

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΥ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΔΡΟΛΙΑ ΕΙΡΗΝΗ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ - ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ

ΒΟΛΟΣ 2002

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΥ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΔΡΟΛΙΑ ΕΙΡΗΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΙΤΤΑΣ - ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΑΛΕΖΙΟΣ - ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΠΕΤΡΟΣ ΛΟΛΑΣ - ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2002



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

Αριθ. Εισ.: 57/1
Ημερ. Εισ.: 28-08-2003
Δωρεά:
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2002
ΔΡΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070115

*Στους γονείς μου, Γεώργιο και Χαρίκλεια
και στις αδελφές μου Ζωή και Γιάννα.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
Εισαγωγή.....	4
Μέρος Ι – Θεωρητικό μέρος	6
Κεφάλαιο 1.....	7
1.1. Ο ρόλος του θερμοκηπίου.....	7
1.2. Το θερμοκήπιο και η χρησιμότητά του.....	8
1.3. Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις.....	9
Κεφάλαιο 2.....	11
2.1. Υδροπονία.....	11
2.2. Συστήματα υδροπονίας.....	12
2.3. Προβλήματα στην ανάπτυξη και διάδοση της υδροπονίας.....	14
Κεφάλαιο 3.....	15
3.1. Η καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς.....	15
3.2. Απαιτήσεις τριανταφυλλιάς.....	16
3.3. Τριανταφυλλιά και υδροπονία.....	17
3.5. Διαμόρφωση σχήματος φυτών.....	18
Κεφάλαιο 4.....	20
4.1. Το φυτό και η συμπεριφορά του στο θερμοκήπιο.	21
4.2. Η φωτοσύνθεση.....	21
4.2.α. Μηχανισμός της φωτοσύνθεσης.....	23
4.2.β. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την φωτοσύνθεση.....	23
4.3. Προσομοίωση φωτοσύνθεσης.....	32
Κεφάλαιο 5: Στόχος	33

Μέρος II- Πειραματικό μέρος	35
Κεφάλαιο 6: Υλικά και μέθοδοι	36
6.1. Το θερμοκήπιο.....	36
6.2. Περιγραφή καλλιέργειας	37
6.3. Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα.....	38
6.4. Σχεδιασμός πειράματος.....	40
6.5. Προσδιορισμός φωτοσύνθεσης και διαπνοής με την συσκευή Ciras 1.....	42
6.5.α. Περιγραφή – αρχή λειτουργίας της φορητής συσκευής μέτρησης Ciras 1.....	42
6.5.β. Υπολογισμοί συσκευής.....	44
Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα.....	46
7.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων	46
7.2. Αποτελέσματα για τον μήνα Ιούλιο.....	47
7.2.α Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για τον μήνα Ιούλιο.....	51
7.2.β. Κατανομή των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, στα τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας, τον μήνα Ιούλιο.....	59
7.3. Αποτελέσματα για τον μήνα Σεπτέμβριο.....	62
7.3.α Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για τον μήνα Σεπτέμβριο	64
7.3.β. Κατανομή των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, στα τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας, τον μήνα Σεπτέμβριο.....	66
7.4. Αποτελέσματα για τον μήνα Οκτώβριο.....	67
7.4.α. Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για τον μήνα Οκτώβριο.....	68
7.5. Συσχέτιση φωτοσύνθεσης και ακτινοβολίας.....	69
7.6. Επίδραση θερμοκρασίας στη φωτοσύνθεση	70
7.7. Μοντέλο φωτοσύνθεσης	71
Κεφάλαιο 8: Αποτελέσματα –Συζήτηση.....	73
8.1. Φωτοσύνθεση	73
8.2. Ακτινοβολία	74

8.3. Θερμοκρασία.....	74
8.4. Μοντέλο φωτοσύνθεσης	75
8.5. Προοπτικές	75
Παράρτημα	76
Βιβλιογραφία	77

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου διατριβής που θα σηματοδοτήσει και το τέλος των σπουδών μου στο τμήμα της Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, οφείλω να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον Κο Κωνσταντίνο Κίττα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας.

Πρωταρχικά, θέλω να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το γνωστικό αντικείμενο των Γεωργικών Κατασκευών. Ιδιαίτερα, όμως, τον ευχαριστώ γιατί καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων, και κυρίως στα διάφορα τεχνικά προβλήματα που υπήρξαν, με στήριξε και με ενθάρρυνε όχι μόνο ως καθηγητής αλλά και ως άνθρωπος. Βέβαια δεν πρέπει να παραλείψω ότι η βοήθεια και η καθοδήγηση του στην συγγραφή της παρούσας εργασίας ήταν καθοριστική.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον Κο Πέτρο Λόλα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας, και τον Κο Νικόλαο Δαλέζιο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας για τον χρόνο που αφιέρωσαν να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Νικόλαο Κατσούλα, Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την επιστημονική καθοδήγησή του στην αρτιότερη οργάνωση του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και ιδιαίτερα τον Κο Χρήστο Λύκα, Υποψήφιο Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, την Κα Χριστίνα Παπαϊωάννου, Καθηγήτρια εφαρμογών στα Τ.Ε.Ι Λάρισας καθώς και τον Ντάνι Ελομπέιντ, μεταπτυχιακό φοιτητή στο Τμήμα Φυτικής παραγωγής για την πολύτιμη βοήθειά τους στην συγγραφή της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στη χώρα μας βρίσκονται σε συνεχή αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της δυνατότητας που παρέχουν στην τροποποίηση και ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος, που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών

Οι καλλιέργειες που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια είναι κατά κύριο λόγο λαχανοκομικές και ανθοκομικές και η καλλιέργειά τους στην πλειοψηφία των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων γίνεται στο φυσικό τους έδαφος. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο αρχίζει να εφαρμόζεται η υδροπονική καλλιέργεια, δηλαδή η καλλιέργεια εκτός εδάφους, όπου η θρέψη των φυτών βασίζεται στη χρήση θρεπτικού διαλύματος.

Η παρούσα πτυχιική διατριβή πραγματεύεται με μια από τις σπουδαιότερες καλλιέργειες δρεπτών ανθέων, την τριανταφυλλιά. Η καλλιέργεια αυτή ήταν εγκατεστημένη σε σύστημα ανοιχτού υδροπονικού συστήματος, σε γυάλινο θερμοκήπιο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο και ήταν διαμορφωμένη με την νέα τεχνική διαμόρφωσης σχήματος, την 'Shoot bending' ή τεχνική της έρπουσας καλλιέργειας, η οποία έχει αποδειχθεί ότι επιτυγχάνει μεγαλύτερες αποδόσεις και κυρίως καλύτερη ποιότητα ανθικών στελεχών. Αυτή η νέα τεχνική συνίσταται στο λύγισμα των βλαστών, που κρίνεται ότι δεν θα δώσουν αξιόλογης ποιότητας ανθικά στελέχη.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η εκτίμηση της συμβολής των λυγισμένων βλαστών στην φωτοσύνθεση της καλλιέργειας, συγκριτικά με τους όρθιους βλαστούς. Προκειμένου να γίνει αυτό μετρήθηκε ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης, η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο φύλλο, η θερμοκρασία αέρα και η θερμοκρασία φύλλου, στα διάφορα επίπεδα της καλλιέργειας.

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2001. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν φύλλα σε διάφορα επίπεδα όρθιων βλαστών (επίπεδα Α, Β, Γ) και φύλλα στα επίπεδα των λυγισμένων βλαστών (επίπεδο Δ). Η λήψη των μετρήσεων έγινε με όργανο φωτοσύνθεσης, το Ciras 1.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ρυθμός φωτοσύνθεσης στα διάφορα επίπεδα της καλλιέργειας, όρθιοι, λυγισμένοι (bending) βλαστοί, δεν παρουσίασε στατιστικές σημαντικές διαφορές. Επομένως, οι λυγισμένοι βλαστοί προσέφεραν ακόμα στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς, και δεν χρειαζόταν να απομακρυνθούν από το φυτό.

Χρήσιμο βέβαια θα ήταν για την ορθή εφαρμογή της νέας τεχνικής να προσδιοριστεί ο αριθμός των βλαστών που πρέπει να λυγίζονται και το χρονικό διάστημα που συνεισφέρουν δυναμικά στην παραγωγή.

Μέσα στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ένας επιπλέον στόχος ήταν η επαλήθευση ενός μαθηματικού προσομοιώματος της φωτοσύνθεσης συναρτήσει της ακτινοβολίας (Thornley, 1976), στα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας. Οι μετρήσεις που έγιναν επέτρεψαν την ανάλυση του μοντέλου στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς και κατέληξαν στο ότι αυτό παρουσιάζει ατέλειες. Οι ατέλειες αυτές θα μπορούσαν να αποδοθούν στον συντελεστή α , που θεωρήθηκε ίσος με 0,045 από βιβλιογραφία (R.P.Gutierrez et al, 2000). Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η βαθμονόμηση του μοντέλου με νέες πειραματικές μετρήσεις.

Οι μετρήσεις που ελήφθησαν επέτρεψαν ακόμα την διερεύνηση κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας στα διάφορα επίπεδα της καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φύλλα του επιπέδου Α δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία από τα φύλλα στα υπόλοιπα επίπεδα της καλλιέργειας, πιθανόν λόγω της μικρότερης σκίασης που είχαν. Τα επίπεδα Β και Γ δέχονταν περίπου την ίδια ακτινοβολία, αλλά λιγότερη από το επίπεδο Α, επειδή προφανώς η σκίαση ήταν μεγαλύτερη λόγω των υπερκείμενων φύλλων. Το επίπεδο των λυγισμένων βλαστών δεχόταν περισσότερη ακτινοβολία από τα επίπεδα Β και Γ, γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί στην οριζόντια διάταξη των λυγισμένων βλαστών, που τους επιτρέπει να βγαίνουν έξω από τον κυρίως σκελετό του φυτού και να δέχονται την ακτινοβολία χωρίς εμπόδια.

Όσον αφορά τις μετρήσεις θερμοκρασίας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φύλλα στο επίπεδο Α είχαν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα φύλλα στα άλλα επίπεδα της καλλιέργειας. Στα φύλλα του Β επιπέδου η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη από τα φύλλα στο Γ επίπεδο και στο επίπεδο των λυγισμένων βλαστών. Από την άλλη πλευρά, τα φύλλα των λυγισμένων βλαστών είχαν υψηλότερη θερμοκρασία από τα φύλλα του Γ επιπέδου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση τα τελευταία χρόνια φρέσκων λαχανικών και ανθέων κατά τη διάρκεια όλου του έτους είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ενδιαφέροντος για καλλιέργειες υπό κάλυψη. Τα θερμοκήπια, που παρέχουν τη δυνατότητα καλλιέργειας υπό κάλυψη, έχουν αναπτυχθεί και βελτιωθεί σημαντικά εδώ και αρκετό καιρό. Ειδικά τα τελευταία χρόνια, οι προσπάθειες για περαιτέρω βελτίωση οδήγησαν στην εισαγωγή νέων υλικών κάλυψης, νέων μεθόδων κλιματισμού καθώς επίσης και στη χρήση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο χώρο των θερμοκηπίων. Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν η κατασκευή θερμοκηπίων με χαρακτηριστικά που μπορούν να ανταποκριθούν στις ιδιαίτερες απαιτήσεις της κάθε περιοχής και καλλιέργειας.

Μια από τις σπουδαιότερες ανθοκομικές καλλιέργειες που φιλοξενείται κατά κόρον στα θερμοκήπια είναι η τριανταφυλλιά. Ο σπουδαιότερος στόχος ενός καλλιεργητή τριανταφυλλιάς είναι η αύξηση της ποσότητας και η βελτίωση της ποιότητας παραγωγής,, έτσι έγιναν πολλές προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση.

Στην καλλιέργεια τριανταφυλλιάς για κομμένο άνθος σημαντικό ρόλο παίζουν οι λαίμαργοι βλαστοί που εκπύσσονται από τη βάση του φυτού (Havelly, 1986). Σε αντίθεση με άλλες καλλιέργειες, στην τριανταφυλλιά οι βλαστοί αυτοί είναι επιθυμητοί γιατί αποτελούν παράγοντα ανανέωσης του φυτού (Khayat & Zieslin 1982) και δημιουργίας μακρυστέλεχων ισχυρών ανθέων. Μέσα από τις προσπάθειες που έγιναν για την αύξηση του αριθμού των λαίμαργων (Faber & White 1977) αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια μια νέα τεχνική καλλιέργειας, η 'Shoot bending'. Χαρακτηριστικό της νέας αυτής τεχνικής είναι το γεγονός ότι η καλλιέργεια ξεκινάει με φυτά που προήλθαν από εμβολιασμό τύπου 'stenting' (εμβολιασμός και ριζοβολία ταυτόχρονα) (Pol van de & Breukelaar 1982). Ο βλαστός που θα προέλθει από τον οφθαλμό του εμβολίου αφήνεται να αναπτυχθεί ελεύθερα έως ότου σχηματίσει ανθοφόρο οφθαλμό στην κορυφή του. Τότε γίνεται αφαίρεση του επάκριου αυτού οφθαλμού. Η ίδια τακτική ακολουθείται και για τους πλάγιους βλαστούς που εκπύσσονται μετά το τσίμπημα. Συγχρόνως γίνεται λύγισμα του κεντρικού στελέχους σε οριζόντια θέση, αυτό έχει ως συνέπεια την έκπτυξη λαίμαργων από τη βάση του φυτού που καταλήγουν σε άνθη.

Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια για την αποδοτικότητα της νέας τεχνικής βρέθηκε ότι με αυτή επιτυγχάνεται αύξηση της

φυλλικής επιφάνειας του φυτού και υψηλότερη παραγωγή υδρογονανθράκων, (Pien H, 2001), καθώς και ότι οι λυγισμένοι βλαστοί συνεισφέρουν σημαντικά στην καθαρή φωτοσύνθεση της καλλιέργειας (R.P.Gutierrez et al,2000).

Στην συγκεκριμένη εργασία στόχος είναι η εκτίμηση της συνεισφοράς των λυγισμένων βλαστών στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών, σε υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς διαμορφωμένης με την τεχνική 'Bending', και ο προσδιορισμός του σταδίου απομάκρυνσής τους από το φυτό. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός ελήφθησαν μετρήσεις ρυθμού καθαρής φωτοσύνθεσης, ακτινοβολίας, θερμοκρασίας αέρα και θερμοκρασίας φύλλου.

Κατά την συγγραφή της η συγκεκριμένη εργασία χωρίστηκε σε δύο μέρη : Μέρος I, θεωρητικό μέρος και Μέρος II, πειραματικό μέρος. Στο πρώτο μέρος γίνεται μια σύντομη αναφορά στη βιβλιογραφία σχετικά με τις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, την υδροπονία, την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς, την φυσιολογική λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας, τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν, η ανάλυση και συζήτηση των συμπερασμάτων και τέλος παρατίθενται κάποιες προοπτικές για συνέχιση της εργασίας.

ΜΕΡΟΣ Ι

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.

Μετά το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου έλαβαν χώρα σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές μεταβολές στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, καθώς και στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μια δημογραφική έκρηξη, συνοδευόμενη από μια συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση του πληθυσμού. Η συγκέντρωση αυτή του κόσμου στα αστικά κέντρα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης κηπευτικών προϊόντων, λόγω αδυναμίας παραγωγής και αυτοκατανάλωσης, όπως συνηθιζόταν σε επαρχιακές και αγροτικές περιοχές. Επιπρόσθετα, η απομάκρυνση του ανθρώπου από το φυσικό περιβάλλον δημιούργησε την ανάγκη διακόσμησης της αστικής κατοικίας με καλλωπιστικά φυτά.

Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές ακόμα και στις διαιτητικές συνήθειες, που εκδηλώθηκαν με μια στροφή ενός μεγάλου μέρους του πληθυσμού στην κατανάλωση τροφών χωρίς πολλές θερμίδες, αλλά πλούσιων σε βιταμίνες και άλατα, με απώτερη συνέπεια την αύξηση της ζήτησης λαχανικών και φρούτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε όλες αυτές τις αλλαγές έρχεται να προστεθεί και η σημαντική βελτίωση του βιοτικού επιπέδου στη χώρα μας, που είχε ως συνέπεια τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση προϊόντων και ιδιαίτερα των προϊόντων με την καλύτερη ποιότητα και εμφάνιση. Οι εισαγωγές ή οι αποθηκεύσεις, που μπορούσαν να γίνουν χάρη στις διάφορες τεχνικές διατήρησης που προσφέρει η τεχνολογία τροφίμων, δεν μπόρεσαν να δώσουν παρά μόνο μερικές λύσεις στο πρόβλημα τροφοδοσίας της αγοράς, σε εποχές έξω από τις περιόδους παραγωγής "ελεύθερου αγρού". Έτσι, έγινε επιτακτική η ανάγκη να βρεθούν άλλα μέσα με τα οποία να υπάρχει η δυνατότητα μαζικής παραγωγής προϊόντων για όλη τη διάρκεια του έτους σε σταθερή ποιότητα. Στη πραγματοποίηση αυτών των στόχων ήρθε να συνεισφέρει αποτελεσματικά το θερμοκήπιο.

1.2 ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ.

Το θερμοκήπιο δεν πρέπει να θεωρηθεί απλά ως μια κατασκευή που επιτρέπει την παραγωγή “εκτός εποχής”, αλλά κυρίως ως ένα μέσο σημαντικής αύξησης της παραγωγικότητας του συστήματος ‘άνθρωπος- υλικά μέσα- έδαφος- φυτό- κλίμα’ και ως ένα μέσο που επιτρέπει την αύξηση των αποδόσεων, ανά μονάδα ‘εδάφους- χρόνου’, σε επίπεδα πολύ υψηλότερα από τον ελεύθερο αγρό.

Πιο απλά το θερμοκήπιο είναι μια κατασκευή η οποία καλύπτεται με διαφανές υλικό, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος όσο το δυνατόν περισσότερου φυσικού φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη των φυτών. Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι θερμαινόμενα ή μη. Διαφέρουν από άλλες παρόμοιες κατασκευές, όπως π.χ τα χαμηλά σκέπαστρα, τα σπορεία και τα θερμοσπορεία, στο ότι είναι αρκετά υψηλά, έτσι ώστε να μπορεί ο άνθρωπος να εργάζεται μέσα σ’αυτά.

Ο κύριος λόγος της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η δυνατότητα που παρέχουν στην τροποποίηση ή ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος, που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Με την καλύτερη ρύθμιση του περιβάλλοντος των φυτών η παραγωγή μπορεί να αυξηθεί ποσοτικά. Επιπλέον, η παραγωγή μπορεί να προγραμματιστεί χρονικά, ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν. Σημαντικό είναι ακόμα ότι με την προστασία που προσφέρει το θερμοκήπιο από τα αντίξοα καιρικά φαινόμενα, η παραγωγή μπορεί να βελτιωθεί ποιοτικά.

Ειδικότερα με το θερμοκήπιο αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι, χαλάζι, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται, αλλά οπωσδήποτε δεν εξαλείφονται, οι ζημιές από εχθρούς και ασθένειες. Σημαντικό είναι ακόμα ότι ανάλογα με τον εξοπλισμό που διαθέτουν, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος, όπως της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα.

Ωστόσο, ένα σύγχρονο θερμοκήπιο δεν αρκεί μόνο να προσφέρει τη δυνατότητα για τη δημιουργία και διατήρηση του ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, αλλά θα πρέπει να παρέχει και τη δυνατότητα κάθε φορά, για την παραγωγή φυτικών προϊόντων με το μικρότερο δυνατό κόστος. Για την επίτευξη λοιπόν των παραπάνω απαιτείται σωστή κατασκευή, κατάλληλος εξοπλισμός και

κυρίως καλλιεργητής, που θα είναι ικανός να καταναίμει και να χειριστεί τα διαθέσιμα εφόδια κατάλληλα.

1.3 ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η έκταση που καταλάμβαναν παγκοσμίως οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις το 2001 ήταν 8.500.000 στρέμματα.

Στην Ιαπωνία οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις κατείχαν 450.000 στρέμματα, στην Ισπανία 575.000 στρέμματα, στην Ιταλία 285.000 στρέμματα και στην Ολλανδία 110.000 στρέμματα, (Μαυρογιανόπουλος, 2001).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν 1.200.000 στρέμματα θερμοκηπίων, από τα οποία τα υαλόφρακτα καταλαμβάνουν 300.000 στρέμματα και τα πλαστικής κάλυψης 900.000 στρέμματα, (Μαυρογιανόπουλος, 2001).

Σήμερα στην Ελλάδα ο κλάδος των θερμοκηπίων αποτελεί έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της γεωργίας, παρόλο ότι ο μεγάλος όγκος των θερμοκηπίων τεχνολογικά βρίσκεται ακόμα σε χαμηλό επίπεδο. Η εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικό κάλυψης. Αργότερα δημιουργήθηκαν και αρκετές βιοτεχνίες κατασκευής θερμοκηπίων, οι οποίες βελτίωσαν σημαντικά τις κατασκευές. Έτσι, παρατηρήθηκε μια σημαντική ανάπτυξη των θερμοκηπίων, τα οποία έφθασαν στα 43.564 στρέμματα το 1999. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιεργειών.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συντέλεσαν στην αύξηση των θερμοκηπιακών μονάδων στην χώρα μας είναι οι ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες, καθώς και η γεωργική πολιτική του κράτους, που ενθάρρυνε την προώθησή τους, με τη θέσπιση οικονομικών κινήτρων.

Επιπρόσθετα, το θερμοκήπιο παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης στους κόλπους της γεωργίας του πληθυσμού εκείνου, που έχει στην κατοχή του μικρή έκταση εδάφους. Σημαντικό είναι ακόμα ότι αξιοποιεί πολλά εργατικά χέρια, εφόσον ασχολείται κατά κύριο λόγο με εντατικές καλλιέργειες.

Βέβαια για να γίνει δυνατή η περαιτέρω βελτίωση αυτής της παραγωγικής δραστηριότητας, υπάρχει μεγάλη ανάγκη τεχνικής υποστήριξης των θερμοκηπιακών μονάδων, διότι η παραγωγή τους βασίζεται σε ανεπτυγμένες τεχνολογικά μεθόδους

και ο εντατικός ρυθμός καλλιέργειας απαιτεί άμεσες λύσεις που δεν επιδέχονται καθυστερήσεις.

Περιοχές Χώρας	Κηπευτικά				Ανθοκομικά			
	Πλα- στικά	Υαλό- φρακτα	Σύνολο	Ποσοστό (%)	Πλα- στικά	Υαλό- φρακτα	Σύνολο	Ποσοστό (%)
Κρήτη	16.589	121	16.710	41,78	696	94	790	22,14
Πελοπόννησος	7.608	27	7.635	19,09	186	244	430	12,05
Κεντρική Μακεδονία	7.034	0	7.034	17,59	191	150	341	9,56
Λουπές περιοχές	8.452	165	8.617	21,54	995	1.012	2.007	56,25
Σύνολο χώρας	39.683	313	39.996	100,00	2.068	1.500	3.568	100,00
Ποσοστό %	99,2	0,8	100		57,9	42,1	100	

Πίνακας 1: Γεωγραφική κατανομή των εγκατεστημένων στη χώρα μας θερμοκηπίων και καλλιεργειών. (Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας για το έτος 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1.ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στη χώρα μας, η καλλιέργεια των κηπευτικών φυτών και των δρεπτών ανθέων γίνεται, κατά κύριο λόγο, στο φυσικό τους έδαφος ή σε βελτιωμένο με προσθήκη οργανικής ουσίας. Τα τελευταία, ωστόσο, χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται και μια άλλη μέθοδος καλλιέργειας η υδροπονία. Στη μέθοδο αυτή καλλιέργειας η καλλιέργεια των φυτών γίνεται εκτός εδάφους, σε διάφορα υποστρώματα, όπως περλίτη, βερμικουλίτη, πετροβάμβακα, τύρφη και η θρέψη τους βασίζεται στη χρήση θρεπτικού διαλύματος.

Η υδροπονία, γενικά, προσφέρει νέες τεχνικές ανάπτυξης των φυτών και δίνει τη δυνατότητα υψηλής παραγωγής προϊόντων καλής ποιότητας, ιδιαίτερα σε περιοχές που το έδαφος δεν είναι κατάλληλο για το συνήθη τρόπο καλλιέργειας. Στην καλλιέργεια φυτών στο έδαφος σημαντικό πρόβλημα είναι με ποιον τρόπο θα πετύχουμε άφθονο οξυγόνο στη ρίζα και ταυτόχρονα άφθονο νερό, που να έχει διαλυμένα όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Με την εφαρμογή όμως της υδροπονίας το πρόβλημα αυτό ξεπερνιέται εύκολα.

Άλλα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου καλλιέργειας είναι :

- Εξαφανίζει το πρόβλημα ασθενειών εδάφους.
- Εξοικονομεί νερό και θρεπτικά στοιχεία.
- Αυτοματοποιεί σε μεγάλο βαθμό την καλλιέργεια.
- Περιορίζει τη σκληρή χειρονακτική εργασία, όπως το σκάψιμο, φύτεμα, ξεβοτάνισμα για την απομάκρυνση των ζιζανίων.
- Ευνοεί την υγιεινή κατάσταση των φυτών με την καθαριότητα του περιβάλλοντος (απομόνωση του φυσικού εδάφους) και επιπλέον δημιουργούνται ευχάριστες συνθήκες για τον εργαζόμενο.

2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Στην υδροπονία η θρέψη των φυτών βασίζεται , όπως προαναφέρθηκε, στην χρήση θρεπτικού διαλύματος. Θρεπτικό διάλυμα, σε αυτή τη μορφή καλλιέργειας, θεωρούμε το υδατικό διάλυμα που περιέχει με τη μορφή ιόντων όλα εκείνα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη σωστή θρέψη των φυτών. Μεγάλη σημασία για την υδροπονική καλλιέργεια έχει η σωστή διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος. Η ορθολογική διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος σε ένα υδροπονικό σύστημα αποβλέπει :

- Στην επαρκή τροφοδοσία της καλλιέργειας με θρεπτικό διάλυμα, έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των φυτών σε νερό και θρεπτικά στοιχεία.
- Στην διατήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών (PH, EC).

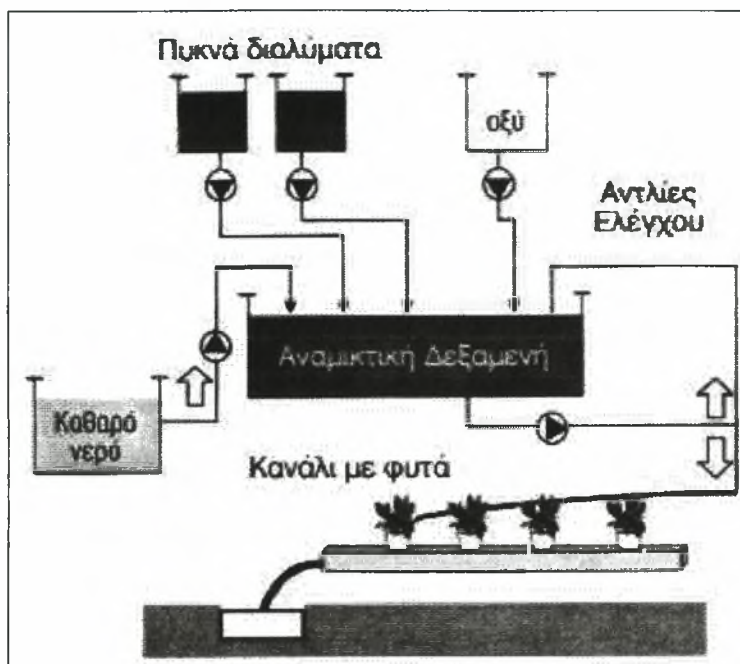
Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε ανοιχτά (ή μη ανακυκλούμενα) και σε κλειστά (ή ανακυκλούμενα).

Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα:

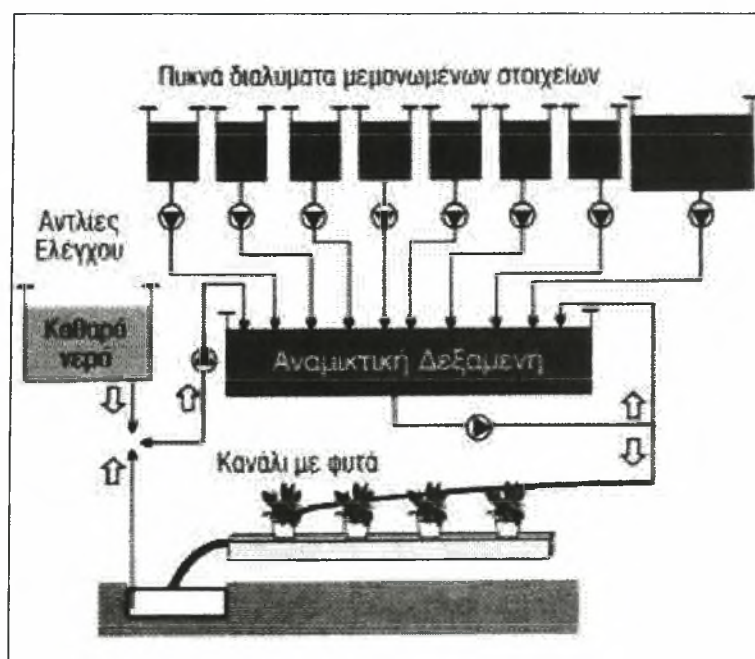
Στο σύστημα αυτό το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για την θρέψη των φυτών της καλλιέργειας παρασκευάζεται πριν την έναρξη της άρδευσης, έχει σταθερή χημική σύσταση και απορρίπτεται μετά το τέλος αυτής. Αυτό απλουστεύει την διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος, επιβαρύνει όμως οικονομικά τον παραγωγό και οικολογικά το περιβάλλον με την αποβολή χημικών λιπασμάτων που απομακρύνονται μετά την πραγματοποίηση της άρδευσης. Η διάταξη ενός ανοιχτού υδροπονικού φαίνεται στο σχήμα 1.

Κλειστό υδροπονικό σύστημα:

Σε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν απορρίπτεται μετά την άρδευση της καλλιέργειας, αλλά επαναχρησιμοποιείται στην ίδια καλλιέργεια. Στο σύστημα αυτό η διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος είναι δυσκολότερη, γιατί μετά από κάθε ανακύκλωση αλλάζει η σύστασή του, αλλά με την εφαρμογή του εξοικονομείται σημαντική ποσότητα λιπασμάτων και επιβαρύνεται λιγότερο το περιβάλλον με χημικά απόβλητα. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των φορών που μπορεί να ανακυκλωθεί το απορρέον θρεπτικό διάλυμα εξαρτάται από το βαθμό των αλλοιώσεων (κυρίως τις τιμές του PH και EC), που έχει υποστεί το θρεπτικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Η διάταξη ενός κλειστού υδροπονικού φαίνεται στο σχήμα 2.2.1



Σχήμα 2.2.1: Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα



Σχήμα 2.2.2: Κλειστό υδροπονικό σύστημα

2.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Στην εφαρμογή της υδροπονίας στις σύγχρονες καλλιέργειες εμφανίζονται σημαντικά προβλήματα όπως:

- Το χαμηλό επίπεδο γνώσεων και η προκατάληψη των παραγωγών, απέναντι στις νέες μεθόδους καλλιέργειας.
- Το συνεχώς αυξανόμενο κόστος της ενέργειας που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία των θερμοκηπιακών μονάδων. Αυτό οδηγεί πολλούς παραγωγούς στην διακοπή της καλλιέργειας κατά την περίοδο του χειμώνα, που οι απαιτήσεις σε ενέργεια για θέρμανση του θερμοκηπίου είναι υψηλές.
- Το υψηλό κόστος της αρχικής εγκατάστασης.
- Η απόκτηση σχετικής εμπειρίας και εκπαίδευσης των παραγωγών στην εφαρμογή της υδροπονικής καλλιέργειας.
- Η ανάγκη υποστήριξης των υδροπονικών καλλιεργειών από ειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ.

Αντικείμενο μελέτης στην παρούσα πτυχιακή διατριβή αποτέλεσε η καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη, σε ανοιχτό σύστημα υδροπονίας. Χρήσιμο, λοιπόν, θα ήταν να γίνει στο σημείο αυτό μια σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις της καλλιέργειας, ώστε να έχουμε μια σαφή της εικόνα.

Η καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς κατέχει την πρώτη θέση στις πωλήσεις δρεπτών ανθέων παγκοσμίως. Οι κυριότερες ανθοπαραγωγικές χώρες στον κόσμο που καταπιάνονται με την παραγωγή δρεπτών ανθέων είναι η Ολλανδία, η οποία παράγει την μεγαλύτερη ποσότητα ανθοκομικών προϊόντων, και ακολουθούν η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία, με σημαντικά μικρότερες ποσότητες.

Στη χώρα μας, οι εδαφοκλιματικές απαιτήσεις της τριανταφυλλιάς επιτρέπουν την παραγωγή ανθέων, υψηλής ποιότητας, μόνο υπό συνθήκες κάλυψης, δηλαδή κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκηπίου.

Οι σημερινές ποικιλίες τριανταφυλλιάς είναι όλες υβρίδια, που προήλθαν από διασταυρώσεις επί σειρά ετών μεταξύ διαφόρων ειδών από τα οποία τα κυριότερα είναι τα *Rosa gallica* και *Rosa chinensis*. Εντατικά προγράμματα βελτίωσης οδήγησαν στην παραγωγή ποικιλιών που ανθίζουν αδιακρίτως εποχής και έχουν ποικίλα χρώματα, εντυπωσιακό άνθος, υψηλή ποιότητα και μεγάλη παραγωγικότητα. Οι κυριότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται στη χώρα μας είναι οι : First Red, Madelon, Baccara, Kardinal, Mercedes, Royal Red, Sonia., Arianna, Vivaldi, Candia, Cocteil, Nicole, Lovely Girl, Golden Time, Belinda, Bingo, Fantasie, Red Syccess, και άλλες.

3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ.

ΕΔΑΦΟΣ:

Το έδαφος πρέπει να επιτρέπει την καλή στράγγιση, γιατί το φυτό είναι ευαίσθητο σε υπερβολική υγρασία, αλλά ταυτόχρονα να είναι ικανό να συγκρατεί την απαραίτητη υγρασία. Επιπρόσθετα, το έδαφος πρέπει να συγκρατεί τα θρεπτικά στοιχεία κατά τη λίπανση, να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και το ΡΗ του να κυμαίνεται σε 5,5 με 7,0.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ:

Η βέλτιστη ημερήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 20 °C και 24 °C, ανάλογα με το επίπεδο της ακτινοβολίας. Σε θερμοκρασίες της τάξεως των 30 °C επιταχύνεται η 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).

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

Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της παραγωγής, μελέτες έχουν δείξει ότι υψηλές θερμοκρασίες μετά την άνθηση αλλοιώνουν τον χρωματισμό, μειώνουν το μέγεθος του άνθους και το μήκος του βλαστού (Moe, R and Kristoffersen, 1969). Υψηλές θερμοκρασίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μετά την συγκομιδή για να αυξήσουν τους λαίμαργους και να μειώσουν τον χρόνο ως την ανθοφορία (Connie et al., 1982). Οι θερμοκρασίες θα έπρεπε να είναι χαμηλές αμέσως μετά την άνθηση για να διατηρήσουμε την ποιότητα.

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ:

Η τριανταφυλλιά έχει μεγάλες απαιτήσεις σε φως. Η υψηλή ένταση του φωτός επηρεάζει τόσο την ανάπτυξή τους όσο και την παραγωγή τους (Mattson & Widmer, 1971).

Η παραγωγή είναι μεγαλύτερη 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.

Η φωτοπερίοδος και η ένταση της ακτινοβολίας έχουν δείξει να επηρεάζουν την ανάπτυξη των τριαντάφυλλων, παρόλο που δεν είναι ακριβώς ξεκαθαρισμένο αν η επίδραση οφείλεται σε άμεση δράση της ακτινοβολίας στη φωτοσύνθεση ή σε έμμεση δράση λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας από την προσπίπτουσα ακτινοβολία. (Οικονόμου, Α).

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ:

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

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ CO₂.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στον αέρα αυξάνει τον 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 μετασυλλεκτική διατήρηση των τριαντάφυλλων (Epoch and Zieslin, 1988).

3.3.ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Τα τελευταία 15 χρόνια, σε πολλές χώρες της νότιας Ευρώπης, έχει επεκταθεί η υδροπονική καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς σε τεχνητά υποστρώματα. Η στροφή αυτή προς την υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς έλαβε χώρα κυρίως, διότι παρατηρήθηκε πως η μακροχρόνια καλλιέργεια στο έδαφος οδηγεί στην εμφάνιση προβλημάτων, όπως ασθένειες, συμπίεση εδάφους, αλατότητα και άλλα, τα οποία επιφέρουν μείωση της παραγωγής (FAO,1990). Επιπλέον, στην αύξηση αυτή του

ενδιαφέροντος για την υδροπονία συνέβαλαν και οι σύγχρονες τάσεις για μείωση της χρήσης επικίνδυνων χημικών ουσιών για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

3.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΦΥΤΩΝ.

Η διαμόρφωση σχήματος παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ανθικών στελεχών, επιτρέπει τον έλεγχο της ανάπτυξης και της ποιότητας των ανθικών στελεχών και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την περίοδο ζωής του φυτού (Zieslin et al., 1975; Kool et al., 1997).

Για την διαμόρφωση του σχήματος της καλλιέργειας χρησιμοποιούνται στην πράξη δυο τεχνικές α) η κλασική τεχνική και β) η τεχνική ‘Bending’ (ή τεχνική της έρπουσας καλλιέργειας).

Η κλασική τεχνική αποσκοπεί στη δημιουργία ενός σκελετού βραχιόνων, ενώ η τεχνική ‘Bending’ συνίσταται στο λύγισμα βλαστών. Τα τελευταία χρόνια άρχισε να χρησιμοποιείται κατά κόρων η ‘Bending’, γιατί βρέθηκε ότι επιτυγχάνονται μεγαλύτερες αποδόσεις και κυρίως καλύτερη ποιότητα (Μεταξάς κ.α., 1996, Μεταξάς κ.α., 1999, Okhawa & Suematsu, 1999, Sarkka & Rita, 1999).

Η τεχνική ‘Bending’ αναπτύχθηκε μέσα από τις προσπάθειες που έγιναν για την αύξηση του αριθμού των λαίμαργων βλαστών (Faber and White, 1977). Σε αντίθεση με άλλες καλλιέργειες στην τριανταφυλλιά οι βλαστοί αυτοί είναι επιθυμητοί, γιατί αποτελούν παράγοντα ανανέωσης του φυτού (Khayat and Zieslin, 1982) και δημιουργίας μακρυστέλεχων ισχυρών ανθέων.

Σύμφωνα με την τεχνική ‘Bending’ ο βλαστός που θα προέλθει από τον οφθαλμό που έχει υποστεί αυστηρό κλάδεμα αφήνεται να αναπτυχθεί ελεύθερα έως ότου σχηματίσει ανθοφόρο οφθαλμό στην κορυφή του. Αν η ανάπτυξη του βλαστού αυτού δεν κρίνεται ικανοποιητική, ώστε να δώσει ποιοτικά αξιόλογο ανθικό στέλεχος, ο ανθοφόρος οφθαλμός αφαιρείται (εικόνα 3.4.1, 3.4.2) και ακολουθεί κάμψη του βλαστού (Kool et al, 1997).

Από άποψη φυσιολογίας η επιτυχία της τεχνικής ‘Bending’ αποδίδεται στο ότι οι πλάγιοι βλαστοί εφοδιάζουν τα ανθικά στελέχη με επιπλέον υδατάνθρακες (Sarkka & Rita, 1999). Η προσφορά αυτή των υδατανθράκων έχει ως συνέπεια να εκπτώσσονται λαίμαργοι από τη βάση του φυτού που έχουν καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά, στέλεχος μεγάλης διαμέτρου, καθώς και μεγάλο μήκος (Marcelis-

Van Acker,1994), που διατηρούνται στο φυτό ως ανθοφόροι (Kool and Lenssen,1997).

Με την εφαρμογή της τεχνικής ‘Bending’ επιτυγχάνεται, ακόμα, μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια (‘ skirt’) διαθέσιμη για φωτοσύνθεση, αυξάνοντας ταυτόχρονα την συνεισφορά της καλλιέργειας στην ψύξη του θερμοκηπίου μέσω της διαπνοής. Η προσφορά της τεχνικής στον δροσισμό του θερμοκηπίου είναι σημαντική στα μεσογειακά κλίματα, όπου το καλοκαίρι οι συνθήκες στα θερμοκήπια δεν είναι πολλές φορές κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και ελλείμματος κορεσμού, (R.P.Gutierrez,2000).

Σημαντικό κριτήριο για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνικής αποτελεί ο χρόνος επέμβασης για την κάμψη των βλαστών, η πυκνότητα των φυτών (Kool et al, 1977) και ο αριθμός των βλαστών που θα διατηρηθούν ως ανθοφόροι (Marcelis –Van Acker, 1994).



Εικόνα :3.4.1: Στάδιο αφαίρεσης
ανθοφόρων οφθαλμών.

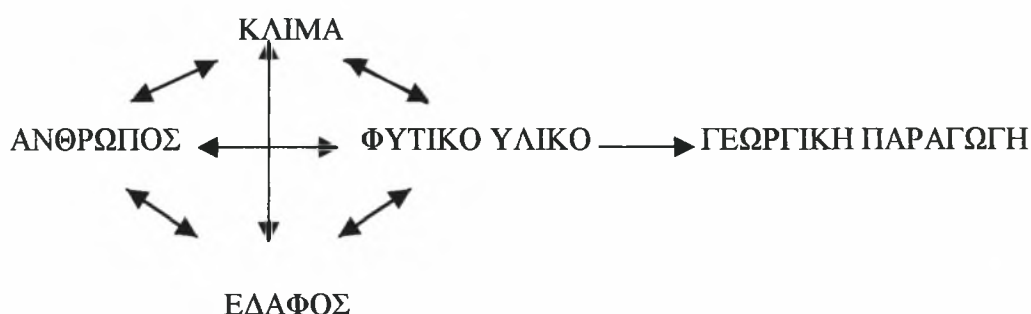


Εικόνα 3.4.2: Στάδιο αφαίρεσης
ανθοφόρων οφθαλμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΤΟ ΦΥΤΟ ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.

Η γεωργική παραγωγή είναι η συνισταμένη μιας σειράς διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συνεχή αλληλεπίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος(κλίμα, έδαφος), πάνω στο γενετικό υλικό των φυτών. Σχηματικά αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί ως εξής:



Οι διαδικασίες αυτές γίνονται με μια δαπάνη ενέργειας κυρίως ηλιακής προέλευσης. Η ενέργεια αυτή είναι η ηλιακή ακτινοβολία, και η ποσότητα που φτάνει σε μια επιφάνεια πάνω στη γη εξαρτάται από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, από το ύψος του ήλιου, από την κατάσταση της ατμόσφαιρας, από την κλίση της επιφάνειας και άλλους παράγοντες. Στην περίπτωση των θερμοκηπίων η ποσότητα της ακτινοβολίας που φτάνει στα φυτά εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο υλικό κάλυψης και το σκελετό του θερμοκηπίου.

Βασικό μέλημα, λοιπόν, σε μια καλλιέργεια πρέπει να είναι η εξασφάλιση ικανοποιητικής έντασης φωτισμού, με την κατασκευή θερμοκηπίων που δεν μειώνουν λόγω κατασκευής τον φυσικό φωτισμό, καθώς και η διαμόρφωση των φυτών, έτσι, ώστε να μπορούν να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία.

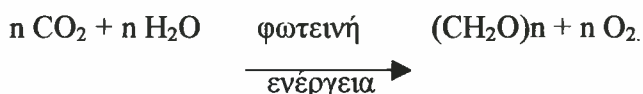
Η ηλιακή ακτινοβολία είναι καθοριστικής σημασίας για την ζωή των φυτών, μέσω της παρουσίας της στις διάφορες διεργασίες, όπως οι ροές ενέργειας και υγρασίας, φωτοσύνθεση και διαπνοή.

4.2. Η ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ.

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 ταυτόχρονα και μια πηγή χημικής ενέργειας, μέσω της οποίας ικανοποιούνται οι ενεργειακές τους ανάγκες.

Στα αυτότροφα φυτά η κατάσταση διαφέρει, γιατί οι θρεπτικές τους πηγές (CO_2 , H_2O και ανόργανα ιόντα) είναι χαμηλής ενεργειακής κατάστασης και συνεπώς δεν είναι σε θέση να ικανοποιούν τις ενεργειακές απαιτήσεις τους. Η αφομοίωση τέτοιων ανόργανων θρεπτικών ουσιών απαιτεί, πράγματι, ενέργεια. Στα αυτότροφα φυτά οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται αρχικώς με την απορρόφηση 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.

Η μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική συνδέεται στενά με τη μετατροπή του CO_2 σε οργανικά συστατικά. Για δεκαετίες και οι δύο αντιδράσεις (μετατροπή της ενέργειας και δέσμευση του CO_2) θεωρούνταν ως μια πολύπλοκη αντίδραση που περιγραφόταν από τη γενική εξίσωση :



Η εξίσωση αυτή δείχνει κατά βάση ότι η φωτοσύνθεση είναι ο συνδυασμός του CO_2 και του H_2O για το σχηματισμό διαφόρων υδατανθράκων με την απελευθέρωση οξυγόνου, το οποίο μπορεί να προέρχεται, είτε από το πρώτο, είτε από το δεύτερο ανόργανο συστατικό, που συμμετέχει στην αντίδραση. Επομένως δεν ήταν γνωστός ο δότης του οξυγόνου. Οι περισσότεροι, αν όχι όλοι, ερευνητές στις αρχές του αιώνα μας δέχονταν την άποψη του Ολλανδού φυσικού Ingenhousz (1796), ότι το CO_2 διασπάται κατά την φωτοσύνθεση για να δώσει άνθρακα και οξυγόνο, με το οξυγόνο να ελευθερώνεται ως αέριο. Κατά συνέπεια, η αναλογία των ατόμων του άνθρακα, του υδρογόνου και του οξυγόνου στα σάκχαρα και το άμυλο βρέθηκε ότι αναλογεί ένα άτομο άνθρακα ανά μόριο νερού. Επικράτησε λοιπόν η γενική άποψη ότι οι

υδατάνθρακες προέρχονταν από συνδυασμό των μορίων του νερού και των ατόμων άνθρακα του CO₂ και ότι το οξυγόνο ελευθερώνονταν από τη διάσπαση του CO₂.

Την άποψη αυτή ήρθε να ανατρέψει η θεωρία του Van Niel (1930). Μεταπτυχιακός τότε φοιτητής ο Van Niel στο Πανεπιστήμιο του Stanford, μελετούσε τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε διάφορους τύπους βακτηρίων. Έτσι, διαπίστωσε ότι οι φωτοσυνθετικές αντιδράσεις μιας ομάδας θειοβακτηρίων είχαν ως αποτέλεσμα την αναγωγή του άνθρακα σε υδατάνθρακες χωρίς όμως την απελευθέρωση οξυγόνου. Τα θειοβακτήρια χρησιμοποιούσαν υδρόθειο για τη φωτοσυνθετική του δραστηριότητα, κατά τη διάρκεια της οποίας πραγματοποιούνταν η ακόλουθη αντίδραση:



Η διαπίστωση αυτή δεν προκάλεσε αρχικά το ενδιαφέρον των ερευνητών, μέχρι τη στιγμή που ο Van Niel έδωσε μια πιο γενική αλλά τολμηρή εξήγηση για τη φωτοσύνθεση εκφράζοντάς την με την εξίσωση :



Στην εξίσωση αυτή η ένωση H₂A αντιπροσωπεύει, είτε το νερό, είτε μερικά οξειδωτικά συστατικά (π.χ. H₂S, H₂O ή ελεύθερο υδρογόνο). Με τη διαπίστωσή του αυτή ο Van Niel ήταν ο πρώτος ερευνητής, που πρότεινε την άποψη ότι το νερό και όχι το CO₂ είναι αυτό που διασπάται κατά τη φωτοσύνθεση και ότι το CO₂ ανάγονταν σε υδατάνθρακα.

Η τολμηρή αυτή υπόθεση έπρεπε και να αποδειχθεί. Έτσι, οι Ruben, Raudall, Kamen και Hyde (1941) επιβεβαίωσαν την άποψη αυτή, αφού χρησιμοποίησαν νερό με μαρκαρισμένο οξυγόνο (ισότοπο) για να διαπιστώσουν την προέλευση του απελευθερουμένου αερίου οξυγόνου :



4.2.α. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ.

Για να εξηγηθεί ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης διατυπώθηκαν κατά καιρούς διάφορες απόψεις από πολλούς ερευνητές. Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται με σειρά αλληλοδιαδοχικών φυσικών και χημικών φαινομένων, τα οποία δεν έχουν πλήρως διαλευκανθεί, παρά το γεγονός ότι μεγάλη μερίδα ερευνητών εργάστηκε και εργάζεται με το θέμα αυτό. Τελικός σκοπός των διαδοχικών φυσικοχημικών φαινομένων είναι η αναγωγή του CO_2 προς τη θεμελιώδη ομάδα δομής των υδατανθράκων ($\text{H}-\text{C}-\text{OH}$) με υδρογόνο, που ελευθερώνεται από τη φωτόλυση του νερού. Η αλυσίδα των επιμέρους αντιδράσεων οδηγεί στο σχηματισμό της τελικής ουσίας, που κατά κανόνα είναι η γλυκόζη, από το CO_2 της ατμόσφαιρας. Μεγάλο εύρος των αντιδράσεων αυτών είναι ανεξάρτητο του φωτός, με άλλα λόγια μπορούν να συμβούν τόσο παρουσία φωτός όσο και στο σκοτάδι, γι' αυτό χαρακτηρίστηκαν από τον Blackman ως 'σκοτεινές αντιδράσεις' σε αντίθεση προς τις 'φωτεινές αντιδράσεις'. Οι τελευταίες για να πραγματοποιηθούν προϋποθέτουν την ύπαρξη φωτός και είναι ανεξάρτητες της θερμοκρασίας, ενώ αντίθετα οι σκοτεινές εξαρτώνται από αυτήν.

Έχει βρεθεί ότι οι φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης πραγματοποιούνται πάνω ή μέσα στις μεμβράνες των θυλακοειδών. Αντίθετα, οι σκοτεινές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στο στρώμα των χλωροπλαστών.

4.2.β. ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ.

Η φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, είτε εσωτερικούς, είτε εξωτερικούς, οι οποίοι με τη σειρά τους να έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή κάθε καλλιέργειας. Μερικοί από τους παράγοντες επηρεάζουν άμεσα τη φωτοσύνθεση, όπως για παράδειγμα το φως και το CO_2 , ενώ οι άλλοι όπως το νερό και τα θρεπτικά άλατα έχουν έμμεσες επιδράσεις. Αν σ' αυτά συμπεριλάβουμε και τις αλληλεπιδράσεις των διάφορων παραγόντων, τότε γίνεται φανερό ότι τα φυτικά είδη παρουσιάζουν σημαντική διαφορά ως προς τη φωτοσυνθετική τους απόδοση, ακόμη και όταν αναπτύσσονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος.

Εξωτερικοί παράγοντες:

Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και κατά επέκταση τη φυτική παραγωγή. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι:

Φως: Η φωτοσύνθεση εξαρτάται από την ένταση του φωτισμού κατά γραμμικό τρόπο, μέχρι μιας ορισμένης τιμής εντάσεως φωτός. Πάνω από την τιμή αυτή η ένταση της φωτοσυνθέσεως εξακολουθεί να αυξάνει, αλλά όχι πια ανάλογα με την αύξηση φωτισμού. Έτσι, τείνει προς μια μέγιστη τιμή που δεν είναι δυνατόν να ξεπερασθεί, όσο και αν αυξηθεί ο φωτισμός. Αντίθετα, κάτω από πολύ ισχυρό φωτισμό αρχίζει μια μη αντιστρεπτή φωτοχημική καταστροφή της χλωροφύλλης που, όπως είναι φυσικό, μειώνει την ένταση της φωτοσύνθεσης.

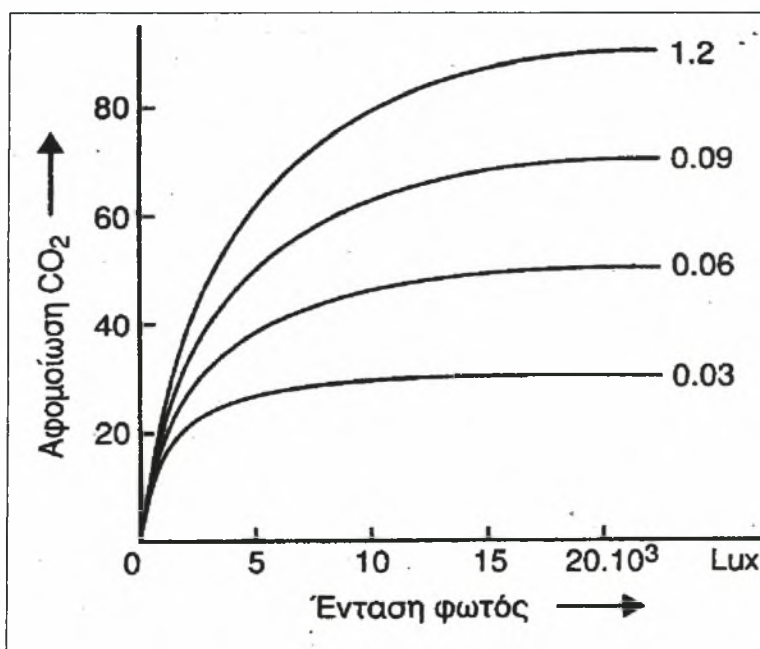
Για προσδιορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και περιεκτικότητας σε CO_2 , μπορούμε να παρατηρήσουμε σε επίπεδο απομονωμένου φύλλου, ένα φωτοσυνθετικό κορεσμό πέρα από μια ορισμένη τιμή φωτισμού. Αντίθετα, σε επίπεδο φυτού, η αύξηση του φωτισμού, επιτρέποντας τη φωτοσυνθετική λειτουργία μεγαλύτερου αριθμού φύλλων, δεν οδηγεί ποτέ σε κορεσμό. Οι καλλιεργητικές τεχνικές κατά συνέπεια θα πρέπει να αποβλέπουν στην εξασφάλιση του μέγιστου φωτισμού του φυλλώματος τουλάχιστον στην περιοχή P.A.R (φωτοσυνθετική δραστική ακτινοβολία). Προκειμένου για θερμοκήπια, η εξασθένιση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας λόγω του υλικού κάλυψης, του σκελετού του και των τυχόν συστημάτων που φέρει, μπορεί να φτάσει μέχρι και 50% και ακόμη περισσότερο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να γίνει περιοριστικός και να επιφέρει σοβαρές συνέπειες.

Γενικά, φυτά που αναπτύσσονται υπό σκιά δεν φωτοσυνθέτουν τόσο έντονα όσο εκείνα που αναπτύσσονται σε πλήρη ηλιοφάνεια (Bjorkman,1981, Jones,1992, Lambers et al.,1998).

Διοξείδιο του άνθρακα: Το CO_2 είναι το βασικό συστατικό με το οποίο τα φυτά οικοδομούν τις οργανικές τους ενώσεις, γι'αυτό η διακύμανση της συγκέντρωσής του επηρεάζει τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών. Έχει βρεθεί ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του αέρα σε CO_2 , τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών, για μια συγκεκριμένη ένταση φωτισμού (διάγραμμα 4.2.1). Η

μικρή συνεπώς περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO_2 ενεργεί ως περιοριστικός παράγοντας φωτοσύνθεσης.

Ο προφανής περιορισμός της φωτοσύνθεσης από τη μειωμένη συγκέντρωση CO_2 οδήγησε σε προσπάθειες αύξησης της παραγωγής των καλλιεργούμενων φυτών με χορήγηση CO_2 . Κάτι τέτοιο είναι δυνατό να γίνει μόνο σε κλειστούς χώρους, και πράγματι δοκιμές σε θερμοκήπιο έδειξαν ότι η παραγωγή λαχανικών και ανθέων είναι δυνατόν να αυξηθεί, με περιορισμένη αύξηση της περιεκτικότητας του CO_2 . Εμπλουτισμός με CO_2 σε καλλιέργεια ντομάτας υπό κάλυψη διατήρησε το ρυθμό φωτοσύνθεσης σε ικανοποιητικά επίπεδα, παρόλο που ο φωτισμός ήταν χαμηλός, ενώ η φωτοσύνθεση αυξήθηκε σημαντικά ακόμη και όταν το φως ήταν χαμηλότερα του σημείου κορεσμού της καλλιέργειας (Ν. Κατσούλας, Γ. Νάνος, Κων/νος Κίττας, 1999)

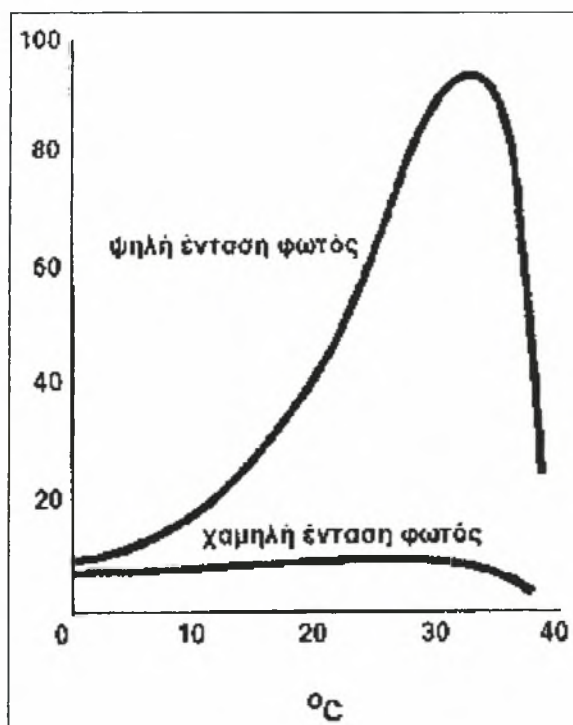


Διάγραμμα 4.2.1: Φωτοσύνθεση στο ίδιο φυτό με σύγχρονη αύξηση της έντασης του φωτός και της περιεκτικότητας του αέρα σε CO_2 . Στην ίδια ένταση φωτός η φωτοσύνθεση αυξάνει με την αύξηση του CO_2 (Καράταγλης, 1999).

Θερμοκρασία: Είναι γνωστό ότι η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία στενά συνδεδεμένη με τη δομή και τη δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος. Επειδή όμως η δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, κατά συνέπεια και η φωτοσύνθεση εξαρτάται από τον ίδιο παράγοντα.

Πράγματι, με κατάλληλο φωτισμό η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνει με τη θερμοκρασία, φτάνει ένα μέγιστο, πέρα από το οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί ελάττωση της απόδοσης. Η αιτία αποδίδεται μάλλον στο ότι η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί βλάβες στο πρωτόπλασμα και κατά επέκταση στη φωτοσυνθετική απόδοση. Επίσης, αποδίδεται και στην θερμοευαισθησία των στομάτων, τα οποία τόσο στις υψηλές όσο και στις χαμηλές θερμοκρασίες κλείνουν και συνεπώς περιορίζουν τη φωτοσύνθεση.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η θερμοκρασία επηρεάζει και την ταχύτητα των φαινομένων διαχύσεως. Έτσι, διευκολύνεται η διάχυση του CO_2 από την ατμόσφαιρα στους χλωροπλάστες και ευνοείται σημαντικά τη φωτοσύνθεση.



Διάγραμμα 4.2.2 : Σε χαμηλή ένταση φωτός, αύξηση της θερμοκρασίας δεν προκαλεί αντίστοιχη αύξηση της φωτοσύνθεσης. Σε υψηλή όμως ένταση, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει πολύ χαρακτηριστική επίδραση (Καράταγλης, 1999).

Νερό: Η διαθέσιμη ποσότητα του νερού στο φυτό είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες, που ρυθμίζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση, αφού η απόδοση αυτή μειώνεται με την έλλειψη του νερού. Η έλλειψη του νερού μπορεί να αναστείλει τη φωτοσύνθεση με α) την ελάττωση της επιφάνειας των φύλλων(πολλά φυτά συστρέφουν τα φύλλα τους για να ελαττώσουν την επιφάνειά τους και συνεπώς και τη διαπνοή), β) κλείσιμο των στομάτων και γ) την ελάττωση της υδάτωσης του πρωτοπλάσματος.

Συγκεκριμένα, το κλείσιμο των στομάτων περιορίζει την πρόσληψη του CO₂ και μειώνει την φωτοσύνθεση. Η έλλειψη νερού μπορεί επίσης να αλλάξει την ενυδάτωση των πρωτεϊνών, επηρεάζοντας έτσι τη δραστηριότητά τους. Τέτοιες επιδράσεις έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή του μεταβολισμού και ειδικά για την περίπτωση της φωτοσύνθεσης την ελάττωση της απόδοσής της. Ακόμη και η σχετική υγρασία του αέρα, που περιβάλλει ένα φυτό, μπορεί να επηρεάσει τη φωτοσυνθετική του δραστηριότητα.

Θρεπτικά στοιχεία: Η έλλειψη βασικών θρεπτικών στοιχείων έχει άμεσες, αλλά και έμμεσες συνέπειες στη φωτοσύνθεση. Έτσι, η έλλειψη N και Mg για παράδειγμα έχει άμεσες επιπτώσεις στη σύνθεση χλωροφύλλης, αφού αποτελούν δομικά συστατικά της (χλωροφύλλη α C₅₅H₇₂O₅N₄Mg).

Ο Fe όμως, που δεν είναι δομικό συστατικό της χλωροφύλλης, συμβάλλει στο σχηματισμό της και συνεπώς η έλλειψη Fe έμμεσα επηρεάζει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού.

Πειραματικά δεδομένα συνηγορούν στο ότι το N επηρεάζει τη φωτοσύνθεση των φυτών, αφού συμμετέχει στη σύνθεση της χλωροφύλλης και των πρωτεϊνών, ενώ επηρεάζει το μέγεθος των φύλλων και τη συμπεριφορά των στομάτων.

Η έλλειψη P μπορεί επίσης να εμποδίσει σε κάποιο βαθμό τη φωτοσύνθεση, αφού διαταράσσει το σύστημα μεταφοράς ενέργειας ADP, ATP. Επομένως η σωστή και κατάλληλη χρήση θρεπτικών ουσιών συμβάλλει στην ποιοτική και ποσοτική απόδοση των φυτών με την προϋπόθεση βέβαια ότι όλοι οι παράγοντες (φως, θερμοκρασία, κλπ), βρίσκονται σε ευνοϊκές τιμές για τη φωτοσύνθεση.

Εσωτερικοί παράγοντες:

Εκτός από τους εξωτερικούς παράγοντες, που επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού, υπάρχουν και εσωτερικοί παράγοντες, που την επηρεάζουν, όπως για παράδειγμα η ηλικία και η δομή των φύλλων, το μέγεθος, ο αριθμός και η συμπεριφορά των στομάτων, η περιεχόμενη χλωροφύλλη, και η χρήση και συσσώρευση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης.

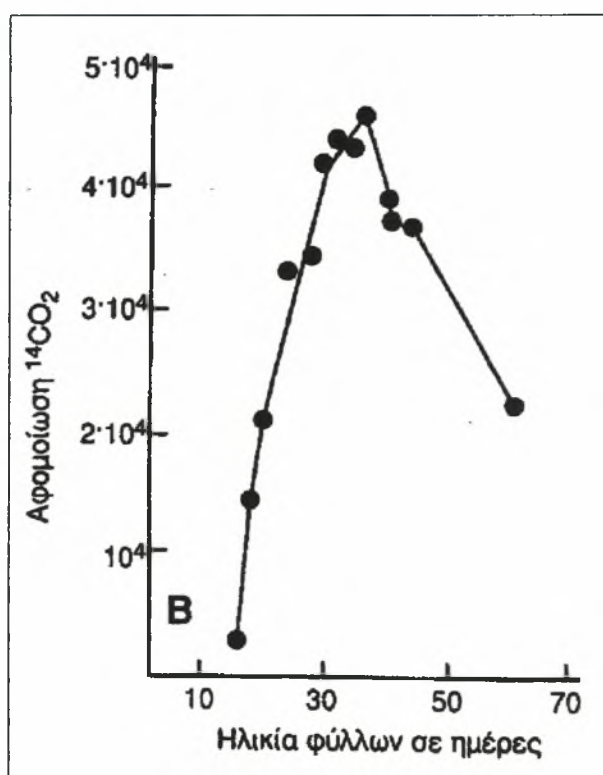
Δομή φύλλων – μέγεθος, αριθμός και συμπεριφορά στομάτων: Οι δομικοί χαρακτήρες του φύλλου επηρεάζουν την ποσότητα του CO₂, που φτάνει στους χλωροπλάστες, αφού το μέγεθος, η θέση και η συμπεριφορά των στομάτων μαζί με την έκταση των μεσοκυττάρων χώρων και των χώρων της αναπνευστικής κοιλότητας, καθορίζουν την ανταλλαγή των αερίων. Επίσης το πάχος της εφυμενίδας και της επιδερμίδας, η παρουσία των επιδερμικών τριχών, η διάταξη των κυττάρων του μεσόφυλλου και η θέση των χλωροπλάστων στα κύτταρα επηρεάζουν την ένταση και την ποιότητα του φωτός, που φτάνει στους χλωροπλάστες και συνεπώς και τη φωτοσύνθεση.

Ηλικία φύλλων: Επίσης η ηλικία των φύλλων επηρεάζει τη φωτοσυνθετική απόδοση, αφού στα πολύ νεαρά φύλλα είναι χαμηλή και αυξάνει με την αύξηση της ηλικίας μέχρι κάποιο κρίσιμο σημείο, το οποίο συνήθως είναι η πλήρη έκπτυξη και ανάπτυξη του φύλλου, από εκεί και πέρα μειώνεται με την ηλικία (διάγραμμα 4.2.3).

Οι αλλαγές, που παρατηρούνται στη φωτοσυνθετική ικανότητα, σε συνάρτηση με την ηλικία των φύλλων, συνδέονται με ανατομικές και φυσιολογικές μεταβολές. Η προοδευτική αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας κατά την περίοδο της ανάπτυξης των φύλλων αποδίδεται κυρίως στην ανάπτυξη της εσωτερικής δομής των φύλλων και των στομάτων, στη σύνθεση της χλωροφύλλης, στην αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης, στην αύξηση του ρυθμού της φωτοσυνθετικής φωσφορυλίωσης, στην αύξηση της δραστηριότητας της καρβοξυλάσης της RuBP (Rubisco), καθώς και άλλων παραγόντων. Αντίθετα, η βαθμιαία ελάττωση της φωτοσύνθεσης, μετά την πλήρη ανάπτυξη των φύλλων οφείλεται στην ελάττωση της συνθετικής δραστηριότητας του συστήματος φωσφορυλίωσης των χλωροπλάστων, στην ελάττωση της σύνθεσης RNA-DNA και συνεπώς και της πρωτεϊνικής σύνθεσης,

και στη μείωση της δραστηριότητας της καρβοξυλάσης της RuBP (Rubisco), (Καράταγλης, 1999).

Μελέτες έχουν δείξει ότι γενικά η φωτοσύνθεση αυξάνεται με την ανάπτυξη των φύλλων, φτάνει ένα μέγιστο στην πλήρη ανάπτυξη του φύλλου, μετά παραμένει σταθερή για ένα διάστημα και στη συνέχεια μειώνεται βαθμιαία (Post et al., 1946).

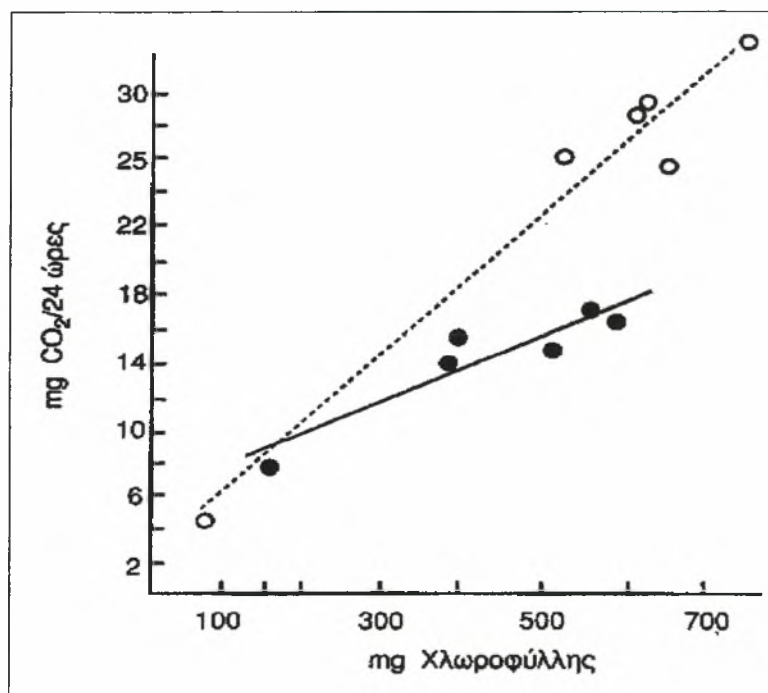


Διάγραμμα 4.2.3: Επίδραση της ηλικίας των φύλλων του *Citrus paradisi* στη φωτοσύνθεση (Καράταγλης, 1999).

Υδατική κατάσταση του πρωτοπλάσματος: Η φωτοσυνθετική ικανότητα επηρεάζεται και από συνθήκες, που είναι στενά συνδεδεμένες με την υδατική κατάσταση του πρωτοπλάσματος. Είναι γνωστό πως, αν τα κύτταρα χάσουν νερό, το πρωτόπλασμα αφυδατώνεται. Αυτό όμως έχει ως συνέπεια τη διαταραχή της δραστηριότητας μερικών ενζύμων, που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση. Επομένως, η ικανότητα του πρωτοπλάσματος να συγκρατεί νερό έχει μεγάλη σημασία στη

φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτικών κυττάρων. Η ικανοποιητική συγκράτηση νερού στο πρωτόπλασμα διατηρεί τα κύτταρα σε σπαργή, κατάσταση που διευκολύνει το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την ανταλλαγή αερίων και συνεπώς τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού.

Περιεχόμενη χλωροφύλλη: Φύλλα που αναπτύσσονται υπό σκιά τείνουν να έχουν λιγότερη χλωροφύλλη από εκείνα που αναπτύσσονται σε πλήρες φως (Bjorkman, 1981). Η φωτοσυνθετική απόδοση των ελαφρώς χλωρωτικών φύλλων είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των φύλλων με σκούρο πράσινο χρώμα. Κάτω από πειραματικά ελεγχόμενες συνθήκες έχει βρεθεί μια άμεση συσχέτιση μεταξύ περιεχόμενης χλωροφύλλης στα φύλλα και φωτοσύνθεσης(ή πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα),(διάγραμμα 4.2.4). Επίσης έχει βρεθεί στη φύση ότι φυτά, που εμφανίζουν έντονη χλώρωση, δείχνουν και μειωμένη φωτοσυνθετική απόδοση. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι μεταξύ των ερευνητών επικρατεί η αντίληψη ότι η περιεχόμενη ποσότητα της χλωροφύλλης, σε σχέση με τους άλλους παράγοντες, επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών (Καράταγλης, 1999).



Διάγραμμα 4.2.4: Σχέση μεταξύ της περιεχόμενης χλωροφύλλης και φωτοσύνθεσης στη δασική πεύκη (○) και στην ερυθρελάτη (●), (Καράταγλης, 1999).

Συσσώρευση προϊόντων φωτοσύνθεσης: Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η φωτοσύνθεση κατά τη διάρκεια της ημέρας έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση προϊόντων φωτοσύνθεσης στα αφομοιωτικά κύτταρα του μεσόφυλλου, γιατί η διαδικασία σύνθεσης υδατανθράκων είναι ταχύτερη της μεταφοράς. Αποτέλεσμα της συσσώρευσης είναι η επιβράδυνση της φωτοσυνθετικής διαδικασίας του φυτού (Καράταγλης, 1999).

4.2.γ. ΣΗΜΑΣΙΑ

Η σημασία της φωτοσυνθετικής λειτουργίας των φυτών είναι ανεκτίμητη. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι χωρίς τα φυτά δεν μπορεί να υπάρξει ζωή. Τα φυτά αποτελούν την απαρχή παραγωγής όλης της βιομάζας, των τροφών και του οξυγόνου. Όσον αφορά τα φυτά, η φωτοσύνθεση είναι αυτή που καθορίζει την ανάπτυξη και την παραγωγικότητά τους.

Βασική μας επιδίωξη, λοιπόν, πρέπει να αποτελεί η ρύθμιση όλων των παραπάνω παραγόντων που επιδρούν στην φωτοσύνθεση, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη φωτοσυνθετική ικανότητα.

4.3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ

Η φωτοσυνθετική ανταπόκριση των φυτών στο φως του ήλιου έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης πολυάριθμων εργασιών (Boardman, 1977, Patterson, 1980) και έχει περιγραφεί μαθηματικά με ποικίλες προσεγγίσεις, όπως βιοχημικές εξισώσεις, στατιστικές μεθόδους συσχέτισης, καθώς και με διάφορα μοντέλα.

Τα μοντέλα στη γεωπονική επιστήμη δεν είναι τίποτα άλλο παρά μαθηματικά προσομοιώματα, δηλαδή μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τις διάφορες φυσιολογικές και μορφολογικές λειτουργίες του φυτού. Με άλλα λόγια τα μοντέλα είναι ένα εργαλείο που δίνουν την απόκριση των φυτών σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες (κλιματικές, εδαφικές), όχι μέσω πολύπλοκων φυσιολογικών και βιοχημικών λειτουργιών αλλά μέσω απλών και κατανοητών μαθηματικών εξισώσεων.

Ένα μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε με μεγάλη επιτυχία σε πολλές εργασίες προσδιορισμού της φωτοσύνθεσης στα διάφορα επίπεδα της καλλιέργειας τριανταφυλλιάς (R.P. Gutierrez et al, H.Pien et al 2001) είναι το μοντέλο του Thornley (1976), που δίνει την φωτοσύνθεση συναρτήσει της ακτινοβολίας.

Το μοντέλο δίνεται από την εξίσωση :

$$P_n = \frac{(aI + P_{n,max}) - \sqrt{(aI + P_{n,max})^2 - 4\Theta aIP_{n,max}}}{2\Theta} - Rd$$

Όπου :

I: η ακτινοβολία ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

$P_{n,max}$: μέγιστη φωτοσύνθεση ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Rd: ρυθμός διαπνοής

Θ : συντελεστής καμπυλότητας (λαμβάνεται ίσος με 0,90)

α : ικανότητα κβάντων (λαμβάνεται $\alpha = 0,045 (\mu\text{mol-CO}_2(\mu\text{mol-PAR})^{-1})$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΟΧΟΣ

Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί ποικίλες έρευνες προκειμένου να ελεγχθούν καλύτερα οι διάφοροι παράγοντες που επιδρούν σε μια καλλιέργεια με απώτερο στόχο πάντα να αυξηθεί ποσοτικά και ποιοτικά η απόδοσή της.

Συγκεκριμένα, για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς έγιναν έρευνες, προκειμένου να βρεθεί ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος διαμόρφωσης του φυτού. Στις έρευνες αυτές διαπιστώθηκε ότι η τεχνική ‘Shoot bending’, έδινε περισσότερα και καλύτερης ποιότητας ανθικά στελέχη, από τα φυτά που ήταν διαμορφωμένα με την κλασσική τεχνική.

Άλλες μελέτες πραγματοποιήθηκαν με στόχο τον προσδιορισμό του καλύτερου δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), των λυγισμένων βλαστών, στην νέα τεχνική, προκειμένου να έχουμε αρκετούς υδατάνθρακες για την ανάπτυξη των ανθικών στελεχών (H.Pienet et al, 2001).

Η επίδραση της ηλικίας των φύλλων στην φωτοσύνθεση ήταν ένας άλλος παράγοντας που μελετήθηκε (Connie.S.Bozarth et al, 1982, C.C Pasian & H. Lieth, 1989).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής ήταν, η εκτίμηση της συνεισφοράς των λυγισμένων βλαστών στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών σε υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς διαμορφωμένης με την τεχνική ‘bending’, και να προσδιορίσει μέχρι ποιο στάδιο ανάπτυξης οι βλαστοί αυτοί προσφέρουν ενεργά στην φωτοσύνθεση.

Ταυτόχρονα, βασική επιδίωξη της διατριβής ήταν η επαλήθευση του μοντέλου φωτοσύνθεσης του Thornley (1976) σε καλλιέργεια τριανταφυλλιάς, στα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας.

Ο σχεδιασμός του πειράματος της παρούσας πτυχιακής διατριβής στηρίζεται στην ανταλλαγή μάζας και ενέργειας. Για τον υπολογισμό και την προσομοίωση των ανταλλαγών ενέργειας και μάζας μεταξύ της καλλιέργειας και του αέρα, κυριαρχούν δυο τάσεις (Gonzalez – Real, 1995).

Η πρώτη τάση που επικρατεί, θεωρεί την καλλιέργεια σαν ένα μεγάλο φύλλο (big leaf) και ότι όλα τα εσωτερικά στρώματά της βρίσκονται στις ίδιες κλιματικές

συνθήκες (Strangellini, 1995). Στην περίπτωση αυτή δηλαδή, γίνεται η υπόθεση ότι όλα τα φύλλα ανταλλάσσουν ενέργεια και μάζα παράλληλα και ότι βρίσκονται στις ίδιες κλιματικές συνθήκες.

Η δεύτερη τάση, που επικρατεί για τον υπολογισμό των ανταλλαγών ενέργειας και μάζας μεταξύ της καλλιέργειας και του αέρα, υποθέτει ότι η καλλιέργεια χωρίζεται σε διακριτά επίπεδα και για τους υπολογισμούς των ανταλλαγών απαιτείται η γνώση και ο χαρακτηρισμός των συνθηκών που επικρατεί σε κάθε στρώμα – επίπεδο της καλλιέργειας (Yang, 1995). Για τον υπολογισμό των ανταλλαγών σε κάθε επίπεδο χρησιμοποιούνται απλά υπο- προσομοιώματα, αλλά απαιτούνται πολύπλοκα προσομοιώματα για τον υπολογισμό των απαραίτητων άγνωστων παραμέτρων για το κάθε επίπεδο (θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου, CO₂ κλπ) και την ολοκλήρωσή τους από τα επιμέρους επίπεδα(π.χ. επίπεδο φύλλων) στο συνολικό επίπεδο (π.χ. επίπεδο της καλλιέργειας). Η συγκεκριμένη εργασία θα στηριχτεί σε αυτήν την τάση.

ΜΕΡΟΣ Ι Ι

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμά μας διεξάχθηκε το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2001. Έλαβε χώρα σε γυάλινο θερμοκήπιο, του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που ήταν εγκατεστημένο στην περιοχή του Βελεστίνου.

6.1 ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το θερμοκήπιο ήταν προσανατολισμένο B-N, τύπου απλό αμφίρρικτο και εμβαδού 200 m². Διέθετε σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και το υλικό κάλυψης ήταν γυαλί. Το πλάτος του ήταν 6,5 m, το μήκος του 31 m, το ύψος του ορθοστάτη ήταν 2,9 m και το ύψος του κορφιά 4m.

Το θερμοκήπιο ήταν εξοπλισμένο με ένα παράθυρο οροφής και τέσσερις ανεμιστήρες, τοποθετημένους ανά δύο στις πλευρές του θερμοκηπίου με παροχή 4000 m³/h ο καθένας, τόσο οι ανεμιστήρες όσο και το παράθυρο της οροφής θέτονταν σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του αέρα στο θερμοκήπιο ξεπερνούσε τους 24⁰C.

Ακόμα διέθετε κουρτίνα σκίασης, η οποία ξεδιπλωνόταν αυτόματα όταν η ακτινοβολία και η θερμοκρασία ήταν πολύ υψηλές. Ήταν επιπρόσθετα εφοδιασμένο με σύστημα θέρμανσης, που αποτελείτο από μεταλλικούς σωλήνες τοποθετημένους στα πλάγια και στην οροφή πάνω από την καλλιέργεια και από πλαστικούς σωλήνες κάτω από το υπόστρωμα.

Επιπρόσθετα, είχε στη διάθεσή του σύστημα άρδευσης με σταγόνες, μέσω του οποίου γινόταν και λίπανση με σύστημα υδροπονίας.

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Στο θερμοκήπιο υπήρχε εγκατεστημένη υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς (*Rosa hybrida* cv. First Red, η ποικιλία της καλλιέργειας παρουσιάζεται στην εικόνα 6.2) που είχε φυτευτεί το Μάρτιο του 1997, σε σάκους περλίτη, μήκους 1 m και πλάτους 0,3 m, με πυκνότητα 6 φυτά / m². Κάθε σάκος είχε 6 οπές και σε κάθε οπή υπήρχε ένα φυτό τριανταφυλλιάς και ένας σταλάκτης

άρδευσης. Τα φυτά ήταν τοποθετημένα σε πέντε γραμμές (σε ανοικτό και κλειστό σύστημα). Η απόσταση μεταξύ των γραμμών ήταν 41,5 cm και το μήκος κάθε γραμμής ήταν 21m, επομένως σε κάθε γραμμή υπήρχαν 21 σάκοι. Η καλλιέργεια ήταν διαμορφωμένη με την τεχνική ‘Shoot bending’. (στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν μόνο φυτά του ανοικτού υδροπονικού συστήματος).



Εικόνα 6.2.: Η ποικιλία First Red

6.3. ΑΝΟΙΚΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.

Το ανοικτό υδροπονικό σύστημα αποτελείτο από μια δεξαμενή που περιείχε το μητρικό διάλυμα, καθώς και από μια δεξαμενή στράγγισης, όπου συλλεγόταν το διάλυμα απορροής. Το θρεπτικό διάλυμα που περιείχε η πρώτη δεξαμενή διοχετευόταν με σύστημα στάγδην άρδευσης στα φυτά. Για την δημιουργία του θρεπτικού διαλύματος καθώς και για τον έλεγχο της οξύτητας (pH) και της αγωγιμότητάς του (EC), υπήρχαν κατάλληλες εγκαταστάσεις και όργανα. Υπήρχε, επίσης, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής που ρύθμιζε και έλεγχε, ώστε η άρδευση και η λίπανση να γίνεται αυτόματα κάθε μία ώρα.

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιούταν για την τροφοδοσία των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία είχε την σύσταση που φαίνεται στον πίνακα 6.3:

NO ₃	762,6mg/l	Ca	160 mg/l	Mo	0,027 mg/l
PO ₄ H ₂	97 mg/l	Mg	24 mg/l	Mn	0,5 mg/l
SO ₄	72 mg/l	Fe	1,3 mg/l	Zn	0,23 mg/l
NH ₄	18 mg/l	B	0,28 mg/l		
K	253 mg/l	Cu	0,6 mg/l		

Πίνακας 6.3: Σύσταση θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 6.3.1: Καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε σάκο περλίτη.



Εικόνα 6.3.2: Άποψη της υδροπονικής καλλιέργειας τριανταφυλλιάς.



Εικόνα 6.3.3: Άποψη της υδροπονικής καλλιέργειας τριανταφυλλιάς

6.4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων (φωτοσύνθεσης – ακτινοβολίας - θερμοκρασίας) επιλέχθηκαν φύλλα από τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας σε σχέση με τη θέση τους πάνω στο φυτό και την ηλικία τους. Έτσι, επιλέχθηκαν α) φύλλα όρθιων βλαστών νεαρής ηλικίας, μικρότερα των 15 ημερών, β) φύλλα όρθιων βλαστών μέσης ηλικίας, 15-30 ημερών, γ) φύλλα όρθιων βλαστών ώριμα, 30-40 ημερών, δ) φύλλα λυγισμένων βλαστών, μέσης ηλικίας.

Συγκεκριμένα, στην έναρξη κάθε ημέρας μετρήσεων, επιλεγόταν ένα επίπεδο της καλλιέργειας, σημειώνονταν 20 φύλλα που θα χρησιμοποιούνταν στις μετρήσεις με ένα χάρτινο δακτυλίδι και στη συνέχεια λαμβάνονταν όσες περισσότερες σειρές μετρήσεων στα 20 φύλλα ήταν εφικτό.

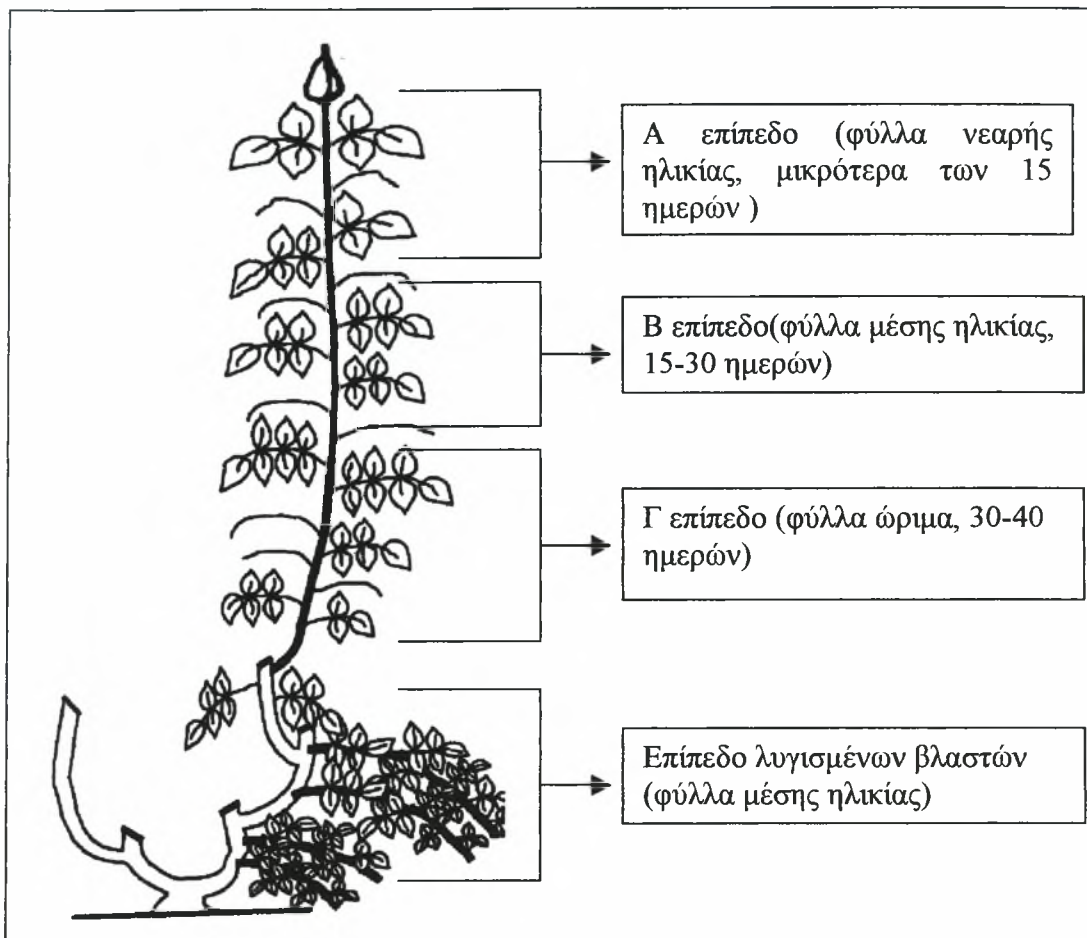
Οι μετρήσεις, λοιπόν, για το επίπεδο Α που περιελάμβανε φύλλα όρθιων βλαστών νεαρής ηλικίας, μικρότερα των 15 ημερών, πραγματοποιήθηκαν στις 10 Ιουλίου, 11 Ιουλίου, 16 Ιουλίου, 18 Ιουλίου, 21 Ιουλίου και στις 21 Σεπτεμβρίου, κατά το χρονικό διάστημα, 8:00 έως 16:00 περίπου.

Οι μετρήσεις για το επίπεδο Β, που περιελάμβανε φύλλα όρθιων βλαστών μέσης ηλικίας, 15-30 ημερών, πραγματοποιήθηκαν στις 25 Ιουλίου, 26 Ιουλίου, 24 Σεπτεμβρίου και 24 Οκτωβρίου, κατά το χρονικό διάστημα 10:30 έως 16:00.

Οι μετρήσεις για το επίπεδο Γ , που περιελάμβανε φύλλα όρθιων βλαστών ώριμα, 30-40 ημερών, πραγματοποιήθηκαν στις 23 Ιουλίου, 20 Σεπτεμβρίου και 30 Οκτωβρίου, κατά το χρονικό διάστημα 9:30 έως 16:00.

Οι μετρήσεις για το επίπεδο των λυγισμένων, *bending* βλαστών, που περιελάμβανε φύλλα λυγισμένων βλαστών, μέσης ηλικίας, πραγματοποιήθηκαν στις 19 Ιουλίου, 27 Ιουλίου και 25 Σεπτεμβρίου, κατά το χρονικό διάστημα 10:30 έως 15:30, 11:00 έως 16:00 και 10:00 έως 13:00 αντίστοιχα.

Παρακάτω, παρουσιάζεται ένα φυτό τριανταφυλλιάς διαμορφωμένο με την τεχνική ‘Shoot bending’ καθώς και τα τέσσερα επίπεδα των φύλλων στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.



Εικόνα 6.4: Διαμόρφωση φυτού τριανταφυλλιάς με την τεχνική Bending και τα τέσσερα επίπεδα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις..

6.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΤΟ CIRAS –1.

6.5.α Περιγραφή – αρχή λειτουργίας της φορητής συσκευής μέτρησης φωτοσύνθεσης, Ciras – 1 (Combined infrared gas analysis system).

Περιγραφή:

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Ciras-1.

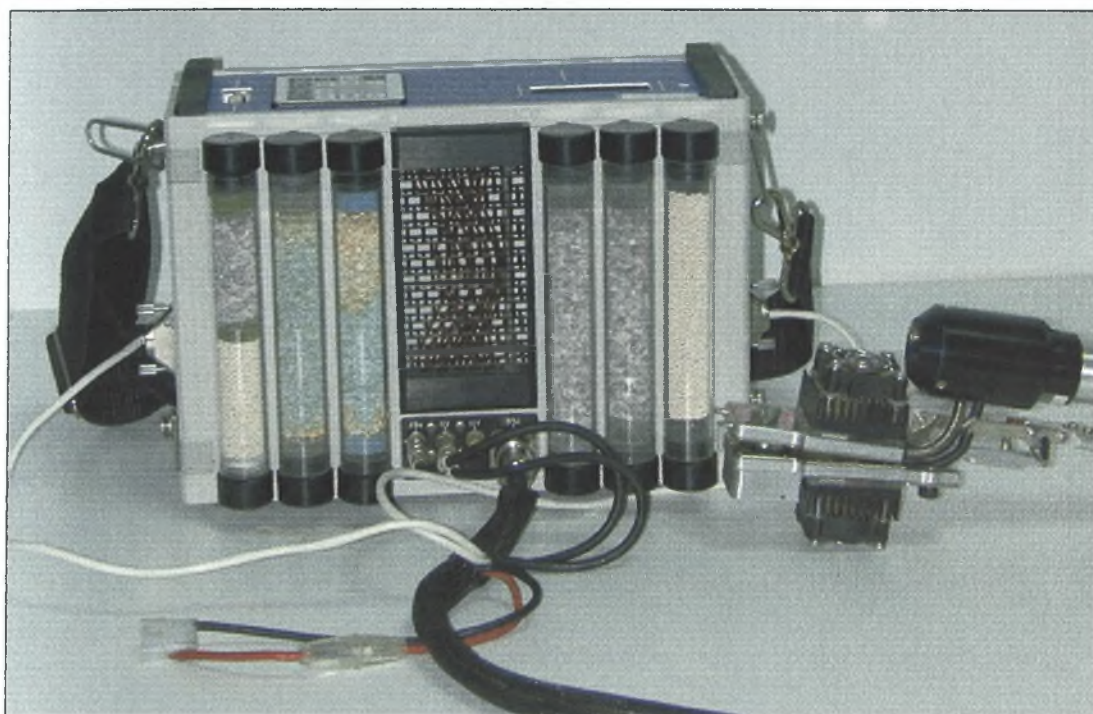
Η συσκευή Ciras αποτελείται από 2 κύρια εξαρτήματα, από έναν πίνακα ενδείξεων και ανάλυσης, καθώς και από μια κουβέτα φύλλου (PLC), (ή θαλαμίσκο).

Ο πίνακας ενδείξεων και ανάλυσης αποτελείται από τις στήλες απορρόφησης CO₂, από εσωτερικά φίλτρα αέρα, από την μπαταρία, τον φορτιστή μπαταρίας, το μοριακό κόσκινο (Dessicant), στήλες για την αφύγρανση του αέρα, ρυθμιστή ροής CO₂, έναν επεξεργαστή και καταγραφέα δεδομένων. Προκειμένου να γίνεται έλεγχος και ρύθμιση του CO₂ κατά τη μέτρηση της φωτοσύνθεσης, υπήρχε φουσίγγιο για την παροχή CO₂ στο θάλαμο μέτρησης.

Ο θάλαμος φύλλου-κουβέτα περιλαμβάνει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας φύλλου, έναν αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα και έναν αισθητήρα ακτινοβολίας.



Εικόνα 6.5.1: (θαλαμίσκος φύλλου- επάνω, πίνακας ενδείξεων- κάτω).



Εικόνα 6.5.2: (πίσω πλευρά της συσκευής, φαίνονται οι στήλες απορρόφησης υδρατμών και CO_2)

Λειτουργία :

Η συσκευή Ciras-1 εφαρμόζει μια τεχνική μέτρησης μη διάχυτης υπέρυθρης σε συνδυασμό με μικροεπεξεργαστή ελέγχου, για να πετυχαίνει καλό, σταθερό προσδιορισμό του CO_2 και των υδρατμών.

Έτσι χρησιμοποιεί τέσσερις ανεξάρτητους αναλυτές, δύο για το CO_2 και δυο για το H_2O . Το ένα ζευγάρι αναλυτών του CO_2 ,καθώς και του H_2O έχουν μια κοινή είσοδο/έξοδο και καθορίζονται σαν σημείο αναφοράς, ενώ το δεύτερο ζευγάρι αναλυτών ορίζεται ως η ανάλυση. Οι μετρήσεις εκφράζονται σαν διαφορά μεταξύ του σημείου αναφοράς και της συγκέντρωσης ανάλυσης.

Συγκεκριμένα ένα φύλλο τοποθετείται στο χώρο του θαλαμίσκου αυξάνοντας με την παρουσία του την υγρασία του θαλαμίσκου, ενώ μειώνει την συγκέντρωση του CO_2 (λόγω διαπνοής και φωτοσύνθεσης αντίστοιχα). Οι συγκεντρώσεις αυτές του CO_2 και του νερού απορροφούνται με κατάλληλο σύστημα από τις αντίστοιχες στήλες, αποξηραίνονται, και με τη βοήθεια των σημείων αναφοράς συγκέντρωσης του CO_2 και του H_2O , που ρυθμίζουμε εμείς, υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις τους.

6.5.β Υπολογισμοί της συσκευής

Η συσκευή Ciras μετά τον προσδιορισμό του CO₂ και του H₂O, χρησιμοποιώντας μια σειρά από εξισώσεις υπολογίζει τη φωτοσύνθεση (A), τη θερμοκρασία φύλλου, τη στοματική αγωγιμότητα, τη συγκέντρωση CO₂ στο φύλλο και την εξατμισοδιαπνοή (E). Στο παράτημα παρατίθεται πίνακας συμβόλων για τις διάφορες μετρούμενες παραμέτρους.

Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής : υπολογίζεται από την πίεση υδρατμών του αέρα που εισέρχονται (e_{in}) και εξέρχονται από τον θαλαμίσκο..

- Η ροή νερού στον θάλαμο είναι : $(e_{in}/P) W \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (σχέση 1).
- Η ροή αέρα έξω από τον θάλαμο, που οφείλεται στην προσθήκη του νερού της διαπνοής είναι : $(e_{out}/P) (W + E) \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (σχέση 2).

Έτσι, ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής ως διαφορά ροής μέσα και έξω από τον θάλαμο δίνεται από τη σχέση 3:

$$E = [(e_{out}/P) (W + E)] - (e_{in}/P) W = [W (e_{out} - e_{in})] / (P - e_{out})$$

(σχέση 3)

Όπου W η ροή αέρα που εισέρχεται στον θάλαμο (η συσκευή Ciras είναι βαθμονομημένη να την μετρά σε θερμοκρασία 20 °C και πίεση 1 bar) και δίδεται από τη σχέση 4:

$$W = (V_{20} / 1,000) (1/22,41) (273 / 293) (1/1,013) (10,000/a), \text{ (σχέση 4).}$$

V₂₀ : η ροή αέρα στους 20 °C και πίεση 1 bar.

a : είναι η επιφάνεια του φύλλου που βρίσκεται μέσα στον θάλαμο σε cm.

Η θερμοκρασία φύλλου t_{leaf} δίδεται από τη σχέση 5:

$$t_{leaf} = t_c + \Delta t, \text{ (σχέση 5).}$$

$$\Delta t = (H - \lambda E) / (0,93 M_a Cp/rb + [4 \text{ ή } (t_c + 273)^3]), \text{ (σχέση 6).}$$

Όπου : Δt είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ φύλλου και αέρα.

t_c : η θερμοκρασία θαλάμου.

H : η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο φύλλο.

λ : λανθάνουσα θερμότητα από εξάτμιση νερού.

E : ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής

M_a : μοριακό βάρος αέρα.

C_p : θερμότητα σταθερής πίεσης.

rb : οριακό στρώμα αντίστασης στην μεταφορά υδρατμών.

σ : σταθερά του Stefan Boltzmann.

(κατά προσέγγιση , $4 \text{ ή } \times (t_c + 273)^3 > > 4,639 + (0,0583 \times t_c)$

Για **τη στοματική αγωγιμότητα r_s (mmol/m^2)** έχουμε :

$$E = W (e_{out} - e_{in}) / (P - e_{out}), \text{ (σχέση 7).}$$

$$E = (e_{leaf} - e_{out}) / [P (r_s + r_b)] \quad \text{ ή } r_s = [(e_{leaf} - e_{out}) / (E - P)] - r_b, \text{ (σχέση 8).}$$

$$\text{Έτσι } g_s = 1/r_s, \text{ (σχέση 9).}$$

Ο ρυθμός καθαρής **φωτοσύνθεσης** υπολογίζεται από τη διαφορά CO_2 που μπαίνει και βγαίνει από τον θάλαμο.

$$A = C_{in} W - C_{out} (W + E) = - [W (C_{out} - C_{in}) + C_{out} E], \text{ (σχέση 10).}$$

Η **συγκέντρωση CO_2** στο φύλλο :

$$C_{leaf} = [(g_c - E/2) C_{out} - A] / (g_c + E/2), \text{ (σχέση 11).}$$

$$\text{Όπου : } g_c = 1 / (1,6 r_s + 1,37 r_b), \text{ (σχέση 12).}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα σύμβολα που παρατίθενται στον πίνακα 7.1.

<i>Πίνακας συμβόλων</i>		
Μετρήσεις	Σύμβολο	Μονάδες
Η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο φύλλο.	PAR	W/m ²
Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης.	PS	μmol/m ² s
Η θερμοκρασία του εσωτερικού της κουβέτας (θεωρείται ίση με την θερμοκρασία του αέρα)	T cuv	°C
Η θερμοκρασία του φύλλου	T leaf	°C
Ο μέσος όρος που προκύπτει από όλες τις μετρήσεις, όλων των ημερών που πάρθηκαν τον μήνα Ιούλιο, το συγκεκριμένο μισάωρο, για το κάθε επίπεδο.	M.O	
Η τυπική απόκλιση όλων των μετρήσεων που πάρθηκαν τον μήνα Ιούλιο ανά μισάωρο.	T.A	
Ο αριθμός των ημερών στις οποίες μετρήθηκε το κάθε επίπεδο	n	Ημέρες

Πίνακας 7.1:

Στη συνέχεια στους πίνακες 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4, 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.4.4 παρατίθενται τα αποτελέσματα για τον μήνα Ιούλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

7.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ

Πίνακας 7.2.1: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για το επίπεδο A, τον μήνα Ιούλιο.

Ωρα	PAR M.O \pm T.A, (n = 5)	PS M.O \pm T.A, (n = 5)	T cuv M.O \pm T.A, (n = 5)	T leaf M.O \pm T.A, (n = 5)
8 :30 -9 :00	71,3 \pm 26,7	2,9 \pm 1	24,1 \pm 0,5	23,2 \pm 0,5
9 :00-9 :30	81,1 \pm 28	3,3 \pm 0,8	25,6 \pm 1,7	24,5 \pm 1,6
9 :30-10 :00	114,5 \pm 27,5	5,2 \pm 1,4	28,0 \pm 2,9	26,9 \pm 2,7
10 :00-10 :30	138,1 \pm 26,5	6,5 \pm 1,2	29,6 \pm 3,2	28,5 \pm 2,8
10 :30-11 :00	165,8 \pm 28,9	7,9 \pm 1,7	31,2 \pm 2,1	30,1 \pm 1,9
11 :00-11 :30	181,2 \pm 16,5	8,4 \pm 1,6	32,2 \pm 1,6	31,0 \pm 1,4
11 :30-12 :00	184,2 \pm 41,6	8,5 \pm 2,4	28,7 \pm 3,2	27,8 \pm 2,9
12 :00-12 :30	197,7 \pm 30,1	9,4 \pm 2,2	28,8 \pm 4,2	28,0 \pm 3,7
12 :30-13 :00	209,3 \pm 27	8,7 \pm 2	33,2 \pm 1,6	31,8 \pm 1,4
13 :00-13 :30	228,0 \pm 32,6	8,3 \pm 1,3	32,6 \pm 2,3	31,2 \pm 1,9
13 :30-14 :00	230,1 \pm 18,6	8,9 \pm 2,3	32,7 \pm 1,5	31,3 \pm 1,2
14 :00-14 :30	228,9 \pm 56,6	9,4 \pm 2,9	32,4 \pm 1,9	31,4 \pm 1,5
14 :30-15 :00	226,6 \pm 35,1	9,8 \pm 1,9	33,8 \pm 0,7	32,6 \pm 0,7
15 :00-15 :30	203,0 \pm 20	7,9 \pm 1,4	33,2 \pm 0,3	32,9 \pm 0,2
15 :30-16 :00	180,7 \pm 33,3	8,3 \pm 1,3	34,7 \pm 1,3	33,4 \pm 0,7

Πίνακας 7.2.2: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για το επίπεδο Β, τον μήνα Ιούλιο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A, (n = 5)	PS M.O \pm T.A, (n = 5)	T cuv M.O \pm T.A, (n = 5)	T leaf M.O \pm T.A, (n = 5)
10:00-10:30	123.2 \pm 7.3	6.2 \pm 2	28.3 \pm 0.2	27.3 \pm 0.3
10:30-11:00	122.4 \pm 21.6	7.5 \pm 2.9	28.9 \pm 0.4	27.9 \pm 0.4
11:00-11:30	132.7 \pm 29.2	8.4 \pm 0.9	29.2 \pm 0.1	28.3 \pm 0
11:30-12:00	119.4 \pm 24.9	6.4 \pm 0.9	30.2 \pm 0	29.3 \pm 0.2
12:00-12:30				
12:30-13:00	127.7 \pm 24.6	7.2 \pm 1.2	30.8 \pm 0.3	29.9 \pm 0.3
13:00-13:30	172.2 \pm 35.4	8.9 \pm 2.5	31.4 \pm 0.8	30.5 \pm 0.6
13:30-14:00	175.5 \pm 35.4	9.1 \pm 3	32.7 \pm 1.1	31.8 \pm 0.8
14:00-14:30	200.5 \pm 48.4	11.2 \pm 4.3	32.5 \pm 0.8	31.7 \pm 0.8
14:30-15:00	198.8 \pm 53.4	10.1 \pm 4.1	32.7 \pm 0.7	31.7 \pm 0.6
15:00-15:30	102.0 \pm 0	6.5 \pm 0	34.4 \pm 0	33.1 \pm 0
15:30-16:00	161.0 \pm 33	7.4 \pm 0.1	33.6 \pm 0.1	32.9 \pm 0.6

Πίνακας 7.2.3: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T cuv, T leaf, για το επίπεδο Γ, τον μήνα Ιούλιο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A, (n = 5)	PS M.O \pm T.A, (n = 5)	T cuv M.O \pm T.A, (n = 5)	T leaf M.O \pm T.A, (n = 5)
9:30-10:00	93 \pm 20	5 \pm 1	27.9 \pm 0.2	26.5 \pm 0.1
10:00-10:30	112.6 \pm 41	5.2 \pm 1.9	27.4 \pm 0.2	26.3 \pm 0.3
10:30-11:00	103.3 \pm 41.6	6.8 \pm 2.2	27.4 \pm 0.1	26.2 \pm 0.4
11:00-11:30	130.6 \pm 29.9	6.3 \pm 1.2	28.6 \pm 0.4	27.2 \pm 0.5
11:30-12:00	144.0 \pm 35.4	7.6 \pm 1.6	29.4 \pm 0.2	28.3 \pm 0.4
12:00-12:30	162.6 \pm 31.9	7.7 \pm 1.1	30.5 \pm 0.7	29.4 \pm 0.6
12:30-13:00	168.0 \pm 40.1	7.6 \pm 1.5	30.9 \pm 0.7	29.5 \pm 0.6
13:00-13:30	146.0 \pm 0	7.2 \pm 0	29.6 \pm 0	29.0 \pm 0
13:30-14:00	189.4 \pm 49.2	8.5 \pm 1.6	31.3 \pm 0.3	30.3 \pm 0.6
14:00-14:30	208.0 \pm 40.2	8.9 \pm 1.2	31.5 \pm 0.5	30.2 \pm 0.5
14:30-15:00	173.3 \pm 20.8	7.8 \pm 1	31.6 \pm 0.2	30.1 \pm 0.4

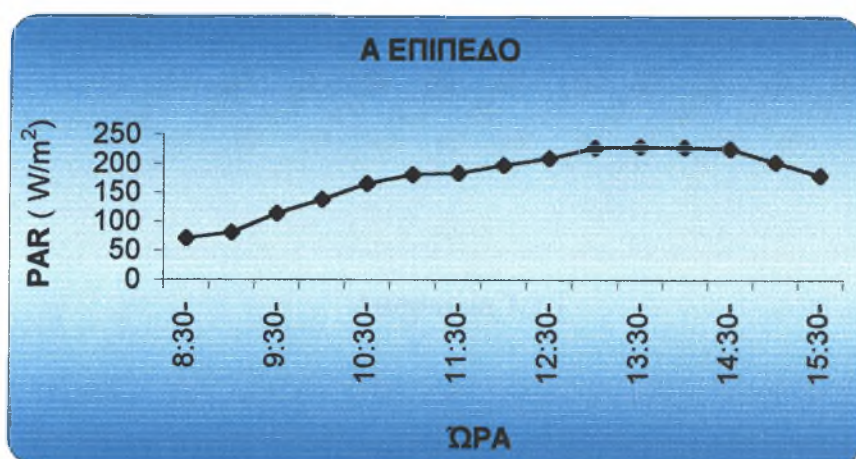
Πίνακας 7.2.4: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για το επίπεδο των πλάγιων βλαστών, τον μήνα Ιούλιο.

ΩΡΑ	PAR M.O ± T.A, (n = 5)	PS M.O ± T.A, (n = 5)	T _{cuv} M.O ± T.A, (n = 5)	T _{leaf} M.O ± T.A, (n = 5)
10:30-11:00	138.5±7.5	6.8±1.3	31.5±0	30.6±0.1
11:00-11:30	135.7±47	7.4±1.1	28.5±0.4	27.5±0.6
11:30-12:00	130.3±26.7	7.2±1.8	29.9±2.1	28.8±1.9
12:00-12:30	159.2±35.1	7.6±1.6	30.8±2	29.8±1.8
12:30-13:00	190.8±36.8	9.4±2.2	30.3±0.7	29.6±0.6
13:00-13:30	196.4±43.1	8.8±2	32.6±2.5	31.6±2
13:30-14:00	264.2±64	11.2±3.6	31.6±0.7	30.9±0.7
14:00-14:30	310.5±76.7	11.9±2.9	32.1±0.3	31.4±0.3
14:30-15:00	290.9±45.6	10.6±1.5	32.9±0.5	32.2±0.5
15:00-15:30	279.2±51.6	9.9±2.3	32.6±0.6	31.8±0.7
15:30-16:00	235.7±51.1	8.7±2	32.6±0.5	31.9±0.6

7.2.α Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων *PAR*, *PS*, *T_{cuv}*, *T_{leaf}*, για τον μήνα Ιούλιο

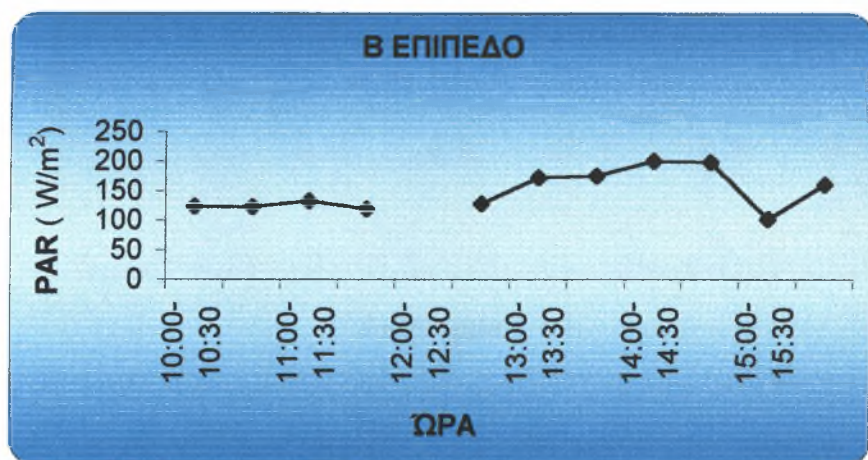
PAR

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Η ακτινοβολία που δέχονταν τα φύλλα στο επίπεδο Α αυξανόταν συνεχώς από τις 8:30 έως τις 11:30, ενώ από τις 11:30 έως τις 16:00, που παίρνονταν ακόμα μετρήσεις, δεν εμφανίστηκε σημαντική αύξηση, (πίνακας 7.2.1, διάγραμμα 7.2.1).



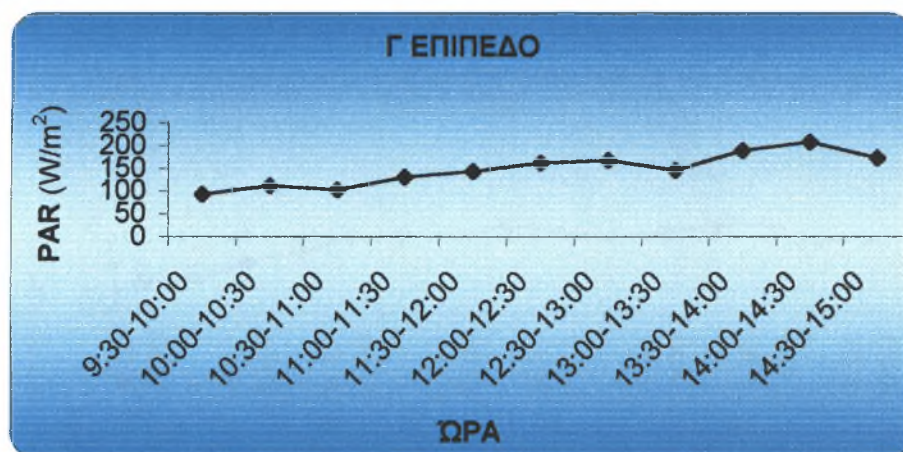
Διάγραμμα 7.2.1

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Στο επίπεδο αυτό εμφανίστηκε μια τάση αύξησης της ακτινοβολίας μετά τις 12:30 το μεσημέρι, (διάγραμμα 7.2.2) Επειδή παρατηρήθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα, τόσο μεταξύ των μέσων όρων, όσο και μεταξύ των τυπικών αποκλίσεων, τα αποτελέσματα δεν χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων, (πίνακας 7.2.2).



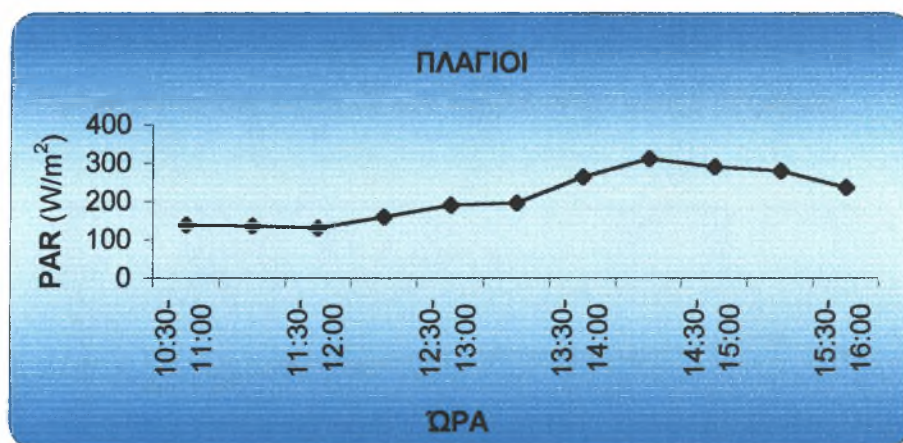
Διάγραμμα 7.2.2

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι μετρήσεις ακτινοβολίας στα φύλλα του επιπέδου αυτού εμφάνισαν μεγάλη παραλλακτικότητα και δεν βοηθούν στην ασφαλή παρατήρηση της κατανομής ακτινοβολίας στο χρόνο, (πίνακας 7.2.3). Ωστόσο, και εδώ διαφάνηκε μια τάση αύξησης της ακτινοβολίας με το χρόνο, (Διάγραμμα 7.2.3).



Διάγραμμα 7.2.3

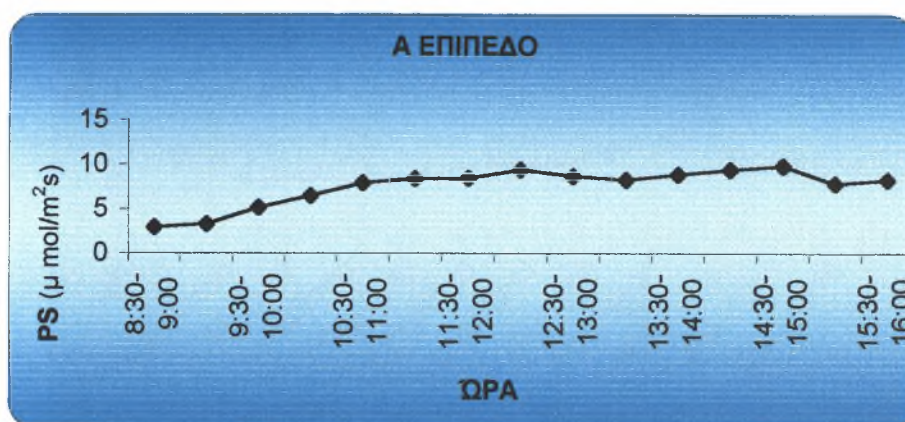
ΠΛΑΓΙΟΙ: Οι τιμές της ακτινοβολίας στα φύλλα των λυγισμένων βλαστών, το χρονικό διάστημα 10:30-13:30 ήταν χαμηλότερες σε σχέση με αυτές το διάστημα 13:30-15:30, που λαμβάνονταν ακόμα μετρήσεις, (πίνακας 7.2.4, διάγραμμα 7.2.4).



Διάγραμμα 7.2.4

PS

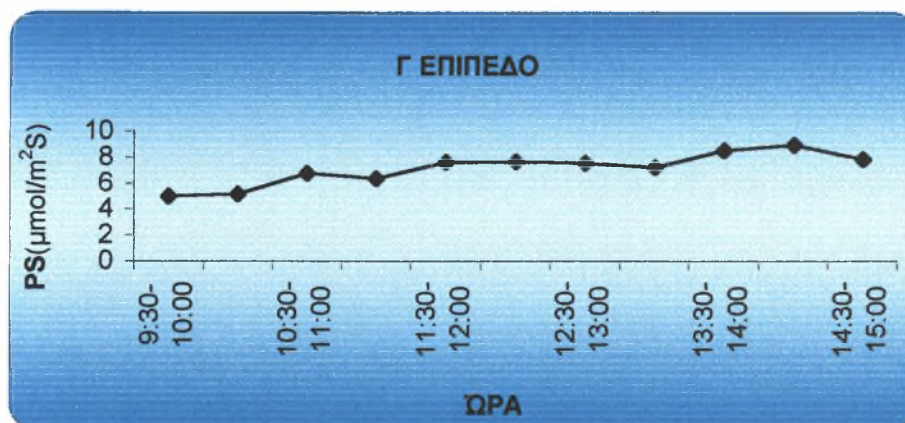
Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης αυξήθηκε από τις 8:30- 11:30, και στη συνέχεια από τις 11:30-16:00 διατηρήθηκε σε σταθερά επίπεδα, (πίνακας 7.2.1, διάγραμμα 7.2.5).



Διάγραμμα 7.2.5

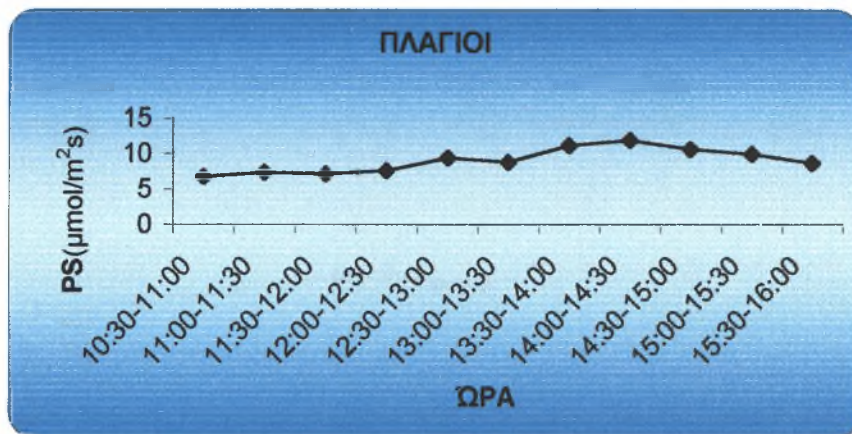
Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Επειδή στις μετρήσεις φωτοσύνθεσης του επιπέδου αυτού υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα, τόσο μεταξύ των μέσων όρων, όσο και μεταξύ των τυπικών αποκλίσεων, τα αποτελέσματα δεν χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων, (πίνακας 7.2.2).

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Η φωτοσύνθεση αρχικά ήταν χαμηλή αυξανόταν μέχρι τις 11:30, και έπειτα σταθεροποιούνταν έως τις 15:00 που λαμβάνονταν ακόμα μετρήσεις.



Διάγραμμα 7.2.6

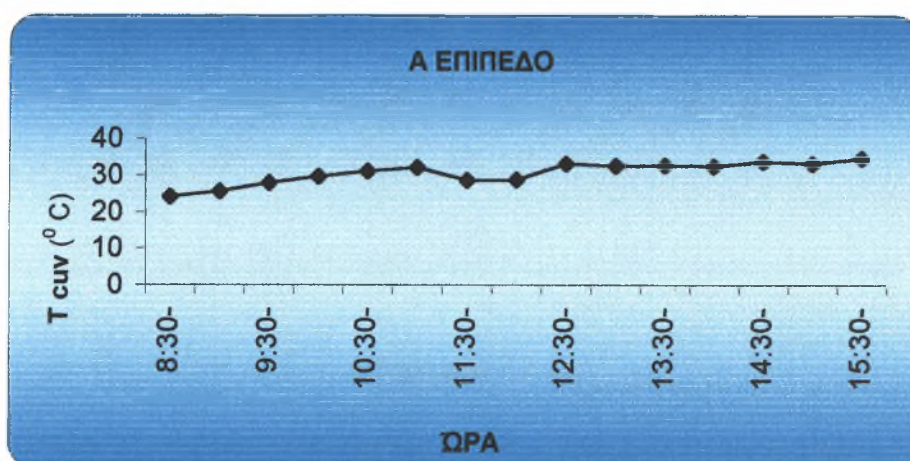
ΠΛΑΓΙΟΙ: Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης ήταν χαμηλότερος στο διάστημα 10:30-12:30, ενώ μετά τις 13:30 εμφανίστηκε υψηλότερος και διατηρήθηκε σε αυτά τα επίπεδα ως τις 15:30, όπου παίρνονταν ακόμα μετρήσεις, (πίνακας 7.2.4, διάγραμμα 7.2.7).



Διάγραμμα 7.2.7

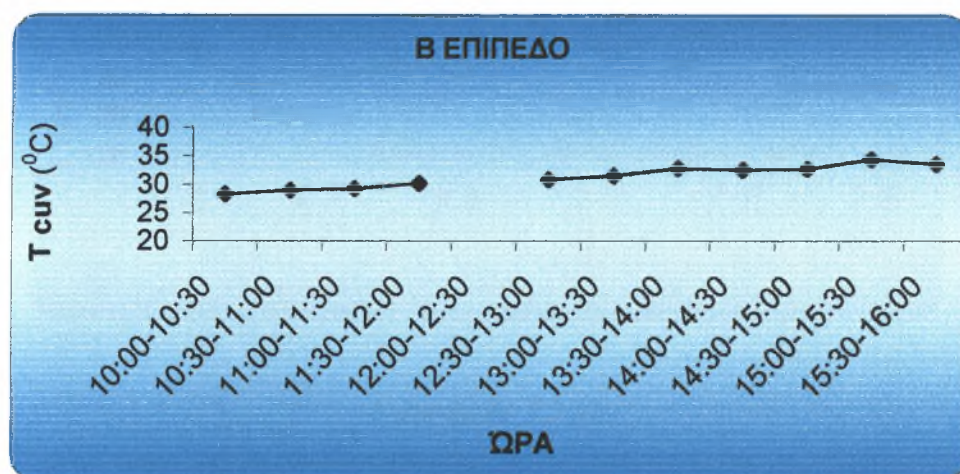
T_{cun}

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα στο επίπεδο Α φάνηκε να αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας (διάγραμμα 7.2.8). Όμως, στατιστικώς αυξήθηκε σημαντικά από τις 8:30-10:30, ενώ στο χρονικό διάστημα από 10:30-16:00, η θερμοκρασία διατηρήθηκε σε σταθερά επίπεδα (πίνακας 7.2.1).



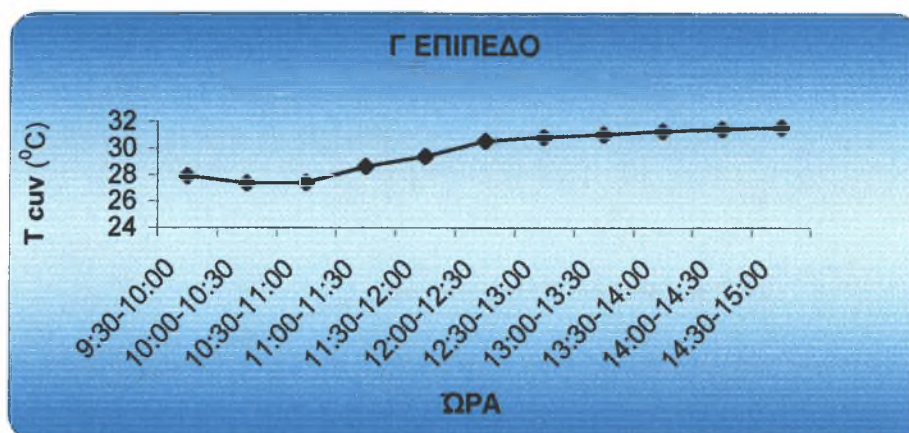
Διάγραμμα 7.2.8

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα αυξήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, 10:00 έως 16:00, (πίνακας 7.2.2, διάγραμμα 7.2.9).



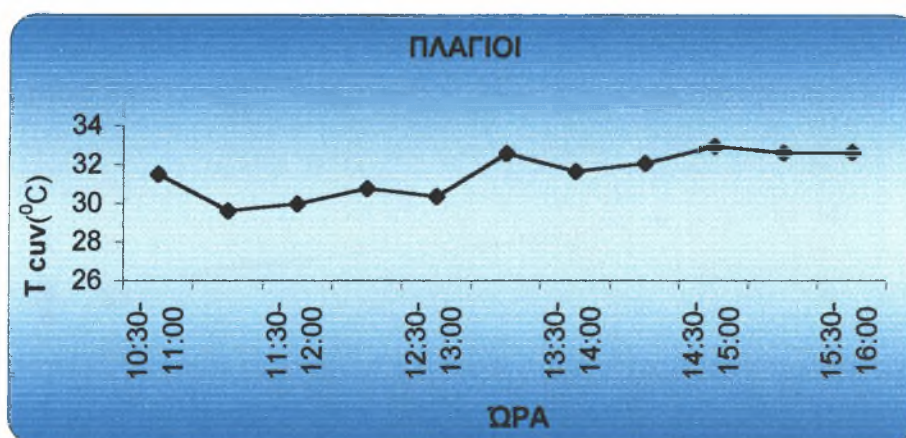
Διάγραμμα 7.2.9

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα αυξήθηκε από τις 9:30-12:30, και στη συνέχεια διατηρήθηκε σταθερή έως τις 15:00 που λαμβάνονταν μετρήσεις, (πίνακας 7.2.3, διάγραμμα 7.2.10).



Διάγραμμα 7.2.10

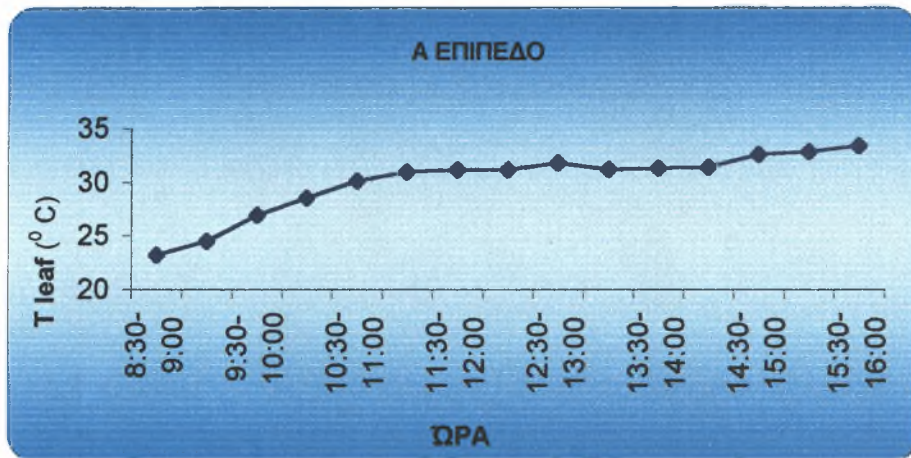
ΠΛΑΓΙΟΙ: Η θερμοκρασία αέρα διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή, δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη διάρκεια των μετρήσεων από τις 10:30-16:00 (πίνακας 7.2.4, διάγραμμα 7.2.11).



Διάγραμμα 7.2.11

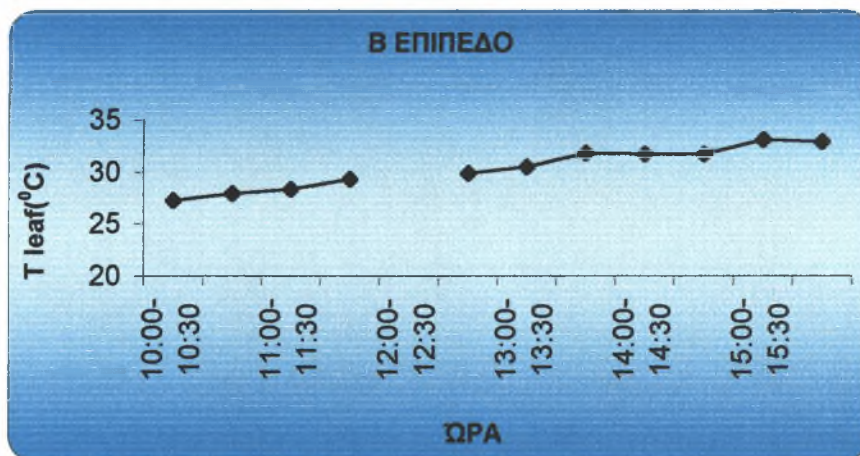
T_{leaf}

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία φύλλου αυξήθηκε έως τις 11:00 και έπειτα σταθεροποιήθηκε έως τις 16:00, που παίρναμε ακόμα μετρήσεις (πίνακας 7.2.2, διάγραμμα 7.2.12)



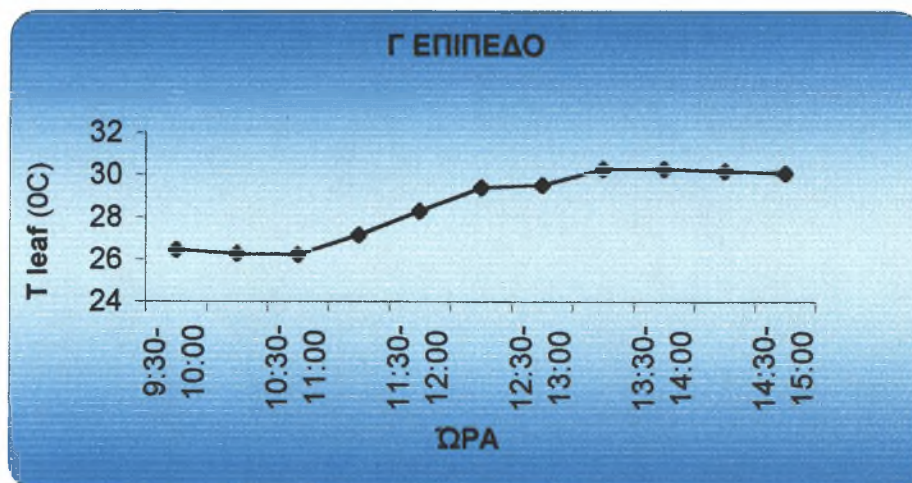
Διάγραμμα 7.2.12

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία φύλλου αυξανόταν συνεχώς από τις 11:00-16:00, που λαμβάνονταν μετρήσεις (πίνακας 7.2.2, διάγραμμα 7.2.13).



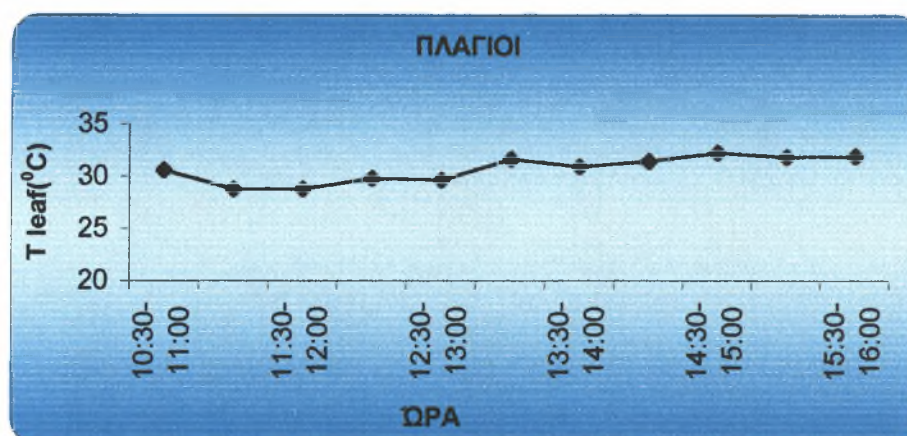
Διάγραμμα 7.2.13

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία φύλλου αυξανόταν συνεχώς από τις 9:30-15:00,(πίνακας 7.2.3, διάγραμμα 7.2.14).



Διάγραμμα 7.2.14

ΠΛΑΓΙΟΙ: Η θερμοκρασία φύλλου διατηρήθηκε γενικά σταθερή (διάγραμμα 7.2.15), δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο χρονικό διάστημα των μετρήσεων 10:30-16:00.



Διάγραμμα 7.2.15

7.2.β Κατανομή των παραμέτρων PAR, PS, T_{cyn}, T_{leaf} στα τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας, τον μήνα Ιούλιο

PAR

Συγκρίνοντας τα τέσσερα επίπεδα A, B, Γ και Πλάγιους για την ακτινοβολία (πίνακες 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4) καταλήξαμε στο ότι τα φύλλα στο επίπεδο A δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία σε σχέση με τα φύλλα στο επίπεδο B, στο χρονικό διάστημα 10:30 έως 12:00, 12:30 έως 14:00 και 15:00-15:30. Συγκριτικά με το επίπεδο Γ τα φύλλα στο επίπεδο A δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία στο διάστημα 10:00 έως 13:30. Τα φύλλα του A επιπέδου δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία και από τα φύλλα των λυγισμένων βλαστών κατά το χρονικό διάστημα 11:30 έως 13:30.

Το επίπεδο B εμφανίστηκε να δέχεται τα ίδια επίπεδα ακτινοβολίας με το επίπεδο Γ, αφού δεν υπήρχαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (πίνακες 7.2.2, 7.2.3).

Τέλος, τα φύλλα στο επίπεδο των πλάγιων, λυγισμένων βλαστών δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία από τα φύλλα στο B και Γ επίπεδο κατά το χρονικό διάστημα 13:00-16:00 (πίνακες 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4).

PS

Όσον αφορά το ρυθμό καθαρής φωτοσύνθεσης γενικά δεν εμφανίστηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων επιπέδων (διάγραμμα 7.2.16).

Συγκεκριμένα η εξίσωση που περιγράφει το κάθε επίπεδο είναι:

Επίπεδο A : $y = 5,5768 \ln(x) - 20,975$ με $R^2 = 0,94,23$

Επίπεδο B: $y = 6,2846 \ln(x) - 23,207$ με $R^2 = 0,79$

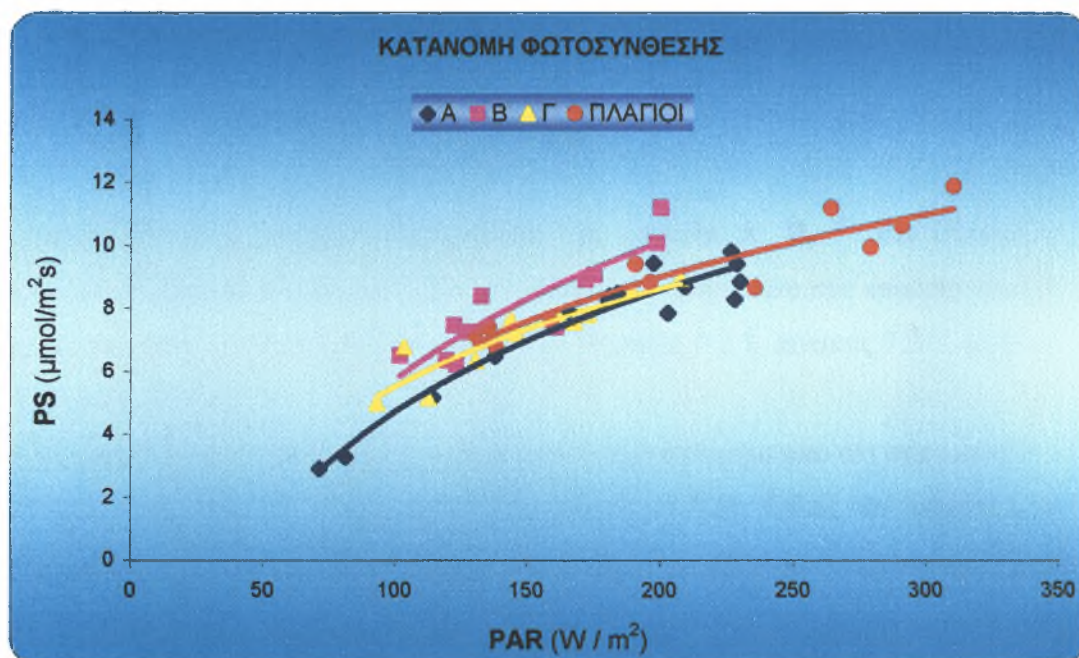
Επίπεδο Γ: $y = 4,4543 \ln(x) - 14,994$ με $R^2 = 0,83,74$

Πλάγιοι: $y = 4,9178 \ln(x) - 17,065$ με $R^2 = 0,8692$

Παρατηρήθηκαν, ωστόσο, διαφορές μεταξύ κάποιων επιπέδων για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Έτσι, η φωτοσύνθεση στο επίπεδο Α βρέθηκε μεγαλύτερη από αυτή στο επίπεδο Γ, για τα χρονικά διαστήματα 11:00-11:30, και 14:30-15:00, κατά τη διάρκεια του μήνα Ιουλίου (πίνακας 7.2.1, 7.2.3).

Ακόμα, ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης εμφανίστηκε μεγαλύτερος στο επίπεδο Β σε σχέση με Γ, για το χρονικό διάστημα 11:00-11:30 (πίνακας 7.2.2, πίνακας 7.2.3). Για το επίπεδο των πλάγιων βλαστών παρατηρήθηκε ότι η φωτοσύνθεση ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με τα επίπεδα Β και Γ, για τα χρονικά διαστήματα 12:30-13:00, 15:00-15:30 και 14:00-14:30, 14:30-15:00, αντίστοιχα (πίνακας 7.2.2, πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4).



Διάγραμμα 7.2.16

T_{cuv}

Εξετάζοντας τη θερμοκρασία αέρα στα τέσσερα επίπεδα διαπιστώσαμε ότι η θερμοκρασία στο επίπεδο Α ήταν μεγαλύτερη από ότι στο επίπεδο Β, κατά τα διαστήματα 10:30 έως 11:30 και 12:30 έως 13:00 (πίνακας 7.2.1, πίνακας 7.2.2). Συγκριτικά με το επίπεδο Γ, το επίπεδο Α είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα κατά το διάστημα 10:30 έως 15:00 (πίνακας 7.2.1, πίνακας 7.2.3). Επιπλέον, το επίπεδο Α σε σχέση με το επίπεδο των λυγισμένων βλαστών είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα στο διάστημα 11:00 έως 16:00 (πίνακας 7.2.1, πίνακας 7.2.4).

Το επίπεδο Β είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα από τα επίπεδα Γ και Πλάγιοι (πίνακας 7.2.2, πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4), ενώ το επίπεδο των πλάγιων είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα από το επίπεδο Γ (πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4).

T_{leaf}

Μελετώντας τη θερμοκρασία φύλλου στα επίπεδα Α, Β, Γ, και Πλάγιους, λυγισμένους βλαστούς διαπιστώσαμε ότι η θερμοκρασία φύλλου στο επίπεδο Α ήταν μεγαλύτερη από ότι στα επίπεδα Β, Γ, Πλάγιοι (πίνακας 7.2.1, πίνακας 7.2.2, πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4).

Στο επίπεδο Β η θερμοκρασία φύλλου ήταν μεγαλύτερη από ότι στα επίπεδα Γ και Πλάγιοι (πίνακας 7.2.2, πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4). Τέλος, το επίπεδο των πλάγιων είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία αέρα από το επίπεδο Γ (πίνακας 7.2.3, πίνακας 7.2.4).

7.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 7.3.1: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T *cuv*, T *leaf*, για το επίπεδο Α τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A	PS M.O \pm T.A	<u>T <i>cuv</i></u> M.O \pm T.A	<u>T <i>leaf</i></u> M.O \pm T.A
11:00-11:30	146 \pm 16.6	3.4 \pm 0.6	27.8 \pm 0.5	26.7 \pm 0.3
11:30-12:00	108 \pm 35.2	2.8 \pm 0.9	27.8 \pm 0	26.6 \pm 0.1
12:00-12:30	119.6 \pm 30.7	2.7 \pm 0.6	28.6 \pm 0.4	27.3 \pm 0.4
12:30-13:00	126 \pm 13	2.6 \pm 0.3	29.2 \pm 0.1	28.2 \pm 0.2

Πίνακας 7.3.2 : Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T *cuv*, T *leaf*, για το επίπεδο Β, τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A	PS M.O \pm T.A	<u>T <i>cuv</i></u> M.O \pm T.A	<u>T <i>leaf</i></u> M.O \pm T.A
11:00-11:30	84 \pm 32.4	4.3 \pm 2.9	27 \pm 0.6	26.1 \pm 0.6
11:30-12:00	118 \pm 39.2	4.7 \pm 0.7	27.8 \pm 0.2	26.7 \pm 0.5
12:00-12:30	122 \pm 24	4.0 \pm 1.3	28.8 \pm 0.8	27.7 \pm 0.7
12:30-13:00	245 \pm 0	6.0 \pm 0	29.6 \pm 0	28.6 \pm 0
13:00-13:30	177.5 \pm 49.5	6.5 \pm 0.4	29.5 \pm 0.1	28.4 \pm 0.1

Πίνακας 7.3.3: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για το επίπεδο Γ τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A	PS M.O \pm T.A	<u>T_{cuv}</u> M.O \pm T.A	<u>T_{leaf}</u> M.O \pm T.A
11:30-12:00	106 \pm 22	6.3 \pm 1.6	27.9 \pm 0.1	26.7 \pm 0.1
12:00-12:30	219 \pm 0	9.5 \pm 0	28.6 \pm 0	27.1 \pm 0
12:30-13:00	149.5 \pm 46.8	8.7 \pm 2.1	29.4 \pm 0.4	28.1 \pm 0.4
13:00-13:30	150.8 \pm 44.8	7.7 \pm 2.4	29.5 \pm 0.1	28.2 \pm 0.4
13:30-14:00	137.8 \pm 47.2	6.7 \pm 0.9	29.6 \pm 0	28.6 \pm 0.4
14:00-14:30	187.8 \pm 61.1	8.6 \pm 3.5	30.5 \pm 0.1	29.5 \pm 0.3
14:30-15:00	88.6 \pm 24	5.3 \pm 0.7	30.6 \pm 0.3	29.5 \pm 0.4
15:00-15:30	83.5 \pm 14.1	4.4 \pm 1.3	30.8 \pm 0.1	29.6 \pm 0.3
15:30-16:00	80 \pm 0	4.7 \pm 0	30.8 \pm 0	30.5 \pm 0

Πίνακας 7.3.4: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για το επίπεδο των πλάγιων βλαστών τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O \pm T.A	PS M.O \pm T.A	<u>T_{cuv}</u> M.O \pm T.A	<u>T_{leaf}</u> M.O \pm T.A
10:00-10:30	73 \pm 0	3.3 \pm 0	27.4 \pm 0	27.4 \pm 0
10:30-11:00	65.4 \pm 15.5	3 \pm 1.2	27.9 \pm 0.7	27.1 \pm 1.4
11:00-11:30	100.8 \pm 26.4	3.3 \pm 0.9	27.7 \pm 0.6	26.6 \pm 1.3
11:30-12:00	138.7 \pm 59.8	4.5 \pm 0.1	28.0 \pm 1.6	27.2 \pm 1.7
12:00-12:30	118.5 \pm 1.5	4.2 \pm 0.3	29.2 \pm 0.7	29.5 \pm 1.5
12:30-13:00	122.7 \pm 40.6	4.8 \pm 0.6	28.3 \pm 0.6	27.3 \pm 0.4

7.3.α Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv} , T_{leaf} , για τον μήνα Σεπτέμβριο.

PAR

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι μετρήσεις για το επίπεδο Α ελήφθησαν κατά το χρονικό διάστημα 11:00 έως 13:00, σε αυτό το διάστημα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές πίνακας 7.3.1.

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Μετρήσεις για αυτό το επίπεδο είχαμε από τις 11:00 έως τις 13:30, αύξηση σημειώθηκε από τις 12:30 έως τις 13:30, πίνακας 7.3.2.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Σε αυτό το επίπεδο οι μετρήσεις που πάρθηκαν παρουσίαζαν μεγάλη παραλλακτικότητα., πίνακας 7.3.3.

ΠΛΑΓΙΟΙ: Σε αυτό το επίπεδο μετρήσεις πάρθηκαν κατά ο χρονικό διάστημα 10:00 έως 13:00, παρουσιάστηκε αύξηση μετά τις 11:00 και στη συνέχεια η προσπίπτουσα ακτινοβολία σταθεροποιήθηκε, πίνακας 7.3.4.

PS

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Όσον αφορά τον ρυθμό καθαρής φωτοσύνθεσης σημειώθηκε πτώση της μετά τις 12:00 το μεσημέρι έως τις 13:00, που λαμβάνονταν ακόμα μετρήσεις, πίνακας 7.3.1

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Στο επίπεδο αυτό υπήρξε αύξηση από τις 12:30 έως τις 13:30, πίνακας 7.3.2

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Σε αυτό το επίπεδο οι μετρήσεις που πάρθηκαν παρουσίαζαν μεγάλη παραλλακτικότητα., πίνακας 7.3.3.

ΠΛΑΓΙΟΙ: Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης εμφανίστηκε σταθερός κατά το χρονικό διάστημα 10:00 έως 11:30 και στη συνέχεια αυξήθηκε έως τις 13:00, πίνακας 7.3.4.

T_{cuv}

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα το διάστημα 11:00 έως 12:00 κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα, ενώ μετά τις 12:00 έως τις 13:00 αυξήθηκε, πίνακας 7.3.1.

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα αυξήθηκε από τις 11:00 έως τις 13:30, που λαμβάνονταν μετρήσεις, πίνακας 7.3.2.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στο διάστημα 11:30 έως 16:00, που παίρναμε ακόμα μετρήσεις, πίνακας 7.3.3

ΠΛΑΓΙΟΙ: Η θερμοκρασία αέρα κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα, πίνακας 7.3.4.

T_{leaf}

Α ΕΠΙΠΕΔΟ: Σημειώθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου από τις 11:30 έως τις 13:00, πίνακας 7.3.1.

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Σημειώθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου από τις 11:00 έως τις 13:00, πίνακας 7.3.2.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία φύλλου αυξήθηκε έως τις 16:00, πίνακας 7.3.3.

ΠΛΑΓΙΟΙ: Η θερμοκρασία αέρα στο επίπεδο των λυγισμένων βλαστών κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα, πίνακας 7.3.4.

7.3.β Κατανομή των παραμέτρων PAR , PS , T_{cun} , T_{leaf} στα τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας, τον μήνα Σεπτέμβριο.

PAR

Οι τιμές ακτινοβολίας που έχουμε για το μήνα Σεπτέμβριο είναι περιορισμένες, επομένως μια σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων επιπέδων θα ήταν ριψοκινδυνευμένη, γιατί θα μπορούσε να μας οδηγήσει σε εντελώς λανθασμένα συμπεράσματα. Το ίδιο ισχύει και για τις παραμέτρους PS , T_{cun} , T_{leaf} .

7.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ

Πίνακας 7.4.1: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για το επίπεδο Β τον μήνα Οκτώβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O± T.A	PS M.O± T.A	T _{cuv} M.O± T.A	T _{leaf} M.O± T.A
11:00-11:30	58±0	9.4±0	21.9±0	20.6±0
11:30-12:00	70.3±12.4	9.0±2.3	23.1±0.3	22.4±0.7
12:00-12:30	92.5±5.5	9.9±1.3	21.9±0	21.3±0.1
12:30-13:00	87.0±0	9.5±0	24.2±0	23.1±0
13:00-13:30	109.0±0	9.4±0	24.7±0	23.8±0
13:30-14:00	113.0±0	12.8±0	24.7±0	23.9±0
14:00-14:30	138.5±3.5	13.3±0.2	25.2±0	24.0±0.3
14:30-15:00	135.0±0	13.5±0	25.2±0	24.2±0
15:00-15:30	84.0±0	7.6±0	27.3±0	26.0±0
15:30-16:00	74.5±5.5	10.1±1.3	26.6±1.1	25.8±0.6

Πίνακας 7.4.2: Ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για το επίπεδο Γ τον μήνα Σεπτέμβριο.

ΩΡΑ	PAR M.O± T.A	PS M.O± T.A	T _{cuv} M.O± T.A	T _{leaf} M.O± T.A
12:00-12:30	44.7±15.1	5.3±1.8	23.1±0.2	21.6±0.1
12:30-13:00	73.0±0	6.5±0	23.4±0	22.4±0
13:00-13:30	76.5±40.5	6.5±1.1	24.0±0.3	23.1±0.4

7.4.α Παρατηρήσεις σχετικά με την ημερήσια πορεία των παραμέτρων PAR, PS, T_{cuv}, T_{leaf}, για τον μήνα Οκτώβριο.

PAR

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η προσπίπτουσα ακτινοβολία στα φύλλα του επιπέδου Β κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα μέχρι τις 12:30, αυξήθηκε ως τις 15:00 και έπειτα παρουσίασε μείωση ως τις 16:00.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι τιμές ακτινοβολίας που μετρήσαμε για το επίπεδο Γ είναι περιορισμένες, έτσι δεν μπορούμε να διακρίνουμε πως μεταβάλλεται σε σχέση με τον χρόνο.

PS

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης στο επίπεδο Β αυξήθηκε κατά το χρονικό διάστημα 11:00 έως τις 15:00, στη συνέχεια παρουσίασε μείωση ως τις 16:00, πίνακας 1.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι τιμές φωτοσύνθεσης που μετρήσαμε για το επίπεδο Γ είναι περιορισμένες, έτσι δεν μπορούμε να διακρίνουμε πως μεταβάλλεται σε σχέση με τον χρόνο, πίνακας 2.

T_{cuv}

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία αέρα εμφάνισε μια τάση αύξησης με το χρόνο, πίνακας 1.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι τιμές θερμοκρασίας για το επίπεδο Γ ήταν περιορισμένες, ωστόσο διαφαίνεται μια τάση αύξησης κατά τη διάρκεια της ημέρας, πίνακας 2.

T_{leaf}

Β ΕΠΙΠΕΔΟ: Η θερμοκρασία φύλλου εμφάνισε παρόμοια πορεία με την θερμοκρασία αέρα.

Γ ΕΠΙΠΕΔΟ: Οι τιμές θερμοκρασίας που μετρήθηκαν για το επίπεδο Γ ήταν περιορισμένες, όμως και διαφάνηκε μια τάση αύξησης κατά τη διάρκεια της ημέρας, πίνακας 2.

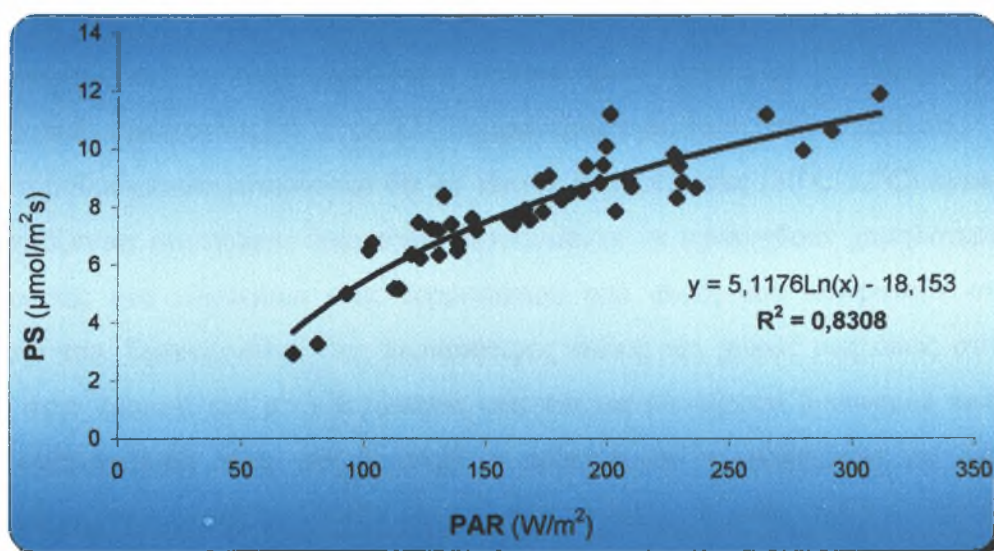
7.5 Συσχέτιση φωτοσύνθεσης και ακτινοβολίας

Στο διάγραμμα παρακάτω (7.5) παρουσιάζεται η συσχέτιση ακτινοβολίας και φωτοσύνθεσης. Για την συσχέτιση χρησιμοποιήθηκαν μόνο στοιχεία από το μήνα Ιούλιο, διότι οι μετρήσεις που ελήφθησαν για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο ήταν περιορισμένες,

Παρατηρούμε ότι όσο αυξανόταν η ακτινοβολία είχαμε και αύξηση του ρυθμού καθαρής φωτοσύνθεσης, τουλάχιστον μέχρι της 16:00 το απόγευμα που λαμβάνονταν ακόμα μετρήσεις.

Είναι γνωστό ότι κάθε καλλιέργεια διαθέτει ένα σημείο φωτοκορεσμού, δηλαδή μια συγκεκριμένη ένταση φωτός, πέρα από το οποίο η φωτοσύνθεση παραμένει σε σταθερά επίπεδα. Έχειδειχθεί ότι το σημείο φωτοκορεσμού για τη φωτοσύνθεση σε πολλά φυτά κυμαίνεται μεταξύ $\frac{1}{4}$ και $\frac{1}{2}$ του ολικού φωτισμού, αυτό βέβαια ισχύει για τα επιφανειακά φύλλα, ενώ για τα εσωτερικά φύλλα χρειάζεται αρκετά μεγαλύτερη ένταση για να φτάσουν το σημείο κορεσμού (Καράταγλης, 1999).

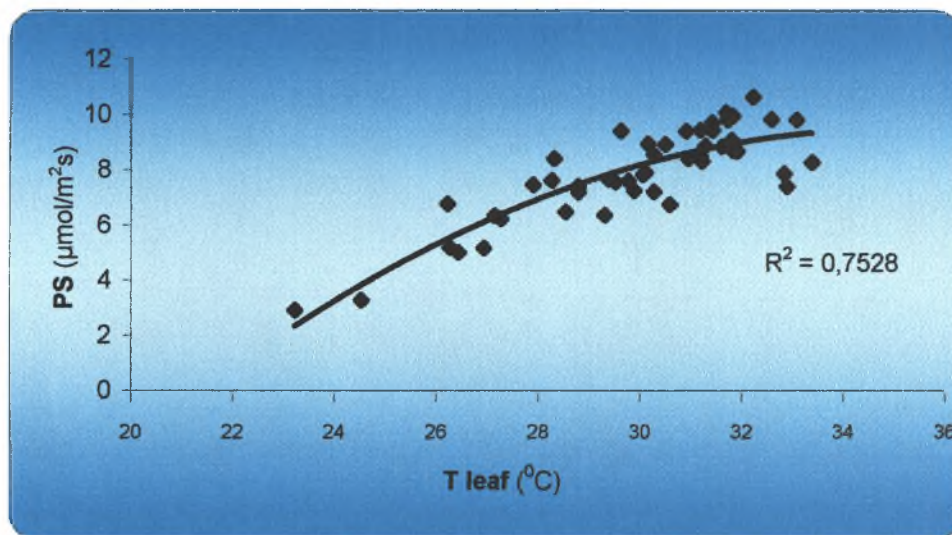
Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς τον μήνα Ιούλιο, από της πρωινές ώρες έως της 16:00 το απόγευμα, δεν προσδιορίστηκε το σημείο φωτοκορεσμού.



Διάγραμμα 7.5

7.6. Επίδραση θερμοκρασίας στη φωτοσύνθεση

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η φωτοσύνθεση συναρτήσει της θερμοκρασίας.



Διάγραμμα 7.6

Βλέπουμε από το διάγραμμα ότι η φωτοσύνθεση αυξανόταν με αύξηση της θερμοκρασίας, όμως στους 30 °C με 32 °C εμφανιζόταν μια τάση σταθεροποίησης.

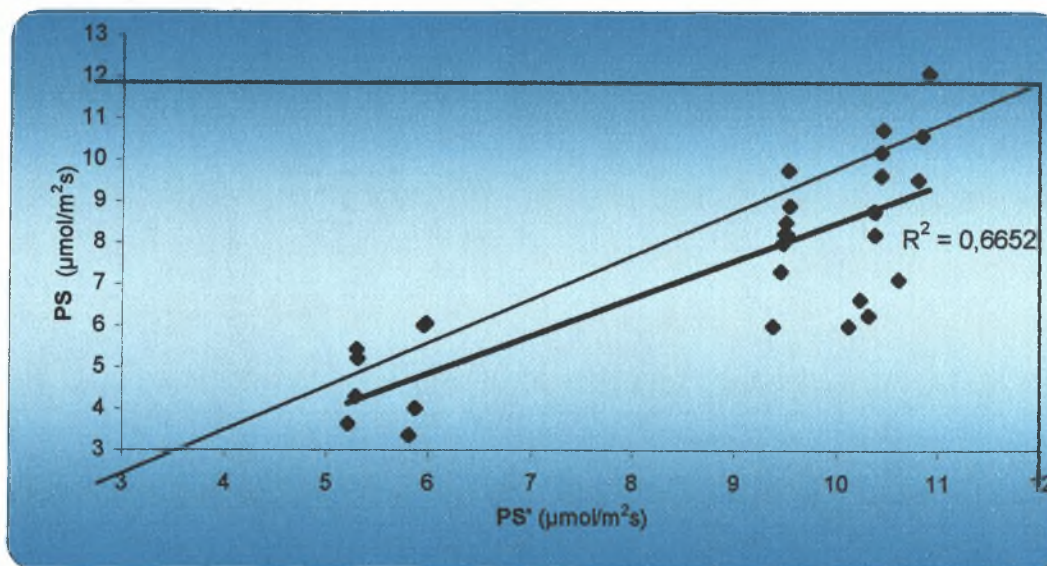
Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι σε τέτοιες θερμοκρασίες (30°C-32°C) πρέπει να εφαρμόζονται συστήματα δροσισμού, προκειμένου να επιτευχθούν χαμηλότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό ενός θερμοκηπίου από αυτές που επικρατούν στο εξωτερικό του. Συγκεκριμένα στις περισσότερες πόλεις της χώρας μας όπως στην Αθήνα, στην Λάρισα και στην Ιεράπετρα απαιτούνται συστήματα δροσισμού κατά την χρονική περίοδο Μάιο έως Σεπτέμβριο προκειμένου η καλλιέργεια να είναι αποδοτική και να μην αντιμετωπίζει προβλήματα ασφυξίας ή ασθενειών (C. Kittas, 1995).

7.7. Μοντέλο φωτοσύνθεσης

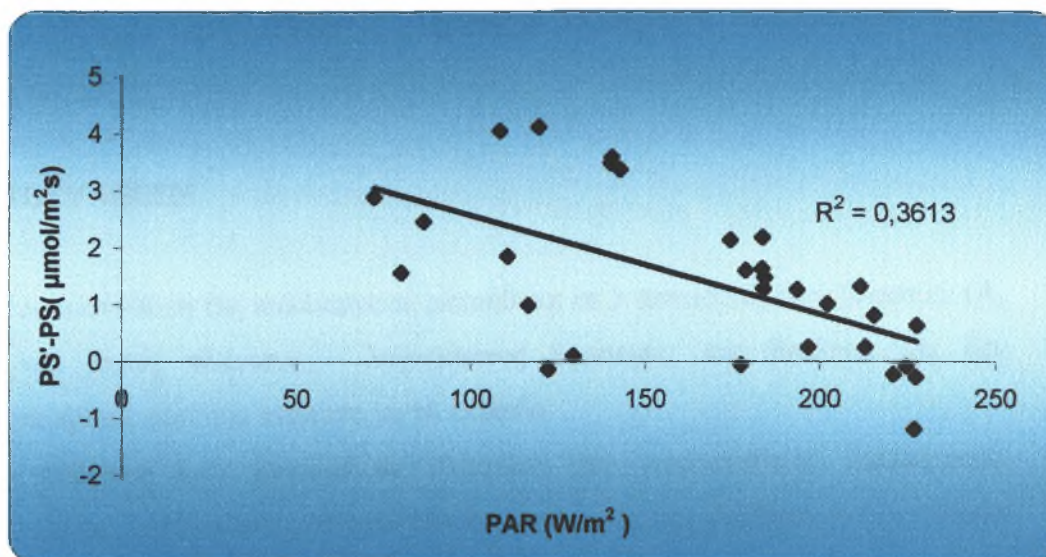
Σε εργασίες που πραγματοποιήθηκαν από τον R.P. Gutierrez et al (2000), και από τον H.Pien et al (2001), χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία το μοντέλο φωτοσύνθεσης του Thornley (1976) για την εκτίμηση της φωτοσύνθεσης στα διάφορα επίπεδα της καλλιέργειας τριανταφυλλιάς.

Έτσι, στην παρούσα εργασία έγινε μια απόπειρα χρησιμοποίησης του μοντέλου του Thornley, προκειμένου να διαπιστωθεί αν το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοιώνει ικανοποιητικά την καλλιέργεια στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής μας. Το μοντέλο και η εξίσωση με την οποία αποδίδεται περιγράφηκαν με ακρίβεια στην παράγραφο 4.3. Στην εξίσωση του μοντέλου η νυχτερινή διαπνοή R_d θεωρήθηκε ίση με μηδέν.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου δίνονται στο διάγραμμα 7.7.1 και 7.7.2. Στα παρακάτω διαγράμματα, PS είναι η μετρούμενη φωτοσύνθεση με τη συσκευή Ciras, και PS' η υπολογιζόμενη φωτοσύνθεση με το μοντέλο του Thornley.



Διάγραμμα 7.7.1



Διάγραμμα 7.7.2

Από το διάγραμμα 7.7.1. ανάλυσης του μοντέλου, διαπιστώθηκε ότι με την εφαρμογή του προσομοιώματος Thornley έγινε μια συστηματική υπερεκτίμηση της φωτοσύνθεσης. Στα παραπάνω διαγράμματα (7.7.1 και 7.7.2) παρουσιάζεται η ανάλυση από τη χρήση του μοντέλου για τα φύλλα του Α επιπέδου των όρθιων βλαστών, παρόμοια όμως είναι η συμπεριφορά του μοντέλου και για τα υπόλοιπα επίπεδα της καλλιέργειας.

Η γραφική παράσταση της διαφοράς μεταξύ εκτιμήσεων και μετρήσεων του ρυθμού φωτοσύνθεσης ($PS' - PS$) σε σχέση με την προσπίπτουσα ακτινοβολία PAR (διάγραμμα 7.7.2), έδειξε μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ τους κάτι που δηλώνει την ατέλεια του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1 ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ.

Η φωτοσύνθεση της καλλιέργειας μετρήθηκε σε 3 επίπεδα όρθιων βλαστών (Α, Β, Γ) και στους πλάγιους – λυγισμένους βλαστούς, και βρέθηκε ότι δεν διαφοροποιήθηκε αισθητά ανάλογα με το επίπεδο.

Η επίδραση των λυγισμένων βλαστών στη φωτοσύνθεση καλλιέργειας τριανταφυλλιάς, εξετάστηκε και από άλλους ερευνητές και βρέθηκε ότι οι πλάγιοι συνεισφέρουν σημαντικά στην φωτοσυνθετική ικανότητα της καλλιέργειας (R. P.Gutierrez, et al,2000)

Στην παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα επίπεδα φωτοσυνθέτουν σχεδόν το ίδιο, κάτι που θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι τα φύλλα που μετρήθηκαν και στα τέσσερα επίπεδα ήταν σχετικά νεαρά, συγκεκριμένα μικρότερα των 40 ημερών. Το παραπάνω συμπέρασμα έρχεται σε συμφωνία με την άποψη ότι η φωτοσύνθεση είναι χαμηλότερη σε ηλικιωμένα φύλλα, άνω των 40 ημερών, (Pasianama Lieth, 1989), καθώς και με την άποψη ότι τα φύλλα της καλλιέργειας προσαρμόζονται στις κοινές συνθήκες ακτινοβολίας (Gonzalez- Real & Baile, 2000).

8.2. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η διερεύνηση της κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας στα τέσσερα επίπεδα της καλλιέργειας έδειξε ότι το επίπεδο Α δεχόταν περισσότερη ακτινοβολία από όλα τα άλλα επίπεδα της καλλιέργειας , γεγονός που δικαιολογείται από το ότι το επίπεδο αυτό είχε την μικρότερη σκίαση. Μάλιστα παρατηρήθηκε ότι τα χρονικά διαστήματα που δεχόταν περισσότερη ακτινοβολία, είχε και μεγαλύτερη φωτοσύνθεση.

Τα επίπεδα Β και Γ δέχονταν περίπου την ίδια ακτινοβολία, αλλά λιγότερη από το επίπεδο Α. Αυτό είναι λογικό, αφού η σκίαση σε αυτά ήταν μεγαλύτερη λόγω των υπερκείμενων φύλλων.

Το επίπεδο των λυγισμένων βλαστών δεχόταν λιγότερη ακτινοβολία από το επίπεδο Α, αλλά περισσότερη από τα φύλλα στα επίπεδα Β και Γ και αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην οριζόντια διάταξη των λυγισμένων βλαστών, που τους επιτρέπει να βγαίνουν έξω από τον κυρίως σκελετό του φυτού και να δέχονται την ακτινοβολία χωρίς σκίαση από την υπερκείμενη καλλιέργεια.

8.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Όσον αφορά την κατανομή της θερμοκρασίας βρέθηκε ότι γενικά η θερμοκρασία στο επίπεδο Α ήταν υψηλότερη από ότι στα επίπεδα Β, Γ, Πλάγιοι, γεγονός που δικαιολογείται από το ότι τα φύλλα του επιπέδου αυτού βρίσκονταν ψηλότερα από τα φύλλα οποιουδήποτε άλλου επιπέδου και δέχονταν περισσότερη ακτινοβολία, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία σε αυτά να ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα άλλα επίπεδα.

Στα φύλλα του επιπέδου Β η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη από τα επίπεδα Γ και Πλάγιοι, πράγμα που μπορεί να αποδοθεί πάλι στο ότι τα φύλλα του επιπέδου αυτού θερμαίνονταν περισσότερο λόγω της περισσότερης ακτινοβολίας που δέχονταν. Συγκριτικά με τα άλλα δύο επίπεδα.

Τέλος, τα φύλλα του επιπέδου των πλάγιων βλαστών είχαν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα φύλλα του επιπέδου Γ. Η διαφορά αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι τα φύλλα των πλάγιων βλαστών θερμαίνονταν περισσότερο λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του τσιμέντου, που υπήρχε στους διαδρόμους ή ακόμη θα μπορούσε να αποδοθεί και στον ελλιπή αερισμό του κατώτερου μέρους της καλλιέργειας. Αντίθετα τα φύλλα του Γ επιπέδου θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι παρουσίαζαν χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τα φύλλα των λυγισμένων βλαστών, επειδή δέχονταν το δροσισμό από την αυξημένη διαπνοή των *bending* βλαστών.

8.4. MONTELO ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ

Το μοντέλου του Thornley (1976), ύστερα από ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αποδείχτηκε ότι δεν προσομοιώνει ικανοποιητικά την καλλιέργεια στις συνθήκες της περιοχής μας. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο συντελεστή α του μοντέλου, που προσδιορίζει την δράση της ηλιακής ακτινοβολίας και ο οποίος ελήφθη ίσος με 0,045 σύμφωνα με βιβλιογραφία, (R.P.Gutierrez et al, 2000).

Αξίζει να σημειωθεί ότι με αύξηση του συντελεστή α διαπιστώθηκε βελτίωση της συμπεριφοράς του μοντέλου. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω κρίνεται αναγκαία η βαθμονόμηση του μοντέλου με περαιτέρω πειραματικές μετρήσεις.

8.5. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Μέχρι σήμερα δεν είναι γνωστός ο αριθμός των βλαστών που πρέπει να λυγίζεται, ούτε το χρονικό διάστημα που μπορούν να συνεισφέρουν δυναμικά στο φυτό, ώστε να έχουμε καλά αποτελέσματα στην παραγωγή και ποιότητα της καλλιέργειας.

Οι Okhawa & Suematsu (1999), αφήνουν τον καλλιεργητή να αποφασίσει, αν ο αριθμός των λυγισμένων βλαστών είναι επαρκής για τον εφοδιασμό με υδατάνθρακες, σύμφωνα με την εμπειρία του.

Χρήσιμο λοιπόν θα ήταν να γίνει μια έρευνα προκειμένου να καθοριστεί ο ακριβής αριθμός των βλαστών που πρέπει να λυγίζονται, η χρονική στιγμή που πρέπει να γίνεται αυτό, καθώς και ο χρόνος που οι λυγισμένοι βλαστοί μπορούν να συνεισφέρουν δυναμικά στο φυτό, οπότε μετά από αυτό το διάστημα να απομακρύνονται από το φυτό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΗ CIRAS.

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΜΟΝΑΔΕΣ
W	Ροή αέρα που εισέρχεται στον θαλαμίσκο.	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
e_{in}	Πίεση υδρατμών του αέρα που εισέρχεται στον θαλαμίσκο.	bar
e_{out}	Πίεση υδρατμών του αέρα που εξέρχονται από τον θαλαμίσκο.	bar
e_{leaf}	Πίεση υδρατμών στην θερμοκρασία του φύλλου.	bar
t_{leaf}	Θερμοκρασία φύλλου.	$^{\circ}\text{C}$
H	Προσπίπτουσα ακτινοβολία στο φύλλο.	Wm^{-2}
Δt	Διαφορά θερμοκρασίας φύλλου και αέρα.	$^{\circ}\text{C}$
C_{in}	Συγκέντρωση CO_2 στον θαλαμίσκο.	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
C_{out}	Συγκέντρωση CO_2 στον αέρα.	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
C_{leaf}	Συγκέντρωση CO_2 στην κοιλότητα του φύλλου.	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
r_s	Στοματική αντίσταση	$\text{m}^2 \text{s mol}^{-1}$
g_s	Στοματική αγωγιμότητα	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
g_c	Ολική αγωγιμότητα στην μεταφορά CO_2	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
A	Ρυθμός φωτοσύνθεσης.	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
E	Ρυθμός διαπνοής.	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
V	Ροή αέρα μέσα στον θάλαμο.	$\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$
a	Επιφάνεια του φύλλου μέσα στον θάλαμο.	cm^2
r_b	Οριακή αντίσταση	$\text{m}^2 \text{smol}^{-1}$
P	Ατμοσφαιρική πίεση.	bar
V_{20}	Ροή αέρα στους 20°C	$\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$
Q	Πυκνότητα φωτονίων στον θαλαμίσκο.	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
t_c	Θερμοκρασία θαλάμου.	$^{\circ}\text{C}$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ:

-Γαβαλάς Νίκος.Α, 1990. Φυσιολογία φυτών, βασικές γνώσεις αρχών και μεθόδων, Πάτρα.pp165-175.

-Γραφιαδέλλη Μ.,1987. Σύγχρονα Θερμοκήπια, Θεσσαλονίκη.pp 1-19.

-Ευσταθιάδης Θάνος Σ.,1987. Θερμοκήπια, στοιχεία κατασκευής, λειτουργίας και καλλιέργειας, Αθήνα. pp 213-217.

-Κάβουρας Σπυρίδων, 2000. Μοντελοποίηση διαπνοής και στοματικής αγωγιμότητας φυτών τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη. Πτυχιακή διατριβή. pp 43-46.

-Καράταγλης Στυλιανός Σ, 1999.Φυσιολογία φυτών, Θεσσαλονίκη. pp 205-254.

-Κατσούλας Νικόλαος, 2002. Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στη διαπνοή τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη. Διδακτορική διατριβή,. pp 53.

-Κίττας Κων/νος, Νικόλαος Κατσούλας και Γιώργος Δ. Νάνος,1999. Εμπλουτισμός θερμοκηπίου με CO₂ και φωτοσύνθεση φυτών τομάτας. 49^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης .Οπωροκηπευτικών. Ηράκλειο-Κρήτη.

-Κίττας Κων/νος, Γ. Δημόκας, Χρ.Λύκας Π. Γιαγλάρας, 2001. Αξιολόγηση μορφολογικών χαρακτηριστικών των φυτών τριανταφυλλιάς για την διαμόρφωση της καλλιέργειας με την τεχνική Bending. Πρακτικά του20^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, Λάρνακα.

- Κίττας Κων/νος, 2000. Θερμοκήπια. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας . Βόλος.pp 4-24.

- Κίττας Κων/νος, Ν.Κατσούλας, Χρ. Λύκας, Π. Γιαγλάρας, 1999. Διαχείριση θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με καλλιέργεια

τριανταφυλλιάς στη Μαγνησία. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ανθοκομίας. Βόλος.

-Κυρίτσης Σπύρος, Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., Θερμοκήπια. pp 13-16.

-Λόλας Π., 1999. Φυσιολογία φυτού. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

-Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος Ν, 1990. Θερμοκήπια- Περιβάλλον – Υλικά – Κατασκευές –Εξοπλισμός, Πειραιάς. pp 17-30.

-Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν, 2001. Θερμοκήπια. Αθήνα. pp31-36.

-Μεταξάς Δ.Ι, Α.Σ. Οικονόμου και Χρ. Γεωργακοπούλου-Βογιατζή, 1996. Επίδραση δυο τεχνικών καλλιέργειας και τριών υποκειμένων στην παραγωγή τριαντάφυλλων της ποικιλίας Madelon. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών: 420-423.

-Μεταξάς Δ, Θ. Σύρος, Ι. Τουρλακίδης, Α. Οικονόμου και Μ. Παπαδημητρίου, 1999. Εφαρμογή της νέας τεχνικής διαμόρφωσης σχήματος σε εγκατεστημένη καλλιέργεια τριανταφυλλιάς. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών., 388-391.

-Σύρος Θωμάς και Χατζηλαζάρου Στέφανος, 2001. Ανθοκομία – Αρχιτεκτονική τοπίου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Baille A., Artificial light sources for crop production. Crop structure and light microclimate, Characterization and applications.

Bozarth S Connie, Robert A. Kennedy, and Kurt A. Schekel, 1982. The effects of leaf age on photosynthesis in rose. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 107(5) :707-712.

Faber R. W, and W. J. White, 1977. The effects of pruning and growth regulator treatments on rose plant renewal. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 102: 223-225.

Gutierrez R.P., M.M.Gonzalez-Real, A.Baille, 2000. Influence of shoot bending on the photosynthetic capacity of a greenhouse rose canopy.

Havely H.A, 1986. Rose research – current situation and future needs. Acta Horticul, 189:11-20.

Jones, H.G., 1992. Plants and microclimate. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge, 163-214.

Khayat E and N. Zieslin, 1982. Environmental factors involved in the regulation of sprouting of basal buds in rose plants. J. Exper. Bot, 33: 1286-1292.

Kool M.T.N., De Graaf R, and C.H.M. Rou –Haest ,1997. Rose flower production as related to plant architecture and carbohydrate content: Effect of harvesting method and plant type. J. Hort. Sci. 72:623-633.

Kool M.T.N., and E.F.A, 1997. Basal-shoot formation in young rose plants. Effects of bending practices and plant density. J. Hort. Sci. 72:635-644.

Lambers, H., F.S. Chapin and T.L. Pons, 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, New York. pp 540.

Mattson, R.H and R.E.Widmer, 1971. Effects of solar radiation, carbon dioxide and soil fertilization on *Rosa hybrida*. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 96:484-486.

Moe, R and T. Kristoffersen ,1969. The effect of temperature and light on growth and flowering of *Rosa* 'Baccara' in greenhouses. Acta Hort, 14: 157-166.

Pasian C.C. and J.H Lieth, 1989. Analysis of the Response of net photosynthesis of rose leaves of varying ages to photosynthetically active radiation and temperature. J.Amer. Soc. Hort. Sci, 114(4): 581-586.

Pien H, E. Bobelyn, R. Lemeur and M.C.Van Labeke, 2001. Optimising LAI in bend rose shoots. Eds. N. Zieslin &H. Agbaria. Acta Hort. 547.

Post, K and J. E. Howland, 1946. Influence of nitrate level and light intensity on the growth and production of greenhouse roses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 47: 446-450.

Sarkka, L.E.and H.J. Rita, 1999. Yield and quality of cut roses produced by pruning or by bending down shoots. Gartebauwissenschaft, 64(4) : 173-176.

Zieslin N., A. Hurewitz and H. Halevy, 1975. Flower production and the accumulation and distribution of carbohydrates in different parts of Baccara rose plants as influenced by various pruning and pinching treatments. J.Hort. Sci. 50:339-348.

