

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΘΕΜΑ:**

**«Επίδραση ενός Φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης στην ανάπτυξη σποροφύτων  
τομάτας και πιπεριάς.»**



Πτυχιακή Διατριβή: ΙΑΚΩΒΑΚΗ ΑΦΡΟΔΙΤΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΙΤΤΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6805/1  
Ημερ. Εισ.: 08-01-2009  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2008  
ΙΑΚ

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΕΚΛΕΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΗΝ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΚΑΙ ΠΙΠΕΡΙΑΣ»**

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Κ. Κίττας** (Επιβλέπων)

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

**Θ. Γέμτος** (Μέλος)

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

**Ν. Κατσούλας** (Μέλος)

Λέκτορας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Κίττα Κωνσταντίνο για την ανάθεση αυτού του θέματος καθώς για την επιστημονική και υλικοτεχνική υποστήριξή του που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής.

Την εκτίμηση μου και τις ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στον Καθηγητή κ. Θ. Γέμτο και τον Λέκτορα κ. Ν. Κατσούλα για τη συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή και τη διόρθωση αυτής της πτυχιακής διατριβής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ. Ν. Κατσούλα για την πολύτιμη βοήθεια και ηθική υποστήριξη που μου προσέφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος κ. Χρήστο Λύκα για το ενδιαφέρον του, τις χρήσιμες υποδείξεις του και τη βοήθειά του, κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου Α. Τάνο, Ζ. Παπαφίγκου και Α. Πετράκη για τη σημαντική βοήθειά τους και ηθική υποστήριξη κατά το πειραματικό στάδιο και άλλα και κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους, την αγάπη, και τη συνεχή εμπύχωσή τους καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής αυτής της εργασίας, αλλά και των σπουδών μου.

Στην Οικογένειά μου,

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό την καλύτερη, γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη παραγωγή σποροφύτων ώστε η εμπορευματοποίησή τους να είναι ευκολότερη και με λιγότερα έξοδα. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η παρακάτω πτυχιακή, η οποία διερεύνησε την επίδραση ενός φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης, με τροποποιημένο λόγο ακτινοβολίας κόκκινο/μακρινό κόκκινο, στην ανάπτυξη σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς.

Η παρακάτω έρευνα έλαβε χώρα στην περιοχή του Βελεστίνου Βόλου του Νομού Μαγνησίας όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Το πείραμα διήρκησε 63 ημέρες από 16/10/06 έως 18/12/06.

Μετρήθηκαν χαρακτηριστικά ανάπτυξης και θρέψης των φυτών, όπως το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, η φυλλική επιφάνεια, το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών καθώς και κλιματικές παράμετροι, όπως θερμοκρασία, υγρασία και ακτινοβολία. Οι μετρήσεις έγιναν σε σπορόφυτα τομάτας και πιπεριάς, ύστερα από έκθεσή τους για 639 βαθμοημέρες για την τομάτα και για 641 βαθμοημέρες για την πιπεριά, στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης.

Τα αποτελέσματα του πειράματος μας έδειξαν ότι φυτά που αναπτύχθηκαν έστω και για μικρή περίοδο κάτω από φωτοεκλεκτικό υλικό ήταν ψηλότερα από τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από κοινό φύλλο πολυαιθυλενίου (φυτά μάρτυρες). Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην μειωμένη ακτινοβολία κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης. Επίσης, η ποιότητα της ακτινοβολίας και ο ρυθμός ανάπτυξης ήταν εκείνες οι παράμετροι οι οποίες επηρέασαν τη φυλλική επιφάνεια, τον αριθμό φύλλων, το χλωρό και ξηρό βάρος με αποτέλεσμα τα φυτά που εκτέθηκαν για λίγες ημέρες στην ακτινοβολία του φωτοεκλεκτικού υλικού είχαν μεγαλύτερο μέσο όρο τιμών των παραπάνω χαρακτηριστικών.

Από τα αποτελέσματα φαίνονται ότι αν και τα φυτά που προέκυψαν δεν ήταν νάνα, όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους (φυλλική επιφάνεια, αριθμός φύλλων, χλωρό και ξηρό βάρος) μας επιτρέπουν να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι θα μπορούσαν τα παραγόμενα αυτά σπορόφυτα να ήταν έτοιμα για πώληση νωρίτερα από τη

συμπλήρωση 63 ημερών, όσο δηλαδή χρειάστηκαν τα φυτά του μάρτυρα για να φτάσουν στο κατάλληλο για πώληση στάδιο, εξοικονομώντας έτσι χρόνο και κόστος.



<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>6</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>	<b>10</b>
<b>2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ .....</b>	<b>11</b>
<b>3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΚΑΙ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ .....</b>	<b>13</b>
<b>4. ΤΟΜΑΤΑ .....</b>	<b>14</b>
<b>Συστηματική Κατάταξη – Ιστορική Αναδρομή.....</b>	<b>14</b>
<b>Σύντομη περιγραφή του φυτού .....</b>	<b>14</b>
<b>Απαιτήσεις σε κλίμα και έδαφος.....</b>	<b>16</b>
<b>Πολλαπλασιασμός .....</b>	<b>16</b>
<b>Εξέλιξη της καλλιέργειας της τομάτας .....</b>	<b>17</b>
<b>5. ΠΙΠΕΡΙΑ.....</b>	<b>19</b>
<b>Ιστορική Αναδρομή.....</b>	<b>20</b>
<b>Συστηματική Κατάταξη .....</b>	<b>21</b>
<b>Σύντομη περιγραφή του φυτού .....</b>	<b>21</b>
<b>Πολλαπλασιασμός .....</b>	<b>23</b>
<b>Εξέλιξη της καλλιέργειας της πιπεριάς.....</b>	<b>23</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>26</b>
<b>1. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ .....</b>	<b>26</b>
<b>2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....</b>	<b>28</b>
<b>3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΦΥΤΟ .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Φωτοσύνθεση .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Φωτοπεριοδισμός.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Εκχλοίωση .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4. Φωτομορφογένεση – Φυτόχρωμα.....</b>	<b>36</b>
<b>Φωτομορφογένεση .....</b>	<b>36</b>
<b>Φυτόχρωμα .....</b>	<b>38</b>
<b>Μηχανισμός δράσης του φυτοχρώματος.....</b>	<b>40</b>
<b>ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>43</b>
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>44</b>
<b>1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....</b>	<b>44</b>
<b>2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....</b>	<b>45</b>

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	47
4. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	48
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	49
1. ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ .....	49
2. ΎΨΟΣ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ .....	51
3. ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ .....	54
4. ΧΛΩΡΟ ΚΑΙ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΚΑΙ ΠΙΠΕΡΙΑΣ .....	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. Η καλλιέργεια λαχανικών στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η έναρξη κατασκευής των θερμοκηπίων με κάλυψη από πλαστικό για εμπορική καλλιέργεια λαχανικών ξεκίνησε το χειμώνα του 1955 - 1956 με μια μικρή έκταση 2 περίπου στρεμμάτων. Έκτοτε η έκταση των θερμοκηπίων με κάλυψη κυρίως από πλαστικό αλλά και αυτών με γυαλί αυξανόταν σταδιακά χρόνο με το χρόνο.

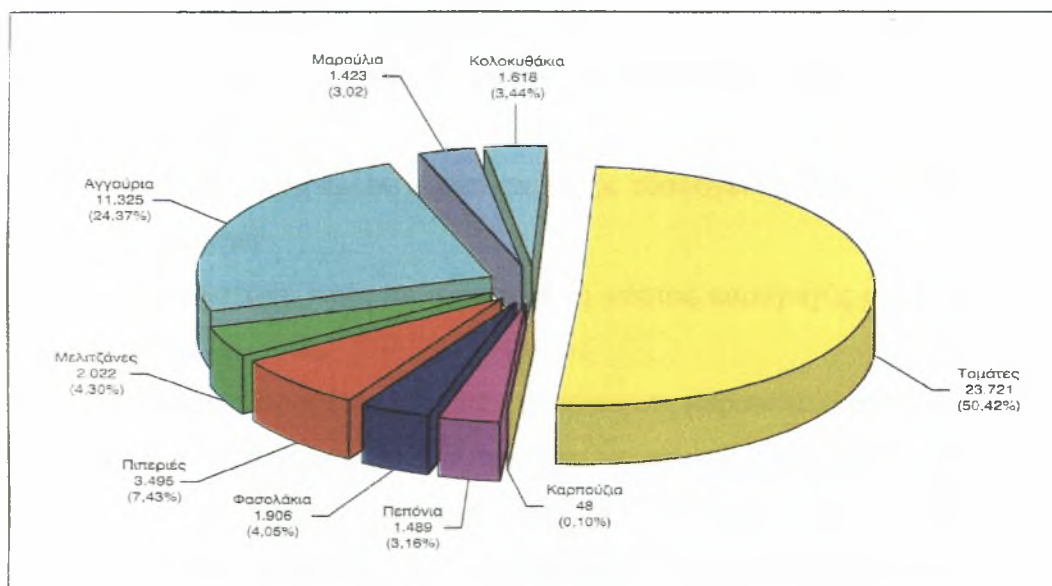
Η γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα ακολουθεί κατά κανόνα την κλιματική διαφοροποίηση των επιμέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος περιοχές, υψίστης σημασίας είναι η παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων χωρίς ή με ελάχιστη ανάγκη πρόσθετης θέρμανσης. Για παράδειγμα στην Κρήτη οι έκταση των θερμοκηπίων αποτελεί το 41,5%, ακολουθούμενη από τη Πελοπόννησο και τη Δυτική Ελλάδα με ποσοστό 23%. Τα θερμοκήπια στη Θεσσαλία αποτελούν το 3,1% (πίνακας 1) της συνολικής έκτασης.

Πίνακας 1: Γεωγραφική κατανομή θερμοκηπίων στην Ελλάδα (1998).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ	
	στρέμματα	%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	949	2,5
Δυτική ή Κεντρική Μακεδονία	6.818	18,0
Ήπειρος	1.676	4,5
Θεσσαλία	1.201	3,1
Πελοπόννησος και Δυτική Στερεά Ελλάδα	8.716	23,0
Αττική και νήσοι	2.812	7,4
Κρήτη	15.709	41,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>37.872</b>	<b>100</b>

Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας.

Ένας σημαντικός αριθμός λαχανικών που κανονικά καλλιεργούνται τη θερμή εποχή του έτους, καλλιεργείται στα θερμοκήπια για παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής τους χειμερινούς μήνες. Σύμφωνα με το πίνακα 2 και το σχήμα 1, τα πλέον σημαντικά λαχανικά είναι η τομάτα και το αγγούρι, τα οποία καταλαμβάνουν περίπου το 75% της συνολικής έκτασης θερμοκηπίων (τομάτες το 50,42% και αγγούρι 24,37%). Η πιπεριά έρχεται τρίτη σε σειρά με ποσοστό 7,43%.



Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας.

**Σχήμα 1:** Παραγωγή λαχανικών στα Ελληνικά θερμοκήπια σε τόνους, την καλλιεργητική περίοδο 1997-98.

## 2. Καλλιέργεια σποροφύτων

Τα ποώδη λαχανοκομικά φυτά τομάτα, αγγούρι, πιπεριά, μελιτζάνα, καρπούζι, πεπόνι, κολοκύθι, λάχανο, κουνουπίδι, μπρόκολο, σέλινο, μαρούλι και πολλά άλλα αναπαράγονται εγγενώς, δηλ. με σπόρο, και συνεπώς δεν συμπεριλαμβάνονται στα αγενώς αναπαραγόμενα κηπευτικά, όπως π.χ. πατάτα, σπαράγγι κ.ά. Ο όρος «σπορόφυτο», που περιλαμβάνεται στον ορισμό του φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού, άρχισε να αποκτά σπουδαιότητα ως πολλαπλασιαστικό υλικό των ποωδών κηπευτικών ειδών μετά το 1980. Ειδικά στη χώρα μας, ο παραδοσιακός τρόπος παραγωγής σποροφύτων από καλλιεργητές κηπευτικών εξελίχθηκε σε παραγωγική

διαδικασία οργανωμένων επιχειρήσεων «βιομηχανικό σπορόφυτο», μετά το 1995. Ιστορικά, η βιομηχανική παραγωγή σποροφύτων σε πολλές χώρες της Ευρώπης (Ολλανδία, Γαλλία, Βέλγιο, Ιταλία, Ισπανία) και άλλων Ηπείρων έχει καθιερωθεί από παλαιότερα.

Ειδικότερα, τα σπορόφυτα παρέχουν ως εφόδια:

- Δυνατότητα μεταφύτευσης την επιθυμητή χρονική περίοδο.
- Δυνατότητα εναλλαγής καλλιεργειών χωρίς χρονικά κενά.
- Αποτελεσματικότερο έλεγχο ζιζανίων.
- Καλή υγιεινή κατάσταση φυτών, προϋποθέσεις πρώιμης και υψηλής παραγωγής.
- Φιλικό στο περιβάλλον τρόπο επίλυσης εδαφογενών ασθενειών και άλλων αντιξοοτήτων.
- Ανταγωνιστικές τιμές σε σχέση με το κόστος παραγωγής σποροφύτων από τους καλλιεργητές.

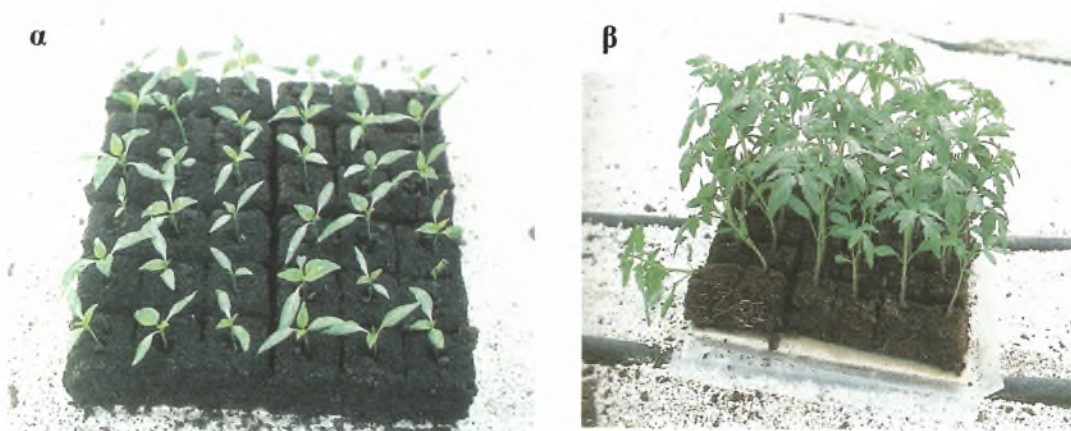
Η αποδοχή των σποροφύτων από τους παραγωγούς παρουσιάζει αυξητική τάση και προβλέπεται ότι στην επόμενη 5ετία, η χρήση έτοιμων για μεταφύτευση σποροφύτων θα γενικευτεί σε βασικά κηπευτικά είδη, που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια (τομάτα, αγγούρι, πιπεριά), και σε υπαίθρια καλλιέργεια (λάχανο, μαρούλι, μπρόκολο, κουνουπίδι, πεπόνι, καρπούζι, βιομηχανική τομάτα). Συγχρόνως, η εντατική και επιχειρηματική μορφή καλλιέργειας κηπευτικών, καθώς επίσης ο προσανατολισμός προς τη «βιολογική γεωργία» συνηγορούν στη χρησιμοποίηση σποροφύτων, απλών ή εμβολιασμένων, ως βασικών εφοδίων, που οι καλλιεργητές θα προμηθεύονται από οργανωμένες επιχειρήσεις, στο χρόνο και στην ποσότητα που τα χρειάζονται, και με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά ως προς την υγιεινή και βλαστική ανάπτυξή τους. ([http 1](#)).

### 3. Καλλιέργεια σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς στη Θεσσαλία

Φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια στη Θεσσαλία αυξάνεται η παραγωγή των σποροφύτων τομάτας (Εικόνα 1α) και πιπεριάς (Εικόνα 1β) με ραγδαίους ρυθμούς. Στο πίνακα 2 παρουσιάζεται η παραγωγή σποροφύτων τομάτας για το 2008 η οποία είναι 30.732.370 φυτά και για τη πιπεριά 5.362.700 φυτά.

**Πίνακας 2.** Αριθμός σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς στη Θεσσαλία για τα έτη 2002 – 2008.

ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΤΩΝ	
	ΤΟΜΑΤΑ	ΠΙΠΕΡΙΑ
2002	25.122.100	1.007.000
2003	27.873.550	1.682.000
2004	24.989.876	3.340.646
2005	22.554.000	3.782.478
2006	18.624.070	3.898.975
2007	24.305.135	4.792.574
2008	30.732.370	5.362.700



**Εικόνα 1:** Σπορόφυτα πιπεριάς (α) και τομάτας (β).

#### 4. Τομάτα

Η τομάτα κατά κανόνα είναι ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Σε διεθνή κλίμακα, καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει την τρίτη σε έκταση θέση μετά την πατάτα και την γλυκοπατάτα ενώ στην Ελλάδα η επιτραπέζια τομάτα καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση μετά την πατάτα. Καλλιεργείται για τον καρπό της, ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος ή σε πολτό. Θεωρείται ως δημοφιλές λαχανικό λόγω του ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες, κυρίως βιταμίνη C, έχει ελκυστικό χρώμα και ιδιαίτερο άρωμα. (Ολύμπιος, 2001).

#### Συστηματική Κατάταξη – Ιστορική Αναδρομή

Η τομάτα ανήκει στο γένος *Lycopersicon*, και στο είδος *L. esculentum*. Το γένος *Lycopersicon* της οικογένειας *Solanaceae* θεωρείται ότι προέρχεται από τη Νότια Αμερική και χώρα καταγωγής είναι το Μεξικό. Στα μέσα του 16ου αιώνα, η τομάτα εισήχθη στην Ευρώπη και σε πολλά μέρη της γης. Όμως τον 18ο αιώνα ανακαλύπτεται η σημασία της ως λαχανικό. (Jones, 1999).

Στην Ελλάδα η εισαγωγή της έγινε αρχικά στην Αθήνα περίπου το 1818. Όποια και αν είναι η γεωγραφική της καταγωγή, είναι σήμερα γενικά αποδεκτό, ότι ο άμεσος πρόγονος της καλλιεργούμενης τομάτας είναι η ποικιλία *cerasiforme*, με μοναδικό ίσως άλλο διεκδικητή την *L. pimpinellifolium*, που είναι πιθανό να είναι μάλλον παραπροϊόν, παρά μέλος της γενετικής σειράς.

#### Σύντομη περιγραφή του φυτού

Η τομάτα είναι φυτό ποώδες, ετήσιο, διετές και σπανιότερα πολυετές.

#### Ρίζα

Το φυτό της τομάτας αναπτύσσει ευδιάκριτη κεντρική ρίζα, αρκετές δευτερεύουσες και ριζικά τριχίδια, όταν ο σπόρος σπέρνεται απευθείας στη μόνιμη θέση. Λόγω όμως της μεταφύτευσης η κεντρική ρίζα κόβεται, το φυτό αρχίζει να παράγει πολλές δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες.

## Βλαστός

Ο κεντρικός βλαστός φέρει τα πραγματικά φύλλα, στις μασχάλες των οποίων υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν πλευρικούς βλαστούς. Η τομάτα έχει τη τάση να σχηματίζει πολλούς βλαστούς. Με αποτέλεσμα οι πλευρικοί βλαστοί που βρίσκονται στη κορυφή του φυτού να είναι τόσο ζωντοί, που με δυσκολία μπορεί κανείς να ξεχωρίσει ποιος είναι ο κεντρικός βλαστός και ποιος ο πλευρικός.

## Άνθη

Τα άνθη της τομάτας (Εικόνα 2) εμφανίζονται σε ταξιανθίες. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται επί των βλαστών του φυτού και διακλαδίζονται συμμετρικά ή ασύμμετρα, ανάλογα τη ποικιλία. Στο άκρο κάθε διακλάδωσης υπάρχει και ένα άνθος.



**Εικόνα 2:** Άνθος τομάτας.

## Φύλλα

Τα πραγματικά φύλλα της τομάτας είναι σύνθετα. Κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φυλλαρίων και παράφυλλων, με ένα μόνο φυλλάριο στην άκρη. Ο αριθμός των ζευγών φυλλαρίων σε κάθε φύλλο ποικίλει ανάλογα με τη ποικιλία.

## Καρπός

Ο καρπός της τομάτας είναι πολύχωρος ράγα, με 2 έως 12 καρπόφυλλα τα οποία περιέχουν τους σπόρους. Το σχήμα του καρπού είναι συνήθως στρογγυλό ή επίμηκες. Οι περισσότερες ποικιλίες τομάτας έχουν κόκκινο χρώμα το οποίο οφείλεται στο λυκοπένιο. Υπάρχουν και άλλες ποικιλίες με κίτρινο, πορτοκαλί ή πράσινο καρπό.



Περισσότερο από το 90% του βάρους της τομάτας είναι το νερό και η διαθεσιμότητα του νερού επηρεάζει το μέγεθος του καρπού. (Jones, 1999).

### Σπόρος

Ο σπόρος είναι ωοειδής, πεπλατυσμένος, χρώματος κίτρινο – καφέ με μεταξώδη επιφάνεια. Το μέγεθος είναι μικρό , διαμέτρου 3 – 5 mm. Εσωτερικά ο σπόρος φέρει ένα κυρτό έμβρυο, που περιβάλλεται από ένα μικρό ενδοσπέρμιο. (Ολύμπιος, 2001).

### Απαιτήσεις σε κλίμα και έδαφος

Οι ποικιλίες της τομάτας έχουν εγκλιματιστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφικών και κλιματικών τύπων, αν και θα πρέπει να τονιστεί ότι το φυτό απαιτεί θερμό κλίμα. Σήμερα η καλλιέργεια της τομάτας εκτείνεται από τις τροπικές περιοχές μέχρι και μερικές μοίρες από τον αρκτικό κύκλο και στις μεν περιοχές όπου η διάρκεια της θερμής περιόδου το επιτρέπει, η τομάτα καλλιεργείται υπαίθρια, σε περιοχές και σε περιόδους όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες καλλιεργείται σε θερμοκήπια και σε άλλες κατασκευές υπό προστασία. Η μορφή καλλιέργειας της τομάτας ποικίλει από εκτατική, έως εντατική. (Ολύμπιος, 2001).

Όσον αφορά το έδαφος, η τομάτα προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους από το ελαφρύ ως και το βαρύ αρκεί να υπάρχει καλή στράγγιση. Οι υψηλές αποδόσεις της καλλιέργειας επιτυγχάνονται σε μέσης σύστασης εδάφη σαθρά ή αμμώδη με ουδέτερη αντίδραση (pH = 7). (Ciro Ciufolini).

### Πολλαπλασιασμός

Η τομάτα πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Κατάλληλη θερμοκρασία εδάφους για να φυτρώσει είναι 15 °C. Είναι επιβεβλημένο ο σπόρος πριν από την αποθήκευση ή πριν από τη σπορά να έχει απολυμανθεί ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών και παθογόνων. Οι πιο διαδεδομένες σήμερα μέθοδοι που εφαρμόζουν οι καλλιεργητές είναι της στρωμάτωσης και η εν συνεχεία μεταφύτευση σε ατομικά γλαστράκια. (Ολύμπιος, 2001).

### Εξέλιξη της καλλιέργειας της τομάτας

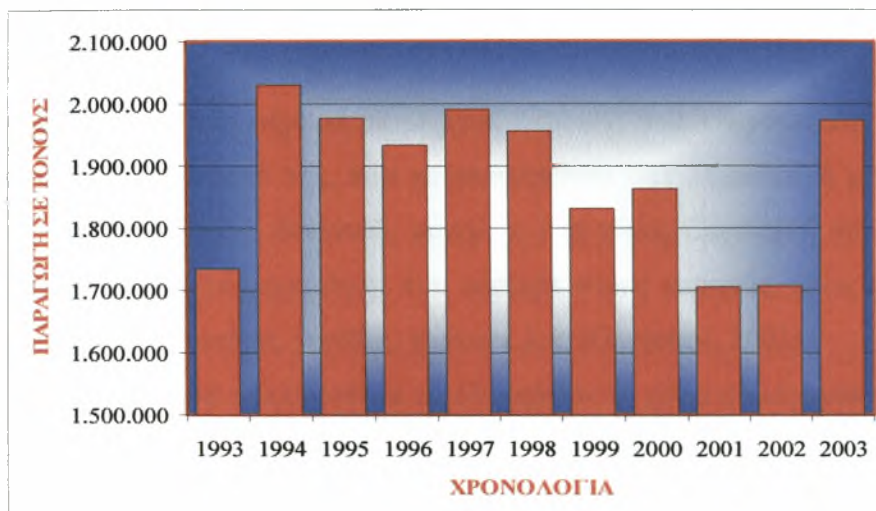
Σήμερα η τομάτα καλλιεργείται στο ύπαιθρο και σε θερμοκήπια παντού στο κόσμο και καταναλώνεται όλο το χρόνο, νωπή αλλά και σε ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες ως μεταποιημένη. Συμμετέχει στην καθημερινή διαίτα του ανθρώπου ως απαραίτητο συστατικό σε πάρα πολλά καθιερωμένα και φημισμένα φαγητά. (Ανώνυμος, 2002). Στο παρακάτω πίνακα (3) φαίνεται η σημαντική εξέλιξη της καλλιέργειας της τομάτας ως προς την έκταση, τη παραγωγή, τη στρεμματική απόδοση, τη τιμή και την ακαθάριστη αξία παραγωγής, από το 1993 έως το 2003, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας. Από το πίνακα 3 παρατηρούμε ότι η στρεμματική απόδοση φαίνεται να αυξάνεται σημαντικά με μεγαλύτερη αύξηση το 2003 με απόδοση 5.580 kg/στρ.

**Πίνακας 3:** Εξέλιξη της καλλιέργειας της τομάτας από το 1993 – 2003 σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (kg/στρ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./kg)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1993	331.103	1.735.207	5.241	74,66	129.550.555
1994	374.850	2.030.530	5.417	67,49	137.040.470
1995	383.530	1.976.660	5.154	71	140.342.860
1996	373.100	1.932.824	5.180	81,89	158.278.957
1997	375.224	1.990.477	5.305	103,87	206.750.846
1998	369.710	1.956.331	5.292	95,17	186.184.021
1999	353.060	1.831.890	5.189	90,47	165.731.088
2000	374.232	1.863.687	4.980	95,9	178.727.583
2001	325.631	1.704.996	5.236	95,41	162.673.668
2002	335.833	1.707.676	5.085	0,28*	478.149*
2003	353.621	1.973.040	5.580	0,37*	730.025*

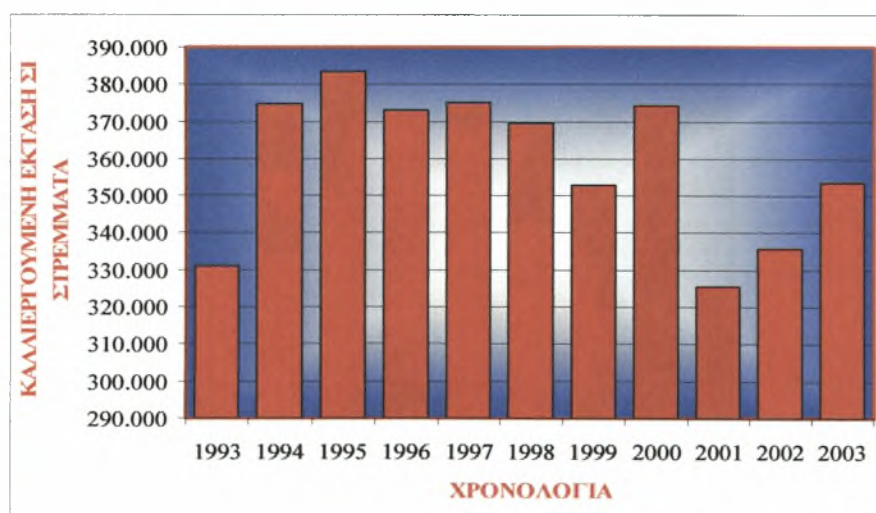
\*τιμές σε ευρώ

Όσον αφορά τη παραγωγή στο Σχήμα 2 φαίνεται ότι από το 1994 η παραγωγή της τομάτας αυξανόταν σημαντικά, με εξαίρεση τα έτη 2000 και 2001 όπου έχουμε μείωση παραγωγής. Παρατηρείται ότι το 1993 η παραγωγή ήταν 1.735.207 τόνοι και το 2003 η παραγωγή ανέβηκε στους 1.973.040 τόνους, με μικρές αυξομειώσεις και με υψηλότερη παραγωγή το 1994 με 2.030.530 τόνους.



**Σχήμα 2:** Εξέλιξη στη παραγωγή της τομάτας σε τόνους από το 1993 έως 2003.

Στο Σχήμα 3 παρατηρείται η εξέλιξη της έκτασης της καλλιέργειας της τομάτας, όπου μεγαλύτερη έκταση φαίνεται να καταλαμβάνει τη χρονιά 1995 με 383.530 στρέμματα. Από το 1994 έως το 2000 φαίνεται ότι η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει τις μεγαλύτερες εκτάσεις, ενώ το 2003 η έκταση παραγωγής της τομάτας στη Θεσσαλία είναι 353.621 στρέμματα.



**Σχήμα 3:** Εξέλιξη στην έκταση της καλλιέργειας της τομάτας από το 1993 έως το 2003.

## 5. Πιπεριά

Η πιπεριά καλλιεργείται σήμερα σε μεγάλες εκτάσεις στις εύκρατες και τροπικές ζώνες, κυρίως για το καρπό της, που χρησιμοποιείται σαν λαχανικό ή μπαχαρικό. Υπάρχουν αρκετά είδη και βοτανικές ποικιλίες στο γένος *Capsicum*, γεγονός που συντελεί στη μεγάλη διαφοροποίηση που υπάρχει στους καρπούς, όσον αφορά το βαθμό καυστικότητας, σχήμα, μέγεθος, χρώμα κ.λ.π. (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα η πιπεριά καλλιεργείται σε όλη σχεδόν τη χώρα σε λαχανόκηπους και θερμοκήπια. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη Βόρεια Ελλάδα. Οι κυριότερες δε ποικιλίες ( Εικόνα 3) είναι: α) η πράσινη της Νέας Μαγνησίας με τους γλυκούς και σαρκώδεις καρπούς, β) Φλωρίνης με τους κόκκινους καρπούς γλυκούς ή καυτερούς, σχήματος κωνικού, επιμήκης, μετρίου μεγέθους, γ) Τσούσκα με ελαφριά καυτερή γεύση και κιτρινοπράσινο χρώμα, κίτρινη Κουφαλίων, δ) Πιπερίδου που γίνεται τουρσί και καλλιεργείται στις περιοχές της Θεσσαλονίκης και άλλες. Η ξερή, τριμμένη κόκκινη πιπεριά σε ορισμένες περιοχές είναι γνωστή και σαν μπούκοβο. ([http](http://)).



**Εικόνα 3:** Καρποί διαφόρων ποικιλιών πιπεριάς.

Οι γλυκές πιπεριές έχουν το πιο ήπιο άρωμα και την πιο ελαφρά δριμύτητα από όλες τις πιπεριές. Η συγκομιδή του καρπού γίνεται στο στάδιο του «ώριμου πράσινου» καρπού ή του «ώριμου κόκκινου» ή «κίτρινου» ή «πορτοκαλιού» ή «ιάδους» κ.λπ. σταδίου. Οι νωπές γλυκές πιπεριές αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών, ιδιαίτερα σε βιταμίνη C. Οι αποξηραμένες πιπεριές που έχουν έντονα

καυτερή γεύση, είναι πλούσιες σε βιταμίνη Α. Εκτός από τη χρήση τους σαν τροφή και καρύκευμα, οι πιπεριές έχουν και φαρμακευτικές ιδιότητες (κυρίως αυτές με την καυτερή γεύση). Μερικές χρησιμοποιούνται και σαν καλλωπιστικές. (Ολύμπιος, 2001).

Η κατάλληλη θερμοκρασία για την καλλιέργεια της πιπεριάς, κυμαίνεται μεταξύ 15° και 30°. Το καλύτερο έδαφος είναι το μέτριο, μάλλον ελαφρύ που επιτρέπει την εξάπλωση της ρίζας. Η πιπεριά είναι πολύ ευαίσθητη στην παρουσία των ζιζανίων που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την παραγωγή. Δεν πρέπει να καλλιεργείται συνέχεια στο ίδιο χωράφι, γιατί οι ασθένειες αναπτύσσονται γρήγορα. (Ciro Ciufolini).

Δεν έχουμε ακόμα καλά εκτιμήσει τη μεγάλη θρεπτική αξία αυτού του λαχανικού, που οφείλεται στη Βιταμίνη C που περιέχει. Πιστεύουμε πως στο μέλλον η αξία του θα εκτιμηθεί περισσότερο. Καλά οικονομικά αποτελέσματα πετυχαίνουμε με τις πρώιμες καλλιέργειες της πιπεριάς. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η αντοχή της πιπεριάς στις μεταφορές και στη διατήρηση. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτυγχάνονται με την ορθολογική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όσον αφορά την καλλιέργεια του εδάφους, το πότισμα, τη λίπανση και την καταπολέμηση των εχθρών της. (Ciro Ciufolini).



### **Ιστορική Αναδρομή**

Ο πρωτόγονος άνθρωπος της Ν. Αμερικής θεώρησε τον καρπό της άγριας πιπεριάς σημαντικό συμπλήρωμα της διαίτας του. Ακόμη και σήμερα, σε περιοχές της Λατινικής Αμερικής μαζεύουν άγριες πιπεριές και τις διαθέτουν στις εγχώριες αγορές. Κατά μια εκδοχή, η πιπεριά διείσδυσε από το Περού στο Μεξικό, κατά μια δεύτερη εκδοχή το Μεξικό αποτελεί ξεχωριστό ανεξάρτητο κέντρο, όπου υπάρχει και αρκετή διαφοροποίηση βοτανικών ποικιλιών.

Η καλλιέργεια της πιπεριάς χρονολογείται από πολύ παλιά στη Ν. Αμερική, επίσης υπήρξαν συμβολικά φυτά για τους Ινδιάνους της Ν. Αμερικής και έπαιζαν σημαντικό ρόλο στις θρησκευτικές τους τελετουργίες.

Η πρώτη Ευρωπαϊκή αναφορά για την πιπεριά γίνεται το 1493 από τον Peter Martyr, που αναφέρει ότι ο Κολόμβος βρήκε πολύ καυτερές πιπεριές. Με τα ταξίδια του Κολόμβου η πιπεριά ήρθε στην Ευρώπη και έγινε αμέσως αποδεκτή. Η σχετικά μεγάλη περίοδος διατήρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου και η ευκολία της διακίνησης του συνέβαλαν στην ευρεία διάδοση της πιπεριάς σε πολλές άλλες

τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Στην Ινδία έγινε ευρέως δεκτή, και ήδη το 1542 αναφέρεται ότι ήταν γνωστά 3 είδη πιπεριάς. Σήμερα η Ινδία αποτελεί και την πρώτη χώρα εξαγωγής κόκκινης πιπεριάς. Στις ΗΠΑ η καλλιέργεια της πιπεριάς δεν διαδόθηκε γρήγορα, αλλά σήμερα αποτελεί προϊόν μεγάλης οικονομικής σημασίας. (Ολύμπιος, 2001).

### **Συστηματική Κατάταξη**

Υπάρχει σύγχυση όσον αφορά τη συστηματική κατάταξη του γένους *Capsicum*. Νωρίς τον εικοστό αιώνα αναγνωρίζονται μόνο δύο είδη καλλιεργούμενης πιπεριάς, τα *C. annuum* και *C. frutescens*, σήμερα όμως έχει γίνει αποδεκτό ότι υπάρχουν 4 ή 5 είδη. Πρόσθετα σ' αυτά τα καλλιεργούμενα είδη υπάρχουν και 20 περίπου άγρια είδη που συναντώνται κυρίως στη Ν. Αμερική. Τα καλλιεργούμενα είδη, σύμφωνα με τον Purse Glove (1979), είναι τα παρακάτω:

- (i) *Capsicum annuum*: Είναι το είδος που σήμερα είναι πιο διαδεδομένο και έχει τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία. Περιλαμβάνει τις γλυκές πιπεριές καθώς επίσης τις περισσότερες καυτερής γεύσης, που ξηραίνονται και μετατρέπονται σε σκόνη.
- (ii) *Capsicum baccatum*: Καλλιεργείται κυρίως στη Ν. Αμερική και ελάχιστα σε άλλες περιοχές.
- (iii) *Capsicum frutescens*: Το άγριο είδος συναντάται στις χαμηλού υψομέτρου τροπικές περιοχές της Ν. Αμερικής.
- (iv) *Capsicum chinense*: Το άγριο είδος είναι διασκορπισμένο στην τροπική ζώνη της Ν. Αμερικής.
- (v) *Capsicum pubescens*: Συναντάται στα υψίπεδα των Άνδεων. (Ολυμπίου, 2001).

### **Σύντομη περιγραφή του φυτού**

Η πιπεριά είναι φυτό μονοετές ή διετές, ποώδες, με κορμό και βλαστούς ελαφρά ξυλώδεις στη βάση, διακλαδίζεται αρκετά και έχει τη τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω. Χωρίς επεμβάσεις οι βλαστοί αναπτύσσονται σε ύψος 0,3 – 0,8 m, είναι εύθραυστοι και με το βάρος της καρποφορίας πολλές φορές σπάζουν.

## Ρίζα

Το ριζικό σύστημα όταν αναπτύσσεται ελεύθερα σε βαθύ και χωρίς διαπέρατους ορίζοντες έδαφος φτάνει σε βάθος 60 – 120 cm. Το φυτό αναπτύσσει δυνατή κεντρική ρίζα, αλλά συνήθως αυτή κόβεται ή σταματά να αναπτύσσεται, μετά τη μεταφύτευση και δημιουργούνται πλευρικές διακλαδιζόμενες ρίζες .

## Φύλλα

Είναι απλά, λεπτά, ελλειπτικά, οξύληκτα, ακέραια με βαθύ πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια, και πιο ανοικτό πράσινο στην κάτω. Ο μίσχος των φύλλων έχει μήκος 3 – 5 cm.

## Άνθη

Τα άνθη εμφανίζονται μονήρη στις διακλαδώσεις των βλαστών και φέρουν μίσχο 1,5 cm. μήκος. Είναι χώματος λευκού ή λευκοπράσινου με ανθήρες σε ιώδη απόχρωση. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα.

## Καρπός

Ο καρπός, ο οποίος φαίνεται στην εικόνα 4, είναι ράγα ο οποίος ποικίλει σε μορφή και μέγεθος ανάλογα με τη ποικιλία, είναι πολύχωρος και πολύσπερμος και φέρει κοιλότητα μεταξύ του πλακούντα και των τοιχωμάτων του καρπού. Αρχικά το χρώμα είναι πράσινο ή πρασινοϊώδες και όταν ωριμάσει χρωματίζεται ερυθρός, καστανέρυθρος, κίτρινος, κιτρινοπράσινος, ανάλογα με τη ποικιλία. (Ολύμπιος, 2001).



**Εικόνα 4:** Καρπός πιπεριάς.

### **Πολλαπλασιασμός**

Ο πολλαπλασιασμός της πιπεριάς γίνεται με σπόρο, ο οποίος είναι δισκοειδής, διαμέτρου 3 – 5 mm., και έχει ωχρό – κίτρινο χρώμα. Η σπορά γίνεται μέσα σε ειδικά θερμοκήπια – σπορεία ή σε ψηλά τούνελ ή σε συγκεκριμένο μέρος μέσα στο θερμοκήπιο, αρκεί οι συνθήκες να είναι κατάλληλες. Μέσα στα θερμοκήπια – σπορεία οι σπόροι μπορούν να τοποθετηθούν, είτε σε κιβώτια σποράς από τα οποία αφού βλαστήσουν μεταφυτεύονται σε ατομικά γλαστράκια στο στάδιο της πλήρους ανάπτυξης των κοτυληδόνων, είτε απ' ευθείας σε ατομικά γλαστράκια τύρφης ή σακουλάκια πλαστικά ή κύβους εδάφους. (Ολύμπιος, 2001).

### **Εξέλιξη της καλλιέργειας της πιπεριάς**

Στο παρακάτω πίνακα 4 φαίνεται η σημαντική εξέλιξη της καλλιέργειας της πιπεριάς ως προς την έκταση, τη παραγωγή, τη στρεμματική απόδοση, τη τιμή και την ακαθάριστη αξία παραγωγής, από το 1993 έως το 2003, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας. Η στρεμματική απόδοση φαίνεται να αυξάνεται σημαντικά με τα χρόνια. Το 1993 φαίνεται η απόδοση να είναι 2.363 kg/στρ. και το 2003 να αυξάνεται σε 2.888 kg/στρ., η οποία είναι και η υψηλότερη.

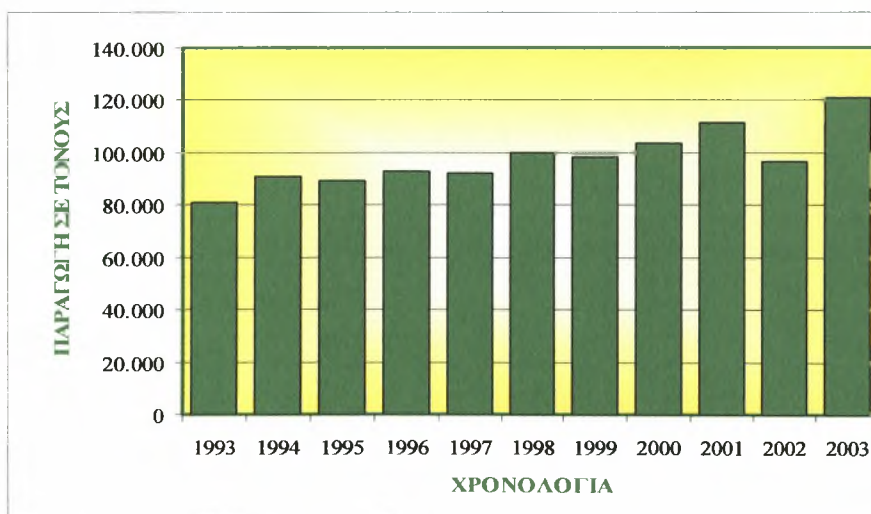


**Πίνακας 4:** Εξέλιξη της καλλιέργειας της πιπεριάς από το 1993 – 2003 σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (kg/στρ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./kg)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1993	34.331	81.123	2.363	139,42	11.310.169
1994	37.092	90.677	2.445	151,48	13.735.752
1995	36.140	89.000	2.463	136,51	12.149.390
1996	35.560	92.870	2.612	157,4	14.617.738
1997	37.419	91.914	2.456	183,56	16.871.734
1998	42.675	99.809	2.339	167,39	16.707.029
1999	41.773	98.294	2.353	186,66	18.347.558
2000	39.350	103.710	2.636	189,3	19.632.303
2001	43.107	111.592	2.589	201,04	22.434.735
2002	42.035	96.750	2.302	0,56*	54.180*
2003	41.870	120.920	2.888	0,61*	73.761*

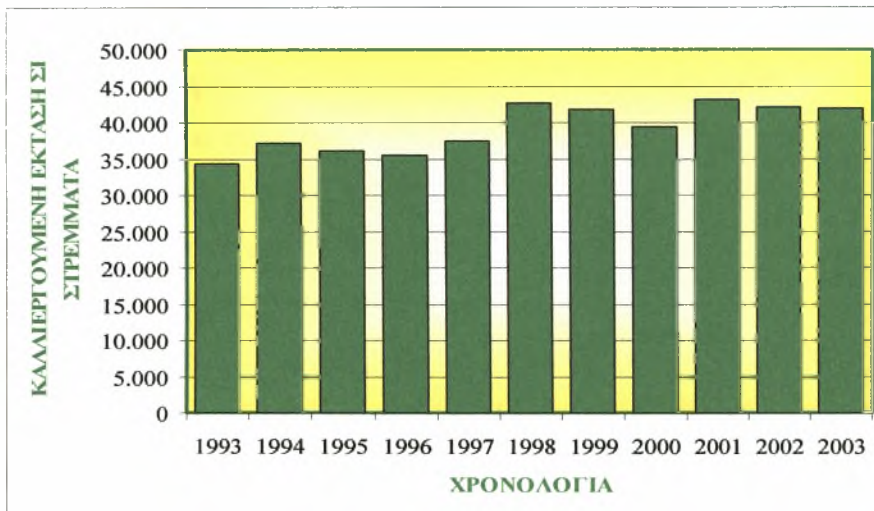
\*τιμές σε ευρώ

Παρατηρούμε λοιπόν στο παρακάτω σχήμα 4 ότι η παραγωγή της πιπεριάς αυξανόταν με σταθερό ρυθμό έως το 2003. Το 1993 η παραγωγή φαίνεται να είναι στους 81.123 τόνους, με τη μέγιστη παραγωγή το 2003 με 120.920 τόνους.



**Σχήμα 4:** Εξέλιξη στην παραγωγή της πιπεριάς σε τόνους από το 1993 έως το 2003.

Σχετικά με την εξέλιξη της έκτασης της καλλιέργειας της πιπεριάς στο παρακάτω σχήμα 5 φαίνεται σημαντική αύξηση με την μεγαλύτερη το 2001 στα 43.107 στρέμματα. Το 1993 η έκταση της καλλιέργειας της τομάτας ήταν 34.331 στρέμματα ενώ το 2003 ήταν 41.870 στρέμματα.



Σχήμα 5: Εξέλιξη στην έκταση της καλλιέργειας πιπεριάς σε τόνους από το 1993 έως το 2003.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 1. Ηλιακή ακτινοβολία

Το φως του ήλιου είναι καθοριστικός παράγοντας στην παραγωγή θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει σε μια επιφάνεια πάνω στη γη και η οποία επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού και τη φωτομορφογένεση εξαρτάται:

1. από τη ποσότητα της ακτινοβολίας,
2. από τη ποιότητα της ακτινοβολίας,
3. από τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας,
4. από τη διάρκεια της ακτινοβολίας, και
5. από την πόλωση (διαφορετική ρύθμιση φωτοδεκτών) (Smith, 1986).

Σύμφωνα με το Boodley (1998) ως φως θεωρείται η ηλιακή ακτινοβολία που χαρακτηρίζεται από:

1. την ένταση (φωτεινότητα),
2. τη διάρκεια, (το μήκος της φωτεινής περιόδου, δηλαδή της ημέρας) και
3. την ποιότητα, (δηλαδή το μήκος κύματος που την αποτελεί).

Η ηλιακή ακτινοβολία καταλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος από 200 nm μέχρι πάνω από 50000 nm, όπου το μέγιστο της έντασης είναι περίπου 500 nm. Το 47% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί το φάσμα του ορατού φωτός, του οποίου το μήκος κύματος είναι από 380 nm έως 780 nm. Το φάσμα της υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί το 46% με το μήκος κύματος να είναι μεγαλύτερο από 780 nm και τέλος η υπεριώδης ακτινοβολία αποτελεί το 7% της ηλιακής ακτινοβολίας με μήκος κύματος κάτω από 380 nm. (http 2). Στην εικόνα 6 φαίνεται το φάσμα του ορατού φωτός με την υπέρυθρη και υπεριώδη ακτινοβολία.



Εικόνα 6: Φάσμα ορατού φωτός.

Τα μήκη κύματος πέρα του ορατού δηλαδή η υπεριώδης και η υπέρυθρη ακτινοβολία επηρεάζουν κατά πολύ την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Δηλαδή επηρεάζονται διάφορες φυσιολογικές διαδικασίες αλλά και χημικές αντιδράσεις. (Boodley, 1998)

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο μέρος της απορροφάται και διαθλάται ή διαχέεται. Τα μόρια του αέρα διασπών πιο εύκολα τα μικρά μήκη κύματος σε σχέση με τα μεγαλύτερα. Οι υδρατμοί και τα στερεά σωματίδια μειώνουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη. Μια καθαρή ημέρα περίπου το 75% της ηλιακής ακτινοβολίας περνά μέσω της ατμόσφαιρας χωρίς να διαθλασθεί ή να απορροφηθεί. (<http> 2).

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

Γενικά, η ακτινοβολία μπορεί να θεωρηθεί και ως ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Κάθε φυσική επιφάνεια λόγω της θερμοκρασίας της εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σ' ένα μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 100  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^3 \text{ nm} = 10^{-3} \text{ mm} = 10^4 \text{ \AA}$ ) και έχει σταθερή ταχύτητα στο κενό. Στο διάστημα αυτό περιλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία και η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.

Γνωρίζουμε ότι ένα απλό φύλλο φυτού απορροφά 80% περίπου από την προσπίπτουσα σ' αυτό φωτεινή ακτινοβολία, ενώ η υπόλοιπη ανακλάται. Από το μέρος που απορροφάται ένα πολύ μικρό μέρος χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση (~3%), ενώ το άλλο μετατρέπεται σε θερμότητα που αποβάλλεται κυρίως με τη διαπνοή, αλλά και με συναγωγή και ακτινοβολία. (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

## 2. Ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκήπιο

Για την κατασκευή ενός ιδανικού υλικού κάλυψης ενός θερμοκηπίου χρειάζεται 100% διαπερατότητα όλων των μηκών κυμάτων της ηλιακής ακτινοβολίας (300 έως 3000 nm) με γωνία πρόσπτωσης από μηδέν έως 90°, και μηδενική διαπερατότητα για όλη τη θερμική ακτινοβολία με μήκος κύματος πάνω από 3000 nm (Robbins και Spillman, 1980). Ένα τέτοιο υλικό θα μείωνε κατά πολύ τις ενεργειακές απώλειες. Παρόλα αυτά, είναι απίθανο ένα τέτοιο υλικό κάλυψης να κατασκευαστεί ποτέ. Η διαπερατότητα ενός υλικού κάλυψης εξαρτάται από το μήκος κύματος, τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στο υλικό, από το δείκτη διάθλασης του υλικού, και το συντελεστή απόσβεσής του.

Η γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία που σχηματίζει η ηλιακή ακτίνα με την κάθετο στην επιφάνεια γραμμή. Ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού είναι ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο υλικό, και είναι πάντα μεγαλύτερος από το 1. Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι 1.526, του PVF (Polyvinyl Fluoride) είναι 1.460, του FRP (Fiber Reinforced Plastic) είναι 1.520 και 1.515 για το PE (Polyethylene). Ο συντελεστής απόσβεσης υπολογίζει την απορρόφηση της ακτινοβολίας στο υλικό. Το γυαλί έχει συντελεστή απόσβεσης  $9,37 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$  και το PE  $7,52 \times 10^{-2} \text{ mm}^{-1}$ . Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το PE απορροφά 10 φορές περισσότερη ακτινοβολία απ' ό,τι το καθαρό γυαλί.

Υπάρχουν έρευνες (Daponte, 1994) που δείχνουν ότι η χρήση διαφόρων υλικών κάλυψης μπορούν να επηρεάσουν την ένταση και την ποιότητα που η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εισέλθει στο θερμοκήπιο. Όταν δύο ακτίνες από την ίδια πηγή αλλά με διαφορετικές πορείες συναντηθούν και ανασυνδυαστούν τότε αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξηθεί η ενέργεια μιας από τις ακτίνες ή η μια να εξουδετερώσει την ενέργεια της άλλης, δηλαδή να αλληλοαναιρεθούν. Η διαφοροποίηση του πάχους και του δείκτη διάθλασης μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τον αποκλεισμό συγκεκριμένου μήκος κύματος, όπως π.χ. να αποκλειστεί το πράσινο (500 nm), αφήνοντας το ερυθρό φως να εισέλθει. Επιλέγοντας φωτοεκλεκτικά υλικά για την κάλυψη του θερμοκηπίου με διαφορετική διάθλαση και του πάχους, είναι δυνατόν να επιλεγούν τα μήκη κύματος που θα φτάσουν τελικά στη καλλιέργεια. Με τη χρήση τέτοιων υλικών κάλυψης που περιέχουν διάφορες χρωστικές, μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα της ακτινοβολίας που θα φτάσει στο φυτό (Hanan, 1998).

### 3. Επίδραση του φωτός στο φυτό

Το φως είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει καθοριστικά την αύξηση - ανάπτυξη του φυτού (φωτοσύνθεση, φωτοτροπισμός, διαπνοή, αναπνοή, φωτοαναπνοή, σύνθεση χλωροφύλλης, λειτουργία στομάτων, κ.α.). Η επίδραση του φωτός στα φυτά οφείλεται στην ένταση (ποσότητα), στην ακτινοβολία (χρώμα) και στην διάρκεια (Λόλας, 2004).

Είναι σε όλους γνωστό ότι η ακτινοβολία έχει άμεση επίδραση στη φωτοσύνθεση. Επομένως όταν η ένταση του φωτός είναι τέτοια, ώστε να συντίθενται περισσότερες ουσίες από αυτές που καταναλώνονται κατά την αναπνοή, τότε το φυτό αρχίζει να αυξάνει σε ξηρό βάρος, καθώς αποταμιεύει υψηλής ενέργειας συστατικά, όπως είναι οι υδατάνθρακες και κυρίως το άμυλο. Όταν οι αποταμιευμένες ουσίες (υδατάνθρακες, λίπη κλπ.) διασπώνται, απελευθερώνεται ένα μέρος της ενέργειας με τη μορφή του ATP. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται στην αύξηση, αφού μέρος της καταναλώνεται για την επαναδόμηση συστατικών του πρωτοπλάσματος και του κυτταρικού τοιχώματος των νεοσχηματιζόμενων κυττάρων.

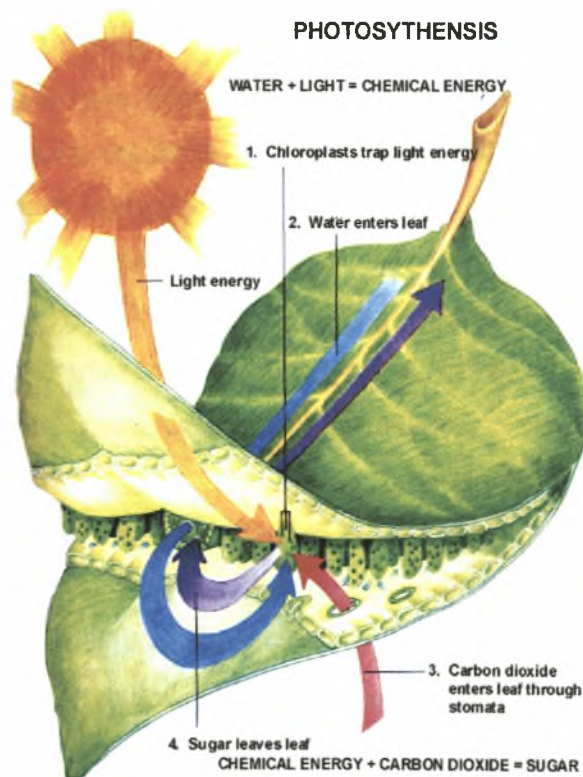
Κάθε φυτό απαιτεί τέτοια ένταση φωτός, ώστε οι ουσίες, που συντίθενται, να του εξασφαλίζουν τουλάχιστον την απαιτούμενη ενέργεια για τη διατήρηση του στη ζωή. Επομένως, αν το φυτό αυτό δεν σχηματίζει αρκετές αποταμιευτικές ουσίες, από τις οποίες να προμηθεύεται την απαιτούμενη ενέργεια για την αύξηση, τότε δεν παραμένει ενεργό για μεγάλο χρονικό διάστημα, οπότε ή πρέπει να πεθάνει ή να περάσει μια περίοδο ληθάργου. Συνεπώς, εάν η ένταση του φωτός αυξάνει μέχρι του μέγιστου ορίου της, αντίστοιχα αυξάνει και το ξηρό βάρος των φυτών. Σ' αυτές τις οριακές περιπτώσεις οι βλαστοί αποκτούν μεγαλύτερο πάχος και περισσότερους στερεωτικούς ιστούς. Τα φύλλα επίσης γίνονται παχύτερα, με παχειά επιδερμίδα και ανεπτυγμένο δρυφακτοειδές παρέγχυμα. (Καράταγλης, 1999).

#### 3.1. Φωτοσύνθεση

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται από τα φυτά σε χημική ενέργεια. Η ζωή πάνω στο πλανήτη εξαρτάται από τη φωτοσύνθεση που γίνεται από τα φυτά. (Hanan, 1998).

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

Στα αυτότροφα φυτά η κατάσταση διαφέρει, γιατί οι θρεπτικές τους πηγές ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και ανόργανα ιόντα) είναι χαμηλής ενεργειακής κατάστασης και συνεπώς δεν είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις τους. Η αφομοίωση τέτοιων ανόργανων θρεπτικών ουσιών απαιτεί, πράγματι, ενέργεια. Στα αυτότροφα φυτά οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται αρχικώς με την απορρόφηση του φωτός. Η μοναδική αυτή ικανότητα των φυτικών κυττάρων να απορροφούν φωτεινή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική είναι μια από τις βασικότερες βιολογικές λειτουργίες. Όλοι οι άλλοι οργανισμοί, με εξαίρεση μερικούς αυτότροφους μικροοργανισμούς, εξαρτώνται από αυτή τη μετατροπή της ενέργειας. Στην εικόνα 7 φαίνεται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης.



Εικόνα 7: Διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική συνδέεται στενά με τη μετατροπή του CO<sub>2</sub> σε οργανικά συστατικά. Η φωτοσύνθεση περιγράφεται από τη γενική εξίσωση: (Καράταγλης, 1999)



### 3.2. Φωτοπεριοδισμός

Η διάρκεια του φωτισμού έχει πολύ σημαντική επίπτωση στην ποσότητα των παραγομένων από τη φωτοσύνθεση προϊόντων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια φωτισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση. Στα περισσότερα φυτά που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο η παραγωγή αυξάνει, όσο αυξάνεται η διάρκεια του φωτισμού, μέχρι 16 ώρες το εικοσιτετράωρο. Εκτός όμως αυτού, η διάρκεια επιδρά καθοριστικά και στο φωτοπεριοδισμό των φυτών.

Φωτοπεριοδισμός ονομάζεται η επίδραση της διάρκειας της φωτεινής φάσης στον πολλαπλασιασμό και την αύξηση των φυτών στον κανονικό εικοσιτετράωρο ρυθμό εναλλαγής φωτός και σκότους. ([http 3](http://3)). Φωτοπεριοδισμός δηλαδή είναι η αντίδραση του φυτού στον κύκλο ημέρα-νύχτα. Δεν έχει καμία σχέση με τη φωτοσύνθεση. Η αντίδραση του φυτού εξαρτάται από το είδος του και μπορεί να είναι αναπαραγωγικής ή βλαστικής φύσης, όπως: διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών, πρόωρη άνθιση, αναστολή της άνθισης, αναστολή της βλάστησης του γυρεόκοκκου σε μερικά είδη, διακοπή λήθαργου, φυλλόπτωση στα φυλλοβόλα δένδρα, διακοπή της δραστηριότητας του καμβίου, διαδικασία βλάστησης σε μερικούς σπόρους, καλύτερη βολβοποίηση ή κονδυλοποίηση, βραχυγονάτωση, αλλαγή στην κατεύθυνση και το σχημάτων νεαρών φύλλων κ.λπ. (Καράταγλης, 1999).

Σε πολλά φυτά η έναρξη της ανθοφορίας εξαρτάται από τη διάρκεια της ημέρας. Ερευνητές προσπάθησαν να ελέγξουν την άνθιση μεταβάλλοντας διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η εδαφική υγρασία, και τη λίπανση. Καμία από αυτές τις μεταβολές δεν είχε οποιαδήποτε επίδραση πάνω στην ανθοφορία. Έτσι ο Garner και Allard αποφάσισαν να ελέγξουν το μήκος της ημέρας με την τοποθέτηση των φυτών σε σκοτεινές αίθουσες για να μειώσει τη διάρκεια της ημέρας. Το αποτέλεσμα ήταν ότι η μείωση της διάρκειας της ημέρας έκανε τα φυτά να ανθίσουν.

Αυτή η αντίδραση των φυτών στο μήκος της ημέρας, δηλαδή ο φωτοπεριοδισμός οδήγησε τους Garner και Allard να προσδιορίσουν τρεις κατηγορίες φυτών:



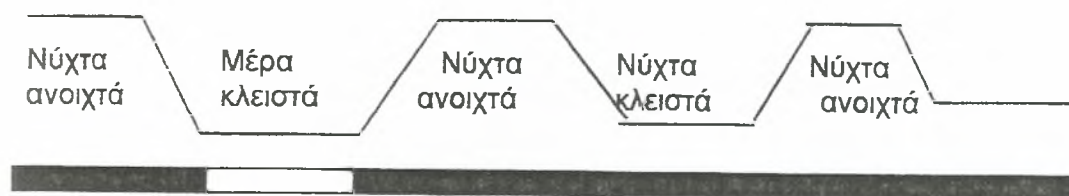
1. Τα φυτά βραχείας ημέρας (SDP), τα οποία ανθίζουν όταν το μήκος της ημέρας είναι μικρότερο από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών. Αυτά τα φυτά απαιτούν περίπου 8-9 ώρες φωτεινής περιόδου για να ανθίσουν. Τα χρυσάνθεμα και η ποϊνσέντια είναι φυτά βραχείας ημέρας.
2. Τα φυτά μακράς ημέρας (LDP), τα οποία ανθίζουν μόνο εάν το μήκος της ημέρας είναι μεγαλύτερο από ένα κρίσιμο αριθμό ωρών. Τα φυτά αυτά απαιτούν μια φωτεινή περίοδο τουλάχιστον 12 ωρών για να ανθίσουν. Φυτά μακράς ημέρας είναι η κονδυλώδης πεγκόνια, η ντάλια και το σπανάκι.
3. Τα φυτά ουδέτερα στη φωτοπερίοδο ή ενδιάμεσης ημέρας, είναι εκείνα τα φυτά στα οποία η διάρκεια της ημέρας δεν επηρεάζει άμεσα την άνθισή τους. Τα περισσότερα κηπευτικά και το τριαντάφυλλο τα οποία είναι ουδέτερης ημέρας φυτά, δεν αντιδρούν στη σχετική διάρκεια ημέρας και νύχτας, αλλά η αντίδραση τους καθορίζεται από άλλους παράγοντες, όπως η ηλικία, το άθροισμα της φωτεινής ενέργειας που δέχτηκαν, η θερμοκρασία κ.λπ. Είναι δηλαδή τα φυτά των οποίων η ανάπτυξη και η ανθοφορία εξαρτώνται από ενδογενείς παράγοντες ή από την θερμοκρασία. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι, όταν λέμε ότι τα ουδέτερης ημέρας φυτά δεν επηρεάζονται από το φωτοπεριοδισμό, αυτό δε σημαίνει (σε καμιά περίπτωση) ότι δεν επηρεάζεται η παραγωγή της φωτοσύνθεσης τους από τη διάρκεια της ημέρας. Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα είναι ανεξάρτητη από τη φωτοπεριοδική αντίδραση των φυτών. Οι Αφρικανικές βιολέτες και τα τριαντάφυλλα είναι παραδείγματα ουδέτερων σε φωτοπερίοδο φυτών. (Καράταγλης, 1999 ; [http 3](#) ; Boodley, 1998).

Υπάρχει μια τέταρτη ομάδα φυτών της οποίας τα φυτά λέγονται ποσοτικά φωτοπεριοδικά 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 οποιοσδήποτε συνθήκες ημέρας, αλλά ανθίζουν σε συντομότερο χρονικό διάστημα σε συνθήκες μακράς ημέρας. Το αντίθετο ισχύει στην περίπτωση των ποσοτικά βραχείας ημέρας φυτών. (Boodley, 1998).

Στις μελέτες του φωτοπεριοδισμού και της σημασίας του φυτοχρώματος διαπιστώθηκαν μερικά «παράδοξα» φαινόμενα. Για παράδειγμα, όταν έχουμε μεγάλη

διάρκεια σκοτεινής περιόδου, τότε διακοπές με φωτισμό δεν εμποδίζουν την άνθηση στα μικρής μέρας φυτά ή δεν ευνοούν την άνθηση στα μεγάλης μέρας φυτά. Εκτός εάν αυτό γίνεται προς την αρχή ή προς το τέλος της σκοτεινής περιόδου. Έτσι φαίνεται ότι η απαίτηση των φυτών σε σκοτάδι περιλαμβάνει κάτι περισσότερο από μόνο ορισμένη διάρκεια σκοτάδι για την άνθηση.

Από πολύ νωρίς (1727, 1875) παρατηρήθηκε ότι πολλά φαινόμενα στη φυσιολογία των φυτών είναι περιοδικά δηλαδή επαναλαμβάνονται κατά τακτά διαστήματα. Για παράδειγμα ο «ύπνος» των φύλλων σε ορισμένα φυτά (*Acacia*, *Phaseolus vulgaris*), το άνοιγμα - κλείσιμο των λουλουδιών, (*Cestrum noctorum* - νυχτολούλουδο), των στομάτων, η στροφή των κεφαλών του ηλίανθου προς τον ήλιο, ο φωτοπεριοδισμός, η φωτοσύνθεση στα φυτά CAM, η εναλλαγή CO<sub>2</sub> κ.α. Είναι ενδιαφέρον ότι η περιοδικότητα αυτών των φαινομένων συνεχίζεται για αρκετό χρόνο και όταν τα φυτά βρίσκονται σε συνθήκες που δεν είναι οι κατάλληλες για την εκδήλωση της περιοδικότητας. Αυτό φαίνεται καλύτερα στην Εικόνα 8. Είναι λοιπόν ευνόητο ότι η περιοδικότητα πολλών φαινομένων στη φυσιολογία των φυτών ελέγχεται από ενδογενείς παράγοντες του φυτού.



**Εικόνα 8:** Περιοδικότητα ανοίγματος – κλεισίματος λουλουδιών στο νυχτολούλουδο (*Cestrum noctorum*).

Σήμερα κανείς δεν αμφιβάλλει ότι το φυτόχρωμα είναι υπεύθυνο σε κάποιο βαθμό για τους βιολογικούς ρυθμούς. Με το φυτόχρωμα το φυτό «αντιλαμβάνεται» εάν υπάρχει ή όχι φως. Δεν είναι όμως γνωστό πως ακριβώς παρεμβαίνει, δηλαδή ο μηχανισμός. Πολλοί φυσιολόγοι δέχονται ότι ο περιορισμός ή και μηδενισμός του P<sub>ff</sub> όταν σουρουπώνει (καθώς δεν σχηματίζεται πια απουσία φωτός) είναι το σήμα για την σκοτόφιλη φάση, ενώ το χάραμα, ακόμα και με πολύ χαμηλή ένταση ακτινοβολίας, ο σχηματισμός του P<sub>ff</sub> είναι πάλι το σήμα για την φωτόφιλη φάση.

Οι βιολογικοί ρυθμοί είναι χαρακτηριστικό των ευκαρυωτικών οργανισμών. Οι βιολογικοί ρυθμοί δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, ούτε από ουσίες

εμποδιστές της αναπνοής. Σίγουρα ρυθμίζονται από τον πυρήνα αλλά βρίσκονται στο κυττόπλασμα.

Σήμερα είναι καλά γνωστό ότι τα ανώτερα φυτά (ευκαρυωτικοί οργανισμοί), ακόμα και τα μονοκύτταρα, έχουν σε επίπεδο κυττάρου, ιστού οργάνου και ολόκληρου του φυτού, βιολογικούς ρυθμούς, πιο πρακτικά «ωρολογιακούς μηχανισμούς» διάρκειας μιας μέρας, έξι ώρες (παλίρροιας) ενός σεληνιακού μήνα, μιας εποχής (φωτοπεριοδισμός), ή ενός χρόνου. Κάθε διατάραξη του βιολογικού ή των βιολογικών ρυθμών ενός φυτού αποσυγχρονίζει τον «ωρολογιακό μηχανισμό» του και μπορεί να έχει δυσμενείς επιδράσεις μέχρι και παθολογικές συνέπειες για το φυτό.

Γενικά, η σημασία των βιολογικών ρυθμών στο φυτό είναι ότι αλληλεπιδρούν με το φως και ρυθμίζουν διάφορες διεργασίες αύξησης - ανάπτυξης στο φυτό όπως, ανθοφορία, σποροποίηση, λήθαργο, σχηματισμό βολβών και κονδύλων, κ.α. Η φωτοσύνθεση δεν είναι βιολογικός ρυθμός. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι η εναλλαγή ημέρας - νύχτας «κουρδίζει» τα βιολογικά ρολόγια στα φυτά. Χάρη στο «βιολογικό ρολόι» τα φυτά διασφαλίζονται ότι ορισμένες λειτουργίες και διεργασίες θα συμβούν τον καθορισμένο χρόνο και τακτικά για φυσιολογική αύξηση - ανάπτυξη τους. (Λόλας, 2004).

Πιο συγκεκριμένα, ενώ μερικά από τα φυτά βραχείας ημέρας αντιδρούν σε έναν απλό κύκλο φωτοπερίοδου – σκοταδιού, τα περισσότερα απαιτούν την επίτευξη αρκετά μεγάλων σκοτεινών περιόδων σε συνδυασμό με φωτοπερίοδο της οποίας η διάρκεια δεν είναι οριακή. Η φάση του κυρκαδικού κύκλου, τουλάχιστον στα φυτά βραχείας ημέρας, ρυθμίζεται στην έναρξη της σκοτεινής περιόδου, από τη φωτοπερίοδο. Κατά τη διάρκεια της σκοτεινής περιόδου ο ωρολογιακός μηχανισμός καθιστά φάσεις ευαισθησίας στο φως και η φωτοπεριοδική αντίδραση του φυτού εξαρτάται από το εάν το φυτό έχει φτάσει στη φάση αυτή του κυρκαδικού κύκλου πριν την αρχή της ημέρας.

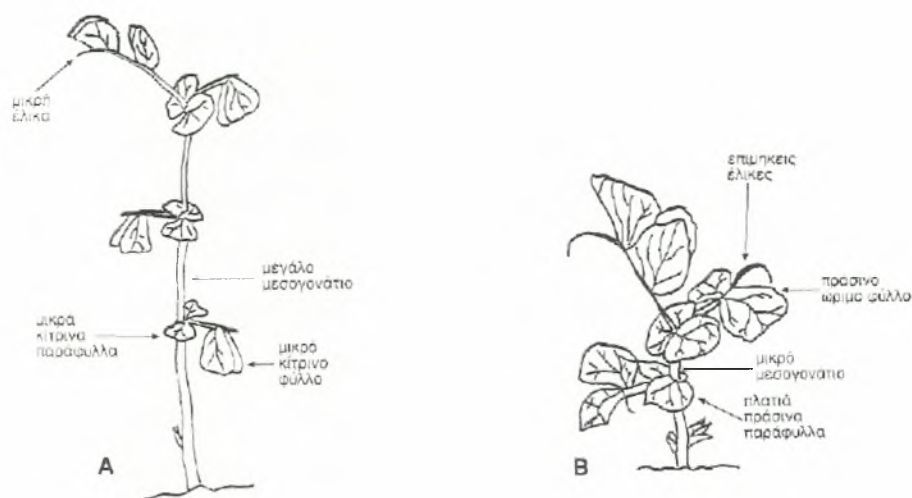
Στη περίπτωση των φυτών μακράς ημέρας η κατάσταση είναι διαφορετική. Τα φυτά μακράς ημέρας ανθίζουν μόνο όταν το μήκος της ημέρας υπερβαίνει μια συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή μέσα σε έναν κύκλο 24 ωρών. Τα φυτά αυτά έχουν μηδαμινή ανταπόκριση στη σύντομη διακοπή της σκοτεινής περιόδου και σημαντική ανταπόκριση στη μακρά έκθεση στο φως της ημέρας (Vince – Prue, 1986). Κάποια είδη φαίνεται ότι αντιδρούν όπως και τα φυτά βραχείας ημέρας 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).

### 3.3. Εκγλοίωση

Η μορφή της αύξησης μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ένταση του φωτός, στην οποία εκτίθενται τα φυτά. Τα αποτελέσματα γίνονται αντιληπτά όταν συγκρίνουμε νεαρά φυτά, που αυξάνουν στο σκοτάδι και το φως. Στο σκοτάδι τα φυτά δεν αναπτύσσονται κανονικά (Εικόνα 9Α). Οι μορφολογικές αλλαγές διαφέρουν από το ένα είδος στο άλλο, αλλά γενικά αυτό που συμβαίνει στο σκοτάδι είναι ότι ο βλαστός των δικοτυλήδων φυτών είναι πιο μακρύς απ' ό τι στα φυτά που αναπτύσσονται στο φως. Τα φύλλα παραμένουν εμβρυώδη. Απουσιάζει η χλωροφύλλη και τα σπορόφυτα έχουν λευκοκίτρινο χρώμα. Επίσης όσο αναπτύσσεται το φυτό τα φύλλα καρουλιάζουν. Το πρώτο μεσογονάτιο διάστημα των σποροφύτων επιμηκύνεται υπερβολικά στο σκοτάδι ενώ με την κολεοπτύλη δεν συμβαίνει το ίδιο. Το φαινόμενο αυτό που συμβαίνει στο σκοτάδι είναι γνωστό ως εκγλοίωση. Άλλα χαρακτηριστικά της εκγλοίωσης περιλαμβάνουν την αναστολή των χλωροπλάστων και τη χαμηλή δραστηριότητα πολλών ενζύμων. Στα σπορόφυτα έχουμε επίσης επιμήκυνση της υποκοτύλης και διόγκωση του ελάσματος των φύλλων.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω όταν τα φυτά εκτίθενται σε ακτινοβολία (φως) (Εικόνα 9Β) η ανάπτυξη της υποκοτύλης μειώνεται, τα φύλλα επιμηκύνονται χωρίς να καρουλιάζουν μέχρι να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Επίσης, οι χλωροπλάστες αναπτύσσονται σωστά με αποτέλεσμα να παράγουν χλωροφύλλη όπου προσδίνει και το πράσινο χρώμα στα φύλλα.



**Εικόνα 9:** Εκγλοΐωση: (Α) φυτό, που αναπτύσσεται στο σκοτάδι σε σύγκριση με φυτό, που αναπτύσσεται στο φως (Β). Επισημαίνονται οι μορφολογικές διαφορές.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την έκθεση των φυτών στο φως και το σκοτάδι είναι αναμενόμενα και μπορούν εύκολα να δικαιολογηθούν. Τα φυτά είναι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί. Ο σπόρος περιέχει θρεπτικά συστατικά τα οποία βοηθούν στο να δημιουργηθεί ένα «υγιές» σπορόφυτο, το οποίο θα μπορεί στο φως να φωτοσυνθέτει και να παίρνει την απαραίτητη ενέργεια και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Ο σπόρος για να αναπτυχθεί στο σκοτάδι πρέπει να έχει αποθέματα θρεπτικών στοιχείων.

Εκτός από όλες τις μορφολογικές αλλαγές που παρατηρούνται ανάμεσα στα φυτά που αναπτύσσονται στο φως με αυτά που αναπτύσσονται στο σκοτάδι, υπάρχουν και μορφολογικές, βιοχημικές και βιοφυσικές μεταβολές στο φυτόχρωμα (Horkins, 1995).

### 3.4. Φωτομορφογένεση – Φυτόχρωμα

#### Φωτομορφογένεση

Φωτομορφογένεση, είναι κάθε επίδραση του φωτός στη μορφολογία και τη φυσιολογία του φυτού με τελικό αποτέλεσμα τον καθορισμό της αύξησης -

ανάπτυξης κυττάρου, ιστού οργάνου ή ολόκληρου του φυτού. Για παράδειγμα, μορφογενετική επίδραση του φωτός στα ώριμα φυτά έχουμε στην ανθοφορία (φωτοπεριοδισμός), στο λήθαργο κ.α. Στο σπόρο μορφογενετική επίδραση του φωτός είναι η βλάστηση ή όχι του σπόρου (όχι όλων των ειδών) μόνο εφόσον δεχθεί φως και μάλιστα ορισμένης ακτινοβολίας. Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα φωτομορφογένεσης είναι η διαφορετική αύξηση - ανάπτυξη των φυτών στο σκοτάδι και στο φως (διαφορές στις χρωστικές, ένζυμα, μεταβολισμός, μορφολογία κ.τ.λ.). Παραδείγματα φωτομορφογένεσης σε επίπεδο κυττάρου είναι ο σχηματισμός λειτουργικών χλωροπλαστών στα αγγειόσπερμα μόνο παρουσία φωτός και τυπικών περοξυσωμάτων στα φύλλα. Στα γένη *Helianthus*, *Cucumis*, *Sinapis* και πολλά άλλα δικοτυλήδονα πρώτα σχηματίζονται γλυοξυσώματα ανεξάρτητα του φωτός και μετά με την παρουσία του φυτοχρώματος σχηματίζονται τα περοξυσώματα.

Τα φυτά συνθέτουν διάφορες ουσίες οι οποίες απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και ονομάζονται χρωστικές. Απαραίτητες χρωστικές στη φυσιολογική λειτουργία του φυτού είναι: οι χλωροφύλλες, καροτενοειδή, φυκοβιλίνες, κρυπτόχρωμα, φλαβονοειδή, βητακυανίνες (Λόλας, 2004).

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 όπως επίδραση στο φύτρωμα των σπόρων, φωτοτροπισμός, έλεγχος ανθίσεως κ.λ.π.. Τα αμέσως μεγαλύτερα μήκη κύματος από 750 έως 3000 nm αντιστοιχούν στην υπέρυθη 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 τους ζώντες οργανισμούς, το έδαφος και τα διάφορα αντικείμενα, επανακτινοβολείται στο διάστημα ως θερμική ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος (800 – 3000 nm), με συνέπεια τη ψύξη τους (Σάββας, 2003).

## Φυτόχρωμα

Είναι μία από τις φυκοβιλίνες που απαντώνται στα φυτά και έχουν πολύ μεγάλη σημασία στη φυσιολογία του φυτού.

Σε κάθε φωτομορφογένεση πρέπει να υπάρχει μια ουσία - χρωστική δέκτης του φωτός (ενέργειας) που να διεγείρει στη συνέχεια την αντίστοιχη φυσιολογική διεργασία. Μελέτες με τη βλάστηση των σπόρων, την ανθοφορία, τους τροπισμούς κ.α. απέδειξαν ότι η χρωστική ουσία που χρησιμεύει ως δέκτης του φωτισμού στο φυτό και είναι υπεύθυνη για τις διάφορες φωτομορφογενέσεις είναι το φυτόχρωμα. (Λόλας, 2004)

Είναι ένας βιολογικός καταλύτης που ελέγχει τις αντιδράσεις των φυτών στους διαφορετικούς ιστούς τους. Για παράδειγμα, η επιμήκυνση των μίσχων και η αύξηση φύλλων φαίνονται να ελέγχονται από το φυτόχρωμα. Τα ώριμα μήλα γίνονται κόκκινα στο φως μήκους κύματος 660 nm. Το φως προκαλεί την παραγωγή της κόκκινης ανθοκυάνης, η οποία είναι χρωστική ουσία. Το ίδιο κόκκινο φως που βοηθά στη βλάστηση των σπόρων, μπορεί και να ελέγχει την παραγωγή της ανθοκυάνης σε εγκαταστάσεις σποροφύτων.

Η βλάστηση επίσης ελέγχεται από την έκθεση στην ακτινοβολία που γίνεται τελευταία φορά. Εάν οι σπόροι εκτίθενται τελευταία φορά σε ερυθρό φως, τότε βελτιώνεται η βλάστηση. Εάν η τελευταία ακτινοβολία είναι υπέρυθη, η βλάστηση σταματά, ανεξάρτητα από τον αριθμό των κύκλων της ερυθρής και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. (Hanan, 1998).

Μέχρι σήμερα δεν έχει αποδειχθεί ότι το φυτόχρωμα προκαλεί τις μορφογενέσεις μέσω δράσης του στις φυτοορμόνες αλλά ανεξάρτητα από αυτές.

Το φυτόχρωμα είναι υπεύθυνο και ρυθμίζει πολλές μορφογενετικές λειτουργίες στο φυτό όπως:

1. Βλάστηση σπόρων,
2. Φωτοπεριοδισμό,
3. Αναδίπλωση και αύξηση του φύλλου,
4. Άνοιγμα υποκοτύλης και αγκίστρου,
5. Επιμήκυνση μεσογονατίων,
6. Σχηματισμό ανθοκυανίνης,
7. Βιολογικοί ρυθμοί,

8. Λήθαργος βλαστικών οφθαλμών,
9. Καταβολισμός αυξίνης,
10. Υποκίνηση ανθοφορίας,
11. Σχηματισμός ριζωμάτων,
12. Σύνθεση χλωροφύλλης - καροτενοειδών,
13. Σχηματισμός χλωροπλαστών και
14. Νυκτοναστίες κ.α. (Λόλας, 2004).

Το φυτόχρωμα είναι μια κυανωπή φυκοβιλίνη, υδατοδιαλυτή χρωμοπρωτεΐνη (χρωστική η οποία περιέχει πρωτεΐνη ως συστατικό στο μόριο της μαζί με τη χρωστική, το χρωμοφόρο) που συναντάται σε πολύ μικρές ποσότητες σε όλα σχεδόν τα αυτότροφα φυτά (φύκη, βρυόφυτα, γυμνόσπερμα, αγγειόσπερμα). Με βάση το φάσμα απορρόφησης του φωτός και τη βιολογική δράση το μόριο του φυτοχρώματος υπάρχει σε δύο λειτουργικές μορφές. Μία είναι η μορφή  $P_r$ , βιολογικά ανενεργή και μέγιστο απορρόφησης στην περιοχή του ερυθρού (σε 660 nm) και άλλη είναι η βιολογικά ενεργή (δραστική) μορφή  $P_{fr}$  με μέγιστο απορρόφησης στο υπέρυθρο (στα 730nm). (Λόλας, 2004).

Οι δυο αυτές μορφές, η  $P_r$  και  $P_{fr}$ , αφού απορροφήσουν αντίστοιχα στο ερυθρό (660 nm) και στο υπέρυθρο (730 nm) φως, μετατρέπονται σε  $P_{fr}$  και  $P_r$  αντίστοιχα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μορφή  $P_{fr}$  μπορεί επίσης να μετατραπεί βαθμιαία σε  $P_r$  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  $P_{fr}$  του φυτοχρώματος σε μορφή  $P_r$ . Η διαδικασία της μετατροπής του φυτοχρώματος σε από τη μορφή  $P_{fr}$  σε μορφή  $P_r$  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  $P_r$  του φυτοχρώματος που σχηματίζεται τελικά μέχρι να αρχίσει η φωτεινή περίοδος. (Σάββας, 2003)

Μετατροπή του  $P_{fr}$  σε  $P_r$  στο σκοτάδι δεν παρατηρείται στα μονοκοτυλήδωνα και στις 10 οικογένειες της τάξης Caryophyllales.



Στα ανώτερα φυτά φυτόχρωμα ανιχνεύθηκε στις ρίζες, κολεοπίλες, βλαστούς, κοτυληδόνες, μίσχους, φύλλα, βλαστοφόρους και ανθοφόρους οφθαλμούς, σπόρους και καρπούς.

Γενικά, το φυτόχρωμα βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα μεριστώματα βλαστού και ρίζας καθώς και σε παρεγχυματικά κύτταρα στην κολεοπίλη. Στο επίπεδο του κυττάρου δεν είναι ακόμα γνωστό εάν εντοπίζεται στο κυττόπλασμα, τα μιτοχόνδρια, τον πυρήνα ή τις μεμβράνες. (Λόλας, 2004).

### Μηχανισμός δράσης του φυτοχρώματος

Ακόμα και σήμερα δεν είναι γνωστό πως το φυτόχρωμα αφού «συλλάβει» την ενέργεια του φωτός βάζει σε κίνηση τις φυσιολογίες διεργασίες για το τελικό αποτέλεσμα της βιολογικής δράσης, δηλαδή της μορφογένεσης του φυτού. Πριν από χρόνια προτάθηκαν δύο θεωρίες. 1) Διαφορική ενεργοποίηση γονιδίων και 2) Διαπερατότητα μεμβρανών. Και οι δύο θεωρίες έχουν αδύνατα σημεία και καμιά μόνη της δεν εξηγεί ικανοποιητικά το μηχανισμό δράσης του φυτοχρώματος. Βέβαιο είναι ότι με την απορρόφηση ερυθρής ακτινοβολίας από το χρωμοφόρο του  $P_r$  προκαλείται στερεοχημική αλλαγή (από cis σε trans) στο χρωμοφόρο το οποίο επιφέρει στη συνέχεια διάφορες αλλαγές και στο πρωτεϊνικό μέρος και προκύπτει η ενεργή μορφή  $P_{fr}$ . Φωτισμός του  $P_{fr}$  με υπέρυθρο δρα αντίστροφα και επαναφέρει τη μορφή  $P_r$ . (Λόλας, 2004).

Το σύνολο των μορίων του φυτοχρώματος είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μορφών, δηλαδή:

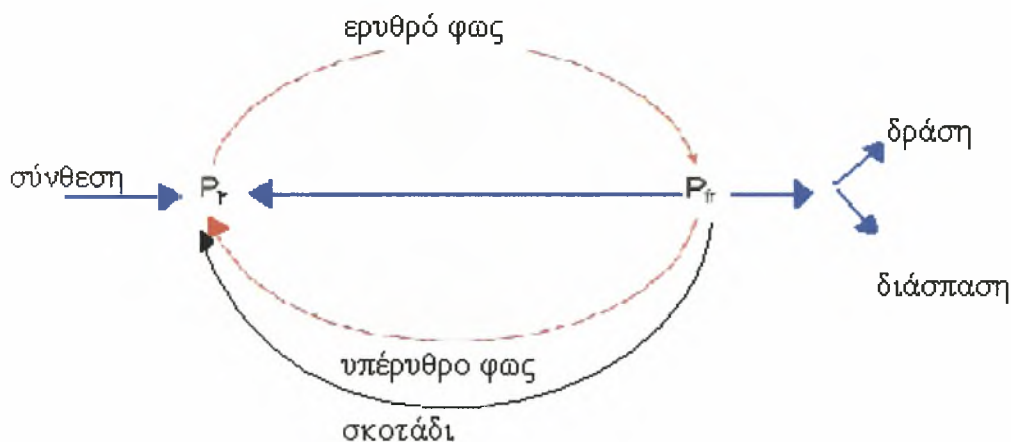
$$P_{ολ} = P_r + P_{fr}$$

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

$$\varphi = P_{fr} / P_{ολ}$$

Η φωτοϊσορροπία αυτή επιτυγχάνεται επειδή το ερυθρό φως απορροφάται και από τις δυο μορφές (Σχήμα 2), όμως μεγαλύτερο βαθμό από την  $P_r$  μορφή του

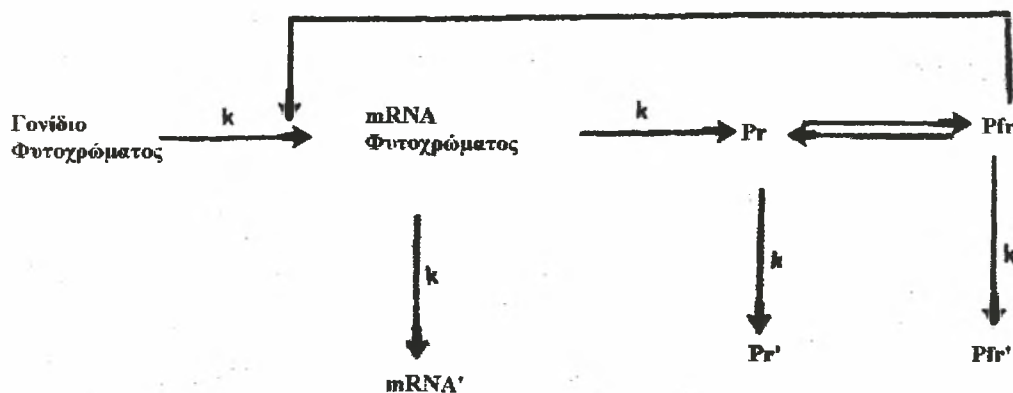
φυτοχρώματος και λιγότερο από την  $P_{fr}$ . Η αναλογία απορρόφησης καθορίζει την τιμή του  $\phi$ , η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0,81. Αυτό σημαίνει ότι, σε μια συγκεκριμένη στιγμή και για ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, 81% του ολικού φυτοχρώματος βρίσκεται στη μορφή  $P_{fr}$  και το υπόλοιπο 19% στη μορφή  $P_r$ . Συνεπώς η μετατροπή όλων των μορίων της μορφής  $P_r$  σε  $P_{fr}$  δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί. Ο λόγος  $\phi$  μειώνεται κατακόρυφα όταν το μήκος κύματος γίνει μεγαλύτερο ή ίσο με 700 – 730 nm. Το ισοζύγιο στην προκειμένη περίπτωση φτάνει στη τιμή 0,02 που σημαίνει ότι μόνο το 2% του συνολικού φυτοχρώματος βρίσκεται στη μορφή  $P_{fr}$ . Πράγματι, σ' αυτό το μήκος κύματος απορροφά ελάχιστα η μορφή  $P_r$ , ενώ κατ' αποκλειστικότητα η μορφή  $P_{fr}$  μετατρέπεται σε  $P_r$ . Συνεπώς, στην ολική ποσότητα του φυτοχρώματος θα κυριαρχεί η μορφή  $P_r$ , ενώ θα υπάρχει ελάχιστη  $P_{fr}$ . (Καράταγλης, 1999).



**Σχήμα 2:** Οι γνωστές μετατροπές του φυτοχρώματος. (Μαυρογιαννόπουλος, 2005).

Αν και συχνά γίνεται χρήση του απλού συστήματος των φωτοαλληλομεταστρέψιμων μορφών του φυτοχρώματος ( $P_r$  και  $P_{fr}$ ), 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  $\rightarrow P_r$ , mRNA  $\rightarrow$  mRNA',  $P_r \rightarrow P_r'$ ,

$P_{fr} \rightarrow P_r$ , 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  $P_r$  σε  $P_{fr}$  και δεν είναι οι ίδιες βιοχημικές διεργασίες  $P_r \rightarrow P_{fr}$  και  $P_{fr} \rightarrow P_r$  ( Σχήμα 3 ). Όλες αυτές οι αντιδράσεις όχι μόνο πραγματοποιούνται ανεξάρτητα, αλλά επίσης επηρεάζονται από τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία (Hanan, 1998).



Σχήμα 3: Το σύστημα του φυτοχρώματος.

## ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης ενός φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης θερμοκηπίου, το οποίο τροποποιεί το λόγο R:FR της ακτινοβολίας που δέχονται τα φυτά στη ριζοβολία, στην ανάπτυξη σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς.

Το πείραμα έλαβε χώρα στην περιοχή του Βελεστίνου Βόλου του Νομού Μαγνησίας όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Μετρήθηκαν χαρακτηριστικά ανάπτυξης, όπως το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, η φυλλική επιφάνεια, αλλά και θρέψης των φυτών όπως το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών καθώς και κλιματικές παράμετροι, όπως θερμοκρασία, υγρασία και ακτινοβολία. Οι μετρήσεις έγιναν σε σπορόφυτα τομάτας και πιπεριάς, ύστερα από έκθεσή τους για 639 βαθμομέρες για τη τομάτα και για 641 βαθμομέρες για τη πιπεριά, σε φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης χρώματος μπλε με τις διάφορες μεταχειρίσεις του κάτω από αυτό και σε απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 1. Περιγραφή θερμοκηπίου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Βελεστίνου Βόλου του Νομού Μαγνησίας όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

Το θερμοκήπιο στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα ήταν τροποποιημένο τοξωτό απλό με επιφάνεια 300 m<sup>2</sup>. Το υλικό του σκελετού ήταν γαλβανισμένος χάλυβας. Το έδαφος του θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό. Το θερμοκήπιο ήταν καλυμμένο με γυαλί στο πλάϊ και με πολυαιθυλένιο στην οροφή.

Για τον αερισμό του θερμοκηπίου χρησιμοποιήθηκαν 2 πλαϊνά παράθυρα με διαστάσεις 1 m × 15 m. Τα παράθυρα άνοιγαν όταν η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου έφτανε τους 21°C και είχαν το μέγιστο άνοιγμα όταν η θερμοκρασία έφτανε τους 28 °C.

Στο εσωτερικό του προαναφερθέντος θερμοκηπίου τοποθετήθηκε τοξωτός θάλαμος (Εικόνα 10) ο οποίος ήταν κατασκευασμένος με σκελετό από σίδηρο διαστάσεων 3 m<sup>2</sup> (μήκος 3m και πλάτος 1m). Ο τοξωτός θάλαμος είχε κάλυψη από φωτοεκλεκτικό υλικό πολυαιθυλενίου, χρώματος μπλε. Για καλύτερο αερισμό του τοξωτού θαλάμου ήταν υπερυψωμένος 10 cm.



**Εικόνα 10:** Ο τοξωτός θάλαμος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που είχαν τα φυτά, δηλαδή λίπανση και άρδευση, ήταν ίδιες για όλα τα φυτά.

Η θέρμανση ήταν επιδαπέδια και ίδια για όλες τις μεταχειρίσεις.

## 2. Εγκατάσταση των φυτών

Η τοποθέτηση των φυτοδοχείων κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό και στο χώρο του θερμοκηπίου, μέσα στα οποία είχαν σπαρθεί τα φυτά, έγινε στις 16/10/06. Τα φυτά παρέμειναν στους χώρους αυτούς για 63 ημέρες μέχρι δηλαδή τις 18/12/06. Χρησιμοποιήθηκαν 80 σπόροι τομάτας υβριδίου Ben Hur F.1 και 80 σπόροι πιπεριάς υβριδίου Quadro Jumbo Giallo F.1.

Οι σπόροι φυτεύτηκαν σε 160 γλαστράκια διαμέτρου 10 cm τα οποία περιείχαν μίγμα τύρφης : περλίτη = 2:1. Στη συνέχεια οι σπόροι καλύφθηκαν με λίγη τύρφη και ποτίστηκαν. Έπειτα, 40 απ' αυτά τα γλαστράκια με σπόρους τομάτας και 40 με σπόρους πιπεριάς τοποθετήθηκαν κάτω από ένα τοξωτό θάλαμο. Ως μάρτυρας (Εικόνα 11) του πειράματος θεωρήθηκε το περιβάλλον του θερμοκηπίου, όπου τοποθετήθηκαν και εκεί 40 γλαστράκια με σπόρους τομάτας και 40 με σπόρους πιπεριάς.



**Εικόνα 11.** Τα φυτά μάρτυρες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Ως βαθμομέρα γενικά ορίζεται το μέγεθος που εκφράζει την αθροιστική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτή αποτελεί το μέτρο της ποσότητας και της διάρκειας όπου η θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο, το οποίο είναι γνωστό ως βασική θερμοκρασία (<http> 5).

Οι βαθμομέρες που διήρησε το πείραμα, από τη στιγμή όμως του φυτρώματος των σπόρων είναι 639 για τα σπορόφυτα τομάτας και 641 για τα σπορόφυτα πιπεριάς. Ο συνδυασμός των ημερών που παρέμειναν τα φυτά κάτω από τα δυο υλικά κάλυψης μας οδηγούν στη δημιουργία έξι διαφορετικών μεταχειρίσεων οι οποίες είναι:

- 3 ΦΥ: τα φυτά αυτά έμειναν στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης για 3 ημέρες, από τη στιγμή της εμφάνισης του βλαστιδίου και τις υπόλοιπες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου,
- 7 ΦΥ: τα φυτά αυτά έμειναν στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης για 7 ημέρες, από τη στιγμή της εμφάνισης του βλαστιδίου και τις υπόλοιπες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου,
- 15 ΦΥ: τα φυτά τομάτας που έμειναν για 15 ημέρες στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, από τη στιγμή της εμφάνισης του βλαστιδίου και τις υπόλοιπες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου,
- 17 ΦΥ: τα φυτά πιπεριάς που έμειναν για 17 ημέρες στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, από τη στιγμή της εμφάνισης του βλαστιδίου και τις υπόλοιπες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου,

- 30 ΦΥ: τα φυτά αυτά έμειναν για 30 ημέρες στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης, από τη στιγμή της εμφάνισης του βλαστιδίου και τις υπόλοιπες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου,
- ΦΥ: τα φυτά αυτά έμειναν όλες τις μέρες κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης,
- ΜΑΡ: τα φυτά αυτά έμειναν όλες τις μέρες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου – φυτά μάρτυρες.

### 3. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο αφού τα φυτά είχαν συμπληρώσει τις απαιτούμενες βαθμομημέρες.

Μετρήθηκαν τα εξής:

1. Το συνολικό ύψος των σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς.
2. Το χλωρό βάρος των φύλλων και του βλαστού του κάθε σποροφύτου τομάτας και πιπεριάς.  
Η μέτρηση του χλωρού βάρους έγινε με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας στο εργαστήριο.
3. Το ξηρό βάρος των φύλλων και του βλαστού του κάθε σποροφύτου τομάτας και πιπεριάς.  
Η μέτρηση του ξηρού βάρους έγινε στο εργαστήριο αφού τα φυτά τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105 °C και μετρήθηκε το βάρος τους με ζυγό ακριβείας .
4. Οι διαστάσεις των φύλλων και η φυλλική επιφάνεια του κάθε φύλλου ξεχωριστά.  
Από όλα τα φύλλα των φυτών, μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος τους (σε cm) καθώς και η φυλλική τους επιφάνεια (cm<sup>2</sup> ). Η φυλλική επιφάνεια με τη χρήση συσκευής σάρωσης (scanner).
5. Αριθμός φύλλων.



#### 4. Κλιματικές μετρήσεις

Στο εσωτερικό του θερμοκηπίου μετρήθηκαν κάθε 30 δευτερόλεπτα:

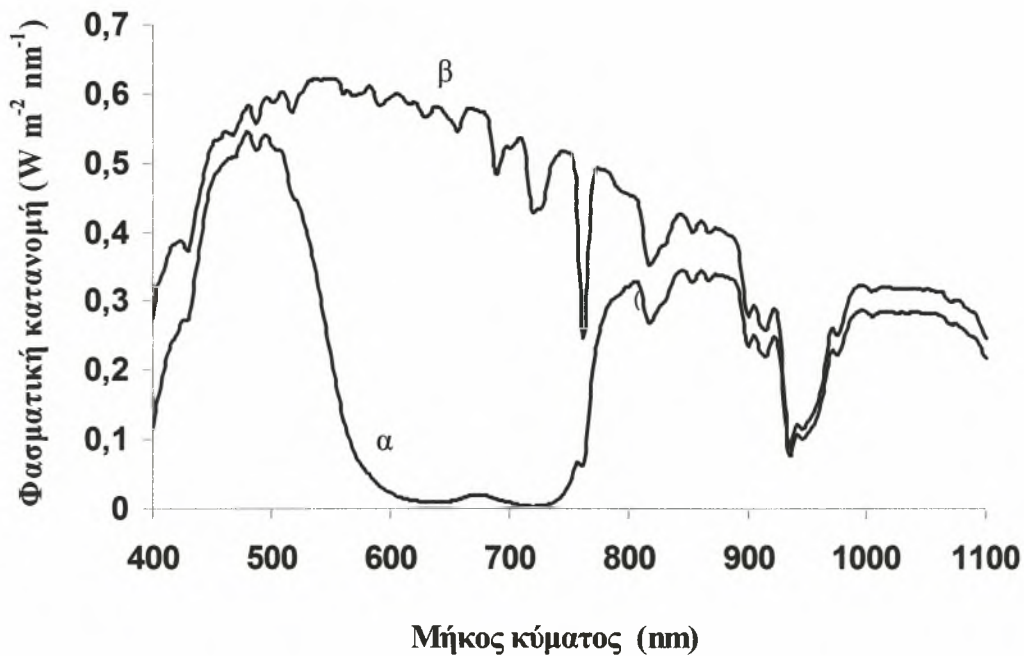
- Η θερμοκρασία ( $T_o$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα ( $D_o$ , kPa) με αεριζόμενο ψυχρόμετρο τύπου Assam (τύπος VP1, Delta-T Devices, Cambridge, UK).
- Η ακτινοβολία πάνω ( $G$ ,  $\text{W m}^{-2}$ ) και κάτω ( $G$ ,  $\text{W m}^{-2}$ ) από την καλλιέργεια με πυρανόμετρα (τύπος CM-6B, Kipp and Zonen, Delf, the Netherlands).

Η μέση τιμή των παραπάνω μεταβλητών καταγράφονταν κάθε 10 λεπτά από σύστημα συλλογής και καταγραφής δεδομένων (DL 3000, Delta-T Devices, Cambridge, UK).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 1. Οπτικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Η φασματική κατανομή ( $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ) του φωτός κάτω από το υλικό κάλυψης και στο περιβάλλον του θερμοκηπίου διέφερε σημαντικά όπως προέκυψε από εργαστηριακές μετρήσεις των υλικών και φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. φασματική κατανομή του φωτός α)φωτοεκλεκτικού υλικού που τροποποιεί τον λόγο R/FR, και β)απλού φύλλου πολυαιθυλενίου.

Στο σχήμα 4 παρατηρούμε ότι το φωτοεκλεκτικό υλικό το οποίο τροποποιεί το λόγο R/FR απορροφά έντονα στα μήκη κύματος 600 – 750 nm. Δηλαδή εμποδίζει τη διέλευση αυτών των μηκών κύματος, ώστε να μην φτάσει στα φυτά αυτή η ακτινοβολία. Με τη βοήθεια των παραπάνω μετρήσεων υπολογίστηκαν οι λόγοι  $\zeta = R/FR$  (655 – 665 / 725 – 735 nm) και B/R (500 / 600 nm), οι τιμές των οποίων φαίνονται στο Πίνακα 5.

Ο λόγος R/FR για το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης βρέθηκε αρκετά υψηλότερη τιμή, όταν υπολογίστηκε για συγκεκριμένες τιμές στο ερυθρό και στο υπέρυθρο φάσμα (660-730 nm). Αυξημένη ήταν και η τιμή του λόγου B/R στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης σε σχέση με το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

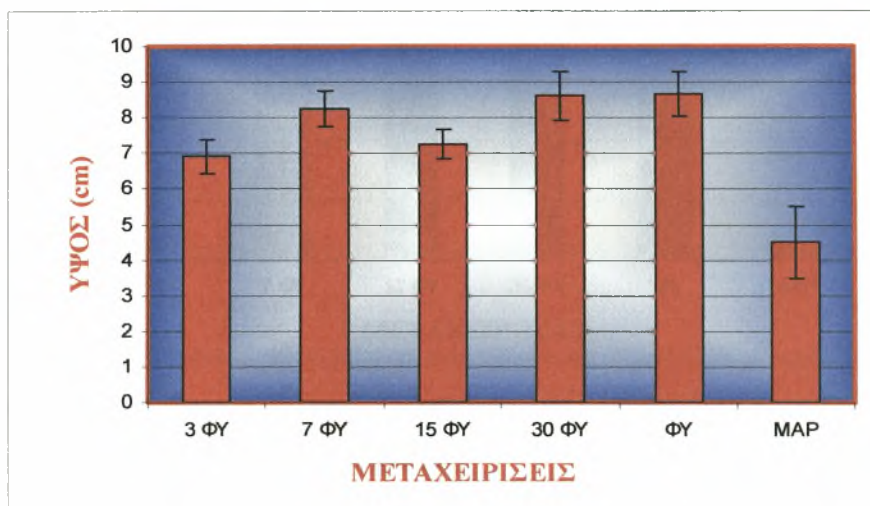
**Πίνακας 5.** Εκτιμώμενοι λόγοι  $\zeta=R/FR$  (655-665/725-735 nm) και B/R (500/600 nm) των δυο υλικών κάλυψης.

Υλικό	$\zeta$ (655-665/725-735 nm)	B/R (400-500/600-700 nm)
Φωτοεκλεκτικό	3,072	28,964
Απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	1,263	0,843

Όπως φαίνεται από το παραπάνω πίνακα 5, το έγχρωμο φωτοεκλεκτικό υλικό έχει τριπλάσιο λόγο  $\zeta$ , το οποίο σημαίνει ότι απορροφά τρεις φορές περισσότερο στο ερυθρό. Η απορρόφηση στο μπλε είναι πολύ μεγαλύτερη.

## 2. Ύψος σποροφύτων

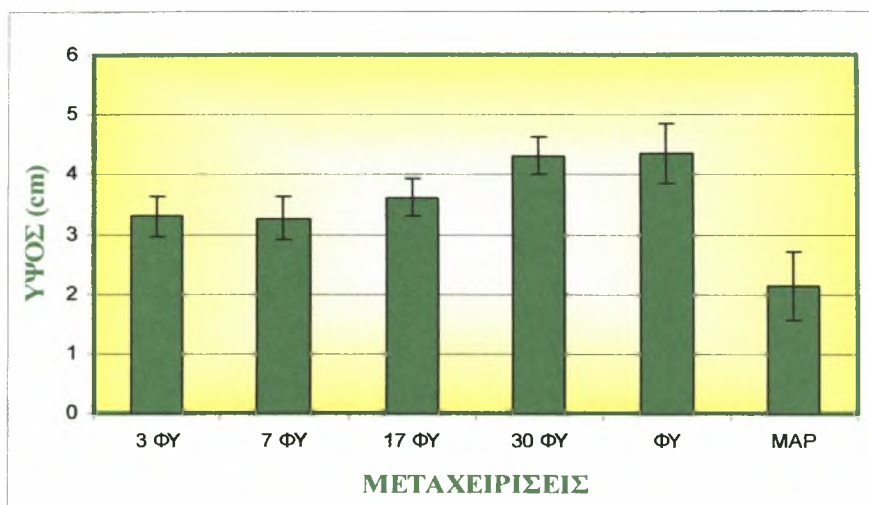
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο μέσος όρος του ύψους (cm) σποροφύτων τομάτας.



**Σχήμα 5.** Μέσος όρος του ύψους των σποροφύτων τομάτας ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Από το Σχήμα 5 βλέπουμε ότι κατά μέσο όρο το μεγαλύτερο ύψος είχαν τα φυτά που παρέμειναν όλες τις μέρες κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό, δηλαδή η ΦΥ μεταχείριση, με τιμή 8,66 cm και τυπική απόκλιση  $\pm 0,63$ . Το μικρότερο ύψος είχαν τα φυτά που παρέμειναν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, η ΜΑΡ μεταχείριση με τιμή 4,51 cm και τυπική απόκλιση  $\pm 1,02$ . Το ύψος των μεταχειρίσεων 7 ΦΥ, 30 ΦΥ και ΦΥ δεν έχει σημαντική στατιστική διαφορά. Τέλος, σημαντική διαφορά παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 15 ΦΥ σε σχέση με την μεταχείριση ΜΑΡ.

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του ύψους (cm) σποροφύτων πιπεριάς.



**Σχήμα 6.** Μέσος όρος του ύψους των σποροφύτων πιπεριάς ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 6 παρατηρούμε το μεγαλύτερο ύψος κατά μέσο όρο, 4,35 cm είχαν τα φυτά της μεταχείρισης ΦΥ (με τυπική απόκλιση  $\pm 0,5$ ), της μεταχείρισης δηλαδή που ήταν όλες τις μέρες κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό, με πολύ μικρή όμως διαφορά από την μεταχείριση 30 ΦΥ. Το μικρότερο μέσο όρο ύψους όμως είχαν τα φυτά που ήταν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου δηλαδή, η μεταχείριση ΜΑΡ με ύψος 2,14 cm και τυπική απόκλιση  $\pm 0,6$ . Επίσης ανάμεσα στις μεταχειρίσεις 3 ΦΥ, 7 ΦΥ και 17 ΦΥ δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ύψος τους.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα των σχημάτων 5 και 6 παρατηρούμε ότι όσα φυτά παρέμειναν στο φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης για όλο και περισσότερες ημέρες έγιναν όλο και πιο ψηλά. Αυτό παρατηρείται καλύτερα στα σπορόφυτα της πιπεριάς όπου φαίνεται να υπάρχει μια ομοιόμορφη αύξηση στο ύψος των φυτών τα οποία επηρεάστηκαν από την παραμονή τους στο φωτοεκλεκτικό υλικό. Η εκχλοίωση φαίνεται να οφείλεται για τα παραπάνω αποτελέσματα. Το φωτοεκλεκτικό υλικό εμπόδιζε την είσοδο αρκετού φωτός ώστε τα φυτά να αυξηθούν κανονικά, με αποτέλεσμα τα φυτά να εκχλοιωθούν και να παρουσιάσουν μεγαλύτερο ύψος από τα φυτά μάρτυρες.

Αντίθετα με τα παραπάνω αποτελέσματα και σύμφωνα με μελέτες που έγιναν, φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης ήταν αποτελεσματικά στη μείωση της επιμήκυνσης του βλαστού και στη παραγωγή νάνων σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς αντικαθιστώντας τη χρήση χημικών ρυθμιστών αύξησης. Κάποια μήκη κύματος από το φάσμα φωτός μπορούν να επηρεάσουν την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού. Τα φυτά αντιδρούν στην μπλε ακτινοβολία μεταβάλλοντας την αύξησή τους. Η ένταση του μπλε φωτός είναι αυτή η οποία μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο το ύψος των φυτών αλλά και την ποιότητά τους. ([http 4](http://4)).

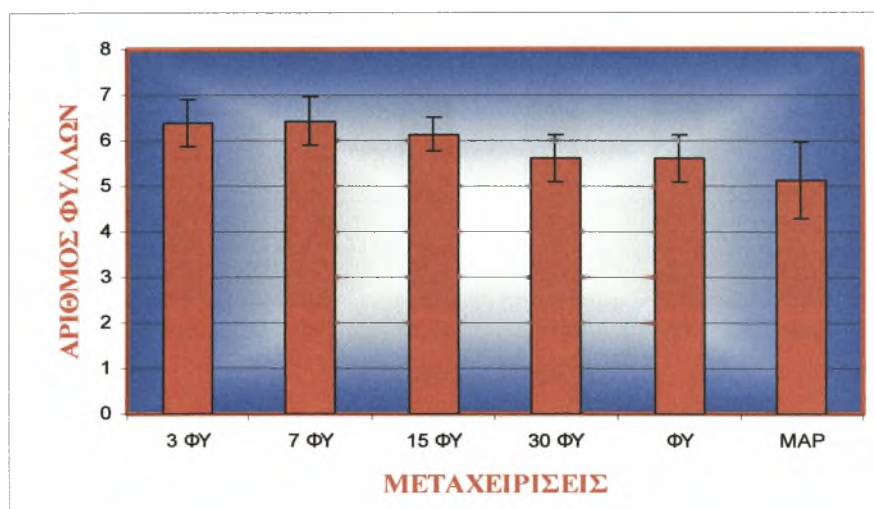
Έτσι με τη χρήση αυτών των υλικών παράχθηκαν κοντύτερα φυτά σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Η μείωση του ύψους των φυτών της πιπεριάς φάνηκε από τις πρώτες πέντε ημέρες έκθεσής τους στο φωτοεκλεκτικό υλικό, ενώ για τη τομάτα από τις πρώτες δέκα ημέρες. Η έκθεση των φυτών στο φωτοεκλεκτικό υλικό προκάλεσε κοντύτερο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων με αποτέλεσμα και το μήκος των φυτών να είναι μικρότερο σε σχέση με τα φυτά μάρτυρας. (Rajapakse, Li, 2004).

Σε πειράματα που έγιναν σε φυτά κυκλάμινου με την έκθεση φυτών σε φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης τα φυτά είχαν μικρότερο ύψος συγκριτικά με φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. (Mascarini et al).

Σύμφωνα με τους Lykas et al (2006) φυτά γαρδένιας βρέθηκαν κοντύτερα κατά 68% ύστερα από έκθεσή τους σε φωτοεκλεκτικό υλικό κατά τη ριζοβολία τους. Σπορόφυτα αναπτυσσόμενα στο φωτοεκλεκτικό υλικό είχαν λιγότερο ύψος κατά 59% συγκρινόμενα με φυτά τα οποία αναπτύχθηκαν σε απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

### 3. Αριθμός φύλλων και φυλλική επιφάνεια σποροφύτων

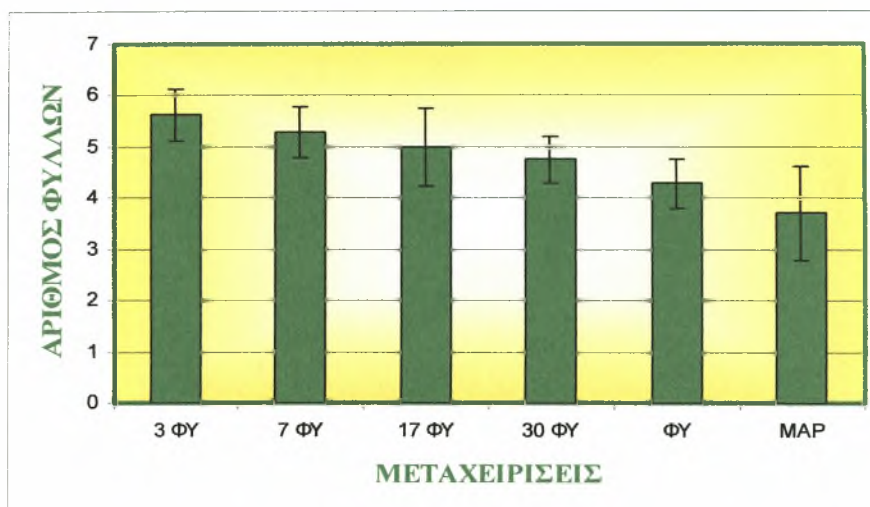
Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του αριθμού των φύλλων σποροφύτων τομάτας.



Σχήμα 7. Μέσος όρος του αριθμού των φύλλων της τομάτας ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα τα φυτά τα μεταχείρισης 3 ΦΥ και τα φυτά της μεταχείρισης 7 ΦΥ έχουν σχεδόν τον ίδιο μέσο όρο αριθμού φύλλων, 6,4, και καθόλου στατιστική διαφορά με τα φυτά της μεταχείρισης 15 ΦΥ. Οι τυπικές τους αποκλίσεις είναι  $\pm 0,51$  και  $\pm 0,53$  αντίστοιχα για τις μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ. Το μικρότερο μέσο όρο 5,12 φαίνεται να έχουν τα σπορόφυτα που αναπτύχθηκαν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου (ΜΑΡ). Από το παραπάνω σχήμα δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στον μέσο όρο του αριθμού των φύλλων και κυμαίνεται από 5,13 έως 6,43.

Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του αριθμού των φύλλων σποροφύτων πιπεριάς.



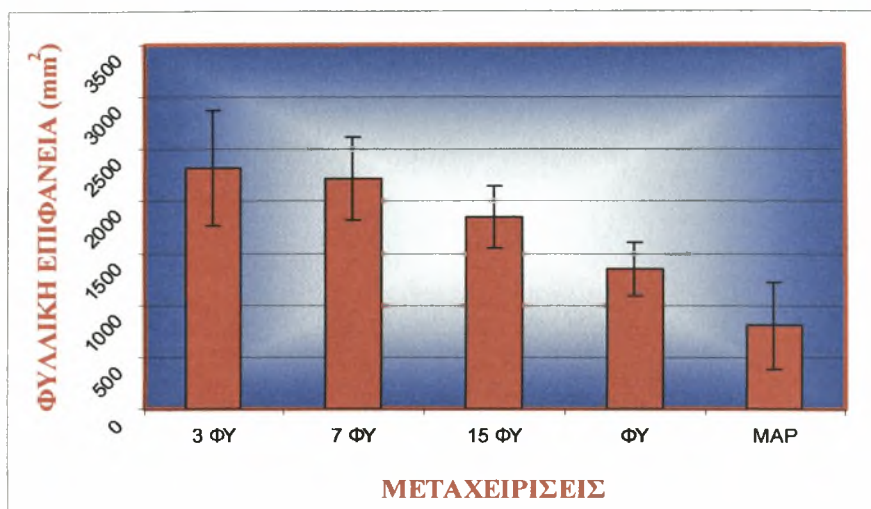
**Σχήμα 8.** Μέσος όρος του αριθμού των φύλλων των σποροφύτων πιπεριάς ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι τα περισσότερα φύλλα είχαν τα σπορόφυτα της μεταχείρισης 3 ΦΥ με μέσο όρο 5,63 και τυπική απόκλιση  $\pm 0,52$ , ακολουθούμενα από την μεταχείριση 7 ΦΥ. Τον μικρότερο αριθμό φύλλων είχαν τα φυτά της μεταχείρισης ΜΑΡ με όχι σημαντική διαφορά από την μεταχείριση ΦΥ των οποίων ο μέσος όρος είναι 3,71 και 4,29 αντίστοιχα. Γενικά δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά τον αριθμό των φύλλων για τις μεταχειρίσεις 3 ΦΥ, 7 ΦΥ, 17 ΦΥ και 30 ΦΥ.

Από τα παραπάνω δυο σχήματα 7 και 8 όπου φαίνεται ο μέσος όρος των αριθμών των φύλλων για όλες τις μεταχειρίσεις. Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των φύλλων όσων σποροφύτων αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό μειώνεται με την αύξηση των ημερών που παρέμειναν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό. Αυτό ίσως να οφείλεται στον μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης που παρουσίασαν τα σπορόφυτα αυτά.



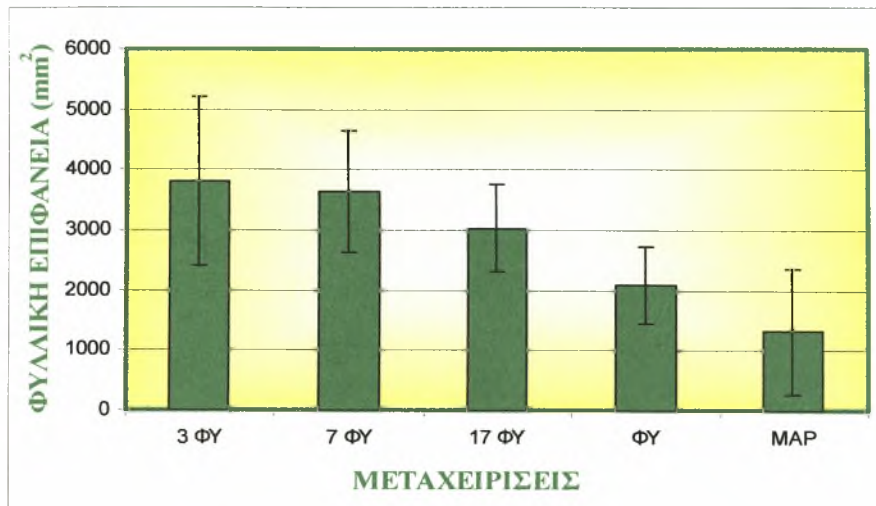
Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 9) παρουσιάζεται η φυλλική επιφάνεια ( $\text{mm}^2$ ) σποροφύτων τομάτας.



**Σχήμα 9.** Μέσος όρος της συνολικής φυλλικής επιφάνειας σποροφύτων τομάτας ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 9 παρατηρούμε ότι η μεταχείριση 3 ΦΥ αν και έχει ελαφρώς μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια από την ομάδα 7 ΦΥ, ωστόσο δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά. Ο μέσος όρος της φυλλικής τους επιφάνειας είναι  $2.321 \text{ mm}^2$  για τη μεταχείριση 3 ΦΥ και  $2.216 \text{ mm}^2$  για την 7 ΦΥ. Αντίθετα, στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ σε σχέση με την μεταχείριση ΜΑΡ, η οποία έχει και το μικρότερο μέσο όρο φυλλικής επιφάνειας.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται η φυλλική επιφάνεια ( $\text{mm}^2$ ) σποροφύτων πιπεριάς.



**Σχήμα 10.** Μέσος όρος της συνολικής φυλλικής επιφάνειας των σποροφύτων πιπεριάς ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 10 παραπάνω βλέπουμε ότι την υψηλότερη τιμή στη φυλλική επιφάνεια παρουσιάζει η μεταχείριση 3 ΦΥ με μέσο όρο  $3.808 \text{ mm}^2$  η οποία ακολουθείται με μικρή διαφορά από την μεταχείριση 7 ΦΥ με  $3.637 \text{ mm}^2$ . Την μικρότερη φυλλική επιφάνεια φαίνεται να έχει η μεταχείριση φυτών τα οποία αναπτύχθηκαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, δηλαδή ΜΑΡ.

Σύμφωνα με τα σχήματα 9 και 10 παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος της φυλλικής επιφάνειας παρουσιάζει σταδιακή μείωση για όλες τις μεταχειρίσεις. Φυτά τα οποία δέχτηκαν την επίδραση του φωτοεκλεκτικού υλικού για λίγες ημέρες και συμπλήρωσαν την ανάπτυξή τους στο απλό φύλλο πολυαιθυλενίου φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, φαίνεται δηλαδή ότι η ποιότητα του φωτός έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα, έρευνα η οποία έγινε από τους Rajapakse και Li (2004) σε αγγούρι, πιπεριά και τομάτα, η φυλλική επιφάνεια του αγγουριού και της πιπεριάς τα οποία αναπτύχθηκαν κάτω από φωτοεκλεκτικό υλικό δεν επηρεάστηκε στο σύνολό της. Αντίθετα, η συνολική φυλλική επιφάνεια της

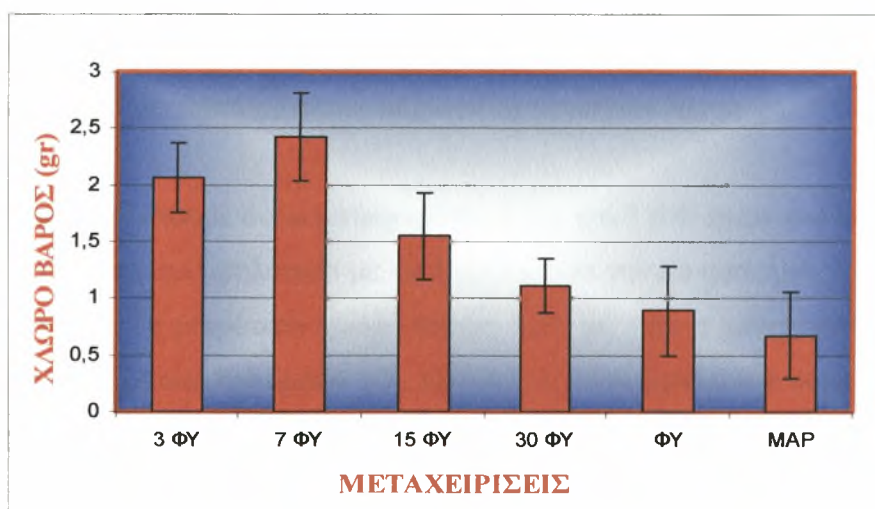
τομάτας ήταν χαμηλότερη συγκρινόμενη με τα φυτά μάρτυρες τα οποία αναπτύχθηκαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

Σε πείραμα που έγινε σε φυτά χρυσάνθεμου με τη χρήση μπλε φωτοεκλεκτικού υλικού ως εναλλακτικός τρόπος για μείωση της αύξησης των φυτών, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη λιγότερων φύλλων και μικρότερη φυλλική επιφάνεια. (Oyaert et al, 1999).

Επίσης στο πείραμα με την γαρδένια βρέθηκε ότι τα φυτά που ριζοβόλησαν στο φύλλο πολυαιθυλενίου είχαν 21% λιγότερη φυλλική επιφάνεια από ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. (Lykas et al, 2006).

#### 4. Χλωρό και ξηρό βάρος σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς

Στο παρακάτω σχήμα 11 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του χλωρού βάρους (gr) σποροφύτων τομάτας.

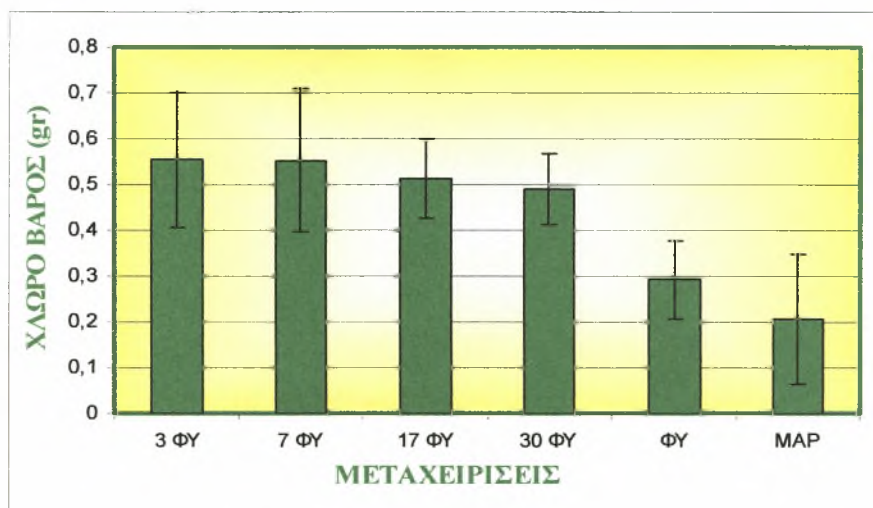


**Σχήμα 11.** Μέσος όρος του συνολικού χλωρού βάρους σποροφύτων τομάτας ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 11 βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο χλωρό βάρος παρουσιάζει η μεταχείριση των 7 ΦΥ με μέσο όρο 2,42 gr, τυπική απόκλιση  $\pm 0,39$  και το μικρότερο η μεταχείριση MAP με 0,67 gr και τυπική απόκλιση  $\pm 0,38$ . Επίσης από το Σχήμα 11 προκύπτει ότι το χλωρό βάρος της μεταχείρισης MAP διαφέρει σημαντικά

και με την μεταχείριση 3 ΦΥ, αλλά δεν έχει μεγάλη διαφορά με το χλωρό βάρος της μεταχείρισης ΦΥ και της μεταχείρισης 30 ΦΥ. Τέλος, φαίνεται ότι οι μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ δεν διαφέρουν σημαντικά.

Στο σχήμα 12 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του συνολικού χλωρού βάρους (gr) σποροφύτων πιπεριάς.

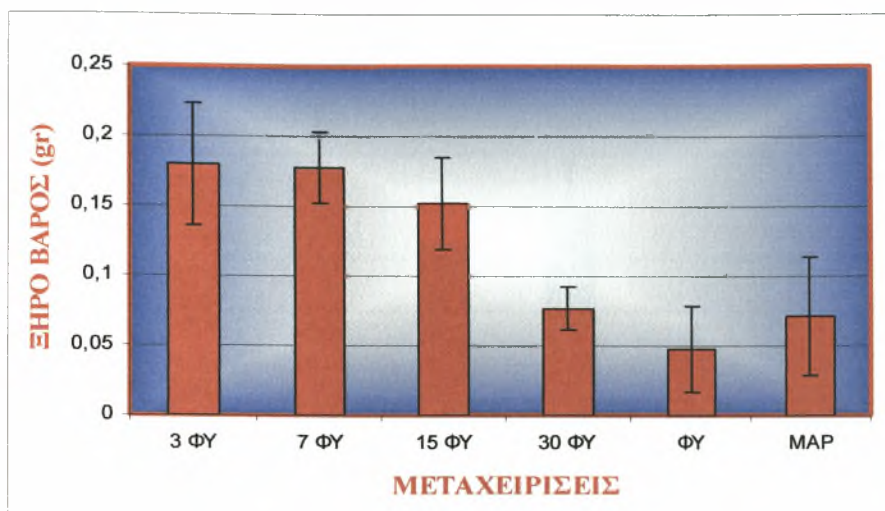


**Σχήμα 12.** Μέσος όρος του συνολικού χλωρού βάρους των σποροφύτων πιπεριάς ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 12 βλέπουμε ότι οι μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ έχουν το ίδιο μέσο όρο χλωρού βάρους και το υψηλότερο με τιμή 0,55 gr και τυπική απόκλιση  $\pm 0,15$  και  $\pm 0,16$  αντίστοιχα. Το μικρότερο χλωρό βάρος, 0,21 gr, έχει η μεταχείριση ΜΑΡ, η οποία ακολουθείται από την ομάδα ΦΥ. Κάπου στη μέση βρίσκονται οι μεταχειρίσεις 17 ΦΥ και 30 ΦΥ με μικρή διαφορά μεταξύ τους.

Παρατηρώντας τα σχήματα 11 και 12 βλέπουμε ότι ο μέσος όρος του χλωρού βάρους είναι μεγαλύτερος στις μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ, τις μεταχειρίσεις δηλαδή τα σπορόφυτα των οποίων παρέμειναν στο φωτοεκλεκτικό υλικό τις λιγότερες ημέρες απ' ότι οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Το χλωρό βάρος φυσικά είναι αποτέλεσμα της φυλλικής επιφάνειας και αυτό γιατί φυτά με μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια φωτοσυνθέτουν περισσότερο.

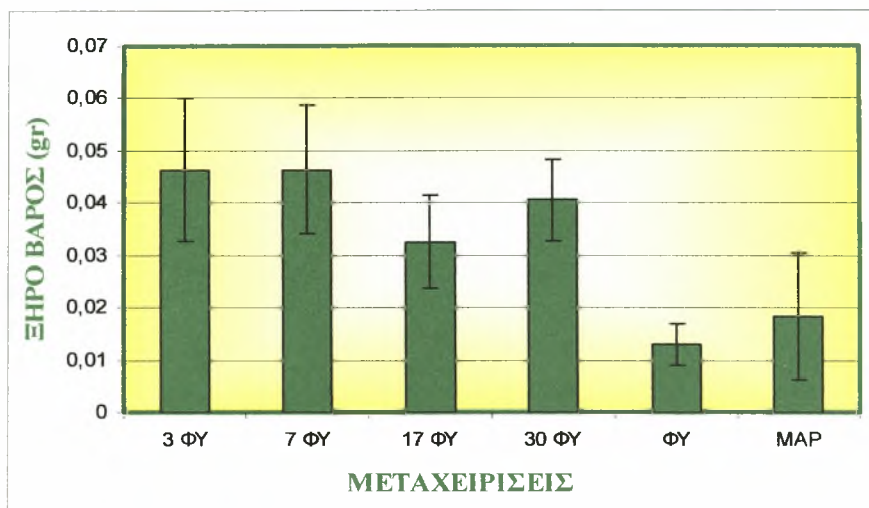
Στο Σχήμα 13 φαίνεται ο μέσος όρος του συνολικού ξηρού βάρους (gr) σποροφύτων τομάτας.



**Σχήμα 13.** Μέσος όρος του συνολικού ξηρού βάρους τομάτας ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο Σχήμα 13 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ξηρό βάρος, 0,18 gr, έχουν τα φυτά της μεταχείρισης 3 ΦΥ, με δεύτερο τα φυτά της μεταχείρισης 7 ΦΥ με πολύ μικρή στατιστική διαφορά, και να τους ακολουθεί η μεταχείριση 15 ΦΥ. Το μικρότερο χλωρό βάρος φαίνεται να έχει η ομάδα ΦΥ με μέσο όρο 0,05 gr και τυπική απόκλιση  $\pm 0,03$ , που την ακολουθούν οι μεταχειρίσεις 30 ΦΥ και ΜΑΡ με μικρή στατιστική διαφορά μεταξύ τους.

Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του συνολικού ξηρού βάρους σποροφύτων πιπεριάς.



**Σχήμα 14.** Μέσος όρος του συνολικού ξηρού βάρους των σποροφύτων πιπεριάς ανά μεταχείριση. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν τη τυπική απόκλιση.

Στο παραπάνω σχήμα (14) φαίνεται ότι τον υψηλότερο μέσο όρο ξηρού βάρους παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ με τιμή 0,05 gr και τυπική απόκλιση  $\pm 0,14$  και  $\pm 0,12$  αντίστοιχα. Το μικρότερο ξηρό βάρος παρουσιάζει η μεταχείριση ΦΥ με μέσο όρο 0,013 gr και τυπική απόκλιση  $\pm 0,004$ , η οποία ακολουθείται από την μεταχείριση ΜΑΡ. Η διαφορά στο ξηρό βάρος των μεταχειρίσεων ΦΥ και ΜΑΡ δεν είναι σημαντική. Επίσης οι μεταχειρίσεις 3 ΦΥ και 7 ΦΥ δεν έχουν σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος με την μεταχείριση 30 ΦΥ.

Σχετικά με το μέσο όρο του ξηρού βάρους των σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς παρατηρούμε από τα σχήματα 13 και 14 ότι είναι αποτέλεσμα του χλωρού βάρους και σχετίζεται και αυτό με τη φυλλική επιφάνεια και ποιότητα φωτός.

Αντίθετα με τα παραπάνω αποτελέσματα και σύμφωνα με τη μελέτη των Rajapakse και Li (2004), το συνολικό ξηρό και χλωρό βάρος, δηλαδή το ξηρό και χλωρό βάρος του βλαστού και των φύλλων των σποροφύτων πιπεριάς και τομάτας τα οποία μεγάλωσαν κάτω από θαλάμους με φωτοεκλεκτικό υλικό ήταν μικρότερο απ' ό,τι τα φυτά τα οποία μεγάλωσαν κάτω από το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Το ίδιο ισχύει

και σε πειράματα που έγιναν σε χρυσάνθεμο (Oyaert et al, 1999) και γαρδένια (Lykas et al, 2006).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η διερεύνηση της επίδρασης ενός φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης στην ανάπτυξη σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς. Έτσι συγκρίθηκαν σπορόφυτα τα οποία αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης με τις διάφορες μεταχειρίσεις του και φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Η διάρκεια του πειράματος ήταν 63 ημέρες. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, μετά το τέλος του πειραματικού μέρους της εργασίας μετρήθηκαν το ύψος των σποροφύτων, ο αριθμός των φύλλων, η φυλλική επιφάνεια και το χλωρό και ξηρό βάρος των σποροφύτων τομάτας και πιπεριάς.

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι ο μέσος όρος του ύψους των φυτών που αναπτύχθηκαν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό ήταν μεγαλύτερος σε σύγκριση με τα φυτά μάρτυρες. Επίσης παρατηρήθηκε ότι όσο αυξανόντουσαν οι ημέρες που τα φυτά παρέμειναν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό, αυξανόταν και το ύψος των σποροφύτων. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στην εκχλοίωση που παρουσίασαν τα φυτά λόγω της έλλειψης αρκετού φωτός για την κανονική αύξηση και ανάπτυξη των σποροφύτων.

Η ποιότητα του φωτός φαίνεται να είναι εκείνη η οποία επηρεάζει τον μέσο όρο του αριθμού των φύλλων και της φυλλικής επιφάνειας. Παρατηρήθηκε δηλαδή ότι τα φυτά των μεταχειρίσεων με τις λιγότερες ημέρες έκθεσης στο φωτοεκλεκτικό υλικό είχαν μεγαλύτερο μέσο όρο αριθμού φύλλων και φυλλικής επιφάνειας.

Σχετικά με το μέσο όρο του χλωρού και του ξηρού βάρους τα οποία είναι επακόλουθα της ποιότητας του φωτός και της φυλλικής επιφάνειας η οποία όσο μεγαλύτερη είναι τόσο περισσότερη είναι και η φωτοσύνθεση, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά με τη μικρότερη έκθεση στην ακτινοβολία του φωτοεκλεκτικού υλικού κάλυψης είχαν μεγαλύτερο και χλωρό και ξηρό βάρος.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι σημαντικό ρόλο δεν παίζει μόνο το υλικό κάλυψης αλλά και η διάρκεια που ένα φυτό αναπτύσσεται κάτω από αυτό, δηλαδή το ποσό της ακτινοβολίας που ένα φυτό μπορεί να δεχτεί κάτω από το συγκεκριμένο υλικό. Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι το φωτοεκλεκτικό υλικό θα έπρεπε να επιτρέπει την διέλευση περισσότερου φωτός, αφού από τα παραπάνω αποτελέσματα του πειράματος φάνηκε ότι το υλικό μείωνε τη ποσότητα του φωτός που έφτανε στα φύλλα με αποτέλεσμα τα σπορόφυτα να εμφάνισαν εκχλοίωση.



Τέλος σύμφωνα με τα παραπάνω σχήματα τα φυτά που έμειναν κάτω από το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης και οι διάφορες μεταχειρίσεις, εφόσον έχουν μεγαλύτερο κατά μέσο όρο ύψος από τα φυτά που έμειναν στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, δηλαδή στο απλό φύλλο πολυαιθυλενίου, για όλη τη διάρκεια του πειράματος, αλλά η φυλλική επιφάνεια, ο αριθμός των φύλλων και το χλωρό και το ξηρό βάρος ήταν ικανοποιητικά, δηλαδή δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την εκγλοίωση διαπιστώνεται ότι θα ήταν έτοιμα για εκμετάλλευση, για πώληση και μεταφύτευση πολύ νωρίτερα. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων, χώρου, ενέργειας και κόπου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανώνυμος, 2002. Περιοδικό Γεωργία – Κτηνοτροφία τεύχος 6.
- http 1: <http://web.auth.gr/agroppsepeaeak/iliko/circle3/Traka.pdf>.
- http 2: <http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html>.
- http 3:  
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>.
- http 4: [http://www.clovis.co.uk/horticultural/polyethene\\_film\\_facts.htm](http://www.clovis.co.uk/horticultural/polyethene_film_facts.htm).
- http5: [http://www.mif.uni-freiburg.de/matzarakis/papers/Heatdegree\\_6hellenic.pdf](http://www.mif.uni-freiburg.de/matzarakis/papers/Heatdegree_6hellenic.pdf).
- http 6: [http://www.minagric.gr/greek/agro\\_pol/tomates.htm](http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/tomates.htm).
- http 7: [http://www.minagric.gr/greek/agro\\_pol/piperies.htm](http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/piperies.htm).
- Ciufolini Ciro. Λαχανοκομία – Κηπευτική. Γενική και Ειδική. Εκδόσεις Ψυχάλου.
- Benton Jones, Jr., 1999. Tomato plant culture. In the field. Greenhouse and Home Garden. By CRC Press LLC.
- Ολύμπιος Χ. Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.
- Καράταγλης Σ., 1992. Φυσιολογία φυτών. Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη.

- Boodley, J., W., 1998. *The Commercial Greenhouse*. 2<sup>nd</sup> Edition. Delmar Publishers. USA.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γ., Ν., 2005. *Θερμοκήπια*. Έκδοση δ', βελτιωμένη. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Hanan, J., J., 1998. *Greenhouses, Advanced Technology for Protected Horticulture*. CRC Press, USA.
- Rajapakse, N., C., and Li, S., 2004. Exclusion of far red light by photosensitive greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. *Acta Horticulture (ISHS)*, 631: 193 – 199.
- Mascarini L., Mascarini A., Goldberg M., Landini A., Ordeu S., Vilella F. Effect of greenhouse shading materials on the foliar area and flowering of two cyclamen persicum hybrids.
- Lykas, CH., Petsani. D., Kittas, C. and Papafotiou, M. 2006. Effect of red to far red light filtering plastic film on growth of gardenia (*Gardenia jasminoides*). *Acta Horticulture (ISHS)*, 711: 399 – 404.
- Oyaert E., Volckaert E., Debergh P., C., 1999. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulture*, 79: 195 – 205.
- Λόλας Π. Χ., 2004. *Φυσιολογία φυτού*. Σημειώσεις. Βόλος.
- Σάββας, Δ., 2003. *Γενική Ανθοκομία*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- William G. Hopkins, 1995. *Introduction to plant physiology*. By John Wiley & Sons, Inc. Canada.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097442