

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ  
ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΛΑΣΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ  
ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ**

**ΒΟΛΟΣ 1999**



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

Αριθ. Εισ.: 1068/1

Ημερ. Εισ.: 07-10-2003

Δωρεά: \_\_\_\_\_

Ταξιδιοτικός Κωδικός: ΠΤ ΓΦΖΠ

1999

ΠΑΠ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070330

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΛΑΣΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ  
ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

Εξεταστική επιτροπή : Κ. Κίτας, Καθηγητής  
Θ. Γέμτος, Αν. Καθηγητής  
Γ. Νάνος, Επ. Καθηγητής

**ΒΟΛΟΣ 1999**

Στους γονείς μου, Γεώργιο και Γεωργία,  
για την ηθική και υλική συμπαράσταση που μου  
παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Κο Κωνσταντίνο Κίττα Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο καθώς και για την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθόλη την διάρκεια της πραγματοποίησης της παρούσας διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Κο Θεοφάνη Γέμτο Αναπληρωτή Καθηγητή Γεωργικής Μηχανολογίας και τον Κο Γεώργιο Νάνο, Επίκουρο Καθηγητή Δενδροκομίας του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Ευχαριστώ επίσης τους Δρ. Παναγιώτη Γιαγλάρα, Συνεργάτη και κ. Χρήστο Λύκα, Υποψήφιο Διδάκτορα, του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη βοήθειά τους στην εκπόνηση του πειραματικού μέρους και στην διαμόρφωση της διατριβής.

Σημαντική ήταν επίσης και η συμπαράσταση όλων των συνεργατών του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, τους οποίους και ευχαριστώ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |            |
|---|------------|
| <b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....  | <b>iv</b>  |
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....  | <b>v</b>   |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....   | <b>vii</b> |
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>ΜΕΡΟΣ Ι : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>   |            |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ</b> .....  | <b>3</b>   |
| 1.1. Η σημασία των θερμοκηπιακών καλλιεργειών και της ρύθμισης περιβάλλοντος θερμοκηπίου .....  | 3          |
| 1.2. Η σημασία των υδροπονικών καλλιεργειών.....  | 3          |
| 1.3. Η σημασία της καλλιέργειας τριανταφυλλιάς .....  | 4          |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ</b> .....   | <b>5</b>   |
| 2.1. Γενικά περί ρύθμισης περιβάλλοντος.....  | 5          |
| 2.2. Τα επίπεδα ρύθμισης του περιβάλλοντος.....   | 5          |
| 2.3. Σύγχρονες τάσεις και εξελίξεις .....   | 6          |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ</b> .....      | <b>8</b>   |
| 3.1. Φυτό και περιβάλλον.....   | 8          |
| 3.2. Επίδραση των παραγόντων περιβάλλοντος στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς.....   | 9          |
| 3.2.1. Επίδραση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.....   | 9          |
| 3.2.2. Επίδραση της θερμοκρασίας .....  | 9          |
| 3.2.3. Επίδραση της σχετικής υγρασίας του αέρα.....   | 10         |
| 3.2.4. Επίδραση της περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα του αέρα. ....   | 10         |
| 3.2.5. Έμμεση επίδραση του κλίματος του θερμοκηπίου στον ρυθμό ανάπτυξης της τριανταφυλλιάς από την ανάπτυξη και δράση εχθρών και ασθενειών. .... | 10         |
| 3.2.5.1. Εχθροί.....  | 10         |
| 3.2.5.2. Ασθένειες.....   | 11         |
| 3.3. Μέθοδοι διερεύνησης σχέσεων φυτού – περιβάλλοντος .....  | 12         |
| 3.4. Μοντέλα προσομοίωσης της επίδρασης των παραγόντων περιβάλλοντος στο ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών τριανταφυλλιάς.....                          | 12         |
| 3.4.1. Τα μοντέλα αύξησης κατά βάρος (growth).....  | 13         |
| 3.4.2. Τα μοντέλα ανάπτυξης (development).....  | 13         |
| 3.4.3. Μέθοδοι ποσοτικής περιγραφής προσομοίωσης της ανάπτυξης.....   | 14         |
| 3.4.4. Μοντέλα ανάπτυξης καλλιέργειας τριανταφυλλιάς.....   | 15         |

## ΜΕΡΟΣ II : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>   | <b>18</b> |
| 4.1. Γενική περιγραφή.....   | 18        |
| 4.2. Το θερμοκήπιο .....   | 18        |
| 4.2.1. Κατασκευαστικά στοιχεία.....  | 18        |
| 4.2.2. Συστήματα μείωσης της θερμοκρασίας .....  | 18        |
| 4.3. Το υδροπονικό σύστημα στο θερμοκήπιο .....  | 19        |
| 4.3.1. Περιγραφή υδροπονικού συστήματος.....   | 19        |
| 4.3.2. Υπόστρωμα ανάπτυξης .....   | 20        |
| 4.3.3. Θρεπτικό διάλυμα .....  | 21        |
| 4.4. Η καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς .....  | 21        |
| 4.4.1. Η ποικιλία και τα χαρακτηριστικά της.....   | 21        |
| 4.4.2. Διάταξη φυτών στο χώρο .....  | 22        |
| 4.4.3. Καλλιεργητικές φροντίδες.....   | 22        |
| 4.4.3.1. Κλάδεμα.....  | 22        |
| 4.4.3.2. Αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών. ....   | 24        |
| 4.5. Μετρήσεις.....  | 24        |
| 4.5.1. Βιολογικές μετρήσεις.....   | 24        |
| 4.5.1.1. Τυχαιοποίηση.....   | 24        |
| 4.5.1.2. Μετρήσεις διάρκειας φάσεων .....  | 24        |
| 4.5.2. Κλιματικές μετρήσεις.....   | 27        |
| 4.6. Επεξεργασία μετρήσεων.....  | 27        |
| 4.7. Στατιστική ανάλυση .....  | 28        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>29</b> |
| 5.1. Θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου την περίοδο των παρατηρήσεων ..... | 29        |
| 5.2. Διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών.....   | 29        |
| 5.3. Σχέση διάρκειας ανάπτυξης και θερμοκρασίας .....                                      | 30        |
| <b>ΜΕΡΟΣ III : ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ</b>                                    |           |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....</b>                               | <b>31</b> |
| 6.1. Συνθήκες ανάπτυξης.....   | 32        |
| 6.2. Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη.....  | 32        |
| 6.3. Προοπτικές.....   | 32        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>   | <b>34</b> |

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Ελλάδα βρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη. Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερα θερμοκήπια επιλέγουν τη χρησιμοποίηση υδροπονικών συστημάτων, κυρίως για την αποφυγή ασθενειών που μεταδίδονται από το έδαφος.

Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας έχει ξεκινήσει εδώ και τρία χρόνια έρευνα με θέμα την ορθολογική διαχείριση του περιβάλλοντος σε υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς. Ένας από τους κυριότερους άξονες αυτής της έρευνας είναι και η ανάπτυξη μαθηματικών προσομοιωμάτων (μοντέλα) που να περιγράφουν τις σχέσεις περιβάλλον ↔ παραγωγή. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται τόσο για το στρατηγικό σχεδιασμό της μεθόδου διαχείρισης του περιβάλλοντος όσο και για την καθημερινή καθοδήγηση των συστημάτων κλιματισμού των θερμοκηπίων.

Μέσα σε αυτά τα πλαίσια πραγματοποιήθηκε αυτή η εργασία στην οποία μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό ανάπτυξης βλαστών υδροπονικής καλλιέργειας τριανταφυλλιάς (cv. First Red) σε περλίτη, κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού του 1999, σε γυάλινο θερμοκήπιο, στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο Μαγνησίας.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας αέρα και ρυθμού ανάπτυξης, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την βαθμονόμηση ενός μαθηματικού προσομοιώματος που υπολογίζει τον ρυθμό ανάπτυξης ή την διάρκεια ανάπτυξης βλαστών συναρτήσει της θερμοκρασίας. Το μοντέλο αυτό βαθμονομήθηκε για περιοχές θερμοκρασιών από 15 έως 25 °C.

Το βαθμονομημένο προσομοίωμα επαληθεύτηκε πειραματικά για θερμοκρασίες 25 °C και πάνω, με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όμως, για την πρακτική εφαρμογή του μαθηματικού προσομοιώματος στις συνθήκες της χώρας, συνιστάται η εξακρίβωσή του σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών που συναντώνται στα ελληνικά θερμοκήπια, δηλαδή από 10 έως 35 °C.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια δρεπτών ανθέων στα θερμοκήπια με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού ρύθμισης του περιβάλλοντος, παρέχει τη δυνατότητα καλύτερου προγραμματισμού της καλλιέργειας καθώς και τη δυνατότητα πρόβλεψης του όγκου και της ποιότητας παραγωγής, με απώτερο σκοπό την οικονομική ωφέλεια του παραγωγού. Η παραγωγή ανθέων είναι στενά εξαρτημένη από τους κλιματικούς παράγοντες που επικρατούν μέσα στο θερμοκήπιο. Η θερμοκρασία του αέρα και η ηλιακή ακτινοβολία έχουν δείξει να επηρεάζουν το μέγεθος ή το βάρος του φυτού (αύξηση) καθώς και τα διάφορα βλαστικά στάδια του φυτού (ανάπτυξη) (Pasian και Lieth, 1994).

Μελετώντας την επίδραση των κλιματικών παραγόντων στην αύξηση (growth) και ανάπτυξη (development) των φυτών τριανταφυλλιάς, μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα ανάπτυξης με κύριο στόχο τη βελτίωση του χρονικού προγραμματισμού της παραγωγής. Γνωρίζοντας δηλαδή το χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη του φυτού κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, ο παραγωγός μπορεί να ρυθμίσει το χρονικό διάστημα στο οποίο θέλει να πάρει τον κύριο όγκο παραγωγής (π.χ ημέρες εορτών) και να υπολογίσει το κόστος της ρύθμισης του κλίματος.

Προς αυτή την κατεύθυνση, δηλαδή του βέλτιστου χρονικού προγραμματισμού μέσω κλιματικών επεμβάσεων, έχουν πραγματοποιηθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες σημαντικός αριθμός εργασιών (Douglas *et al.*, 1994, μοντέλο Rosesim; Berninger, 1993; Pasian και Lieth, 1994; Morisot, 1995).

Δεδομένης όμως της εξέλιξης των καλλιεργητικών τεχνικών και του γενετικού υλικού καθώς και των πολλαπλών συνδυασμών των κλιματικών συνθηκών, επιβάλλεται η συνέχιση της έρευνας σε αυτό το αντικείμενο, με απώτερο στόχο την ανάπτυξη όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστων μαθηματικών προσομοιωμάτων. Αυτός είναι εξάλλου και ο στόχος της παρούσας εργασίας, κατά τη διάρκεια της οποίας μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των βλαστών υδροπονικής καλλιέργειας τριανταφυλλιάς. Συγκεκριμένα ερευνήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα στο ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών και βαθμονομήθηκε ένα μαθηματικό προσομοίωμα για τον ακριβή υπολογισμό του ρυθμού ανάπτυξης ή της διάρκειας ανάπτυξης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του αέρα.

Η εργασία έχει χωριστεί σε τρία μέρη: Μέρος I, βιβλιογραφική ανασκόπηση, μέρος II, πειραματικό μέρος και μέρος III, συμπεράσματα - συζήτηση -προοπτικές. Στο πρώτο μέρος γίνεται μια σύντομη αναφορά στη βιβλιογραφία σχετικά με τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, την υδροπονία, τον έλεγχο του κλίματος και τα μοντέλα προσομοίωσης. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας καθώς και τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν. Τέλος στο τρίτο μέρος αφού αναλυθούν και συζητηθούν τα συμπεράσματα του πειραματικού μέρους γίνεται μια συζήτηση στις προοπτικές συνέχισης της εργασίας.

**ΜΕΡΟΣ Ι**  
**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

**ΜΕΡΟΣ Ι**  
**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ

### 1.1. Η σημασία των θερμοκηπιακών καλλιεργειών και της ρύθμισης περιβάλλοντος θερμοκηπίου

Ο κλάδος των θερμοκηπίων στην Ελλάδα αποτελεί έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της γεωργίας. Τα παραγόμενα θερμοκηπιακά προϊόντα, λαχανοκομικά και ανθοκομικά, συμμετέχουν κατά 3% περίπου στο σύνολο της ακαθάριστης αξίας της φυτικής παραγωγής, ενώ η έκταση στην οποία καλλιεργούνται αποτελεί το 0,1% του γεωργικού εδάφους. Η αξία των παραγόμενων ανθοκομικών σε θερμοκήπια αποτελεί το 40% της συνολικής αξίας των ανθοκομικών προϊόντων, ενώ η καλλιεργούμενη έκταση αποτελεί το 30% του συνόλου (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Γενικά η ανάπτυξη των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων:

- Παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης στην ύπαιθρο, πληθυσμού που έχει στην κατοχή του μικρές εκτάσεις εδάφους.
- Αυξάνει την απασχόληση, γιατί πρόκειται για εντατικές καλλιέργειες που αξιοποιούν πολλά εργατικά χέρια ανά μονάδα έκτασης.
- Συντελεί στην αύξηση των Ελληνικών εξαγωγών γεωργικών προϊόντων σε χώρες της Β. Ευρώπης.
- Δίνει διέξοδο στον εκσυγχρονισμό της Ελληνικής γεωργίας.

Η καλλιέργεια των δρεπτών ανθέων στο θερμοκήπιο πολλές φορές επιβάλλεται από το γεγονός ότι τα φυτά δεν αναπτύσσονται σε φυσικές συνθήκες. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, τα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται γιατί παρέχουν τη δυνατότητα ελέγχου του περιβάλλοντος των φυτών και καλύτερου προγραμματισμού της παραγωγής. Ειδικότερα με την ρύθμιση του περιβάλλοντος η παραγωγή μπορεί:

- Να αυξηθεί ποσοτικά.
- Να προγραμματισθεί χρονικά, ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν.
- Να βελτιωθεί ποιοτικά.

### 1.2. Η σημασία των υδροπονικών καλλιεργειών

Ο όρος υδροπονία (ή ανέδαφος καλλιέργεια) χαρακτηρίζει τις μεθόδους καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους. Συχνά χρησιμοποιούνται και οι όροι καλλιέργεια σε υπόστρωμα, καλλιέργεια εκτός εδάφους και καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα.

Η καλλιέργεια των δρεπτόν ανθέων στην Ελλάδα γίνεται σχεδόν στο σύνολο των θερμοκηπίων στο έδαφος. Οι σύγχρονες τάσεις της αειφορικής γεωργίας και η ανάγκη περιορισμού των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο περιβάλλον, οδηγούν όλο και περισσότερους παραγωγούς στην υιοθέτηση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας.

Την τελευταία δεκαετία, παρατηρείται μεγάλη εξάπλωση των υδροπονικών καλλιεργειών ανά τον κόσμο με πρωτοπόρους το Βέλγιο, την Ολλανδία, τη Γαλλία και την Ισπανία. Στις μεσογειακές χώρες, το ενδιαφέρον για τις υδροπονικές καλλιέργειες αυξάνεται συνεχώς. Η μειωμένη γονιμότητα των εδαφών, οι ασθένειες που προέρχονται από τα παθογόνα εδάφους, η αύξηση της αλατότητας των εδαφών

και η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων, μέσω καλύτερου ελέγχου της παραγωγής με εισαγωγή τεχνολογικά προηγμένων νεωτερισμών, είναι μερικοί από τους λόγους που συνηγορούν στο συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την υδροπονία.

Στο μεγαλύτερο μέρος τους οι υδροπονικές καλλιέργειες στην Ελλάδα αφορούν την τομάτα, το αγγούρι και το μαρούλι, στα κηπευτικά και το τριαντάφυλλο και τη ζέρμπερα στα ανθοκομικά. Οι μορφές υδροπονίας που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια είναι:

- καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT).
- καλλιέργεια σε υπόστρωμα πετροβάμβακα (Rockwool Culture) ή περλίτη.

Το βέλτιστο σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας για μια συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος της καλλιέργειας, το κόστος πρώτων υλών και το επίπεδο γνώσεων.

### 1.3. Η σημασία της καλλιέργειας τριανταφυλλιάς

Το τριαντάφυλλο κατέχει την πρώτη θέση των πωλήσεων δρεπτόν ανθέων παγκοσμίως. Η ζήτησή του εκτείνεται σ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Πέρα όμως από αυτό παρατηρούνται αιχμές στην κατανάλωσή του τις μέρες των εορτών.

Οι σημερινές ποικιλίες τριανταφυλλιάς είναι όλες υβρίδια που προήλθαν από διασταυρώσεις επί σειρά ετών μεταξύ διαφόρων ειδών από τα οποία κυριότερα είναι τα *Rosa gallica* και *Rosa chinensis*. Εντατικά προγράμματα βελτίωσης οδήγησαν στην παραγωγή ποικιλιών που ανθίζουν αδιακρίτως εποχής κι έχουν ποικίλα χρώματα, εντυπωσιακό άνθος, υψηλή ποιότητα και μεγάλη παραγωγικότητα.

Μερικές από τις σπουδαιότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι οι εξής: First Red, Madelon, Baccara, Kardinal, Mercedes, Royal Red, Sonia, Arianna, Vivaldi, Candia, Cokteil, Nicole, Lovely Girl, Golden Time, Carte Blanche, Ilona, Belinda, Bingo, Fantasie, Red Success κ.α.

Τα χρώματα ποικίλουν από κόκκινο, άσπρο, ροζ, κίτρινο, πορτοκαλί, μέχρι ιώδες, με τις διάφορες αποχρώσεις τους. Υπάρχουν συγχρόνως και ποικιλίες με δίχρωμα άνθη. Οι προτιμήσεις των καταναλωτών στους διάφορους χρωματισμούς ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.**

### **ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

#### **2.1. Γενικά περί ρύθμισης περιβάλλοντος**

Η ρύθμιση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου αποσκοπεί στη δημιουργία του καλύτερου δυνατού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών αλλά και στη μείωση του κόστους παραγωγής.

Στο χώρο του θερμοκηπίου οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες που επικρατούν εκτός θερμοκηπίου. Η διατήρηση των παραγόντων ανάπτυξης στο βέλτιστο επίπεδο, με βάση το οικονομικό αποτέλεσμα, δεν μπορεί να είναι στατική αλλά δυναμική. Αφού π.χ η απόκριση του φυτού στη θερμοκρασία εξαρτάται και από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μεταβάλλεται με την εξέλιξη του χρόνου, είναι αυτονόητο ότι η επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας δεν μπορεί να είναι μια σταθερή τιμή για όλη την καλλιεργητική περίοδο, αλλά η τιμή αυτή θα μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου.

Σήμερα, τα συστήματα ελέγχου περιβάλλοντος των θερμοκηπίων ρυθμίζουν κυρίως :

α) τη θερμοκρασία, με επεμβάσεις στα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και δροσισμού. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι το στοιχείο που επιδρά περισσότερο στο κόστος παραγωγής των προϊόντων του θερμοκηπίου μέσω της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, εξαερισμό ή και δροσισμό.

β) τη σχετική υγρασία, με επεμβάσεις στο σύστημα δροσισμού με εξάτμιση νερού, εξαερισμού και θέρμανσης.

γ) την περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα του αέρα, με επεμβάσεις στο σύστημα αερισμού και στο σύστημα τροφοδοσίας, με διοξείδιο του άνθρακα.

#### **2.2. Τα επίπεδα ρύθμισης του περιβάλλοντος**

Για να μελετήσουμε την εξέλιξη και τις σύγχρονες τάσεις ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος στο θερμοκήπιο, θα πρέπει αρχικά να διακρίνουμε τρία επίπεδα ελέγχου περιβάλλοντος:

- επίπεδο 0: στοιχειώδης έλεγχος
- επίπεδο 1: αποφυγή αντίξων συνθηκών ανάπτυξης
- επίπεδο 2: επίτευξη βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζει ο παραγωγός.

Στο μηδενικό επίπεδο, τα θερμοκήπια δεν διαθέτουν άλλο εξοπλισμό ελέγχου, εκτός από τα ανοίγματα αερισμού. Σε αυτή τη περίπτωση ο παραγωγός ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες αποφασίζει για τη θέση των παραθύρων, το πρωί και το βράδυ.

Στο πρώτο επίπεδο, η ρύθμιση των παραγόντων περιβάλλοντος γίνεται για την αποφυγή αντίξων συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών και αφορά κυρίως την θερμοκρασία του αέρα και δευτερευόντως την ακτινοβολία και την υγρασία. Αυτή επιτυγχάνεται με επεμβάσεις στα συστήματα θέρμανσης, σκίασης, αερισμού και δροσισμού του θερμοκηπίου. Ειδικότερα η αποφυγή χαμηλών θερμοκρασιών επιτυγχάνεται με επεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης ενώ η αποφυγή των υψηλών θερμοκρασιών κυρίως με επεμβάσεις στο σύστημα αερισμού. Για τον ίδιο σκοπό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συστήματα σκίασης, υδρονέφωσης (fog), ή/και

ομίχλης (mist), τα οποία όμως επηρεάζουν συγχρόνως και την ακτινοβολία και την υγρασία του αέρα.

Αυτού του είδους η ρύθμιση περιβάλλοντος δεν απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό και μπορεί να πραγματοποιηθεί ηλεκτρολογικά με τη χρήση ενός ή περισσότερων θερμοστατών οι οποίοι θα ενεργοποιούν ένα σύστημα ο καθένας. Η παρακολούθηση των συνθηκών πραγματοποιείται με ένα απλό θερμόμετρο μεγίστου-ελαχίστου.

Το τρίτο επίπεδο ρύθμισης είναι πιο πολύπλοκο και η εφαρμογή του συναντάται μόνο σε υψηλής τεχνολογίας και εμπορικής οργάνωσης θερμοκηπιακές επιχειρήσεις. Αυτού του είδους οι επιχειρήσεις λειτουργούν με ένα ετήσιο πρόγραμμα παραγωγής το οποίο βασίζεται σε ήδη καθορισμένες εμπορικές συμφωνίες που αφορούν την ημερομηνία πώλησης, την ποσότητα, την ποιότητα και την τιμή των προϊόντων. Σε αυτή την περίπτωση η ρύθμιση του περιβάλλοντος αποσκοπεί στην επίτευξη αυτών των εμπορικών στόχων με το μικρότερο δυνατό κόστος. Δεδομένου του αυξημένου επιχειρηματικού κινδύνου, αυτές οι επιχειρήσεις στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης της αβεβαιότητας που επιβάλλουν οι εξωτερικές συνθήκες χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό εξοπλισμών ρύθμισης περιβάλλοντος. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων εξοπλισμών αλλά και οι απαιτήσεις για ακριβή έλεγχο και παρακολούθηση των συνθηκών του περιβάλλοντος, αυξάνεται και το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου θερμοκηπίου.

### 2.3. Σύγχρονες τάσεις και εξελίξεις

Η ρύθμιση των παραγόντων του περιβάλλοντος στα θερμοκήπια είναι περίπλοκη, τόσο επειδή υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες συγχρόνως, αλλά και επειδή υπάρχει μια διαρκής αλληλεπίδραση μεταξύ όλων αυτών των παραγόντων. Για το λόγο αυτό, δεν αρκεί η ρύθμιση καθενός από τους παράγοντες του περιβάλλοντος ξεχωριστά σ' ένα συγκεκριμένο άριστο σημείο, αλλά απαιτείται η ρύθμιση κάθε παράγοντα σε συνδυασμό με το επίπεδο όλων των άλλων.

Οι εξελίξεις στο χώρο της μικροηλεκτρονικής και της ψηφιακής τεχνολογίας κατέστησαν τα αυτόματα συστήματα ελέγχου προσιτά στις θερμοκηπιακές επιχειρήσεις με αποτέλεσμα σήμερα να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για τον έλεγχο του περιβάλλοντος.

Τα δεδομένα που συγκεντρώνουν και οι δυνατότητες συνδυασμού των διαφόρων εξοπλισμών που προσφέρουν τα σύγχρονα συστήματα ελέγχου ξεπέρασαν γρήγορα τις ικανότητες συνδυασμού δεδομένων και λήψης αποφάσεων των παραγωγών που τα χρησιμοποιούν. Έτσι βλέπουμε σήμερα συστήματα εξελιγμένης τεχνολογίας να χρησιμοποιούνται ως απλοί θερμοστάτες για να διατηρούν σταθερές συνθήκες από την αρχή μέχρι το τέλος της καλλιέργειας. Η μόνη διαφορά τους είναι ότι μπορούν και συντονίζουν πιο αποτελεσματικά τη λειτουργία των διαφόρων εξοπλισμών.

Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη να μεταφερθεί στα συστήματα ελέγχου ένα μεγάλο μέρος της λήψης αποφάσεων του παραγωγού όσον αφορά το επιθυμητό περιβάλλον. Σήμερα η έρευνα στο χώρο της ρύθμισης περιβάλλοντος των θερμοκηπίων προσβλέπει στην ανάπτυξη συστημάτων στα οποία ο παραγωγός θα εισάγει μόνο τους εμπορικούς στόχους του, π.χ ημερομηνία, ποσότητα, ποιότητα, τιμή και στη συνέχεια τα συστήματα ρύθμισης του περιβάλλοντος θα φροντίζουν να πετύχουν αυτούς τους στόχους ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες που θα επικρατήσουν κατά την περίοδο καλλιέργειας.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η καλύτερη γνώση της ποσοτικής εξάρτησης της ταχύτητας ανάπτυξης των φυτών και της

ποιότητας της παραγωγής από τους παράγοντες του περιβάλλοντος. Αυτό οδήγησε στην ποσοτική μελέτη των σχέσεων φυτό ↔ περιβάλλον και στην ανάπτυξη των μαθηματικών προσομοιωμάτων ή μοντέλων ανάπτυξης των φυτών.

Στην Ελλάδα αν και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο υψηλής τεχνολογίας συστήματα αυτοματισμού, ο έλεγχος κλίματος στο θερμοκήπιο υστερεί σημαντικά λόγω έλλειψης μοντέλων ή ανεπάρκειας των ήδη υπαρχόντων, για τις Ελληνικές συνθήκες.

Μοντέλα όπως αυτά του Berninger, (1994), για την ποικιλία 'Sonia', των Hopper *et al.* (1994), με το μοντέλο Rosesim για την ποικιλία 'Royalty', των Pasian και Lieth (1995), για την ποικιλία 'Cara Mia' και του Morisot (1996), με το μοντέλο P.P. Rose (Potential Production of Roses) για τις ποικιλίες 'Sweet Promise' και 'Jelrocami', δεν έχουν μελετηθεί κάτω από Ελληνικές συνθήκες. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η επαλήθευση των προαναφερθέντων μοντέλων στα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας ή η δημιουργία νέων μοντέλων προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες, αν τα υπάρχοντα αποδειχθούν ακατάλληλα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ

### 3.1. Φυτό και περιβάλλον

Η ανάπτυξη και παραγωγή ενός φυτού εξαρτώνται από το γενετικό δυναμικό και το περιβάλλον μέσα στο οποίο αυτό θα αναπτυχθεί. Μπορούμε να δεχθούμε ότι, η γεωργική παραγωγή είναι η συνισταμένη μιας σειράς διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συνεχή αλληλεπίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος (κλίμα, έδαφος ή υπόστρωμα), πάνω στο γενετικό υλικό των φυτών.

Για ένα συγκεκριμένο γενετικό δυναμικό υπάρχει πάντα ένα βέλτιστο περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στους χαρακτήρες του φυτού που προσδιορίζονται από το γενετικό δυναμικό να αναπτυχθούν στον καλύτερο δυνατό βαθμό. Το βέλτιστο περιβάλλον διαφέρει ανάλογα με το σκοπό της καλλιέργειας.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών στο θερμοκήπιο χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

α) Σε αυτούς που σχετίζονται με τις υπέργειες λειτουργίες του φυτού και είναι κυρίως η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία και η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα του αέρα.

β) Σε αυτούς που σχετίζονται με τις λειτουργίες της ρίζας και είναι κυρίως η θερμοκρασία της ρίζας, το νερό, το οξυγόνο και τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία.

γ) Σε αυτούς που επηρεάζουν την ανάπτυξη των εχθρών και ασθενειών.

Κάτω από συνθήκες βέλτιστης ανόργανης θρέψης, μπορεί κανείς να απλοποιήσει τις φυσιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα φυτό και να δεχθεί ότι η ανάπτυξη εξαρτάται από :

- το ισοζύγιο υδρογονανθράκων. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η ανάπτυξη των φυτών επιτυγχάνεται μόνον αν το ισοζύγιο υδρογονανθράκων είναι θετικό, δηλαδή αν η καθαρή φωτοσύνθεση είναι μεγαλύτερη της αναπνοής.
- την δραστηριότητα των μεριστωμάτων η οποία καθορίζει τον ρυθμό εμφάνισης και ανάπτυξης των ιστών και των οργάνων και
- η αύξηση των κυττάρων, η οποία καθορίζει τον ρυθμό διόγκωσης των ιστών και οργάνων.

Η εξάρτηση της φωτοσύνθεσης από την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία του αέρα και το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα είναι γνωστή. Η θερμοκρασία παίζει επίσης σημαντικό ρόλο και στην αναπνοή (διπλασιασμός κάθε 10 °C) (Amthor, 1989), αλλά και στη δραστηριότητα των μεριστωμάτων. Ο ρυθμός αναπαραγωγής των κυττάρων στα μεριστώματα αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, μέσα στα βιολογικά ανεκτά όρια.

Σημαντικό ρόλο στην αύξηση των κυττάρων, έχει η σχετική υγρασία του αέρα και η ακτινοβολία, οι οποίες καθορίζουν την ελαστικότητά τους.

Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι, κάτω από βέλτιστες συνθήκες ανόργανης θρέψης, οι σημαντικότεροι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού είναι η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα του αέρα.

### 3.2. Επίδραση των παραγόντων περιβάλλοντος στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς

#### 3.2.1. Επίδραση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

Το φως θεωρείται από τους πιο σπουδαίους παράγοντες στην ανάπτυξη της τριανταφυλλιάς στο θερμοκήπιο. Οι τριανταφυλλιές έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε φως υψηλής έντασης που ελέγχει τόσο την ανάπτυξή τους όσο και την παραγωγή τους. Η παραγωγή είναι μεγάλη το καλοκαίρι γιατί επικρατεί υψηλή ένταση φωτός πολλές ώρες την ημέρα. Το αντίθετο συμβαίνει το χειμώνα λόγω της χαμηλής έντασης του φωτός που επιπλέον διαρκεί λίγες ώρες.

Το μήκος της ημέρας και η ακτινοβολία έχουν δείξει να επηρεάζουν την ανάπτυξη των τριαντάφυλλων (Moe, 1972; Carpenter and Anderson, 1972; Carpenter *et al.*, 1972; Armitage and Tsujita, 1979; Van der Berg, 1987), παρόλο που δεν είναι ακριβώς ξεκαθαρισμένο αν η επίδραση οφείλεται σε άμεση δράση της ακτινοβολίας στη φωτοσύνθεση ή σε έμμεση δράση λόγω αύξησης της θερμοκρασίας από την προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Οι τριανταφυλλιές ανέχονται το έντονο ηλιακό φως και μπορούν να καλλιεργηθούν για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου κάτω από φυσική ηλιοφάνεια. Στην χώρα μας, ενδείκνυται η βαθμιαία σκίαση των θερμοκηπίων, από την άνοιξη προς το καλοκαίρι, γιατί η συνολική ένταση του φωτός είναι υπεραρκετή και επιζήμια στην ποιότητα. Η σκίαση αρχίζει συνήθως τον Απρίλιο, αυξάνει τον Ιούνιο-Ιούλιο και απομακρύνεται το Σεπτέμβριο. Με αυτόν τον τρόπο η θερμοκρασία ελαττώνεται, η σχετική υγρασία αυξάνει και τα ανθικά στελέχη γίνονται μακρύτερα με φύλλα σκούρου πράσινου χρώματος.

Συμπληρωματικός φωτισμός με λαμπτήρες υψηλής πίεσης, βρέθηκε να αυξάνει την παραγωγή κατά τη χειμερινή περίοδο μόνο σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (Οικονόμου, 1995). Επιπλέον, ο φωτισμός, συμβάλλει στην έκπτυξη βλαστών από σημεία πλησιέστερα στη βάση των φυτών κατά τον ίδιο τρόπο όπως κι η υψηλή ένταση του ηλιακού φωτός. Το μεγάλο όμως κόστος της εγκατάστασης και λειτουργίας τέτοιων λαμπτήρων καθιστά ανέφικτη, προς το παρόν τουλάχιστον, τη χρησιμοποίηση συμπληρωματικού φωτισμού σε καλλιέργεια τριανταφυλλιάς στην Ελλάδα.

#### 3.2.2. Επίδραση της θερμοκρασίας

Για τη μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στα φυτά στο θερμοκήπιο, συνηθίζεται να γίνεται διάκριση μεταξύ της νυκτερινής και ημερήσιας θερμοκρασίας. Αυτό επιβάλλεται λόγω της διαφορετικής επίδρασης της θερμοκρασίας στην αναπνοή και στη φωτοσύνθεση αλλά και λόγω του διαφορετικού τρόπου ρύθμισης της νυκτερινής (κυρίως με θέρμανση) και της ημερήσιας θερμοκρασίας (κυρίως με αερισμό και δροσισμό).

Για τις περισσότερες ποικιλίες τριανταφυλλιάς, η νυκτερινή θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται γύρω στους 16 °C. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η βλαστική ανάπτυξη είναι αργή, η παραγωγή ανθέων περιορισμένη ενώ η ποιότητα τους υψηλή. Νυκτερινές θερμοκρασίες κάτω των 10 °C περιορίζουν κατά πολύ την ανάπτυξη και μειώνουν την παραγωγικότητα.

Η βέλτιστη ημερήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 20 και 24 °C ανάλογα με το επίπεδο ακτινοβολίας. Θερμοκρασίες της τάξεως των 30 °C, επιταχύνουν την ανάπτυξη της τριανταφυλλιάς αλλά η ποιότητα των τριαντάφυλλων υποβαθμίζεται.

Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν πρόωρο άνοιγμα των μπουμπουκιών όταν αυτά είναι ακόμα μικρής διαμέτρου, αυξάνουν τον αριθμό των πετάλων τους και δημιουργούν τρυφερά ανθικά στελέχη (Οικονόμου, 1995).

Η θερμοκρασία έχει δείξει να επηρεάζει σημαντικά τον αριθμό των ημερών, που απαιτείται έως τη συγκομιδή των ανθοφόρων βλαστών. (Moe and Kristoffersen, 1969; Moe, 1972, 1988; Van der Berg, 1987). Συγκεκριμένα, χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν τον ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών (Byrne *et al.*, 1978; Shanks *et al.*, 1986; Zieslin *et al.*, 1987).

### **3.2.3. Επίδραση της σχετικής υγρασίας του αέρα**

Το βέλτιστο επίπεδο σχετικής υγρασίας του αέρα για την τριανταφυλλιά κυμαίνεται μεταξύ 70 και 80% (Οικονόμου, 1995). Σε αυτό το εύρος υγρασίας, η φωτοσύνθεση δεν παρεμποδίζεται από το άνοιγμα των στοματιών αλλά και ο ρυθμός σκλήρυνσης των κυτταρικών τοιχωμάτων είναι αργός. Υψηλότερα επίπεδα υγρασίας αν και είναι ευνοϊκά για την φωτοσύνθεση και την διατήρηση της σπαργής και της ελαστικότητας των κυττάρων ταυτόχρονα δημιουργούν ευνοϊκές για την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών όπως θα δούμε στη συνέχεια.

### **3.2.4. Επίδραση της περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα του αέρα.**

Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στον αέρα αυξάνει το ρυθμό ανάπτυξης των ανθοφόρων βλαστών αλλά κυρίως μειώνει τα προβλήματα ανθόρροιας, αυξάνει τον αριθμό και το πάχος των βλαστών και βελτιώνει σημαντικά τον χρωματισμό, την ποιότητα και τη "ζωή στο βάζο" των τριαντάφυλλων (Epoch και Zieslin, 1988).

### **3.2.5. Έμμεση επίδραση του κλίματος του θερμοκηπίου στον ρυθμό ανάπτυξης της τριανταφυλλιάς από την ανάπτυξη και δράση εχθρών και ασθενειών.**

#### **3.2.5.1. Εχθροί**

Τα έντομα που δημιουργούν σημαντικά προβλήματα στην τριανταφυλλιά, είναι ο τετράνυχος, ο αλευρώδης και ο θρίπας.

Ο τετράνυχος (*Tetranychus urticae*), που λέγεται και δίστικτος, είναι από τους πιο σοβαρούς εχθρούς της τριανταφυλλιάς θερμοκηπίου. Προκαλεί κηλίδες που αργότερα γίνονται υπέρυθρες. Σε σοβαρές προσβολές τα φύλλα πέφτουν. Ο χρόνος εξέλιξης του τετράνυχου εξαρτάται από την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, την καλλιέργεια και την ηλικία των φύλλων. Από αυτούς τους παράγοντες η θερμοκρασία είναι η πιο σπουδαία. Σε θερμοκρασία κάτω από 12 °C η ανάπτυξη του τετράνυχου αναχαιτίζεται ενώ σε θερμοκρασίες πάνω από 40 °C είναι καταστροφική (Malais και Ravensberg, 1995).

Σημαντικό εχθρό για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς αποτελεί και ο αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*). Ο απαιτούμενος χρόνος για την ανάπτυξη του αλευρώδη των θερμοκηπίων εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία. Ο απαιτούμενος χρόνος εξέλιξης μειώνεται όταν ανεβαίνουν οι θερμοκρασίες. Η ιδανική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 75% και 80% (Malais and Ravensberg, 1995).

Ο θρίπας (*Thrips fuscipennis*) είναι ο εχθρός που προσβάλλει το άνθος του τριαντάφυλλου. Οι θρίπες αναπτύσσονται πάρα πολύ γρήγορα σε θερμοκρασία 30 °C, ενώ πάνω από 35 °C δεν αναπτύσσονται καθόλου. Κάτω από 28 °C υπάρχει περίπου μια γραμμική σχέση ανάμεσα στην θερμοκρασία και στο χρόνο ανάπτυξης. Σε 18 °C

η ανάπτυξη παίρνει διπλάσιο χρόνο απ' ότι σε 25,5 °C (Malais και Ravensberg, 1995).

### 3.2.5.2. Ασθένειες

Οι πιο σοβαρές μυκητολογικές ασθένειες της τριανταφυλλιάς είναι το ωίδιο, η μαύρη κηλίδωση, ο βοτρυτής, η σκωρίαση και ο περονόσπορος.

Το ωίδιο (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) είναι η πλέον συνήθης και καταστρεπτική ασθένεια των ανθέων, των φύλλων και των βλαστών. Τα προσβαλλόμενα μέρη καλύπτονται από υπόλευκη εξάνθηση μυκηλιακών υφών και παραμορφώνονται. Η ποιότητα των προσβεβλημένων τριαντάφυλλων είναι υποβαθμισμένη σε τέτοιο σημείο που είναι απαράδεκτα από την αγορά. Συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας τη νύχτα, εναλλασσόμενες με υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή σχετική υγρασία την ημέρα ευνοούν την εξάπλωση του ωιδίου. Θερμοκρασία 15 °C και σχετική υγρασία 90-99% τη νύχτα επιτρέπουν το σχηματισμό των κονιδίων. Θερμοκρασία γύρω στους 26 °C και σχετική υγρασία 40-70% κατά τη διάρκεια της ημέρας επιτρέπει την ωρίμανση και ελευθέρωση των κονιδίων (Tammen, 1973; Weeler 1973).

Η μαύρη κηλίδωση (*Diplocarpon rosae*) εκδηλώνεται με την εμφάνιση μαύρων κηλίδων στην πάνω επιφάνεια των φύλλων και στους νεαρούς βλαστούς. Προκαλείται φυλλόπτωση όταν η προσβολή επεκταθεί. Ευνοϊκές για την ασθένεια συνθήκες είναι θερμοκρασία από 15 °C έως 25 °C και παρουσία υγρασίας υπό μορφή δρόσου ή σταγονιδίων βροχής στις φυλλικές επιφάνειες (Cook, 1981).

Ο βοτρυτής (*Botrytis cinerea*) προσβάλλει άνθη και βλαστούς, καλύπτοντάς τα με μια γκρίζα μούχλα, έτσι ώστε στο τέλος ξηραίνονται. Ο μύκητας δεν είναι ευαίσθητος στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας γιατί μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 1 °C και 30 °C. Όμως η υψηλή σχετική υγρασία του περιβάλλοντος (συχνές βροχοπτώσεις, ομίχλες, καιρός νεφοσκεπής, υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία λόγω έλλειψης αερισμού, κ.τ.λ) αποτελεί μια απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη της ασθένειας. Οι μολύνσεις δεν εξελίσσονται γρήγορα σε σχετική υγρασία κάτω από 90%. Συχνές βροχοπτώσεις, υγρός καιρός και θερμοκρασίες κυμαινόμενες μεταξύ 15-25 °C αποτελούν άριστες συνθήκες για την ανάπτυξη του μύκητα (Παναγόπουλος, 1997).

Υψηλή σχετική υγρασία ευνοεί και την ανάπτυξη της σκωρίασης (*Phragmidium disciflorum*) η οποία προκαλεί πορτοκαλόχρωμες κηλίδες ή φλύκταινες στα φύλλα κυρίως, αλλά και σε άλλα μέρη του βλαστού. Ευνοϊκές συνθήκες για τη μόλυνση είναι θερμοκρασία 18-25 °C και παρουσία υγρασίας για 2 έως 4 ώρες (Ελληνική φυτοπαθολογική εταιρία, 1998).

Τέλος ο περονόσπορος (*Pergonospora sparsa*), ο οποίος σχηματίζει πορτοκαλοκαστανές κηλίδες σε νεαρά φύλλα και προκαλεί φυλλόπτωση, ευνοείται από υψηλή υγρασία στο θερμοκηπιο. Κλείσιμο των παραθύρων εξαερισμού με υγρό καιρό χωρίς ταυτόχρονη θέρμανση προκαλεί ραγδαία εξάπλωση του περονόσπορου. Πρέπει πάντοτε η σχετική υγρασία του θερμοκηπίου να βρίσκεται κάτω του 85%. (Οικονόμου, 1995)

Για να αποφευχθούν οι ασθένειες στελεχών και φύλλων, θα πρέπει στο χώρο του θερμοκηπίου να επικρατούν οι σωστές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και το φύλλωμα των φυτών να μην παραμένει ποτέ βρεγμένο τη νύχτα.

Είναι απαραίτητο η καταπολέμηση των ασθενειών να γίνεται μόλις εμφανισθούν με τα κατάλληλα φυτοφάρμακα.

### 3.3. Μέθοδοι διερεύνησης σχέσεων φυτού – περιβάλλοντος

Οι έρευνες σχετικά με την επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των φυτών μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες:

- συγκριτικές
- μαθηματικά προσομοιώματα

Οι συγκριτικές μελέτες βασίζονται στις συμβατικές αρχές του γεωργικού πειραματισμού και αφορούν στατιστικές συγκρίσεις των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται με την εφαρμογή κάποιων επεμβάσεων, με βάση ένα μάρτυρα. Σκοπός αυτών των ερευνών είναι να αναδείξουν την σχετική επίδραση των επεμβάσεων σε σχέση με το μάρτυρα. Υστερούν ως προς το γεγονός ότι δεν μας επιτρέπουν να προβλέψουμε σε απόλυτη κλίμακα το τι θα συμβεί κάτω από διαφορετικές συνθήκες από αυτές του πειράματος ή με μια ελάχιστη τροποποίηση ή άλλο συνδυασμό των επεμβάσεων.

Για να μπορεί κανείς να προβλέψει, για παράδειγμα την απόκριση μιας καλλιέργειας στην ακτινοβολία και τη θερμοκρασία σε διαφορετικές περιοχές (κλίμα, έδαφος) και με διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές πρέπει να πραγματοποιήσει σειρά πειραμάτων επί πολλά έτη (διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας, ακτινοβολίας), σε όλες τις περιοχές εφαρμόζοντας όλες τις καλλιεργητικές τεχνικές συγχρόνως. Είναι αυτονόητο ότι αυτού του είδους οι μελέτες καθυστερούν σημαντικά.

Η συσσώρευση αποτελεσμάτων από συγκριτικές έρευνες οδήγησε στην εφαρμογή στατιστικών μεθόδων συσχέτισης παραγόντων περιβάλλοντος (κλίμα, έδαφος), καλλιεργητικών τεχνικών και αποτελεσμάτων, με στόχο την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες από αυτές που έχουν πραγματοποιηθεί τα πειράματα.

Με την εξάπλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την εισαγωγή αυτών στις ονομαζόμενες επιστήμες της ζωής (γεωπονία, βιολογία, κ.λ.π) άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα μαθηματικά προσομοιώματα για τις φυσιολογικές και μορφολογικές λειτουργίες των φυτών και των καλλιεργειών και τα πρώτα επεξηγηματικά μοντέλα προσομοίωσης. Η διαφορά τους από τα στατιστικά μοντέλα, τύπου 'μαύρου κουτιού' είναι ότι μπορούν να κάνουν διάκριση μεταξύ των διαφορετικών επιδράσεων που έχουν οι παράγοντες του περιβάλλοντος στις διάφορες λειτουργίες των φυτών.

### 3.4. Μοντέλα προσομοίωσης της επίδρασης των παραγόντων περιβάλλοντος στο ρυθμό ανάπτυξης των βλαστών τριανταφυλλιάς.

Από τις αρχές του 1960 άρχισαν να εμφανίζονται διάφορες 'σχολές' προσομοίωσης της ανάπτυξης των καλλιεργειών και να δημιουργείται σιγά-σιγά μια διεθνής επιστημονική κοινωνία με κοινές μεθόδους και ορολογία. Αυτές οι 'σχολές' προσομοιωμάτων έχουν επικριθεί πολλές φορές από άλλες επιστημονικές ομάδες βασικής έρευνας για τον τρόπο απλουστευμένης αναπαράστασης των διάφορων λειτουργιών των φυτών, ο οποίος σπάνια ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, όπως χαρακτηριστικά θα δούμε στη συνέχεια.

Σε γενικές γραμμές τα μοντέλα προσομοίωσης της ανάπτυξης διακρίνουν δυο βασικές λειτουργίες:

- την αύξηση κατά βάρος (growth)
- την μορφολογική διαμόρφωση ή ανάπτυξη (development)

### 3.4.1. Τα μοντέλα αύξησης κατά βάρος (growth)

Η αύξηση κατά βάρος εξαρτάται κυρίως από την καθαρή αφομοίωση των καλλιεργειών, δηλαδή από την χρονική ολοκλήρωση της διαφοράς μεταξύ φωτοσύνθεσης και αναπνοής. Είναι συνεπώς προφανές ότι αυτά τα μοντέλα θα πρέπει να σχετίζουν την αύξηση με το επίπεδο ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την σχετική υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα. Η ακτινοβολία, σχετική υγρασία και διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζουν κυρίως την φωτοσύνθεση ενώ η θερμοκρασία επιδρά τόσο στην φωτοσύνθεση όσο και στην αναπνοή.

Τα μοντέλα αύξησης κατά βάρος χρησιμοποιούνται κυρίως για τις καλλιέργειες εκείνες που η τιμή του προϊόντος που παράγουν εξαρτάται αποτελεσματικά από το βάρος του. Συνήθως αυτά τα μοντέλα για να προσδιορίσουν το βάρος που αντιστοιχεί στο συγκομιζόμενο προϊόν και να το διαχωρίσουν από αυτό που καταμερίζεται στα άλλα μέρη του φυτού (π.χ. ρίζες και στελέχη στην περίπτωση του σίτου) χρησιμοποιούν κάποιους συντελεστές κατανομής της παραγόμενης ξηράς ουσίας στα διάφορα μέρη του φυτού (συνήθως ρίζα-εναέριο μέρος και το εναέριο μέρος διακρίνεται σε βλαστούς, φύλλα και καρπούς). Πολλές φορές αυτοί οι συντελεστές κατανομής και ο τρόπος υπολογισμού τους (σε σχέση με το κλίμα και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών) αναφέρονται σαν μοντέλο ανάπτυξης.

### 3.4.2. Τα μοντέλα ανάπτυξης (development)

Τα καθαυτά μοντέλα ανάπτυξης χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των λειτουργιών η φαινομένων που προκαλούν απότομη μεταβολή της φαινολογικής κατάστασης των φυτών. Το πέρασμα από το βλαστικό στάδιο στην ανθοφορία και στην καρπόδεση, για παράδειγμα, αφορά φαινόμενο ανάπτυξης. Η ανάπτυξη είναι έννοια ποιοτική και δεν μπορεί να μετρηθεί αλλά μόνο να περιγραφεί, σε αντίθεση με την αύξηση η οποία είναι έννοια ποσοτική και μπορεί να μετρηθεί (Λόλας, 1996).

Συνήθως η λειτουργία που αποκαλούν ανάπτυξη τα μοντέλα προσομοίωσης ενσωματώνει φυσιολογικές λειτουργίες όπως: η διαφοροποίηση μεριστωμάτων από βλαστικά σε ανθοφόρα, η έκπτυξη πλάγιων οφθαλμών, ο σχηματισμός των γονάτων και μεσογονατίων, ο σχηματισμός των καταβολών των φύλλων στα κορυφαία μεριστώματα (apex), ή εμφάνιση των φύλλων.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι η προσομοίωση της 'ανάπτυξης' έχει μεγάλη σημασία όταν μας ενδιαφέρουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Αυτό ισχύει κατ' εξοχήν στα ανθοκομικά προϊόντα τα οποία αξιολογούνται με βάση το σχήμα τους και την εμφάνισή τους, δηλαδή με τις διαστάσεις των οργάνων.

Στον χώρο των 'μοντέλων' ανάπτυξης επικρατεί μια σύγχυση μεταξύ των λειτουργιών γέννησης νέων οργάνων (π.χ. φυλλογένεση, βλαστογένεση) που οφείλονται σε διαφοροποιήσεις μεριστωμάτων και κυτταρογενέσεις και των λειτουργιών επιμήκυνσης οργάνων που οφείλονται σε επιμηκύνσεις ήδη σχηματισμένων κυττάρων. Και οι δύο λειτουργίες συμπεριλαμβάνονται στην επονομαζόμενη 'ανάπτυξη'.

Εμβαθύνοντας περισσότερο βλέπει κανείς ότι τα μοντέλα ανάπτυξης περιγράφουν την εμφάνιση ιστών και οργάνων (φαινολογικά στάδια). Οι περισσότεροι ιστοί και όργανα είναι πια εμφανείς με γυμνό μάτι και έχουν ήδη καθορισμένο αριθμό κυττάρων (ολοκλήρωση κυτταροδιαίρεσεων) τα οποία άρχισαν ήδη να επιμηκύνονται.

### 3.4.3. Μέθοδοι ποσοτικής περιγραφής προσομοίωσης της ανάπτυξης

Για την περιγραφή της μορφολογικής ανάπτυξης των φυτών συνήθως εφαρμόζεται η μέθοδος των φάσεων ανάπτυξης ή ‘διαδρομών ανάπτυξης’. Για την εφαρμογή αυτής ορίζονται και προσδίδονται κάποια μορφολογικά στάδια ανάπτυξης (τα στάδια ανάπτυξης αποτελούν τα όρια των φάσεων ανάπτυξης). Για παράδειγμα :

- στάδιο 0 : εμφάνιση πρώτου φύλλου
- στάδιο 1 : εμφάνιση ανθοφόρου οφθαλμού
- στάδιο 2 : εμφάνιση πετάλων άνθους
- στάδιο 3 : εμφάνιση πρώτου καρπού

$$\frac{3[\text{φάσεις}]}{t_0 \rightarrow 3 [\text{χρόνος}]}$$

Αν  $t_{0 \rightarrow 1}$  είναι ο χρόνος που θα κάνει το φυτό να περάσει από το στάδιο 0 στο στάδιο 1, δηλαδή να διανύσει μια φάση ή ‘απόσταση’ ίση με μια διαδρομή ανάπτυξης τότε ο ρυθμός ανάπτυξής του ισούται με το πηλίκο  $1/t_{0 \rightarrow 1}$ . Κατ’ αντιστοιχία  $t_{0 \rightarrow 3}$  θα είναι ο χρόνος που κάνει το φυτό να πάει από το στάδιο 0 στο στάδιο 3, δηλαδή να διανύσει τρεις διαδοχικές φάσεις ανάπτυξης  $0 \rightarrow 1$ ,  $1 \rightarrow 2$ ,  $2 \rightarrow 3$  και ο ρυθμός ή ταχύτητα ανάπτυξης σε αυτή την περίπτωση θα ισούται με το πηλίκο:

Ο χρόνος  $t_{0 \rightarrow 3}$  αποκαλείται και διάρκεια της φάσης που περιλαμβάνεται μεταξύ του σταδίου 0 έως το στάδιο 3.

Τα κλιματικά μοντέλα προσομοίωσης της ανάπτυξης εφαρμόζουν συστηματικά τη περιγραφή της ανάπτυξης και συσχετίζουν τις μετρούμενες διάρκειες φάσεων ανάπτυξης ή τις υπολογιζόμενες ταχύτητες ή ρυθμούς ανάπτυξης με τα κλιματικά δεδομένα της ίδιας περιόδου (μέσες τιμές ή ολοκληρώματα).

Με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι η λεγόμενη ανάπτυξη εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό λειτουργίες όπως οι κυτταροδιαιρέσεις και οι διαφοροποιήσεις μεριστωμάτων, γίνεται προφανές ότι αυτή θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία. Γι αυτό το λόγο τα περισσότερα μαθηματικά προσομοιώματα της ανάπτυξης σχετίζουν αυτή κυρίως με την θερμοκρασία. Ο συνηθέστερος τρόπος μελέτης είναι η συσχέτιση της ανάπτυξης με τις βαθμώρες ή και βαθμομέρες (θερμικές μονάδες), δηλαδή το χρονικό ολοκλήρωμα των θερμοκρασιών του αέρα πάνω από μια θερμοκρασία βάσης. Σε πολλά φυτά έχει προσδιοριστεί ο αριθμός βαθμομερών που απαιτείται για την ολοκλήρωση κάθε φάσης ανάπτυξης και με αυτό τον τρόπο εκτιμάται το στάδιο από τις θερμοκρασίες που επικρατούν. Πολλές φορές το άθροισμα θερμοκρασιών, δηλαδή οι βαθμομέρες, χρησιμοποιούνται ως μονάδα περιγραφής του σταδίου ανάπτυξης (Wang, 1960).

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό διάφορων μεταβλητών ανάπτυξης, όπως ο βαθμός ωριμότητας των μπιζελιών (Katz, 1952), η άνθιση και ωριμότητα του αραβόσιτου (Gilmore and Rogers, 1958; Cross and Zuber, 1972), η άνθιση του σιταριού (Bauer *et al.*, 1984) και η άνθιση του γεράνιου (White and Warrington, 1988).

Η ανάλυση της χρήσης των θερμικών μονάδων (Nuttonson, 1948; Angus *et al.*, 1981; Larsen, 1988; Masle *et al.*; 1989) υποδηλώνει ότι η ανάπτυξη των φυτών μπορεί να μοντελοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις μεταβλητές του περιβάλλοντος ακτινοβολία και θερμοκρασία.

Η μέθοδος των βαθμοημερών βρίσκει εφαρμογή κυρίως στις υπαίθριες ετήσιες ή πολυετείς καλλιέργειες όπου η διακύμανση των θερμοκρασιών την περίοδο καλλιέργειας είναι ελάχιστη και δεν υπάρχει καμία δυνατότητα τροποποίησής της.

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, όπου υπάρχει πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα διαμόρφωσης των θερμοκρασιών του αέρα, συνιστάται η χρησιμοποίηση των μέσων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα ανά φάση για την εκτίμηση στιγμιαίων ρυθμών ανάπτυξης. Η ολοκλήρωση του ρυθμού ανάπτυξης με το χρόνο επιτρέπει τον προσδιορισμό του σταδίου στο οποίο βρίσκεται το φυτό.

Εκτός όμως από την θερμοκρασία την ανάπτυξη των φυτών επηρεάζει και η ηλιακή ακτινοβολία. Η επίδρασή της μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση.

- Άμεση θεωρούμε την επίδραση της ακτινοβολίας στην επιμήκυνση των κυττάρων και των οργάνων. Αυτή επηρεάζει την διαδικασία σκλήρυνσης των κυτταρικών τοιχωμάτων η οποία μειώνει την ελαστικότητά τους και επιφέρει σταμάτημα της επιμήκυνσης.
- Η έμμεση επίδραση της ακτινοβολίας εκφράζεται με δύο μορφές: α) επίδραση της διάρκειας της ημέρας (φωτοπερίοδος) και β) επίδραση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το εάν και κατά πόσο είναι σημαντικός ο συνυπολογισμός της ακτινοβολίας στον υπολογισμό της ταχύτητας ανάπτυξης εξαρτάται από το είδος των σταδίων και των φάσεων που διακρίνουμε για την περιγραφή της ανάπτυξης.

Ως γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε ότι όσο πιο μεγάλη βαρύτητα έχουν οι λειτουργίες κυτταροδιαρρέσεων στην εξέλιξη μιας φάσης τόσο πιο εμφανής θα είναι η έμμεση επίδραση της ακτινοβολίας, μέσω του ισοζυγίου υδρογονανθράκων. Όταν η εξέλιξη μιας φάσης εξαρτάται κυρίως από την επιμήκυνση κυττάρων τότε αναμένεται να υπάρχει μάλλον αρνητική επίδραση της ακτινοβολίας (άμεση επίδραση στη σκλήρυνση κυττάρων).

Πολλά από τα μοντέλα ανάπτυξης καλλιεργειών που έχουν αναπτυχθεί, αποτελούν βάση εφαρμογής στα διάφορα συστήματα αυτοματισμού, για τη ρύθμιση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

#### **3.4.4. Μοντέλα ανάπτυξης καλλιέργειας τριανταφυλλιάς**

Η ανάγκη για προγραμματισμό της παραγωγής με μεγάλη ακρίβεια, ιδιαίτερα σε ημέρες αιχμής, όπως τις ημέρες των εορτών, οδήγησε στη δημιουργία μοντέλων που να αφορούν την ανάπτυξη της τριανταφυλλιάς σε σχέση με τους παράγοντες περιβάλλοντος του θερμοκηπίου. Ρυθμίζοντας στο μοντέλο ανάπτυξης, ανάλογα με την εποχή, τις κλιματικές παραμέτρους (ακτινοβολία και θερμοκρασία), μέσω ενός συστήματος αυτοματισμού, μπορούμε με μεγάλη ακρίβεια να κάνουμε πρόγνωση της παραγωγής και να έχουμε την επιθυμητή παραγωγή, την κατάλληλη χρονική στιγμή.

Πολλά από τα μοντέλα αυτά, αφορούν την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς και σχετίζουν την διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών με τις μεταβλητές του περιβάλλοντος, ακτινοβολία και θερμοκρασία.

Πρόσφατες μελέτες έχουν γίνει και αφορούν τις νεότερες ποικιλίες 'Sonia' και 'Pona' (Van den Berg, 1987) 'Samantha' (Coker and Hanan, 1988), 'Royalty' (Hopper and Hammer, 1991), και την παλαιότερη ποικιλία 'Baccara' (Zieslin and Halevy, 1975). Οι σχέσεις μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης και των κλιματικών παραμέτρων δεν είναι εύκολο να μελετηθούν χρησιμοποιώντας ενήλικα φυτά σε θερμοκήπιο. Φυσιολογικά προβλήματα όπως η σχετική αναχαίτιση των οφθαλμών και των βλαστών, ο ανταγωνισμός για αφομοιώσιμες ουσίες καθώς και οι κλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες δυσκολεύουν τη μελέτη. Για τους λόγους αυτούς



χρησιμοποιούνται νεαρά φυτά σε κλειστούς χώρους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Τα νεαρά φυτά, που προέρχονται από μοσχεύματα με ένα γόνατο (single-node cuttings) και το μέγεθός τους είναι προκαθορισμένο, έχουν μειωμένα προβλήματα σε σχέση με τα ενήλικα φυτά και τις κλιματικές συνθήκες (Berninger, 1992).

Αν και στη πράξη χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο συστήματα αυτοματισμού υψηλής τεχνολογίας, ο έλεγχος κλίματος στο θερμοκήπιο υστερεί σημαντικά λόγω έλλειψης μοντέλων ή ανεπάρκειας των είδη υπαρχόντων, για τις Ελληνικές συνθήκες.

Μοντέλα όπως αυτά του Berninger, (1994), για την ποικιλία 'Sonia', των Hopper *et al.*, (1994), με το μοντέλο Rosesim για την ποικιλία 'Royalty', των Pasian and Lieth, (1995), για την ποικιλία 'Cara Mia', και του Morisot, (1996), με το μοντέλο P.P. Rose (Potential Production of Roses) για τις ποικιλίες 'Sweet Promise' και 'Jelrocami', τα οποία είναι βασισμένα στις θερμικές μονάδες (thermal units), δεν έχουν μελετηθεί κάτω από ελληνικές συνθήκες.

**Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η επαλήθευση των προαναφερθέντων μοντέλων, προσαρμοσμένα σε ελληνικές συνθήκες ή η πιστοποίηση των προαναφερθέντων, στα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας ή ακόμα και η δημιουργία νέων μοντέλων προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες, αν τα υπάρχοντα αποδειχθούν ακατάλληλα.**

**ΜΕΡΟΣ ΙΙ**  
**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1. Γενική περιγραφή

Σκοπός του πειραματικού μέρους ήταν η συγκέντρωση δεδομένων ταχύτητας ανάπτυξης βλαστών τριανταφυλλιάς και θερμοκρασίας του αέρα, με στόχο την επαλήθευση και βαθμονόμηση ενός μαθηματικού μοντέλου συσχέτισης μεταξύ θερμοκρασίας αέρα και ρυθμού ανάπτυξης.

Ειδικότερα μελετήθηκε ο ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών σε φυτά τριανταφυλλιάς που καλλιεργούνταν σε ανακυκλούμενο υδροπονικό σύστημα με υπόστρωμα περλίτη σε γυάλινο θερμοκήπιο στην περιοχή του Βελεστίου, την περίοδο από 28 Μαρτίου έως 21 Αυγούστου του 1998.

Αρχικά θα περιγραφεί το σύστημα καλλιέργειας το οποίο περιλάμβανε:

1. Το θερμοκήπιο (§ 4.2)  
κατασκευή
  - συστήματα μείωσης της θερμοκρασίας
2. Το υδροπονικό σύστημα στο θερμοκήπιο (§ 4.3)
  - περιγραφή
  - υπόστρωμα ανάπτυξης
  - θρεπτικό διάλυμα
3. Την καλλιέργεια (§ 4.4)
  - φυτά (είδος-ποικιλία)
  - διάταξη φυτών στο χώρο
  - τις καλλιεργητικές φροντίδες
  - αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών

Στη συνέχεια θα παρουσιασθούν το είδος και η διαδικασία συλλογής των δεδομένων, η επεξεργασία και η μέθοδος ανάλυσης αυτών.

### 4.2. Το θερμοκήπιο

#### 4.2.1. Κατασκευαστικά στοιχεία

Το θερμοκήπιο στο οποίο έγινε το πείραμα, ήταν τύπου απλού αμφίρρικτου με σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και υαλοκάλυψη, συνολικής έκτασης 200 m<sup>2</sup>. Το μήκος του ήταν 30,5 μέτρα και το πλάτος του 6,4 μέτρα. Ο ορθοστάτης του θερμοκηπίου είχε 2,9 μέτρα ύψος και ο κορφιάς 4 μέτρα. Διεθέτε αυτόματο σύστημα αερισμού και άρδευσης τα οποία ελέγχονταν από κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή.

#### 4.2.2. Συστήματα μείωσης της θερμοκρασίας

Για τη μείωση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο χρησιμοποιήθηκαν συστήματα εξαερισμού και σκίασης.

Ο αερισμός γινόταν με τη συνδυασμένη χρήση ανεμιστήρων (δυναμικός αερισμός) και παραθύρων οροφής (φυσικός αερισμός).

Οι ανεμιστήρες ήταν τοποθετημένοι στην μπροστινή και πίσω πλευρά του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα υπήρχαν δύο ανεμιστήρες στην μπροστινή πλευρά του θερμοκηπίου και δύο στην πίσω πλευρά. Η συνολική παροχή τους ήταν 16.000 cm<sup>3</sup>/h και η παροχή του κάθε ανεμιστήρα 4.000 cm<sup>3</sup>/h.

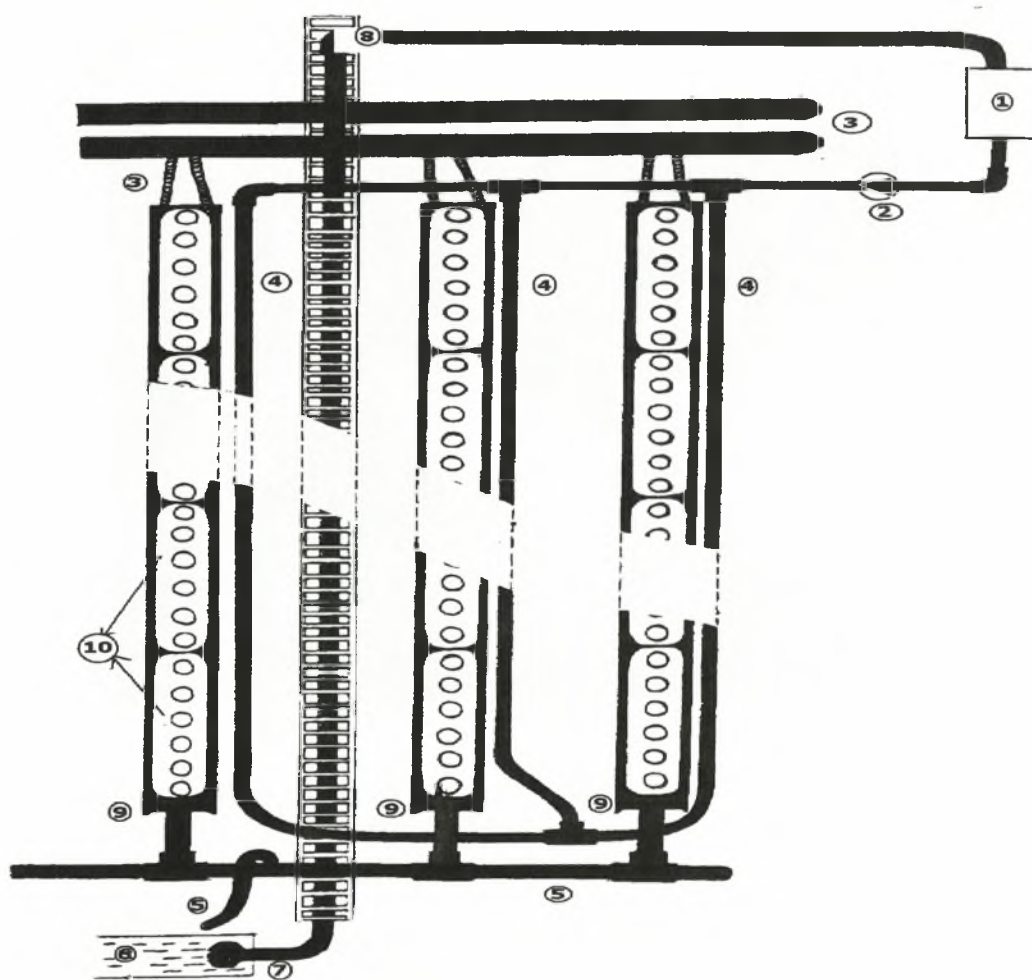
Τα παράθυρα οροφής άνοιγαν από τα τέλη Μαρτίου (28 Μαρτίου) μέχρι και αρχές Μαΐου όταν η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό έφτανε τους 24 °C. Από τις αρχές Μαΐου μέχρι τα τέλη Αυγούστου (21 Αυγούστου) τα παράθυρα άνοιγαν στους 22 °C.

Η σκίαση του θερμοκηπίου με άσπρισμα εφαρμόστηκε περί τα μέσα Ιουνίου.

#### 4.3. Το υδροπονικό σύστημα στο θερμοκήπιο

##### 4.3.1. Περιγραφή υδροπονικού συστήματος

Το υδροπονικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 1.



**Σχήμα 1.** Γραμμικό διάγραμμα υδροπονικού συστήματος που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη. (1 : δεξαμενή διαλύματος, 2: αντλία τροφοδοσίας, 3: σωλήνες θέρμανσης 4: σωλήνες άρδευσης 5: σωλήνας στράγγισης, 6: δεξαμενή στράγγισης, 7: αντλία ανακύκλωσης, 8: σωλήνας επιστροφής ανακυκλούμενου, 9: λεκάνη στράγγισης, 10: σάκοι περλίτη).

Αυτό αποτελείται από τρεις γραμμές πάνω στις οποίες ήταν τοποθετημένοι οι πλαστικοί σάκοι περλίτη, χωρητικότητας 45 lt, με 6 φυτά ανά σάκο. Οι σάκοι κάθε

γραμμής ήταν τοποθετημένοι πάνω σε πλαστικές λεκάνες στράγγισης. Επρόκειτο για φύλλα διογκωμένης πολυστερίνης στα οποία ήταν τοποθετημένοι οι σάκοι για λόγους θερμομόνωσης. Στις τρεις γραμμές εφαρμόζονταν σύστημα παροχής με θρεπτικό διάλυμα ανακυκλούμενο.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε φυτά όπου εφαρμόζονταν το σύστημα παροχής με ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα. Το διάλυμα που συλλέγονταν σε μια δεξαμενή χωρητικότητας 800 lt, διοχετεύονταν, μέσω μιας αντλίας και των σταλακτών παροχής 4 lt/h, στους σάκους καλλιέργειας.

Εκτός από τη δεξαμενή που περιείχε το μητρικό διάλυμα υπήρχε και μία άλλη δεξαμενή στράγγισης, όπου συλλέγονταν το διάλυμα από τις λεκάνες απορροής. Από μία δεύτερη αντλία, που υπήρχε στη δεξαμενή στράγγισης, το διάλυμα επέστρεφε στην αρχική δεξαμενή.

#### 4.3.2. Υπόστρωμα ανάπτυξης

Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν, ως υπόστρωμα, σάκοι περλίτη, Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Καλλιέργεια σε σάκο περλίτη

Πρόκειται για ανόργανο αργιλλοπυριτικό υλικό ηφαιστιογενούς προέλευσης που περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 3-5%.

Κάποιες από τις βασικές ιδιότητες του περλίτη είναι:

- ΡΗ: 7 έως 7,5
- Ικανότητα συγκράτησης νερού: 3-4 φορές το βάρος του σε νερό
- Εναλλακτική ικανότητα: μηδενική

Προτιμήθηκε για τα πλεονεκτήματα που διαθέτει όπως:

- Πολύ ελαφρύ υλικό
- Υλικό αποστειρωμένο τη στιγμή της πρώτης χρήσης
- Καλή ικανότητα στράγγισης νερού
- Παρασκευάζεται στη χώρα μας

Οι σάκοι περλίτη ήταν κατασκευασμένοι από μαλακή πλαστική ύλη και περιείχαν το υπόστρωμα ανάπτυξης. Εξωτερικά ήταν άσπροι και εσωτερικά μαύροι.

### 4.3.3. Θρεπτικό διάλυμα

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος έγιναν διάφορες επεμβάσεις για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.

Συγκεκριμένα γίνονταν καθημερινά η τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος των φυτών, για την ικανοποίηση των αναγκών τους σε νερό και θρεπτικά στοιχεία. Το θρεπτικό διάλυμα που εφαρμόστηκε είχε την ίδια σύσταση σε θρεπτικά στοιχεία σε όλο το διάστημα που έγινε το πείραμα, Πίνακας 1.

**Πίνακας 1.** Σύσταση θρεπτικού διαλύματος

| <b>Σύσταση θρεπτικού διαλύματος</b> |             |
|-------------------------------------|-------------|
| NO <sub>3</sub>                     | 762,6 mg/lt |
| PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>      | 97 mg/lt    |
| SO <sub>4</sub>                     | 72 mg/lt    |
| NH <sub>4</sub>                     | 18 mg/lt    |
| K                                   | 253 mg/lt   |
| Ca                                  | 160 mg/lt   |
| Mg                                  | 24 mg/lt    |
| Fe                                  | 1,3 mg/lt   |
| B                                   | 0,28 mg/lt  |
| Cu                                  | 0,6 mg/lt   |
| Mo                                  | 0,027 mg/lt |
| Mn                                  | 0,5 mg/lt   |
| Zn                                  | 0,23 mg/lt  |

## 4.4. Η καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς

### 4.4.1. Η ποικιλία και τα χαρακτηριστικά της

Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία First red (Εικόνα 2), η οποία έχει τα εξής εμπορικά χαρακτηριστικά:

- Τύπος : υβρίδιο τσαγιού
- Χρώμα : κόκκινο
- Αριθμός πετάλων : 30
- Μήκος βλαστού : 50-80 εκ.
- Διάμετρος βλαστού : 10 εκ.
- Διάρκεια «στο βάζο» : 5-6 ημέρες



**Εικόνα 2.** Ποικιλία First red

#### **4.4.2. Διάταξη φυτών στο χώρο**

Τα φυτά ήταν τοποθετημένα σε τρεις γραμμές (για το ανακυκλούμενο σύστημα). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 41,5 cm. Το πλάτος κάθε γραμμής ήταν 27,5 cm ενώ το μήκος 21 cm.

Σε κάθε γραμμή υπήρχαν 21 σάκοι περλίτη στη σειρά. Κάθε σάκος είχε διαστάσεις 90 εκατοστά μήκος και 30 εκατοστά πλάτος και διέθετε 6 οπές. Κάθε οπή είχε διάμετρο 8 cm. Σε κάθε οπή υπήρχε ένα φυτό τριανταφυλλιάς και ήταν προσαρμοσμένος ένας σταλακτής παροχής θρεπτικού διαλύματος για να ικανοποιεί τις ανάγκες του φυτού σε νερό και θρεπτικά στοιχεία.

#### **4.4.3. Καλλιεργητικές φροντίδες**

##### *4.4.3.1. Κλάδεμα*

Στις 28/3/98 (ημερομηνία έναρξης του πειράματος) εφαρμόστηκε στα φυτά αυστηρό κλάδεμα (Εικόνα 3). Τα φυτά κόπηκαν στη βάση τους, αφήνοντας 2-3 βλαστούς για την έκπτυξη των οφθαλμών και την δημιουργία νέων βλαστών.



**Εικόνα 3.** Αρχικά κλαδεμένο φυτό (έναρξη πειράματος)

Κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος εφαρμόζονταν κορυφολόγημα σε όλα τα φυτά. Γινόταν αφαίρεση των μπουμπουκιών όταν αυτά σχηματίζονταν, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 4.



**Εικόνα 4.** Στάδιο αφαίρεσης μπουμπουκιών.

Στη συνέχεια οι βλαστοί κάμπτονταν. Οι βλαστοί που κάμπτονταν δεν αφαιρούνταν, αλλά έμεναν στη βάση του φυτού και η φυλλική τους επιφάνεια χρησιμοποιούνταν ως φωτοσυνθετική βάση (Σύστημα beding, Εικόνα 5).



**Εικόνα 5.** Σύστημα beding

Μετά από κάθε κάμψη και λίγο πιο κάτω από το σημείο κάμψης εμφανίζονταν νέοι πλάγιοι οφθαλμοί από τους οποίους εκπύσσονταν πλάγιοι βλαστοί.

Εκτός από κορυφολόγημα, εφαρμόστηκε και βλαστολόγημα με το οποίο αφαιρούνταν όλοι οι βλαστοί που προέκυπταν από τη διαφοροποίηση των μασχαλιαίων οφθαλμών στους νέους βλαστούς που εκπύσσονταν.



#### 4.4.3.2. Αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών.

Για την αντιμετώπιση εχθρών και ασθενειών όπως αφίδες, σκωριάσεις και ωίδιο γίνονταν προληπτικοί ψεκασμοί κάθε δύο εβδομάδες, ενώ γίνονταν κανονικοί ψεκασμοί για την αντιμετώπιση του αλευρώδη και του τετράνυχου.

### 4.5. Μετρήσεις

#### 4.5.1. Βιολογικές μετρήσεις

##### 4.5.1.1. Τυχαιοποίηση

Καλλιεργητικές επεμβάσεις εφαρμόστηκαν σε 12 φυτά τριανταφυλλιάς τα οποία επιλέχθηκαν με τη μέθοδο της απλής τυχαιοποίησης σε ένα σύνολο 630 φυτών. Η θέση των επιλεγμένων φυτών δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 2.

Στα επιλεγμένα φυτά τοποθετήθηκαν δείκτες ώστε να διευκολυνθεί ο εντοπισμός τους στο θερμοκήπιο. Οι δείκτες δεν ήταν ορατοί από το προσωπικό του θερμοκηπίου, για να αποφευχθεί η ιδιαίτερη μεταχείριση των μετρούμενων φυτών.

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα τυχαιοποίησης των 12 φυτών από ένα σύνολο 630.

| ΦΥΤΟ | ΓΡΑΜΜΗ         | ΣΑΚΟΣ            | ΟΠΗ            |
|------|----------------|------------------|----------------|
| 1    | 2 <sub>η</sub> | 3 <sub>ος</sub>  | 2 <sub>η</sub> |
| 2    | 1 <sub>η</sub> | 3 <sub>ος</sub>  | 2 <sub>η</sub> |
| 3    | 3 <sub>η</sub> | 1 <sub>ος</sub>  | 3 <sub>η</sub> |
| 4    | 3 <sub>η</sub> | 4 <sub>ος</sub>  | 4 <sub>η</sub> |
| 5    | 1 <sub>η</sub> | 6 <sub>ος</sub>  | 5 <sub>η</sub> |
| 6    | 2 <sub>η</sub> | 7 <sub>ος</sub>  | 5 <sub>η</sub> |
| 7    | 1 <sub>η</sub> | 9 <sub>ος</sub>  | 5 <sub>η</sub> |
| 8    | 3 <sub>η</sub> | 9 <sub>ος</sub>  | 1 <sub>η</sub> |
| 9    | 2 <sub>η</sub> | 13 <sub>ος</sub> | 3 <sub>η</sub> |
| 10   | 1 <sub>η</sub> | 15 <sub>ος</sub> | 3 <sub>η</sub> |
| 11   | 3 <sub>η</sub> | 16 <sub>ος</sub> | 2 <sub>η</sub> |
| 12   | 2 <sub>η</sub> | 18 <sub>ος</sub> | 3 <sub>η</sub> |

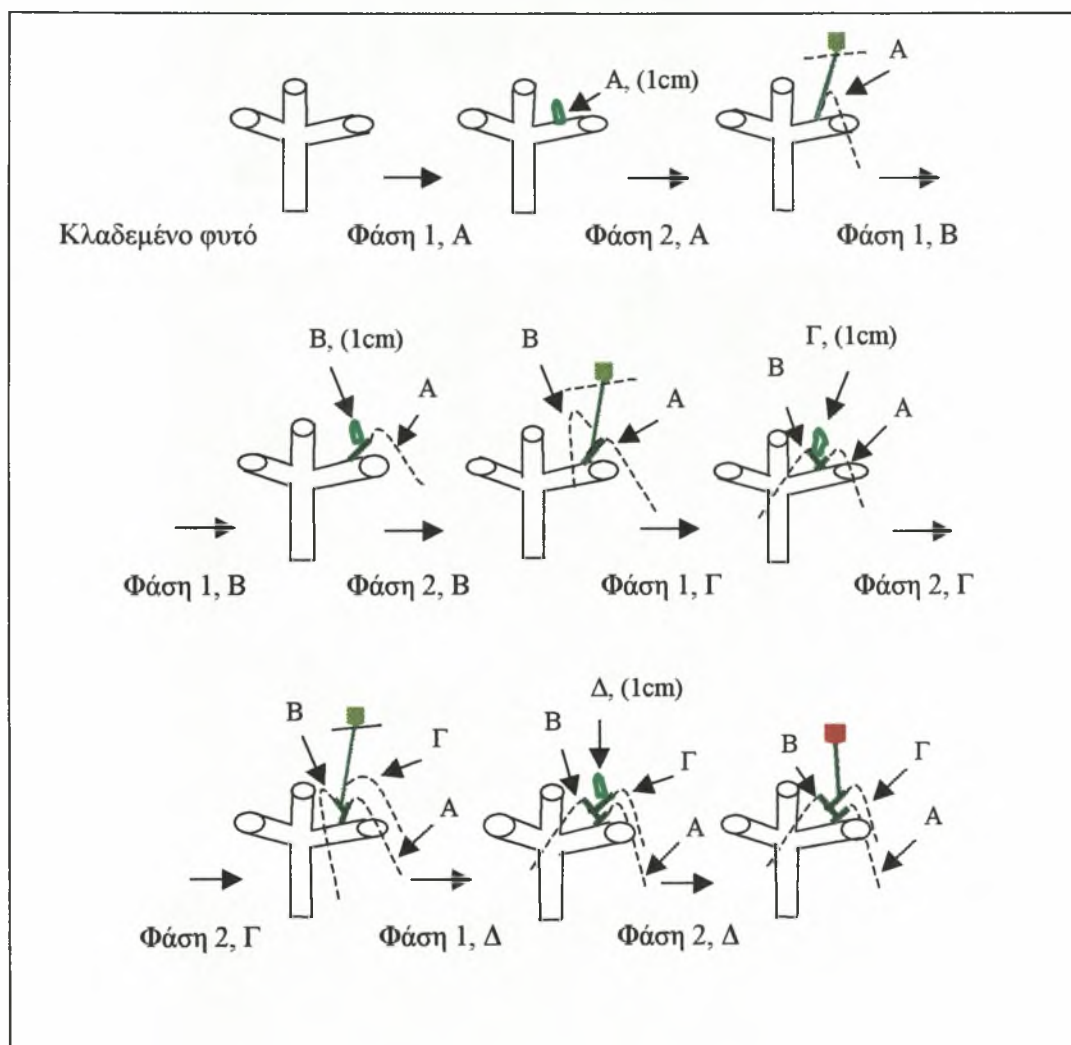
##### 4.5.1.2. Μετρήσεις διάρκειας φάσεων

Σε κάθε φυτό οι πρώτοι βλαστοί, οι οποίοι εκπύχθηκαν από τους 2-3 βλαστούς που κλαδεύτηκαν στη βάση τους, ονομάστηκαν πρωτογενείς βλαστοί και συμβολίστηκαν Α. Από την κάμψη των πρωτογενών βλαστών προέκυψαν οι δευτερογενείς βλαστοί, οι οποίοι συμβολίστηκαν Β. Από την κάμψη των δευτερογενών και τριτογενών βλαστών, προέκυψαν οι τριτογενείς και τεταρτογενείς βλαστοί, οι οποίοι συμβολίστηκαν Γ και Δ αντίστοιχα.

Για να υπολογισθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών μετρήθηκε η διάρκεια ολοκλήρωσης ενός σταδίου. Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών έχει να κάνει με την διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών,  $d$  και είναι αντιστρόφως ανάλογος της διάρκειας ανάπτυξης η οποία ισούται με  $1/d$ .

Η ανάπτυξη των νέων βλαστών διαιρέθηκε σε δύο φάσεις (Σχήμα 2):

- Φάση 1 : βλαστός μήκους από 0 cm μέχρι 1 cm.
- Φάση 2 : βλαστός μήκους 1 cm μέχρι την εμφάνιση του ανθοφόρου οφθαλμού.



**Σχήμα 2.** A=Πρωτογενής βλαστός, B=Δευτερογενής βλαστός, Γ=Τριτογενής βλαστός, Δ=Τεταρτογενής βλαστός.

Σε αυτά τα δύο βλαστικά στάδια μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας. (Κάθε στάδιο αποτελεί την ολοκλήρωση μιας φάσης).

Παρακάτω δείχνονται οι διαδοχικές φάσεις ανάπτυξης από την έκπτυξη των οφθαλμών μέχρι και το τελικό στάδιο ανάπτυξης (Εικόνες 6, 7, 8 και 9).



**Εικόνα 6.** Φάση 1 : βλαστός μήκους από 0 cm μέχρι 1 cm.



**Εικόνα 7.** Ανάπτυξη του βλαστού κατά τη διάρκεια της φάσης 2.



**Εικόνα 8.** Ανάπτυξη του βλαστού κατά τη διάρκεια της φάσης 2.



Εικόνα 9. Στάδιο άνθισης.

#### 4.5.2. Κλιματικές μετρήσεις

Έγιναν μετρήσεις θερμοκρασίας με θερμόμετρο Pt 100, κατάλληλα προστατευμένο από την ηλιακή ακτινοβολία, το οποίο ήταν τοποθετημένο σε ύψος 1,50 m από την επιφάνεια του εδάφους. Οι μετρήσεις γίνονταν κάθε δύο λεπτά και υπολογίζονταν ο μέσος όρος της θερμοκρασίας κάθε δέκα λεπτά. Για την συγκέντρωση και αποθήκευση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό σύστημα (Data logger) τύπου ΔΤ 3000. Οι μετρήσεις γίνονταν καθημερινά και για όλο το εικοσιτετράωρο, καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

#### 4.6. Επεξεργασία μετρήσεων

Από τις αποθηκευμένες μέσες τιμές δεκαλέπτου της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, υπολογίστηκε για κάθε βλαστό η μέση ημερήσια θερμοκρασία ( $T$ ), για κάθε φάση ανάπτυξης. Επακολούθησε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων κατά την οποία εξετάστηκε η σχέση διάρκειας ανάπτυξης με τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της φάσης, για όλες τις τάξεις βλαστών και για κάθε τάξη χωριστά.

Τέλος τα αποτελέσματα μας συγκρίθηκαν με αυτά που δίνονται από την εξίσωση που προτάθηκε από τους Jolivet et al., (1982), για διαφορετική ποικιλία και διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τη σχέση αυτή:

$$d=a+b(c-T)^2$$

όπου:  $d$  = η διάρκεια ανάπτυξης σε ημέρες  
 $T$  = μετρούμενη θερμοκρασία σε °C  
 $a$  = η ελάχιστη διάρκεια όταν  $T=c$   
 $b$  = συντελεστής καμπυλότητας, ημέρες °C<sup>-2</sup>  
 $c$  = η βέλτιστη θερμοκρασία  $T_{opt}$ , °C.

Η εξίσωση αυτή συσχετίζει την διάρκεια ανάπτυξης  $d$  με τη θερμοκρασία  $T$ . Με βάση τη θερμοκρασία αέρα του θερμοκηπίου, μπορεί να υπολογιστεί ο αριθμός των ημερών που απαιτούνται για να αναπτυχθεί ένας βλαστός. Οι Jolivet *et al.* βαθμονόμησαν αυτή τη σχέση για τη ποικιλία "Sonia" σε θερμοκρασίες από 15 έως 25 °C και προσδιόρισαν τις τιμές  $a = 9$  ημέρες,  $b = 0,359$  ημέρες °C<sup>-2</sup> και  $c = 22,7$  °C.

#### 4.7. Στατιστική ανάλυση

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός υπολογιστής και τα λογισμικά EXCEL και STATGRAPHICS.

Με τη χρήση του STATGRAPHICS υπολογίστηκαν οι συντελεστές της εξίσωσης  $a$  και  $b$ , ξεχωριστά για κάθε φάση και είδος βλαστού (Α, Β, Γ,Δ) και ομαδικά όλοι μαζί.

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της παλινδρόμησης (Regression). Με τη μέθοδο αυτή μελετήθηκε αν υπάρχει γραμμική συσχέτιση ή κάποιου άλλου είδους συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης των βλαστών και της θερμοκρασίας, κατά την διάρκεια των φάσεων 1 και 2.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1. Θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου την περίοδο των παρατηρήσεων

Οι μετρήσεις κλίματος και οι παρατηρήσεις της ανάπτυξης των βλαστών πραγματοποιήθηκαν την περίοδο από 28 Μαρτίου έως 21 Αυγούστου 1998. Η μέση θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ήταν  $26,5 \pm 6,5$  °C και κυμαινόταν μεταξύ 4,1 (ελάχιστη) και 39,0 °C (μέγιστη). Οι μηνιαίες μέσες, ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες για το ίδιο διάστημα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 3.** Μηνιαίες μέσες, ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου το διάστημα των παρατηρήσεων.

| Μήνας     | Θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό θερμοκηπίου, °C |          |         |
|-----------|--|----------|---------|
|           | Μέση   | Ελάχιστη | Μέγιστη |
| Απρίλιος  | 22,6   | 4,0      | 39,0    |
| Μάιος     | 22,0   | 10,0     | 39,0    |
| Ιούνιος   | 27,0   | 10,6     | 39,0    |
| Ιούλιος   | 27,8   | 17,7     | 39,0    |
| Αύγουστος | 27,6   | 16,1     | 39,0    |

### 5.2. Διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών

Η μέση διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών από το στάδιο 0 έως το στάδιο 2 ήταν  $31 \pm 6$  μέρες (Πίνακας 4). Οι βλαστοί Γ' και Δ' τάξεως φθάνουν στο στάδιο 2 γρηγορότερα ( $23 \pm 4$  και  $29 \pm 0$  μέρες αντίστοιχα) από τους βλαστούς Α' και Β' τάξης ( $33 \pm 4$  και  $36 \pm 7$  μέρες αντίστοιχα).

Η διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών στη φάση 0-1 δεν διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη τάξη τους. Για την ολοκλήρωση αυτής της φάσης (0-1) απαιτούνται κατά μέσο όρο  $6 \pm 3$  μέρες για όλους τους βλαστούς.

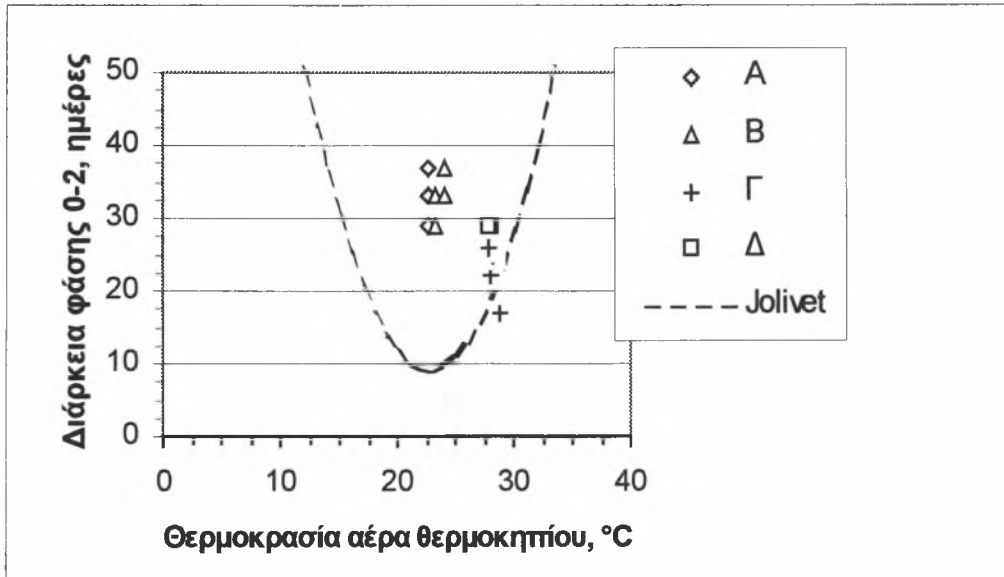
Πιο χρονοβόρα είναι η φάση 1-2. Για την ολοκλήρωσή της οι βλαστοί Α' και Β' τάξης χρειάστηκαν  $28 \pm 4$  και  $27 \pm 3$  μέρες αντίστοιχα. Την φάση αυτή ολοκλήρωσαν πιο γρήγορα οι βλαστοί Γ' τάξης ( $14 \pm 3$  μέρες), ενώ οι Δ' τάξης χρειάστηκαν  $22 \pm 1$  μέρες.

**Πίνακας 4.** Μέση διάρκεια ανάπτυξης των βλαστών Α', Β', Γ' και Δ' τάξεως σε κάθε φάση ανάπτυξης.

| Φάση ανάπτυξης | Διάρκεια ανάπτυξης βλαστών, σε ημέρες ( $\pm$ τυπική απόκλιση) |                |                |                |                |
|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | Α  | Β              | Γ              | Δ              | Α,Β,Γ και Δ    |
| Φάση 0-1       | 5 ( $\pm 2$ )  | 8 ( $\pm 5$ )  | 9 ( $\pm 2$ )  | 8 ( $\pm 1$ )  | 6 ( $\pm 3$ )  |
| Φάση 1-2       | 28 ( $\pm 4$ )   | 27 ( $\pm 3$ ) | 14 ( $\pm 3$ ) | 22 ( $\pm 1$ ) | 24 ( $\pm 6$ ) |
| Φάση 0-2       | 33 ( $\pm 4$ )   | 36 ( $\pm 7$ ) | 23 ( $\pm 4$ ) | 29 ( $\pm 0$ ) | 31 ( $\pm 6$ ) |

### 5.3. Σχέση διάρκειας ανάπτυξης και θερμοκρασίας

Στο διάγραμμα του σχήματος 3, παρουσιάζονται οι διάρκειες της φάσης 0-2 για κάθε βλαστό που μελετήθηκε, σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία που επικρατούσε στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της φάσης. Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζονται (διακεκομμένη γραμμή) οι διάρκειες ανάπτυξης που υπολογίστηκαν εφαρμόζοντας στην εξίσωση του Jolivet τις μέσες τιμές θερμοκρασίας που καταγράφηκαν.



**Σχήμα 3.** Σχέση θερμοκρασίας διάρκειας ανάπτυξης για κάθε τάξη βλαστών, A, B, Γ και Δ. Σύγκριση με τις εκτιμήσεις του προσομοιώματος των Jolivet *et al.* (1982).

**ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ**  
**ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

#### 6.1. Συνθήκες ανάπτυξης

Την περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις ανάπτυξης των βλαστών Α' και Β' τάξης (άνοιξη), η μέση θερμοκρασία στο θερμοκήπιο ήταν πολύ κοντά στην βέλτιστη θερμοκρασία (22,7 °C) που προσδιόρισαν πειραματικά οι Jolivet *et al.* (1982).

Οι παρατηρήσεις στους βλαστούς Γ' και Δ' τάξης πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι, όπου η μέση θερμοκρασία στο θερμοκήπιο ήταν της τάξεως των 27-28 °C.

Οι μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου που λαμβάνονταν στην αρχή των παρατηρήσεων δεν ήταν αξιόπιστες λόγω σφάλματος στην βαθμονόμηση του οργάνου. Όμως, δεδομένου ότι στις αρχές Ιουνίου το θερμοκήπιο σκιάστηκε με επίστρωση με διάλυμα CaCO<sub>3</sub>, η ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου τις δύο περιόδους, άνοιξη - καλοκαίρι, δεν διέφερε σημαντικά.

Η σχετική υγρασία του αέρα του θερμοκηπίου διατηρούνταν σε βέλτιστο επίπεδο με το σύστημα καταιονισμού νερού (fog system) καθόλη τη διάρκεια των παρατηρήσεων.

#### 6.2. Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη

Τα αποτελέσματα του σχήματος 2, δείχνουν ότι η σχέση μεταξύ διάρκειας ανάπτυξης και θερμοκρασίας των Jolivet *et al.* (1982) προσεγγίζει ικανοποιητικά τις διάρκειες ανάπτυξης που παρατηρήθηκαν στους βλαστούς Γ' και Δ' τάξης. Αντίθετα οι προβλεπόμενες από το προσομοίωμα διάρκειες ανάπτυξης για τις τιμές θερμοκρασίας που επικράτησαν την περίοδο ανάπτυξης των βλαστών Α' και Β' τάξης (22,7 °C) είναι πολύ πιο σύντομες (9-10 ημέρες) από αυτές που παρατηρήθηκαν (30-40 ημέρες).

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν στην παρούσα εργασία δεν επιτρέπουν την αναζήτηση νέας μαθηματικής σχέσης μεταξύ διάρκειας ανάπτυξης και θερμοκρασίας. Η ζώνη μέσων τιμών θερμοκρασίας που επικράτησαν στο θερμοκήπιο ήταν αφενός πολύ στενή (22 έως 35 °C) και αφετέρου ήταν μετά το σημείο αλλαγής κλίσης της καμπύλης που πρότειναν οι Jolivet *et al.*.

Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας φαίνεται να επιβεβαιώνουν την ισχύ της σχέσης των Jolivet *et al.* στην περίπτωση των βλαστών Γ' και Δ' τάξης και για θερμοκρασίες ανώτερες από αυτές στις οποίες είχε βαθμονομηθεί η σχέση (μεταξύ 15 °C και 25 °C). Η απουσία όμως παρατηρήσεων ανάπτυξης στη ζώνη 15 έως 25 °C δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων για την αξιοπιστία της προτεινόμενης σχέσης για τους βλαστούς Γ' και Δ' τάξης σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών που απαντώνται στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια μιας ετήσιας καλλιέργειας.

#### 6.3. Προοπτικές

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν αλλά και η εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια του πειραματικού και αναλυτικού μέρους αυτής της εργασίας ήταν πολύ σημαντικές. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την καταλληλότητα των διαθέσιμων σχέσεων θερμοκρασίας - ανάπτυξης για τη ρύθμιση του κλίματος και τον προγραμματισμό της παραγωγής, προτείνονται τα εξής:

- συμπλήρωση των δεδομένων με τη διενέργεια παρατηρήσεων ανάπτυξης σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών
- πραγματοποίηση παρατηρήσεων ανάπτυξης καθημερινά και όχι σε τακτά χρονικά διαστήματα όπως στην παρούσα εργασία.
- ανάπτυξη θεωρητικού προσομοιώματος για την πρόβλεψη της παραγωγικότητας της καλλιέργειας, που να ενσωματώνει τη σχέση θερμοκρασίας - ανάπτυξης, έτσι ώστε να διερευνηθεί η ευαισθησία του της προβλεπόμενης παραγωγής ως προς τους συντελεστές της σχέσης αυτής και να καθοριστεί η απαιτούμενη ακρίβεια στην εκτίμησή τους

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amthor, J.S., 1989. Respiration and crop productivity. Springer-Verlag, New York.
- Angus, J.F., Mackenzie, D.H., Morton, R. and Schafer, C.A., 1981. Phasic development in field crops. II. Thermal and photoperiodic responses of spring wheat. *Field Crops Res.*, 4: 269-283.
- Armitage, A.M. and Tsujita, M.J., 1979. The effect of nitrogen concentration and supplemental light on the growth and quality of 'Caliente' roses. *HortScience*, 14: 614-615.
- Bauer, A., Frank, A.B. and Black, A.L., 1984. Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. *Agron. J.*, 76: 829-825.
- Berninger, E., 1992. Etude du comportement de differents genotypes de serre (*Rosa hybrida*) propages par bouturage. II. Duree des phases du development du cultivar Sonia en conditions artificielles d'eciairement et de temperature. *Agronomy*, 12:331-340.
- Berninger, E., 1994. Development rate of young greenhouse rose plants (*Rosa hybrida*) rooted from cuttings in relation to temperature and irradiance. *Sci. Hortic.* 58: 235-251.
- Byrne, T.G., Doss, R.P. and Tse, A.T.Y., 1978. Flower and shoot development in greenhouses roses 'Cara Mia' and 'Town Crier' under several temperature-photoperiodic regimes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 103: 500-502.
- Carpenter, W.J. and Anderson, G.A., 1972. High intensity supplementary lighting increases yields of greenhouse roses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 97: 331-334.
- Carpenter, W.J., Rodrigueuz, R.C. and Carlson, W.H., 1972. Effect of daylight on the growth and flowering of roses (*Rosa X hybrida*). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 97: 135-138.
- Γεωργική Τεχνολογία. Θερμοκήπια '96. Οκτώβριος '96, pp. 76.
- Coker, F.A. and Hanan, J.J., 1988. The effect of 'Samantha' roses. *Colo. State Univ. Res. Bull.*, 455:1-5.
- Cook, R.T.A., 1981. Overwintering of *Diplocarpon rosae* at Wisley. *Transactions of the British Mycological Society*, 77, 549-556.
- Cross, H.Z. and Zuber, M.S., 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agron. J.*, 64: 351-355.
- Enoch, H.Z and Ziesling, N. 1988. Growth and development of plants in response to carbon dioxide concentrations. *Applied Agricultural Research* 3, pp. 248-256.
- Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρία, 1998. Οδηγός αντιμετώπισης ασθενειών των φυτών. Εκδόσεις Α. Σταμουλής. Αθήνα. pp. 380-387.
- Gilmore, E.C. and Rogers, J.S., 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.*, 50: 611-615.
- Hopper, D.A. and Hammer, P.A., 1991. Regression models describing *Rosa hybrida* response to day/night temperature and photosynthetic photon flux. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 116: 609-617.

- Hopper, D.A., Hammer, P.A. and Wilson J.R., 1994. A simulation model of *Rosa hybrida* growth response to constant irradiance and day and night temperatures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 119: 903-914.
- Jolivet, E., Lebreton, J.D., Miller, C., Pave, A. and Vila, J.P., 1982. Modules dynamiques deterministes en biologie. Masson, Paris, pp.208.
- Katz, Y.H., 1952. The relationship between heat unit and the planting and harvesting of canning peas. *Agron. J.*, 44: 74-78.
- Κίττας, Κ., 1993. Γεωργικές κατασκευές και έλεγχος περιβάλλοντος μονάδων φυτικής παραγωγής. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, pp. 4-5.
- Larsen, R., 1988. A dynamic model for prediction of developmental rate of the pot *Senecio X hybridus* Hyl. Report 53. Dept. Hortic. Sci. Swedish Univ. of Agric. Sci., Alnarp.
- Λόλας, Π., 1996. Σημειώσεις φυσιολογίας φυτών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, pp. 119-125.
- Malais, M. and Ravensberg, W.J., 1995. Γνωρίζοντας και αναγνωρίζοντας. Η βιολογία των εχθρών των θερμοκηπίων και των φυσικών εχθρών τους. Koppert Biological Systems, pp. 13, 21, 37.
- Μαλούπα, Ε., 1997. Πανεπιστημιακές παραδόσεις ανθοκομίας και αρχιτεκτονικής τοπίου. Βόλος, pp. 20-25.
- Masle, J., Doussnault G., Farquhar, G.D. and Sun, B., 1989. Foliar stage in wheat correlates better to photothermal time than to thermal time. *Plant Cell Environ.*, 12: 235-247.
- Μαυρογιανόπουλος, Γ.Ν., 1994. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Α. Σταμουλής. Αθήνα, pp. 28-85.
- Μαυρογιανόπουλος, Γ.Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα. Εκδόσεις Α. Σταμουλής. Αθήνα, pp. 107-110.
- Moe, R. and Kristoffersen, T., 1969. The effect of temperature and light on growth and flowering of *rosa* 'Baccara' in greenhouses. *Acta Hortic.*, 14: 157-166.
- Moe, R., 1972. Effect of daylength, light intensity, and temperature on growth and flowering in roses. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 97: 796-800.
- Moe, R., 1988. Growth and flowering in roses. *Acta Hortic.*, 218: 121-130.
- Nuttonson, M.Y., 1948. Some preliminary observations of phenological data as a tool in the study of photoperiodic and thermal requirements of various plant material. In: A.E. Murneek and R.O. Whyte (Editors), *Vernalization and Photoperiodism: A Symposium*. Chronika Botanica, Waltham, MA, pp. 129-143.
- Οικονόμου, Α., 1995. Πανεπιστημιακές σημειώσεις ανθοκομίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη, pp.1-17.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ., 1997. Ασθένειες Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Εκδόσεις Α. Σταμουλής. Αθήνα, pp. 380-391.
- Παπαδόπουλος, Γ., 1995. Υδροπονία, καλλιέργεια σε υποστρώματα. pp. 10-11.

- Pasian, C.C. and Lieth, J.H., 1994. Prediction of flowering rose shoot development based on air temperature and thermal units. *Sci. Hortic.* 59: 131-145.
- Shanks, J.B., McArdle, A.J., Osnos, G.D. and Mityga, H.G., 1986. Greenhouse rose production with split night temperatures. *J. Am Soc. Hortic. Sci.*, 21: 419-423.
- Smith, I.M., Dunez, J., Lelliott, R.A., Philips, D.H. and Archer, S.A, (Editors). 1997. *European Handbook of Plant Diseases*. Blackwell Scientific Publications, pp. 269, 449.
- Tammen, J.F., 1973. Rose powdery mildew studied for epidemics. *Science in Agriculture* 20,10.
- Van den Berg, G.A., 1987. Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower bud atrophy and winter production of glasshouse roses. Ph.D. Thesis, Landbouwniversiteit te Wageningen, Wageningen, The Netherlands, 170 pp.
- Wang, J.Y., 1960. A critique of the heat unit approach to plant responses studies. *Ecology*, 41: 785-790.
- Wheeler, B.E.J., 1973. Research on rose powdery mildew at Imperial College. *Journal of the Royal Horticultural Society*, 98: 225-230.
- White, J.W. and Warrington, I.J., 1988. Temperature and light integral effects on growth and flowering of hybrid geraniums. *J. Am. Hortic. Sci.*, 113: 354-359.
- Zieslin, N. and Halevy, A.H., 1975. Flower bud atrophy in 'Baccara' roses. *Sci. Hortic.*, 3: 209-216, 383-391.
- Zieslin, N., Khayat, E. and Mor, Y., 1987. The response of rose plants to different night temperature regimes. *J. Am. Hortic. Sci.*, 112: 86-89.

