκεκριμένη μελέτη και για τη συγκεκριμένη ποικιλία τη δεδομένη χρονική περίοδο προκύπτει πως ο παράγοντας της λίπανσης δεν είχε επίδραση στο ύψος του φυτού, γεγονός που αντιτίθεται στη βιβλιογραφία όπου αναφέρεται ότι οι εφαρμογές της αζωτούχου λίπανσης συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση των φυτών της κλωστικής κάνναβης (Bosca and Karus *et al.*, 1998; Vera C *et al.*, 2009; Papastylianou *et al.*, 2017).



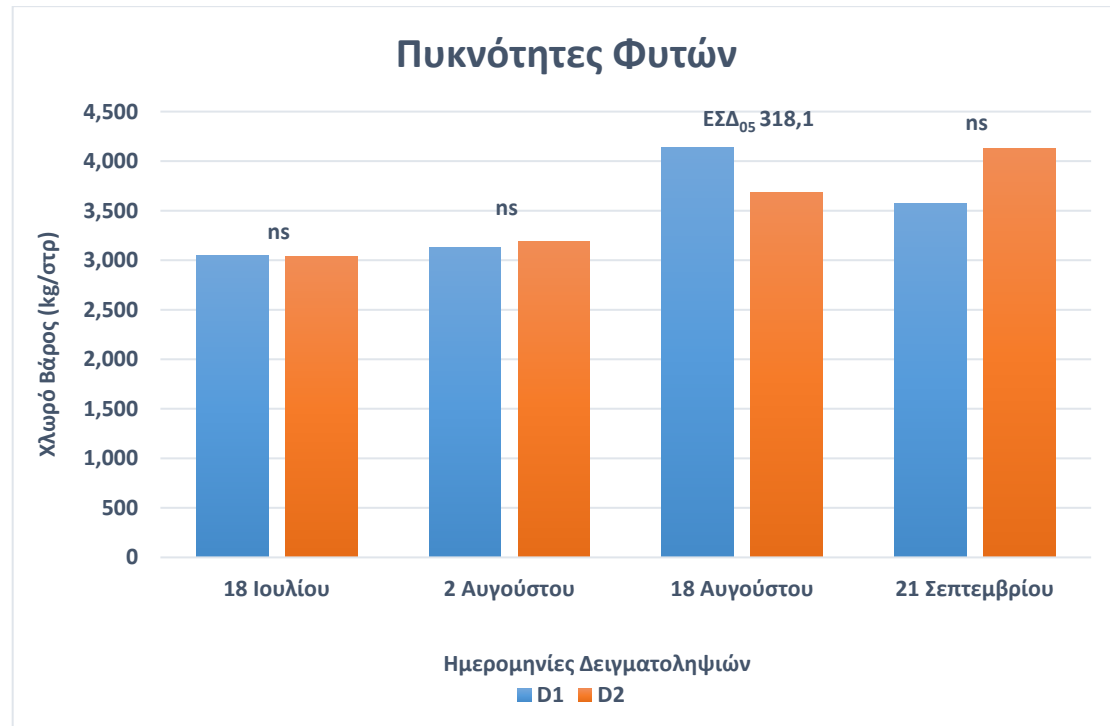
Διάγραμμα 3.2.3: Επίδραση της άρδευσης στο ύψος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.2.3 παρατηρείται σταδιακή αύξηση του ύψους των φυτών για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης. Το μεγαλύτερο ύψος του φυτού σημειώνεται για το μεγαλύτερο επίπεδο άρδευσης και διαφέρει στατιστικώς έναντι των άλλων δύο επιπέδων.

Συγκεκριμένα, το ύψος των φυτών για εκείνα που δέχθηκαν την μέγιστη ποσότητα ξεπέρασε τα 3 μέτρα. Παρόμοια αποτελέσματα ως προς την επίδραση της άρδευσης παρατηρήθηκαν και σε προγενέστερη μελέτη (Lisson *et al.*, 1998).

3.3. Χλωρό Βάρος

Στο Διάγραμμα 3.3.1 φαίνεται ότι κατά τις πρώτες δειγματοληψίες το χλωρό βάρος των φυτών ανεξαρτήτως πυκνότητας σποράς ανέρχεται περί τους 3 τόνους το στρέμμα ενώ έπειτα αυξάνεται και ξεπερνάει τους 4 τόνους το στρέμμα.



Διάγραμμα 3.3.1: Επίδραση της πυκνότητας στο χλωρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.3.1 διακρίνεται πως η διαφορετική πυκνότητα σποράς δεν επέφερε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο χλωρό βάρος.

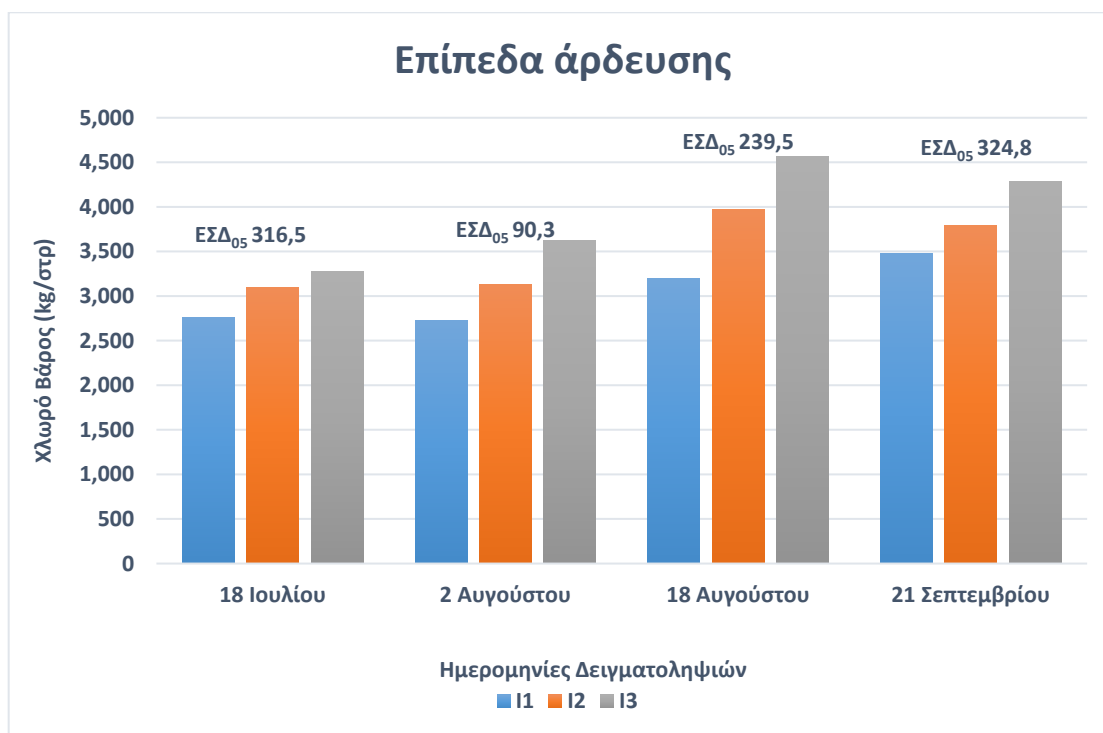


Διάγραμμα 3.3.2: Επίδραση της λίπανσης στο χλωρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.3.2 φαίνεται η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στην αύξηση της βιομάζας. Είναι εμφανές πως η μεταχείριση της πλήρους λίπανσης οδηγεί σε στατιστικώς υψηλότερη παραγωγή βιομάζας φτάνοντας τους 4.3 τόνους το στρέμμα.

Όπως διακρίνεται από το παραπάνω διάγραμμα η αζωτούχος λίπανση δεν επηρέασε σημαντικά το ύψος των φυτών. Όσο μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου περιλάμβανε η κάθε μεταχείριση τόσο αυξάνονταν τα χλωρά βάρη του φυτού.

Προκύπτει ότι η ποικιλία DIOICA 88 αντέδρασε θετικά στις επεμβάσεις της αζωτούχου λίπανσης. Πιο συγκεκριμένα η επάρκεια αζώτου δημιουργεί μεγαλύτερης διαμέτρου στελέχη τα οποία οδηγούν σε αυξημένη παραγωγή ινών (Jordan *et al.*, 1946 ; Jaranowska, 1964 ; Rivoira and Marras, 1975; Van der Werf, 1995). Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι σε πλήρη συμφωνία με άλλες μελέτες (Struik *et al.*, 2000; Amaducci *et al.*, 2002; Vera *et al.*, 2004,2010; Mihoc *et al.*, 2013; Papastylίου P. *et al.*, 2018) επαληθεύοντας τη θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο χλωρό βάρος του στελέχους.



Διάγραμμα 3.3.3: Επίδραση της άρδευσης στο χλωρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.3.3 φαίνεται η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων άρδευσης στην αύξηση της βιομάζας. Είναι εμφανές πως η μεταχείριση της πλήρους άρδευσης οδηγεί σε στατιστικώς υψηλότερη παραγωγή βιομάζας φτάνοντας περί τους 4.3 τόνους το στρέμμα.

Η κλωστική κάνναβη αποτελεί ένα απαιτητικό σε υγρασία φυτό και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζει υψηλές αποδόσεις σε συνθήκες άρδευσης (Bosca and Karus *et al.*, 1998). Από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους (Lisson *et al.*, 1998) προέκυψε πως οι αποδόσεις σε χλωρό βάρος του στελέχους του φυτού μετά την εφαρμογή άρδευσης ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με άλλα φυτά που δεν δέχθηκαν καμία επέμβαση άρδευσης.

3.4. Ξηρό βάρος

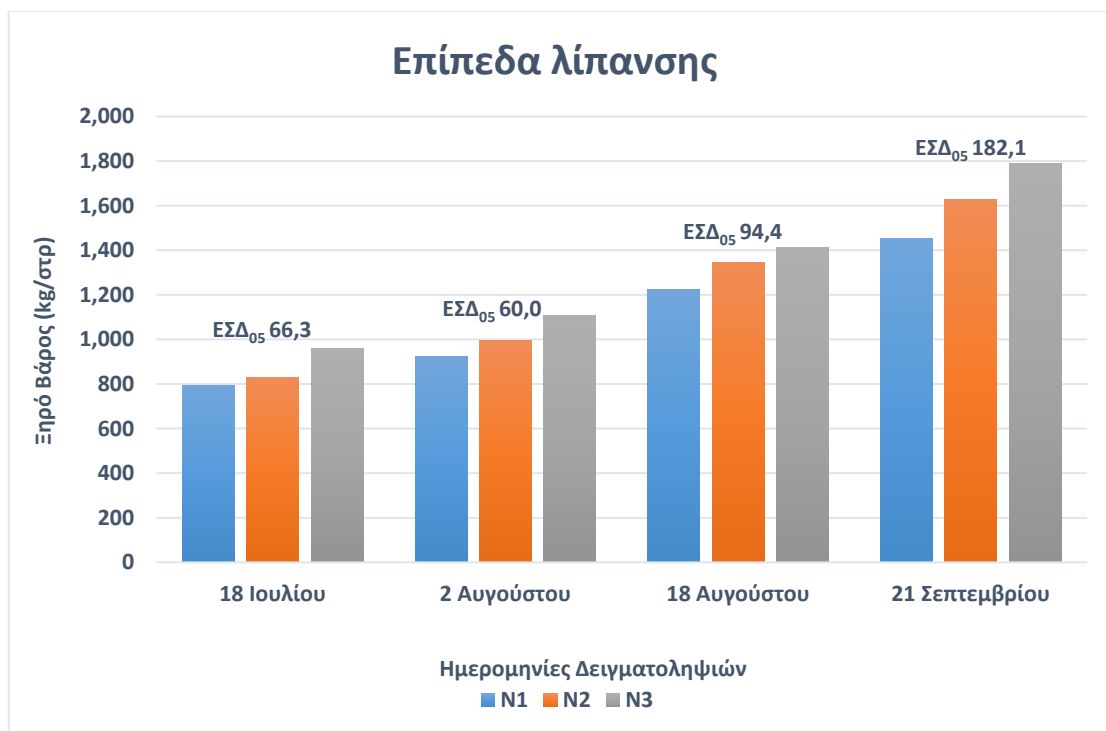
Στο παρακάτω διάγραμμα (3.4.1) φαίνεται η επίδραση της πυκνότητας του πληθυσμού σποράς στο ξηρό βάρος της βιομάζας. Φαίνεται ότι κατά την τελική κοπή το ξηρό βάρος δεν διαφέρει μεταξύ των υπό μελέτη πληθυσμών και το δε ξηρό βάρος φθάνει περί τα 1600 κιλά το στρέμμα.



Διάγραμμα 3.4.1: Επίδραση της πυκνότητας στο ξηρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.4.2 παρατηρείται η αύξηση του ξηρού βάρους της κάνναβης για τις τρεις επεμβάσεις λίπανσης.

Οι υψηλότερες αποδόσεις του φυτού σημειώθηκαν για το υψηλότερο επίπεδο (N3: 14 κιλά το στρέμμα) της αζωτούχου λίπανσης (1788 κιλά το στρέμμα), η οποία απόδοση διαφέρει μόνο ποσοτικά και όχι στατιστικά από την αζωτούχο λίπανση με 7 κιλά το στρέμμα. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, αν και πρόκειται για διαφορετική ποικιλία συμφωνούν με προγενέστερες μελέτες που αναφέρουν εξίσου τη θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο ξηρό βάρος της καλλιέργειας (Struik *et al.*, 2000 ; Amaducci *et al.*, 2002 ; Ivanyi *et al.*, 1997).

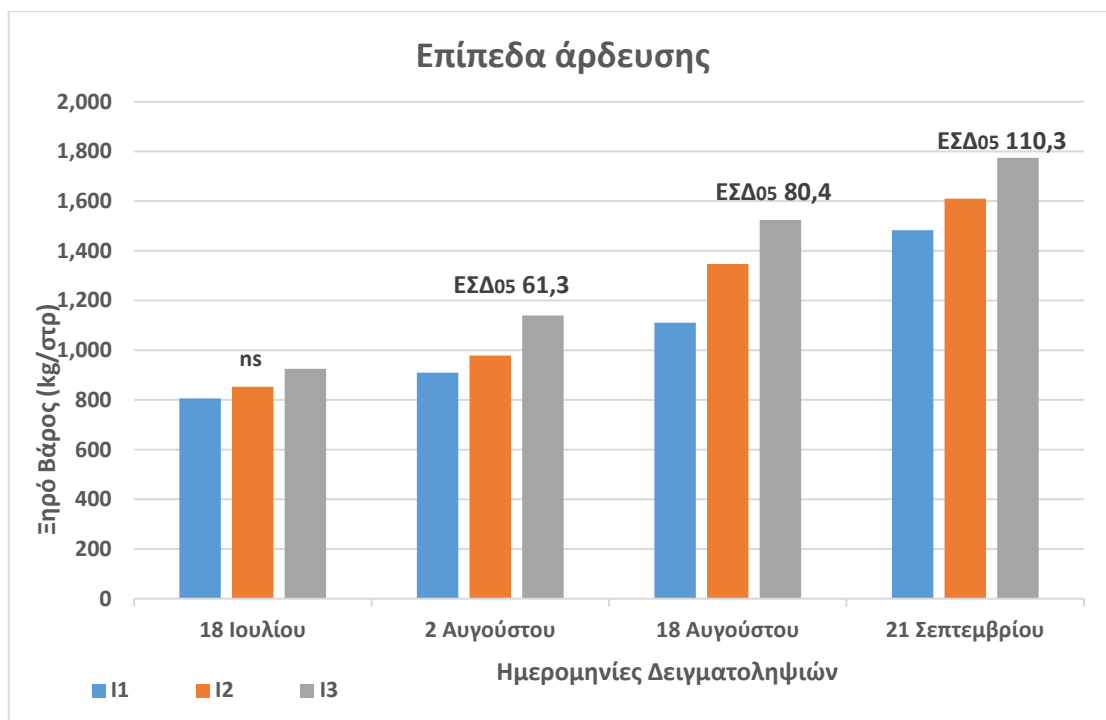


Διάγραμμα 3.4.2: Επίδραση της λίπανσης στο ξηρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.4.2 παρουσιάζεται η επίδραση της λίπανσης στην αύξηση του ξηρού βάρους της βιομάζας για τις μεταχειρίσεις άρδευσης. Φαίνεται πως η λίπανση αποτελεί σημαντικό παράγοντα.

Το θετικό προφίλ του εδάφους σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα του αζώτου που εφαρμόζεται. Τα φυτά παρουσιάζουν μειωμένη βλαστική ανάπτυξη σε συνθήκες έλλειψης αζώτου.

Με την κατάλληλη εφαρμογή των απαραίτητων ποσοτήτων αζώτου, επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση στην συνολική ξηρή βιομάζα (Ivonyi *et al*; Jordan *et al.*, 1946).



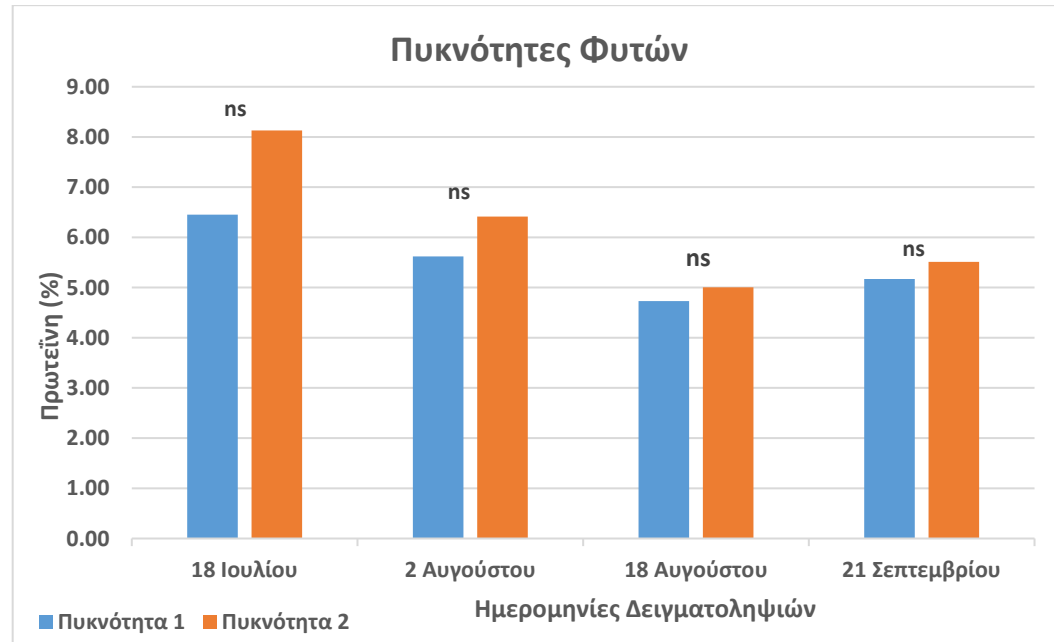
Διάγραμμα 3.4.3: Επίδραση της άρδευσης στο ξηρό βάρος των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.4.3 παρουσιάζεται η επίδραση της άρδευσης στην αύξηση του ξηρού βάρους της βιομάζας για τις μεταχειρίσεις άρδευσης.

Φαίνεται πως η άρδευση αποτελεί σημαντικό παράγοντα. Η υψηλότερη άρδευση οδήγησε σε στατιστικώς σημαντικότερη παραγωγή ξηρού βάρους, η οποία κατά την τελική δειγματοληψία ήταν ίσο με 1774 κιλά το στρέμμα. Τα αποτελέσματα που βρέθηκαν σε παρόμοιες μελέτες (Lisson *et al.*, 1998), έδειξαν επίσης σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις ξηρού βάρους αναλόγως του επιπέδου άρδευσης.

3.5. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

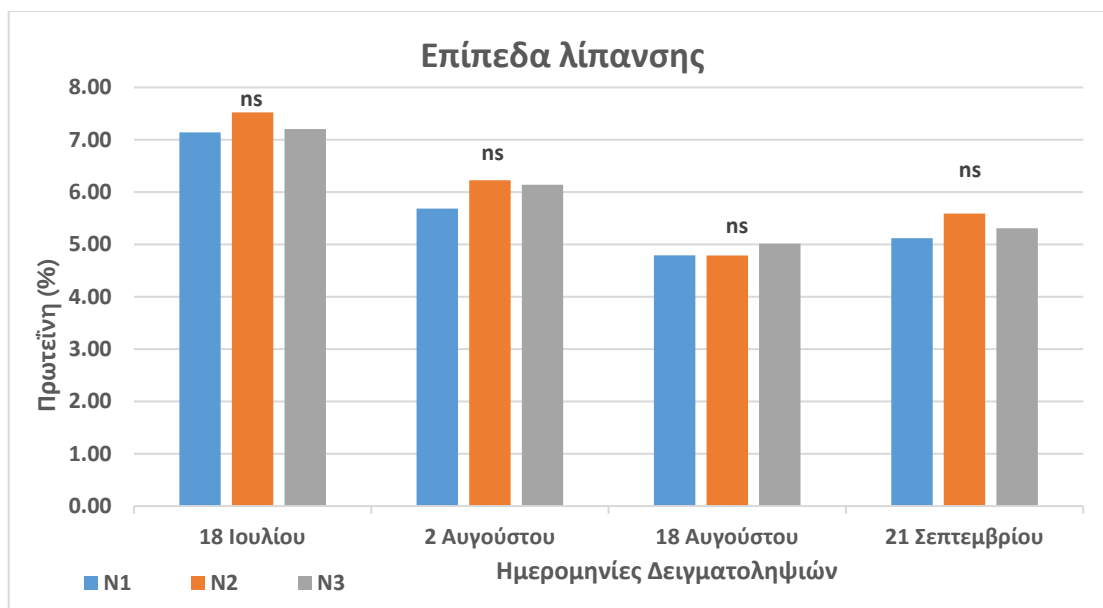
Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις για να προσδιορισθεί το ξηρό βάρος των φυτών. Η πρώτη έγινε 74 ημέρες μετά την σπορά, ενώ οι επόμενες μετρήσεις που ακολούθησαν έγιναν στις 90, 106, 140 ημέρες μετά την σπορά.



Διάγραμμα 3.5.1: Επίδραση της πυκνότητας στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.5.1 παρουσιάζεται η επίδραση της πυκνότητας στην πρωτεΐνη των φυτών, σε κάθε μια από τις μεταχειρίσεις της λίπανσης στο σύνολο των δειγματοληψιών.

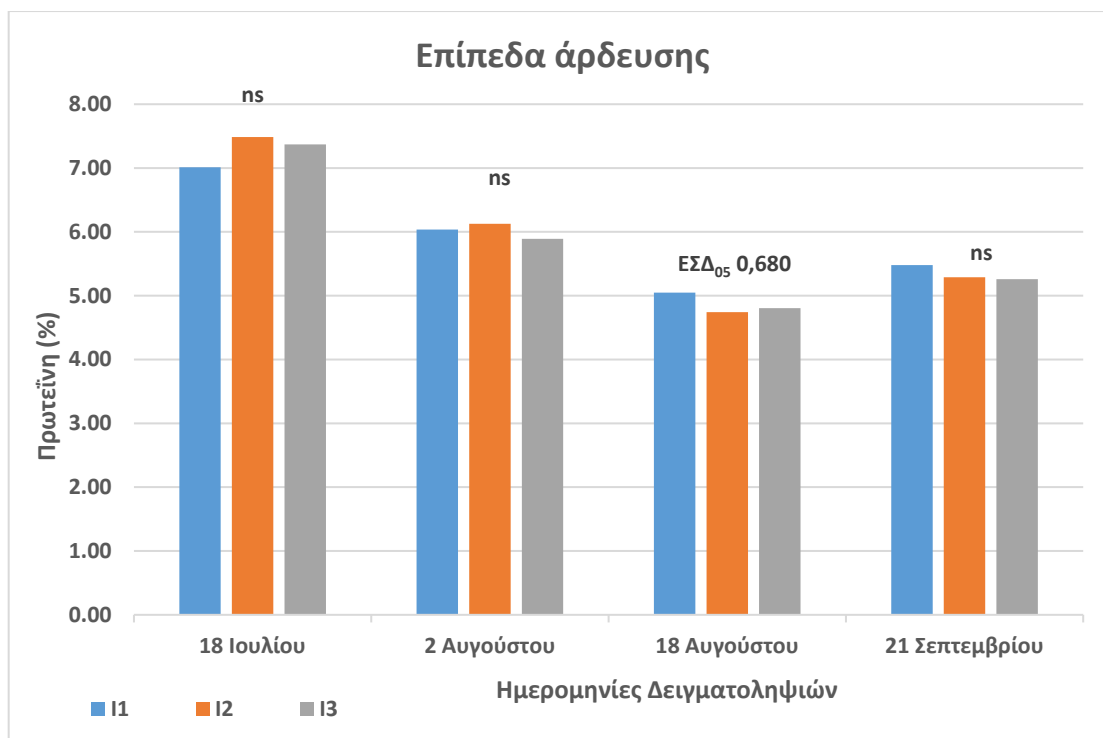
Στην αρχή διακρίνεται μεγάλη συγκέντρωση πρωτεΐνης στην κάνναβη και στη συνέχεια παρατηρείται μείωσή της καθώς ένα σημαντικό μέρος των φύλλων χάνεται ώστε κατά την τελική συγκομιδή να μην υπάρχουν καθόλου φύλλα.



Διάγραμμα 3.5.2: Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.5.2 παρατηρείται επίδραση της λίπανσης των πρωτεϊνών των φυτών, σε κάθε μια από τις μεταχειρίσεις της λίπανσης στο σύνολο των δειγματοληψιών.

Σύμφωνα με έρευνες, διαπιστώθηκε ότι τα φύλλα της κάνναβης συγκεντρώνουν μεγάλη ποσότητα αζώτου. Όσο αυξάνεται η αζωτούχος λίπανση τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση αζώτου στα φύλλα (Wogiatzi E. *et al.*, 2019). Με την πάροδο των κοπών τα φύλλα χάνονται, οπότε αυτό συνεπάγεται μείωση της πρωτεΐνης, όπως διακρίνεται σε κάθε κοπή.



Διάγραμμα 3.5.3: Επίδραση της άρδευσης στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

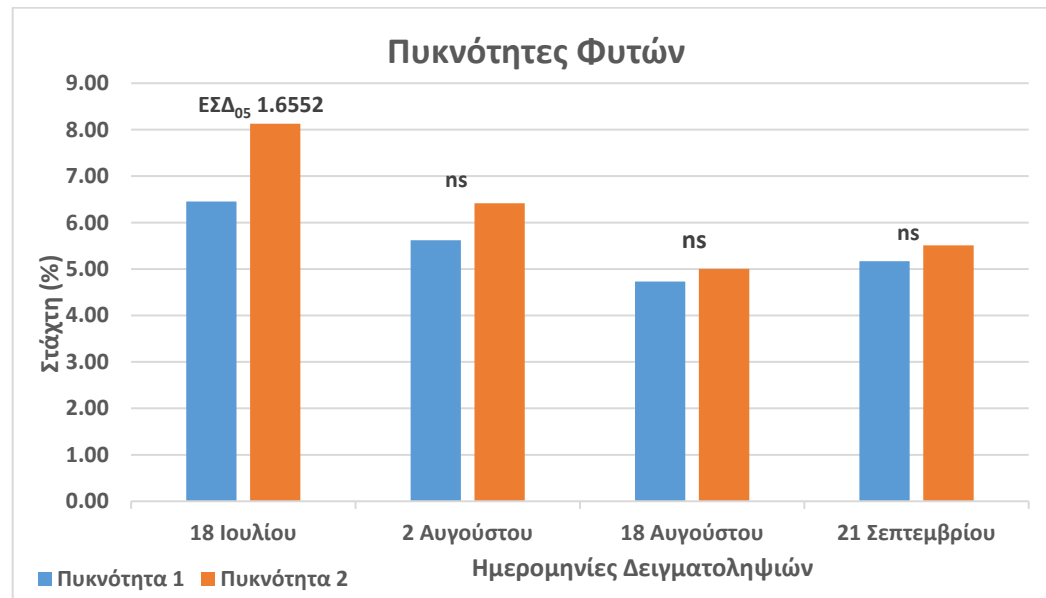
Στο Διάγραμμα 3.5.3 παρατηρείται η επίδραση της άρδευσης στην στάχτη των φυτών, σε καθεμία από τις μεταχειρίσεις στο σύνολο των δειγματοληψιών.

Η διαδικασία της άρδευσης είναι πολύ σημαντική στην απόδοση της καλλιέργειας, καθώς καθορίζεται η βλαστική ανάπτυξη, η ποιότητα της ίνας και η ομοιομορφία ωρίμανσης του φυτού. Η περίσσεια ποσοτήτων υγρασίας σε συνδυασμό με την θερμοκρασία προκαλούν επιτάχυνση της ανθοφορίας (Amaducci *et al.*, 2008b). Ωστόσο, όμως, καθυστερεί την ανάπτυξη και την ωρίμανση των φυτών (Abot *et al.*, 2013). Η βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι σε συνθήκες ξηρασίας τα στρώματα των ινών είναι λεπτά και η διάμετρος των στελεχών είναι μικρή (Schafer and Honermier *et al.*, 2006).

3.6. Περιεκτικότητα σε στάχτη

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις για να προσδιορισθεί το ύψος των φυτών. Η πρώτη έγινε 74 ημέρες μετά την σπορά, ενώ οι επόμενες μετρήσεις που ακολούθησαν έγιναν στις 90, 106, 140 ημέρες μετά την σπορά.

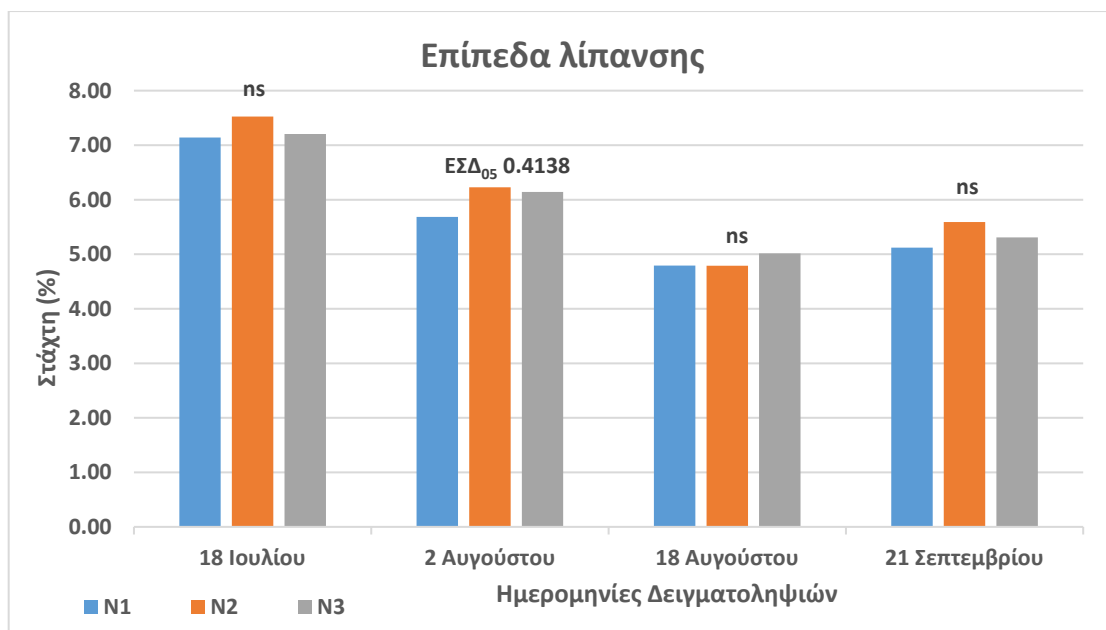
Στην συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας έτσι ώστε να εντοπιστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 3.6.1: Επίδραση της πυκνότητας στην περιεκτικότητα σε στάχτη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.6.1 παρουσιάζεται η επίδραση της πυκνότητας στην στάχτη των φυτών, σε κάθε μια από τις μεταχειρίσεις της λίπανσης στο σύνολο των δειγματοληψιών.

Στην αρχή διακρίνεται υψηλή συγκέντρωση στάχτης στην κάνναβη (6,5-8%), η οποία στη συνέχεια μείωση της στάχτης ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει επίδραση του πληθυσμού των φυτών.



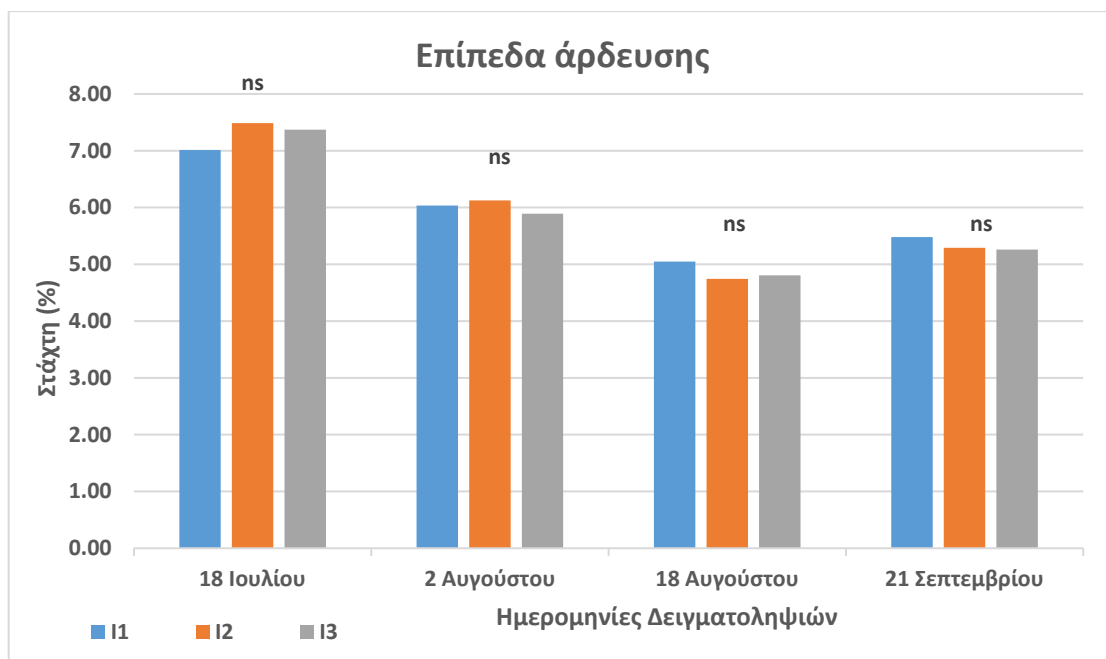
Διάγραμμα 3.6.2: Επίδραση της λίπανσης στην στάχτη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.6.2 παρατηρείται επίδραση της λίπανσης στην στάχτη των φυτών, σε κάθε μία από τις μεταχειρίσεις στο σύνολο των δειγματοληψιών.

Από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι στα φύλλα της κάνναβης συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες αζώτου.

Η υπερβολική επάρκεια του αζώτου προκαλεί μεγάλου διαμέτρου στελέχη, με περισσότερες ίνες, αλλά, με χαμηλότερα ποσοστά ινών ανά μονάδα επιφάνειας (Jordan *et al.*, 1946). Επιπρόσθετα, τα υψηλά στάδια της αζωτούχου λίπανσης αυξάνουν τον βιολογικό κύκλο, δημιουργώντας κύτταρα ίνας που δεν είναι όμοια και έχουν μεγάλα κενά, γεγονός που οδηγεί στην υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ίνας (Grabowska and Koziara *et al.*, 2005)

Συμπερασματικά, από κοπή σε κοπή παρατηρείται απώλεια φύλλων καθώς το άζωτο μεταδίδεται σε άλλα μέρη του φυτού που αυτό συνεπάγεται στην μείωση της στάχτης όπως διακρίνεται στα διαγράμματα.



Διάγραμμα 3.6.3: Επίδραση της άρδευσης στην στάχτη των φυτών της ποικιλίας DIOICA 88 κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών.

Στο Διάγραμμα 3.6.3 παρατηρείται η επίδραση της άρδευσης στην στάχτη των φυτών, σε καθεμία από τις μεταχειρίσεις στο σύνολο των δειγματοληψιών.

Τα επίπεδα της άρδευσης στην στάχτη των φυτών έχουν παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των πρωτεϊνών. Στα διαγράμματα απεικονίζεται μια σταθερή μείωση και αυτό συμβαίνει επειδή σε ξερικές συνθήκες οι ίνες του φυτού είναι λεπτές και η διάμετρος του φυτού είναι μικρή (Schafer and Honermeier *et al.*, 2006).

4. Συμπεράσματα

Με γνώμονα τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας προκύπτει ότι η DIOICA 88 είναι μια ποικιλία που έχει την δυνατότητα ακόμη και στην περίπτωση της μηδενικής αζωτούχου λίπανσης να ξεπεράσει τα 3m σε ύψος και η απόδοση της σε χλωρό και ξηρό βάρος κυμάνθηκε περί τα 4.200 και 1.800 κιλά το στρέμμα, αντίστοιχα. ακόμα και μηδενικά επίπεδα λίπανσης,

Η αραιή πυκνότητα οδηγεί σε στατιστικώς υψηλότερα φυτά, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, με τα πιο χαμηλά να παρατηρούνται στις αλίπαντες μεταχειρίσεις. Φυσικά το ίδιο ακριβώς παρατηρήθηκε και στην περίπτωση της άρδευσης όπου το μεγαλύτερο επίπεδο άρδευσης διαφέρει στατιστικώς στο ύψος από τα άλλα δύο επίπεδα.

Στην περίπτωση της χλωρής βιομάζας της κάνναβης, παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση του χλωρού βάρους της καλλιέργειας, με την εφαρμογή τριών διαφορετικών επιπέδων λίπανσης και πιο συγκεκριμένα, όσο αυξάνονται οι μονάδες αζώτου τόσο μεγαλύτερο γίνεται το χλωρό βάρος. Επιπλέον η μεταχείριση της πλήρους άρδευσης οδηγεί σε στατιστικώς υψηλότερη παραγωγή βιομάζας φτάνοντας τους 4.3 τόνους το στρέμμα.

Στην περίπτωση του ξηρού βάρους, η πυκνότητα του πληθυσμού φυτών δεν οδήγησε σε στατιστικές διαφορές ως προς το ξηρό βάρος, το οποίο και έφθασε μία μέση απόδοση ανεξαρτήτως παράγοντα μελέτης περί τα 1600 κιλά το στρέμμα.

Η λίπανση αποτελεί σημαντικό παράγοντα με τη μεγαλύτερη απόδοση να παρατηρείται στη μεταχείριση με τη μεγαλύτερη προσφορά σε άζωτο. Ομοίως και η επίδραση της άρδευσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην παραγωγή και μάλιστα η υψηλότερη άρδευση οδήγησε σε στατιστικώς σημαντικότερη παραγωγή ξηρού βάρους, η οποία κατά την τελική δειγματοληψία ισούταν με 1774 κιλά το στρέμμα.

Το φυτό κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης σημειώνει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, που με την πάροδο του χρόνου και την κατάληξη στην ωρίμανση να μειώνεται περίπου στο 60% της αρχικής περιεκτικότητας. Η μείωση αυτή συνοδεύεται με την πτώση των φύλλων που ως γνωστό συγκεντρώνουν τη μεγάλη ποσότητα αζώτου μετά το σπόρο.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, μπορεί να σημειωθεί ότι η καλλιέργεια κάνναβης, και ιδιαίτερα η ποικιλία Dioica 88, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή παραγωγή βιομάζας για περιβάλλοντα μεσογειακά κλίματα όπως και αυτό που περιγράφεται στην παρούσα μελέτη, δίνοντας τη δυνατότητα στον παραγωγό μιας

εναλλακτικής καλλιέργειας για ενίσχυση των εσόδων του. Φαίνεται επομένως από τα πρώτα αποτελέσματα πως η Dioica 88, θα μπορούσε να εισαχθεί στα συστήματα χρήσης γης αφού φυσικά πραγματοποιηθεί περαιτέρω διερεύνηση, καθώς φαίνεται να αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη για παραγωγή βιομάζας καλλιέργεια.

5. Βιβλιογραφία

1. Adesina, I., Bhowmik, A., Sharma, H., & Shahbazi, A. (2020). A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and Utilities of Hemp in the United States. *Agriculture*, 10(4), 129. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
2. Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., & Cosentino, S. L. (2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>
3. Amaducci, S., Zatta, A., Raffanini, M., & Venturi, G. (2008). Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. *Plant and Soil*, 313(1–2), 227–235. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9695-0>
4. Andre, C. M., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2016). *Cannabis sativa*: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
5. Aubin, M., Seguin, P., Vanasse, A., Lalonde, O., Tremblay, G. F., Mustafa, A. F., & Charron, J. (2016). Evaluation of Eleven Industrial Hemp Cultivars Grown in Eastern Canada. *Agronomy Journal*, 108(5), 1972–1980. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.04.0217>
6. Bocsa, I., & Karus, M. (1998). *The Cultivation of Hemp: Botany, Varieties, Cultivation and Harvesting*.
7. Canavan, S., Brym, Z. T., Brundu, G., Dehnen-Schmutz, K., Lieurance, D., Petri, T., Wadlington, W. H., Wilson, J. R. U., & Flory, S. L. (2022). *Cannabis* de-domestication and invasion risk. *Biological Conservation*, 274, 109709. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109709>
8. Chang, K.-C. (1968). Archeology of Ancient China. *Science*, 162(3853), 519–526.
9. Clarke, R. C. (1981). *Marijuana botany, an advanced study, the propagation and breeding of distinctive Cannabis*.
10. Cosentino, S. L., Riggi, E., Testa, G., Scordia, D., & Copani, V. (2013). Evaluation of European developed fibre hemp genotypes (*Cannabis sativa* L.) in semi-arid Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 50, 312–324. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.059>
11. Deitch, R. (2003). *Hemp: American History Revisited: The Plant with a Divided History*. Algora Publishing.

12. Desanlis, M., Aubertot, J. N., Mestries, E., & Debaeke, P. (2013). Analysis of the influence of a sunflower canopy on *Phomopsis helianthi* epidemics as a function of cropping practices. *Field Crops Research*, 149, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.04.016>
13. Duvall, C. S. (2019). *The African Roots of Marijuana*. Duke University Press.
14. Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*, 12(7), 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
15. Faux, A.-M., Draye, X., Lambert, R., d'Andrimont, R., Raulier, P., & Bertin, P. (2013). The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*, 47, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.01.006>
16. Finnan, J., & Burke, B. (2013). Nitrogen fertilization to optimize the greenhouse gas balance of hemp crops grown for biomass. *GCB Bioenergy*, 5(6), 701–712. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12045>
17. Gloss, D. (2015). An Overview of Products and Bias in Research. *Neurotherapeutics*, 12(4), 731–734. <https://doi.org/10.1007/s13311-015-0370-x>
18. Godwin. (1967). *The Ancient Cultivation of Hemp*—ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/d5a28682cd33108a0dca5068f5c60728/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1818741>
19. Green, G. (2005). *The cannabis breeder's bible: The definitive guide to marijuana genetics, cannabis: botany and creating strains for the seed market*. Green Candy Press.
20. Gusovius, H.-J., Hoffmann, T., Budde, J., & Lühr, C. (2016). Immer noch speziell? – Verfahren zur Ernte von Faserhanf. *LANDTECHNIK*, 14-24 Seiten. <https://doi.org/10.15150/LT.2016.3118>
21. Haney, A., & Kutscheid, B. B. (1975). An Ecological Study of Naturalized Hemp (*Cannabis sativa* L.) in East-Central Illinois. *American Midland Naturalist*, 93(1), 1. <https://doi.org/10.2307/2424101>
22. Ivonyi, I., Izsoki, Z., & Van Der Werf H.M.G., H. M. G. (1997). Influence of nitrogen supply and P and K levels of the soil on dry matter and nutrient accumulation of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.).

23. Joyce, C. R. B., Curry, S. H., & Institute for the Study of Drug Dependence (Eds.). (1970). The botany & chemistry of cannabis: Proceedings of a conference organized by the Institute for the Study of Drug Dependence at the Ciba Foundation, 9-10 April 1969. J. & A. Churchill.
24. Kok, C. J., Coenen, G. C. M., & De Heij, A. (1994). The effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on selected soil-borne pathogens. 6–9.
25. Li, H.-L. (1974). The Origin and Use of Cannabis in Eastern Asia Linguistic-Cultural Implications. In *Economic Botany* (pp. 293–301).
26. Long, T., Wagner, M., Demske, D., Leipe, C., & Tarasov, P. E. (2017). Cannabis in Eurasia: Origin of human use and Bronze Age trans-continental connections. *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(2), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0579-6>
27. Lu, X., & Clarke, R. (1995). The cultivation and use of hemp in ancient China. <http://www.internationalhempassociation.org/jiha/iha02111.html>
28. McPartland, J. M. (1996). Cannabis pests. *Journal of the International Hemp Association*.
29. McPartland, J. M., Hegman, W., & Long, T. (2019). Cannabis in Asia: Its center of origin and early cultivation, based on a synthesis of subfossil pollen and archaeobotanical studies. *Vegetation History and Archaeobotany*, 28(6), 691–702. <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00731-8>
30. Merlin, M. D. (2003). COVER ARTICLE: Archaeological Evidence for the Tradition of Psychoactive Plant Use in the Old World. *Economic Botany*, 57(3), 295–323. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0295:AEFTTO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0295:AEFTTO]2.0.CO;2)
31. Monthony, A. S., Page, S. R., Hesami, M., & Jones, A. M. P. (2021). The Past, Present and Future of Cannabis sativa Tissue Culture.
32. Parvez, A. M., Lewis, J. D., & Afzal, M. T. (2021). Potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for bioenergy production in Canada: Status, challenges and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110784. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110784>
33. Piotrowski, S., & Carus, M. (2011). Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products. Nova institute.
34. PLANTS Profile for Cannabis sativa (marijuana) | USDA PLANTS. (n.d.). Retrieved February 18, 2023, from <https://adminplants.sc.egov.usda.gov/java/profile?symbol=CASA3>

35. Prade, T., Svensson, S.-E., Andersson, A., & Mattsson, J. E. (2011). Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 3040–3049. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.006>
36. Promhuad, K., Srisa, A., San, H., Laorenza, Y., Wongphan, P., Sodsai, J., Tansin, K., Phromphen, P., Chartvivatpornchai, N., Ngoenchai, P., & Harnkarnsujarit, N. (2022). Applications of Hemp Polymers and Extracts in Food, Textile and Packaging: A Review. *Polymers*, 14(20), 4274. <https://doi.org/10.3390/polym14204274>
37. Punja, Z. K. (2021). Emerging diseases of *Cannabis sativa* and sustainable management. *Pest Management Science*, 77(9), 3857–3870. <https://doi.org/10.1002/ps.6307>
38. Rana, A., & Choudhary, N. (2010). Floral Biology and Pollination Biology of *Cannabis sativa* L. *The International Journal of Plant Reproductive Biology*.
39. Ren, G., Zhang, X., Li, Y., Ridout, K., Serrano-Serrano, M. L., Yang, Y., Liu, A., Ravikanth, G., Nawaz, M. A., Mumtaz, A. S., Salamin, N., & Fumagalli, L. (2021). Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of *Cannabis sativa*. *Science Advances*, 7(29), eabg2286. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2286>
40. Richter, G., Hazzah, T., Hartsel, J. A., Eades, J., Hickory, B., & Makriyannis, A. (2021). *Cannabis sativa*: An overview. In *Nutraceuticals* (pp. 603–624). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821038-3.00038-0>
41. Salami, S. A., Martinelli, F., Giovino, A., Bachari, A., Arad, N., & Mantri, N. (2020). It Is Our Turn to Get Cannabis High: Put Cannabinoids in Food and Health Baskets. *Molecules*, 25(18), 4036. <https://doi.org/10.3390/molecules25184036>
42. Salentijn, E. M. J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., & Trindade, L. M. (2015). New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Products*, 68, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.011>
43. Schultes, R. E., Hofmann, A., & Rätsch, C. (2001). *Plants of the gods: Their sacred, healing, and hallucinogenic powers* (Rev. and expanded ed). Healing Arts Press.
44. Schultz, C. J., Lim, W. L., Khor, S. F., Neumann, K. A., Schulz, J. M., Ansari, O., Skewes, M. A., & Burton, R. A. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis*

- sativa L. Journal of Agriculture and Food Research, 2, 100025.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
45. Small, E. (2016). Cannabis: A complete guide. (0 ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781315367583>
 46. Small, E., Pocock, T., & Cavers, P. B. (2003). The biology of Canadian weeds. 119. Cannabis sativa L. Canadian Journal of Plant Science, 83(1), 217–237.
<https://doi.org/10.4141/P02-021>
 47. Stafecka, I., Stramkale, V., Stramkalis, A., Kroica, I., & Ivanovs, S. (2016). Impact of the agro-environmental factors on the seed yield and yields components productivity of Latvian original hemp. 61, 164–167.
 48. Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., & Cromack, H. T. H. (2000). Agronomy of fibre hemp (Cannabis sativa L.) in Europe. Industrial Crops and Products.
 49. Suriyong, S., Krittigamas, N., Pinmanee, S., Punyalue, A., & Vearasilp, S. (2015). Influence of Storage Conditions on Change of Hemp Seed Quality. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 5, 170–176.
<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.026>
 50. USDA (2023) Cannabis Taxonomy. United States Department of Agriculture
 51. van der Werf, H. M. G., van Geel, W. C. A., van Gils, L. J. C., & Haverkort, A. J. (1995). Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (Cannabis sativa L.). Field Crops Research, 42(1), 27–37. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00017-K](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00017-K)
 52. van der Werf, H., Van Geel, W., & Wijnhuizen, M. (1987, 1993). Agronomic research on hemp (Cannabis sativa L.) in the Netherlands, 1987-1993.
 53. Zhang, Q., Chen, X., Guo, H., Trindade, L. M., Salentijn, E. M. J., Guo, R., Guo, M., Xu, Y., & Yang, M. (2018). Latitudinal Adaptation and Genetic Insights Into the Origins of Cannabis sativa L. Frontiers in Plant Science, 9.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01876>
 54. Steel R. G. D. and J. H. Torrie. 1982. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach, 2nd ed., McGraw-Hill, Inc. 633
 55. Papastylianou, P., Kakabouki, I., and Travlos, I. (2018). Effect of nitrogen fertilization on growth and yield of industrial hemp (Cannabis sativa L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46 (1), 197-201

56. Ivonyi, I., Izsoki, Z., & Van der Werf, H. M. (1997). Influence of nitrogen supply and p and k levels of the soil on dry matter and nutrient accumulation of. Journal of the International Hemp Association, 4(2).
57. Jordan, H. V., A.L., & Enfield, G.H. (1946). Effects of Fertilizers on Yields and Breaking Strengths of American Hemp, Cnnabis Sativa 1.Agronomy Journal, 38(6), 551-562.
58. Bosca, I., and Karus, 1998. The cultivation of hemp. Botany, varieties, cultivation and harvesting. Hemptech, Sebastopol.
59. Bloomquist, E.R. 1971. Marijuana the second trip (Revised Edn), Glencoe Press, Collier – Macmillan Canada Ltd, p. 1-11.
60. Schutles, R.E., 1970. Man and marijuana. Nat. Hist, p.59-63
61. Grabowska, L., Koziara, W., 2005. The effect of nitrogen dose, sowing density and time of harvest on development and yields of hemp cultivar Bialobrezskie. J.Nat.Fibres 2(4), p. 1-17.
62. Schafer, T., Honermeir, B., 2006. Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (Cannabis sativa L.,) Ind. Crops Prod
63. Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. (2013). Βιομηχανικά Φυτά. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ.
64. Τσαλίκη, Ε., Καλύβας, Α., & Μαλούπα, Ε. (2021). Οδηγός καλλιέργειας βιομηχανικής κάνναβης στην Ελλάδα (Cannabis Sativa). ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ.