

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ & ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθρ. Πρωτοκ. <u>59</u>
Ημερομηνία <u>13-10-2004</u>

Πτυχιακή Διατριβή

Φοιτήτρια: Πετσάνη Δόμνα (Α.Ε.Μ.: 543)

Τίτλος:

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΕΓΧΡΩΜΟΥ ΦΩΤΟΕΚΛΕΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ ΓΑΡΔΕΝΙΑΣ»**



Επιβλέπων Καθηγητής: Κίττας Κωνσταντίνος

Βόλος, 2004



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 4201/1
Ημερ. Εισ.: 15-12-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2004
ΠΕΤ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΕΓΧΡΩΜΟΥ ΦΩΤΟΕΚΛΕΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ ΓΑΡΔΕΝΙΑΣ»**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κ. Κίττας (Επιβλέπων)

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών & Ελέγχου Περιβάλλοντος

Π. Λόλας (Μέλος)

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Ζιζανιολογίας

Ι. Α. Χα (Μέλος)

Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών

*Στην Οικογένειά μου,
ως ελάχιστο δείγμα εκτίμησης της ηθικής και υλικής
υποστήριξης που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια
των σπουδών μου.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον Κο Κωνσταντίνο Κίττα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το γνωστικό αντικείμενο των Γεωργικών Κατασκευών, καθώς και για την ηθική συμπαράσταση και την επιστημονική και υλικοτεχνική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κ.κ. Π. Λόλα, Καθηγητή Ζιζυιολογίας και τον κ.κ. Ι. Α. Χα, Καθηγητή Λαχανοκομίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και τη συμβολή τους στην άρτια διαμόρφωση και ολοκλήρωση της εν λόγω διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τον Κο Χρήστο Λύκα, Υποψήφιο Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και την πολύτιμη συμβολή του στην άρτια οργάνωση του πειράματος και τη συγγραφή της παρούσης διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σύγχρονη τάση παραγωγής ανθοκομικών γλαστρικών φυτών με νάνα διαμόρφωση που προέκυψε τα τελευταία χρόνια από την αυξημένη ζήτηση των διεθνών ανθαγορών, επέβαλε την εφαρμογή ρυθμιστών ανάπτυξης σε πολλές ανθοκομικές καλλιέργειες και σε μια ευρεία κλίμακα καλλιεργούμενων ποικιλιών. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ποιότητα του φωτός στο οποίο αναπτύσσονται ορισμένα είδη φυτών μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξή τους. Πιο συγκεκριμένα, οι λόγοι R:FR και B:R φαίνεται ότι επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης, όπως η επιμήκυνση των βλαστών, μέσω της διαδικασίας της φωτομορφογένεσης. Δεδομένου ότι μέχρι σήμερα η διαμόρφωση νάνων φυτών γίνεται με εφαρμογή ρυθμιστών αύξησης, η χρήση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης με χρωστική που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία στα μήκη κύματος 700-800 nm (FR) θα μπορούσε να αποτελέσει μια εναλλακτική μέθοδο για την εκδήλωση νάνων χαρακτηριστικών σε μοσχεύματα και φυτά γαρδένιας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία νάνων (compact) γλαστρικών φυτών. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν: α) απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (μάρτυρας) β) απλό φύλλο πολυαιθυλενίου με αυξημένο συντελεστή σκίασης και γ) φωτοεκλεκτικό φύλλο πλαστικού με χρωστική απορρόφησης του FR (μπλε χρώματος). Έγιναν μετρήσεις των οπτικών χαρακτηριστικών των τριών υλικών κάλυψης στο εργαστήριο, του ρυθμού επιμήκυνσης του βλαστού, του μήκους των μεσογονατίων του βλαστού, του ξηρού βάρους των εκπτυχθέντων φύλλων, του βλαστού και της ρίζας, καθώς και της φυλλικής επιφάνειας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι:

A) Οι λόγοι B:R και ζ είναι πολύ μεγαλύτεροι για το φωτοεκλεκτικό υλικό και παρόμοιοι για τα δύο άλλα υλικά κάλυψης.

B) Μοσχεύματα γαρδένιας που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό πλαστικό παρουσίασαν χαρακτηριστικά νανισμού (κοντότερο βλαστό, μικρότερη φυλλική επιφάνεια).

Γ) Το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης ήταν αποτελεσματικότερο στην περίπτωση ανάπτυξης μοσχευμάτων απ' ό τι στην περίπτωση φυτών που είχαν προηγούμενη ριζοβολία σε συνήθεις συνθήκες φωτισμού.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την επίδραση του φωτοεκλεκτικού υλικού στην εκδήλωση των νάνων χαρακτηριστικών και δείχνουν ότι οι λόγοι B:R και ζ καθορίζουν την ένταση του νανισμού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Η ανθοκαλλιέργεια στην Ελλάδα και τη Μαγνησία.....	1
2. Η γαρδένια.....	6
3. Η γαρδένια και η αγορά του προϊόντος.....	8
3.1. Πολλαπλασιασμός.....	9
3.2. Τεχνικές παραγωγής νάνων (compact) φυτών.....	10
4. Σκοπός της εργασίας.....	11

Κεφάλαιο 1^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. Γενικά.....	13
2. Η ηλιακή ακτινοβολία.....	14
3. Ηλιακή Ακτινοβολία και Θερμοκήπιο.....	16
4. Αντιδράσεις του φυτού στο φως.....	17
4.1. Η φωτοσύνθεση.....	17
4.2. Ο φωτοπεριοδισμός.....	18
4.2.1. Το Φυτοτόχρωμα και ο λόγος φ.....	21
4.3. Η φωτομορφογένεση.....	24
5. Οι ρυθμιστές αύξησης.....	27
6. Χρήση Φωτοεκλεκτικών Υλικών Κάλυψης.....	31

Κεφάλαιο 2^ο : ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Περιγραφή του Θερμοκηπίου.....	38
2. Εγκατάσταση της Καλλιέργειας.....	40
3. Μετρήσεις.....	41
3.1. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης.....	41
3.2. Κλιματικές Παράμετροι.....	41
3.3. Παράμετροι ανάπτυξης των φυτών.....	42
4. Επεξεργασία των δεδομένων.....	43

Κεφάλαιο 3^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης.....	44
2. Πείραμα στο ριζωτήριο.....	45
3. Πειράματα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου.....	52

Κεφάλαιο 4^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
---	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66
--------------------------	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Η ανθοκαλλιέργεια στην Ελλάδα και τη Μαγνησία

Η ανθοκομία στην Ελλάδα είναι από τους νεότερους κλάδους της γεωργίας και ουσιαστικά αναπτύχθηκε τα τελευταία 30 χρόνια. Οι ανθοκαλλιέργειες, υπό την έννοια της συστηματικής καλλιέργειας και εμπορίας ανθοκομικών ειδών, ξεκίνησαν τη δεκαετία του '50 από την Αττική και αργότερα αναπτύχθηκαν και σε άλλες περιοχές της χώρας.

Σημαντική ανάπτυξη της ανθοκαλλιέργειας παρουσιάστηκε μόνο σε ορισμένες περιοχές, όπου οι κλιματολογικές συνθήκες υπήρξαν ευνοϊκές.

Μέχρι το 1977 κύρια μορφή καλλιέργειας ήταν η υπαίθρια, ενώ η θερμοκηπιακή ήταν ακόμα σε περιορισμένη έκταση. Στη συνέχεια, οι υπαίθριες καλλιέργειες και για μια 20ετία υπέστησαν βαθμιαία μείωση της τάξης του 30%, ενώ αντίστοιχα οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες παρουσίασαν αλματώδη αύξηση και σχεδόν τριπλασιάστηκαν στο ίδιο χρονικό διάστημα. Γενικά, η έκταση των καλλιεργειών κυμάνθηκε την τελευταία δεκαετία μεταξύ 8.000 και 10.000 στρεμμάτων, /όπως φαίνεται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Ανθοκαλλιέργειες υπαίθρου και θερμοκηπίων σε στρέμματα (Υπουργείο Γεωργίας, 1999).

Μορφή καλ/γείας	1969	1977	1980	1988	1992	1996	1997	1998
Υπαίθρου	3520	8800	8175	5549	5530	5430	5430	6237
Θερμοκηπίου	230	1200	1652	2685	3271	3410	3500	3550
Σύνολο	3750	8000	9827	8234	9032	8940	8930	9787

Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας, οι ανθοκαλλιέργειες αποτελούν το 0,03% των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων της χώρας, ενώ η αξία των παραγόμενων ειδών αποτελεί το 3,17% της αξίας της φυτικής παραγωγής. Επίσης, οι ανθοκο-

μικές εκμεταλλεύσεις αποτελούν το 0,17% του συνόλου των αγροτικών εκμεταλλεύσεων της χώρας (1.526/900.000 στρ.) και η μέση ανά εκμετάλλευση έκταση είναι 6,3 στρ. έναντι 43 στρ., που είναι η έκταση της μέσης γεωργικής εκμετάλλευσης της χώρας.

Το μεγαλύτερο μέρος των ανθοκαλλιεργειών βρίσκεται στην Αττική (67,4-61,9%) και ακολουθούν η Κρήτη (12-10,2%), η Δυτική και Κεντρική Μακεδονία (6,1-8,8%), η Πελοπόννησος και η Δυτική Στερεά (6-8,6%), η Θεσσαλία (6,9-3%), η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (1,2-2%) και η Ήπειρος (0,4-1,5%), όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2:

Πίνακας 2: Εκτάσεις με ανθοκαλλιέργειες (%) ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, κατά τα έτη 1988-1998.

Γεωγραφικό Διαμέρισμα	1988	1992	1996	1998
Αττική & Νήσοι	67,4	64	61,9	63
Κρήτη	12	10,4	10,2	10,5
Πελοπόννησος & Δ.Στερεά	6	8,8	8,6	10
Στερεά Ελλάδα	-	-	-	3,5
Θεσσαλία	6,9	6,1	2,7	3
Ήπειρος	0,4	1,1	-	-
Δ.&Κ. Μακεδονία	6,1	8,2	8,8	9
Ανατ. Μακεδονία & Θράκη	1,2	1,4	-	-
Σύνολο	100	100	100	100
Συνολική έκταση	8.234	9.032	8.940	9.787

Η καλλιέργεια της γαρδένιας στο νομό Μαγνησίας και ιδιαίτερα στην περιοχή του Πηλίου, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες και πιο προσοδοφόρες καλλιέργειες, με μεγάλο εξαγωγικό ενδιαφέρον. Το μικροκλίμα της περιοχής βοηθά στην καλή αύξηση και ανάπτυξη των παραδοσιακά καλλιεργούμενων φυτών στην ύπαιθρο. Σχετικά πρόσφατα, η καλλιέργεια της γαρδένιας έχει αρχίσει να εντατικοποιείται και σε σημαντικό ποσοστό να γίνεται υπό κάλυψη (σε θερμοκήπια).

Η ανθοκομία στο Νομό Μαγνησίας ξεκίνησε ως υπαίθρια καλλιέργεια το 1960 και μέσα σε μια 25ετία (1975-2000) παρουσίασε μια δυναμική εξέλιξη, με αποτέλεσμα σήμερα ο νομός αποτελεί ένα από τα σημαντικά κέντρα παραγωγής σε εθνικό επίπεδο.

Η γαρδένια σε χαμηλά σχήματα και σε μικρό μέγεθος γλάστρας (compact), έχει γίνει σήμερα το σήμα κατατεθέν της περιοχής και παρουσιάζει μεγάλο εξαγωγικό ενδιαφέρον. Η ζήτηση έχει αυξηθεί τόσο, που δε μπορεί να ικανοποιηθεί από την υπάρχουσα υποδομή.

Η ιδιαιτερότητα του μικροκλίματος του Αν.Πηλίου και το ήπιο κλίμα των περιοχών Βόλου-Αλμυρού, καθώς και η πρωτοποριακή συνεργασία και συγρότηση ομάδων από παραγωγούς των περιοχών Αγριάς –Αγ.Λαυρεντίου-Λεχωνίων, έχουν βοηθήσει στην εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής σε σημαντικό κέντρο παραγωγής γλαστρικών φυτών γαρδένιας.

Οι παράγοντες που ευνόησαν την ανάπτυξη της ανθοκομίας στο Νομό Μαγνησίας είναι κυρίως:

- Η ύπαρξη ευνοϊκού μικροκλίματος και υδάτινων πόρων με νερά άριστης ποιότητας. Τα παραπάνω συνέβαλλαν στην παραγωγή φυτών εξαιρετικής.
- Η στελέχωση μεγάλου μέρους των μονάδων με προσωπικό μόρφωσης πανεπιστημιακού επιπέδου.
- Η ευρεία γνώση του αντικείμενου λόγω πολυετούς πείρας.
- Η σύνδεση των υπάρχοντων μονάδων με ερευνητικά κέντρα τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού.
- Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων ερευνητικών προγραμμάτων.
- Η ουσιαστική συμπαράσταση των αρμοδίων υπηρεσιών και του Υπουργείου Γεωργίας.

Η έκταση των θερμοκηπιακών ανθοκομικών καλλιεργειών θερμοκηπίου και υπαίθρου στο Νομό Μαγνησίας κατά τη δεκαετία 1990 έως 1999 παρουσίασε αύξηση, με την υπαίθρια καλλιέργεια να υπερέχει σε σχέση με την καλλιέργεια υπό κάλυψη, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3:

Πίνακας 3: Εκτάσεις ανθοκομικών καλλιέργειών στο Ν.Μαγνησίας (στρ.).

Μορφή καλλιέργειας	Έτος	
	1990	1999
Θερμοκήπια	100,5	165
Σκίαστρα	25	20
Υπαίθρια	185	200
Σύνολο	310,5	385

Στην καλλιέργεια των ανθοκομικών φυτών υπό κάλυψη, φαίνεται ότι προτιμούνται τα αμφίρρικτα υαλόφρακτα και τα τροποποιημένα τοξωτά με κάλυψη από πολυαιθυλένιο θερμοκήπια., σύμφωνα με τον Πίνακα 4. Τα θερμοκήπια αυτά διαμορφώνουν στο εσωτερικό τους καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, βοηθούν στην εκτέλεση των εργασιών και επιδέχονται σε μεγάλο βαθμό την εγκατάσταση αυτοματισμών.

Πίνακας 4: Χρησιμοποιούμενοι τύποι θερμοκηπίων (στρ.).

Τύποι θερμοκηπίων	Έτος	
	1990	1995
Υαλόφρακτα	54,5	75
Μεταλλικά πλαστικά	22,5	65
Εύλινα πλαστικά τυποποιημένα	3,5	5
Εύλινα πλαστικά	20	20
Σύνολο	100,5	165

Από τα καλλιεργούμενα είδη, το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούν τα ανθοκομικά φυτά και ακολουθούν τα φυτά που καλλιεργούνται για το φύλλωμά τους, σύμφωνα με τον Πίνακα 5:

Πίνακας 5: Καλλιεργούμενα είδη στα θερμοκήπια (στρ.).

Είδη	Έτος	
	1990	1999
Γαρύφαλλα	5	2
Ντάλιες	4	-
Τραντάφυλλα	-	10
Πράσινα φυλλώματος	43	60
Ανθοκομικά φυτά	40,5	80
Πολ/κό υλικό	2	3
Φυτά κηποτεχνίας	6	10
Σύνολο	100,5	165

Η συνεχής αύξηση της έκτασης και της παραγωγής επέφερε μια αντίστοιχη αύξηση της αξίας του παραγόμενου προϊόντος (Πίνακας 6). Το γεγονός αυτό είναι λιγικό να επιβάλλει και μια αντίστοιχη αύξηση των χημικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του (σκευάσματα φυτοπροστασίας και ρυθμιστές αύξησης).

Πίνακας 6: Αξία παραγωγής στο Ν. Μαγνησίας (χιλ. δρχ).

Είδος	1990		1999	
	Έκταση (στρ.)	Αξία πα- ραγωγής	Έκταση (στρ.)	Αξία πα- ραγωγής
1. Πράσινα φυλλώματος (Φίκοι, σε- φλέρες, δράκαινες, φυλλόδενδρα, κέ- ντιες, κ.λ.π.).	43	387.000	60	540.000
2. Ανθοκομικά φυτά (γαρδένια νάνα, γαρδένια κοινή, καμέλια, κυκλάμινα, κ.λ.π.).	10,5	360.500	800	720.000
3. Δρεπτά				
Γαρύφαλλο	5	45.000	2	18.00
Ντάλια	4	36.000	-	-
Τριαντάφυλλο	-	-	10	90.000
4. Πολύκό υλικό	2	18.000	3	27.000
5. Φυτά κηποτεχνίας	6	54.000	10	90.000
Σύνολο	100,5	904.500	165	1.485.000

2. Η γαρδένια

Η γαρδένια (*Gardenia jasminoides* Ellis cv. veittchii) ανήκει στην οικογένεια των Rubiaceae και είναι ένας αειθαλής, μικρός θάμνος που μπορεί να φθάσει σε ύψος μέχρι και 2 m (Εικ. 1).



Εικόνα 1: Θαμνώδες φυτό γαρδένιας.

Το φυτό είναι ιθαγενές είδος της Κίνας και της Νότιας Ιαπωνίας. Τα φύλλα του είναι σκούρα πράσινα, λογχοειδή έως ωσειδή και το μήκος τους μπορεί να φθάσει έως και τα 10 cm. Έχει άνθη εύοσμα, λευκά, πολυπέταλα, τελικά, διαμέτρου 7-12 cm (Εικ. 2). Ο κάλυκας αποτελείται από 5 πράσινα σέπαλα, ενώ η στεφάνη από 5 έως 9 λευκά, κηρώδη πέταλα. Συχνά οι στήμονες και ο στύλος μεταμορφώνονται με αποτέλεσμα της εμφάνιση στείρων ανθέων. (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001).



Εικόνα 2: Άνθος γαρδένιας.

Η γαρδένια κατατάσσεται στα γλαστρικά ανθοκομικά φυτά που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο για την παραγωγή φυτών σε φυτοδοχεία (Σάββας, 2003).

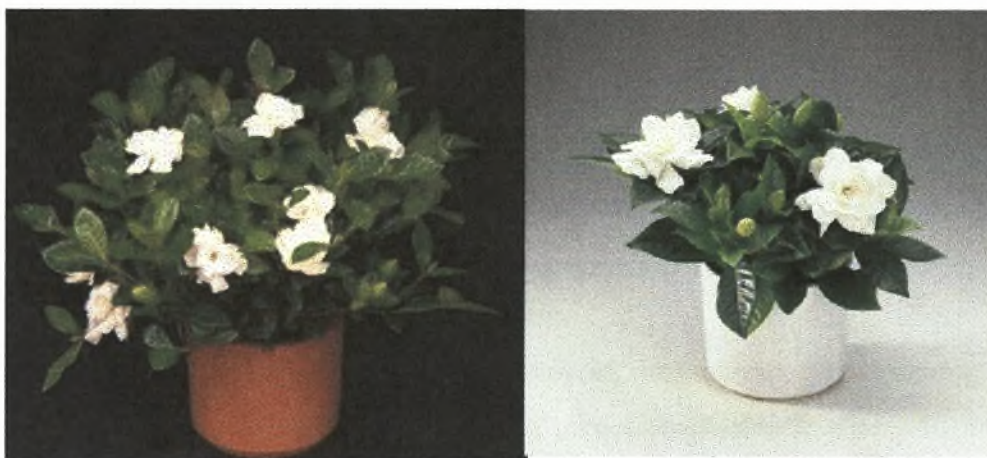
Στη φύση, οι καταβολές του πρώτου άνθους της γαρδένιας σχηματίζονται τον Ιούλιο. Στη συνέχεια, 2 ή 3 βλαστοί εμφανίζονται από μασχαλιαίους οφθαλμούς από τις αρχές Σεπτεμβρίου. Οι πρωτεύοντες ανθοφόροι οφθαλμοί ολοκληρώνονται στα τέλη του Οκτωβρίου και μετά εισέρχονται σε λήθαργο. Οι δευτερεύοντες ανθοφόροι οφθαλμοί αναπτύσσονται πολύ αργά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα άνθη εμφανίζονται τον επόμενο χρόνο από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο.

Τα φυτά γαρδένιας διατηρούνται σε ένα εύρος θερμοκρασιών από 16 έως 24° C, ενώ για τη διαφοροποίησης ανθοφόρων οφθαλμών απαιτείται σταθερή θερμοκρασία 16-17° C. Οποιαδήποτε αλλαγή στη θερμοκρασία της νύχτας έχει ως συνέπεια τη μειωμένη άνθιση.

3. Η γαρδένια και η αγορά του προϊόντος

Η παραγωγική διαδικασία των γλαστρικών φυτών γαρδένιας διαρκεί περίπου 7 μήνες. Ως φυτά έτοιμα προς πώληση χαρακτηρίζονται εκείνα που έχουν καλοσχηματισμένα μπουμπούκια, που όμως είναι ακόμα κλειστά. Τα φυτά μεταφέρονται στους τόπους πώλησής τους με φορτηγά ψυγεία που έχουν θερμοκρασία περίπου 17° C (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001).

Η σύγχρονη τάση στην αγορά της γαρδένιας είναι η διάθεση χαμηλόσχημων φυτών με νάνα διαμόρφωση (compact φυτά) (Εικ.3).



Εικόνα 3: *Νανοποιημένα φυτά γαρδένιας*

3.1. Πολλαπλασιασμός

Ο πιο κοινός τρόπος παραγωγής φυτών γαρδένιας είναι με μοσχεύματα κορυφής ή μεσογονατίων, ενώ τελευταία εφαρμόζεται και η μέθοδος του πολλαπλασιασμού με ιστοκαλλιέργεια. Τα μοσχεύματα κορυφής πρέπει να είναι υγιή και ζωηρά, με καλή ανάπτυξη, μη ξυλοποιημένα και να έχουν μήκος 8-12 cm. Τα μεσογονάτια μοσχεύματα πρέπει να έχουν τουλάχιστον ένα ζεύγος φύλλων και δύο γόνατα.

Τα μοσχεύματα τοποθετούνται σε παλέτες ριζοβολίας που περιέχουν μίγμα τύρφης : περλίτη (1:1) ή τύρφης : άμμου (1:1) και το pH του να είναι περίπου 5-5,5. Τα μοσχεύματα μεταφέρονται σε ριζωτήριο με σύστημα υδρονέφωσης ή ομίχλης όπου διατηρείται σχετική υγρασία σε υψηλά επίπεδα (>95%), η θερμοκρασία του αέρα διατηρείται στους 16-20° C και του υποστρώματος στους 19-22° C (Εικ.4). Η λήψη των μοσχευμάτων γίνεται συνήθως από φυτά που διατηρούνται ως μητρικά και βρίσκονται σε βλαστική κατάσταση, με συνεχή αφαίρεση των ανθοφόρων οφθαλμών που τυχόν θα σχηματισθούν. Ο σχηματισμός του ριζικού συστήματος και η μεταφύτευση του ριζοβολημένου πλέον φυτού γίνεται σε 3-5 εβδομάδες, ανάλογα με την εποχή του έτους. Το ποσοστό ριζοβολίας των μοσχευμάτων είναι περί το 90% για το σύστημα υδρονέφωσης και σχεδόν 100% για το σύστημα ομίχλης.



Εικόνα 4: *Επιδαπέδιο και υπερυψωμένο ριζωτήριο.*

Η παραγωγή έρριζων φυτών με ιστοκαλλιέργεια, αυτή γίνεται με μικρομοσχεύματα κορυφής μήκους περίπου 1-1,5 cm. Τα μικρομοσχεύματα λαμβάνονται από μητρικές καλλιέργειες οι οποίες διατηρούνται σε θάλαμο ανάπτυξης φυτών, με φω-

τοπερίοδο 16 ωρών και θερμοκρασία 18-22° C. Οι μητρικές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε θρεπτικό υπόστρωμα ER και περιέχουν αυξίνες και κιτοκινίες σε αναλογία 1:5. Η ριζοβολία των μικροβλαστών μπορεί να γίνει τόσο *in vitro* όσο και *ex vitro* με τα ίδια θετικά αποτελέσματα. Προτιμάται ωστόσο η ριζοβολία *ex vitro* σε μίγμα τύρφης και περλίτη (2:1) χωρίς τη χρήση ορμόνης ριζοβολίας. Ακολούθως, τα φυτά τοποθετούνται για ριζοβολία σε σύστημα ομίχλης με υψηλή σχετική υγρασία (96-99%) και μεταφυτεύονται σε γλάστρες μετά από διάστημα ενός μήνα. Το ποσοστό ριζοβολίας των μικρομοσχευμάτων είναι μεγαλύτερο από 95% (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001).

3.2. Τεχνικές παραγωγής νάνων (compact) φυτών

Η καλλιέργεια της νάνας γαρδένιας περιλαμβάνει γενικά την ανάπτυξη έρριζων μοσχευμάτων κορυφής ή βλαστών. Η βλαστική ανάπτυξη των μοσχευμάτων ελέγχεται με κορυφολογήματα (αποσκοπεί στην αύξηση του αριθμού των πλαγίων βλαστών) και τη χρήση χημικών ρυθμιστών ανάπτυξης (με σκοπό τη μείωση του τελικού ύψους), ανάλογα με το τελικό μέγεθος που επιδιώκεται (Μακρίδου και συνεργάτες, 2001).

Η καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται σήμερα για την παραγωγή νάνων (compact) φυτών γαρδένιας στην περιοχή της Θεσσαλίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Εαρινή καλλιέργεια γαρδένιας :

Η καλλιέργεια ξεκινά το Μάρτιο με φύτευση μοσχευμάτων στο ριζωτήριο. Τα μοσχεύματα (κορυφής ή βλαστού, μη ξυλοποιημένα) τοποθετούνται στο ριζωτήριο για 5 εβδομάδες περίπου (35-45 ημέρες). Τον Απρίλιο γίνεται η μεταφύτευσή τους σε γλάστρες με διάμετρο 13 cm. Σε κάθε γλάστρα φυτεύεται ένα ριζοβολημένο μόσχευμα κορυφής και 4-5 ριζοβολημένα μοσχεύματα βλαστού. Τα φυτά που προκύπτουν κορυφολογούνται το Μάιο. Έως το κορυφολόγημα οι γλάστρες έχουν πυκνή διάταξη μέσα στο θερμοκήπιο (περίπου 50 φυτά/m²). Τον Ιούνιο γίνεται ακόμη ένα κορυφολόγημα των φυτών. Ένα μήνα μετά, όταν τα μεσογονάτια διαστήματα έχουν

μήκος 3-5 mm, γίνεται εφαρμογή ρυθμιστού (επιβραδυντή) ανάπτυξης. Μετά την εφαρμογή τα φυτά τοποθετούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους (12 φυτά/m²). Η εφαρμογή ρυθμιστή αύξησης συνεχίζονται και τον Αύγουστο (ακολουθώντας συγκεκριμένο πρόγραμμα εφαρμογής), ενώ το Σεπτέμβριο τα φυτά είναι έτοιμα να διατεθούν στην αγορά. Στο στάδιο αυτό οι ανθοφόροι οφθαλμοί έχουν διαφοροποιηθεί, ενώ τα φυτά εμφανίζουν ένα ακραίο άνθος ανά βλαστό μετά από 5-7 φύλλα. Στο στάδιο αυτό το φυτό έχει διάμετρο κόμης 20 cm, που είναι μεγαλύτερη από το ύψος του.

Σε περίπτωση που το φυτό δεν πωληθεί το Σεπτέμβριο και παραμείνει στο θερμοκήπιο, διατηρείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα στους 10-14° C. Αν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, γίνεται χρήση επιβραδυντή ανάπτυξης, ώστε να παρεμποδιστεί η επιμήκυνση των βλαστών και η καθ' ύψος αύξηση του φυτού. Αυτό γίνεται από τον Οκτώβριο έως τον Ιανουάριο. Το Φεβρουάριο τα φυτά είναι και πάλι έτοιμα προς πώληση.

- Χειμερινή καλλιέργεια compact γαρδένιας:

Το ρίζωμα των μοσχευμάτων γίνεται το Σεπτέμβριο. Απαιτούνται τουλάχιστον 8 εβδομάδες για τη μεταφύτευση των μοσχευμάτων από το ριζωτήριο σε γλάστρες με διάμετρο 13 cm το Νοέμβριο. Κατά το Δεκέμβριο και Ιανουάριο το φυτό αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες 18-22° C και με κατάλληλες επεμβάσεις με ρυθμιστή αύξησης, το Φεβρουάριο τα φυτά είναι έτοιμα προς πώληση.

4. Σκοπός της εργασίας

Η συστηματική χρήση ρυθμιστών αύξησης (οι οποίοι πλέον αποτελούν μέρος της καλλιεργητικής τεχνικής πολλών ανθοκομικών φυτών) εκτός του ότι αυξάνει σημαντικά το κόστος παραγωγής, μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα, όπως προβλήματα υγείας στους εργάτες, φυτοτοξικότητες, κ.α.. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης ενός φωτοεκλεκτικού υλικού (το οποίο τροποποιεί το λόγο R:FR της ακτινοβολίας που δέχονται τα φυτά στη ριζοβολία) και ανάπτυξη μοσχευμάτων και φυτών γαρδένιας.

Το πειραματικό μέρος της εργασίας έλαβε χώρα στις θερμοκηπιακές μονάδες των κ. Σ. Τσαλούχου και Λ. Ταξιάρχη, στην περιοχή των Κάτω Λεχωνίων Πηλίου. Μετρήθηκαν χαρακτηριστικά ανάπτυξης (π.χ. ύψος φυτών, φυλλική επιφάνεια, πλάγιοι βλαστοί) και θρέψης των φυτών (π.χ. ξηρό βάρος ρίζας, βλαστού, φύλλων), καθώς και κλιματικές παράμετροι (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία). Οι μετρήσεις έγιναν σε μοσχεύματα εντός του ριζωτηρίου για μία περίοδο (52 ημερών), ενώ σε φυτά αναπτυσσόμενα σε περιβάλλον θερμοκηπίου για δύο περιόδους (63 και 108 ημερών αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή της μεθόδου στο ριζωτήριο δίνει φυτά νανοποιημένα σε σημαντικό βαθμό, ενώ υπάρχει μια ανάλογη τάση στα αναπτυσσόμενα φυτά, χωρίς όμως να παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Κεφάλαιο 1^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. Γενικά

Η ανάγκη για έλεγχο του ύψους των φυτών κατά τη διαδικασία παραγωγής τους στο θερμοκήπιο (Wilson and Rajapakse, 2001) προκύπτει από:

- την αυξημένη ζήτηση της αγορά σε νάνα (compact)φυτά.
- το σύνθετο πρόβλημα των ψηλών και αδύναμων φυτών, ως αποτέλεσμα της πυκνής διάταξής τους στο θερμοκήπιο, που έχει ως σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση του χώρου.

Έχει βρεθεί ότι η ανάπτυξη των φυτών μπορεί να τροποποιηθεί μέσω χειρισμού του ερυθρού (Red), βαθέως ερυθρού (Far-Red) και ιώδους (μπλε) φάσματος του φωτός που αυτά δέχονται, χωρίς όμως να επηρεάζεται το φως που είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεσή τους.

Το ερυθρό φως έχει βρεθεί ότι προάγει την επιμήκυνση των βλαστών, την ανάπτυξη πλαγίων βλαστών, αποτρέπει τη φυλλόπτωση, ενώ αυξάνει το αδελφωμα στα αγρωστώδη. Η επίδραση του βαθέως ερυθρού φωτός (725-735 nm) φαίνεται ότι είναι η ακριβώς αντίθετη από εκείνη του ερυθρού. Αυτό οδηγεί στη σκέψη ότι η τροποποίηση της ποιότητας του φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια μη-χημική, εναλλακτική λύση για τη ρύθμιση της ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών υπό κάλυψη.

Η τροποποίηση της ποιότητας του φωτός μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνητών πηγών φωτός (ηλεκτρικοί λαμπτήρες) που εκπέμπουν σε συγκεκριμένο φάσμα ή με τη χρήση φωτοεκλεκτικών υλικών, τα οποία επιτρέπουν τη διόδο ή αντανακλούν εκλεκτικά την ηλιακή ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος. Υλικά κάλυψης τα οποία έχουν μελετηθεί αποτελούνται από πολυκαρβονικές επιφάνειες που περιέχουν διάλυμα χρωστικής (π.χ. CuSO_4) σε διάφορες συγκεντρώσεις ή φύλλα

πολυαιθυλενίου διαφόρων χρωμάτων και οπτικών ιδιοτήτων (Rajapakse and Kelly, 1992).

2. Η ηλιακή ακτινοβολία

Με την ακτινοβολία μεταφέρεται η ενέργεια μέσω των φωτονίων, τα οποία είναι διακεκριμένες δέσμες ενέργειας. Τα φωτόνια ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός ($c=3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$) και έχουν ιδιότητες όμοιες με αυτές των σωματιδίων των μικροκυμάτων. Εκπέμπονται ή απορροφώνται από την ύλη λόγω μετακίνησης των ηλεκτρονίων από το ένα επίπεδο ενέργειας σε άλλο ή αλλαγών στην ενέργεια δόνησης των μορίων.

Γενικά, η ακτινοβολία έχει τη συμπεριφορά των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Κάθε φυσική επιφάνεια ανάλογα με τη θερμοκρασία της εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σ' ένα μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 200 και 1000 nm και έχει σταθερή ταχύτητα. Στο φάσμα αυτών των τιμών περιλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία και η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

Η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη γη ονομάζεται κοσμική ακτινοβολία και περιλαμβάνει την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία. Η κοσμική ακτινοβολία που φθάνει στη γη αποτελεί μέρος του φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και περιλαμβάνει μήκη κύματος μεταξύ 280 και 2500 nm. Υπενθυμίζεται ότι καθώς αυξάνει το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μειώνεται η ποσότητα ενέργειας που περιέχει (Σάββας, 2003).

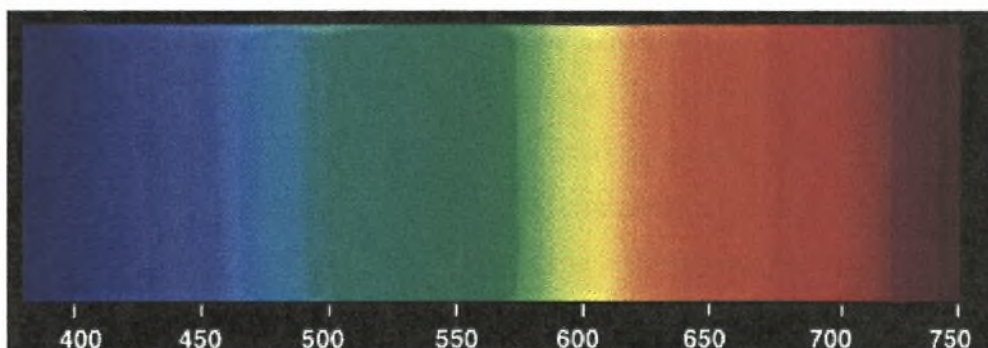
Ως φως θεωρείται η ηλιακή ακτινοβολία που χαρακτηρίζεται από (Boodley, 1998):

- Την *ένταση*, η οποία εξαρτάται από τον καιρό (νεφοσκεπής ή μη), το γεωγραφικό πλάτος, τα αιωρούμενα στον αέρα σωματίδια, την εποχή του έτους και την ώρα της ημέρας.
- Τη *διάρκεια*, δηλαδή το μήκος της φωτεινής περιόδου (ημέρας).
- Την *ποιότητα*, δηλαδή το μήκος κύματος που την αποτελεί.



Η ηλιακή ακτινοβολία με μήκος κύματος μικρότερο από 380 nm ονομάζεται *υπεριώδης* ακτινοβολία. Η υπεριώδης ακτινοβολία εκτείνεται και σε μήκη κύματος κάτω από 280 nm. Στην επιφάνεια της γης όμως η υπεριώδης ακτινοβολία μήκους κύματος μικρότερου από 280 nm δε φθάνει ποτέ, δεδομένου ότι απορροφάται από τα συστατικά των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας και κυρίως από το όζον (O₃). Γενικά, η υπεριώδης ακτινοβολία και ιδιαίτερα η χαμηλού μήκους κύματος είναι βιολογικά πολύ δραστική και γι' αυτό θεωρείται ιδιαίτερα βλαβερή, για όλους τους έμβιους οργανισμούς (προκαλεί εγκαύματα και νεκρώσεις) (Σάββας, 2003).

Η ηλιακή ακτινοβολία με μήκη κύματος μεταξύ 380 και 700 nm γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και γι' αυτό η περιοχή αυτή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος καλείται *ορατό* φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Το τμήμα του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας με το χαμηλότερο μήκος κύματος είναι το *ιώδες* (περίπου 400-440 nm) και ακολουθούν το *γαλάζιο* (περίπου 440-480 nm), το *γαλαζοπράσινο* (περίπου 480-510 nm), το *πράσινο* (περίπου 510-540 nm), το *πρασινοκίτρινο* (περίπου 540-575 nm), το *κίτρινο* (περίπου 575-600 nm), το *πορτοκαλί* (περίπου 600-630 nm) και το *ερυθρό* (περίπου 630-700 nm) (Εικ.5) (Σάββας, 2003; Hanan, 1998).



Εικόνα 5: Το ορατό φάσμα του φωτός (nm).

3. Ηλιακή Ακτινοβολία και Θερμοκήπιο

Θεωρητικά, για την κατασκευή ενός ιδανικού υλικού κάλυψης θα απαιτούσαν 100% διαπερατότητα όλων των μηκών κυμάτων ηλιακής ακτινοβολίας (300-3000 nm) με γωνία πρόσπτωσης 0-90° και μηδενική διαπερατότητα όλης της θερμικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος πάνω από 3000 nm (Robbins and Spillman, 1980). Μια τέτοια κατάσταση θα είχε ως αποτέλεσμα τις σημαντικές ενεργειακές απώλειες. Ωστόσο, είναι απίθανο να κατασκευασθεί ένα τέτοιο υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων. Η διαπερατότητα ενός υλικού κάλυψης θερμοκηπίων εξαρτάται από τη μήκος κύματος και τη γωνία πρόσπτωσης με την οποία φθάνει σε αυτό η ηλιακή ακτινοβολία, από το δείκτη διάθλασης του υλικού και το συντελεστή απόσβεσής του.

Ο συντελεστής απόσβεσης εκτιμά την απορρόφηση της ακτινοβολίας από το υλικό. Για το γυαλί και το PE ο συντελεστής απορρόφησης έχει τιμή $9,37 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$ και $7,52 \times 10^{-2} \text{ mm}^{-1}$. Δηλαδή το PE απορροφά κατά 10 φορές περισσότερη ενέργεια από την ακτινοβολία που πέφτει επάνω του σε σχέση με το γυαλί.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα πλαστικά υλικά κάλυψης μπορούν να προκαλέσουν μεταβολή τόσο στην ένταση όσο και στην ποιότητα του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Η διάθλαση του φωτός έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η ενέργεια μιας από τις ακτίνες ή οι ακτίνες να αλληλοαναιρεθούν. Διαφοροποιώντας το πάχος και το δείκτη διάθλασης των λεπτών πλαστικών υλικών κάλυψης, μπορεί να αποκλειστεί η διέλευση φωτός συγκεκριμένου μήκους κύματος, π.χ. το πράσινο (500 nm) επιτρέποντας τη διέλευση μόνο του ερυθρού φωτός. Με τη χρήση εκλεκτικών υλικών διαφόρου πάχους και διάθλασης, είναι δυνατό να επιλεγούν ποια μήκη κύματος του φάσματος θα φθάσουν τελικά στην καλλιέργεια. Με τη χρήση υλικών κάλυψης που περιέχουν διαφόρων ειδών χρωστικές, μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά στο περιβάλλον του θερμοκηπίου (Hanap, 1998).

4. Αντιδράσεις του φυτού στο φως

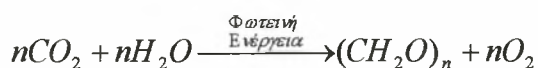
Τα φυτά έχουν την ικανότητα να «αντιλαμβάνονται» να αντιδρούν και να προσαρμόζονται στο φως του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται με τις λειτουργίες της φωτοσύνθεσης, του φωτοτροπισμού και της φωτομορφογένεσης.

4.1. Η φωτοσύνθεση

Κάθε φυτικός οργανισμός προμηθεύεται τα βασικά ανόργανα και απαραίτητα συστατικά για την ανάπτυξή του από το έδαφος. Για όλα τα ζώα και τους περισσότερους μικροοργανισμούς τα συστατικά της διατροφής τους δεν περιέχουν μόνο βασικά χημικά στοιχεία, αλλά ταυτόχρονα και μια πηγή χημικής ενέργειας, μέσω της οποίας ικανοποιούνται οι ενεργειακές τους ανάγκες.

Στα αυτότροφα φυτά η κατάσταση διαφέρει, γιατί οι θρεπτικές τους πηγές (CO₂, H₂O και ανόργανα ιόντα) είναι χαμηλής ενεργειακής κατάστασης και συνεπώς δεν είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις τους. Η αφομοίωση των ανόργανων θρεπτικών ουσιών απαιτεί ενέργεια, η οποία προέρχεται από την απορρόφηση του φωτός. Η μοναδική αυτή ικανότητα των φυτικών κυττάρων να απορροφούν τη φωτεινή ενέργεια και να την μετατρέπουν σε χημική καλείται *φωτοσύνθεση* και είναι μια από τις βασικότερες βιολογικές λειτουργίες. Όλοι οι άλλοι οργανισμοί (με εξαίρεση τους αυτότροφους μικροοργανισμούς) εξαρτώνται από αυτήν.

Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης περιγράφεται από τη χημική αντίδραση:



Η παραπάνω εξίσωση συνοψίζει τη μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική, μέσω της μετατροπής του CO₂ σε οργανικά συστατικά (υδατάνθρακες) (Καράτα-γλης, 1999).

Από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας (380-720 nm) χρήσιμο για τη φωτοσύνθεση των περισσότερων φυτών είναι το τμήμα μεταξύ 400 έως 700 nm, το οποίο για το λόγο αυτό ονομάζεται «*Φωτοσυνθετικά Ενεργός Ακτινοβολία*» (PAR, Photosynthetic Active Radiation). Το τμήμα αυτό του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

αντιστοιχεί στο 50% περίπου της κοσμικής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης (Σάββας, 2003; Hanan, 1998).

4.2. Ο φωτοπεριοδισμός

Η διάρκεια της ημέρας και της νύχτας σε ένα εικοσιτετράωρο, ανεξάρτητα από την ένταση του φωτός που επικρατεί κατά τη φωτεινή περίοδο, ονομάζεται *φωτοπερίοδος*. Η κατανομή του χρόνου σε ημέρα και νύχτα στη διάρκεια του εικοσιτετράωρου εξαρτάται από την εποχή του έτους και το γεωγραφικό πλάτος και όχι από τις καιρικές συνθήκες. Τα φυτά διαθέτουν μηχανισμούς που αναγνωρίζουν την φωτοπερίοδο. Στην πραγματικότητα, αυτό που αναγνωρίζουν τα φυτά ως ερέθισμα είναι η διάρκεια της σκοτεινής περιόδου (νύχτα) και όχι η διάρκεια της ημέρας. Η διάρκεια της νύχτας λειτουργεί ως μήνυμα για τα φυτά, το οποίο πληροφορεί σχετικά με την εποχή του έτους (Σάββας, 2003).

Η φωτοπερίοδος μπορεί να επηρεάζει σημαντικές βιολογικές λειτουργίες ενός είδους όπως την άνθιση, το σχηματισμό βολβών και κονδύλων, το λήθαργο των οφθαλμών, το φύτερωμα των σπόρων κ.λ.π.. Ιδιαίτερα η άνθιση σε πολλά φυτά εξαρτάται από τη φωτοπερίοδο. Η γαρδένια είναι ένα φυτό ουδέτερο στη φωτοπερίοδο, δηλαδή ανθίζει ανεξάρτητα από τη διάρκεια της νύχτας (Σάββας, 2003). Το γεγονός όμως ότι το φυτό είναι ουδέτερο στη φωτοπερίοδο σημαίνει απλά ότι η διάρκεια της ημέρας δεν παίζει κάποιο ρόλο στη άνθιση. Αυτό όμως μπορεί και να μην ισχύει για άλλες μορφογενετικές αντιδράσεις του, που μπορεί να είναι σημαντικές για τον παραγωγό, ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο καλλιεργεί τα φυτά (Hanan, 1998).

Τα φυτά, ανάλογα με την αντίδρασή τους στη φωτοπερίοδο, μπορούν να διακριθούν στις εξής κατηγορίες (Boodley, 1998):

- **Φυτά βραχείας ημέρας:** τα φυτά αυτά ανθίζουν όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερη από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών. Τέτοια φυτά είναι το χρυσάνθεμο και η ποϊσέντια.

- **Φυτά μακράς ημέρας:** τα φυτά αυτά ανθίζουν μόνο όταν η ημέρα είναι μεγαλύτερη από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών. Τέτοια φυτά είναι η κονδυλώδης πεγκόνια και η γυσοφίλη
- **Φυτά ουδέτερα στη φωτοπερίοδο** ή ενδιάμεσα φυτά: είναι τα φυτά εκείνα στα οποία η διάρκεια της ημέρας δεν έχει άμεση επίδραση στην άνθιση. Για τα φυτά αυτά η διάρκεια της ημέρας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να τους εξασφαλίσει επαρκή φωτοσύνθεση που να στηρίζει την αυξημένη βλαστική τους ανάπτυξη. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το τριαντάφυλλο.
- **Υποχρεωτικά φωτοπεριδικά φυτά:** τα φυτά αυτά ανθίζουν μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες φωτοπεριόδου. Εάν η ημέρα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών, τα φυτά αυτά δεν ανθίζουν.

Μια άλλη κατηγορία φυτών των οποίων η ανάπτυξη μπορεί να ελεγχθεί με το μήκος της ημέρας: τα φυτά αυτά είναι γνωστά ως **ποσοτικά φωτοπεριδικά φυτά**. Τα φυτά αυτά αντιδρούν καλά ως προς την άνθησή τους τόσο σε συνθήκες μακράς ημέρας, όσο και σε συνθήκες βραχείας ημέρας, ενώ μπορούν να ανθίσουν κάτω και από δυσμενείς συνθήκες φωτεινής περιόδου. Τα ποσοτικά μακράς ημέρας φυτά δημιουργούν ανθοφόρους οφθαλμούς με οποιεσδήποτε συνθήκες ημέρας, αλλά ανθίζουν σε συντομότερο χρονικό διάστημα σε συνθήκες μακράς ημέρας, π.χ. γαρίφαλο (*Dianthus caryophyllus*). Το αντίθετο ισχύει στην περίπτωση των ποσοτικά βραχείας ημέρας φυτών, π.χ. *Salvia splendens*.

Σύμφωνα με ενδείξεις που προκύπτουν από σχετικά πειράματα, φαίνεται ότι τα φυτά διαθέτουν ένα είδος εσωτερικού ωρολογιακού μηχανισμού ή ενδογενούς ρυθμού (όπως συνήθως λέγεται), με περίοδο 24 ωρών περίπου. Το «ρολόι» ρυθμίζεται με την έκθεση του φυτού στον ήλιο και η ακριβής αντίδρασή του εξαρτάται από τη φάση («ώρα») του κατά τη στιγμή εμφάνισης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η πορεία αυτού του κύκλου στα φυτά ονομάζεται *κυρκαδικός κύκλος*. Ο κύκλος παρουσιάζει αποκλίσεις, δεδομένου ότι δεν είναι ακριβώς 24 ώρες, αλλά μπορεί να μεταπέσει σε κύκλο 24 ωρών από κάποιο περιοδικό σήμα, που συνήθως είναι το φως. Επομένως, στα φυτά η ικανότητα να αντιδρούν στη σκοτεινή περίοδο μπορεί να τροποποιηθεί ή ακόμα και να παρακαμφθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλη φωτοπερίοδο. Το συμπέ-

ρασμα που προκύπτει είναι ότι το φως που απαιτείται για να υπάρξει επίδραση της φωτοπερίοδου στα φυτά βραχείας ημέρας δε χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση. Ενώ μερικά από τα φυτά βραχείας ημέρας αντιδρούν σε έναν απλό κύκλο φωτοπερίοδου- σκοταδιού, η πλειονότητά τους απαιτεί την επίτευξη αρκετά μεγάλων σκοτεινών περιόδων σε συνδυασμό με φωτοπερίοδο της οποίας η διάρκεια δεν είναι οριακή. Η φάση του κίρκαδικού κύκλου, τουλάχιστον στα φυτά βραχείας ημέρας, ρυθμίζεται κατά την αρχή της ημέρας (ξημέρωμα) από τη φωτοπερίοδο. Κατά τη διάρκεια της σκοτεινής περιόδου, το «ρολόι» καθιστά φάσεις ευαισθησίας στο φως και η φωτοπεριοδική αντίδραση του φυτού εξαρτάται από το αν το φυτό έχει φθάσει στη φάση αυτή του κίρκαδικού ρυθμού πριν την αρχή της ημέρας.

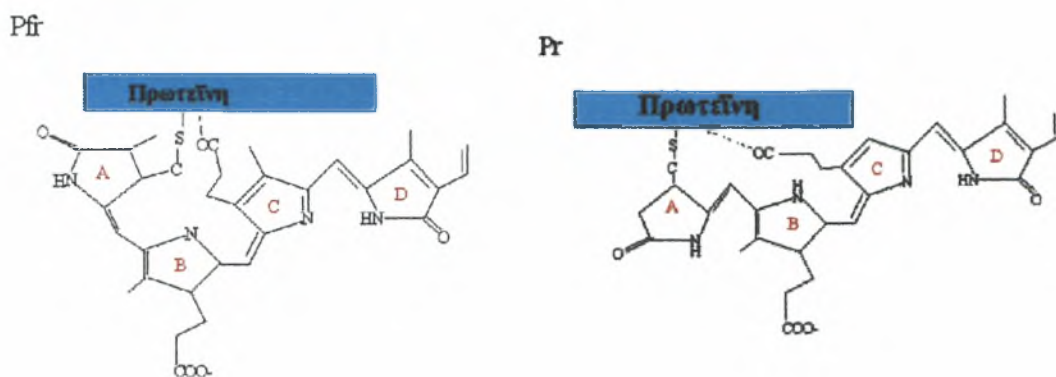
Στην περίπτωση των φυτών μακράς ημέρας η κατάσταση διαφοροποιείται. Τα φυτά μακράς ημέρας ανθίζουν μόνο όταν το μήκος της ημέρας υπερβαίνει μια συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή μέσα σε έναν κύκλο των 24 ωρών. Τα φυτά αυτά έχουν μηδαμινή ανταπόκριση στη σύντομη διακοπή της σκοτεινής περιόδου και σημαντική ανταπόκριση στη μακρά έκθεση στο φως της ημέρας (Vince-Prue, 1986). Συχνά, μερικά είδη φαίνεται ότι αντιδρούν όπως και τα φυτά βραχείας ημέρας (π.χ. *Fuchsia*), κατά τη σκοτεινή περίοδο. Κάτι τέτοιο έρχεται σε αντίθεση με την αντίδραση στο ηλιακό φως που χαρακτηρίζει τα φυτά μακράς ημέρας, στα οποία η άνθιση εξαρτάται από τη συσσώρευση ηλιακής ακτινοβολίας (αθροιστικά), ανεξάρτητα από το αν αυτή παρέχεται συνεχόμενα ή περιοδικά (π.χ. γαριφαλιά) (Hanan, 1998).

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η γαρδένια είναι ένα φυτό ποσοτικά φωτοπεριοδικό (προαιρετικά μικρής ή μεγάλης ημέρας φυτό). Παραμονή του φυτού σε συνθήκες μακράς ημέρας (φωτοπερίοδος 16 h, με συμπληρωματικό φωτισμό $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) έδωσε σημαντικά καλύτερη ανθοφορία, περισσότερους βλαστούς και χωρίς το πρόβλημα της αποβολής οφθαλμών. Εφαρμογή βραχείας ημέρας για σύντομο χρονικό διάστημα κατά τους μήνες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας, ακολουθούμενη από μακρά ημέρα επιτάχυνε την ανθοφορία, αλλά μείωσε την έκπτυξη πλαγίων βλαστών. Επίσης, εφαρμογή συμπληρωματικού φωτισμού κατά τους χειμερινούς μήνες επιτάχυνε την ανθοφορία (Baerdemaeker et al., 1994).

4.2.1. Το Φυτοτόχρωμα και ο λόγος φ

Η επίδραση της φωτοπεριόδου στα φυτά, εκτός από την άνθιση, μπορεί να επηρεάσει και άλλες αντιδράσεις όπως η βολβοποίηση, η επιμήκυνση, η αποβολή οργάνων, η κονδυλοποίηση, ο λήθαργος, η έκφραση του φύλου, η ρύθμιση των στομάτων, ο προσανατολισμός των χλωροπλαστών, η έκπτυξη πλάγιων βλαστών κ.λ.π. (Hanan, 1998). Τα φυτά αναγνωρίζουν και αντιδρούν στο φωτοπεριοδικό ερέθισμα μέσω μιας χρωστικής που ονομάζεται *φυτόχρωμα*. Η αντίδραση αυτή εκφράζεται με μορφολογικές και φυσιολογικές αλλαγές στα φυτά.

Το φυτόχρωμα είναι μια υδατοδιαλυτή πρωτεΐνη, που απομονώθηκε από όλες τις ομάδες του φυτικού βασιλείου, με εξαίρεση τους μύκητες. Στα ανώτερα φυτά, το φυτόχρωμα έχει ανιχνευθεί σε όλα τα όργανα και τμήματα του φυτού, όπως σπέρματα, ρίζες, βλαστούς, φύλλα, μίσχους, βλαστικούς οφθαλμούς, ανθοδόχες, ταξιανθίες και καρπούς. Σε φυσιολογικές θερμοκρασίες, το φυτόχρωμα απαντάται σε δύο φωτοαλληλομεταστρέψιμες μορφές: την Pr με μέγιστο απορρόφησης στο ερυθρό (660 nm) και την Pfr με μέγιστο απορρόφησης στο υπέρυθρο (730 nm) (Εικόνα 6). Οι δύο αυτές μορφές, η Pr και Pfr, αφού απορροφήσουν αντίστοιχα στο ερυθρό (660 nm) και στο υπέρυθρο (730 nm) φως, μετατρέπονται σε Pfr και Pr αντίστοιχα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μορφή Pfr μπορεί επίσης να μετατραπεί βαθμιαία σε Pr όταν επικρατεί σκοτάδι, παρά την απουσία υπέρυθρου φωτός (μη φωτοχημική μετατροπή) (Καράταγλης, 1999). Αυτό συμβαίνει διότι το έδαφος και τα υλικά του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας ψύχονται και εκπέμπουν ασθενούς έντασης υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία μετατρέπει πολύ αργά τη μορφή Pfr του φυτοχρώματος σε μορφή Pr. Η διαδικασία της μετατροπής του φυτοχρώματος από τη μορφή Pfr σε μορφή Pr συνεχίζεται όλη τη νύχτα. Έτσι, όταν η νύχτα είναι μικρή η ποσότητα που σχηματίζεται μέχρι το πρωί είναι και αυτή μικρή, ενώ όσο πιο μεγάλη είναι η νύχτα τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα Pr του φυτοχρώματος που σχηματίζεται τελικά μέχρι να αρχίσει η φωτεινή περίοδος (Σάββας, 2003).



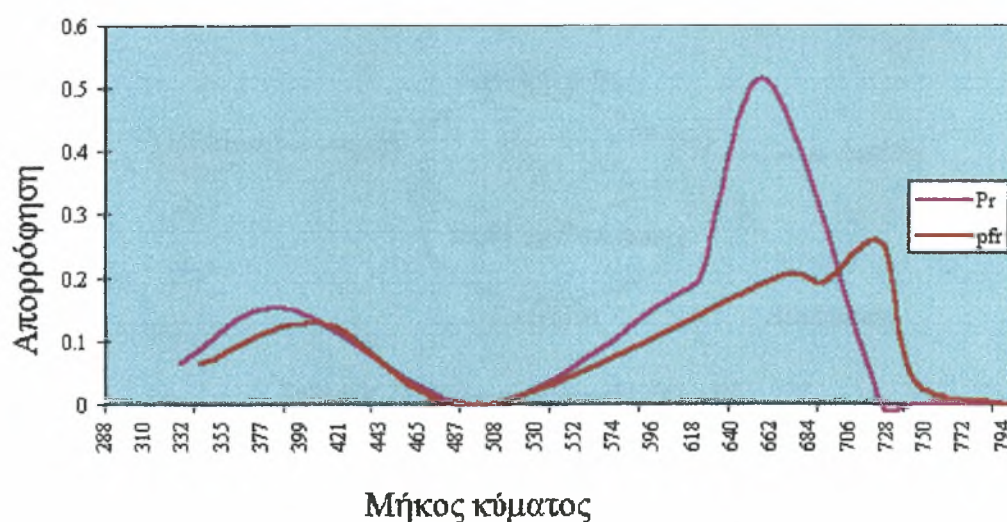
Εικόνα 6: Τα μόρια των Pfr και Pr.

Κατά συνέπεια, η Pfr θεωρείται γενικά ως η φυσιολογικά ενεργός μορφή του φυτοχρώματος, ενώ η Pr ανενεργός και ανά πάσα στιγμή το σύνολο των μορίων του φυτοχρώματος (Ρολ) θα είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μορφών (Καράτα-γλης, 1999), θα ισχύει δηλαδή η σχέση:

$$Ρολ = Pr + Pfr$$

Η μορφή Pfr είναι η δραστική μορφή του φυτοχρώματος, η οποία όμως διατηρεί την ικανότητά της αυτή μόνο εφόσον η συγκέντρωση της στο φυτό παραμένει πάνω από μία κρίσιμη τιμή (Σάββας, 2003).

Τα φάσματα απορρόφησης των Pr και Pfr επικαλύπτονται σημαντικά στην περιοχή των 600-680 nm, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1: Το φάσμα απορρόφησης των Pr και Pfr.

Έτσι, σ' ένα μήκος κύματος στο οποίο απορροφούν τόσο τα μόρια της μορφής Pr όσο και από τα μόρια της Pfr, οι φωτοχημικοί σχηματισμοί στο σύνολο των μορίων του φυτοχρώματος πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις (σε διαφορετικές όμως αναλογίες), εδραιώνοντας μια δυναμική φωτοϊσορροπία, που αποδίδεται από το λόγο:

$$\varphi = Pfr / P_{ολ}$$

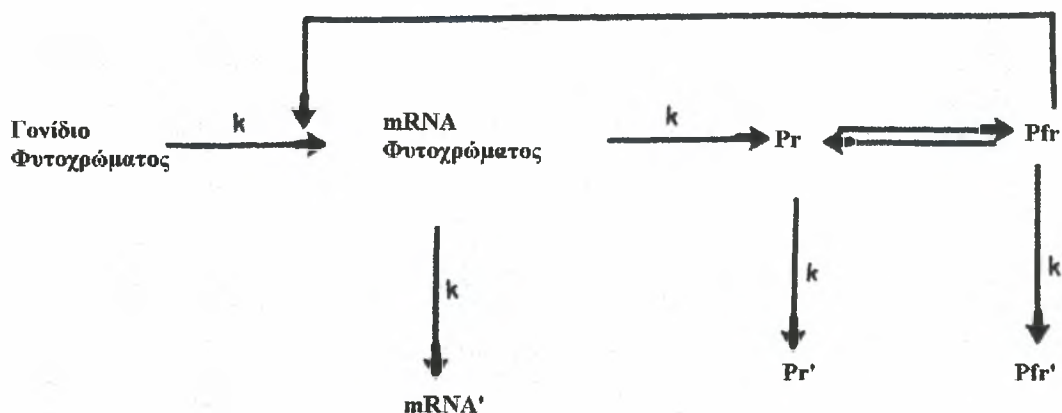
Η φωτοϊσορροπία αυτή επιτυγχάνεται επειδή το ερυθρό φως απορροφάται και από τις δύο μορφές (Σχήμα 1), όμως μεγαλύτερο βαθμό από την Pr μορφή του φυτοχρώματος και λιγότερο από την Pfr. Η αναλογία απορρόφησης καθορίζει την τιμή του φ , η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0,81. Αυτό σημαίνει ότι, σε μία συγκεκριμένη στιγμή και για ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, 81% του ολικού φυτοχρώματος βρίσκεται στη μορφή Pfr και το υπόλοιπο 19% στη μορφή Pr. Συνεπώς η μετατροπή όλων των μορίων της μορφής Pr σε Pfr δε μπορεί να πραγματοποιηθεί. Ο λόγος φ μειώνεται κατακόρυφα όταν το μήκος κύματος γίνει μεγαλύτερο ή ίσο με 700-730 nm. Το ισοζύγιο στην προκειμένη περίπτωση φθάνει την τιμή 0,02, που σημαίνει ότι μόνο το 2% του συνολικού φυτοχρώματος βρίσκεται με τη μορφή Pfr. Πράγματι, σ' αυτό το μήκος κύματος απορροφά ελάχιστα η μορφή Pr, ενώ κατ' αποκλειστικότητα η μορφή Pfr μετατρέπεται σε Pr. Συνεπώς στην ολική ποσότητα του φυτοχρώματος θα κυριαρχεί η μορφή Pr, ενώ θα υπάρχει ελάχιστη Pfr (Καράταγλης, 1999).



Σχήμα 1: Το σύστημα μετατροπής Pr ↔ Pfr.

Αν και συχνά γίνεται χρήση του απλού συστήματος των φωτοαλληλομεταστρεψιμων μορφών του φυτοχρώματος (Pr και Pfr), το ερώτημα πώς προκύπτει αυτό το

σύστημα είναι εξαιρετικά δύσκολο να απαντηθεί. Μια από τις πρόσφατες θεωρίες υποστηρίζει ότι όχι μόνο υπάρχει άμεση σύνδεση με το γονίδιο του φυτοχρώματος, αλλά ότι υπάρχει μηχανισμός επανατροφοδότησης (feedback). Όχι μόνο οι δύο διαφορετικές μορφές του φυτοχρώματος μπορούν να προκύψουν από ηλιακή ακτινοβολία με το κατάλληλο μήκος κύματος, αλλά και οι δύο, συμπεριλαμβανομένου και του φυτοχρωμικού mRNA, υπόκεινται σε διάσπαση. Κάθε διαδικασία μετατροπής γονίδιο \rightarrow Pr, mRNA \rightarrow mRNA', Pr \rightarrow Pr', Pfr \rightarrow Pfr', εξελίσσεται με συγκεκριμένο τρόπο, έτσι ώστε οι αντιδράσεις να μην εξελίσσονται με την ίδια ταχύτητα σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, υπάρχουν ενδιάμεσες χημικές ενώσεις κατά τη μετατροπή από Pr σε Pfr και δεν είναι οι ίδιες βιοχημικές διεργασίες Pr \rightarrow Pfr και Pfr \rightarrow Pr (Σχήμα 2). Όλες αυτές οι αντιδράσεις όχι μόνο πραγματοποιούνται ανεξάρτητα, αλλά επίσης επηρεάζονται από τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία (Hanap, 1998).



Σχήμα 2: Το σύστημα του φυτοχρώματος.

4.3. Η φωτομορφογένεση

Η ποιότητα του φωτός που προσπίπτει στα φυτά και την οποία τελικά το φυτό χρησιμοποιεί για τη φωτοσύνθεση, φαίνεται ότι επηρεάζει μια σειρά μορφολογικών

και ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την πορεία της ανάπτυξής του. Το τμήμα του φάσματος με μήκη κύματος μεταξύ 700 και 750 nm, το οποίο βρίσκεται αμέσως μετά το ορατό ερυθρό φως ονομάζεται βαθύ ερυθρό (Far-red). Το βαθύ ερυθρό φως, αν και δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι, είναι πολύ σημαντικό στη βιολογία, γιατί επηρεάζει σημαντικές βιολογικές λειτουργίες των φυτών εκτός της φωτοσύνθεσης, οι οποίες είναι γνωστές με τον όρο *φωτομορφογένεση* (π.χ. επίδραση στη φύτευση των σπόρων, φωτοτροπισμός, έλεγχος ανθήσεως, κ.λ.π.) (Σάββας, 2003).

Τα αμέσως μεγαλύτερα μήκη κύματος από 750 έως 3000 nm αντιστοιχούν στην *υπέρυθρη* ακτινοβολία, η οποία δεν είναι επιβλαβής για τους ζώντες οργανισμούς, δεδομένου ότι έχει μεγάλο μήκος κύματος και επομένως μικρό ενεργειακό περιεχόμενο και κατά συνέπεια δεν είναι διεισδυτική. Γενικότερα, την υπέρυθη ακτινοβολία θα μπορούσε να την χαρακτηρίσει κανείς ως βιολογικά μη δραστική, αν εξαιρεθεί ο ρόλος της στη μεταφορά θερμικής ενέργειας η οποία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, του εδάφους, των φυτών και γενικά του γήινου περιβάλλοντος. Ένα μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας που προσλαμβάνεται από του ζώντες οργανισμούς, το έδαφος και τα διάφορα αντικείμενα, επανακτινοβολείται στο διάστημα ως θερμική ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος (800-3000 nm), με συνέπεια την ψύξη τους (Σάββας, 2003).

Οι αντιδράσεις των φυτών στο φως φαίνεται ότι είναι συνάρτηση της ποιότητας του φωτός και του είδους του φυτού. Φυτά του γένους *Pelargonium* αναπτυσσόμενα κάτω από ερυθρό φως παρουσιάζουν σημαντική επιμήκυνση των βλαστών τους σε σχέση με φυτά που αναπτύσσονται κάτω από λευκό φως ή φως προερχόμενο από λαμπτήρες πυρακτώσεως και πρισματικούς λαμπτήρες. Αντίθετα, φυτά που αναπτύσσονται κάτω από μπλε φως παρουσιάζουν σημαντική αναστολή της επιμήκυνσης του βλαστού τους. Φως προερχόμενο από λαμπτήρες πυρακτώσεως προήγαγε τόσο την πάχυνση των βλαστών, όσο και την επιμήκυνση των μίσχων των φύλλων (Appelgren, 1991).

Κατά την παροχή συμπληρωματικού φωτισμού σε καλλιέργειες των γενών *Fuchsia*, *Petunia* και *Pelargonium* με μπλε, κόκκινους και λαμπτήρες πυρακτώσεως παρατηρήθηκε:

1. Επιμήκυνση των βλαστών σε φυτά του είδους *Fuchsia* η οποία ευνοήθηκε σε κάθε περίπτωση. Ωστόσο, το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ήταν μεγαλύτερο στις μεταχειρίσεις με μπλε και κίτρινο φως.
2. Σε φυτά του είδους *Petunia* όταν αυτά αναπτύχθηκαν κάτω από κίτρινο και μπλε φωτισμό, παρουσιάστηκε αυξημένη επιμήκυνση και μεγαλύτερο τελικό μήκος μεσογονατίων.
3. Ελαφρά αύξηση του ύψους του *Pelargonium* φυτού με έκθεσή του σε φως προερχόμενο από λαμπτήρες πυρακτώσεως.
4. Για όλα τα γένη φυτών, όταν εκτέθηκαν σε κίτρινο φως στο πρώτο μισό της νύχτας ελαφρώς αύξησε το ύψος των φυτών παρά απ' ότι στο δεύτερο μισό της νύχτας.
5. Καμία από τις μεταχειρίσεις δεν είχε επίδραση στον αριθμό των πλαγίων βλαστών που εκπτύχθηκαν.
6. Το χρώμα του δακτυλίου στα φύλλα του γένους *Pelargonium* ατόνησε σε κάθε περίπτωση, εφόσον αυτή εφαρμοζόταν κατά το δεύτερο μισό της νύχτας.
7. Λόγω φωτοπεριοδικής αντίδρασης των *Petunia* και *Fuchsia*, επιταχύνθηκε η άνθησή τους σε κάθε περίπτωση (de Graaf-van der Zande and Blacquièrre, 1992).

Σε εργασία σχετική με την επίδραση της ποιότητας του φωτός στις ανάπτυξη του χρυσανθέμου, της τομάτας, του μαρουλιού και της ποϊσέντιας κάτω από φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης (με όμοια PAR), προέκυψε ότι:

- Μπλε φως με μεγάλη τιμή του λόγου R/Fr μείωσε το ξηρό βάρος ορισμένων φυτών όπως το χρυσάνθεμο, η τομάτα και το μαρούλι.
- Με επίδραση του ίδιου μπλε φωτός, το ύψος των φυτών στο χρυσάνθεμο και την τομάτα ήταν σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το φυσικό φως και σημαντικά αυξημένο με την επίδραση του πράσινου και κίτρινου φωτός.
- Η φυλλική επιφάνεια των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από μπλε φως είχαν σημαντικά μειωμένη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με φυτά που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού.
- Στην τομάτα, το πράσινο και κίτρινο φως αύξησε τη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με το φυσικό φως.

- Ο σχηματισμός των πλαγίων βλαστών ήταν εντονότερος στο μπλε φως σε σχέση με το φυσικό για το χρυσάνθεμο και την τομάτα, ενώ αναστάλθηκε από το πράσινο και το κίτρινο φως στην τομάτα.
- Το χρώμα των φύλλων ήταν πιο σκούρο πράσινο στο μπλε φως από ότι στο φυσικό, ενώ το πράσινο και κίτρινο φως έδωσαν πιο ανοιχτόχρωμα φύλλα στο χρυσάνθεμο, την τομάτα και το μαρούλι (Mortensen and Strømme, 1987).

Ωστόσο, οι μορφολογικές αλλαγές που επιφέρει η ποιότητα του φωτός στα φυτά φαίνεται ότι είναι αντιστρεπτές. Συγκεκριμένα, έκθεση φυτών χρυσάνθεμου σε βαθύ ερυθρό φως κατά το τέλος της ημέρας ανέτρεψε τη μείωση της επιμήκυνσης του βλαστού, του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων και του ξηρού βάρους του βλαστού που προκαλείται από την ανάπτυξη των φυτών κάτω από φίλτρα CuSO_4 (μπλε χρώματος). Φαίνεται ότι το φυτόχρωμα παίζει ρόλο στον έλεγχο της συμπεριφοράς του φυτού κάτω από το φίλτρο CuSO_4 , όμως υπάρχουν ενδείξεις ότι κάποιος επιπλέον μηχανισμός πρέπει να συνεπιδρά στην επιμήκυνση του βλαστού και των μεσογονατίων διαστημάτων (Rajapakse et al., 1992).

5. Οι ρυθμιστές αύξησης

Οι ρυθμιστές αύξησης μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο στον περιορισμό της ανάπτυξης και στην καλύτερη διατήρηση των φυλλωδών φυτών σε εσωτερικούς χώρους, καθώς και στον περιορισμό της ανάπτυξης στη μονάδα παραγωγής των φυτών, εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό από τον παραγωγό (Poole and Conover, 1988).

Με τον όρο «*ρυθμιστής αύξησης*» ή «*φυτορρυθμιστική ουσία*» ονομάζουμε γενικά όλες τις χημικές ουσίες που επιβραδύνουν την κυτταρική διαίρεση και επιμήκυνση στους ιστούς των βλαστών των φυτών, χωρίς να έχουν άλλη επίδραση στη μορφολογία τους (σχήμα φύλλων, ανθέων, γενική εικόνα του φυτού). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων, καθώς και το συνολικό ύψος του φυτού (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001).

Οι προσπάθειες χρησιμοποίησης χημικών ουσιών με σκοπό τον επηρεασμό των φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών όπως η αύξηση, η πρωίμηση, ο σχηματισμός καταβολών ανθέων και καρπών, η έκπτυξη ριζών η αύξηση του μεγέθους των παραγόμενων ανθέων, καρπών ή άλλων οργάνων του φυτού άρχισαν ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες είναι μια οργανικές ουσίες οι οποίες περιέχονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (< 1 mM) μέσα στους φυτικούς ιστούς και προάγουν ή τροποποιούν ποιοτικά την αύξηση και την ανάπτυξη του φυτού. Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες δεν αποτελούν θρεπτικά ή δομικά συστατικά των φυτών και δεν του παρέχουν ενέργεια ή απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξή τους. Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες διακρίνονται σε φυσικές και συνθετικές (Σάββας, 2003).

Οι δυνατότητες των φυτορρυθμιστικών ουσιών να τροποποιούν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών και επομένως και διάφορα χαρακτηριστικά τους που σχετίζονται είτε με το ύψος της παραγωγής είτε με την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων έχουν βρει ευρύτατη εφαρμογή στην ανθοκομία. Οι εφαρμογές αυτές αποτελούν πλέον τμήμα της ειδικής καλλιεργητικής τεχνικής που εφαρμόζεται σε πολλά καλλιεργούμενα ανθοκομικά είδη. Η εφαρμογή χημικών ρυθμιστών ανάπτυξης στην ανθοκομία αποσκοπεί κυρίως στην πρόκληση των παρακάτω αποτελεσμάτων (Σάββας, 2003):

- διέγερση της ριζοβολίας κατά τον αγενή πολλαπλασιασμό των φυτών,
- επαγωγή ή άρση του ληθάργου σε σπόρους, βολβούς, κονδύλους, οφθαλμούς φυτών κ.λ.π.,
- έλεγχο του μεγέθους και της μορφής της κόμης των φυτών μέσω μείωσης του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων,
- διέγερση της έκπτυξης και της ανάπτυξης πολλών πλαγίων βλαστών μέσω της παρεμπόδισης της ανάπτυξης του κορυφαίου βλαστού (άρση κυριαρχίας της κορυφής), ώστε τα φυτά να λάβουν θαμνώδη μορφή με πλούσια κόμη,
- αύξηση της αντοχής των φυτών σε διάφορα παράσιτα και αντιξοότητες του περιβάλλοντος,
- καταστολή ανεπιθύμητης βλάστησης, νανοποίηση καλλωπιστικών φυτών και μείωση του αριθμού των κοπών στους χλοοτάπητες,

- ρύθμιση του χρόνου άνθισης μέσω διέγερσης ή επιβράδυνσης της έκπτυξης των ανθέων,
- καλύτερη εμφάνιση και παράταση διάρκειας ζωής των δρεπτών ανθέων.

Οι πιο συνηθισμένες φυτορρυθμιστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην ανθοκομία είναι οι *επιβραδυντές αύξησης*. Οι επιβραδυντές αύξησης είναι μία μεγάλη ομάδα συνθετικών φυτορρυθμιστικών ουσιών με διαφορετική χημική σύνθεση και με κοινό χαρακτηριστικό την ανασχετική δράση τους στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Οι επιβραδυντές αύξησης επιβραδύνουν το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών, ελαττώνουν το τελικό τους μήκος λόγω μείωσης του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων, αυξάνουν την ένταση του πράσινου χρώματος των φύλλων και έμμεσα επηρεάζουν την άνθιση λόγω περιορισμού τα βλαστικής ανάπτυξης, χωρίς όμως να προκαλούν μορφολογικές παραμορφώσεις στα φυτά. Η χρήση επιβραδυντών αύξησης είναι ιδιαίτερα συχνή στα γλαστρικά φυτά με στόχο τον περιορισμό του μεγέθους του φυτού και ιδιαίτερα του ύψους του και το σχηματισμό ενός πιο συμπαγούς φυτού με πιο χοντρά στελέχη και πιο έντονα πράσινα φύλλα (Σάββας, 2003).

Στην καλλιέργεια της γαρδένιας, οι επιβραδυντές αύξησης χρησιμοποιούνται για τους παρακάτω λόγους (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001):

- Διαφοροποίηση περισσότερων ανθοφόρων οφθαλμών.
- Καλύτερη γενική εμφάνιση των φυτών και πιο σκούρο πράσινο χρώμα φυλλώματος.
- Αύξηση της διαμέτρου των βλαστών του φυτού, που τα κάνει πιο ανθεκτικά στις μεταφορές.

Οι ρυθμιστές αύξησης που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την παραγωγή φυτών γαρδένιας με νάνα διαμόρφωση είναι το Cycocel (CCC, chlormequat chloride), το Alar / B-Nine (daminozide) και το GA₃ με ψεκασμό του φυλλώματος και το Paclobutrazol (εμπ. όν. Bonzi) με διαβροχή του εδάφους (Λαζούδη και συνεργάτες, 2003). Άλλες φυτορρυθμιστικές ουσίες που ανήκουν στην ομάδα των επιβραδυντών αύξησης είναι το Phosphon (chlorphonium chloride), το A-Rest (ancymidol), το Sumagic (uniconazole) και το ethephon (Σάββας, 2003).

Εφαρμογή paclobutrazol σε δόσεις των 2, 4, 6 mg ανά γλάστρα διαμέτρου 15 cm κατέστειλε σε κάθε περίπτωση την ανάπτυξη φυτών γαρδένιας (*Gardenia jasminoides*) και *Codiaeum variegatum* ποικ. “Norma”. Ο ρυθμιστής ανάπτυξης επίσης επιβράδυνε την ανάπτυξη του *Radernachera indica*, ωστόσο δεν είχε καμία επίδραση στην καθ’ ύψος ανάπτυξη του *Spathiphyllum* N.E. Br. “Bennett”. (Poole and Conover, 1988).

Σε φυτά γαρδένιας, επεμβάσεις με Cycocel, Alar και Paclobutrazol έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του μήκους των βλαστών και το σχηματισμό νάνων φυτών με συμπαγή κόμη. Συγκεκριμένα, επεμβάσεις με Cycocel σε έρριζα μοσχεύματα φυτεμένα ανά τρία σε φυτοδοχεία όγκου 0,5 L (συγκέντρωση 4000 ppm) προκαλεί σημαντικό περιορισμό του μήκους των βλαστών χωρίς να αναστέλλει των έκπτυξή τους. Παρόμοια αποτελέσματα δίνει και η εφαρμογή με Alar (συγκέντρωση 4000 ppm), καθώς και η εφαρμογή με Paclobutrazol (συγκέντρωση των 50 ppm). Η εφαρμογή της GA₃ δεν αυξάνει τον αριθμό και το μήκος των βλαστών, ούτε ευνοεί τη διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών. Το μήκος των βλαστών επηρεάζεται σημαντικά από τη συνδυασμένη εφαρμογή φυτικών ρυθμιστών. Τα καλύτερα αποτελέσματα στο σχηματισμό χαμηλών φυτών δίνει ο συνδυασμός αρχικής εφαρμογής Alar και τελικής εφαρμογής Paclobutrazol στο έδαφος. Η εφαρμογή μόνο Alar προάγει περισσότερο την ανθοφορία των φυτών γαρδένιας δίνοντας και τους περισσότερους ανθοφόρους οφθαλμούς (Λαζούδη και συνεργάτες, 2003).

Η εφαρμογή διαλύματος Paclobutrazol συγκέντρωσης 5, 10, 25 και 50 ppm (60 mL διαλύματος ανά γλάστρα διαμέτρου 9 cm) επιβράδυνε την ανάπτυξη φυτών γαρδένιας. Αύξηση της συγκέντρωσης είχε ως αποτέλεσμα ανάλογη μείωση του μήκους των βλαστών. Το ποσοστό ανθέων στους κύριου βλαστούς ήταν υψηλότερο στα φυτά που δέχθηκαν τη μεταχείριση με ρυθμιστή ανάπτυξης, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός σημαντικά πιο ισορροπημένου φυτού, καθώς οι πλάγιοι βλαστοί αναπτύχθηκαν αφού εμφανίσθηκαν τα ακραία άνθη των κύριων βλαστών. Η καλύτερη διαμόρφωση του φυτού επιτεύχθηκε σε συγκέντρωση Paclobutrazol 5-10 ppm, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις είχαν ως αποτέλεσμα την καθήλωση της ανάπτυξης και παραμορφώσεις των φύλλων (Baerdemaeker et al., 1994).

Η χρήση των φυτορρυθμιστικών ουσιών στη γεωργική πρακτική δεν ακολούθησε το ρυθμό διάδοσης των άλλων γεωργικών φαρμάκων, δηλαδή των εντομοκτόνων, των μυκητοκτόνων και των ζιζανιοκτόνων. Σε γενικές γραμμές αυτό ισχύει κυρίως για την ανθοκομία, αν και η χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών στα καλλωπιστικά φυτά είναι γενικά πιο διαδεδομένη σε σύγκριση με άλλες παραγωγικές καλλιέργειες. Η πιο περιορισμένη χρήση των χημικών ρυθμιστών ανάπτυξης στην ανθοκομία σε σύγκριση με τα υπόλοιπα φυτοφάρμακα, οφείλεται κυρίως στους παρακάτω λόγους (Σάββας, 2003):

- Το κόστος αγοράς και η εφαρμογή τους, που συχνά καλύπτει το όφελος που αναμένεται από τη χρήση τους.
- Η δράση τους συχνά δεν είναι εξειδικευμένη με συνέπεια να είναι αναγκαίο να ψεκαστεί μόνο ένα συγκεκριμένο τμήμα του φυτού και να υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης παρενεργειών όταν κάποια άλλα τμήματα του φυτού διαβραχούν με ψεκαστικό υγρό κατά λάθος.
- Διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους αντιδρούν συχνά με τελείως διαφορετικό τρόπο όταν ψεκάζονται με την ίδια φυτορρυθμιστική ουσία.
- Το εύρος μεταξύ της συνιστώμενης δόσης και των κρίσιμων ορίων που προκαλούν τοξικότητα είναι σε πολλές περιπτώσεις μικρό, με συνέπεια να υπάρχει κίνδυνος λανθασμένης χρήσης αν κατά την εφαρμογή ενός χημικού ρυθμιστή ανάπτυξης αν δεν τηρηθούν επακριβώς οι οδηγίες του παρασκευαστή.
- Πολλές φυτορρυθμιστικές ουσίες είναι αποτελεσματικές μόνο όταν εφαρμόζονται σε πολύ συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης των φυτών, το οποίο συχνά είναι πολύ περιορισμένο χρονικά.

6. Χρήση Φωτοεκλεκτικών Υλικών Κάλυψης

Ως εναλλακτική λύση στην εφαρμογή ρυθμιστών ανάπτυξης για τη δημιουργία φυτών με νάνα χαρακτηριστικά μελετάται τα τελευταία χρόνια η χρήση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Πρόκειται για φύλλα πολυαιθυλενίου, τα

οποία έχουν την ιδιότητα να απορροφούν σε ορισμένη περιοχή του φάσματος του φωτός και να τροποποιούν την ποιότητα φωτός που δέχεται τελικά η καλλιέργεια (Εικ.7).



Εικόνα 7: Φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε αρχικά ροή νερού στην οροφή του θερμοκηπίου στο οποίο προστέθηκε διάλυμα CuSO_4 (μπλε χρώμα). Το διάλυμα CuSO_4 δρα ως φωτοεκλεκτικό υλικό, χωρίς να μεταβάλλει το φάσμα της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR) (Mortensen and Strømme, 1987). Έτσι προέκυψε η ιδέα της ενσωμάτωσης χρωστικών στα πλαστικά υλικά κάλυψης, τα οποία θα απορροφούσαν την πράσινη ακτινοβολία και θα αντανακλούσαν την κόκκινη (Nonorplanski et al., 1990; Honda et al., 1977), οι οποίες αφορούσαν:

- Το μαύρισμα των πετάλων σε κόκκινες ποικιλίες τριαντάφυλλου, εξαιτίας της έκθεσης των φυτών σε UV-B ακτινοβολία (280-320 nm) σε συνδυασμό με τη χαμηλή θερμοκρασία των φύλλων των φυτών. Αυτό είχε ως συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Με τη χρήση κατάλληλων υλικών κάλυψης που απορροφούν τη UV ακτινοβολία, μπορεί να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση.
- Τον περιορισμό της σποροποίησης του μύκητα *Botrytis cinerea*, που ευνοείται από τη UV ακτινοβολία (310 nm) και αποτρέπεται από τα μπλε φως (480 nm). Ο

σηματισμός των σπορίων του μύκητα σχετίζεται τόσο *in vitro* όσο και *in vivo* με τη διαπερατότητα του υλικού κάλυψης στ UV ακτινοβολία, ενώ συσχετίζεται αρνητικά με το λόγο του μπλε φωτός που το διαπερνά προς τη UV ακτινοβολία.

- Την επιτάχυνση του ρυθμού ανάπτυξης φυτών πεπονιού με τη χρήση φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης που περιέχει φωσφορίζουσες ουσίες, οι οποίες απορροφούν στην περιοχή του πράσινου και αποκλείουν το κόκκινο.
- Την επιτάχυνση του ρυθμού ανάπτυξης του *Sainpaulia ionatha* και τη μείωση του χρόνου μεταξύ μεταφύτευσης και άνθισης με τη χρήση διαφόρων φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης.

Τα φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης, τα οποία απορροφούν συγκεκριμένο μήκος κύματος, επηρεάζουν την ανάπτυξη καθώς και τη μορφολογία του φυτού. Στην περίπτωση της ποϊσέντιας και του χρυσάνθεμου, χαρακτηριστικά όπως το ξηρό βάρος, η ξηρά ουσία, ο αριθμός των φύλλων, ο αριθμός των πλαγίων βλαστών και η ολική φυλλική επιφάνεια παρουσίασαν διαφορές όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από τροποποιημένο φάσμα φωτός (Mortensen and Strømme, 1987).

Ανάπτυξη φυτών χρυσανθέμου κάτω από μπλε φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης με διάφορες τιμές των λόγων B:R και R:Ft είχε ως αποτέλεσμα την αναστολή της επιμήκυνσης του βλαστού. Οι διαφορές αυτές ήταν ανάλογες της ποσότητας της χρωστικής που περιείχε το υλικό κάλυψης σε ποσοστό έως και 22%. Αν και εκπύχθηκαν λιγότερα φύλλα, το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων ήταν σημαντικά μικρότερο σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ εκπύχθηκαν λιγότεροι πλάγιοι βλαστοί. Τα φυτά είχαν μικρότερη φυλλική επιφάνεια και μικρότερο ολικό ξηρό βάρος, σε σχέση με το μάρτυρα (Oyaert et al., 1999).

Μελετώντας τη συνδυασμένη επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης (διαφορετικά επίπεδα PAR και λόγος φ) και της αζωτούχου λίπανσης σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα (0.316, 1.0, 3.16 και 10 mM) στην ανάπτυξη του χρυσάνθεμου, προέκυψε ότι η αύξηση του αζώτου στα 10 mM επέφερε τετραπλάσια αύξηση του ξηρού βάρους των φυτών και διπλασίασε το ύψος τους, όταν αυτά δεν καλύπτονταν από φωτοεκλεκτικό φίλτρο. Φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό κάλυψης που απορροφά στο FR ήταν κοντότερα και για αυτόν το λόγο τα φυτά δεν αντέδρασαν

στην αζωτούχο λίπανση. Φυτά που λιπάνθηκαν με 10 mM N και αναπτύχθηκαν κάτω από υλικό που απορροφούσε τη FR ακτινοβολία, είχαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια απ' ό τι τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από υλικό που απορροφούσε τη R ακτινοβολία (Khattak et al., 1999).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η τροποποίηση της ποιότητας του φωτός στα θερμοκήπια με τη βοήθεια φωτοεκλεκτικών φίλτρων CuSO_4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του ύψους φυτών τριανταφυλλιάς σε φυτοδοχεία. Αυτά τα φίλτρα μειώνουν το φως με μήκη κύματος στην περιοχή του R και FR και έχουν μεγάλες τιμές των λόγων R:FR, B:FR, B:R και φ. Ανάπτυξη φυτών τριανταφυλλιάς κάτω από τέτοια φίλτρα είχε ως αποτέλεσμα τη μειωμένη επιμήκυνση των βλαστών και των μεσογονατίων διαστημάτων, καθώς και την αύξηση του αριθμού των πλαγίων βλαστών, σε σχέση με το μάρτυρα. Τα άνθη ήταν ελαφρώς μικρότερα, ενώ η περιεκτικότητα των φύλλων σε σουκρόζη και άμυλο ήταν κατά 40% και 65% μικρότερη σε σχέση με το μάρτυρα. Έτσι, η παρατεταμένη παραμονή των φυτών κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και σε υψηλές θερμοκρασίες (οι οποίες επιταχύνουν την ανάπτυξη τους) έχει ως αποτέλεσμα το κιτρίνισμα των φύλλων, πιθανώς λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας των ιστών του φυτού σε υδρογονάνθρακες (Rajapakse and Kelly, 1994).

Ανάπτυξη χρυσάνθεμων κάτω από φίλτρο CuSO_4 είχε ως αποτέλεσμα τη νάνα εμφάνιση των φυτών, τα οποία παρουσίασαν έως και 40% μικρότερο ύψος, συνολική φυλλική επιφάνεια μικρότερη κατά 32%, μέσο μέγεθος φύλλων μικρότερο κατά 24%, μειωμένο ολικό χλωρό και ξηρό βάρος, σε σχέση με μάρτυρα και ανάλογα με τη συγκέντρωση του διαλύματος σε χρωστική (CuSO_4). Στην πραγματικότητα, η νάνα εμφάνιση οφειλόταν στο μειωμένο μήκος μεσογονατίων διαστημάτων και το μειωμένο αριθμό κόμβων των φυτών (Rajapakse and Kelly, 1992).

Χρήση φύλλου πολυαιθυλενίου που απορροφά την βαθιά ερυθρή (Far-Red) ηλιακή ακτινοβολία ως υλικού κάλυψης φυτών του γένους *Salvia* είχε ως αποτέλεσμα το μειωμένο μήκος βλαστού έως και 35,8%, από τις πρώτες 4 εβδομάδες ανάπτυξης των φυτών. Η μείωση αυτή του ύψους προκλήθηκε από το μειωμένο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Για το συγκεκριμένο γένος, δεν παρουσιάστηκε διαφορο-

ποίηση της φυλλικής επιφάνειας, ενώ μειώθηκε το πράσινο χρώμα των φύλλων. Το ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών παρουσιάστηκε μειωμένο, ενώ οι ημέρες έως την άνθιση και ο αριθμός των ανθέων δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Αντίθετα, φύλλο πολυαιθυλενίου που απορροφά την ερυθρή (Red) ακτινοβολία δεν επηρέασε το μήκος του βλαστού (και επομένως και το ύψος) φυτών του ίδιου γένους που αναπτύχθηκαν κάτω από αυτό. Δεν επηρεάστηκε η ολική φυλλική επιφάνεια, το πράσινο χρώμα των φύλλων και η ανάπτυξη των ανθέων, ενώ το ξηρό βάρος φύλλων και βλαστού μειώθηκε (Wilson and Rajapakse, 2001).

Φυτά του είδους *Saintpaulia ionantha* αναπτυσσόμενα κάτω από φωτοεκλεκτικά φύλλα πολυαιθυλενίου μπλε και κόκκινου χρώματος (γνωστών λόγων R:FR, B:R και B:FR), παρουσίασαν σημαντικά μειωμένη ανάπτυξη. Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης ($\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ήταν σημαντικά μικρότερος σε σχέση με μάρτυρα (φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από διαφανές φύλλο πολυαιθυλενίου), λόγω της μικρότερης φωτοσυνθετικής αφομοίωσης (που εκφράζεται από μειωμένο ξηρό βάρος). Παρατηρήθηκε επίσης και μειωμένο μέγεθος φύλλων, που συνδέεται με τη μειωμένη αφομοίωση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης (Boschi et. Al., 2000).

Τα φωτοεκλεκτικά φύλλα πολυαιθυλενίου φαίνεται ότι επηρεάζουν την ανάπτυξη όχι μόνο ώριμων φυτών, αλλά και μοσχευμάτων και μάλιστα από τις πρώτες εβδομάδες της εγκατάστασής τους. Φυτά χρυσάνθεμου και πιπεριάς, τα οποία αναπτύχθηκαν σε θαλάμους που καλύπτονταν από φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης με χρωστική απορρόφησης του Far-Red (το φίλτρο αποκλείει το Far-red με μέγιστο στα 760 nm), είχαν μειωμένο ολικό ύψος καθώς και ύψος μεσογονατίων διαστημάτων έως και 35%, ανάλογα με το είδος του φυτού και η συγκέντρωση χρωστικής στο φίλτρο. Αυτό προκλήθηκε λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης της χρωστικής στο υλικό, η οποία μειώνει τη διαπερατότητά του από το PPF (Photosynthetic Photon Flux = ροή φωτοσυνθετικών φωτονίων, σχεδόν τριπλασιάζει το λόγο R:FR και αυξάνει το λόφο φωτοϊσορροπίας ϕ). Τα φωτοεκλεκτικά υλικά μείωσαν τη φυλλική επιφάνεια και το ξηρό βάρος των βλαστών των φυτών. Το ειδικό ξηρό βάρος (ξηρό βάρος ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας) των φύλλων και των βλαστών επίσης μειώθηκε ελαφρώς στα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από τα φωτοεκλεκτικά φίλτρα. Αν και τα

υλικά κάλυψης με μεγαλύτερη συγκέντρωση χρωστικής είναι πιο αποτελεσματικά στη μείωση του ύψους των φυτών, ωστόσο η μείωση του PPF που επιφέρουν με την αύξηση της συγκέντρωσης της χρωστικής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την κατασκευή των φωτοεκλεκτικών φίλτρων (Li et al., 2000).

Έχει βρεθεί ότι η ποσότητα Far-red ακτινοβολίας αυξάνεται νωρίς το βράδυ. Δεδομένου ότι η Far-red ακτινοβολία είναι εκείνη που προκαλεί την επιμήκυνση των βλαστών, θα ήταν δυνατός ο έλεγχος του ύψους των φυτών με παραμονή τους μόνο κατά τη συγκεκριμένη ώρα της ημέρας κάτω από φωτοεκλεκτικά υλικά που απορροφούν στο Far-red. Έτσι, τα φυτά μπορούν κατά τη διάρκεια της υπόλοιπης ημέρας να αξιοποιούν τη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία. Έτσι προκύπτουν φυτά τα οποία δεν υστερούν ως προς το ξηρό τους βάρος σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην περίπτωση που τα φυτά αναπτύσσονται συνεχώς κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (Rajapakse et. Al., 2001).

Ο λόγος R:FR χρησιμοποιείται συνήθως για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας ενός φωτοεκλεκτικού φίλτρου στην εκδήλωση νανισμού στα φυτά, όπως προαναφέρθηκε. Ωστόσο έχει αποδειχθεί ότι ο λόγος αυτός δεν είναι αξιόπιστος δείκτης εκτίμησης της αποτελεσματικότητας του φωτοεκλεκτικού. Η αντίδραση του φυτού δεν εξαρτάται μόνο από αυτόν το λόγο, αλλά και από το είδος του φυτού. Σπορόφυτα αγγουριού, μελιτζάνας και τομάτας ανταποκρίθηκαν καλύτερα (σχημάτισαν κοντότερους βλαστούς) σε φωτοεκλεκτικό φίλτρο με μικρό λόγο R:FR (Rajapakse and Li, 2004).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξη φυτών και πολλαπλασιαστικού υλικού (μοσχευμάτων) κάτω από φωτοεκλεκτικά υλικά με τροποποιημένο λόγο R:FR έχει ως αποτέλεσμα το σχετικά μικρότερο ύψος φυτού, που οφείλεται του μειωμένου μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων. Υπάρχει τάση τα φυτά αυτά να έχουν μειωμένο ξηρό βάρος και γενικότερα να παρουσιάζουν ελλιπή θρέψη (ένδειξη το ανοιχτό πράσινο χρώμα των φυτών). Επίσης, τα φυτά αυτά έχουν μειωμένη φυλλική επιφάνεια (ως αποτέλεσμα της έκπτυξης μικρότερων φύλλων και λιγότερων κόμβων) και λιγότερους πλάγιους βλαστούς.

Η χρήση των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης για τη δημιουργία νάνων φυτών βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο. Η έρευνες ωστόσο εστιάζονται στη διεύκρινση των επιδράσεων που έχουν τα υλικά διαφόρων οπτικών ιδιοτήτων στην αύξηση και την ανάπτυξη ενός μεγάλου αριθμού καλλιεργούμενων ειδών (Εικ.8).



Εικόνα 8: Πειραματικοί θάλαμοι ανάπτυξης φυτών με κάλυψη από φωτοεκλεκτικά υλικά.

Κεφάλαιο 2^ο : ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Περιγραφή του Θερμοκηπίου

Τα πειράματα έγιναν σε δύο θερμοκήπια: ένα τροποποιημένο τοξωτό και ένα χωρικού τύπου στην περιοχή των Κάτω Λεχνώνων Πηλίου. Η οροφή του τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου ήταν καλυμμένη με πολυαιθυλένιο και τα τοιχώματα ήταν από γυαλί (ασβεστωμένο εξωτερικά). Το θερμοκήπιο διέθετε παράθυρα οροφής (Εικ.9) και ανεμιστήρες για την ομογενοποίηση του περιβάλλοντος στο εσωτερικό του. Ο σκελετός του θερμοκηπίου ήταν από χάλυβα. Το θερμοκήπιο χωρικού τύπου διέθετε σύστημα δροσισμού με υγρή παρειά. Ο σκελετός του θερμοκηπίου ήταν από ξύλο (χωρικού τύπου).



Εικόνα 9: Εξωτερική άποψη των δύο θερμοκηπίων

Η θέρμανση και στις δύο περιπτώσεις γινόταν με σύστημα θέρμανσης με επιδαπέδιους σωλήνες. Το έδαφος ήταν καλυμμένο με τσιμέντο και στρωμένο με μαύρο πλαστικό πλέγμα στους χώρους όπου βρίσκονταν τα φυτοδοχεία (Εικ.10).



Εικόνα 10: Εσωτερική άποψη των δύο θερμοκηπίων.

Το ριζωτήριο ήταν μια επιδαπέδια λεκάνη και διέθετε σύστημα υδρονέφωσης. Το έδαφος ήταν καλυμμένο με τσιμέντο και χαλίκι και στρωμένο με μαύρο πλαστικό πλέγμα. Διέθετε επιδαπέδιους σωλήνες θέρμανσης και είχε ύψος 80 cm.

Το ριζωτήριο χωρίστηκε σε τρεις χώρους (από 4 m²) που καλύπτονταν από τρία διαφορετικά υλικά κάλυψης: α) με φωτοεκλεκτικό υλικό (μπλε χρώματος), β) με φύλλο πολυαιθυλενίου με αυξημένο συντελεστή σκίασης και γ) με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (μάρτυρας) το οποίο χρησιμοποιείται στην εμπορική παραγωγή έρριζων μοσχευμάτων γαρδένιας. Τα τρία ριζωτήρια απέιχαν μεταξύ τους περίπου 1 m, ώστε να μην αλληλοσκοιάζονται (Εικ. 11).



Εικόνα 11: Οι τρεις μεταχειρίσεις στο ριζωτήριο: α) φωτοεκλεκτικό υλικό, β) υλικό κάλυψης με αυξημένο συντελεστή σκίασης, γ) απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

2. Εγκατάσταση της Καλλιέργειας

Για το πείραμα που έγινε στο ριζωτήριο επιλέχθηκαν 1200 μοσχεύματα κορυφής, σε παρόμοιο στάδιο ανάπτυξης και τα οποία τοποθετήθηκαν ανά δύο σε παλέτες των 40 θέσεων (2 ανά θέση). Το υπόστρωμα ριζοβολίας ήταν μίγμα τύρφης: κόκκου: περλίτη σε αναλογία 3:3:1. Κάτω από τα τρία υλικά κάλυψης (3 μεταχειρίσεις) τοποθετήθηκε ο ίδιος αριθμός μοσχευμάτων (400 ανά μεταχείριση). Τα μοσχεύματα κατά την τοποθέτησή τους είχαν 2 κόμβους με ένα ζεύγος φύλλων ανά κόμβο.

Για το πείραμα που έγινε στο θερμοκήπιο χωρικού τύπου επιλέχθηκαν 360 έρριζα μοσχεύματα που είχαν αναπτυχθεί σε ριζωτήριο καλυμμένο με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου και μεταφυτεύθηκαν σε γλάστρες. Κάθε γλάστρα περιείχε 4 φυτά, όπως ακριβώς απαιτεί η εμπορική παραγωγή της γαρδένιας. Το υπόστρωμα ανάπτυξης περιλάμβανε μίγμα τύρφης : περλίτη = 2:1. Κατασκευάστηκαν 2 μικροί τοξωτοί θάλαμοι (5m² ο καθένας) με σκελετό από σίδηρο με κάλυψη από φωτοεκλεκτικό φύλλο πολυαιθυλενίου και με φύλλο πολυαιθυλενίου με αυξημένο συντελεστή σκίασης οι οποίοι τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Σε κάθε θάλαμο τοποθετήθηκαν 30 γλάστρες. Ως μάρτυρας του πειράματος θεωρήθηκε το περιβάλλον του θερμοκηπίου, οπότε και δε χρησιμοποιήθηκε τρίτο υλικό κάλυψης. Τα φυτά-μάρτυρες είχαν αρχικό μέγεθος όμοιο με αυτό των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν στις μεταχειρίσεις, μεταφυτεύθηκαν την ίδια ημερομηνία και παρέμειναν στο χώρο του θερμοκηπίου κοντά στους δύο θαλάμους όπου αναπτύχθηκαν τα φυτά που δέχθηκαν τις μεταχειρίσεις. Σε κάθε μεταχείριση τοποθετήθηκαν 8 γλάστρες (με 4 φυτά η καθεμιά) από τις οποίες λαμβάνονταν οι μετρήσεις ανάπτυξης των φυτών, ενώ ο χώρος πληρώθηκε με 22 γλάστρες ανά μεταχείριση από τις οποίες σε 6 φυτά κάθε φορά γίνονταν καταστροφικές μετρήσεις. Σκοπό της πλήρωσης του χώρου με φυτά ήταν η προσομοίωση του μικροκλίματος του θερμοκηπίου. Το θερμοκήπιο διέθετε σύστημα στάγδην άρδευσης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την υδρολίπανση όλων των φυτών.

Μία επανάληψη του ίδιου πειράματος έγινε στον ίδιο χώρο, κατά την οποία τοποθετήθηκε 1 φυτό ανά γλάστρα. Οι μετρήσεις στην περίπτωση αυτή έγιναν σε 10

φυτά ανά μεταχείριση και αφορούσαν μόνο φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από έγχρωμο υλικό κάλυψης (δε χρησιμοποιήθηκε υλικό κάλυψης με αυξημένο συντελεστή σκίασης).

3. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια τριών περιόδων:

- 1^η περίοδος: 21/11/2002 έως 12/1/2003. Το πείραμα αφορούσε μοσχεύματα στο ριζωτήριο, το οποίο ήταν εγκατεστημένο εντός τροποποιημένου τοξωτού πολλαπλού θερμοκηπίου.
- 2^η περίοδος: 2/5/2003 έως 4/7/2003. Το πείραμα αφορούσε την ανάπτυξη φυτών σε γλάστρες διαμέτρου 12 cm, εντός αμφίρρικτου θερμοκηπίου χωρικού τύπου.
- 3^η περίοδος: 26/11/2003 έως 13/3/2004. Επανάληψη της 2^{ης} περιόδου στο ίδιο θερμοκήπιο.

Οι μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αφορούσαν: τις οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης, τους κλιματικούς παράγοντες στο εσωτερικό του και τις παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών.

3.1. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Η μέτρηση των οπτικών χαρακτηριστικών των υλικών κάλυψης έγινε με φασματοραδιόμετρο LI-1800, με το οποίο μετρήθηκε η διαπερατότητα των υλικών στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός.

3.2. Κλιματικές Παράμετροι

Κατά τη διάρκεια του πρώτου πειράματος (ριζοβολία και ανάπτυξη μοσχευμάτων) γινόταν καταγραφή :

- Της θερμοκρασίας (T, ° C) με αεριζόμενο ψυχρόμετρο τύπου Assman.
- Της ηλιακής ακτινοβολίας (Rs, W m⁻²) στο εσωτερικό των ριζωτηρίων με πυρανόμετρο.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου και τρίτου πειράματος γινόταν με τα ίδια όργανα μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα (T , $^{\circ}\text{C}$) και της ηλιακής ακτινοβολίας (R_s , W m^{-2}) στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και των θαλάμων όπου είχαν τοποθετηθεί τα φυτά. Τα όργανα ήταν σε όλες τις περιπτώσεις αναρτημένα στο ύψος περίπου των φυτών. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 30 δευτερόλεπτα και κάθε 10 λεπτά καταγραφόταν η μέση τιμή όλων των παραμέτρων σε καταγραφέα δεδομένων (data logger, Delta-T Devices) (Εικ. 12).



Εικόνα 12: Ψυχρόμετρο, Data logger και Πυρανόμετρο.

3.3. Παράμετροι ανάπτυξης των φυτών

Κατά τη διάρκεια του πρώτου πειράματος καταγράφονταν:

- ❖ Το συνολικό μήκος των βλαστών των φυτών (cm).
- ❖ Η φυλλική επιφάνεια των φυτών (mm^2).
- ❖ Οι διαστάσεις των φύλλων (μήκος, πλάτος).

- ❖ Το ξηρό βάρος των φύλλων και της ρίζας, με χρήση ζυγού ακριβείας (g). Οι μετρήσεις γίνονταν με τυχαία δειγματοληψία 6 φυτών από κάθε μεταχείριση και αποξήρανση των δειγμάτων σε ξηραντήριο για 24 h στους 95° C.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος καταγράφονταν:

- ❖ Το μήκος των κύριων βλαστών.
- ❖ Το μήκος και ο αριθμός των πλαγίων βλαστών.
- ❖ Ο αριθμός των κόμβων.
- ❖ Το ξηρό βάρος των φύλλων, της ρίζας και του βλαστού, με τυχαία δειγματοληψία φυτών (2 ανά μεταχείριση, για κάθε μέτρηση).

Κατά τη διάρκεια του τρίτου πειράματος καταγράφονταν:

- ❖ Το μήκος των κύριων βλαστών.
- ❖ Ο αριθμός των κόμβων και των πλαγίων βλαστών.
- ❖ Οι διαστάσεις των φύλλων.
- ❖ Το ξηρό βάρος των φύλλων και των βλαστών στο τέλος του πειράματος.

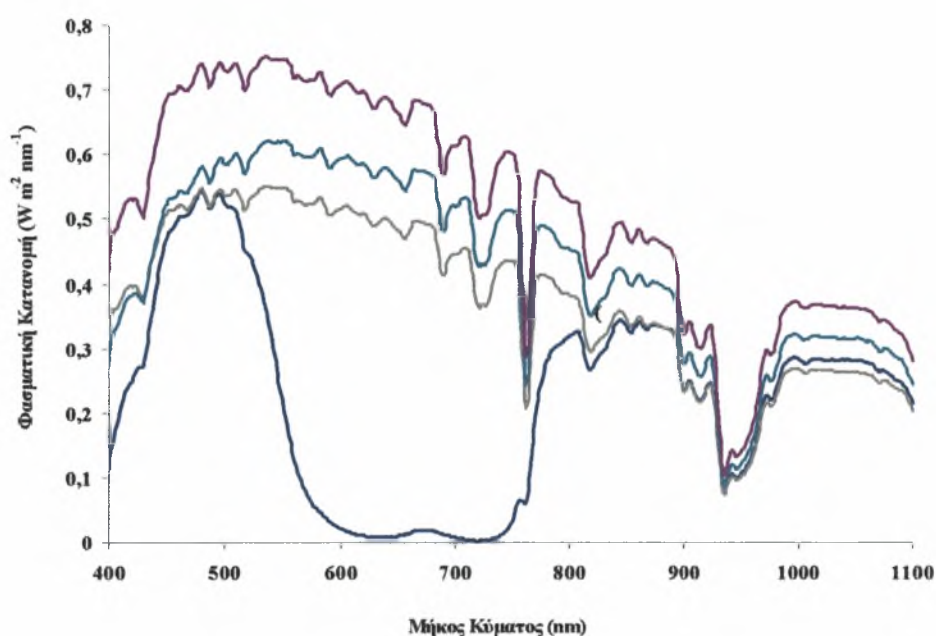
4. Επεξεργασία των δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS.

Κεφάλαιο 3^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, το υλικό κάλυψης με αυξημένο συντελεστή σκίασης, το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου και στο εξωτερικό περιβάλλον.



Διάγραμμα 2: Η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης (—), το υλικό κάλυψης με αυξημένο συντελεστή σκίασης (—), το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (—) και στο εξωτερικό περιβάλλον (—).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, το φωτοεκλεκτικό υλικό απορροφά έντονα στα μήκη κύματος 600-750 nm. Με τη βοήθεια των παραπάνω μετρήσεων υπολογίστηκαν οι λόγοι $\zeta = R/FR$ (655-665/725-735 nm) και B/R , οι τιμές των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 7.

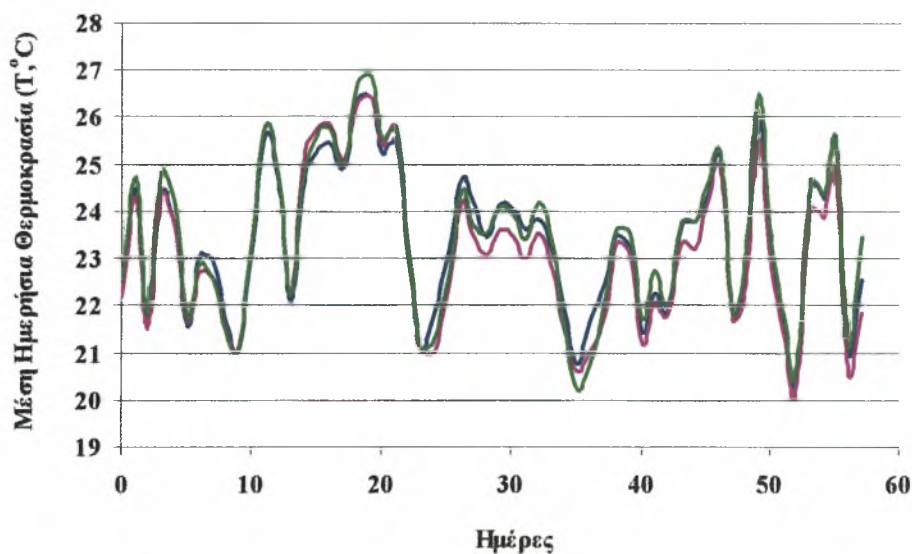
Πίνακας 7: Οι τιμές των λόγων ζ και B/R για τα τρία υλικά κάλυψης και το εξωτερικό περιβάλλον.

Υλικό	ζ	B/R
Φωτοεκλεκτικό	3,072	28,964
Με αυξημένο συντελεστή σκίασης	1,279	0,954
Απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	1,263	0,843
Εξωτερικό περιβάλλον	1,274	0,937

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το έγχρωμο φωτοεκλεκτικό υλικό έχει τριπλάσιο λόγο ζ , πράγμα που σημαίνει ότι απορροφά τρεις φορές περισσότερο στο ερυθρό. Η απορρόφηση αυτή γίνεται πολλαπλάσια στην περιοχή του μπλε.

2. Πείραμα στο ριζωτήριο

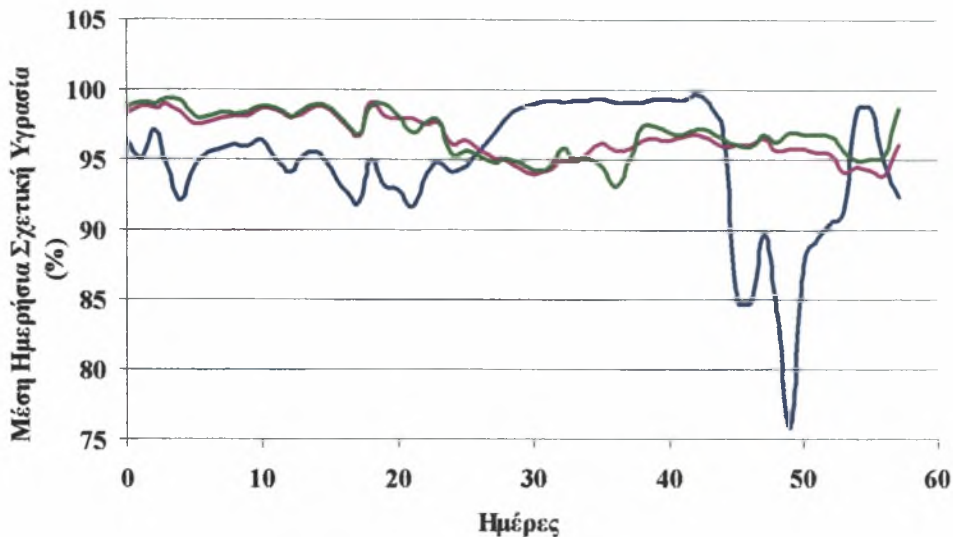
Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας T ($^{\circ}\text{C}$) κάτω από τα τρία υλικά κάλυψης.



Διάγραμμα 3: Η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας T ($^{\circ}\text{C}$) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (—), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (—) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (—).

Όπως φαίνεται σε αυτό, η διακύμανση της θερμοκρασίας ήταν η ίδια κάτω και από τα τρία υλικά κάλυψης. Αυτό οφείλεται στην ομοιόμορφη θέρμανση του χώρου του ριζωτηρίου.

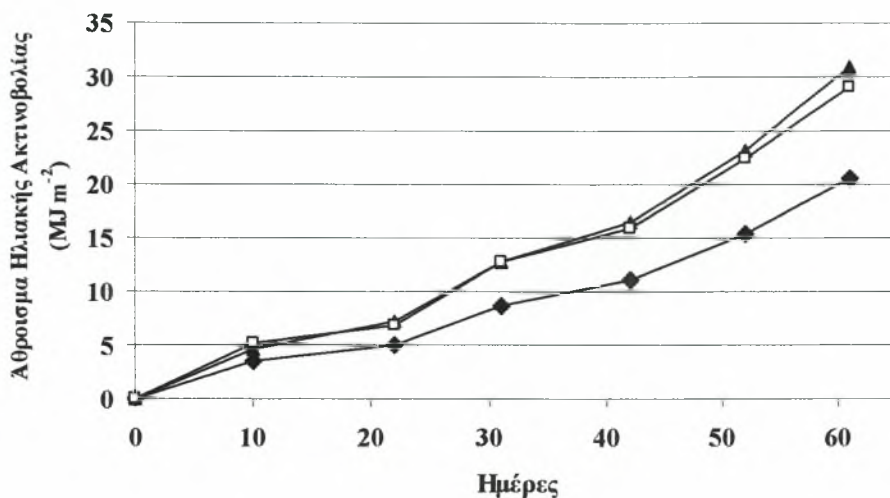
Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας HR (%) κατά την περίοδο του πειράματος.



Διάγραμμα 4: Οι μέσες τιμές της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας HR (%) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (—), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (—) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (—).

Η σχετική υγρασία και στις τρεις μεταχειρίσεις διατηρείται στα ίδια περίπου επίπεδα (περίπου 98%), από το σύστημα υδρονέφωσης. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι συνθήκες του μικροκλίματος και συνεπώς οι συνθήκες ανάπτυξης των μοσχευμάτων ήταν παρόμοιες στα τρία ριζωτήρια.

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται το άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας R_s ($MJ\ m^{-2}$) από μετρήσεις ανά 10 min που δέχθηκαν τα φυτά κατά τη διάρκεια του πειράματος.



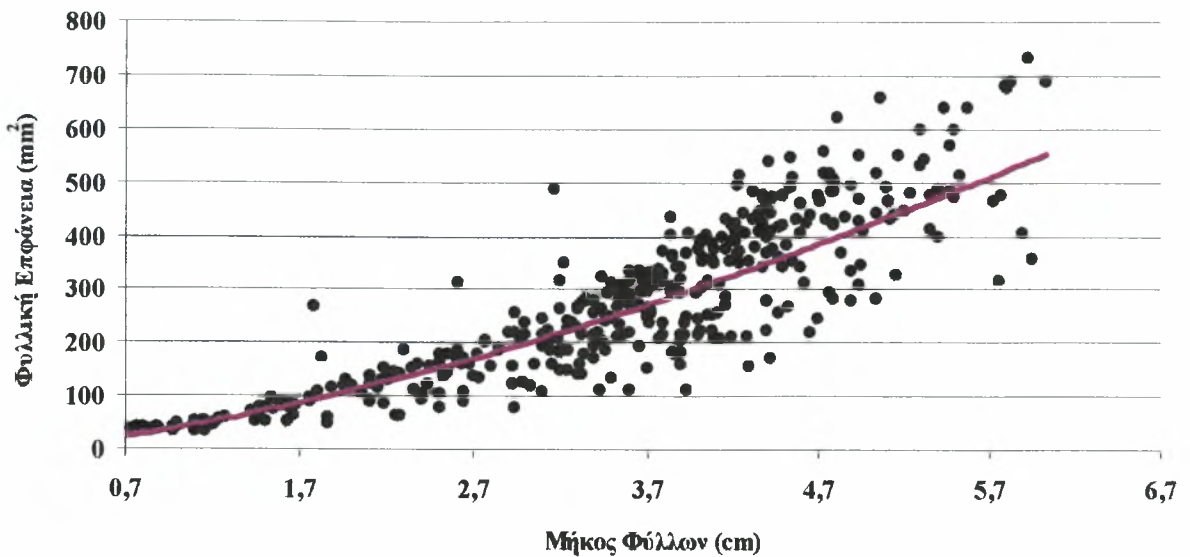
Διάγραμμα 5: Το άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας R_s ($MJ m^{-2}$) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (▲).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι συνθήκες του μικροκλίματος και συνεπώς και οι συνθήκες ανάπτυξης των μοσχευμάτων ήταν παρόμοιες ως προς τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία στις τρεις μεταχειρίσεις. Μόνο η ηλιακή ακτινοβολία που δέχθηκαν τα φυτά διέφερε ποσοτικά (Διάγραμμα 5) και ποιοτικά (Διάγραμμα 2) και εκεί θα μπορούσαν να αποδοθούν οι όποιες διαφορές ως προς την ανάπτυξη των μοσχευμάτων..

Με μέτρηση του μήκους φύλλων μοσχευμάτων και σάρωσή τους (προκειμένου να μετρηθεί η αντίστοιχη φυλλική επιφάνεια) έγινε συσχέτιση του μήκους του φύλλου και της αντίστοιχης φυλλικής επιφάνειας. Από τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων αναπτύχθηκε η σχέση ($n=394$, $R^2=0,8561$):

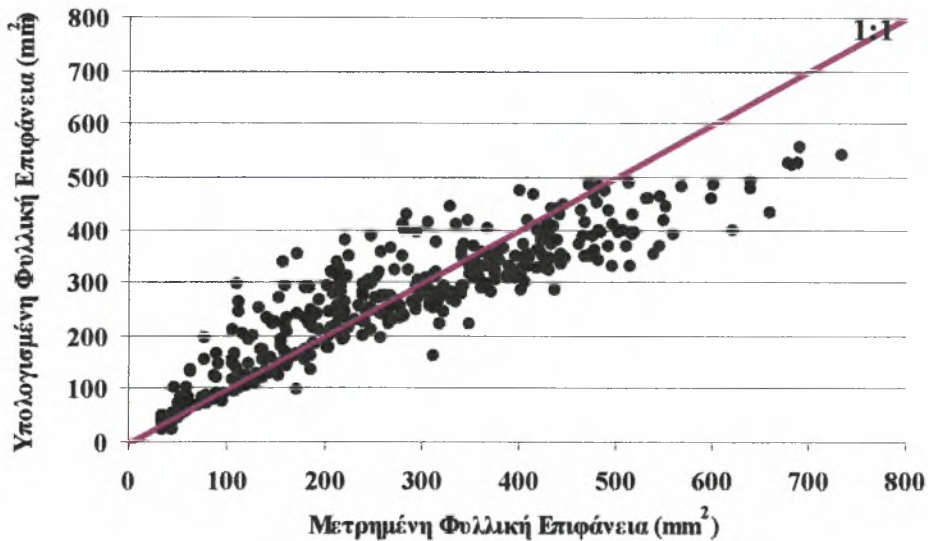
$$\Phi.E. = 40,351 \cdot L^{1,4581}$$

Στο Διάγραμμα 6 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της μετρημένης φυλλικής επιφάνειας και του μήκους του φύλλου ($n=394$).



Διάγραμμα 6: Η συσχέτιση μήκους φύλλων (cm) - φυλλικής επιφάνειας (mm^2).

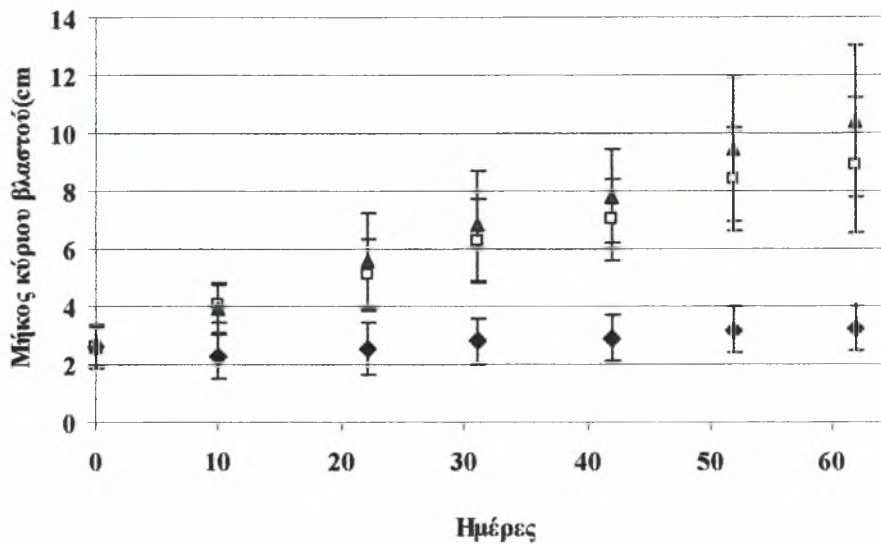
Η συσχέτιση μεταξύ μετρημένων και εκτιμημένων από την παραπάνω σχέση τιμών της φυλλικής επιφάνειας φαίνεται στο Διάγραμμα 7.



Διάγραμμα 7: Συσχέτιση μετρημένης και υπολογισμένης φυλλικής επιφάνειας (mm^2).

Η συνεχής γραμμή δείχνει την 1:1 συσχέτιση. Οι παραπάνω τιμές δε χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση της προαναφερθείσας εξίσωσης.

Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται το μέσο μήκος του βλαστού (cm) των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από τα τρία υλικά.



Διάγραμμα 8: Το μέσο μήκος του βλαστού (cm) των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (♦), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (▲) κατά την περίοδο του πρώτου πειράματος.

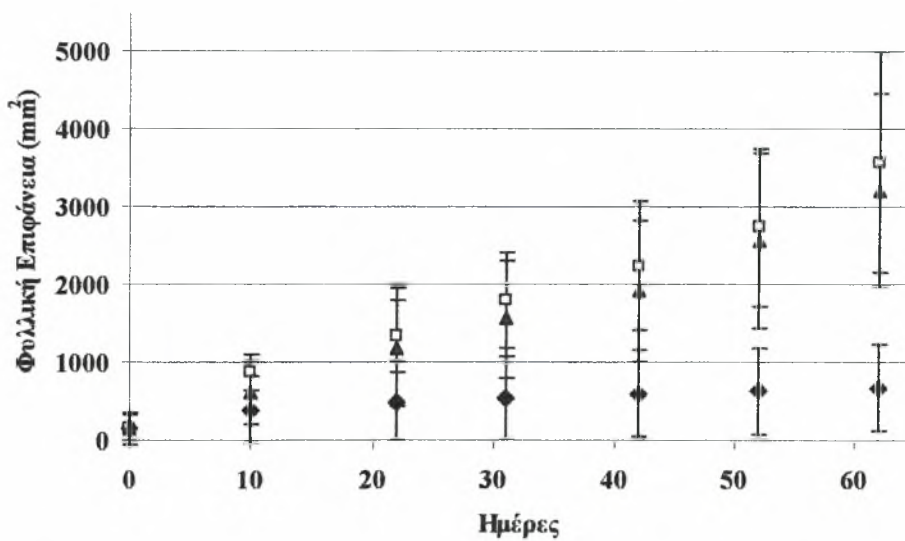
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8, τα μοσχεύματα που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης παρουσίασαν σημαντικά μικρότερο μήκος σε σχέση με τα μοσχεύματα που αναπτύχθηκαν κάτω από τα δύο άλλα υλικά κάλυψης. Συγκεκριμένα, τα μοσχεύματα που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό είχαν κατά 68,7% (S.D. = 0,81) μικρότερο ύψος από αυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Η διαφοροποίηση αυτή παρατηρήθηκε 20 ημέρες μετά την τοποθέτησή τους στο ριζωτήριο. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο ύψος των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, κατά την περίοδο του πειράματος στο ριζωτήριο ($p_{0,05} = 0,029$). Το ύψος των μοσχευμά-

των αυτών ήταν κατά 15% μικρότερο από το ύψος όσων αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (Εικ.13). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η τροποποίηση του λόγου R:FR και B:R αναστέλλει την καθ' ύψος ανάπτυξη των μοσχευμάτων γαρδένιας.



Εικόνα 13: Η εικόνα που παρουσίασαν τα μοσχεύματα στο τέλος του πειράματος στο ριζωτήριο κάτω από: α) φωτοεκλεκτικό υλικό, β)υλικό κάλυψης με αυξημένο συντελεστή σκίασης, γ) απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

Στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η μέση φυλλική επιφάνεια (mm^2) μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν στα τρία ριζωτήρια.



Διάγραμμα 9: Η μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών (mm^2) που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (♦), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (▲) κατά την περίοδο του πρώτου πειράματος.

Από το Διάγραμμα 9 προκύπτει ότι τα μοσχεύματα που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης παρουσίασαν σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια κατά 79% από εκείνα που αναπτύχθηκαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου ($p_{0,05} = 0$) και μάλιστα μέσα στις πρώτες 40 ημέρες του πειράματος. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη φυλλική επιφάνεια των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου ($p_{0,05} = 0,116$). Κάτι τέτοιο μπορεί να αποδοθεί στην καθυστερημένη έκπτυξη φύλλων ή στο μικρότερο αριθμό κόμβων.

Το μέσο ξηρό βάρος της ρίζας και των φύλλων των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από τα τρία υλικά φαίνεται στον Πίνακα 8:

Πίνακας 8: Μέσος όρος ($n=6$) ξηρού βάρους φύλλων και ρίζας των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από τα τρία υλικά κάλυψης. Οι διαφορετικοί δείκτες στις στήλες του πίνακα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

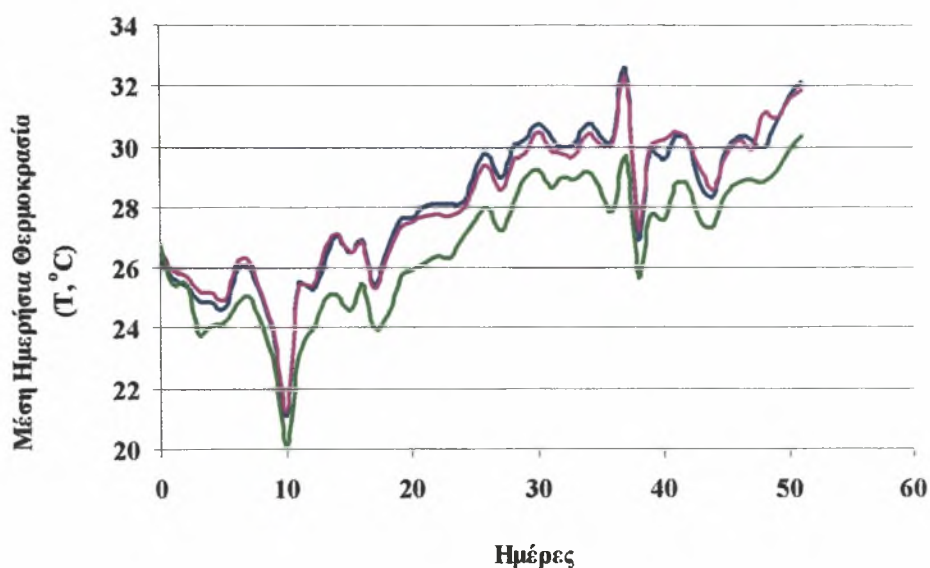
Υλικό κάλυψης	Ξ.Β. Φύλλων	Ξ.Β. Ρίζας
Φωτοεκλεκτικό υλικό	0,035 _α	0,004 _α
Υλικό με αυξημ. συντ. σκίασης	0,049 _β	0,01 _β
Απλό φύλλο PE	0,048 _β	0,014 _γ

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το ξηρό βάρος της ρίζας παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και εκείνων που αναπτύχθηκαν κάτω από τα δύο άλλα υλικά κάλυψης. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποδοθεί στη μικρότερη φυλλική επιφάνεια που ανέπτυξαν τα μοσχεύματα κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των μοσχευμάτων που αναπτύχθηκαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου και το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης, κάτι που οφείλεται και στην παρόμοια φυλλική επιφάνεια που

ανέπτυξαν τα αντίστοιχα μοσχεύματα. Το ξηρό βάρος της ρίζας παρουσίασε στατιστικές σημαντικές διαφορές σε κάθε περίπτωση.

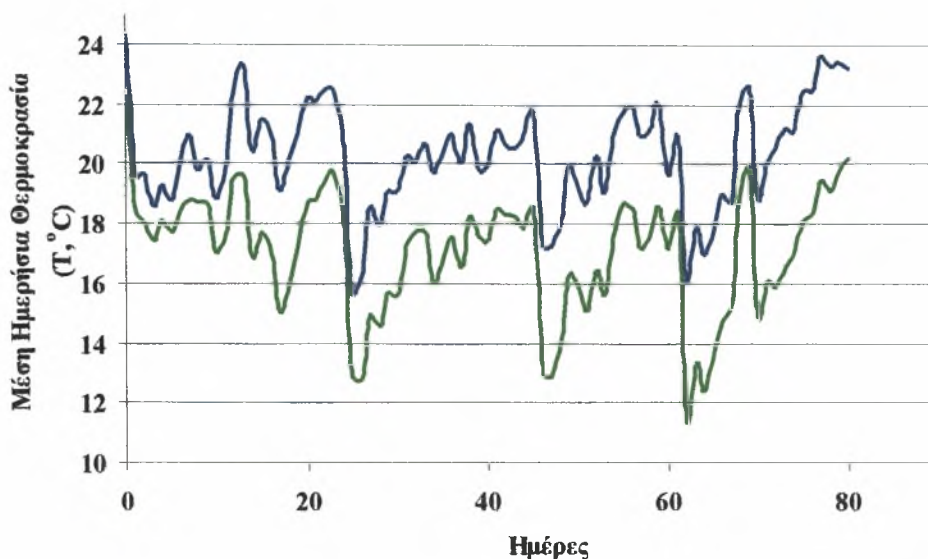
3. Πειράματα στο περιβάλλον του θερμοκηπίου

Στα Διαγράμματα 10 και 11 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του δεύτερου και τρίτου πειράματος αντίστοιχα.



Διάγραμμα 10: Η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας T ($^{\circ}\text{C}$) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (—), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (---) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (—) κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

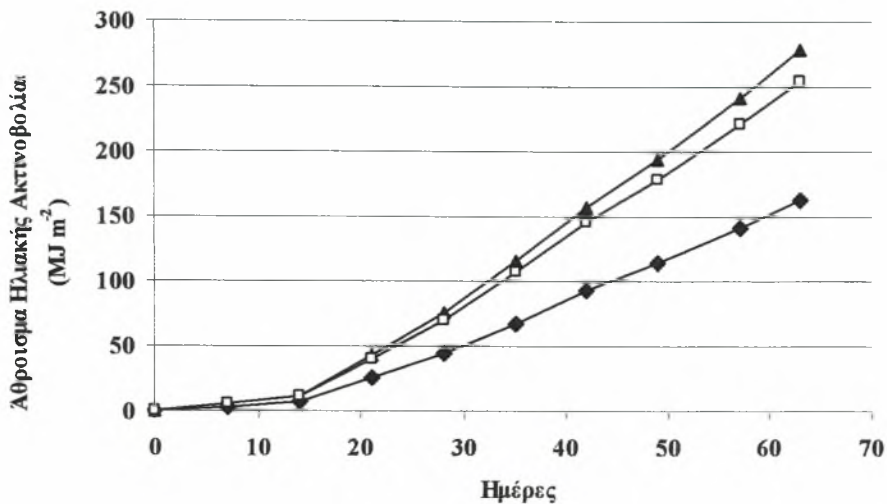
Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη (κατά 2 έως 3 $^{\circ}\text{C}$ περίπου) κάτω από τα δύο υλικά κάλυψης σε σχέση με το περιβάλλον του θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται στο ότι ο χώρος κάτω από τα δύο υλικά κάλυψης δεν είχε τον ίδιο βαθμό αερισμού με τον υπόλοιπο χώρο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Υπενθυμίζεται ότι το Διάγραμμα 10 αναφέρεται στο πείραμα που έγινε κατά τη θερινή περίοδο.



Διάγραμμα 11: Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας T ($^{\circ}\text{C}$) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (—), και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (—), ανά 10 min κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος

Στο Διάγραμμα 11 παρατηρούμε η διαφορά θερμοκρασίας κάτω από το θάλαμο ανάπτυξης ο οποίος ήταν καλυμμένος με το φωτοεκλεκτικό υλικό και του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου είναι σε αυτήν την περίπτωση (χειμερινή περίοδος) μεγαλύτερη, κάτι που αποδίδεται στον ελλιπή αερισμό του θαλάμου και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης κατά την περίοδο αυτή.

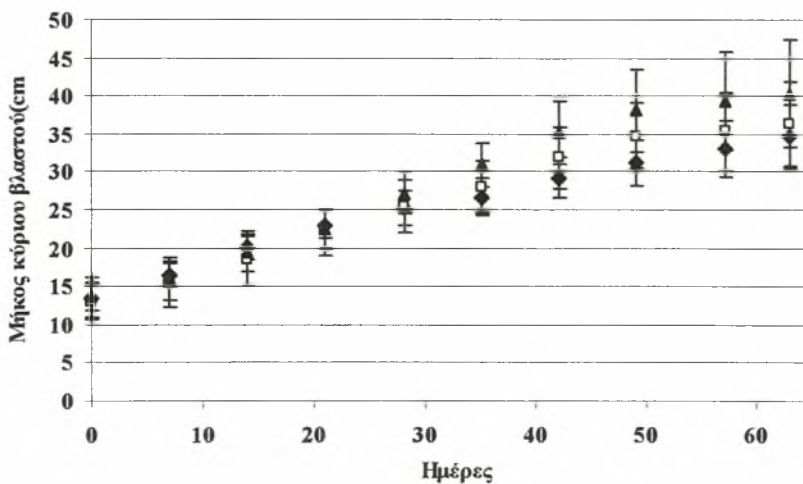
Στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζεται το άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας R_s (MJ m^{-2}) από μετρήσεις ανά 10 min που δέχθηκαν τα φυτά κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος (θερινή περίοδος).



Διάγραμμα 12: Το άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας R_s ($MJ m^{-2}$) κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου (▲).

Το άθροισμα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχθηκαν τα φυτά των τριών μεταχειρίσεων περιγράφει μια παρόμοια κατάσταση με το πείραμα στο ριζωτήριο.

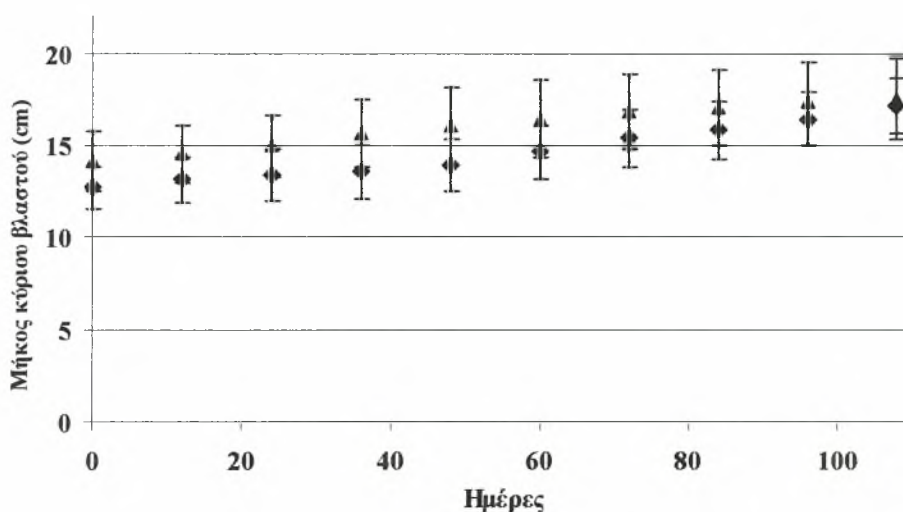
Στο Διάγραμμα 13 παρουσιάζεται το μέσο μήκος των κύριων βλαστών (cm) που αναπτύχθηκαν στις τρεις μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος.



Διάγραμμα 13: Το μέσο μήκος του κύριου βλαστού (cm) των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (▲) κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο ύψος των κύριων βλαστών μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης και εκείνων που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με το αυξημένο συντελεστή σκίασης ($p_{0,05} = 0,166$). Το μήκος των κυρίων βλαστών των φυτών ήταν κατά 4,5% μικρότερο, ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και το περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0$), ούτε μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης και εκείνων που αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος ($p_{0,05} = 0$). Οι διαφορές αυτές παρατηρήθηκαν προς το τέλος της πειραματικής περιόδου.

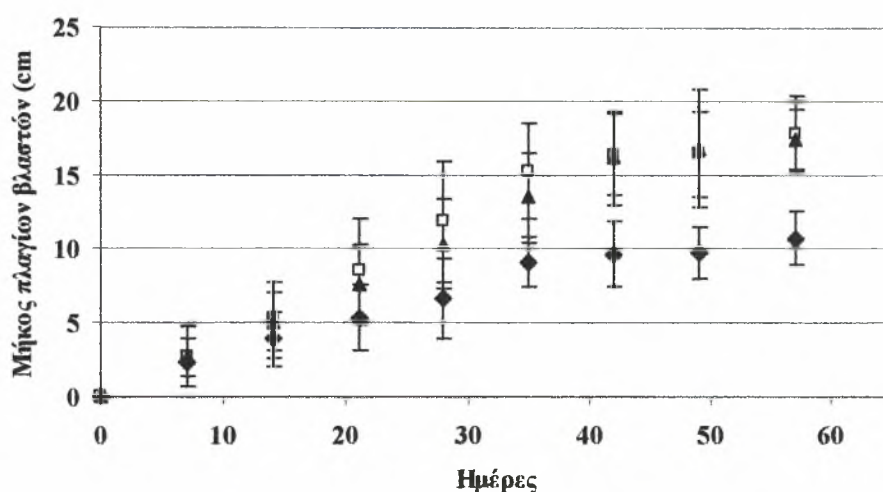
Στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζεται το μέσο μήκος των κύριων βλαστών (cm) που αναπτύχθηκαν στις τρεις μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του τρίτου πειράματος (χειμερινή περίοδος).



Διάγραμμα 14: Το μέσο μήκος του κύριου βλαστού (cm) των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (▲) κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος.

Στο Διάγραμμα 14 φαίνεται ότι δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο μήκος των βλαστών των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης και το περιβάλλον του θερμοκηπίου, κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος ($p_{0,05} = 0$). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών κατά την περίοδο αυτή (χειμερινή περίοδος) ήταν μικρός. Ουσιαστικά, πρόκειται για το κομμάτι του Διαγράμματος 13 μεταξύ των πρώτων 10 έως 20 ημερών, όπου δεν έχει εμφανισθεί ακόμη κάποια διαφοροποίηση ως προς το ύψος των φυτών. Επομένως το χειμώνα (όταν η ανάπτυξη των φυτών είναι μικρή) η επίδραση του φωτοεκλεκτικού υλικού για το ίδιο χρονικό διάστημα, σε σύγκριση με το καλοκαίρι, είναι μικρότερη ή αλλιώς χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να εκδηλωθεί το ίδιο αποτέλεσμα.

Στα Διαγράμματα 15 παρουσιάζεται το μέσο μήκος των πλαγίων βλαστών (cm) κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος.

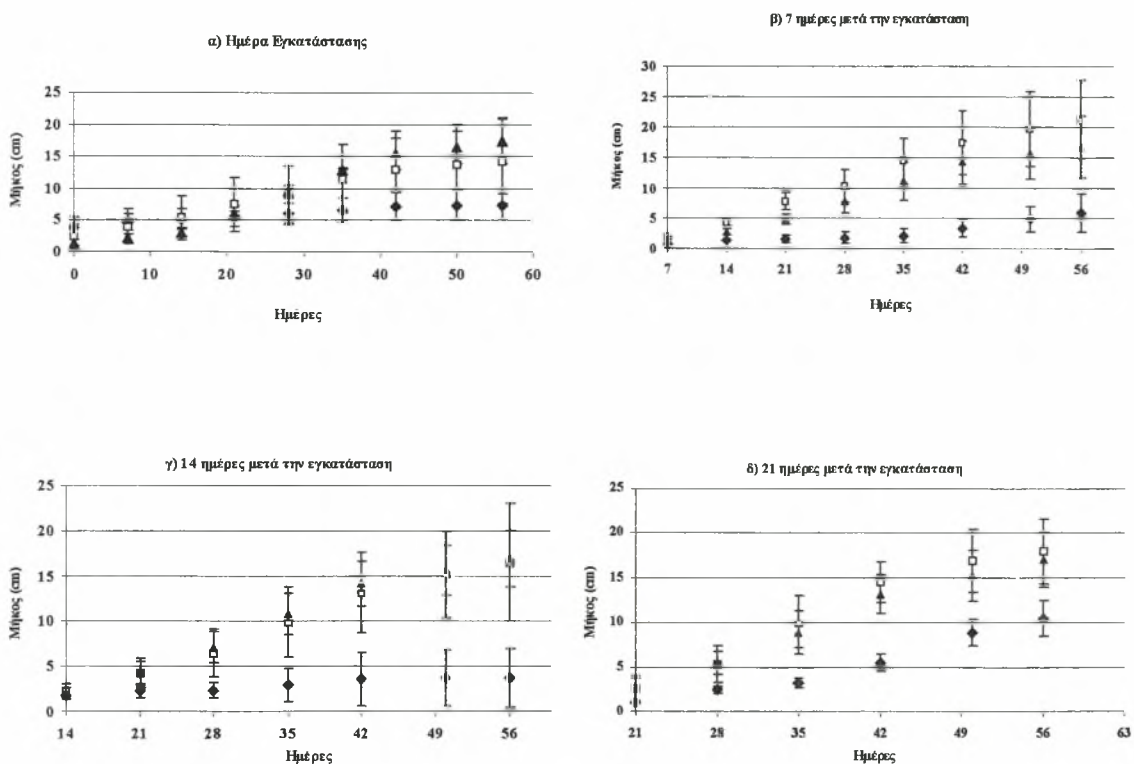


Διάγραμμα 15: Το μέσο μήκος των πλαγίων βλαστών (cm) των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (▲) κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

Αντίθετα, το μήκος των πλαγίων βλαστών που εκπτύσσονται στα φυτά που αναπτύσσονται κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης είναι σημαντικά μικρότερο σε σχέση με εκείνους που προκύπτουν κάτω από το υλικό κάλυψης με αυξημένο συ-

ντελεστή σκίασης και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (Διάγραμμα 15). Η διαφοροποίηση παρατηρήθηκε 40 ημέρες μετά την εγκατάσταση των φυτών σε συνθήκες φωτισμού με τροποποιημένους λόγους R:FR και B:R. Οι πλάγιοι βλαστοί που εκπύχθηκαν, στο τέλος του πειράματος, ήταν κατά 38,5% βραχύτεροι σε σχέση με το μάρτυρα.

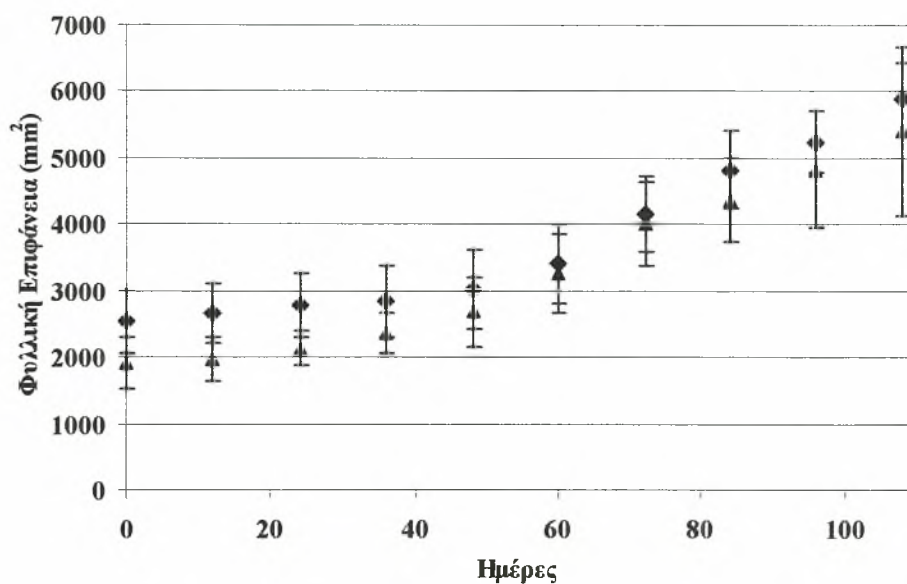
Στα Διαγράμματα 16 α έως 16 δ παρουσιάζεται το μήκος των πλαγίων βλαστών, ανάλογα με την ημέρα έκπτυξης των βλαστών από την ημερομηνία εγκατάστασης του πειράματος.



Διάγραμμα 16 α-δ: Το μήκος των πλαγίων βλαστών (cm) των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (◆), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (□) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (▲) ως προς την ημέρα έκπτυξής τους από την εγκατάσταση του πειράματος, κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

Στα Διαγράμματα 16 α έως 16 δ φαίνεται ότι υπάρχει μια τάση παραγωγής βραχύτερων πλαγίων βλαστών στα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό σε σχέση με εκείνους που προκύπτουν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης και το περιβάλλον του θερμοκηπίου. Φαίνεται επίσης ότι όσο μεγαλύτερο είναι χρονικό διάστημα παραμονής του φυτού κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά του μήκους μεταξύ των πλαγίων βλαστών που εκπτύχθηκαν μετά την τοποθέτησή στις τρεις μεταχειρίσεις. Αντίθετα, οι διαφορές μεταξύ ήδη ανεπτυγμένων πλαγίων βλαστών που αναπτύχθηκαν για κάποιο χρονικό διάστημα υπό την επίδραση των τριών μεταχειρίσεων δεν ήταν σημαντικές. Κάτι τέτοιο επαληθεύει τα αποτελέσματα που αφορούσαν την καθ' ύψος ανάπτυξη των κύριων βλαστών.

Στο Διάγραμμα 17 παρουσιάζεται η μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών κατά τη διάρκεια του τρίτου πειράματος.

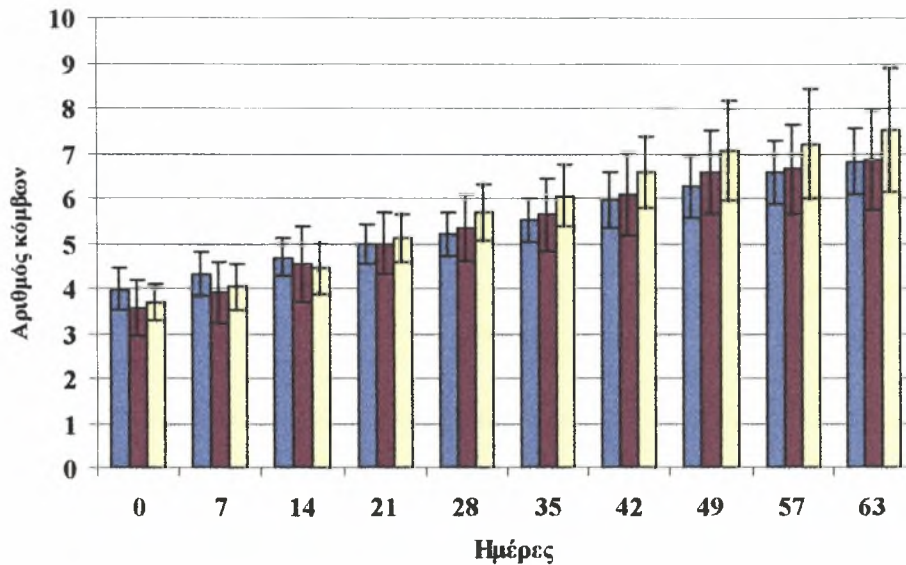


Διάγραμμα 17: Η μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών (mm^2) που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (♦) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (▲) κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη φυλλική επιφάνεια των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτο-

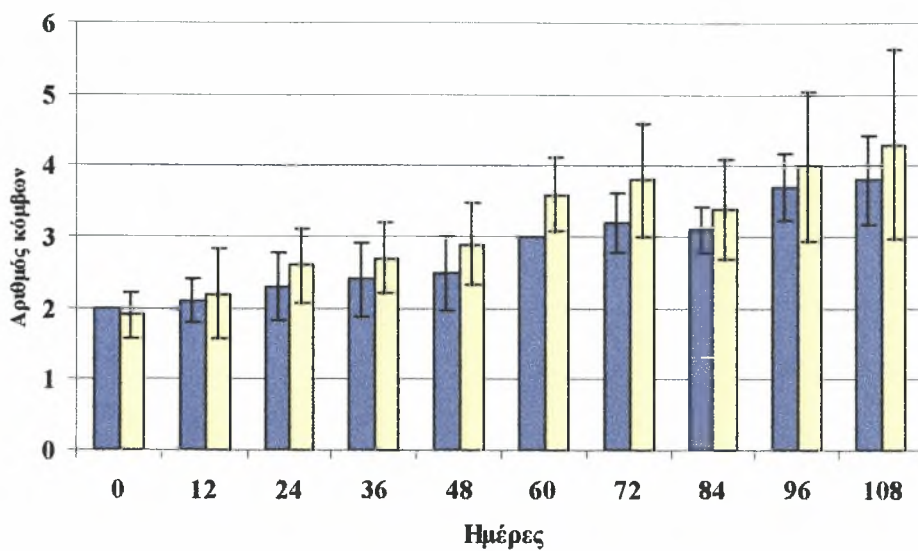
κλεκτικό υλικό κάλυψης και όσων παρέμειναν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου (φυτά μάρτυρες) ($p_{0,05} = 0$).

Στα Διαγράμματα 18 και 19 παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός κόμβων που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του δεύτερου και τρίτου πειράματος αντίστοιχα.



Διάγραμμα 18: Ο μέσος αριθμός κόμβων των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (■), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (■) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (■) κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

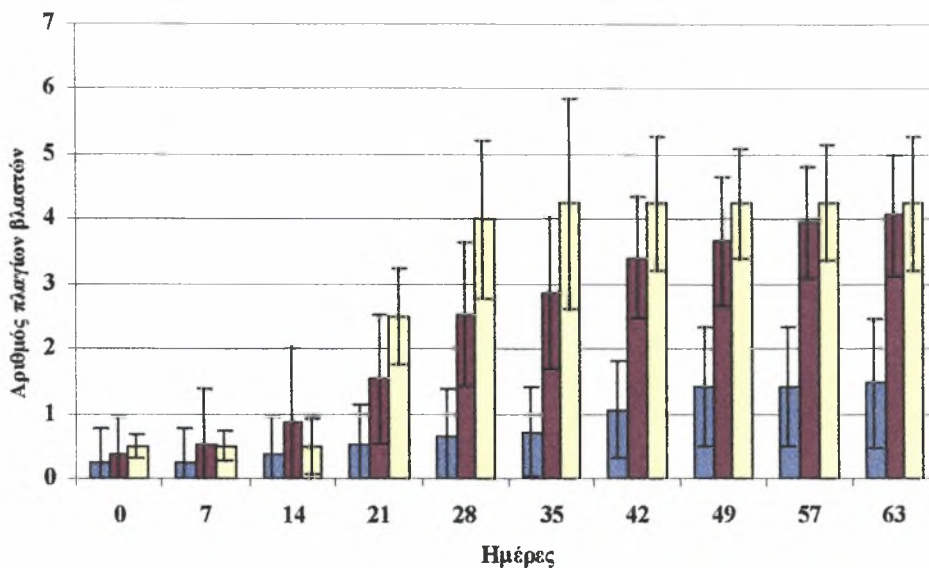
Στο Διάγραμμα 18 φαίνεται ότι, κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ως προς τον αριθμό των κόμβων μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης και εκείνων που αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0$), καθώς και μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης και το περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0$). Κάτι τέτοιο είναι ένδειξη ότι το μειωμένο μήκος των αντίστοιχων βλαστών δεν είναι αποτέλεσμα μικρότερου μήκους μεσογονατίων διαστημάτων, αλλά έκπτυξης λιγότερων κόμβων (δηλαδή μικρότερου ρυθμού ανάπτυξης). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης ($p_{0,05} = 0,166$).



Διάγραμμα 19: Ο μέσος αριθμός κόμβων των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (■) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (■) κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος.

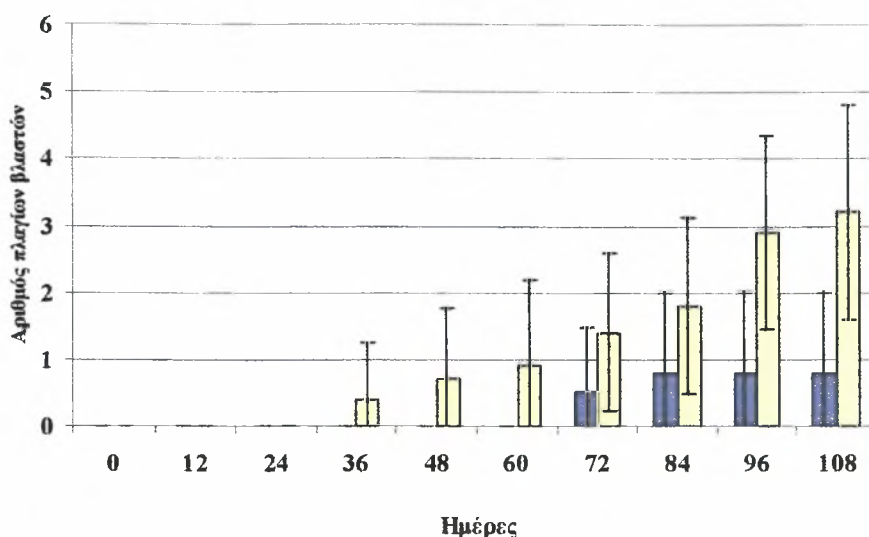
Στο Διάγραμμα 19 φαίνεται ότι κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον αριθμό των κόμβων μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης και το περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0$). Αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα του δεύτερου πειράματος.

Στα Διαγράμματα 20 και 21 παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των πλαγίων βλαστών που εκπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του δεύτερου και τρίτου πειράματος αντίστοιχα.



Διάγραμμα 20: Ο μέσος αριθμός πλαγίων βλαστών των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (■), το υλικό με αυξημένο συντελεστή σκίασης (■) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (■) κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, κατά την περίοδο του δεύτερου πειράματος, ο αριθμός των πλαγίων βλαστών ήταν σημαντικά μικρότερος στα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, ακολουθούν τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το υλικό με τον αυξημένο συντελεστή σκίασης, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός πλαγίων βλαστών παρατηρήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0$). Τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό διαμόρφωσαν κατά 73% λιγότερους πλάγιους βλαστούς. Οι διαφορές αυτές άρχισαν να είναι εμφανείς από την τρίτη εβδομάδα του πειράματος. Το παραπάνω μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα για την καλλιέργεια γαρδένιας με νάνα διαμόρφωση, καθώς απαιτούνται φυτά με μικρό μέγεθος (μικρό μήκος βλαστών) αλλά με ικανοποιητικό αριθμό πλαγίων, ώστε τα φυτά να διαμορφώσουν τελικά πλούσια κόμη.



Διάγραμμα 21: Ο μέσος αριθμός πλαγίων βλαστών των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό (■) και το περιβάλλον του θερμοκηπίου (■) κατά την περίοδο του τρίτου πειράματος.

Η διαφοροποίηση των δύο μεταχειρίσεων στην περίπτωση αυτή έγινε εμφανής από την αρχή της έκπτυξης των νέων βλαστών. Αυτό οφείλεται στο ότι το τρίτο πείραμα έγινε στη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, κατά την οποία η ταχύτητα έκπτυξης και ανάπτυξης νέων βλαστών ήταν μικρότερη.

Το μέσο ξηρό βάρος της ρίζας, των βλαστών και των φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στις τρεις μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος φαίνεται στον Πίνακα 9:

Πίνακας 9: Μέσος όρος ($n=2$) ξηρού βάρους φύλλων, βλαστών και ρίζας των φυτών που αναπτύχθηκαν στις τρεις μεταχειρίσεις. Οι διαφορετικοί δείκτες στις στήλες του πίνακα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Μεταχείριση	Ξ.Β. Φύλλων	Ξ.Β. Βλαστών	Ξ.Β. Ρίζας
Φωτοεκλεκτικό υλικό	3,555 _α	1,875 _α	0,763 _α
Υλικό με αυξημ. συντ. σκίασης	4,452 _α	2,46 _α	1,42 _β
Περιβάλλον θερμοκηπίου	4,656 _α	2,626 _α	2,214 _γ

Το ξηρό βάρος των βλαστών και των ριζών στο τέλος του πειράματος προέκυψε ότι δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος των βλαστών των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και σε εκείνα που αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου ($p_{0,05} = 0,189$), ενώ παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος των φύλλων τους ($p_{0,05} = 0,006$).

Κεφάλαιο 4^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνεται ότι το φωτοεκλεκτικό υλικό με λόγο $R:FR=3,072$ και $B:R=28,964$ επιδρά στην εκδήλωση νάνων χαρακτηριστικών.

Σε ό,τι αφορά τα ανάπτυξη μοσχευμάτων, το φωτοεκλεκτικό υλικό έχει σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση φυτών με κοντότερους βλαστούς. Η σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια μπορεί να αποδοθεί στο ότι μικρότερο μήκος βλαστού συνεπάγεται μικρότερο αριθμό κόμβων και επομένως λιγότερα φύλλα. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι επιθυμητό, διότι η επιτυχής νάνα διαμόρφωση των φυτών απαιτεί την αυτή φυλλική επιφάνεια να προκύπτει σε μικρότερο μήκος βλαστού (με μικρότερα μεσογονάτια). Επίσης, αν ο μικρότερος αριθμός φύλλων αποδοθεί στην καθυστερημένη ανάπτυξη και αυτό είναι κάτι το ανεπιθύμητο, διότι έτσι επιβραδύνεται η παραγωγική διαδικασία. Ο σχηματισμός λιγότερων φύλλων μπορεί να συνεπάγεται και μικρότερη ξηρά ουσία (ξηρό βάρος), αφού το φυτό διαθέτει λιγότερα φωτοσυνθετικά όργανα..

Στην περίπτωση των φυτών που αναπτύσσονται κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό, φαίνεται ότι υπάρχει μια τάση να εξελίσσονται σε χαμηλά φυτά. Ωστόσο, αυτά τα φυτά δεν αναπτύχθηκαν εξ' αρχής κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό παρά μόνο σε συγκεκριμένο στάδιο της ανάπτυξής τους. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι η επίδραση της ποιότητας του φωτός που μπορεί να επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα σχετίζεται είτε με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού είτε με το χρόνο παραμονής του κάτω από τη συγκεκριμένη ποιότητα φωτός. Το ενδεχόμενο αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι, σε αντίθεση με το μήκος των κύριων βλαστών, οι νεοεκπτυχθέντες πλάγιοι βλαστοί διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς το μήκος τους. Η διαμόρφωση παρόμοιας φυλλικής επιφάνειας ήταν κάτι το αναμενόμενο, καθώς δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση ως προς το μήκος του κύριου βλαστού. Είναι όμως και εν μέρει παράδοξο, καθ' ότι κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό διαμορφώθηκαν σημαντικά λιγότεροι κόμβοι. Το ξηρό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό έτεινε να είναι μικρότερο, αν και η φυλλική τους επιφάνεια

δεν ήταν σημαντικά μικρότερη. Κάτι τέτοιο δημιουργεί υπόνοιες προβληματικής ή ελλιπούς θρέψης των συγκεκριμένων φυτών.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι το συγκεκριμένο φωτοεκλεκτικό υλικό είναι αποτελεσματικότερο ως προς την εκδήλωση χαρακτηριστικών νανισμού όταν εφαρμόζεται στο ριζωτήριο και στην περίπτωση νεοεκπτυχθέντων βλαστών, δηλαδή επιδρά στην αύξηση νέων ιστών του φυτού. Ωστόσο, η διαμόρφωση μικρότερης φυλλικής επιφάνειας και ξηράς ουσίας υποδεικνύει ότι πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω το θέμα την επιμήκυνσης του βλαστού και της θρέψης. Πρέπει να βρεθούν τρόποι για την ορθή χρήση του φωτοεκλεκτικού υλικού, ώστε να ενσωματωθεί με επιτυχία στην καλλιεργητική τεχνική των νάνων φυτών γαρδένιας. Η διαμόρφωση μικρότερων σε μήκος βλαστών μόνο όταν αυτοί έχουν αναπτυχθεί κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή του στο ριζωτήριο για την παραγωγή έρριζων μοσχευμάτων, στα οποία η αρχική βλαστική καταβολή έχει δημιουργηθεί σε συνθήκες τροποποιημένου φωτός.

Οι μέχρι τώρα ενδείξεις προτείνουν τη συνδυασμένη εφαρμογή των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης (κυρίως κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού), κατάλληλων κορυφολογημάτων και εφαρμογής περιορισμένης ποσότητας ρυθμιστού ανάπτυξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

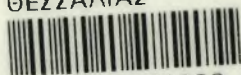
- Appelgren, M., 1991. Effects of light quality on stem elongation of *Pelargonium* in vitro. *Scientia Horticulturae*, 45: 345-351.
- Baerdmaeker, C., I., van Huylbroeck, J., M., Debergh, P., C., 1994. Influence of paclobutrazol and photoperiod on growth and flowering of *Gardenia jasminoides* Ellis cultivar 'Veitchii'. *Scientia Horticulturae*, 58: 315-324.
- Bobbins, F., V., Spillman, C., K., 1980. Solar energy transmission through two transparent covers. *Trans. ASAE*, 23: 1224-1231.
- Boodley, J., W., 1998. The Commercial Greenhouse. 2nd Edition. Delmar Publishers. USA.
- Boschi, C., Di Benedetto, A., Papagiani, P., Cremona, C., Benedicto, D., 2000. Cover films and light quality responses in *Saintpaulia ionantha*. *Acta Horticulturae* (ISHS), 515: 135-140.
- De Graaf-van der Zande, M., T., Blacquièrè, T., 1992. The effect of day extensions with different light qualities on the morphogenesis of *Fuchsia*, *Petunia* and *Pelargonium*. *Acta Horticulturae* (ISHS), 305: 85-96.
- Hanan, J., J., 1998. *GREENHOUSES, Advanced Technology for Protected Horticulture*. CRC Press, USA.
- Honda, Y., Toki, T., Yunoki, T., 1977. Control of gray mold of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Disease Rptr.* 61: 1041-1044.
- Khattak, A., M., Pearson, S., Johnson, C., B., 1999. The effect of spectral filters and nitrogen dose on the growth of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., cv. Snowdon). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(2): 206-212.
- Li, S., Rajapakse, N., C., Young, R., E., Oi, R., 2000. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae*, 84: 215-225.
- Mortensen, L., M., Strømme, E., 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia Horticulturae*, 33: 27-36.

- Novoplanski, A. et al., 1990. Greenhouse cover for for morphogenic signaling. *Proc. Int. Seminar and British- Israel Workshop*. Bet-Dagan. Aug., 1990.
- Poole, R., T., Conover, C., A., 1988. Influence of Paclobutrazol on foliage plants. *Soc. Fla. State Hort. Soc.*, 101: 319-320.
- Rajapakse, N., C., Kelly, J., W., 1992. Regulation of Chrysanthemum by spectral filters. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 117 (3): 481-485.
- Rajapakse, N., C., Kelly, J., W., 1994. Influence of spectral filters on growth and postharvest quality of potted miniature roses. *Scientia Horticulturae*, 56: 245-255.
- Rajapakse, N., C., Li, S., 2004. Exclusion of far red light by photoselective greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. *Acta Horticulturae* (ISHS), 631: 193-199.
- Rajapakse, N., C., McMahon, M., J., Kelly, J., W., 1993. End of day far-red light reverses height reduction of chrysanthemum induced by CuSO₄ spectral filters. *Scientia Horticulturae*, 53: 249-259.
- Rajapakse, N., Cerny, T., Li, S., Oi, R., 2001. Alteration of greenhouse light environment by photoselective covers to produce compact plants. *Acta Horticulturae* (ISHS), 559: 243-248.
- Raviv, M., 1989. The use of photoselective cladding materials as modifiers of morphogenesis of plants and pathogens. *Acta Horticulturae* (ISHS), 246: 275-284.
- Vince-Prue, D., 1986. The duration of light and photoperiodic responses. In: *Photomorphogenesis in plants*. R. E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg eds. Martinus Nijhoff, Boston. pp 269-305.
- Wilson, S., B., Rajapakse, N., C., 2001. Use of photoselective plastic films to control growth of three perennial salvias. *J. Appl. Hort.*, 3(2): 71-74.
- Λαζούδη, Ε., Σύρος, Θ., Κώστας, Σ., Οικονόμου, Α., 2003. Αξιολόγηση διαφόρων φυτικών ρυθμιστών στην καλλιέργεια της γαρδένιας. *Πρακτικά 21^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών*, Ιωάννινα, Ελλάδα.

- Μακρίδου, Ε., Οικονόμου, Α., Λεβεντάκης, Ν., 2001. Έλεγχος της βλαστικής αύξησης φυτών γαρδένιας με συνδυασμό αρχικού πολλαπλασιαστικού υλικού, κορυφολογημάτων και Paclobutrazol. *Πρακτικά 20^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών*, Λάρνακα, Κύπρος.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ., Ν., 2001. Θερμοκήπια. Έκδοση γ'. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Σάββας, Δ., 2003. *Γενική Ανθοκομία*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Σύρος, Θ., Χατζηλαζάρου, Σ., 2001. *Ανθοκομία – Αρχιτεκτονική Τοπίου*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Π.Θ., Βόλος.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074283