



UNIVERSITY OF
THESSALY

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην ποικιλία Felina 32 της βιομηχανικής κάνναβης»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΜΕΤΑΞΑ ΝΑΤΑΛΙΑ-ΜΑΡΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2024

Θέμα πτυχιακής:

«Μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην ποικιλία της Felina 32 βιομηχανικής κάνναβης»

«Study of nitrogen fertilization effect on Felina 32 variety of industrial hemp»

Μεταξά Ναταλία-Μαρία

Τριμελής συμβουλευτική – Εξεταστική επιτροπή:

κ. Κυριάκο Γιαννούλη, Επίκουρο Καθηγητή, Επιβλέπων

κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή, Μέλος

κ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη, ΕΔΙΠ, Μέλος

ΒΟΛΟΣ 2024

Βεβαιώνω ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της πτυχιακής μου διατριβής κύριο Γιαννούλη Κυριάκο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Π.Θ. για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, την βοήθεια, την καθοδήγησή, τις συμβουλές, και την συνολική του προσέγγιση.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μπαρτζιάλη Δημήτριο και όλα τα μέλη του εργαστηρίου Γενικής Γεωργίας και Εφαρμοσμένης φυσιολογίας Φυτών για την βοήθεια που μας παρείχαν καθ' όλη τη πειραματική διαδικασία. Επιπλέον, είμαι εξαιρετικά ευγνώμων στους προπτυχιακούς φοιτητές Κοτσαρίνη Κωνσταντίνα, Κοσμά Νίκο, Μπάτρα Θάλεια και Ρουμελιώτη Ανδρομάχη, καθώς και στον μεταπτυχιακό φοιτητή Γιαννουλή Στυλιανό που με υπομονή και αφοσίωση εργάστηκαν σκληρά ώστε να βγει εις πέρας το πείραμα και η μελέτη. Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον καθηγητή κ. Δαναλάτο Νικόλαο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω την πτυχιακή μου στο Εργαστήριο και για το χρόνο που αφιέρωσε για τις απαραίτητες διορθώσεις.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου που μου έδιναν κουράγιο και ήταν διαρκώς δίπλα μου αλλά φυσικά ευχαριστώ κυρίως την οικογένεια μου, που με στηρίζουν σε κάθε μου εγχείρημα και με βοηθούν με κάθε δυνατό τρόπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) αν και καταγράφεται ιστορικά εδώ και χιλιάδες χρόνια, σήμερα, αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Τα πλεονεκτήματα της βιομηχανική κάνναβης φαίνεται να είναι όλο και περισσότερα. Πραγματοποιούνται συνεχώς έρευνες και μελέτες που αφορούν τη βελτίωση της καλλιέργειας σε συνάρτηση με ποικίλους παράγοντες, ανάμεσα τους βρίσκεται και η λίπανση.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων λίπανσης στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομηχανικής κάνναβης της ποικιλίας Felina 32. Η καλλιέργεια έλαβε χώρα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, την περίοδο 6 Μαΐου με 21 Σεπτεμβρίου 2022.

Χρησιμοποιήθηκε πειραματικό σχέδιο πλήρους τυχαιοποιημένων επαναλήψεων (RCBD) με τρία επίπεδα σε 4 επαναλήψεις λίπανσης. Τα επίπεδα λίπανσης ήταν 0, 7 και 14 kg N/στρέμμα με τη χρήση του λιπάσματος 46-0-0 για την ποικιλία Felina 32.

Μελετήθηκαν τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού: το ύψος των φυτών, το χλωρό βάρος των φυτών, το ξηρό βάρος των φύλλων, το ξηρό βάρος των βλαστών, το ξηρό βάρος των ινών, το ξηρό βάρος των ανθέων, το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, η περιεκτικότητα σε λίπη και η στάχτη.

Η Felina 32 παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο ύψος, στο χλωρό βάρος του φυτού, στο ξηρό βάρος των ινών, στο συνολικό ξηρό βάρος, στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και στην στάχτη.

Η παρούσα μελέτη προβάλλει την σπουδαιότητα της λίπανσης της καλλιέργειας και παροτρύνει περαιτέρω έρευνα στα συγκεκριμένα στοιχεία που πραγματεύονται.

ABSTRACT

Although the cultivation of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) has been historically recorded for thousands of years, today it is gaining more and more interest. The advantages of industrial hemp seem to be increasing. Research and studies are constantly being carried out regarding the improvement of cultivation in relation to various factors, among them is also the fertilization.

The subject of this thesis is the study of the effect of different levels of fertilization on the quantitative and qualitative characteristics of industrial hemp of the variety Felina 32. The cultivation took place at the Farm of the University of Thessaly, between May 6 and September 21, 2022.

A randomized complete block design (RCBD) with three levels in 4 fertilization replicates was used. Fertilization levels were 0, 7 and 14 kg N/ha using a 46-0-0 fertilizer for Felina 32 variety.

The quantitative and qualitative characteristics of the plant that were studied, are: plant height, plant fresh weight, leaf, shoot, flower and fiber fresh and dry weight, dry weight of the whole plant, protein content, fat content and ash.

Felina 32 in some of the characteristics under study presented statistical differences. It showed statistically significant differences in plant height, plant fresh weight, fiber dry weight, total dry weight, protein content and ash.

The present study highlights the importance of crop fertilization and urges further research into the specific elements addressed.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
1.Εισαγωγή.....	10
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	10
1.1.1 Παγκόσμια εξάπλωση.....	10
1.1.2 Ιστορικά ευρήματα - Χρονοδιάγραμμα.....	11
1.1.3 Ιστορία της κάνναβης στην Ελλάδα.....	11
1.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	12
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	13
1.4 Καλλιεργητικές τεχνικές	16
1.4.1 Επιλογή ποικιλίας.....	16
1.4.2 Σπορά καλλιέργειας.....	17
1.4.3 Πυκνότητα φύτευσης καλλιέργεια.....	18
1.4.4 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	18
1.4.5 Συγκομιδή καλλιέργειας.....	19
1.5 Οικολογικές απαιτήσεις.....	19
1.5.1 Κλίμα.....	19
1.5.2 Έδαφος.....	19
1.6 Άρδευση	20
1.7 Λίπανση.....	21
1.7.1 Άζωτο.....	21
1.7.2 Φώσφορος.....	21
1.7.3 Κάλιο.....	22
1.7.4 Λοιπά θρεπτικά.....	22
1.8 Προϊόντα και εφαρμογές της βιομηχανικής κάνναβης.....	22
1.9 Σκοπός.....	24
2. Υλικά και μέθοδοι.....	25

2.1 Πειραματικός αγρός.....	25
2.2 Πειραματικό σχέδιο.....	26
2.3 Μετρήσεις και επεξεργασία.....	27
2.4 Στατιστική ανάλυση.....	30
3. Αποτελέσματα.....	31
3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	31
3.2 Ύψος φυτού.....	32
3.3 Χλωρό βάρος.....	32
3.4 Ξηρό βάρος φύλλων.....	33
3.5 Ξηρό βάρος βλαστών.....	34
3.6 Ξηρό βάρος ινών.....	34
3.7 Ξηρό βάρος ανθέων	35
3.8 Συνολικό ξηρό βάρος.....	35
3.9 Πρωτεΐνη	36
3.10 Λίπη.....	36
3.11 Στάχτη.....	37
4. Συζήτηση.....	38
5. Συμπεράσματα.....	41
6. Βιβλιογραφία.....	43

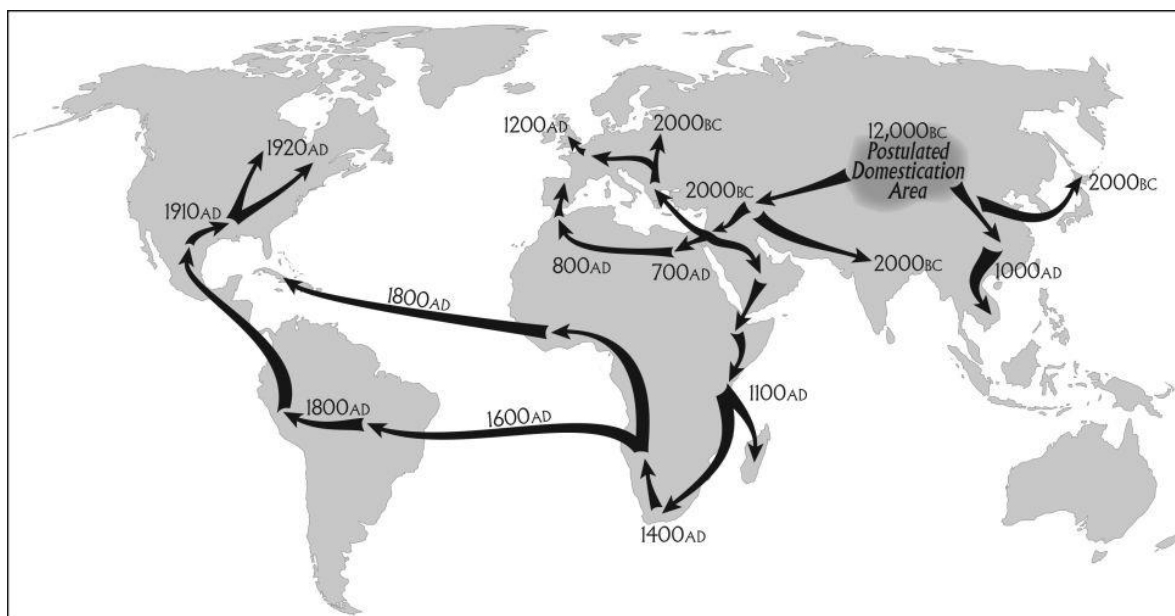
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

1.1.1 Παγκόσμια εξάπλωση

Η βιομηχανική κάνναβη (*Cannabis sativa* L.), η οποία θεωρείται από τις παλαιότερες παγκόσμιες ετήσιες καλλιέργειες, από την αρχή της, βρισκόταν στην Κεντρική Ασία και στη βόρεια Ινδία, και στη συνέχεια επεκτάθηκε με τους αιώνες που ήρθαν σ' ολόκληρο τον ευρασιατικό χώρο. Ο Σουηδός βοτανολόγος του 18ου αιώνα Linnaeus, θεωρούσε ότι η κάνναβη είχε αναπτυχθεί αρχικά στη βόρεια Ινδία. Παρόλα αυτά κατά την δεκαετία του 1930, ο Ρώσος βοτανολόγος Nicolai Vavilov μελέτησε τη θεωρία ότι το φυτό αυτό προήλθε από τα βόρεια του Αφγανιστάν και του Ινδικού Καύκασου.

Τα φυτά κάνναβης πιστεύεται ότι έχουν εξελιχθεί στις στέπες της Κεντρικής Ασίας, συγκεκριμένα στις περιοχές που είναι τώρα η Μογγολία και η νότια Σιβηρία (Warf, 2014). Η ιστορία της χρήσης κάνναβης φτάνει έως και 12.000 χρόνια πίσω, γεγονός που τοποθετεί το φυτό μεταξύ των παλαιότερων καλλιεργειών της ανθρωπότητας. Καμένοι σπόροι κάνναβης έχουν επίσης βρεθεί σε τάφους στη Σιβηρία που υπολογίζονται στο 3.000 π.Χ. Από την Κίνα, οι αγρότες έφεραν την κάνναβη στην Κορέα περίπου το 2000 π.Χ. (Duvall, 2014). Η κάνναβη ήρθε στη νότια Ασία μεταξύ 2000 π.Χ. και 1000 π.Χ. Ενώ ήρθε στη Μέση Ανατολή μεταξύ 2000 π.Χ. και 1400 π.Χ., και πιθανότατα χρησιμοποιήθηκε εκεί από τους Σκύθες, μια νομαδική ινδοευρωπαϊκή ομάδα. Οι Σκύθες πιθανότατα την μετέφεραν στη νοτιοανατολική Ρωσία και την Ουκρανία, καθώς κατείχαν αυτά τα εδάφη για χρόνια (Warf, 2014).



Εικόνα 1.1.1.: Παγκόσμια εξάπλωση της καλλιεργούμενης βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: www.researchgate.net, Historical diffusion of Cannabis Sativa)

1.1.2 Ιστορικά ευρήματα – Χρονοδιάγραμμα

Αρχικά, η κάνναβη αναγνωρίστηκε όχι για ιατρική χρήση, όπως ισχύει σε μεγάλο βαθμό την σημερινή εποχή, αλλά ως σημαντική πηγή τροφής των ανθρώπων εκείνης της περιόδου. Εκτός από την διατροφή χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία υφάσματος, σκοινιού, χαρτιού και λαδιού.

Το 2737 π.Χ. ο Αυτοκράτορας Shen-Nung αναγνώρισε την θεραπευτική δράση του φυτού για περισσότερες από 100 ασθένειες όπως η ουρική αρθρίτιδα, η ελονοσία και οι ρευματισμοί (Brand & Zhao, 2017). Κατά το 2000-1000 π.Χ. στα θρησκευτικά και ινδουιστικά κείμενα του Hindu η κάνναβη αναγράφεται ως πηγή ευτυχίας. Η κάνναβη καταναλώνονταν σε λατρευτικές και θρησκευτικές εκδηλώσεις καθημερινά (Acharya et al., 2015). Τέτοιες θρησκείες αξιοποίησαν την κάνναβη για να θεραπεύσουν πλήθος ασθενειών όπως η επιληψία, το άγχος και η βρογχίτιδα.

Οι Αιγύπτιοι σε έναν ιατρικό πάπυρο ο οποίος καταγράφει τις ιατρικές ιδιότητες των βοτάνων σημειώνουν ότι η ιατρική κάνναβη είναι ικανή να θεραπεύσει τις φλεγμονές κατά το 1550 π.Χ. ενώ οι Ασσύριοι εστίασαν στις ψυχοτρόπες ικανότητες της κάνναβης για ψυχαγωγία και για ιατρικούς σκοπούς περί το 900 π.Χ.

Άραβες έμποροι τον 14^ο αιώνα εισήγαγαν την κάνναβη από την Ινδία στην ανατολική Αφρική, όπου και εξαπλώθηκε. Χρησιμοποιήθηκε για να ιάσει το άσθμα, τον πυρετό, τη δυσεντερία και την ελονοσία. Τον 16^ο αιώνα οι Ισπανοί κατακτητές μετέφεραν την κάνναβη στην Αμερική όπου την χρησιμοποίησαν για την δημιουργία ρούχων και σκοινιού ενώ μετά χρόνια χρησιμοποιήθηκε ως ψυχοδραστικό και ιατρικό φάρμακο. Το 1798 η κάνναβη ήρθε στην Γαλλία από την Αίγυπτο από τον Ναπολέοντα ο οποίος ερεύνησε τις ανακουφιστικές και καταπραϋντικές ιδιότητες της. Το φυτό της κάνναβης αποτέλεσε μέθοδο για την αντιμετώπιση όγκων, του βήχα και του ίκτερου (Xie et al., 2023).

Η κάνναβη είχε καταχωρηθεί στην λίστα φαρμακοποιίας των Η.Π.Α το 1850 μέχρι που τελικά αφαιρέθηκε το 1942 (Bridgeman & Abazia, 2017). Την χορηγούσαν για την θεραπεία διαφόρων ασθενειών και παθήσεων, μεταξύ των οποίων ήταν η χολέρα, η λύσσα, ο τύφος, η δυσεντερία, η παραφροσύνη.

1.1.3 Ιστορία της κάνναβης στην Ελλάδα

Η κάνναβη και τα παράγωγά της, χρησιμοποιούνται στην Αρχαία Ελλάδα, ήδη από τον 5^ο αιώνα π.Χ.. Υπάρχει μια πρώτη αναφορά από τον Ηρόδοτο ο οποίος στις περιγραφές του αναφέρεται στην χρήση που έκανε ο ίδιος και πως τον βοηθούσε. Κάνει επίσης μια σύγκριση με το νομαδικό φύλο των Σκυθών, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν την κάνναβη για ατμόλουτρα αλλά κατά κύριο λόγο τους σπόρους του φυτού για τις διάφορες ταφικές τελετουργίες μεταξύ του 450 και 420 π.Χ..

Επιπροσθέτως, ο Δημόκριτος, αναφέρεται στους αρχαίους Έλληνες λέγοντας πως κατανάλωναν κάνναβη παράλληλα με κρασί και μύρο για να προκαλέσουν οράματα. Όσον αφορά τις αναφορές στην αρχαιότητα, τελικά, περί το 70 μ.Χ. ο γιατρός Διοσκουρίδης χορηγούσε την κάνναβη για πονόδοντους και για πόνους στα αυτιά.

Το μεγάλο χάσμα από την αρχαιότητα έκλεισε μεταξύ 1870 και 1880, ενώ το λιμάνι του Πειραιά αναπτύχθηκε και αποτελούσε τη μεγαλύτερη εμπορική αποθήκη στην περιοχή του Αιγαίου (Folina et al., 2019). Το 1906, η ελληνική κυβέρνηση εισήγαγε τελωνειακούς περιορισμούς και φόρο στην καλλιέργεια κάνναβης, αποδεχόμενη τις βρετανικές πιέσεις. Το 1919, η Συνθήκη των Βερσαλλιών απαγόρευσε την καλλιέργεια και την εμπορία κάνναβης λόγω εθισμού και επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία. Η εμπορία κάνναβης είχε απαγορευτεί στην Ελλάδα κάνναβης για δέκα χρόνια μέχρι την 1η Ιανουαρίου 1936. Είναι αξιοσημείωτο πως, μέχρι το 1957, δηλαδή όταν τελικά απαγορεύθηκε η καλλιέργεια του φυτού, λειτουργούσαν στην Ελλάδα επτά κανναβουργεία που ασχολούνταν με την επεξεργασία της ίνας για τη δημιουργία σκοινιών (Παπαδόπουλος, 1974).

Σήμερα, στον ελληνικό χώρο έχουν νομιμοποιηθεί τα ακατέργαστα συγκομιζόμενα προϊόντα που προέρχονται από την καλλιέργεια ποικιλιών κάνναβης του είδους *Cannabis Sativa* L. με χαμηλή περιεκτικότητα σε τετραϋδροκανναβινόλη (THC) και αυστηρώς μέχρι 0,2%, σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Πίνακας 1.2.: Βοτανική ταξινόμηση βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: Natural Resources Conservation Service – USDA)

Βασίλειο	Φυτά (Plantae)
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
Ομοταξία	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
Τάξη	Κνιδώδη (Urticales)
Οικογένεια	Κανναβινοειδή (Cannabinaceae)
Γένος	Κάνναβη (Cannabis)
Είδος	<i>Cannabis sativa</i>

Ο αριθμός των ειδών εντός του γένους είναι υπό διερεύνηση. Τρία είδη μπορούν να αναγνωριστούν σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα: *Cannabis sativa*, *C. indica* και *C. ruderalis*. Η πρώτη ταξινόμηση για το γένος κάνναβη πραγματοποιήθηκε με την χρήση του «σύγχρονου» συστήματος ταξινόμησης από τον Carl Linnaeus το 1753, ο οποίος θεώρησε ότι το γένος ήταν μονοτυπικό, αναγνωρίζοντας μόνο ένα είδος που ονόμασε Cannabis sativa L. Οι καθηγητές William Emboden, Loran Anderson, ο βοτανολόγος του Χάρβαρντ Richard E. Schultes και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν ταξινομικές μελέτες για την κάνναβη τη δεκαετία του 1970 και συμπέραναν τελικά ότι υφίστανται σταθερές μορφολογικές διαφορές που υποστηρίζουν την αναγνώριση τουλάχιστον τριών ειδών, C. sativa, C. indica, και C. ruderalis (Schultes et al., 1974).



Εικόνα 1.2.: Τα είδη της κάνναβης και το σχήμα των φύλλων τους (*Cannabis sativa*, *Cannabis indica*, *Cannabis ruderalis*).

(Πηγή: www.cannabizmd.com, Cannabis 101)

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η βιομηχανική κάνναβη είναι ένα ετήσιο, δίοικο φυτό με 4-5 μήνες βιολογικό κύκλο αν και σε υποτροπικές περιοχές μπορεί να είναι και πολυετές (Cherniak, 1983). Παρόλα αυτά, μετά από πειράματα γενετικών βελτιώσεων έχουν δημιουργηθεί και μόνοικες ποικιλίες που εξυπηρετούν στην παραγωγή ινών (Small & Cronquist, 1976). Κατατάσσεται, επίσης, και στα ανεμόγαμα φυτά (Wizenberg et al., 2020). Η διακύμανση του ύψους είναι μεταξύ του 1 έως και 6 μέτρων.



Εικόνα 1.3.1.: Μορφολογικά μέρη της βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: Franz Eugen Köhler, Medizinal-Pflanzen, 1887)

Οι **ρίζες** του είναι πασσαλώδεις ενώ φτάνουν κατά κύριο λόγο σε βάθος από 30-60 εκατοστά και έχουν την δυνατότητα να φτάσουν έως και 2.5 μέτρα σε πιο χαλαρά εδάφη. Αντίθετα, σε πλούσια εδάφη με υγρασία οι ρίζες βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια (Παπαδόπουλος, 1959; Amaducci et al., 2008).



Εικόνα 1.3.2.: Μορφολογία ριζικού συστήματος βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: <https://thaigreenlab.com/hemp-dried-roots/>)

Ο **βλαστός** της κάνναβης είναι μακρύς και λεπτός. Οι μίσχοι είναι συνήθως γωνιακοί, αυλακωτοί, διακλαδισμένοι, με ξυλώδες εσωτερικό, μερικές φορές κοίλοι στα μεσογονάτια διαστήματα. Οι διασταυρώσεις μεταξύ νέων παραφυάδων και παλαιότερων ονομάζονται κόμβοι (Raman et al., 2017). Οι κόμβοι έχουν συνήθως πολλές τρίχες πάνω τους. Οι τρίχες είναι οι αδένες που εκκρίνουν κανναβινοειδή (Tanney et al., 2021). Τρία είναι τα μέρη από τα οποία αποτελείται: ο φλοιός που περιλαμβάνει τις ίνες, το ξύλο και η εντεριώνη.



Εικόνα 1.3.3.: Μορφολογία βλαστού βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: Wikipedia.org, Fenrisulfir, 2009)

Τα **φύλλα** του είναι πράσινα, σύνθετα και παλαμοειδή. Διαθέτουν 3-9 οδοντωτούς λοβούς. Οι λοβοί είναι στενοί επιμήκεις-λογχοειδείς, με μήκος 3–20 cm και πλάτος έως 1,8 cm, σκούρου πράσινου χρώματος οξείς στην κορυφή και οδοντωτοί κατά μήκος των παρυφών (Raman et al., 2017). Μερικές φορές δεν συναντώνται λοβοί στα νεότερα φύλλα. Τα φύλλα είναι διατεταγμένα αντίθετα, κατ' εναλλαγή ή σπειροειδώς.



Εικόνα 1.3.4.: Μορφολογία φύλλου βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: <https://joyorganics.com/blogs/news/can-you-eat-raw-hemp-leaves>)

Οι **ταξιανθίες** παρατηρούνται σε μακρύς και φυλλώδεις μίσχους και διαθέτουν πολλαπλές κεφαλές ανθέων. Η κάνναβη διαθέτει φυτά με αρσενικούς και θηλυκούς βοτρυώδεις ταξιανθίες. Τα αρσενικά άνθη είναι έμμισχα, με πέντε πρασινωπά ή άσπρα σέπαλα με μήκος 2.5-4 mm και πέντε στήμονες με λεπτές ίνες. Τα αρσενικά λουλούδια αποκόπτονται μετά την άνθηση. Σε αντίθεση με τα αρσενικά άνθη, τα θηλυκά άνθη είναι ουσιαστικά άμισχα και σε ζεύγη (Small et al., 2011).



Εικόνα 1.3.5.: Μορφολογία ταξιανθιών βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: <https://highgradehempseed.com/blog/what-is-hemp-flower/>)

Οι **σπόροι** κάνναβης σχηματίζονται μέσα στα άνθη, ξεκινώντας τη ζωή τους μέσα σε ένα περίβλημα γνωστό ως τριχωτός μίσχος του άνθους. Ο καρπός, είναι αχαίνιο, περιέχει ένα μόνο σπόρο που διαθέτει σκληρό περίβλημα το οποίο καλύπτεται από το λεπτό τοίχωμα της ωοθήκης. Ο σπόρος έχει ελλειψοειδή και ελαφρώς συμπιεσμένη, είναι λείος με μήκος περίπου 2-5 mm (Παπαδόπουλος, 1959; Clarke, 1981). Γενικά, είναι καφέ και έχει στίγματα.



Εικόνα 1.3.6.: Μορφολογία καρπού βιομηχανικής κάνναβης.

(Πηγή: <https://uttraksh.com/product/hemp-seed/>)

1.4 Καλλιεργητικές τεχνικές

1.4.1 Επιλογή ποικιλίας

Πίνακας 1.4.1.: Ποικιλίες κάνναβης εγγεγραμμένες στον κοινοτικό κατάλογο.

(Πηγή: <http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/database/public/index.cfm>)

α/α	Ποικιλία <i>Cannabis Sativa</i> L.	Χώρα
1	Antal	Τσεχία
2	Beniko	Αυστρία, Ελβετία, Τσεχία, Ολλανδία, Πολωνία
3	Bialobrzeskie	Αυστρία, Τσεχία, Πολωνία
4	Cannakomp	Ουγγαρία
5	Chamaeleon	Ολλανδία
6	Delta-405	Ισπανία
7	Diana	Ρουμανία
8	Dioica 88	Γαλλία
9	Fedora 17	Ελβετία, Γαλλία
10	Feline 32	Γαλλία
11	Ferimon	Γαλλία, Γερμανία
12	Fibranova	Ιταλία
13	Finola	Φινλανδία
14	Kompolti	Αυστρία, Ελβετία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ολλανδία

15	Tygra	Πολωνία
----	-------	---------

Οι εκτάσεις που προορίζονται για την καλλιέργεια κάνναβης του είδους *Cannabis sativa* L. είναι απαραίτητο να καλλιεργούνται αποκλειστικώς με σπόρους πιστοποιημένων ποικιλιών που περιέχουν τετραϋδροκανναβινόλη (THC) σε ποσότητα χαμηλότερη του 0,2% και είναι εγγεγραμμένες στον Εθνικό ή στον Κοινοτικό Κατάλογο Ποικιλιών γεωργικών ειδών. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα στον κοινοτικό κατάλογο το 2015, είναι εγγεγραμμένες 52 ποικιλίες από τις εξής 12 χώρες: Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ελβετία, Ισπανία, Ιταλία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Πολωνία, Ρουμανία, Τσεχία, Φινλανδία. Η βιομηχανική κάνναβη εμφανίζει ιδιαίτερη ευαισθησία σε περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία, και για αυτόν τον λόγο η κάθε ποικιλία δημιουργείται με στόχο να επιβιώνει σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Όταν ποικιλίες που καλλιεργούνται στις βόρειες Ευρωπαϊκές περιοχές καλλιεργηθούν σε νοτιότερες περιοχές θα ανθίσουν πιο πρώιμα πχ. Μεσόγειος (Angelini et al., 2016) αυτός είναι και ο λόγος που στη νότια Ευρώπη γίνεται χρήση όψιμων ποικιλιών. Στις ευρωπαϊκές χώρες καλλιεργούνται μόνοικες και δίοικες ποικιλίες, στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο μόνοικες ποικιλίες. Οι ποικιλίες που προορίζονται για βορειότερα περιβάλλοντα έχουν πιο μεγάλη βλαστική περίοδο, ανθίζουν με χαμηλότερο ρυθμό και η βιομάζα που παράγεται από αυτές είναι σε μεγάλη ποσότητα επειδή ο χρόνος στον οποίο δέχονται το ηλιακό φως είναι μικρότερος (Cosentino et al., 2012). Αντιθέτως, σε νότια περιβάλλοντα παράγεται μικρότερη βιομάζα λόγω της μικρότερης βλαστικής περιόδου συνδυαστικά με τη πρόωρη άνθηση του (Sankari, 2000). Επομένως η επιλογή ποικιλίας εξαρτάται από τον σκοπό της καλλιέργειας, στην περίπτωση που το τελικό προϊόν είναι η βιομάζα επιλέγεται ποικιλία με μεγάλο βλαστικό κύκλο και επιβραδυμένη άνθηση ενώ σε περίπτωση παραγωγής ίνας και σπόρου επιλέγεται ποικιλία που καλύπτει τις δυο αυτές ανάγκες.

1.4.2 Σπορά καλλιέργειας

Η καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης δεν είναι ιδιαίτερα ανεκτική σε βαριά, κορεσμένα εδάφη καθώς και σε εδάφη με pH μικρότερο του 6 (Struik et al., 2000). Ο αγρός που θα επιλεγθεί οφείλει να είναι οργωμένος και ψιλοχωματισμένος προκειμένου να είναι ομοιόμορφη η βλάστηση του σπόρου. Για να μην συμπιεστεί ο σπόρος το έδαφος όταν προετοιμάζεται πρέπει να είναι στο στάδιο του ρώγου (Struik et al., 2000). Η επιτυχία της βλάστησης και η άμεση εγκατάσταση της καλλιέργειας εξαρτάται από την ημερομηνία σποράς η οποία καθορίζεται από την θερμοκρασία του εδάφους και τη διαθεσιμότητα του νερού (Desanlis et al., 2013; Lisson et al., 2000). Μείζονος σημασίας είναι επίσης η διάρκεια φωτοπεριόδου η οποία επηρεάζει την ανάπτυξη των βλαστών καθώς και την συνολική αποδοτικότητα των ινών και των σπόρων (Amaducci et al., 2008, 2012; Cosentino et al., 2012). Η πρώιμη σπορά που βρίσκει εφαρμογή και σε βορειότερες περιοχές είναι επικίνδυνη, να ζημιώσει το φυτό εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν (Van Der Werf et al., 1996). Οι πρώιμες σπορές (Φεβρουάριο ή Μάρτιο) εξασφαλίζουν στα μεσογειακά κλίματα μεγαλύτερη αποδοτικότητα των στελεχών λόγω αύξησης της βλαστικής διάρκειας και

παράλληλα εξοικονομείται το αρδευτικό νερό (Bari et al., 2004). Η βιομηχανική κάνναβη είναι φυτό ετήσιο και έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε διάρκεια ημερήσιου φωτισμού, περί τις 14 ώρες, ώστε να επιβραδυνθεί η άνθηση και άριστη ανάπτυξη με θερμοκρασίες 19–26°C (Hall et al., 2013). Στον ελλαδικό χώρο, η περίοδος σποράς εκτείνεται από τα μέσα Μαρτίου μέχρι και τα μέσα Απριλίου και εξαρτάται από την περιοχή, τον σκοπό της καλλιέργειας και τις συνθήκες που επικρατούν. Στην Βόρεια Ευρώπη, αντιθέτως, η σπορά μπορεί να διαρκέσει μέχρι και τα μέσα Μαΐου (Cosentino et al., 2012).

1.4.3 Πυκνότητα φύτευσης καλλιέργειας

Η πυκνότητα φύτευσης των φυτών γίνεται με βάση την ποικιλία και την προσαρμοστικότητα τους στις ανάλογες τεχνικές καλλιέργειας (Amaducci et al., 2015). Γενικά, η πυκνότητα φύτευσης είναι χαμηλότερη για τα φυτά κάνναβης που καλλιεργούνται για την παραγωγή σπόρων σε σύγκριση με εκείνα που σπέρνονται για την παραγωγή ινών. Οι Bocsa και Karus (1998) χρησιμοποίησαν 100–150 φυτά ανά m^2 , ενώ ο Ranalli (1999) χρησιμοποίησε χαμηλότερη πυκνότητα φύτευσης (90 φυτά ανά m^2) για την παραγωγή σπόρων. Διαφορετικοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες πυκνότητες φύτευσης για την παραγωγή βιομηχανικής κάνναβης. Οι Amaducci et al. (2002) χρησιμοποίησαν 180 φυτά m^{-2} , οι Townshend και Boleyn (2008) χρησιμοποίησαν 150–225 φυτά m^{-2} , ενώ οι Amaducci et al. (2012) χρησιμοποίησαν ακόμη χαμηλότερη πυκνότητα, δηλαδή 90–100 φυτά m^{-2} . Επιπλέον, η πυκνότητα φύτευσης 120 φυτών m^{-2} χρησιμοποιήθηκε από τους Campiglia et al. (2017). Οι Deng et al. (2019) συνέστησαν υψηλή πυκνότητα (329–371 φυτά m^{-2}) για καλύτερη απόδοση ινών υψηλής ποιότητας. Για την παραγωγή ινών και σπόρων 90–150 φυτά m^{-2} έχουν προταθεί από τους Tang et al. (2017). Η υψηλή πυκνότητα φύτευσης (200 και 250 φυτά m^{-2}) επηρεάζει αρνητικά πολλά γνωρίσματα, π.χ. ύψος φυτού, τεχνικό μήκος στελέχους, διάμετρος στελέχους, απόδοση φρέσκιας βιομάζας, ξηρό βάρος στελέχους, απόδοση ινών, απόδοση σπόρων και ποσοστό λαδιού (Yazici, 2023).

1.4.4 Καταπολέμηση ζιζανίων

Τα ζιζάνια αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά λόγω ταχείας ανάπτυξης, χωρίς να είναι απαραίτητη η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, εφόσον η φύτευση είναι αρκετά πυκνή με αριθμό φυτών 200-250 ανά m^2 (Prade, 2011). Έχει σημειωθεί ότι οι αγροί όπου καλλιεργείται βιομηχανική κάνναβη παρουσιάζουν μεγαλύτερο πλήθος ζιζανίων κατά το τέλος της ανοιξιάτικης περιόδου αν τότε οι θερμοκρασίες είναι υψηλές (Jankauskienė et al., 2014). Στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης της η κάνναβη είναι ευαίσθητη στα ζιζάνια γιατί η ανάπτυξη της είναι πολύ μικρή ώστε να καταφέρει να τα καταπολεμήσει. Αν κριθεί αναγκαίο, τα ζιζάνια μπορούν να αντιμετωπιστούν σε αυτή τη φάση με μηχανικό τρόπο ή εναλλακτικά εφαρμόζοντας χημικά ζιζανιοκτόνα. Υπό ευμενείς συνθήκες, η κάνναβη αναπτύσσεται γρήγορα και το φύλλωμα της γίνεται ιδιαίτερα πυκνό με αποτέλεσμα να επισκιάσει το έδαφος όποτε να καλύψει και τα ζιζάνια τα οποία βρίσκονται σε αρχική φάση αύξησης (Heuser, 1927; Ranalli, 1999;

Rehman et al., 2013). Η περιοχή και οι καλλιεργητικές συνθήκες καθορίζουν τον χρόνο εφαρμογής.

1.4.5 Συγκομιδή καλλιέργειας

Παράγοντες όπως είναι η περιοχή καλλιέργειας, οι κλιματικές συνθήκες, η επιλογή της καλλιεργούμενης ποικιλίας και το τελικό προϊόν που είναι το επιθυμητό για παραλαβή επηρεάζουν άμεσα την ημερομηνία συγκομιδής. Όταν η καλλιέργεια προορίζεται για παραγωγή ίνας η Συγκομιδή πραγματοποιείται περίπου 100 μέρες μετά την σπορά με την κοπή των στελεχών, γεγονός που συμπίπτει με την πλήρη άνθιση αρσενικών φυτών (Bócsa and Karus, 1998) στις δίοικες ποικιλίες, όταν δηλαδή η παραγωγή ινών φθάνει στο μέγιστο (Westerhuis et al., 2009; Amaducci et al., 2008; Mediavilla et al., 2001). Η συγκομιδή των φυτών γίνεται στο στάδιο της αιχμής της ανθοφορίας. Σε μία από τις μεθόδους συγκομίζονται και επεξεργάζονται ολόκληρα φυτά. Τα τελευταία χρόνια που έχει αυξηθεί η ζήτηση για συγκομιδή κυρίως των ταξιανθιών του φυτού, τα νέα μηχανήματα που έχουν κυκλοφορήσει έχουν τη δυνατότητα να συγκομίζουν σε δύο στάδια: στη δεύτερη μέθοδο συγκομίζονται πρώτα επιλεγμένοι ώριμοι οφθαλμοί και δίνεται περισσότερος χρόνος στα χαμηλότερα κλαδιά για να σχηματίσουν μπουμπούκια για να μεγιστοποιηθεί η συγκομιδή (Chandra et al., 2020). Η κοπή της ταξιανθίας για σπόρο μπορεί επίσης να ολοκληρωθεί με τον ίδιο εξοπλισμό (Gusonius et al., 2016).

1.5 Οικολογικές απαιτήσεις

1.5.1 Κλίμα

Η βιομηχανική κάνναβη είναι ετήσιο φυτό, εαρινής σποράς. Η ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να δεχτεί το φυτό κατά τη σπορά του είναι 6-10°C. Ωστόσο, οι σπόροι έχουν τη δυνατότητα να βλαστήσουν ακόμα και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (Bócsa and Karus, 1998). Προτιμά και αναπτύσσεται καλύτερα σε θερμοκρασίες μεταξύ των 25 και 30 °C (Eichhorn Bilodeau et al., 2019) αλλά μπορεί να επιβιώσει ικανοποιητικά ακόμα και σε χαμηλότερες με μειωμένη παραγωγή.

Είναι φυτό μικρής ημέρας, χρειάζεται άφθονο φως αλλά μπορεί να αναπτυχθεί και σε σκιαζόμενα μέρη όπου όμως θα περιοριστεί η ανάπτυξη του. Στην Ευρώπη, χρησιμοποιούνται ποικιλίες με πιο μεγάλη κρίσιμη φωτοπερίοδο στις 14 με 15,5 ώρες ώστε να επιτευχθούν μεγαλύτερες αποδόσεις (Van der Werf, 1994; Stutterheim, 1999).

Η υγρασία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού. Σε κρύες ή εύκρατες περιοχές με πολλές βροχοπτώσεις, βελτιώνεται η ποιότητα των συγκομισμένων ινών (Bloomquist, 1971; Schultes, 1970). Όταν η καλλιέργεια δεν λαμβάνει την απαιτούμενη ποσότητα υγρασίας και δέχεται υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνεται η ανθοφορία και επιβραδύνεται η ανάπτυξη και η ωρίμανση των ινών (Abot et al., 2013)

1.5.2 Έδαφος

Η βιομηχανική κάνναβη έχει τη δυνατότητα να ευδοκιμεί σε παντός είδους έδαφος υπό τον όρο, ότι η ρίζα δέχεται τον απαιτούμενο αερισμό (Haney and Kutscheid, 1975). Προκειμένου να αναπτυχθεί η κάνναβη ιδανικά χρειάζεται εδάφη πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, βαθιά, μέσης μηχανικής σύστασης, αρδευόμενα και ουδέτερα ή ελαφρώς αλκαλικά (pH=6-7.5).

Τα αμμώδη εδάφη με μικρή ποσότητα αζώτου δεν ευνοούν την ανάπτυξη του φυτού (Haney and Bazzaz, 1970). Τα φτωχά εδάφη δεν θα πρέπει να προτιμώνται για την εγκατάσταση της καλλιέργειας καθότι τα φυτά δεν αναπτύσσονται σωστά (Παπαδόπουλος, 1959). Η προετοιμασία της σποροκλίνης αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ομοιόμορφη εγκατάσταση και την τοποθέτηση των φυτών με την επιθυμητή πυκνότητα (Struik et al., 2000).

Τέλος, οι καλλιεργητικές εκτάσεις που περιλαμβάνουν πληθυσμούς ζιζανίων έχουν αρνητική επίδραση μόνο στα αρχικά βλαστικά στάδια του φυτού, ενώ η γρήγορη βλάστηση της κάνναβης παράλληλα με τις αλληλοπαθητικές ουσίες που εκκρίνουν τους επιτρέπει να είναι ανταγωνιστικά με τα ζιζάνια (Ranalli, 1999; Small, 2002; Willis, 2007).

1.6 Άρδευση

Η άρδευση της κάνναβης παίζει σπουδαίο ρόλο στην απόδοση και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Lisson and Mendham, 1998). Σε θερμές περιοχές όπου η εξάτμιση είναι μεγάλη οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες σε βορειότερα μέρη. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες τα φυτά απαιτούν 250 έως 450 mm νερού, ενώ σε πιο ψυχρά μέρη η καταναλώνονται μικρότερες ποσότητες νερού, δηλαδή, από 200 έως 300 mm (Rivoira and Marras, 1975; Amaducci et al., 2000; Gill et al., 2023).

Από την έρευνα των Cosentino et al., 2013, προκύπτει ότι οι πρώιμες μόνοικες ποικιλίες της Μεσόγειου απαιτούν 250 mm, ενώ οι όψιμες δίοικες απαιτούν ιδανικά άρδευση ίση με 450 mm. Για να επιτευχθεί η μέγιστη ποσότητα και ποιότητα των ινών η άρδευση της καλλιέργειας θα πρέπει να είναι κατάλληλη μεταξύ των σταδίων άνθισης και ωρίμανσης. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση για την καλλιέργεια απαιτούνται 500-700 mm διαθέσιμης υγρασίας από τα οποία τα 250- 300 mm να είναι σε διαθεσιμότητα στο βλαστικό στάδιο ανάπτυξης (Bócsa and Karus, 1998). Η άρδευση είναι σημαντικό να προγραμματίζεται ώστε να αυξάνεται η απόδοση και επομένως η βλαστική ανάπτυξη, η ομαλή ανάπτυξη του σπόρου, η ποιότητα της ίνας και η ομοιομορφία ωρίμανσης των φυτών. Η ανθοφορία επιτυγχάνεται πιο σύντομα όταν τα ποσοστά υγρασίας είναι χαμηλά και η θερμοκρασία αυξημένη (Amaducci et al., 2008; Heslop-Harrison, 1969). Ταυτόχρονα, επιβραδύνεται η ανάπτυξη και ωρίμανση των ινών (Abot et al., 2013).

Όσο τα φυτά κάνναβης μεγαλώνουν σε μέγεθος έχουν διαφορετικές ανάγκες σε άρδευση. Η βιομηχανική κάνναβη, είναι εκτεθειμένη σε πολλαπλές ασθένειες (βακτήρια, μύκητες, νηματώδεις, ιώσεις) οι οποίες ευδοκιμούν σε συνθήκες υψηλής

υγρασίας. Για αυτό τον λόγο προτιμάται η στάγδην άρδευση ώστε να μην επικρατούν συνθήκες υγρασίας στα φύλλα που διευκολύνουν τις προσβολές. Υψηλή υγρασία μπορεί επίσης να προκαλέσει ζημιά στα φυτά και να καθυστερήσει την αύξηση τους. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται λιγότερη ποσότητα νερού ειδικά στο βλαστικό στάδιο.

1.7 Λίπανση

Η σωστή παροχή θρεπτικών συστατικών είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική και βιώσιμη καλλιέργεια οποιασδήποτε καλλιέργειας. Μεταξύ των πιο σημαντικών θρεπτικών συστατικών για τα φυτά είναι το άζωτο (N), ο φώσφορος (P) και το κάλιο (K). Ωστόσο, λίγες μελέτες έχουν διερευνήσει την ανταπόκριση της κάνναβης σε αυτά τα θρεπτικά συστατικά. Ως αποτέλεσμα, οι καλλιεργητές κάνναβης συχνά βασίζονται σε συνταγές θρεπτικών συστατικών που αναπτύχθηκαν από εταιρείες λιπασμάτων ή σε κοινοτική συναίνεση που βασίζεται σε προηγουμένως παράνομη παραγωγή. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα επειδή η ελλιπής ή η υπερβολική παροχή θρεπτικών ουσιών μπορεί να μειώσει την απόδοση (Caplan et al., 2017) ή να οδηγήσει σε περιβαλλοντική ρύπανση από την απορροή περίσσειας θρεπτικών ουσιών (Beerling et al., 2014; Zheng, 2018).

1.7.1 Άζωτο

Το άζωτο (N) αποτελεί το πρωτεύον μακροθρεπτικό συστατικό. Είναι ζωτικής σημασίας τόσο κατά τα στάδια ανάπτυξης όσο και κατά τα στάδια ανθοφορίας όλων των φυτών επομένως και της κάνναβης (Bócsa and Karus, 1998). Το άζωτο χρησιμοποιείται για την παραγωγή χλωροφύλλης. Δίνει στα φυτά το πράσινο χρώμα τους, καθώς επίσης αποτελεί βασικό συστατικό της φωτοσύνθεσης. Τα φυτά κάνναβης χρειάζονται άζωτο σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Όχι μόνο για τη φωτοσύνθεση, αλλά και ως βασικό δομικό στοιχείο για τις πρωτεΐνες (Masclaux-Daubresse et al., 2010). Χωρίς αυτές τις πρωτεΐνες, τα φυτά γίνονται αδύναμα και ασθενικά. Προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση των σπόρων της, η κάνναβη απαιτεί άζωτο το οποίο κυμαίνεται από 99 kg N / ha έως 198 kg N / ha ανάλογα με τις καλλιεργητικές συνθήκες (Vera et al., 2010, 2004). Μετά από μερικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη, προέκυψε ότι οι ποσότητες λιπασμάτων αζώτου κυμαίνονται μεταξύ 100 και 240 kg N / ha (Van Der Werf et al., 1995; Struik et al., 2000; Sausserde et al., 2013; Aubin et al., 2015).

1.7.2 Φώσφορος

Ο φώσφορος (P) είναι απαραίτητος κατά τη φάση της ανθοφορίας. Η ουσία αυτού του μακροθρεπτικού στοιχείου είναι να κάνει διαθέσιμα άλλα θρεπτικά συστατικά για το φυτό, επιτρέποντάς του να τα απορροφήσει. Ο φώσφορος χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της δομής του φυτού, από τις ρίζες μέχρι τα άνθη. Τα ελλείμματα φωσφόρου εκφράζονται από το ελλιπώς ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, με αποτέλεσμα τα φυτά να καθυστερούν να αναπτυχθούν. Ο φώσφορος συμβάλλει κυρίως στο σχηματισμό

φυτικών πρωτεϊνών ενώ αποτελεί απαραίτητο συστατικό για την σωστή φωτοσύνθεση του φυτού. Η βιομηχανική κάνναβη είναι δυνατόν να απορροφά ακόμα και τη λιγοστή ποσότητα φωσφόρου, που απαιτείται από το έδαφος. Ετησίως η καλλιέργεια απαιτεί 50 kg/ha σε φώσφορο.

1.7.3 Κάλιο

Το κάλιο (K) είναι ένα βασικό θρεπτικό στοιχείο το οποίο είναι απαραίτητο για το φυτό σε σχετικά υψηλές ποσότητες και συμμετέχει σε πολλές βασικές φυσιολογικές διεργασίες (Layton & Aubin, 2019). Οι διεργασίες που επηρεάζονται από την παροχή K περιλαμβάνουν τη σύνθεση πρωτεϊνών, τη φωτοσύνθεση, την ενεργοποίηση ενζύμων, την ωσμωρύθμιση και την πρόσληψη και συσσώρευση άλλων βασικών κατιόντων όπως Ca και Mg (Myers et al., 2016; Resh, 2012; Rietra et al., 2017; Saloner & Bernstein, 2020). Εκτός από τη συμμετοχή του στη ρύθμιση του πρωτογενούς μεταβολισμού των φυτών, το K είναι γνωστό ότι έχει σημαντικό αντίκτυπο στον δευτερογενή μεταβολισμό των φυτών και επομένως θεωρείται ως «στοιχείο ποιότητας» (Layton & Aubin, 2019; Saloner & Bernstein, 2020, 2021). Συνολικά, κάθε χρόνο απαιτείται κάλιο που κυμαίνεται από 50 έως 300 kg/ha (Neenan, 1969, Iványi et al 1997).

1.7.4 Λοιπά θρεπτικά

Απαιτήσεις του φυτού στα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία:

Πίνακας 1.7.4.: Ανάγκες του φυτού σε λοιπά θρεπτικά στοιχεία. (Πηγή: www.elgo.gr Θρεπτικές απαιτήσεις και λίπανση της βιομηχανικής κάνναβης, Χ. Τσαντήλας, 2016)

Στοιχείο	Επιθυμητή συγκέντρωση
Ασβέστιο (Ca)	2,4-3
Μαγνήσιο (Mg)	0,6-0,8
Σίδηρος (Fe)	65-100 mg/kg
Μαγγάνιο (Mn)	85-130 mg/kg
Ψευδάργυρος (Zn)	25-40 mg/kg

1.8 Προϊόντα και εφαρμογές της βιομηχανικής κάνναβης

Η ίνα της βιομηχανικής κάνναβης χρησιμοποιούταν κυρίως για την παραγωγή πολτού και χαρτιού. Η κάνναβη ως μη ξυλώδης ίνα αποτελεί πραγματικά μια καταλληλότερη πρώτη ύλη απόδοσης για την κατασκευή χαρτιού εξαιτίας των υψηλής ποιότητας φυσικών ιδιοτήτων του πολτού του και της αντοχής του (Ranalli & Venturi, 2004; Harris et al. 2008; Barberà et al. 2011; Bouloc 2013; Miao et al. 2014; Feng and Zhang 2015; Danielewicz & Surma-Ślusarska, 2017; Przybysz Buzala et al. 2017; Yu et al. 2017; Bajpai 2018). Οι ίνες κάνναβης μπορούν να παράξουν: καμβά (καραβόπανο) που βρίσκεται στα πανιά των ιστιοφόρων πλοίων, οικολογικό χαρτί υψηλής ποιότητας,

υφάσματα, ρούχα, σχοινιά, δίχτυα, υλικά μονώσεων και οικοδομής, μονωτικό και στεγνωτικό υλικό επίστρωσης αυτοκινήτων.

Η **εντεριώνη**, η ιστολογική μάζα, των στελεχών του φυτού της κάνναβης είναι κατάλληλη για την κατασκευή υλικών στρωμνής αλόγων ιππασίας και μικρών οικιακών ζώων. Έχει μεγαλύτερη απορροφητικότητα από το άχυρο του σιταριού με μακρά διάρκεια χρήσης και ταυτόχρονα δεσμεύει την υγρασία και τις οσμές. Αφού έχει χρησιμοποιηθεί μπορεί να αξιοποιηθεί ως λίπασμα για κηπευτικές καλλιέργειες και ανθοκομικά φυτά.

Οι **σπόροι** κάνναβης, που διαθέτουν μεγάλη θρεπτική αξία αξιοποιούνται ώστε να παράγουν: βρώσιμα προϊόντα (superfoods), με υψηλή διατροφική αξία για τον άνθρωπο, όπως λάδι, αλεύρι και πρωτεΐνη κάνναβης, έλαιο για σαπούνια και καλλυντικά, το γνωστό «κανναβούρι», και κτηνοτροφές καθώς και βαφές και βερνίκια. Οι σπόροι κάνναβης περιέχουν και τα εννέα απαραίτητα αμινοξέα που απαιτούνται για τον άνθρωπο (Callaway, 2004). Οι σπόροι κάνναβης είναι πηγή πρωτεϊνών, ωμέγα-6 και ωμέγα-3 λιπαρών οξέων, αντιοξειδωτικών και βασικών μετάλλων όπως κάλιο, νάτριο, μαγνήσιο, ασβέστιο, σίδηρος, φώσφορος και ψευδάργυρος (Leizer et al. 2000).

Πίνακας 1.8.: Διατροφική αξία σπόρου κάνναβης, αποφλοιωμένου.

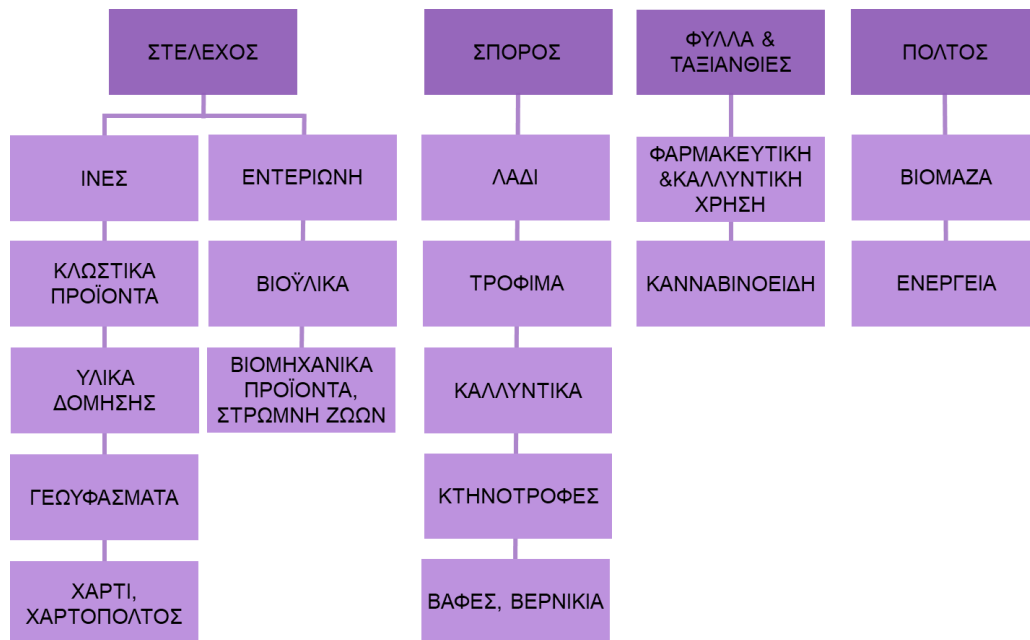
(Πηγή: National Nutrient Database – USDA)

Σπόρος κάνναβης, αποφλοιωμένος	
Διατροφική αξία ανά 100 γρ.	
Ενέργεια	2,451 kJ (586 kcal)
Υδατάνθρακες	4,67 γρ.
Σάκχαρα	1,5 γρ.
Φυτικές ίνες	4 γρ.
Λίπη	48,75 γρ.
Κορεσμένα λιπαρά οξέα	6,4 γρ.
Μονοακόρεστα	5,4 γρ.
Πολυακόρεστα	38,1 γρ.
Ω3 λιπαρά οξέα	9,3 γρ.
Ω6 λιπαρά οξέα	28,7 γρ.
Πρωτεΐνη	31,56 γρ.

Οι **ταξιανθίες και τα φύλλα** της κάνναβης φέρουν τα ενεργά συστατικά του φυτού, τα κανναβινοειδή, που έχει αποδειχθεί ότι διαθέτουν θεραπευτική και καταπραϋντική δράση για τον άνθρωπο. Τα πιο σημαντικά και ευεργετικότερα κανναβινοειδή είναι η Κανναβιδιόλη (CBD) και η Τετραϋδροκανναβινόλη (THC). Το εκχύλισμα κανναβινοειδών από τα άνθη είναι ικανό να παράξει: φαρμακευτικά προϊόντα, τα οποία καταπολεμούν και περιορίζουν σημαντικά σοβαρές οργανικές και ψυχικές ασθένειες και τσάι με εξισορροπητική και θεραπευτική επίδραση.

Ο **πολτός** κάνναβης, από τα υπολείμματα επεξεργασίας του φυτού, βρίσκει χρήση ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ενέργειας, επειδή, οι υδρογονάνθρακες που

συναντώνται στην κάνναβη έχουν την ικανότητα να μετατροπής σε ένα μεγάλο φάσμα πηγών ενέργειας από βιομάζα μέχρι υγρό καύσιμο.



Εικόνα 1.8.: Χρήσεις και παράγωγα της βιομηχανικής κάνναβης.

1.9 Σκοπός

Η συγκεκριμένη μελέτη υλοποιήθηκε προκειμένου να αξιολογηθεί μια ποικιλία βιομηχανικής κάνναβης (Felina 32) σε συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες. Αναλυτικότερα, έχει σαν στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης της λίπανσης στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της ανωτέρω ποικιλίας βιομηχανικής κάνναβης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός αγρός

Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο Μαγνησίας κατά τη διάρκεια του 2022. Η σπορά της καλλιέργειας κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) και συγκεκριμένα της ποικιλίας Felina 32 την οποία πραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε στις 06/05 του ιδίου έτους. Το πείραμα καταλάμβανε περίπου 300 m² έκταση με πληθυσμό 120 φυτά/m².

Κατά τον σχεδιασμό αυτού του πειράματος εφαρμόστηκαν πλήρως τυχαιοποιημένες επαναλήψεις (RCBD). Όσον αφορά την αζωτούχο λίπανση προστέθηκαν τρία επίπεδα σε 4 επαναλήψεις. Τα επίπεδα ήταν 0, 7 και 14 kg N/στρέμμα. Η λίπανση πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά επί της γραμμής στις 03/07/2022 με χρήση του λιπάσματος Alzon 46-0-0.

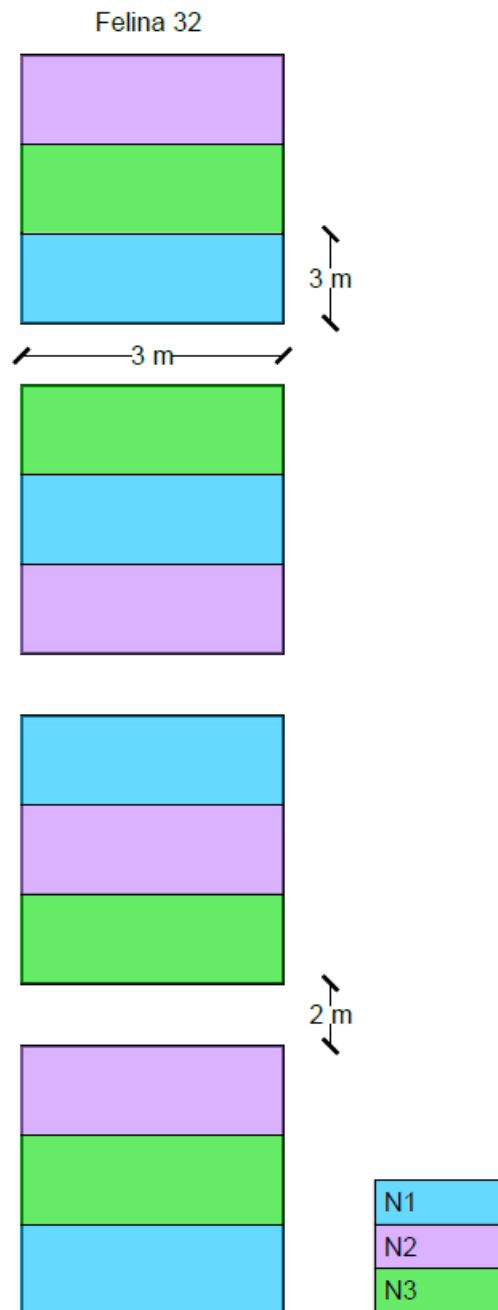


Εικόνα 2.1.: Λίπασμα Alzon 46-0-0.

Τέλος, τα ζιζάνια αντιμετωπίστηκαν στα πρώτα στάδια χειρωνακτικά ενώ προηγουμένως έγινε προσπαρτική χημική ζιζανιοκτονία με την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου stomp.

2.2 Πειραματικό σχέδιο

Ο πειραματικός αγρός εγκαταστάθηκε με βάση τον Πίνακα 2.2. Οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου είναι 3 m x 3 m.



Πίνακας 2.2.: Πειραματικός αγρός.

2.3 Μετρήσεις και επεξεργασία

Για τη μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης και άρδευσης των φυτών κάνναβης ολοκληρώθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες σε μια καλλιεργητική περίοδο, δηλαδή, κατά τους μήνες Ιούλιο με Σεπτέμβριο.

Σε κάθε δειγματοληψία γινόταν κοπή φυτών 0.5 m x 0.5 m. Τα φυτά τοποθετούνταν σε σακούλες και μετρούταν το ύψος και το νωπό βάρος τους. Έπειτα, γινόταν ο καταμερισμός των φυτών τα οποία χωρίζονταν σε φύλλα, όργανα καρποφορίας, βλαστός και ίνα και τοποθετούνταν σε σακουλάκια. Αφού γινόταν ο διαχωρισμός, σειρά είχε η ξήρανση των δειγμάτων στο ξηραντήριο της σχολής σε θερμοκρασία 59°C. Μια εβδομάδα μετά τη δειγματοληψία, ζυγίζονταν τα δείγματα που είχαν βγει από τον ξηραντήρα και μετρούταν τα ξηρά βάρη τους. Οι κοπές στο σύνολο τους ήταν τέσσερις.



Εικόνα 2.3.1.: Ο ζυγός που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των ξηρών βαρών.

Η πρώτη πραγματοποιήθηκε στις 18/07/2022 ημερομηνία στην οποία η καλλιέργεια βρισκόταν στο στάδιο της ανθοφορίας των αρσενικών. Η μέτρηση του ξηρού βάρους της πρώτης κοπής, μετά την τοποθέτηση στον ξηραντήρα έγινε στις 29/07/2022.



Εικόνα 2.3.2.: Πρώτη κοπή 18/07/2022.

Η δεύτερη κοπή πραγματοποιήθηκε στις 02/08/2022 όπου η καλλιέργεια βρισκόταν στο στάδιο ανθοφορίας θηλυκών ανθέων. Η μέτρηση του ξηρού βάρους της δεύτερης κοπής, μετά την τοποθέτηση στον ξηραντήρα έγινε στις 02/09/2022.



Εικόνα 2.3.3.: Δεύτερη κοπή 02/08/2022.

Η τρίτη κοπή πραγματοποιήθηκε στις 19/08/2022 που η καλλιέργεια βρισκόταν στο στάδιο γεμίσματος των σπόρων. Η μέτρηση του ξηρού βάρους της τρίτης κοπής, μετά την τοποθέτηση στον ξηραντήρα έγινε στις 05/09/2022.



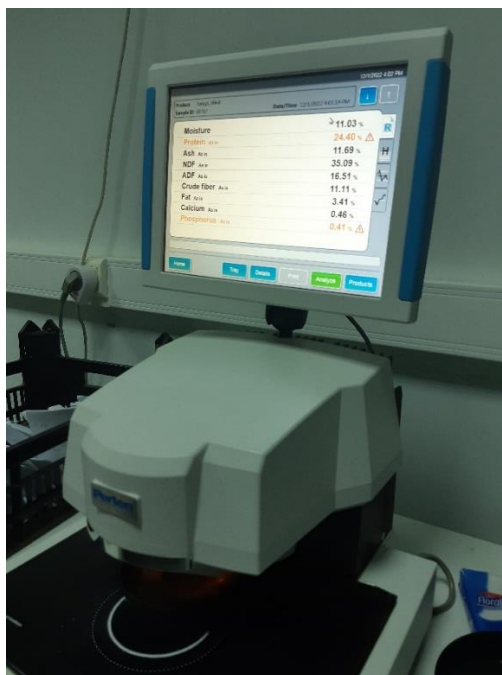
Εικόνα 2.3.4.: Τρίτη κοπή 18/08/2022.

Η τέταρτη κοπή πραγματοποιήθηκε στις 21/09/2022 στο στάδιο της ωρίμανσης. Η μέτρηση του ξηρού βάρους της τέταρτης κοπής μετά την τοποθέτηση στον ξηραντήρα έγινε στις 05/10/2022.



Εικόνα 2.3.5.: Τέταρτη κοπή 21/09/2022.

Τέλος, στο Εργαστήριο Γεωργίας της σχολής μετρήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά με τη χρήση του αναλυτή NIR (DA 7250 NIR analyzer, Perten Instruments, Hägersten, Sweden).



Εικόνα 2.3.6.: Αναλυτής NIR.

2.4 Στατιστική ανάλυση

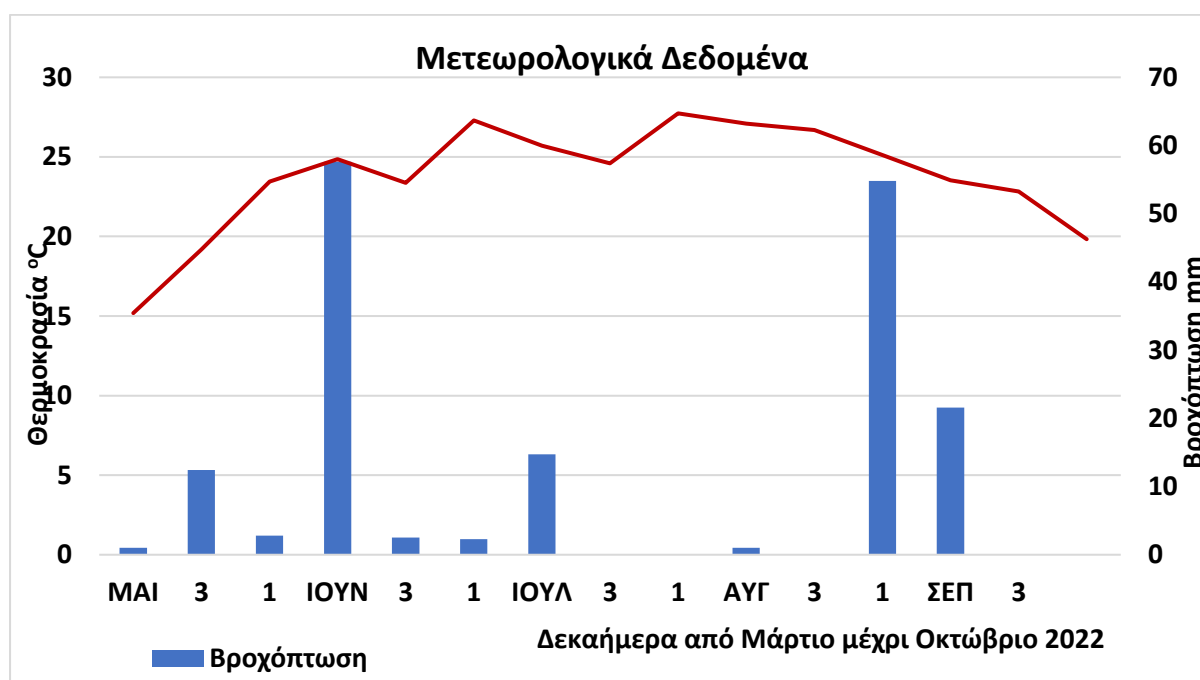
Η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) για όλα τα δεδομένα που μετρήθηκαν και προέκυψαν έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου GenStat (7η Έκδοση). Το κριτήριο δοκιμής για την αξιολόγηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των παραγόντων και/ή των επιδράσεων αλληλεπίδρασης ήταν το ΕΣΔ.05 (Steel and Torrie, 1982).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνολικά έγιναν τέσσερις επισκέψεις στον πειραματικό αγρό όπου μετά από επεξεργασία των στελεχών λήφθηκαν δεδομένα για τα ποσοτικά (ύψος, χλωρό βάρος, ξηρό βάρος φύλλων/βλαστών/ινών/ανθέων/συνολικό) και ποιοτικά (πρωτεΐνη, λίπη, στάχτη) χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Πρώτη πραγματοποιήθηκε η μέτρηση 73 ημέρες μετά τη σπορά και ύστερα οι επόμενες μετά από 88, 105 και 138 ημέρες αντίστοιχα.

3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα κατά τη διεξαγωγή της παρούσης μελέτης έχουν ληφθεί από τον αυτοματοποιημένο μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, όπου και πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία αέρα και η σημειωθείσα βροχόπτωση για διαστήματα δέκα ημερών κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Από τα δεδομένα, φαίνεται ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και ξηρός καιρός. Η μέγιστη μέση θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας σημειώθηκε να είναι ίση με τους 28,6°C.



Διάγραμμα 3.1.: Μέση θερμοκρασία αέρος και σημειωθείσα βροχόπτωση ανά δεκαήμερο για το διάστημα ανάπτυξης της καλλιέργειας (Μάιος - Σεπτέμβριος 2022) στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Η μέση θερμοκρασία αέρος που σημειώθηκε για το διάστημα από το φύτευμα της καλλιέργειας μέχρι και την πρώτη δειγματοληψία ήταν ίση με τους 23°C. Κατά τα επόμενα διαστήματα μεταξύ των δειγματοληψιών, οι μέσες θερμοκρασίες αέρος που σημειώθηκαν ήταν ίσες με 27.7, 26.9, και 23.8°C, αντίστοιχα. Στην περίπτωση της σημειωθείσας βροχόπτωσης, και όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, σημειώθηκε για τα διαστήματα μεταξύ των δειγματοληψιών, υετός ίσος με 95.8, 0, 0.7, και 68 mm, αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω δεδομένα, γίνεται αυτομάτως εμφανές η έντονη ξηρασία της περιοχής, ιδιαίτερος για το διάστημα μεταξύ από τις 15 Ιουλίου έως τις 15 Αυγούστου. Η έλλειψη υετού το διάστημα αυτό υπογραμμίζει την άνυδρη φύση του μεσογειακού καλοκαιριού, την επίδραση του κλίματος στις καλλιέργειες, αλλά και την ανάγκη άρδευσης για την καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης αλλά και άλλων αρδευόμενων καλλιεργειών.

3.2 Ύψος φυτού

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους του φυτού για τις μεταχειρίσεις λίπανσης για την ποικιλία Felina 32. Η καλλιέργεια σημείωσε το μεγαλύτερο ύψος στη μεταχείριση N2 κατά τη τελευταία δειγματοληψία, τιμή που διαφέρει στατιστικώς σημαντικά έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 3.2.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ύψος της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ύψος (m)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	2,06	1,91	1,92	1,8
N2	1,97	2,14	2,11	2,29
N3	1,88	2,01	1,91	1,90
ΕΣΔ.05	ns	ns	ns	0,385
CV (%)	20,2	22,6	9,5	11,1

3.3 Χλωρό βάρος

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται η αύξηση του χλωρού βάρους των φυτών για τα τρία επίπεδα λίπανσης. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το μεγαλύτερο βάρος σημειώθηκε στην τρίτη μεταχείριση (N3) κατά την τελευταία δειγματοληψία, όπου και σημειώθηκε η παραγωγή των 2863 κιλών το στρέμμα. Επιπλέον, όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα, μόνο στην δεύτερη δειγματοληψία υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων λίπανσης.

Πίνακας 3.3.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο χλωρό βάρος της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Χλωρό βάρος (kg/στρέμμα)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	2072	2079	2301	2265
N2	2273	2329	2807	2853
N3	2135	2528	2826	2863
ΕΣΔ_{.05}	ns	331	ns	ns
CV (%)	15,4	8,3	10,4	10

3.4 Ξηρό βάρος φύλλων

Το ξηρό βάρος των φύλλων των φυτών για τα τρία διαφορετικά επίπεδα λίπανσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4. Κατά την πρώτη δειγματοληψία σημειώθηκε και το μεγαλύτερο ξηρό βάρος με τη μεταχείριση N3 να είναι εκείνη στην οποία και σημειώθηκε η μεγαλύτερη απόδοση, ίση με 167 kg στρ⁻¹. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.3, η μείωση που σημειώθηκε στο ξηρό βάρος ήταν κάτι αναμενόμενο λόγω της πτώσης τους με την ωρίμανση των φυτών, όμως αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η N3 λίπανση κατάφερε να έχει κατά την τρίτη δειγματοληψία περί το 50% του ξηρού βάρους εκείνου που σημειώθηκε κατά την πρώτη δειγματοληψία. Το γεγονός αυτό προϋδεάζει για μεγαλύτερο ξηρό βάρος σε ολόκληρο το φυτό για την παραπάνω μεταχείριση.

Πίνακας 3.4.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ξηρό βάρος φύλλων της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ξηρό Βάρος Φύλλων (kg στρ⁻¹)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	160	61	34	0
N2	155	100	29	0
N3	167	94	74	0
ΕΣΔ_{.05}	ns	ns	ns	ns
CV (%)	23,9	27,7	49,1	0

3.5 Ξηρό βάρος βλαστών

Η αύξηση του ξηρού βάρους των βλαστών για τα τρία επίπεδα λίπανσης στην ποικιλία Felina 32 παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.5. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις της λίπανσης παρά μόνο αριθμητικές διαφορές. Η μεταχείριση N3 σημείωσε το μεγαλύτερο βάρος, φτάνοντας κατά την τελευταία δειγματοληψία περί τα 470 kg στρ⁻¹.

Πίνακας 3.5.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ξηρό βάρος βλαστών της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ξηρό Βάρος Βλαστών (kg στρ⁻¹)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	254	229	224	396
N2	255	257	281	406
N3	221	245	273	475
ΕΣΔ.05	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17,6	17,3	12	26,2

3.6 Ξηρό βάρος ινών

Το μεγαλύτερο ξηρό βάρος των ινών σημειώθηκε κατά την πρώτη δειγματοληψία για τις μεταχειρίσεις N2 και N3 φτάνοντας περί τα 100 kg στρ⁻¹. Κατόπιν η πτώση που σημειώνεται στο βάρος των ινών συνδυάζεται με τη ωρίμανση των φυτών και τη δυσκολία πρόσληψης (αποκόλλησης) των ινών από το βλαστό. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν κατά τις δυο τελευταίες δειγματοληψίες (διαφορές που μπορεί να οφείλονται και στην αδυναμία παραλαβής των ινών από το βλαστό).

Πίνακας 3.6.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ξηρό βάρος ινών της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ξηρό Βάρος Ινών (kg στρ⁻¹)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	94	78	58	40
N2	100	87	68	80
N3	100	83	78	39
ΕΣΔ.05	ns	ns	12,2	32,56
CV(%)	26,3	13,7	10,3	35,5

3.7 Ξηρό βάρος ανθέων

Στον Πίνακα 3.7 παρουσιάζεται η αύξηση του ξηρού βάρους των ανθέων του φυτού μεταξύ των δειγματοληψιών για τα τρία επίπεδα λίπανσης στην ποικιλία Felina 32. Κατά τις δειγματοληψίες δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρά μόνο αριθμητικές διαφορές. Το μεγαλύτερο βάρος παρατηρήθηκε στην τελευταία δειγματοληψία, για τη μεταχείριση N3, όπου έφθασε περί τα 710 kg στρ⁻¹.

Πίνακας 3.7.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ξηρό βάρος ανθέων της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ξηρό Βάρος Ανθέων (kg στρ⁻¹)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	173	399	495	524
N2	189	387	626	711
N3	196	464	581	716
ΕΣΔ.05	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17,8	11,2	10,4	24

3.8 Συνολικό ξηρό βάρος

Η μεταβολή στο ξηρό βάρος της συνολικής βιομάζας δεν επηρεάστηκε στατιστικώς από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις λίπανσης κατά τις πρώτες δύο δειγματοληψίες (Πίνακας 3.8). Στις επόμενες δύο δειγματοληψίες οι μεταχειρίσεις N2 και N3 δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους αλλά έναντι της N1. Το μεγαλύτερο συνολικό ξηρό βάρος της βιομάζας για τα τρία επίπεδα λίπανσης που εφαρμόστηκαν, σημειώθηκε στη μεταχείριση N3, που έφθασε περί τα 1230 kg στρ⁻¹ στη τελευταία δειγματοληψία.

Πίνακας 3.8.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στο ξηρό βάρος συνολικό της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Ολικό Ξηρό Βάρος (kg στρ⁻¹)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	680	768	812	961
N2	699	830	1004	1197
N3	684	887	1006	1230
ΕΣΔ.05	ns	ns	164,6	187,9

CV (%)	12,4	8,9	10,1	9,6
---------------	------	-----	------	-----

3.9 Πρωτεΐνη

Στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζεται η μεταβολή της πρωτεΐνης του φυτού για τις μεταχειρίσεις λίπανσης για την ποικιλία Felina 32. Το μεγαλύτερο ποσοστό σε πρωτεΐνη παρατηρείται για τη μεταχείριση N3 σε όλη τη διάρκεια της αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας φθάνοντας τη μεγαλύτερη τιμή κατά την τελευταία δειγματοληψία (15.98%, Πίνακας 3.9).

Πίνακας 3.9.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στην πρωτεΐνη της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (%)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	13,96	12,44	12,58	14,05
N2	14,46	12,93	12,89	14,85
N3	15,33	14,81	15,50	15,98
ΕΣΔ.05	ns	ns	1,498	ns
CV	10,20	10,20	6,30	10,00

3.10 Λίπη

Στον Πίνακα 3.10 παρουσιάζεται η μεταβολή των ποσοστών σε λίπη της βιομάζας των φυτών για τις μεταχειρίσεις λίπανσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρείται κατά τη τρίτη δειγματοληψία για την μεταχείριση N3 η οποία βρέθηκε να είναι περί το 2.5%. Η μεταχείριση N3 δείχνει να υπερέχει αριθμητικώς σε ποσοστά περιεκτικότητας σε λίπη σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 3.10.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στα λίπη της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Περιεκτικότητα σε λίπη (%)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	2,12	2,25	2,39	1,91
N2	1,97	2,13	2,33	1,97
N3	2,11	2,31	2,51	2,12
ΕΣΔ.05	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,00	8,50	4,10	9,90

3.11 Στάχτη

Στον Πίνακα 3.11 παρουσιάζεται η αύξηση της ποσότητας της στάχτης του φυτού όσο αυξάνονται, ταυτόχρονα, τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης. Η μεγαλύτερη ποσότητα στάχτης παρατηρείται κατά τη τελευταία δειγματοληψία στη μεταχείριση N3 η οποία υπολογίστηκε να είναι ίση με 9.3%. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μόνο κατά την τρίτη δειγματοληψία, με τη N3 μεταχείριση να διαφέρει έναντι των άλλων δύο επιπέδων που μεταξύ τους δεν διαφέραν.

Πίνακας 3.11.: Επίδραση των επιπέδων λίπανσης στη στάχτη της ποικιλίας Felina 32 στις 73, 88, 105 και 138 μέρες μετά την σπορά.

	Στάχτη (%)			
Λίπανση	18/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	21/9/2022
N1	6,55	5,97	6,16	8,09
N2	6,73	6,39	6,45	8,79
N3	7,00	7,02	7,58	9,30
<i>ΕΣΔ_{.05}</i>	ns	ns	0,75	ns
CV (%)	9,40	11,00	6,50	12,40

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ύψος φυτού

Από τα δεδομένα που ελήφθησαν προέκυψε ότι υπήρξαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις του παράγοντα της λίπανσης για το χαρακτηριστικό του ύψους του φυτού για την τέταρτη δειγματοληψία. Συγκεκριμένα, από τις μετρήσεις προέκυψε ότι η εφαρμογή λίπανσης οδήγησε σε υψηλότερα φυτά, γεγονός που αναφέρεται και από τους Campiglia et al. (2017), Papastyliou et al. (2018) και Kaur et al. (2023), που εξίσου διαπίστωσαν πως το ύψος επηρεάζεται από την ποσότητα αζώτου που δέχεται το φυτό. Τέλος, οι Tang et al., (2017) δηλώσαν πως το ύψος των φυτών της κάνναβης σε διαφορετικά περιβάλλοντα αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας της αζωτούχου λίπανσης αφού τροφοπενία αζώτου μπορεί να προκαλέσει μείωσή του.

Χλωρό βάρος

Η αζωτούχος λίπανση συνέβαλε θετικά στην αύξηση του χλωρού βάρους, το οποίο και εν συνεχεία σταθεροποιήθηκε. Τα αποτελέσματα των Papastyliou et al. (2018) υπέδειξαν πως η λίπανση N αυξάνει το χλωρό βάρος του φυτού και επιπλέον οι Campiglia et al. (2017) καταλήγουν στο γεγονός πως το χλωρό βάρος αυξάνει όσο αυξάνεται η ποσότητα του N, γεγονός που αριθμητικώς παρατηρήθηκε και στη δική μας περίπτωση. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Struik et al. (2000), Jankauskienė et al. (2010), Aubin et al. (2015), Campiglia et al. (2017) και Tang et al. (2017). Αντιθέτως όμως, η μελέτη των Prade et al. (2011) δεν καταλήγει σε συσχέτιση της ποσότητας του αζώτου με το χλωρό βάρος του φυτού.

Ξηρό βάρος φύλλων

Όσον αφορά το ξηρό βάρος των φύλλων τα αποτελέσματα ήταν σαφώς διαφορετικά. Υπάρχει μείωση σε όλη τη διαδικασία και τελικά μηδενίζεται το βάρος των φύλλων (λόγω της ωρίμανσης και πτώσης τους) για όλες τις μεταχειρίσεις (N1, N2, N3). Προηγούμενες μελέτες αναφέρουν πως η αζωτούχος λίπανση επηρεάζει τις καλλιέργειες μέσω της επίδρασής της στο μέγεθος και τη μακροζωία των φύλλων γεγονός που εξίσου παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα αφού στη μεταχείριση N3 το ξηρό βάρος των φύλλων κατά την τελευταία δειγματοληψία παρέμεινε σχεδόν στο 50% της αρχικής τιμής (πρώτη δειγματοληψία). Επομένως εμμέσως θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως συμφωνεί με το εύρημα ότι η εφαρμογή αζώτου αυξάνει την φυλλική επιφάνεια και την ποσότητα των φύλλων (Van Der Werf et al., 1995; Amaducci et al., 2002; Finnan et al., 2013).

Ξηρό βάρος βλαστών

Από τα αποτελέσματα στην αλλαγή του ξηρού βάρους των βλαστών αρχικά φάνηκε πως υπήρχε αριθμητική υπεροχή των επιπέδων N2 και N3 έναντι της N1. Στη πορεία, όσο μεγαλύτερο ήταν το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης, οδήγησε σε μεγαλύτερο ξηρό βάρος βλαστών. Σύμφωνα με τους Tang et al. (2017) οι βλαστοί μεγαλώνουν σε μήκος και διάμετρο με την προσθήκη αζώτου, επομένως και σε βάρος. Επιπλέον υπάρχει αναφορά όπου η N λίπανση επηρέασε έντονα την απόδοση του στελέχους (Campiglia et al., 2017). Τέλος μελέτες για την ίδια ποικιλία (Felina 32) από τους Struik et al. (2000), Amaducci et al. (2002) και Papastylianou et al., (2018), αναφέρουν ακριβώς ότι βρέθηκε και από εμάς, δηλαδή πως το ξηρό βάρος των βλαστών αυξανόταν με την αύξηση της λίπανσης.

Ξηρό βάρος ινών

Σχετικά με το ξηρό βάρος των ινών, βρέθηκε ότι τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης οδήγησαν σε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο βάρος των ινών κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες, όπου όπως προαναφέρθηκε πιθανόν να οφείλεται και στην αδυναμία παραλαβής τους από τους βλαστούς λόγω της γήρανσης των φυτών. Φάνηκε όμως πως η αζωτούχους λίπανση μέχρι και τη δεύτερη δειγματοληψία όπου και υπάρχει η δυνατότητα παραλαβής των ινών χωρίς προβλήματα οδήγησε σε αυξημένη απόδοση. Η έρευνα των Kaur et al. (2023) υποστηρίζει ακριβώς το ίδιο, δηλαδή πως η λίπανση αζώτου αυξάνει την ποσότητα ινών η οποία μάλιστα εξαρτάται και από το ξηρό βάρος των βλαστών το οποίο όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο μεγάλο και το βάρος των ινών.

Ξηρό βάρος ανθέων

Το ξηρό βάρος των ανθέων παρατηρείται να είναι ανοδικό για όλες τις επεμβάσεις λίπανσης με παρόμοια μεταβολή. Δεν σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά για καμία μεταχείριση παρά μόνο αριθμητική. Στο συμπέρασμα πως το μήκος και το βάρος των ταξιανθιών επηρεάζεται θετικά, δηλαδή αυξάνεται, από την αλληλεπίδραση ποικιλίας και λίπανσης καταλήγουν και προηγούμενες μελέτες (Vera et al., 2004; Campiglia et al., 2017; Papastylianou et al., 2018).

Συνολικό ξηρό βάρος

Όσον αφορά το συνολικό ξηρό βάρος του φυτού γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει θετική επίδραση της λίπανσης καθώς αυξάνεται το βάρος με την αύξηση της λίπανσης. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζεται κατά την τρίτη και τέταρτη δειγματοληψία. Προηγούμενη έρευνα αναφέρει πως έλλειψη επαρκούς N στην καλλιέργεια οδηγεί σε χαμηλότερη απόδοση σε ξηρή βιομάζα (Kaur et al., 2023) που συμφωνεί με την παρούσα μελέτη. Τέλος, στην περίπτωση προηγούμενης έρευνας για την ποικιλία Felina 32, αναφέρεται πως αν και έχει χαμηλότερο ποσοστό αύξησης

σε σχέση με άλλες ποικιλίες, υπάρχει ικανοποιητική αύξηση του συνολικού ξηρού βάρους του φυτού σε σχέση με τη λίπανση (Jankauskienė et al., 2010).

Πρωτεΐνη

Από τα δεδομένα που τέθηκαν υπό επεξεργασία προέκυψε σχετικά θετική συσχέτιση της πρωτεΐνης με τις επεμβάσεις λίπανσης. Η βιβλιογραφία αναφέρει πως η ποσότητα της πρωτεΐνης που περιέχεται στην κάνναβη αφορά κυρίως γενετικούς παράγοντες (Irakli et al., 2019) και μικρή είναι επίδραση καλλιεργητικών πρακτικών. Καλλιεργητικές πρακτικές όπως τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης επηρεάζουν την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στους σπόρους όπου και παρατηρείται αύξηση με την αύξηση της N λίπανσης (Vera et al., 2004, Campiglia et al., 2017), που ως επακόλουθο θα συμβάλλουν στην αύξηση του ποσοστού της βιομάζας όταν δεν υπάρχει διαχωρισμός των φυτικών μερών.

Λίπη

Στην περίπτωση της περιεκτικότητας σε λίπη βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη περιεκτικότητα σε λίπη για τα διαφορετικά επίπεδα N λίπανσης. Επιπλέον αναφέρεται πως τα λίπη που περιέχονται στα φυτά κάνναβης μεταβάλλονται συχνά λόγω ποικιλίας και λιγότερο λόγω περιβαλλοντικών και καλλιεργητικών παραγόντων (Irakli et al., 2019). Τέλος αναφέρεται πως τα λίπη ακόμη και στην περίπτωση των σπόρων της κάνναβης δεν μεταβάλλονται λόγω της λίπανσης (Tedeschi et al., 2020).

Στάχτη

Τέλος στην περίπτωση της στάχτης προέκυψε θετική συσχέτιση με τις επιδράσεις της λίπανσης. Παρατηρήθηκε αύξησή της με την αύξηση της N-λίπανσης. Η αύξηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με έρευνες (Tedeschi et al., 2020) όπου αναφέρεται πως η ποσότητα στάχτης μπορεί να παρουσιάσει αύξηση κατά την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων σε χαμηλά όμως επίπεδα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τη συγκεκριμένη μελέτη είναι πως η Felina 32 είναι μια ποικιλία που μπορεί να παράξει ξηρή βιομάζα ίση με 1300 κιλά το στρέμμα. Η αζωτούχος λίπανση αποτελεί καλλιεργητικό παράγοντα που επηρεάζει στατιστικώς σημαντικά σχεδόν όλα τα υπό μελέτη χαρακτηριστικά και μάλιστα η μεταχείριση με τη μεγαλύτερη λίπανση (N3) οδηγεί στη μεγαλύτερη παραγωγή. Η λίπανση, είναι ο παράγοντας εκείνος που επιδρά στην αύξηση της παραγωγής της καλλιέργειας.

Στην περίπτωση της χλωρής βιομάζας, παρατηρήθηκε ίση αύξηση του τελικού χλωρού βάρους της καλλιέργειας μεταξύ των δύο επιπέδων λίπανσης (N2 και N3) που διέφεραν έναντι της αλίπαντης μεταχείρισης, γεγονός που οδηγεί στο γενικό συμπέρασμα πως η βιομηχανική κάνναβη και ιδιαίτερα η υπό μελέτη ποικιλία αποτελεί ένα φυτό με χαμηλές απαιτήσεις σε αζωτούχο λίπανση.

Στην περίπτωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και μάλιστα της πρωτεΐνης, το φυτό διατηρεί σχεδόν σταθερή την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κατά τα στάδια δειγματοληψιών, και κατά την τελική συγκομιδή το μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρείται για την υψηλότερη λίπανση (N3). Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε όλες τις δειγματοληψίες σημείωσε η μεταχείριση αυτή, γεγονός που ενισχύει το συμπέρασμα ότι η δόση της αζωτούχου λίπανσης επιδρά άμεσα τόσο στα ποσοτικά όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Felina 32.

Μπορεί επομένως να διεξαχθεί το γενικό συμπέρασμα πως η καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης, και πιο συγκεκριμένα της ποικιλίας Felina 32, μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητική παραγωγή ξηρής λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας για περιβάλλοντα με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες όπως αυτές που περιγράφονται στην παρούσα μελέτη. Χρειάζεται, ωστόσο, παραπάνω διερεύνηση και επανάληψη των πειραμάτων για την ασφαλέστερη λήψη των τελικών αποτελεσμάτων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abot, A., Bonnafous, C., Touchard, F., Thibault, F., Chocinski-Arnault, L., Lemoine, R., & Dédaldéchamp, F. (2013). Effects of cultural conditions on the hemp (*Cannabis sativa*) phloem fibres: Biological development and mechanical properties. *Journal of Composite Materials*, 47(8), 1067–1077.
- Acharya Rabinarayan, Dhiman Kartar, Ranade Anagha, Naik Raghavendra, Prajapati Shashikant, & Lale Sanjeev. (2015). *Vijaya (Cannabis sativa Linn.) and its therapeutic importance in Ayurveda; a review Anagha Ranade Central Council for Research in Ayurvedic Sciences*.
- Amaducci, S., Amaducci, M.T., Benati, R., & Venturi, G. (2000). Crop yield and quality parameters of four annual fibre crops (hemp, kenaf, maize and sorghum) in the North of Italy. *Ind. Crops Prod.* 11, p.179–186.
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., Cosentino, S. L., Pakkala, K., Stomph, T. J., Westerhuis, W., Zatta, A., & Venturi, G. (2012). Evaluation of a phenological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis Sativa L.*) biomass production across European sites. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 100–110.
- Amaducci, S., Errani, M., & Venturi, G. (2002). Plant population effects on fibre hemp morphology and production. *Journal of Industrial hemp*, 7(2), 33-60.
- 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. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 68, pp. 2–16).
- 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.
- Angelini, L. G., Tavarini, S., & Di Candilo, M. (2016). Performance of New and Traditional Fiber Hemp (*Cannabis sativa L.*) Cultivars for Novel Applications: Stem, Bark, and Core Yield and Chemical Composition. *Journal of Natural Fibers*, 13(2), 238–252.
- Aubin, M., Seguin, P., Vanasse, A., Tremblay, G. F., Mustafa, A. F., & Charron, J. (2015). Industrial Hemp Response to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 1(1), 1–10.
- Bajpai, P. (2018). *Biotechnology for pulp and paper processing*. Springer, Singapore, pp 1–588.
- Barberà, L., Pèlach, M. A., Pérez, I., Puig, J., & Mutjé. (2011). Upgrading of hemp core for papermaking purposes by means of organosolv process. *Ind Crops Prod* 34:865–872.

- Bari, V. Di, Campi, P., Colucci, R., & Mastrorilli, M. (2004). Potential productivity of fibre hemp in southern Europe. In *Euphytica* (Vol. 140). Kluwer Academic Publishers.
- Beerling, E. A. M., Blok, C., Van der Maas, A. A., & Van Os, E. A. (2014). Closing the water and nutrient cycles in soilless cultivation systems. *Acta Hort.* 1034 49–55.
- Bloomquist, E. R. (1971). Marijuana the second trip (Revised Edn), Glencoe Press, Collier- Macmillan Canada Ltd, p. 1–11.
- Bócsa, I. & Karus, M. (1998). The cultivation of hemp. Botany, varieties, cultivation and harvesting. Hemptech, Sebastopol.
- Bouloc, P. (2013). Hemp: industrial production and uses. CABI.
- Brand, E. J., & Zhao, Z. (2017). Cannabis in Chinese medicine: Are some traditional indications referenced in ancient literature related to cannabinoids? In *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 8, Issue MAR). Frontiers Research Foundation.
- Bridgeman, M. B., & Abazia, D. T. (2017). *Medicinal Cannabis: History, Pharmacology, And Implications for the Acute Care Setting* (Vol. 42, Issue 3).
- Callaway, J. C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. In *Euphytica* (Vol. 140). Kluwer Academic Publishers.
- Campiglia, E., Radicetti, E., & Mancinelli, R. (2017). Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 100, 246–254.
- Caplan, D., Dixon, M., & Zheng, Y. (2017). Optimal rate of organic fertilizer during the flowering stage for cannabis grown in two coir-based substrates. *HortScience*, 52(12), 1796–1803.
- Chandra, S., Lata, H., & ElSohly, M. A. (2020). Propagation of Cannabis for Clinical Research: An Approach Towards a Modern Herbal Medicinal Products Development. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A.
- Cherniak, L. (1982). The Great Books of Cannabis vol. I, Book II. Damele Publishing, Oakland, CA.
- Clarke, R. C. (1981). Marijuana botany. An advanced study: The propagation and breeding of distinctive Cannabis. Berkeley: Ronin Publishing.
- 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.]
- Cosentino S, Testa G, Scordia D, & Copani V. (2012). Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 20–33.

- Danielewicz, D., & Surma-Ślusarska, B. (2017). Properties and fibre characterisation of bleached hemp, birch and pine pulps: a comparison. *Cellulose*, 24(11), 5173–5186.
- Deng, G., Du, G., Yang, Y., Bao, Y., & Liu, F. (2019). Planting Density and Fertilization Evidently Influence the Fiber Yield of Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Agronomy*, 9(7).
- Desanlis, F., Cerruti, N., & Warner, P. (2013). Hemp agronomics and cultivation. In: Bouloc, P. (Ed.), *Hemp Industrial Production and Uses*. CABI, Wallingford, UK, pp. P.98–124.
- Duvall, C. S. (2014). CANNABIS: Ethnobotany and Evolution. In *Geographical Review* (Vol. 104, Issue 4, pp. 523–526). Wiley-Blackwell.
- Eichhorn Bilodeau, S., Wu, B. Sen, Rufyikiri, A. S., MacPherson, S., & Lefsrud, M. (2019). An update on plant photobiology and implications for cannabis production. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media S.A.
- Feng, J. Y., & Zhang, J. C. (2015). Preparation and oil/air filtration properties of hemp paper. *J Ind Text* 45:3–32.
- 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.
- Folina, A., Roussis, I., Kouneli, V., Kakabouki, I., Karidogianni, S., & Bilalis, D. (2019). *OPPORTUNITIES FOR CULTIVATION OF MEDICAL CANNABIS (Cannabis sativa L.) IN GREECE*.
- Gill, A. R., Loveys, B. R., Cavagnaro, T. R., & Burton, R. A. (2023). The potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an emerging drought resistant fibre crop. In *Plant and Soil*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- Gusovius, H. J., T. Hoffmann, J., Budde, C., & Lühr. (2016). Harvesting procedures for industrial hemp. *Landtechnik* 71(1), pp. 14–24.
- Hall, J., Bhattarai, S. P., & Midmore, D. J. (2013). The Effects of Different Sowing Times on Maturity Rates, Biomass, and Plant Growth of Industrial Fiber Hemp. *Journal of Natural Fibers*, 10(1), 40–50.
- Haney, A., & Bazzaz, F. A. (1970). Some ecological implications of the distribution of hemp (*Cannabis sativa* L.) in the United States of America. Pages 39–48 in C. R. B. Joyce and S. H. Curry, eds. *The botany and chemistry of Cannabis*. J. & A. Churchill, London, UK.
- Haney, A., & Kutscheid, B. B. (1975). An Ecological Study of Naturalized Hemp (*Cannabis sativa* L.) in East-Central Illinois. *The American Midland Naturalist*, 93(1), 1–24.
- Harris, A. T., Riddlestone, S., Bell, Z., Hatwell, P. R. (2008). Towards zero emission pulp and paper production: the bioregional mini mill. *J Clean Prod* 16:1971–1979.

- Heslop-Harrison, J., Heslop-Harrison, Y. (1969). *Cannabis sativa* L. In: Evans, L.T. (Ed.), *The Induction of Flowering. Some Case Studies*. MacMillan Co. Pty Ltd., South Melbourne, Australia, p.205–206.
- Heuser, O. (1927). *Hanf und Hartfasern*. J. Springer.
- Irakli, M., Tsaliki, E., Kalivas, A., Kleisiaris, F., Sarrou, E., & Cook, C. M. (2019). Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Antioxidants*, 8(10).
- Ivonyi, I., Izsoki, Z., Van der Werf, H. M., & Journal of the International, and Undefined 1997. (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), 84-89.
- Jankauskienė, Z., & Gruzdevienė, E. (2010). Evaluation of *Cannabis sativa* cultivars in Lithuania. *Žemdirbystė=Agriculture*, 97(3), 87–96.
- Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., & Lazauskas, S. (2014). Potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes to suppress weeds. *Zemdirbyste*, 101(3), 265–270.
- Kaur, N., Brym, Z., Oyola, L. A. M., & Sharma, L. K. (2023). Nitrogen fertilization impact on hemp (*Cannabis sativa* L.) crop production: A review. In *Agronomy Journal* (Vol. 115, Issue 4, pp. 1557–1570). John Wiley and Sons Inc.
- Layton, C., & Aubin, A. J. (2019). *UPLC Separation for the Analysis of Cannabinoid Content in Cannabis Flower and Extracts*.
- Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, functional & medical foods*, 2(4), 35-53.
- Lisson, S. N. & Mendham, N. J. (1998). The potential for using hemp (*Cannabis sativa*) and flax (*Linum usitatissimum*) fibre as a reinforcing agent in newsprint (Version 1). University Of Tasmania.
- Lisson, S. N. & Mendham, N. J., Carberry, P.S. (2000). Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model. 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. *Aust. J. Exp. Agric.* 40, p.405–411.
- Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: Challenges for sustainable and productive agriculture. In *Annals of Botany* (Vol. 105, Issue 7, pp. 1141–1157).
- Mediavilla, V., Leupin, M., & Keller, A. (2001). Influence of the growth stage of industrial hemp on the yield formation in relation to certain fibre quality traits. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 13).

- Miao, C., Hui, L. F., Liu, Z., & Tang, X. (2014). Evaluation of hemp root bast as a new material for papermaking. *BioResources* 9:132–142.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization using Designed Experiments*, 4th Edn. Hoboken, NJ: Wiley.
- Neenan, M. (1969). The cultivation of hemp in Ireland.
- Papastyliaou, P., Kakabouki, I., & 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.
- Prade, T. (2011). *Industrial hemp (Cannabis sativa L.) - a high-yielding energy crop*. Swedish University of Agricultural Science.
- Przybysz Buzala, K., Kalinowska, H., Przybysz, P., & Malachowska, E. (2017). Conversion of various types of lignocellulosic biomass to fermentable sugars using kraft pulping and enzymatic hydrolysis. *Wood Sci Technol* 51:873–885.
- Raman, V., Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). Morpho-anatomy of marijuana (*Cannabis sativa* L.). In *Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology* (pp. 123–136). Springer International Publishing.
- Ranalli, P., & Venturi, G. (2004). Hemp as a raw material for industrial applications. In *Euphytica* (Vol. 140). Kluwer Academic Publishers.
- Rehman, M. S. U., Rashid, N., Saif, A., Mahmood, T., & Han, J. I. (2013). Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 18, pp. 154–164).
- Resh, H. M. (2012). *Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 7th Edn. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Rietra, R. P. J. J., Heinen, M., Dimkpa, C. O., & Bindraban, P. S. (2017). Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 48 1895–1920.
- Rivoira, G. & Marras, G. F. (1975). Consumi idrici ed esigenze in azoto della canapa da cellulosa. [Water consumption and nitrogen requirement of hemp for cellulose.] *Ann. Fac. Agric. Univ. Sassari*, XXIII.
- Saloner, A., & Bernstein, N. (2020). Response of Medical Cannabis (*Cannabis sativa* L.) to Nitrogen Supply Under Long Photoperiod. *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Saloner, A., & Bernstein, N. (2021). Nitrogen supply affects cannabinoid and terpenoid profile in medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Industrial Crops and Products*, 167.

- Sankari, H. S. (2000). Comparison of bast fibre yield and mechanical fibre properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 11).
- Sausserde, R., & Adamovics, A. (2013). Industrial hemp for biomass production. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(2s).
- Schultes, R. E. (1970). Random thoughts and queries on the botany of cannabis (pp. 11-33). J. & A. Churchill.
- Schultes, R. E., Klein, W. M., Plowman, T., & Lockwood, T. E. (1974). Cannabis : An example of taxonomic neglect. In *Cannabis and Culture* (pp. 21–38). De Gruyter.
- Small, E., & Cronquist, A. (1976). A PRACTICAL AND NATURAL TAXONOMY FOR CANNABIS. *TAXON*, 25(4), 405–435.
- Small, E., Marcus, D., Janick, J., & Whipkey, A. (2002). Hemp: a new crop with new uses for North America.
- Small E, Pocock T, & Cavers P.B. (2011). *The biology of Canadian weeds*.
- Steel, R. George Douglas, & Torrie, J. Hiram. (1982). Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2nd ed., 3rd print. Auckland: McGraw-Hill.
- Struik, P. C., Amaducci, S., Venturi, G., 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.) Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 11).
- Stutterheim, N. C. & Amaducci, S. (1999). Physical and economical bioresource production assessment of hemp (*Cannabis sativa* L.). in Abstract in: Cost 814 Crop development for the cool and wet regions of Europe. Workshop Alternative crops for sustainable agriculture, 13-15 June, Turku, Finland. pp. 71-71.
- Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Magagnini, G., & Amaducci, S. (2017a). A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107, 427–438.
- Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Magagnini, G., & Amaducci, S. (2017b). A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107, 427–438.
- Tanney, C. A. S., Backer, R., Geitmann, A., & Smith, D. L. (2021). Cannabis Glandular Trichomes: A Cellular Metabolite Factory. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 12). Frontiers Media S.A.
- Tedeschi, A., Volpe, M. G., Polimeno, F., Siano, F., Maglione, G., Di Tommasi, P., Vasca, E., Magliulo, V., & Vitale, L. (2020). Soil fertilization with urea has little

- effect on seed quality but reduces soil N₂O emissions from a hemp cultivation. *Agriculture (Switzerland)*, 10(6), 1–14.
- Townshend, J. M. & Boleyn, J. M. (2008). “Plant density effect on oil seed yield and quality of industrial hemp cv. Fasamo in Canterbury” in Seed symposium: Seeds for futures. eds. McGill C. R., Rowarth J. S. (Palmerston North, New Zealand: Agronomy Society of New Zealand).
- Van Der Werf, H. M. G., (1994). Fibre hemp in France. In: Rosenthal, E. (Ed.), *HempToday*. Quick American Archives, Oakland, CA.
- Van Der Werf, H. M. G., Brouwer, K., Wijnhuizen, M., & Withagen, J. C. M. (1995). The effect of temperature on leaf appearance and canopy establishment in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). In *Ann. appl. Biol* (Vol. 126).
- Van Der Werf, H. M. G., Mathijssen, E. W. J. M., & Haverkort, A. J. (1996). The potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) for sustainable fibre production: A crop physiological appraisal. *Annals of Applied Biology*, 129(1), 109–123.
- Vera, C. L., Malhi, S. S., Phelps, S. M., May, W. E., Johnson, E. A. ; N., & Johnson, E. A. (2010). *N, P, and S fertilization effects on industrial hemp in Saskatchewan*.
- Vera, C. L., Malhi, S. S., Raney, J. P., Wang, Z. H., & Wang, Z. H. 2004. (2004). *The effect of N and P fertilization on growth, seed yield and quality of industrial hemp in the Parkland region of Saskatchewan*.
- Warf, B. (2014). High Points: An Historical Geography of Cannabis. *Geographical Review*, 104(4), 414–438.
- Westerhuis, W., Struik, P. C., Van Dam, J. E. G., & Stomph, T. J. (2009). Postponed sowing does not alter the fibre/wood ratio or fibre extractability of fibre hemp (*Cannabis sativa*). *Annals of Applied Biology*, 155(3), 333–348.
- Willis, R. J. (2007). *The history of allelopathy*. Springer, Dordrecht, London.
- Wizenberg, S. B., Weis, A. E., & Campbell, L. G. (2020). Comparing methods for controlled capture and quantification of pollen in *Cannabis sativa*. *Applications in Plant Sciences*, 8(9).
- Xie, Z., Mi, Y., Kong, L., Gao, M., Chen, S., Chen, W., Meng, X., Sun, W., Chen, S., & Xu, Z. (2023). *Cannabis sativa* : origin and history, glandular trichome development, and cannabinoid biosynthesis . *Horticulture Research*, 10(9).
- Yazici, L. (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of King Saud University - Science*, 35(1).
- Yu, Y., Zhan, J. B., Wan, H., Zhang, Y., Li, L. W., Yu, J., Yu, T. T., Xie, J., & Yue, B. S. (2017). Manufacturing technology and application of hemp cigarette paper with dense ash integration. In: 3rd international conference energy material environmental engineering. Book series: IOP conference series earth and environmental science 61.

Zheng, Y. (2018). Current nutrient management practices and technologies used in North American greenhouse and nursery industries. *Acta Hortic.* 1227, 435-442.

Παπαδόπουλος Δ., 1959. Η Κάνναβις, Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα.

Παπαδόπουλου, Δ. 1974. Η κάνναβις. Β' έκδοσις.