ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση του διπλού πλαστικού κάλυψης θερμοκηπίου (EVO 7551 AC, EVO 7804 AC, UV 2906) στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις φυτών κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

Μαρία Ι. Κουτρουμάνου

Επιβλέπων Καθηγητής:
Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2021

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση του διπλού πλαστικού κάλυψης θερμοκηπίου (EVO 7551 AC, EVO 7804 AC, UV 2906) στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις φυτών κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

"Effect of dual greenhouse films (EVO 7551 AC, EVO 7804 AC, UV 2906) on growth and yield of cannabis plants (*Cannabis sativa* L.)"

Μαρία Ι. Κουτρουμάνου

Εξεταστική Επιτροπή:
Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)
Παπαστυλιανού Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ
Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Επίδραση του διπλού πλαστικού κάλυψης θερμοκηπίου (EVO 7551 AC, EVO 7804 AC, UV 2906) στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις φυτών κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

ΠΜΣ Αειφορική Γεωργία και Πιστοποίηση
Τμήμα επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας έρευνας υπήρξε η επίδραση του πλαστικού κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις φυτών κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) (var. USO-31). Η καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, την περίοδο 1^{η} Απριλίου 2020 μέχρι 30 Ιουνίου του 2020. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στο εσωτερικό ειδικά διαμορφωμένων θερμοκηπίων που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια της συνεργασίας μας με τον όμιλο Λεμπιδάκη, «Πλαστικά Κρήτης».

Στους θερμοκηπιακούς χώρους, που δημιουργήθηκαν, ακολουθήθηκε το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο με μία ποικιλία, δύο παρεμβάσεις πλαστικών και ένας μάρτυρας. Στη συγκεκριμένη μελέτη, αναλύονται και σχολιάζονται οι μετρήσεις των θερμοκηπίων 1, 2 και 3 εκ των οποίων το 1 και 3 αποτελούν διαφορετικές παρεμβάσεις πλαστικών (διπλά πλαστικά κάλυψης διαφορετικών τεχνικών προδιαγραφών) για την κάθε εγκατάσταση ενώ το 2 αποτελεί τον μάρτυρα (μονό πλαστικό κάλυμμα κάλυψης). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πιστοποιημένος σπόρος της ποικιλίας USO 31, η οποία συμπεριλαμβάνεται στον Κοινοτικό Κατάλογο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μελετήθηκαν στοιχεία που αφορούσαν την φαινολογία του φυτού (ύψος φυτού, αριθμός φύλλων) και την απόδοση της καλλιέργειας (μήκος ταξιανθίας, ξηρό βάρος, περιεκτικότητα κανναβιδιόλης, απόδοση κανναβιδιόλης ανά φυτό και μέτρηση της χλωροφύλλης στο φυτό-SPAD Readings). Υπολογίστηκαν επίσης ορισμένοι δείκτες, όπως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI και η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία και παρεμπόδιση, γνωστή και ως PAR. Επιπλέον πάρθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας εδάφους και φυλλώματος σε δύο στάδια ανάπτυξης, με και χωρίς κουρτίνες συσκότισης.

Οι καλύτερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH3 σε σχέση με τα άλλα δύο που μελετήθηκαν (θερμοκήπιο μάρτυρας-GH2 και θερμοκήπιο GH1). Οι αποδόσεις σε κανναβιοδιόλη ανά φυτό για το GH3 ήταν υψηλότερες σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια, ενώ το ποσοστό της κανναβιδιόλης στην ταξιανθία ήταν σε ίδια επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το ξηρό βάρος και το μήκος της ταξιανθίας είναι το μεγαλύτερο στο GH3 με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τα άλλα δύο, ενώ το ποσοστό συμπάγειας της ταξιανθίας δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα τρία θερμοκήπια.

Επιστημονική περιοχή : Ανάπτυξη φυτών

Λέξεις κλειδιά : κάνναβη, θερμοκήπια, πλαστικά κάλυψης, αποδόσεις

Effect of dual greenhouse films (EVO 7551 AC, EVO 7804 AC, UV 2906) on growth and yield of cannabis plants (*Cannabis sativa* L.)

MSc Sustainable Agriculture and Certification
Department of Crop Science
Laboratory of Agronomy

ABSTRACT

The object of the present study was the effect of plastic greenhouse films on the growth and yields of cannabis plants (Cannabis sativa L.) (var. USO-31). The cultivation took place in the field of the Agriculture Laboratory of the Agricultural University of Athens, in the period April 1, 2020 to June 30, 2020. The installation of the crop took place inside specially designed greenhouses that were built in the framework of our cooperation with the Lempidakis group, "Plastics of Crete".

In the greenhouses, the design that was followed was the completely randomized design with one variety, two plastic interventions and the greenhouse that used as a control. In this study, the measurements of greenhouses 1, 2 and 3 are analyzed and commented, of which 1 and 3 are different plastic interventions (double plastics covering different technical specifications) for each installation while 2 is the control (single plastic cover). The plant material used was certified seed of the USO 31 variety, which is included in the European Union Community Catalog.

The data that were studied were on plant phenology (plant height, number of leaves) and crop yield (inflorescence length, dry weight, cannabidiol content, cannabidiol yield per plant and measurement of chlorophyll in the plant-SPAD Readings). Some indicators such as LAI leaf area index and photosynthetically active radiation and inhibition, also known as PAR, were also calculated. In addition, soil temperature and foliage measurements were taken in two stages of development, with and without blackout curtains.

The best yields were observed in the GH3 greenhouse compared to the other two studied (control GH2 and GH1 greenhouse). Yields of cannabidiol per plant for GH3 were higher than the other two greenhouses, while the percentage of cannabidiol in the inflorescence was at the same levels without statistically significant differences. The dry weight and length of the inflorescence is the largest in GH3 with statistically significant differences from the other two, while the inflorescence compaction rate did not show statistically significant differences for the three greenhouses.

Scientific area : Plant growth

Keywords : cannabis, greenhouses, plastic films, yields

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 8

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ 9

1.1 Ιστορική αναδρομή 9

1.2 Χρήσεις της κλωστικής κάνναβης σε παγκόσμιο επίπεδο και ιστορικές αναφορές 12

1.3 Βοτανική Ταξινόμηση 16

1.4 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Ανατομία του Φυτού 17

1.4.1 Φύλλα 17

1.4.2 Κεντρικό στέλεχος 17

1.4.3 Ριζικό σύστημα 18

1.4.4 Σπόρος 18

1.4.5 Διάκριση Ταξιανθιών 18

1.5 Χημικές και Μορφολογικές διαφορές των διαφορετικών φαινοτύπων 20

1.6 Βιολογικός Κύκλος του φυτού 23

1.7 Οικονομική σημασία καλλιέργειας στην Ευρώπη και στην Ελλάδα 25

1.8 Νομοθεσία Κλωστικής Κάνναβης στην Ελλάδα και Επιτόπιος Έλεγχος Καλλιεργειών 27

1.8.1 Επιτόπιος Έλεγχος καλλιεργειών κάνναβης 27

1.9 Οικολογικές απαιτήσεις του φυτού 31

1.9.1 Φωτοπερίοδος και θερμοκρασία 31

1.9.2 Υγρασία 31

1.9.3 Έδαφος 31

1.10 Καλλιεργητικές πρακτικές για την διαχείριση καλλιέργειας βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.) 32

1.10.1 Προετοιμασία του αγρού 32

1.10.2 Άρδευση 32

1.10.3 Λίπανση 33

1.11 Εχθροί και Ασθένειες 34

1.11.1 Ζιζάνια 34

1.11.2 Εντομολογικοί Εχθροί 34

1.11.3 Σημαντικές ασθένειες 36

1.12 Φυτοπροστασία Κάνναβης- Δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και μηχανισμός δράσης τους. 38

1.12.1 Βιολογική καλλιέργεια κάνναβης και εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης της καλλιέργειας 41

1.13 Καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης σε εσωτερικούς χώρους-θερμοκήπια 41

1.13.1 Στάδια ανάπτυξης της κάνναβης σε ελεγχόμενες συνθήκες και απαιτήσεις 42
1.13.2 Υλικά κάλυψης θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων 43
1.13.3 Ηλιακή Ακτινοβολία και Θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου 48
2.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 49
3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 50
3.1 Περιοχή εγκατάστασης του πειράματος 50
3.2 Φυτικό υλικό 51
3.3 Διάταξη Θερμοκηπιακών Μονάδων και Υλικά Κάλυψης 52
3.4 Πειραματικό Σχέδιο 54
3.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές 55
3.5.1 Σπορά 55
3.5.2 Διαχωρισμός του θερμοκηπίου και τοποθέτηση των γλαστρών 58
3.5.3 Άρδευση 58
3.5.4 Λίπανση 58
3.5.5 Ζιζάνια 58
3.6 Μετρήσεις και Προσδιορισμοί των Διάφορων Αγρονομικών και Μορφολογικών Χαρακτηριστικών 59
3.6.1 PAR (Photosynthetic Active Radiation) : Φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία και Παρεμπόδιση 59
3.6.2 LAI (Leaf Area Index) : Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας 61
3.6.3 Θερμοκρασία Φυλλώματος 62
3.6.4 Θερμοκρασία Εδάφους 64
3.6.5 Ύψος Φυτού 65
3.6.6 Πραγματικά Φύλλα 65
3.6.7 SPAD Readings : Μέτρηση της Χλωροφύλλης του Φυλλώματος 66
3.6.8 Ποιοτικές μετρήσεις μήκους ταξιανθίας, ξηρού βάρους και περιεκτικότητα σε κανναβιδιόλη (CBD) και απόδοση ανά φυτό 67
3.7 Μετεωρολογικά Δεδομένα 69
3.8 Στατιστική Ανάλυση 69
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 70
4.1 Ύψος φυτού 70
4.2 Πραγματικά Φύλλα 71
4.3 Ταξιανθία του Φυτού 71
4.4 Θερμοκρασία Εδάφους 72
4.5 Θερμοκρασία Φυλλώματος 74

4.6 Μέτρηση της Χλωροφύλλης (SPAD) 78
4.7 Μέτρηση Ακτινοβολιών : Light 79
4.8 Μέτρηση ακτινοβολίας : PAR 84
5. Συμπεράσματα – Συζήτηση 89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 97

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης και γραπτώς, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που βοήθησαν να πραγματοποιηθεί και να έχει σήμερα και επίσημα την γραπτή της μορφή.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον Επίτιμο Διδάλτορα και δικό μου Επιβλέπων κ. Δημήτριο Μπιλάλη για την ανάθεση ενός τέτοιο ενδιαφέροντος θέματος. Χωρίς την δική του βοήθεια, επίβλεψη και παρέμβαση καθ' όλη την διάρκεια της πολύμηνης πειραματικής διαδικασίας, αυτή η έρευνα δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Πάντα με άριστη συνεννόηση και ουσιαστική επικοινωνία, καταφέραμε να αντιμετωπίσουμε όσες δυσκολίες και αν προέκυψαν και καταφέραμε να εκπληρώσουμε τον στόχο που θέσαμε αρχικά για την έρευνα αυτή.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ηλία Τραυλό και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Παναγιώτα Παπαστυλιανού για όλες εκείνες τις φορές που χρειάστηκα την βοήθεια τους και μου την πρόσφεραν. Η εξαιρετική συνεργασία που είχα με εκείνους και την ομάδα τους βοήθησαν πολύ την ομαλή έκβαση των εργασιών μας. Ιδιαίτερες και θερμές ευχαριστίες επίσης στα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας, στον κ. Στυλιανό Τσιώρο και κ. Κώστα Μαργαρίτη για την ουσιαστική τους βοήθεια στον αγρό αλλά και στο εργαστήριο, έμπρακτα και συμβουλευτικά.

Ευχαριστώ θερμά τους προπτυχιακούς φοιτητές Γιάννη Μάλαμα, Γεράσιμο Ρόμπολα, Μάριο Δασκαλάκη, Παντελή Σταυρόπουλο και την συνάδελφο μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Χαρά Χατζηγιάννη για την βοήθεια τους στον αγρό αλλά και για την εξαιρετικά αρμονική συνεργασία που είχαμε σε όλη την διάρκεια του πειράματος . Θέλω να εκφράσω επίσης θερμά τις ευριστίες μου στις υποψήφιες Διδάκτορες, Αντιγολένα Φωλίνα και Στέλλα Καρυδόγιαννη για την βοήθεια και τις συμβουλές τους.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την μεγαλύτερη ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου, τον πατέρα μου Γιάννη, την μητέρα μου Παναγιώτα και τις αδερφές μου Έλενα και Ήλια για την ανιοδιοτελή στήριξη τους σε όλους τους τομείς που χρειάστηκαν για αυτό μου το βήμα. Για όσο έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια και συνεχίζουν να προσφέρουν για να πραγματοποιήσω τις ανησυχίες και τους στόχους μου και να κατακτήσω τους δικούς μου ορίζοντες. Ένα τεράστιο ευχαριστώ σε όλους όσους ήταν κοντά μου και με την αγάπη τους βοήθησαν με τον τρόπο τους να ολοκληρώσω την προσπάθεια αυτή.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

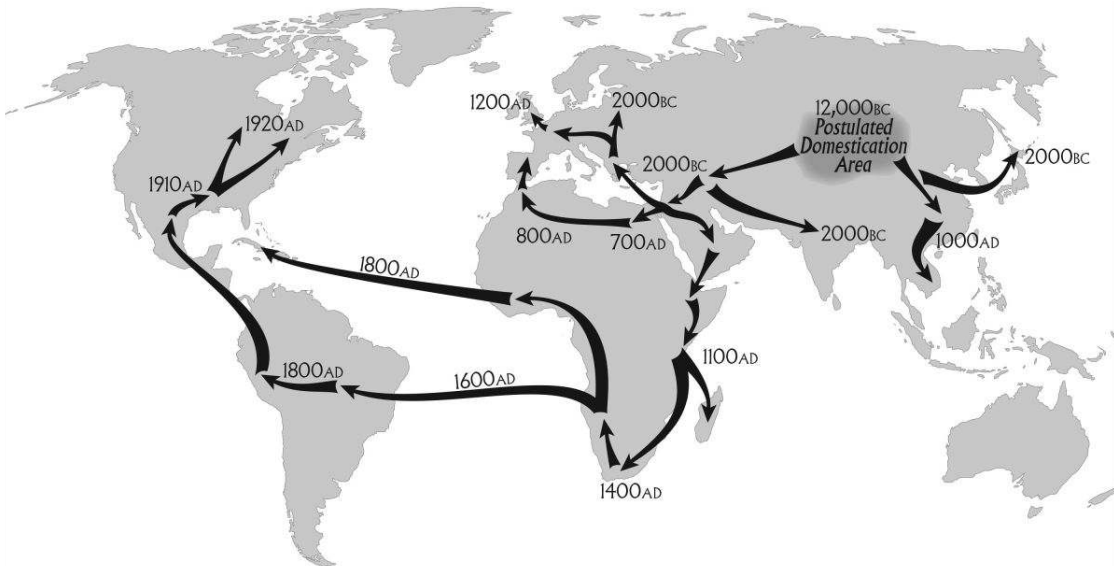
1.1 Ιστορική αναδρομή

Η κάνναβη, γνωστή στην επιστημονική κοινότητα ως *Cannabis sativa* L., αποτελεί αρχέγονο είδος της Ασίας και συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη των πρώτων γεωργικών κοινοτήτων (Bonini et al., 2018). Παρά το γεγονός ότι αποτελεί μία από τις παλαιότερες καλλιέργειες με την οποία σύνδεσε ο άνθρωπος την εξέλιξη του, χαρακτηρίζεται ως ένα αμφιλεγόμενο φυτό που έχει λογοκριθεί έντονα με την πάροδο των χρόνων (Russo, 2007).Οι περιοχές που δυνητικά έχουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες να ευθύνονται για την φυσική προέλευση της κάνναβης, είναι η Κεντρική Ασία και η Νοτιοανατολική Ασία καθώς είναι εκείνες που καθόρισαν την εξέλιξη της καλλιέργειας ανά τα χρόνια (Jiang et al., 2006; Kalant, 2016). Η παλαιότερη αναφορά που αποτελεί σημαντική απόδειξη της χρήσης της κάνναβης προέρχεται από την παλαιολιθική εποχή στην περιοχή της Τσεχίας. Συγκεκριμένα καταγράφτηκαν διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή εκλεπτυσμένων πλεξίδων στην τέχνη της καλαθοπλεκτικής/καλαθοποιίας με βάση την κάνναβη (Adovasio, Soffer, & Klima, 1996).

Ιστορικά στοιχεία έχουν αποκαλύψει ότι η προέλευση της κάνναβης ξεκινά από την Κεντρική Ασία (H. Li, 1973).Μεγάλοι ερευνητές των φυτών του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα ,όπως ο De Bounge, ο Vavilov και ο De Candolle έχουν αναφέρει την ανάπτυξη της άγριας κάνναβης στα έλη της Κάσπιας Θάλασσας, στο σημερινό Ιράν και Αζερμπαιτζάν (Russo, 2007). Το μόνο σίγουρο είναι ότι αποτελεί μια πολύ παλιά καλλιέργεια, συνυφασμένη με την προιστορία. Αυτό αποδεικνύεται από διάφορες ιστορικές πηγές και καταγραφές. Χρονολογικά μπορούμε να πούμε ότι τοποθετείται πάνω από 6000 χρόνια για αυτό και είναι τόσο δύσκολη η ακριβής γεωγραφική της προέλευση. Σε αυτό συνέβαλλε και το γεγονός ότι χρησιμοποιούνταν πριν επινοηθεί η γραφή (Chandra, Lata, & ElSohly, 2017). Η καλλιέργεια της όλα αυτά τα χρόνια έχει διαδοθεί σε διάφορες περιοχές με αξιοσημείωτη επιτυχία εγκατάστασης (Clarke & Merlin, 2013). Το φυτό συνδέθηκε αρκετά με το είδος *Humulus lupulus*, συγγενές είδος (Fleming & Clarke, 1998). Επιπλέον παρατηρήθηκαν στις όχθες ποταμιών και λιμνών διάφορα απολιθωμένα υπολείμματα, τα οποία λόγω διάβρωσης εξαιτίας των τοποθεσιών τους, κατέστησαν αδύνατο τον προσδιορισμό του είδους

Παρόμοιες ιστορικές αναφορές παρατηρήθηκαν και κατά την Νεολιθική εποχή στην Ταιβάν με διάφορα ευρήματα που πιστοποιούν την χρήση του φυτού για πάνω από 12.000 χρόνια για πολυάριθμους σκοπούς(H.-L. Li, 1974). Πρόκειται για κοσμοπολίτικο είδος το οποίο διαδόθηκε στην συνέχεια στην νοτιοδυτική Κίνα και Ινδία καθώς επίσης και σε διάφορα μέρη της Ευρώπης και Βόρειας Αμερικής τον 16^{ο} αιώνα. Η διάδοση αυτή αντικατόπτριζε τις νομαδικές περιπλανήσεις του ανθρώπου καθώς και του εμπορίου που διατηρούσαν οι χώρες μεταξύ τους.

Αποτέλεσε την σημαντικότερη και παλαιότερη πρώτη ύλη για την κατασκευή φελλού και υφασμάτων, ενώ ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται για κατασκευή διχτυών ψαρέματος (Bonini et al., 2018; Cherney & Small, 2016; Small, 2016).



Εικόνα 1 *: Παγκόσμιος χάρτης της εξάπλωσης της κλωστικής κάνναβης με χρονολογίες*

Στην χώρα μας η κάνναβη καλλιεργούνταν για αιώνες για παραγωγή κυρίως υφασμάτων και σκοινιών, ενώ πρώτη αναφορά σε γραπτό λόγο συναντάμε περίπου το 450 π.Χ. από τον Ηρόδοτο. Καταγραφές μαρτυρούν ότι πέρα από την χρήση της ως πρώτη ύλη για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, αποτέλεσε και θεραπευτικό βότανο για την αντιμετώπιση ασθενειών στην αρχαία Ελλάδα. Η καλλιέργεια της συνεχίστηκε κατά την διάρκεια του Μεσαίωνα αλλά με την πάροδο των πολέμων και επιδρομών των διάφορων κατακτητών, η παραγωγή της περιορίστηκε. Στα μέσα του 20 αιώνα ωστόσο αποτέλεσε βασική καλλιέργεια και σημαντικό εξαγώγιμο προϊόν για την οικονομία της χώρας. Χαρακτηριστικό είναι ότι μέχρι το έτος 1957, όπου απαγορεύτηκε η καλλιέργεια της, λειτουργούσαν στην Ελλάδα επτά κανναβουργεία που επεξεργάζονταν την ίνα για δημιουργία σκοινιών.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι τιμές καλλιεργούμενης έκτασης και απόδοσης σε σπόρο και ίνα κλωστικής κάνναβης για την Ελλάδα τα έτη 1936-1956.

Πίνακας 1: *Καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή (σπόρου και ίνας) κάνναβης στην Ελλάδα για τα έτη 1936-1956 σύμφωνα με το Διεθνές Ινστιτούτο Γεωργίας της Ρώμης*

Καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή (σε ίνα και σπόρο) στην Ελλάδα για τα έτη 1936-1956			
Έτη	Καλλιεργούμενη έκταση (στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)	
		Ίνα	Καρπός
1936	80	2,5	0
1937	700	60	0
1938	4.580	370	0
1939	2.820	220	0
1940	2.950	250	0
1945	2.110	42	15
1946	6.207	535	133
1947	5.943	453	157
1948	2.765	295	72
1949	3.540	344	116
1950	2.704	256	116
1951	4.225	412	40
1952	7.005	512	64
1953	6.065	800	277
1954	2.350	125	24
1955	1.242	63	38
1956	126	6,5	0,5

Με την αρχή της δεκαετίας του ΄90 ωστόσο ξεκίνησαν και οι νέες επιδοτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για νέες καλλιέργειες, γεγονός που επηρέασε και την κλωστική κάνναβη θετικά. Η ικανότητα της να αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο φάσμα αγροκλιματικών συνθηκών, η αυξημένη βιωσιμότητα σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, την κατέστησε ιδανική εναλλακτική καλλιέργεια. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια της κλωστικής κάνναβης είναι επιτρεπτή σύμφωνα με το ΦΕΚ αρ. 929Β/6-4-2016 για ποικιλίες με περιεκτικότητα σε THC < 0,2 % εφόσον είναι εγγεγραμμένες στον Κοινοτικό Κατάλογο.

1.2 Χρήσεις της κλωστικής κάνναβης σε παγκόσμιο επίπεδο και ιστορικές αναφορές

Με την πάροδο του χρόνο, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά τμήματα του φυτού για θεραπευτικούς αλλά και αναπαραγωγικούς σκοπούς όπως είναι η εκχύλιση θεραπευτικών ελαίων ή η χρήση ταξιανθιών για τις ψυχοτροπικές δράσεις τους. Διαθέτει έναν μεγάλο αριθμό διάφορων ενεργά χημικών συστατικών όπως είναι τα τερπενοειδή, τα φλαβονοειδή και τα αλκαλοειδή (Andre, Hausman, & Guerriero, 2016) . Τα σημαντικότερα συστατικά της ωστόσο ανήκουν σε μία μικρή ομάδα και ονομάζονται κανναβινοειδή. Είναι οι μεταβολίτες που προσδίδουν στην κάνναβη τις ιδιαίτερες χημικές της ιδιότητες. Πρόκειται για τερπενοφαινολικές ενώσεις που συσσωρεύονται στην τριχοειδή κοιλότητα των θηλυκών ανθέων (Brenneisen, 2007; Taura, Sirikantaramas, Shoyama, Shoyama, & Morimoto, 2007). Συγκεκριμένα, το σημαντικότερο από τα 100 κανναβινοειδή που έχουν ταυτοποιηθεί είναι η Δ-9 τετραυδροκανναβινόλη-D9 THC που ευθύνεται για τις ψυχοτρόπες δράσεις του φυτού (Whiting et al., 2015). Έρευνες έδειξαν ότι το ενδοκανναβινοειδές σύστημα είναι φυλεγενετικά αρχαίο καθώς υπήρχε σε πρωτόγονα σπονδυλωτά ζώα με νευρογονικό σύστημα (Bonini et al., 2018).

Οι χρήσεις της κάνναβης διαφέρουν ανάλογα με το μεταβολικό περιεχόμενο που χαρακτηρίζει την κάθε ποικιλία που καλλιεργείται. Συγκεκριμένα, κατά κανόνα τα φυτά που έχουν χαμηλό ποσοστό της ψυχοτρόπου Δ-9 τετραυδροκανναβινόλης, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σχοινιών, κλωστουφαντουργικών προιόντων, ίνας αλλά και χαρτιού (Tang et al., 2016) . Αντίθετα, τα φυτά με υψηλό ποσοστό Δ-9-THC χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φαρμάκων και το ενδιαφέρον γύρω από αυτά επικεντρώνεται κυρίως στους τομείς της υγείας και την φαρμακοβιομηχανία παγκοσμίως . Στην αγορά μέχρι και σήμερα υπολογίζονται πάνω από 25.000 προϊόντα κάνναβης (Calzolari et al., 2017; Ola, Budde, & Gusovius, 2015).

Στην Κίνα, η κάνναβη ως καλλιεργούμενο φυτό είχε πολυάριθμες χρήσεις με σημαντικότερη την παραγωγή ινών ως η βασική πρώτη ύλη μέχρι την εισαγωγή βαμβακιού τον 20^{ο}αιώνα. Στα βασικά προϊόντα συγκαταλέγονται, οι σπόροι και οι ίνες. Χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την παραγωγή σχοινιών, διχτυών για ψάρεμα, για παραγωγή διάφορων ειδών υφασμάτων και χαρτιού (Clarke & Merlin, 2013). Θεωρήθηκε ένα από τα σημαντικότερα «σιτηρά» για την Κίνα. Από διατροφική άποψη, οι σπόροι χρησιμοποιούνται για παραγωγή λαδιού για μαγείρεμα αλλά και σε βιομηχανικό επίπεδο εφαρμογής. Αντίθετα τα φύλλα, οι ρίζες και άνθη χρησιμοποιήθηκαν για φαρμακευτικούς σκοπούς ως παραισθησιογόνο φάρμακο.

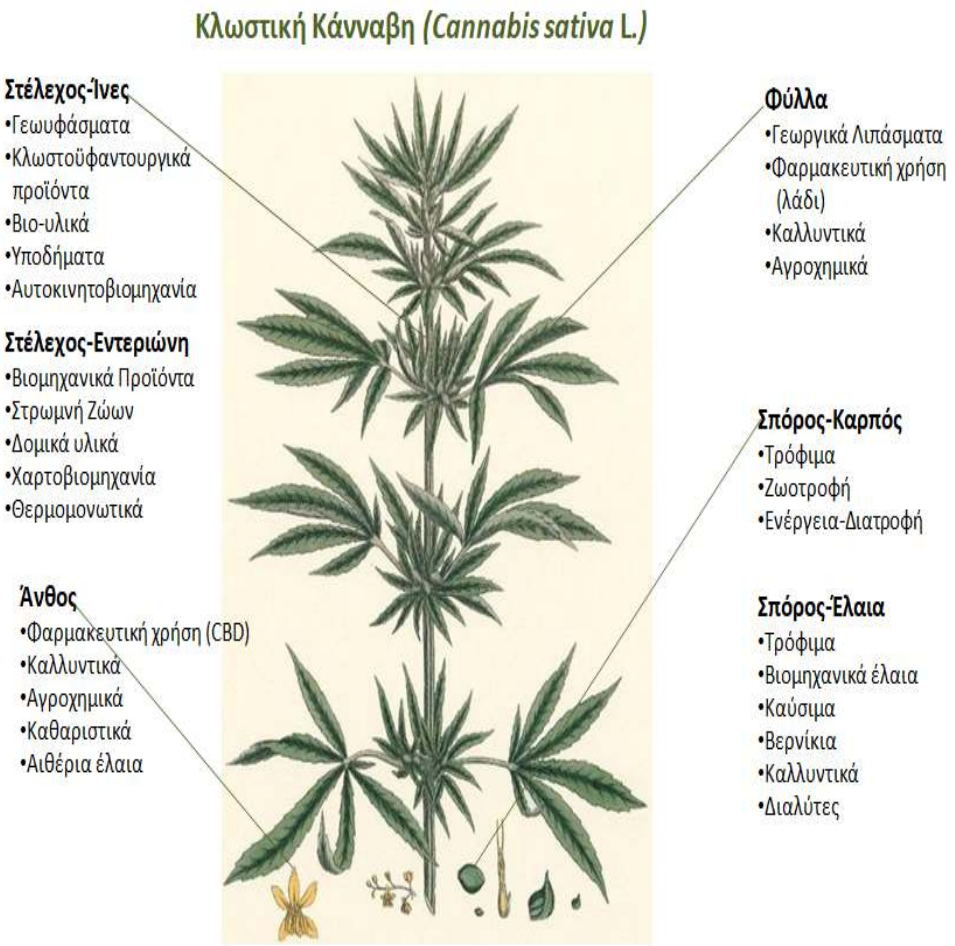
Η κάνναβη έχει χρησιμοποιηθεί ως θεραπευτικό και αναλγητικό βότανο εδώ και πολλά χρόνια ανά τον κόσμο. Οι πρώτες αναφορές για φαρμακευτική χρήση ξεκινούν τον 6^{ο} αιώνα π.Χ. Εισήχθη στην Δυτική Ευρώπη τον 19^{ο} αιώνα π.Χ ως φάρμακο για την θεραπεία της επιληψίας, του τετάνου, των ρευματισμών, της ημικρανίας, της νευραλγίας ,της αϋπνίας και του άσθματος . Ωστόσο η παρούσα

νομοθεσία απαγορεύει την χρήση της βάσει ομοσπονδιακού νόμου με αυστηρές κυρώσεις (Chandra, Lata, Khan, & ElSohly, 2017). Εγκαταστάθηκε ως μια προσοδοφόρα καλλιέργεια εξαιτίας των πολυάριθμων χρήσεων της και ειδικότερα γιατί ανταγωνίστηκε το λινάρι κατά τον 19° αιώνα σε αντοχή στις σήψεις και στην ανθεκτικότητα της κλωστής για παραγωγή πανιών και σπάγκων για ναυτιλιακή χρήση. Αποτέλεσε το κύριο συστατικό παραγωγής ίνας φυτικής προέλευσης (Chandra, Lata, Khan, et al., 2017).

Επιπλέον η κάνναβη αποτελεί μια εναλλακτική πηγή παραγωγής βιοντίζελ (biodiesel) μέσω της ίνας της λόγω του μηδαμινού κόστους παραγωγής της και χαμηλού περιβαλλοντικού αντίκτυπου που έχει (S.-Y. Li, Stuart, Li, & Parnas, 2010). Η περιεκτικότητα του σπόρου σε έλαιο είναι υψηλή, δηλαδή κυμαίνεται περίπου από 26% με 38% (Kriese, Schumann, Weber, Beyer, & Brühl, 2004). Εξαιτίας της μεγάλης της περιεκτικότητας σε έλαιο είναι ιδανική για βιομάζα, παράγοντας καύσιμα χαμηλών εκπομπών, όπως είναι η βιο-αιθανόλη και η βιο-βουτανόλη. Η κάνναβη αποτελεί το μοναδικό φυτό το οποίο μπορεί να παράξει ταυτόχρονα υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα και σε έλαιο. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης ταυτόχρονα (S.-Y. Li et al., 2010).

Όσον αφορά την διατροφική του αξία έχει αποδειχθεί ότι βοηθά στην μείωση των υψηλών επίπεδων χοληστερίνης ενώ δρα θετικά και σε προβλήματα υψηλής πίεσης του αίματος (McGuire et al., 1995). Το λάδι των σπόρων διαθέτει μια πολύ σημαντική αναλογία των δύο σημαντικότερων λιπαρών οξέων, του λινελαικού και του λινολενικού οξέος (3:1), συμβάλλωντας έτσι στην ενίσχυση της ανθρώπινης διατροφής (Oomah, Busson, Godfrey, & Drover, 2002). Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό καθιστά την κάνναβη αξιοποιήσιμη και σε επίπεδο ενυδάτωσης με την παρασκευή κρεμών πλούσιων σε έλαια και ιδιαίτερα απορροφητικών στο δέρμα εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας της σε λινολενικό οξύ (Oomah et al., 2002).

Η φαρμακευτική δράση της κάνναβης είναι γνωστή εδώ και αιώνες και στηρίζεται στα φυτοκανναβιονοειδή συστατικά της και ιδιαίτερα στην Δ^9-τετραϋδροκανναβινόλη (THC) που προσδίδει στο φυτό την ψυχοτρόπο ιδιότητα του (Pertwee, 2005). Οι σημερινές εφαρμογές της αφορούν την αντιμετώπιση ασθενειών όπως επιληψία, αρθρίτιδα, σκλήρυνση κατά πλάκας, διέγερση της όρεξης σε νοσούντες του AIDS/HIV, καταπολέμηση της ναυτίας οφειλόμενης σε χημειοθεραπείες, σύνδρομο Tourette, ψυχώσεις, διαταραχές ύπνου, κατάθλιψη, διαταραχές άγχους, νευροπαθητικούς πόνους, και γλαύκωμα (Banwell, Pavisian, Lee, & Feinstein, 2016; Brook, Lee, Finch, Koppel, & Brook, 2011; Grotenhermen & Russo, 2002; Hosking & Zajicek, 2014; Koppel, 2015; Koppel et al., 2014) .



Εικόνα 2 *: Σχηματική απεικόνικη των χρήσεων της κλωστικής κάνναβης*

Το ενδιαφέρον για την χημεία και την φαρμακολογία του φυτού αυτού εκτοξεύτηκε με την ανακάλυψη μιας ομάδας τερπενοφαινολικών ενώσεων που όπως αναφέραμε ονομάζονται φυτοκανναβινοειδή (Citti, Braghiroli, Vandelli, & Cannazza, 2018). Έχουν απομονωθεί και καταγραφεί πάνω από 90 είδη κανναβινοειδών από τις αρχές του 1940 (Fischedick, Hazekamp, Erkelens, Choi, & Verpoorte, 2010). Συγκεκριμένα η απομόνωση και η μελέτη της φαρμακολογίας του THC πραγματοποιήθηκε από τον Raphael Mechoulam.

Η χρήση της καθορίζεται από την αναλογία Δ^9τετραϋδροκανναβινόλης (THC) προς κανναβιοδιόλη (CBD). Η κανναβιδιόλη είναι γνωστή για τις φαρμακευτικές της ιδιότητες και δεν έχει ψυχοτρόπο δράση. Αυτή είναι μια ιδιότητα που διαθέτει αποκλειστικά η Δ^9τετραϋδροκανναβινόλης (THC) Συγκεκριμένα προσδίδει αναλγητικές, αντιοξειδωτικές και αντιεπιληπτικές δράσεις που παρατηρήθηκε να μειώνουν τις παρενέργειες της ψυχοτρόπου THC (Grotenhermen & Russo, 2002; Russo, 2007, 2008; Russo & Hohmann, 2013).

Εξαιτίας των πολλών θεραπευτικών ιδιοτήτων των κανναβινοειδών ήδη κυκλοφορούν στην αγορά πολλά φάρμακα με χημική βάση την κάνναβη από πολλές φαρμακοβιομηχανίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το Marinol (Solvay

Pharmaceuticals, Βέλγιο), το Sativex (GW Pharmaceuticals, Ηνωμένο Βασίλειο) και το Nabilone (Cesamet, Veleant Pharmaceuticals International, Αμερική).

Παρ' όλα αυτά, συνεχίζεται η έρευνα με πειραματικές μελέτες για την εκτίμηση των εκχυλισμάτων όλων των φυτικών μερών του φυτού ως προς την περιεκτικότητα τους στα κανναβινοειδή (ElSohly, Wachtel, & de Wit, 2003; Russo & McPartland, 2003).

Πίνακας 2: *Θρεπτικά συστατικά σπόρων κάνναβης ανάλογα την χημική επεξεργασία που υπέστησαν για παραγωγή προϊόντων*

	100 γρ. σπόρων κάνναβης	**100 γρ. λάδι κάνναβης**	**100 γρ. αλεύρι κάνναβης**	**100 γρ. σκόνη πρωτείνης**
Ενέργεια	**1768 KJ/433 Kcal**	**3700 KJ/900 Kcal**	**1215 KJ/kcal**	**1445 KJ/Kcal**
Λίπη	**30,2 gr**	**100 gr**	**7,7 gr**	**9,7gr**
Κορεσμένη λιπαρά οξέα	**2,9 gr**	**9,9 gr**	**1,0 gr**	**1,4 gr**
Μονοακόρεστα	**4,2 gr**	**15,1 gr**	**1,2 gr**	**1,2 gr**
Πολυακόρεστα	**23,1 gr**	**75 gr**	**5,5 gr**	**7,1 gr**
Υδατάνθρακες	**3,4 gr**	**0 gr**	**3,4 gr**	**4,7 gr**
Σάκχαρα	**1,6 gr**	**0 gr**	**2,4 gr**	**2,9 gr**
Ίνες	**33,9 gr**	**0 gr**	**46,3 gr**	**19,7 gr**
Πρωτεΐνη	**20,0 gr**	**0 gr**	**29,6 gr**	**50,0 gr**
Αλάτι	**<0,1 gr**	**0 gr**	**0,17 gr**	**0,2 gr**
Βιταμίνη Ε	**2,7 mg**	**60 mg**		**6,1 mg**
Φολικό Οξύ	**180 mg**		**100 mg**	**120 mg**
Φώσφορος			**1000 mg**	
Κάλιο	**714 mg**			
Σίδηρος	**13,25 mg**		**20 mg**	**22,4 mg**
Ψευδάργυρος	**6,52 mg**		**7 mg**	**13,8 mg**
ω3 λιπαρά οξέα	**5,2 g**	**58 g**	**1,2 g**	**1,6 g**
ω6 λιπαρά οξέα	**17,9 g**	**17 g**	**4,3 g**	**5,5 g**

1.3 Βοτανική Ταξινόμηση

Η κάνναβη είναι το μόνο γένος της οικογένειας *Cannabaceae*. Υπάρχουν έντονες διαφωνίες στην επιστημονική κοινότητα για το αν πρόκειται για μονοτυπικό (αλλά με μεγάλη πολλαπλότητα) ή πολυτυπικό (πολλαπλά είδη) φυτό ως προς το γένος (Emboden, 1974; Hillig & Mahlberg, 2004; Small, 1975; Small & Cronquist, 1976). Πλέον από επιστημονικές αναφορές και αναλύσεις τωνMc Partland και Guy , Merlin και Clarke και Hillig έχουν καθιερωθεί δύο ή τρία είδη ενώ ο Small κάνει λόγο για ένα σύστημα ειδών με πολλές διαφορετικές ποικιλίες (Chandra, Lata, Khan, et al., 2017; Clarke & Merlin, 2013; Hillig, 2004, 2005; McPartland & Guy, 2004, 2017; Small, 2015).Η ακριβής ταξινόμηση του φυτού απεικονίζεται στον παρακάτω *Πίνακα 3 :*

Πίνακας 3 :*Συστηματική ταξινόμηση του Cannabis sativa L..(United States Department of Agriculture- USDA-Natural Resources Conservation Service)*

Βασίλειο	Plantae – Plants
Υποβασίλειο	Tracheobionta-Vasxular plants
Υπερομοταξία	Spermatophyta-Seed plants
Συνομοταξία	Magnoliophyra-Flowering plants
Ομοταξία	Magnoliopsida-Dicotyledons
Υφομοταξία	Hamamelididae
Τάξη	Urticales
Οικογένεια	Cannabaceae- Hemp family
Γένος	Cannabis L.-hemp
Είδος	Cannabis sativa L.

Εκτός από κάποια εργαστηριακά παραγόμενα πολυπλοειδή, όλα τα είδη κάνναβης είναι διπλοειδή και αποτελούν μέσο υβριδοποίησης του είδους χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες .Διακρίνονται δύο δημοφιλείς τάξεις του είδους που ανήκουν σε νότιας καταγωγής είδη. Η μία ομάδα είναι γνωστή για τις υψηλές αγρονομικές της ιδιότητες, για παραγωγή ίνας και λαδιού και ονομάζεται *Cannabis sativa (subsp.)* και η άλλη ομάδα χαρακτηρίζεται από τις φαρμακευτικές της ιδιότητες και ονομάζεται *Cannabis indica (subsp.).*Η τρίτη ομάδα αλλά πλέον με μηδαμινό πληθυσμό καθώς έχει εξαλειφθεί, αποτέλεσε το «άγριο» είδος και ονομάζεται *Cannabis ruderalis* (Small & Cronquist, 1976).

Πρόκειται κατά κύριο λόγο για δίοικο φυτό (αρσενικά και θηλυκά φυτά εμφανίζονται σε ξεχωριστά φυτά) ενώ περιστασιακά μπορεί να υπάρξει και ως μόνοικο (αρσενικά και θηλυκά άνθη εμφανίζονται στο ίδιο φυτό – ερμαφρόδιτα).

1.4 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά και Ανατομία του Φυτού

Η κάνναβη είναι ένα ιδιαίτερα σύνεθετο είδος με έντονη παραλλακτικότητα ως προς τα μορφολογικά και ανατομικά της χαρακτηριστικά. Πρόκειται για δίοικο φυτό, σπάνια μόνοικο και αποτελεί ετήσια καλλιέργεια.

Είναι όρθιο φυτό και δεν διακλαδίζεται ενώ το ύψος του μπορεί να φτάσει από 1 έως 6 m. Το στέλεχος είναι πράσινο με κυλινδρικό σχήμα και ραβδώσεις σε όλο το μήκος του. Οι διακλαδώσεις των στελεχών ποικίλουν με τους δευτερεύοντες βλαστούς να βρίσκονται σε διάταξη είτε αντίθετα είτε εναλλάξ. Επιπλέον η κατανομή των φύλλων στο στέλεχος ποικίλει αρκετά με σταυρωτή διάταξη στα κατώτερα στελέχη και εναλλάξ στα κορυφαία (Chandra, Lata, Khan, et al., 2017). Οι μίσχοι είναι κυλινδρικοί με μήκος 7 cm και μια μικρή αυλάκωση στο μέσο της άνω πλευράς και καλύπτεται από αδενικά και μη-αδενικά τριχώματα μήκους 0.5-1,5 cm.

1.4.1 Φύλλα

Τα φύλλα είναι παλαμοειδή με 3 έως 9 λοβούς και ακτινόμορφη νεύρωση κατά μήκος. Οι λοβοί μοιάζουν με επιμήκεις λόγχες μήκους 3 έως 20 cm. και πλάτος 1,8 cm. Έχουν βαθύ πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια ενώ στην κάτω είναι πιο χλωμά, συγκλίνουν προς την βάση. Το άκρο του λοβού είναι οξυτενές με μυτερή κορυφή ενώ χαρακτηριστική είναι και η οδόντωση κατά μήκος των περιθωρίων σε όλη την έκταση του φύλλου. Οι οδοντώσεις κατά μήκος των περιθωρίων είναι προεξέχουσες καμπύλες με φορά προς την κορυφή του φύλλου. Κάθε φύλλο αποτελείται από μία κεντρική νεύρωση και από πολλές δευτερεύουσες και στις δύο πλευρές εκατέρωθεν .Οι δευτερεύουσες αυτές νευρώσεις αποκλίνουν λοξά από την κεντρική και καταλήγουν η καθεμιά σε μια οδόντωση του περιθωρίου. Οι φλέβες δημιουργούν εμφανή υπερυψωμένα «βουναλάκια» στην αποαξονική πλευρά του φύλλου ενώ στην ομοαξονική πλευρά δημιουργούν αυλακώσεις. Το χαμηλότερο ζεύγος λοβών είναι συνήθως μικρότερο από τα άλλα και έχει κατεύθυνση προς τα πίσω (Chandra, Lata, Khan, et al., 2017; Potter, 2009).

1.4.2 Κεντρικό στέλεχος

Το στέλεχος χαρακτηρίζεται από κυματιστό περίγραμμα με έντονες αυλακώσεις ενώ η επιδερμίδα έχει έντονο χνοασμό αφού παράγει πολυάριθμα αδενικά και μη-αδενικά τριχώματα. Η σύσταση του στελέχους αποτελείται από πολυάριθμες ίνες οι οποίες κατανέμονται ενδιάμεσα στα πολυγωνικά παρεγχυματικά κύτταρα στο εσωτερικό του. Οι ίνες χαρακτηρίζονται από παχιά και λιγνιτισμένα τοιχώματα με διάμετρο 5-20 μm. Το κάμβιο είναι ιδιαίτερα ευρύ και αποτελείται από πολλά ακτινωτά διατεταγμένα κύτταρα. Το ξύλο από την άλλη

αποτελείται από διάφορα μεγάλα σχετικά αγγειακά στοιχεία μεγάλης διαμέτρου, περίπου 30 με 100 μm. Η μορφολογική τους διάπλαση μπορεί να είναι είτε κυκλική είτε γωνιακή και κατανέμονται μεμονωμένα ή σε ομάδες σε ακτινωτή διάταξη. Όπως στο κάμβιο έτσι και στο ξύλο, οι ίνες που το αποτελούν διαθέτουν έντονα λιγνιτισμένα και παχιά τοιχώματα με κατανομή σε ακτινωτές σειρές (Hayward, 1938). Το κεντρικό στέλεχος δεν ξεπερνά τα τρία μέτρα ενώ όταν πρόκειται για παραγωγή ίνας δεν διακλαδίζεται.

1.4.3 Ριζικό σύστημα

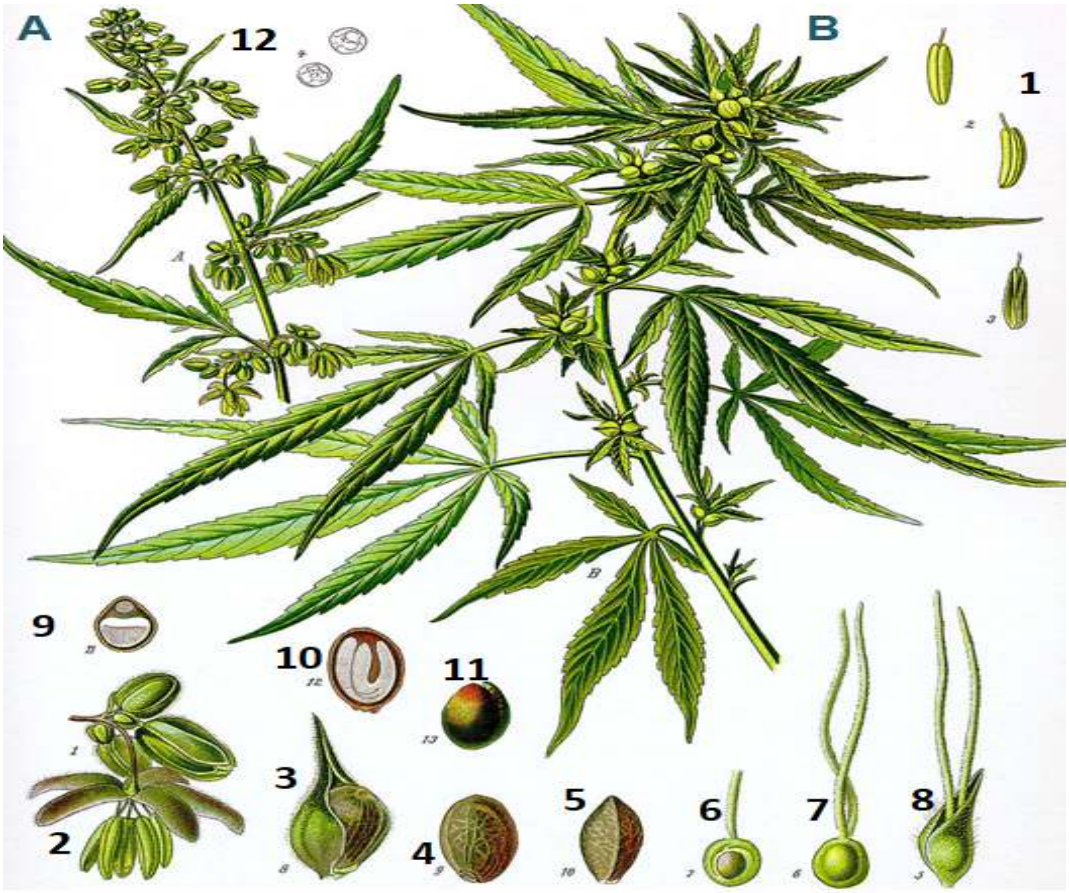
Όσον αφορά το ριζικό σύστημα, είναι πασσαλώδες και αποτελείται από μία κύρια και πολλές δευτερεύουσες ρίζες. Η εγκάρσια τομή της κύριας ρίζας (πρωτεύουσα) φανερώνει τη μονοστρωματική επιδερμίδα και το στρώμα της υποδερμίδας. Ο φλοιός είναι μεγάλος και παρεγχυματικός. Η δέσμη των αγγείων αποτελείται από δίπτυχο ξύλο και από δύο ομάδες πρωτογενούς φλοιώματος (Hayward, 1938). Σε καλής ποιότητας εδάφη έχουμε ανάπτυξη της ρίζας έως και δύο μέτρα. Το μεγάλο βάθος στην ανάπτυξη της ρίζας σύμφωνα με τους Schenk και Jackson (2002) είναι επιθυμητό. Για το λόγο αυτό το μεσογειακό κλίμα και ειδικά αυτό της Ελλάδας είναι ιδανικό εξαιτίας της περιορισμένης άρδευσης.

1.4.4 Σπόρος

Σε διατομή, η επικάλυψη του σπόρου αποτελείται από δύο στρώματα. Το εξώτατο στρώμα αποτελείται από σωληνοειδή αγγεία ενώ το ενδόστρωμα αποτελείται από σπογγοειδή παρεγχυματικά κύτταρα. Την επικάλυψη του σπόρου ακολουθεί το περισπέρμιο και το ενδοσπέρμιο που αποτελούνται και τα δύο από μονοκύτταρο στρώμα σε πάχος.Το ενδοσπέρμιο του σπόρου είναι κατά κανόνα αλευρώδες. Το έμβρυο είναι σχήματος U, αποτελείται από δύο κοτυληδόνες, που περικλείουν το επικοτύλιο, το υποκοτύλιο και η κύρια ρίζα (Hayward, 1938).

1.4.5 Διάκριση Ταξιανθιών

Η κάνναβη χαρακτηρίζεται ως δίοικο φυτό. Εμφανίζει δηλαδή σε διαφορετικά άτομα τις θηλυκές ταξιανθίες και σε διαφορετικά τις αρσενικές ταξιανθίες της. Σχηματίζει μασχαλιαίες βοτρυώδεις ταξιανθίες οι οποίες ξεχωρίζουν λόγω διακριτών διαφορών που παρουσίαζουν. Οι διαφορές αυτές φαίνονται καθαρά στην Εικόνα . Η αρσενική ταξιανθία χαρακτηρίζεται από από πολλά, μικρά και στερούμενων πετάλων άνθη που εκφύονται από πλάγιους φυλλοφόρους βλαστούς στην κορυφή του στελέχους, αλλά και σε δευτερεύοντες βλαστούς με επιμηκυμένους στήμονες. Αντίθετα η θηλυκή ταξιανθία χαρακτηρίζεται από λιγότερα άνθη, είναι πιο κοντή και συμπαγής, τα άνθη εμφανίζονται ανά ζεύγη στα άκρα των δευτερευουσών βλαστών και στην κορυφή του βλαστού. Είναι συνήθως μικρότερου ύψους και όψιμη. Το μέγεθος και ο βαθμός συνεκτικότητας της ταξιανθίας συνδέεται άμεσα με το είδος της ποικιλίας.

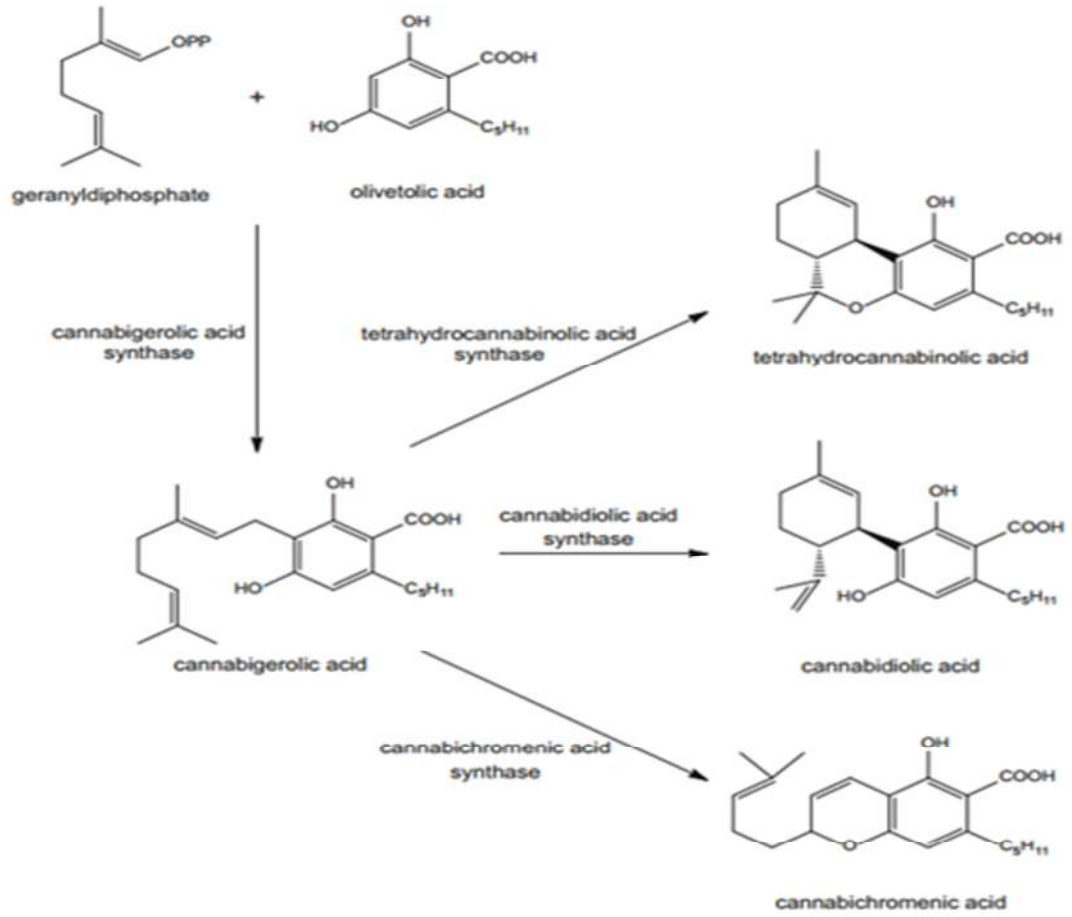


Εικόνα 3: *Μορφολογικά Χαρακτηριστικά κάνναβης. Αρσενική ταξιανθία (Α), Θηλυκή Ταξιανθία (Β), Ανθήρες (1), Αρσενική ταξιανθία (2), Σπόρος κάνναβης με κολεό (3), Σπόρος χωρίς κολεό (4), Πλάγια όψη σπόρου (5),Διαμήκης τομή υπέρου (6), Ύπερος χωρίς κολεό (7), Ύπερος με κολεό (8),Τομή σπόρου (9), Διαμήκης τομή σπόρου (10), Γυμνός σπόρος χωρός το περικάρπιο (11), Γύρη (12).*

1.5 Χημικές και Μορφολογικές διαφορές των διαφορετικών φαινοτύπων

Η κάνναβη αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο είδος όχι μόνο εξαιτίας της μορφολογικής πολλαπλότητας αλλά και της χημικής της σύστασης . Πολυάριθμες εργαστηριακές έρευνες απομόνωσαν και μελέτησαν τα δευτερεύοντα φυσικά μεταβολικά συστατικά της. Σε αυτά ανήκουν τα λεγόμενα κανναβινοειδή.

Τα κανναβινοειδή είναι τερπενοφαινολικές ενώσεις που χημικά συνδέονται στενά με τα τερπένια εξαιτίας της δομής του δακτυλίου που προέρχεται από μια φωσφατάση .Τα μεταβολικά μονοπάτια που οδήγησαν στην σύνθεση των κανναβινοειδών είναι αρκετά πολύπλοκα και αποδίδεται εν συντομία στην *Εικόνα 4 :*



Εικόνα 4 : *Βιοσύνθεση τετραυδροκανναβινολικού οξέος (THCA) και άλλων σχετικών κανναβινοειδών (Kinghorn, Falk, Gibbons, & Kobayashi, 2017).*

Τα φυσικά αυτά προιόντα αποτελούνται από τον χαρακτηριστικό C21 τερπενοφαινολικό σκελετό και ονομάζονται κανναβινοειδή. Η ομάδα αυτή των ενώσεων αποτελείται από δευτερεύοντα προιόντα μετασχηματισμού και άλλα παράγωγα που επίσης χαρακτηρίζονται ως κανναβινοειδή. Τα τελευταία χρόνια το ποσοστό των ενώσεων αυτών που απομονώνονται και ταυτοποιούνται όλο και αυξάνεται. Το 1980 καταγράφηκαν 423 ενώσεις και μέχρι το έτος 1995 ο αριθμός

αυτός αυξήθηκε στα 483 (Ross & ElSohly, 1995; Turner, Hemphill, & Mahlberg, 1977). Συνολικά μέχρι σήμερα ο αριθμός των ενώσεων που έχουν ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα είναι 565 (ElSohly & Slade, 2005; Mehmedic et al., 2010).

Από όλες αυτές τις ενώσεις, οι 120 μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 11 γενικούς τύπους κανναβινοειδών: Δ9-τρανς-τετραϋδροκανναβινόλη (Δ9-THO), Δ8-τρανς-τετραϋδροκανναβινόλη (Δ8-THO), κανναβιερόλη (CBG), η κάνναβιδιόλη (CBD), η κανναβινοδιόλη (CBND), η κανναβιλοσεΐνη (CBE), η κανναβικυκλολη (CBL), κανναβινόλη (CBN), κανναβιτριόλη (CBT) και διάφορα άλλα είδη. Οι διάφοροι τύποι κανναβινοειδών καταγράφονται στον *Πίνακα 4 :*

Πίνακας 4*: Συστατικά της Cannabis sativa L. βάσει είδους χημικής τάξης*

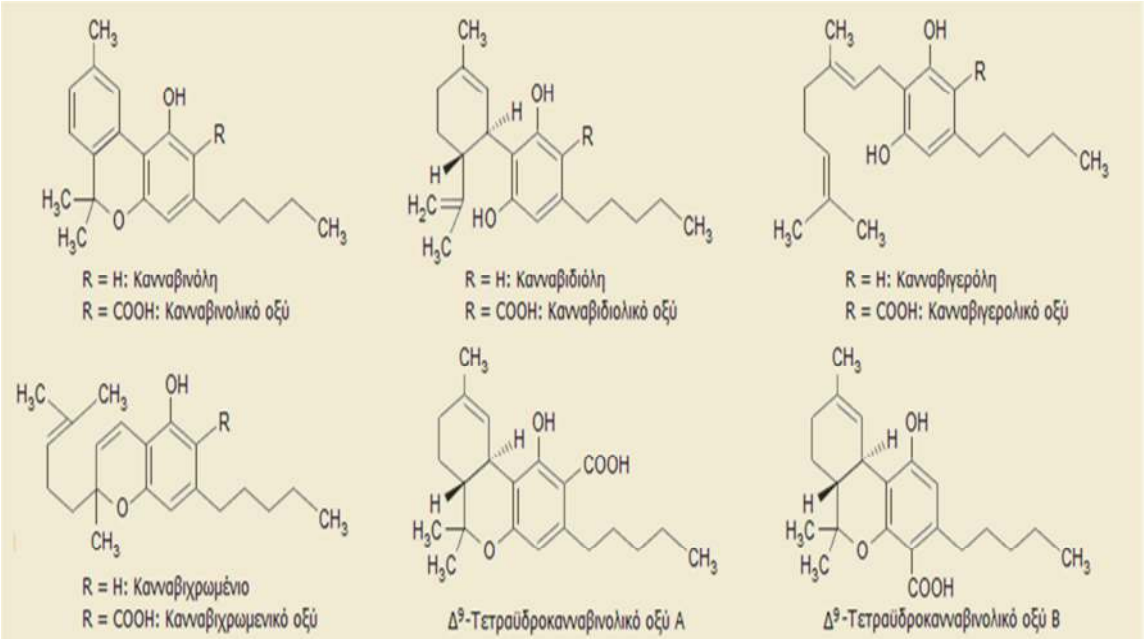
ΧΗΜΙΚΗ ΤΑΞΗ	2005	2015
$Δ^9$ –THC ΤΥΠΟΣ	**9**	**23**
$Δ^8$- THC ΤΥΠΟΣ	**2**	**5**
CBG-ΤΥΠΟΣ	**8**	**16**
CBC-ΤΥΠΟΣ	**6**	**9**
CBD-ΤΥΠΟΣ	**7**	**7**
CBND-ΤΥΠΟΣ	**2**	**2**
CBE-ΤΥΠΟΣ	**5**	**5**
CBL-ΤΥΠΟΣ	**3**	**3**
CBN-ΤΥΠΟΣ	**7**	**11**
CBT-ΤΥΠΟΣ	**9**	**9**
ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΥ	**14**	**30**
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΑΝΝΑΒΙΝΟΕΙΔΗ	**72**	**120**
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΗ-ΚΑΝΝΑΒΙΝΟΕΙΔΗ	**419**	**445**
ΣΥΝΟΛΟ	**491**	**565**

Το ποσοστό της συγκέντρωσης της Δ9-τετραυδροκανναβινόλης (THC) που εντοπίζεται σε μια ξηρή ταξιανθία χαρακτηρίζει την ψυχοδραστικότητα του φυτού. Για το λόγο αυτό γίνεται τόσο ποσοτικός όσο και ποιοτικός προσδιορισμός του φυτού από τα διάφορα μέρη (φύλλα, άνθη, σπόρος) για τον προσδιορισμό του προφίλ των κανναβινοειδών που χαρακτηρίζει καθένα από αυτά. Τα κανναβινοειδή μπορεί να αναλυθούν ως προς την ποσότητα (ποσοστά ξηρού βάρους των

κανναβινοειδών ως προς το συγκομιζόμενο προϊόν) αλλά και ποιοτικά (με την αξιολόγηση της αναλογίας THC/CBD) (Grassi & McPartland, 2017).

Για το λόγο αυτό η κάνναβη μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις κατηγορίες :

- **Φαινότυπος 1** (φάρμακο): Δ9- THC> 0,5% και Κανναβιδιόλη (CBD) < 0,5% . Δηλαδή Δ9-THC/CBD >> 1
- **Φαινότυπος 2** (ενδιάμεσος τύπος): με την κανναβιδιόλη (CBD) ως το κύριο κανναβινοειδές και την Δ-9 THC σε αμελητέα ποσοστά. Δηλαδή Δ-9 THC/CBD ~1
- **Φαινότυπος 3** (τύπος κλωστικής-ίνας) : με πολύ χαμηλά επίπεδα Δ-9 THC . Δηλαδή Δ-9 THC/CBD << 1.(Chandra, Lata, Mehmedic, Khan, & ElSohly, 2010)

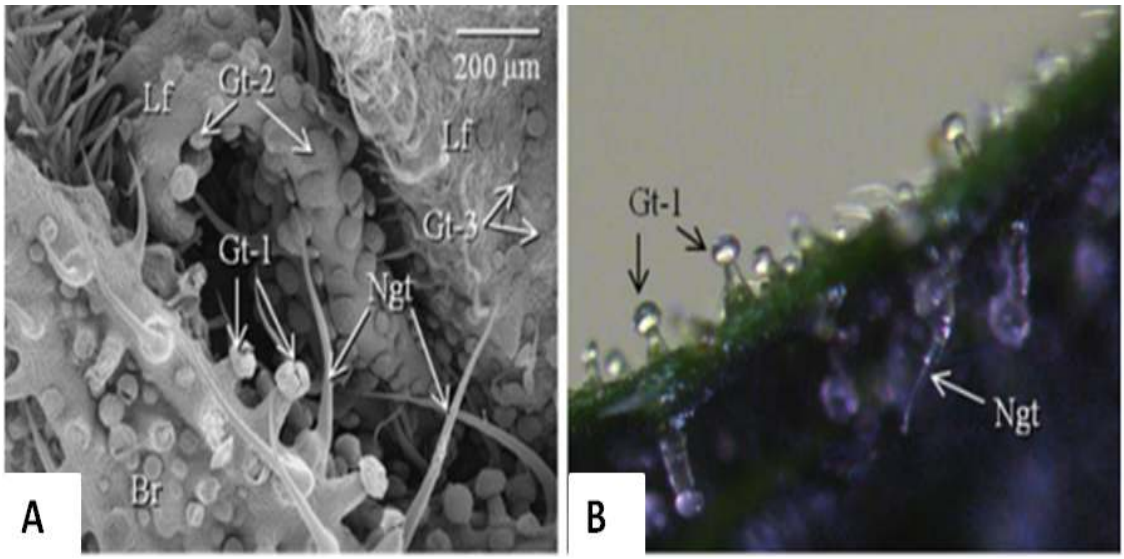


Εικόνα 5: *Οι ονομασίες και οι χημικοί τύποι των κυριότερων*

Έρευνες των Briodi και Tognini το 1894 τοποθέτησαν την παραγωγή και συσσώρευση της ρητίνης στα αδενικά τριχώματα του φυτού (Briosi & Tognini, 1894; Chandra, Lata, Khan, et al., 2017). Τα κανναβινοειδή και τα τερπενοειδή συσσωρεύονται στην κοιλότητα μεταξύ των κυττάρων του δίσκου και της επιδερμίδας (Happyana et al., 2013; E.-S. Kim & P. G. Mahlberg, 1997; E. S. Kim & P. G. Mahlberg, 1997). Τα κύτταρα του δίσκου εκκρίνουν επίσης βιοσυνθετικά ένζυμα, όπως είναι η συνθάση του τετραυδροκανναβινοικού οξέος THCA, στην εκκριτική αυτή κοιλότητα (Sirikantaramas et al., 2005) .Η βιοσύνθεση των κανναβινοειδών απαιτεί πρόδρομες ουσίες φαινόλης και τερπενοειδών (Morimoto, Komatsu, Taura, & Shoyama, 1998; Shoyama et al., 2005; Taura, Sirikantaramas, Shoyama, Yoshikai, et al., 2007).

Η περιεκτικότητα των κανναβινοειδών διαφέρει ως προς την ποιότητα αλλά και την ποσότητα. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά έχουν διαφορετικό τρόπο

κληρονόμησης σύμφωνα με τον Hilling (2002). Η ποσότητα (ποσοστό ξηρού βάρους) των κανναβινοειδών είναι πολυγενετικό στοιχείο και επηρεάζεται από τους κλιματικούς παράγοντες. Αντίθετα η ποιότητα, δηλαδή η αναλογία THC/CBD (χημικό προφίλ) είναι πιθανώς μονογενετικό χαρακτηριστικό.



Εικόνα 6 *: Τμήματα βραχίονα και μικρά φύλλα με διάφορα είδη τριχιδίων.* ***Τμήμα βράκτιου φύλλου (A)*** *και επιφάνεια με αδενώδη τριχίδια* ***(B).*** *(Chandra, Lata, Khan, et al., 2017)*

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως για τον προσδιορισμό των συστατικών της κάνναβης και των προιόντως τους όπως το έλαιο που παράγεται και η μαριχουάνα. Κύριος στόχος μελέτης ήταν η ταυτοποίηση, ποσοτικοποίηση και ανάλυση των μεταβολικών μονοπατιών των συστατικών της κάνναβης ιδιαίτερα για τις ενώσεις με φαρμακευτικό ενδιαφέρον όπως είναι η Δ^9-τετραυδροκανναβινόλη (THC), η κανναβιδιόλη (CBD, κανναβινόλη (CBN) κλπ Για τον σκοπό χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι και όργανα με μεγάλη ευαισθησία όπως αυτή της χρωματογραφίας με χρήση εξειδικευμένων ανιχνευτών. Ευρέως διαδεδομένη είναι η χρήση αέριας χρωματογραφίας GC και υγρής χρωματογραφίας HPLC σε συνδυασμό με φασματοφωτόμετρο μαζών MS. Σε σχέση με την υγρή, η αέρια χρωματογραφία είναι περισσότερο διαδεδομένη παρά τον κίνδυνο θερμικής αποκαρβοξυλίωσης των όξινων κανναβινοειδών στην ουδέτερη μορφή τους. Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού, γίνεται παραγωγοποίηση του εκχυλίσματος που θα χρησιμοποιηθεί πριν την ανάλυση (Happyana et al., 2013; Hazekamp, Peltenburg, Verpoorte, & Giroud, 2005; Kinghorn et al., 2017; Morita & Ando, 1984).

1.6 Βιολογικός Κύκλος του φυτού

Ο βιολογικός κύκλος της κάνναβης ακολουθεί τέσσερα πολύ βασικά στάδια ανάπτυξης. Η βλάστηση των σπόρων πραγματοποιείται με αύξηση και επιμήκυνση του υποκοτυλίου και έπειτα συνεχόμενη αύξηση του. Η βλάστηση του σπόρου

πραγαμτοποιείται εντός 3 με 7 ημερών με την προυπόθεση ευνοικών συνθηκών ανάτπυξης της καλλιέργειας. Η ιδανικότερη θερμοκρασία για την βλάστηση του σπόρου και την ανάπτυξη του είναι οι 24 °C , ενώ η ελάχιστη αποδεκτή οι 0°C (Clarke & Watson, 2007).

Το πρώτο στάδιο ανάπτυξης του φυτού αφορά την εμφάνιση των πραγματικών φύλλων, τα οποία κυμαίνονται συνήθως από δύο έως πέντε. Τα φύλλα αυτά μετατρέπονται σε σύνθετα με περισσότερα φυλλάρια ανά φύλλο Η διάταξη των φύλλων στο στάδιο αυτό είναι αντίθετη. Στη συνέχεια ακολουθεί η επιμήκυνση και ανάπτυξη του κεντρικού στελέχους το οποίο κατά μέσο όρο αυξάνεται 7 cm ημερησίως (Fleming & Clarke, 1998).

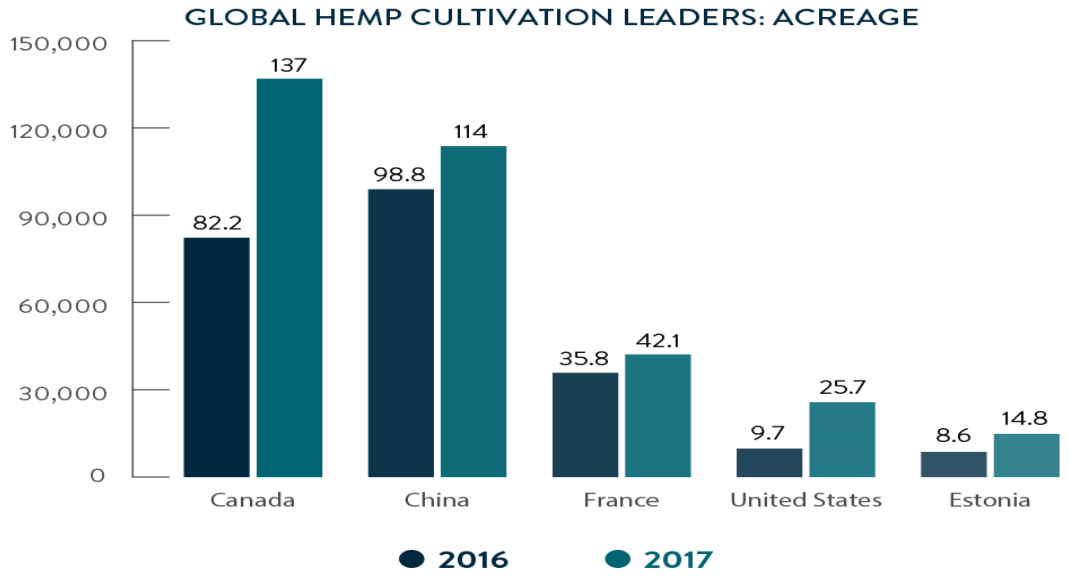
Ακολουθεί η ανθοφορία όπου πραγματοποιούνται σημαντικές αλλαγές στην μορφολογία του φυτού. Η διάταξη των φύλλων από αντίθετη, γίνεται σπειροειδής και αρχίζουν να διαφαίνονται τα χαρακτηριστικά αρσενικά και θηλυκά άνθη ανάλογα το φυτό. Η ανάπτυξη του κεντρικού στελέχους αυξάνεται με πιο αργό ρυθμό πλέον. Στο στάδιο της πλήρους άνθισης, τα αρσενικά άνθη ανοίγουν και γίνεται διασπορά γύρης στα θηλυκά άνθη τα οποία μένουν γονιμοποιημένα ενώ άλλα δεν γονιμοποιούνται (Menzel, 1964).

Το τελευταίο στάδιο είναι η ωρίμανση του φυτού η οποία Διαρκεί δύο με δέκα μήνες και ολοκληρώνεται κατά την θερμή περίοδο. Η συγκομιδή της καλλιέργειας πραγματοποιείται από αρχές Σεπτεμβρίου μέχρι μέσα Οκτωβρίου (Grandon, Bloomquist, Edmisten, Davis, & Post; A Haney & Bazzaz, 1970; Raman, 1998) .

1.7 Οικονομική σημασία καλλιέργειας στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Στην Ευρώπη καταναλώνονται περίπου 12.000 τόνοι σπόρων κλωστικής κάνναβης για διάφορες χρήσεις όπως τροφή και παραγωγή ελαίων τον χρόνο ενώ παράγονται λιγότεροι από 6.000 τόνοι. Σε παγκόσμιο επίπεδο όμως ιδιαίτερη ζήτηση παρατηρείται για παραγωγή ίνας για προιόντα ένδυσης και μονωτικών υλικών και εντεριώνη ως κατασκευαστικό υλικό. Η αγορά επιπλέον έχει προωθήσει τα συμπληρώματα με βάσει την κάνναβη μιας και έχει κατακτήσει πλέον τον τομέα της διατροφής και της προσωπικής υγιεινής. Αξιοσημείωτη ωστόσο είναι και η εναλλακτική πρόταση της Γαλλίας στην δόμηση χώρων μουσικής αποκλειστικά με ηχομονωτικά υλικά που έχουν σαν βάση την κάνναβη.

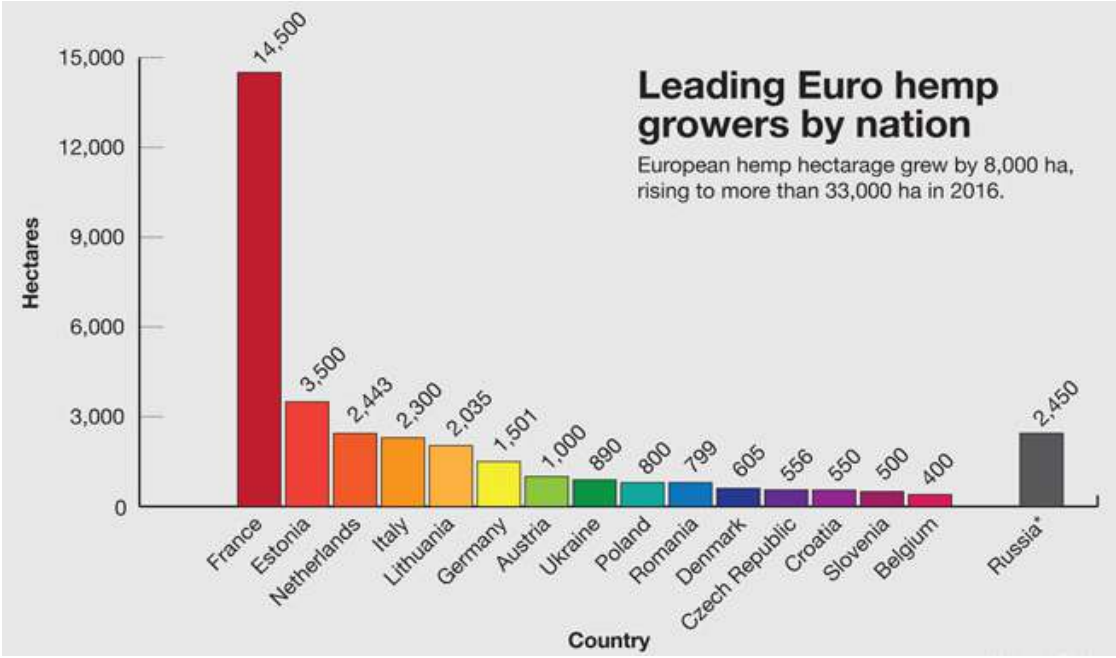
Η νομιμοποίηση της καλλιέργειας στην Ελλάδα που πραγματοποιήθηκε το 2016 αποτελεί μια μεγάλη αναπτυξιακή ευκαιρία για την εγχώρια παραγωγή. Τα οικονομικά δεδομένα που προκύπτουν από έρευνες του εξωτερικού, δείχνουν ότι η αγορά της βιομηχανικής κάνναβης αναμένεται να φτάσει τα 180 εκατ. Ευρώ έως το 2028 και της φαρμακευτικής τα 55,2 δις. ευρώ. Αντίθετα ο παγκόσμιος κύκλος επιχειρηματικότητας της κάνναβης αναμένεται να ξεπεράσει το ποσό των 145 δις δολάρια.



***Εικόνα 7**: Παγκόσμια κατάταξη των χωρών με το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιέργειας βιομηχανικής κάνναβης για τα έτη 2016-2017*

Ο αριθμός των χρηστών κάνναβης σύμφωνα με την έκθεση των Ηνωμένων Εθνών το 2017 ήταν 238 εκατομμύρια. Αντίθετα η παγκόσμια αγορά των τροφίμων από κάνναβη ανάγεται στα 200 εκατ. ευρώ ενώ η αντίστοιχη ευρωπαική στα 40 εκατ. ευρώ με σταθερή αύξηση τα τελευταία χρόνια. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Γαλλία, Ολλανδία και Ρουμανία ενώ ήδη η αγορά της Γαλλίας και Γερμανίας ενδιαφέρεται και αξιοποιεί ίνες κάνναβης για βιοσύνθετα υλικά.

Η Ελλάδα μπορεί να εξελιχθεί σε διεθνές κέντρο καλλιέργειας κάνναβης με μεγάλες δυνατότητες επιτυχημένης παραγωγής εξ αιτίας των ευνοικών κλιματολογικών της συνθηκών για εγχώριο αλλά και εξαγώγιμο προιόν τόσο κλωστικής όσο και φαρμακευτικής κάνναβης στα πλαίσια των νόμιμων πλαισίων της Ευρωπαικής Ένωσης. 'Ηδη οι κατατεθειμένες προτάσεις στη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας φέρονται να είναι τριάντα με επενδυτές από όλο τον κόσμο (Καναδά, Σαουδική Αραβία, Γερμανία κ.α). Έχουν πραγματοποιηθεί εγκρίσεις των φακέλων ορισμένων ενώ οι περισσότερες βρίσκονται σε διαδικασία έγκρισης.



***Εικόνα 8**: Κατάταξη των Ευρωπαικών χωρών ως προς την έκταση καλλιέργειας βιομηχανικής κάνναβης με αύξιυσα σειρά κατά το έτος 2016*

Το συνολικό ύψος των επενδύσεων εκτιμάται ότι θα υπερβεί τα 350 εκατ. ευρώ, ενώ οι θέσεις εργασίας που θα προσφέρει ξεπερνούν τις 1.436 (Ter Bogt, Schmid, Nic Gabhainn, Fotiou, & Vollebergh, 2006).

1.8 Νομοθεσία Κλωστικής Κάνναβης στην Ελλάδα και Επιτόπιος Έλεγχος Καλλιεργειών

Στην Ελλάδα η έγκριση για καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης πραγαμτοποιήθηκε σύμφωνα με το ΦΕΚ αρ. 929Β/6-4-2016 για καλλιέργειες που έχουν περιεκτικότητα σε THC <0,2 % και είναι εγγεγραμμένες στον Κοινοτικό Κατάλογο. Το περιεχόμενο του πίνακα αυτού καταφράδεται παρακάτω και συμπεριλαμβάνει ποικιλίες πιστοποιημένου σπόρου των οποίων η περιεκτικότητα σε τετραυδροκανναβινόλη (THC) δεν υπερβαίνει το 0,2 %.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ αρ. 929Β/6-4-2016, ο έλεγχος για την εξακρίβωση της περιεκτικότητας των χρησιμοποιούμενων ποικιλιών βιομηχανικής κάνναβης σε THC *θα καλύπτει το 30% των εκτάσεων που δηλώνονται τη πρώτη χρονιά και το 20% των δηλωμένων εκτάσεων την επόμενη*. Αν υπάρξουν περιπτώσεις μη συμμόρφωσης, το ποσοστό των δικαιούχων που θα υποβληθούν σε επιτόπιο έλεγχο μπορεί να αυξηθεί από τα οικεία Τμήματα Αγροτικής Ανάπτυξης.

1.8.1 Επιτόπιος Έλεγχος καλλιεργειών κάνναβης

Η διενέργεια των επιτόπιων ελέγχων και η συλλογή του πρώτου και του δεύτερου (για επιβεβαίωση) δείγματος γίνεται από τα τμήματα Αγροτικής Ανάπτυξης των Διευθύνσεων Αποκεντρωμένων Υπηρεσιών του ΥΠΑΑΤ (πρώην ΚΕΠΠΥΕΛ) κατόπιν εκπαίδευσης των ελεγκτών που πραγματοποιούν τη συλλογή των δειγμάτων από τον ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ.

Οι ελεγκτές μετά τη διενέργεια του επιτόπιου ελέγχου συντάσσουν έκθεση ελέγχου όπου ένα δείγμα αποστέλλεται σε διαπιστευμένο από το ΕΣΥΔ εργαστήριο για την εξακρίβωση της περιεκτικότητας σε THC. Το δεύτερο δείγμα, ξηραίνεται και φυλάσσεται από οικείο Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, μέχρι τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου για επιβεβαιωτική ανάλυση.

Σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ 809/2014 ορίζεται ότι ανά αγρό και ανα κάθε μόνοικη ποικιλία το δείγμα πρέπει να αποτελείται από 50 μέρη φυτών μήκους 30 εκ., το οποίο περιλαμβάνει τουλάχιστον μία θηλυκή ταξιανθία.

Τα δείγματα συλλέγονται μεταξύ 20 ημερών μετά την έναρξη της ανθοφορίας και 10 ημερών μετά το τέλος της, στη διάρκεια της ημέρας, με βάση συστηματικό σχήμα, ώστε το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό του αγρού, αποκλείοντας τα άκρα της καλλιέργειας. Σε δίοικες ποικιλίες λαμβάνονται δείγματα μόνο από θηλυκά φυτά. Κάθε δείγμα τοποθετείται, χωρίς να συνθλίβεται σε υφασμάτινο ή χάρτινο σάκο.

Τα δείγματα ξηραίνονται κάτω από 70oC και μέχρι υγρασίας 8-13%, μέσα σε 48 ώρες από τη συλλογή τους. Τα ξηρά δείγματα διατηρούνται σε θερμοκρασία <25 oC σε σκοτεινό χώρο και λειοτριβούνται αφού αφαιρεθούν οι βλαστοί και τα σπέρματα >2mm.

Ο προσδιορισμός της THC σύμφωνα με τη κοινοτική μέθοδο που περιλαμβάνεται στον κανονισμό με αριθμ. 809/2014 της Επιτροπής «για τη θέσπιση κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1306/2013 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης και ελέγχου, τα μέτρα αγροτικής ανάπτυξης και την πολλαπλή συμμόρφωση» (ΕΕ L 227), γίνεται με αέριοχρωματογράφο εξοπλισμένο με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας μετά από εκχύλιση με κατάλληλο διαλύτη.

Πίνακας 5 *: Ποικιλίες κάνναβης εγγεγραμμένες στον Κοινοτικό Κατάλογο*

ΠΟΙΚΙΛΙΑ *Cannabis sativa L*	**ΧΩΡΑ**
Antal	**Τσεχία**
Armanca	**Ρουμανία**
Beniko	**Αυστρία, Ελβετία, Τσεχία, Ολλανδία, Πολωνία**
Bialobrzeskie	**Αυστρία, Πολωνία, Τσεχία**
CS	**Ιταλία**
Cannakomp	**Ουγγαρία**
Carma	**Ιταλία**
Carmagnola	**Ιταλία**
Chameleon	**Ολλανδία**
Codimono	**Ιταλία**
Dacia Secuieni	**Ρουμανία**
Delta-405	**Ισπανία**
Delta-llosa	**Ισπανία**
Denise	**Ρουμανία**
Diana	**Ρουμανία**
Dioica 88	**Γαλλία**
Epsilon 68	**Γαλλία**
Fedora 17	**Ελβετία, Γαλλία**
Felina 32	**Γαλλία**
Ferimon	**Γαλλία, Γερμανία**
Fibranova	**Ιταλία**
Fibrol	**Ουγγαρία**
Finola	**Φιλανδία**
Futura 75	**Γαλλία**
Ferimon	**Γερμανία, Γαλλία**
Ivory	**Ολλανδία**
KC Dora	**Ουγγαρία**
KC Virtus	**Ουγγαρία**
KC Zuzana	**Ουγγαρία**
Kompolti	**Αυστρία,Ελβετία,Γερμανία,Ουγγαρία,**

	Ολλανδία
Kompolti hybrid TC	**Ουγγαρία**
Lipko	**Ουγγαρία**
Lovrin 110	**Ελβετία,Γερμανία,Ολλανδία**
Marcello	**Ολλανδία**
Markant	**Ολλανδία**
Monoica	**Τσεχία,Ουγγαρία**
Rajan	**Πολωνία**
Santhica 23	**Γαλλία**
Santhica 27	**Γαλλία**
Santhica 70	**Γαλλία**
Secuieni Jubileu	**Ρουμανία**
Silvana	**Ρουμανία**
Szarvasi	**Ουγγαρία**
Tiborszallasi	**Ουγγαρία, Ιταλία**
Tisza	**Ιταλία**
Tygra	**Πολωνία**
Uniko B	**Τσεχία, Ουγγαρία**
Uso 31	**Τσεχία, Ολλανδία**
Wielkopolskie	**Πολωνία**
Wojko	**Πολωνία**
Zenit	**Ρουμανία**

Η επιλογή της ποικιλίας κρίνεται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής στην οποία θέλουμε να καλλιεργήσουμε. Η κλωστική κάνναβη παρουσιάζει μια ιδιαίτερη ευαισθησία σαν καλλιέργεια. Οι πιο κρίσιμοι παράγοντες για ομαλή και επιτυχημένη ανάπτυξη είναι η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία. Ο επιθυμητός στόχος στην επιστήμη της βελτίωσης είναι η δημιουργία ποικιλιών πρώιμων, μόνοικων και με χαμηλή περιεκτικότητα σε τετραυδροκανναβινόλη (THC) και υψηλή απόδοση σε ίνες (Salentijn et al., 2015).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι αξιολογήσεις των ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν στους πειραματικούς αγρούς το 2016 από το Ινστιτούτο Γενετικής Βλετίωσης και Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ.

Ποικιλία	Χώρα Προέλευσης	Βλαστικός κύκλος	Ύψος στην ωριμότητα (εκ)	Απόδοση σε σπόρο (kg/ha)	Περιεκτικότητα σπόρου σε λάδι (%)	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (t/ha)	Περιεκτικότητα βλαστών σε ίνες (%)	Περιεκτικότητα σε THC (%)	Περιεκτικότητα σε CBD (%)	Προτεινόμενη χρήση
Tygra	Πολωνία	Μέσος <135 ημέρες	200-250	1000-1200	30-32	10--12	26-30	<0,04	0,5-1,0	Σπόρος, Ίνα
Bialobrzeskie	Πολωνία	Μέσος <135 ημέρες	200-250	800-1000	30-32	10--12	26-30	<0,04	0,5-1,0	Σπόρος, Ίνα
Santhica 27	Γαλλία	Μέσος <135 ημέρες	200-250	1000-1200	<26	10--12	>35%	<0,01	<0,5%	Σπόρος, Ίνα
Felina 32	Γαλλία	Μέσος <135 ημέρες	200-250	>1200	30-32	10--12	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα
Fedora 17	Γαλλία	Μέσος <135 ημέρες	200-250	>1200	30-32	10--12	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα
Futura 75	Γαλλία	<150 ημέρες	250-350	1000-1200	28-30	12--15	30-35	<0,07	1,0-2,0	Σπόρος, Ίνα

Εικόνα 9: *Χαρακτηριστικά των υπό αξιολόγηση ποικιλιών για το 2016 στο Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ*

1.9 Οικολογικές απαιτήσεις του φυτού

1.9.1 Φωτοπερίοδος και θερμοκρασία

Η κάνναβη είναι αρκετά προσαρμοστικό φυτό στις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες . Οι πιο κρίσιμοι παράγοντες που την επηρεάζουν, είναι η θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια. Χαρακτηρίζεται ως φυτό μικρής ημέρας και απαιτεί συνεχόμενη ηλιοφάνεια για την ομαλή ανάπτυξή του. Μπορεί να αναπτυχθεί και σε πιο σκιερά μέρη αλλά παρουσιάζει περιορισμένη ανάπτυξη. Το σύνολο των διαφορετικών ποικιλιών που καλλιεργούνται αυτή την στιγμή την Ευρώπη απαιτούν κατά μέσο όρο φωτοπερίοδο 12 με 14 ωρών και δίνουν υψηλές αποδόσεις.

Κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη του φυτού είναι η θερμοκρασία που παίζει σημαντικό ρόλο στο φύτρωμα των σπόρων, στην κανονική και ομαλή ανάπτυξη του στελέχους, στην άνθιση, στην γονιμοποίηση και την ωρίμανση του φυτού στο τελικό στάδιο ανάπτυξης. Προτιμά κυρίως τα υγρά κλίματα που προσφέρουν τον παράγοντα της υγρασίας και η θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται μεταξύ 15 με 27°C. Οι καλύτερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του είναι 25 με 27°C. Όσον αφορά την θερμοκρασία εδάφους για την σπορά και το φύτρωμα των σπόρων, ιδανικές είναι 6 με 10°C αλλά μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς και θερμοκρασίες χαμηλότερες των 6 °C(Overbaugh, 2019; Townshend & Boleyn, 2008) (Bosca and Karus,1999). Ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι οι βέλτιστες θερμοκρασίες για τις περισσότερες ποικιλίες κάνναβης είναι μεταξύ 25 και 30°C(Chandra et al., 2019).

1.9.2 Υγρασία

Η υγρασία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε κάθε στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Η ποσότητα του νερού και η συχνότητα άρδευσης ποικίλουν ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης, το μέγεθος των φυτών, την θερμοκρασία αλλά και την υγρασία. Η κάνναβη απαιτεί υψηλά επίπεδα υγρασίας, ειδικά στα νεαρά στάδια του σπόρου και κυρίως των νεαρών φυταρίων-μοσχευμάτων. Ενίοτε πραγματοποιείται συχνός ψεκασμός των φύλλων του φυτού για να διατηρείται το ποσοστό υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα μέχρι να ριζώσει ικανοποιητικά το φυτάριο στο χώμα. Από τα στάδιο αυτό και μετά, το χώμα θα πρέπει να στεγνώνει μέχρι να πραγματοποιηθεί το επόμενο πότισμα. Στο στάδιο του νεαρού φυτού η υγρασία πρέπει να είναι της τάξης του 75% , ενώ μετέπειτα στα στάδια κανονικής ανάπτυξης και άνθισης πέφτει στο 60%.

Τα φυτά απαιτούν πάντα καλό αερισμό για την επιτυχή εξαγωγή όλων των μεταβολικών σταδίων ανάπτυξης για μια φυσιολογική και επιτυχημένη ανάπτυξη.

1.9.3 Έδαφος

Πολύ σημαντική διαδικασία για την σωστή διαχείριση της καλλιέργειας είναι πριν από οποιαδήποτε ενέργεια, να πραγματοποιηθεί εδαφική ανάλυση και μελέτη του εδάφους που πρόκειται να καλλιεργηθεί. Το ph, τα θρεπτικά στοιχεία και οι

ελλείψεις που μπορεί να παρουσιάζει το έδαφος σε αυτά είναι προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα. Άριστο ph για την ανάπτυξη της κάνναβης θεωρείται το ελάχιστα αλκαλικής σύστασης ph= 7- 7,5. Η κάνναβη ευδοκιμεί σε γόνιμα και βαθιά εδάφη, όπου επιτυγχάνεται ο καλός αερισμός της ρίζας του φυτού(Alan Haney & Kutscheid, 1975) . Γενικά είναι αρκετά προσαρμοστική καλλιέργεια στα διάφορα εδάφη αλλά παρουσιάζει περιορισμένη ανάπτυξη σε υπερβολικά συνεκτικά εδάφη και αμμώδη όπου δεν επιτρέπεται ο αερισμός. Μη ευνοικά είναι και τα αμμώδη με χαμηλά επίπεδα αζώτου και θρεπτικών σύμφωνα με τους Haney και Kutscheid (1975) (Alan Haney & Kutscheid, 1975). Επιπλέον, η παρουσία μεγάλου ποσοστού οργανικής ύλης στο έδαφος δίνει την δυνατότητα στην υγρασία να διατηρηθεί στο έδαφος. Το σύνολο αυτών των χαρακτηριστικών διατηρεί τις αποδόσεις της καλλιέργειας υψηλές και εξασφαλίζει την σωστή ανάπτυξη της καλλιέργειας (Harris, Dewey, & Razdan, 1977) .

1.10 Καλλιεργητικές πρακτικές για την διαχείριση καλλιέργειας βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

Μια επιτυχημένη διαχείριση που θα αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στην παραγωγή και στις αποδόσεις πρέπει να ακολουθήσει συγκεκριμένα βήματα και καλλιεργητικές μεθόδους.

1.10.1 Προετοιμασία του αγρού

Το σημαντικότερο βήμα για την σωστή εγκατάσταση της καλλιέργειας, είναι η καλή προετοιμασία της σπορόκλίνης με χειμωνιάτικα οργώματα ή πρώιμα ανοιξιάτικα. Για αποφυγή συμπίεσης και διαμόρφωσης εναέριων συνθηκών, το έδαφος θα πρέπει να είναι στον ρώγο του για να πραγματοποιηθούν οι καλλιεργητικές τεχνικές (Struik et al., 2000). Επιπλέον σημαντική είναι η αντιμετώπιση των ζιζανίων στα πρώτα στάδια ανάπτυξης αφού είναι ανταγωνιστικά στην κάνναβη. Ωστόσο αυτό αποτελεί πρόβλημα κατά τα πρώτα στάδια, καθώς μετά η κάνναβη έχει ραγδαία ανάπτυξη και σε συνδυασμό με τις ουσίες που εκκρίνει, ανταγωνίζεται έντονα τα ζιζάνια και δεν κινδυνεύει από αυτά(Small & Marcus, 2002; Willis, 1859) .

1.10.2 Άρδευση

Η κάνναβη είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε υγρασία και ο καλύτερος τρόπος για να πραγματοποιηθεί η άρδευση είναι στάγδην. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ποσότητας του νερού που δέχεται το φυτό ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη των παθογόνων που προσελκύονται από την αυξημένη υγρασία σε ρίζα και βλαστό. Η καλλιέργεια απαιτεί 500-700 mm διαθέσιμου νερού για την μέγιστη απόδοση (Bocsa & Karus, 1998). Η συχνότητα των ποτισμάτων εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής ανάπτυξης .

1.10.3 Λίπανση

Όπως προαναφέρθηκε, πριν την καλλιέργεια απαιτείται η εδαφική ανάλυση του αγρού για την μελέτη του προφίλ του σε θρεπτικά στοιχεία και τις πιθανές ελλείψεις. Είναι γνωστό ότι η κάνναβη αναπτύσσεται άριστα χωρίς την παρέμβαση σε αυτήν εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων ή μυκητοκτόνων. Το πρόβλημα των ζιζανίων μπορεί να αντιμετωπιστεί έγκαιρα μηχανικά ενώ οι εντομολογικοί και μυκητολογικοί εχθροί δεν είναι πολλοί. Οποιαδήποτε χημική παρέμβαση γίνεται στα πλαίσια λίπανσης και ενίσχυσης του εδάφους σε στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα και πιθανώς βρίσκονται σε έλλειψη στον εκάστοτε αγρό (Jordan, Lang, & Enfield, 1946; H. Van der Werf & Van den Berg, 1995).

Το άζωτο είναι το σημαντικότερο στοιχείο για την καλλιέργεια. Επηρεάζει σημαντικά τις αποδόσεις σε βιομάζα, ύψος φυτού και παραγωγή ίνας (Jordan et al., 1946). Σε συνθήκες ανεπάρκειας του στοιχείου, η κάνναβη παρουσιάζει περιορισμένη ανάπτυξη και μικρή ανάπτυξη της διαμέτρου του στελέχους. Αυτό οδηγεί σε χαμηλή απόδοση περιεκτικότητας σε ίνα, γεγονός ανεπιθύμητο για την παραγωγή. Αντίθετα η υπερεπάρκεια αζώτου οδηγεί σε αυξημένη διάμετρο στελέχους αλλά η περιεκτικότητα ίνας ανά επιφάνεια είναι περιορισμένη (Jordan et al., 1946; H. Van der Werf & Van den Berg, 1995) . Επιπλέον παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας λόγω αυξημένης διαμέτρου κυττάρων και διαμόρφωσης μεγάλων κενών στο στέλεχος. Τα λιπάσματα αζώτου κυμαίνονται μεταξύ 100 με 240 kg N ha^{-1} (Struik et al., 2000; H. Van der Werf & Van den Berg, 1995) . Μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο παρατηρούνται όταν η ποσότητα σε άζωτο κυμαίνεται από 99 έως 198 kg N ha^{-1} . Αντίθετα αυξημένες αποδόσεις σε ίνα δίνουν οι προσθήκες σε άζωτο από 50 έως 150 kg N ha^{-1}, ενώ όσον αφορά το ύψος 150 έως 240 kg N ha^{-} (Campiglia, Radicetti, & Mancinelli, 2017; Meijer, Van der Werf, Mathijssen, & Van den Brink, 1995; Sausserde & Adamovics, 2013; H. M. Van der Werf, Van Geel, Van Gils, & Haverkort, 1995) .

Η καλλιέργεια της κάνναβης δεν είναι απαιτητική σε κάλιο, αφού η ετήσια ανάγκη κυμαίνεται από 50 έως 300 kg K ha^{-1}(Campiglia et al., 2017) . Η ποσότητα του καλίου που θα προστεθεί εξαρτάται από το υπάρχον ποσοστό που υπάρχει και από τον τύπο του εδάφους. Όταν υπάρχει υπερεπάρκεια καλίου στο έδαφος, αυτό συγκεντρώνεται στους μίσχους του φυτού (70-75% του συνολικού). Η προσθήκη καλίου στο έδαφος πραγματοποιείται συνήθως μετά την συγκομιδή(IVÁNYI, 2011) .

Όσον αφορά το φώσφορο, δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα η επίδραση του στην κάνναβη. Έρευνες σε πειραματικούς αγρούς έχουν δείξει ότι ενδέχεται να βοηθάει στο ύψος του στελέχους. Η συνολική ανάγκη σε φώσφορο σημειώνεται στα 50 kg K ha^{-1} (Coffman & Gentner, 1977).

1.11 Εχθροί και Ασθένειες

1.11.1 Ζιζάνια

Τα ζιζάνια αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού και η διαχείρισή τους πρέπει να είναι άμεση. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι στα πρώτα στάδια, η κάνναβη δεν είναι ανθεκτική στα ζιζανιοκτόνα.

Στον πίνακα παρακάτω αναφέρονται τα σημαντικότερα και πιο ανταγωνιστικά ζιζάνια της κάνναβης.

Πίνακας 6*: Τα σημαντικότερα ζιζάνια της κάνναβης (Cannabis sativa L.)*

Κοινή Ονομασία	Επιστημονική Ονομασία
Κουσκούτα	***Cuscuta campestris ή europea***
Χενοπόδιο	***Chenopodium album***
Κίτρινη Κύπερη	***Cyperus culentus***
Πολυκόμπι	***Polygonum aviculare***
Πολύγωνο (αναρριχώμενο)	***Fallopia concolvulus***
Πόα	***Poa annua***
Αγριοβρώμη	***Avena fatua***
Θλάσπι	***Thlaspi arvense***
Βερόνικα	***Veronica arvensis***
Πορφυρό λάμιο	***Lamium purpureum***
Κίρσιο	***Cirsium arvense***
Λύκος	***Orobanche ramosa***

Επιπλέον, υπάρχει το φυτό Ipomoea spp. Παρεμποδίζει την παραγωγή σπόρου, καθώς ο σπόρος του έχει το ίδιο μέγεθος με την κάνναβη και είναι δύσκολος ο διαχωρισμός (Ehrensing, 1998) .

1.11.2 Εντομολογικοί Εχθροί

Πολυάριθμοι είναι οι εχθροί εντομολογικής φύσεως που προσβάλλουν ή επιλέγουν την κάνναβη ως ξενιστή τους για την τροφή ή για καταφύγιο. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι εχθροί που προσβάλλουν τα διάφορα στελέχη του φυτού ανα κατηγορίες.

Πίνακας 7 *: Έντομα που προσβάλλουν την ρίζα και τον βλαστό της κάνναβης*

Κοινή Ονομασία	Επιστημονική Ονομασία
Πυραλίδα	***Ostrinia nubilalis***
Βλαστορύκτης	***Grapholitha delineana***
Σκαθάρι των φύλλων	***Psylliodes attenuata***
Τρυπητής του μίσχου	***Papaipe manebris***
Μηλολόνθη	***Melolontha spp.***
Βρόχος	***Ceutorhynchus spp.***
Κόσσος	***Cossus cossus***

Πίνακας 8: *Έντομα που προσβάλλουν φύλλα, σπόρους και άνθη της κάνναβης*

Κοινή Ονομασία	Επιστημονική Ονομασία
Αχερόντια	***Acherontia atropos***
Ασημένιος σκόρος	***Autographa gamma***
Σποντόπτερο	***Spodoptera exigua***
Μαμέστρα	***Mamestra configurata***
Πράσινο σκουλήκι	***Heliothis armigera***
Φυλλορήκτης της κάνναβης	***Liriomyza cannabis***
Φυλλορήκτης	***Phytomyza horticola***
Πράσινη αφίδα της ροδακινιάς	***Myzus persicae***
Αφίδα	***Aphis fabae***
Αφίδα της κάνναβης	***Phorodon cannabis***
Λύγκας	***Lygus lineolaris***
Σκουλήκι των αλεύρων	***Ephestia kuhniella***

Πίνακας 9: *Τα σημαντικότερα ακάρεα και νηματώδεις που προσβάλλουν την κάνναβη*

Ακάρεα	Νηματώδεις
Tetranychus urticae	***Meloidogyne javanica***
Tetranychus cinnabarinus	***Meloidogyne hapla***

1.11.3 Σημαντικές ασθένειες

Το φυτό της κάνναβης μπορεί να προσβληθεί από διάφορα παθογόνα μυκητολογικής ή βακτηριολογικής φύσεως με πληθώρα συμπτωμάτων και επιπτώσεων. Ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμη στην χώρα μας εγκεκριμένα μυκητοκτόνα και βακτηριοκτόνα για την αντιμετώπιση τους. Η μόνη καταγεγραμμένη λίστα δραστικών ουσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και έχουν μελετηθεί διεξοδικά προέρχεται από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής όπου εκεί η καλλιέργεια είναι αρκετά διαδεδομένη.

Πίνακας 10: *Τα σημαντικότερα παθογόνα που απειλούν την καλλιέργεια της κάνναβης*

Μύκητες	Βακτήρια	Ιοί
Botrytis cinerea	***Pseudomonas syringae***	**Ιός της κάνναβης ((HSC)**
Rhizoctonia solani	***Xanthomonas scampestris***	**Ιός του μωσακού του αλφάλφα (AMV)**
Fusarium spp.	***Erwinia tracheiphila***	**Ιός του μωσαικού της αγγουριάς (CMV)**
Pythium spp.	***Agrobacterium tumefaciens***	**Αραβικός ιός του μωσαικού (ArMV)**
Sclerotinia sclerotiorum		**Ιός του μωσαικού της κάνναβης (HMV)**
Septoria cannabis		
Dendrophoma matconii		
Macrophomina phaseoli		
Pseudoperonospora cannabina		
Ascophyta cannabis		

Phyllistica cannabis	

1.12 Φυτοπροστασία Κάνναβης- Δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και μηχανισμός δράσης τους.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν εγκεκριμένα Φ.Π για τις καλλιέργειες βιομηχανικής και φαρμακευτικής κάνναβης καθώς η νομοθεσία έγκρισης θεσπίστηκε πρόσφατα. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν ως γνώμονας οι δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται ως Φ.Π. σε άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Γενικότερα χρησιμοποιούνται μειωμένες ποσότητες Φ.Π. ή σκευάσματα με μικρή υπολειμματική διάρκεια ενώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε βιολογικούς παράγοντες και εκχυλίσματα διάφορων φυτικών σκευασμάτων. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της φαρμακευτικής κάνναβης όπου το προιόν πρέπει να είναι απαλλαγμένο από υπολείμματα χημικών στοιχείων, απαγορεύεται η χρήση χημικών σκευασμάτων. Η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε απολυμασμένα εδάφη ή σε έτοιμα υποστρώματα και αποφεύγεται η καλλιέργεια σε αγρούς που έχουν φιλοξενήσει παλιότερα άλλες καλλιέργειες. Μία εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ανθεκτικότητας είναι η επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών κάνναβης

Πίνακας 11: *Εγκεκριμένα φυτοπροστατευτικά προϊόντα από τον Οργανισμό Διαχείρισης Παρασίτων σε καλλιέργειες κάνναβης στον Καναδά (www.canada.ca/cannabis)*

Σκεύασμα	**Δράση**
Agrotek Ascend Vaporate Sulphur	**Μυκητοκτόνο, θείο**
Bio-Ceres	**Εντομοκτόνο με *Beauveria bassiana***
G WP	**Εντομοκτόνο με *Bacillus thuringiensis subspecies kurstaki***
Bioprotec	
Caf	**Εντομοκτόνο με *Beauveria bassiana***
	Εντομοκτόνο με *Beauveria bassiana*
Botanigard22WP	**Εντομοκτόνο cypermethrin 10% + chlorpyriphos 35%**
Botanigard ES	**Μυκητοκτόνο, εντομοκτόνο, ακαρεοκτόνοCanola oil**
Cyclone	**Μυκητοκτόνο garlic powder 15%**
	Εντομοκτόνο Potassium salts of fatty acids
Doktor doom formula 420	**Μυκητοκτόνο, βακτηριοκτόνο (lactic acid,citric acid)**
Influence LC	**Μυκητοκτόνο Potassium bicarbonate 85%**
Kopa insecticidal soap	**Εντομοκτόνο potassium salts of fatty acids**
Lacto-San	**Εντομοκτόνο potassium salts of fatty acids 47%**

Milstop foliar fungicide	Μυκητοκτόνο με το μύκητα *Gliocladium catenulatum*
Neudosan commercial	Μυκητοκτόνο με τον μύκητα*Trichoderma harzianum*
Opal insecticidal soap	Εντομοκτόνο, μυκητοκτόνο, ακαρεοκτόνο
Prestop	Canolaoil
Rootshield Biological fungicide	
Vegol crop oil	

Πίνακας 12:*Εγκεκριμένες δραστικές ουσίες στην πολιτεία της Νεβάδα για καλλιέργειες κάνναβης (http://www.agri.nv.gov)*

Δραστικές Ουσίες	
Acequinocyl	Mono and Di-Potassium salts of phospohorus acid
Azadirachtin	Myclobutanil
Bacillus amyloquefaciens	Neem oil
Bacillus licheniformis	Paecilomyces fumosoroseus (Isariafumosorosea)
Bacillus megaterium	Paraffinic oil (mineral oil)
Bacillus pumilius strain QST 2606	Pentachloronitrobenzene (quintozene)
Bacillus subtilis	Peppermint and peppermint oil
Bacillus thuringiensis	Peroxyacetic acid
Beauveriabassiana strain ANT-03	2-Phenethyl propionate (2-phenylethyl propionate)
Beauveria bassiana strain GHA	Piperonylbutoxide
Beauveria bassianaConidia	Potassium bicarbonate
Bifenazate	Potassium salts of fatty acid
Burkhoideria sp. Strain A396	Potassium silicate
Capsicum oleoresin	Potassium sorbate
Castor oil (U.S.P. or equivalent)	Pyrethrin
Cinnamon and cinnamon oil	Reynoutriasachalinensis
Citric acid	Rosemary and rosemary oil
Chomobacterium subs tsugae	Sesame (includes ground sesame plant) and sesame oil
Cloves and clove oil	Sodium Carbonate Peroxyhydrate
Copper octanoate	Sodium chloride (common salt) Sodium
Copper oxychloride	Lauryl sulfate

Copper hydrocide	Soybean oil
Corn gluten meal	Spinetoram
Corn oil	Spinosad
Cottonseed oil	Spirotetramat
Cyfluthrin and beta-cyfluthrin	Streptomyces griseoviridis strain K61
Dimethomorth	Streptomyces lydicus WYEC 108
Etoxazole	Sucrose octanoate
Eugenol	Sulfur
Fenhexamid	Thiamethoxam
Flonicamid	Thyme and thyme oil
Fludioxonil	Trichoderma harzianum
Garlic and garlic oil	Trichoderma reesei
Geraniol	Trichoderma virens
Geranium oil	Trifloxystrobin
Hydrogen dioxide	Ulocladium Oudemansil
Hydrogen peroxide	White pepper
Imidacloprid	Zincmetalstrips (που αποτελείται από ψευδάργυρο και προσμείξεις)
Kaolin	
Lauryl sulfate	
Lemongrass oil	
Linseed oil/ Malic acid	
Metarhiziumanisopliae	
Strain F52	
Mineral oil	
Mint and Mint oil	

1.12.1 Βιολογική καλλιέργεια κάνναβης και εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης της καλλιέργειας

Η κάνναβη είναι μια καλλιέργεια που μπορεί να καλλιεργηθεί χωρίς την χρήση ζιζανιοκτόνων, εντομοκτόνων και μυκητοκτόνων (Crowley, 2001). Πρόκειται για καλλιέργεια που δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε λιπάσματα και καλλιεργητικές τεχνικές. Εξαιτίας της δυνατότητας εξαγνισμού του εδάφους που έχει, έχει μειωμένες απαιτήσεις ακόμη και στην εναλλαγή καλλιεργειών, αφού πρόκειται για καλλιέργεια δεν εξαντλεί τα αποθέματα του εδάφους. Δεν χρειάζεται μεγάλες απαιτήσεις σε νερό και χαρακτηρίζεται ως καλλιέργεια με αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα στο περιβάλλον.

Στόχος της βιολογικής γεωργίας είναι η διατήρηση των φυσικών προιόντων της εκάστοτε καλλιέργειας και την διατήρηση του περιβάλλοντος χωρίς χημικές επιβαρύνσεις από την χρήση παρασιτοκτόνων και χημικών σκευασμάτων. Η ανάγκη της αγοράς για βιολογικό σπόρο για την διατροφή του ανθρώπου, καθιστά την κάνναβη ως μια καλλιέργεια που μπορεί να καλλιεργηθεί βιολογικά. Η κλωστική κάνναβη έχει πολύ ευεργετικές ιδιότητες για απορρύπανση εδαφών και υδάτων, την αποκατάσταση του οικοσυστήματος και μπορεί να λειτουργήσει ως φυσικό παρασιτοκτόνο. Έρευνες έχουν δείξει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα αμειψισποράς στα πλαίσια εμπλουτισμού του εδάφους και ανανέωση του με θρεπτικά στοιχεία.

1.13 Καλλιέργεια κλωστικής κάνναβης σε εσωτερικούς χώρους-θερμοκήπια

Η καλλιέργεια τις κάνναβης σε ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, δίνει την δυνατότητα ελέγχου του βιολογικού κύκλου των φυτών και της ποσότητας και ποιότητας της παραγόμενης βιομάζας που προορίζεται για την παραγωγή των διάφορων προϊόντων. Για τον λόγο αυτό απαιτείται ένα ολοκληρωμένο σύστημα ανάπτυξης με προσεχτική μελέτη και εφαρμογή όλων των παραμέτρων, αρκετά διαφορετικό από το κλασικό μοντέλο διαχείρισης καλλιέργειας σε εξωτερικό χώρο. Επιπλέον ο αυστηρός έλεγχος των περιβαλλοντικών παραμέτρων των χώρων ανάπτυξης των φυτών είναι κρίσιμος για την σωστή ανάπτυξη και την αποφυγή ασθενειών και παθογόνων.

Η καλή διέλευση του αέρα και του διοξειδίου του άνθρακα μέσα από τον χώρο καλλιέργειας είναι πάντοτε επιθυμητή και απαραίτητη. Ξηρότερο περιβάλλον και συνεχόμενος αερισμός αποτρέπει την ανάπτυξη μούχλας και κονιδίων διάφορων μυκήτων και επομένως αποφεύγονται ασθένεις που μπορεί να υποβαθμίσουν την καλλιέργεια. Για την καλύτερη διέλευση του αέρα γύρω από τα φυτά συνίσταται σταθερή ροή αέρα από εξωτερικό αερισμό με την βοήθεια εναέριων ανεμιστήρων στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν βελτίωση της φωτοσύνθεσης και της ανάπτυξης των φυτών με

αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στον χώρο του θερμοκηπίου (Chandra, Lata, & ElSohly, 2017; Chandra, Lata, Khan, & ElSohly, 2011; Chandra, Lata, Mehmedic, Khan, & ElSohly, 2015; Yang, Liu, Li, Zhang, & Hao, 2012). Συγκεκριμένα ο Zelitch (1975) αναφέρει μια πολύ στενή συσχέτιση ανάμεσα στην φωτοσύνθεση και την απόδοση των φυτών. Έχει αναφερθεί ότι διπλασιασμός της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, αυξάνει την απόδοση κατά 30% ή και παραπάνω σε πολλές καλλιέργειες (Poorter, 1993). Στην κάνναβη, ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του διοκειδίου του άνθρακα (750 mm) παρατηρήθηκε ότι εντείνει τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης σε διαφορετικές ποικιλίες κατά 38-48% σε σχέση με αυτόν της ατμόσφαιρας(Chandra, Lata, & ElSohly, 2017) . Συνεπώς, η ενίσχυση του κλειστού χώρου με παραπάνω διοξείδιο του άνθρακα κατά την διάρκεια της ημέρας, βοηθά την έντονη ανάπτυξη της κάνναβης (Kimball 1983; Cure 1985; Cure and Acock 1986; Ceulemans et al. 1995; Idso and Idso, 1994).

Σε περιοχές με ήπιες συνθήκες περιβάλλοντος μπορεί να πραγματοποιηθεί και δεύτερη καλλιέργεια και συγκομιδή το χρόνο εξαιτίας των ελεγχόμενων συνθηκών που διαμορφώνονται στο εσωτερικό των θερμοκηπιακών μονάδων. Στο εσωτερικό των θερμοκηπίων υπάρχει η δυνατότητα θερμοκρασιακού στρες και άυξησης της περιεκτικότητας της κανναβιδιόλης (CBD) το χρόνο, μέσω κλαδέματος του στελέχους για αύξηση του σταδίου βλαστικής ανάπτυξης πριν την άνθηση.

1.13.1 Στάδια ανάπτυξης της κάνναβης σε ελεγχόμενες συνθήκες και απαιτήσεις

Όταν για την σπορά της καλλιέργειας χρησιμοποιούνται μοσχεύματα-μητρικά φυτά, διατηρούνται για ένα χρονικό διάστημα σε κατάλληλες συνθήκες σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Στόχος είναι να παραμένουν υγιή για να μπορέσουν να παράγουν υγιή μοσχεύματα. Οι ελεγχόμενες συνθήκες θα πρέπει να είναι σταθερές, Συγκεκριμένα, στο στάδιο αυτό απαιτείται θερμοκρασία 24-28°C, σχετική υγρασία 50-70% και 20 ώρες φως (Cannabis Production : Precision Controlled Environments,2017).

Το στάδιο του φυτού που προορίζεται για κλωνοποίηση είναι αρκετά απαιτητικό στις κλιματικές συνθήκες καθώς είναι και το πιο ευαίσθητο. Απαιτείται υψηλό επίπεδο υγρασίας στα 80-90% και σταθερές θερμοκρασίες που κυμαίνονται 24-27°C, ωστέ να αποφευχθεί η ξήρανση της ρίζας. Δίνεται επίσης η δυνατότητα να διατηρηθεί αυστηρά το γενετικό υλικό μέσω της καλλιέργειας ιστών σε αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες σε μικρούς χώρους, δημιουργώντας μεγάλο αριθμό πολλαπλασιαστικού υλικού. Ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήλες για την τεχνική αυτή είναι υγρασία 60-70%, θερμοκρασία 24-28°C και ώρες φωτισμού 10-12 συνολικά (Cannabis Production : Precision Controlled Environments,2017).

Το στάδιο της βλάστησης απαιτεί σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες για τέσσερις με πέντε εβδομάδες με σταθερό πότισμα των φυτών για την σωστή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Οι ιδανικές συνθήκες στο στάδιο αυτό είναι 50-

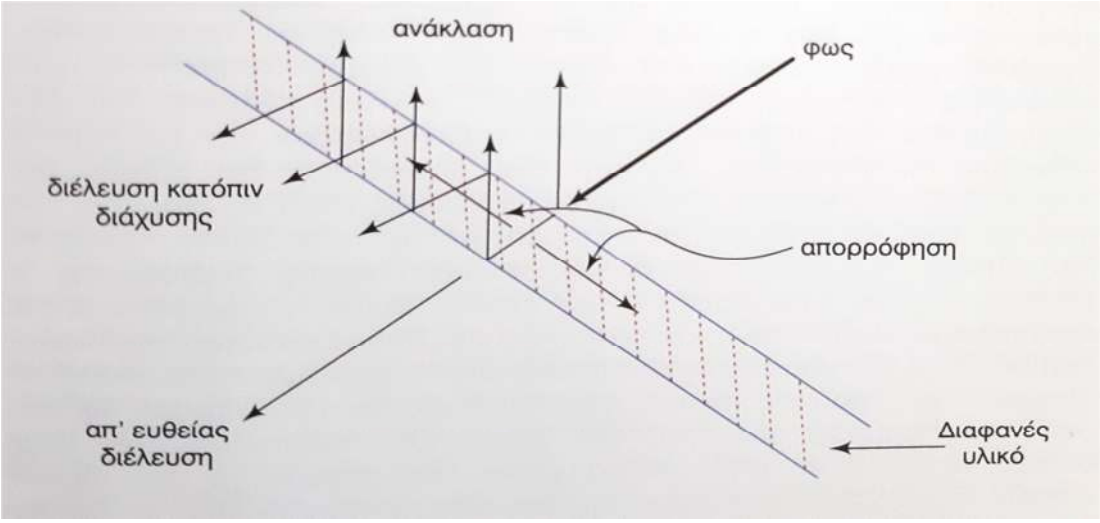
70%, η θερμοκρασία 24-28°C και οι ώρες φωτισμού 20-24. Κατά την ανθοφορία, το φυτό απαιτεί αυξημένες θερμοκρασίες και υψηλή ένταση φωτός μεγαλύτερης διάρκειας ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή μάζα φυτικού ιστού. Με την εμφάνιση της ανθοταξίας, μειώνεται η διάρκεια φωτός με την χρήση ενίοτε κουρτινών συσκότισης, μειώνοντας έτσι και την θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο. Το φυτό αρχίζει να αναπτύσσει κανναβινοειδή, συγκεκριμένα εμφανίζει ρητίνες που περιέχουν THC και CBD. Μεγάλη προσοχή δίνεται στην υγρασία που πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα για αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων και άλλων παθογόνων. Επίπεδο υγρασίας στα 50%, θερμοκρασία 20-25 °C και ώρες φωτισμού 12 σύνολο περίπου (Cannabis Production : Precision Controlled Environments,2017).

Τελικό στάδιο είναι η αποξήρανση. Στην φάση αυτή, είναι επιθυμητή η μείωση της περιεκτικότητας του φυτού σε νερό. Απαιτείται πολύ καλός αερισμός στον χώρο αποθήκευσης και η μείωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Ιδανικές συνθήκες περιβάλλοντος είναι υγρασία 45-50%, θερμοκρασία 15-20°C και ελάχιστο φως συνολικά (Cannabis Production : Precision Controlled Environments,2017).

Ωστόσο η καλλιέργεια της κάνναβης σε θερμοκήπιο έχει τις δυσκολίες της. Πρόκειται για μια αρκετά δαπανηρή εγκατάσταση που προυποθέτει ακριβό εξοπλισμό όπως κουρτίνες συσκότισης, ανεμιστήρες, λαμπτήρες πυρακτώσεως και σύστημα αυτόματου ποτίσματος ανάλογα τον σχεδιασμό που θα πραγματοποιηθεί. Ο πλήρης έλεγχος των κλιματολογικών συνθηκών που προσφέρει μια τέτοια εγκατάσταση, απαιτεί τρομερά καλό σχεδιασμό.

1.13.2 Υλικά κάλυψης θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων

Τα υλικά κάλυψης παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της καλλιέργειας εντός της θερμοκηπιακής εγκατάστασης. Η ποιότητα και η ποσότητα του φωτός που περνάει στον χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου. Το πλαστικό κάλυψης θα πρέπει να επιτρέπει όλα τα μήκη κύματος που απαιτούνται για την σωστή και ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης θα πρέπει να επιτρέπει να διέρχεται από αυτό μεγάλη ποσότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και να επιτυγχάνεται η διάχυση του στο χώρο ώστε να καλύπτει όλο το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Ωστόσο δεν ανακλώνται, διέρχονται, απορροφούνται όλα τα μήκη κύματος με τον ίδιο τρόπο σε μια επιφάνεια., γεγονός που επηρεάζει την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Όλα τα αναγκαία για την ανάπτυξη του φυτού μήκη κύματος πρέπει να διέρχονται μέσω του καλύμματος κάλυψης στο μέγιστο βαθμό.



Εικόνα 10 : *Περατότητα του διαφανούς υλικού στο φως (Πηγή: Βιβλίο «Θερμοκήπια «* Μαυρογιαννόπουλος *Γεώργιος Ν. , 2001)*

Η περατότητα η μη στην θερμική ακτινοβολία είναι μια σημαντική ιδιότητα των πλαστικών κάλυψης. Κάποια υλικά είναι περατά στην θερμική ακτινοβολία και κάποια άλλα όχι. Τα μη περατά υλικά κάλυψης επιτρέπουν την είσοδο μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο ενώ δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια παγίδα θερμότητας στην οποία οφείλεται το 30% της αύξησης της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα το ποσοστό διέλευσης της θερμικής ακτινοβολίας μέσω του πολυαιθυλενίου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που διέρχεται από το γυαλί. Τα θερμοκήπιο με πολυαιθυλένιο εξαιτίας αυτής της ιδιότητας ψύχονται γρηγορότερα τις νυχτερινές ώρες (Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2001).

Υπάρχουν διάφορα είδη υλικών κάλυψης και το καθένα έχει τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματά του. Στα υλικά αυτά συγκαταλέγονται ο υαλοπίνακας (γυαλί), λεπτά πλαστικά κάλυψης όπως πολυαιθυλένιο (PE) και πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) , πολυεστερικά φύλλα, επιφάνειες σκληρού πλαστικού (ενισχυμένος πολυεστέρας, πολυκαρβονικές επιφάνειες, ακρυλικές επιφάνειες, σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο).

1.13.2.1 Υαλοπίνακες

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των υαλοπινάκων είναι ότι πρόκειται για πολύ ανθεκτικά υλικά, με μεγάλη διάρκεια ζωής. Η περατότητα του γυαλιού στο φως παραμένει η ίδια ακόμη και μετά από το πέρας 50 χρόνων. Επιπλέον το γυαλί είναι αδιαπέραστο στα αέρια και τους υδρατμούς, ενώ ζημιές και απώλειες μπορεί να δημιουργηθούν από ζημιές και σπασίματα ή έλλειψη επαφής του υλικού με το σκελετό του θερμοκηπίου σε σχέση με την φθορά που δέχονται ευκολότερα πλαστικά καλύμματα. Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις επιφάνειες του λείες και επίπεδες είτε να είναι διαφώτιστος, με μια επιφάνεια κυματοειδή ή

φολιδωτή ώστε να διευκολύνεται η διάχυση. Το σύνηθες μοτίβο σχεδίασης είναι υαλοπίνακες στην οροφή με φολιδωτή επιφάνεια για καλύτερη διάχυση και επίπεδες/ λείες επιφάνειες στα πλάγια τους θερμοκηπίου, καθώς το φώς που προέρχεται από τα πλάγια είναι συνήθως διάχυτο (Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2001).

1.13.2.2 Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού

Τα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού πλεονεκτούν έναντι άλλων υλικών εξαιτίας του μικρού τους βάρους, της χαμηλής τους τιμής και της ευκολίας προσαρμογής του στα διάφορα σχήματα σκελετού. Δίνει την δυνατότητα εγκατάστασης θερμοκηπιακής καλλιέργειας με χαμηλό κόστος.

1.Πολυαιθυλένιο (PE)

Η χρήση του πολυαιθυλενίου στα θερμοκήπιο είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη στην Μεσόγειο και Ιαπωνία, ενώ στην Ευρώπη επικρατεί περισσότερο ο υαλοπίνακας. Το πολυαιθυλένιο παράγεται από το αέριο αιθυλένιο μετά από πολυμερισμό. Στο πλαστικό που προορίζεται για θερμοκηπιακή κάλυψη προστίθεται 0,18% αντιοξειδωτικό, 2-3% άνθρακας για την απορρόφηση των υπεριωδών ακτινοβολιών αλλά και προσθήκη ελαστικού βουτυλίου ώστε να καταστεί το πλαστικό εύκαμπτο. Σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίες διατηρεί τις ιδιότητές του. Ένα από τα μειονεκτήματά του όμως είναι ότι σε ακραίες συνθήκες όπως -40°C, χάνει την ελαστικότητα του, ενώ αντίθετα στους 65°C, ρευστοποιείται. Σε έντονες ακτινοβολίες χάνει εντελώς τις ιδιότητες του. Η χρήση του σε θερμοκήπια πρέπει να γίνεται αφού το υλικό έχει υποστεί επεξεργασία με παράγοντα ο οποίος το καθιστά ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ικανή να καταστρέψει το πλαστικό κάλυψης αν δεν είναι φιλτραρισμένο κατάλληλα.

Το πολυαιθυλένιο χαρακτηρίζεται από καλή μηχανική αντοχή, πολύ αποτελεσματική περατότητα στο φώς και είναι αδιαπέραστο στα αέρια και τους υδρατμούς. Επιπλέον είναι σχετικά περατό στα αέρια, ειδικά στο CO^2 και O^2. Στην αγορά πωλούνται ως φύλλα μεγάλου πλάτους όποτε αποφεύγονται η απώλεια αέρα κατά την κατασκευή. Διαθέτει υδρόφοβη επιφάνεια που συγκρατεί την υγρασία σε μορφή σταγόνων, οι οποίες με οποιαδήποτε κίνηση μεταφέρονται στα ίδια τα φυτά. Η κατασκευή και συγκόλληση φύλλων πολυαιθυλενίου γίνεται μόνο με θέρμανση με ειδικά μηχανήματα αλλά δυστυχώς έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Ωστόσο είναι περατό σε όλα τα μεγάλα μήκη κύματος θερμικής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την γρήγορη ψύξη του θερμοκηπίου τις νυχτερινές νύχτες(Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2001)

2.Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Παράγεται από βινυλοχλωρίδιο, μετά από πολυμερισμό και αποτελεί αρκετά γνωστό υλικό κάλυψης. Παρουσιάζει ευαισθησίες σε ακραίες θερμοκρασίες. Σε χαμηλές όπως -10°C αλλοιώνεται και γίνεται ιδιαίτερο εύθραυστο. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, προσθέτουμε στο υλικό ειδικές ουσίες που μεγαλώνουν

το φάσμα των θερμοκρασιών που μπορεί να αντέξει το PVC, από +60 °C μέχρι -20°C . Όπως και στην περίπτωση του πολυαιθυλενίου, έτσι και εδώ πριν την τοποθέτηση, το υλικό επεξεργάζεται με σκοπό να έχει αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και να την φιλτράρει.

Χαρακτηρίζεται από μικρότερη θερμοαγωγιμότητα σε σχέση με το πολυαιθυλένιο, με αποτέλεσμα να προσδίδει καλύτερη θερμομόνωση στο θερμοκήπιο. Παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στο CO^2 και O^2, ενώ είναι αδιαπέρατο στο νερό και περισσότερο περατό στους υδρατμούς από το πολυαιθυλένιο. Η περατότητα του κυμαίνεται στο 12% και είναι λιγότερο περατό στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία σε σχέση με το πολυαιθυλένιο. Όταν είναι καινούργιο, έχει περατότητα στο φως έως και 90%. Επιπλέον κρατά ηλεκτροστατικά φορτία με αποτέλεσμα να συγκρατεί την σκόνη. Αυτό οδηγεί σε μείωση της περατότητας στο φως και για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα απαιτείται καλός και συχνός καθαρισμός ή ψέκασμα με ειδικό αντιστατικό υγρό. Σημαντικό πλεονέκτημά του έναντι του πολυαιθυλενίου, είναι το γεγονός ότι διαρκεί μεγαλύτερο διάστημα έως και 4 με 5 χρόνια. Ωστόσο το κόιστος είναι 3 με 4 φορές μεγαλύτερο σε σχέση με το πολυαιθυλένιο (Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2001).

3. Πολυεστερικά φύλλα

Τα πολυεστερικά φύλλα είναι γνωστά με το εμπορικό όνομα Mylar και Melynex και χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάρκεια ζωής. Από τα βασικότερα πλεονεκτήματά του είναι η μεγάλη περατότητα στο φως που φτάνει αυτή του γυαλιού και η έλλειψη του στατικού ηλεκτρισμού, γεγονός που βοηθά στην αποφυγή συγκέντρωσης σκόνης στην επιφάνεια του πλαστικού. Η περατότητα του καινούργιου πολυεστσερικού καλύμματος φτάνει τα 91% και παρουσιάζει μεγάλη μηχανική αντοχή στον χρόνο με τις θερμικές του ιδιότητες να μην επηρεάζονται από τις χαμηλές και τις υψηλές θερμοκρασίες. Έχει σχετικά χαμηλό συντελεστή διαστολής. Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα είναι η κατασκευή φύλλων μικρού πλάτους και με αυξημένο κόστος. Γενικά δεν επιλέγονται ως υλικά κάλυψης λόγω του αυξημένου κόστους.

1.13.2.3 Επιφάνειες σκληρού πλαστικού

1. Ενισχυμένος πολυεστέρας

Κατασκευάζεται από την προσθήκη 20-34% ίνες γυαλιού σε πολυεστέρα με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη μηχανική αντοχή και την καλύτερη διάχυση του φωτός στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Είναι ωστόσο ελαφρύτερο από το γυαλί και ιδιαίτερα ανθεκτικό στις χαλαζοπτώσεις και σε τραυματισμούς. Με το πέρας του χρόνου, διαβρώνεται η εξωτερική επιφάνεια από σωματίδια άμμου που πέφτουν πάνω του. Αποτέλεσμα αυτής της διάβρωσης είναι η καταστροφή της λείας επιφάνειας και η συσσώρευση σκόνης η οποία προκαλεί περιορισμένη περατότητα φωτός στο πλαστικό. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, εφαρμόζεται ακρυλική μπογιά για συντήρηση κάθε 2 χρόνια. Ευρέως διαδεδομένος στην αγορά είναι ο διαφανής πολυεστέρας που παρουσιάζει και την μεγαλύτερη περατότητα στο φως. Ωστόσο ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

2. Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC)

Στην αγορά πωλείται υπό μορφή αυλακωτών επιφανειών και υπό μορφή διπλών τοιχωμάτων. Τα διπλά τοιχώματα χρησιμοποιούντα κυρίως για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Το κόστος των πολυκαρβονικών επιφανειών είναι υψηλό ανά μονάδα επιφάνειας αλλά πλεονεκτεί στην εξοικονόμηση ενέργειας εντός του θερμοκηπίου. Όταν το υλικό είναι καινούργιο η περατότητα στο φως αντιστοιχεί στο 73-77%. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι η μείωση της περατότητας στο φως με το πέρας του χρόνου, ενώ από τα πρώτα κιόλας χρόνια εμφανίζεται ένα έντονο κιτρίνισμα στις επιφάνειες του θερμοκηπίου. Για να γίνει παράταση της διάβρωσης του θερμοκηπίου, εφαρμόζεται ακρυλική βαφή στις επιφάνειες.

3.Ακρυλικές επιφάνειες

Έχουν πολύ μεγάλο συντελεστή περατότητας στο φως και η διάρκεια περατότητας είναι αρκετά υψηλή. Επιπλέον παρουσιάζει μεγάλη μηχανική αντοχή σε σχέση με τον υαλοπίνακα και έχει μικρό συντελεστή θερμοαγαωγιμότητας. Επιπλέον δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του σε ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών -70 έως +80 °C. Η διάρκεια αντοχής του στον χρόνο είναι παρόμοια με αυτή του υαλοπίνακα αλλά το κόστος ανά επιφάνεια είναι αρκετά μεγαλύτερο. Αποτελεί ένα εξαιρετικό υλικό σε θέμα θερμομόνωσης και οπτικών ιδιοτήτων.

4. Σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Το σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) αποδομείται αρκετά γρήγορα από την υπεριώδη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να σκουραίνει και να μειώνεται η περατότητα στο φως και γίνεται πολύ εύθραυστο. Εμφανίζει γρήγορα φθορές στα σημεία σύνδεσης με τον σκελετό του θερμοκηπίου και υποβαθμίζεται η μηχανική αντοχή Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2001).

1.13.3 Ηλιακή Ακτινοβολία και Θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου

Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης έχει μήκους κύματος από 300 μέχρι 2500 nm. Στον τομέα της γεωργίας μας ενδιαφέρει το ηλιακό φως που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του φυτού, το οποίο χωρίζεται στις τρεις βασικές ζώνες. Έχουμε την υπεριώδη (UV με εύρος 300-400 nm), την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR με φάσμα 400-700 nm) και την υπέρυθρη (NIR με φάσμα από 700 έως 2500 nm). Η PAR είναι το μέρος του φάσματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιούν τα φυτά κατά την φωτοσύνθεση. Η UV και η NIR δεν συμβάλλουν στην φωτοσύνθεση.

Ανεξάρτητα από το υλικό που καλύπτει τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, είτε αυτό είναι γυαλί, πλαστικό, κ.λ.π, πραγματοποιούνται τρεις διαδικασίες : ανακλά, απορροφά και μεταδίδει την ηλιακή ακτινοβολία. Η μετάδοση-διαπερατότητα πρέπει να είναι πάντα μεγάλη, ενώ η ανάκλαση και η απορρόφηση μικρές. Μόλις η ακτινοβολία εισέλθει στο θερμοκήπιο προκαλεί δύο πράγματα. Αρχικά χρησιμοποιείται στην φωτοσύνθεση (η συνιστώσα της PAR) και η ενέργεια που μεταφέρει, θερμαίνει τα πάντα μέσα στο θερμοκήπιο και του εξοπλισμού που περιλαμβάνεται. Δεν υπάρχει ποτέ σχεδόν πολλή PAR για τα φωτόφιλα φυτά. Ένα φύλλο μπορεί να φτάσει στα όρια της φωτοσυνθετικής του ικανότητας ενώ ολόκληρο το φύλλωμα σπάνια βρίσκεται σε κορεσμό φωτός. Εξαιτίας αυτού οι παραγωγοί ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για το υλικό κατασκευής του θερμοκηπίο για καλύτερη περατότητα.

2.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη αφορά την επίδραση που έχουν τα τρία διαφορετικά πλαστικά κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και τις αποδόσεις των φυτών κάνναβης υπό ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης. Τα συμπεράσματα βασίστηκαν στις αναλυτικές και διαφορετικές μετρήσεις που διεξήχθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες καθ΄όλη τη διάρκεια του πειράματος. Πρόκειται για μια πιθανή πρόταση σε επόμενες προσπάθειες καλλιέργειας βιομηχανικής αλλά και φαρμακευτικής κάνναβης σε θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις. Η επίτευξη των επιθυμητών αποδόσεων επιτυγχάνεται με την επιλογή των κατάλληλων υλικών και εγκαταστάσεων και ειδικότερα των πλαστικών κάλυψης που αποτελούν τα σημαντικότερα εργαλεία για ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης. Η πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε με προσεγμένο σχεδιασμό και πάντα με σύμβουλο την διεθνή βιβλιογραφία για ορθές εφαρμογές και πρακτικές.

3.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Περιοχή εγκατάστασης του πειράματος

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο κομμάτι του αγρού του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στην ευρύτερη περιοχή του Βοτανικού, στα θερμοκήπια που κατασκευάστηκαν και αποτελούν κομμάτι του Εργαστηρίου Γεωργίας του πανεπιστημίου. Οι ακριβείς συντεταγμένες είναι 37°59'2"N 23°42'19"E.

Εικόνα 10 : *Η δορυφορική αποτύπωση του σημείου εγκατάστασης των θερμοκηπίων στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών σε κάτοψη*

3.2 Φυτικό υλικό

Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ως φυτικό υλικό είναι η USO 31, μια από τις πιστοποιημένες ποικιλίες σπόρου που αναγνωρίζει η ΕΕ. Είναι επιτρεπτή στην Ελλάδα, καθώς σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο βρίσκεται στον Κοινοτικό Κατάλογο ποικιλιών. Πρόκειται για ποικιλία βιομηχανικής κάνναβης που αποσκοπεί για την παραγωγή κανναβιδιόλης (CBD). Η επιλογή έγινε σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και τις μελετημένες αποδόσεις σε σπόρο και ίνα.

Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα 13.

Πίνακας 13 *: Χαρακτηριστικά της ποικιλίας USO 31 (IHEMPFARMS)*

Χαρακτηριστικά	Περιγραφή
Χώρα Προέλευσης	**Γερμανία**
Γονοτυπική έκφραση	**Μόνοικο**
Βιολογικός Κύκλος	**<125 ημέρες**
Ύψος φυτού στην ωριμότητα	**200-250 cm**
Μέγεθος σπόρου	**16-18 gr**
Περιεκτικότητα σπόρου σε λάδι	**28-30%**
Απόδοση σε ίνα/στέλεχος	**800-1000 kg/ha**
Απόδοση σε βιομάζα	**6-8 T/ha**
Περιεκτικότητα σε CBD	**0,5-1%**
Περιεκτικότητα σε THC	**<0,06%**
Περιεκτικότητα ίνας στο στέλεχος	**30-35%**

Εικόνα 11 *: Σπόρος ποικιλίας USO 31*

3.3 Διάταξη Θερμοκηπιακών Μονάδων και Υλικά Κάλυψης

Για την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος, κατασκευάστηκαν πέντε θερμοκήπια με την χορηγία του Ομίλου Λεμπιδάκη, « Πλαστικά Κρήτης». Στα θερμοκήπια αυτά εφαρμόστηκαν πέντε διαφορετικά πλαστικά, τέσσερις παρεμβάσεις και ένας μάρτυρας. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διάταξη τους στον χώρου του αγρού του πανεπιστημίου και η διάταξη των πλαστικών στα θερμοκήπια. Τα υλικά των πλαστικών που χρησιμοποιήθηκαν και οι τεχνικές τους προδιαγραφές αναφέρονται αναλυτικά στους δύο πίνακες (14 & 15) που ακολουθούν. Οι αριθμοί χαρακτηρίζουν τα θερμοκήπια με την διάταξη να είναι : GH1 , GH2 (θερμοκήπιο μάρτυρας – μονό πλαστικό) και GH3.

Εικόνα 12: *Διάταξη θερμοκηπίων στον χώρο του αγρού*

Πίνακας 14 : *Διάταξη πλαστικών κάλυψης στα θερμοκήπια*

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	ΜΕΣΑ	ΕΞΩ
1	EVO 7804 AC (delaminatable)	EVO 7804 AC
2 (Μάρτυρας)	EVO 7551 AC	-
3	EVO 7551 AC	UV 2906

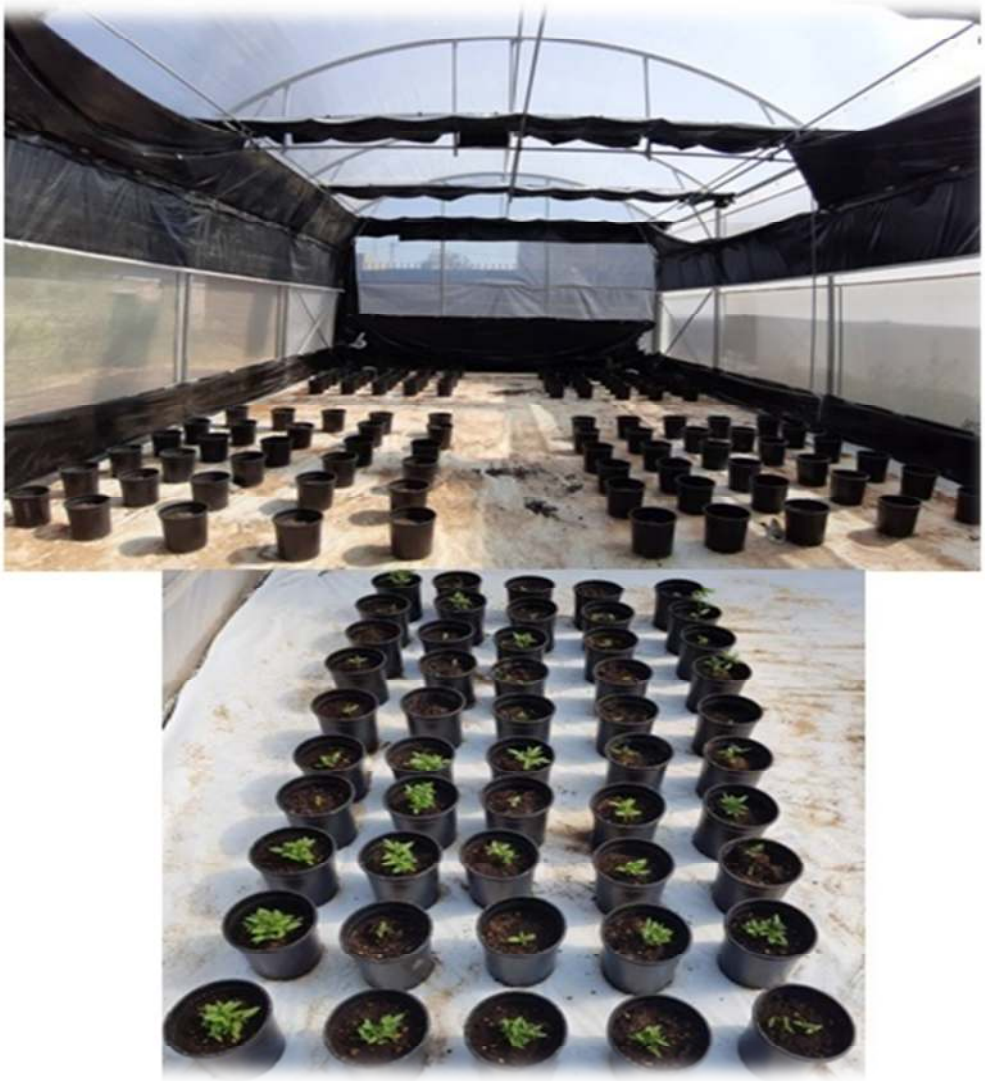
Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται αναλυτικά όλα τα χαρακτηριστικά των πλαστικών κάλυψης και τις τεχνικές προδιαγραφές τους.

Πίνακας 15: *Τεχνικές Προδιαγραφές των πλαστικών κάλυψης των θερμοκηπίων*

ΠΛΑΣΤΙΚΑ	TYPICAL VALUES		
	Total Light Transmission (400-700 nm) (%)	Diffusion (400-700 nm) (%)	UV Transmission (300-390 nm) (%)
EVO 7551 AC	>91	18	>70
EVO 7804 AC	~ 90-91	20 (+/- 2)	>50
UV 2906	~ 88-89	70	>50

3.4 Πειραματικό Σχέδιο

Στους θερμοκηπιακούς χώρους, που δημιουργήθηκαν ακολουθήθηκε το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο με μία ποικιλία, δύο παρεμβάσεις πλαστικών και ένας μάρτυρας. Στη συγκεκριμένη μελέτη, αναλύονται και σχολιάζονται οι μετρήσεις των θερμοκηπίων 1, 2 και 3. Στο εσωτερικό των θερμοκηπίων τοποθετήθηκαν γλάστρες σε διάταξη που απεικονίζεται στις παρακάτω φωτογραφίες. Από κάθε τεμάχιο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από ορισμένο αριθμό φυτών.



Εικόνα 13 *: Απεικόνιση του εσωτερικού των θερμοκηπίων και διάταξη των φυτών στον χώρο*

3.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές

3.5.1 Σπορά

Την 1η Απριλίου του 2020 πραγματοποιήθηκε απευθείας σπορά σε γλάστρες με έδαφος σε αναλογία χώμα-κοσμόστ, 1:1. Οι γλάστρες είναι χωρητικότητας 16 λίτρων. Το πότισμα των φυτών πραγματοποιούνταν ανά 2 ημέρες με ίδια ποσότητα νερού σε όλες τις γλάστρες. Στόχος ήταν η ομοιόμορφη και συγχρονισμένη ανάπτυξη των φυτών με ίδιες κλιματολογικές συνθήκες ανάπτυξης

Εικόνα 14 : *Σπορά σε γλάστρες*

Παράλληλα έγινε χρήση του βιολογικού παράγοντα *Trichoderma harzianum* για ενίσχυση της ρίζας κατά την ανάπτυξη. Πρόκειται για μύκητα με προληπτική δράση κατά των παθογόνων μικροοργανισμών του εδάφους, μέσω του ριζικού συστήματος. Μετά την εφαρμογή του σκευάσματος, τα σπόρια του μύκητα που περιέχει βλαστάνουν και το μυκήλιο αναπτύσσεται επί της επιφάνειας των ριζών. Ο μύκητας αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες 10-34°C , σε ph μεταξύ 4-8,5.

Εικόνα 15 : *Διάταξη των γλαστρών στο θερμοκήπιο*

Εικόνα 16 : *Ανάπτυξη του φυτού*

Εικόνα 17 : *Διάταξη και στοίχιση των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο*

3.5.2 Διαχωρισμός του θερμοκηπίου και τοποθέτηση των γλαστρών

Το εμβαδόν και η έκταση του θερμοκηπίου μετρήθηκαν ώστε να διαμορφωθεί ο χώρος του πειράματος με βάση το παραπάνω σχεδίο τοποθέτησης των γλαστρών που απεικονίζεται στην *Εικόνα 17* . Με αυτόν τον τρόπο διαμορφώθηκαν τέσσερα τεμάχια-πλοτς σε κάθε θερμοκήπιο, από τα οποία επιλέχθηκαν πέντε φυτά από κάθε πλοτ για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Η επιλογή τους ήταν τυχαία. Ανάμεσα από κάθε γλάστρα υπολογίστηκε κενό περίπου στα 80 cm για να είναι εύκολη η διέλευση και πραγματοποίηση των εκάστοτε εργασιών. Κάθε θερμοκήπιο περιελάμβανε 140 γλάστρες, ενώ καθένα από τα τέσσερα τετράγωνα περιελάμβανε 35 γλάστρες. Δημιουργήθηκαν λοιπόν 7 σειρές γλαστρών που κάθε σειρά περιελάμβανε 5 γλάστρες. Δημιουργήθηκαν επίσης μεγάλοι διάδρομοι ανάμεσα από κάθε πλοτ, αλλά και περιφερειακά από τα τοιχώματα του θερμοκηπίου. Ο διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε στις 2 Απριλίου.

3.5.3 Άρδευση

Η άρδευση εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που παρατηρήθηκαν από τις αρχές κιόλας του Απριλίου σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα που μελετήθηκαν, οδήγησαν σε πότισμα των φυτών ανά 2 ημέρες. Η ποσότητα νερού ανά γλάστρα ήταν περίπου στο ένα λίτρο, με αργή ροή για να αποφευχθεί η απορροή.

3.5.4 Λίπανση

Όσον αφορά την λίπανση, πραγματοποιήθηκε πριν την σπορά, ώστε να προωθηθεί η βλάστηση. Η επιλογή του λιπάσματος ήταν κοκκώδες NP των 40 kg 20-20-0 (8S) σε όλες τις γλάστρες. Ενσωματώθηκε ποσότητα 120 gr με προσεκτική δοσομέτρηση πριν από κάθε εφαρμογή. Δεν πραγματοποιήθηκε περαιτέρω λίπανση κατά την διάρκεια του πειράματος.

3.5.5 Ζιζάνια

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρουσιάστηκε ιδιαίτερο πρόβλημα με ζιζάνια και αντιμετώπιση τους πραγματοποιήθηκε ομαλά, χειρωνακτικά σε κάθε επιφάνεια εγκαίρως, πριν την περαιτέρω ανάπτυξη τους. Δεν εφαρμόστηκαν ζιζανιοκτόνα και γενικότερα καμία χημική ουσία για πρόληψη ή αντιμετώπιση ασθενειών. Τα θερμοκήπια αποτελούν ελεγχόμενους χώρους ανάπτυξης, έτσι η διασπορά των ζιζανίων ήταν περιορισμένη. Δεν υπήρχαν ζώα και βροχοπτώσεις για να μεταδώσουν τα ζιζάνια αλλά ούτε και μέσω του αέρα. Το γεγονός ότι κατά την σπορά χρησιμοποιήθηκε απολυμασμένο φυτόχωμα, κατέστησε αδύνατη την εμφάνιση μεγάλου αριθμού ζιζανίων. Κατά την ανάπτυξη του φυτού και όταν αποκτήσει τα πρώτα σύνθετα φύλλα, η κάνναβη γίνεται αρκετά ανταγωνιστική στα ζιζάνια και δεν επιτρέπει την περαιτέρω διασπορά τους. Αυτό οφείλεται σύμφωνα

με διάφορες έρευνες στις αλληλοπαθητικές ουσίες που εκκρίνουν οι ρίζες του φυτού.

3.6 Μετρήσεις και Προσδιορισμοί των Διάφορων Αγρονομικών και Μορφολογικών Χαρακτηριστικών

Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις ακόλουθες ημερομηνίες:
-11/05/2020 : DAS 41
-18/05/2020 : DAS 48
-04/06/2020 : DAS 65
-11/06/2020 : DAS 72
-18/06/2020 : DAS 79
-24/06/2020 : DAS 85

Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε 41 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της σποράς και η τελευταία 85 ημέρες από την ημέρα σποράς. Όσον αφορά τις κουρτίνες συσκότισης, πρώτη μέτρηση πάρθηκε 65 ημέρες μετά την σπορά στις 04/06/2020.

3.6.1 PAR (Photosynthetic Active Radiation) : Φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία και Παρεμπόδιση

Για τη γεωργική παραγωγή είναι απαραίτητο να χωριστεί το ηλιακό φάσμα σε τρεις περιοχές μήκους κύματος (ζώνες κυμάτων) : την υπεριώδη (UV, με έυρος μεταξύ 300 έως 400 nm), τη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR, από 400 έως 700 nm) και την κοντινή υπέρυθρη (NIR, από 700 έως 2500 nm). Το PAR είναι το μέρος του φάσματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιούν τα φυτά για την φωτοσύνθεση και είναι επίσης είναι μέσα στο εύρος του φάσματος που μπορούμε να δούμε. Επομένως, η φωτοσύνθεση εξαρτάται μόνο από τον αριθμό φωτονίων που βρίσκονται στην περιοχή PAR και όχι από την ενέργεια που μεταφέρουν (K.J. Mc Cree,1966) . Αυτός είναι ο λόγος που όταν μετράμε την ακτινοβολία από την άποψη της επίδρασής της στην φωτοσύνθεση, χρησιμοποιούμε έναν αριθμό (moles), αλλά κάθε φορά που εξετάζουμε την επίδρασή της στην θερμοκρασία, πρέπει να μετρήσουμε το ενεργειακό της περιεχόμενο (J).

Το PAR είναι ο αριθμός των ποσοτήτων φωτός (σωματίδια φωτός που ονομάζονται φωτόνια) που πέφτουν σε ένα τετραγωνικό μέτρο κατά την διάρκεια ενός δευτερολέπτου και βρίσκονται μεταξύ των μήκων κύματος 400 και 700 nm. Η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης και φωτοσύνθεσης του φυτού. Η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία παράγεται απότ τον ήλιο ή από τους διάφορους καμπτήρες φωτός. Η ταχύτητα

ανάπτυξης του φυτού εξαρτάται ενεργά από το PAR , καθώς σε συνθήκες υψηλότερου PAR, παρατηρείται γρηγορότερη ανάπτυξη. Έτσι εξηγείται και το φαινόμενο ότι τα φυτά αναπτύσσονται, ανθίζουν και καρποδένουν κατά την διάρκεια των θερινών μηνών όπου τα επίπεδα του PAR είναι υψηλότερα.

Ο δείκτης PAR εφαρμόζεται για να αξιολογηθούν οι συνθήκες μιας περιοχής για το αν είναι παραγωγική και μπορεί να καλλιεργηθεί. Δίνει πληροφορίες για το ποσοστό της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας που δέχεται η εκάστοτε περιοχή. Επίσης δεν υπάρχει ποτέ πάρα πολλή ακτινοβολία PAR για τα φωτόφιλα φυτά σε ένα θερμοκήπιο. Ένα απλό φύλλο μπορεί να φτάσει στα όρια της φωτοσυνθετικής του ικανότητας, αλλά ολόκληρο το φύλλωμα σπάνια είναι κορεσμένο σε φως. Εκτός αυτού στις περισσότερες κλιματικές ζώνες, υπάρχει μια σχετικά σκοτεινή εποχή που το φως γίνεται περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση των καλλιεργειών. Για τον λόγο αυτό οι καλλιεργητές ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την διαπερατότητα του καλύμματος όταν επενδύουν σε ένα θερμοκήπιο. Υπάρχουν πολλά στοιχεία από έρευνες που δείχνουν ότι για όλες τις κοινές καλλιέργειες θερμοκηπίου, η κλσαματική αύξηση του διαθέσιμου φωτός οδηγεί σε συγκρίσιμη αύξηση της παραγωγής (Marcelis et. al, 2006).

Εικόνα 15 : *Μηχάνημα μέτρησης του PAR και του LIGHT.*

Στο πείραμα μας πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις με ειδικό μηχάνημα μέτρησης του PAR για τα τρία επίπεδα (πάνω-μέση κάτω) με κουρτίνες πάνω , ενώ πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις με κατεβασμένες κουρτίνες, οι οποίες τοποθετήθηκαν περίπου την 60^{η} ημέρα μετά την σπορά. Οι μετρήσεις με ανεβασμένες κορτίνες έγιναν:

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σπορά
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Οι παραπάνω μετρήσεις αφορούσαν τις συνθήκες στο θερμοκήπιο όταν οι κουρτίνες ήταν κατεβασμένες. Ενώ αντίθετα μετρήσεις με κουρτίνες κατεβασμένες. υπο σκότος πραγματοποιήθηκαν ήταν τέσσερις και πραγματοποιήθηκαν :

- 65 ημέρες μετά την σπορά
- 72 ημέρες μετά την σπορά
- 79 ημέρες μετά την σπορά
- 85 ημέρες μετά την σπορά

3.6.2 LAI (Leaf Area Index) : Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) υπολογίζεται ως τα τετραγωνικά μέτρα της πράσινης επιφάνειας των φύλλων ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εδάφους (m^2 m^{-2}). Είναι ένας καθαρός αριθμός και ορίζεται ως το σύνολο της επιφάνειας του φυλλώματος ανά επιφάνεια εδάφους. Σχετίζεται με την αλληλεπίδραση μεταξύ της επιφάνειας της βλάστησης και της ατμόσφαιρας, π.χ. την πρόσληψη ακτινοβολίας, την βροχόπτωση, την ανταλλαγή αερίων κ.α., και καθορίζεται ουσιαστικά από την επιφάνεια της βλάστησης. Όταν ο LAI είναι χαμηλός, τότε μέρος του ηλιακού φωτός δεν προσπίπτει στην καλλιέργεια και συνεπώς δεν χρησιμοποιείται για φωτοσύνθεση.

Υπάρχουν διάφορες καταστροφικές και μη καταστροφικές μεθοδολογίες για τη μέτρηση ή τον προσδιορισμό του δείκτη φυλλικής επιφάνειας LAI. Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν ημισφαιρική φωτογραφία, και άλλα οπτικά όργανα

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι όλες οι μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα καθώς και μειονεκτήματα στην εκτίμηση του LAI και τα δεδομένα δεν είναι πάντα άμεσα συγκρίσιμα.

Η εξίσωση που δίνει το δείκτη φυλλικής επιφάνειας είναι ο παρακάτω:

$$\boldsymbol{LAI = \frac{leaf\ area}{ground\ area}}$$

Μονάδα:**$m^2.m^{-2}$ (m^2 φυλλώμματος / m^2 εδάφους)**

Ουσιαστικά μια τιμή LAI 2,5 δείχνει ότι όλα τα φύλλα των φυτών της καλλιέργειας μπορούν να καλύψουν 2,5 φορές της επιφάνεια του αγρού. Δηλαδή σε αγρό έκτασης 1 στρέμματος (1000m^2) η επιφάνεια των φύλλων είναι 2,5 στρέμματα (2500 m^2).

Στο πέιραμα μας πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις με ειδικό μηχάνημα μέτρησης του LAI για τα τρία επίπεδα (πάνω-μέση κάτω) με κουρτίνες πάνω , ενώ πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις με κατεβασμένες κουρτίνες, οι οποίες τοποθετήθηκαν περίπου την $60^η$ ημέρα μετά την σπορά. Οι μετρήσεις με ανεβασμένες κορτίνες έγιναν:¨

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σπορά
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Οι παραπάνω μετρήσεις αφορούσαν τις συνθήκες στο θερμοκήπιο όταν οι κουρτίνες ήταν κατεβασμένες. Ενώ αντίθετα οι μετρήσεις του LAI με κουρτίνες κατεβασμένες, σε συνθήκες σκότους , ήταν τέσσερις και πραγματοποιήθηκαν :

- 65 ημέρες μετά την σπορά
- 72 ημέρες μετά την σπορά
- 79 ημέρες μετά την σπορά
- 85 ημέρες μετά την σπορά

Όπως ακριβώς έγινε και στην περίπτωση του PAR.

3.6.3 Θερμοκρασία Φυλλώματος

Τα φυτά είναι οργανισμοί ποικιλόθερμοι, ωστόσο η θερμοκρασία των ιστών τους σπανίως είναι ίση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας που τα περιβάλλει, όπως ίσως κανείς θα περίμενε με την πρώτη ματιά. Η τελική θερμοκρασία, παραδείγματος χάρη ενός φύλλου, εξαρτάται από το ποσό της θερμότητας που απορροφά από το περιβάλλον και από τις επιστρεφόμενες προς το περιβάλλον θερμικές απώλειες.

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του κυττάρου και άρα και τη φωτοσύνθεση. Παρουσία φωτός η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνει με την άνοδο της θερμοκρασίας . Ωστόσο υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας πέρα από την οποία προκαλείται ελάττωση της φωτοσύνθεσης, η οποία τελικά παύει όταν η αύξηση της θερμοκρασίας συνεχιστεί. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στις βλάβες που προκαλούν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες και στη θερμοευαισθησία των στομάτων, που σε ακραίες θερμοκρασίες κλείνουν περιορίζοντας τη φωτοσυνθετική απόδοση. Η άριστη θερμοκρασία φωτοσύνθεσης

ποικίλει και εξαρτάται από το είδος του φυτού και από το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσής του.

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας στο πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκαν με την χρήση ειδικού μηχανήματος μέτρησης της θερμοκρασίας του φυλλώματος.

Εικόνα 16 *: Μηχάνημα μέτρησης της θερμοκρασίας του φυλλώματος*

Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν τόσο την πάνω όσο και την κάτω επιφάνεια των φύλλων της κάνναβης. Πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις με τις κουρτίνες ανεβασμένες και για τις 2 επιφάνειες του φύλλου. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν:¨

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σποράς
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Αντίθετα οι μετρήσεις της θερμοκρασίας φυλλώματος με κουρτίνες κατεβασμένες, σε συνθήκες σκότους , ήταν τέσσερις και πραγματοποιήθηκαν :

- 65 ημέρες μετά την σπορά
- 72 ημέρες μετά την σπορά
- 79 ημέρες μετά την σπορά
- 85 ημέρες μετά την σπορά

3.6.4 Θερμοκρασία Εδάφους

Η θερμοκρασία εδάφους αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού. Στα πλαίσια μιας θερμοκηπιακής μονάδας και συγκεκριμένα στην περίπτωση χρήσης γλαστρών για την καλλιέργεια των φυτών, θα πρέπει να επιδιώκεται η βέλτιστη θερμοκρασία αέρα και εδάφους. Επιλέχθηκαν τυχαία φυτά από κάθε θερμοκήπιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων. Το μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ήταν θερμόμετρο εδάφους.

Εικόνα 17 *: Θερμόμετρο Εδάφους*

Πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις με τις κουρτίνες ανεβασμένες για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας εδάφους:

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σποράς
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Αντίθετα οι μετρήσεις της θερμοκρασίας εδάφους με κουρτίνες κατεβασμένες, σε συνθήκες σκότους , ήταν τέσσερις και πραγματοποιήθηκαν :

- 65 ημέρες μετά την σπορά
- 72 ημέρες μετά την σπορά
- 79 ημέρες μετά την σπορά
- 85 ημέρες μετά την σπορά

3.6.5 Ύψος Φυτού

Βλαστικό ύψος φυτού είναι η μικρότερη απόσταση ανάμεσα στο έδαφος και το ανώτερο όριο των κύριων φωτοσυνθετικών ιστών (κύρια μάζα των φύλλων) ενός φυτού, εκφρασμένη σε μέτρα (m) ή εκατοστά (cm). Αναπαραγωγικό ύψος φυτού είναι η μικρότερη απόσταση ανάμεσα στο έδαφος και το ανώτερο όριο των αναπαραγωγικών οργάνων ενός φυτού (άνθη), εκφρασμένη σε μέτρα (m) ή εκατοστά (cm) (Cornelissen et al. 2003).

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με την χρήση του μέτρου και υπολογίστηκε το ύψος. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν έξι :

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σπορά
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά από κάθε θερμοκήπιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος από κάθε επέμβαση.

3.6.6 Πραγματικά Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της κλωστικής κάνναβης είναι σύνθετα, αποτελούνται από 3-15 οδοντωτά φυλλάρια, που εκφύονται ακτινοειδώς από το ανώτερο άκρο του μίσχου. Τα κυρίως φύλλα είναι τα βασικότερα φωτοσυνθετικά όργανα των φυτών. ο δενδρύλλιο μεγαλώνει και γίνεται όλο και πιο δυνατό, γεμίζει με μεγάλα φύλλα, κι έτσι απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερο φως κατά τη φωτοσύνθεση.

Η εναλλαγή φωτός σκοταδιού είναι πολύ σημαντική, επειδή το φως και το σκοτάδι επηρεάζουν τον κύκλο ζωής του φυτού. Η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας: μέσω της χλωροφύλλης, το φυτό απορροφά το φως και μετατρέπει την φωτεινή ενέργεια σε χημική ενέργεια. Αντίθετα, κατά τις ώρες του σκότους το φυτό εκτελεί μόνο κυτταρική αναπνοή λαμβάνοντας οξυγόνο και απελευθερώνοντας διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο είναι απαραίτητο για τον μεταβολισμό του κυττάρου. Η ισορροπία μεταξύ αυτών των δύο διαδικασιών είναι απαραίτητη για την σωστή ανάπτυξη του φυτού.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν έξι :

(α) 41 μέρες μετά την σπορά
(β) 48 μέρες μετά την σπορά
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά από κάθε θερμοκήπιο και υπολογίστηκε ο μέσος όρος από κάθε επέμβαση.

3.6.7 SPAD Readings : Μέτρηση της Χλωροφύλλης του Φυλλώματος

Στις μετρήσεις συμπεριλήφθηκε και αυτή της μέτρησης της χλωροφύλλης του φυλλώματος της κάνναβης. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από 30 φυτά σε κάθε θερμοκήπιο (δηλαδή για κάθε παρέμβαση). Η χλωροφύλλη μετρήθηκε και στην περίπτωση των ανεβασμένων αλλά και των κατεβασμένων κουρτινών, σε συνθήκες σκότους. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ειδικό μηχάνημα μέτρησης της χλωροφύλλης των φύλλων.

Η χλωροφύλλη είναι ένα μόριο (ή, ακριβέστερα, μια οικογένεια παρόμοιων μορίων) που βρίσκονται κυρίως στα φυτά. Σκοπός της είναι να απορροφάει το φως και να χρησιμοποιεί αυτή την ενέργεια ως καύσιμο για την διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η φωτοσύνθεση είναι σημαντικότατη και ιδιαίτερα πολύπλοκη βιολογική διεργασία, δια της οποίας οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, χρησιμοποιώντας φωτεινή ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα και νερό, παράγουν τα απαραίτητα για τη θρέψη τους συστατικά.Το ποσοστό της λοιπόν στα φύλλα μιας καλλιέργειας είναι σημαντικός παράγοντας για την ομαλή ανάπτυξη του φυτού και κατά συνέπεια όταν τα επίπεδα της είναι αρκετά ικανοποιητικά, αύξηση των αποδόσεων του.

Εικόνα 18 : *Μηχάνημα μέτρησης της Χλωροφύλλης των φύλλων (SPAD Readings)*

Πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις με τις κουρτίνες ανεβασμένες οι οποίες έγιναν:¨

(α) 41 μέρες μετά την σπορά

(β) 48 μέρες μετά την σποράς
(γ) 65 ημέρες μετά την σπορά
(δ) 72 ημέρες μετά την σπορά
(ε) 79 ημέρες μετά την σπορά
(στ) 85 ημέρες μετά την σπορά

Αντίθετα οι μετρήσεις της χλωροφύλλης των φύλλων με κουρτίνες κατεβασμένες, σε συνθήκες σκότους , ήταν τέσσερις και πραγματοποιήθηκαν :

- 65 ημέρες μετά την σπορά
- 72 ημέρες μετά την σπορά
- 79 ημέρες μετά την σπορά
- 85 ημέρες μετά την σπορά

3.6.8 Ποιοτικές μετρήσεις μήκους ταξιανθίας, ξηρού βάρους και περιεκτικότητα σε κανναβιδιόλη (CBD) και απόδοση ανά φυτό

Στα πλαίσια του πειράματος αυτού πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις για την αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η περιεκτικότητα σε CBD της ταξιανθίας, το μήκος της αλλά και το ξηρό βάρος.

Εικόνα 19 : *Μηχάνημα μέτρησης της περιεκτικότητας της κανναβιδιόλης του φυτού*

Επιλέχθηκαν 5 φυτά για την μέτρηση των παρακάτω ποιοτικών χαρακτηριστικών και υπολογίστηκε ο μέσος όρος για την σύγκριση των παραγόντων αυτών για τις διάφορες παρεμβάσεις.

3.7 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα μετεωρολογικά δεδομένα για την περίοδο που πραγματοποιήθηκε η πειραματική διαδικασία. Η περιοχή που βρίσκεται ο πειραματικός αγρός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου ονομάζεται Γκάζι με γεωγραφικές συντεταγμένες, γεωγραφικό πλάτος 37° 58΄42΄΄ και γεωγραφικό μήκος 23° 42΄56΄΄. Συγκεκριμένα για το διάστημα από 1η Απριλίου μέχρι 31 Ιουνίου, αναγράφονται αναλυτικά οι μέγιστες, μέσες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν σύμφωνα με το meteo.gr. Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Πίνακας 16 *: Μετεωρολογικά Δεδομένα Περιοχής*

Μήνες	Μέγιστη Θερμοκρασία	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	Ελάχιστη Θερμοκρασία
Απρίλιος	**25,7 °C**	**15,3 °C**	**8,5 °C**
Μάιος	**35,8 °C**	**21,2 °C**	**12,4 °C**
Ιούνιος	**35,1 °C**	**24,2 °C**	**14,3°C**

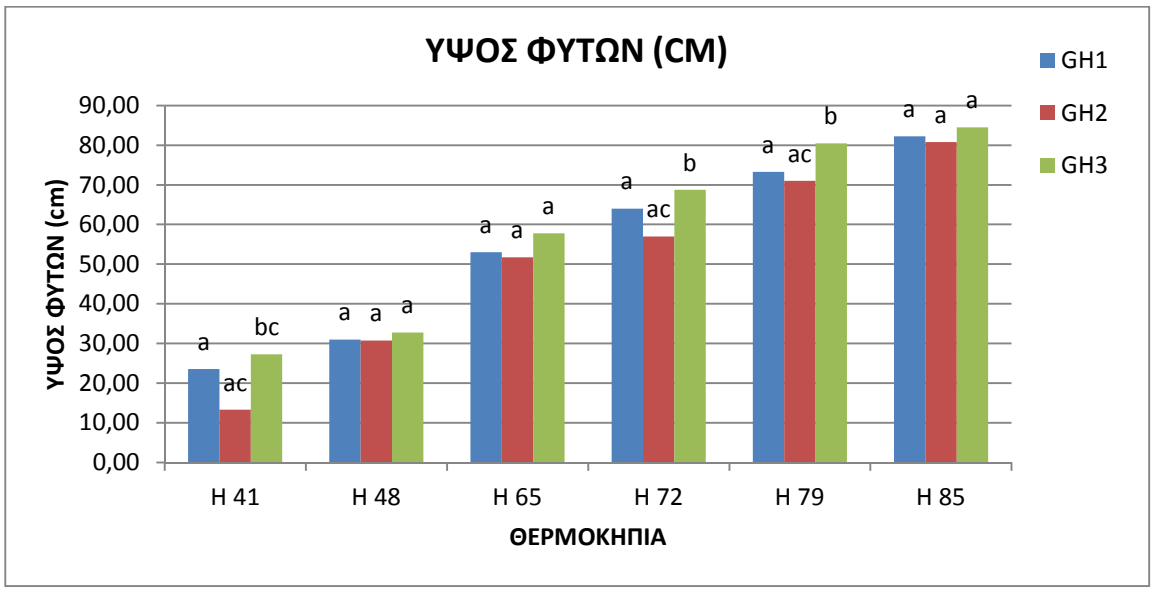
3.8 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Sigma Plot (Exact Graphs and Data Analysis, Systat Software Inc, 14.0/201810). Οι συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με τη δοκιμασία της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Ύψος φυτού

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά έξη μετρήσεις του ύψους των φυτών. Η πρώτη μέτρηση έγινε 41 ημέρες μετά την σπορά, ενώ οι επόμενες πραγματοποιήθηκαν στις 48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες μετά την σπορά (ΗΑΣ). Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων με ανάλυση παραλλακτικότητας ώστε να διαπιστωθούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές αυτών για P<0,05.



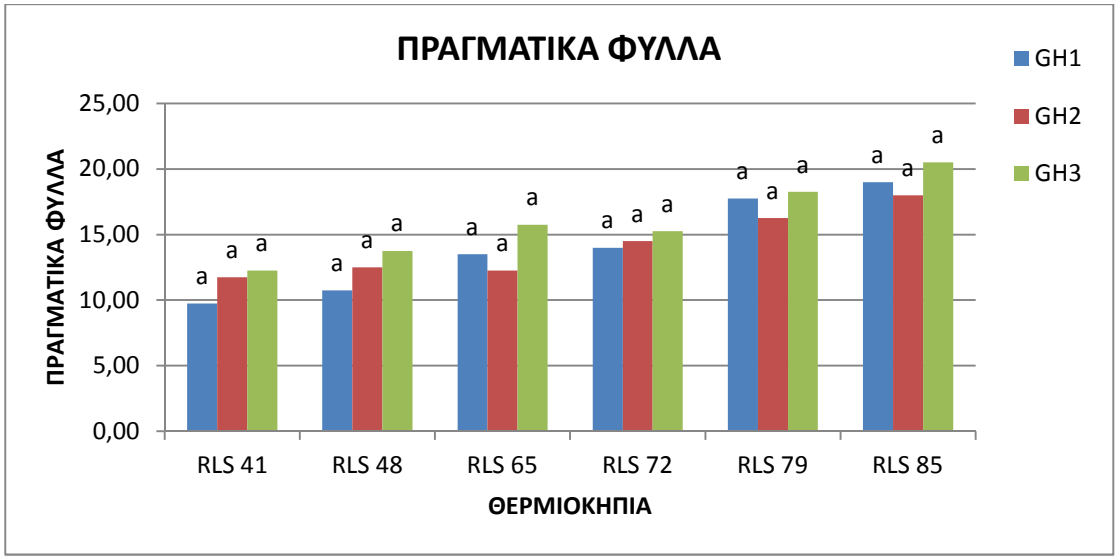
***Διάγραμμα 4.1.1**: Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στο ύψος των φυτών στις 41, 48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,05 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.1 παρατηρήθηκε η σταδιακή ανάπτυξη του ύψους των φυτών για τις προαναφερθείσες ημερομηνίες υπό την επίδραση των τριών διαφορετικών θερμοκηπίων. Για το θερμοκήπιο GH1 το ύψος κυμάνθηκε μεταξύ 23,5 cm (DAS 41) και 82,25 cm (DAS 85). Το ύψος των φυτών για το θερμοκήπιο GH2 κυμάνθηκε μεταξύ 13,25 cm (DAS 41) και 80,75 cm (DAS 85), ενώ στην περίπτωση του θερμοκηπίου GH3 το ύψος κυμάνθηκε μεταξύ 27,25 cm (DAS 41) και 84,5 cm (DAS 85). Μετά την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ύψη των φυτών μόνο μεταξύ των μετρήσεων στις 41, 72 και 79 ημέρες από την σπορά. Για DAS 41 παρατηρήθηκαν ύψη από 13,25 cm (GH2), 23,50 cm (GH1) και 27,25 cm (GH3), για DAS 72 τα ύψη των φυτών κυμάνθηκαν από 57,00

cm (GH2), 64,00 cm (GH1) και 68,75 cm (GH3), ενώ για DAS 79 ήταν 71,00 cm (GH2), 73,25 cm (GH1) και 80,50 cm (GH3).

4.2 Πραγματικά Φύλλα

Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και για την εκτίμηση του αριθμού των πραγματικών φύλλων.



Διάγραμμα 4.1.2: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στα πραγματικά φύλλα στις 41, 48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,05 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.2 παρατήθηκε η σταδιακή αύξηση των πραγματικών φύλλων των φυτών που μετρήθηκαν για τις παραπάνω ημερομηνίες. Ο αριθμός των φύλλων για το θερμοκήπιο GH1 κυμάνθηκε από 9,75 (DAS 41) και 19,00 (DAS 85) και μετά την στατιστική ανάλυση δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για το θερμοκήπιο GH2 (Μάρτυρας) ο αριθμός των φύλλων κυμάνθηκε από 11,75 (DAS 41) και 18,00 (DAS 85) ενώ για το θερμοκήπιο GH3 ο αριθμός των φύλλων κινήθηκε από 12,25 (DAS 41) και 20,50 (DAS 85). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των παρεμβάσεων για κανένα από τα τρία θερμοκήπια, συνεπώς τα πλαστικά κάλυψης δεν επηρεάζουν τον αριθμό των πραγματικών φύλλων που παράγει το φυτό.

4.3 Ταξιανθία του Φυτού

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την εκτίμηση της επίδρασης των θερμοκηπίων στην ταξιανθία του φυτού. Οι μετρήσεις αφορούσαν το μήκος της ταξιανθίας (cm) , το βάρος (15% mc), τον δείκτη συμπάγειας (%), την επι τοις εκατό

περιεκτικότητα σε κανναβιδιόλη (%) και την απόδοση κανναβιδιόλης (CBD) ανά φυτό . Οι μετρήσεις αυτές αποδίδονται στον παρακάτω πίνακα 4.1:

GREENHOUSES	Length (cm)	Weight (15% mc)	Compact Index (%)	CBD (%)	CBD yield /plant
GH1	22,67	107,33	4,61	1,98	5,17
GH2	13,67	66,67	4,52	1,92	3,19
GH3	24,67	133,00	5,56	2,06	7,50

Πίνακας 4.1 : *: Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στις διάφορες παραμέτρους που αφορούν την ταξιανθία του φυτού για 41, 48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ).*

Σχετικά με το μήκος της ταξιανθίας του φυτού, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων GH1 και GH2 καθώς και μεταξύ των GH2 και GH3, ενώ μεταξύ των GH1 και GH3 δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Όσον αφορά το μέσο βάρος (15% mc) της ταξιανθίας, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και για τα τρία θερμοκήπια με τιμές μέσου βάρους 107,33 % mc (GH1), 66,67 % mc (GH2) και 133,00 % mc (GH3). Τα πλαστικά επηρεάζουν το μέσο βάρος της ταξιανθίας.

Το ποσοστό συμπάγειας παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα θερμοκήπια GH1 (4,61 %) και GH3 (5,56%) αλλά και για τα GH3 με GH2(4,52%), ενώ τα θερμοκήπια GH1 και GH2 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

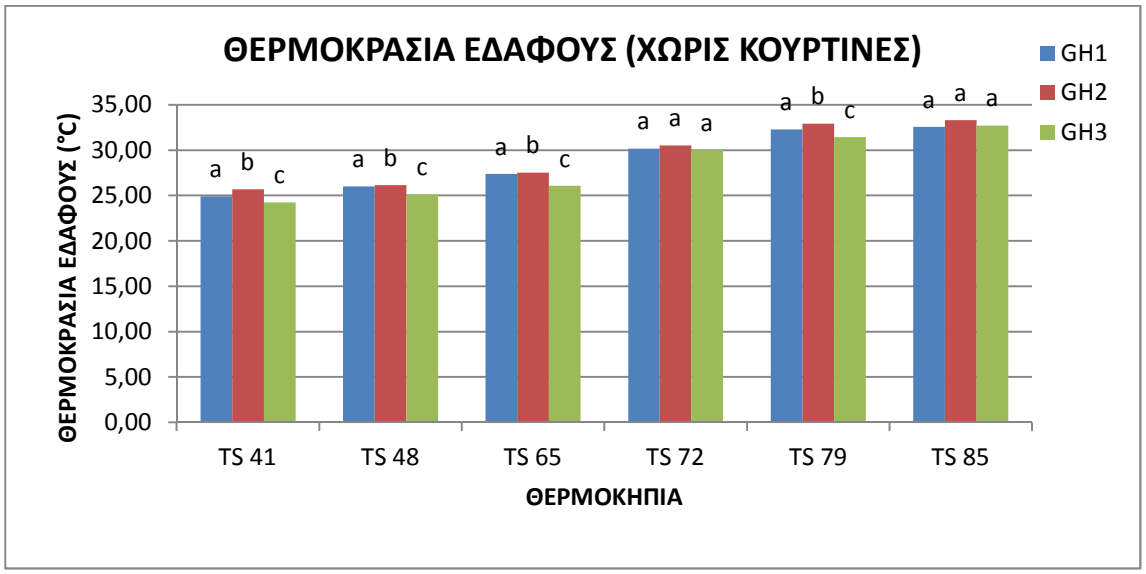
Σχετικά με την μέτρηση της περιεκτικότητας της ταξιανθίας σε κανναβιδιόλη (% CBD) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κανένα από τα θερμοκήπια. Τα πλαστικά κάλυψης δεν επηρεάζουν την περιεκτικότητα της ταξιανθίας σε κανναβιδιόλη.

Η απόδοση κανναβιδιόλης (CBD) ανά φυτό παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις τρεις περιπτώσεις θερμοκηπίων με τις επεμβάσεις να είναι 5,17 (GH1), 3,19 (GH2) και 7,50 (GH3).

4.4 Θερμοκρασία Εδάφους

Μία από τις μετρήσεις θερμοκρασίας που πραγματοποιήθηκαν, ήταν αυτή της θερμοκρασίας εδάφους (T soil = Temperature soil (°C) των γλαστρών φύτευσης στα θερμοκήπια. Αφορούσαν την θερμοκρασία εδάφους υπό την επίδραση

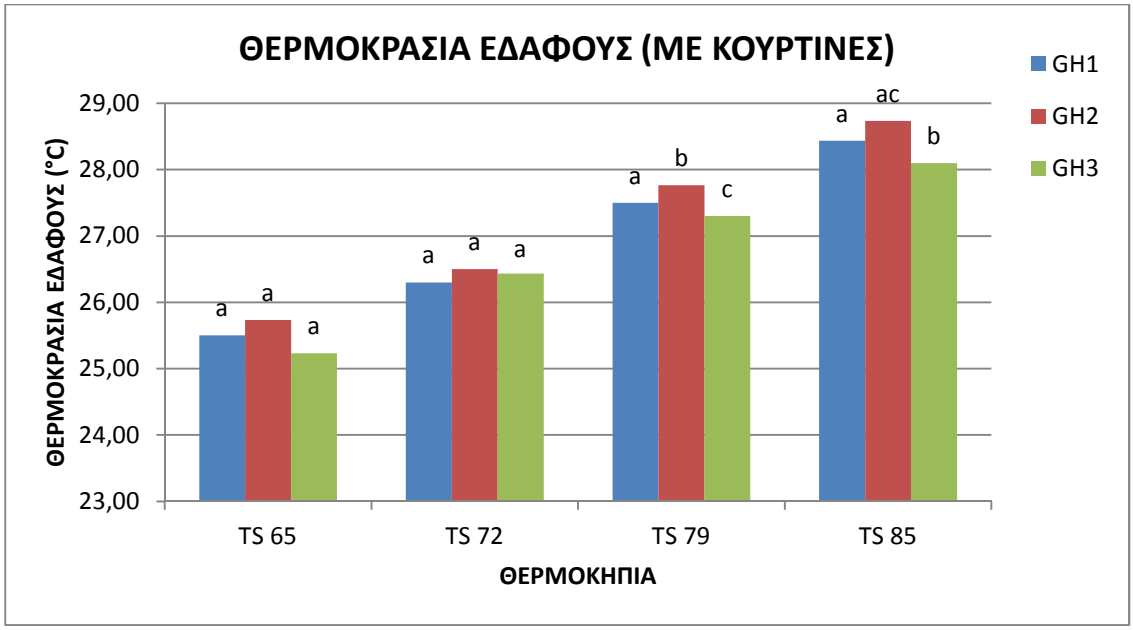
κουρτινών συσκότισης αλλά και με κουρτίνες ανεβασμένες. Τα διαγράμματα 4.1.3 και 4.1.4 αποδίδουν τις τιμές των επεμβάσεων αυτών.



Διάγραμμα 4.1.3: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία του εδάφους των γλαστρών χωρίς κουρτίνες συσκότισης για 41, 48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.3 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην θερμοκρασία του εδάφους χωρίς την επίδραση των κουρτινών συσκότισης. Για το θερμοκήπιο GH1, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 24.90 °C (DAS 41) μέχρι 32,57°C (DAS 85) . Για το θερμοκήπιο GH2 η θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 25,70°C (DAS 41) και 33,30°C (DAS 85), ενώ για το θερμοκήπιο GH3 από 24,23 °C (DAS 41) με 32,70°C (DAS 85). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στις 41, 48,65 και 79 ημέρες από την σπορά ενώ στις 72 και 85 δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για τα τρία θερμοκήπια.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.1.4 που απεικονίζει τις επεμβάσεις υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης για τις ημερομηνίες 65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά. Η πρώτη μέτρηση για τις κουρτίνες ξεκίνησε 65 ημέρες από την σπορά.

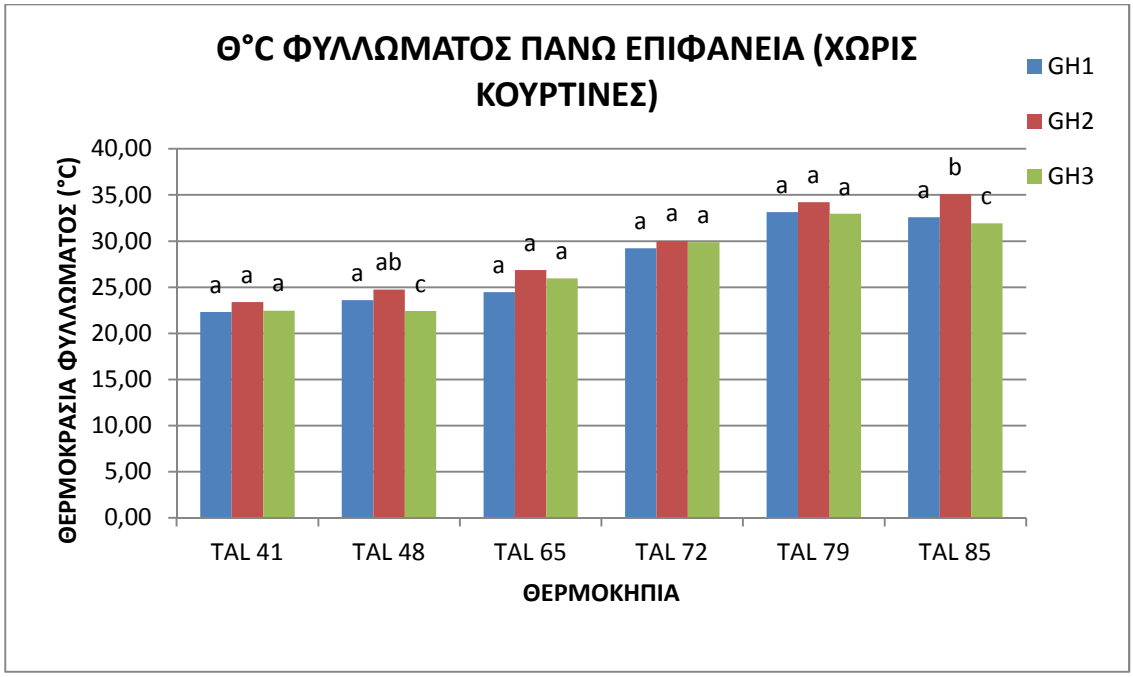


Διάγραμμα 4.1.4: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία του εδάφους των γλαστρών με κουρτίνες συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.4 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην θερμοκρασία του εδάφους υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης. Για το θερμοκήπιο GH1, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 25,50°C (DAS 65) μέχρι 28,43°C (DAS 85) . Για το θερμοκήπιο GH2 η θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 25,73°C (DAS 65) και 28,73°C (DAS 85), ενώ για το θερμοκήπιο GH3 από 25,23 °C (DAS 65) με 28,10°C (DAS 85). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο στις 79 και 85 ημέρες από την σπορά. Για DAS 85 στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των GH1 και GH3 και του GH2 με το GH3, αλλά όχι μεταξύ του GH2 με το GH1.

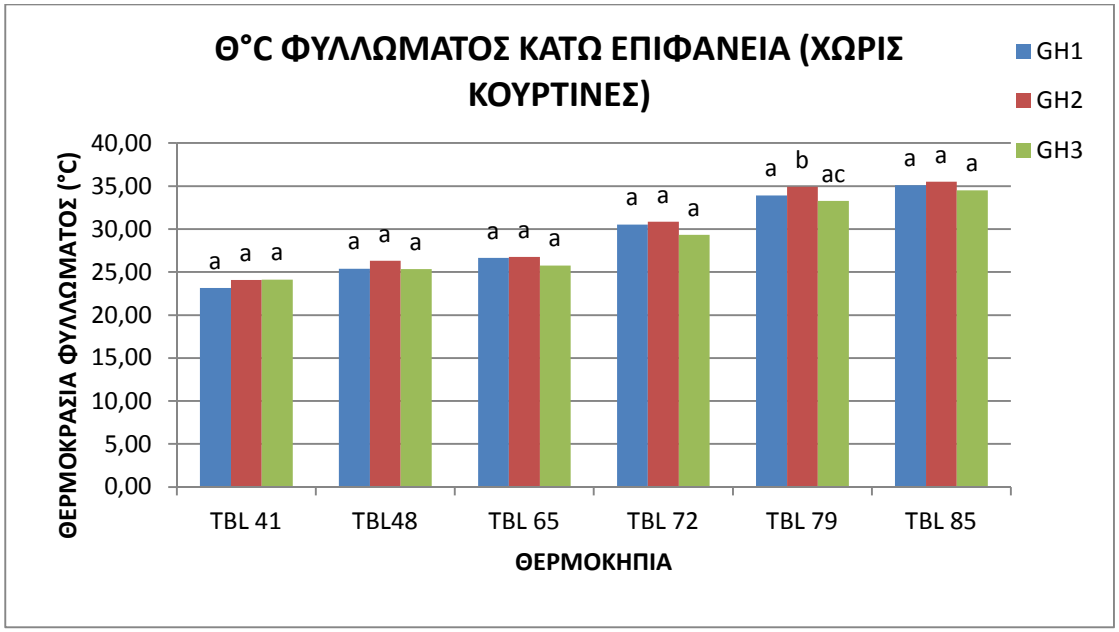
4.5 Θερμοκρασία Φυλλώματος

Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση που είχαν τα πλαστικά κάλυψης στην θερμοκρασία φυλλώματος του φυτού. Μετρήθηκε η θερμοκρασία στην πάνω και στην κάτω επιφάνεια του φύλλου (Temperature Above Leaf : TAL, Temperature Below Leaf : TBL) Οι μετρήσεις πάρθηκαν με ειδικό μηχάνημα μέτρησης της θερμοκρασίας και οι διακυμάνσεις φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 4.1.5: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία φυλλώματος για την πάνω επιφάνεια των φύλλων χωρίς κουρτίνες συσκότισης για 41,48,65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

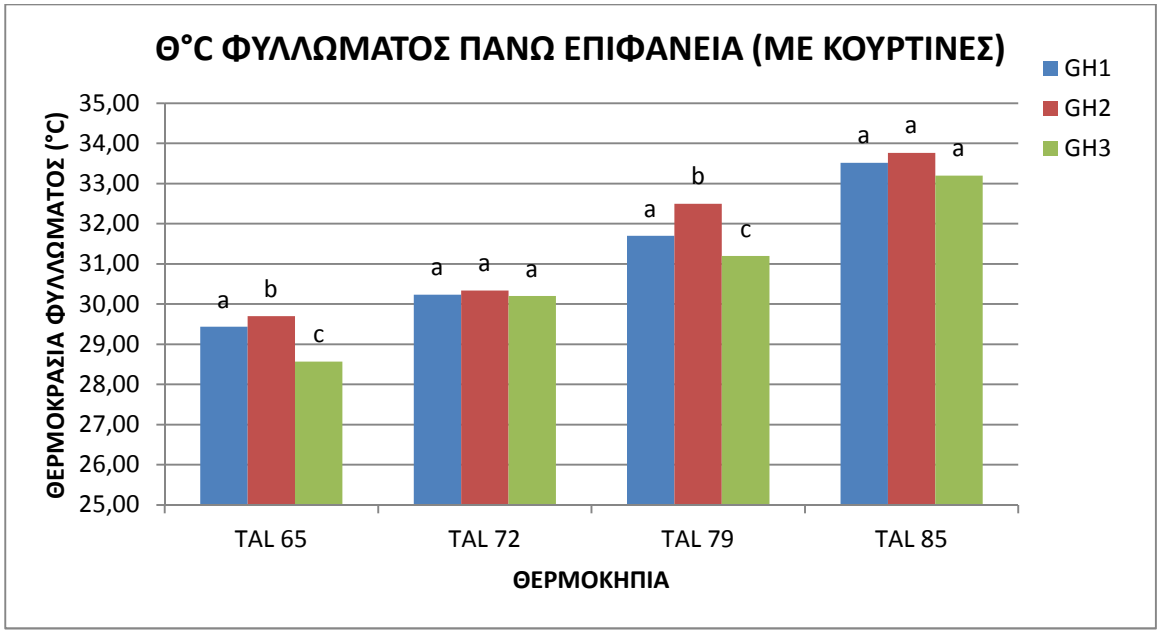
Στο διάγραμμα 4.1.5 παρουσιάζεται η επίδραση που έχουν τα πλαστικά στην θερμοκρασία που μετρήθηκε από την πάνω πλευρά του φύλλου χωρίς κουρτίνες συσκότισης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν για DAS 48 και DAS 85, ενώ για τις υπόλοιπες ημερομηνίες δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων. Για DAS 48 και 85 μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH2 , μετά στο GH2 και τις χαμηλότερες τιμές είχε το GH3. Για το θερμοκήπιο GH1 η θερμοκρασία της πάνω επιφάνειας κυμάνθηκε μεταξύ 22,30 °C (DAS 41) και 32,60 °C (DAS 85) και για GH2 από 23,40 °C (DAS 41) με 35,10 °C (DAS 85). Για το θερμοκήπιο GH3 οι θερμοκρασίες ήταν και οι χαμηλότερες από όλα τα θερμοκήπια οι θερμοκρασίες κυμάνθηκαν από 22,47 °C (DAS 41) μέχρι 31,91 °C (DAS 85).



Διάγραμμα 4.1.6: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία φυλλώματος για την κάτω επιφάνεια των φύλλων χωρίς κουρτίνες συσκότισης για 41,48,65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

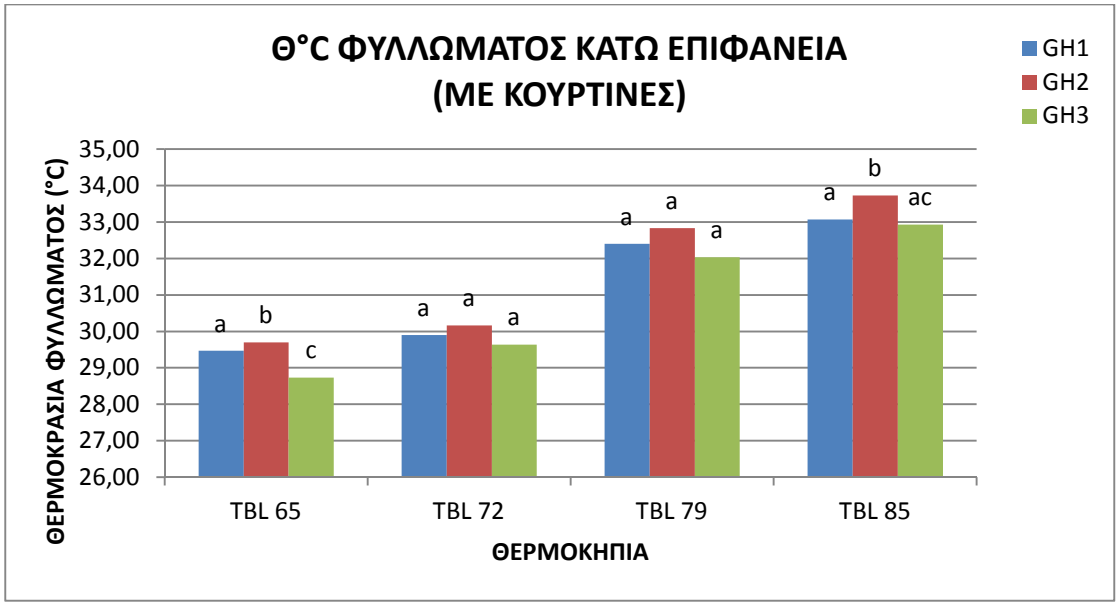
Στο διάγραμμα 4.1.6 παρουσιάζεται η επίδραση που έχουν τα πλαστικά στην θερμοκρασία που μετρήθηκε από την κάτω πλευρά του φύλλου χωρίς κουρτίνες συσκότισης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο για DAS 79, , ενώ για τις υπόλοιπες ημερομηνίες δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων. Για DAS 79 η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στο GH2 (34,90 °C) , μετά ακολουθεί η θερμοκρασία στο GH1 (33,90 °C), ενώ η χαμηλότερη στο θερμοκήπιο GH3 (33,27 °C).

Τα διαγράμματα (4.1.7 και 4.1.8) που ακολουθούν αφορούν την επίδραση των κουρτινών συσκότισης στην θερμοκρασία των φύλλων από την στιγμή που τοποθετήθηκαν σε DAS 65.



Διάγραμμα 4.1.7: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία φυλλώματος για την πάτω επιφάνεια των φύλλων υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.7 παρουσιάζεται η επίδραση που έχουν τα πλαστικά στην θερμοκρασία φυλλώματος που μετρήθηκε από την πάτω επιφάνεια του φύλλου με κουρτίνες συσκότισης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο για DAS 65 και 79, , ενώ για τις υπόλοιπες ημερομηνίες δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων. Για DAS 65 και 79 χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο GH3 και μετά ακολουθούν τα GH1 και μεγαλύτερη το GH2.

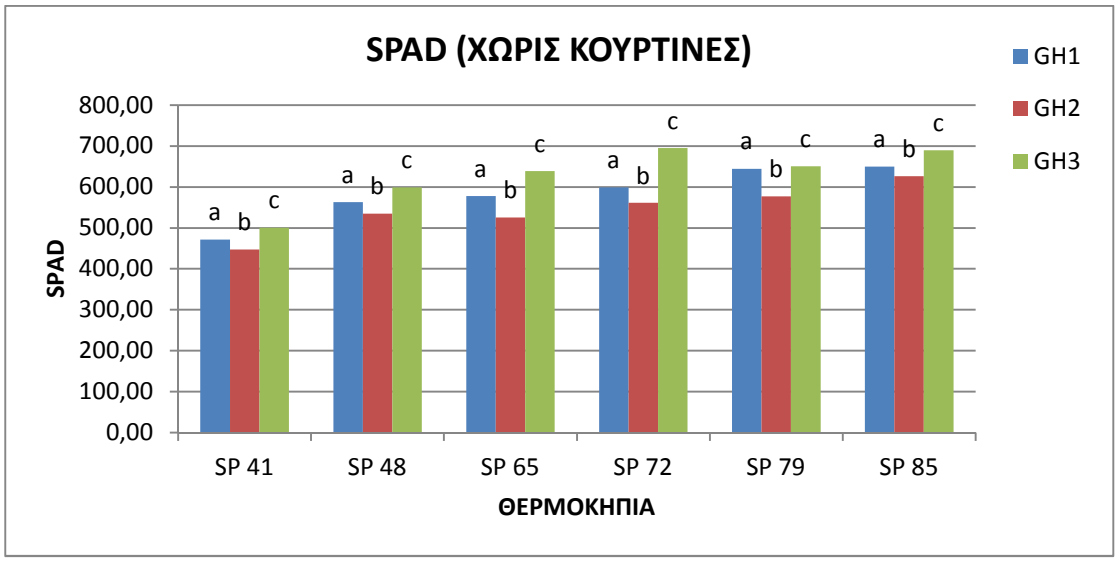


Διάγραμμα 4.1.8: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην θερμοκρασία φυλλώματος για την κάτω επιφάνεια των φύλλων υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,005 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.8 παρουσιάζεται η επίδραση που έχουν τα πλαστικά στην θερμοκρασία φυλλώματος που μετρήθηκε από την κάτω επιφάνεια του φύλλου με κουρτίνες συσκότισης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο για DAS 65 και 85, , ενώ για τις υπόλοιπες ημερομηνίες δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων. Για DAS 65 η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στο GH2 (29,70 °C) , μετά ακολουθεί η θερμοκρασία στο GH1 (29,47 °C), ενώ η χαμηλότερη στο θερμοκήπιο GH3 (28,73 °C). Για DAS 85 χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο GH3 (32,93°C) και μετά ακολουθούν τα GH1 (33,07°C) και μεγαλύτερη το GH2 (33,07°C) . Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των GH3 και GH2 και μεταξύ των GH2 και GH1, ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των GH1 και GH3.

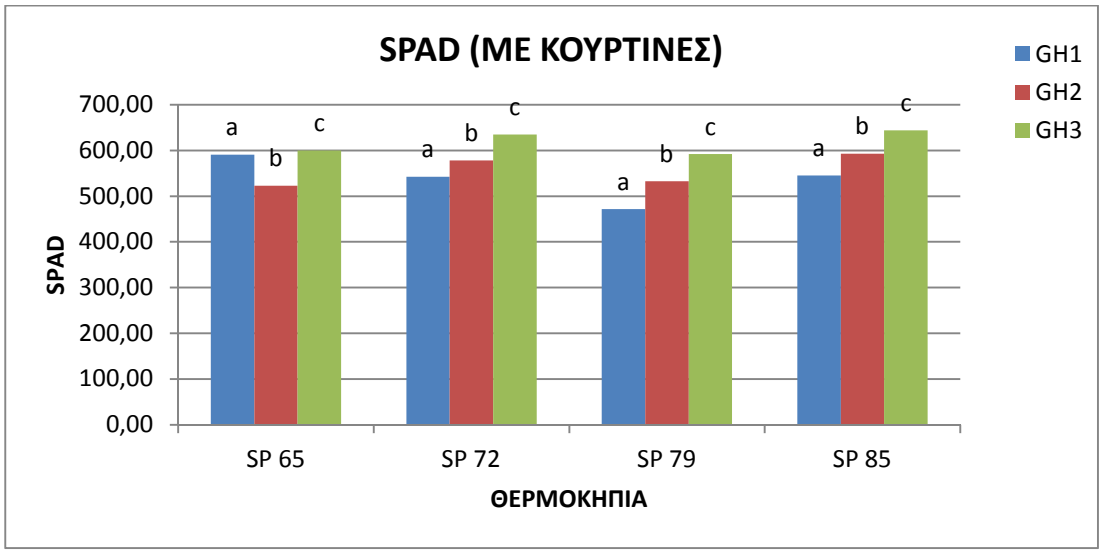
4.6 Μέτρηση της Χλωροφύλλης (SPAD)

Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση που είχαν τα πλαστικά κάλυψης στην χλωροφύλλη. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ειδικό μηχάνημα.



Διάγραμμα 4.1.9: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην χλωροφύλλη χωρίς την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48, 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,005 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.9 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην χλωροφύλλη του φυτού. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις για DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3.

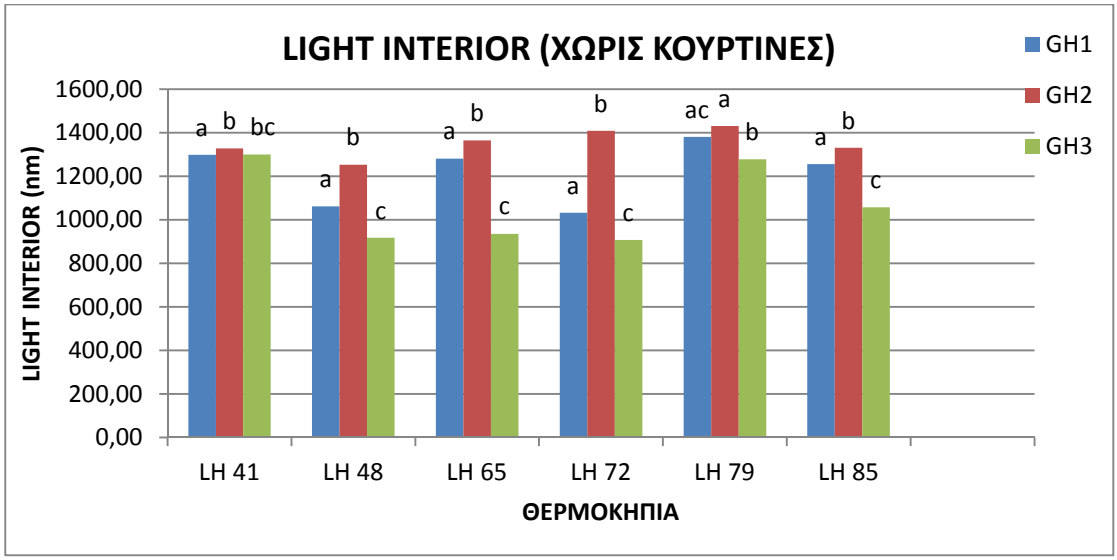


Διάγραμμα 4.1.10: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην χλωροφύλλη με την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,005 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.10 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην χλωροφύλλη του φυτού. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις για DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3.

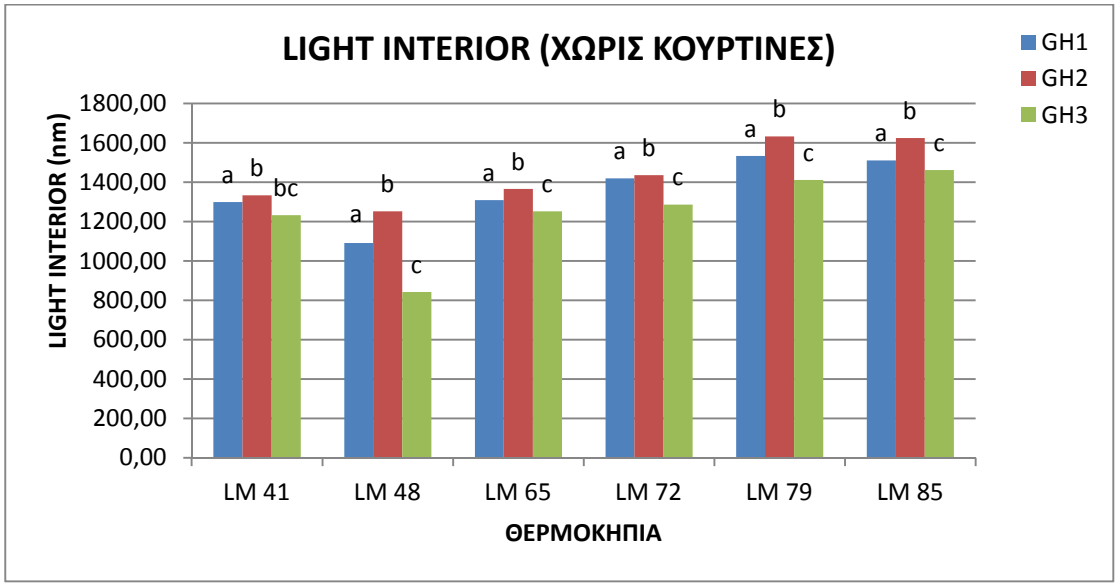
4.7 Μέτρηση Ακτινοβολιών : Light

Οι σημαντικότερες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αυτό το πείραμα, ήταν αυτές της ακτινοβολίας. Αξιολογήθηκε η επίδραση των πλαστικών κάλυψης των θερμοκηπίων, μέσω της μέτρησης της ακτινοβολίας Light τόσο με ανοιχτές όσο και με κατεβασμένες κουρτίνες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρία επίπεδα εντός του θερμοκηπίου, δηλαδή Light High : στο μεγαλύτερο ύψος, Light Medium : στο μέσο ύψος και τέλος Light Low : στο κατώτερο ύψος.



Διάγραμμα 4.1.11: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το μεγαλύτερο ύψος (Light high) χωρίς την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48,65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

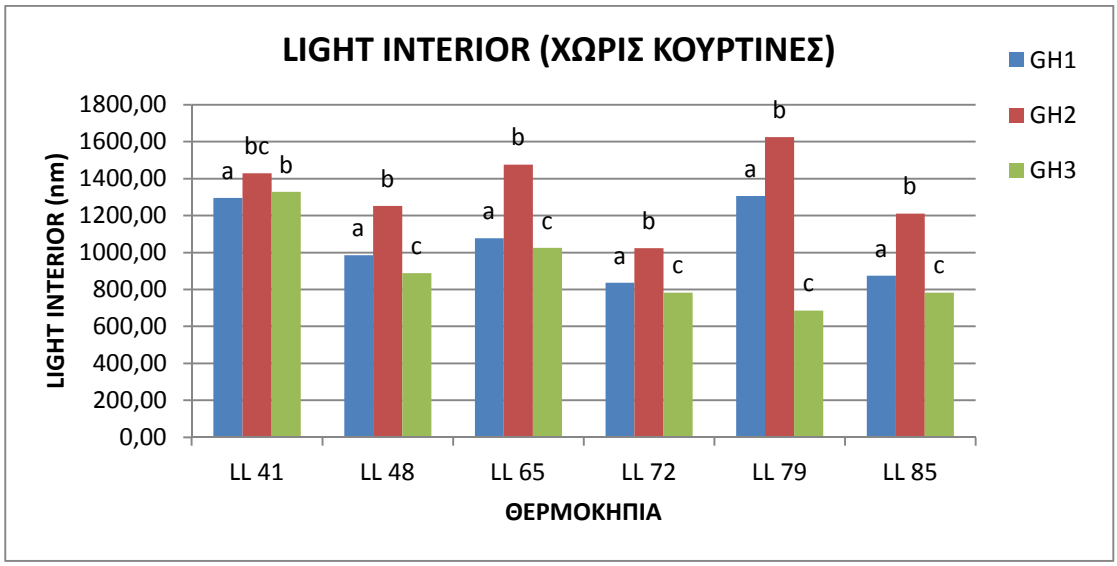
Στο διάγραμμα 4.1.11 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία Light του φυτού. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις για DAS 41,48,65,72, και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3, εκτός από την περίπτωση του DAS 79, όπου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των GH1 και GH2 , ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ του GH2 και GH3.



Διάγραμμα 4.1.12: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το μέσο ύψος (Light medium)*

χωρίς την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48,65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)

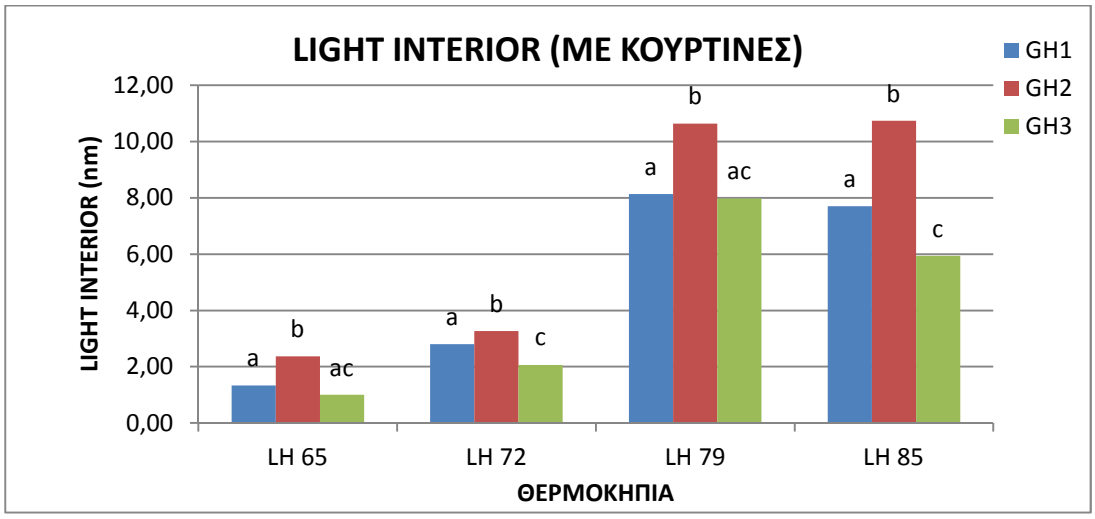
Στο διάγραμμα 4.1.12 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία Light του φυτού. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις για DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH2, δηλαδή περισσότερη ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο του μάρτυρα (GH2), ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH1 και GH3. Για DAS 41 για LM41 στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται για GH1 και GH3, GH1 και GH2 ενώ για GH2 (1333,00) και GH3 (1233,00) δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 4.1.13: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το χαμηλότερο ύψος (Light medium) χωρίς την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48,65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

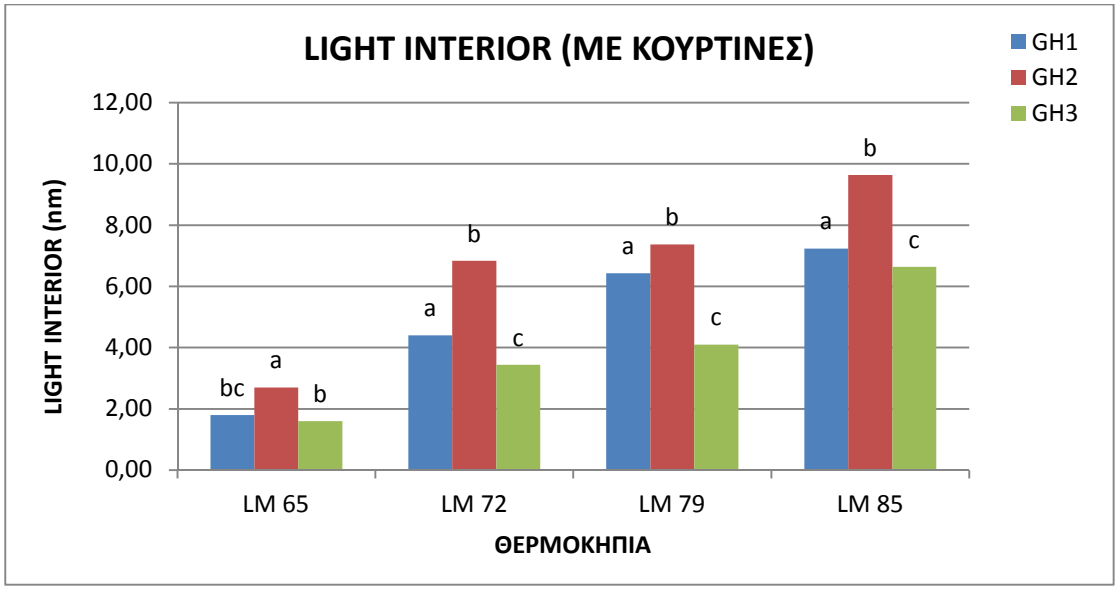
Στο διάγραμμα 4.1.13 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία Light για το κατώτατο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH2, δηλαδή περισσότερη ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο του μάρτυρα (GH2), ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH1 και GH3. Για LL 41 (Light Low 41) παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για GH1 και GH2 και για GH1 και GH3, ενώ δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ GH2 και GH3.

Ακολουθούν τα διαγράμματα 4.1.14, 4.1.15 και 4.1.16 για τις μετρήσεις ακτινοβολίας Light υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και σε αυτή την περίπτωση σε τρία επίπεδα για DAS 65,72,79 και 85.



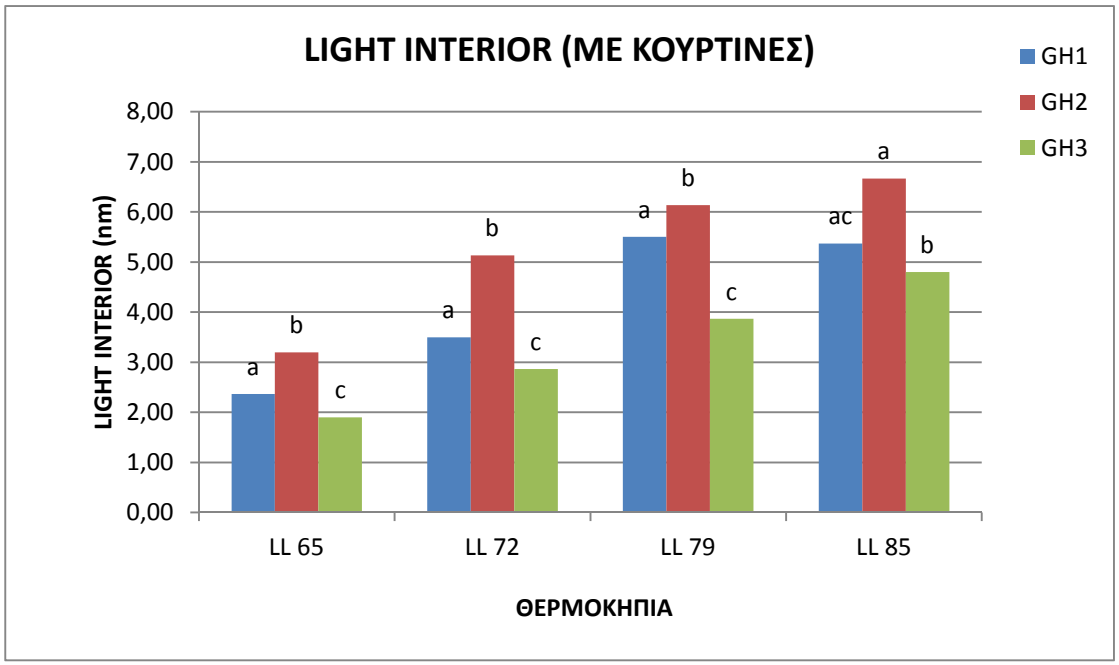
Διάγραμμα 4.1.14: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το μεγαλύτερο ύψος (Light high) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.14 παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις παρεμβάσεις για DAS 65,72,79,85 στο υψηλότερο ύψος και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2 και GH3. Οι τιμές της ακτινοβολίας Light στην περίπτωση των κουρτινών συσκότισης είναι πολύ χαμηλότερες σε σχέση με αυτές με ανεβασμένες τις κουρτίνες. Για LH 79 και LH 85 παρατηρήθηκαν μεγάλες στατιστικές διαφορές σε σχέση με LH 65 και LH 72 που οι τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες.



Διάγραμμα 4.1.15: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το μέσο ύψος (Light Medium) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.15 παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις παρεμβάσεις για DAS 65,72,79,85 στο μέσο ύψος και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2 και GH3. Για το θερμοκήπιο GH1 οι τιμές κυμαίνονται από 1,80 (LM 65) και 7,23 (LM 85) και για GH2 από 2,70 (LM 65) μέχρι 9,63 (LM85). Για GH3 η ακτινοβολία κυμάνθηκε από 1,60 (LM 65) και 6,33 (LM 85). Υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για GH2 και μετά ακολουθούν οι μετρήσεις GH1 και GH3.

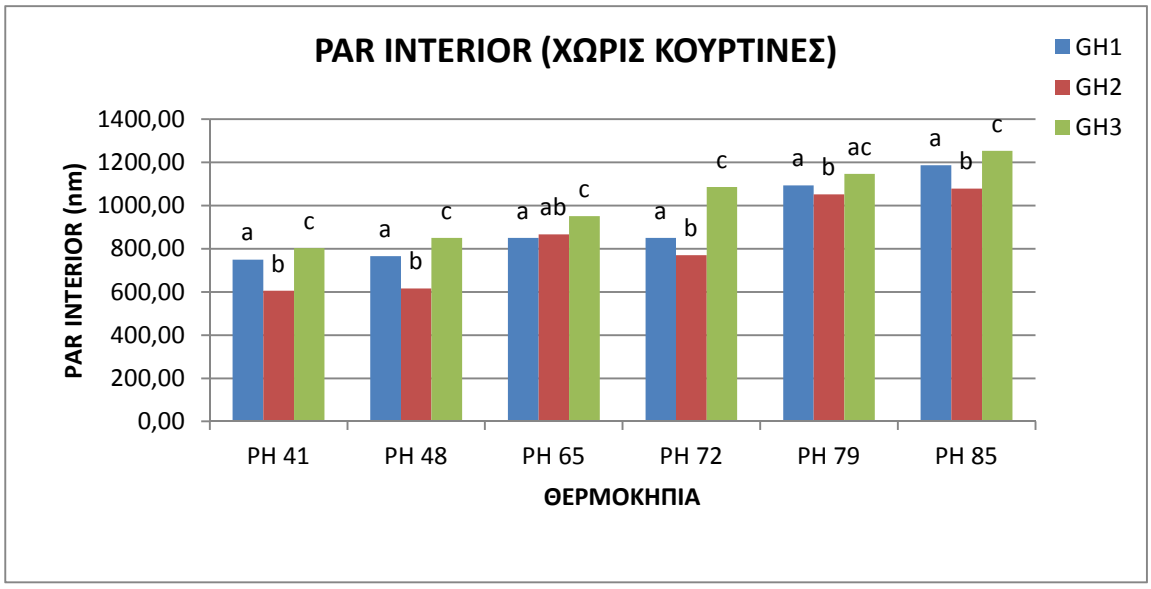


Διάγραμμα 4.1.16: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία Light για το χαμηλότερο ύψος (Light Low) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.16 παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις παρεμβάσεις για DAS 65,72,79,85 στο μέσο ύψος και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2 και GH3. Για το θερμοκήπιο GH1 οι τιμές κυμαίνονται από 2,37(LM 65) και 5,37 (LM 85) και για GH2 από 3,20 (LM 65) μέχρι 6,67 (LM85). Για GH3 η ακτινοβολία κυμάνθηκε από 1,90 (LM 65) και 4,80 (LM 85). Υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για GH2 και μετά ακολουθούν οι μετρήσεις GH1 και GH3.

4.8 Μέτρηση ακτινοβολίας : PAR

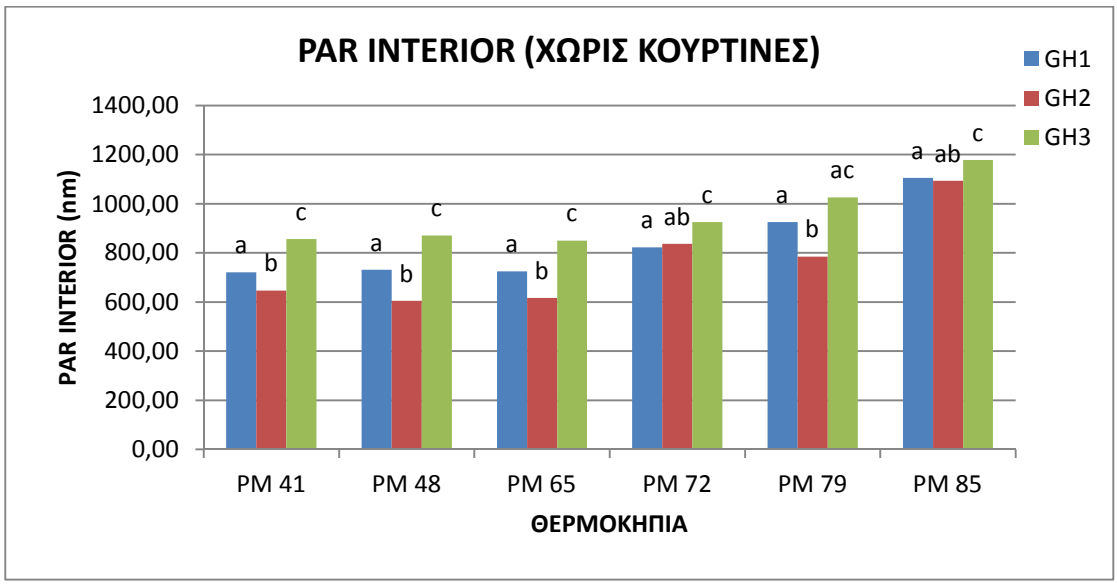
Αξιολογήθηκε επίσης η επίδραση των πλαστικών κάλυψης των θερμοκηπίων, μέσω της μέτρησης της ακτινοβολίας PAR τόσο με ανοιχτές όσο και με κατεβασμένες κουρτίνες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρία επίπεδα εντός του θερμοκηπίου, δηλαδή PAR High : στο μεγαλύτερο ύψος, PAR Medium : στο μέσο ύψος και τέλος PAR Low : στο κατώτερο ύψος.



Διάγραμμα 4.1.17: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το υψηλότερο ύψος (PAR High) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65, 72, 79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

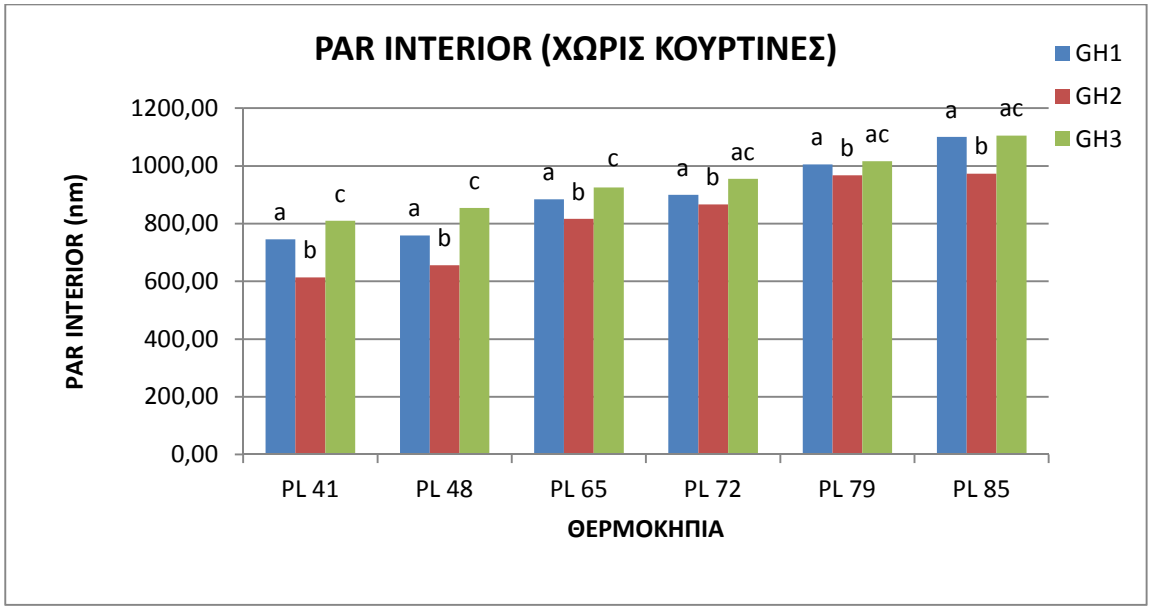
Στο διάγραμμα 4.1.17 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το υψηλότερο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές

διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.



Διάγραμμα 4.1.18: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το μέσο ύψος (PAR Medium) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48,65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

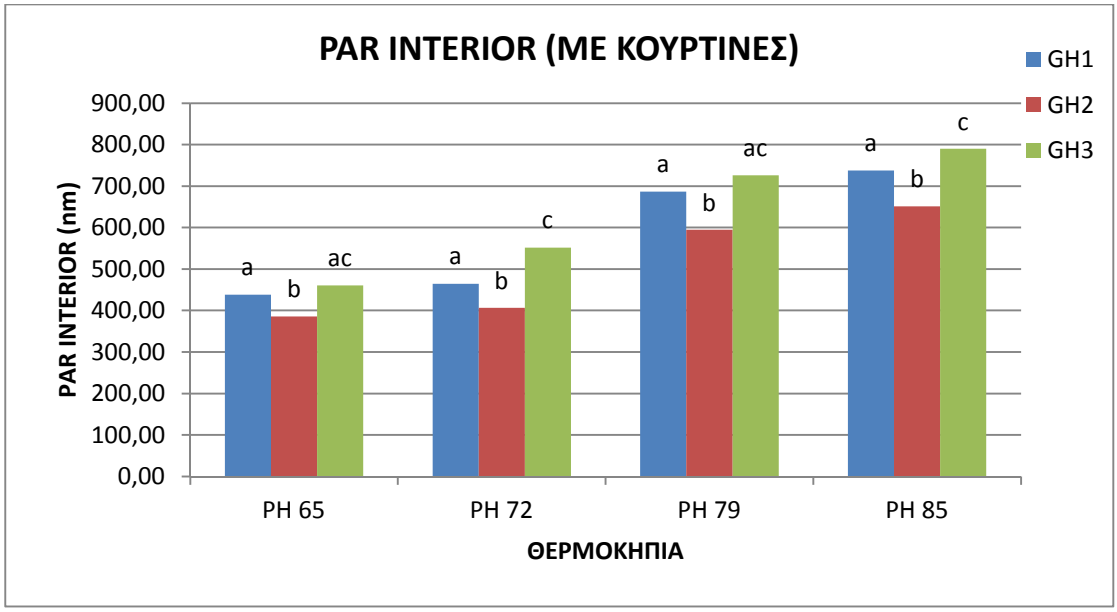
Στο διάγραμμα 4.1.18 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το μέσο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Στατιστικά Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.



Διάγραμμα 4.1.19: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το χαμηλότερο ύψος (PAR Low) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 41,48, 65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

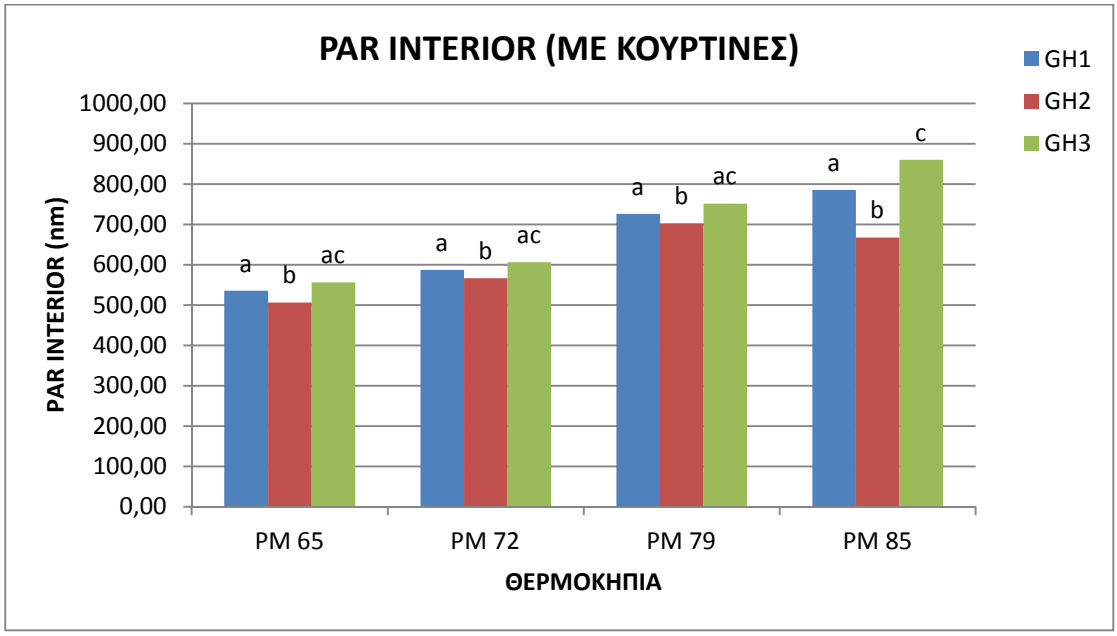
Στο διάγραμμα 4.1.19 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το χαμηλότερο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 41,48,65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.

Ακολουθούν τα διαγράμματα 4.1.20, 4.1.21 και 4.1.22 για τις μετρήσεις ακτινοβολίας Par υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και σε αυτή την περίπτωση σε τρία επίπεδα για DAS 65,72,79 και 85.



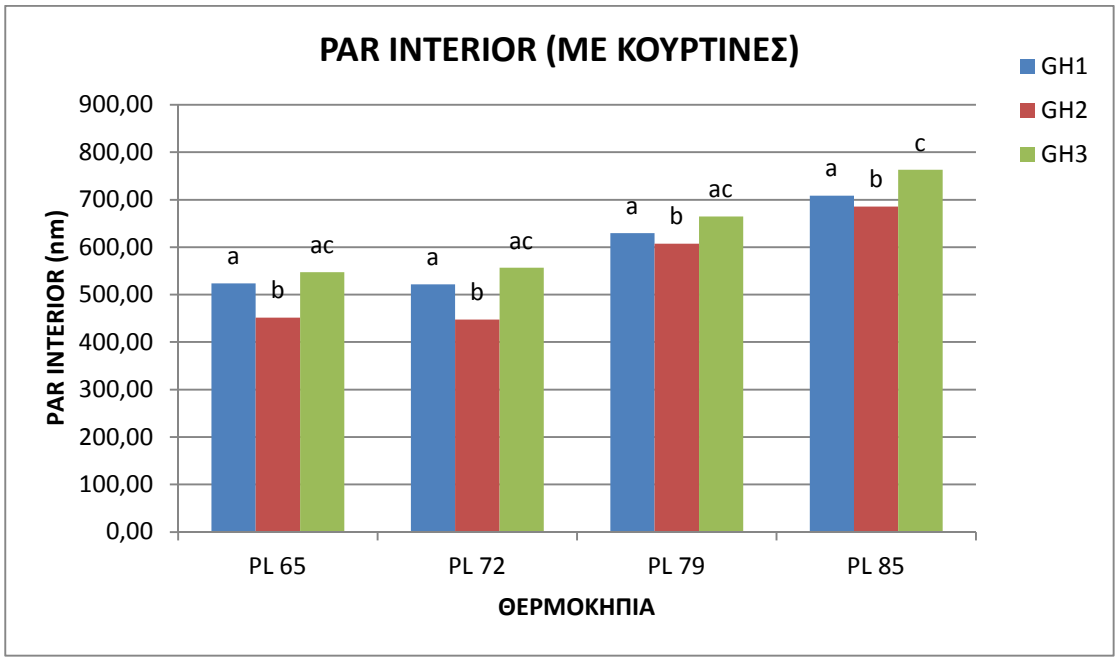
Διάγραμμα 4.1.20: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το υψηλότερο ύψος (PAR High) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.20 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το υψηλότερο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.



Διάγραμμα 4.1.21: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το μέσο ύψος (PAR Medium) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.21 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το μέσο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.



Διάγραμμα 4.1.22: *Επίδραση των πλαστικών κάλυψης (θερμοκήπια 1, 2, 3 όπου το 2 είναι ο μάρτυρας-control) στην ακτινοβολία PAR για το χαμηλότερο ύψος (PAR Low) υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης για 65,72,79 και 85 ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ). (τα διαφορετικά γράμματα πάνω στις στήλες a, b , c υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας P<0,001 για κάθε ημερομηνία)*

Στο διάγραμμα 4.1.22 παρουσιάζεται η επίδραση των θερμοκηπίων στην ακτινοβολία PAR για το χαμηλότερο ύψος μέτρησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις DAS 65,72,79 και 85 και για τα τρία θερμοκήπια GH1, GH2, GH3. Πολύ υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του GH3, δηλαδή περισσότερη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία διέρχεται μέσω του πλαστικού στο θερμοκήπιο 3, ενώ χαμηλές τιμές παρατηρούνται στα GH2 και GH1.

5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Όσον αφορά το ύψος των φυτών, ψηλότερα φυτά παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH3 για DAS 41 (27,25), DAS 65 (57,75) , DAS 72 (68,75) και DAS 79 (80,50) σε σχέση με τα GH1 και GH2. Τα πλαστικά κάλυψης δείχνουν να επηρεάζουν το ύψος των φυτών για DAS 41, 72 και 79 όπου παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων (P < 0,05). Στο θερμοκήπιο GH3 το ύψος κυμάνθηκε από GH3 το ύψος κυμάνθηκε μεταξύ 27,25 cm (DAS 41) και 84,5 cm (DAS 85). Για τις υπόλοιπες ημερομηνίες, δηλαδή DAS 48, 65 και 85, τα ύψη των φυτών για GH1 και GH3 ήταν σε ίδια επίπεδα, ενώ σε όλες τις περιπτώσεις τα φυτά στο θερμοκήπιο του μάρτυρα (GH2) ήταν χαμηλότερα. Το πλαστικό κάλυψης σε ορισμένες περιπτώσεις δείχνει να επηρεάζει τις αποδόσεις των φυτών σε ύψος, ειδικά στις περιπτώσεις που αυτό αυξάνεται ραγδαία μετά τις 65 ημέρες μετά την σπορά. Τα χαμηλότερα ύψη στο θερμοκήπιο του μάρτυρα (GH2) δικαιολογούνται πιθανώς από την κατασκευή του με μονό πλαστικό κάλυψης, δημιουργώντας δυσμενέστερες συνθήκες ανάπτυξης σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια που καλύπτονται από διπλό πλαστικό κάλυψης.

Στην περίπτωση των πραγματικών φύλλων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα τρία θερμοκήπια, γεγονός που σημαίνει ότι δεν επηρεάστηκε ο αριθμός των φύλλων από την επίδραση των πλαστικών (P < 0,05) . Τα φυτά ανέπτυξαν τον ίδιο περίπου αριθμό πραγματικών φύλλων, ανεξάρτητα από τις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες εντός των θερμοκηπίων. Ο αριθμός των φύλλων για το θερμοκήπιο GH1 κυμάνθηκε από 9,75 (DAS 41) έως 19,00 (DAS 85) και για το θερμοκήπιο GH2-Μάρτυρας από 11,75 (DAS 41) έως 18,00 (DAS 85). Για το θερμοκήπιο GH3 τα πραγματικά φύλλα υπολογίστηκαν στα 12,75 (DAS 41) έως 20.50 (DAS 85).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα του φυτού σε κανναβιδιόλη και την συνολική απόδοση σε κανναβιδιόλη ανά φυτό παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις δύο μετρήσεις και για τα τρία θερμοκήπια. Για το ποσοστό κανναβιδιόλης, μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρήθηκε στο θερμοκήπιο GH3 με 2,06 % CBD και μετά ακολουθούν τα GH1 (1,98% CBD) και GH2 (1,92 % CBD). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των GH2 και GH1, αλλά παρατηρήθηκαν μεταξύ των GH1 με GH3 και GH3 με GH2. Η απόδοση του CBD ανά φυτό εμφάνισε μεγάλη παραλλακτικότητα με υψηλότερη στο GH3 (7,50), μετά ακολουθεί το GH! (5,17) και τέλος ο μάρτυρας GH2 (3,19). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και στα τρία θερμοκήπια όσον αφορά την απόδοση σε κανναβιδιόλη που σημαίνει ότι τα πλαστικά κάλυψης επηρεάζουν την παραγωγή CBD στο φυτό της κάνναβης. Πραγματοποιήθηκαν επίσης μετρήσεις σχετικές με την ταξιανθία του φυτού, όπως ξηρό βάρος (cm), βάρος (15% mc) και ποσοστό συμπάγειας της ταξιανθίας. Σχετικά με το μήκος ταξιανθίας μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε στο GH3 (24,67 cm), μετά ακολουθεί το GH1 (22,67 cm) και τέλος το GH2 (13,67 cm), ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και στα τρία

θερμοκήπια. Επίσης υψηλότερο βάρος ταξιανθίας παρατηρήθηκε στο GH3 (133,00 % mc) και GH1 (107,33 % mc) και χαμηλότερο στην περίπτωση του μάρτυρα-GH2 (66,67 % mc). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και στις μετρήσεις του μήκους αλλά και του ξηρού βάρους της ταξιανθίας, γεγονός που δείχνει ότι τα πλαστικά κάλυψης επηρεάζουν τις αποδόσεις αυτές. Αντίθετα όσον αφορά το ποσοστό συμπάγειας της ταξιανθίας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για το GH3 παρατηρήθηκε ποσοστό συμπάγειας 5,56%, για το GH2 ήταν 4,52% και τέλος 4,61% για το GH1.

Ακολούθησαν μετρήσεις σχετικές με την θερμοκρασία του εδάφους των γλαστρών όπου αναπτύχθηκαν τα φυτά της κάνναβης. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν τις συνθήκες θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου με ανεβασμένες αλλά και με κατεβασμένες τις κουρτίνες συσκότισης. Για την περίπτωση των ανεβασμένων κουρτινών, μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο του μάρτυρα (GH2) με μέγιστη 33,30 °C (DAS 85), αμέσως μικρότερες παρατηρήθηκαν στο GH1 και τις χαμηλότερες είχε το GH3. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις μετρήσεις εκτός από DAS 72 και 85, γεγονός που σημαίνει ότι τα πλαστικά κάλυψης επηρεάζουν την διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο για DAS 79 και 85 όπου χαμηλότερες παρατηρήθηκαν στο GH3 με 27,30 °C (TS 79) και 28,10 °C (TS 85) αντίστοιχα. Οι θερμοκρασίες για GH1 ήταν 27,50 °C (TS 79) και 28,43 °C (TS 85) και για το θερμοκήπιο GH2 (μάρτυρας) ήταν 27,77 °C (TS 79) και 28,73 °C (TS 85).

Όσον αφορά την θερμοκρασία του φυλλώματος, πάρθηκαν μετρήσεις και από την πάνω αλλά και από την κάτω επιφάνεια του φύλλου στα τρία θερμοκήπια χωρίς αλλά και με την επίδραση των κουρτινών συσκότισης. Στην πρώτη περίπτωση της άνω επιφάνειας, χωρίς τις κουρτίνες συσκότισης, οι θερμοκρασίες και στα τρία θερμοκήπια κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές με εξαίρεση τα διαστήματα DAS 48 (GH1 : 23,60 °C, GH2 : 24.73 °C και GH3 : 22.43 °C) και 85 (GH1 : 32.60 °C, GH2 : 35.10 °C και GH3 : 31.93 °C) . Στην περίπτωση της κάτω επιφάνειας του φύλλου, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με εξαίρεση το διάστημα DAS 79 που παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (GH1 : 33,90 °C, GH2 : 34,90 °C και GH3 : 33,27 °C). Συμπερασματικά τα πλαστικά κάλυψης δείχνουν να μην επηρεάζουν την θερμοκρασία φυλλώματος ούτε για την πάνω ούτε για την κάτω επιφάνεια του φύλλου. Υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης, οι θερμοκρασίες ήταν χαμηλότερες λόγω σκίασης αλλά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, εκτός από τα διαστήματα για DAS 65 και 79 για την άνω επιφάνεια του φύλλου όπου για GH3, παρατηρήθηκαν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα άλλα δύο. Παρόμοια εικόνα υπάρχει και για τις θερμοκρασίες της κάτω επιφάνειας υπό την επίδραση των κουρτινών σκίασης.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο για DAS 65 και 85, με χαμηλότερες θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο GH3 σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Τα πλαστικά δείχνουν να επηρεάζουν τις θερμοκρασίες φυλλώματος για ορισμένα διαστήματα μεταξύ των μετρήσεων όπου μεγαλύτερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH2 στο σύνολο των μετρήσεων, μετά ακολουθεί το GH1 και τέλος το GH3 με τις χαμηλότερες.

Μια από τις σημαντικότερες μετρήσεις που συλλέχθηκαν ήταν και αυτή της χλωροφύλλης στο φύλλο της κάνναβης χωρίς και με την επίδραση κουρτινών συσκότισης. Στην πρώτη περίπτωση στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις μετρήσεις και για τα τρία θερμοκήπια. Υψηλότερα επίπεδα παρατηρούνται στο GH3 με μέγιστη τιμή το 689,67 , μετά ακολουθεί το GH1 με υψηλότερη τιμή το 650,00 και χαμηλότερες για το θερμοκήπιο του μάρτυρα-GH2 με μέγιστη τιμή το 626,00. Για την περίπτωση που επιδρούν οι κουρτίνες συσκότισης, παρατηρούνται και εδώ στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις μετρήσεις και στα τρία θερμοκήπια με μεγαλύτερες τιμές χλωροφύλλης για το GH3. Συγκεκριμένα, μέγιστη για το GH3 είναι 644,00, για το GH1 το 545.00 και τέλος για το θερμοκήπιο του μάρτυρα-GH2 το 593,00. Τα πλαστικά κάλυψης δείχνουν να επηρεάζουν τα επίπεδα της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα τρία θερμοκήπια που έχουν διαφορετική σύνθεση πλαστικών κάλυψης. Υψηλότερες αποδόσεις παρατηρούνται στα πλαστικά διπλής κάλυψης πλαστικών (GH1 και GH3) σε σχέση με το μονό πλαστικό του μάρτυρα.

Οι πιο ουσιαστικές όμως και ενδιαφέρουσες μετρήσεις που συλλέχθηκαν από την πειραματική διαδικασία είναι αυτές των ακτινοβολιών και πως αυτές διαφοροποιήθηκαν στα τρία διαφορετικά θερμοκήπια. Ο πρώτος δείκτης ήταν αυτός της ακτινοβολίας PAR, δηλαδή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που διέρχεται από το θερμοκήπιο. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια, δηλαδή υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης αλλά και χωρίς την επίδραση αυτών σε τρία διαφορετικά επίπεδα εντός του θερμοκηπίου (ανώτερο, μέσο και κατώτατο ύψος). Χωρίς την επίδραση κουρτινών παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλα τα ύψη εντός του θερμοκηπίου για όλα τα θερμοκήπια που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα, υψηλότερες τιμές ακτινοβολίας παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH3 (με μέγιστη τιμή 1253,13 nm για DAS 85), μετά ακολουθεί το θερμοκήπιο GH1 (1186,23 nm για DAS 85) και τις χαμηλότερες τιμές το GH2 του μάρτυρα (με χαμηλότερη 605,47 nm και υψηλότερη τα 1078,37 nm) για το μεγαλύτερο ύψος. Οι μετρήσεις για το μέσο ύψος ακολούθησαν την ίδια πορεία με υψηλότερες για το GH3 (μέγιστη τιμή 1178,33 nm για DAS 85) και στο GH1 (με μέγιστη 1105,23 nm για DAS 85) και χαμηλότερες για τον μάρτυρα GH2 (1094,07 nm). Για το κατώτερο ύψος υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας παρατηρούνται για GH3 (μέγιστη τιμή 1104,60 nm για DAS 85) και GH1 (1105,23 nm για DAS 85) και χαμηλότερες τιμές για τον μάρτυρα (με μέγιστη 973,47 nm). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν για όλες τις μετρήσεις στα διαφορετικά θερμοκήπια,

γεγονός που δικαιολογεί και τις διαφορετικές μετρήσεις που παρατηρούνται και δείχνει ότι η ακτινοβολία επηρεάζεται από το υλικό κάλυψης του εκάστοτε θερμοκηπίου. Οι μετρήσεις που παρατηρήθηκαν υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης, ήταν χαμηλότερες, καθώς η επιπλέον επένδυση του θερμοκηπίου με υλικό κάλυψης, δυσκολεύει την διέλευση της ακτινοβολίας PAR. Για το μεγαλύτερο ύψος, παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές για GH3 (μεγαλύτερη τιμή 790,37 nm), μετά ακολουθεί το GH1 (μέγιστη 737,89 nm) και χαμηλότερη το GH2 (651,60 nm). Οι μετρήσεις για το μέσο ύψος ήταν μεγαλύτερες για το θερμοκήπιο GH3 (860,57 nm), GH1 (785,93 nm) και χαμηλότερες για GH2 μάρτυρα (667,80 nm). Τέλος για το κατώτατο ύψος οι μετρήσεις κυμάνθηκαν στα ίδια πάλι επίπεδα με μεγαλύτερες για GH3 (763,37 nm) , GH1 (708,33 nm) και χαμηλότερες για τον μάρτυρα GH2 (685,60 nm). Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, γεγονός που σημαίνει ότι οι τιμές της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας επηρεάζονται από την επίδραση των διαφορετικών πλαστικών κάλυψης.

Τελευταία αλλά σημαντική μέτρηση που πραγματοποιήθηκε ήταν και αυτή της ακτινοβολίας Light (το ποσοστό φωτισμού εντός του θερμοκηπίου σε σχέση με το εξωτερικό φως). Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια, δηλαδή υπό την επίδραση κουρτινών συσκότισης αλλά και χωρίς την επίδραση αυτών σε τρία διαφορετικά επίπεδα εντός του θερμοκηπίου (ανώτερο, μέσο και κατώτατο ύψος). Χωρίς την επίδραση κουρτινών παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλα τα ύψη εντός του θερμοκηπίου για όλα τα θερμοκήπια που μελετήθηκαν. Ιδιαίτερα υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν για το θερμοκήπιο του μάρτυρα GH2 για το μεγαλύτερο ύψος (με μέγιστη τιμή 1408,70 για DAS 79) , μετά ακολούθησε το θερμοκήπιο GH1 (με μέγιστη τιμή 1381,20 για DAS 79), ενώ τις χαμηλότερες τιμές ακτινοβολίας Light παρατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο GH3 (με μέγιστη 1300,10 για DAS 41). Το ποσοστό θερμότητας Light αφορά την ακτινοβολία εκείνη που εισέρχεται στο θερμοκήπιο διαμέσου του πλαστικού. Λογικό είναι το μονό πλαστικό του μάρτυρα να επιτρέπει μεγαλύτερο ποσοστό ακτινοβολίας να εισέρχεται μέσω των πλαστικών κάλυψης και οι τιμές του Light να είναι μεγαλύτερες για τον μάρτυρα. Επιθυμητές για ένα θερμοκήπιο είναι οι χαμηλότερες τιμές, οι οποίες παρατηρήθηκαν κατά μέσο όρο στο θερμοκήπιο GH3 σε σχέση με τα άλλα δύο. Για το μέσο ύψος χωρίς την επίδραση κουρτινών παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές Light για το θερμοκήπιο GH2 (με μέγιστη τιμή 1625,70 για DAS 79), μετά ακολουθεί το GH1 (με μέγιστη τιμή 1305,70 για DAS 79), ενώ χαμηλότερες πάλι παρατηρήθηκαν στο GH3 (με μέγιστη τιμή 1329,30 για DAS 41 και ελάχιστη τιμή 685,40 για DAS 79). Για το κατώτατο ύψος εντός του θερμοκηπίου οι μεγαλύτερες τιμές Light παρατηρήθηκαν και πάλι στον μάρτυρα (με μέγιστη τιμή 1632,80 για DAS 79), μετά ακολουθεί το GH1 (με μέγιστη τιμή 1532,80 για DAS 79) , ενώ χαμηλότερες παρατηρήθηκαν για GH3 (με μέγιστη τιμή 1461,20 για DAS 85 και ελάχιστη 842,30 για DAS 48). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν σε

όλες τις μετρήσεις που αφορούσαν την ακτινοβολία Light για όλα τα ύψη μέσα στο κάθε θερμοκήπιο. Στην περίπτωση των κουρτινών συσκότισης, οι τιμές διαφοροποιήθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της έντονης σκίασης που διαμορφώθηκε εντός των θερμοκηπίων. Για το μεγαλύτερο ύψος, μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν για GH2 (μέγιστη 10,73 για DAS 85), για GH1 (μέγιστη 8,13 DAS 79) ενώ για GH3 οι τιμές διατηρήθηκαν σε αρκετά χαμηλά επίπεδα με την μέγιστη να φτάνει το 7,97 για DAS 79 και χαμηλότερη 1,00 για DAS 65. Για το μέσο ύψος στο θερμοκήπιο, μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν για GH2 (μέγιστη τιμή 9,63 για DAS 85) και GH1 (μέγιστη 7,23 για DAS 85), ενώ για χαμηλότερες τιμές είχε το GH3 (μέγιστη 6,63 για DAS 85 και χαμηλότερη 1,60 για DAS 65). Τέλος για το κατώτατο ύψος, μεγάλες τιμές παρατηρήθηκαν για GH2 (μέγιστη τιμή 6,67 για DAS 85) και GH1 (με μέγιστη 5,50 για DAS 79) ενώ χαμηλότερες παρατηρήθηκαν και πάλι για GH3 (με μέγιστη 4,80 για DAS 85 και χαμηλότερη 1,90 για DAS 65). Σε όλες τις μετρήσεις παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων.

Η επιλογή του πλαστικού κάλυψης για τα θερμοκήπια επηρεάζει έντονα την μετάδοση του φωτός μέσα στο θερμοκήπιο. Για θερμοκήπια χαμηλής ενέργειας διατίθενται ακόμη και διπλά αλλά και τριπλά πλαστικά κάλυψης με στόχο την ενίσχυσή τους. Επιπλέον, κυκλοφορούν υλικά κάλυψης με μεγαλύτερη ικανότητα μετάδοσης του φωτός από τα συμβατικά υλικά από υαλοπίνακα. Στην περίπτωση αυτών των υλικών η εφαρμογή για παράδειγμα διπλών επιφανειών γυαλιού παρέχουν ίση ή και μεγαλύτερη μετάδοση του φωτός σε σχέση με τα μονά φύλλα κάλυψης (Tantau et al., 2012). Βέβαια στην κατασκευή των θερμοκηπίων, μεγάλη απήχηση έχουν και μεμβράνες όπως η LDPE, που σταθεροποιεί την διέλευση της UV ακτινοβολίας και αποτελεί μια αποτελεσματική και φθηνή λύση για την κάλυψη των θερμοκηπιακών μονάδων (Tantau et al., 2012). Μια εναλλακτική λύση είναι και η μεμβράνη ETFE που έχει καλύτερη διαπερατότητα της PAR και UV ακτινοβολίας αλλά είναι ακριβότερη. Οι μεμβράνες αυτές είναι ειδικά επεξεργασμένες ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση υγρασίας στην επιφάνεια τους (Pollet & Pieters, 2002). Για να μειωθεί η κατανάλωση θερμικής ενέργειας έχουν αναπτυχθεί ειδικά συστήματα διπλών μεμβρανών για την κάλυψη των θερμοκηπίων. Τέτοια παραδείγματα είναι οι διπλοί υαλοπίνακες, ο συνδυασμός υαλοπίνακα και φιλμ πλαστικού ή ακόμη και διπλών και τριπλών πλαστικών φιλμ μεταξύ τους (Max et al., 2012). Μείωση της μετάδοση της PAR ακτινοβολίας μπορεί αν πραγματοποιηθεί με την εμφάνιση συμπύκνωσης στην κάτω επιφάνειες του εξωτερικού πλαστικού στην περίπτωση διπλών μεμβρανών (Tantau et al., 2012). Η διαπερατότητα της PAR ακτινοβολίας, είναι πιο σημαντική από την μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας για την καλή ανάπτυξη της καλλιέργειας. Τα συστήματα διπλού πλαστικού κάλυψης (π.χ. ETFE) προσφέρουν την δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς σημαντικές απώλειες στην μετάδοση της PAR ακτινοβολίας (Tantau et al., 2012).

Το ανώτατο όριο για την απόδοση της καλλιέργειας καθορίζεται από την ποσότητα του φωτός που απορροφάται από την κόμη-θόλο της καλλιέργειας και

από την αποτελεσματικότητα της χρήσης του φωτός από την καλλιέργεια (Cockshull, Graves, & Cave, 1992; Marcelis, Heuvelink, & Goudriaan, 1998). Το φως που συλλαμβάνεται από μια καλλιέργεια τομάτας εξαρτάται από την καθημερινή προσπίπτουσα ακτινοβολία, από την διάρκεια της καλλιέργειας και το LAI (Heuvelink & Dorais, 2005). Οι ανοιξιάτικες και οι θερινές καλλιέργειες εκτείθενται σε μεγαλύτερες ημέρες με υψηλότερες ημερήσιες ακτινοβολίες σε σχέση με τις χειμωνιάτικες καλλιέργειες. Κατά μέσο όρο οι πρώτες λαμβάνουν περίπου 42% περισσότερη ημερήσια ακτινοβολία, γεγονός που εξηγεί και τις υψηλές τις αποδόσεις. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι η μεταδοτικότητα του ίδιου του θερμοκηπίου, η οποία επηρεάζεται από την ηλικία του θερμοκηπίου και την χρήση λεύκανσης το καλοκαίρι ή σκίασης με θερμικά καλύμματα κατά τον χειμώνα. Σε πείραμα θερμοκηπίου με καλλιέργεια την τομάτα, το LAI έδειξε να επηρεάζεται από την πυκνότητα του στελέχους, τον αριθμό των φύλλων ανά στέλεχος καθώς και από το μέγεθος του φύλλου (Heuvelink & Dorais, 2005).

Στην δική μας μελέτη χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά φίλμ διπλής στρώσης με ειδικό μηχανισμό τροφοδότησης του θερμοκηπίου με αέρα. Ο μηχανισμός αυτός, σύμφωνα με τον J. Both, λειτουργεί θετικά αφού παρέχει αντοχή στην επιφάνεια του θερμοκηπίου και ο αέρας μεταξύ των στρωμάτων δρα ως μονωτής, μειώνοντας σημαντικά την απώλεια θερμότητας από την εγκατάσταση (Both, 2002). Οι μεγάλες διαφορές που παρατηρήθηκαν στα θερμοκήπια και συγκεκριμένα, τα διπλής επίστρωσης με το μονό του μάρτυρα οφείλονται στο φαινόμενο αυτό. Οι συνθήκες στο εσωτερικό του μάρτυρα ήταν πιο δυσμενείς σε σχέση με τα άλλα δύο, καθώς οι αεριζόμενες επιφάνειες του θερμοκηπίου διατηρούν περίπου το 60% της απώλειας θερμότητας σε σχέση με θερμοκήπια με μονή κάλυψη πλαστικού (Both, 2002). Είναι επίσης πολύ σημαντικό ο αέρας που προστίθεται στο εσωτερικό των μεμβρανών να είναι εξωτερικός ώστε να αποφεύγεται η συμπύκνωση υγρασίας στο εσωτερικό των διπλών μεμβρανών. Όσον αναφορά τα πλαστικά φιλμ, μια πρόσθετη ιδιότητα του υλικού (τα λεγόμενα IR φιλμ) βοηθούν στην μείωση της της απώλειας θερμότητας όταν οι θερμοκρασίες στο εξωτερικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Wouter Vanhove, Patrick Van Damme, Natalie Meert η περιεκτικότητα σε CBD κυμάνθηκε στα 0,2 %, ενώ στο παρόν πείραμα τα επίπεδα της κανναβιδιόλης ήταν 1-2%. Η μεγάλη διαφορά αυτή στην περιεκτικότητα ίσως να οφείλεται στην ανάπτυξη των φυτών στην πρώτη περίπτωση υπό την επίδραση λαμπτήρων τεχνητού φωτισμού ενώ στο παρόν πείραμα η ανάπτυξη βασίστηκε καθαρά στον φυσικό φωτισμό. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα η απόδοση κανναβιοδιόλης ανά φυτό είναι μεγαλύτερη όταν η ένταση της ακτινοβολίας αυξάνεται αλλά και αντίστροφα ισχύει η συνθήκη αυτή. Επιπλέον παρατηρείται μια θετική συσχέτιση της ακτινοβολίας και της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας PAR με την συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά, γεγονός

που προωθεί αρκετά την ανάπτυξη των φυτών (Vanhove, Van Damme, & Meert, 2011).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Giancarlo Pagnani, Marika Pellegrini, Angelica Galieni, Sara D'Egidio, Federica Matteucci, Antonella Ricci, Fabio Stagnari,
Michele Pisante, Maddalena Del Gallo e.t.c, η μέση θερμοκρασία του θερμοκηπίου ήταν 21,4 °C (Pagnani et al., 2018). Βέβαια οι συνθήκες στο θερμοκήπιο ήταν διαφορετικές σε σχέση με αυτές που επικράτησαν στο παρόν πείραμα. Η μέση θερμοκρασία εδάφους και φυλλώματος ήταν μεγαλύτερη, γεγονός που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες της καλλιεργητικής περιόδου. Ωστόσο αυτό ισορροπήθηκε με την εφαρμογή κουρτινών συσκότισης όπως αναφέρθηκε ανά τακτά χρονικά διαστήματα όπου οι θερμοκρασίες εδάφους και φυλλώματος ήταν αρκετά χαμηλότερες. Οι μέσες θερμοκρασίες της δικής μας μελέτης κυμάνθηκαν από 30 έως 35 °C ενώ οι μέσες θερμοκρασίες υπό την επίδραση των κουρτινών συσκότισης ήταν 23 έως 28 °C.

Όσον αφορά το ύψος, το ξηρό βάρος και την συμπάγεια της ταξιανθίας της κάνναβης έδειξαν ότι επηρεάζονται σημαντικά από τα επίπεδα της ακτινοβολίας που δεχόντουσαν στα διάφορα θερμοκήπια. Στο πείραμα του John Wellhoffer to 2020 που πραγματοποιήθηκε το 2020, οι παραπάνω παράγοντες είχαν καλύτερες αποδόσεις με την βοήθεια της φυσικής ακτινοβολίας και της συμπληρωματικής που εφαρμόστηκε με ειδικούς λαμπτήρες φωτισμού (Wellhoffer, 2020). Ωστόσο στο παρόν πείραμα οπού δεν χρησιμοποιήθηκαν τεχνικά μέσα φωτισμού, το ύψος και οι μετρήσεις ταξιανθίας, έδειξαν θετική συσχέτιση με την αυξανόμενη ακτινοβολία που παρατηρήθηκε στο χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος. Οι διαφορές στις μετρήσεις αυτές αναλύθηκαν παραπάνω με το θερμοκήπιο GH3 να έχεις τις καλύτερες αποδόσεις σε βάρος, συμπάγεια ταξιανθίας, ενώ το ύψος ήταν σχετικά ελάχιστα διαμορφωμένα για τα φυτά των θερμοκηπίων GH1 και GH3.

Συμπερασματικά, είναι εύλογο να υποθέσουμε ότι τα πλαστικά κάλυψης αποτελούν σημαντικό παράγοντα σε μια καλλιέργεια κάνναβης όταν αυτή αφορά θερμοκηπιακές μονάδες. Σύμφωνα με τις μετρήσεις που συλλέξαμε, παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας και διαμορφώνει ένα επιθυμητό περιβάλλον για το φυτό και τις απαιτήσεις του. Μετρήσεις όπως αυτή της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας, δείχνουν να επηρεάζονται σημαντικά και θετικά από το υλικό κάλυψης με αυξημένα επίπεδα. Επιπλέον, ο παράγοντας της ακτινοβολίας συσχετίστηκε θετικά με την περιεκτικότητα του φυτού σε CBD αφού η αύξηση της ακτινοβολίας δείχνει να αυξάνει και την απόδοση του συγκεκριμένου κανναβινοειδούς. Η αύξηση της ακτινοβολίας παρατηρήθηκε ότι βοήθησε και στην αύξηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης η οποία συνδέεται άμεσα με την θερμοκρασία των φύλλων και το ποσοστό της ενεργά φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας που λαμβάνει το φύλλο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adovasio, J. M., Soffer, O., & Klima, B. (1996). Upper Palaeolithic fibre technology: interlaced woven finds from Pavlov I, Czech Republic," c". 26,000 years ago. *Antiquity, 70*(269), 526.

Andre, C. M., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2016). Cannabis sativa: the plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in plant science, 7*, 19.

Banwell, E., Pavisian, B., Lee, L., & Feinstein, A. (2016). Attitudes to cannabis and patterns of use among Canadians with multiple sclerosis. *Multiple sclerosis and related disorders, 10*, 123-126.

Bocsa, I., & Karus, M. (1998). *The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting*: Hemptech.

Bonini, S. A., Premoli, M., Tambaro, S., Kumar, A., Maccarinelli, G., Memo, M., & Mastinu, A. (2018). Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history. *Journal of ethnopharmacology, 227*, 300-315.

Both, A. (2002). Greenhouse glazing. *Horticultural Engineering Newsletter. Rutgers Cooperative Extension, 17*, 5-6.

Brenneisen, R. (2007). Chemistry and analysis of phytocannabinoids and other Cannabis constituents *Marijuana and the Cannabinoids* (pp. 17-49): Springer.

Briosi, G., & Tognini, F. (1894). *Intorno alla anatomia della canapa (Cannabis sativa L.)*: Tip. Bernardoni di C. Rebeschini e c.

Brook, J. S., Lee, J. Y., Finch, S. J., Koppel, J., & Brook, D. W. (2011). Psychosocial factors related to cannabis use disorders. *Substance abuse, 32*(4), 242-251.

Calzolari, D., Magagnini, G., Lucini, L., Grassi, G., Appendino, G., & Amaducci, S. (2017). High added-value compounds from Cannabis threshing residues. *Industrial Crops and Products, 108*, 558-563.

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.

Chandra, S., Lata, H., & ElSohly, M. A. (2017). *Cannabis sativa L.-botany and biotechnology*: Springer.

Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2011). Temperature response of photosynthesis in different drug and fiber varieties of Cannabis sativa L. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 17*(3), 297.

Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). Cannabis sativa L.: botany and horticulture *Cannabis sativa L.-Botany and Biotechnology* (pp. 79-100): Springer.

Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2010). Assessment of cannabinoids content in micropropagated plants of Cannabis sativa and their comparison with conventionally propagated plants and mother plant during developmental stages of growth. *Planta medica, 76*(07), 743-750.

Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2015). Light dependence of photosynthesis and water vapor exchange characteristics in different high Δ9-THC yielding varieties of Cannabis sativa L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2*(2), 39-47.

Chandra, S., Radwan, M. M., Majumdar, C. G., Church, J. C., Freeman, T. P., & ElSohly, M. A. (2019). New trends in cannabis potency in USA and Europe during the last decade (2008–2017). *European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 269*(1), 5-15.

Cherney, J. H., & Small, E. (2016). Industrial hemp in North America: production, politics and potential. *Agronomy, 6*(4), 58.

Citti, C., Braghiroli, D., Vandelli, M. A., & Cannazza, G. (2018). Pharmaceutical and biomedical analysis of cannabinoids: a critical review. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 147*, 565-579.

Clarke, R. C., & Merlin, M. D. (2013). *Cannabis: evolution and ethnobotany*: Univ of California Press.
Clarke, R. C., & Watson, D. P. (2007). Cannabis and natural cannabis medicines *Marijuana and the Cannabinoids* (pp. 1-15): Springer.
Cockshull, K., Graves, C., & Cave, C. R. (1992). The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science, 67*(1), 11-24.
Coffman, C., & Gentner, W. (1977). Responses of Greenhouse-grown Cannabis sativa L. to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium 1. *Agronomy Journal, 69*(5), 832-836.
Ehrensing, D. T. (1998). Feasibility of industrial hemp production in the United States Pacific Northwest.
ElSohly, M. A., & Slade, D. (2005). Chemical constituents of marijuana: the complex mixture of natural cannabinoids. *Life sciences, 78*(5), 539-548.
ElSohly, M. A., Wachtel, S. R., & de Wit, H. (2003). Cannabis versus THC: response to Russo and McPartland. *Psychopharmacology, 165*(4), 433-434.
Emboden, W. A. (1974). Cannabis—a polytypic genus. *Economic Botany, 28*(3), 304-310.
Fischedick, J. T., Hazekamp, A., Erkelens, T., Choi, Y. H., & Verpoorte, R. (2010). Metabolic fingerprinting of Cannabis sativa L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes. *Phytochemistry, 71*(17-18), 2058-2073.
Fleming, M. P., & Clarke, R. C. (1998). Physical evidence for the antiquity of Cannabis sativa L. *Journal of the International Hemp Association, 5*(2), 80-95.
Grandon, B., Bloomquist, M., Edmisten, K., Davis, J., & Post, A. low-THC Cannabis sativa Hemp Strains.
Grassi, G., & McPartland, J. M. (2017). Chemical and Morphological Phenotypes in Breeding of Cannabis sativa L *Cannabis sativa L.-Botany and Biotechnology* (pp. 137-160): Springer.
Grotenhermen, F., & Russo, E. (2002). *Cannabis and cannabinoids: pharmacology, toxicology, and therapeutic potential*: Psychology Press.
Haney, A., & Bazzaz, F. (1970). Discussion in The botany and chemistry of Cannabis. *Churchill, London*.
Haney, A., & Kutscheid, B. B. (1975). An ecological study of naturalized hemp (Cannabis sativa L.) in east-central Illinois. *American Midland Naturalist*, 1-24.
Happyana, N., Agnolet, S., Muntendam, R., Van Dam, A., Schneider, B., & Kayser, O. (2013). Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal Cannabis sativa using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry, 87*, 51-59.
Harris, L., Dewey, W., & Razdan, R. (1977). Cannabis *Drug Addiction II* (pp. 371-429): Springer.
Hayward, H. E. (1938). The structure of economic plants, Chapter VIII, Moraceae, Cannabis sativa. *The University of Chicago, Hempology. org: The study of hemp*, 214-245.
Hazekamp, A., Peltenburg, A., Verpoorte, R., & Giroud, C. (2005). Chromatographic and spectroscopic data of cannabinoids from Cannabis sativa L. *Journal of liquid chromatography & related technologies, 28*(15), 2361-2382.
Heuvelink, E., & Dorais, M. (2005). Crop growth and yield. *CROP PRODUCTION SCIENCE IN HORTICULTURE, 13*, 85.
Hillig, K. W. (2004). A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in Cannabis. *Biochemical systematics and ecology, 32*(10), 875-891.
Hillig, K. W. (2005). Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution, 52*(2), 161-180.
Hillig, K. W., & Mahlberg, P. G. (2004). A chemotaxonomic analysis of cannabinoid variation in Cannabis (Cannabaceae). *American Journal of Botany, 91*(6), 966-975.

Hosking, R., & Zajicek, J. (2014). Pharmacology: Cannabis in neurology—A potted review. *Nature Reviews Neurology, 10*(8), 429.
IVÁNYI, I. (2011). Relationship between leaf nutrient concentration and the yield of fibre hemp (Cannabis sativa L.). *Research Journal of Agricultural Science, 43*(3).
Jiang, H.-E., Li, X., Zhao, Y.-X., Ferguson, D. K., Hueber, F., Bera, S., . . . Li, C.-S. (2006). A new insight into Cannabis sativa (Cannabaceae) utilization from 2500-year-old Yanghai Tombs, Xinjiang, China. *Journal of ethnopharmacology, 108*(3), 414-422.
Jordan, H. V., Lang, A., & Enfield, G. H. (1946). Effects of Fertilizers on Yields and Breaking Strengths of American Hemp, Cannabis Sativa 1. *Agronomy Journal, 38*(6), 551-562.
Kalant, H. (2016). A critique of cannabis legalization proposals in Canada. *International Journal of Drug Policy, 34*, 5-10.
Kim, E.-S., & Mahlberg, P. G. (1997). Plastid development in disc cells of glandular trichomes of Cannabis (Cannabaceae). *Molecules and cells, 7*, 352-359.
Kim, E. S., & Mahlberg, P. G. (1997). Immunochemical localization of tetrahydrocannabinol (THC) in cryofixed glandular trichomes of Cannabis (Cannabaceae). *American Journal of botany, 84*(3), 336-342.
Kinghorn, A. D., Falk, H., Gibbons, S., & Kobayashi, J. (2017). *Phytocannabinoids*: Springer.
Koppel, B. S. (2015). Cannabis in the treatment of dystonia, dyskinesias, and tics. *Neurotherapeutics, 12*(4), 788-792.
Koppel, B. S., Brust, J. C., Fife, T., Bronstein, J., Youssof, S., Gronseth, G., & Gloss, D. (2014). Systematic review: efficacy and safety of medical marijuana in selected neurologic disorders: report of the Guideline Development Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology, 82*(17), 1556-1563.
Kriese, U., Schumann, E., Weber, W., Beyer, M., & Brühl, L. (2004). Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 Cannabis sativa L. genotypes. *Euphytica, 137*(3), 339-351.
Li, H.-L. (1974). An archaeological and historical account of cannabis in China. *Economic Botany, 28*(4), 437-448.
Li, H. (1973). The origin & Use of: Cannabis.
Li, S.-Y., Stuart, J. D., Li, Y., & Parnas, R. S. (2010). The feasibility of converting Cannabis sativa L. oil into biodiesel. *Bioresource technology, 101*(21), 8457-8460.
Marcelis, L. F., Heuvelink, E., & Goudriaan, J. (1998). Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae, 74*(1-2), 83-111.
Max, J. F., Reisinger, G., Hofmann, T., Hinken, J., Tantau, H.-J., Ulbrich, A., . . . Schurr, U. (2012). Glass–film-combination: Opto-physical properties and energy saving potential of a novel greenhouse glazing system. *Energy and Buildings, 50*, 298-307.
McGuire, P., Jones, P., Harvey, I., Williams, M., McGuffin, P., & Murray, R. (1995). Morbid risk of schizophrenia for relatives of patients with cannabis-associated psychosis. *Schizophrenia research, 15*(3), 277-281.
McPartland, J. M., & Guy, G. W. (2004). The evolution of Cannabis and coevolution with the cannabinoid receptor—a hypothesis. *The Medicinal Use of Cannabis. London: Royal Society of Pharmacists*, 71-102.
McPartland, J. M., & Guy, G. W. (2017). Models of Cannabis taxonomy, cultural bias, and conflicts between scientific and vernacular names. *The botanical review, 83*(4), 327-381.
Mehmedic, Z., Chandra, S., Slade, D., Denham, H., Foster, S., Patel, A. S., . . . ElSohly, M. A. (2010). Potency trends of Δ9-THC and other cannabinoids in confiscated cannabis preparations from 1993 to 2008. *Journal of forensic sciences, 55*(5), 1209-1217.
Meijer, W. d., Van der Werf, H., Mathijssen, E., & Van den Brink, P. (1995). Constraints to dry matter production in fibre hemp (Cannabis sativa L.). *European Journal of Agronomy, 4*(1), 109-117.

Menzel, M. Y. (1964). Meiotic chromosomes of monoecious Kentucky hemp (Cannabis sativa). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 193-205.

Morimoto, S., Komatsu, K., Taura, F., & Shoyama, Y. (1998). Purification and characterization of cannabichromenic acid synthase from Cannabis sativa. *Phytochemistry, 49*(6), 1525-1529.

Morita, M., & Ando, H. (1984). Analysis of hashish oil by gas chromatography/mass spectrometry. *Kagaku Keisatsu Kenkyusho Hokoku Hokagaku Hen, 37*(2), 137-140.

Ola, D. C., Budde, J., & Gusovius, H. (2015). A Thermovision Assessment Method of Quality for Oily Seeds (Cannabis Sativa L.). *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II, 8*(2), 91.

Oomah, B. D., Busson, M., Godfrey, D. V., & Drover, J. C. (2002). Characteristics of hemp (Cannabis sativa L.) seed oil. *Food chemistry, 76*(1), 33-43.

Overbaugh, E. (2019). The Effect of Seeding Rate, Fertility and Cultivar on the Production of Industrial Hemp (Cannabis sativa L.) in North Carolina.

Pagnani, G., Pellegrini, M., Galieni, A., D'Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., . . . Pisante, M. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in Cannabis sativa 'Finola'cultivation: An alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial crops and products, 123*, 75-83.

Pertwee, R. G. (2005). Pharmacological actions of cannabinoids *Cannabinoids* (pp. 1-51): Springer.

Pollet, I., & Pieters, J. (2002). PAR transmittances of dry and condensate covered glass and plastic greenhouse cladding. *Agricultural and forest meteorology, 110*(4), 285-298.

Potter, D. (2009). *The propagation, characterisation and optimisation of cannabis sativa L as a phytopharmaceutical.* King's College London.

Raman, A. (1998). The cannabis plant: botany, cultivation and processing for use. *The Genus Cannabis*, 29.

Ross, S., & ElSohly, M. (1995). Constituents of Cannabis sativa L. XXVIII—A review of the natural constituents: 1980–1994. *Zagazig J. Pharm. Sci, 4*, 1-10.

Russo, E. B. (2007). History of cannabis and its preparations in saga, science, and sobriquet. *Chemistry & biodiversity, 4*(8), 1614-1648.

Russo, E. B. (2008). Cannabinoids in the management of difficult to treat pain. *Therapeutics and clinical risk management, 4*(1), 245.

Russo, E. B., & Hohmann, A. G. (2013). Role of cannabinoids in pain management *Comprehensive treatment of chronic pain by medical, interventional, and integrative approaches* (pp. 181-197): Springer.

Russo, E. B., & McPartland, J. M. (2003). Cannabis is more than simply Δ 9-tetrahydrocannabinol. *Psychopharmacology, 165*(4), 431-432.

Sausserde, R., & Adamovics, A. (2013). Effect of nitrogen fertilizer rates on industrial hemp (Cannabis sativa L.) Biomass production. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 1*, 339.

Shoyama, Y., Takeuchi, A., Taura, F., Tamada, T., Adachi, M., Kuroki, R., & Morimoto, S. (2005). Crystallization of Δ1-tetrahydrocannabinolic acid (THCA) synthase from Cannabis sativa. *Acta Crystallographica Section F: Structural Biology and Crystallization Communications, 61*(8), 799-801.

Sirikantaramas, S., Taura, F., Tanaka, Y., Ishikawa, Y., Morimoto, S., & Shoyama, Y. (2005). Tetrahydrocannabinolic acid synthase, the enzyme controlling marijuana psychoactivity, is secreted into the storage cavity of the glandular trichomes. *Plant and Cell Physiology, 46*(9), 1578-1582.

Small, E. (1975). Morphological variation of achenes of Cannabis. *Canadian Journal of Botany, 53*(10), 978-987.

Small, E. (2015). Evolution and classification of Cannabis sativa (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *The Botanical Review, 81*(3), 189-294.
Small, E. (2016). *Cannabis: a complete guide*: CRC Press.
Small, E., & Cronquist, A. (1976). A practical and natural taxonomy for Cannabis. *Taxon*, 405-435.
Small, E., & Marcus, D. (2002). Hemp: a new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*, 284-326.
Struik, P., Amaducci, S., Bullard, M., Stutterheim, N., Venturi, G., & Cromack, H. (2000). Agronomy of fibre hemp (Cannabis sativa L.) in Europe. *Industrial Crops and Products, 11*(2-3), 107-118.
Tang, K., Struik, P., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., & Amaducci, S. (2016). Comparing hemp (Cannabis sativa L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products, 87*, 33-44.
Tantau, H.-J., Hinken, J., von Elsner, B., Max, J., Ulbrich, A., Schurr, U., . . . Reisinger, G. (2012). *Solar transmittance of greenhouse covering materials.* Paper presented at the VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956.
Taura, F., Sirikantaramas, S., Shoyama, Y., Shoyama, Y., & Morimoto, S. (2007). Phytocannabinoids in Cannabis sativa: recent studies on biosynthetic enzymes. *Chemistry & biodiversity, 4*(8), 1649-1663.
Taura, F., Sirikantaramas, S., Shoyama, Y., Yoshikai, K., Shoyama, Y., & Morimoto, S. (2007). Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type Cannabis sativa. *FEBS letters, 581*(16), 2929-2934.
Ter Bogt, T., Schmid, H., Nic Gabhainn, S., Fotiou, A., & Vollebergh, W. (2006). Economic and cultural correlates of cannabis use among mid-adolescents in 31 countries. *Addiction, 101*(2), 241-251.
Townshend, J., & Boleyn, J. (2008). *Plant density effect on oil seed yield and quality of industrial hemp cv. Fasamo in Canterbury.* Paper presented at the Seed symposium: Seeds for futures.
Turner, J. C., Hemphill, J. K., & Mahlberg, P. G. (1977). Gland Distribution and Cannabinoid Content in Clones of Cannabis sativa L. *American journal of botany, 64*(6), 687-693.
Van der Werf, H., & Van den Berg, W. (1995). Nitrogen fertilization and sex expression affect size variability of fibre hemp (Cannabis sativa L.). *Oecologia, 103*(4), 462-470.
Van der Werf, H. M., Van Geel, W., Van Gils, L., & Haverkort, A. (1995). Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (Cannabis sativa L.). *Field Crops Research, 42*(1), 27-37.
Vanhove, W., Van Damme, P., & Meert, N. (2011). Factors determining yield and quality of illicit indoor cannabis (Cannabis spp.) production. *Forensic Science International, 212*(1-3), 158-163.
Wellhoffer, J. (2020). The Effects of Light Spectra on the Growth and Development of Greenhouse CBD Hemp.
Whiting, P. F., Wolff, R. F., Deshpande, S., Di Nisio, M., Duffy, S., Hernandez, A. V., . . . Ryder, S. (2015). Cannabinoids for medical use: a systematic review and meta-analysis. *Jama, 313*(24), 2456-2473.
Willis, I. (1859). Cannabis indica. *The Boston Medical and Surgical Journal, 61*(9), 173-178.
Yang, R., Liu, G., Li, M., Zhang, J., & Hao, X. (2012). Preparation and N2, CO2 and H2 adsorption of super activated carbon derived from biomass source hemp (Cannabis sativa L.) stem. *Microporous and Mesoporous Materials, 158*, 108-116.