



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγρ.Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Ανθοκομίας

Πτυχιακή διατριβή

Επίδραση επιπρόσθετου μπλε και κόκκινου φωτισμού στην ριζοβολία μοσχευμάτων
δενδρόλιβανου (*Rosmarinus officinalis*) και φασκόμηλου (*Salvia officinalis*).



ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Λύκας Χρήστος

**Βόλος,
Ιούλιος 2018**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή διατριβή

**Επίδραση επιπρόσθετου μπλε και κόκκινου φωτισμού στην ριζοβολία μοσχευμάτων
δενδROLίβανου (*Rosmarinus officinalis*) και φασκόμηλου (*Salvia officinalis*).**

Τριμελής επιτροπή εξέτασης :

1. Επιβλέπων καθηγητής: Λύκας Χρήστος (Επ. Καθηγητής)
2. Νάνος Γεώργιος (Καθηγητής)
3. Δαναλάτος Νικόλαος (Καθηγητής)

ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

**Βόλος,
Ιούλιος 2018**

Ευχαριστίες

Από την θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή κ. Λύκα Χρήστο για την εμπιστοσύνη, καθοδήγηση και παροχή επιστημονικών γνώσεων, οι οποίες συνετέλεσαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερος οφείλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Νάνο Γεώργιο και τον καθηγητή κ. Δαναλάτο Νικόλαο, οι οποίοι συμμετείχαν στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Σουίπα Σπύρο, υπεύθυνο του αγροκτήματος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των διδασκόντων για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης ερυθρού και κυανού συμπληρωματικού φωτισμού τριών διαφορετικών τύπων λαμπτήρων στη ριζοβολία μοσχευμάτων φασκόμηλου και δενδρολίβανου.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο του αγροκτήματος του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου. Η χρονική διάρκεια κατά την οποία τα φυτά ήταν εκτεθειμένα σε συμπληρωματικό φωτισμό ήταν από τις 11 Μαΐου 2017 ως και τις 2 Ιονίου 2017.

Πιο συγκεκριμένα σε κατάλληλα διαμορφωμένο πάγκο ριζοβολίας εντός του θερμοκηπίου τοποθετήθηκαν τρεις τύποι λαμπτήρων (φθορισμού, led και πυρακτώσεως) και σε κάθε τύπο λαμπτήρα υπήρχαν δυο χρωματικές αποχρώσεις αυτές του ερυθρού και του κυανού, έτσι ώστε να μελετηθούν τα ποσοτικά χαρακτηριστικά όπως χλωρό και ξηρό βάρος (φύλλων, βλαστού και ριζών).

Μοσχεύματα από μητρικές φυτείες εμβαιβίστηκαν σε διάλυμα IBA 1600ppm και τοποθετήθηκαν σε δίσκους ριζοβολίας οι όποιοι είχαν μίγμα τύρφης-περλίτη. Ο κάθε δίσκος ριζοβολίας τοποθετήθηκε κάτω από κάθε τύπο λαμπτήρα. Το ύψος στο οποίο τοποθετήθηκαν οι λαμπτήρες ήταν τέτοιο ώστε να παρέχεται η ίδια ένταση ακτινοβολίας στα μοσχεύματα. Η χρονική διάρκεια ενεργοποίησης του συμπληρωματικού φωτισμού ρυθμίστηκε έτσι ώστε να υπάρξει φωτοπερίοδος 16 ωρών. Κατά τη διάρκεια του πειράματος γινόταν καταγραφή των θερμοκρασιών σε κάθε μεταχείριση, ενώ η άρδευση πραγματοποιούταν από σύστημα υδρονέφωσης.

Έγινε τυχαία επιλογή 10 φυτών από κάθε δίσκο ριζοβολίας για το κάθε είδος από τα οποία διαχωρίστηκαν τα φύλλα, ο βλαστός και οι ρίζες. Έγιναν μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους για την κάθε μεταχείριση και ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψε ότι η χρήση συμπληρωματικού φωτισμού κόκκινου χρώματος από τους λαμπτήρες φθορισμού αύξησε το χλωρό και το ξηρό βάρος των φύλλων και των ριζών στο φασκόμηλο και στο δενδρολίβανο. Οι λαμπτήρες led είχαν μέτρια επίδρασή στην ριζοβολία ενώ οι λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν είχαν θετικά αποτελέσματα σε κανένα από τα δύο φυτά.

Abstract

The purpose of this paper is to study the effects of red and blue complementary lighting of three different types of lamps in rooting of sage and rosemary cuttings.

The experiment is carried out in a greenhouse of the the Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment of the School of Agricultural Sciences of the University of Thessaly, in the area of Velestino. The duration which the plants were exposed to supplementary lighting was on May 11th 2017 up to the 2nd June 2017.

Specifically, the experiment took place in a custom designed rooting bench using three types of lamps (fluorescent, led and incandescent) while each type of lamp had two color shades those of red and blue, to quantitate the characteristics such as fresh and dry weight (leaves, stem and roots).

Cuttings from stock plantations were immersed in a 1600ppm IBA solution and were placed on propagation trays which had a mixture of peat-perlite. Each propagation tray was placed under each type of lamp. The height at which the lamps were placed was such that the same radiation intensity was provided to the implants.

The duration of the additional lighting was adjusted to a 16 hour photoperiod. Temperatures were recorded during the experiment for each treatment while the irrigation was carried out by mist system.

There was a random selection of 10 plants from each rooting tray, separating the leaves, stem and roots. Measurements of fresh and dry weight were made for all treatment followed by the statistical processing of the results.

The results of the measurements revealed that the use of supplementary lighting red color from the fluorescent lamps increased their fresh and dry weight leaves and roots in sage and rosemary. The LED lamps had a moderate effect on rooting while incandescent lamps did not have a positive effect on none of the two plants.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	3
Abstract	4
Κατάλογος εικόνων.....	7
Κατάλογος διαγραμμάτων	8
Κατάλογος ιστογραμμάτων	8
Κατάλογος πινάκων	9
1. Εισαγωγή	10
1.1. Μέθοδοι πολλαπλασιασμού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών	11
1.2. Εγγενής πολλαπλασιασμός.....	12
1.3. Αγενής πολλαπλασιασμός	13
1.4. Βοτανικά χαρακτηριστικά φασκόμηλου (<i>Salvia officinalis</i>).....	14
1.5. Βοτανικά χαρακτηριστικά δενδρολίβανου (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	15
1.6. Παράγοντες που επηρεάζουν την ριζοβολία	16
1.6.1. Υποστρώματα ριζοβολίας	17
1.6.2. Ορμόνες ριζοβολίας.....	18
1.6.3. Θερμοκρασία	18
1.6.4. Υγρασία	19
1.6.5. Ηλιακή ακτινοβολία	20
1.6.5.1. Μήκος κύματος ηλιακής ακτινοβολίας.....	20
1.6.5.2. Ένταση ακτινοβολίας.....	22
1.6.5.3. Διάρκεια ακτινοβολίας.....	23
1.7. Ποιότητα φωτός και αποκρίσεις στο ερυθρό και κυανό φως.....	25
1.8. Τύποι λαμπτήρων	27
1.9. Σκοπός της εργασίας.....	29

2.	Υλικά και μέθοδοι.....	30
2.1.	Εκτίμηση της έντασης φωτισμού σε διαφορετικά ύψη.....	30
2.2.	Εγκατάσταση πειράματος.....	32
2.3.	Φυτικό υλικό και περιγραφή των συνθηκών του πειράματος.....	37
2.4.	Τοποθέτηση δίσκων στο πάγκο ριζοβολίας	40
2.5.	Μεταφορά φυτικού υλικού στο εργαστήριο.....	42
2.6.	Διαδικασία μετρήσεων χλωρού και ξηρού βάρους στο εργαστήριο	43
2.7.	Στατιστική ανάλυση	43
3.	Αποτελέσματα.....	44
3.1.	Συσχέτιση ύψους λαμπτήρων και έντασης ακτινοβολίας	44
3.2.	Εκτίμηση ύψους τοποθέτησης λαμπτήρων	46
3.3.	Θερμοκρασιακές συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος	47
3.4.	Ένταση ακτινοβολίας λαμπτήρων	48
3.5.	Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φασκόμηλου	51
3.6.	Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους δενδρολίβανου.....	56
4.	Συζήτηση.....	61
5.	Συμπεράσματα	64
5.1.	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	64
6.	Βιβλιογραφία	65

Κατάλογος εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1.4-1 ΦΥΤΟ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΜΕ ΤΑΞΙΑΝΘΙΑ	14
ΕΙΚΟΝΑ 1.5-1 ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ ΣΕ ΑΝΘΟΦΟΡΙΑ	15
ΕΙΚΟΝΑ 1.6.5.1-1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ (ΚΛΕΙΝ, 2015)	21
ΕΙΚΟΝΑ 1.6.5.1-2 ΦΑΣΜΑ ΔΡΑΣΗΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ Α.Β ΚΑΙ ΚΑΡΟΤΕΝΟΕΙΔΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΧΛΩΡΟΠΛΑΣΤΗ (RAVEN, EVERT, & EICHHORN, 2014)	22
ΕΙΚΟΝΑ 1.6.5.3-1 ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΕ ΜΑΚΡΟΗΜΕΡΑ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΗΜΕΡΑ ΦΥΤΑ (ΤΑΙΖ & ZEIGER, 2012)	24
ΕΙΚΟΝΑ 1.7-1 ΦΩΤΟΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟΤΗΤΑ ΔΗΛΑΔΗ Η ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΟΡΦΩΝ ΦΥΤΟΧΡΩΜΑΤΟΣ. Η PFR ΕΙΝΑΙ Η ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΕΝΕΡΓΗ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	26
ΕΙΚΟΝΑ 2.1-1 ΔΙΣΘΗΤΗΡΙΟ LI COR ΚΑΙ ΤΥΠΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΕ $W m^{-2} PER MA$	30
ΕΙΚΟΝΑ 2.1-2 ΠΟΛΥΜΕΤΡΟ MASTECH MS8221C	31
ΕΙΚΟΝΑ 2.1-3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕ ΥΨΟΣ 60CM(ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕ ΥΨΟΣ 20CM(ΔΕΞΙΑ).....	31
ΕΙΚΟΝΑ 2.1-4 ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ DT-480.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-1 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΤΟ ΒΕΛΕΣΤΙΝΟ. ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΛΛΕΧΘΗΚΑΝ ΤΑ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΑ (ΠΗΓΗ : GOOGLE EARTH)	32
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-2 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ (ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΙΝΑΙ ΤΟ 2 ^ο ΑΠΟ ΑΡΙΣΤΕΡΑ).....	33
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-3 ΠΑΓΚΟΣ ΡΙΖΟΒΟΛΙΑΣ	33
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-4 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΤΕΡΕΩΘΕΙ	34
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΣΤΟ ΠΑΓΚΟ ΡΙΖΟΒΟΛΙΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΛΑΜΠΤΗΡΑ.	35
ΕΙΚΟΝΑ 2.2-6 ΆΠΟΨΗ ΠΑΓΚΟΥ ΜΕ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥΣ ΤΟΥΣ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-1 ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΣ ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΤΟΥ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	37
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-2 ΚΟΠΗ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΦΥΤΟ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ	38
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-3 ΙΒΑ 1600PPM (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΕΜΒΑΙΠΤΙΣΗ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ(ΔΕΞΙΑ)	38
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ	39
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-5 ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΑ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ ΕΤΟΙΜΑ ΠΡΟΣ ΦΥΤΕΥΣΗ	39
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΣΚΟΥ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ	40
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-1 ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΚΟΚΚΙΝΗ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ) - ΑΡΧΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-2 ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΜΠΛΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ) - ΑΡΧΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	40

ΕΙΚΟΝΑ 2.4-3 ΔΙΣΚΟΙ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΚΟΚΚΙΝΗ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΜΠΡΟΣΤΑ ΚΑΙ ΚΟΚΚΙΝΗ LED ΠΙΣΩ) - ΑΡΧΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	41
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-4 ΔΙΣΚΟΙ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΜΠΛΕ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΜΠΡΟΣΤΑ ΚΑΙ ΜΠΛΕ LED ΠΙΣΩ) - ΑΡΧΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	41
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-5 ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ(ΜΑΡΤΥΡΑΣ) -ΑΡΧΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	41
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-6 ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΚΟΚΚΙΝΗ LED) - ΤΕΛΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.4-7 ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΦΥΤΑ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (ΜΠΛΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ) - ΤΕΛΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.5-1 ΦΥΤΑ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ(ΚΟΚΚΙΝΗ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ).....	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.6-1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΛΩΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΛΛΩΝ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 2.6-2 ΔΙΣΚΟΙ ΜΕ ΤΜΗΜΑΤΑ ΦΥΤΩΝ ΠΡΟΣ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ	43

Κατάλογος διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1-1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ	44
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1-2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΓΙΑ ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ LED ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΚΑΙ ΜΠΛΕ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	45
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1-3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΓΙΑ ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΚΑΙ ΜΠΛΕ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	46
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.3-1 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΜΑΡΤΥΡΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ	47
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.4-1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΥΛΛΟΥ	49

Κατάλογος ιστογραμμάτων

ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ).....	51
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΛΛΩΝ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ)	51
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ).....	53
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ)	53
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΡΙΖΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ)	54
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.5-6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΡΙΖΩΝ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΦΑΣΚΟΜΗΛΟ)	55

ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ).....	56
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΦΥΛΛΩΝ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ).....	56
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ).....	57
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ)	58
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΡΙΖΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ).....	59
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3.6-6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΡΙΖΩΝ ΜΠΛΕ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ, LED, ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΜΑΡΤΥΡΑ (ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ).....	59

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4-1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΑΣΚΟΜΗΛΟΥ.....	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5-1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ.....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2-1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4-1 ΈΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (w/m^2) ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟΥΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	50

1. Εισαγωγή

Στο βασίλειο των φυτών περιλαμβάνονται περισσότερα από 350.000 διαφορετικά είδη, μεταξύ των οποίων εκτιμάται ότι υπάρχουν 18.000 είδη αρωματικών και 60.000 είδη φαρμακευτικών φυτών (Σκρουμπής, 1998). Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και πολλά από αυτά είναι ενδημικά, ιδιότητα που οφείλεται στο ιδιαίτερο ανάγλυφο της καθώς και στο πλούσιο σύμπλεγμα νησιών που την χαρακτηρίζει.

Ο διαχωρισμός των αρωματικών από τα φαρμακευτικά φυτά μοιάζει λίγο δύσκολος, καθώς πολλές φορές φέρουν και τις δύο ιδιότητες παράλληλα. Εάν επιχειρήσουμε να τα διαχωρίσουμε παρατηρούμε ότι αρωματικά φυτά είναι αυτά που συσσωρεύουν ευώδη πτητικά συστατικά σε διάφορα όργανα τους και οι χρήσεις αυτών είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την αρωματοποιία και τη μαγειρική. Συνεχίζοντας το διαχωρισμό, ο ορός φαρμακευτικά φυτά αναφέρεται σε αυτά που παράγουν βιολογικώς δραστικές ενώσεις (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά καθώς και στα παράγωγα τους (π.χ. αιθέρια έλαια). Η στροφή σε ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο ζωής είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση κατανάλωσης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Σε χώρες όπως η Γερμανία η κατανάλωση φυσικών φαρμάκων έχει τα τελευταία χρόνια αύξηση 25% έναντι των συμβατικών.

Οι εισαγωγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) σε αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά φέρνουν την Γερμανία σε πρώτη θέση (38%) με τη Γαλλία (17%) και την Ιταλία (9%) να ακολουθούν. Η συνολική αξία των επίσημα διακινούμενων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην αγορά της Ε.Ε. εκτιμάται σε 1.1 δις δολάρια, ενώ εάν συμπεριλάβουμε τα διαιτητικά συμπληρώματα και τρόφιμα τότε αυτές ξεπερνούν τα 7.5 δις δολάρια (Commonwealth Secretariat, 2001).

Στην Ευρώπη οι εξαγωγές κυμαίνονται στους 88.600 τόνους ετησίως με την Γερμανία να κατέχει την πρώτη θέση με (18%) και ακολουθούν με μεγάλο ποσοστό η Γαλλία και η Βουλγαρία.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καλλιεργούνται 650.000 στρέμματα με κύριες χώρες παραγωγής τους τη Γαλλία (250.000 στρ.), την Ισπανία (190.000 στρ.), τη Γερμανία (57.000 στρ.) και την Αυστρία (43.000 στρ.). Στην Ελλάδα η καλλιεργούμενη έκταση το 2003 ανερχόταν στα 23.000 στρ. με παραγωγή 3.000 τόνων (Δόρδας, 2009).

Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα ανέρχεται στα 40 εκατομμύρια στρέμματα και από αυτά τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά καλύπτουν μόνο το 0,09 %. (YAAT, 2017).

Η Ελλάδα μπορεί να συναγωνιστεί χώρες που έχουν μεγαλύτερη παραγωγή καθώς το μεσογειακό κλίμα της συντελεί στη διεύρυνση της περιόδου καλλιέργειας και της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Ωστόσο, παρατηρούνται αρκετές ελλείψεις και αυτές δεν έχουν να κάνουν με την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, αλλά με την έλλειψη υποδομών και επιχειρηματικής στρατηγικής.

Σημεία που θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία έτσι ώστε να έχουμε μια περαιτέρω ανάπτυξη των καλλιεργειών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι η διαμόρφωση ενός συστήματος πιστοποίησης της παραγωγής με καθορισμό ποιοτικών εμπορικών προδιαγραφών, η ένταξη περιοχών σε επενδυτικά προγράμματα και δημιουργία φορέα για την προώθηση εμπορικών, εξαγωγικών και παραγωγικών δραστηριοτήτων, η ανάπτυξη πειραματικών φυτειών (πλοτικών καλλιεργειών) και τέλος η παραγωγή και πιστοποίηση πολλαπλασιαστικού υλικού.

Πιστοποιημένο πολλαπλασιαστικό υλικό εισάγεται μόνο από το εξωτερικό και φυσικά ο ενδιαφερόμενος μπορεί να προμηθευτεί μόνον ποικιλίες που έχουν δημιουργηθεί για άλλα περιβάλλοντα και όχι για την Ελλάδα. Λόγω της περιορισμένης εξάπλωσης των καλλιεργειών στην Ελλάδα, θα πρέπει να θεωρούμε ότι αυτές δεν έχουν δοκιμαστεί επαρκώς στις κατά τόπους εδαφοκλιματικές συνθήκες. (Μαλούπα, Γρηγοριάδου, Λάζαρη, & Κρίγκας, 2013)

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω καταλαβαίνουμε τη σημασία της παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού ικανού να καλύψει της ανάγκες και τα κριτήρια της αγοράς των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Στην Ελλάδα υπάρχει έλλειψη πολλαπλασιαστικού υλικού για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και θα πρέπει να εκμεταλλευθούμε όλες της σύγχρονες δυνατότητες έτσι ώστε να καλύψουμε την εγχώρια αγορά αρχικά και μετέπειτα αυτό να δημιουργηθεί σε μια προοπτική εξαγωγών πολλαπλασιαστικού υλικού στο εξωτερικό.

1.1. Μέθοδοι πολλαπλασιασμού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Τον πολλαπλασιασμό των φυτών τον χρησιμοποιούμε έτσι ώστε να αυξήσουμε τον πληθυσμό ενός φυτού μέσω της αναπαραγωγικής διαδικασίας με σκοπό την καλλιέργεια. Ο τρόπος πολλαπλασιασμού μπορεί να είναι εγγενής ή αγενής πολλαπλασιασμός.

1.2. Εγγενής πολλαπλασιασμός

Εγγενής πολλαπλασιασμός ονομάζεται γιατί οι σπόροι προέρχονται από την κυτταροδιαίρεση και ανάπτυξη του αρχικού κυττάρου που ονομάζεται ζυγωτό. Αυτό δημιουργείται μέσω της γονιμοποίησης δυο κυττάρων που δεν ανήκουν στο ίδιο γένος δηλαδή του θηλυκού (ωάριο) και αρσενικού (σπέρμιο). Το ωάριο βρίσκεται μέσα στην ωοθήκη του υπέρου ενώ το σπέρμιο προέρχεται από τους γυρεόκοκκους που βρίσκονται στους ανθήρες των στημόνων. Οι γαμέτες (δηλαδή ωάριο και γυρεόκοκκος) μπορεί να προέρχονται ακόμα και από το ίδιο φυτό όμως δεν θα έχουν ίδια γενετική σύσταση. Επομένως, προκύπτουν απόγονοι γενετικά διαφορετικοί από τα μητρικά φυτά. Η ποικιλομορφία που υπάρχει στο βασιλείο των φυτών οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στον εγγενή πολλαπλασιασμό καθώς αποτελεί παράγοντα προσαρμοστικότητας σε νέα περιβάλλοντα αλλά και δημιουργίας καινούργιων ποικιλιών και ειδών. (Σάββας, 2003).

Η σύγχρονη γεωργία απαιτεί την καλλιέργεια απόλυτα όμοιων ατόμων και αυτό το χαρακτηριστικό αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Σε πολλές από τις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται σπορόφυτα για την παραγωγή προϊόντων, αυτά είναι υβρίδια ώστε να μην υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα, αλλά στην περίπτωση των αυτοφυών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών δεν έχει προηγηθεί τέτοια έρευνα, ούτε υπάρχει σποροπαραγωγική εταιρία που να εγγυηθεί την προμήθεια τέτοιου είδους σπόρου. Πέρα από την ανομοιομορφία του υλικού, ένα ακόμη πρόβλημα που μπορεί να δημιουργηθεί από τη χρήση συλλεγόμενου από τη φύση σπερμάτων αυτοφυών αρωματικών φυτών ή από την προμήθεια σπόρων από μη αξιόπιστες πηγές είναι η μειωμένη φυτρωτική ικανότητα λόγω της πιθανής ύπαρξης ληθάργου σε κάποια είδη. Γενικά, τα σπέρματα μπορούν να διατηρήσουν τη φυτρωτική τους ικανότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Όμως σε πολλά είδη δεν είναι κατάλληλα για βλάστηση αμέσως μετά το σχηματισμό τους. Η ανικανότητα των σπερμάτων να φυτρώσουν ακόμη και αν οι συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός κ.α.) είναι ευνοϊκές ονομάζεται λήθαργος. Η βιολογική σημασία του ληθάργου των σπερμάτων είναι πολύ σημαντική καθώς επιτρέπει τη διασπορά τους σε μεγάλη έκταση και τα εμποδίζει να φυτρώσουν σε εποχή ή συνθήκες που δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξή τους.

Ακόμη, με το μηχανισμό του ληθάργου δημιουργείται εδαφική τράπεζα σπερμάτων και προκαλείται συγχρονισμός της φύτευσης σε συγκεκριμένη περίοδο του έτους. Οι αιτίες του ληθάργου καθώς και ο τρόπος άρσης του ληθάργου διαφέρει από είδος σε είδος. Οι σπόροι που

προέρχονται από αξιόπιστες εταιρίες έχουν υποστεί κατάλληλη προμεταχείριση ώστε να έχουν υψηλή φυτρωτική ικανότητα. Οργανωμένη όμως σποροπαραγωγή αυτοφυών αρωματικών και φαρμακευτικών ειδών δεν υπάρχει εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις που αφορούν ορισμένα ετήσια είδη. Η χρήση συλλεγμένου από τη φύση σπόρου είναι αδόκιμη και εμπεριέχει τον κίνδυνο της περιορισμένης φυτρωτικής ικανότητας. Όμοιος κίνδυνος υπάρχει από την προμήθεια φθηνού σπόρου από μη πιστοποιημένες πηγές όπως από γειτονικές χώρες στις οποίες δεν τηρούνται οι σωστές προδιαγραφές για την παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού.

Συνεπώς η χρήση σπόρων για τα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά δεν συστήνεται, παρά το χαμηλό κόστος, γιατί δεν μπορεί να προσφέρει τη σταθερότητα του προϊόντος που απαιτούν οι σύγχρονες πιστοποιήσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την προώθηση των προϊόντων των αρωματικών και φαρμακευτικών ειδών στην παγκόσμια αγορά. Η μόνη περίπτωση που αναγκαστικά θα χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος είναι στις ετήσιες καλλιέργειες όπου δεν υπάρχει άλλος τρόπος πολλαπλασιασμού π.χ. χαμομήλι. (Μαλούπα, Γρηγοριάδου, Λάζαρη, & Κρίγκας, 2013).

1.3. Αγενής πολλαπλασιασμός

Κάθε φυτό που έχει παραχθεί με αγενή πολλαπλασιασμό έχει την ίδια γενετική σύσταση με το μητρικό φυτό από το οποίο προήλθε το βλαστικό όργανο. Για την γεωπονική επιστήμη είναι πολύ σημαντικός καθώς η πλειονότητα των φυτών που πολλαπλασιάζονται γίνεται με αγενή πολλαπλασιασμό είτε είναι δένδρα, θάμνοι, αρωματικά φυτά κ.α. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο πολλαπλασιασμού μας δίνεται η δυνατότητα να διατηρήσουμε όλες τις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του φυτού από το οποίο λάβαμε το μόσχευμα (μητρικό φυτό) και αυτά να μεταφερθούν στους απογόνους του. (Ρούσος, 2008)

Λόγοι για τους οποίους εφαρμόζουμε αγενή πολλαπλασιασμό είναι οι εξής :

- Παράγουμε φυτά γενετικά όμοια με το μητρικό φυτό.
- Μεγάλη παραγωγή και αύξηση των παραγόμενων φυτών.
- Διατήρηση ενός χαρακτηριστικού ή μιας ιδιότητας από το μητρικό φυτό (π.χ. παραγωγικότητα, ανθεκτικότητα σε ασθένειες).

Μέθοδοι αγενούς αναπαραγωγής είναι ο πολλαπλασιασμός με: διαίρεση, μοσχεύματα, παραφυάδες, καταβολάδες, υπόγεια βλαστικά όργανα, μικροπολλαπλασιασμό. Όμως δεν γίνεται

να υπάρχουν μόνο θετικά χωρίς αρνητικά. Σε αυτή την περίπτωση τα μειονεκτήματα του αγενούς πολλαπλασιασμού είναι :

- Η δυσκολία ανεύρεσης και συντήρησης μητρικών φυτειών αυξάνει το κόστος του πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Συνήθως απαιτούνται εξειδικευμένες εγκαταστάσεις όπως θερμοκήπια, ριζωτήρια, θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, συστήματα άρδευσης και φωτισμού, εξειδικευμένο προσωπικό.
- Αυξημένη πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών καθώς μπορεί οι προσβολές των μητρικών φυτειών να μη γίνουν αντιληπτές με αποτέλεσμα την παραγωγή μη υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.

1.4. Βοτανικά χαρακτηριστικά φασκόμηλου (*Salvia officinalis*)



Εικόνα 1.4-1 Φυτό φασκόμηλου με ταξιανθία
(πηγή: <http://www.tipdisease.com/2016/08/sage-salvia-officinalis-overview-health.html>)

Πίνακας 1.4-1 Συστηματική κατάταξη φασκόμηλου

Βασίλειο:	Φυτά (<i>Plantae</i>)
Συνομοταξία:	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
Ομοταξία:	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
Τάξη:	Λαμιώδη (Lamiales)
Οικογένεια:	Χειλανθή (Lamiaceae)
Γένος:	Ελελίφασκος (<i>Salvia</i>)
Είδος:	Ελελίφασκος ο φαρμακευτικός (<i>Salvia officinalis</i>)
Διώνυμο:	<i>Salvia officinalis</i>

Μορφολογία: Είναι έντονα αρωματικός, πολύκλαδος, τριχωτός θάμνος με ύψος έως 160 cm. Τα φύλλα είναι ελλειψοειδή, απλά ή με δύο πλευρικούς λοβούς στη βάση τους, με διαφορετικό χρωματισμό στις δύο όψεις τους. Τα άνθη αναπτύσσονται σε σπονδυλωτή ταξιανθία και κάθε σπόνδυλος περιλαμβάνει 5-9 δίχειλα, ιώδη ή ρόδινα συμπέταλα άνθη.

Ανθοφορία: Ανθίζει από το Μάρτιο έως τον Ιούνιο.

Εξάπλωση και βιότοπος: Είναι αυτόχθον φυτό της Ιταλίας, της Κυρηναϊκής και των χωρών της Ανατολικής Μεσογείου έως τη Συρία. Φύεται σε περιοχές με χαμηλή βλάστηση (μακκί και φρύγανα), και υψόμετρα από 0-900m. (Μαλούπα, Γρηγοριάδου, Λάζαρη, & Κρίγκας , 2013)

1.5. Βοτανικά χαρακτηριστικά δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*)



Εικόνα 1.5-1 Δενδρολίβανο σε ανθοφορία
(πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosemary_bush.jpg)

Μορφολογία: Είναι αειθαλής, συνήθως ορθόκλαδος θάμνος με ύψος 0.5 – 1.2 m. Έχει αποξυλωμένους βλαστούς με πυκνά διατεταγμένα, αντίθετα φύλλα. Τα φύλλα του είναι

Πίνακας 1.5-1 Συστηματική κατάταξη δενδρολίβανου

Βασίλειο:	Φυτά (<i>Plantae</i>)
Συνομοταξία:	Αγγειόσπερμα (<i>Magnoliophyta</i>)
Ομοταξία:	Δικοτυλήδονα (<i>Magnoliopsida</i>)
Τάξη:	Λαμιώδη (<i>Lamiales</i>)
Οικογένεια:	Χειλανθή (<i>Lamiaceae</i>)
Γένος:	Ροσμαρίνος (<i>Rosmarinus</i>)
Είδος:	Ροσμαρίνος ο φαρμακευτικός (<i>Rosmarinus officinalis</i>)
Διώνυμο:	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>

δερματώδη και γραμμοειδή (χωρίς μίσχο), με αναδιπλούμενα κράσπεδα. Τα άνθη του είναι ανοιχτά κυανά-ιώδη (σε ορισμένες ποικιλίες λευκά με ελαφρά κυανή απόχρωση).

Ανθοφορία: Η κύρια ανθοφορία του φυτού πραγματοποιείται νωρίς την άνοιξη (Απρίλιος-Μάιος), ενώ υπάρχει και δεύτερη ανθοφορία

μικρότερης έκτασης το φθινόπωρο (Οκτώβριος- Νοέμβριος). Υπάρχουν διάφορες ποικιλίες και χημειότυποι.

Βιότοπος και εξάπλωση: Αυτοφύεται σε πετρώδεις περιοχές με χαμηλή βλάστηση (φρύγανα και μακκί) και εξαπλώνεται στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης και τη Κυρηναϊκή. Γενικά, είναι δύσκολο να διακριθούν οι καλλιεργούμενοι από τους αυτοφυείς πληθυσμούς. (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010)

1.6. Παράγοντες που επηρεάζουν την ριζοβολία

Οι κλιματικοί παράγοντες επηρεάζουν καθοριστικά στην καλλιέργεια των φυτών είτε αυτά παράγονται στην ύπαιθρο είτε σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον όπως το θερμοκήπιο. Στην ύπαιθρο μπορούν να καλλιεργηθούν μόνο το διάστημα που οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής είναι κατάλληλες για την καλλιέργεια. Στο θερμοκήπιο όμως η καλλιέργεια οποιουδήποτε φυτού (ανθοκομικού, αρωματικού κλπ.) μπορεί να γίνει οποιαδήποτε εποχή του χρόνου, εάν το θερμοκήπιο έχει τον κατάλληλο εξοπλισμό έτσι ώστε να μπορεί να τροποποιεί το μικροκλίμα σύμφωνα με τις ανάγκες και απαιτήσεις της καλλιέργειας. Ο παράγοντας κόστος όμως επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό καθώς οποιαδήποτε μεταβολή των συνθηκών αυξάνει το κόστος παραγωγής και έτσι μια καλλιέργεια μπορεί να θεωρητικά να καλλιεργηθεί αλλά οικονομικά να είναι ασύμφορη.

Όπως αναφέρουν οι (Hartmann, Kestler, Geneve, & Davies, 2014) η μείωση φωτεινής ενέργειας, η τροποποίηση της ποιότητας του φωτός (ερυθρό και σκοτεινό ερυθρό) και η χρήση

συμπληρωματικού φωτισμού για την επιμήκυνση της φωτοπεριόδου σε μητρικά φυτά πριν από την κοπή των μοσχευμάτων είναι μερικοί από τους τρόπους για να αυξηθεί η ριζοβολία των μοσχευμάτων.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη ριζοβολία μοσχευμάτων είναι:

- Υπόστρωμα ριζοβολίας
- Ορμόνες ριζοβολίας
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Φωτισμός

1.6.1. Υποστρώματα ριζοβολίας

Το υπόστρωμα ριζοβολίας στηρίζει τα φυτά κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας και παρέχει σε αυτά την απαραίτητη υγρασία και οξυγόνο. Ιδανικό υπόστρωμα είναι εκείνο το οποίο παρέχει στα φυτά ικανοποιητική συγκράτηση νερού σε συνδυασμό με καλή στράγγιση ώστε να διασφαλίζεται η αεροπερατότητα. Επίσης θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς και ζωικά παράσιτα.

Συνήθως τα υποστρώματα ριζοβολίας για να καλύπτουν τις παραπάνω προϋποθέσεις αποτελούνται από συνδυασμό δύο ή περισσότερων υλικών. Τα πιο συνηθισμένα είναι:

Έδαφος: Συνήθως για φύτευση ξυλώδων μοσχευμάτων των φυλλοβόλων και όχι για άλλα είδη μοσχευμάτων. Τα αμμοπηλώδη δίνουν μεγαλύτερο αριθμό ριζών. Κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι απαλλαγμένο από παθογόνα και ζωικούς εχθρούς.

Άμμος: Συνηθισμένο υπόστρωμα το οποίο δεν συγκρατεί νερό και χρειάζεται συνεχή ποτίσματα. Δεν είναι απολυμασμένο και οι ρίζες γίνονται μακριές χωρίς να διακλαδίζονται.

Τύρφη: Χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μίγματα περλίτη ή βερμικουλίτη ή άμμο και έχει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Προσοχή στον χρόνο παραμονής καθώς κινδυνεύει το μόσχευμα από την αυξημένη υγρασία που μπορεί να δημιουργηθεί στο ριζικό σύστημα.

Περλίτης: Συνήθως χρησιμοποιείται για φυλλοφόρα μοσχεύματα σε συστήματα υδρονέφωσης και σε μίγματα με τύρφη. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό αυξάνει την αεροπερατότητα.

Βερμικουλίτη : Παρόμοιο υλικό με τον περλίτη έχοντας όμως μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα.

Νερό: Χρησιμοποιείται για είδη που ριζοβολούν εύκολα. Θα πρέπει να αερίζεται για να δημιουργηθούν ρίζες σε όλο το εμβαπτισμένο μέρος.

1.6.2. Ορμόνες ριζοβολίας

Η χρήση ορμονών ριζοβολίας είναι μια συνηθισμένη πρακτική και προωθεί όχι μόνο την ανάπτυξη των ριζών αλλά και την συγχρονισμένη έκπτυξη αυτών. Οι ορμόνες χρησιμοποιούνται απαραίτητα φυτά που ριζοβολούν δύσκολα, μπορούν όμως να βελτιώσουν το αποτέλεσμα και σε αυτά που ριζοβολούν εύκολα.

Ως ορμόνες ριζοβολίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω αυξίνες:

- Ινδολυλοξικό οξύ (IAA): Το IAA φαίνεται πως παράγεται κυρίως στα κορυφαία και ριζικά μεριστώματα αλλά και στα νεαρά φύλλα και τους σπόρους στα αναπτυσσόμενα φρούτα. Οι περιοχές με την εντονότερη βιοσύνθεση αυξίνης είναι οι επάκριοι οφθαλμοί, ο νεαρός βλαστός κάτω από τον επάκριο οφθαλμό και τέλος τα νεαρά φύλλα.
- Ινδολυλοβουτυρικό οξύ (IBA): Το IBA είναι ένας ρυθμιστής αυξήσεως που χρησιμοποιείται σε πολλά φυτά για να προωθήσει την ανάπτυξη ριζών, ανθέων και καρπών καθώς και να αυξήσει την παραγωγή. Οι παραγωγοί το βρίσκουν πιο αποτελεσματικό από το IAA γιατί τα φυτά δεν μπορούν να το διασπάσουν τόσο εύκολα. Είναι άλλωστε και λιγότερο ευαίσθητο στο φως από το IAA.
- Ναφθαλινοξικό οξύ (NAA): Το NAA είναι μια συνθετική αυξίνη που χρησιμοποιείται ευρέως. Είναι βιολογικά σταθερή και ανθεκτική στο φως, το οποίο προσδίδει μεγαλύτερη ευκολία στη χρήση της.
- 2.4-διγλωροφαινοξυοξικό οξύ: Είναι μια συνθετική αυξίνη η οποία καθυστερεί τη γήρανση και διεγείρει τον σχηματισμό ριζών και τη διαφοροποίηση ανθικών καταβολών.

1.6.3. Θερμοκρασία

Σημαντικές λειτουργίες των φυτών όπως αναπνοή, φωτοσύνθεση, διαπνοή κ.α. επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Όπως όλοι οι οργανισμοί έτσι και τα φυτά αναπνέουν. Η λειτουργία κατά

την οποία τα φυτά προσλαμβάνουν οξυγόνο από τον αέρα και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα ονομάζεται **αναπνοή**. Η αναπνοή γίνεται μέρα και νύχτα σε αντίθεση με την φωτοσύνθεση που πραγματοποιείται μόνο την ημέρα. Τα φυτά αναπνέουν από όλα τα μέρη τους αλλά κυρίως από τα φύλλα και υπολογίζεται ότι καταναλώνουν με την αναπνοή το μισό της ημερήσιας φωτοσυνθετικής παραγωγής τους (Taiz & Zeiger, 2012).

Η αύξηση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του φυτού αυξάνει σημαντικά την ένταση της αναπνοής καθώς οι ενζυμικές αντιδράσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της αυξάνονται εκθετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό ως ένα σημείο δηλαδή σε μια περιοχή μεταξύ 0-30°C. Εάν υπερβούμε αυτό το εύρος τότε στο διάστημα 40-50°C επιβραδύνεται ο ρυθμός αναπνοής και σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες αδρανοποιείται.

Η φωτοσύνθεση επηρεάζεται και αυτή από την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι ένα όριο εφόσον βέβαια όλοι οι άλλοι παράγοντες της φωτοσυνθετικής λειτουργίας (όπως φως, νερό, CO₂ κ.α) βρίσκονται σε επαρκή επίπεδα. Επίσης, η διαπνοή των φυτών αυξάνεται και αυτή έως ένα όριο αφού αυξάνεται το υδατικό δυναμικό της ατμόσφαιρας, δηλαδή η δύναμη με την οποία ο ατμοσφαιρικός αέρας αποσπά νερό από τα φύλλα του φυτού. (Σάββας, 2003)

Η θερμοκρασία υποστρώματος συμβάλει και αυτή σημαντικά στην ομαλή ανάπτυξη του φυτού. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι μια θερμοκρασία αέρα μεταξύ 19-23 °C την ημέρα και περίπου 16 °C τη νύχτα σε συνδυασμό με θερμοκρασία υποστρώματος 4-5 °C μεγαλύτερη από αυτή του αέρα επιταχύνει την γρήγορη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

1.6.4. Υγρασία

Η ατμοσφαιρική υγρασία καθώς και η υγρασία του υποστρώματος είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες και επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Είναι γνωστό ότι από την ατμοσφαιρική υγρασία εξαρτάται τόσο η διαπνοή των φυτών όσο και η πρόσληψη CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα). Όταν μειώνεται η υγρασία του αέρα τότε αυξάνεται η διαπνοή εφόσον το φυτό έχει στη διάθεση του νερό. Όταν όμως μοσχεύματα τα οποία έχουν κοπεί με σκοπό τον πολλαπλασιασμό τους δεν έχουν αναπτύξει ριζικό σύστημα είναι απαραίτητο να μειωθεί η διαπνοή στο ελάχιστο έτσι ώστε αυτή να συντελείται απρόσκοπτα και τα κύτταρα των ιστών να βρίσκονται σε συνεχή σπαργή. Έτσι η φωτοσύνθεση δεν μειώνεται αφού τα στομάτια παραμένουν ανοικτά. (Hartmann, Kestler, Geneve, & Davies, 2014). Επίσης το υπόστρωμα θα πρέπει να έχει αρκετή υγρασία, όχι όμως

υπερβολική που να μην αφήνει χώρο για το οξυγόνο το οποίο είναι και αυτό πολύ χρήσιμο για την αναπνοή της περιοχής του βλαστού που πρόκειται να εκπύξει ρίζες.

Αυτές οι συνθήκες επιτυγχάνονται με συστήματα υδρονέφωσης ή ομίχλης τα οποία ενεργοποιούνται από αισθητήρες υγρασίας με αποτέλεσμα να δημιουργούν ένα μικροκλίμα με σχετική υγρασία κοντά στο 100% καθιστώντας τον αέρα κεκορεσμένο.

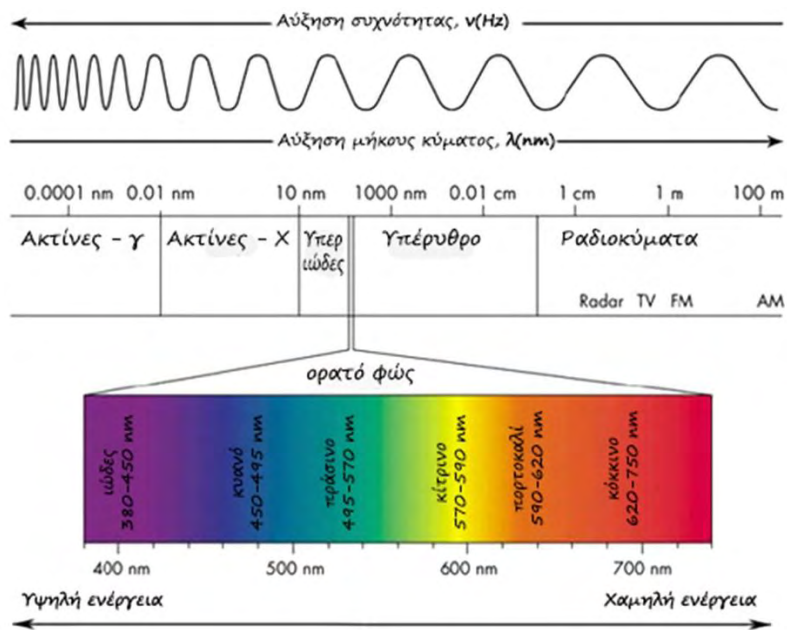
1.6.5. Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών, καθώς και φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο. Τα χαρακτηριστικά της ηλιακής που μας ενδιαφέρουν είναι το μήκος κύματος(wavelength), η ένταση και η διάρκεια της. Η ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας(Light quality) εκφράζεται με το μήκος κύματος.

1.6.5.1. Μήκος κύματος ηλιακής ακτινοβολίας

Εάν επιχειρήσουμε να διαχωρίσουμε τα διαφορετικά μήκη κύματος θα είχαμε τις παρακάτω επιλογές:

- Υπεριώδης ακτινοβολία: Περιλαμβάνει μήκη κύματος 280-380nm. Περιλαμβάνει και μικρότερα μήκη κύματος τα οποία απορροφώνται από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και κυρίως από το όζον. Ιδιαίτερα βλαβερή για φυτά και ζωικούς οργανισμούς.
- Ορατό φάσμα: Περιλαμβάνει μήκη κύματος 380-700nm. Έχει αυτό το όνομα γιατί είναι αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι ως φως. Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για την φωτοσύνθεση των φυτών είναι αυτά της περιοχής 400-700nm. Το τμήμα αυτό αντιστοιχεί στο 50% της κοσμικής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη και ονομάζεται “Φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία” ή εν συντομία PAR (Photosynthetic active radiation).



Εικόνα 1.6.5.1-1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Klein, 2015)

Το φως είναι ταυτόχρονα και σωματίδιο το οποίο ονομάζεται φωτόνιο και μεταδίδεται υπο μορφή κυμάτων με τη ταχύτητα του φωτός και χαρακτηρίζεται από την συχνότητα και το μήκος κύματος. Το μήκος κύματος του φωτός συνδέεται με τη συχνότητα με την απλή εξίσωση:

$$v = c/\lambda$$

Όπου - c η ταχύτητα του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m/s),

- v η συχνότητα μετρομένη σε Hertz (Hz)

- λ το μήκος κύματος του φωτός μετρομένο σε μέτρα (m).

Από την παραπάνω σχέση εύκολα φαίνεται ότι το μήκος κύματος και η συχνότητα είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα και αύξηση τους ενός προκαλεί μείωση του άλλου κι αντίστροφα. (Klein, 2015)

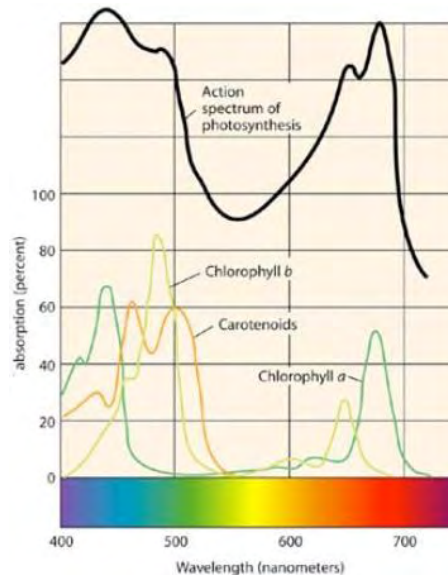
Η εξίσωση τώρα που συνδέει την ενέργεια (E) ενός φωτονίου και τη συχνότητά του είναι:

$$E = hv = hc/\lambda \quad (1)$$

- h , η σταθερά του Planck ($6.626 \cdot 10^{-34}$ J s)

Το φάσμα απορρόφησης μας πληροφορεί για το ποσό της φωτεινής ενέργειας που προσλαμβάνει ένα μόριο συναρτήσει του μήκους κύματος. Η χλωροφύλλη απορροφά στην ερυθρή και κυανή περιοχή του φάσματος με αποτέλεσμα η απορρόφηση στην πράσινη

περιοχή του φάσματος να είναι πολύ μικρή και γι' αυτό η ακτινοβολία αυτή ανακλάται προσδίδοντας στα φύλλα το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα. (Taiz & Zeiger, 2012)



Εικόνα 1.6.5.1-2 Φάσμα δράσης φωτοσύνθεσης και φάσμα απορρόφησης χλωροφύλλης *a*, *b* και καροτενοειδών σε ένα φυτικό χλωροπλάστη (Raven, Evert, & Eichhorn, 2014)

Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα άρριζων μοσχευμάτων φθάνει στο μέγιστο υπό χαμηλές τιμές PAR. Υψηλές τιμές PAR δεν βελτιώνουν τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Η φωτοσύνθεση είναι σημαντική κατά τη φάση επιμήκυνσης των ριζών και δεν αποτελεί απόλυτη προϋπόθεση για τη ριζοβολία μοσχευμάτων.

- Υπέρυθρη ακτινοβολία: Περιλαμβάνει μήκη κύματος 750-3000nm. Έχει μεγάλο μήκος κύματος, μικρό ενεργειακό περιεχόμενο κάνοντας μη διεισδυτική σε αντίθεση με την υπεριώδη.

1.6.5.2. Ένταση ακτινοβολίας

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας υποδηλώνει το ποσό ενέργειας που προσπίπτει στη γη ως κοσμική ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου (Σάββας, 2003). Η μονάδα μέτρησης της είναι το Watt ανά m^2 (W/m^2).

Υπάρχουν και οι φωτομετρικές μονάδες που χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά όπως:

- **Lux(Lx)**: 1 Lx είναι το φως που πέφτει σε επιφάνεια 1 m^2 από μία φωτεινή πηγή που απέχει 1m από την επιφάνεια αυτή.

- **Foot-candle(Fc):** Μονάδα που χρησιμοποιείται σε αγγλοσαξονικές χώρες και ισούται με φώς που πέφτει σε 1 τετραγωνικό ποδιού από φωτεινή πηγή που απέχει 1 πόδι.

$$\text{Ισχύει } 1 \text{ Fc} = 10.8 \text{ lux}, 1 \text{ lux} = 0.008 \text{ Fc}$$

Οι μετρήσεις αυτές μετρούν ένταση του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας στην πρασινοκίτρινη περιοχή (530-580nm) και για αυτό εμπεριέχουν σφάλμα. (Hartmann, Kestler, Geneve, & Davies, 2014). Η ροή φωτοσυνθετικών φωτονίων (photosynthetic photon flux, PPF) είναι ο καλύτερος τρόπος μέτρησης καθώς μετρά την ποσότητα των φωτονίων που βρίσκονται στην φωτοσυνθετικά ενεργή περιοχή 400-700 nm και φτάνουν σε μια επιφάνεια. Έτσι σε αντίθεση με το lux και το Fc η μέτρηση λαμβάνει την πραγματική τιμή και όχι αυτή που σαν βάση της έχει χρησιμοποιηθεί μια φωτεινή πηγή. Το PPF μετράται σε γραμμομόρια φωτονίων ανά δευτερόλεπτο και τετραγωνικό μέτρο ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) και οι αισθητήρες μέτρησης ονομάζονται πυρανόμετρα (Hartmann, Kestler, Geneve, & Davies, 2014).

Το φώς είναι ταυτόχρονα και σωματίδιο το οποίο ονομάζεται φωτόνιο. Έτσι το φως προσομοιάζεται με βροχή φωτονίων διαφορετικής συχνότητας. Το φως μεταδίδεται υπο μορφή κυμάτων με τη ταχύτητα του φωτός και χαρακτηρίζεται από την συχνότητα και το μήκος κύματος

- Τα μπλέ φωτόνια ,διαθέτουν και αποδίδουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, από τα κόκκινα (περισσότερα J/photon)
- Ο αριθμός μπλέ φωτονίων είναι μικρότερος του αριθμού κόκκινων φωτονίων (λιγότερα $\mu\text{mol}/\text{sec}$)
- 1 Watt κυανού φωτός \rightarrow 4,177 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$
- 1 Watt ερυθρού φωτός \rightarrow 5,5 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$

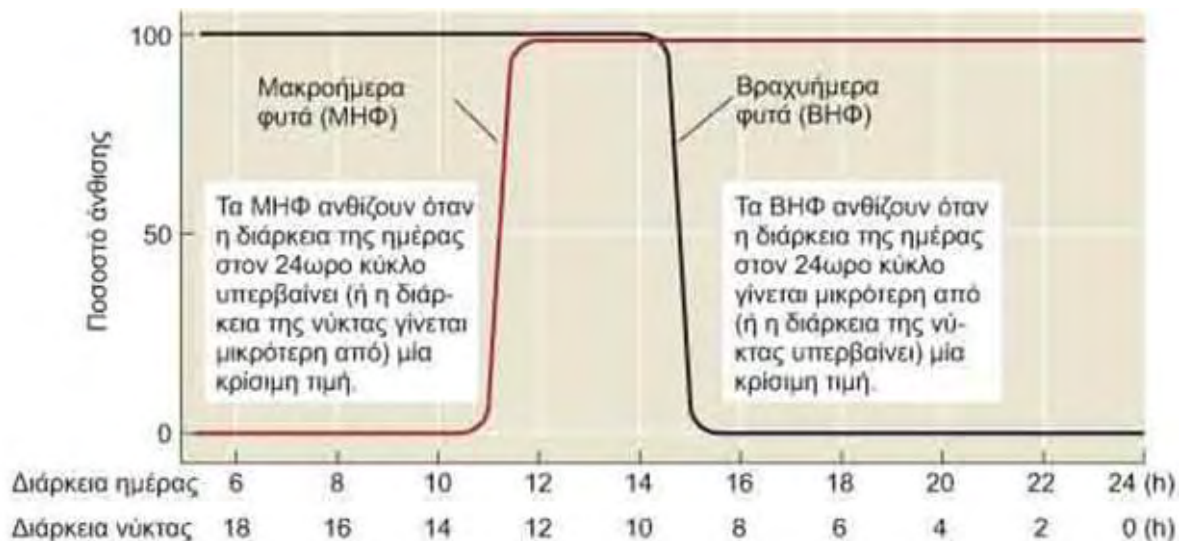
Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι στη φωτοσύνθεση δε χρησιμοποιείται η ενέργεια των φωτονίων αλλά πρακτικά ο αριθμός τους.

1.6.5.3. Διάρκεια ακτινοβολίας

Η διάρκεια του φωτός που αποτελεί την πηγή ενέργειας των φυτών εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή του έτους. Η χρονική διάρκεια σε ένα εικοσιτετράωρο κατά την οποία ένα φυτό εκτίθεται σε φως ονομάζεται **φωτοπερίοδος**. Σε αρκετά είδη η μεγάλη φωτοπερίοδος φαίνεται να λειτουργεί θετικά στην ριζοβολία . (Σάββας , 2003).

Τα φυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σύμφωνα με τις φωτοπεριοδικές αποκρίσεις σε :

- Φυτά βραχείας νύχτας(μακράς φωτοπεριόδου): Ανθίζουν μόνο όταν η διάρκεια της νύχτας είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή¹ ή η άνθιση επιταχύνεται.
- Φυτά μακράς νύχτας(βραχείας φωτοπεριόδου): Ανθίζουν μόνο όταν η διάρκεια της νύχτας είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή ή η άνθιση επιταχύνεται.
- Φωτοπεριοδικά ουδέτερα φυτά: Ανθίζουν κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες και δεν επηρεάζονται από τη διάρκεια της φωτοπεριόδου.



Εικόνα 1.6.5.3-1 Φωτοπεριοδική απόκριση σε μακροήμερα και βραχυήμερα φυτά (Taiz & Zeiger, 2012)

Τα φυτά αντιλαμβάνονται το φωτοπεριοδικό ερέθισμα από τα φύλλα τους ενώ παρακολουθούν τη διάρκεια της ημέρας μετρώντας τη διάρκεια της νύχτας. Το φυτόχρωμα όπως και το κρυπτόχρωμα μπορεί να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επαγωγή της άνθισης. Για παράδειγμα μια ακτινοβολία ερυθρού φωτός κατά τη διάρκεια της νύχτας επάγει την άνθιση σε μακροήμερα φυτά ενώ από επόμενη ακτινοβολία σκοτεινού ερυθρού αναστρέφεται. Στα βραχυήμερα γίνεται το αντίθετο δηλαδή μια αναλαμπή ερυθρού αναστέλλει την άνθιση ενώ μετέπειτα σκοτεινό ερυθρό αλλάζει αυτήν την επίδραση.

¹ “Η βασική διάκριση ανάμεσα στα φυτά μακράς και βραχείας φωτοπεριόδου είναι ότι η άνθιση στα βραχείας προωθείται μόνο όταν το μήκος της φωτοπεριόδου υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή που ονομάζεται κρίσιμο μήκος φωτοπεριόδου(critical day length)” (Taiz & Zeiger, 2012)

1.7. Ποιότητα φωτός και αποκρίσεις στο ερυθρό και κυανό φως

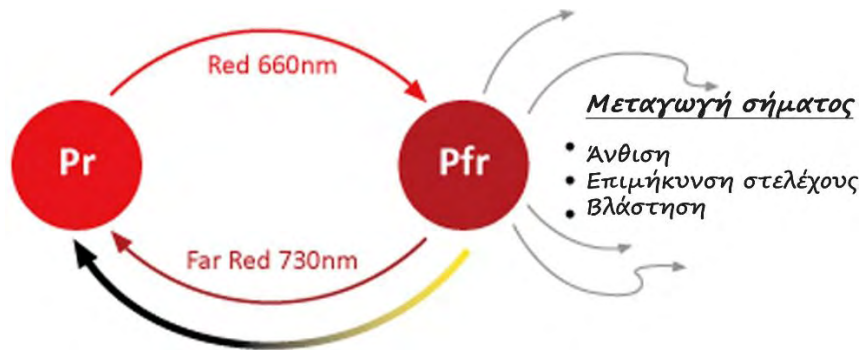
Όπως αναφέραμε παραπάνω οι σημαντικότεροι παράμετροι φωτισμού είναι :

- Ένταση (για τη ριζοβολία μοσχευμάτων μια ένταση φωτός της τάξης των 15 έως 20 W/m² είναι επαρκής)
- Ποιότητα (Φάσμα, λόγος R/FR και B/R)
- Διάρκεια (Σε αρκετά φυτά η φωτοπερίοδος επιδρά θετικά στη ριζοβολία ενώ σε αλλά δεν ασκεί καμία επίδραση) (Σάββας , 2003)

Θέλοντας να εστιάσουμε κυρίως στην ποιότητα τα φάσματα απορρόφησης που θα μας απασχολήσουν περισσότερο είναι αυτά του κυανού (450-470) και του ερυθρού (650-665). Ως προς την ποιότητα επιδρά το κόκκινο (92%) και το μπλε (52%) ενώ το πράσινο επιδρά ελάχιστα.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.6.5.1-2 η χλωροφύλλη b απορρόφα στην κυανή περιοχή ενώ η χλωροφύλλη a στην ερυθρή περιοχή. Οι δυο αυτές περιοχές έχουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών και είναι απαραίτητες για την επιθυμητή ανάπτυξη αυτών. Τα φυτά εκλαμβάνουν τον τεχνητό φωτισμό σαν ερέθισμα ακόμα και εάν η ένταση φωτισμού είναι χαμηλή (1W/m²) (Klug, 1991). Οι σημαντικότερες χρωστικές που προωθούν φωτομορφογενετικές αποκρίσεις στα φυτά είναι αυτές που απορροφούν στο κυανό και ερυθρό φως.

Το φυτόχρωμα είναι μια πρωτεΐνη φωτοδέκτης που απορροφά κυρίως στο ερυθρό (R) και σκοτεινό ερυθρό (FR), αλλά και στο κυανό ρυθμίζοντας την φυτική ανάπτυξη. Έχει την ιδιότητα να αλληλομετατρέπεται στις μορφές Pr και Pfr. Η πρώτη είναι αρχικά ανενεργός και απορροφώντας ερυθρή ακτινοβολία μετατρέπεται στην φωτοσυνθετικά ενεργή μορφή του φυτοχρώματος Pfr (μέγιστο απορρόφησης στο σκοτεινό ερυθρό) που με τη σειρά της απορροφώντας σκοτεινό ερυθρό φως μετατρέπεται σε Pr. Το φαινόμενο αυτό λέγεται φωτοαναστρεψιμότητα. (Taiz & Zeiger, 2012)



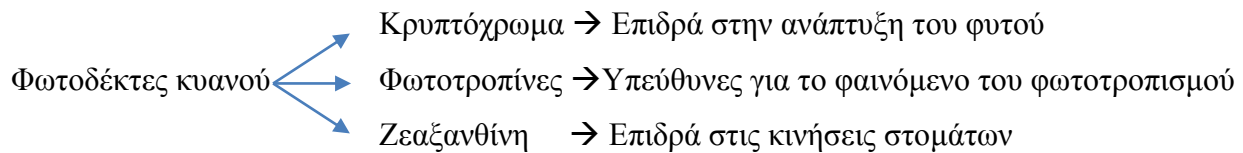
Εικόνα 1.7-1 Φωτοαναστρεψιμότητα δηλαδή η εναλλαγή των δυο μορφών φυτοχρώματος. Η Pfr είναι η φωτοσυνθετικά ενεργή μορφή του φυτοχρώματος

Το φυτόχρωμα δίνει την δυνατότητα προσαρμογής έναντι μεταβολών στην ποιότητα του φωτός. Αυτό μπορεί να εκφραστεί από το λόγο ΑΕ/ΣΕ (R/Fr). Όταν μικραίνει ο λόγος ΑΕ/ΣΕ τότε έχουμε επιμήκυνση στα ηλιόφυτα. Όπως αναφέρει ο (Moe & Andersen, 1988) φωτισμός περισσότερο πλούσιος σε κόκκινο από ότι σε σκοτεινό ερυθρό αύξησε την ριζοβολία σε πολλές θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

Γενικά η επίδραση του ερυθρού φωτισμού παίζει σημαντικότερο ρόλο στην λειτουργία των περισσότερων φυτών. Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε ότι το **κόκκινο φως**:

- Σε υπερβολική αναλογία (πάνω από 75%) σε σχέση με τα υπόλοιπα μήκη ,προκαλεί κλείσιμο των στομάτων στα φύλλα.
- Προάγει την αδυναμία πρόσληψης CO₂ από το φυτό.
- Σε αυξημένη αναλογία ερυθρού έως σκοτεινού ερυθρού (R:FR) έχουν αποδειχθεί ότι προκαλεί έντονα φαινόμενα επιμήκυνσης του βλαστού αν δεν συνδυάζεται με κυανό φως.
- Ορισμένα είδη αποδίδουν καλύτερα σε άλλα μήκη και όχι στο κόκκινο (π.χ. η αγγουριά που "λατρεύει" το κίτρινο-πορτοκαλί φως)
- Προάγει την ανθοφορία και τη ριζοβολία.

Οι αποκρίσεις στο **κυανό** έχουν φάσμα δράσης στα 400-500nm. Αυτά τα σήματα μετατρέπονται σε ηλεκτρικές μεταβολικές και γενετικές διεργασίες επιτρέποντας στα φυτά την αύξηση, ανάπτυξη και λειτουργία τους. Το κυανό φως κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης είναι απαραίτητο σε ποσότητα μέχρι και 10-25 % της συνολικής PAR έτσι ώστε τα φυτά να μεγιστοποιούν τη φωτοσύνθεση.



Το κυανό φώς →

- Αναστέλλει ταχύτητα την επιμήκυνση του βλαστού
- Προκαλεί άνοιγμα των στομάτων
- Προκαλεί ασύμμετρη αύξηση και κύρτωση → Φωτοτροπισμός
- Ρυθμίζει την διευθέτηση των χλωροπλαστών

1.8. Τύποι λαμπτήρων

- Λαμπτήρες πυρακτώσεως: Ο λαμπτήρας πυράκτωσης περιλαμβάνει ένα λεπτό μεταλλικό νήμα, από βαρύ, δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο, τυλιγμένο σε σπείρες. Αυτό φέρεται από τις άκρες του συγκολλημένο σε δύο παχύτερα σύρματα από όπου εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση η οποία θέτει τα ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση η οποία εξαναγκάζει το νήμα να φωτοβολεί από τη θέρμανσή του. Η κατασκευή αυτή περικλείεται σε γυάλινη σφαιρική ή ελλειπτική φύσιγγα χαμηλής πίεσης αερίου. Το φάσμα εκπομπής των λαμπτήρων αυτών δεν παρέχει υψηλή ένταση ακτινοβολίας στα φωτοσυνθετικά ενεργά μήκη κύματος. Περίπου το 15% της συνολικής ενέργεια ακτινοβολείται στο PAR ενώ το υπόλοιπο 75% εκπέμπεται ως υπέρυθρο παρέχοντας μόνο θέρμανση μη βοηθώντας την φωτοσύνθεση. Το εναπομείναν 10% εκπέμπεται ως θερμική ενέργεια. (Σάββας , 2003). Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι σημαντικοί όταν θέλουμε επιμήκυνση της ημέρας (φωτοπεριόδου) με στόχο την άνθιση.
- Λαμπτήρες φθορισμού: Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι οποίοι εκπέμπουν φως από τη θέρμανση ενός μεταλλικού νήματος, οι λαμπτήρες φθορισμού παράγουν φως από τη διέγερση ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης σε ένα μίγμα αδρανών αερίων.
Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι πιο φωτεινοί από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αλλά έχουν και υψηλότερο κόστος σε σχέση με τους πυρακτώσεως. Παράγουν ένα αρκετά ισορροπημένο φάσμα στο PAR εύρος και μπορούν να τοποθετηθούν αρκετά κοντά στα φυτά καθώς δεν εκπέμπουν υψηλές

- θερμοκρασίες. Οι λαμπτήρες φθορισμού μετατρέπουν το 20% περίπου της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν σε φωτεινή ακτινοβολία. Είναι φτωχοί στην περιοχή του φωτομορφογενετικά ενεργού φάσματος(ερυθρό και βαθύ ερυθρό στην περιοχή 650-750nm. Οι λαμπτήρες cool white που εκπέμπουν κυρίως στο κυανό είναι οι πλέον κατάλληλοι για παροχή συμπληρωματικού αφομοιωτικού φωτισμού στα θερμοκήπια.
- Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης(HPS: high-pressure sodium): Είναι οι πλέον συχνά χρησιμοποιούμενοι λαμπτήρες για παροχή αφομοιωτικού φωτισμού στα θερμοκήπια. Εκπέμπουν κυρίως στην περιοχή του ορατού φάσματος μεταξύ 540-650 nm με μέγιστη κορυφή τα 589 nm, ενώ παρουσιάζουν και μία δεύτερη περιοχή εκπομπής ακτινοβολίας στα 810-840 nm. Μετατρέπουν σε φωτεινή ακτινοβολία περίπου το 25% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν και έχουν διάρκεια ζωής έως 24.000 ώρες. (Nelson, 2011)
 - Λαμπτήρες μεταλλικών αλάτων αλογόνων: Συνήθως χρησιμοποιούνται λαμπτήρες μεταλλικών αλάτων ιωδίου με ισχύ μέχρι 2000 W. Μετατρέπουν το 20% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε φωτεινή ενέργεια. Δεν χρησιμοποιούνται πολύ στα θερμοκήπια, λόγω του σχετικά υψηλού κόστους αγοράς τους και της σχετικά μικρής διάρκειας ζωής τους.
 - Λαμπτήρες LED (light emitting diode): Οι λαμπτήρες LED παρέχουν ακτινοβολία σε συγκεκριμένες στενές περιοχές του φάσματος αλλά η αποδοτικότητά τους σε φωτεινή ακτινοβολία είναι πολύ υψηλότερη από αυτή των υπόλοιπων λαμπτήρων, ενώ έχουν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγώγιμου υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Η αρχική αξία αγοράς τους όμως είναι υψηλότερη. Στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται λαμπτήρες LED που εκπέμπουν στο κυανό (μπλε) και στο κόκκινο. (Wojciechowska, Kołton, Długosz-Grochowska, & Żupnik, 2015)

1.9. Σκοπός της εργασίας

Πολλά σημαντικά είδη πολλαπλασιάζονται κυρίως με μοσχεύματα ή μικροπολλαπλασιασμό. Τελευταία, καθώς η τεχνολογία των λαμπτήρων εξελίσσεται υπάρχει έντονο ενδιαφέρον στην χρησιμοποίηση φωτισμού σε διάφορες αναλογίες έτσι ώστε να έχουμε καλύτερες αποδόσεις στη ριζοβολία μοσχευμάτων αλλά και να επιταχύνουμε το χρόνο παραγωγής αυτών, ιδιαίτερα σε είδη που ριζοβολούν με δυσκολία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας τίθεται η μελέτη της επίδρασης του συμπληρωματικού φωτισμού χρώματός μπλε και κόκκινου στη ριζογένεση μοσχευμάτων φασκόμηλου και δενδρολίβανου.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1. Εκτίμηση της έντασης φωτισμού σε διαφορετικά ύψη

Προκειμένου να εκτιμηθεί το κατάλληλο ύψος τοποθέτησης των λαμπτήρων έπρεπε πιο πριν να γίνουν μετρήσεις των εντάσεων ακτινοβολίας της κάθε φωτεινής πηγής. Μετρήθηκε η ένταση ακτινοβολίας του κάθε λαμπτήρα σε ύψη 20, 40, 60 και 80cm με τη χρήση του πυρανόμετρου το οποίο τοποθετήθηκε σε επίπεδες επιφάνειες και ρυθμίστηκε έτσι ώστε να είναι παράλληλο με τον εκάστοτε λαμπτήρα.



Εικόνα 2.1-1 Αισθητήριο LI COR και τύπος μετατροπής σε $W m^{-2} per \mu A$

Τα καλώδια του πυρανόμετρου συνδέονταν με ένα πολύμετρο (MASTECH MS8221C) από το οποίο στην επιλογή 'µA' λαμβάναμε την ένδειξη η οποία μετατρέπεται σε $W m^{-2} per \mu A$ σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο που δίνει ο κατασκευαστής (βλέπε Εικόνα 2.1-1).

$$W m^{-2} per \mu A = -10.68 * \text{'ένδειξη πολυμέτρου'}$$



Εικόνα 2.1-2 Πολύμετρο MASTECH MS8221C



Εικόνα 2.1-3 Μέτρηση σε ύψος 60cm(αριστερά), Προετοιμασία για μέτρηση σε ύψος 20cm(δεξιά)

Οι λαμπτήρες τοποθετήθηκαν σε ένα θάλαμο (ψυγείο που τέθηκε εκτός λειτουργίας) όπου κάθε φορά που γινόταν μια μέτρηση με την πόρτα του θαλάμου κλειστή έτσι ώστε να μην αλλοιώνεται η μέτρηση από τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού του χώρου.

Θέλοντας να προσεγγίσουμε την επίδραση που θα έχει στη θερμοκρασία φύλλου η εκπομπή θερμότητας από τον κάθε λαμπτήρα κάναμε καταγραφή θερμοκρασίας φύλλου χρησιμοποιώντας ένα θερμόμετρο υπερύθρων (DT-480).



Εικόνα 2.1-4 Θερμόμετρο υπερύθρων DT-480

Για να καταγραφούν οι μετρήσεις αυτές σε κάθε ύψος λαμπτήρα λαμβάναμε μια αρχική μέτρηση θερμοκρασίας ($T_{αρχ}$) και μια τελική ($T_{τελ}$) όπως αυτές παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 3.4-1). Χρησιμοποιώντας το θερμόμετρο υπέρυθρων και ένα κομμάτι χαρτί λαμβάναμε την $T_{αρχ}$ με κλειστό το λαμπτήρα και την $T_{τελ}$ με ανοιχτό το λαμπτήρα μετά την επίδραση χρονικού διαστήματος 60sec. Έπειτα μπορούσαμε να εκφράσουμε τη διαφορά θερμοκρασίας ($\Delta T = T_{τελ} - T_{αρχ}$). Η διαφορά θερμοκρασίας για τον κάθε λαμπτήρα παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.4-1.

2.2. Εγκατάσταση πειράματος

Τα πειράματα έγιναν σε πολλαπλό αμφίρρικτο θερμοκήπιο του τμήματος γεωπονίας, φυτικής παραγωγής και αγροτικού περιβάλλοντος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο αγρόκτημα του Βελεστίνου. Το αγρόκτημα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 40'$ και γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 18'$, το υψόμετρο της περιοχής είναι 85 m, και απέχει 17 km από το Βόλο.



Εικόνα 2.2-1 Αεροφωτογραφία αγροκτήματος πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Φαίνονται οι θέσεις που συλλέχθηκαν τα μοσχεύματα (πηγή : Google earth)

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, με μέση μέγιστη θερμοκρασία κατά το θερμότερο μήνα περίπου 37°C και από ήπιους χειμώνες με μέση ελάχιστη θερμοκρασία κατά τον ψυχρότερο μήνα 4°C . Οι επικρατούντες άνεμοι της περιοχής έχουν κατεύθυνση είτε από

Νοτιοανατολικά προς Βορειοδυτικά (συνήθως τις πρωινές ώρες), είτε από Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά (συνήθως τις απογευματινές ώρες).

Το θερμοκήπιο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις κατασκευάστηκε το 1994, με σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και κάλυψη από γυαλί και αποτελείται από πέντε ξεχωριστούς θαλάμους. Η συνολική έκταση του θερμοκηπίου ήταν 1000 m², ενώ ο θάλαμος που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις κάλυπτε συνολικά 200 m². Το θερμοκήπιο είχε προσανατολισμό σε Βορρά - Νότο με απόκλιση του άξονά του από το Βορρά περίπου 34° ανατολικά.



Εικόνα 2.2-2 Θερμοκήπια πανεπιστήμιου (Το θερμοκήπιο που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα είναι το 2^ο από αριστερά)

Στο θερμοκήπιο υπάρχουν τρεις πάγκοι ριζοβολίας και για το πείραμα μας χρησιμοποιήθηκε ο ένας από αυτούς.



Εικόνα 2.2-3 Πάγκος ριζοβολίας

Για να διευκολυνθεί το πείραμα έπρεπε να γίνουν κάποιες μετατροπές έτσι ώστε να μπορούν να στηριχτούν οι λάμπες και το σύστημα άρδευσης. Γι' αυτό το λόγο επιλέχτηκε να δημιουργηθεί ένα σκελετός από μπετόβεργες. Συνολικά τοποθετήθηκαν τέσσερις μπετόβεργες μήκους 3.80m η κάθε μια. Η κάθε μπετόβεργα διαμορφώθηκε έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα σχήμα 'Π' με διαστάσεις 1.30m ύψος και 1.20m πλάτος. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν πάνω στο πάγκο πέντε πειραματικά τεμάχια. Η εργασίες αυτές έγιναν στο χώρο φύλαξης και αποθήκευσης εργαλείων και μηχανημάτων του αγροκτήματος που βρίσκεται απέναντι από το θερμοκήπιο του πειράματος.

Αφού δημιουργήθηκε το κατάλληλο σχήμα για την κάθε μια μπετόβεργα, αυτές στερεώθηκαν πάνω στον πάγκο ριζοβολίας με την χρήση σύρματος διατομής 2mm.



Εικόνα 2.2-4 Τμήματα του σκελετού που έχουν στερεωθεί

Αφού ολοκληρώθηκε ο σκελετός του πάγκου έπρεπε να γίνουν κάποιες ηλεκτρολογικές εργασίες έτσι ώστε το κάθε πειραματικό τεμάχιο να έχει την δική του παροχή ρεύματος στην οποία θα τοποθετηθούν η λάμπες για την πραγματοποίηση του πειράματος. Ένα γενικό σχεδιάγραμμα για το πώς θα γίνει η διαμόρφωση και ο χωρισμός των πειραματικών τεμαχίων φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 2.2-5).

Κόκκινη φθορισμού	Μπλε φθορισμού	Κόκκινη Led	Μπλε Led	Μάρτυρας
		Κόκκινη Πυρακτώσεως	Μπλε Πυρακτώσεως	

Εικόνα 2.2-5 Διαχωρισμός πειραματικών τεμαχίων στο πάγκο ριζοβολίας ανάλογα με τον τύπο λαμπτήρα.

Λαμπτήρες

Όπως προαναφέρθηκε οι λαμπτήρες που χρησιμοποιήθηκαν είναι φθορισμού, πυρακτώσεως και Led.

Φθορισμού:

Μπλε: Philips TL-D Colored 18W Blue 1SL/25 ²

Κόκκινη: Philips TL-D Colored 18W Red 1SL/25 ³

Πυρακτώσεως:

Μπλε: Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Blue 1CT/12 ⁴

Κόκκινη: Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Red 1CT/12 ⁵

Led:

Μπλε: Vκ LED PAR38 8W E27 blue⁶

Κόκκινη: Vκ LED PAR38 8W E27 red⁷

² Τεχνικά χαρακτηριστικά: [Philips TL-D Colored 18W Blue 1SL/25](#)

³ Τεχνικά χαρακτηριστικά: [Philips TL-D Colored 18W Red 1SL/25](#)

⁴ Τεχνικά χαρακτηριστικά : [Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Blue 1CT/12](#)

⁵ Τεχνικά χαρακτηριστικά : [Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Red 1CT/12](#)

⁶ Τεχνικά χαρακτηριστικά : [Vκ LED PAR38 8W E27 blue](#)

⁷ Τεχνικά χαρακτηριστικά : [Vκ LED PAR38 8W E27 red](#)

Η τελική μορφή του πάγκου ριζοβολίας με εγκατεστημένες τις λάμπες φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.2-6 Αποψη πάγκου με εγκατεστημένους τους λαμπτήρες

Σύστημα άρδευσης

Επειδή τα μοσχεύματα αρχικά δεν έχουν αναπτύξει ριζικό σύστημα έπρεπε να προσομοιάσουμε συνθήκες πλήρους υγρασίας και αυτό έγινε με τη χρήση ενός συστήματος υδρονέφωσης. Αυτό αποτελούνταν από μικροεκτοξευτήρες (μπέκ) τα οποία είχαν στερεωθεί σε πλαστικές λόγχες. Συνολικά είχαμε 5 μικροεκτοξευτήρες. Η ροή που είχε κάθε μικροεκτοξευτήρας ήταν 40 l/h και η ακτίνα που κάλυπτε 0.5 m.

Για να λειτουργήσει όμως ο μικροεκτοξευτήρας χρειαζόταν πίεση 2-3 atm και αυτό γινόταν με τη χρήση ενός αντλητικού συγκροτήματος που υπήρχε στο θερμοκήπιο. Επίσης η εντολή για να λειτουργήσει η αντλία δινόταν από έναν αισθητήρα επιφανειακής υγρασίας φύλλου ο οποίος είχε τοποθετηθεί στον πάγκο ριζοβολίας.

2.3. Φυτικό υλικό και περιγραφή των συνθηκών του πειράματος

Η κοπή των μοσχευμάτων έγινε την Πέμπτη 11 Μαΐου 2017 από τις υπαίθριες καλλιέργειες που βρίσκονται στο αγρόκτημα του τμήματος στο Βελεστίνο.



Εικόνα 2.3-1 Σημεία συλλογής μοσχευμάτων από της υπαίθριες καλλιέργειες του αγροκτήματος του τμήματος γεωπονίας, φυτικής παραγωγής και αγροτικού περιβάλλοντος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Προετοιμασία μίγματος τύρφη περλίτη

Οι δίσκοι ριζοβολίας έπρεπε να ετοιμαστούν και να γεμίσουν με το υπόστρωμα το οποίο στην περίπτωση μας ήταν ένα μίγμα τύρφης - περλίτη σε αναλογία 1:1 (Hartmann, Kestler, Geneve, & Davies, 2014). Το μίγμα ομογενοποιήθηκε και οι δίσκοι ριζοβολίας γεμίστηκαν με αυτό.

Διαχείριση μοσχευμάτων φασκόμηλου



Εικόνα 2.3-2 Κόπη μοσχεύματος από φυτό φασκόμηλου

- Τα μοσχεύματα κόπηκαν από τα μητρικά φυτά στις 8:00π.μ.
- Οι μεταχειρίσεις που κάναμε ήταν 7 (μπλε φθορισμού, κόκκινη φθορισμού, μπλε πυρακτώσεως, κόκκινη πυρακτώσεως, μπλε led, κόκκινη led, μάρτυρας).
- Κάθε μεταχείριση είχε 32 μοσχεύματα οπότε σύνολο χρησιμοποιήσαμε 224 μοσχεύματα φασκόμηλου.
- Το κάθε μόσχευμα είχε μήκος 10cm.
- Σε κάθε μόσχευμα αφήναμε 2 ζεύγη φύλλων.
- Το κάθε μόσχευμα εμβαπτίζοταν σε διάλυμα IBA 1600ppm για διάστημα 10sec.
- Έπειτα ακολουθούσε η φύτευση σε πλαστικά σπορεία ριζοβολίας των 104 θέσεων



Εικόνα 2.3-3 IBA 1600ppm (αριστερά) και Εμβάπτιση μοσχευμάτων(δεξιά)

Διαχείριση μοσχευμάτων δενδρολίβανου



Εικόνα 2.3-4 Συλλογή μοσχευμάτων δενδρολίβανου

- Τα μοσχεύματα κόπηκαν από τα μητρικά φυτά στις 8:00π.μ.
- Οι μεταχειρίσεις που κάναμε ήταν 7 (μπλε φθορισμού, κόκκινη φθορισμού, μπλε πυρακτώσεως, κόκκινη πυρακτώσεως, μπλε led, κόκκινη led, μάρτυρας). Κάθε μεταχείριση είχε 32 μοσχεύματα οπότε σύνολο χρησιμοποιήσαμε 224 μοσχεύματα δενδρολίβανου.
- Το κάθε μόσχευμα είχε μήκος 10cm.
- Σε κάθε μόσχευμα αφήναμε λίγα ζεύγη φύλλων.
- Το κάθε μόσχευμα εμβαπτιζόταν σε διάλυμα IBA 1600ppm για διάστημα 10sec.
- Έπειτα ακολουθούσε η φύτευση σε πλαστικά σπορεία ριζοβολίας των 104 θέσεων



Εικόνα 2.3-5 Μοσχεύματα δενδρολίβανου έτοιμα προς φύτευση

Αφού είχαν προετοιμαστεί τα μοσχεύματα τοποθετούταν στο πλαστικό σπορείο ριζοβολίας και έπειτα μεταφερόταν ο κάθε δίσκος στο πάγκο ριζοβολίας για να αρχίσει το πείραμα.



Εικόνα 2.3-6 Παράδειγμα δίσκου με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου

2.4. Τοποθέτηση δίσκων στο πάγκο ριζοβολίας

Μετά την συμπλήρωση του κάθε δίσκου αυτός τοποθετούνταν στον πάγκο ριζοβολίας όπου είχε μπει σε λειτουργία το αυτόματο πότισμα με υδρονέφωση έτσι ώστε να μην καταπονούνται επιπλέον τα φυτά.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες από τον πάγκο ριζοβολίας με τους λαμπτήρες :



Εικόνα 2.4-1 Δίσκος σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (κόκκινη φθορισμού) - Αρχή πειράματος



Εικόνα 2.4-2 Δίσκος σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (μπλε φθορισμού) - Αρχή πειράματος



Εικόνα 2.4-3 Δίσκοι σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (κόκκινη πυρακτώσεως μπροστά και κόκκινη led πίσω) - Αρχή πειράματος



Εικόνα 2.4-4 Δίσκοι σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (μπλε πυρακτώσεως μπροστά και μπλε led πίσω) - Αρχή πειράματος



Εικόνα 2.4-5 Δίσκος σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου(μάρτυρας) -Αρχή πειράματος

Όταν είχαν ετοιμαστεί και τοποθετηθεί όλοι οι δίσκοι στον πάγκο ριζοβολίας προσθέσαμε δυο καταγραφικά θερμοκρασίας (Supco data logger temperature SL300T) τα οποία τοποθετήθηκαν ένα στον μάρτυρα και ένα στο μέσο του πάγκου ριζοβολίας (κοντά στους λαμπτήρες πυρακτώσεως) έτσι ώστε να έχουμε καταγραφή των θερμοκρασιών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η ενεργοποίηση τους έγινε στις 4:00μ.μ (11 Μαΐου 2017).

Ο φωτισμός που χρησιμοποιούσαμε ήταν πρόσθετος στον ήδη υπάρχον φυσικό φωτισμό του θερμοκηπίου. Για να έχουμε μια φωτοπερίοδο της τάξης των 16 ωρών (6:00-22:00) χρησιμοποιήθηκε ένας χρονοδιακόπτης πρίζας.

Στις 2 Ιονίου 2017 οι λαμπτήρες αποσυνδέθηκαν από το ρεύμα. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες πριν την εξαγωγή τους από τους δίσκους σποράς για την περαιτέρω επεξεργασία τους.



Εικόνα 2.4-7 Δίσκος σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (μπλε φθορισμού) - Τέλος πειράματος



Εικόνα 2.4-6 Δίσκος σποράς με φυτά φασκόμηλου και δενδρολίβανου (κόκκινη led) - Τέλος πειράματος

Έπειτα από κάθε δίσκο σποράς επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά για να μετρήσουμε τα ποσοτικά χαρακτηριστικά τους.

2.5. Μεταφορά φυτικού υλικού στο εργαστήριο

Τα φυτά απομονώθηκαν από τους δίσκους σποράς, τοποθετήθηκαν σε σακουλές χάρτινες και αμέσως έγινε η μεταφοράς τους στο εργαστήριο ανθοκομίας του πανεπιστημίου Θεσσαλίας έτσι ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις που περιλάμβαναν τη μέτρηση χλωρού βάρους φύλλων, βλαστού και ριζών.

Αφού ξεπλύναμε το ριζικό σύστημα από το χώμα που το περιέβαλε τα φυτά απλωθήκαν στο πάγκο του εργαστηρίου με σκοπό να απομονωθεί το κάθε μέρος του φυτού το οποίο θα έπρεπε να ζυγιστεί. Δηλαδή χωρίσαμε ρίζες, βλαστό και φύλλα.



Εικόνα 2.5-1 Φυτά δενδρολίβανου(κόκκινη φθορισμού)

2.6. Διαδικασία μετρήσεων χλωρού και ξηρού βάρους στο εργαστήριο



Εικόνα 2.6-1 Μέτρηση χλωρού βάρους φύλλων



Εικόνα 2.6-2 Δίσκοι με τμήματα φυτών προς αποξήρανση

Η επεξεργασία των φυτών άρχισε την Παρασκευή 2 Ιουνίου 2017. Αρχικά διαχωρίστηκαν για κάθε εφαρμογή η ρίζες, ο βλαστός και τα φύλλα. Έπειτα σε κάθε μέτρηση σημειωνόταν ο αντίστοιχος αριθμός και έπειτα τοποθετούνταν στον αντίστοιχο αλουμινένιο δίσκο. Έτσι ο κάθε δίσκος είχε συγκεντρωμένες και τις δέκα μετρήσεις για το αντίστοιχο μέρος του φυτού. Χρησιμοποιήθηκε ο ζυγός KERN EMB 200-3 ακρίβειας 0.001gr.

Αφού συγκεντρώθηκαν όλοι οι δίσκοι και κρατήθηκαν οι μετρήσεις από τα χλωρά βάρη των τμημάτων των φυτών αυτοί μεταφέρθηκαν στον κλίβανο ξήρανσης του εργαστηρίου γεωργικών κατασκευών και θερμοκηπίων. Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 72 °C για 48 ώρες. Έπειτα με την ίδια διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω για το χλωρό βάρος έγινε η καταγραφή του ξηρού βάρους ριζών, βλαστού και φύλλων

Οι μετρήσεις εκφράζονται ποσοτικά στα ραβδογράμματα χλωρού και ξηρού βάρους που ακολουθούν για το φασκόμηλο στο υποκεφάλαιο 3.5 και για το δενδρολίβανο στο 3.6.

2.7. Στατιστική ανάλυση

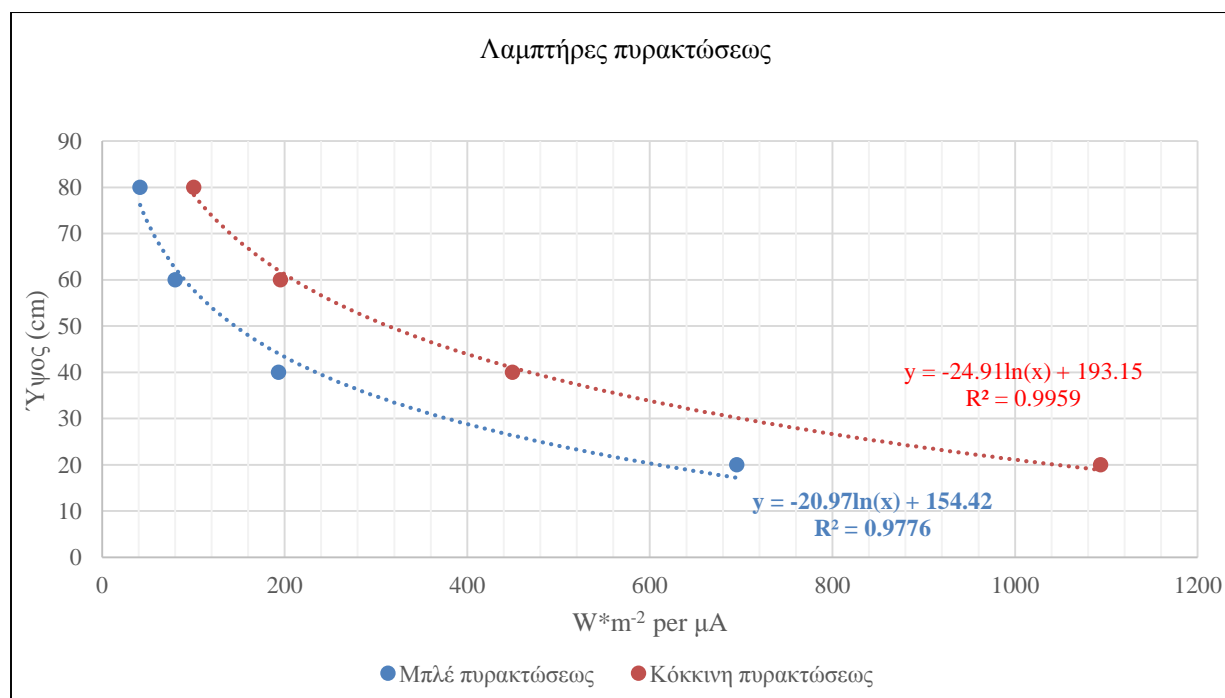
Για την στατιστική ανάλυση που χρειάστηκε να κάνουμε χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics. Μέσω ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) εξετάστηκε η στατιστική σημαντικότητα των παραγόντων χλωρού βάρους (φύλλων, βλαστού και ριζών) και ξηρού βάρους (φύλλων, βλαστού και ριζών) καθώς και των θερμοκρασιών αέρα που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Τέλος σε περίπτωση στατιστικής σημαντικότητας εφαρμόστηκε τεστ LSD 95%.

3. Αποτελέσματα

3.1. Συσχέτιση ύψους λαμπτήρων και έντασης ακτινοβολίας

Για να κατασκευαστούν τα διαγράμματα συσχέτισης του ύψους τοποθέτησης του λαμπτήρα και της έντασης της ακτινοβολίας (Διάγραμμα 3.1-1 έως Διάγραμμα 3.1-3) χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις που παρουσιάζει ο Πίνακας 3.4-1.

Για την κάθε ομάδα πειραματικών σημείων έγινε προσαρμογή της καλύτερης δυνατής καμπύλης - ευθείας που περνά μέσα από τα σημεία αυτά. Αφού δημιουργήθηκαν οι καμπύλες ή ευθείες, αποτυπώθηκε διπλά σε κάθε μία η εξίσωση που της περιγράφει. Οι εξισώσεις παρουσιάζονται σε κάθε διάγραμμα με το αντίστοιχο χρώμα για τον κάθε λαμπτήρα. Με την βοήθεια των εξισώσεων αυτών οι λαμπτήρες διαφορετικού τύπου τοποθετήθηκαν έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ακτινοβολία της ίδιας έντασης στο επίπεδο αναφοράς όπου τοποθετήθηκαν τα φυτά.



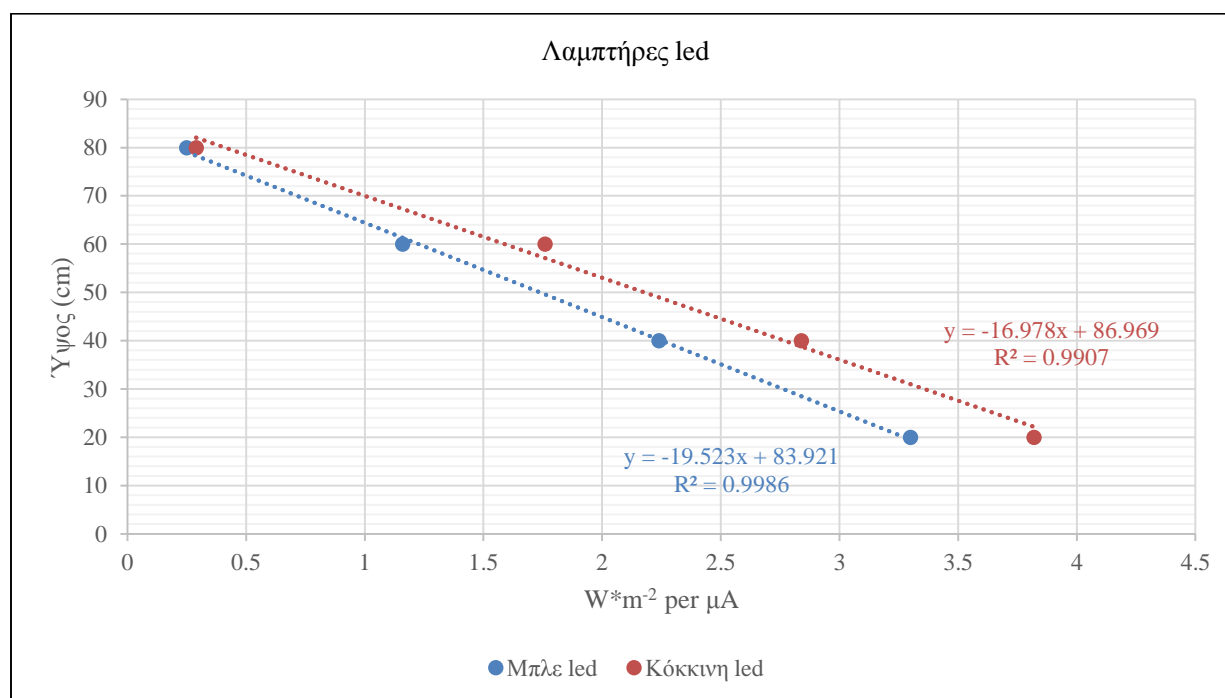
Διάγραμμα 3.1-1 Διάγραμμα μεταβολής της έντασης σε σχέση με το ύψος για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως

Προκύπτει ότι όσο το ύψος τοποθέτησης της φωτεινής πηγής μικραίνει τόσο αυξάνεται η ένταση αυτής, ενώ στους λαμπτήρες φθορισμού και led δεν υπάρχει έντονη εκπομπή θερμότητας,

δεν ισχύει το ίδιο για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, όπου στην μέγιστη ένταση, η θερμότητα που εκπέμπεται φαίνεται να έχει αρνητική επίδραση για τα φυτά.

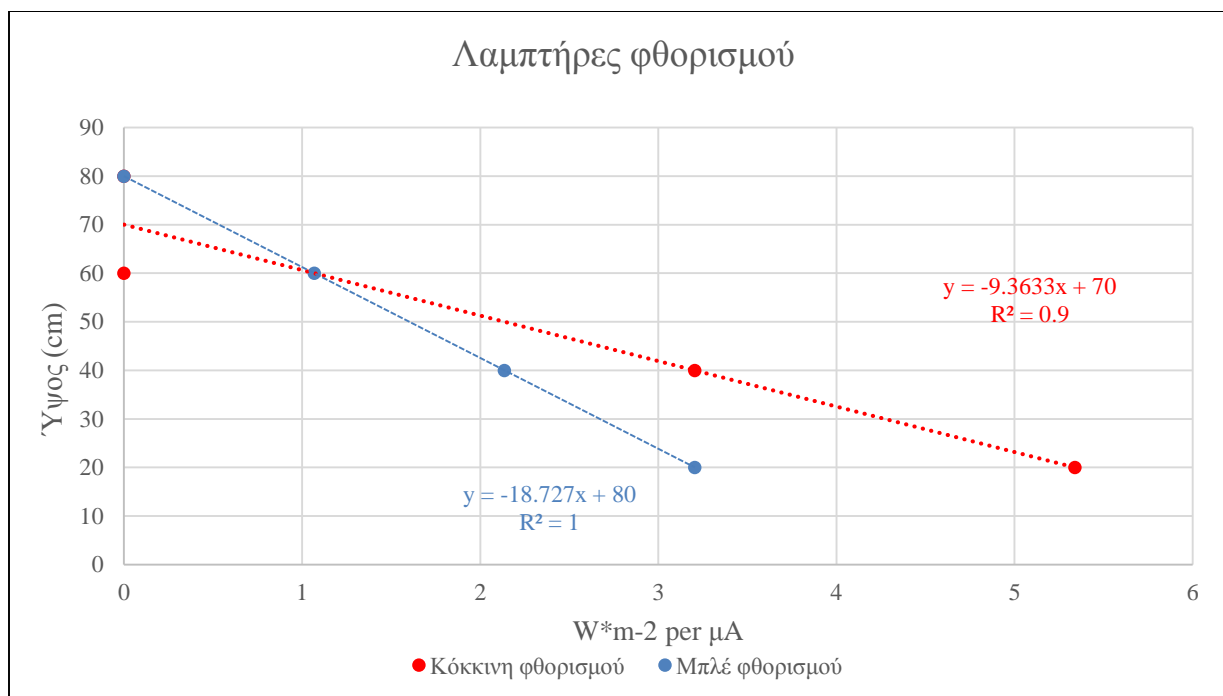
Για να εκφράσουμε καλύτερα τις συναρτήσεις στους λαμπτήρες πυρακτώσεως προτιμήσαμε λογαριθμική εξίσωση. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των μετρήσεων 40, 60, 80 και αυτής των 20cm. Δηλαδή οι λαμπτήρες πυρακτώσεως αποδίδουν υψηλή ένταση ακτινοβολίας στην περιοχή των 20cm ενώ στα υπόλοιπα ύψη η διασπορά είναι πιο ομοιόμορφη.

Ακόμη η γραμμική συσχέτιση στους λαμπτήρες φθορισμού και led είναι πιο έντονη.



Διάγραμμα 3.1-2 Διάγραμμα μεταβολής της έντασης σε σχέση με το ύψος για λαμπτήρες led κόκκινου και μπλε χρώματος

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις που αποδίδονται στα διαγράμματα των λαμπτήρων τύπου led παρατηρούμε μικρές αποκλίσεις σε αντίθεση με αυτές που υπήρχαν στους λαμπτήρες πυρακτώσεως.



Διάγραμμα 3.1-3 Διάγραμμα μεταβολής της έντασης σε σχέση με το ύψος για λαμπτήρες φθορισμού κόκκινου και μπλε χρώματος

Οι λαμπτήρες φθορισμού φαίνεται να έχουν υψηλή γραμμική συσχέτιση. Επαληθεύεται και σε αυτή την περίπτωση ότι κόκκινο χρώμα του λαμπτήρα φθορισμού έχει μεγαλύτερη ένταση ακτινοβολίας σε σχέση με το αντίστοιχο του μπλε στα ίδια ύψη τοποθέτησης.

3.2. Εκτίμηση ύψους τοποθέτησης λαμπτήρων

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις εξαγάγαμε τις συναρτήσεις που τις χαρακτηρίζουν και είναι της μορφής: $y = ax + b$ ή $y = a \ln(x) + b$

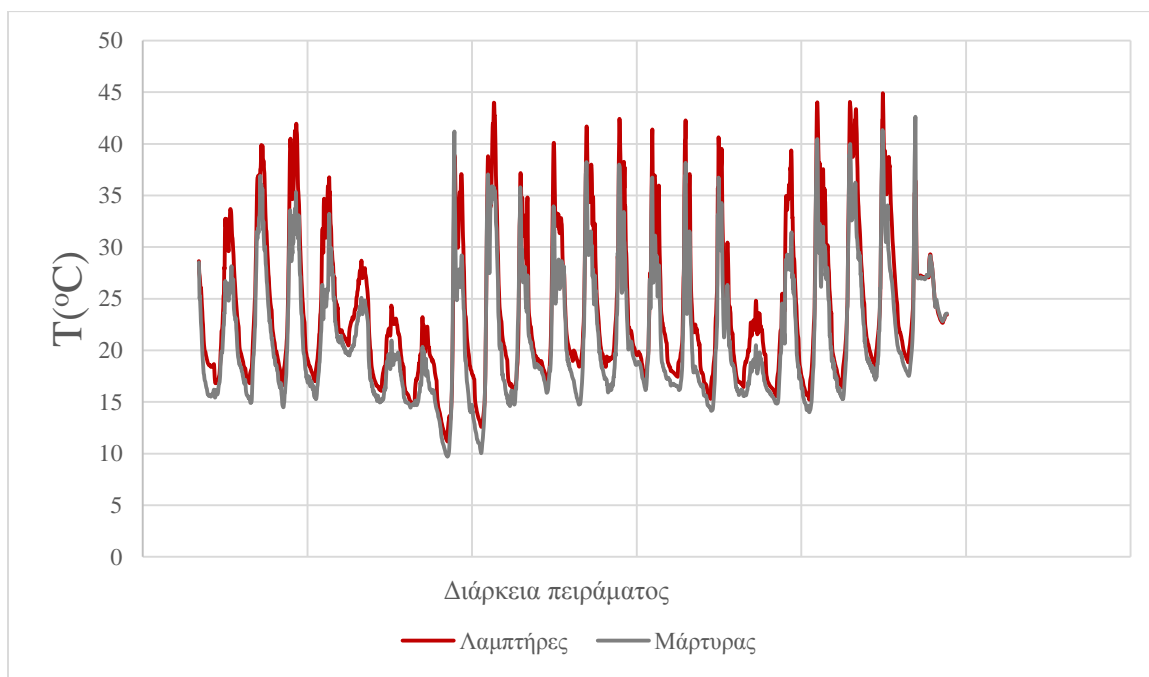
όπου y : ύψος και x : ένταση ακτινοβολίας της φωτεινής πηγής.

Χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις αυτές υπολογίζουμε τα ακριβή ύψη στα οποία οι λαμπτήρες που πρόκειται να συγκρίνουμε διατηρούν την ίδια ένταση.

Πίνακας 3.2-1 Υπολογισμός του ύψους τοποθέτησης λαμπτήρων

Φθορισμού:	Επιλέγουμε την μέγιστη δυνατή ένταση $x=3w$	
	Μπλε	$y = -18,727 * (3) + 80 \Rightarrow y = 23.819 \text{ cm}$
	Κόκκινη	$y = -9,3633 * (3) + 70 \Rightarrow y = 41,91 \text{ cm}$
Πυρακτώσεως	Επιλέγουμε την μέγιστη δυνατή ένταση $x=500w^8$	
	Μπλε	$y = -20.97 * \ln(500) + 154.42 \Rightarrow y = 24.099 \text{ cm}$
	Κόκκινη	$y = -24.91 * \ln(500) + 193.15 \Rightarrow y = 38.344 \text{ cm}$
Led	Επιλέγουμε την μέγιστη δυνατή ένταση $x=3w$	
	Μπλε	$y = -19.523 * (3) + 83.921 \Rightarrow y = 25.352 \text{ cm}$
	Κόκκινη	$y = -16.978 * (3) + 86.969 \Rightarrow y = 36.035 \text{ cm}$

3.3. Θερμοκρασιακές συνθήκες κατά τη διάρκεια του πειράματος



Διάγραμμα 3.3-1 Διακύμανση θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του πειράματος στον μάρτυρα και στους λαμπτήρες

⁸ Η μέγιστη δυνατή ένταση που δύναται να διαλέξουμε είναι αυτή των 700w, όπως έγινε σε αρχικό πείραμα με αρνητικά αποτελέσματα για τα φυτά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσονταν από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έτσι προτιμήθηκε η αμέσως προηγούμενη ένταση των 500w.

Αισθητήριο	T _{ελάχιστη} (°C)	T _{μέγιστη} (°C)	T _{μέσος όρος} (°C)	Διαφορά	+/- όρια
Λαμπτήρες	11.17	44.9	23.8964	-2.65521*	0.395012
Μάρτυρας	9.71	42.62	21.2412		
* Υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές					

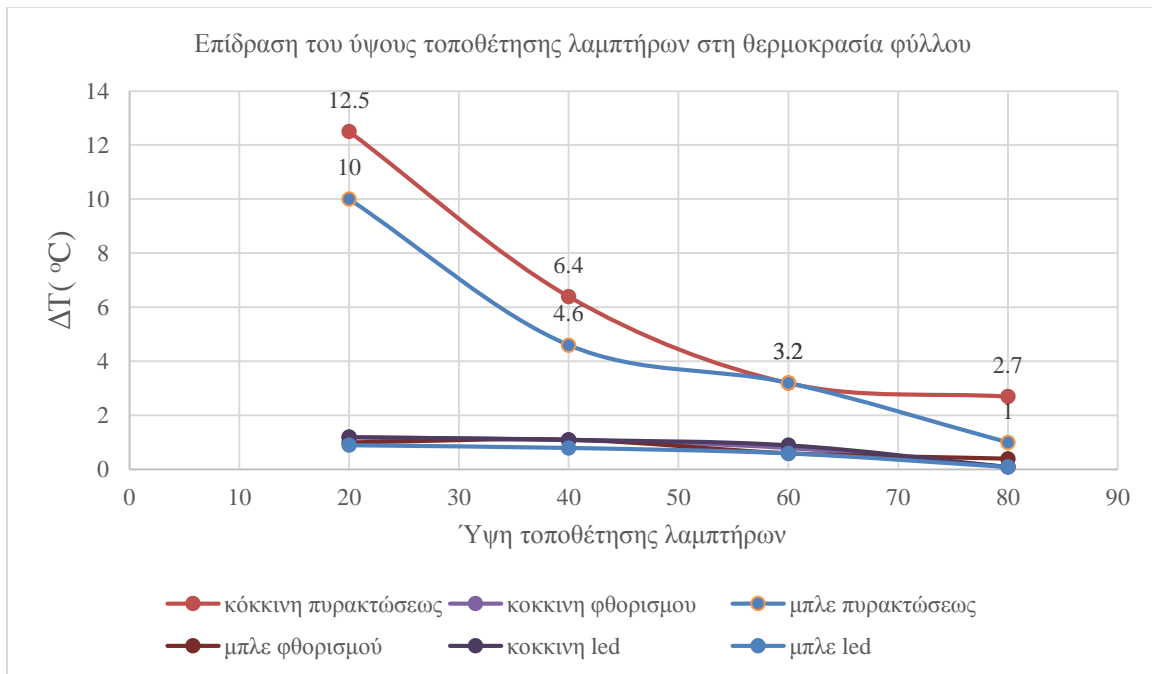
Συγκρίνοντας τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα που κατέγραψαν τα αισθητήρια που τοποθετήθηκαν στην μεταχείριση του μάρτυρα και αυτού που τοποθετήθηκε στους λαμπτήρες (κοντά στους λαμπτήρες πυρακτώσεως), υπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας 2.5 °C παραπάνω στους λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είχαν αισθητά μεγαλύτερη θερμοκρασία πράγμα που επαληθεύεται και στο Διάγραμμα 3.4-1. Η συνθήκη αυτή ενδεχομένως οδήγησε σε αύξηση του ρυθμού διαπνοής των φυτών με αποτέλεσμα να υστερούν σε σχέση με αυτά του μάρτυρα.

3.4. Ένταση ακτινοβολίας λαμπτήρων

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που παρουσιάζει ο Πίνακας 3.4-1 στα ίδια ύψη τοποθέτησης των λαμπτήρων η ένταση διαφέρει. Η παρατήρηση οφείλεται στην διαφορετική ισχύ που έχουν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως σε σύγκριση με τους φθορισμού. Αν συγκρίνουμε τους λαμπτήρες πυρακτώσεως μπλε - κόκκινο, φθορισμού μπλε - κόκκινο και led μπλε - κόκκινο, στα ίδια ύψη τοποθέτησης των λαμπτήρων η ένταση ακτινοβολίας είναι διαφορετική.

Για παράδειγμα στο ύψος των 40cm για τον κόκκινο λαμπτήρα πυρακτώσεως έχουμε 449.628 W/m² ενώ στο ίδιο ύψος για τον μπλε λαμπτήρα πυρακτώσεως έχουμε 193.308 W/m². Αυτό παρατηρείται και για τους υπόλοιπους λαμπτήρες και οφείλεται στην διαφορετική ενέργεια που έχει το φάσμα εκπομπής του κάθε λαμπτήρα.

Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως μόνο ένα 10% εκπέμπεται στο ορατό ενώ το υπόλοιπο εκπέμπεται ως υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία θερμαίνει το περιβάλλον. Για αυτό το λόγο παρατηρήσαμε επίδραση στις μετρήσεις που κάναμε με τη βοήθεια θερμομέτρου υπέρυθρων και οι οποίες παρουσιάζονται και αυτές στον Πίνακα 3.4-1.



Διάγραμμα 3.4-1 Επίδραση του ύψους τοποθέτησης λαμπτήρων στη θερμοκρασία φύλλου

Στο ύψος τοποθέτησης του λαμπτήρα των 40cm από την επιφάνεια του φύλλου, η διαφορά θερμοκρασίας για την κόκκινη πυρακτώσεως ήταν 6.4 (° C) και για την μπλε πυρακτώσεως 4.6(°C). Σε σύγκριση με την φθορισμού και led για τα αντίστοιχα ύψη στα οποία η διαφορά θερμοκρασίας ήταν περίπου 1.1 (° C).

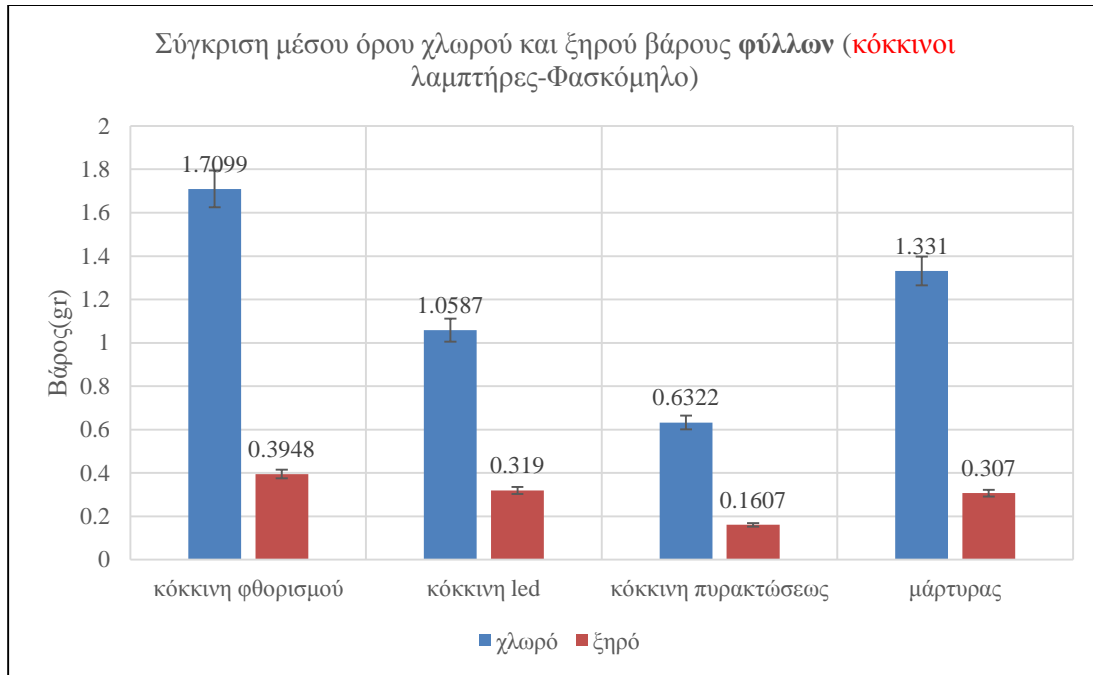
Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είχαν αισθητά μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με τους υπόλοιπους στους οποίους παρατηρείται παρόμοια διακύμανση. Επειδή η θερμοκρασία είναι στενά συνδεδεμένη με τη φωτοσύνθεση, ενδεχόμενος να επηρέασε τα φυτά τα όποια βρίσκονταν κάτω από αυτούς τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνεται όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία υπάρχει όμως μια τιμή πέρα από την οποία παρατηρείται ελάττωση της φωτοσύνθεσης και εάν συνεχιστεί αυτή η αύξηση παύει το φυτό να φωτοσυνθέτει με τον ίδιο ρυθμό. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στις βλάβες που προκαλούν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες και στη θερμοευαισθησία των στομάτων.

Πίνακας 3.4-1 Ένταση της ακτινοβολίας (w/m^2) διαφόρων τύπων λαμπτήρων τοποθετημένους σε διαφορετική απόσταση από το επίπεδο μέτρησης

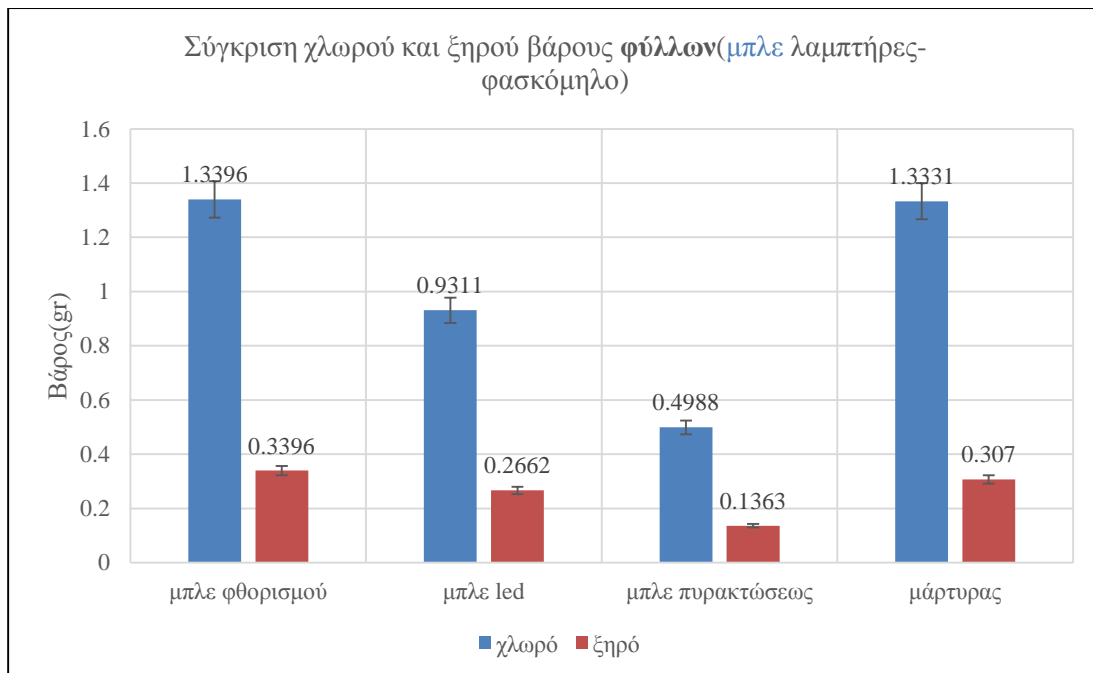
Είδος Λάμπας	Απόσταση (cm)	$W^*(m^{-2})/\mu A^9$	T (°C) (Αρχική)	T (°C) (Τελική)	ΔT (°C)
	20	1093.632	23.6	36.1	12.5
Κόκκινη πυρακτώσεως	40	449.628	23.4	29.8	6.4
(Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Red 1CT/12)	60	195.444	23.1	26.3	3.2
	80	100.392	22.5	25.2	2.7
	20	5.34	23	24.2	1.2
Κόκκινη φθορισμού	40	3.204	22.4	23.5	1.1
(Philips TL-D Colored 18W Red 1SL/25)	60	0	22	23.2	0.8
	80	0	22.5	22.6	0.1
	20	695.268	23.7	33.7	10
Μπλε πυρακτώσεως	40	193.308	23.4	28	4.6
(Philips PARTYTONE 80W E27 230V PAR38 Blue 1CT/12)	60	80.1	22.3	25.5	3.2
	80	41.652	23	24	1
	20	3.204	23.3	24.3	1
Μπλε φθορισμού	40	2.136	22.3	23.4	1.1
(Philips TL-D Colored 18W Blue 1SL/25)	60	1.068	22.6	23.2	0.6
	80	0	22.1	22.5	0.4
	20	3.82	23.1	24.3	1.2
Κόκκινη Led	40	2.84	23.5	24.6	1.1
(Vk LED PAR38 8W E27 red)	60	1.76	22.3	21.6	0.9
	80	0.29	22.5	22.6	0.1
	20	3.3	23.1	24	0.9
Μπλε Led	40	2.24	23.5	24.3	0.8
(Vk LED PAR38 8W E27 blue)	60	1.16	22.5	23.1	0.6
	80	0.25	22.5	22.6	0.1

⁹ $1 W/m^2 \approx 4.6 \mu mole.m^2/s.$

3.5. Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φασκόμηλου



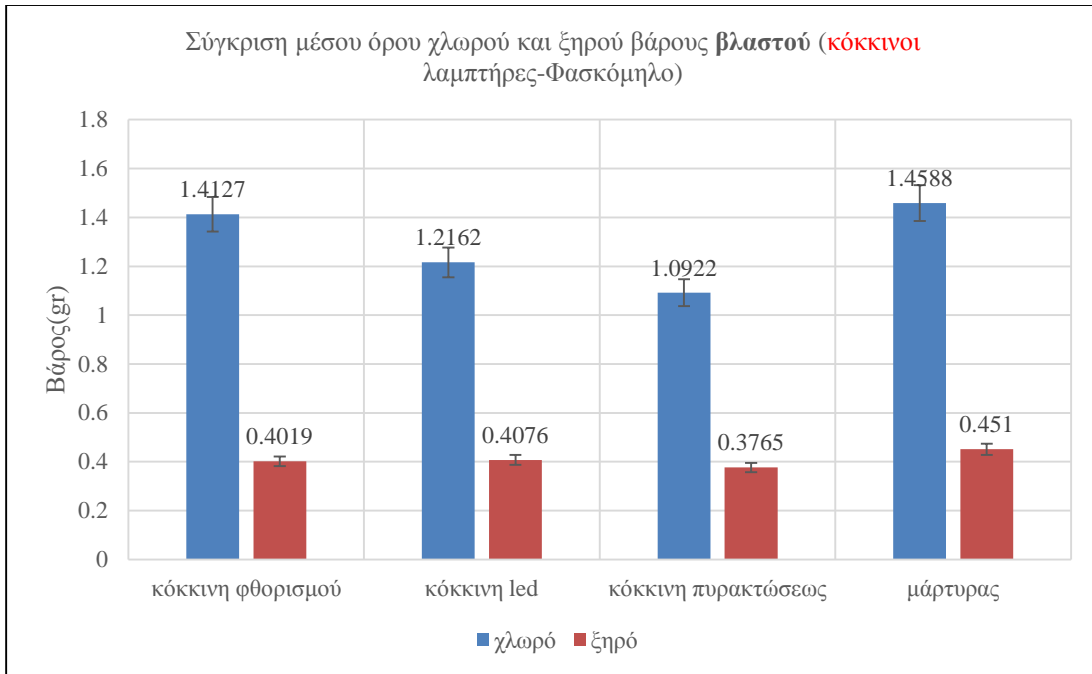
Ιστόγραμμα 3.5-1 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φύλλων κόκκινων λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)



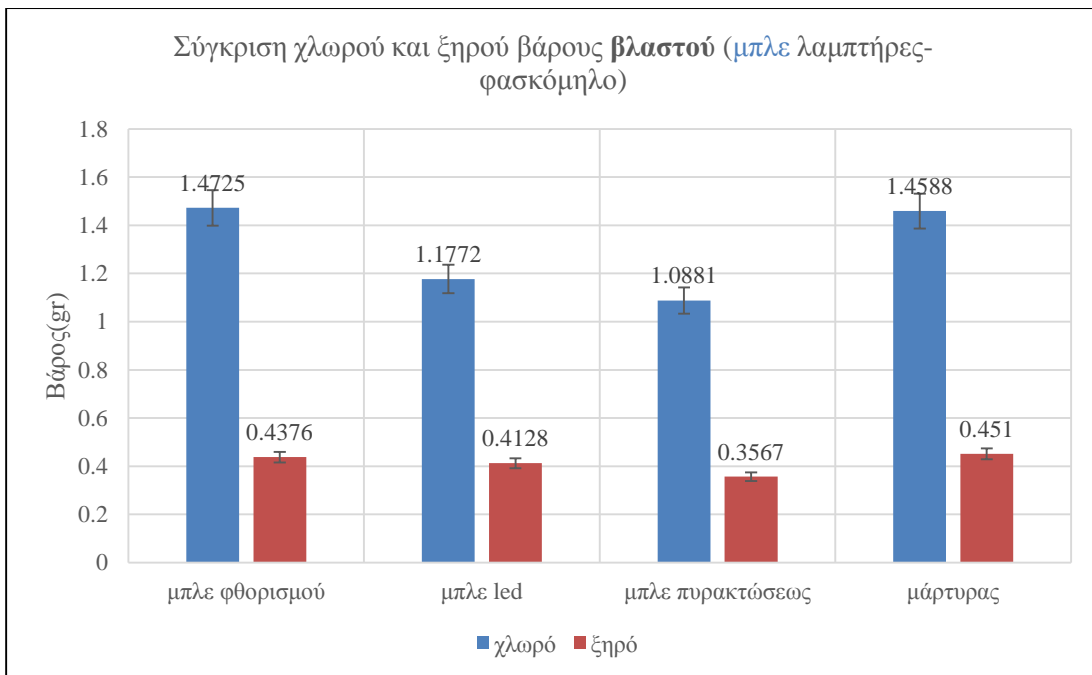
Ιστόγραμμα 3.5-2 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φύλλων μπλε λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)

Ο μέσος όρος **χλωρού βάρους φύλλων** φασκόμηλου που καταγράφηκε στην μεταχείριση του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού βρέθηκε να έχει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα αποτελέσματα που εμφανίστηκαν στις μεταχειρίσεις των υπολοίπων λαμπτήρων. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές των μέσων όρων χλωρού βάρους φύλλων που καταγράφηκαν στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα, του μπλε λαμπτήρα φθορισμού και του κόκκινου λαμπτήρα led. Ο μέσος όρος χλωρού βάρους φύλλων στην μεταχείριση του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού ήταν 1.7099 gr ενώ ακολουθούσε η τιμή που καταγράφηκε στα φυτά που είχαν προσθήκη συμπληρωματικού φωτισμού από τον μπλε λαμπτήρα φθορισμού με 1.3396 gr. Ο συμπληρωματικός φωτισμός που προήλθε από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού αύξησε κατά 22% το χλωρό βάρος φύλλων σε σχέση με την τιμή που εμφανίστηκε στην μεταχείριση του μπλε λαμπτήρα φθορισμού.

Η επίδραση που είχε το διαφορετικό φάσμα ακτινοβολίας του κάθε λαμπτήρα στο **ξηρό βάρος φύλλων** στα μοσχεύματα φασκόμηλου είχε ανάλογα αποτελέσματα με αυτά που εμφανίστηκαν στο χλωρό βάρος φύλλων. Ο μέσος όρος ξηρού βάρους φύλλων υπό την ακτινοβολία του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού ήταν μεγαλύτερος κατά 14 % σε σύγκριση με την μεταχείριση του μπλε λαμπτήρα φθορισμού που είχε τη δεύτερη μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου ξηρού βάρους φύλλων. Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων που έγιναν στα μοσχεύματα που βρίσκονταν κάτω από την ακτινοβολία των λαμπτήρων α) φθορισμού (μπλε και κόκκινο), β) led κόκκινο και γ) μάρτυρα.



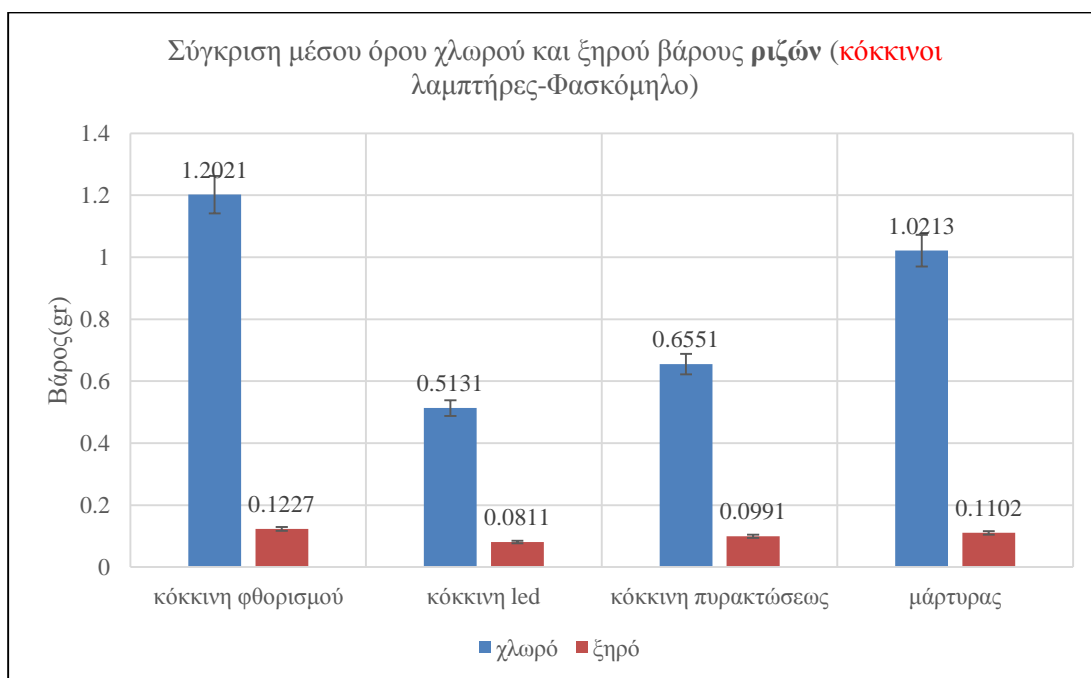
Ιστόγραμμα 3.5-3 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους βλαστού κόκκινων λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)



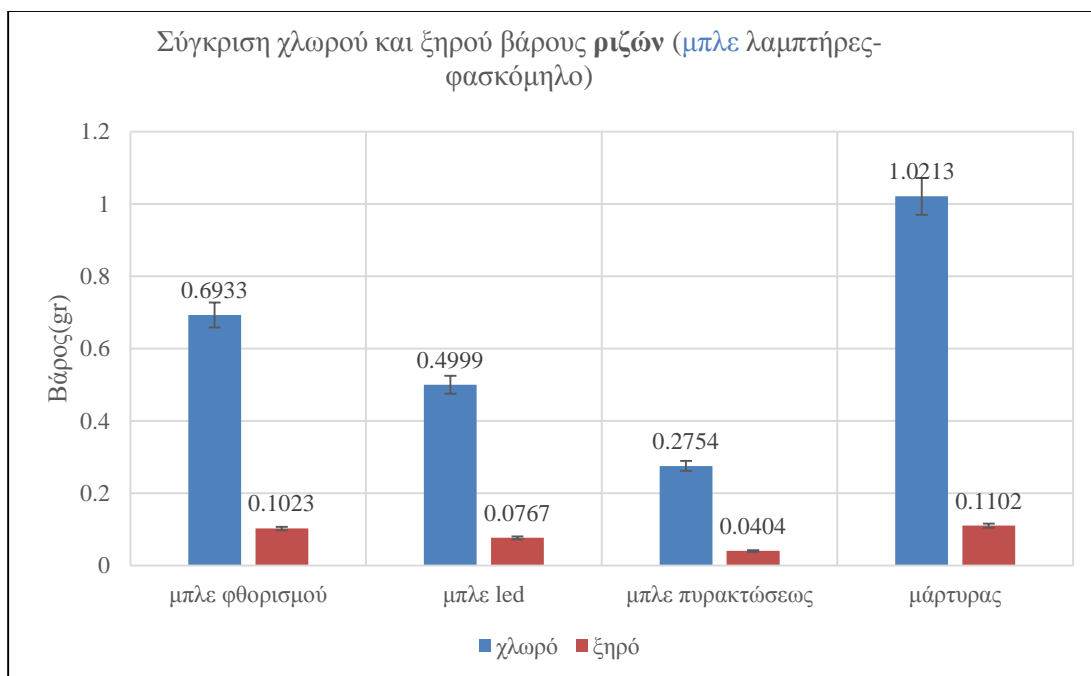
Ιστόγραμμα 3.5-4 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους βλαστού μπλε λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις που έγιναν στα μοσχεύματα φασκόμηλου για το **χλωρό βάρος βλαστού** βρήκαμε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μοσχευμάτων που βρίσκονταν κάτω από την επίδραση φωτισμού που προέρχονταν από τους λαμπτήρες φθορισμού κόκκινου και μπλε χρώματος καθώς και του μάρτυρα. Ωστόσο, η επίδραση φωτισμού από τον μπλε λαμπτήρα φθορισμού επηρέασε σημαντικά το χλωρό βάρος βλαστού σε σχέση με τις μετρήσεις που προήλθαν από τα μοσχεύματα που βρίσκονταν στους λαμπτήρες α) πυρακτώσεως (κόκκινο, μπλε) και β) Led (κόκκινο, μπλε).

Ο μέσος όρος **ξηρού βάρους βλαστού** στις μετρήσεις που έγιναν από τα μοσχεύματα φασκόμηλου διέφερε στατιστικά σημαντικά μόνο μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και των φυτών που βρισκόταν υπό την επίδραση φωτισμού από τον μπλε λαμπτήρα πυρακτώσεως. Δεν υπήρχαν σημαντικές μεταξύ των υπολοίπων λαμπτήρων.



Ιστόγραμμα 3.5-5 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους ριζών **κόκκινων** λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)

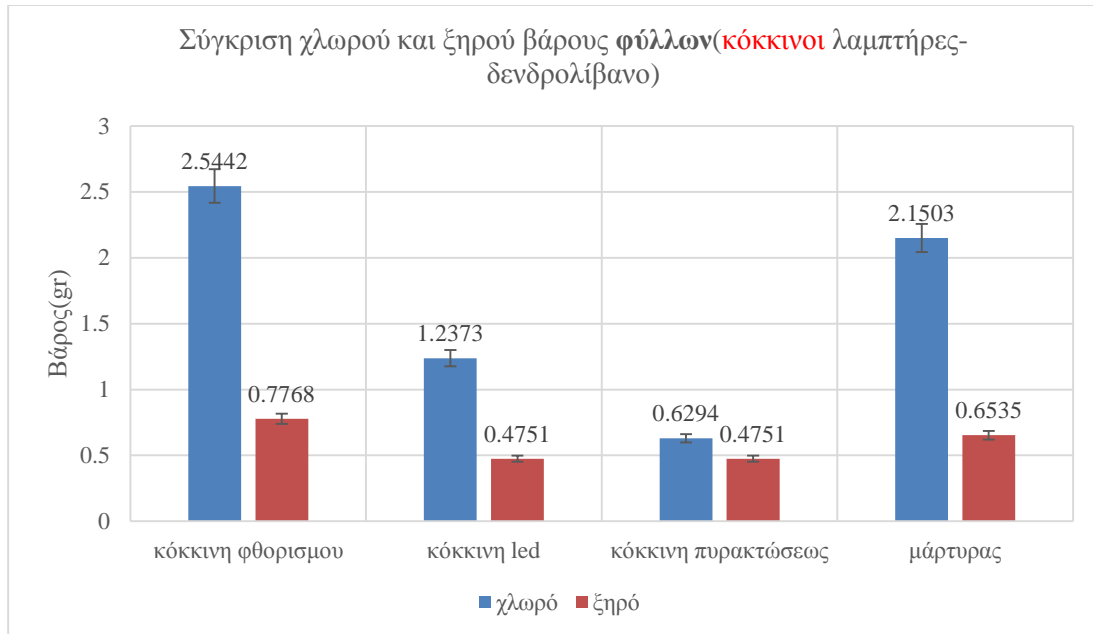


Ιστόγραμμα 3.5-6 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους ριζών *μπλε* λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Φασκόμηλο)

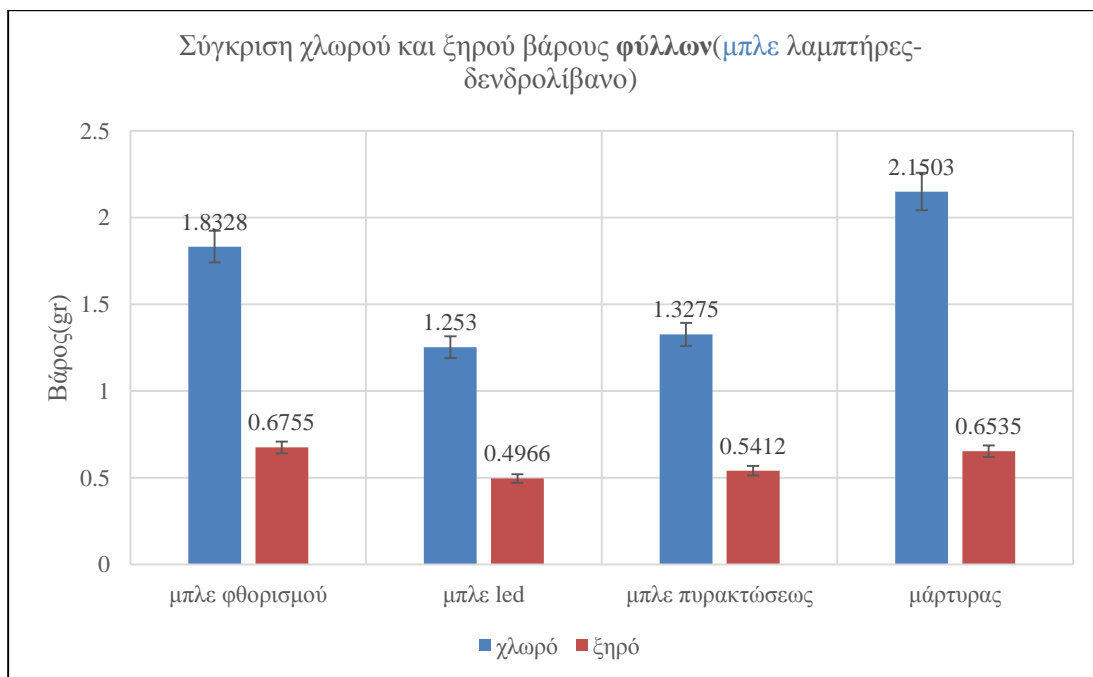
Οι μέσοι όροι **χλωρού βάρους ριζών** οι οποίοι προέκυψαν από τα μοσχεύματα φασκόμηλου που βρίσκονταν υπό την επίδραση του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού και του μάρτυρα, δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο κόκκινος λαμπτήρας φθορισμού είχε σημαντική διαφορά με όλους τους υπόλοιπους λαμπτήρες σε σχέση με την επίδραση που είχε στο χλωρό βάρος ριζών. Ο μάρτυρας δε διαφέρει σημαντικά σε σχέση με τον μπλε φθορισμού και τον κόκκινο πυρακτώσεως. Ο μέσος όρος χλωρού βάρους ριζών που προήλθαν από μοσχεύματα τοποθετημένα στον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού ήταν 1.2021 gr ενώ ακολουθούσε η μεταχείριση του μάρτυρα με 1.0213gr. Γίνεται αντιληπτό ότι ο κόκκινος λαμπτήρας φθορισμού έδωσε 15% περισσότερο χλωρό βάρος ριζών ακόμα και εάν οι μετρήσεις δεν διαφέρουν σημαντικά.

Οι μέσοι όροι **ξηρού βάρους ριζών** που προήλθαν από μοσχεύματα φασκόμηλου υπό την επίδραση συμπληρωματικού φωτισμού από τους διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μεταχειρίσεις μεταξύ των λαμπτήρων κόκκινου, μπλε φθορισμού, κόκκινης led και μάρτυρα. Ωστόσο, εάν και όχι στατιστικά σημαντικά, το ξηρό βάρος ριζών των φυτών φασκόμηλου που βρισκόταν υπό την επίδραση συμπληρωματικού φωτισμού από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού διέφερε κατά 10 % σε σχέση με το μάρτυρα που είχε τη δεύτερη μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου ξηρού βάρους ριζών.

3.6. Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους δενδρολίβανου



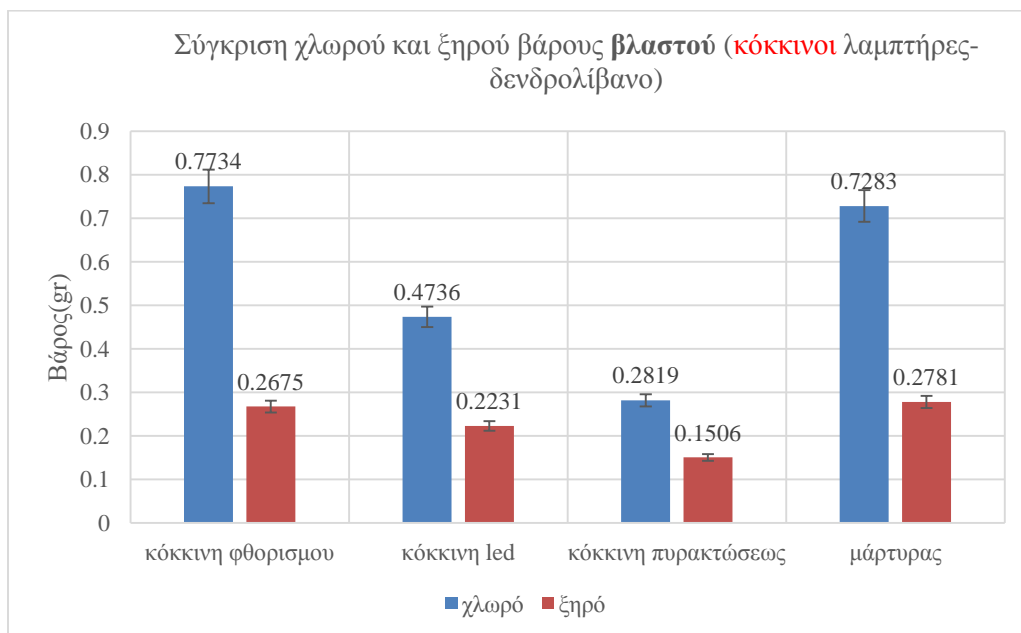
Ιστόγραμμα 3.6-1 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φύλλων *κόκκινων* λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)



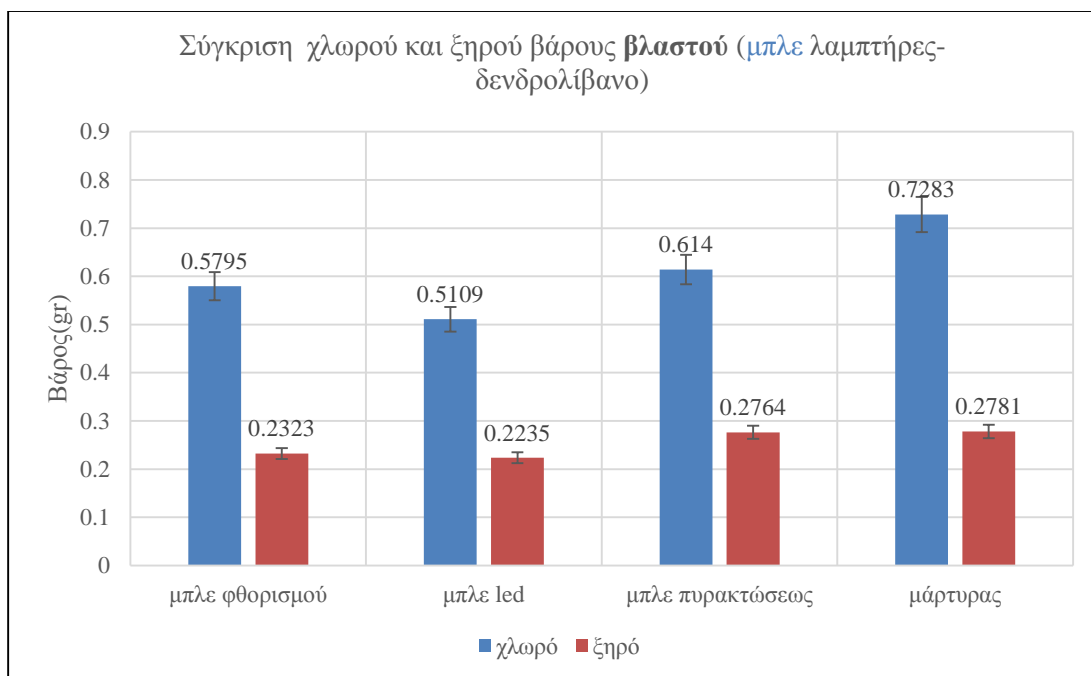
Ιστόγραμμα 3.6-2 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους φύλλων *μπλε* λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)

Θέλοντας να συγκρίνουμε **το χλωρό βάρος φύλλων** που προερχόταν από μοσχεύματα δενδρολίβανου, τα οποία βρισκόταν υπό την επίδραση διαφορετικού φάσματος ακτινοβολίας, βρήκαμε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων που προήλθαν από μοσχεύματα τα όποια φωτιζόταν από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού και μοσχευμάτων τα όποια δεν είχαν επίδραση τεχνητού φωτισμού, δηλαδή του μάρτυρα. Ο κόκκινος λαμπτήρας φθορισμού διαφέρει σημαντικά από όλους τους υπόλοιπους λαμπτήρες εκτός του μάρτυρα. Η τιμή του μέσου όρου χλωρού βάρους φύλλων με συμπληρωματικό φωτισμό από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού ήταν κατά 15% μεγαλύτερη από την προηγούμενη τιμή που κατείχε η μεταχείριση του μάρτυρα, αν και δεν εμφάνιζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι τιμές **ξηρού βάρους φύλλων** από μοσχεύματα δενδρολίβανου που είχαν συμπληρωματικό φωτισμό από τους λαμπτήρες φθορισμού (κόκκινο και μπλε) δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά με τις τιμές που προήλθαν από τη μεταχείριση του μάρτυρα. Η επίδραση του μήκους κύματος του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού βοήθησε στην αύξηση του ξηρού βάρους φύλλων σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως (μπλε και κόκκινο) και led (μπλε και κόκκινο). Ο μέσος όρος ξηρού βάρους φύλλων στην μεταχείριση του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού ήταν κατά 13% μεγαλύτερος σε σύγκριση με την αμέσως προηγούμενη τιμή που εμφανίστηκε στη μεταχείριση του μπλε λαμπτήρα φθορισμού αν και η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



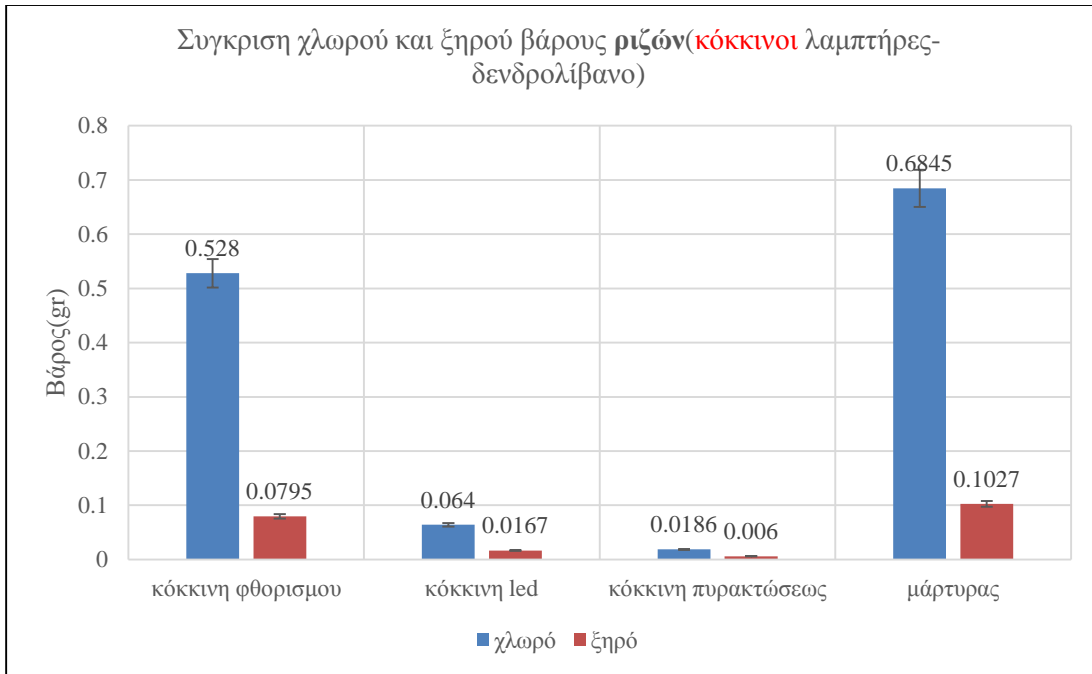
Ιστόγραμμα 3.6-3 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους βλαστού **κόκκινων** λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)



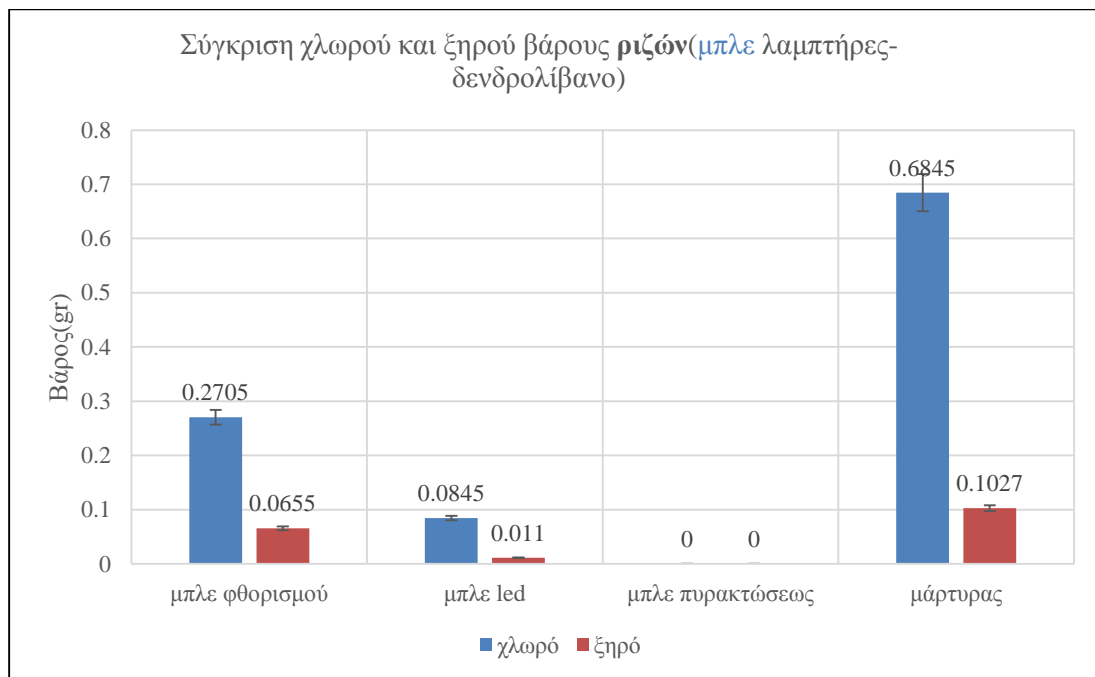
Ιστόγραμμα 3.6-4 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους βλαστού *μπλε* λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)

Στις μετρήσεις που έγιναν στο δενδρολίβανο για το **χλωρό βάρος βλαστού** υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων που προήλθαν από μοσχεύματα που ήταν υπό την επίδραση φωτισμού από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού και των λαμπτήρων κόκκινου χρώματος led και πυρακτώσεως. Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών που εμφανίσθηκαν στους λαμπτήρες φθορισμού (κόκκινο και μπλε), τον μάρτυρα, τον μπλε λαμπτήρα πυρακτώσεως και τον μπλε λαμπτήρα led. Η επίδρασή επιπλέον φωτισμού από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού είχε ως αποτέλεσμα ο μέσος όρος χλωρού βάρους ξύλου να είναι κατά 6% μεγαλύτερος από την αμέσως προηγούμενη μεγαλύτερη τιμή που εμφανιζόταν στην μεταχείριση του μάρτυρα.

Όσον αφορά το **ξηρό βάρος βλαστού** στις μετρήσεις που έγιναν δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των λαμπτήρων εκτός από τη μεταχείριση του κόκκινου λαμπτήρα πυρακτώσεως ο οποίος διέφερε σε σχέση με τους λαμπτήρες φθορισμού κόκκινου, μάρτυρα και μπλε πυρακτώσεως.



Ιστόγραμμα 3.6-5 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους ριζών κόκκινων λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)



Ιστόγραμμα 3.6-6 Σύγκριση μέσου όρου χλωρού και ξηρού βάρους ριζών μπλε λαμπτήρων Φθορισμού, Led, Πυρακτώσεως και μάρτυρα (Δενδρολίβανο)

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που αφορά την επίδραση της ακτινοβολίας των διαφορετικών λαμπτήρων στο **χλωρό βάρος ριζών** για το δενδρολίβανο, εμφάνισε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και αυτών του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού. Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και του κόκκινου λαμπτήρα φθορισμού διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με τα αποτελέσματα μέσω των όρων χλωρού βάρους ριζών που παρατηρήθηκαν στις μεταχειρίσεις των υπολοίπων λαμπτήρων. Ο τιμή χλωρού βάρους ριζών που εμφάνισε ο μάρτυρας εάν και δεν διέφερε σημαντικά από αυτήν που υπήρχε στην μεταχείριση της κόκκινης φθορισμού είχε διαφορά 22% στο χλωρό βάρος ριζών.

Οι τιμές των μέσων όρων **ξηρού βάρους ριζών** που προήλθαν από μοσχεύματα δενδρολίβανου δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των λαμπτήρων φθορισμού (κόκκινο και μπλε). Σημαντικές διαφορές βρέθηκαν στις τιμές αυτών (μάρτυρα και φθορισμού μπλε και κόκκινο) και των α) λαμπτήρων led (μπλε και κόκκινο), β) πυρακτώσεως (μπλε και κόκκινο).

4. Συζήτηση

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτει ότι το διαφορετικό φάσμα φωτός που προερχόταν από τους λαμπτήρες είχε επίδραση στα ποσοτικά χαρακτηριστικά (χλωρό και ξηρό βάρος φύλλων, βλαστού και ριζών) των μοσχευμάτων του φασκόμηλου και του δενδρολίβανου.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση νερού στα φύλλα μας υποδηλώνει καλύτερη προσρόφηση νερού, δηλαδή πιο ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα στα φυτά, όπου υπήρχε συμπληρωματικός φωτισμός από τον κόκκινο λαμπτήρα φθορισμού. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύτηκε και στις μετρήσεις χλωρού βάρους φύλλων και ριζών που εμφανίζονται στα αντίστοιχα ιστογράμματα του φασκόμηλου και του δενδρολίβανου και επιβεβαιώνεται από τους Poudel, Kataoka & Mochioka (2008) οι όποιοι παρατήρησαν ότι η ριζοβολία ήταν αυξημένη σε υβρίδια αμπέλου που αναπτύχθηκαν υπό επίδραση την κόκκινου φωτισμού.

Ο συμπληρωματικός κόκκινος φωτισμός των λαμπτήρων φθορισμού είχε επίδραση στη ριζοβολία μοσχευμάτων τόσο του φασκόμηλου όσο και του δενδρολίβανου. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό από την επίδραση κόκκινου φωτισμού, είχαν καλύτερο ριζικό σύστημα σε σύγκριση με αυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από μπλε. Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και σε έρευνες που έχει κάνει ο Moon (2006) σε φυτά *Tripterospermum japonicum* στα οποία ο κόκκινος φωτισμός αύξησε την ριζοβολία σε αντίθεση με τον μπλε.

Ο κόκκινος και μπλε φωτισμός των λαμπτήρων φθορισμού δεν επηρέασε αρνητικά αλλά θετικά το ξηρό βάρος βλαστού. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία σε περιβάλλοντα εμπλουτισμένα με μπλε και κόκκινα μήκη κύματος μπορεί να συνδεθεί με την αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης. Μελέτη που χρησιμοποίησε το *Gossypium hirsutum* L. διαπίστωσε ότι η χρήση του κόκκινου και του μπλε μονοχρωματικού φωτός έδωσε μεγαλύτερο έλεγχο του ανοίγματος των στομάτων που οδήγησε σε καλύτερη φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα και κατά συνέπεια μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής ύλης (Li, Xu, & Tang, 2010). Έχει βρεθεί ότι ο συνδυασμός μπλε και ερυθρού χρώματος λαμπτήρων δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα ριζοβολίας. Όπως επισημαίνουν οι NhutT, Takamura, WatanabeK, & Okamoto, (2003) σε αντίστοιχα πειράματα οι φράουλες είχαν τα καλύτερα αποτελέσματα πολλαπλασιασμού σε περιβάλλον 70% κόκκινου και 30% μπλε φωτισμού.

Στην περίπτωση του φασκόμηλου η επίδραση που είχε το φάσμα εκπομπής του μπλε λαμπτήρα φθορισμού στις τιμές μέσου όρου χλωρού - ξηρού βάρους ξύλου και φύλλων ήταν μεγάλη, ενώ στο δενδρολίβανο τα αποτελέσματα δεν ήταν τόσο υψηλά. Ο μπλε φωτισμός επιδρά θετικά σε ορισμένα φυτά όπως επιβεβαιώνεται και από τους Li, Xu, & Tang, (2010), (SAMUOLIENĖ, BRAZAITYTĖ, & URBONA, 2010) οι οποίοι όμως υποστηρίζουν ότι θα πρέπει να συνδυάζεται με ποσότητα ερυθρού φωτός.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του χλωρού και ξηρού βάρους για τις διαφορετικές περιπτώσεις λαμπτήρων και φυτών θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ανάπτυξη των μοσχευμάτων στη μεταχείριση του μάρτυρα σημείωσε υψηλά ποσοστά ριζοβολίας σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Το μήκος κύματος της περιόδου όπου γίνονταν το πείραμα ήταν πλούσιο σε μήκη κύματος που αυξάνουν τον ρυθμό φωτοσύνθεσης όπως είναι το ερυθρό και κυανό, παρατήρηση που δικαιολογεί τις υψηλές τιμές μέσου όρου που εμφάνισε η μεταχείριση του μάρτυρα. Ο συμπληρωματικός φωτισμός ίσως είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται σε περιόδους όπου η ηλιακή ενέργεια είναι χαμηλής έντασης όπως αναφέρει και ο Σάββας (2003).

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν φαίνεται να είχαν θετική επίδραση στην ριζοβολία των μοσχευμάτων φασκόμηλου και δενδρολίβανου. Όπως φάνηκε και στο 3.3 υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις όσον αφορά τις θερμοκρασίες που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και συγκεκριμένα ο κόκκινος είχαν υψηλή εκπομπή θερμότητας με αποτέλεσμα να δημιουργούν συνθήκες έντονης αναπνοής. Η θερμοκρασία στην περίπτωση της μεταχείρισης των λαμπτήρων πυρακτώσεως κυμαινόταν σε υψηλότερες τιμές από ότι στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με αποτέλεσμα τα φυτά να ελαττώσουν στο ελάχιστο το ρυθμό φωτοσύνθεσης ή ακόμα να σταματήσουν να φωτοσυνθέτουν εξαιτίας βλαβών που προκάλεσαν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες. Οι Taiz & Zeiger, (2012) αναφέρουν ότι η υψηλή ένταση φωτός μπορεί να οδηγήσει σε φωτοαναστολή, φαινόμενο κατά το οποίο όταν τα φύλλα εκτίθενται σε υψηλές εντάσεις φωτός, τις οποίες αδυνατούν να διαχειριστούν, τότε τα κέντρα αντίδρασης του PSII απενεργοποιούνται και είναι πολύ πιθανόν να καταστρέφονται. Η φωτοαναστολή πιθανώς είναι η αιτία για τις πολύ μικρές τιμές χλωρού και ξηρού βάρους που κατείχαν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως σε σχέση με τους υπόλοιπους λαμπτήρες.

Οι λαμπτήρες led σε αντίθεση με τα όσα αναφέρουν οι Wu & Toit (2012) και Tennesen, Singsaas & Shark (1994) δεν είχαν την επιθυμητή απόδοση ριζοβολίας στο φασκόμηλο και στο δενδρολίβανο. Με την ευρεία διάδοση και συνεχή ανάπτυξη των λαμπτήρων led σίγουρα

υπάρχουν τύποι λαμπτήρων αυτής της τεχνολογίας με τους οποίους θα μπορούσαμε να έχουμε πετύχει καλύτερα αποτελέσματα στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Αιτία των χαμηλών ποσοστών ριζοβολίας στα μοσχεύματα δενδρολίβανου και φασκόμηλου θα μπορούσε να είναι το φάσμα εκπομπής των λαμπτήρων led το οποίο υστερούσε σε σχέση με αυτό των λαμπτήρων φθορισμού με αποτέλεσμα να μην να έχουμε θετική επίδραση στην ριζοβολία.

5. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής επιτρέπουν την εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων :

- Το μήκος κύματος που προερχόταν από την προσθήκη κόκκινου συμπληρωματικού φωτισμού από τους λαμπτήρες φθορισμού αύξησε το χλωρό και ξηρό βάρος φύλλων και ριζών στα μοσχεύματα φασκόμηλου και δενδρολίβανου.
- Η εκπομπή συμπληρωματικού φωτισμού από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως φαίνεται να επηρέασε αρνητικά την ριζοβολία των μοσχευμάτων φασκόμηλου και δενδρολίβανου.
- Χρήση συμπληρωματικού φωτισμού για την ριζοβολία μοσχευμάτων είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται κατά την περίοδο που η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρή.
- Οι λαμπτήρες led (κόκκινος και μπλε) έχουν μικρότερη επίδραση στην ριζοβολία των μοσχευμάτων φασκόμηλου και δενδρολίβανου σε σύγκριση με τους λαμπτήρες φθορισμού (κόκκινος και μπλε).

5.1. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήσαμε ορισμένες διαφορές οι οποίες ωστόσο δεν μελετήθηκαν. Οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα συνοψίζονται στις εξής :

- Χρησιμοποίηση ειδικών λαμπτήρων οι οποίοι εκπέμπουν συνδυασμό ερυθρού και κυανού φάσματος ακτινοβολία.
- Μελέτη της επίδρασης του διαφορετικού μήκους κύματος λαμπτήρων στο ποσοστό άνθισης .

6. Βιβλιογραφία

- Moon, K. H. (2006). Growth of Tsuru-rindo (*Tripterispermum japonicum*) cultured in vitro under various sources of light-emitting diode (LED) irradiation. *Journal of Plant Biology*, 174-179.
- Nhut T, D. T., Takamura, T., Watanabe K, H., & Okamoto, M. (2003). Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 43–52.
- Wu, H.-C., & Toit, E. S. (2012). In Vitro Organogenesis of *Protea cynaroides* L. Shoot-Buds Cultured Under Red and Blue Light-Emitting Diodes. In Dr. Ken-Ichi Sato , *Embryogenesis*. InTech. Retrieved from http://cdn.intechopen.com/pdfs/35565/InTech-In_vitro_organogenesis_of_protea_cynaroides_l_shoot_buds_cultured_under_red_and_blue_light_emitting_diodes.pdf
- AHDB, C. S. (n.d.). Retrieved from Horticulture AHDB: https://horticulture.ahdb.org.uk/sites/default/files/u3089/Lighting_The-principles.pdf
- Beckett, K. A. (1998). *Θερμοκηπία*. Εκδόσεις Ψύχαλλου.
- Commonwealth Secretariat. (2001). *A Guide to the European Market for Medicinal Plants and Extracts*. London.
- Hartmann, H. T., Kestler, D. E., Geneve, R., & Davies, F. T. (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation*. Essex: Pearson.
- Klein, D. (2015). *Οργανική Χημεία για τις Επιστήμες της Ζωής*. Αθήνα: Εκδόσεις Utopia.
- Krug, H. (1991). *Gemueseproduction., Berli*. Hamburg: Paul Parey.
- Li, H., Xu, Z., & Tang, C. (2010). Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* , 103(2):155-163.
- Moe , R., & Andersen, A. S. (1988). Stock plant environment and subsequent adventitious rooting. In T. D. Davis, B. E. Haissig , & N. Sankhl, *Adventitious root formation in cuttings. Advances in Plant Science Series, Volume 2*. Portland: Dioscorides Press.
- Nelson, P. V. (2011). *Greenhouse Operation and Management, 7th Edition*. Pearson.
- Poudel, P. R., Kataoka, I., & Mochioka, R. (2008). Effect of red and blue light emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 147–153.

- Puspa , P. R., Ikuo , K., & Ryosuke, M. (2007). Effect of red- and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. *Plant Cell Tiss Organ Cult* (2008) , 92:147–153.
- Raven, P., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2014). *Βιολογία των φυτών*. Αθήνα: Εκδόσεις Utopia.
- SAMUOLIENĖ, G., BRAZAITYTĖ, A., & URBONA, A. (2010). The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97, 99–104. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103240321>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2012). *Φυσιολογία φυτών*. Αθήνα: Εκδόσεις Utopia.
- Tennessen, D. J., Singsaas, L. E., & Shark, T. D. (1994). Light emitting diodes as a light source for photosynthesis research. *Photosynthesis Research*, 85–92.
- Wojciechowska, R., Kołton, A., Długosz-Grochowska, O., & Żupnik, M. (2015). Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles.
- Δόρδας, Χ. (2009). *Συμπληρωματικές σημειώσεις για το μάθημα των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών*. Θεσσαλονίκη: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.
- Κατσιώτης, Σ. Θ., & Χατζοπούλου, Π. Σ. (2010). *Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη α.ε.
- Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ., & Κρίγκας, Ν. (2013). Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών φαρμακευτικών φυτών-Βασικές αρχές καθετοποιημένης παραγωγής. *ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ*, 90. Retrieved from [http://www.moa.gov.cy/moa/ari/ari.nsf/all/C810E0B75DCCE0F0C2257B6D003A569D/\\$file/open_access_gewee_kall_fitwn.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/ari/ari.nsf/all/C810E0B75DCCE0F0C2257B6D003A569D/$file/open_access_gewee_kall_fitwn.pdf?openelement)
- Ρούσος, Π. (2008). *Πολλαπλασιασμός καρποφόρων δέντρων και θάμνων*. Retrieved from <https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Lecture%20Post%20Graduate%20vF.pdf>
- Σάββας, Δ. (2003). *Γενική ανθοκομία*. Αθήνα: Εκδόσεις Έμβρυο.
- Σκρουμπής, Β. (1998). *Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας*. Αθήνα: Αγρότυπος Α.Ε.
- ΥΑΑΤ. (2017). *Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο ανάπτυξης για την καλλιέργεια, επεξεργασία και εμπορία των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα*. Αθήνα: Υπουργείο Αγροτικής

Ανάπτυξης & Τροφίμων. Retrieved from
[http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Aromatika_Fyta/stratighko_sxedio_a
ff260218.pdf](http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Aromatika_Fyta/stratighko_sxedio_a
ff260218.pdf)