



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παραγωγή θηλυκών φυτών από πιστοποιημένες ποικιλίες βιολογικής
κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)

ΣΒΑΡΝΑΣ ΙΩΝΑΘΑΝ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπουσα: Βογιατζή-Καμβούκου Ελένη

Λάρισα 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Παραγωγή θηλυκών φυτών από πιστοποιημένες ποικιλίες βιομηχανικής
κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)**

ΣΒΑΡΝΑΣ ΙΩΝΑΘΑΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ.: 8217011

Επιβλέπουσα: Βογιατζή-Καμβούκου Ελένη

Λάρισα 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Παραγωγή θηλυκών φυτών από πιστοποιημένες ποικιλίες βιομηχανικής
κάνναβης (*Cannabis sativa* L.)**

ΣΒΑΡΝΑΣ ΙΩΝΑΘΑΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.M.: 8217011

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

1. **Βογιατζή-Καμβούκου Ελένη**, Καθηγήτρια (Επιβλέπουσα)
2. **Μουλάς Ανάργυρος**, Καθηγητής
3. **Γιαννούλης Κυριάκος**, Δρ. Γεωπονίας

Ευχαριστίες

Στην αρχή αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο μου και συμφοιτητή στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα Στέλιο Σουβαλιώτη για τη βοήθεια που παρείχε.

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία μελετήθηκε η παραγωγή μοσχευμάτων πιστοποιημένων ποικιλιών βιομηχανικής κάνναβης, από θηλυκά μητρικά φυτά. Για τον σκοπό αυτό καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπιο παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού οι ποικιλίες βιομηχανικής κάνναβης ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’ και ‘Futura 75’. Τα φυτά διατηρήθηκαν στο βλαστικό στάδιο με φωτοπερίοδο 24 ωρών. Επιπλέον, έγιναν 3 μεταφυτεύσεις, 3 κλαδέματα διαμόρφωσης κόμης, λιπάνσεις πλούσιες σε άζωτο για την διατήρηση του βλαστικού σταδίου και εφαρμογές με βιοδιεγέρτες. Η επιλογή των θηλυκών μητρικών φυτών έγινε στο στάδιο της προάνθισης, από έναν πληθυσμό 45 φυτών. Η διαδικασία αυτή αποδείχθηκε δύσκολη εφόσον οι ποικιλίες είναι μόνοικες. Όταν ξεκίνησε η διαδικασία της παραγωγής των μοσχευμάτων, έγινε επαγωγή της άνθισης στα μητρικά φυτά για επαλήθευση του φύλου τους. Τα μητρικά φυτά που επιλέχθηκαν αποδείχθηκε πως είχαν έντονο το θηλυκό γνώρισμα, με αναρίθμητα υπεροφόρα άνθη και ελάχιστα στημονοφόρα (στο ίδιο φυτό). Ο σκοπός της εργασίας ήταν η παραγωγή γενετικά ομοιόμορφων θηλυκών φυτών κλώνων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλλιέργεια και παραγωγή ταξιανθιών πλούσιες σε κανναβιδιόλη (CBD) σε κλειστούς και ειδικά διαμορφομένους θαλάμους ανάπτυξης ή θερμοκήπια. Η καλλιέργεια αυτή πρέπει να γίνεται σε ελεγχόμενες συνθήκες και πλήρη έλεγχο των παραγόντων ανάπτυξης όπως η ένταση και η ποιότητα του φωτός, η θερμοκρασία, τα επίπεδα CO₂, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στις λιπάνσεις, η ποσότητα και η συχνότητα της άρδευσης αλλά και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας του χώρου ανάπτυξης.

Abstract

In this work, the production of cuttings of certified varieties of industrial hemp, from female mother plants, was studied. For this purpose, the varieties of industrial hemp ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’ and ‘Futura 75’ were cultivated in a plant propagation greenhouse. The plants were preserved in the vegetative stage with a photoperiod of 24 hours. In addition, 3 transplantings, 3 structural prunings, nitrogen-rich fertilizations for vegetative stage maintenance and applications with biostimulants were performed. The selection of female mother plants was done at the pre-flowering stage, from a population of 45 plants. This process proved to be difficult as the varieties are monoecious. When the cuttings production began, flowering was induced in mother plants to verify their sex. The selected mother plants turned out to be strongly female, with innumerable pistillate flowers and very few staminate (in the same plant). The aim of this work was to produce genetically uniform female clone plants, which can be used for growing and producing cannabidiol (CBD) rich inflorescences in closed and specially formed growth chambers or greenhouses. This cultivation must be done under controlled conditions and complete control of growth factors such as light intensity and quality, temperature, CO₂ levels, nutrient concentrations in fertilizations, amount and frequency of irrigation and relative humidity of the cultivation room.

Στη Δανάη..

Α. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Γενικά στοιχεία

1.1. Συστηματική ταξινόμηση *Cannabis sativa* L., κατηγορίες
φαινότυπων και γεωγραφική εξάπλωση 1

1.2. Μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά 3

1.3. Χαρακτηριστικά φυσιολογίας 6

1.4. Βιοσύνθεση φυτοκανναβινοειδών, κατηγορίες και γενετική
κληρονομία χημειότυπων 9

1.5. Βελτίωση ποικιλιών βιομηχανικής κάνναβης 13

2. Καλλιεργητική τεχνική 14

2.1. Εγγενής, αγενής πολλαπλασιασμός και μικροπολλαπλασιασμός 15

2.2. Καλλιέργεια εσωτερικού χώρου και θερμοκηπίων 16

2.3. Υπαίθρια καλλιέργεια 18

2.4. Συγκομιδή, επεξεργασία και αποθήκευση 19

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σκοπός της εργασίας 21

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Παραγωγή θηλυκών μητρικών φυτών 22

2.2. Παραγωγή μοσχευμάτων 38

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση 41

4. Συμπέρασμα 49

5. Παράρτημα

5.1. Θέσεις φυτών 50

5.2. Φύλο μητρικών φυτών 53

5.3. Θερμοκρασία, σχετική υγρασία θερμοκηπίου και ύψη βροχής 54

5.4. Εξοπλισμός και αναλώσιμα 55

5.5. Ημερολόγιο εργασιών 57

Γ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 71

A. Γενικό μέρος

1. Γενικά στοιχεία

1.1. Συστηματική ταξινόμηση *Cannabis sativa* L., κατηγορίες φαινότυπων και γεωγραφική εξάπλωση

Το συγκεκριμένο είδος έχει προκαλέσει έντονο προβληματισμό και διαμάχες στους βοτανολόγους για την ταξινόμηση του, οι οποίοι κατέληξαν στο ότι υπάρχει ένα είδος με διάφορα υποείδη (McPartland & Guy, 2017, Zhang et al., 2018). Παλαιότερα άνηκε στην τάξη Urticales και σε διάφορες οικογένειες μέχρι την δημιουργία της οικογένειας Cannabaceae (McPartland, 2018). Πλέον όλη η τάξη Urticales με τις οικογένειές της ενσωματώθηκαν ως ομάδα στην τάξη Rosales (Sytsma et al., 2002).

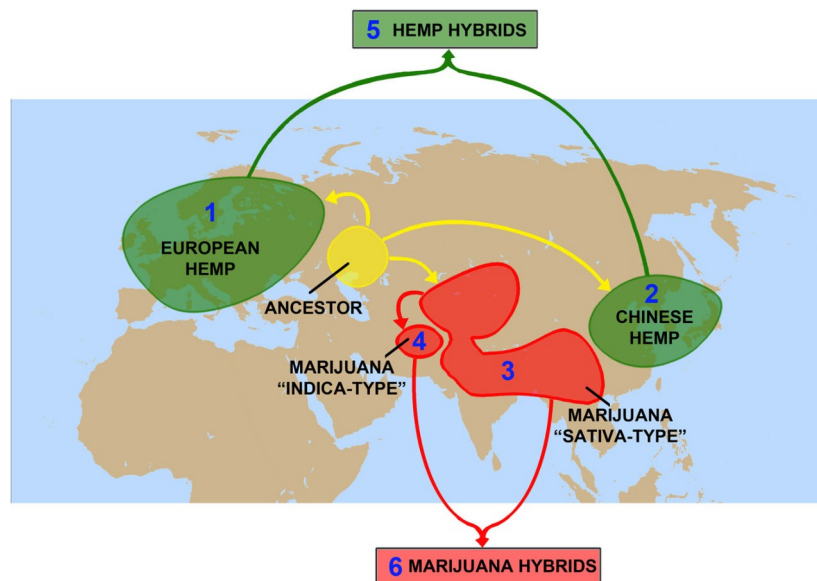
Πίνακας 1.1. Ταξινόμηση *Cannabis sativa* L.

| | |
|------------|---------------------------|
| Βασίλειο | Plantae |
| Άθροισμα | Magnoliophyta |
| Κλάση | Magnoliopsida |
| Τάξη | Rosales |
| Οικογένεια | Cannabaceae |
| Γένος | <i>Cannabis</i> |
| Είδος | <i>Cannabis sativa</i> L. |

Υπάρχουν τέσσερα συστήματα ταξινόμησης της κάνναβης. Σύμφωνα με το πρώτο και παλαιότερο, που είναι και το επικρατέστερο, η κάνναβη *Cannabis sativa* L. είναι μονοφυλετικό είδος, με δύο υποείδη και τέσσερις ποικιλίες *Cannabis sativa* subsp. *sativa* var. *sativa*, *Cannabis sativa* subsp. *sativa* var. *spontanea*, *Cannabis sativa* subsp. *indica* var. *indica* και *Cannabis sativa* subsp. *indica* var. *kafiristanica* (Small & Cronquist, 1976, Small, 2015b). Κατά το δεύτερο σύστημα (Hillig, 2005) η κάνναβη αποτελείται από τρία είδη και επτά διαφορετικούς βιότυπους *Cannabis sativa* “hemp biotype” (βιότυπος κλωστικής), *Cannabis indica* “hemp biotype” (βιότυπος κλωστικής), *Cannabis indica* “narrow-leaflet drug biotype” (βιότυπος φαρμακευτικής με στενό φυλλάριο), *Cannabis indica* “wide-leaflet drug biotype” (βιότυπος φαρμακευτικής με πλατύ φυλλάριο), *Cannabis sativa* “feral biotype” (άγριος βιότυπος), *Cannabis indica* “feral biotype” (άγριος βιότυπος) και *Cannabis ruderalis* “feral biotype” (άγριος βιότυπος). Κατά την θεώρηση του τρίτου συστήματος (McPartland & Guy, 2004) υπάρχουν τρία είδη και έξι υποείδη, *Cannabis sativa* subsp. *sativa*, *Cannabis indica* subsp. *chinensis*,

Cannabis indica subsp. *indica*, *Cannabis indica* subsp. *afghanica*, *Cannabis sativa* subsp. *spontanea*, *Cannabis ruderalis* και *Cannabis indica* subsp. *kafiristanica*. Το τελευταίο σύστημα είναι μετεξέλιξη του προηγούμενου (Clarke & Merlin, 2013), όπου η κάνναβη χωρίζεται σε τρία είδη και εφτά φαινότυπους: *Cannabis sativa* subsp. *sativa* (“narrow leaf hemp” NLH) (στενόφυλλη κλωστική), *Cannabis indica* subsp. *chinensis* (“broad leaf hemp” BLH) (πλατύφυλλη κλωστική), *Cannabis indica* subsp. *indica* (“narrow leaf drug” NLD) (στενόφυλλη φαρμακευτική), *Cannabis indica* subsp. *afghanica* (“broad leaf drug” BLD) (πλατύφυλλη φαρμακευτική), *Cannabis sativa* subsp. *spontanea* (“narrow leaf hemp ancestor” NLHA) (πρόγονος στενόφυλλης κλωστικής), *Cannabis indica* subsp. *kafiristanica* (“narrow leaf drug ancestor” NLDA) (πρόγονος στενόφυλλης φαρμακευτικής) και *Cannabis ruderalis* (“putative ancestor” PA) (θεωρούμενος πρόγονος).

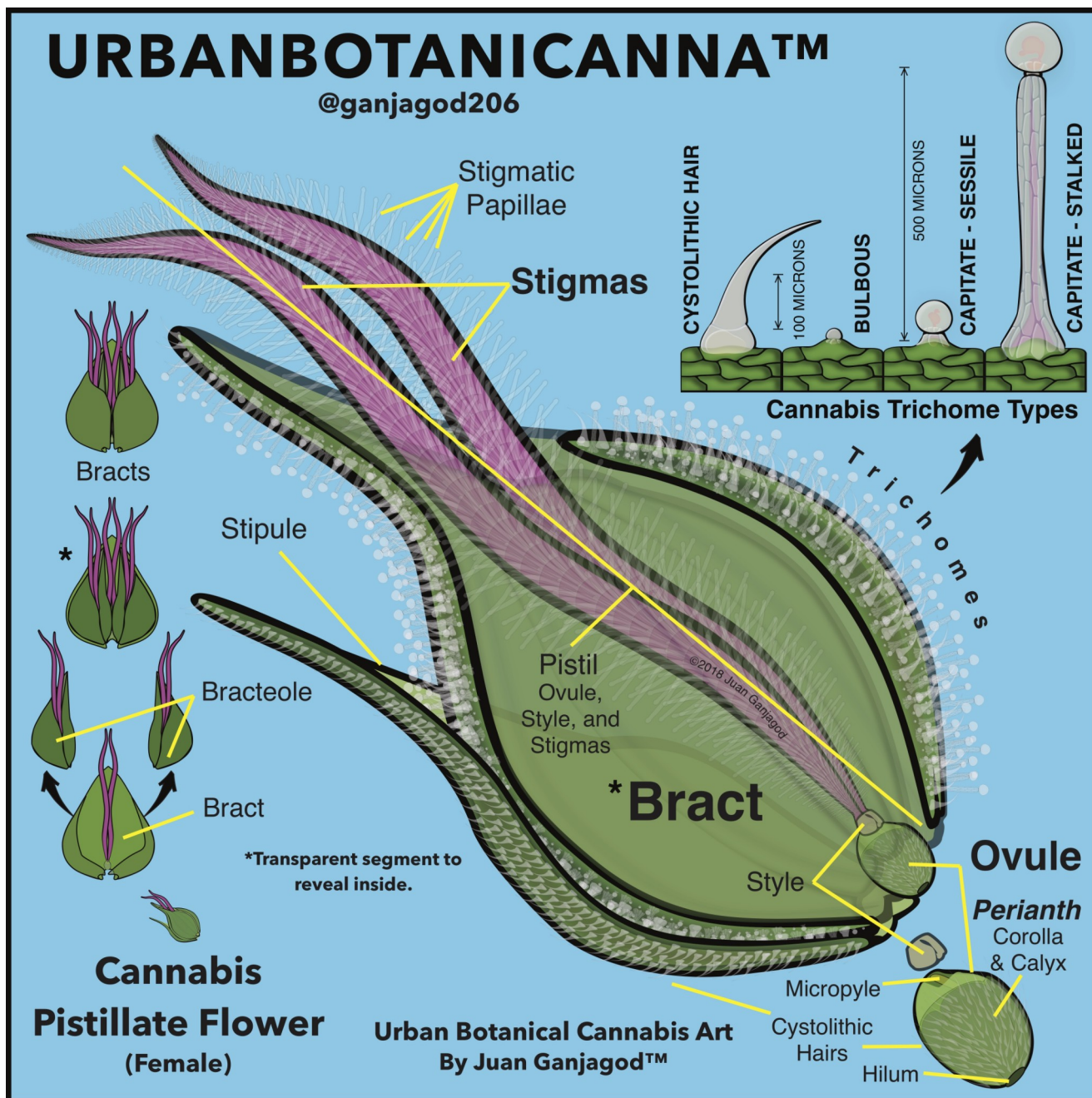
Από τις παραπάνω μελέτες για την ταξινόμηση της κάνναβης, έχει προταθεί και ένα μοντέλο για την γεωγραφική της εξάπλωση (Εικ. 1.1). Έτσι, υπήρξαν πληθυσμοί κάνναβης που εξημερώθηκαν ως κλωστικά φυτά στη Δυτική Ασία και την Ευρώπη, με χαμηλό THC και υψηλό CBD (1), τα φυτά αυτά χαρακτηρίζονται και ως NLH. Επίσης, άλλοι πληθυσμοί εξημερώθηκαν για τον ίδιο σκοπό στην Ανατολική Ασία, ιδίως στην Κίνα με χαμηλά έως μέτρια ποσοστά THC και υψηλό CBD (2), και χαρακτηρίζονται ως BLH. Άλλα φυτά εξημερώθηκαν σε μια μεγάλη περιοχή της νοτιοκεντρικής Ασίας για την υψηλή περιεκτικότητά τους σε THC, γνωστά και ως NLD ή τύπος *sativa* (3). Ενώ άλλα φυτά εξημερώθηκαν στη Νότια Ασία, στο Αφγανιστάν και τις γειτονικές χώρες, για τις υψηλές ποσότητες τόσο σε THC όσο και σε CBD και χαρακτηρίζονται ως BLD ή τύπος *indica* (4). Επιπλέον, δημιουργήθηκαν υβρίδια μεταξύ των κατηγοριών (1) και (2), αλλά και ανάμεσα στις (3) και (4).



Εικόνα 1.1. Η γεωγραφική εξάπλωση της κάνναβης (Small, 2015a, 2015b).

1.2. Μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά

Η μορφολογία και η ανατομία της κάνναβης έχει αναλυθεί σε αρκετές μελέτες (Chandra et al., 2017, Hayward, 1938, Reed, 1914, Small, 1975, Small & Antle, 2007, Small & Naraine, 2016a, Spitzer-Rimon et al., 2019). Η κάνναβη είναι ετήσιο φυτό, όρθιας έκπτυξης με μεγάλη ανάπτυξη κυρίως δίοικο, σπανιότερα μόνικο, η άνθιση ξεκινά Ιούλιο με Αύγουστο και είναι ανεμόφιλο φυτό. Οι κοτυληδόνες των σπορόφυτων είναι ασύμμετρες. Η ρίζα είναι πασαλώδης και οι βλαστοί είναι κοίλοι, κυλινδρικοί με επιμήκεις γραμμές και οι δευτερογενείς βραχίονες διακλαδώνονται αντίθετα ή εναλλασσόμενα. Τα φύλλα είναι σύνθετα παλαμοειδή έμμισχα με τρία έως και δεκατρία φυλλάρια και ακτινωτή νεύρωση. Η διάταξη των φύλλων είναι αντίθετη στο βλαστικό στάδιο ανάπτυξης και στα νέα φύλλα του ανθικού σταδίου η διάταξη αλλάζει σε εναλλασσόμενη. Τα φυλλάρια είναι οδοντωτά, λογχοειδή, οξύληκτα και έχουν σκούρο πράσινο χρώμα στην πάνω επιφάνειά τους και ανοιχτό πράσινο στην κάτω. Στα σπορόφυτα, τα πρώτα πραγματικά φύλλα έχουν από ένα φυλλάριο και το δεύτερο και τρίτο ζευγάρι φύλλων από τρία και πέντε φυλλάρια αντίστοιχα. Κάποιες φορές τα νεαρά φυλλάρια είναι ενωμένα. Κάθε φυλλάριο έχει μια κύρια κεντρική νεύρωση και αρκετές δευτερογενείς νευρώσεις σε κάθε πλευρά. Οι νευρώσεις δημιουργούν αυλακώσεις στην πάνω επιφάνεια των φύλλων και προεξέχουν από την κάτω επιφάνεια των φύλλων. Οι μίσχοι είναι κυλινδρικοί, με μια μεσαία αυλάκωση στην πάνω πλευρά τους και καλύπτονται από αδενώδη και μη αδενώδη τριχίδια ανάλογα το αναπτυξιακό στάδιο. Η αρσενική ταξιανθία εκπτύσσεται μασχαλιαία, είναι χαλαρά διακλαδισμένη κυματώδης φόβη και έχει ανοιχτό πράσινο χρώμα. Κάθε άνθος αποτελείται από πέντε τέπαλα, πέντε στήμονες και ένα μικρό ποδίσκο. Τα τέπαλα είναι ωοειδή επιμήκη κίτρινα ή λευκοπράσινα, και από μέσα τους κρέμονται οι στήμονες από τα νήματα και φέρουν επιμήκεις ανθήρες. Η θηλυκή ταξιανθία έχει σκούρο πράσινο χρώμα και είναι στάχης. Τα άνθη απαντώνται σε ζευγάρια προς την κορυφή του βλαστού (Εικ. 1.2). Κάθε άνθος περιέχει τον ύπερο που αποτελείται από την ωοθήκη με ένα ωάριο και βραχύ στύλο που καταλήγει σε ένα ζευγάρι από δυο μακριά τριχοειδή στίγματα, συνήθως λευκά ή κίτρινα, ένα μεμβρανώδες περιάνθιο που καλύπτει την ωοθήκη και τα βράκτια φύλλα. Το περιάνθιο καλύπτει τα δυο τρίτα της ωοθήκης στην ωρίμανση. Τα βράκτια φύλλα έχουν πράσινο χρώμα με επικαλυπτόμενες άκρες που εσωκλείουν το θηλυκό άνθος εκτός των στιγμάτων που προεξέχουν. Τα αρσενικά φυτά είναι συνήθως ψηλότερα και ανθίζουν νωρίτερα από τα θηλυκά που είναι πιο εύρωστα και ζωηρά. Ο καρπός είναι αχάινιο, ωοειδής, ελλειψοειδής ή ημισφαιρικός, λείος, ελαφρώς πιεσμένος, χρώματος γκρι καφέ και διάστικτος με σκληρό περισπέρμιο.



Εικόνα 1.2. Η μορφολογία θηλυκού άνθους κάνναβης (Frank, 2018)

Στην διατομή του φύλλου της κάνναβης διακρίνεται το λεπτό έλασμα και οι κύριες νευρώσεις. Στην άνω επιδερμίδα υπάρχουν τα κυστολιθικά τριχίδια με μεγάλη βάση που περιέχει τους κυστολιθικούς κρυστάλλους. Στην κάτω επιδερμίδα του φύλλου υπάρχουν πολυάριθμα αδενώδη και μη αδενώδη τριχίδια. Τα στόματα βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια του φύλλου. Το μεσόφυλλο περιέχει το σπογγώδες και το δρυφακτοειδές παρέγχυμα. Το δρυφακτοειδές παρέγχυμα καταλαμβάνει παραπάνω από το μισό πάχος του ελάσματος και τα κύτταρα του σπογγώδους παρεγχύματος είναι χαλαρά

κατανεμημένα με μεγάλα διαστήματα αέρος που οδηγούν στα στόματα. Η διατομή της κεντρικής νεύρωσης δείχνει μία ετερόπλευρη ηθμαγγειώδη δεσμίδα, με λίγα κολλέγχυματικά κύτταρα στην πάνω και κάτω επιφάνειά της. Επίσης, στο φλοιώμα εντοπίζονται γαλακτοφόροι σωλήνες με καφέ-κίτρινες εκκρίσεις. Κρύσταλλοι οξαλικού ασβεστίου εντοπίζονται στο μεσόφυλλο και στο φλοιώδες παρέγχυμα των αγγείων. Ο μίσχος είναι σχεδόν τριγωνικός με αυλάκωση στην πάνω πλευρά του. Στην επιδερμίδα του βρίσκονται πολλά αδενώδη και μη αδενώδη τριχίδια. Αμέσως μετά την επιδερμίδα βρίσκεται το κολέγχυμα και το χλωρέγχυμα, στο εσωτερικό τους υπάρχει η ηθμαγγειώδης δεσμίδα με το ξύλωμα στην επάνω πλευρά και το φλοιώμα στην κάτω. Επίσης, στο φλοιώμα υπάρχουν γαλακτοφόροι σωλήνες. Ο βλαστός έχει κυματοειδή εξωτερική επιφάνεια λόγω αυλακώσεων και ραβδώσεων. Στην επιδερμίδα του βρίσκονται πολλά αδενώδη και μη αδενώδη τριχίδια. Ακολουθεί η υποδερμίδα και στρώσεις χλωρεγγύματος. Αμέσως μετά βρίσκεται το περικύκλιο με πολλές περικυκλικές ίνες ανάμεσα σε παρεγχυματικά κύτταρα. Αυτές οι ίνες έχουν σκληροποιημένα και λιγνιτοποιημένα τοιχώματα. Το δευτερογενές φλοιώμα σχηματίζει δακτύλιο που απαρτίζεται από ηθμώδεις σωλήνες, παρέγχυμα και γαλακτοφόρους σωλήνες. Το κάμβιο έχει αρκετές στρώσεις κυττάρων και το ξύλωμα απαρτίζεται από πολλά αγγεία ακτινωτά διατεταγμένα. Η κάθετη διατομή της κύριας ρίζας δείχνει μια στρώση επιδερμικών κυττάρων και μια υποδερμικών. Ακολουθεί ο παρεγχυματικός φλοιός και το περικύκλιο. Οι ηθμαγγειώδεις δεσμίδες αποτελούνται από διαρκικό ξύλωμα και δυο δεσμίδες φλοιώματος. Στην διατομή του καρπού φαίνονται το περικάρπιο που περιλαμβάνει περίβλημα το καρπού και το επικάρπιο. Η υποδερμίδα αποτελείται από στρώσεις παρεγχυματικών κυττάρων. Η εσωτερική πλευρά του περικαρπίου αποτελείται από δρυφακτοειδή κύτταρα με σκληροποιημένα κυτταρικά τοιχώματα. Ακολουθεί το περισπέρμιο και το ενδοσπέρμιο που περιέχει αμυλόκοκκους. Το έμβρυο έχει σχήμα U και αποτελείται από δυο κοτυληδόνες που εσωκλείουν το επικοτύλιο, το υποκοτύλιο και το ριζίδιο.

Σχεδόν όλα τα υπέργεια τμήματα της κάνναβης καλύπτονται από τριχίδια, τα οποία χωρίζονται σε δυο κατηγορίες τα αδενώδη τριχίδια και τα μη αδενώδη τριχίδια. Υπάρχουν πολλές μελέτες που περιγράφουν την μορφολογία των τριχιδίων, την μορφογένεση και τον σχηματισμό τους, αλλά και τα στάδια και τα σημεία στα οποία βιοσυνθέτονται και αποθηκεύονται τα φυτοκανναβινοειδή στα τριχίδια (Conneely et al., 2021, Dayanandan & Kaufman, 1976, de Pasquale, 1974, Fairbairn, 1972, Furr & Mahlberg, 1981, Hammond & Mahlberg, 1973, 1977, Happyana et al., 2013, Kim & Mahlberg, 1991, 1995, 2003, Lanyon et al., 1981, Livingston et al., 2019, Mahlberg & Kim, 1991, 2004, Mitosinka et al., 1972, Potter, 2009, Small & Naraine, 2016b, Turner et al., 1977, 1978, 1980, 1981a, 1981b). Στα αδενώδη τριχίδια γίνεται η βιοσύνθεση και αποθήκευση των περισσότερων τερπενίων και των φυτοκανναβινοειδών. Λόγω της έκκρισης ρητίνης μεταξύ των εκκριτικών κυττάρων και της εφουμενίδας, σχηματίζονται κεφαλές με σφαιρικό σχήμα. Η περιεχόμενη ρητίνη είναι διαυγής στα

αρχικά στάδια και σε κάποιες περιπτώσεις παραμένει έτσι μέχρι την ωρίμανση. Όμως, πολλές φορές παρατηρείται αλλαγή χρώματος σε λευκό κατά την ωρίμανση με την αύξηση της συγκέντρωσης σε φυτοκανναβινοειδή. Προς το στάδιο της γήρανσης η ρητίνη αποκτά καφέ χρωματισμό και οι εκκριτικές κεφαλές αποκόπτονται εύκολα. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αδενωδών τριχιδίων, τα αδενώδη τριχίδια με έμμιση κεφαλή, τα αδενώδη τριχίδια με άμιση κεφαλή και τα βολβοειδή αδενώδη τριχίδια. Τα αδενώδη τριχίδια με έμμιση κεφαλή, έχουν μια μεγάλη εκκριτική σφαιρική κεφαλή με μεγάλο πολυκύτταρο μίσχο και απαντώνται σε αφθονία στα ώριμα βράκτια φύλλα στα άνθη των θηλυκών φυτών. Τα αδενώδη τριχίδια με άμιση κεφαλή, έχουν μικρότερη κεφαλή από τα παραπάνω με πολύ μικρό μίσχο (2-4 κύτταρα) και εμφανίζονται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των βράκτιων φύλλων, στην κάτω πλευρά των φύλλων, στους μίσχους των φύλλων και στους νεαρούς βλαστούς. Τα βολβοειδή αδενώδη τριχίδια είναι τα μικρότερα σε μέγεθος από τα αδενώδη τριχίδια. Έχει παρατηρηθεί ακόμη μια κατηγορία αδενωδών τριχιδίων και στην εσωτερική επιφάνεια των ανθών. Επίσης, διακρίνονται δυο κατηγορίες μη αδενωδών τριχιδίων. Η μια κατηγορία είναι τα μη αδενώδη κυστολιθικά τριχίδια, που είναι μονοκύτταρα και αποτελούνται από κυστολιθικά κύτταρα με οξαλικό ασβέστιο και ανθρακικό ασβέστιο. Η άλλη κατηγορία είναι τα μη αδενώδη μονοκυτταρικά μη κυστολιθικά τριχίδια. Τα κυστολιθικά τριχίδια είναι κοντά με μεγάλη βάση και βρίσκονται στην πάνω επιφάνεια των φύλλων, ενώ τα πιο μακριά και μικρότερης διαμέτρου μη κυστολιθικά τριχίδια απαντώνται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, στους βλαστούς και τους μίσχους.

1.3. Χαρακτηριστικά φυσιολογίας

Οι παρακάτω φυσιολογικές διεργασίες περιγράφονται αναλυτικά από τους Taiz & Zeiger (2002). Η φωτεινή ακτινοβολία που δέχονται τα φυτά μπορεί να εκφραστεί είτε με μονάδες ενέργειας είτε ως αριθμός φωτονίων. Η φωτεινή ένταση εκφράζεται με watt ανά τετραγωνικό μέτρο, $W m^{-2}$ ή $J m^{-2} s^{-1}$. Η πυκνότητα ροής φωτονίων (PFD) εκφράζεται με γραμμομόρια ανά τετραγωνικό μέτρο ανά δευτερόλεπτο, $mol m^{-2} s^{-1}$. Η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR) κυμαίνεται από 400 έως 700 nm. Το φυτό απορροφά την φωτεινή ακτινοβολία μέσω της φωτοσυνθετικής συσκευής που απαρτίζεται από τα πρωτεϊνικά σύμπλοκα της φωτοσυλλεκτικής κεραίας LHCI και LHCII, αλλά και τα κέντρα αντίδρασης, δηλαδή, το φωτοσύστημα I (PSI) και το φωτοσύστημα II (PSII). Τα σύμπλοκα της φωτοσυλλεκτικής κεραίας δεσμεύουν φωτοσυνθετικές χρωστικές όπως καροτενοειδή και χλωροφύλλες. Το κέντρο αντίδρασης του PSI απορροφά μέγιστα στα 700 nm και βρίσκεται στις μεμβράνες των θυλακοειδών του στρώματος, ενώ το κέντρο αντίδρασης του PSII απορροφά μέγιστα στα 680 nm και βρίσκεται στις μεμβράνες των θυλακοειδών των grana στους χλωροπλάστες. Τα

φωτοσυστήματα PSI και PSII, το κυτοχρωματικό σύμπλοκο *b₆f*, η ATP συνθάση και η πλαστοκινίνη σχηματίζουν μια αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά μήκος της φωτοσυνθετικής μεμβράνης με στόχο την αναγωγή του NADP⁺ σε NADPH, αλλά και μια διαβάθμιση πρωτονίων εγκάρσια της μεμβράνης, με στόχο την παραγωγή ATP μέσω της φωτοφωσφορυλίωσης του ADP. Τα παραγόμενα NADPH και ATP από τις φωτεινές αντιδράσεις, καταναλώνονται στο στρώμα στις αντιδράσεις αναγωγής του άνθρακα μέσω υδατοδιαλυτών ενζύμων για την παραγωγή σακχάρων, με τον φωτοσυνθετικό κύκλο του Calvin, εφόσον η κάνναβη είναι C₃ φυτό (Chandra et al., 2008, 2011a, Tang et al., 2017). Επίσης, το φυτό 'αντιλαμβάνεται' το φως, με τους φωτοδέκτες που διαθέτει τα φυτοχρώματα, τα κρυπτοχρώματα, τις φωτοτροπίνες και τον φωτοδέκτη UVR8. Το φυτόχρωμα διακρίνεται σε ανενεργή μορφή (Pr) (φυτόχρωμα ανοιχτού ερυθρού φωτός) και ενεργή μορφή (Pfr) (φυτόχρωμα σκοτεινού ερυθρού φωτός). Το φυτόχρωμα Pr συντίθεται στο σκοτάδι, με απορρόφηση ανοιχτού ερυθρού φωτός μετατρέπεται σε Pfr και μεταφέρεται στον πυρήνα. Το Pfr αλληλεπιδρά με μεταγραφικούς παράγοντες και προκαλεί έντονες μεταγραφικές αλλαγές ως απόκριση στο φως. Στη συνέχεια, το Pfr μετατρέπεται σε Pr απορροφώντας σκοτεινό ερυθρό φως. Υπάρχουν τρία είδη φυτοχρωματικών αποκρίσεων, οι αποκρίσεις πολύ χαμηλής ενέργειας (VLFR), αποκρίσεις χαμηλής ενέργειας (LFR) και αποκρίσεις υψηλής φωτεινής έντασης (HIR), οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετική φωτοαναστρεψιμότητα. Έχουν βρεθεί διαφορετικά φυτοχρώματα με διαφορετικές ιδιότητες, που κωδικοποιούνται από πέντε γονίδια, τα *phyA*, *phyB*, *phyC*, *phyD* και *phyE*. Το φαινοτυπικό αποτέλεσμα της δράσης του φυτοχρώματος είναι η φύτευση σπερμάτων, η επιμήκυνση υποκοτυλίου, η επιμήκυνση κολεόπτιλου, η επιμήκυνση μίσχου, η άνθιση κ.α. Για παράδειγμα, όταν τα φυτά βρίσκονται σε συνθήκες σκίασης ο λόγος ανοιχτού ερυθρού προς σκοτεινό ερυθρό (R/FR) είναι μικρός, με αποτέλεσμα τα φυτά να αυξάνουν το μήκος του στελέχους τους ως απόκριση αποφυγής σκίασης. Το κρυπτόχρωμα (*cry1*, *cry2*, *cry3*) είναι φωτοδέκτης κυανού φωτός και συμβάλει στην βλάστηση, στον λήθαργο και στην άνθιση των φωτοπεριοδικών φυτών. Οι φωτοτροπίνες (*phot1*, *phot2*) και οι περιοχές zeitrupes (*ztl*, *fkf1*, *lkp2*) είναι φωτοδέκτες κυανού φωτός και επηρεάζουν τους φωτοτροπισμούς, το άνοιγμα των στομάτων και την άνθιση. Ο φωτοδέκτης UVR8 απορροφά στο υπεριώδες (UV) φάσμα και συμβάλει στην προστασία από την ζημιογόνο δράση της UV ακτινοβολίας, μέσω ενεργοποίησης της σύνθεσης φλαβονοειδών (Brousseau et al., 2021). Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι το κυανό φως αλλά και το υπεριώδες φάσμα επηρεάζουν τις αναλογίες των φυτοκανναβινοειδών στους χημειότυπους (Hawley et al., 2018, Lydon et al., 1987, Mahlberg & Hemphill, 1983, Marti et al., 2014, Pate, 1983).

Περίπου έναν αιώνα πριν, συγκεκριμένα το 1912, μελετήθηκε η επαγωγή της άνθισης από την φωτοπερίοδο στην κάνναβη (Tournois, 1912). Ως φυτό μικρής φωτοπεριόδου ανθίζει σε συνθήκες

βραχείας ημέρας, εφόσον περάσει ένας ικανός αριθμός ημερών με αδιατάρακτη περίοδο σκότους, ενώ σε συνθήκες μεγάλης φωτοπεριόδου παραμένει στο βλαστικό στάδιο (Salentijn et al., 2019). Αν υπάρξει νυχτερινή διακοπή και η περίοδος σκότους διαταραχτεί το φυτό παραμένει στο βλαστικό στάδιο (Whipker et al., 2019). Η θερμοκρασία είναι ένα ακόμη περιβαλλοντικό ερέθισμα που επάγει την άνθιση (Amaducci et al., 2008a, 2012, Cosentino et al., 2012), αλλά η φωτοπερίοδος είναι αυτή που παίζει καθοριστικό ρόλο (Hall et al., 2012, Salentijn et al., 2019). Επίσης, υπάρχει διακύμανση της βέλτιστης φωτοπεριόδου άνθισης ανάμεσα στις ποικιλίες, που κυμαίνεται από 9 έως 14 h (Lisson et al., 2000). Έχει παρατηρηθεί ότι φυτά τριών με πέντε εβδομάδων, που εκτέθηκαν σε βραχεία φωτοπερίοδο άνθισαν μέσα σε δύο εβδομάδες, ενώ όσο μεγαλύτερη ήταν η ηλικία του φυτού την στιγμή της έκθεσης σε βραχεία φωτοπερίοδο, η μετάβαση στο ανθικό στάδιο ήταν γρηγορότερη (Borthwick and Scully, 1954). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί άνθιση και μια εβδομάδα μετά την μείωση της διάρκειας της φωτοπεριόδου (Potter, 2014). Οι φαινότυποι για τον χρόνο άνθισης χωρίζονται σε πρόωμη, μεσαία και όψιμη άνθιση (Salentijn et al., 2019). Ο χρόνος άνθισης καθορίζει και τον σκοπό της καλλιέργειας, με τις όψιμες ποικιλίες να ευνοούν την βλαστική ανάπτυξη του στελέχους άρα και την παραγωγή ίνας, ενώ οι πρόωμες ποικιλίες παρουσιάζουν καλύτερη παραγωγή ανθέων και σπόρων (Salentijn et al., 2019). Ωστόσο, υπάρχουν ποικιλίες που είναι φωτοπεριοδικά ουδέτερες γνωστές και ως αυτόματης άνθισης (Small, 2018). Επίσης, μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι σε κάποιες ποικιλίες η άνθιση των θηλυκών φυτών είναι ανεξάρτητη της φωτοπεριόδου, σε σχέση με άλλες ποικιλίες που η άνθισή τους είναι εξαρτώμενη από την φωτοπερίοδο (Spitzer-Rimon et al., 2019). Τέτοιες ποικιλίες προτιμώνται σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη με μεγάλης διάρκειας καλοκαιρινές μέρες, για καλλιέργεια και παραγωγή φυτών πλούσια σε φυτοκανναβινοειδή. Οι ποικιλίες αυτές δίνουν χαμηλά φυτά και πρόωμης άνθισης σε σχέση με φωτοπεριοδικές ποικιλίες.

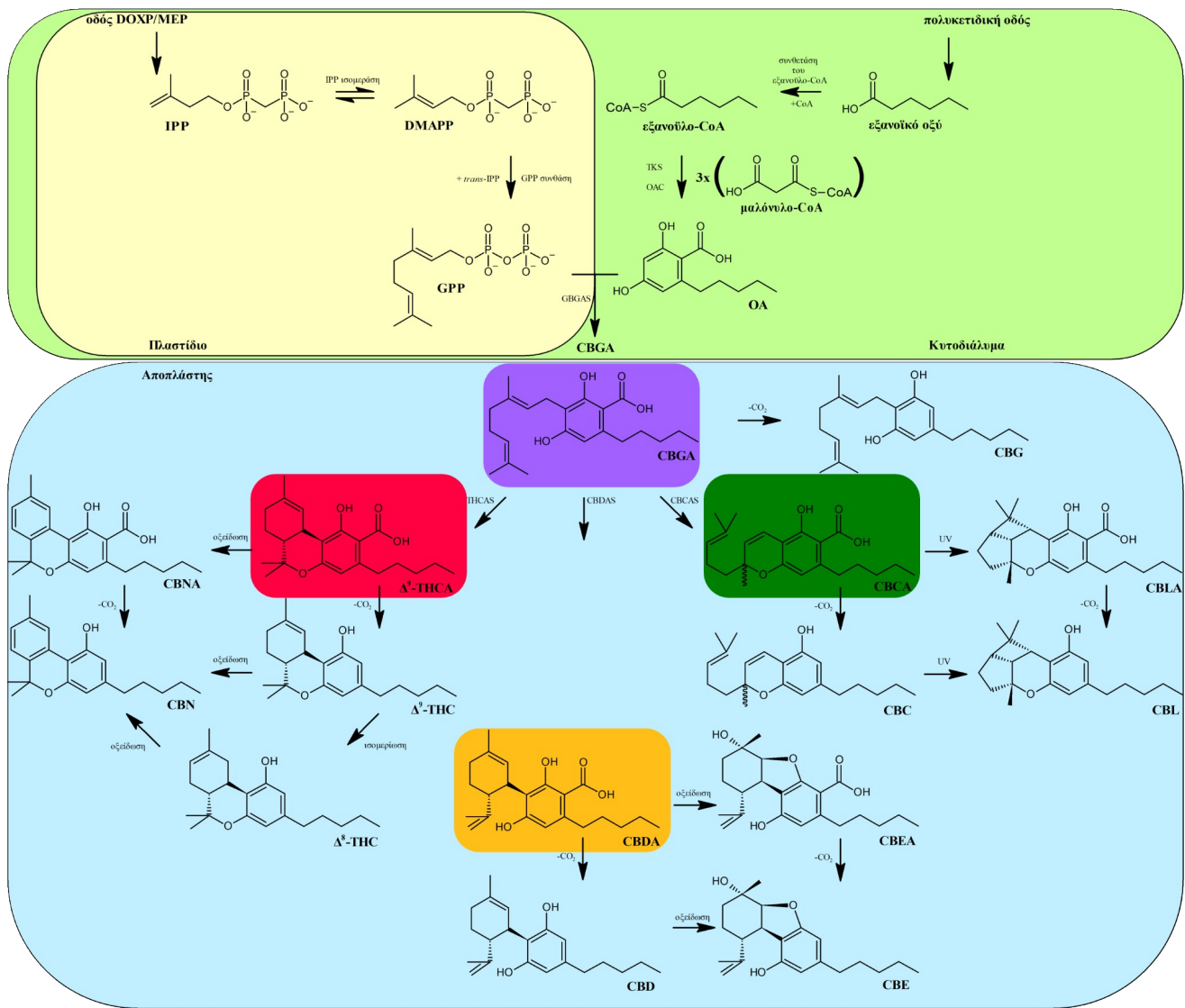
Η κάνναβη είναι (κατά βάση) δίοικο φυτό, ένα γνώρισμα που ελέγχεται γενετικά (Schilling et al., 2020). Είναι διπλοειδής οργανισμός ($2n=20$), με εννιά ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων και ένα ζεύγος φυλετικών. Τα θηλυκά φυτά είναι ομογαμετικά με XX ζεύγος χρωμοσωμάτων και τα αρσενικά ετερογαμετικά με XY (Moliterni et al., 2004). Ωστόσο, υπάρχουν και μόνοικα φυτά που φέρουν δύο X φυλετικά χρωμοσώματα (Faux et al., 2014b, Punja & Holmes, 2020, Razumova et al., 2016). Επίσης, τα μόνοικα φυτά εκφράζουν διαφορετικά ποσοστά ‘θηλυκότητας’ και ‘αρρενωπότητας’, δηλαδή διαφορετική αναλογία αρσενικών/θηλυκών ανθέων από φυτό σε φυτό (Faux et al., 2014b). Οι μόνοικες ποικιλίες προτιμώνται περισσότερο για παραγωγή ίνας γιατί ανθίζουν ταυτόχρονα σε αντίθεση με τις δίοικες στις οποίες τα αρσενικά φυτά ανθίζουν πιο σύντομα από τα θηλυκά (Faux et al., 2016). Υπάρχουν εξωγενείς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την έκφραση του φύλου στην κάνναβη. Ο νιτρικός και ο θειοθειικός άργυρος αναστέλλουν την δράση του αιθυλενίου και επάγουν τον

σηματισμό αρσενικών ανθέων σε θηλυκά φυτά (Ram and Sett, 1982). Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται από βελτιωτές για να αυτογονιμοποιήσουν θηλυκά δίοικα φυτά και να δημιουργήσουν έτσι μόνο θηλυκούς απογόνους με XX φυλετικά χρωμοσώματα (Clarke and Merlin, 2016). Επίσης, οι σπόροι αυτοί χαρακτηρίζονται ως 'θηλυκοποιημένοι' σπόροι γιατί θα δώσουν όλοι θηλυκά φυτά (Small, 2015a). Η αυξίνη, το γιββερελικό οξύ και το αιθυλένιο επάγουν τον σχηματισμό θηλυκών ανθέων σε αρσενικά φυτά, ενώ η κυτοκινίνη το αντίστροφο (Chailakhyan and Timiriazev, 1979, Heslop-Harrison, 1956, Ram and Jaiswal, 1970, 1972). Η διαθεσιμότητα αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) επηρεάζουν επίσης την έκφραση του φύλου (Freeman et al., 1980, Heslop-Harrison, 1957, Small, 2015a). Επιπλέον, η διάρκεια και οι διακυμάνσεις της φωτοπεριόδου μπορούν να επηρεάσουν την έκφραση του φύλου (Heslop-Harrison, 1957, McPhee, 1924, Schaffner, 1923, Tournois, 1911, 1912).

1.4. Βιοσύνθεση φυτοκανναβινοειδών, κατηγορίες και γενετική κληρονομία χημειότυπων

Τα κανναβινοειδή είναι μια ομάδα τερπενοφαινολικών ενώσεων που προέρχονται από την ένωση του διφωσφορικού γερανύλιου και του ολιβετολικού οξέος, βιοσυντίθενται και συσσωρεύονται στα αδενώδη τριχίδια των βράκτιων φύλλων και των ανθέων στα θηλυκά φυτά και αντιπροσωπεύουν την πιο χαρακτηριστική ομάδα ενώσεων στην κάνναβη (Εικ. 1.3). Εξαιτίας του ότι έχουν παραχθεί πολλά συνθετικά κανναβινοειδή, χρησιμοποιείται ο όρος "φυτοκανναβινοειδή" για την περιγραφή των χημικώς απομονωμένων από φυτά (Gertsch et al., 2010, Gülck & Møller, 2020, Hanuš et al., 2016). Από την έναρξη των χημικών ερευνών στην κάνναβη μέχρι στιγμής έχουν απομονωθεί συνολικά 120 φυτοκανναβινοειδή (Ahmed et al., 2015, Radwan et al., 2015). Στις πρώτες μελέτες για την βιοσύνθεση των φυτοκανναβινοειδών έγινε ισοτοπική ιχνηθέτηση με ^{14}C -μηλονικό οξύ, ^{14}C -μεβαλονικό οξύ, ^3H -γερανιόλη και ^3H -νερόλη, για την χαρτογράφηση των βιοχημικών μονοπατιών (Shoyama et al., 1975). Επίσης, μελέτες με ισοτοπική ιχνηθέτηση με ^{13}C -σουκρόζη έδειξαν ότι το διφωσφορικό ισοπεντενύλιο (IPP) παράγεται πλαστιδιακά μέσω της βιοχημικής οδού φωσφορικής δεοξυξυλουλόζης/φωσφορικής μεθυλερυθριτόλης (DOXP/MEP). Στη συνέχεια, μέσω της IPP ισομεράσης παράγεται από το διφωσφορικό ισοπεντενύλιο (IPP), το διφωσφορικό διμεθυλαλλύλιο (DMAPP) και έπειτα το διφωσφορικό γερανύλιο (GPP) μέσω του ενζύμου GPP συνθάση (Fellermeier et al., 2001). Μέσω της παραπάνω διαδικασίας και κάποια ακόμη βιοχημικά στάδια με τερπενικές συνθάσες παράγονται τα μονοτερπένια, διτερπένια και τετρατερπένια από το φυτό, στα πλαστίδια των εκκριτικών κυττάρων στα αδενώδη τριχίδια. Τα σεσκιτερπένια και τα τριτερπένια βιοσυντίθενται κυτοπλασματικά μέσω της

βιοχημικής οδού του μεβαλονικού οξέος (MVA), από το διφωσφορικό φαρνεσύλιο (Booth et al., 2017, 2020, Booth & Bohlmann, 2019). Το εξανοϊκό οξύ παράγεται κυτοπλασματικά, μέσω της βιοσύνθεσης λιπαρών οξέων και με την βοήθεια της εξανοϋλο-CoA συνθετάσης παράγεται το εξανοϋλο-CoA (Stout et al., 2012), από το οποίο στην συνέχεια μέσω της τετρακετιδικής συνθάσης (TKS), της κυκλάσης ολιβετολικού οξέος (OAC) και 3 μορίων μαλόνυλο-CoA παράγεται το ολιβετολικό οξύ (OA) (Gagne et al., 2012, Raharjo et al., 2004). Αντίστοιχα, με αρχικό μόριο το βουτανοϊκό οξύ, παράγεται το βουτύρυλο-CoA από το οποίο με την ίδια διαδικασία συντίθεται το διβαρινολικό οξύ (DA) που είναι πρόδρομη ένωση των φυτοκανναβινοειδών με προπυλικό άκρο (Shoyama et al., 1984). Έπειτα, το GPP και η OA συνδυάζονται μέσω της συνθάσης κανναβιγερολικού οξέος (CBGAS) και παράγεται πλαστιδιακά το κανναβιγερολικό οξύ (CBGA) (Fellermeier & Zenk 1998). Μέσω της μη ενζυμικής διαδικασίας, της αποκαρβοξυλίωσης με θέρμανση, το CBGA χάνει ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και παράγεται η κανναβιγερόλη (CBG). Το CBGA είναι η πρόδρομη ένωση για τα υπόλοιπα φυτοκανναβινοειδή. Τα ένζυμα συνθάση τετραϋδροκανναβινολικού οξέος (THCAS), συνθάση κανναβιδιολικού οξέος (CBDAS) και συνθάση κανναβιχρωμενικού οξέος (CBCAS) με κυκλοποίηση του CBGA παράγουν το τετραϋδροκανναβινολικό οξύ (THCA), κανναβιδιολικό οξύ (CBDA) και κανναβιχρωμενικό οξύ (CBCA) αντίστοιχα (Taura et al., 1995, 1996, 2007, Morimoto et al., 1997, 1998). Η παρουσία ή η απουσία των παραπάνω ενζύμων οδηγούν στις διαφορετικές κατηγορίες χημειότυπων (Kojoma et al., 2006). Τα φυτοκανναβινοειδή βρίσκονται κυρίως στην όξινη μορφή τους στην δρόγη και μέσω της αποκαρβοξυλίωσης με θέρμανση παράγονται οι δραστικές μορφές τους (Baker et al., 1981). Επίσης, μετά την βιοσύνθεσή τους συσσωρεύονται ανάμεσα στα εκκριτικά κύτταρα και την εφυμενίδα του αδενώδους τριχιδίου και όχι μέσα στα κύτταρα του φυτού γιατί είναι φυτοτοξικά σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η Δ⁸-τετραϋδροκανναβινόλη (Δ⁸-THC) προέρχεται από την μη ενζυμική ισομερίωση της Δ⁹-τετραϋδροκανναβινόλης (Δ⁹-THC) (Holler et al., 2008). Τόσο η Δ⁸-THC όσο και Δ⁹-THC οξειδώνονται σε κανναβινόλη (CBN) (McCallum et al., 1975). Το κανναβιελσοϊκό οξύ (CBEA) παράγεται με φωτοοξείδωση με αργό ρυθμό και σε μικρό ποσοστό από το CBDA, ενώ το ίδιο συμβαίνει και στις αποκαρβοξυλιωμένες τους μορφές κανναβιελσοΐνη (CBE) και κανναβιδιόλη (CBD) (Shani & Mechoulam, 1974). Παρόμοια, το κανναβικυκλολικό οξύ (CBLA) παράγεται έπειτα από έκθεση σε UV ακτινοβολία από το CBCA, αντίστοιχα αντιδρούν και οι αποκαρβοξυλιωμένες τους μορφές κανναβικυκλόλη (CBL) και κανναβιχρωμένιο (CBC) (Crombie et al., 1968). Τα ίδια βήματα (Εικ. 1.2.) ακολουθούνται και για την βιοσύνθεση των υπόλοιπων φυτοκανναβινοειδών με πλευρική ανθρακική αλυσίδα C1-C7, καθώς υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν την ταυτοποίησή τους (Linciano et al., 2020, Smith, 1997, Vree et al., 1972, Welling et al., 2018, 2019).



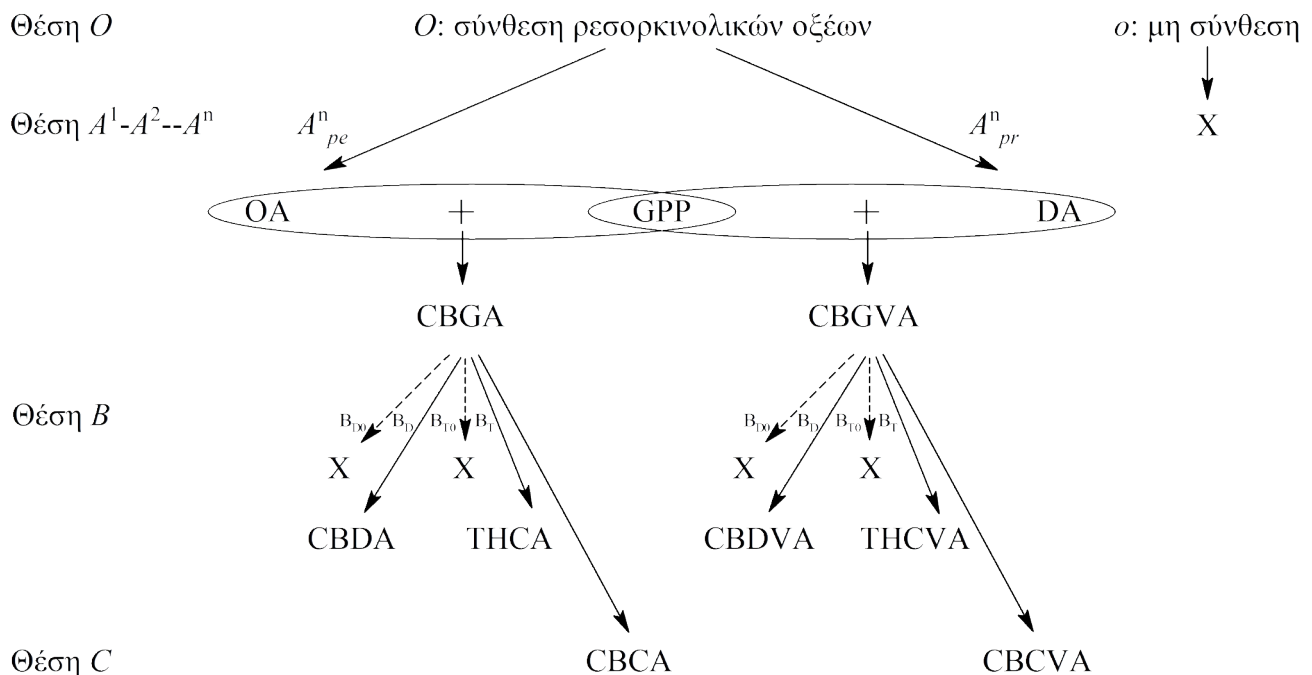
Εικόνα 1.3. Βιοσύνθεση φυτοκανναβινοειδών (Degenhardt et al., 2017, Flores-Sanchez & Verpoorte, 2008).

Οι πιο χαρακτηριστικοί χημειότυποι που αναφέρονται στην κάνναβη, αλλά αποτέλεσαν και χημειοταξινομικό γνώρισμα παλαιότερα, είναι χημειότυποι που ορίζονται με βάση τον λόγο THC/CBD (Fetterman et al., 1971, Mandolino et al., 2003, Small & Beckstead, 1973a, 1973b). Αν και έχει προταθεί η πρόσθεση και άλλων φυτοκανναβινοειδών και χημικά αποδομημένων παραγώγων τους στον παραπάνω λόγο, η βασική του και πιο απλοϊκή έννοια είναι η αναλογία των κυριότερων φυτοκανναβινοειδών THC και CBD. Έτσι, όταν ο λόγος είναι μεγαλύτερος του ένα η ποικιλία χαρακτηρίζεται ως ψυχαγωγική, ευφορική ή φαρμακευτική. Στην περίπτωση που ο λόγος είναι περίπου ίσος με ένα, η ποικιλία χαρακτηρίζεται ως ενδιάμεσος χημειότυπος και είναι πάλι ψυχαγωγική, ευφορική ή φαρμακευτική. Αν ο λόγος είναι μικρότερος του ένα, η ποικιλία χαρακτηρίζεται ως κλωστική ή βιομηχανική. Επίσης, έχουν παρατηρηθεί και άλλοι χημειότυποι με μεγαλύτερη

συγκέντρωση σε CBG, σε CBC αλλά και χημειότυποι δίχως φυτοκανναβινοειδή (Fournier et al., 1987). Για παράδειγμα, η εταιρεία HortaPharm με προγράμματα βελτίωσης και στην συνέχεια η GW Pharmaceuticals δημιούργησαν εννιά χημειοτύπους κάνναβης (de Meijer et al., 2003, de Meijer & Hammond, 2005, de Meijer et al., 2009a, de Meijer et al., 2009b, de Meijer & Hammond, 2016). Χημειότυπος που χαρακτηρίζεται από υψηλό THCA, χημειότυπος με υψηλό CBDA, χημειότυπος με κυρίαρχο το CBGA, χημειότυπος με υψηλή αναλογία σε CBCA και χημειότυπος που χαρακτηρίζεται από μη ανιχνεύσιμες ποσότητες φυτοκανναβινοειδών. Οι χημειότυποι αυτοί απαντώνται και στα φυτοκανναβινοειδή με προπυλική πλευρική αλυσίδα, δηλαδή το τετραϋδροκανναβιβαρινικό οξύ (THCVA), κανναβιδιβαρινικό οξύ (CBDVA), κανναβιγεροβαρινικό οξύ (CBGVA), κανναβιχρωμεβαρινικό οξύ (CBCVA).

Έχουν βρεθεί πέντε βασικοί γενετικοί τόποι που καθορίζουν τις κύριες κατηγορίες χημειότυπων επιδρώντας στην βιοσύνθεση των φυτοκανναβινοειδών (Εικ. 1.4). Στην θέση *O* το λειτουργικό αλληλόμορφο αγρίου τύπου *O* κληρονομείται με ατελή κυριαρχία και στην ομοζυγωτία *O/O* επάγει την παραγωγή ρεσορκινολικών οξέων (OA, DA), στην περίπτωση ετεροζυγωτίας *O/o* παράγεται το ένα δέκατο του ποσοστού των φυτοκανναβινοειδών του αγρίου τύπου και η ομοζυγωτία του μηδενικού αλληλόμορφου *o/o* καταστέλλει την σύνθεση ρεσορκινόλης οδηγώντας σε χημειοτύπους δίχως φυτοκανναβινοειδή (de Meijer et al., 2009b). Η θέση *A* είναι ένας σύνθετος γενετικός τόπος με τα αλληλόμορφα A_{pe}^{1-n} και A_{pr}^{1-n} να είναι συγκυρίαρχα με αθροιστική δράση. Το αλληλόμορφο A_{pe}^{1-n} ελέγχει την σύνθεση του ολιβετολικού οξέος στην περίπτωση της πεντυλικής πλευρικής αλυσίδας και το A_{pr}^{1-n} την σύνθεση του διβαρινολικού οξέος στην περίπτωση της προπυλικής πλευρικής των φυτοκανναβινοειδών (de Meijer & Hammond, 2016, Welling et al., 2019). Η θέση *B* ελέγχει την παραγωγή THCA/THCVA (αλληλόμορφο B_T) και CBDA/CBDVA (αλληλόμορφο B_D) από CBGA/CBGVA (de Meijer et al., 2003). Τα αλληλόμορφα B_T και B_D είναι συγκυρίαρχα (Mandolino et al., 2003). Το αλληλόμορφο B_T στην ομοζυγωτία B_T/B_T κωδικοποιεί την THCAS και το αλληλόμορφο B_D στην περίπτωση ομοζυγωτίας B_D/B_D την CBDAS. Στην περίπτωση ετεροζυγωτίας B_T/B_D κωδικοποιούνται και οι δυο συνθάσες, οπότε εκφράζεται ενδιάμεσος χημειότυπος. Υπάρχουν και τα παραλλαγμένα αλληλόμορφα B_{T0} , B_{D0}^1 και B_{D0}^2 που εκφράζουν χημειοτύπους με υψηλά ποσοστά σε CBGA/CBGVA δίχως THCA/THCVA και CBDA/CBDVA αντίστοιχα (de Meijer & Hammond, 2005). Η θέση *C* ελέγχει την σύνθεση του CBCA/CBCVA από το CBGA/CBGVA κωδικοποιώντας την CBCAS, έχει σταθερό αλληλόμορφο και ανταγωνίζεται την THCAS και την CBDAS κυρίως στα νεαρά στάδια ανάπτυξης. Όμως έχουν παρατηρηθεί μορφολογικές παραλλαγές που επάγουν την δράση της CBCAS σε όλη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού. Το μορφολογικό χαρακτηριστικό αυτής της παραλλαγής είναι η μεγάλη παρουσία άμισχων αδενωδών τριχιδίων έναντι των έμμισχων

αδενωδών τριχιδίων και ελέγχεται από τα “PJC” γονίδια (prolonged juvenile chemotype: χημειότυπος παρατεταμένης νεανικότητας), ενώ η κατάσταση αγρίου τύπου αναφέρεται ως “rjc” (de Meijer et al., 2009a).



Εικόνα 1.4. Τρόποι γενετικής κληρονόμησης των χημειότυπων (de Meijer, 2014).

1.5. Βελτίωση ποικιλιών βιομηχανικής κάνναβης

Σχετικά με την βελτίωση στην κάνναβη και τις τεχνικές που ακολούθησαν οι βελτιωτές, υπάρχει εκτενής ιστορική βιβλιογραφική ανασκόπηση (Clarke & Merlin, 2013, 2016, de Meijer & van Soest, 1992, Salentijn et al., 2015). Οι ευρωπαϊκές ποικιλίες κάνναβης μοιράζονται κοινά γενετικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, ποικιλίες που ανήκαν σε οικότυπους της Μεσογείου και της κεντρικής Ρωσίας και έχουν χαρακτηριστεί ως NLH, διασταυρώθηκαν και έτσι δημιουργήθηκαν οι σύγχρονες ποικιλίες βιομηχανικής κάνναβης (de Meijer, 1995, Hillig, 2005). Στις αρχές του εικοστού αιώνα ποικιλίες BLH από την Κίνα διασταυρώθηκαν με ποικιλίες της βόρειας Αμερικής και στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για βελτίωση στην Ευρώπη. Επειδή οι ποικιλίες της Κίνας διέφεραν γενετικά από τις ευρωπαϊκές, διασταυρώθηκαν μεταξύ τους για να προκληθεί ετέρωση στην επόμενη γενιά υβριδίων. Οι περισσότερες γαλλικές ποικιλίες είναι μόνοικες και με χαμηλό THC και υψηλό CBD (Bredemann et al., 1956). Το διάστημα από το 1951 έως το 1955 ο Reinhold von Sengbusch με επιλεγμένες διασταυρώσεις δημιούργησε την μόνοικη ποικιλία ‘Fibrimon’ στο ινστιτούτο Max Planck

στην Γερμανία (Sengbusch, 1956). Η ποικιλία ‘Fibrimon’ καλλιεργήθηκε στην Γαλλία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες την δεκαετία του 1950 και την δεκαετία του 1960 έγινε περαιτέρω υβριδοποίηση. Οι μόνιμες ποικιλίες ‘Fibrimon 21’, ‘Fibrimon 24’ και ‘Fibrimon 56’ επιλέχθηκαν κατευθείαν από την ‘Fibrimon’, για την διαφορά στον χρόνο ωρίμανσης. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός στα ονόματα των ποικιλιών δείχνουν μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης και άνθισης. Η σποροπαραγωγική ποικιλία ‘Férimon 12’ έχει επιλεγεί από την ‘Fibrimon 21’ και έχει μικρότερο χρόνο ωρίμανσης. Η ‘Fibrimon’ διασταυρώθηκε με δύοικες ποικιλίες, έπειτα έγινε διασταύρωση των απογόνων με την ‘Fibrimon’ και έτσι δημιουργήθηκαν ψευδομόνιμες ποικιλίες. Η ‘Fédora 19’ προέκυψε από διασταύρωση της ‘Fibrimon 21’ με την ρώσικη δύοικη ποικιλία ‘JUS 9’ και αναδιασταύρωση του μονοφυλετικού θηλυκού πληθυσμού της F1 με γύρη από φυτά της ‘Fibrimon 21’. Η ποικιλία ‘JUS 9’ προέρχεται από διασταύρωση της ‘Yuzhnaya Krasnodarskaya’ (με επιλογές από ιταλικές ποικιλίες άρα και πιθανόν υβρίδιο NLH/ BLH) με νάνα ποικιλία από την βόρεια Ρωσία (πιθανόν NLHA). Παρόμοια, η ‘Féliana 34’ προέκυψε από διασταύρωση θηλυκών φυτών της ουγγρικής δύοικης ποικιλίας ‘Kompolti’ με γύρη από την μόνιμη ‘Fibrimon 24’ και αναδιασταύρωση με την ‘Fibrimon 24’. Οι ποικιλίες ‘Fédrina 74’ και ‘Futura 77’ προέκυψαν από διασταύρωση θηλυκών φυτών της δύοικης ποικιλίας ‘Fibridia’ με γύρη της ‘Fibrimon 24’ και αναδιασταύρωση με την ‘Fibrimon 24’. Η δύοικη ‘Fibridia’ και η μόνιμη ‘Fibrimon’ δημιουργήθηκαν από το ίδιο πρόγραμμα βελτίωσης στην Γερμανία και μοιράζονται κοινούς προγόνους. Επίσης, η μόνιμη ποικιλία ‘Santhica’ δημιουργήθηκε από Γάλλους βελτιωτές με χαμηλό ποσοστό σε THC και κυρίαρχο φυτοκανναβινοειδές στον χημειότυπό της το CBG (Holoborodko et al., 2014).

2. Καλλιεργητική τεχνική

Η κάνναβη μπορεί να καλλιεργηθεί τόσο σε εξωτερικό όσο και σε εσωτερικό χώρο με διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Σε συνθήκες αγρού ο βιολογικός κύκλος ολοκληρώνεται σε πέντε με επτά μήνες ανάλογα την εποχή σποράς και την ποικιλία, ενώ σε εσωτερικό χώρο ο βιολογικός κύκλος διαμορφώνεται με βάση την φωτοπερίοδο. Επομένως, η καλλιέργεια σε εξωτερικό χώρο περιορίζεται σε έναν βιολογικό κύκλο τον χρόνο, ενώ σε εσωτερικό χώρο μπορούν να γίνουν 3-4 καλλιεργητικές περιόδους με τις αντίστοιχες συγκομιδές. Επιπλέον, υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν την συγκομιζόμενη ποσότητα όπως η θερμοκρασία, το φως, η άρδευση, η πυκνότητα φυτών αλλά και παράγοντες που μπορούν να υποβαθμίσουν την παραγωγή όπως η βροχή λίγο πριν την συγκομιδή ταξιανθιών.

2.1. Εγγενής, αγενής πολλαπλασιασμός και μικροπολλαπλασιασμός

Ο συνήθης τρόπος καλλιέργειας κάνναβης είναι από σπόρους (Chandra et al., 2010, 2017). Η σπορά μπορεί να γίνει σε μικρά βιοδιασπόμενα γλαστράκια τύρφης (jiffy). Το εδαφικό υπόστρωμα που θα χρησιμοποιηθεί για την σπορά πρέπει να είναι καλά αεριζόμενο και ελαφρώς υγρό. Η διαδικασία του φυτρώματος ολοκληρώνεται μέσα σε 4-7 ημέρες από την σπορά. Διαφορές στην βλαστική ικανότητα των σπόρων οφείλονται στην ποικιλία, στην ηλικία των σπόρων, στις συνθήκες αποθήκευσής τους και στην θερμοκρασία του εδάφους. Τα σπορόφυτα μπορούν να παραμείνουν κάτω από λαμπτήρες φθορισμού ψυχρού φωτός με φωτοπερίοδο 18 h φωτός μέχρι να αναπτυχθούν και να μεταφυτευτούν σε μεγαλύτερες γλάστρες. Στη συνέχεια, προτείνεται η μεταφορά τους κάτω από λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων ή υψηλής πίεσης νατρίου, με την ίδια φωτοπερίοδο για την συνέχιση του βλαστικού σταδίου. Μετά από ένα διάστημα ανάπτυξης στο βλαστικό στάδιο γίνεται αλλαγή της φωτοπεριόδου σε 12 h φωτός για επαγωγή του ανθικού σταδίου και η άνθιση ξεκινά μέσα σε 2 εβδομάδες. Στο στάδιο της προάνθισης μπορεί να γίνει αναγνώριση και αφαίρεση των αρσενικών φυτών αλλά και παραγωγή μοσχευμάτων από επιλεγμένα θηλυκά φυτά.

Ο αγενής πολλαπλασιασμός στην κάνναβη μπορεί να γίνει μέσω εμβολιασμού, εναέριας καταβολάδας και παραγωγής μοσχευμάτων, από ένα επιλεγμένο θηλυκό μητρικό φυτό για την δημιουργία φυτών με σταθερά γενετικά χαρακτηριστικά. Ο πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα είναι ο πιο εύκολος και είναι αυτός που προτιμάται συνήθως (Campbell et al., 2019, Caplan et al., 2018, Chandra et al., 2010, Cockson et al., 2019b, Coffman & Gentner, 1979). Επίσης, μπορεί να γίνει είτε σε εδαφικό υπόστρωμα είτε σε υπόστρωμα υδροπονίας. Ένα τμήμα νεαρού βλαστού κορυφής που περιέχει τουλάχιστον δυο γόνατα, μήκους 6-10 cm, αφαιρείται από το μητρικό φυτό με τομή 45° ακριβώς κάτω από ένα γόνατο και τοποθετείται σε αποσταγμένο νερό αμέσως. Στην περίπτωση του εδαφικού υποστρώματος, η βάση του μοσχεύματος εμβαπτίζεται μέχρι 2 cm σε ορμόνη ριζοβολίας και φυτεύεται σε γλαστράκι με κοκκοφοίνικα και αποστειρωμένη τύρφη. Για το υπόστρωμα υδροπονίας, τα μοσχεύματα καρφώνονται 2,5 cm σε κύβο πετροβάμβακα ή σε διογκωμένη άργιλο και εμπλουτίζονται με διάλυμα λιπάσματος για βλαστική ανάπτυξη. Τουλάχιστον ένα γόνατο πρέπει να καλυφθεί στο υπόστρωμα για επιτυχή ριζοβολία. Τα μοσχεύματα πρέπει να ποτίζονται τακτικά, να γίνεται ψεκασμός στα φύλλα τους και να αναπτύσσονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Η ριζοβολία των μοσχευμάτων ξεκινά σε δυο με τρεις εβδομάδες, όπου και ακολουθεί μεταφύτευση σε μεγαλύτερες γλάστρες. Για την βλαστική ανάπτυξη τα φυτά μένουν σε φωτοπερίοδο 18 h φωτός μέχρι το επιθυμητό μέγεθος και για την επαγωγή της άνθισης γίνεται αλλαγή σε 12 h φωτός. Για την συνεχή παροχή με

πολλαπλασιαστικό υλικό, συστήνεται να παράγεται ένας ικανός αριθμός μητρικών φυτών με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία θα διατηρούνται στο βλαστικό στάδιο με συνεχή έκθεση σε μεγάλη φωτοπερίοδο ≥ 18 h. Βέβαια, εφόσον επιτευχθεί και σταθεροποιηθεί μεγάλη παραγωγή φυτών από τα μοσχεύματα των μητρικών φυτών, είναι πιο εύκολο τα νέα μοσχεύματα να παράγονται κατευθείαν από την νέα καλλιέργεια και να γίνει απόρριψη των παλιών μητρικών φυτών για καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου.

Η ιστοκαλλιέργεια είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος πολλαπλασιασμού *in vitro* για την διατήρηση σταθερών γενετικών χαρακτηριστικών (Chandra et al., 2010b, Lata et al., 2010b). Τα περισσότερα πρωτόκολλα περιέχουν το στάδιο του κάλου που έχει παρατηρηθεί πως οδηγεί σε σωμακλωνικές παραλλαγές. Επίσης, έχουν σχεδιαστεί πρωτόκολλα ιστοκαλλιέργειας μέσω έμμεσης οργανογένεσης από νεαρά φύλλα κάνναβης για παραγωγή έκφυτων (Lata et al., 2010a). Η άμεση οργανογένεση πλεονεκτεί των άλλων τεχνικών γιατί δεν περιλαμβάνει πολλά στάδια, έχει λιγότερες πιθανότητες σωμακλωνικών παραλλαγών και οδηγεί σε γενετική σταθερότητα. Επιπλέον, υπάρχει πρωτόκολλο άμεσης οργανογένεσης σε δυο στάδια, με προσθήκη των ρυθμιστών ανάπτυξης θειδιαζουρόν (TDZ) και 3-ινδολυλοβουτυρικό οξύ (IBA) στο θρεπτικό υπόστρωμα (Lata et al., 2009b). Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο τροποποιήθηκε έτσι ώστε να απαιτείται ένα μόνο βήμα για παραγωγή γενετικά ομοιόμορφων αναγεννημένων φυτών, με χρήση μιας κυτοκίνινης της μετατοπλίνης (mT) (Lata et al., 2016). Επίσης, έχει σχεδιαστεί μια τεχνική δημιουργίας τεχνητών “σπόρων” με αλγινική ενθυλάκωση μασχαλαίων οφθαλμών (Lata et al., 2009a, 2011)

2.2. Καλλιέργεια εσωτερικού χώρου και θερμοκηπίων

Για την καλλιέργεια κάνναβης σε εσωτερικούς χώρους και θερμοκήπια για παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, υπάρχουν αρκετές έρευνες στις οποίες αναλύονται οι τεχνικές καλλιέργειας (Chandra et al., 2016, 2020, Jin et al., 2019, Knight et al., 2010, Potter & Duncombe, 2012, Potter, 2014, Toonen et al., 2006, Vanhove et al., 2011, 2012). Η ποιότητα και η ένταση του φωτός είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη και την φωτοσύνθεση στην κάνναβη. Συγκεκριμένα, το φυτό μπορεί να αξιοποιήσει πολύ υψηλή πυκνότητα ροής φωτοσυνθετικών φωτονίων (PPFD) περίπου μέχρι τα $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Chandra et al., 2008, 2015). Βέβαια, είναι αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί τέτοια PPFD με λαμπτήρες σε εσωτερικό χώρο. Οι λαμπτήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλλιέργεια σε εσωτερικό χώρο είναι λαμπτήρες φθορισμού (για σπορόφυτα και νεαρά μοσχεύματα), λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων, λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου και LED (Danziger & Bernstein, 2021, Eaves et al., 2020, Eichhorn Bilodeau et al., 2019,

Jenkins & Livesay, 2021, Magagnini et al., 2018, Namdar et al., 2019, Rodriguez-Morrison et al., 2021, Wei et al., 2021, Westmoreland et al., 2021). Για την αποφυγή υπερβολικής αύξησης της θερμοκρασίας αλλά και εγκαυμάτων στα φύλλα λόγω της υψηλής έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας πρέπει να διατηρείται ασφαλής απόσταση μεταξύ των λαμπτήρων και των φυτών περίπου ίση με 1 m. Στο βλαστικό στάδιο, γενικά απαιτείται φωτοπερίοδος με διάρκεια φωτός ≥ 18 h και σκότους ≤ 6 h, ενώ 12 h φωτός/σκότους χρειάζονται για την μετάβαση στο ανθικό στάδιο αλλά και την διατήρησή του. Μια έρευνα της GW Pharmaceuticals συνέκρινε τον ρυθμό ανάπτυξης οκτώ ποικιλιών με διάρκεια φωτοπεριόδου 18 h φωτός και 24 h φωτός, όπου μετά από τρεις εβδομάδες τα φυτά στις 18 h ήταν πιο κοντά και ελαφρά σε σχέση με τα φυτά στις 24 h φωτός (Potter, 2009). Σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια το μήκος της φωτοπεριόδου διαμορφώνεται με την χρήση σκίαστρον και λαμπτήρων. Έχει παρατηρηθεί ότι η απόδοση/ m^2 δεν διέφερε σημαντικά με πυκνότητα φυτών 16 φυτά/ m^2 και 20 φυτά/ m^2 (Vanhove et al., 2011). Επιπλέον, με μέση πυκνότητα φυτών 15 φυτά/ m^2 και φωτεινότητα 510 W/m^2 η μέση απόδοση σε βάρος ταξιανθίας ήταν 33,7 g/φυτό ή 505 g/ m^2 με ικανότητα για τέσσερις με έξι συγκομιδές τον χρόνο και βέλτιστη προτεινόμενη πυκνότητα φυτών 32 φυτά/ m^2 (Toonen et al., 2006). Η εταιρεία Bedrocan έχει αναφέρει μέση απόδοση ανάμεσα σε δυο ποικιλίες 315 g/ m^2 και 251 g/ m^2 με πυκνότητα φυτών 2,33 φυτά/ m^2 και ένταση φωτός 423 W/m^2 (Vanhove et al., 2011). Η ανάπτυξη των φυτών κάθε ποικιλίας κάνναβης, διαφέρει ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής από την οποία προέρχεται ή εκείνης όπου έγινε η βελτίωσή της αλλά και του γενετικού υποβάθρου των φυτών. Επίσης, έχει παρατηρηθεί πως η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 25-30 °C (Chandra et al., 2008, 2011b). Η σχετική υγρασία παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε στάδιο ανάπτυξης των φυτών και συστήνεται να βρίσκεται γύρω στο 70-75% στα μικρά στάδια ανάπτυξης και περίπου 55-60% στο βλαστικό και το ανθικό στάδιο. Τα νεαρά μοσχεύματα και τα σπορόφυτα χρειάζονται υψηλή σχετική υγρασία. Ειδικά στα νεαρά μοσχεύματα χρειάζεται να γίνεται τακτικός ψεκασμός με νερό στα φύλλα για να διατηρείται υψηλή σχετική υγρασία στο μικροκλίμα τους μέχρι να ριζώσουν. Αφού ριζώσουν καλά, άρδευση πρέπει να γίνεται μόνο όταν το πάνω μέρος του υποστρώματος έχει στεγνώσει καλά. Γενικά, το υπόστρωμα δεν πρέπει να μένει πολύ υγρό για παρατεταμένο διάστημα, αλλά και ούτε τόσο ξηρό ώστε να επέρχεται μαρασμός. Επίσης, η ποσότητα του νερού άρδευσης και η συχνότητά της εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης, το μέγεθος των φυτών και του όγκου της γλάστρας που βρίσκονται, της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Εξαιτίας της άρδευσης και της εξατμισοδιαπνοής αυξάνεται η σχετική υγρασία σε εσωτερικούς χώρους καλλιέργειας, επομένως είναι απαραίτητη η χρήση συστημάτων εξαερισμού, ανακύκλωσης αέρα και αφυγραντήρων. Σε εσωτερικό χώρο προτείνεται ξηρότερο περιβάλλον και συνεχής ροή αέρα για την αποφυγή μυκητολογικών ασθενειών (Punja, 2020a, Punja & Ni, 2021). Επίσης, χρειάζεται συνεχής παροχή φιλτραρισμένου

φρέσκου αέρα, από εξωτερικό χώρο με σύστημα εξαερισμού, ο οποίος πρέπει να ανακυκλώνεται με χρήση ανεμιστήρων και να κινείται ανάμεσα στα φυτά. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂ στα 750 ppm σε σχέση με την τυπική συγκέντρωση του περιβάλλοντος, αύξησε τον ρυθμό φωτοσύνθεσης και την αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) από 50% σε 111% σε διαφορετικές ποικιλίες (Chandra et al., 2011a). Οι θρεπτικές απαιτήσεις του φυτού στο βλαστικό στάδιο είναι υψηλό ποσοστό αζώτου, ασβεστίου και μαγνησίου, ενώ στο ανθικό στάδιο χρειάζεται περισσότερο φώσφορο και κάλιο για την καλύτερη ανάπτυξη των ταξιανθιών (Bócsa et al., 1997, Caplan et al., 2017a, 2017b, Cockson et al., 2019a, 2020, Coffman & Gentner, 1977, Kalinowski et al., 2020, Saloner et al., 2019, Saloner & Bernstein, 2020, Shiponi & Bernstein, 2021, Veazie et al., 2021).

2.3. Υπαίθρια καλλιέργεια

Η καλλιεργητική τεχνική που αναλύεται παρακάτω βασίζεται σε μελέτες για την παραγωγή ταξιανθιών πλούσιες σε CBD για φαρμακευτικούς σκοπούς (Chandra et al., 2016, 2020). Η καλλιέργεια ξεκινά τέλη Μαρτίου/ αρχές Απριλίου όταν αρχίζει να αυξάνεται η θερμοκρασία και διαρκεί μέχρι τέλος Οκτωβρίου/ αρχές Νοεμβρίου ανάλογα την κάθε ποικιλία. Το φυτό μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 5 m στο τέλος του βιολογικού του κύκλου. Επίσης, στο βλαστικό στάδιο η ανάπτυξη είναι τόσο έντονη ώστε το φυτό 'πνίγει' τα περισσότερα ζιζάνια ως αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η χρήση ζιζανιοκτόνων. Η σπορά μπορεί να γίνει πιο νωρίς σε θερμοκήπιο ή θερμοσπορείο σε μικρά βιοδιασπόμενα γλαστράκια τύρφης (jiffy) και να φυτευτούν τα επιλεγμένα σπορόφυτα, αλλιώς γίνεται απευθείας σπορά στον αγρό. Τα αρσενικά άνθη εμφανίζονται μέσα σε 2-3 μήνες (γύρω στα μέσα Ιουλίου) και στην συνέχεια τα θηλυκά άνθη. Τα αρσενικά φυτά αφαιρούνται γιατί περιέχουν λιγότερα φυτοκανναβινοειδή σε σχέση με τα θηλυκά φυτά, για αποφυγή επικονίασης/σποροποίησης που οδηγεί σε ταξιανθία με λιγότερα φυτοκανναβινοειδή και για αποφυγή σταυρεπικονίασης ανάμεσα σε διαφορετικές ποικιλίες αλλά και στην ίδια ποικιλία. Επειδή το φυτό είναι αλλογαμικό, είναι δύσκολο να διατηρηθεί ένας σταθερός χημειότυπος σε συνθήκες αγρού όταν τα φυτά προέρχονται από σπόρο (Sawler et al., 2015). Επομένως, προτείνεται η επιλογή θηλυκών μητρικών φυτών με βάση τον χημειότυπο και η παραγωγή μοσχευμάτων με σταθερό και γνωστό χημειότυπο από αυτά. Παρόμοια με τον πολλαπλασιασμό από σπόρο, τα μοσχεύματα μπορούν να αναπτυχθούν σε βιοδιασπόμενα γλαστράκια τύρφης (jiffy) και αυτά που έχουν ριζώσει καλύτερα να φυτευτούν στον αγρό. Τα ποσοστά των φυτοκανναβινοειδών αυξάνονται με την ηλικία του φυτού, φτάνουν στο υψηλότερο επίπεδο στο στάδιο της πλήρους άνθησης και μένουν σταθερά μέχρι την αρχή της γήρανσης όπου και μειώνονται.

Το στάδιο της ωρίμανσης καθορίζεται οπτικά-μακροσκοπικά ανάλογα με την διαύγεια των αδενωδών τριχιδίων και επιβεβαιώνεται με το ποσοστό των φυτοκανναβινοειδών με δείγματα που συλλέγονται σε όλα τα αναπτυξιακά στάδια των φυτών και την χημική ανάλυσή τους. Επειδή τα ανώτερα σημεία των ταξιανθιών ωριμάζουν πιο γρήγορα σε σχέση με τα χαμηλότερα συγκομίζονται και σε διαφορετικό χρόνο. Η κάνναβη είναι ετήσιο φυτό μικρής φωτοπεριόδου και ανθίζει προς το τέλος καλοκαιριού/ αρχές φθινοπώρου όταν πλησιάζει η φθινοπωρινή ισημερία και μικραίνει η διάρκεια της μέρας άσχετα με την ημερομηνία σποράς και την ηλικία του φυτού. Η ωρίμανση των σπόρων ολοκληρώνεται πριν τον χειμώνα και το φυτό πεθαίνει αν δεν συγκομιστεί. Η υπαίθρια καλλιέργεια βοηθάει το φυτό να αναπτυχθεί στο μέγιστο βαθμό λόγω της άμεσης έκθεσης στο έντονο ηλιακό φως με αποτέλεσμα τα φυτά να είναι πιο μεγάλα και με περισσότερη βιομάζα σε σχέση με τα φυτά εσωτερικού χώρου. Επίσης, δεν χρειάζεται η επένδυση σε πολύπλοκο και ακριβό εξοπλισμό. Όμως δεν είναι εύκολος ο έλεγχος των συνθηκών ανάπτυξης. Για παράδειγμα, οι κλιματικές συνθήκες πιθανόν να μην είναι ευνοϊκές όταν τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης ή μια καταιγίδα μπορεί να καταστρέψει τα φυτά ενώ είναι έτοιμα για συγκομιδή. Επιπλέον, τα φυτά σε εξωτερικές συνθήκες έχουν πολύ μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο.

2.4. Συγκομιδή, επεξεργασία και αποθήκευση

Οι τεχνικές για την εξακρίβωση του κατάλληλου σταδίου για συγκομιδή, την σωστή επεξεργασία της δρόγης αλλά και οι πρακτικές για την σωστή αποθήκευση, διατήρηση και σταθερότητα δρογών και εκχυλισμάτων κάνναβης, αναλύονται σε αρκετές μελέτες (Aizpurua-Olaizola et al., 2016, Fairbairn et al., 1976, Kwasnica et al., 2020, Lindholst, 2010, Milay et al., 2020, Pacifici et al., 2017, 2018, 2019, Pacifico et al., 2008, Potter, 2009, Tremlová et al., 2021, Trofin et al., 2011, 2012a, 2012b, Yang et al., 2020). Ο καθορισμός του σταδίου ωριμότητας για συγκομιδή είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην καλλιέργεια της κάνναβης. Επομένως, κρίνεται απαραίτητο να γίνονται καθημερινοί δειγματοληπτικοί έλεγχοι, από διαφορετικά σημεία στα φυτά, για την παρακολούθηση των ποσοστών σε φυτοκανναβινοειδή. Βέβαια, υπάρχουν και οπτικές ενδείξεις ωριμότητας όπως το χρώμα των στιγμάτων, τα οποία στεγνώνουν και από λευκά-κίτρινα μεταχρωματίζονται σε πορτοκαλί-καφέ, επίσης τα αδενώδη τριχίδια από διαυγή γίνονται λευκά. Τα ποσοστά των φυτοκανναβινοειδών αυξάνονται με την ηλικία του φυτού και σταθεροποιούνται στο στάδιο της πλήρους άνθισης για περίπου δυο εβδομάδες και στην συνέχεια μειώνονται προς το στάδιο της γήρανσης. Επίσης, τα υψηλότερα επίπεδα φυτοκανναβινοειδών και τερπενίων παρατηρούνται τις πρωινές ώρες, όπου προτείνεται να γίνεται η συγκομιδή, και μειώνονται προς τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες. Στο

κάθε φυτό οι ταξιανθίες της κορυφής είναι αυτές που πρέπει να συγκομίζονται πρώτες και οι χαμηλότερες αφού ωριμάσουν. Συνήθως, οι συγκομιζόμενες ταξιανθίες χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς, επομένως πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στους χειρισμούς κατά την συγκομιδή. Σε κάθε στάδιο είναι απαραίτητη η χρήση γαντιών και η επαφή των συγκομισμένων ταξιανθιών με το έδαφος πρέπει να αποφεύγεται. Τα νεκρά φύλλα αφαιρούνται πριν την ξήρανση. Ολόκληρη η ταξιανθία μπορεί να ξηραθεί ή να τεμαχιστεί σε μικρότερα τμήματα. Ανάλογα με την ποσότητα του συγκομιζόμενου προϊόντος χρειάζεται και αντίστοιχου μεγέθους κτηριακός εξοπλισμός με ξηραντήριο για την ξήρανση της βιομάζας (12–15 h, 40 °C), αλλιώς για μικρά δείγματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας εργαστηριακός φούρνος. Εφόσον η διαδικασία της ξήρανσης έχει ολοκληρωθεί τα εναπομείναντα φύλλα αφαιρούνται από τα άνθη. Στη συνέχεια τα αποξηραμένα άνθη διαχωρίζονται από τυχόν σπόρους και ξηρούς βλαστούς με πέρασμα από κόσκινα διαφορετικού διαμετρήματος είτε χειροκίνητα είτε με αυτοματοποιημένες μηχανές επεξεργασίας ξηρής βιομάζας. Η αποξηραμένη και επεξεργασμένη βιομάζα αποθηκεύεται σε ειδικά αεροστεγή δοχεία μέσα σε εγκεκριμένες σακούλες πολυαιθυλενίου στους 18–20 °C για μικρή χρονική διάρκεια και στους -10 °C σε συνθήκες σκότους για μεγαλύτερη διάρκεια αποθήκευσης. Η αποδόμηση των φυτοκανναβινοειδών είναι χαμηλή κατά την επεξεργασία, όταν έχει προηγηθεί σωστή ξήρανση, όμως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την αποθήκευση γιατί τα φυτοκανναβινοειδή είναι εύκολο να οξειδωθούν παρουσία οξυγόνου και φωτός σε συνθήκες δωματίου. Εκχύλιση μπορεί να γίνει είτε με υπερκρίσιμη εκχύλιση είτε με αιθανολική εκχύλιση. Η αποκαρβοξυλίωση των όξινων μορφών των φυτοκανναβινοειδών σε ουδέτερα φυτοκανναβινοειδή μπορεί να γίνει με θέρμανση είτε στο εκχύλισμα είτε στην ξηρή δρόγη πριν την εκχύλιση.

B. Πειραματικό μέρος

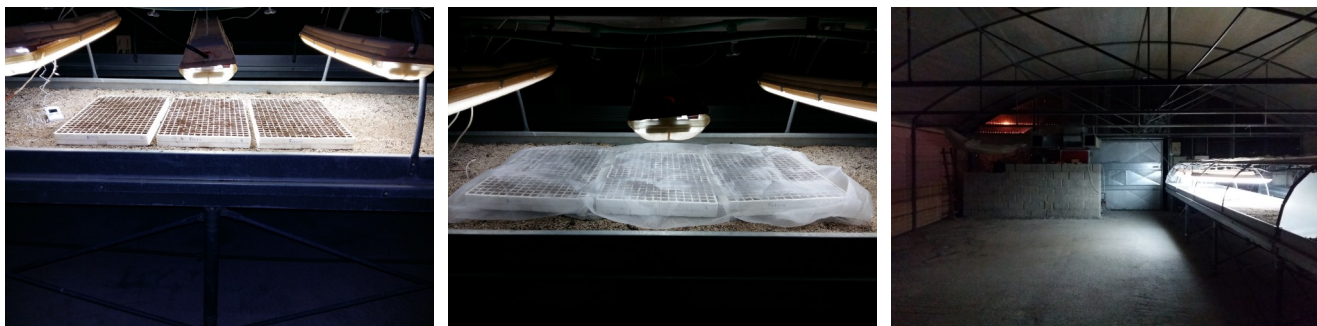
1. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η σύνταξη ενός πρωτόκολλου για παραγωγή θηλυκών μοσχευμάτων από επιλεγμένα μητρικά φυτά και την καλλιέργεια φυτών με σταθερά γενετικά γνωρίσματα και άρα σταθερούς χημειότυπους σε όλα τα φυτά της ίδιας ποικιλίας. Για τον σκοπό αυτό, καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπιο συνολικά 45 φυτά από τις πιστοποιημένες ποικιλίες ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’ και ‘Futura 75’, 15 από κάθε ποικιλία και στην συνέχεια επιλέχθηκαν συνολικά 6 θηλυκά φυτά, 2 από την κάθε ποικιλία. Τα φυτά αυτά διατηρήθηκαν στο βλαστικό στάδιο με φωτοπερίοδο 24 h φως, με λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου, και λιπάνσεις πλούσιες σε άζωτο, επίσης έγιναν τρία κλαδέματα για την διαμόρφωση της κόμης ώστε τα φυτά να δώσουν πολλές κορυφές για την παραγωγή μοσχευμάτων.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Παραγωγή μητρικών φυτών

Στις 18/01/2020, έγινε διαχωρισμός και επιλογή των σπόρων 3 ποικιλιών κάνναβης ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’, ‘Futura 75’, βάσει του ειδικού βάρους τους και στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε σπορά σε 3 δίσκους σποράς 330 θέσεων (22*15) σε τύρφη (CANNA Terra Seed Mix), οι οποίοι σκεπάστηκαν με εντομοστεγές δίχτυ, σε θερμοκήπιο υδρονέφωσης πάνω στους πάγκους ριζοβολίας (τοποθεσία Γαίοπολις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας). Η διάρκεια της φωτοπεριόδου, στο στάδιο φυτρώματος ήταν 24 h, με 6 λάμπες φθορισμού (Diolamp Lighting Solutions 36W 6400K Halo-Phosphor). Επίσης, τοποθετήθηκε καταγραφικό θερμοκρασίας/υγρασίας (Cornwall Electronics Thermo Hygrometer Max-Min Digital Probe) για μετρήσεις. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας έγινε με χρήση του αερολέβητα του θερμοκηπίου, ο οποίος λειτουργεί με θερμοστάτη όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 17°C.



Εικόνα 2.1. Σπορά

Στις 30/01/2020, ολοκληρώθηκε το φύτρωμα, φυτρωτική ικανότητα, ‘Fedora 17’: 89,06% (285/320), ‘Felina 32’: 88,48% (292/330), ‘Futura 75’: 92,72% (306/330).



Εικόνα 2.2. Φύτρωμα α) ‘Fedora 17’, β) ‘Felina 32’ και γ) ‘Futura 75’

Στις 08/02/2020, έγινε μεταφύτευση 15 σπορόφυτων από κάθε ποικιλία σε 45 μαλακές μαύρες πλαστικές γλάστρες (διαστάσεων 9*9*9,5 cm) σε τύρφη (PLAGRON lightmix) και τοποθετήθηκαν δίπλα από τις λάμπες φθορισμού για λιγότερη σκίαση, με στόχο στο κατάλληλο αναπτυξιακό στάδιο να διατηρηθούν τα θηλυκά φυτά. Οι ποικιλίες κωδικοποιήθηκαν ως εξής, ‘Fedora 17’→1, ‘Felina 32’→2, ‘Futura 75’→3 και οι γλάστρες 1.1–1.15, 2.1–2.15, 3.1–3.15. Τα εναπομείναντα σπορόφυτα στους δίσκους σποράς διατηρήθηκαν για μελλοντικές ανάγκες του πειράματος, παρέμειναν κάτω από τις λάμπες φθορισμού και τους αφαιρέθηκε το εντομοστεγές δίχτυ. Επίσης, σφραγίστηκαν διάφορες τρύπες των υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου με πλαστική ταινία.



α



β

Εικόνα 2.3. α) 1η μεταφύτευση σε γλάστρες από τους δίσκους σποράς β)

Στις 23/02/2020, οι πλαστικές γλάστρες με τα αναπτυσσόμενα φυτά μεταφέρθηκαν στο δάπεδο επάνω σε φελιζόλ για να μην έρχονται σε άμεση επαφή με την ψυχρή επιφάνεια του δαπέδου του θερμοκηπίου. Έγινε εγκατάσταση εξοπλισμού αυτόματου ποτίσματος, με προγραμματιστή ποτίσματος (Galcon 9001D Hose-End Tap Timer) ρυθμισμένο για 1 min κάθε μέρα στις 12:00, που συνδέθηκε σε σωλήνα άρδευσης (AGRODRIP Φ20 ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ) ο οποίος διπλώθηκε και τοποθετήθηκε σε φωτεινό σημείο για θέρμανση του νερού και πάνω του κουμπώθηκαν αυτορυθμιζόμενοι σταλάκτες (palaplast AXIOS-SC 2 L/h) συνδεδεμένοι με σωληνάκια (palaplast PVC Φ6) σε λόγχες υδροπονίας 30° (palaplast) που κατέληγαν στις γλάστρες. Επιπλέον, επάνω από τις πλαστικές γλάστρες τοποθετήθηκε λαμπτήρας υψηλής πίεσης νατρίου (SYLVANIA SHP-T 400W GroXpress E40) που βιδώθηκε σε ενιαίο μετασχηματιστή/εκκινητή/πυκνωτή/ανακλαστήρα (LIGHTS INTERACTION, Papillon 270), για πρόσθετο τεχνητό φωτισμό όλο το εικοσιτετράωρο καθημερινά (σε απόσταση 1 m από τις γλάστρες).



Εικόνα 2.4. Εξοπλισμός αυτόματου ποτίσματος και λαμπτήρας υψηλής πίεσης νατρίου

Στις 12/03/2020, έγινε μέτρηση pH: 7,6 και EC: 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ του αρδευτικού νερού. Στις 16/03/2020, παρασκευάστηκε γαλάκτωμα φυσικής πυρεθρίνης (Pararip 5SC) και ελαίου παραφίνης (Tampa 97,6 EC) σε 2 L νερό (1 mL Pararip 5SC + 15 mL Tampa 97,6 EC/ 2 L νερού), αφού προηγήθηκε παρατήρηση ενήλικων αλευρωδών. Τα φυτά εμβαπτίστηκαν στο γαλάκτωμα και παρέμειναν σε οριζόντια θέση για 30 λεπτά περίπου για να απομακρυνθεί το υγρό από την επιφάνειά τους. Ακολούθησε μεταφύτευση των φυτών σε 45 καφέ πλαστικές γλάστρες (14 cm Φ * 11 cm Y) σε τύρφη (PLAGRON allmix) που τοποθετήθηκαν στο δάπεδο επάνω σε φελιζόλ για να μην έρχονται σε άμεση επαφή με την ψυχρή επιφάνεια του δαπέδου του θερμοκηπίου. Επίσης, τοποθετήθηκαν χρωμοτροπικές κίτρινες παγίδες εντόμων. Ο εξοπλισμός αυτόματου ποτίσματος έμεινε ίδιος, άλλαξε μόνο η διαρρύθμιση των θέσεων των σταλακτών με βάση τις νέες θέσεις των φυτών. Ο λαμπτήρας, επίσης, παρέμεινε στην ίδια θέση.



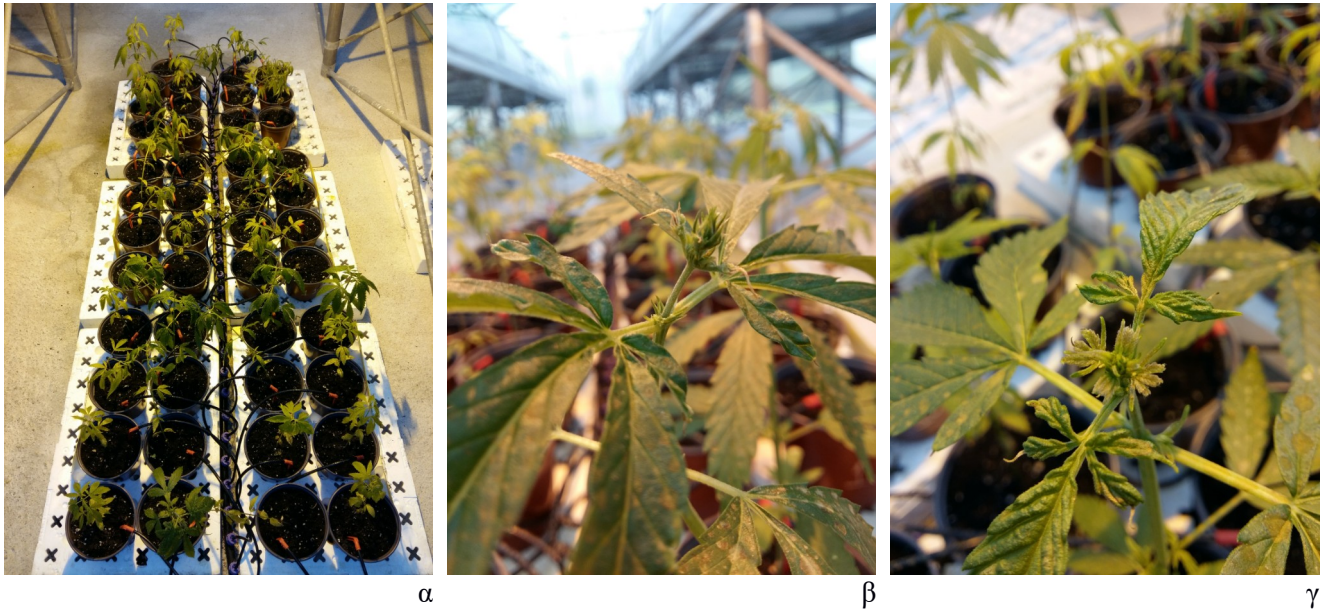
Εικόνα 2.5. 2η μεταφύτευση

Στις 18/03/2020, παρατηρήθηκαν εγκαύματα στα νεαρά φύλλα πιθανώς λόγω μεταφυτευτικού στρες και της εφαρμογής πυρεθρίνης σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες των μεσημεριανών ωρών.



Εικόνα 2.6. Εγκαύματα στα νεαρά φύλλα

Στις 27/03/2020, τα εγκαύματα οδήγησαν σε προσωρινή διακοπή της ανάπτυξης της νέας βλάστησης και χάσιμο της κυριαρχίας κορυφής με συνέπεια την έντονη έκπτυξη πλάγιων οφθαλμών όπου και παρατηρήθηκαν τα πρώτα φύλλα στις μασχάλες. Παρασκευάστηκαν, διάλυμα μυκόρριζων-ωφέλιμων μικροοργανισμών MICOSAT F WP LEN (3 μεζούρες της συσκευασίας σε 500 mL νερό) με το οποίο ποτίστηκαν όλα τα φυτά και διάλυμα βιοδιεγέρτη-ενεργοποιητή με πρωτεΐνη harpin HALO (1 μεζούρα συσκευασίας σε 500 mL νερό) με το οποίο έγινε διαφυλλικός ψεκασμός. Τα φυτά πλάγιασαν λόγω βάρους μετά τον διαφυλλικό ψεκασμό, με αποτέλεσμα να σπάσει ένας βλαστός. Επίσης, κατά την πορεία του πειράματος στα μητρικά φυτά έγιναν υδρολιπάνσεις (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0, COMPLESAL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S, τροφικός βιολογικός ορός STANLEY), διαφυλλικοί ψεκασμοί (HALO) και ριζοποτίσματα με μικροοργανισμούς (MICOSAT F WP LEN) ή αμινοξέα (BIOBIZZ BIO·HEAVEN) σύμφωνα το ημερολόγιο εργασιών του πίνακα 5.3. του παραρτήματος.



Εικόνα 2.7. α) 1ος διαφυλλικός ψεκασμός με HALO και β), γ) εγκαύματα στα νέα φύλλα κορυφής

Στις 09/04/2020, έγινε πρόσθεση προγράμματος αυτόματου ποτίσματος 1 min κάθε μέρα στις 16:00. Στις 17/04/2020, έγινε μεταφορά χαμηλών φυτών που έχουν μείνει πίσω σε ανάπτυξη σε σκιερό μέρος όπου προκαλείται σκιά από τα υπόλοιπα ψηλότερα φυτά, αλλά και με καλύτερη έκθεση στο τεχνητό φως.

Στις 02/05/2020, έγινε μεταφορά του λαμπτήρα σε υψηλότερη θέση (2 m από τις γλάστρες) λόγω της ανάπτυξης των φυτών και της αύξησης του ύψους τους, αλλά και για την αποφυγή εγκαυμάτων των νεαρών φύλλων, μεταφορά του σωλήνα άρδευσης σε σκιερή θέση κάτω από τα τούνελ ριζοβολίας για αποφυγή υπερβολικής θέρμανσης του νερού και πρόσθεση προγράμματος αυτόματου ποτίσματος 1 min κάθε μέρα στις 08:00. Επιπλέον, ξεκίνησε η χρήση του ανεμιστήρα του θερμοκηπίου, το ανέβασμα των παραθύρων του θερμοκηπίου και το σβήσιμο του λαμπτήρα τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες σε καθημερινή βάση. Από τις 15/05/2020, άρχισε να γίνεται κατάβρεξη της επιφάνειας του δαπέδου του θερμοκηπίου με λάστιχο ποτίσματος κατά τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες για αύξηση της σχετικής υγρασίας του χώρου και μείωση της θερμοκρασίας καθημερινά. Επίσης, εκριζώθηκαν τα εναπομείναντα φυτά από τους δίσκους σποράς.

Στις 08/06/2020 έγινε αφαίρεση κίτρινων φύλλων και κλάδεμα ξερών κλαδίσκων. Στις 11/06/2020, κατασκευάστηκε δίχτυ από σπάγκο βαμβακιού και τοποθετήθηκε ανάμεσα στην κόμη των φυτών (παρόμοια διάταξη με το σύστημα Sea Of Green (SOG)) για στήριξη και προστασία από τον άνεμο κατά την διάρκεια που είναι ανοιχτό το θερμοκήπιο για αερισμό. Επίσης, μετακινήθηκε η θέση του λαμπτήρα δίπλα από την κόμη των φυτών.



α



β

Εικόνα 2.8. α) κατά την αλλαγή θέσεων των φυτών 17/04 και β) ανέβασμα λαμπτήρα 02/05



α



β

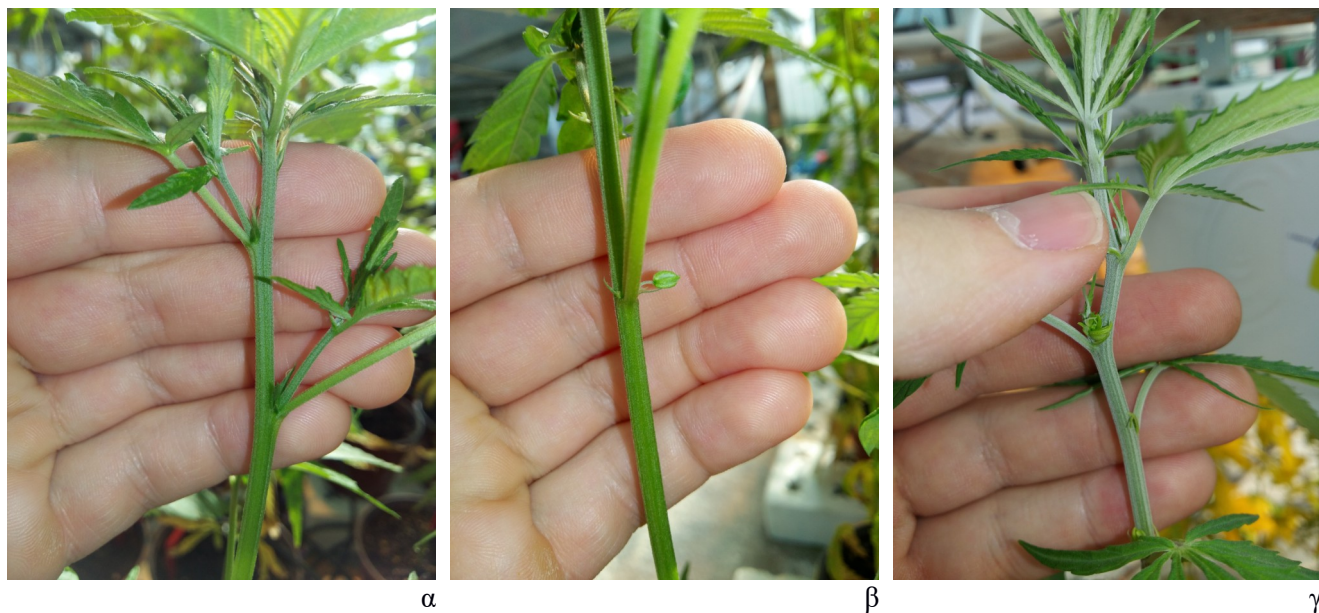
Εικόνα 2.9. Κλάδεμα κλαδίσκων α) πριν 15/05 & β) μετά 08/06 και αλλαγή θέσης λαμπτήρα



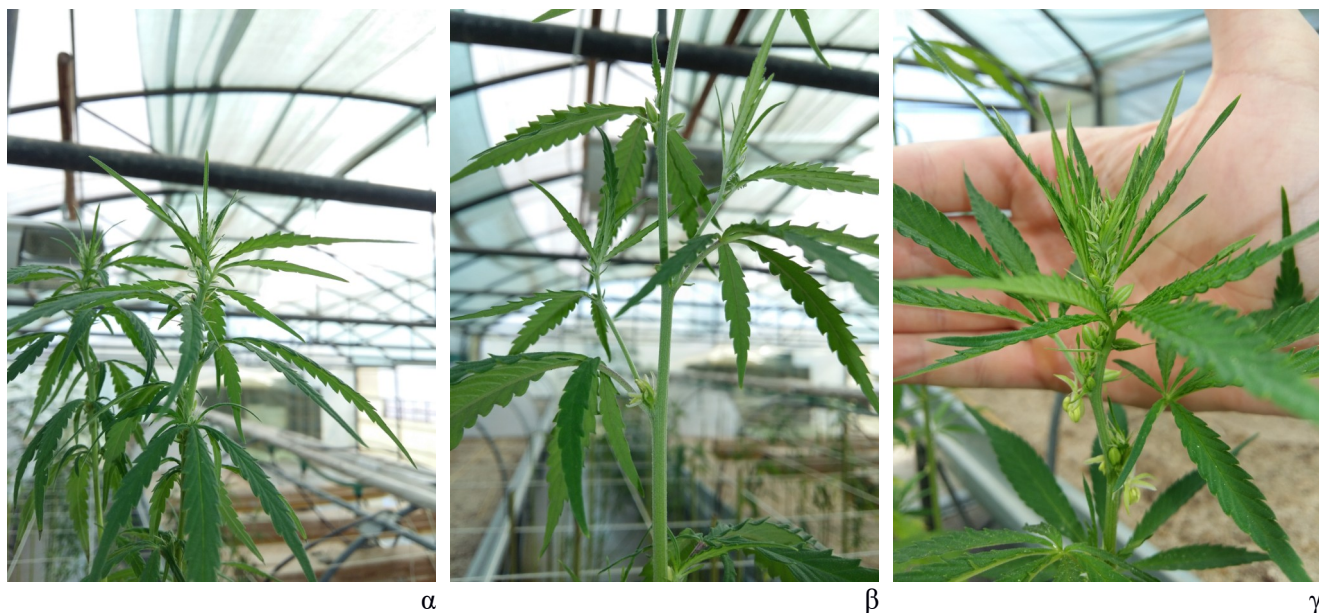
Εικόνα 2.10. Κατασκευή δικτυού SOG

Κατά την διάρκεια της βλαστικής φάσης, γινόταν παρατήρηση της προάνθισης για επιλογή θηλυκών φυτών. Οι ποικιλίες παρουσίασαν μόνονα αλλά και δίονα φυτά. Επίσης, σε κάποια φυτά

υπήρξε πολύ έντονη προάνθιση, σε βαθμό σχηματισμού πρώιμης ταξιανθίας, με πάρα πολλά στίγματα και δίχως αδενώδη τριχίδια στους κάλυκες των θηλυκών ανθέων. Ως αποτέλεσμα, κάποια από αυτά να παράξουν λίγους σπόρους. Επιπλέον, τα φυτά τα οποία επιλέχθηκαν είχαν πολύ ήπια θηλυκή προάνθιση με ελάχιστα στίγματα και χαμηλό ύψος.



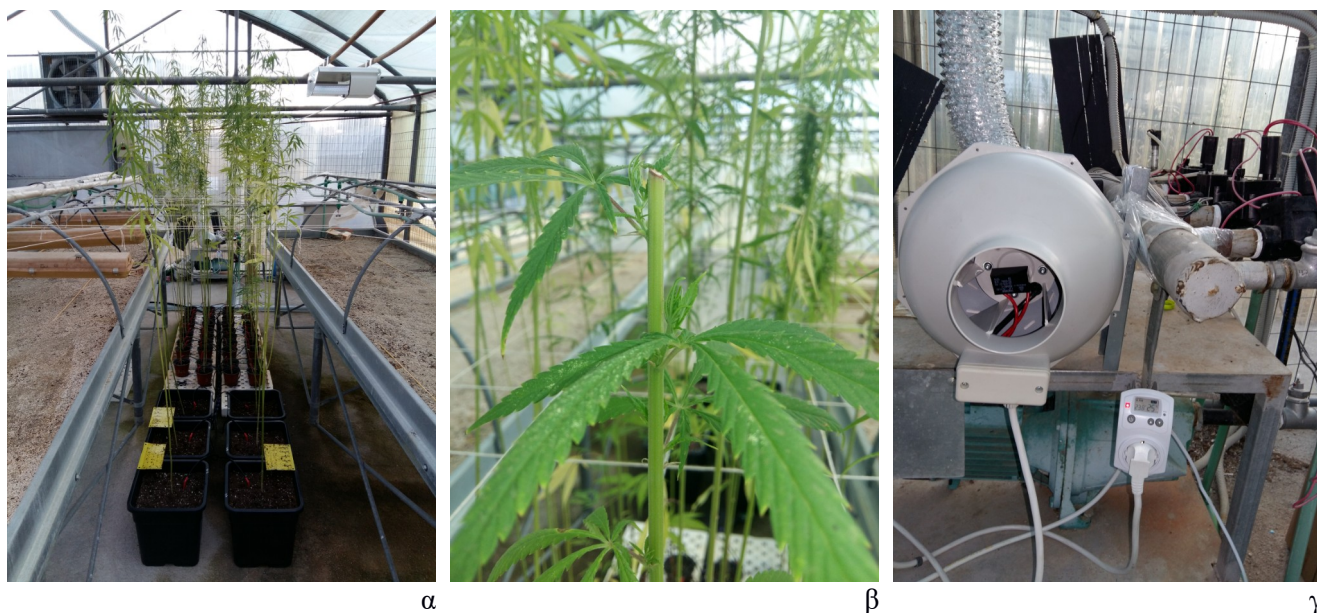
Εικόνα 2.11. Αρχή προάνθισης α) θηλυκό, β) αρσενικό και γ) ερμαφρόδιτο φυτό



Εικόνα 2.12. Προάνθιση σε πιο προχωρημένο στάδιο α) θηλυκό, β) αρσενικό και γ) ερμαφρόδιτο φυτό

Στις 22/06/2020, τα φυτά βγήκαν από το δίκτυ στήριξης, ποτίστηκαν χειροκίνητα με λάστιχο ποτίσματος με μεγαλύτερη ποσότητα νερού και χωρίστηκαν ανά ποικιλία, για παρατηρήσεις ώστε να

γίνει διαλογή πιθανών θηλυκών φυτών (βάσει ύψους και προάνθισης) για μεταφύτευση. Παρασκευάστηκε μείγμα κοκοφοίνικα (CANNA COCO Professional Plus 50 L), τύρφης (CANNA Terra Professional 50 L) και εμπλουτισμένης ελαφρόπετρας (οικιαLAVA 14 L*3) στο οποίο έγινε μεταφύτευση 2 φυτών από κάθε ποικιλία (1.9, 1.10, 2.8, 2.13, 3.5, 3.7) σε 6 μαύρες πλαστικές γλάστρες των 25 L (30*30*30 cm) και τοποθετήθηκαν δίπλα από τα υπόλοιπα φυτά. Τα υπόλοιπα φυτά επανατοποθετήθηκαν στο δίκτυ στήριξης και κλαδεύτηκαν αυστηρά 2 φυτά (1.13, 3.1), για παρατήρηση της μετέπειτα ανάπτυξής τους. Πάνω από τα μεταφυτευμένα φυτά κατασκευάστηκε ένα μικρότερο δίκτυο στήριξης. Επιπλέον, τοποθετήθηκε εύκαμπτος σπιράλ σωλήνας εξαερισμού (gam ALUDUCT Low Noise Ducting 102 mm Φ * 10 m M) σε τρύπα (σε ύψος 3,7 m) στο πλάγιο τοίχωμα του θερμοκηπίου και ενσωματώθηκε ανεμιστήρας (Can-Fan RK 100 / 240 m³/h) στην άλλη άκρη του για μεταφορά αέρα από τον εξωτερικό χώρο προς τα φυτά, ο οποίος λειτουργεί με θερμοστάτη (Cornwall Electronics TEMPERATURE CONTROLLER) όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 25°C. Παράλληλα, τοποθετήθηκε μικρός ανεμιστήρας (Secret Jardin Monkey Fan MFO20UE R2.00 20W) κάτω από τα τούνελ ριζοβολίας στραμμένος προς τα φυτά για ανακύκλωση του αέρα. Ο λαμπτήρας μεταφέρθηκε ανάμεσα στα φυτά στις παλιές μικρές γλάστρες και στα μεταφυτευμένα στις καινούργιες μεγαλύτερες γλάστρες. Επίσης, έγινε αφαίρεση των επαναλήψεων του προγράμματος αυτόματου ποτίσματος κάθε μέρα και το πότισμα γίνονταν χειροκίνητα.



Εικόνα 2.13. α) 3η μεταφύτευση σε γλάστρες 25 L, β) αυστηρό κλάδεμα στο 1.13 και γ) εγκατάσταση ανεμιστήρων



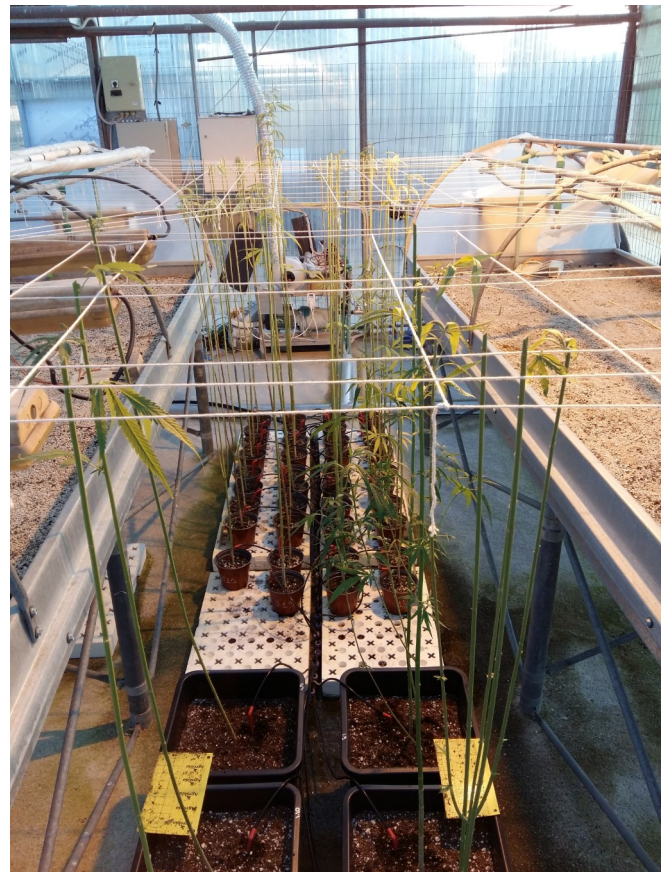
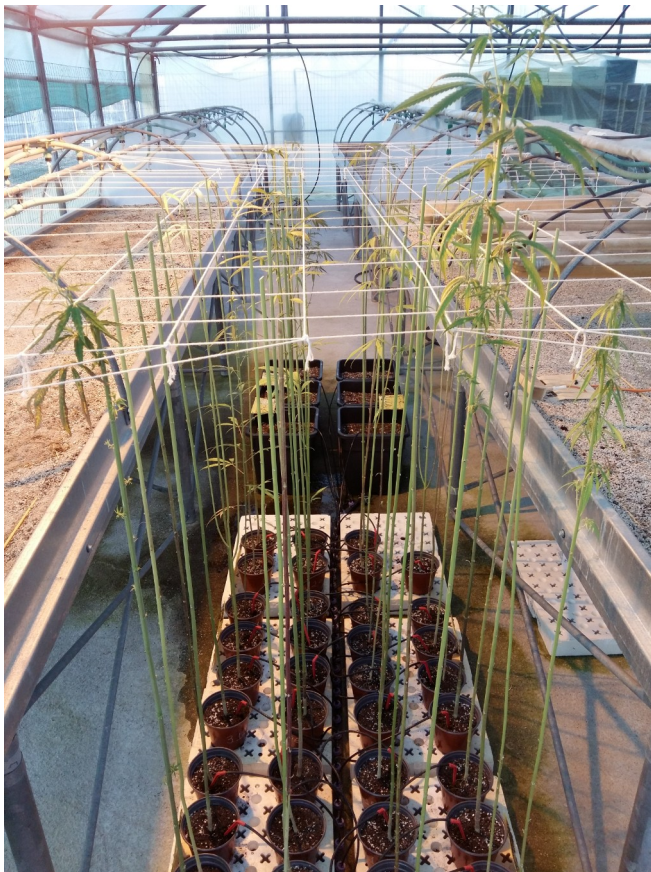
α



β

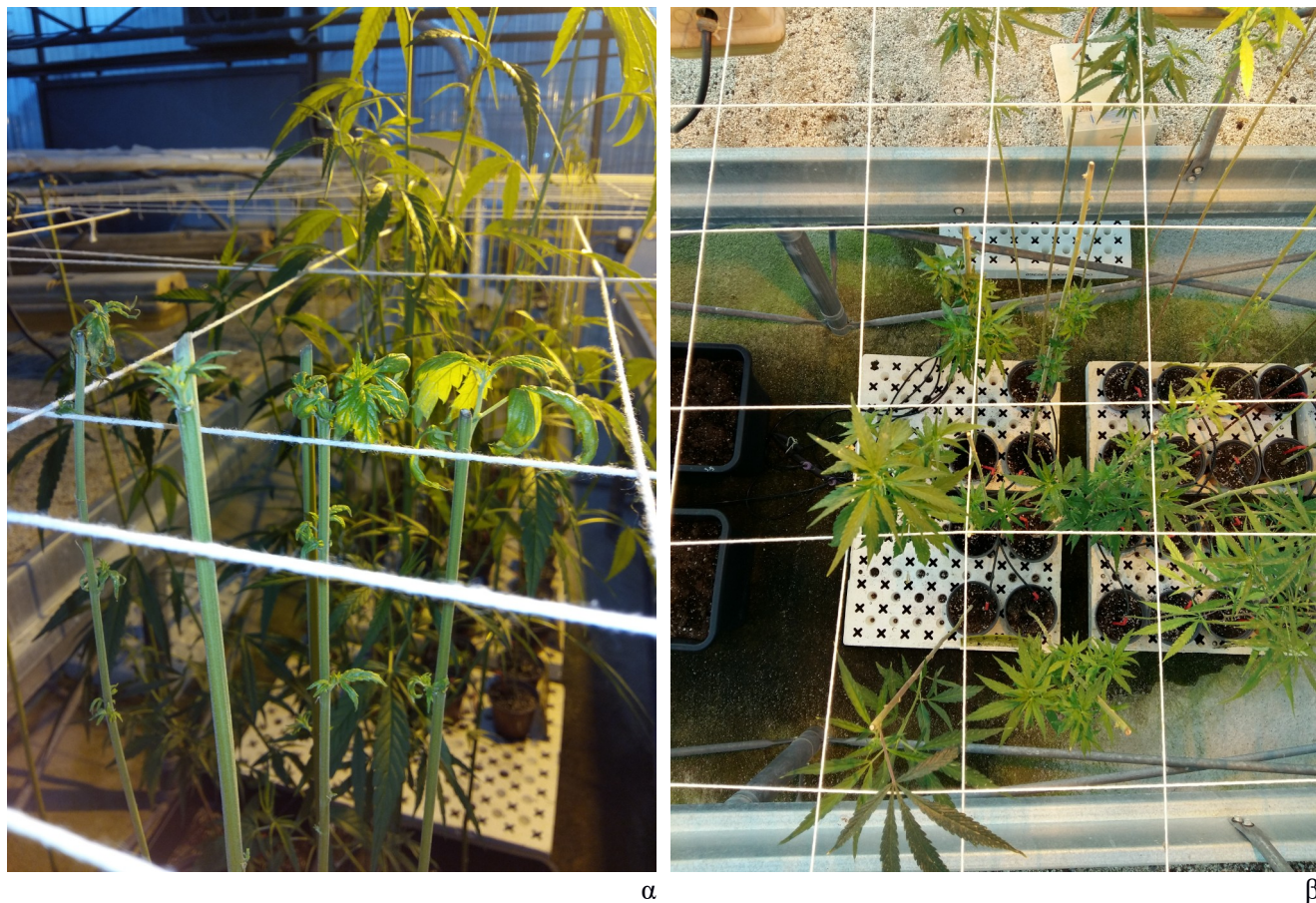
Εικόνα 2.14. α) ανάπτυξη μεταφυτευμένων φυτών και β) χρήση ανεμιστήρα για ανακύκλωση του αέρα

Στις 04/07/2020, όλα τα φυτά κλαδεύτηκαν στο ύψος των δικτύων στήριξης SOG (1,2 m) για έκπτυξη μεγάλου αριθμού νέων βλαστών.



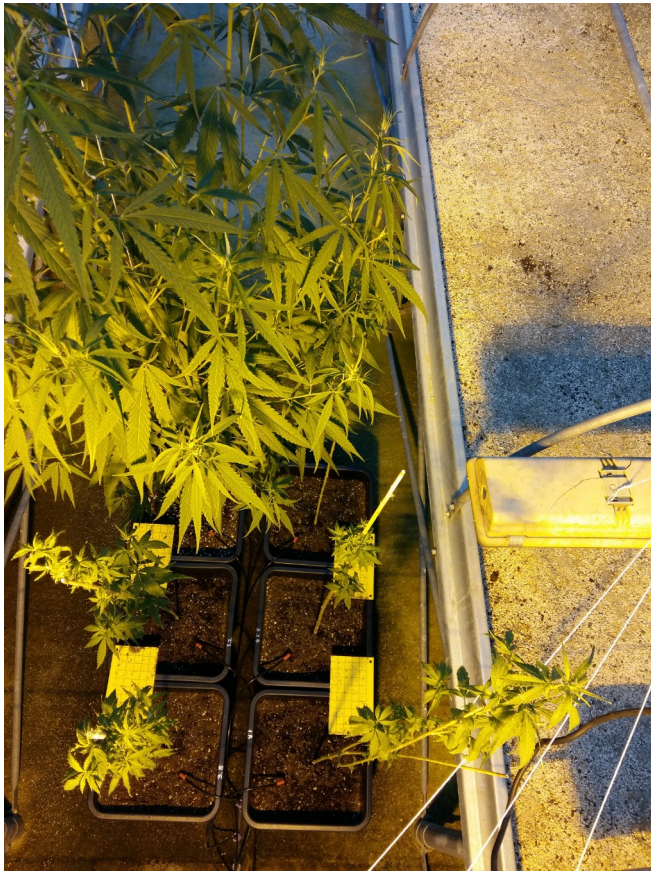
Εικόνα 2.15. Αυστηρό κλάδεμα

Από τις 15/07/2020 ξεκίνησε η χρήση του ανεμιστήρα του θερμοκηπίου τις νυχτερινές ώρες. Στις 17/07/2020 τοποθετήθηκαν νέες χρωμοτροπικές κίτρινες παγίδες εντόμων. Στις 23/07/2020, έγινε εκρίζωση των νεκρών μεταφυτευμένων φυτών από τις μεγάλες γλάστρες (εκτός του 2.8 που παρέμεινε ζωντανό), τα οποία μετά το αυστηρό κλάδεμα που τους έγινε ανέπτυξαν νέα βλάστηση από πλάγιους οφθαλμούς η οποία στην πορεία έδειξε σημάδια μάρανσης και τα φυτά νεκρώθηκαν σταδιακά. Στις 29/07/2020, έγινε μεταφορά επιλεγμένων φυτών για νέα μεταφύτευση (από τις μικρές γλάστρες 1.2, 1.8, 2.6, 2.15, 3.8, 3,14) κάτω από τον λαμπτήρα για καλύτερο φωτισμό της νέας κόμης.

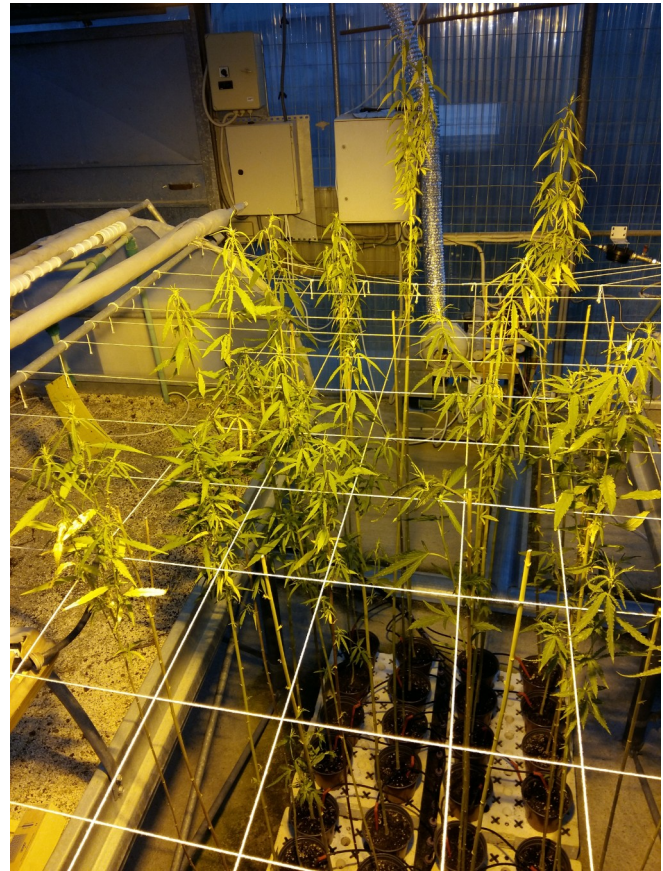


Εικόνα 2.16. α) μάρανση νέας βλάστησης μετά το κλάδεμα και β) αλλαγή θέσης των φυτών πριν τη μεταφύτευση

Την 01/08/2020, τα φυτά 1.2, 1.8, 2.6, 3.8, 3.14 μεταφυτεύτηκαν στις μεγάλες γλάστρες των 25 L στο μείγμα τύρφης που υπήρχε ήδη σε αυτά από την προηγούμενη μεταφύτευση. Το δίκτυο στήριξης αφαιρέθηκε από τα μεταφυτευμένα φυτά, που δέθηκαν με σπάγκο από τον σκελετό του θερμοκηπίου. Στις 10/08/2020, το μεταφυτευμένο φυτό 2.6 εκριζώθηκε και στη θέση του μεταφυτεύθηκε το 2.5. Στις 15/08/2020 σταμάτησε να γίνεται κατάβρεξη της επιφάνειας του δαπέδου του θερμοκηπίου.



α



β

Εικόνα 2.17. α) 4η μεταφύτευση στις μεγάλες γλάστρες και β) διατήρηση των υπόλοιπων φυτών



α



β

Εικόνα 2.18. Τα μεταφυτευμένα φυτά στις α) 18/08 και β) 27/08

Στις 26/08/2020, έγινε εκρίζωση όλων των φυτών από τις μικρές γλάστρες και αφαίρεση του δικτυού SOG. Στις 29/08/2020, έγινε τοποθέτηση δικτυού σκίασης στην πλάγια πλευρά (νοτιοδυτικής έκθεσης) του θερμοκηπίου, για σκίαση τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες.



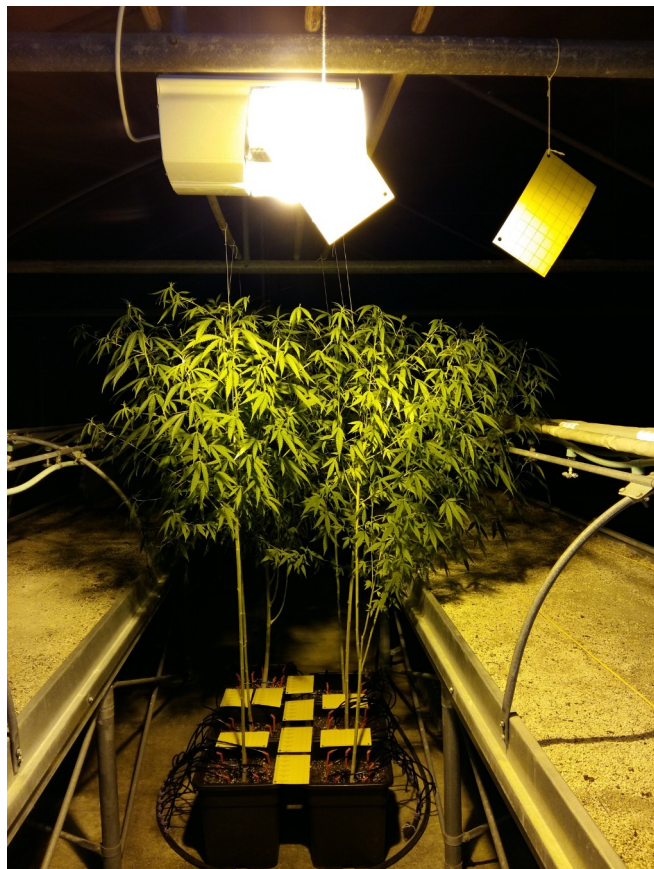
Εικόνα 2.19. Δίκτυο σκίασης

Στις 31/08/2020 σταμάτησε η νυχτερινή χρήση του ανεμιστήρα του θερμοκηπίου. Στις 04/09/2020, ξαναπροστέθηκε αυτόματο πότισμα με τον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό, στις 10:00 για 5 min κάθε μέρα, με αυξημένο αριθμό αυτορυθμιζόμενων σταλακτών σε κάθε φυτό για γρηγορότερο πότισμα (1.2 (7 σταλάκτες), 1.8 (7 σταλάκτες), 2.5 (7 σταλάκτες), 2.8 (10 σταλάκτες), 3.8 (7 σταλάκτες), 3.14 (7 σταλάκτες)). Στις 07/09/2020 σταμάτησε η χρήση του ανεμιστήρα του θερμοκηπίου τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες.



Εικόνα 2.20. Αυτόματο πότισμα με αυξημένο αριθμό αυτορυθμιζόμενων σταλακτών ανά φυτό

Στις 16/09/2020 έγινε κλάδεμα όλων των φυτών σε ύψος 1,7 m. Επίσης, τοποθετήθηκαν νέες χρωμοτροπικές κίτρινες παγίδες εντόμων. Το πότισμα μειώθηκε στα 3 min.



Εικόνα 2.21. Κλάδεμα



α



β

Εικόνα 2.22. Τα φυτά α) πριν και β) μετά το κλάδεμα

Στις 27/10/2020 ξεκίνησε η χρήση των λαμπτήρων φθορισμού κατά τις νυχτερινές ώρες, προσθετικά με τον λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου, έπειτα από παρατήρηση έντονης προάνθισης. Στις 30/10/2020 έγινε αλλαγή της θέσης του λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου και τοποθετήθηκε σε όρθια θέση από οριζόντια. Την 01/11/2020 τα φυτά κλαδεύτηκαν σε ύψος 2,2 m και το πότισμα μειώθηκε στα 2 min. Στις 20/11/2020 έγινε διακοπή καθημερινού ανοίγματος των παραθύρων του θερμοκηπίου τις μεσημεριανές ώρες. Στις 22/11/2020 σταμάτησε η χρήση των λαμπτήρων φθορισμού λόγω τεχνικού προβλήματος.

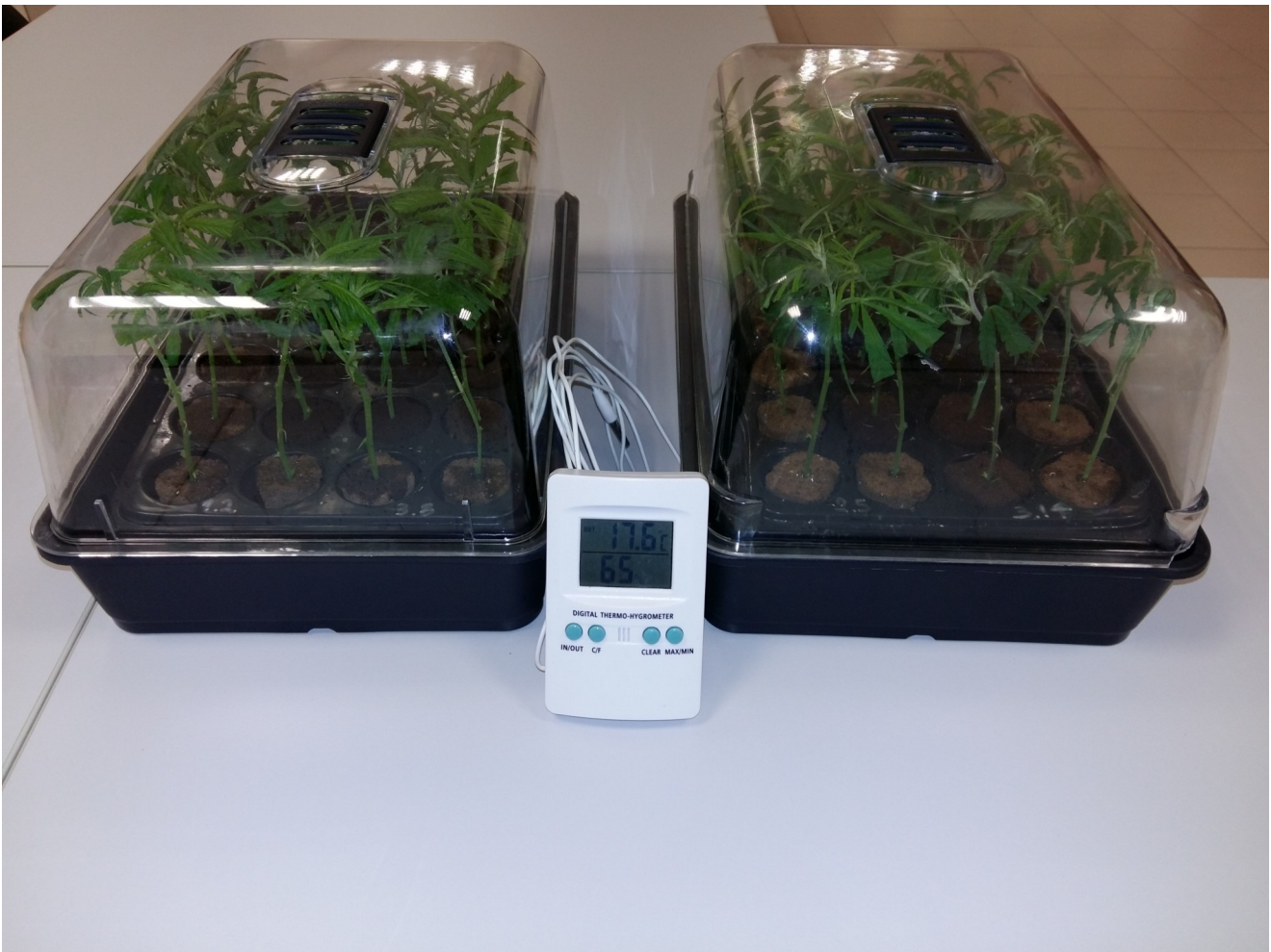


Εικόνα 2.23. Χρήση των λαμπτήρων φθορισμού

2.2. Παραγωγή μοσχευμάτων

Στις 12/12/2020 έγινε παραγωγή 48 μοσχευμάτων κορυφής από 4 μητρικά φυτά (12 από το καθένα) (1.2, 2.5, 3.8, 3.14). Αρχικά, κόπηκαν βλαστικές κορυφές των μητρικών φυτών, μήκους 20 cm και τοποθετήθηκαν σε ποτήρι ζέσεως των 500 mL με νερό ανά ποικιλία, για την μεταφορά τους στο

εργαστήριο από το θερμοκήπιο. Στη συνέχεια αποφυλλώθηκαν από την βάση τους μέχρι τα 2-3 τελευταία φύλλα και στα εναπομείναντα φύλλα, αφαιρέθηκαν τα 2/3 του αρχικού τους μήκους. Το μήκος του βλαστού των μοσχευμάτων ορίστηκε στα 15 cm, με τομή 45° στη βάση τους. Έπειτα, έγινε επάλειψη της βάσης τους με ορμόνη ριζοβολίας (ROOT!T Rooting Gel). Τα μοσχεύματα καρφώθηκαν σε σφουγγάρια ριζοβολίας από κοκοφοίνικα και τοποθετήθηκαν σε 2 πλαστικά σπορεία 24 θέσεων, με διαφανή καπάκια με αεραγωγούς (ROOT!T Natural Rooting Sponge Propagation Kit). Τα σπορεία τοποθετήθηκαν κάτω από 4 λάμπες φθορισμού (SYLVANIA, F18W/T8/840, T8 LUXLINE plus) σε απόσταση 0,6 m, με διάρκεια φωτοπεριόδου 24 h, στο εργαστήριο Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (Τμήμα Αγροτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας). Η θερμοκρασία του χώρου ήταν κατά μέσο όρο 18-21°C και η σχετική υγρασία 45-50%.



Εικόνα 2.24. Μοσχεύματα 4 μητρικών φυτών σε σπορείο με καπάκι για διατήρηση της υγρασίας

Στις 26/12/2020 ριζοβόλησαν τα πρώτα μοσχεύματα και σταδιακά τις επόμενες μέρες ξεκίνησε η ελάττωση της υγρασίας του σπορείου. Μετά την ριζοβολία των μοσχευμάτων, τα διαφανή καπάκια των

σπορείων αφαιρούνταν για 1 h το μεσημέρι και 1 h το βράδυ, για 7 μέρες. Στις 02/01/2021 τα σπορεία έμειναν χωρίς καπάκι για σκληραγώγηση στους λαμπτήρες φθορισμού και στις 03/01/2021 μεταφέρθηκαν σε λαμπτήρα μεταλλικών αλογονιδίων (GEYER MHL.T.420.40 400W) με απόσταση 1 m και φωτισμό όλο το εικοσιτετράωρο. Στις 04/01/2021 μεταφυτεύτηκαν 42 μοσχεύματα, σε μαύρες μαλακές πλαστικές γλάστρες (10*10*17 cm) σε υπόστρωμα τύρφης BIOBIZZ LIGHT·MIX και τοποθετήθηκαν κάτω από λαμπτήρα μεταλλικών αλογονιδίων. Τα μοσχεύματα κωδικοποιήθηκαν ως εξής, 1.2→A, 2.5→B, 3.8→C, 3.14→D και οι γλάστρες A1–A8, B1–B11, C1–C11, D1–D12. Από τις 06/01/2021 έως τις 10/01/2021, σταμάτησε η χρήση του λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου στο θερμοκήπιο στα μητρικά φυτά για επαγωγή της άνθισης, ώστε να γίνει επαλήθευση του φύλου. Επίσης, τα μητρικά φυτά μετακινήθηκαν σε άλλη θέση, έτσι ώστε να μην επηρεάζονται από το φως του λαμπτήρα όταν επαναλειτουργήσει. Στις 11/01/2021 τα μοσχεύματα και τα σπορόφυτα μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο από το εργαστήριο και τοποθετήθηκαν κάτω από τον λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου.



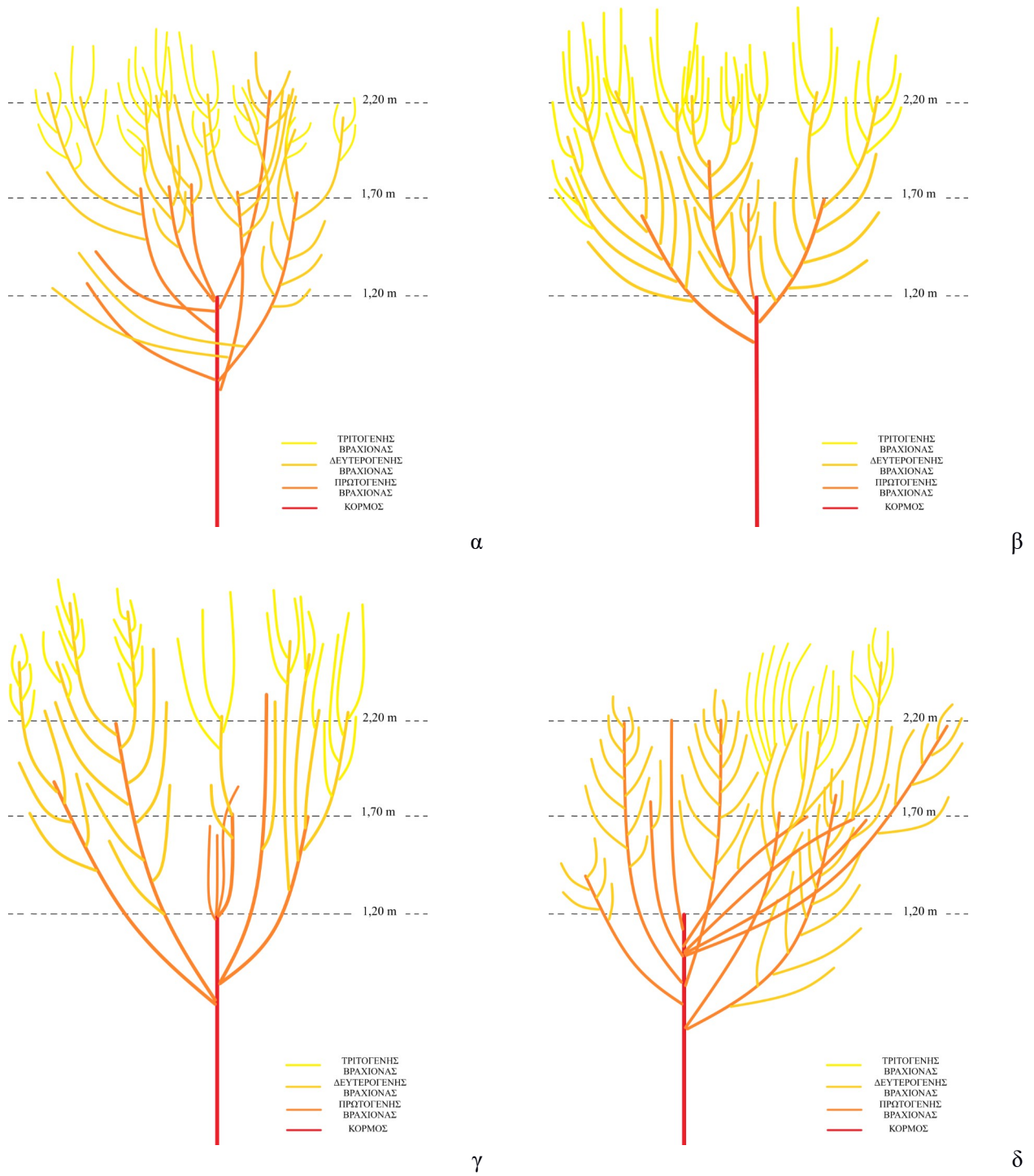
α



β

Εικόνα 2.26. Τα μητρικά φυτά στο χώρο α) του εργαστηρίου και β) του θερμοκηπίου

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση



Εικόνα 3.1. Η κόμη των φυτών και τα ύψη κλαδέματος α) ‘Fedora 17’ φυτό 1.2 , β) ‘Felina 32’ φυτό 2.5, γ) ‘Futura 75’ φυτό 3.8 και δ) ‘Futura 75’ φυτό 3.14



α



β



γ



δ

Εικόνα 3.2. Τα φυτά πριν και μετά το τελευταίο κλάδεμα α), β) μπροστά και γ), δ) πίσω όψη



α



β



γ

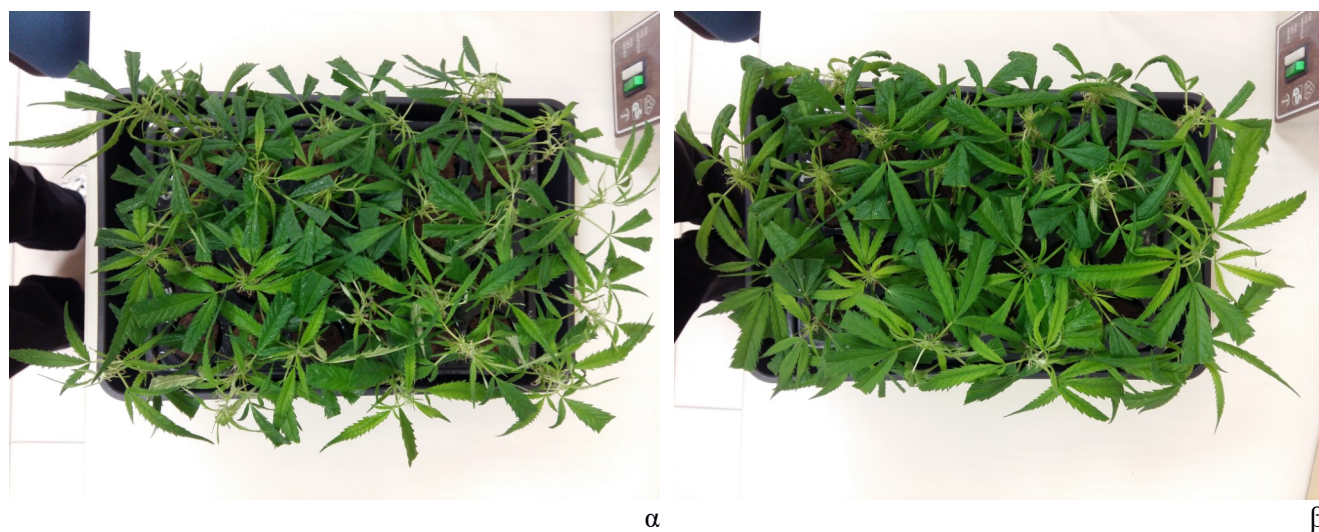


δ

Εικόνα 3.3. Θηλυκές ταξιανθίες, α) 1.2, β) 2.5, γ) 3.8 και δ) 3.14

Από την παραπάνω εργασία προέκυψε πως η βιομηχανική κάνναβη είναι ένα φυτό που μπορεί να πολλαπλασιαστεί αγενώς με ευκολία και σε μικρό χρονικό διάστημα μπορούν να παραχθούν πολλά και γενετικά όμοια φυτά κλώνοι. Αυτή η ιδιότητα του φυτού αξιοποιείται από μεγάλες εταιρείες στον τομέα της παραγωγής φυτοκανναβινοειδών για φαρμακευτικούς σκοπούς, όπου η σταθερότητα του χημικού προφίλ των φυτών έχει μεγάλη σημασία. Τα μοσχεύματα είναι προτιμότερο να προέρχονται από δίοικα θηλυκά μητρικά φυτά με παραγωγική κατεύθυνση για σπόρο/άνθος. Αυτό απαλλάσσει την καλλιεργητική διαδικασία από το στάδιο της αφαίρεσης των αρσενικών φυτών και τα έξοδα που αυτό συνεπάγεται όπως τα εργατικά, το κόστος των λιπασμάτων, του υποστρώματος και του νερού που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια των αρσενικών φυτών. Επιπλέον, στην περίπτωση που ο αριθμός των αρσενικών φυτών που αφαιρούνται είναι μεγάλος τα εναπομείναντα θηλυκά φυτά θα δώσουν μικρότερη από την αρχικά αναμενόμενη παραγωγή, οπότε ίσως χρειαστεί επανασπορά και επανάληψη της ίδιας διαδικασίας. Επίσης, αν τα αρσενικά φυτά δεν αφαιρεθούν την κατάλληλη χρονική στιγμή, υπάρχει ο κίνδυνος να γονιμοποιήσουν τα θηλυκά φυτά με αποτέλεσμα να ξεκινήσει η διαδικασία σχηματισμού σπόρου και οι ταξιανθίες να καταναλώσουν τα ενεργειακά αποθέματα του φυτού στην σποροποίηση και όχι στην βιοσύνθεση φυτοκανναβινοειδών και τερπενίων στα αδενώδη τριχίδια των βράκτιων φύλλων (Conneely et al., 2021). Αυτό θα οδηγήσει σε παραγωγή δρόγης μη εμπορικής σημασίας, με σπόρους και ελάχιστα ποσοστά φυτοκανναβινοειδών. Δυστυχώς, πρόσφατα τέθηκε σε ισχύ η ΚΥΑ 1033/364487 μετά την δημοσίευσή της στο ΦΕΚ Β'6021/31.12.2020 που δεν επιτρέπει την χρήση αυτής της καλλιεργητικής τεχνικής και διέκοψε την πορεία αυτού του πειράματος. Ο αρχικός σκοπός ήταν η παραγωγή ικανού αριθμού μοσχευμάτων και η μετέπειτα καλλιέργειά τους σε κλειστό θάλαμο ανάπτυξης με ελεγχόμενες συνθήκες. Στην εικόνα 3.1 φαίνεται ο τρόπος ανάπτυξης της κόμης έπειτα από τα κλαδέματα διαμόρφωσης που έγιναν. Τα φυτά αντέδρασαν παράγοντας συνεχώς περισσότερες διακλαδώσεις μετά το κάθε κλάδεμα (Εικ. 3.2), όπως φαίνεται από τους βραχίονες, από τους οποίους οι περισσότεροι ήταν τριτογενείς, δευτερογενείς και λιγότεροι πρωτογενείς. Επομένως, υπήρχαν άφθονα νέα ακραία μεριστώματα για παραγωγή μοσχευμάτων. Επίσης, τα φυτά παρέμειναν στο βλαστικό στάδιο όλη την διάρκεια που η φωτοπερίοδος ήταν 24 h, γεγονός που συμπίπτει με την βιβλιογραφία (Potter, 2009). Ωστόσο, κάποια φυτά του αρχικού πληθυσμού (45 φυτά) είχαν πολύ έντονη προάνθιση (βλέπε παράρτημα), αυτογονιμοποιήθηκαν και έδωσαν και κάποιους σπόρους. Συγκεκριμένα, σχημάτισαν σχεδόν ταξιανθία δίχως την παραγωγή αδενωδών τριχιδίων. Αυτά τα φυτά δεν επέστρεψαν στο βλαστικό στάδιο ούτε μετά το πρώτο κλάδεμα, σε σχέση με τα περισσότερα φυτά. Αυτά τα φυτά πιθανόν πήραν το ερέθισμα για άνθιση λόγω των υψηλών θερμοκρασιών του καλοκαιριού ή μάλλον λιγότερο πιθανόν, κατά την δημιουργία των ποικιλιών χρησιμοποιήθηκαν από τους βελτιωτές κάποιοι πρόγονοι αυτόματης άνθισης. Γενικά, η

ανάπτυξη των φυτών ακολούθησε τα στάδια ανάπτυξης που περιγράφονται από τους Medavilla et al., (1998) στο βλαστικό στάδιο, μέχρι το στάδιο που τα ζεύγη φύλλων αποκτούν εναλλασσόμενη έκπτυξη από αντίθετη. Αυτό σε συνθήκες αγρού σηματοδοτεί την έναρξη της προάνθισης και κατά συνέπεια της άνθισης. Ωστόσο, τα φυτά αναπτύσσονταν στο θερμοκήπιο με φωτοπερίοδο 24 h, οπότε έμειναν σε αυτό το στάδιο μέχρι το σβήσιμο του λαμπτήρα, στις αρχές Ιανουαρίου, για την επαγωγή της άνθισης. Η πορεία της άνθισης ακολούθησε τα στάδια που περιγράφονται από τους Medavilla et al., (1998), για τα μόνονικα φυτά με τα θηλυκά άνθη να σχηματίζονται πρώτα και ελάχιστα αρσενικά στη συνέχεια. Σύμφωνα με την κλίμακα έκφρασης φύλου στις μόνονικες ποικιλίες, του Sengbusch, τα φυτά είχαν βαθμό μονοικισμού 5, δηλαδή το 80-100% των ανθέων ήταν θηλυκά (Sengbusch, 1952). Ο βαθμός ερμαφροδιτισμού, η γενετικά ποσοτική έκφραση φύλου, η αναλογία φύλου στην F1 έπειτα από διασταύρωση δίκου θηλυκού φυτού με γύρη μόνονικου, η σχέση απόδοσης ίνας/σπόρου ανάλογα με την έκφραση φύλου και η ανατομία-μορφολογία των ανθέων έχουν μελετηθεί και σχεδιάστηκαν διάφορα μοντέλα για τον υπολογισμό τους σε διάφορες έρευνες (Amaducci et al., 2008b, Faux et al., 2013, 2014a, 2014b, 2016, Leme et al., 2020, Moliterni et al., 2004, Punja & Holmes 2020b, Salentijn et al., 2019). Με αυτές τις παρατηρήσεις και γνωρίζοντας πως οι ποικιλίες είναι μόνονικες, επιλέχθηκαν κάποια φυτά με θηλυκή προάνθιση. Τα φυτά αυτά στην πορεία με την επαγωγή της άνθισης αποδείχθηκε ότι είχαν έντονο το θηλυκό γνώρισμα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3. τα περισσότερα άνθη είναι θηλυκά, ενώ υπάρχει και σχηματισμός των πρώτων αδενωδών τριχιδίων. Παρότι, τα 6 θηλυκά φυτά που επιλέχθηκαν ως μητρικά φυτά παρέμειναν στο βλαστικό στάδιο το διάστημα που δέχθηκαν μεγάλη φωτοπερίοδο, δυο φυτά το 1.8 και το 2.8 σταδιακά μαράθηκαν και νεκρώθηκαν (Εικ. 3.6.α).



Εικόνα 3.4. Τελικό στάδιο σκληραγώγησης-εγκλιματισμού των μοσχευμάτων α) 2.5, 3.14, β) 1.2, 3.8



Εικόνα 3.5. Η ανάπτυξη των μοσχευμάτων



α



β



γ



δ



ε

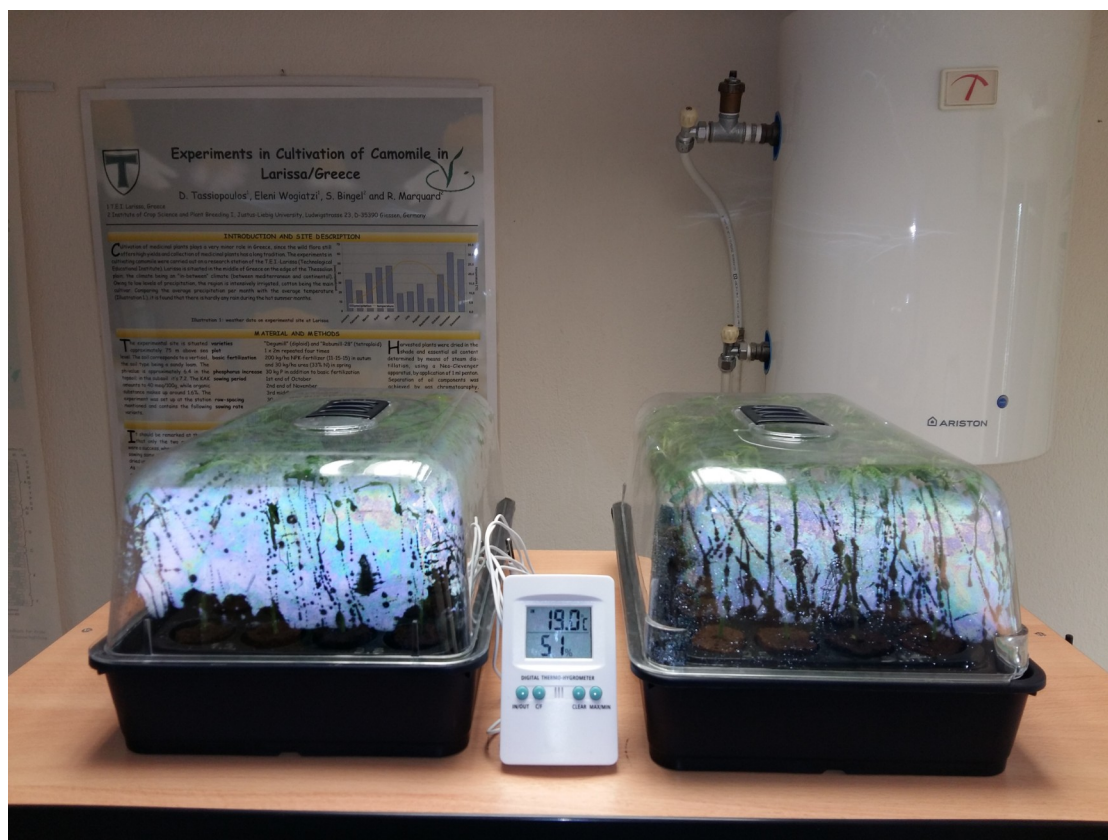


στ

Εικόνα 3.6. Διάφορες προσβολές και αναπτυξιακά προβλήματα

Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.6.γ και δ, μέσα προς τέλος φθινοπώρου παρατηρήθηκαν προσβολές από αφίδες που μυζούσαν στην περιοχή της ρίζας, του λαιμού και χαμηλά στα στελέχη, αλλά και τετράνυχου. Τότε έγιναν και οι πρώτες εφαρμογές φυτοφαρμάκων (πυρεθρίνες με θερινό πολτό). Τα

φυτά της ποικιλίας ‘Felina 32’ δεν αντέδρασαν καλά στους ψεκασμούς, οπότε ίσως αυτοί να είναι και δυο πιθανοί λόγοι που τα φυτά νεκρώθηκαν. Κατά την διαδικασία παραγωγής μοσχευμάτων, 48 μοσχεύματα ετοιμάστηκαν και από αυτά ρίζωσαν τα 42 (Carlan et al., 2018, Chandra et al., 2010, Cockson et al., 2019b, Coffman & Gentner, 1979). Από το φυτό 1.2 ρίζωσαν οχτώ μοσχεύματα, από το 2.5 και το 3.8 έντεκα και από το 3.14 δώδεκα. Από τα υπόλοιπα έξι φυτά τα 2 ρίζωσαν αλλά παρουσίασαν μυκητολογικές προσβολές (Εικ. 3.6.ε, στ) και αφαιρέθηκαν από το σπορείο. Τα υπόλοιπα 4 δεν κατάφεραν να ριζώσουν λόγω αστοχίας σωστής ενυδάτωσης του σφουγγαριού ριζοβολίας. Επίσης, αφού τα μοσχεύματα εγκλιματίστηκαν και μεταφυτεύτηκαν (Εικ. 3.4), αρκετά μεταφυτευμένα μοσχεύματα της ποικιλίας ‘Felina 32’ παρουσίασαν έντονο μεταφυτευτικό στρες (Εικ. 3.6.β). Τα υπόλοιπα μεταφυτευμένα μοσχεύματα αναπτύχθηκαν κανονικά (Εικ. 3.5), είχαν όμοια χαρακτηριστικά με τα μητρικά φυτά (Coffman & Gentner, 1979) και συνέχισαν με παρόμοια ανάπτυξη, δηλαδή κατ’εναλλαγή και έντονη έκπτυξη πλάγιων βλαστών από μασχαλιαίους οφθαλμούς.



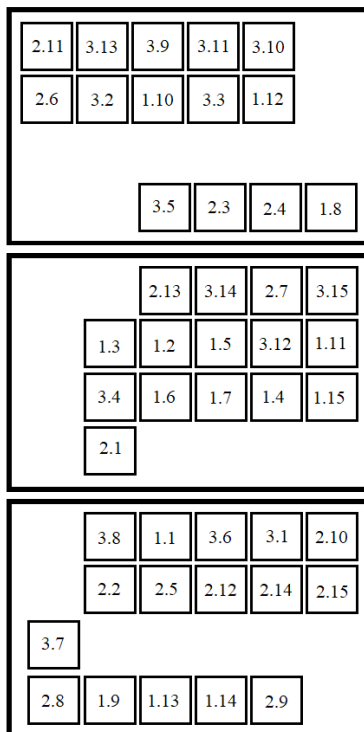
Εικόνα 3.7. Τα σπορεία κάτω από τις λάμπες φθορισμού και με υψηλή υγρασία στο εσωτερικό τους

4. Συμπέρασμα

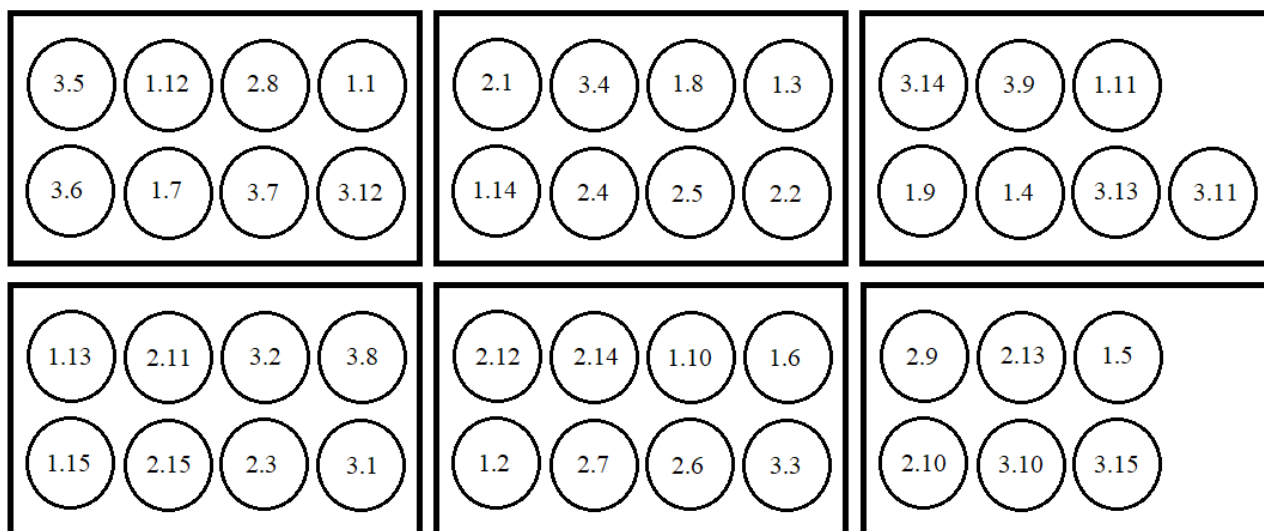
Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διαδικασία που περιγράφηκε σε αυτή την εργασία αναλύονται παρακάτω. Η κυριαρχία κορυφής είναι προτιμότερο να χάνεται κατά την διάρκεια που τα φυτά βρίσκονται στο βλαστικό στάδιο και σε μικρό σχετικά αναπτυξιακό στάδιο (Εικ. 2.9), έτσι ώστε να σχηματίζουν χαμηλά διακλαδώσεις από πλάγιους βραχίονες και να αποφεύγονται οι καλλιεργητικές εργασίες σε μεγάλο ύψος και τα φυτά να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμα. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται λαμπτήρας υψηλής έντασης (HID) πρέπει να διατηρείται σε απόσταση 1 m από τα φυτά γιατί μπορεί να προκαλέσει φωτοαναστολή και εγκαύματα λόγω της υψηλής έντασης. Επίσης, πρέπει να γίνονται τακτικές λιπάνσεις ώστε τα φυτά να μην παρουσιάσουν τροφопενίες όσο βρίσκονται στο βλαστικό στάδιο. Η λίπανση των μητρικών φυτών πρέπει να ελαττώνεται λίγο πριν την διαδικασία λήψης μοσχευμάτων, έτσι ώστε τα φυτά να συγκεντρώνουν περισσότερους υδατάνθρακες και φωτοσυνθετικά προϊόντα στους βλαστούς. Κατά την προετοιμασία των μοσχευμάτων, το υπόστρωμα ριζοβολίας που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να υγρανθεί καλά ώστε να μην στεγνώσει στην συνέχεια, γιατί αποκτά υδρόφοβες ιδιότητες και είναι δύσκολο να κορεστεί με νερό. Αυτό το λάθος είχε ως αποτέλεσμα να μην ριζοβολήσουν τέσσερα μοσχεύματα στην συγκεκριμένη εργασία. Στο στάδιο της ριζοβολίας, ο εγκλιματισμός πρέπει να γίνεται σε διαφορετικό χώρο (πχ άλλο επιπλέον σπορείο), γιατί δεν ριζοβολούν όλα τα μοσχεύματα την ίδια στιγμή. Αν τα μοσχεύματα που έχουν ριζοβολήσει μείνουν στον ίδιο χώρο με τα υπόλοιπα που δεν έχουν ριζοβολήσει είναι πιθανό να παρουσιάσουν κάποιο μυκητολογικό σύμπτωμα λόγω της υψηλής υγρασίας (Εικ. 3.7). Επομένως, συστήνεται τακτικός έλεγχος για πιθανή ριζοβολία περίπου στις δυο εβδομάδες μετά την προετοιμασία των μοσχευμάτων, άμεσος εγκλιματισμός αυτών που έχουν ριζοβολήσει σε άλλο χώρο και μεταφύτευσή τους στη συνέχεια. Οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν διαφορετικές αποκρίσεις στις μεταχειρίσεις. Όπως παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια όλης της καλλιέργειας, παρόλο που τα φυτά της ποικιλίας ‘Felina 32’ είναι πολύ εύρωστα δεν αντιδρούν καλά σε μεταχειρίσεις όπως μεταφυτεύσεις (έντονο μεταφυτευτικό στρες) (Εικ. 3.6.β) και ψεκασμούς με πυρεθρίνες. Τα φυτά των ποικιλιών ‘Fedora 17’ και ‘Felina 32’ είναι πιο πρώιμες ποικιλίες, με παραγωγική κατεύθυνση σπόρο/άνθος, σε σχέση με τα φυτά της ποικιλίας ‘Futura 75’ που είναι πιο όψιμη διπλής κατεύθυνσης, με πιο αραιές ταξιανθίες. Όταν τα φυτά των ποικιλιών ‘Fedora 17’ και ‘Felina 32’ άνθισαν, οι ανθισμένοι βλαστοί χρειάζονταν στήριξη από τον σκελετό του θερμοκηπίου για να μην σπάσουν λόγω βάρους σε σχέση με τα φυτά της ‘Futura 75’ που ήταν πιο ευθυτενή. Βέβαια, αν και τα φυτά της ‘Futura 75’ είχαν μικρότερο λόγο άνθους/φύλλου, ήταν τα πιο ανθεκτικά σε διάφορες μεταχειρίσεις.

5. Παράρτημα

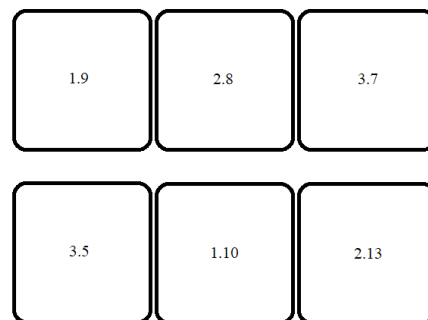
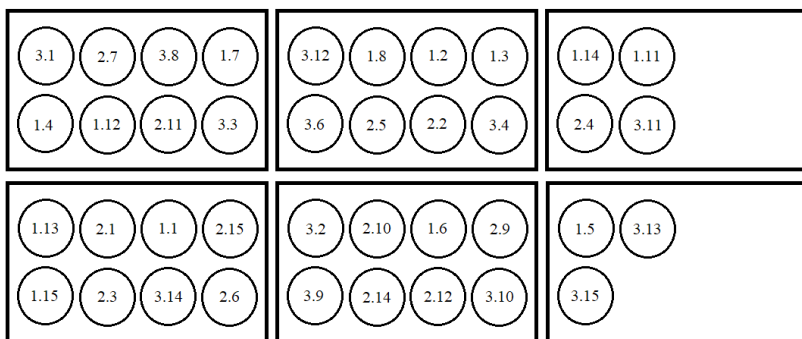
5.1. Θέσεις φυτών



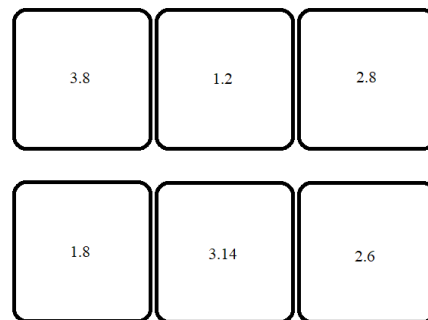
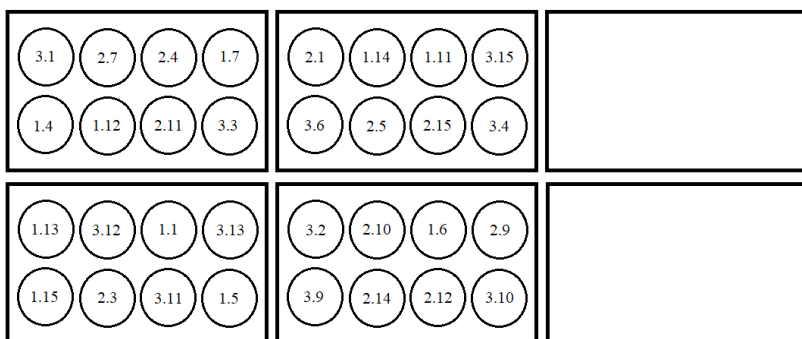
α



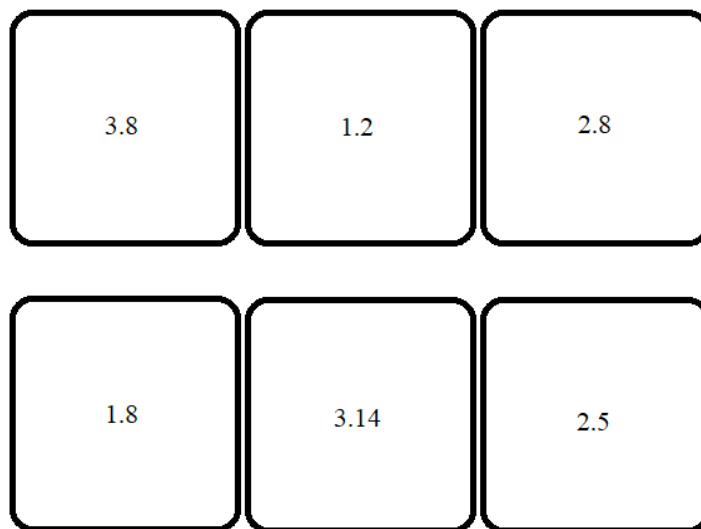
β



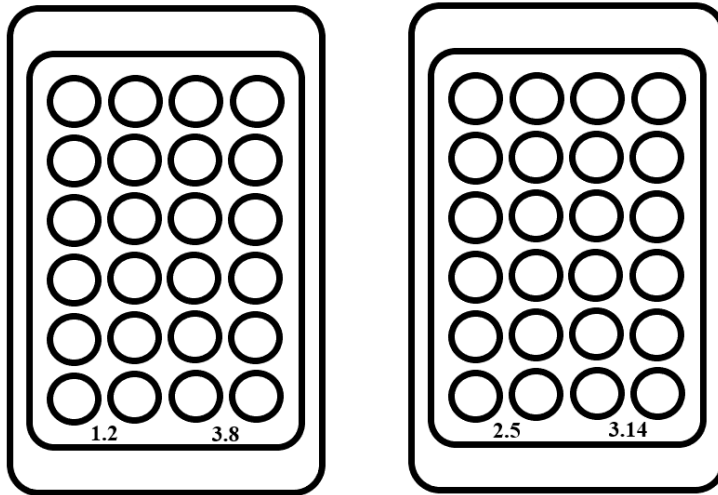
γ



δ



ε



στ

Σχήμα 5.1. Θέσεις μητρικών φυτών: α) 1η μεταφύτευση, β) 2η μεταφύτευση, γ) 3η μεταφύτευση, δ) 4η μεταφύτευση, ε) 5η μεταφύτευση, στ) θέσεις μοσχευμάτων

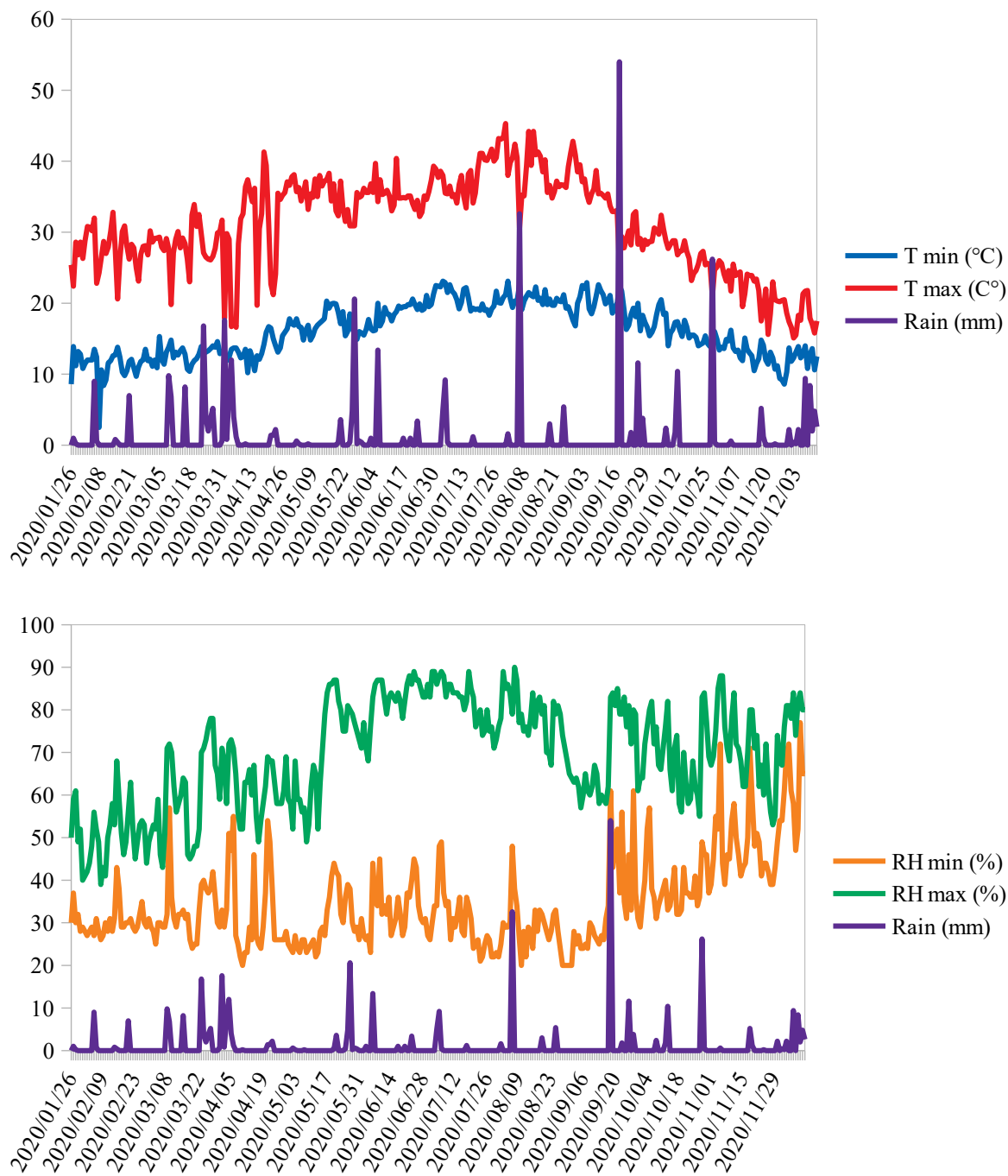
5.2. Φύλο μητρικών φυτών

Πίνακας 5.1

| ‘Fedora 17’ | | ‘Felina 32’ | | ‘Futura 75’ | |
|-------------|------|-------------|-----|-------------|------|
| 1.1 | Θ | 2.1 | Θ | 3.1 | A |
| 1.2 | Θ | 2.2 | Θπα | 3.2 | E |
| 1.3 | Θ | 2.3 | A | 3.3 | Θ |
| 1.4 | A | 2.4 | E | 3.4 | E |
| 1.5 | Θ | 2.5 | Θ | 3.5 | Θ |
| 1.6 | Θ | 2.6 | E | 3.6 | Θ |
| 1.7 | Θ | 2.7 | A | 3.7 | Θ |
| 1.8 | E | 2.8 | E | 3.8 | Θ |
| 1.9 | Θ | 2.9 | A | 3.9 | A |
| 1.10 | Θ | 2.10 | Θ | 3.10 | Επασ |
| 1.11 | Επασ | 2.11 | Θ | 3.11 | E |
| 1.12 | Θ | 2.12 | Θπα | 3.12 | E |
| 1.13 | Θ | 2.13 | Θ | 3.13 | Θ |
| 1.14 | Θ | 2.14 | Θ | 3.14 | Θ |
| 1.15 | Θπα | 2.15 | E | 3.15 | A |

(* A:αρσενικό, Θ: θηλυκό, E: ερμαφρόδιτο, πα: πλήρης προάνθιση, πασ: πλήρης προάνθιση με σπόρους, ** η πλήρης προάνθιση αναφέρεται σε ταξιανθία με στίγματα αλλά δίχως αδενώδη τριχίδια)

5.3. Θερμοκρασία, σχετική υγρασία θερμοκηπίου και ύψη βροχής



Εικόνα 5.1. Θερμοκρασία (θερμοκηπίου) – ύψος βροχής, σχετική υγρασία (θερμοκηπίου) – ύψος βροχής

5.4. Εξοπλισμός και αναλώσιμα

Πίνακας 5.2.

| Εξοπλισμός και Αναλώσιμα | | |
|---|----------------------------|-------------------|
| Αντικείμενο | Εταιρεία | Αριθμός καταλόγου |
| υπόστρωμα κοκοφοίνικα Terra Seed Mix | CANNA | |
| λαμπτήρες φθορισμού 36W 6400K Halo-Phosphor | Diolamp Lighting Solutions | |
| καταγραφικό θερμοκρασίας/υγρασίας Thermo Hygrometer Max-Min Digital Probe | Cornwall Electronics | |
| αερολέβητας | B.E.H.-M.E.Π. ΘΕΡΜΑΝΣΗ | |
| μαλακές μαύρες πλαστικές γλάστρες 9*9*9,5 cm | | |
| υπόστρωμα τύρφης lightmix | PLAGRON | |
| προγραμματιστής ποτίσματος 9001D Hose-End Tap Timer | Galcon | |
| σωλήνας άρδευσης Φ20 ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ | AGRODRIP | |
| αυτορυθμιζόμενοι σταλάκτες AXIOS-SC 2 L/h | palaplast | 3109/0002 |
| σωληνάκια PVC | palaplast | 3080/0026 |
| λόγχες υδροπονίας 30° | palaplast | 3113/0005 |
| λαμπτήρας υψηλής πίεσης νατρίου SHP-T 400W GroXpress E40 | SYLVANIA | 0020817 |
| ενιαίος μετασχηματιστής/εκκινητής/πυκνωτής/ανακλαστήρας Papillon 270 | LIGHTS INTERACTION | |
| φυσική πυρεθρίνη Parapin 5SC | Farma-Chem S.A. | |
| έλαιο παραφίνης Tampa 97,6 EC | Farma-Chem S.A. | |
| καφέ πλαστικές γλάστρες (14 cm Φ * 11 cm Υ) | | |
| υπόστρωμα τύρφης allmix | PLAGRON | |
| μυκόρριζες-ωφέλιμοι μικροοργανισμοί | MICOSAFT F WP LEN | |
| πρωτεΐνη harpin-μικροθρεπτικά (ενεργοποιητής) | HALO | |
| Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0 | Advanced Nutrients | |
| υπόστρωμα κοκοφοίνικα COCO Professional Plus | CANNA | |
| υπόστρωμα τύρφης Terra Professional | CANNA | |
| εμπλουτισμένη ελαφρόπετρα | oikiaLAVA | |
| μαύρες πλαστικές γλάστρες των 25 L (30*30*30 cm) | | |

| | | |
|--|------------------------|---------|
| εύκαμπτος σπιδράλ σωλήνας εξαερισμού ALUDUCT Low Noise Ducting 102 mm Φ * 10 m M | RAM | |
| ανεμιστήρας Can-Fan RK 100 / 240 m3/h | Can-Filters | |
| θερμοστάτης TEMPERATURE CONTROLLER | Cornwall Electronics | |
| ανεμιστήρας Monkey Fan Oscillating R2.00 20W | Secret Jardin | MFO20UE |
| COMPLESAL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S | COMPO | |
| COMPLESAL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6 | COMPO | |
| αμινοξέα BIO·HEAVEN | BIOBIZZ | |
| υγρός τροφικός ορός-βιοδιεγέρτης STANLEY® | LEDRA | |
| πλαστικά σπορεία με διαφανή καπάκια με αεραγωγούς 24 θέσεων Natural Rooting Sponge Propagation Kit | ROOT!T | |
| ορμόνη ριζοβολίας Rooting Gel | ROOT!T | |
| λαμπτήρες φθορισμού F18W/T8/840, T8 LUXLINE plus | SYLVANIA | |
| λαμπτήρας μεταλλικών αλογονιδίων MHL.T.420.40 400W | GEYER | |
| μαλακές μαύρες πλαστικές γλάστρες 10*10*17 cm | | |
| υπόστρωμα τύρφης LIGHT·MIX | BIOBIZZ | |
| δελταμεθρίνη Deltasect 2.5 SC | Sharda Europe B.V.B.A. | |
| περμεθρίνη Kerbofos 25 EC | ΣΕΓΕ ABEE | |

5.5. Ημερολόγιο εργασιών

Πίνακας 5.3.

| Δευτέρα | Τρίτη | Τετάρτη | Πέμπτη | Παρασκευή | Σάββατο | Κυριακή |
|----------|-------|---------|--------|-----------|--|---|
| 13/01 | 14/01 | 15/01 | 16/01 | 17/01 | 18/01 | 19/01 |
| | | | | | σπορά 'Fedora 17', 'Felina 32', 'Futura 75' (δίσκοι σποράς), CANNA Terra Seed Mix, 24 h 6 λάμπες 36W 6400K | |
| 20/01 | 21/01 | 22/01 | 23/01 | 24/01 | 25/01 | 26/01 |
| | | | | βλάστηση | βλάστηση | βλάστηση |
| 27/01 | 28/01 | 29/01 | 30/01 | 31/01 | 01/02 | 02/02 |
| βλάστηση | | | | | | |
| 03/02 | 04/02 | 05/02 | 06/02 | 07/02 | 08/02 | 09/02 |
| | | | | | μεταφύτευση 15 (x3) φυτά (γλάστρες 9*9*9,5 cm) PLAGRON lightmix | |
| 10/02 | 11/02 | 12/02 | 13/02 | 14/02 | 15/02 | 16/02 |
| | | | | | | |
| 17/02 | 18/02 | 19/02 | 20/02 | 21/02 | 22/02 | 23/02 |
| | | | | | | αυτόματο πότισμα (καθημερινά για 1' στις 12:00, με παροχή 2 L/h), 90 cm (HPS SHP-T 400W GroXpress) |
| 24/02 | 25/02 | 26/02 | 27/02 | 28/02 | 29/02 | 01/03 |
| | | | | | | |
| 02/03 | 03/03 | 04/03 | 05/03 | 06/03 | 07/03 | 08/03 |
| | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------------|---|--|-------|-------|--|
| | | | | | | | |
| 09/03 | 10/03 | 11/03 | 12/03 | 13/03 | 14/03 | 15/03 | |
| | | | μέτρηση pH: 7,6 & EC: 510 μ S/cm | | | | |
| 16/03 | 17/03 | 18/03 | 19/03 | 20/03 | 21/03 | 22/03 | |
| εμβάπτιση σε 1 mL Parapin 5SC + 15 mL Tamba 97,6 EC/ 2 L νερού, μεταφύτευση PLAGRON allmix, (γλάστρες 14 cm Φ * 11 cm Y) | | εγκαύματα στα νεαρά φύλλα | | | | | |
| 23/03 | 24/03 | 25/03 | 26/03 | 27/03 | 28/03 | 29/03 | |
| | | | | MICOSAT-F WP (3 μεζούρες της συσκευασίας σε 500 mL νερό) πότισμα, HALO PLANT BOOST (1 μεζούρα συσκευασίας σε 500 mL νερό) διαφυλλικός ψεκασμός | | | |
| 30/03 | 31/03 | 01/04 | 02/04 | 03/04 | 04/04 | 05/04 | |
| 06/04 | 07/04 | 08/04 | 09/04 | 10/04 | 11/04 | 12/04 | |
| | | | πρόσθεση αυτόματου ποτίσματος +1 επανάληψη κάθε μέρα στις 16:00 | | | | |
| 13/04 | 14/04 | 15/04 | 16/04 | 17/04 | 18/04 | 19/04 | |

| | | | | | | |
|--|-------|--|-------|---|--|-------|
| 20/04 | 21/04 | 22/04 | 23/04 | 24/04 | 25/04 | 26/04 |
| HALO PLANT BOOST (1 μεζούρα συσκευασίας σε 500 mL νερό) διαφυλλικός ψεκασμός | | | | | | |
| 27/04 | 28/04 | 29/04 | 30/04 | 01/05 | 02/05 | 03/05 |
| | | | | | πρόσθεση αυτόματου ποτίσματος +1 επανάληψη κάθε μέρα στις 08:00, χρήση ανεμιστήρα θερμοκηπίου ανέβασμα ρολών & σβήσιμο λαμπτήρα τις μεσημεριανές ώρες καθημερινά | |
| 04/05 | 05/05 | 06/05 | 07/05 | 08/05 | 09/05 | 10/05 |
| 11/05 | 12/05 | 13/05 | 14/05 | 15/05 | 16/05 | 17/05 |
| | | HALO PLANT BOOST (1 μεζούρα συσκευασίας σε 500 mL νερό) διαφυλλικός ψεκασμός | | κατάβρεξη δαπέδου θερμοκηπίου για ↑ RH & ↓ T κάθε μέρα | | |
| 18/05 | 19/05 | 20/05 | 21/05 | 22/05 | 23/05 | 24/05 |
| | | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 1,5 mL σε 2 L | | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 1,5 mL σε 2 L νερό | | |

| | | νερό (60 mL/φυτό) | | (60 mL/φυτό) | | |
|---|--|--|---|--------------|--|--|
| 25/05 | 26/05 | 27/05 | 28/05 | 29/05 | 30/05 | 31/05 |
| | | | | | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 3 mL σε 2 L νερό (45 mL/φυτό) | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 2 L νερό (45 mL/φυτό) |
| 01/06 | 02/06 | 03/06 | 04/06 | 05/06 | 06/06 | 07/06 |
| | | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 2 L νερό (45 mL/φυτό) | | | | κλάδεμα ξερών κλαδίσκων |
| 08/06 | 09/06 | 10/06 | 11/06 | 12/06 | 13/06 | 14/06 |
| κλάδεμα ξερών κλαδίσκων | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 2 L νερό (45 mL/φυτό) | | MICOSAT-F WP (4 μεζούρες της συσκευασίας σε 2 L νερό) πότισμα, δίχτυ από σπάγκο βαμβακιού ανάμεσα στην κόμη των φυτών (παρόμοια διάταξη με το σύστημα Sea Of Green (SOG)) | | | |
| 15/06 | 16/06 | 17/06 | 18/06 | 19/06 | 20/06 | 21/06 |
| HALO PLANT BOOST (1 μεζούρα συσκευασίας σε 750 mL νερό) διαφυλλικός ψεκασμός, MICOSAT-F | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 2 L νερό (45 mL/φυτό) | | | | | |

| | | | | | | |
|--|---|-------|--|--|--|--|
| WP (4 μεζούρες της συσκευασίας σε 2 L νερό) πότισμα | | | | | | |
| 22/06 | 23/06 | 24/06 | 25/06 | 26/06 | 27/06 | 28/06 |
| μεταφύτευση (CANNA COCO Professional Plus 50 L) (CANNA Terra Professional 50 L) (oikiaLAVA 14 Lx3) γλάστρες 25 L (30*30*30 cm) (φυτά 1.9, 1.10, 2.8, 2.13, 3.5, 3.7) εύκαμπτος σπιράλ σωλήνας εξαερισμού (ram ALUDUCT 102 mm Φ * 10 m M), ανεμιστήρας (Can-Fan RK 100 / 240 m ³ /h), μικρός ανεμιστήρας (secret jardin MFO20UE R2.00 20W) | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 6 mL σε 2 L νερό (μικρές γλάστρες) (45 mL/φυτό) | | | MICOSAT-F WP (3 μεζούρες της συσκευασίας σε 500 mL νερό) πότισμα (μεγάλες γλάστρες), υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0), 6 mL σε 2 L νερό (μικρές γλάστρες) (45 mL/φυτό) | | |
| 29/06 | 30/06 | 01/07 | 02/07 | 03/07 | 04/07 | 05/07 |
| | | | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 6 mL σε 2 L νερό (μικρές γλάστρες) | | όλα τα φυτά κλαδεύτηκαν στο ύψος του διχτυού στήριξης SOG (1,2 m) | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) |

| | | | (45 mL/φυτό) | | | (25 mL/φυτό) |
|---|---|---|--|--|--|-----------------|
| 06/07 | 07/07 | 08/07 | 09/07 | 10/07 | 11/07 | 12/07 |
| | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | |
| 13/07 | 14/07 | 15/07 | 16/07 | 17/07 | 18/07 | 19/07 |
| υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | MICOSAT-F WP (3 μεζούρες της συσκευασίας σε 500 mL νερό) πότισμα (μεγάλες γλάστρες) | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) (νέες χρωμοτροπικές κίτρινες παγίδες εντόμων) | | |
| 20/07 | 21/07 | 22/07 | 23/07 | 24/07 | 25/07 | 26/07 |
| υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | | εκρίζωση νεκρών φυτών από τις μεγάλες γλάστρες | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | |
| 27/07 | 28/07 | 29/07 | 30/07 | 31/07 | 01/08 | 02/08 |
| υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | HALO PLANT BOOST (1 μεζούρα συσκευασίας σε 500 mL νερό) διαφυλλικός ψεκασμός | υδρολίπανση (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25 mL/φυτό) | | | μεταφύτευση(1.2, 1.8, 2.6, 3.8, 3.14) (γλάστρες 25 L) δέθηκαν με σπάγκο από τον σκελετό του θερμοκηπίου | |

| | | | | | | |
|---|---|--|---|---|--|---|
| 03/08 | 04/08 | 05/08 | 06/08 | 07/08 | 08/08 | 09/08 |
| υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μικρές γλάστρες) (25mL/φυτό) | MICOSAT-F WP (3 μεζούρες της συσκευασίας σε 500 mL νερό) πότισμα (μεγάλες γλάστρες) | | | | | |
| 10/08 | 11/08 | 12/08 | 13/08 | 14/08 | 15/08 | 16/08 |
| εκρίζωση 2.6, μεταφύτευση 2.5 (+MICOSAT-F WP στο λάκκο φύτευσης) | | | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | σταμάτησε η καθημερινή κατάβρεξη δαπέδου θερμοκηπίου | |
| 17/08 | 18/08 | 19/08 | 20/08 | 21/08 | 22/08 | 23/08 |
| υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | | |
| 24/08 | 25/08 | 26/08 | 27/08 | 28/08 | 29/08 | 30/08 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | εκρίζωση όλων των φυτών από τις παλιές μικρές γλάστρες, αφαίρεση SOG | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | τοποθέτηση δικτυού σκίασης στην πλάγια μεριά του θερμοκηπίου | |
| 31/08 | 01/09 | 02/09 | 03/09 | 04/09 | 05/09 | 06/09 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες), σταμάτησε η νυχτερινή χρήση του ανεμιστήρα | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | αυτόματο πότισμα στις 10:00 από 5' κάθε μέρα, με αυξημένο αριθμό αυτορυθμιζόμενων σταλακτών | | σταμάτησε η χρήση του ανεμιστήρα θερμοκηπίου το μεσημέρι-απόγευμα |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|
| του θερμοκηπίου | | | | | | |
| 07/09 | 08/09 | 09/09 | 10/09 | 11/09 | 12/09 | 13/09 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | | |
| 14/09 | 15/09 | 16/09 | 17/09 | 18/09 | 19/09 | 20/09 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | υδρολίπανση (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0), 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | κλάδεμα όλων των φυτών 1,7 m, ριζοπότισμα (Biobizz BioHeaven), 4 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες), νέες χρωμοτροπικές κίτρινες παγίδες | αλλαγή αυτόματου ποτίσματος, από 1' στις 09:00, 12:00, 15:00 κάθε μέρα | καθαρισμός λαμπτήρα | καθαρισμός λαμπτήρα | |
| 21/09 | 22/09 | 23/09 | 24/09 | 25/09 | 26/09 | 27/09 |
| | | ριζοπότισμα (Biobizz BioHeaven), 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL + MICOSAT-F WP (4 μεζούρες) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + (Biobizz BioHeaven) 1 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) |
| 28/09 | 29/09 | 30/09 | 01/10 | 02/10 | 03/10 | 04/10 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL | (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + | (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|--|
| σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) & (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 8 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0) 4 mL σε 500 mL νερό (στα φυτά 1.8 και 2.8) | (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) & (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0) 2 mL σε 500 mL νερό (στα φυτά 1.8 και 2.8) | + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) & (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 8 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 500 mL νερό (στα φυτά 1.8 και 2.8) |
| 05/10 | 06/10 | 07/10 | 08/10 | 09/10 | 10/10 | 11/10 |
| (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) & (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL σε 500 mL νερό | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0) 2 mL + (Biobizz BioHeaven) 1 mL + MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (μεγάλες γλάστρες) | | |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|--|--|--|--|--|
| (στα φυτά 1.8 και 2.8) | | | | | | | |
| 12/10 | 13/10 | 14/10 | 15/10 | 16/10 | 17/10 | 18/10 | |
| | | (STANLEY) 6 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 6 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 2 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 500 mL νερό (στα φυτά 1.2, 1.8, 2.8 και 3.8) | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (στα φυτά 1.2, 1.8, 2.8 και 3.8) | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (στα φυτά 1.2, 1.8, 2.8 και 3.8) | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό (στα φυτά 1.2, 1.8, 2.8 και 3.8) | |
| 19/10 | 20/10 | 21/10 | 22/10 | 23/10 | 24/10 | 25/10 | |
| διαφυλλικός ψεκασμός (STANLEY) 12 mL σε 2 L νερό | | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | διαφυλλικός ψεκασμός (STANLEY) 12 mL σε 2 L νερό & (STANLEY) 4 mL + (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | |
| 26/10 | 27/10 | 28/10 | 29/10 | 30/10 | 31/10 | 01/11 | |
| (STANLEY) 4 mL + (COMPLES | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES | | | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | | κλάδεμα όλων των φυτών 2,2 m | |

| | | | | | | |
|---|---|---|-------|---|---|---|
| AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό & χρήση των λαμπτήρων φθορισμού κατά τις νυχτερινές ώρες | | | & αλλαγή θέσης λαμπτήρα HPS και αλλαγή σε όρθια θέση από οριζόντια | | & διαφυλλικός ψεκασμός (STANLEY) 12 mL σε 2 L νερό & (STANLEY) 4 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (3/5 μεζούρας) σε 1 L νερό |
| 02/11 | 03/11 | 04/11 | 05/11 | 06/11 | 07/11 | 08/11 |
| | | διαφυλλικός ψεκασμός με (2 mL Parapin 5SC + 40 mL Tamba 97,6 EC)/ 4 L νερό | | | | |
| 09/11 | 10/11 | 11/11 | 12/11 | 13/11 | 14/11 | 15/11 |
| κλάδεμα μικρών κλαδίσκων μέχρι το 1 m | διαφυλλικός ψεκασμός με (3 mL Parapin 5SC + 60 mL Tamba 97,6 EC)/ 6 L νερό | πτώση τάσης με αποτέλεσμα πτώση γενικού (ώρα?) | | | | πτώση τάσης με αποτέλεσμα πτώση γενικού (ώρα?) |
| 16/11 | 17/11 | 18/11 | 19/11 | 20/11 | 21/11 | 22/11 |
| (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & διαφυλλικός ψεκασμός με (1 mL Parapin 5SC + 60 mL Tamba 97,6 EC)/ 2 L | αφαίρεση κίτρινων φύλλων | | διακοπή καθημερινού ανοίγματος των παραθύρων του θερμοκηπίου τις μεσημεριανές ώρες | πτώση τάσης με αποτέλεσμα πτώση γενικού (ώρα?) | διακοπή χρήσης των λαμπτήρων φθορισμού κατά τις νυχτερινές ώρες |

| | νερό | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 23/11 | 24/11 | 25/11 | 26/11 | 27/11 | 28/11 | 29/11 | |
| (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό & το φυτό 1.8 αφαιρέθηκε από το πείραμα | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL + (COMPLESA L Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό | | |
| 30/11 | 01/12 | 02/12 | 03/12 | 04/12 | 05/12 | 06/12 | |
| | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό & ψεκασμός στο χώρο του θερμοκηπίου (4 mL Parapin 5SC + 80 mL Tamba 97,6 EC)/ 8 L νερό | |
| 07/12 | 08/12 | 09/12 | 10/12 | 11/12 | 12/12 | 13/12 | |
| | | | | το φυτό 2.8 αφαιρέθηκε από το πείραμα | 48 μοσχεύματα κορυφής 4 λάμπες φθορισμού (SYLVANIA F18W/T8/840) 0,6 m, 24h | | |
| 14/12 | 15/12 | 16/12 | 17/12 | 18/12 | 19/12 | 20/12 | |
| 21/12 | 22/12 | 23/12 | 24/12 | 25/12 | 26/12 | 27/12 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (STANLEY) 2 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό & ψεκασμός με (1 mL Parapin 5SC + 80 mL Tamba 97,6 EC)/ 2 L νερό, στα μητρικά φυτά | (STANLEY) 2 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό στα μητρικά φυτά, | (STANLEY) 2 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό στα μητρικά φυτά | (STANLEY) 2 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό στα μητρικά φυτά | (STANLEY) 2 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό στα μητρικά φυτά | ρίζωμα μωσχευμάτων | (STANLEY) 2 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 1 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά |
| 28/12 | 29/12 | 30/12 | 31/12 | 01/01 | 02/01 | 03/01 |
| (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά | (STANLEY) 4 mL + (COMPLES AL Πράσινα Φυτά 7-3-6 +0,7S) 4 mL + (Sensi Cal-Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL+ MICOSAT-F WP (1/5 μεζούρας) σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό | (STANLEY) 4 mL σε 1 L νερό |
| 04/01 | 05/01 | 06/01 | 07/01 | 08/01 | 09/01 | 10/01 |
| μεταφύτευση 42 μωσχευμάτων σε BIOBIZZ LIGHTMIX & 1 m από λαμπτήρα MH 400W | | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 4 mL σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά + σβηστός λαμπτήρας HPS | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 4 mL σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά + σβηστός λαμπτήρας HPS | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 4 mL σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά + σβηστός λαμπτήρας HPS | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 4 mL σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά + σβηστός λαμπτήρας HPS | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 4 mL σε 1 L νερό, στα μητρικά φυτά + σβηστός λαμπτήρας HPS |
| 11/01 | 12/01 | 13/01 | 14/01 | 15/01 | 16/01 | 17/01 |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|--|
| ψεκασμός θερμοκηπίου (2 mL Parapin 5SC + 30 mL Tamba 97,6 EC)/ 2 L νερό, (25 mL Deltasect 2.5 SC)/2 L νερό, (80 mL Kerbofos 25 EC)/ 4 L νερό & μεταφορά νέων φυτών στο θερμοκήπιο | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLESA L Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLESA L Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 16 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά |
| 18/01 | 19/01 | 20/01 | 21/01 | 22/01 | 23/01 | 24/01 |
| (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLESA L Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLESA L Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4- 0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL + (Sensi Cal- Mag Xtra® 4-0-0) 4 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά |
| 25/01 | 26/01 | 27/01 | 28/01 | 29/01 | 30/01 | 31/01 |
| (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | (COMPLES AL Ανθοφόρα Φυτά 4-6-6) 12 mL σε 4 L νερό, στα μητρικά φυτά | | | | |

Γ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmed, S. A., Ross, S. A., Slade, D., Radwan, M. M., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2015). Minor oxygenated cannabinoids from high potency *Cannabis sativa* L. *Phytochemistry*. 117, 194–199. doi: 10.1016/j.phytochem.2015.04.007
- Aizpurua-Olaizola, O., Soydaner, U., Öztürk, E., Schibano, D., Simsir, Y., Navarro, P., Etxebarria, N., and Usobiaga, A. (2016). Evolution of the cannabinoid and terpene content during the growth of *Cannabis sativa* plants from different chemotypes. *J. Nat. Prod.* 79, 324–331. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00949
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., and Venturi, G. (2008a). Modelling post-emergent hemp phenology (*Cannabis sativa* L.): Theory and evaluation. *Eur. J. Agron.* 28, 90–102.
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Zatta, A., and Venturi, G. (2008b). Flowering dynamics in monoecious and dioecious hemp genotypes. *J. Ind. Hemp*. 13, 5–19. doi: 10.1080/15377880801898691
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., Cosentino, S.L., Pakkala, K., Stomph, T.J., Westerhuis, W., Zatta, A., Venturi, G. (2012). Evaluation of a phenological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis Sativa* L.) biomass production across European sites. *Ind. Crops Prod.* 37, 100–110.
- Baker, P. B., Taylor B. J., and Gough. T. A. (1981). The tetrahydrocannabinol and tetrahydrocannabinolic acid content of cannabis products. *J. Pharm. Pharmacol.* 33(6), 369–372. doi:10.1111/j.2042-7158.1981.tb13806.x
- Bócsa, I., Máthé, P., Hangyel, L. (1997). Effect of nitrogen on tetrahydrocannabinol (THC) content in hemp (*Cannabis sativa* L.) leaves at different positions. *J. Int. Hemp Assoc.* 4, 80–81.
- Booth, J. K., Page, J. E., and Bohlmann, J. (2017). Terpene synthases from *Cannabis sativa*. *PLoS One*. 12, e0173911. doi: 10.1371/journal.pone.0173911
- Booth, J. K., Bohlmann, J. (2019). Terpenes in *Cannabis sativa*—from plant genome to humans. *Plant Sci.* 284, 67–72. doi: 10.1016/j.plantsci.2019.03.022
- Booth J. K., Yuen, M. M. S., Jancsik, S., Madilao, L. L., Page, J. E., Bohlmann, J. (2020). Terpene Synthases and Terpene Variation in *Cannabis sativa*. *Plant Physiology*. 184(1), 130–147. doi: 10.1104/pp.20.00593
- Borthwick, H. A., and Scully, N. J. (1954). Photoperiodic Responses of Hemp. *Bot Gaz.* 116, 14–29.
- Bredemann, G., Schwanitz, F. R., and Sengbusch., V. R. (1956). Problems of Modern Hemp Breeding with Particular Reference to the Breeding of Varieties of Hemp Containing Little or No Hashish. *Bull. Narc.* 8(3), 31–35.

- Brousseau V. D., Wu, B. S., MacPherson, S., Morello, V., and Lefsrud, M. (2021). Cannabinoids and Terpenes: How Production of Photo-Protectants Can Be Manipulated to Enhance *Cannabis sativa* L. Phytochemistry. *Front. Plant Sci.* 12, 620021. doi: 10.3389/fpls.2021.620021
- Campbell, L. G., Naraine S. G. U., Dusfresne, J. (2019). Phenotypic plasticity influences the success of clonal propagation in industrial pharmaceutical *Cannabis sativa*. *PLoS ONE*. 14(3), e0213434. doi: 10.1371/journal.pone.0213434
- Caplan, D., Dixon, M., and Zheng, Y. (2017a). Optimal rate of organic fertilizer during the flowering stage for cannabis grown in two coir-based substrates. *HortScience*. 52, 1796–1803. doi:10.21273/HORTSCI12401-17.
- Caplan, D., Dixon, M., and Zheng, Y. (2017b). Optimal rate of organic fertilizer during the vegetative-stage for cannabis grown in two coir-based substrates. *HortScience*. 52, 1307–1312. doi:10.21273/HORTSCI11903-17.
- Caplan, D., Stemeroff, J., Dixon, M., and Zheng, Y. (2018). Vegetative propagation of cannabis by stem cuttings: effects of leaf number, cutting position, rooting hormone, and leaf tip removal. *Can. J. Plant Sci.* 98, 1126–1132. doi: 10.1139/cjps-2018-0038
- Chailakhyan, M. Kh., and Timiriazhev, K. A. (1979). Genetic and hormonal regulation of growth, flowering, and sex expression in plants. *Am. J. Bot.* 66, 717–736.
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2008). Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO₂ conditions. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 14, 299–306. doi: 10.1007/s12298-008-0027-x
- Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., and ElSohly, M. A. (2010). Assessment of cannabinoids content in micropropagated plants of *Cannabis sativa* L., and their comparison with conventionally propagated plants and mother plant during developmental stages of growth. *Planta Med.* 76, 743–750. doi: 10.1055/s-0029-1240628
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2011a). Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L., an important medicinal plant, to elevated levels of CO₂. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 17, 291–295. doi: 10.1007/s12298-011-0066-6
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2011b). Temperature response of photosynthesis in different drug and fiber varieties of *Cannabis sativa* L. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 17, 297. doi: 10.1007/s12298-011-0068-4
- Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2015). Light dependence of photosynthesis and water vapor exchange characteristics in different high Δ^9 -THC yielding

- varieties of *Cannabis sativa* L. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 2, 39–47. doi: 10.1016/j.jarmap.2015.03.002
- Chandra, S., Lata, H., ElSohly, M. A., Walker L. A., Potter, D. (2016). Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy Behav.* 70, 302–312. doi: 10.1016/j.yebeh.2016.11.029
- Chandra, S., Lata, H., and Elsohly, M. A. (2017). *Cannabis sativa L.- botany and biotechnology*. Cham, Switzerland: Springer.
- Chandra, S., Lata, H., and ElSohly, M. A. (2020). Propagation of Cannabis for Clinical Research: An Approach Towards a Modern Herbal Medicinal Products Development. *Front. Plant Sci.* 11, 958. doi: 10.3389/fpls.2020.00958
- Clarke, R. C., Merlin, M. D. (2013). *Cannabis: evolution and ethnobotany*. Los Angeles and Berkeley: University of California Press.
- Clarke, R. C., and Merlin, M. D. (2016). *Cannabis* domestication, breeding history, present-day genetic diversity, and future prospects. *Crit. Rev. Plant Sci.* 35, 293–327. doi: 10.1080/07352689.2016.1267498
- Cockson, P., Landis, H., Smith, T., Hicks, K., Whipker, B. E. (2019a). Characterization of nutrient disorders of *Cannabis sativa*. *Appl. Sci.* 9, 1–14. doi: 10.3390/app9204432
- Cockson, P., Barajas, G., Whipker, B.E. (2019b). Enhancing Rooting of Vegetatively Propagated *Cannabis sativa* ‘BaOx’ Cuttings. *J. Agricult. Hemp Res.* 1, 2.
- Cockson, P., Schroeder-Moreno, M., Veazie, P., Barajas, G., Logan, D., Davis, M., Whipker, B.E. (2020). Impact of Phosphorus on *Cannabis sativa* Reproduction, Cannabinoids, and Terpenes. *Appl. Sci.* 10, 7875. doi: 10.3390/app10217875
- Coffman, C. B., and Gentner, W. A. (1977). Responses of greenhouse-grown *Cannabis sativa* L. to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. *Agron. J.* 69, 832–836.
- Coffman, C.B., and Gentner, W.A. (1979). Greenhouse propagation of *Cannabis Sativa* L. by vegetative cuttings. *Econ. Bot.* 33, 124–127. doi:10.1007/BF02858280
- Conneely, L. J., Mauleon, R., Mieog, J., Barkla, B. J., Kretschmar, T. (2021). Characterization of the *Cannabis sativa* glandular trichome proteome. *PLoS ONE.* 16(4), e0242633. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242633>
- Cosentino, S. L., Testa, G., Scordia, D., and Copani, V. (2012). Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes in southern Europe. *Ind. Crops Prod.* 37, 20–33.

- Crombie, L., Ponsford, R., Shani, A., Yagnitinsky, B. and Mechoulam, R. (1968). Hashish components. Photochemical production of cannabicyclol from cannabichromene. *Tetrahedron Lett.* 9, 5771–5772, doi: 10.1016/S0040-4039(00)76346-5
- Danziger, N., and Bernstein, N. (2021). Light matters: effect of light spectra on cannabinoid profile and plant development of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Indus. Crops Prod.* 164, 113351. doi: 10.1016/j.indcrop.2021.113351
- Dayanandan, P., and Kaufman, P. B. (1976). Trichomes of *Cannabis sativa* (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 63, 578–591.
- Degenhardt, F., Stehle, F., Kayser, O. (2017). “The biosynthesis of cannabinoids”, in *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment*, ed Preedy, V., (Elsevier B.V.), 13–23.
- de Meijer, E. P. M., and van Soest, L. J. M. (1992). The CPRO *Cannabis* germplasm collection. *Euphytica.* 62, 201–211. doi: 10.1007/BF00041754
- de Meijer, E. P. M. (1995). Fibre Hemp Cultivars: A Survey of Origin, Ancestry, Availability and Brief Agronomic Characteristics. *Journal of the International Hemp Association* 2 (2), 66–73.
- de Meijer, E. P. M., Bagatta, M., Carboni, A., Crucitti, P., Moliterni, V. M., Ranalli, P., Mandolino G. (2003). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. *Genetics.* 163, 335–346. doi: 10.1093/genetics/163.1.335
- de Meijer, E. P. M., and Hammond, K. M. (2005). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. (II): cannabigerol predominant plants. *Euphytica.* 145, 189–198. doi: 10.1007/s10681-005-1164-8
- de Meijer, E. P. M., Hammond, K. M., and Micheler, M. (2009a). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. (III): variation in cannabichromene proportion. *Euphytica.* 165, 293–311. doi: 10.1007/s10681-008-9787-1
- de Meijer, E. P. M., Hammond, K. M., and Sutton, A. (2009b). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. (IV): cannabinoid-free plants. *Euphytica* 168, 95–112. doi: 10.1007/s10681-009-9894-7
- de Meijer, E. P. M. (2014). “The Chemical Phenotypes (Chemotypes) of *Cannabis*,” in *Handbook of Cannabis*, ed Pertwee, R. G. (Oxford: Oxford University Press), 95
- de Meijer, E. P. M., and Hammond, K. M. (2016). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. (V): regulation of the propyl-/pentyl cannabinoid ratio, completion of a genetic model. *Euphytica.* 210, 291–307. doi: 10.1007/s10681-016-1721-3
- de Pasquale, A. (1974). Ultrastructure of the *Cannabis sativa* glands. *Planta medica.* 25, 238-248.

- Eaves, J., Eaves, S., Morphy, C., and Murray, C. (2020). The relationship between light intensity, cannabis yields, and profitability. *Agron. J.* 112, 1466–1470. doi: 10.1002/agj2.20008
- Eichhorn Bilodeau, S., Wu, B. S., Rufyikiri, A. S., Macpherson, S., and Lefsrud, M. (2019). An update on plant photobiology and implications for cannabis production. *Front. Plant Sci.* 10, 296. doi: 10.3389/fpls.2019.00296
- Fairbairn, J. W. (1972). Trichomes and glands of *Cannabis sativa* L. *Bull. Narc.* 24, 29–33.
- Fairbairn, J. W., Liebmann, J. A., Rowan, M. G. (1976). The stability of cannabis and its preparations on storage. *J. Pharm. Pharmacol.* 28, 1–7.
- Faux, A. M., Draye, X., Lambert, R., Dandrimont, R., Raulier, P., and Bertin, P. (2013). The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Eur. J. Agronomy* 47, 11–22. doi: 10.1016/j.eja.2013.01.006
- Faux, A. M., and Bertin, P. (2014a). Modelling approach for the quantitative variation of sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Plant. Breed.* 133, 782–787. doi: 10.1111/pbr.12208
- Faux, A. M., Berhin, A., Dauguet, N., and Bertin, P. (2014b). Sex chromosomes and quantitative sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Euphytica.* 196, 183–197.
- Faux, A. M., Draye, X., Flamand, M. C., Occre, A., and Bertin, P. (2016). Identification of QTLs for sex expression in dioecious and monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Euphytica.* 209, 357–376.
- Fellermeier, M., and Zenk, M. H. (1998). Prenylation of olivetolate by a hemp transferase yields cannabigerolic acid, the precursor of tetrahydrocannabinol. *FEBS Lett.* 427, 283–285. doi: 10.1016/S0014-5793(98)00450-5
- Fellermeier, M., Eisenreich, W., Bacher, A., and Zenk, M. H. (2001). Biosynthesis of cannabinoids. Incorporation experiments with ¹³C-labeled glucoses. *Eur. J. Biochem.* 268, 1596–1604. doi: 10.1046/j.1432-1327.2001.02030.x
- Fetterman, P. S., Keith, E. S., Waller, C.W., Guerrero, O., Doorenbos, N. J., Quimby, M. W. (1971). Mississippi-grown *Cannabis sativa* L.: preliminary observation on chemical definition of phenotype and variations in tetrahydrocannabinol content versus age, sex, and plant part. *J. Pharm. Sci.* 60(8), 1246–1249.
- Flores-Sanchez, I. J., and Verpoorte, R. (2008). Secondary metabolism in *Cannabis*. *Phytochem. Rev.* 7, 615–639. doi: 10.1007/s11101-008-9094-4
- Fournier, G., Richez-Dumanois, C., Duvezin, J., Mathieu, J. P., Paris, M. (1987). Identification of a new chemotype in *Cannabis sativa*: cannabigerol-dominant plants, biogenetic and agronomic prospects. *Planta Med.* 53, 277–280

- Frank, M. (2018) The Cannabis female flower. Retrieved from <https://beyondthc.com/the-cannabis-female-flower/>
- Freeman, D. C., Harper, K. T., and Charnov, E. L. (1980). Sex change in plants: Old and new observations and new hypotheses. *Oecologia*. 47, 222–232.
- Furr Y., Mahlberg P. G. (1981). Histochemical analysis of laticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products (Lloydia)*. 44, 153–159.
- Gagne, S. J., Stout, J. M., Liu, E., Boubakir, Z., Clark, S. M., and Page, J. E. (2012). Identification of olivetolic acid cyclase from *Cannabis sativa* reveals a unique catalytic route to plant polyketides. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 12811–12816. doi: 10.1073/pnas.1200330109
- Gertsch, J., Pertwee, R. G., and Di Marzo, V. (2010). Phytocannabinoids beyond the *Cannabis* plant – do they exist? *Br. J. Pharmacol.* 160, 523–529. doi: 10.1111/j.1476-5381.2010.00745.x
- Gülck, T., and Møller, B. L. (2020). Phytocannabinoids: origins and biosynthesis. *Trends Plant Sci.* 25, 985–1004. doi: 10.1016/j.tplants.2020.05.005
- Hall, J., Bhattarai, S.P., and Midmore, D.J. (2012). Review of Flowering Control in Industrial Hemp. *J. Nat. Fibers*. 9, 23–36.
- Hammond, C. T., and Mahlberg, P. G. (1973). Morphology of glandular hairs of *Cannabis sativa* from scanning electron microscopy. *Am. J. Bot.* 60, 524–528.
- Hammond, C. T., and Mahlberg, P. G. (1977). Morphogenesis of capitate glandular hairs of *Cannabis sativa* (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 64, 1023.
- Hanuš, L. O., Meyer, S. M., Muñoz, E., Tagliabue, S., Appendino, G. (2016). Phytocannabinoids: a unified critical inventory. *Nat. Prod. Rep.* 33, 1357–1392. doi: 10.1039/C6NP00074F
- Happyana, N., Agnolet, S., Muntendam, R., Van Dam, A., Schneider, B., and Kayser, O. (2013). Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal *Cannabis sativa* using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry*. 87, 51–59.
- Hawley, D., Graham, T., Stasiak, M., and Dixon, M. (2018). Improving cannabis bud quality and yield with subcanopy lighting. *HortScience*. 53, 1593–1599. doi: 10.21273/HORTSCI13173-18
- Hayward, H. E. (1938). *The Structure of Economic Plants*. New York: The Macmillan Co., pp. 214–245.
- Heslop-Harrison, J. (1956). Auxin and Sexuality in *Cannabis sativa*. *Physiol Plant*. 9, 588–597.
- Heslop-Harrison, J. (1957). The experimental modification of sex expression in flowering plants. *Biol Rev.* 32, 38–90.

- Hillig, K. W. (2005). Genetic evidence for speciation in *Cannabis* (Cannabaceae). *Genet. Resour. Crop. Evol.* 52(2), 161–180.
- Holler, J. M., M. L. Smith, S. N. Paul, M. R. Past, and B. D. Paul. (2008). Isomerization of delta-9-THC to delta-8-THC when tested as trifluoroacetyl-, pentafluoropropionyl-, or heptafluorobutyryl- derivatives. *J. Mass Spectrom.* 43, 674–679. doi:10.1002/jms.1375
- Holoborodko, P., Virovets, V., Laiko, I., Bertucelli, S., Beherec, O., Fournier, G. (2014). Results of Efforts by French and Ukranian Breeders to Reduce Cannabinoid Levels in Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.)
- Jenkins, M. and Livesay, C. (2021). Photosynthetic Performance and Potency of *Cannabis sativa* L. Grown under LED and HPS Illumination. *Agricultural Sciences*, 12, 293-304. doi: 10.4236/as.2021.123019
- Jin, D., Jin, S. and Chen, J. (2019). Cannabis Indoor Growing Conditions, Management Practices, and Post-Harvest Treatment: A Review. *American Journal of Plant Sciences*, 10, 925–946. doi: 10.4236/ajps.2019.106067
- Kalinowski, J., Edmisten, K., Davis, J., McGinnis, M., Hicks, K., Cockson, P., Veazie, P., Whipker, B. E. (2020). Augmenting Nutrient Acquisition Ranges of Greenhouse Grown CBD (Cannabidiol) Hemp (*Cannabis sativa*) Cultivars. *Horticulturae*. 6(4), 98. doi.: 10.3390/horticulturae6040098
- Kim, E. S., and Mahlberg, P. G. (1991). Secretory cavity development in glandular trichomes of *Cannabis sativa* L. *Am. J. Bot.* 78, 220–229.
- Kim E. S., Mahlberg P.G. (1995). Glandular cuticle formation of *Cannabis* (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 82, 1207–1214.
- Kim, E. S. and Mahlberg, P. G. (2003). Secretory vesicle formation in the secretory cavity of glandular trichomes of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Mol. Cells.* 15, 387–395.
- Knight G., Hansen S., Connor M., Poulsen H., McGovern C., and Stacey J. (2010). The results of an experimental indoor hydroponic Cannabis growing study, using the ‘Screen of Green’ (ScrOG) method-Yield, tetrahydrocannabinol (THC) and DNA analysis. *Forensic Sci Int* 202, 36–44. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.04.022
- Kojoma, M., Seki, H., Yoshida, S., and Muranaka., T. (2006). DNA polymorphisms in the tetrahydrocannabinolic acid (THCA) synthase gene in “drug-type” and “fiber-type” *Cannabis sativa* L. *Forensic Sci. Int.* 159(2-3), 132– 140. doi:10.1016/j.forsciint.2005.07.005
- Kwasnica, A., Pachura, N., Masztalerz, K., Figiel, A., Zimmer, A., Kupczynski, R., Wujcikowska, K., Carbonell-Barrachina, A. A., Szumny, A., Rozanski, H. (2020). Volatile Composition and Sensory

- Properties as Quality Attributes of Fresh and Dried Hemp Flowers (*Cannabis sativa* L.). *Foods*. 9, 1118.
- Lanyon, V. S., Turner, J. C., Mahlberg, P. G. (1981). Quantitative-analysis of cannabinoids in the secretory product from capitate-stalked glands of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Bot. Gaz.* 142, 316–319.
- Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2009a). Propagation through alginate encapsulation of axillary buds of *Cannabis sativa* L. – an important medicinal plant. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 15, 79–86. doi: 10.1007/s12298-009-0008-8
- Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., and ElSohly, M. A. (2009b). Thidiazuron induced high frequency direct shoot organogenesis of *Cannabis sativa* L. *In vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 45, 12–19. doi: 10.1007/s11627-008-9167-5
- Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2010a). High frequency plant regeneration from leaf derived callus of high Δ^9 -tetrahydrocannabinol yielding *Cannabis sativa* L. *Planta Med.* 76, 1629–1633. doi: 10.1055/s-0030-1249773
- Lata, H., Chandra, S., Techen, N., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2010b). Assessment of the genetic stability of micropropagated plants of *Cannabis sativa* by ISSR markers. *Planta Med.* 76, 97–100. doi: 10.1055/s-0029-1185945
- Lata, H., Chandra, S., Techen, N., Khan, I. A., and ElSohly, M. A. (2011). Molecular analysis of genetic fidelity in *Cannabis sativa* L. plants grown from synthetic (encapsulated) seeds following in vitro storage. *Biotechnol. Lett.* 33, 2503–2508. doi: 10.1007/s10529-011-0712-7
- Lata, H., Chandra, S., Techen, N., Khan, I. A., and Elsohly, M. A. (2016). In vitro mass propagation of *Cannabis sativa* L.: a protocol refinement using novel aromatic cytokinin meta-topolin and the assessment of eco-physiological, biochemical and genetic fidelity of micropropagated plants. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants*. 3, 18–26. doi: 10.1016/j.jarmap.2015.12.001
- Leme, F. M., Schöenberger, J., Staedler, Y.M., and Teixeira, S. P. (2020). Comparative floral development reveals novel aspects of structure and diversity of flowers in Cannabaceae. *Bot. J. Linn. Soc.* 193, 64–83.
- Linciano, P., Citti, C., Russo, F., Tolomeo, F., Laganà, A., Capriotti, A. L., Luongo, L., Iannotta, M., Belardo, C., Maione, S., Forni, F., Vandelli, M. A., Gigli G., and Cannazza, G. (2020). Identification of a new cannabidiol n-hexyl homolog in a medicinal cannabis variety with an antinociceptive activity in mice: cannabidihexol. *Sci. Rep.* 10 (1), 22019. doi:10.1038/s41598-020-79042-2

- Lindholst, C. (2010). Long term stability of cannabis resin and cannabis extracts. *Aust. J. Forensic Sci.* 42, 181–190. doi: 10.1080/00450610903258144
- Lisson, S. N., Mendham, N. J., and Carberry, P. S. (2000). Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 2. The flowering response of two hemp cultivars to photoperiod. *Aust. J. Exp. Agric.* 40, 413.
- Livingston, S. J., Quilichini, T. D., Booth, J. K., Wong, D. C. J., Rensing, K. H., Laflamme-Yonkman, J., Castellarin, S. D., Bohlmann, J., Page, J. E., Samuels, A. L. (2019). Cannabis glandular trichomes alter morphology and metabolite content during flower maturation. *Plant J.* 101, 37–56. doi: 10.1111/tpj.14516
- Lydon, J., Teramura, A. H., and Coffman, C. B. (1987). UV-B radiation effects on photosynthesis, growth and cannabinoid production of two *Cannabis sativa* chemotypes. *Photochem. Photobiol.* 46, 201–206. doi: 10.1111/j.1751-1097.1987.tb04757.x
- Magagnini, G., Grassi, G., and Kotiranta, S. (2018). The effect of light spectrum on the morphology and cannabinoid content of *Cannabis sativa* L. *Med. Cannabis Cannabinoids.* 1, 19–27. doi: 10.1159/000489030
- Mahlberg, P. G., and Hemphill, J. K. (1983). Effect of light quality on cannabinoid content of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Bot. Gaz.* 144, 43–48. doi: 10.1086/337342
- Mahlberg P. G., and Kim E. S. (1991). Cuticle development on glandular trichomes of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 78, 1113–1122.
- Mahlberg, P. G. and Kim, E. S. (2004) Accumulation of cannabinoid in glandular trichomes of *Cannabis* (Cannabaceae). *J. Ind. Hemp*, 9, 15–36.
- Mandolino, G., Bagatta, M., Carboni, A., Ranalli, P., de Meijer E. P. M. (2003). Qualitative and quantitative aspects of the inheritance of chemical phenotype in *Cannabis*. *J. Ind. Hemp.* 8(2), 51–72.
- Marti, G., Schnee, S., Andrey, Y., Simoes-Pires, C., Carrupt, P. A., Wolfender, J. L., Gindro, K. (2014). Study of leaf metabolome modifications induced by UV-C radiations in representative *Vitis*, *Cissus* and *Cannabis* species by LC-MS based metabolomics and antioxidant assays. *Molecules.* 19, 14004–14021. doi: 10.3390/molecules190914004
- McCallum, N. D., B. Yagen, S. Levy, and R. Mechoulam. (1975). Cannabinol: A rapidly formed metabolite of delta-1- and delta-6-tetrahydrocannabinol. *Experientia.* 31(5), 520–521. doi:10.1007/BF01932433

- McPartland, J. M., Guy, G. W. (2004). “The evolution of *Cannabis* and coevolution with the cannabinoid receptor—a hypothesis,” in *Medicinal Uses of Cannabis and Cannabinoids*, eds G. W. Guy, B. A. Whittle, and P. Robson (London: Pharmaceutical Press), 71–101
- McPartland, J. M., and Guy, G. W. (2017). Models of cannabis taxonomy, cultural bias, and conflicts between scientific and vernacular names. *Bot. Rev.* 83, 327–381. doi: 10.1007/s12229-017-9187-0
- McPartland, J. M. (2018). *Cannabis* systematics at the levels of family, genus and species. *Cannabis Cannabinoid Res.* 3, 203–212. doi: 10.1089/can.2018.0039
- McPhee, H. C. (1924). The influence of environment on sex in hemp, *Cannabis sativa*. L. *J. Agr. Res.* 28, 1067–1080
- Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid Slembrouck, I., Soldati, A. (1998). Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association.* 5, 68–72.
- Milay, L., Berman, P., Shapira, A., Guberman, O., Meiri, D. (2020). Metabolic Profiling of *Cannabis* Secondary Metabolites for Evaluation of Optimal Postharvest Storage Conditions. *Front. Plant Sci.*, 11, 3605. doi: 10.3389/fpls.2020.583605
- Mitosinka G. T., Thornton J. I., Hayes T. L. (1972). The examination of cystolithic hairs of *Cannabis* and other plants by means of the scanning electron microscope. *J. Forensic. Sci. Soc.* 12, 521–529.
- Moliterni, V. M. C., Cattivelli, L., Ranalli, P., and Mandolino, G. (2004). The sexual differentiation of *Cannabis sativa* L.: A morphological and molecular study. *Euphytica.* 140, 95–106.
- Morimoto, S., Komatsu, K., Taura, F., and Shoyama, Y. (1997). Enzymological evidence for cannabichromenic acid biosynthesis. *Journal of Natural Products.* 60, 854–857.
- Morimoto, S., Komatsu, K., Taura, F., and Shoyama, Y. (1998). Purification and characterization of cannabichromenic acid synthase from *Cannabis sativa*. *Phytochemistry.* 49, 1525–1529.
- Namdar, D., Charuvi, D., Ajjampura, V., Mazuz, M., Ion, A., Kamara, I., and Koltai, H. (2019). LED lighting affects the composition and biological activity of *Cannabis sativa* secondary metabolites. *Ind. Crops Prod.* 132, 177–185. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.02.016
- Pacifici, R., Marchei, E., Salvatore, F., Guandalini, L., Busardò, F. P., and Pichini, S. (2017). Evaluation of cannabinoids concentration and stability in standardized preparations of cannabis tea and cannabis oil by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin. Chem. Lab. Med.* 55, 1555–1563. doi: 10.1515/cclm-2016-1060
- Pacifici, R., Marchei, E., Salvatore, F., Guandalini, L., Busardò, F. P., and Pichini, S. (2018). Evaluation of long-term stability of cannabinoids in standardized preparations of cannabis

- flowering tops and cannabis oil by ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin. Chem. Lab. Med.* 28, 94–96. doi: 10.1515/cclm-2017-0758
- Pacifici, R., Marchei, E., Salvatore, F., Guandalini, L., Busardò, F. P., and Pichini, S. (2019). Stability of cannabinoids in cannabis FM1 flowering tops and oil preparation evaluated by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin. Chem. Lab. Med.* 57, E165–E168. doi:10.1515/cclm-2018-1145
- Pacifico, D., Miselli, F., Carboni, A., Moschella, A., and Mandolino, G. (2008). Time course of cannabinoid accumulation and chemotype development during the growth of *Cannabis sativa* L. *Euphytica*. 160, 231–240. doi: 10.1007/s10681-007-9543-y
- Pate, D. W. (1983). Possible role of ultraviolet radiation in evolution of *Cannabis* chemotypes. *Econ. Bot.* 37, 396. doi: 10.1007/BF02904200
- Potter, D. J. (2009). The propagation, characterisation and optimisation of Cannabis as a phytopharmaceutical (PhD Thesis). Department of Pharmaceutical Science Research. King's College, London.
- Potter, D. J., and Duncombe, P. (2012). The effect of electrical lighting power and irradiance on indoor-grown cannabis potency and yield. *J. Forensic Sci.* 57, 618–622. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.02024.x
- Potter, D. J. (2014). A review of the cultivation and processing of cannabis (*Cannabis sativa* L.) for production of prescription medicines in the UK. *Drug Test. Anal.* 6, 31–38. doi: 10.1002/dta.1531
- Punja, Z. K. (2020a). Epidemiology of *Fusarium? oxysporum* causing root and crown rot of cannabis (*Cannabis sativa* L.) plants in commercial greenhouse production, *Can. J. Plant Pathol.* doi: 10.1080/07060661.2020.1788165
- Punja, Z. K., and Holmes, J. E. (2020b) Hermaphroditism in Marijuana (*Cannabis sativa* L.) Inflorescences – Impact on Floral Morphology, Seed Formation, Progeny Sex Ratios, and Genetic Variation. *Front. Plant Sci.* 11, 718. doi: 10.3389/fpls.2020.00718
- Punja, Z. K., and Ni, L. (2021). The bud rot pathogens infecting cannabis (*Cannabis sativa* L.) inflorescences: symptomology, species identification, pathogenicity and biological control. *Can. J. Plant Pathol.* doi: 10.1080/07060661.2021.1936650
- Radwan, M. M., ElSohly, M. A., El-Alfy, A. T., Ahmed, S. A., Slade, D., Husni, A. S., Manly, S. P., Wilson, L., Seale, S., Cutler, S. J., Ross, S. A. (2015). Isolation and pharmacological evaluation of minor cannabinoids from high-potency *Cannabis sativa*. *J. Nat. Prod.* 78, 1271–1276. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00065

- Raharjo, T. J., Chang, W. T., Choi, Y. H., Peltenburg-Looman, A. M. G., and Verpoorte, R. (2004). Olivetol as product of a polyketide synthase in *Cannabis sativa* L. *Plant Science*. 166, 381–385.
- Ram, H. Y. M., and Jaiswal, V. S. (1970). Induction of female owers on male plants of *Cannabis sativa* L. by 2-chloroethanephos-phonic acid. *Experientia*. 26, 214–216.
- Ram, H. Y. M., and Jaiswal, V. S. (1972). Induction of male owers on female plants of *Cannabis sativa* by gibberellins and its inhibition by abscisic acid. *Planta*. 105, 263–266.
- Ram, H. Y. M., and Sett, R. (1982). Induction of fertile male owers in genetically female *Cannabis sativa* plants by silver nitrate and silver thiosulphate anionic complex. *Theor. Appl. Genet.* 62, 369–375.
- Razumova, O. V., Alexandrov, O. S., Divashuk, M. G., Sukhorada, T. I., and Karlov, G. I. (2016). Molecular cytogenetic analysis of monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars reveals its karyotype variations and sex chromosomes constitution. *Protoplasma*. 253, 895–901.
- Reed, J. (1914). Morphology of *Cannabis sativa* L. (MSc Thesis). State University of Iowa, Iowa.
- Rodriguez-Morrison, V., Llewellyn, D., and Zheng, Y. (2021). Cannabis Yield, Potency, and Leaf Photosynthesis Respond Differently to Increasing Light Levels in an Indoor Environment. *Front. Plant Sci.* 12, 646020. doi: 10.3389/fpls.2021.646020
- Salentijn, E. M. J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., and Trindade, L. M. (2015). New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Ind. Crops Prod.* 68, 32–41. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.08.011
- Salentijn, E. M. J., Petit, J., Trindade, L. M. (2019). The complex interactions between flowering behavior and fiber quality. *Hemp. Front. Plant Sci.* 10. doi: 10.3389/fpls.2019.00614
- Saloner, A., Sacks, M. M., and Bernstein, N. (2019). Response of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes to K supply under long photoperiod. *Front. Plant Sci.* 10:1369. doi: 10.3389/fpls.2019.01369
- Saloner, A., and Bernstein, N. (2020). Response of Medical Cannabis (*Cannabis sativa* L.) to Nitrogen Supply Under Long Photoperiod. *Front. Plant Sci.* 11, 572293. doi: 10.3389/fpls.2020.572293
- Sawler, J., Stout, J. M., Gardner, K. M., Hudson, D., Vidmar, J., Butler, L., Page, J. E., Myles, S. (2015). The Genetic Structure of Marijuana and Hemp. *PLoS ONE*. 10(8), e0133292. doi:10.1371/journal.pone.0133292
- Schaffner, J. H. (1923). The Influence of Relative Length of Daylight on the Reversal of Sex in Hemp. *Ecology*. 4 323–334.

- Schilling, S., Dowling, C. A., Shi, J., Ryan, L., Hunt, D., O'Reilly, E., Perry, A.S., Kinnane, O., McCabe, P.F., Melzer, R. (2020). The cream of the crop: Biology, breeding and applications of *Cannabis sativa*. *Authorea*. 1–46
- Sengbusch, R. V. (1952). Ein weiterer beitrage zur vererbung des geschlechts bei hanf als grundlage für die züchtung eines monözischen hanfes. *Z. Pflanzenzüchtung*. 31, 319–338.
- Sengbusch, R. von. (1956). Le chanvre 'Fibrimon' et 'Fibridla' Hanf und Lein. In *Proceedings of the Second International Flax and Hemp Congress*, June 5–9. Wageningen, Holland: Berichte des Instituts für Bastfaserforschung.
- Shiponi, S., and Bernstein, N. (2021). Response of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes to P supply under long photoperiod: functional phenotyping and the ionome. *Indust Crops Products*. 161, 113154. doi: 10.1016/j.indcrop.2020.113154
- Shoyama, Y., Yagi, M., Nishioka, I., Yamauchi, T. (1975). Biosynthesis of cannabinoid acids. *Phytochemistry*. 14, 2189–2192.
- Shoyama, Y., Hirano, H., Nishioka, I. (1984). Biosynthesis of propyl cannabinoid acid and its biosynthetic relationship with pentyl and methyl cannabinoid acids. *Phytochemistry*. 23(9), 1909–12.
- Small, E., Beckstead, H. D. (1973a). Cannabinoid phenotypes in *Cannabis sativa*. *Nature*. 245 (5421), 147–148.
- Small, E., Beckstead, H. D. (1973b). Common cannabinoid phenotypes in 350 stocks of Cannabis. *Lloydia*. 36(2), 144–165.
- Small, E. (1975). Morphological variation of achenes of *Cannabis*. *Canadian Journal of Botany* 53, 978–987.
- Small, E., and Cronquist, A. (1976). A practical and natural taxonomy for *Cannabis*. *Taxon*. 25, 405–435. doi: 10.2307/1220524
- Small, E., Antle, T. (2007). A study of cotyledon asymmetry in *Cannabis sativa* L. *Journal of Industrial Hemp*. 12 (1), 3–14.
- Small, E. (2015a). Evolution and classification of *Cannabis sativa* (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *Bot. Rev.* 81, 189–294. doi: 10.1007/s12229-015-9157-3
- Small, E. (2015b). Response to the erroneous critique of my *Cannabis* monograph by R. C. Clarke and M. D. Merlin. *Bot. Rev.* 81, 306–316. doi: 10.1007/s12229-015-9159-1
- Small, E., and Naraine, S. G. U. (2016a). Expansion of female sex organs in response to prolonged virginity in *Cannabis sativa*. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 63, 339–348.

- Small, E. and Naraine, S. G. U. (2016b). Size matters: evolution of large drugsecreting resin glands in elite pharmaceutical strains of *Cannabis sativa*. *Genet. Resour. Crop Evol.* 63, 349–359.
- Small, E. (2018). Dwarf germplasm: the key to giant *Cannabis* hemp seed and cannabinoid crops. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 65, 1071–1107. doi: 10.1007/s10722-017-0597-y
- Smith, R. (1997). Identification of butyl cannabinoids in marijuana. *J. Forensic Sci.* 42, 610–618, doi:10.1520/JFS14173J
- Shani, A., and Mechoulam, R. (1974). Cannabielsoic acids. Isolation and synthesis by a novel oxidative cyclization. *Tetrahedron.* 30, 2437–2446. doi: 10.1016/S0040-4020(01)97114-5
- Spitzer-Rimon, B., Duchin, S., Bernstein, N., Kamenetsky, R. (2019). Architecture and florogenesis in female *Cannabis sativa* plants. *Front. Plant Sci.* 10, 350. doi: 10.3389/fpls.2019.00350
- Stout, J. M., Boubakir, Z., Ambrose, S. J., Purves, R. W., and Page, J. E. (2012). The hexanoyl-CoA precursor for cannabinoid biosynthesis is formed by an acyl-activating enzyme in *Cannabis sativa* trichomes. *Plant J.* 71, 353–365. doi: 10.1111/j.1365-313X.2012.04949.x
- Sytsma, K. J., Morawetz, J., Pires, J. C., Nepokroeff, M., Conti, E., Zjhra, M., Hall, J. C., Chase, M. W. (2002). Urticalean rosids: circumscription, rosid ancestry, and phylogenetics based on *rbcL*, *trnL-trnF*, and *ndhF* sequences. *Am. J. Bot.* 89, 1531–1546. doi: 10.3732/ajb.89.9.1531
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc.
- Tang, K., Struik, P.C., Amaducci, S., Stomph, T.J., and Yin, X. (2017). Hemp (*Cannabis sativa* L.) leaf photosynthesis in relation to nitrogen content and temperature: implications for hemp as a bio-economically sustainable crop. *GCB. Bioenergy.* 9, 1573–1587. doi: 10.1111/gcbb.12451
- Taura, F., Morimoto, S., and Shoyama, Y. (1995). First direct evidence for the mechanism of Δ^1 -tetrahydrocannabinolic acid biosynthesis. *Journal of the American Chemical Society.* 117, 9766–9767.
- Taura, F., Morimoto, S., and Shoyama, Y. (1996). Purification and characterization of cannabidiolic acid synthase from *Cannabis sativa* L. *Journal of Biological Chemistry.* 271, 17411–17416.
- Taura, F., Sirikantaramas, S., Shoyama, Y., Yoshikai, K., Shoyama, Y., and Morimoto, S. (2007). Cannabidiolic-acid synthase, the chemotypedetermining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. *FEBS Letters.* 581, 2929–2934.
- Toonen, M., Ribot, S., and Thissen, J. (2006). Yield of illicit indoor cannabis cultivation in the Netherlands. *J. Forensic Sci.* 51, 1050–1054. doi: 10.1111/j.1556-4029.2006.00228.x
- Tournois, J. (1911). Anomalies florales du *Houblun japonais* ed du chanure determinees par des semis hatifs. *C.R. Acad. Sci.* 153, 1017–1020.

- Tournois, J. (1912). Influence de la lumière sur la floraison du houblon japonais et du chanvre déterminées par des semis haitifs. *C.R. Acad. Sci. Paris* 155, 297–300.
- Tremlová, B., Mikulášková, H. K., Hajduchová, K., Jancikova, S., Kaczorová, D., Čavar Zeljković, S., Dordevic, D. (2021). Influence of Technological Maturity on the Secondary Metabolites of Hemp Concentrate (*Cannabis sativa* L.). *Foods*. 10, 1418. doi: 10.3390/foods10061418
- Trofin, I. G., Vlad, C. C., Dabija, G., and Filipescu, L. (2011). Influence of storage conditions on the chemical potency of herbal cannabis. *Rev. Chim.* 62, 639–645.
- Trofin, I. G., Dabija, G., Vaireanu, D. I., Filipescu, L. (2012a). Long-term storage and cannabis oil stability. *Rev. Chim.* 63 (3), 293–297.
- Trofin, I. G., Dabija, G., Văireanu, D. I., and Filipescu, L. (2012b). The influence of long-term storage conditions on the stability of cannabinoids derived from cannabis resin. *Rev. Chim.* 63, 422–427.
- Turner, J. C., Hemphill, J. K. and Mahlberg, P. G. (1977). Gland distribution and cannabinoid content in clones of *Cannabis sativa* L. *Am. J. Bot.* 64, 687–693.
- Turner, J.C., Hemphill, J.K. and Mahlberg, P.G. (1978) Quantitative determination of cannabinoids in individual glandular trichomes of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 65, 1103–1106.
- Turner, J. C., Hemphill, J. K., Mahlberg, P. G. (1980). Trichomes and cannabinoid content of developing leaves and bracts of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Am. J. Bot.* 67, 1397–1406.
- Turner, J. C., Hemphill, J. K., Mahlberg, P. G. (1981a). Interrelationships of glandular trichomes and cannabinoid content. I. Developing pistillate bracts of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Bull. Narc.* 33, 59–69.
- Turner, J. C., Hemphill, J. K., Mahlberg, P. G. (1981b). Interrelationships of glandular trichomes and cannabinoid content. II. Developing vegetative leaves of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Bull. Narc.* 33: 63-71.
- Vanhove, W., Van Damme, P. & Meert, N. (2011). Factors determining yield and quality of illicit indoor cannabis (*Cannabis* spp.) production *Forensic Sci. Intl.* 212, 158–163. doi: 10.1016/j.forciint.2011.06.006
- Vanhove, W., Surmont, T., Van Damme, P., and De Ruyver, B. (2012). Yield and turnover of illicit indoor cannabis (*Cannabis* spp.) plantations in Belgium. *Forensic Sci. Int.* 220, 265–270. doi: 10.1016/j.forciint.2012.03.013
- Veazie, P., Cockson, P., Logan, D., and Whipker, B. (2021). Magnesium’s Impact on Cannabis sativa ‘BaOx’ and ‘Suver Haze’ Growth and Cannabinoid Production. *J. Agricult. Hemp Res.* 2 (2), 1

- Vree, T., Breimer, D., Ginneken, C. and Rossum, J. (1972). Identification in hashish of tetrahydrocannabinol, cannabidiol and cannabinol analogues with a methyl side-chain. *J. Pharm. Pharmacol.* 24, 7–12, doi: 10.1111/j.2042-7158.1972.tb08857.x
- Wei, X., Zhao, X., Long, S., Xiao, Q., Guo, Y., Qiu, C., et al. (2021). Wavelengths of LED light affect the growth and cannabidiol content in *Cannabis sativa* L. *Indus. Crops Prod.* 165, 113433. doi: 10.1016/j.indcrop.2021.113433
- Welling, M. T., Liu, L., Raymond, C. A., Ansari, O. & King, G. J. (2018). Developmental plasticity of the major alkyl cannabinoid chemotypes in a diverse Cannabis genetic resource collection. *Front. Plant Sci.* 9, 1510, doi: 10.3389/fpls.2018.01510
- Welling, M. T., Liu, L., Raymond, C. A., Kretzschmar, T., Ansari, O., & King, G. J. (2019). Complex patterns of cannabinoid alkyl side-chain inheritance in *Cannabis*. *Scientific Reports.* 9(1), 11421. doi: 10.1038/s41598-019-47812-2
- Westmoreland, F. M., Kusuma, P., and Bugbee, B. (2021). Cannabis lighting: decreasing blue photon fraction increases yield but efficacy is more important for cost effective production of cannabinoids. *PLoS ONE.* 16(3), e0248988. doi: 10.1371/journal.pone.0248988
- Whipker, B.E., Cockson, P., Smith, J.T. (2020). Night interruption lighting equally effective as daylength extension in retaining the vegetative state of *Cannabis sativa* mother plants. *Crop Forage Turfgrass Manag.* 6, e20001. doi: 10.1002/cft2.20001
- Yang, R., Berthold, E. C., McCurdy, C. R., da Silva Benevenuto, S., Brym, Z. T., Freeman, J. H. (2020). Development of Cannabinoids in Flowers of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): A Pilot Study. *J. Agric. Food Chem.* 68, 6058–6064.
- Zhang, Q., Chen, X., Guo, H., Trindade, L.M., Salentijn, E.M.J., Guo, R., Guo, M., Xu, Y., and Yang, M. (2018). Latitudinal Adaptation and Genetic Insights Into the Origins of *Cannabis sativa* L. *Front Plant Sci.* 9, 1876. doi: 10.3389/fpls.2018.01876