

Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

«Μελέτη της επίδρασης αντισταγονικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίων
στο μικροκλίμα και στη διαπνοή υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού
και τομάτας».

Πτυχιακή Διατριβή

Πετράκη Αγγέλα

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Κίττας

Ν. Ιωνία, 2009



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

Αριθ. Εισ.: 7095/1
Ημερ. Εισ.: 13-04-2009
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2009
ΠΕΤ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

«Μελέτη της επίδρασης αντισταγονικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίων
στο μικροκλίμα και στη διαπνοή υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού
και τομάτας».

Πτυχιακή Διατριβή

Πετράκη Αγγέλα

Επιβλέπων Καθηγητής
Κωνσταντίνος Κίττας

Ν. Ιωνία, 2009

«Μελέτη της επίδρασης αντισταγονικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίων
στο μικροκλίμα και στη διαπνοή υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού
και τομάτας».

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Κ. Κίττας (Επιβλέπων)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής
Γεωργικές κατασκευές

Ιμπραχίμ- Αβραάμ Χα (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αν. Καθηγητής
Παραγωγή, βελτίωση σπόρων
και τεχνολογία πολ/κού υλικού
κηπευτικών
και μεγάλης καλλιέργειας

Ν. Κατσούλας (Μέλος)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Λέκτορας
Γεωργικές κατασκευές

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η ανησυχία των καταναλωτών για ασφαλή τρόφιμα, τη ρύπανση του περιβάλλοντος, την αντοχή στα χημικά και την ανάγκη για λογική χρήση της ενέργειας οδήγησε στην αναζήτηση εναλλακτικών μεθόδων για τη ρύθμιση των υψηλών επιπέδων υγρασίας. Μία τέτοια μέθοδος είναι η χρήση αντισταγονικών φύλλων κάλυψης των θερμοκηπίων. Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αντισταγονικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίων στο μικροκλίμα και την καλλιέργεια αγγουριού και τομάτας.

Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι επιδράσεις δύο πλαστικών φύλλων κάλυψης α) στο μικροκλίμα των θερμοκηπίων και β) στη μεταβολή του ρυθμού της διαπνοής σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν υλικά κάλυψης σε τρία όμοια τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια. Το πρώτο υλικό κάλυψης είχε αντισταγονικές και αντιομιχλικές ιδιότητες (AD+AF), το δεύτερο υλικό είχε μόνο αντισταγονικές ιδιότητες (AD), ενώ το τρίτο ήταν κοινό πλαστικό κοινό φύλλο πολυαιθυλενίου και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια δύο καλλιεργητικών περιόδων (Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος 2006 και Ιανουάριος- Μάιος 2007) στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Κ. Κίττα Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, για την υπόδειξη του θέματος της πτυχιακής διατριβής μου, τη βοήθεια και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της.

Θερμές ευχαριστίες αποδίδονται στον Λέκτορα κ. Ν. Η. Κατσούλα για το ενδιαφέρον, την επιστημονική καθοδήγηση, τη συνεργασία του και τη βοήθεια που μου πρόσφερε στη συγγραφή της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Αν. Καθηγητή κ. Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα για τις διορθώσεις – υποδείξεις του ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στην Μανωλαράκη Χρυσούλα Γεωπόνο, MSc, για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια της κατά την πραγματοποίηση της εργασίας μου.

Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την ηθική στήριξη που μου προσέφεραν μέχρι την πραγματοποίηση της πτυχιακής μου διατριβής.

Στους γονείς μου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1. ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	2
1.1.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	3
1.1.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	4
1.1.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΣ.....	5
1.1.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	6
1.1.6. ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ - ΣΚΙΑΣΗ.....	7
1.2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	9
1.2.1. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	9
1.2.2. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ	10
1.2.3. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	10
1.2.4. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	11
1.3. ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	13
1.3.1. ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	13
1.3.2. ΥΓΡΑΣΙΑ	15
1.4. ΔΙΑΠΝΟΗ	16
1.5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	17
1.5.1. ΓΕΝΙΚΑ	17
1.5.2. ΤΥΠΟΙ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΣ.....	19
1.5.3. ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	26
1.6. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
2.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	28
2.2. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	28
2.3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	29
2.4. ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	29
2.5. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	30
2.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	33
3.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΓΩΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	33
3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΓΩΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ	50
3.3. ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΠΝΟΗΣ, ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	56
3.4. ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΠΝΟΗΣ, ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το θερμοκήπιο είναι ένας στεγασμένος και περιφραγμένος χώρος, που σκοπό του έχει να προφυλάξει τα φυτά από το κρύο του χειμώνα, επίσης όλες οι διεργασίες γίνονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος και δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης. Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι κατασκευασμένα πάνω σε μόνιμους σιδερένιους σκελετούς από γυαλί ή μπορεί να είναι από πλαστικό, που στηρίζεται πάνω σε ξύλινο σκελετό. Η κατασκευή των θερμοκηπίων εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, που επικρατούν τους χειμωνιάτικους μήνες σε μια περιοχή και από το είδος των φυτών που πρόκειται να καλλιεργηθούν. Τα θερμοκήπια των βόρειων χωρών έχουν βαριές κατασκευές και, πολλές φορές αποτελούνται από διπλά τζάμια και διπλή οροφή. Τα θερμοκήπια αυτά θερμαίνονται. Αντίθετα, στις νότιες περιοχές της Ελλάδος, όπως π.χ. στη νότια Μεσσηνία και στην Κρήτη, οι κατασκευές είναι πολύ ελαφριές, αποτελούνται από πλαστικό απλωμένο πάνω σε ξύλινο σκελετό, χωρίς να θερμαίνεται.



Εικόνα 1.1 Εξωτερική πλευρά θερμοκηπίων

Στα θερμοκήπια καλλιεργούνται φυτά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που δεν είναι δυνατό να ευδοκιμήσουν έξω στον ανοιχτό χώρο. Τα τελευταία χρόνια η τεχνική της καλλιέργειας μέσα στα θερμοκήπια έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό. Έτσι, όλο το χρόνο στην πατρίδα μας παράγονται προϊόντα τέτοια όπως π.χ. ντομάτες, μελιτζάνες, κολοκύθια, αγγούρια κλπ. , που καλύπτουν τις ανάγκες της ελληνικής αγοράς, ενώ ένα μεγάλο μέρος προορίζεται για εξαγωγή. Ακόμη, στα θερμοκήπια καλλιεργούνται και λουλούδια τέτοια που ευδοκιμούν μόνο το καλοκαίρι ή λουλούδια των τροπικών χωρών που σε διαφορετικές περιπτώσεις δεν θα ήταν αδύνατη η καλλιέργειά τους. Τέτοια λουλούδια είναι π.χ. οι ορχιδέες που απαιτούν

θερμοκρασία πάνω από 28° C και μεγάλη υγρασία, πράγμα που δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί έξω από τα θερμοκήπια.



Εικόνα 1.2 Εσωτερική όψη θερμοκηπίου

(ΠΗΓΗ: internet 1)

1.1.1.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το θερμοκήπιο είναι μια εξειδικευμένη κατασκευή, σχεδιασμένη για να μεγαλώνουν φυτά κατά την διάρκεια όλου του χρόνου. Ένα διαφανές ή ημιδιαφανές κάλυμμα επιτρέπει στο ηλιακό φως να εισέρχεται, το οποίο θερμαίνει το θερμοκήπιο κατά την διάρκεια της ημέρας. Όταν ανεβαίνει η θερμοκρασία, απαιτείται εξαερισμός. Όταν είναι κρύες οι νύχτες ή οι μέρες, ένα σύστημα θερμάνσεως είναι απαραίτητο για να διατηρεί την επιθυμητή θερμοκρασία. Μετά την αρχική επένδυση για γη και την οικοδόμηση του θερμοκηπίου, το κύριο έξοδο είναι η θέρμανση και εργασία. Εάν ο ιδιοκτήτης και η οικογένειά του είναι το εργατικό δυναμικό, τότε η θέρμανση γίνεται το μεγαλύτερο έξοδο. Αλλά έξοδα είναι για χώμα, καλλιέργεια, λίπασμα, διάφορα φάρμακα κατά των ασθενειών, γλάστρες, σπόρους και βολβούς. Ο εκάστοτε ιδιοκτήτης του θερμοκηπίου πρέπει να αναπτύξει μία αγορά για τα προϊόντα του και να επιδοθεί με προσοχή σε λεπτομέρειες που θα επιφέρουν θετικό αποτέλεσμα στην ποιότητα των φυτών του. Οι καλλιέργειες που θα καλλιεργηθούν θα επηρεαστούν

από το πού και σε ποιόν θα πωληθούν. Η εμπορία περιλαμβάνει την χονδρική πώληση σε ανθοπωλεία και ανθοκομικά κέντρα, ή την λιανική πώληση κατ' ευθείαν στον καταναλωτή. Ένα θερμοκήπιο, πρέπει να βρίσκεται σε θέση που να εκμεταλλεύεται πλήρως τον ήλιο, να του παρέχεται νερό για το πότισμα και να χρησιμοποιούνται ανεμοθραύστες (εάν χρειάζεται). Ένα ξεχωριστό μικρό οίκημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση εργαλείων και προμηθειών, για να παρέχει χώρο εργασίας και ίσως για να στεγάσει το σύστημα θερμάνσεως. Το μέγεθος του θερμοκηπίου πρέπει να σχεδιασθεί καλά. Εάν η ερασιτεχνική ή επαγγελματική προσπάθεια αποδειχθεί επιτυχής, γρήγορα το θερμοκήπιο θα είναι μία πραγματικότητα. Σχεδιάζουμε το μέγεθος, την τοποθεσία και τον αυλόγυρο του θερμοκηπίου έτσι ώστε να είναι δυνατή μια μελλοντική επέκταση. Τα μεγαλύτερα θερμοκήπια είναι περισσότερο αποτελεσματικά και περισσότερο οικονομικά από τα μικρά γιατί κοστίζουν λιγότερο ανά τετραγωνικό μέτρο και το περιβάλλον μπορεί να διατηρηθεί πιο ομοιόμορφο. Τα συστήματα θερμάνσεως και εξαερισμού είναι τα πιο ακριβά κονδύλια που διαθέτονται για ένα θερμοκήπιο. Το κόστος τους ανά μονάδα επιφανείας είναι μικρότερο σε μεγάλα θερμοκήπια.

1.1.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Υπάρχουν πολλά είδη σκελετών θερμοκηπίων. Ο σκελετός μπορεί να είναι από ξύλο, ή/και ατσάλι και αλουμίνιο. Το κάλυμμα μπορεί να είναι γυαλί, πλαστικό φύλλο ή Fiberglass, κάθε ένα διατιθέμενο σε διαφορετικά μεγέθη και ποιότητες. Ένα λαοφιές και χαμηλού κόστους θερμοκήπιο είναι εκείνο που έχει σκελετό από σωλήνες (θολωτό στυλ, τύπου Toll). Η θεμελίωση είναι μια σειρά από σωλήνες παραχωμένους στο έδαφος, για να υποστηρίξουν τα μέρη του θόλου. Τα μέρη της οροφής μπορεί να είναι φτιαγμένα από ατσάλι ή σωλήνες αλουμινίου ή μπορεί να είναι σκεπαστός θόλος. Το κάλυμμα είναι ένα πλαστικό φύλλο μονής ή διπλής στρώσεως ειδικό για θερμοκήπια που κατακρατεί την υπεριώδη ακτινοβολία, πάχους 0,15mm ή μεγαλύτερο. Το πλαστικό φύλλο είναι το κατάλληλο για ένα ή δύο χρόνια, ανάλογα με την ποιότητα του υλικού και τον καιρό. Για πιο ανθεκτικό κάλυμμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα ειδικό για θερμοκήπια Fiberglass. Το Fiberglass είναι διαθέσιμο σε διάφορες ποιότητες που έχουν διάρκεια ζωής από λίγα χρόνια μέχρι ίσως και 20 χρόνια. Υπάρχουν διάφορα σχέδια για θερμοκήπια με σκελετό από ξύλο

τα οποία μπορούν να καλυφθούν από πλαστικό Film ή Fiberglass. Το ξύλο σε επαφή με το έδαφος πρέπει να προστατευθεί με μια αντισηπτική ουσία όπως π.χ. άλατα χαλκού, κρεόζωτο, πενταχλωροφαινόλη, που είναι αβλαβείς ουσίες για τα φυτά. Ένα καλής ποιότητας θερμοκήπιο μπορεί να κατασκευασθεί με γερά θεμέλια και στερεό σκελετό. Ένα φθινό θερμοκήπιο μπορεί να κατασκευασθεί με έναν προσωρινό σκελετό για να δώσει εποχιακή προστασία στα φυτά. Ένα γυάλινο θερμοκήπιο είναι η τρίτη δυνατότητα. Το γυαλί και το αλουμίνιο ή το ατσάλι συνδυάζονται για να δώσουν ένα μεγάλης διάρκειας ωραίο θερμοκήπιο. Το γυαλί, το σκληρό αλουμίνιο (Ντουραλουμίνιο) ή ο ατσάλινος σκελετός και η γερή στερεή θεμελίωση κάνουν την αρχική επένδυση υψηλή. Πάντως η ετήσια συντήρηση είναι πολύ μικρότερη.

1.1.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΣ

Το θερμοκήπιο μπορεί να θερμανθεί με ατμό, ζεστό νερό, ή θερμό αέρα. Το σύστημα μπορεί να καίει ένα οποιοδήποτε από τα συμβατικά καύσιμα. Το σύστημα θερμάνσεως πρέπει να είναι πλήρως αυτοματοποιημένο και όσον το δυνατόν ανεξάρτητο από την υπόλοιπη κατασκευή. Ένας θερμοστάτης χρησιμοποιείται για να ελέγχει την λειτουργία του καυστήρα. Ο ανεμιστήρας σε ένα καυστήρα θερμού αέρα πρέπει να συνδεθεί έτσι ώστε να λειτουργεί συνεχώς για να διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Δύο μικρότερες μονάδες θερμάνσεως αντί της μίας μεγάλης, δίνουν κάποια ασφάλεια σε περίπτωση που μια μονάδα θερμάνσεως παύσει να λειτουργεί. Μια μικρή ηλεκτρική γεννήτρια είναι καλό να υπάρχει για περίπτωση διακοπής του ρεύματος. Οι μονάδες θερμάνσεως πρέπει να ρίχνουν τα καυσαέρια προς τα έξω, εάν καίνε αέριο. Πρέπει να υπάρχει και η πρόβλεψη για μια είσοδο αέρα κοντά στην μονάδα θερμάνσεως ώστε το οξυγόνο να είναι διαθέσιμο για καύση.

Το μέγεθος του καυστήρα καθορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$M = a \cdot E \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

όπου:

M: είναι η ισχύς του καυστήρα σε W

E: είναι η συνολική επιφάνεια για θέρμανση σε τετραγωνικά μέτρα

$\theta_2 - \theta_1$: η νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας μέσα και έξω από το θερμοκήπιο σε βαθμούς Κελσίου,

α : συντελεστής θερμικής απώλειας.

Ο συντελεστής θερμικής απώλειας είναι 0,7 για διπλό φύλλο πλαστικό που έχει μεταξύ του αέρα και 1,2 για απλή στρώση γυαλιού, Fiberglass ή πλαστικό φύλλο. Αυτές οι τιμές πρέπει να αυξηθούν κατά 0,3 για μικρά θερμοκήπια ή για ανεμόπληκτες θέσεις.

1.1.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Ένα καλώς σχεδιασμένο σύστημα θερμάνσεως και εξαερισμού επιτρέπει στον χειριστή του θερμοκηπίου να διατηρεί την πιο κατάλληλη και οικονομική θερμοκρασία για την ανάπτυξη των φυτών. Οι βραδινές θερμοκρασίες του θερμοκηπίου διατηρούνται γενικώς στους 10 με 21 βαθμούς C, ανάλογα με το είδος του φυτού. Η θερμοκρασία επιτρέπεται να ανέβει 1 με 3 βαθμούς κατά την διάρκεια της ημέρας πριν από την έναρξη του εξαερισμού. Το αποτέλεσμα της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη διαφοροποιείται ανάλογα με τα φυτά. Καλλιέργειες πολλών σποροφύτων αρχίζουν σε υψηλή θερμοκρασία και κατόπιν αναπτύσσονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό ισχύει σε ετήσια λαχανικά και ανθοφόρα φυτά που βλαστάνουν στους 21 - 24 βαθμούς C, αναπτύσσονται στους 18 βαθμούς C και τελειώνουν στους 13 βαθμούς C.

1.1.5. ΑΡΔΕΥΣΗ

Το νερό που είναι κατάλληλο για πόσιμο, είναι ότι πρέπει για χρήση σε ένα θερμοκήπιο. Νερό από λίμνες και πηγάδια είναι κατάλληλο υπό τον όρο να μην περιέχει υψηλή ποσότητα αλάτων. Όταν ποτίζονται τα φυτά πρέπει να χρησιμοποιείται μια ικανοποιητική ποσότητα νερού για να υγραίνεται όλος ο όγκος του εδάφους και λίγο περισσότερο έτσι ώστε η περίσσεια του νερού να διηθείται σιγά - σιγά. Αυτή η διήθηση βοηθά στο να αποφεύγεται η δημιουργία αλάτων από το νερό ή το λίπασμα που χρησιμοποιείται. Η συχνότητα του ποτίσματος εξαρτάται από το μέγεθος των φυτών, την θερμοκρασία και την ικανότητα συγκρατήσεως του νερού της καλλιέργειας. Το νερό παρέχεται με το χέρι με ένα ποτιστήρι ή με λάστιχο

ποτίσματος. Ψεκαστικοί σωλήνες ή πορώδεις πλαστικοί σωλήνες χρησιμοποιούνται για το πότισμα ανθοφόρων καλλιιεργειών. Σωλήνες που στάζουν μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν (στάγδην άρδευση). Τέτοια συστήματα ποτίσματος μπορούν να αυτοματοποιηθούν, χρησιμοποιώντας ένα χρονοδιακόπτη που ποτίζει σε τακτά χρονικά διαστήματα ή χρησιμοποιώντας μηχανικά συστήματα που λειτουργούν όταν το έδαφος ξηραίνεται. Το πότισμα με την μέθοδο της τριχοειδούς αγωγιμότητας σε γλάστρες φυτών είναι δυνατόν να γίνει τοποθετώντας τα σε ένα στρώμα άμμου που παραμένει διαρκώς υγρή. Τελευταίως ένας τύπος φυσικού τάπητος ή συνθετικών ινών χρησιμοποιήθηκε αντί της άμμου.

(ΠΗΓΗ: internet 2)

1.1.6. ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ - ΣΚΙΑΣΗ

Ο εξαερισμός είναι ουσιώδης για την παραγωγή καλής ποιότητας φυτών. Η θερμοκρασία δεν πρέπει να ανεβαίνει πολύ ψηλά και πρέπει να υπάρχει μιά παροχή διοξειδίου του άνθρακα. Ο εξαερισμός μπορεί να εξασφαλισθεί με φυσική κυκλοφορία του αέρος, χρησιμοποιώντας παράθυρα πλευρικά και οροφής ή με μηχανικά μέσα χρησιμοποιώντας αντλητικούς ανεμιστήρες και εσωτερικά ανοίγματα, θερμοστάτες και ηλεκτρικά μοτέρ χρησιμοποιούνται για τον αυτοματισμό του εξαερισμού. Το σύστημα εξαερισμού πρέπει να είναι ικανό να αλλάζει τον αέρα μια φορά το λεπτό σε ένα μεγάλο θερμοκήπιο, και να τον αλλάζει μιάμιση φορά κάθε λεπτό σε μικρά θερμοκήπια. Οι απαιτήσεις για εξαερισμό τον χειμώνα είναι περίπου 25% αλλαγή του αέρα το λεπτό. Δύο ανεμιστήρες, με τον ένα να έχει δύο ταχύτητες, χρησιμοποιούνται συχνά. Η μικρή ταχύτητα του ενός ανεμιστήρα είναι αρκετή για τον χειμώνα. Μηχανοποιημένα εσωτερικά ανοίγματα είναι τοποθετημένα στον απέναντι τοίχο. Η βαθμίδα του ανεμιστήρα θα είναι σε κυβικά μέτρα ανά λεπτό.

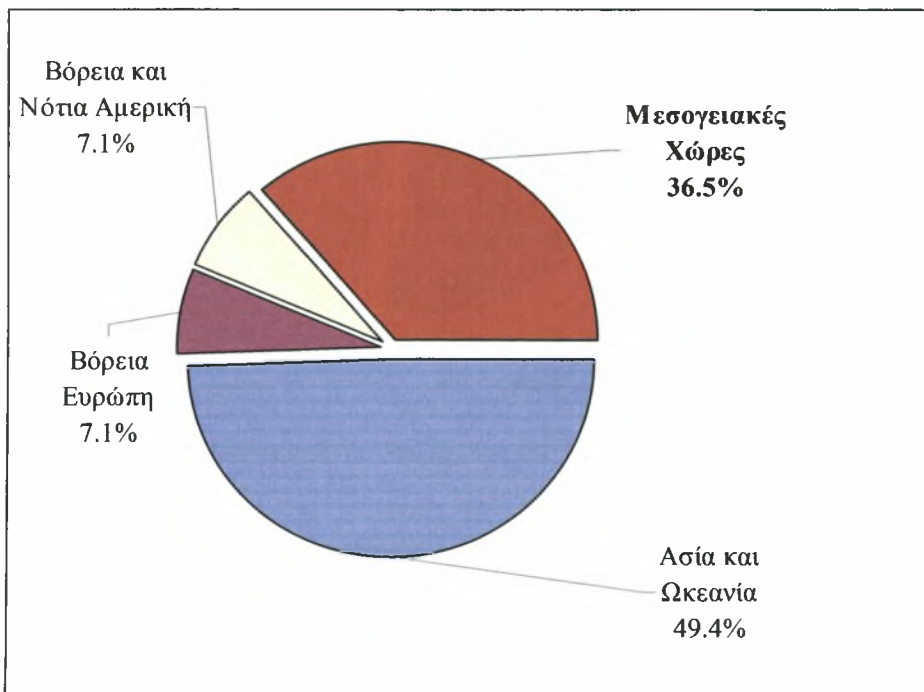
Υλικά σκιάσεως, όπως είναι τα: ύφασμα, κινούμενη λεπτή ταινία καλύψεως, ασβέστης και νερό, και διάλυμα λευκού γαλακτώδους χρώματος, χρησιμοποιούνται για να ελαττώσουν την ένταση του φωτός και για να κόψουν την ηλιακή θερμότητα το καλοκαίρι. Ελάττωση του φωτός είναι απαραίτητη για τα φυτά εκείνα που μεγαλώνουν καλύτερα σε χαμηλό φως. Πολλές από τις λειτουργίες των φυτών ελέγχονται από την διάρκεια της ημέρας. Μερικά φυτά όπως η πετούνια, το Κινέζικο άνθος και η βολβώδης Μπιγκόνια ανθίζουν συνήθως στις μεγάλες μέρες του

καλοκαιριού (μακροήμερα φυτά) και άλλα όπως τα Χρυσάνθεμα ή η Ποϊνσέττια, ανθίζουν στις μικρές μέρες του φθινοπώρου ή τον χειμώνα (βραχυήμερα φυτά). Άλλα φυτά όπως το γαρύφαλλο, τριαντάφυλλο, κρίνα και αειθαλής Μπιγκόνια ανθίζουν ανεξάρτητα από την διάρκεια της ημέρας (ουδέτερα φυτά). Ένας διαχειριστής θερμοκηπίου πρέπει να προστατεύει τα βραχυήμερα φυτά με ένα αδιαπέραστο απ' το φως κάλυμμα, για να υποκινήσει την άνθηση όταν οι μέρες είναι μεγάλες. Τεχνητό φως χρησιμοποιείται στα μακροήμερα φυτά για να υποκινήσει την ανθοφορία κατά τους χειμερινούς μήνες.

1.2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

1.2.1. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ

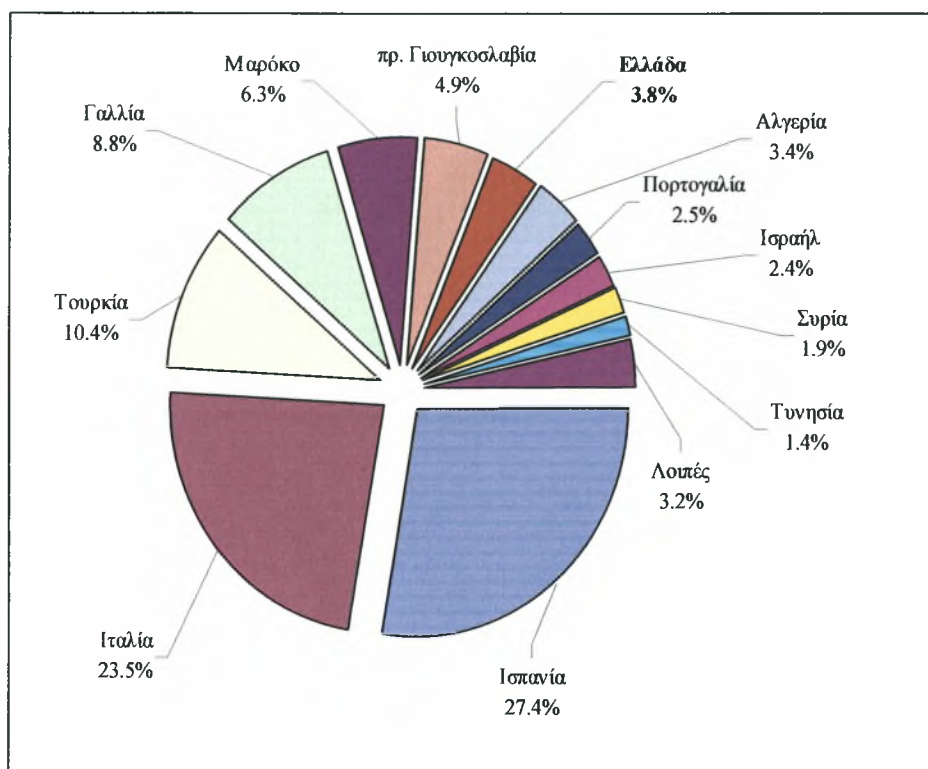
Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αποτελούν την πιο δυναμική μορφή της πρωτογενούς παραγωγής. Η παγκόσμια έκταση των θερμοκηπίων καταλαμβάνει 3.000.000 στρέμματα. Από αυτά το 7.1 % είναι στην Βόρεια και Νότια Αμερική, το 7.1% είναι στην Βόρεια Ευρώπη, το 36.5% είναι στις Μεσογειακές χώρες και το 49.4% είναι στην Ασία και Ωκεανία . Στην Εικόνα 1.2.1. παρουσιάζονται οι εκτάσεις σε στρέμματα παγκοσμίως.



Εικόνα 1.2.1. Θερμοκηπιακές εκτάσεις παγκοσμίως ΠΗΓΗ:(ΚΙΤΤΑΣ και ΜΠΑΡΤΖΑΝΑΣ, 2008)

1.2.2. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Η ανάπτυξη των θερμοκηπίων στις μεσογειακές χώρες εξαπλώθηκε την τελευταία εικοσαετία (ΚΙΤΤΑΣ,2001). Στην εικόνα 1.2. βλέπουμε ότι η Ισπανία καταλαμβάνει την πρώτη θέση ανάμεσα στις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες ενώ η Ελλάδα καταλαμβάνει την έβδομη θέση.

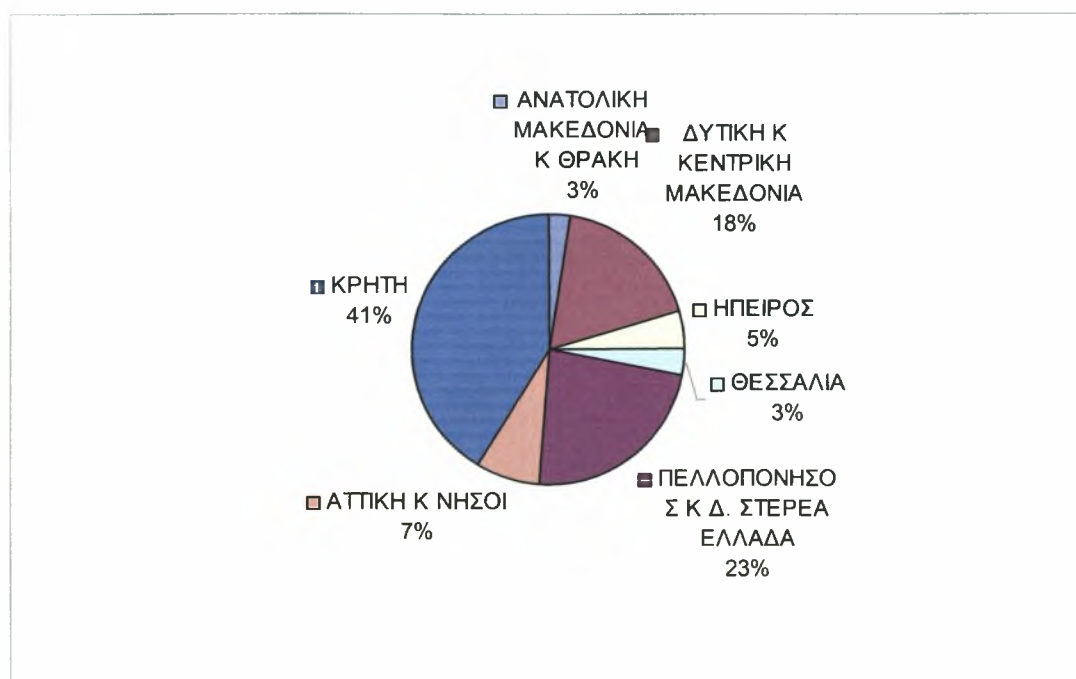


Εικόνα 1.2.2. Θερμοκηπιακές εκτάσεις στη Μεσόγειο. ΠΗΓΗ:(ΚΙΤΤΑΣ και ΜΠΑΡΤΖΑΝΑΣ, 2008)

1.2.3. ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπίων στην Ελλάδα ακολουθεί κατά κανόνα την κλιματική διαφοροποίηση των επιμέρους περιοχών. Περισσότερες εκτάσεις θερμοκηπίων συναντώνται στις πλέον ευνοϊκές από πλευράς κλίματος περιοχές. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2004, η έκταση των θερμοκηπίων ανέρχεται στα 45.000 στρέμματα για την καλλιέργεια των λαχανικών και στα 4.000 στρέμματα για την καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος). Μεγάλη σημασία δίνεται στην παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων χωρίς η με ελάχιστη

ανάγκη πρόσθετης θέρμανσης. Στην εικόνα 1.3. παρουσιάζονται οι εκτάσεις (σε στρέμματα) θερμοκηπίων στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας.



Εικόνα 1.2.3. Θερμοκηπιακές εκτάσεις στην Ελλάδα. ΠΗΓΗ: (Ολύμπιος, 2001)

1.2.4. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η έκταση των καλλιεργούμενων με κηπευτικά θερμοκηπίων είχε ένα μέσο ρυθμό αύξησης στην εικοσαετία 1983-2003, 1,41% ετησίως. Η αύξηση αυτή είναι όμως πολύ μικρότερη της αύξησης που παρατηρείται σε άλλες χώρες. Με δεδομένα από το Υπουργείο Γεωργίας συνεπάγεται ότι η αύξηση των μέσων στρεμματικών αποδόσεων προέρχεται από την χρησιμοποίηση βελτιωμένων θερμοκηπίων και τη χρησιμοποίηση αποδοτικότερων υβριδίων. Η βελτίωση της τεχνογνωσίας των παραγωγών συμμετέχει ελάχιστα. Σχετικά με την μέση στρεμματική απόδοση των καλλιεργειών αναφέρουμε ότι για το αγγούρι το 1982 ήταν 10,8 τόνοι και το 2003 11,8 τόνοι, αυξήθηκε δηλαδή κατά 9,26%, για την τομάτα 8 τόνοι και 8,7 τόνοι, αύξηση δηλαδή κατά 8,75%.

Είδος καλλιέργειας	Χωρίς θέρμανση (στρέμματα)	Με θέρμανση (στρέμματα)	Συνολική έκταση (στρέμματα)
Αγγούρι	7.015	2.616	9.631
Τομάτα	20.828	6.679	27.507
Λοιπά κηπευτικά	7.751	2.759	10.510
Λοιπά ανθοκομικά	705	209	914

ΠΗΓΗ: (Μαυρογιαννόπουλος, 4 έκδοση)



Εικόνα 1.2.4. Εκτάσεις σε στρέμματα που κατελάμβαναν διάφορες καλλιέργειες το 2003. ΠΗΓΗ: (Μαυρογιαννόπουλος, 4 έκδοση)

1.3. ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.3.1. ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει το θερμικό περιβάλλον του θερμοκηπίου είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Το κάλυμμα απορροφά ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας αυτής, ένα άλλο μέρος ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο περνά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, όπου ένα μέρος του απορροφάται από τις επιφάνειες όπου προσπίπτει (έδαφος, φυτά, σκελετικά υλικά κτλ.) και ένα άλλο αντανακλάται για να ξαναπέσει σε άλλες επιφάνειες ή να βγει εκτός θερμοκηπίου. Εκτός από την ηλιακή ακτινοβολία σημαντικό ρόλο στις ανταλλαγές ενέργειας του θερμοκηπίου με τον περιβάλλοντα χώρο παίζει η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, ιδιαίτερα στα θερμοκήπια με κάλυψη από φύλλα πολυαιθυλενίου, που είναι μερικώς περατά στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση)

Όταν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία των επιφανειών μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνει περισσότερο από αυτή των αντίστοιχων επιφανειών εκτός του θερμοκηπίου, γιατί ακριβώς ο αέρας γύρω τους είναι σχεδόν ακίνητος, οπότε ο ρυθμός ψύξης τους με συναγωγή είναι συγκριτικά μικρότερος. Άμεση συνέπεια είναι να αυξάνει και η θερμοκρασία του εγκλωβισμένου αέρα του θερμοκηπίου, αφού έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες αυτές. Σε αυτή την αιτία που δημιουργείται από το φαινόμενο του κλειστού χώρου, οφείλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό η ανύψωση θερμοκρασίας του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Ένα άλλο φαινόμενο που συμμετέχει σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι αυτό που αποκαλείται το << φαινόμενο του θερμοκηπίου >>.

Η συμμετοχή των φυτών στο ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου είναι πολύ σημαντική μέσω της διαπνοής τους. Η διαπνοή των φυτών εξαρτάται κυρίως από το ισοζύγιο ακτινοβολίας (μικρού και μεγάλου μήκους κύματος) και από το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών, όπως αυτό καθορίζεται από τις θερμοκρασίες των φύλλων και του αέρα.

Στην κλιματική περιοχή που βρίσκεται η χώρα μας το ευνοϊκό περιβάλλον θερμοκρασιών στο θερμοκήπιο για την ανάπτυξη των διάφορων φυτών δεν είναι πάντα δυνατόν να δημιουργηθεί με μόνη την παθητική λειτουργία του θερμοκηπίου.

Συνήθως είναι απαραίτητη η προσθήκη ενέργειας που σήμερα γίνεται με κατανάλωση συμβατικών καυσίμων.

Για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα των μεταβολών της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου, θα πρέπει να αναφέρουμε τα παρακάτω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει το θερμοκήπιο:

- Κάθε θερμοκήπιο, επειδή καλύπτεται με διαφανές κάλυμμα, δέχεται στο εσωτερικό του το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας.
- Οι απώλειες του θερμοκηπίου σε θερμότητα, λόγω του λεπτού τοιχώματος του καλύμματος είναι πολύ μεγάλος, 6-12 φορές μεγαλύτερες από εκείνες ενός συνήθους κτίσματος ίσου όγκου.

Τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά του θερμοκηπίου έχουν τις παρακάτω επιπτώσεις στο περιβάλλον του:

- τις ηλιόλουστες μέρες η θερμοκρασία του ανέρχεται σε πολύ υψηλά επίπεδα,
 - τις ψυχρές νύχτες η θερμοκρασία πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.
- (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση)

Αναφορικά με την θερμοκρασία το άριστο της ανάπτυξης της καλλιέργειας αγγουριού πετυχαίνεται γύρω στους 25-28 βαθμούς C και το ελάχιστο στους 16-18 βαθμούς C. Η άνθιση μπορεί να πραγματοποιηθεί στους 16 βαθμούς C. Η γύρη βλαστάνει καλά στους 26-30 βαθμούς C. (Turchi, 1984)

Αναφορικά με την καλλιέργεια της τομάτας, οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση της γύρης κυμαίνονται ανάμεσα στους 21-29 βαθμούς C. Θερμοκρασίες υψηλότερες ή χαμηλότερες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση του άνθους. Σε υψηλές θερμοκρασίες επιμηκύνεται υπερβολικά ο στύλος του άνθους, παραμορφώνονται οι ανθήρες και επιβραδύνεται η βλάστηση των γυρεόκοκκων. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 32° C, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, τότε μειώνεται απότομα η καρπόδεση. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από 13 βαθμούς C, μειώνεται μέχρι 20% η διάρκεια ζωής της γύρης και η γονιμότητά της, παραμορφώνονται οι ανθήρες και λιγοστεύει ο αριθμός των ανθέων στις ανθοταξίες. (Πηγή: internet 3)

1.3.2. ΥΓΡΑΣΙΑ

Η διατήρηση ενός κατάλληλου περιβάλλοντος υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη όχι μόνο για τη διατήρηση της υδρικής ισορροπίας των φυτών μέσω της διαπνοής, αλλά και για λόγους θρέψεως (πχ. Μεταφοράς ασβεστίου) και για την αποφυγή εκτεταμένης ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, εντόμων και ακάρεων. Μερικά φυτά παράγουν καλύτερα σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλή σχετικά υγρασία ημέρας, όπως το αγγούρι, ενώ άλλα σε χαμηλότερη σχετική υγρασία. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση). Η επιθυμητή υγρασία της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 60-70%. (Ολύμπιος, 2001)

Στο θερμοκήπιο όλοι οι παράγοντες που ευνοούν τη διαπνοή ενεργούν το μεσημέρι, όταν ο αέρας έχει τη χαμηλότερη σχετική υγρασία. Η διατήρηση ενός κατάλληλου περιβάλλοντος υγρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική ανάπτυξη και παραγωγή φυτών. Γενικά, οι επιπτώσεις που δημιουργεί η σχετική υγρασία στα φυτά προέρχονται κυρίως από την επίδραση:

1. της χαμηλής σχετικής υγρασίας στην αύξηση της λειτουργίας της διαπνοής, αλλά και στη δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος ανάπτυξης διάφορων εντόμων και ακάρεων,
2. της υψηλής σχετικής υγρασίας στη σημαντική μείωση της λειτουργίας της διαπνοής και τη συμπύκνωση της υγρασίας στο φύλλωμα των φυτών. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση).

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι η αυξημένη υγρασία ειδικά τους χειμερινούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, θερμοκήπια τα οποία έχουν καλή μόνωση έχουν αυξημένη υγρασία τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες γιατί, ο εξωτερικός αέρας με την χαμηλή υγρασία δεν μπορεί να εισέλθει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και να ελαττώσει την υγρασία. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι για την ελάττωση της υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι η μέθοδος της θέρμανσης και του αερισμού. Το ενεργειακό κόστος για τον έλεγχο της υγρασίας στο περιβάλλον του θερμοκηπίου με αυτές τις δύο μεθόδους κυμαίνεται από $100-200 \text{ Mj.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$ (Baille, 1995).

Η άριστη σχετική υγρασία του αέρα όπου γίνεται η γονιμοποίηση των ανθέων σε φυτά τομάτας είναι γύρω στο 60–70%. Σε υψηλή σχετική υγρασία ή υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα, η γύρη απελευθερώνεται δύσκολα ή καθόλου. Στις συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας, η γύρη σχηματίζει υγρά συσσωματώματα που δεν είναι εύκολο να επικαθίσουν στον ύπερο και, σε τελική ανάλυση, δεν έχουμε ικανοποιητική καρπόδεση. (Πηγή: internet 4)

Το αγγούρι είναι από τις καλλιέργειες που απαιτεί υψηλή σχετική υγρασία και μόνιμη δροσερότητα του εδάφους. Έχει υπολογιστεί ότι για 1000 περίπου φυτά στο στρέμμα απαιτείται κατανάλωση 3000 m³/στρ., υπολογίζοντας 120 μέρες πλήρους βλάστησης και παραγωγής. (Antonio Turchi, 1984)

1.4. ΔΙΑΠΝΟΗ

Διαπνοή είναι η αποβολή νερού με εξάτμιση από τα φύλλα διαμέσου των στομάτων, της επιδερμίδας (εφυμενίδας) και των βοθρίων. Επειδή η διαπνοή από την επιδερμίδα των φύλλων έχει πολύ μικρές τιμές, ο κυριότερος ρυθμιστής της διαπνοής των φυτών είναι τα στομάτια. Οι υδρατμοί για να εξέλθουν στον αέρα πρέπει να υπερνικήσουν μια σειρά αντιστάσεων, όπως: κυτταρικά τοιχώματα, υποστομάτια κοιλότητα, πόρος στόματος, οριακό στρώμα αέρα στην επιφάνεια του φύλλου. Με τη διαπνοή τα φυτά ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό την υδατική τους κατάσταση. Έχει βρεθεί ότι οι απώλειες νερού με τη διαπνοή για την καλλιέργεια της τομάτας σε μια βλαστική περίοδο είναι 125 Kg.m⁻²

Η διαπνοή των φυτών είναι το σημαντικότερο μέρος του ισοζυγίου της λανθάνουσας ενέργειας και ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του ενεργειακού ισοζυγίου. Η διαπνοή απαιτεί ενέργεια, η οποία προέρχεται συνήθως από την ηλιακή ακτινοβολία. Όπως παρατηρήθηκε από πολλούς ερευνητές (π.χ.: Morris *et al.* 1957, de Villele 1972, van der Post *et al.* 1974 για καλλιέργεια τομάτας, Yang *et al.* 1990 "για καλλιέργεια αγγουριού και Κατσούλας και συνεργάτες 2000 για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς), υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της διαπνοής των φυτών και της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από τα φυτά. Η αύξηση λοιπόν τόσο της έντασης όσο και της διάρκειάς της προκαλεί την αύξηση της διαπνοής, καθώς επίσης και την αύξηση της θερμοκρασίας της καλλιέργειας, όταν οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί (υγρασία και θερμοκρασία περιβάλλοντος)

(Stanghellini 1987). Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για τη διαπνοή είναι η φυλλική επιφάνεια. Προφανώς, όταν δεν υπάρχει κανένα φύλλο, δεν υπάρχει διαπνοή. Όταν υπάρχουν μόνο νέα σπορόφυτα με μια πολύ μικρή φυλλική επιφάνεια, η διαπνοή είναι ελάχιστη. Αντίθετα, όταν έχουμε ώριμες καλλιέργειες με μεγάλη φυλλική επιφάνεια έχουμε μεγαλύτερη διαπνοή. Έτσι, για παράδειγμα, για νεαρές καλλιέργειες τομάτας και αγγουριού είναι περίπου το 1/5 της τιμής του αντίστοιχου συντελεστή για ώριμη καλλιέργεια (de Graaf and van den Ende 1981).

Σε ώριμες καλλιέργειες δεν είναι τόσο σημαντικό η ακριβή τιμή της φυλλικής επιφάνειας. Έτσι πέρα από μια ορισμένη φυλλική επιφάνεια, το ακριβές μέγεθος της φυλλικής επιφάνειας έχει λίγη επίδραση.

Η υγρασία του αέρα είναι σημαντική επίσης. Η επίδραση της είναι εντονότερη όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι χαμηλή, ή όταν η υγρασία είναι είτε πολύ χαμηλή είτε πολύ υψηλή. Υπό κανονικές συνθήκες, που είναι σε μια ώριμη συγκομιδή, κατά τη διάρκεια της ημέρας, και με τη μέτρια υγρασία αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία έχει μια συντριπτική επίδραση στο ποσό της διαπνοής. Η επίδρασή της χαρακτηρίζεται από το έλλειμμα κορεσμού του αέρα D_i (kPa), το οποίο ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της πίεσης ατμών του αέρα, όταν αυτός βρίσκεται στον κορεσμό e_i^* (kPa), με την πραγματική πίεση του αέρα e_i (kPa). Το έλλειμμα κορεσμού, ένα χαρακτηριστικό της ξηρότητας του αέρα, για μια δεδομένη θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογο της υγρασίας του αέρα. Είναι απαραίτητο, όμως να λάβουμε υπόψη το έλλειμμα κορεσμού του αέρα, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα θέρμανσης, δροσισμού ή αφύγρανσης. (Κατσούλας, 2002)

1.5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.5.1. ΓΕΝΙΚΑ

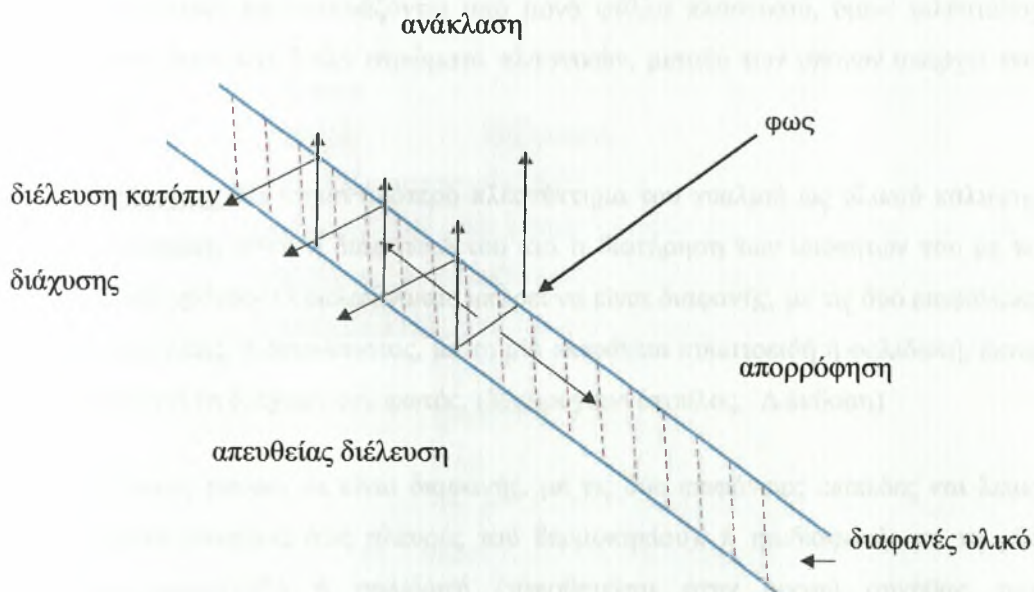
Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου.

Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει να διέλθει μέσα από το υλικό όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα από τον προσπίπτοντα σε αυτό φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυση του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να

υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο. Επιπλέον να επιτρέπει από το φυσικό φως να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών.

Το φως αφού πέσει πάνω στο διαφανές υλικό κάλυψης, είναι δυνατόν να :

1. ανακλαστεί πάνω στο υλικό,
2. απορροφηθεί από το υλικό,
3. διέλθει μέσα από το υλικό. (Μαυρογιαννόπουλος, Έκδοση)



Εικόνα 1.5.1 Περαιτότητα του διαφανούς υλικού στο φως.

Το μειονέκτημα των περισσότερων, πλαστικών ιδιαίτερα, υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η μικρή διάρκεια ωφέλιμης χρήσης. Στα περισσότερα από τα υλικά αυτά (πλαστικά) οφείλεται στην μικρή αντοχή που δείχνουν στην υπεριώδη ακτινοβολία και στον άνεμο. Σε άλλα υλικά όπως το γυαλί, στην μικρή αντοχή στο

χαλάζι. Η διάρκεια ωφέλιμης χρήσης βέβαια είναι πολύπλοκο θέμα και έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για κάθε υλικό, γιατί διαφέρουν οι παράγοντες που επιδρούν στη ταχύτητα καταστροφής τους.

1.5.2. ΤΥΠΟΙ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Το υλικό κάλυψης των τοιχωμάτων ενός θερμοκηπίου μπορεί να αποτελείται από γυαλί, fiberglass, πλάκες σκληρού πλαστικού ή πλαστικά φύλλα. Το γυαλί είναι το πλέον διαφανές υλικό και, σε σχέση με το πλαστικό, επιτρέπει σε μεγαλύτερο βαθμό τη διέλευση φωτός. Από την άλλη, το γυαλί προσφέρει μικρότερη θερμική μόνωση, είναι λιγότερο ανθεκτικό στην κρούση, είναι βαρύτερο και πολύ πιο ακριβό. Τα πιο απλά θερμοκήπια κατασκευάζονται από μονά φύλλα πλαστικού, όμως τελευταίως χρησιμοποιούνται και διπλά στρώματα πλαστικών, μεταξύ των οποίων υπάρχει ένα κενό αέρος.

Οι υαλοπίνακες: Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού ως υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων είναι η διαφάνειά του και η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δύο επιφάνειες επίπεδες και λείες, ή διαφώτιστος, με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή, ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση)

Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δύο επιφάνειες επίπεδες και λείες (τοποθετείται συνήθως στις πλευρές του θερμοκηπίου), ή ημιδιαφανής με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή (τοποθετείται στην οροφή συνήθως του θερμοκηπίου), ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. Το υαλόφρακτο θερμοκήπιο δεν υφίσταται παραμορφώσεις από το βάρος των διάφορων προσπιπτόντων φορτίων (το ειδικό βάρος του γυαλιού είναι 25 KN/m^3). Το ποσοστό διέλευσης της μικρούς μήκους κύματος ακτινοβολίας στους συνηθισμένου πάχους υαλοπίνακες, είναι συγκριτικά από τα μεγαλύτερα, δεδομένου ότι φτάνει περίπου το 90%. (ΠΗΓΗ: internet 5)

Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα: Στα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται η σελουλόζη, το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE), το φύλλο EVA, το φύλλο

πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), το φύλλο πολυβινυλοφθοριδίου (PVF), το φύλλο πολυεστέρα και το ETFE. Το φύλλο πολυαιθυλενίου είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο στην Ελλάδα. Τα εύκαμπτα πλαστικά φύλλα πλεονεκτούν των άλλων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων λόγω του μικρού βάρους τους, της σχετικά χαμηλής τιμής τους, της ευκολίας προσαρμογής σε διάφορα σχήματα του σκελετού, της δυνατότητας που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και γενικά λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους αρχικής επένδυσης που επιτυγχάνεται στο σύνολο του θερμοκηπίου. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση)

Σε ορισμένα πλαστικά φύλλα έχουν προστεθεί ορισμένες χημικές ενώσεις οι οποίες προκαλούν αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους (π.χ. η μείωση της περατότητας σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και η ενίσχυση της περατότητας σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος). Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυαιθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία εντόμων μέσα στο θερμοκήπιο, η μείωση όμως της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας ήταν σημαντική. (ΠΗΓΗ: internet 5)

Τα φύλλα σκληρού πλαστικού: το υλικό κατασκευής των φύλλων σκληρού πλαστικού μπορεί να είναι είτε πολυκαρβονικές ενώσεις, είτε ακρυλικές ενώσεις, είτε σκληρό πολυβινυλοχλωριδίο. (Μαυρογιαννόπουλος, 'Δ έκδοση)

Υλικά κάλυψης της εταιρίας <<Πλαστικά Κρήτης>> :

- **Διάχυση του φωτός :** χρησιμοποιούνται υλικά κάλυψης που διαχέουν το ηλιακό φως προς διαφορετικές κατευθύνσεις και όχι απευθείας στο φυτό. Τα υλικά κάλυψης που διαχέουν το φως μοιάζουν ασαφή στο ανθρώπινο μάτι πράγμα που δεν σημαίνει ότι είναι λιγότερο διαπερατά από τα άλλα. Η φωτοσυνθετική ενεργός ακτινοβολία διαχέεται ομοιόμορφα σε όλα τα φυτά του θερμοκηπίου. Η διάχυση του φωτός έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη του φυτού ειδικά στις ανοιξιάτικες και καλοκαιρινές καλλιέργειες και σε περιοχές με δυνατή ηλιακή ένταση. Επιπλέον, μειώνει τη σκίαση, διασφαλίζει ομοιόμορφο φωτισμό που φτάνει έως και τα κατώτερα μέρη των φυτών και εμποδίζει τα καψίματα.



Εικόνα 1.5.2.1 Υλικό κάλυψης που διαχέει το ηλιακό φώς.

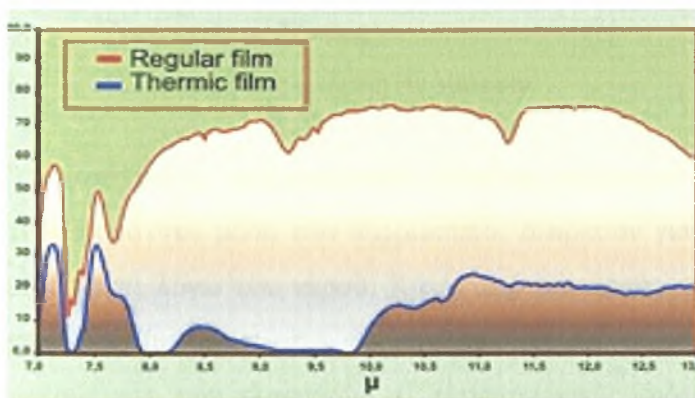
- Θερμική επίδραση : τα νέα θερμικά φύλλα πλαστικών είναι ενισχυμένα με 3 στρώματα θερμικών προσθέτων, περιέχοντας έναν συνδυασμό EVA και υπέρυθρα προστατευτικά που απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία και μειώνουν τις απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας.



Εικόνα 1.5.2.2 Υλικό κάλυψης που απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία.

Τα πλεονεκτήματα των θερμικών πλαστικών είναι:

1. Προφύλαξη από το κάψιμο των φυτών λόγω παγετού ή χαμηλών θερμοκρασιών
2. Ρυθμίζουν την θερμοκρασία μεταξύ μέρας και νύχτας
3. Ανακυκλώνουν ενέργεια
4. Μεγαλύτερη ποσότητα σοδειάς
5. Πρωιμότερη συγκομιδή
6. Καλύτερη ποιότητα καρπού



Εικόνα 1.5.2.3 Διαφορά μεταξύ κοινού και θερμικού πλαστικού.

- Πλαστικά με αντισταγονική ιδιότητα : περιέχουν ειδικά πρόσθετα που μειώνουν τις σταγόνες και σχηματίζουν ένα λεπτό στρώμα νερού που ρέει στις πλευρές των πλαστικών και όχι πάνω στα φυτά, επιτρέποντας έτσι τη διέλευση περισσότερου φωτός στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Σε αντίθετη περίπτωση τα σταγονίδια λόγω της συμπύκνωσης του νερού θα έπεφταν πάνω στα φυτά και αυτό θα είχε αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα και στην αύξησή τους δεδομένου ότι θα μειωνόταν κατά 15-30% η διέλευση το φωτός με παράλληλη αύξηση ορισμένων ασθενειών.



Εικόνα 1.5.2.4 Υλικό κάλυψης με αντισταγονική ιδιότητα.

Τα πλαστικά με αντισταγονική ιδιότητα όταν χρησιμοποιούνται σωστά έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Περισσότερο φωτισμό στο θερμοκήπιο
2. Μεγαλύτερη ποσοστό σοδειάς
3. Πρωιμότερη συγκομιδή
4. Καλύτερης ποιότητας και υψηλής αξίας καρπούς

5. Λιγότερες ασθένειες
6. Ελάττωση της χρήσης φαρμάκων

Τα πλαστικά με αντισταγονικές ιδιότητες συνιστώνται κυρίως για τον αερισμό και/ή την θερμότητα μέσα στο θερμοκήπιο. Διαρκούν για παραπάνω από 2 χρόνια, είναι ευαίσθητα λόγω του νερού. Κάτω από κανονικές συνθήκες, με τα κοινά πλαστικά σχηματίζεται μέσα στο θερμοκήπιο ομίχλη που παύει να υφίσταται μετά την τοποθέτηση των πλαστικών με αντισταγονικές ιδιότητες που ανανεώνουν τον αέρα στο θερμοκήπιο και δεν αφήνουν την ομίχλη να εξαπλωθεί. Έτσι δεν δημιουργούνται ζημιές λόγω ομίχλης.

- Πλαστικά κατά της δημιουργίας ομίχλης: για να επιτραπεί η χρήση των αντισταγονικών πλαστικών, χωρίς το φόβο δημιουργίας υδρονέφωσης μέσα στο θερμοκήπιο που μερικές φορές είναι έντονη κατά τη διάρκεια της δύσης του ήλιου ή της αυγής τα πλαστικά Κρήτης δημιούργησαν αντισταγονικά πλαστικά φύλλα ενισχυμένα όμως με ιδιότητες κατά της δημιουργίας ομίχλης.



Εικόνα 1.5.2.5 Υλικό κάλυψης κατά της δημιουργίας ομίχλης.

- Επίδραση δροσισμού : Κατασκευάστηκαν υλικά που αντανακλούν ή απορροφούν την IR ακτινοβολία (η οποία είναι άχρηστη για την ανάπτυξη των φυτών) μειώνοντας έτσι τη ζέστη μέσα στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 1.5.2.6 Υλικό κάλυψης που δεν επιτρέπει τη διέλευση της IR ακτινοβολίας.
(ΠΗΓΗ: internet 6)

Χρήσεις των πλαστικών φύλλων με αντισταγονικές ιδιότητες

Τα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται για να παρέχουν ένα κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών είναι η ηλιακή ακτινοβολία η οποία είναι απαραίτητη στη φωτοσύνθεση των φυτών.

Το γνωστό πρόβλημα των συμβατικών υλικών κάλυψης είναι οι υγροποιήσεις με μορφή σταγόνων στην εσωτερική επιφάνεια του καλύμματος με αποτέλεσμα τη μείωση της διέλευσης της ακτινοβολίας από τα υλικά κάλυψης (Zhu et al 1998, Geoola et al 1994) και την πτώση των σταγόνων, που δημιουργούνται στο εσωτερικό του καλύμματος από τις υγροποιήσεις, πάνω στα φυτά με συνέπεια την ανάπτυξη ασθeneιών (Geoola et al 1998).

Για τους παραπάνω λόγους δημιουργήθηκαν τα αντισταγονικά υλικά κάλυψης, με σκοπό την μετατροπή των σταγόνων των υγροποιήσεων σε λεπτό στρώμα νερού. Η αντισταγονική ιδιότητα αυτών των πλαστικών μεταβάλλεται με το χρόνο, επειδή τα ειδικά πρόσθετα απομακρύνονται μαζί με το νερό που υγροποιείται και έτσι τα αντισταγονικά υλικά χάνουν την ιδιότητα τους έπειτα από δύο καλλιεργητικές περιόδους (Espí et al. 2006).

Από πείραμα που έγινε σε θερμοκήπιο, μελετήθηκε η διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια ζωής τεσσάρων υλικών κάλυψης. Παρατηρήθηκε ότι το θερμοκήπιο επιταχύνει τη γήρανση των ενεργών παραγόντων στα αντισταγονικά υλικά με ένα παράγοντα 3 σε σχέση με το χρόνο. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα υλικά με αντισταγονικές ιδιότητες είχαν μεγαλύτερη διαπερατότητα κατά 2-7% (77,8%) όταν αυτά βρίσκονταν σε υγρή κατάσταση απ' ότι όταν δεν είχαν υγροποιήσεις, ενώ

τα υλικά χωρίς αντισταγονικές ιδιότητες είχαν μείωση της περατότητας κατά 4% (65,4%) όταν βρίσκονταν σε υγρή κατάσταση. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι κατά τον εξαερισμό των θερμοκηπίων, τα αντισταγονικά υλικά κάλυψης επανέρχονταν σε ξηρή κατάσταση πολύ γρηγορότερα σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά κάλυψης (Geoola et al. 1998).

Οι Pollet and Pieters (2000) από πειράματα που πραγματοποίησαν σε διαφορετικά υλικά κάλυψης παρατήρησαν ότι όταν στα καλύμματα δεν υπάρχουν υγροποιήσεις, η άμεση-ημισφαιρική διαπερατότητα όλων των υλικών είναι περίπου ίδια. Ακόμα, συμπέραναν ότι η προσθήκη αντισταγονικών παραγόντων στα πλαστικά υλικά κατέστειλε τη μείωση της διαπερατότητας της ακτινοβολίας και επομένως τα υλικά αυτά εμφανίζουν την ίδια περατότητα τόσο στην ξηρή όσο και στην υγρή τους φάση. Η διαφορετική συμπεριφορά των καλυμμάτων οφείλεται στο σχήμα των σταγόνων υγροποίησης, όπου στους υαλοπίνακες και στα αντισταγονικά υλικά οι σταγόνες είναι πιο επίπεδες σχέση με αυτές στα άλλα υλικά.

Οι Pieters et al. (2003) μελέτησαν τη διασπορά της ηλιακής ακτινοβολίας διαφόρων υλικών κάλυψης σε υγρή και ξηρή κατάσταση σε τρεις διαφορετικές γωνίες 0° , 15° και 30° και διαπιστώθηκε ότι σε ξηρή κατάσταση το αντισταγονικό υλικό κάλυψης όπως και τα άλλα υλικά διέσπειραν την ηλιακή ακτινοβολία εξ' αιτίας της επιφανειακής τραχύτητας λόγω ετερογένειας του υλικού, ενώ παρουσία υγροποιήσεων δε μεταβάλλονταν η διασπορά του αντισταγονικού υλικού στην ηλιακή ακτινοβολία λόγω της υγροποίησης σε μορφή λεπτού στρώματος. Επίσης, βρέθηκε ότι τα κλάσματα της ακτινοβολίας, άμεσα και διάχυτα διαπερατής διαμέσου του υγρού αντισταγονικού υλικού, ήταν παρόμοια με αυτά του ξηρού αντισταγονικού υλικού, 55% και 45%, αντίστοιχα.

Επιπρόσθετα, από πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε τρία διαφορετικά υλικά κάλυψης (UV, UV+IR, UV+IR+αντισταγονικές ιδιότητες) παρατηρήθηκε ότι η σχετική υγρασία (RH%) στο θερμοκήπιο με το αντισταγονικό υλικό κάλυψης ήταν ελαφρά μεγαλύτερη σε σχέση με τα άλλα θερμοκήπια. Ακόμα σημειώνεται ότι δεν παρουσιάστηκε διαφορά στο ύψος των φυτών, στη διάμετρο βλαστών, στη φυλλική επιφάνεια και στην ξηρά ουσία των φυτών. Το δέσιμο των καρπών ήταν κάπως χαμηλότερο (71,7%) στο θερμοκήπιο με το αντισταγονικό υλικό κάλυψης σε σχέση με τα άλλα υλικά (77,3%). Η παραγωγή υπό το UV υλικό ήταν 5997 g/φυτό, υπό το

UV+IR υλικό ήταν 6359 g/φυτό και υπό το αντισταγονικό υλικό ήταν 6390 g/φυτό (Baytorun et al. 1994).

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ως τώρα οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί στις οπτικές ιδιότητες των αντισταγονικών υλικών, ενώ υπάρχουν ελάχιστες αναφορές για την επίδραση τους στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και στην παραγωγή των υπό κάλυψη καλλιεργειών. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια προκειμένου να διερευνηθεί η συμπεριφορά δύο αντισταγονικών υλικών κάλυψης ως προς την επίδραση τους στο μικροκλίμα και στις εκάστοτε υπό κάλυψη καλλιέργειες και να διαπιστωθεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των υλικών κάλυψης (κοινό φύλλο PE και οντισταγονικά), των καλλιεργειών (τομάτα και αγγούρι) αλλά και των καλλιεργητικών περιόδων (χειμερινή και εαρινή).

1.5.3. ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ

Οι τύποι καλυμμάτων των θερμοκηπίων έχει αυξηθεί εντυπωσιακά κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τεσσάρων δεκαετιών. Αυτό γίνεται διότι έχουν ανακαλυφθεί νέοι τύποι υλικών κάλυψης τα οποία αντέχουν περισσότερο στο χρόνο, βελτιώνουν τη διέλευση του φωτός και έχουν υποστεί τροποποιήσεις ώστε να αυξηθεί η παραγωγή. Τα νέα υλικά κάλυψης είναι φωτοεκλεκτικά σε διάφορα μήκη κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας τα οποία δημιουργούν στο κλίμα του θερμοκηπίου δυσμενής συνθήκες για την ανάπτυξη ασθενειών αλλά κ εχθρών βλαβερών για την καλλιέργεια. Τα υλικά αυτά τροποποιούν το φάσμα της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο. Η υπερβολική ακτινοβολία προωθεί τις φωτοχημικές διαδικασίες υποβάθμισης σε όλα τα πλαστικά και είναι γενικά η σημαντικότερη αιτία για την αντικατάστασή τους. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μειώνουν τη διάρκεια ζωής των πλαστικών καλυμμάτων (Giacomelli and Roberts, 1993).

1.6. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να μελετηθεί η επίδραση των αντισταγονικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίων στο μικροκλίμα και στη διαπνοή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας και αγγουριού. Τα υλικά κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το πλαστικό πολυαιθυλένιο ως μάρτυρας , ένα υλικό κάλυψης με αντισταγονικές ιδιότητες (AD+AF) και ένα υλικό κάλυψης που δεν αφήνει να σχηματιστεί ομίχλη μέσα στο θερμοκήπιο (AF). Μελετήθηκαν οι επιδράσεις των πλαστικών στην παραγωγή και αύξηση των φυτών. Επίσης μελετήθηκε πόσο και πως επηρεάζει η ηλιακή ακτινοβολία την διαπνοή των φυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

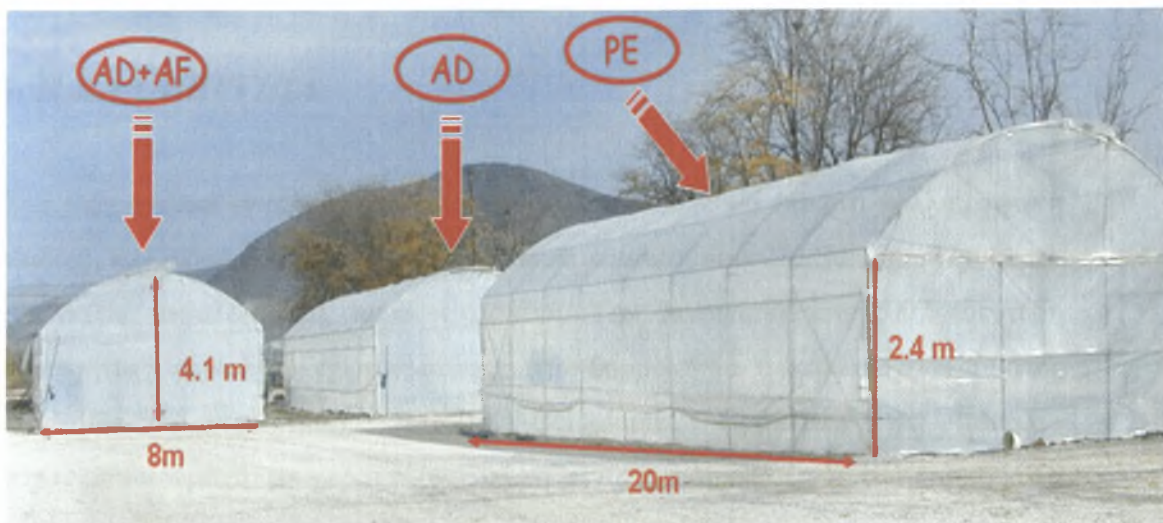
Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση της χρήσης αντισταγονικών υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων στην παραγωγή και στο μικροκλίμα υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού και τομάτας, έγιναν μετρήσεις μικροκλίματος και παραγωγής κατά τις περιόδους α) Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου 2006 (καλλιέργεια αγγουριού) και β) Ιανουαρίου – Μαΐου 2007 (καλλιέργεια τομάτας). Κατά την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία θερμοκήπια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο αγρόκτημα του Βελεστίνου. Το αγρόκτημα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 44'$ και γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 79'$, το υψόμετρο της περιοχής είναι 85 m, και απέχει 17 km από το Βόλο.

2.2. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

Τα τρία θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είχαν σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και κάλυψη από πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου. Ένα θερμοκήπιο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και καλύφθηκε με κοινό πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου (PE). Τα άλλα δύο θερμοκήπια καλύφθηκαν το πρώτο με φύλλο PE με αντισταγονικές (AD) και αντιομιχλικές (AF) ιδιότητες (AD+AF) και το δεύτερο με φύλλο PE με AD ιδιότητες.

Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα θερμοκήπια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος. Το πάχος των φύλλων ήταν 180 μm και ήταν προϊόντα της βιομηχανίας «Πλαστικά Κρήτης ΑΒΕΕ».

Τα θερμοκήπια είχαν προσανατολισμό Βορρά-Νότο με απόκλιση του άξονά τους από το Βορρά περίπου 36° ανατολικά. Τα θερμοκήπια ήταν τροποποιημένα τοξωτά επιφάνειας 160 m^2 (20 m x 8 m) το καθένα, με μέγιστο ύψος 4,1 m στον κορφιά και 2,4 m ύψος ορθοστάτη. Το έδαφος εντός του θερμοκηπίου ήταν πλήρως καλυμμένο με ασπρόμαυρο πλαστικό διπλής όψης.



Εικόνα 2.1. Εξωτερική άποψη των τριών πειραματικών θερμοκηπίων με τα τρία διαφορετικά υλικά κάλυψης.

2.3. ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Τα θερμοκήπια διέθεταν πλαϊνά ανοίγματα κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών με διαστάσεις των ανοιγμάτων 0,9 m x 15 m, με τη βοήθεια των οποίων γινόταν ο αερισμός. Τα παράθυρα για τον αερισμό ελέγχονταν αυτόματα με τη χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Τα παράθυρα ξεκινούσαν να ανοίγουν όταν η θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου ξεπερνούσε τους 23⁰C, ενώ όταν η θερμοκρασία έφτανε τους 28⁰C τα παράθυρα είχαν το μέγιστο άνοιγμα τους.

2.4. ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Η θέρμανση των θερμοκηπίων γινόταν με αερόθερμα και επιδαπέδιους σωλήνες θέρμανσης, με τη θερμοκρασία του αέρα να διατηρείται στους 16⁰C κατά τη διάρκεια της νύχτας και τους 19⁰C κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2.5. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Στα θερμοκήπια εγκαταστάθηκε το Σεπτέμβριο του 2006 (πρώτη καλλιεργητική περίοδος), καλλιέργεια αγγουριού (cv. *Cucumis sativus*), ποικιλία Stamina. Πρόκειται για ποικιλία μεγαλόκαρπη, παρθενοκαρπική. Τον Ιανουάριο του 2007 (δεύτερη καλλιεργητική περίοδος) εγκαταστάθηκε στα θερμοκήπια η καλλιέργεια τομάτας (*Lycopersicum esculentum*), ποικιλία Belladonna. Πρόκειται για ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής του καρπού. Τα φυτά αγγουριού μεταφυτεύτηκαν στα θερμοκήπια στις 13 Σεπτεμβρίου ενώ τα φυτά τομάτας μεταφυτεύτηκαν στις 18 Ιανουαρίου.

Η καλλιέργεια γινόταν σε υδροπονικό σύστημα για να επιτευχθεί ομοιομορφία συνθηκών στη ρίζα, κάτι που δεν επιτυγχάνεται στο έδαφος και για την αποφυγή ασθενειών του εδάφους. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν περλίτης σε σάκους μήκους 1 m. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 136 σάκοι υποστρώματος σε κάθε θερμοκήπιο. Οι σάκοι με το υπόστρωμα βρισκόταν σε ύψος 40 cm από το έδαφος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 2,4 φυτά/m². Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε 4 διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,4 m επί της γραμμής και 0,75 m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς. Το πλάτος του διαδρόμου ήταν 1 m (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 2.2. Άποψη της καλλιέργειας στο εσωτερικό ενός εκ των τριών θερμοκηπίων στις 10 Οκτωβρίου 2006.

Το θρεπτικό διάλυμα παρέχονταν στο φυτό με τη βοήθεια σταλακτήρων με παροχή 4 L h⁻¹. Η άρδευση των φυτών ελέγχονταν αυτόματα με τη βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Το κλάδεμα και η διαμόρφωση της καλλιέργειας γινόταν σύμφωνα με την τεχνική που ακολουθείται από τους περισσότερους παραγωγούς στη χώρα μας (σύστημα «Ομπρέλα» για αγγούρι και μονοστέλεχο φυτό τομάτας).

2.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα φυτά στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, τόσο κατά την καλλιέργεια αγγουριού όσο και κατά την καλλιέργεια τομάτας, επιλέχθηκαν τυχαία. Κάθε 10 ημέρες από συνολικά 6 φυτά ανά θερμοκήπιο, καταγράφονταν τα εξής: το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, οι διαστάσεις των φύλλων (μήκος, πλάτος), ο αριθμός των κόμβων, το μήκος μεσογονατίων διαστημάτων, ο αριθμός των ανοιχτών και των κλειστών ανθέων και ο αριθμός των καρπών.

Παράλληλα, κάθε 15 ημέρες γίνονταν καταστροφικές μετρήσεις σε συνολικά 4 φυτά ανά θερμοκήπιο κατά την καλλιέργεια αγγουριού και σε 6 φυτά ανά θερμοκήπιο κατά την καλλιέργεια τομάτας. Κατά τις καταστροφικές μετρήσεις καταγράφονταν το χλωρό και ξηρό βάρος των τμημάτων (βλαστοί, φύλλα, άνθη και καρποί) των φυτών και επιπλέον μετρούνταν με τη βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή η φυλλική επιφάνεια. Επίσης καταγράφονταν ο αριθμός, το βάρος και το μέγεθος των καρπών που συγκομίζονταν από κάθε θερμοκήπιο.

Επιπλέον, σε σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (model DL-3000, Delta-T Devices, Cambridge, U.K.) κάθε 10 λεπτά (μέτρηση κάθε 30 δευτερόλεπτα) καταγραφόταν:

- Έξω από το θερμοκήπιο: η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα (model H08-032-08, HOBO Instruments, Bourne, MA, U.S.A.) και η ολική ηλιακή ακτινοβολία (model CM-6, Kipp and Zonen, Delft, The Netherlands).
- Μέσα στα θερμοκήπια: η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα (model H08-032-08, HOBO Instruments, Bourne, MA, U.S.A.), η ολική ηλιακή ακτινοβολία (model CM-6, Kipp and Zonen, Delft, The Netherlands), η θερμοκρασία του καλύμματος του θερμοκηπίου (thermistors), η διαπνοή των φυτών (διάταξη λυσιμέτρου) και η ενέργεια που απέδιδε το σύστημα θέρμανσης.

Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της φασματικής διαπερατότητας των τριών υλικών κάλυψης στο εργαστήριο με το φορητό φασματοφωτόμετρο LI-COR (LI-1800) το οποίο είναι εξοπλισμένο με λάμπα αλογόνου 10W και με μια εξωτερική σφαίρα ολοκλήρωσης (LI-1800-12S). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα που ελήφθησαν πριν την εγκατάσταση των πλαστικών στα θερμοκήπια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΓΩΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΜΕ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ

Από τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν κατά την περίοδο από 10 Οκτωβρίου έως 19 Δεκεμβρίου 2006 στην καλλιέργεια αγγουριού, παρατηρείται από τον Πίνακα 4.1.1 ότι τον Οκτώβριο όπου η μέση εξωτερική θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή ($16,5^{\circ}\text{C}$), οι μέσες τιμές 24ώρου της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων βρίσκονται στα ίδια περίπου επίπεδα ($\Theta_{\text{AD+AF}}=19,8^{\circ}\text{C}$, $\Theta_{\text{AD}}=20,1^{\circ}\text{C}$ και $\Theta_{\text{PE}}=19,9^{\circ}\text{C}$). Το ίδιο συμβαίνει και για τις μέσες ημερήσιες αλλά και τις μέσες νυχτερινές θερμοκρασίες του ίδιου μήνα.

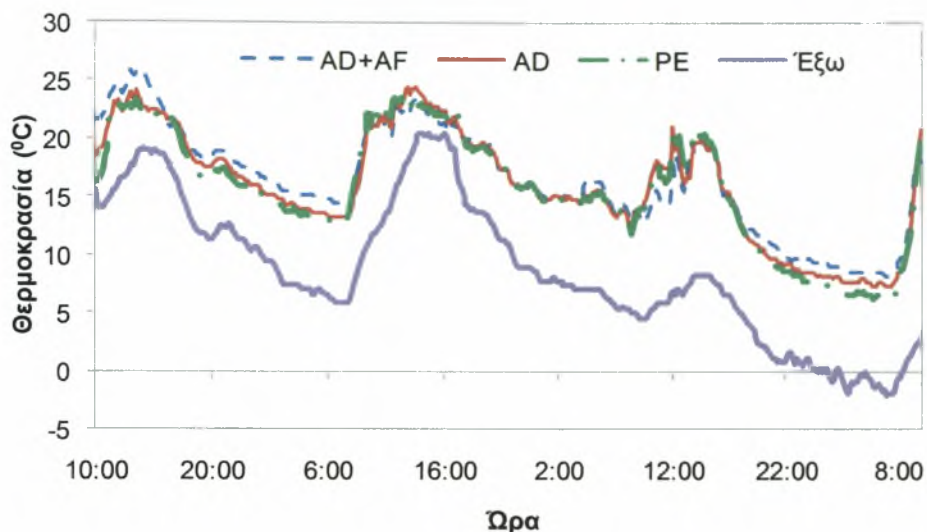
Τον Νοέμβριο και το Δεκέμβριο του 2006 όπου οι μέσες εξωτερικές θερμοκρασίες ήταν χαμηλές, $6,7^{\circ}\text{C}$ και $6,3^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, η μέση θερμοκρασία 24ώρου στο PE θερμοκήπιο ήταν χαμηλότερη σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια (Πίνακας 3.1.1). Το γεγονός αυτό οφείλονταν κυρίως στις μέσες νυχτερινές θερμοκρασίες στο εσωτερικό των θερμοκηπίων γιατί οι αντίστοιχες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες βρίσκονταν σε παρόμοια επίπεδα και στα τρία θερμοκήπια.

Πίνακας 3.1.1. Μέσες τιμές θερμοκρασίας εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια αγγουριού.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Ωρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	22,7	22,9	23,0	18,0
	17:00-8:00	18,1	18,5	18,1	15,7
	24ωρο	19,8	20,1	19,9	16,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	19,0	19,2	19,0	10,1
	17:00-8:00	13,4	12,6	11,1	4,7
	24ωρο	15,4	15,0	14,0	6,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	19,9	20,0	18,0	6,8
	17:00-8:00	18,5	18,2	14,4	5,8
	24ωρο	19,0	18,8	15,8	6,3

Στο Σχήμα 3.1.1 όπου παρουσιάζονται τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου του αγγουριού, φαίνεται ότι στα τρία θερμοκήπια η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα ήταν παρόμοια και υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία που επικρατούσε στην περιοχή. Επίσης, παρατηρείται ότι την ημέρα η θερμοκρασία αέρα και στα τρία θερμοκήπια ήταν παρόμοια ενώ τη νύχτα η

θερμοκρασία στο AD+AF θερμοκήπιο ήταν ελαφρά μεγαλύτερη από αυτή στα δύο άλλα θερμοκήπια.



Σχήμα 3.1.1. Πορεία της θερμοκρασίας του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 1/11/06 έως 4/11/06.

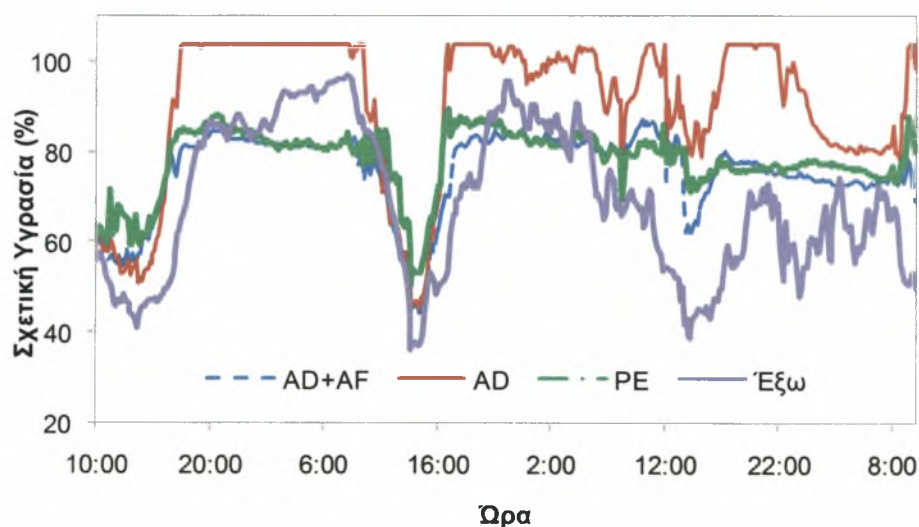
Στον Πίνακα 3.1.2 όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας (RH) εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την περίοδο καλλιέργειας του αγγουριού, παρατηρείται ότι, καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο το AD+AF θερμοκήπιο εμφάνισε τη χαμηλότερη σχετική υγρασία (RH%) σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις ιδιότητες του υλικού κάλυψης.

Πίνακας 3.1.2. Μέσες τιμές υγρασίας εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια αγγουριού.

ΥΓΡΑΣΙΑ	Ωρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	74,6	82,4	79,3	74,7
	17:00-8:00	86,6	96,0	92,2	85,0
	24ωρο	82,2	91,0	87,4	81,2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	67,2	74,4	69,8	51,5
	17:00-8:00	78,3	93,1	79,9	75,8
	24ωρο	74,2	86,2	76,2	66,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	58,2	73,3	75,5	97,4
	17:00-8:00	58,0	72,6	73,6	98,9
	24ωρο	58,3	73,2	74,5	98,2

Από τον Πίνακα 3.1.2 παρατηρείται επίσης ότι τον Οκτώβριο και το Νοέμβριο, το AD θερμοκήπιο, τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, είχε τη μεγαλύτερη σχετική υγρασία σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Αντιθέτως, το μήνα Δεκέμβριο όπου η εξωτερική υγρασία αέρα ήταν πολύ υψηλή (98,2%), η μεγαλύτερη σχετική υγρασία τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα καταγράφηκε στο PE θερμοκήπιο.

Στο Σχήμα 3.1.2 όπου παρουσιάζεται η πορεία της σχετικής υγρασίας του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου του αγγουριού, φαίνεται ότι η σχετική υγρασία του αέρα στα θερμοκήπια AD+AF και PE κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ η σχετική υγρασία στο AD θερμοκήπιο διατηρούνταν σε πολύ υψηλά επίπεδα (90%-100%) τις ώρες που τα παράθυρα του θερμοκηπίου ήταν κλειστά. Η σχετική υγρασία φαίνεται ότι μειώνονταν κατά τις μεσημεριανές ώρες, όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ξεπερνούσε τους 23 °C, θερμοκρασία πάνω από την οποία γινόταν αερισμός του θερμοκηπίου.



Σχήμα 3.1.2. Πορεία της σχετικής υγρασίας του αέρα (RH) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 1/11/06 έως 4/11/06.

Από τον Πίνακα 3.1.3 παρατηρείται ότι, καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο του αγγουριού, στο AD+AF θερμοκήπιο παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού των υδρατμών (VPD). Επιπλέον, παρατηρείται ότι οι μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού των υδρατμών (VPD) στα AD και PE θερμοκήπια βρίσκονταν σε παρόμοια επίπεδα.

Το έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών (VPD) υπολογίστηκε από τον τύπο:

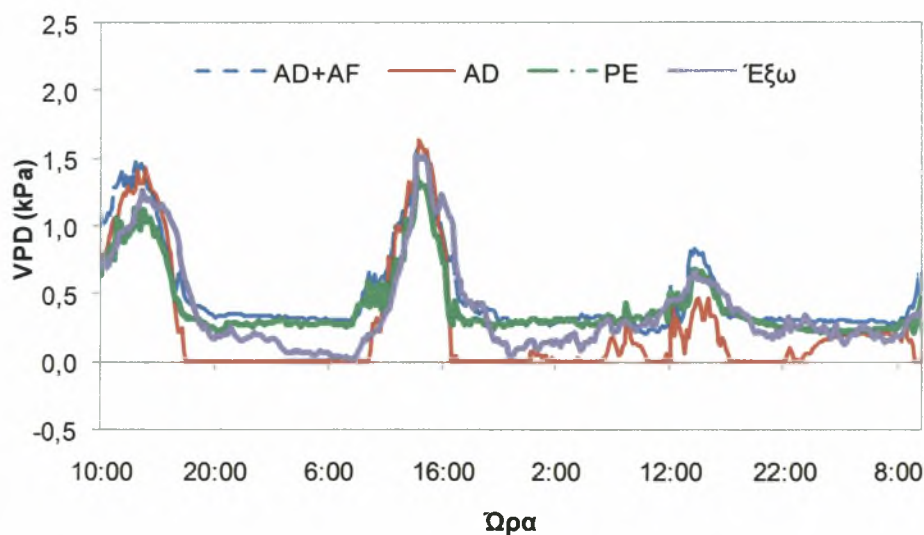
$$VPD=e(T_d)- e_{in} \text{ σε kPa,}$$

Όπου $e(T_d)=0,61078*(EXP((17,2699*T_{in})/(237,3+T_{in})))$ και

$$e_{in}= (e(T_d)*RH)/100$$

Πίνακας 3.1.3. Μέσες τιμές ελλείμματος κορεσμού υδρατμών (VPD) εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια αγγουριού.

VPD	Ωρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	0,9	0,7	0,8	0,6
	17:00-8:00	0,3	0,1	0,2	0,3
	24ωρο	0,5	0,3	0,4	0,4
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	0,8	0,6	0,7	0,7
	17:00-8:00	0,3	0,1	0,3	0,2
	24ωρο	0,5	0,3	0,4	0,4
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8:00-17:00	0,7	0,4	0,2	0,0
	17:00-8:00	0,7	0,4	0,2	0,0
	24ωρο	0,7	0,4	0,2	0,0



Σχήμα 3.1.3. Έλλειμμα κορεσμού του αέρα (VPD) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 1/11/06 έως 4/11/06.

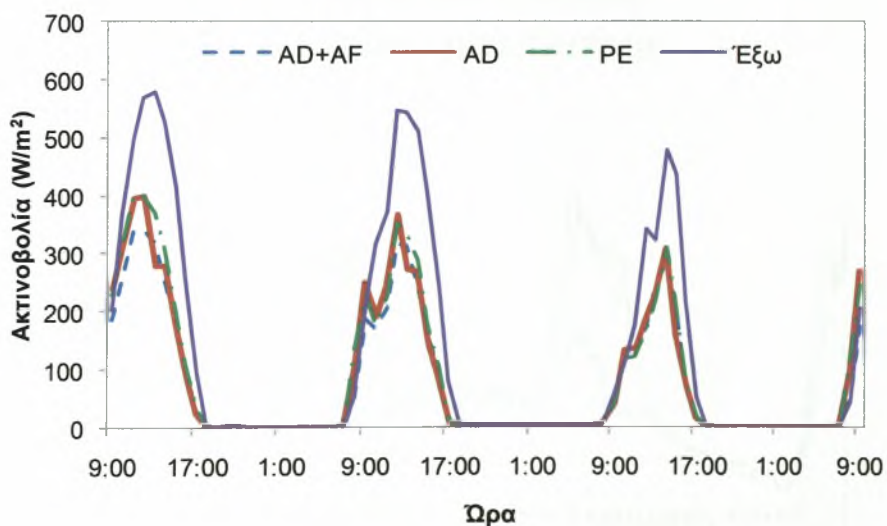
Από το Σχήμα 3.1.3 όπου παρουσιάζεται το έλλειμμα κορεσμού του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου του αγγουριού, παρατηρείται ότι το έλλειμμα κορεσμού του αέρα (VPD) στα θερμοκήπια AD+AF και PE κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ στο AD θερμοκήπιο διατηρούνταν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα (0-0.2 kPa), με εξαίρεση τις

ώρες όπου τα παράθυρα των θερμοκηπίων ήταν ανοιχτά, περίοδος κατά την οποία το VPD αυξανόταν και στα τρία θερμοκήπια.

Πίνακας 3.1.4. Μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από τις 8:00 έως τις 17:00 κατά την καλλιέργεια αγγουριού.

Ηλ. Ακτινοβολία	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	153,83	170,01	167,04	229,20
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	171,37	192,48	192,86	248,11
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	97,32	106,67	104,52	203,68

Από τον Πίνακα 3.1.4 όπου παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, παρατηρείται ότι στο AD+AF θερμοκήπιο εισέρχονταν το μικρότερο ποσό ακτινοβολίας σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο του αγγουριού, ενώ, στο AD θερμοκήπιο εισέρχονταν το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 3.1.4. Ηλιακή ακτινοβολία εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 1/11/06 έως 4/11/06.

Στο Σχήμα 3.1.4 όπου παρουσιάζεται η ακτινοβολία εντός και εκτός των θερμοκηπίων από τη 1 έως τις 4/11/06, παρατηρείται ότι η εισερχόμενη ακτινοβολία στο AD+AF θερμοκήπιο είναι ελαφρώς μικρότερη από αυτήν στα άλλα δύο θερμοκήπια.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες μεταβλητές όπως η θερμοκρασία καλύμματος, η θερμοκρασία δρόσου του αέρα, η συμπύκνωση των υδρατμών και η απόλυτη υγρασία στα τρία θερμοκήπια για κάποια τριήμερα της καλλιέργειας του αγγουριού. Εκτός από τη θερμοκρασία καλύμματος που καταγράφονταν οι υπόλοιπες μεταβλητές υπολογίστηκαν με βάση τις σχέσεις:

$$A) \text{ η θερμοκρασία δρόσου} = (237,7 \cdot A) / (17,27 - A) \text{ σε } ^\circ\text{C},$$

$$\text{όπου } A = (17,27 \cdot T_{in} / 237,7 + T_{in}) + \text{LN} (RH_{in} / 100)$$

$$B) \text{ η απόλυτη υγρασία του αέρα} = w_i = 0,000046 \cdot RH \cdot \text{EXP}(T_{in} / 17) \text{ σε } \text{g/m}^3,$$

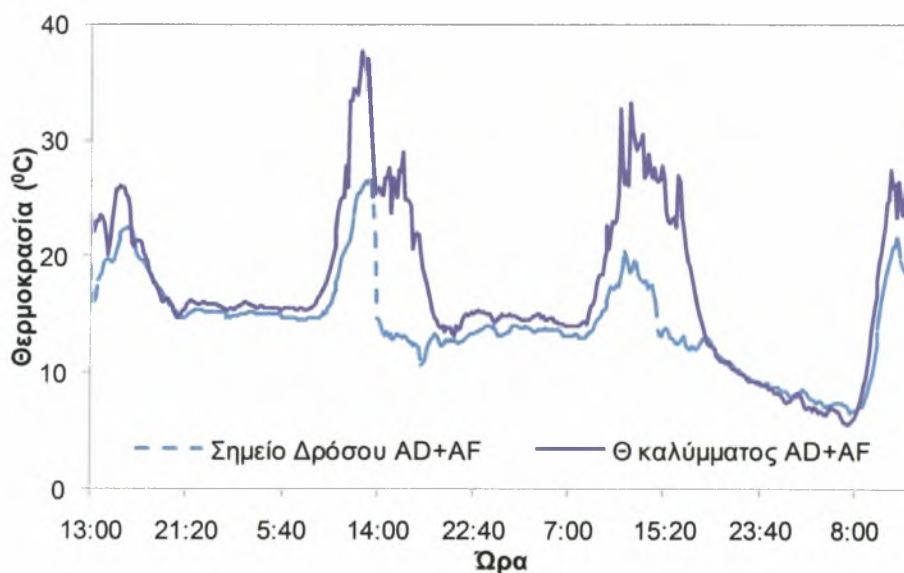
$$\Gamma) \text{ η συμπύκνωση υδρατμών} = gr (w_i - w_{ci}) \text{ σε } \text{g/m}^2 \cdot \text{h},$$

όπου gr η αγωγιμότητα στη μεταφορά των υδρατμών από τον αέρα στο κάλυμμα του θερμοκηπίου, η οποία υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση:

$$gr = (Ac / Ag) \cdot 1,52 \cdot 10^{-3} (T_i - T_c)^{0,33} + 2 \cdot 10^{-4}$$

όπου Ac και Ag η επιφάνεια του εδάφους και του καλύμματος του θερμοκηπίου αντίστοιχα, T_i η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, T_c η θερμοκρασία του καλύμματος και w_{ci} η απόλυτη υγρασία στον κορεσμό στη θερμοκρασία του καλύμματος η οποία υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση:

$$w_{ci} = 0,000046 \cdot \text{EXP}(T_c / 17) \cdot 100$$

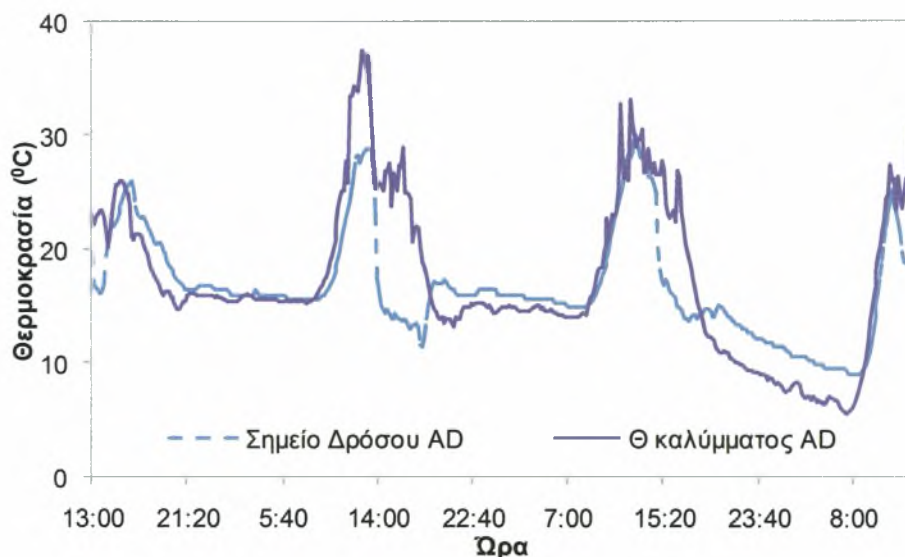


Σχήμα 3.1.5. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD+AF θερμοκήπιο από 13/10/06 έως 16/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.5, όπου απεικονίζονται η θερμοκρασία καλύμματος και η θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD+AF θερμοκήπιο, τρεις αντιπροσωπευτικές

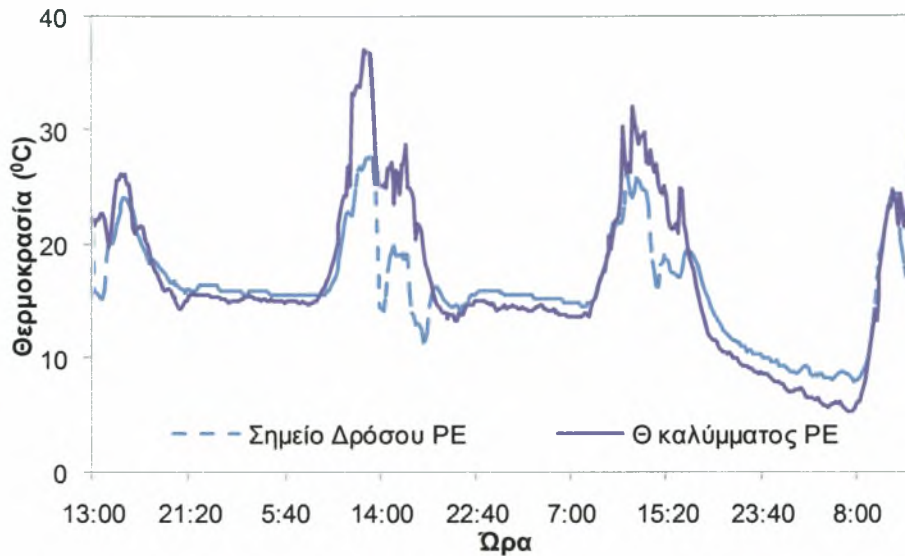


ημέρες της καλλιέργειας του αγγουριού, παρατηρείται ότι η θερμοκρασία δρόσου είναι σχεδόν όλη την περίοδο μικρότερη από τη θερμοκρασία του καλύμματος, γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι τις μέρες από 13 έως 16/10/06 σχεδόν δεν υπήρχαν υγροποιήσεις στο AD+AF υλικό κάλυψης.



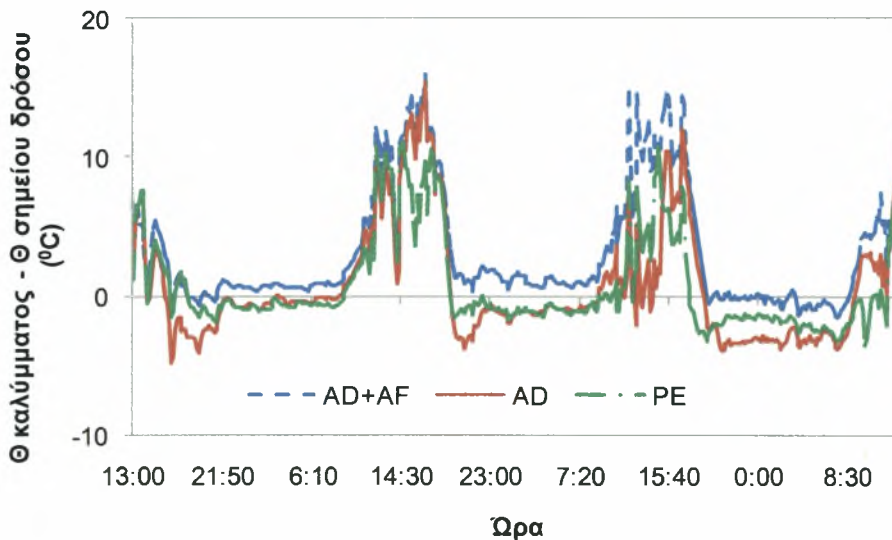
Σχήμα 3.1.6. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο από 13/10/06 έως 16/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.6 όπου απεικονίζονται η θερμοκρασία καλύμματος και η θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο, τρεις αντιπροσωπευτικές ημέρες της καλλιέργειας του αγγουριού παρατηρείται ότι ενώ τις ώρες της ημέρας η θερμοκρασία καλύμματος είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία δρόσου, τη νύχτα συμβαίνει το αντίθετο. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τις νυχτερινές ώρες συμβαίνουν υγροποιήσεις στο AD υλικό κάλυψης.



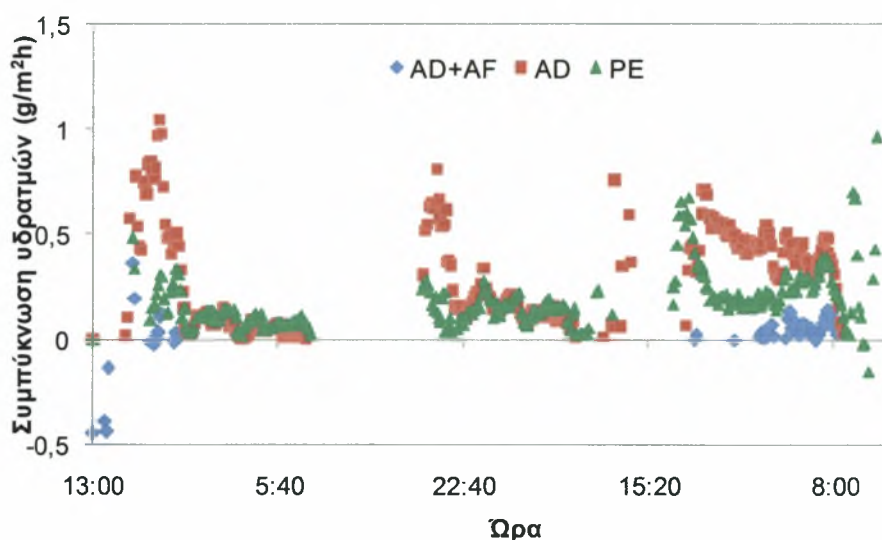
Σχήμα 3.1.7. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο PE θερμοκήπιο από 13/10/06 έως 16/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.7 παρατηρείται ότι η πορεία της θερμοκρασίας του καλύμματος και της θερμοκρασίας δρόσου του αέρα στο PE θερμοκήπιο είναι παρόμοια με την θερμοκρασίας του καλύμματος και της θερμοκρασίας δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο (Σχήμα 3.1.6). Έτσι, συνεπάγεται ότι και στο PE θερμοκήπιο από τις 13 έως τις 16/10/06 ότι τις νυχτερινές ώρες συμβαίνουν υγροποιήσεις στο PE υλικό κάλυψης.



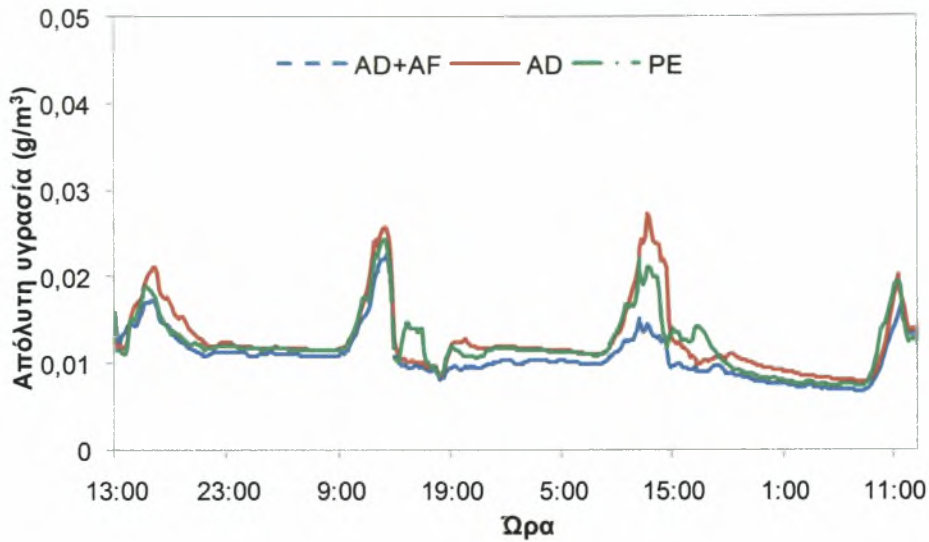
Σχήμα 3.1.8. Διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 13/10/06 έως 16/10/06.

Από το Σχήμα 3.1.8 όπου παρουσιάζεται η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 13/10/06 έως 16/10/06, παρατηρείται ότι τις μεσημβρινές ώρες η διαφορά αυτή είναι θετική και για τα τρία θερμοκήπια. Επίσης, παρατηρείται ότι τις νυχτερινές ώρες στις 13 και 14/10/06 η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στο AD+AF θερμοκήπιο είναι θετική και επομένως δεν έχουμε υγροποιήσεις στο κάλυμμα, ενώ τη νύχτα τις 15^{ης} Οκτωβρίου δημιουργούνται υγροποιήσεις στο AD+AF θερμοκήπιο. Αντίθετα, για τα άλλα δύο θερμοκήπια η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού και τις τρεις νύχτες που αναφέρονται στο Σχήμα 3.1.8 είναι αρνητική και συμβαίνουν υγροποιήσεις στα θερμοκήπια.



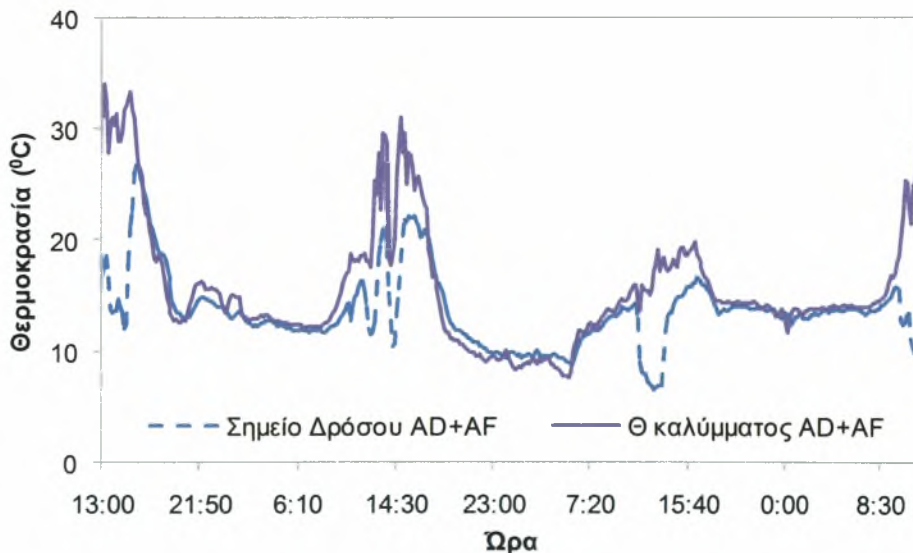
Σχήμα 3.1.9. Συμπύκνωση των υδρατμών στα τρία καλύμματα των θερμοκηπίων από 13/10/06 έως 16/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.9 φαίνεται η συμπύκνωση των υδρατμών στα τρία θερμοκήπια για τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της περιόδου. Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη συμπύκνωση υδρατμών παρατηρείται στο AD θερμοκήπιο και έπειτα το PE θερμοκήπιο, όπου δημιουργείται λίγο μικρότερη συμπύκνωση των υδρατμών. Τέλος, παρατηρείται ότι στο AD+AF θερμοκήπιο η συμπύκνωση των υδρατμών είναι ελάχιστη.



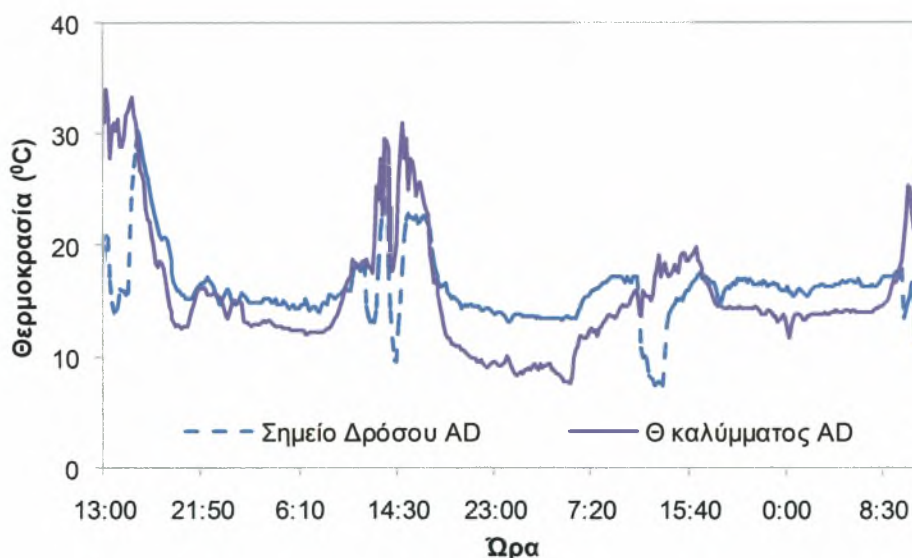
Σχήμα 3.1.10. Απόλυτη υγρασία στα τρία θερμοκήπια από 13/10/06 έως 16/10/06.

Από το Σχήμα 3.1.10 φαίνεται η απόλυτη υγρασία στα τρία θερμοκήπια από 13/10/06 έως 16/10/06 κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, όμως, στο AD θερμοκήπιο η απόλυτη υγρασία ήταν μεγαλύτερη και κυρίως τις μεσημβρινές ώρες. Στο PE θερμοκήπιο η απόλυτη υγρασία ήταν λίγο μικρότερη από αυτή στο AD θερμοκήπιο ενώ το AD+AF θερμοκήπιο είχε τη μικρότερη απόλυτη υγρασία.



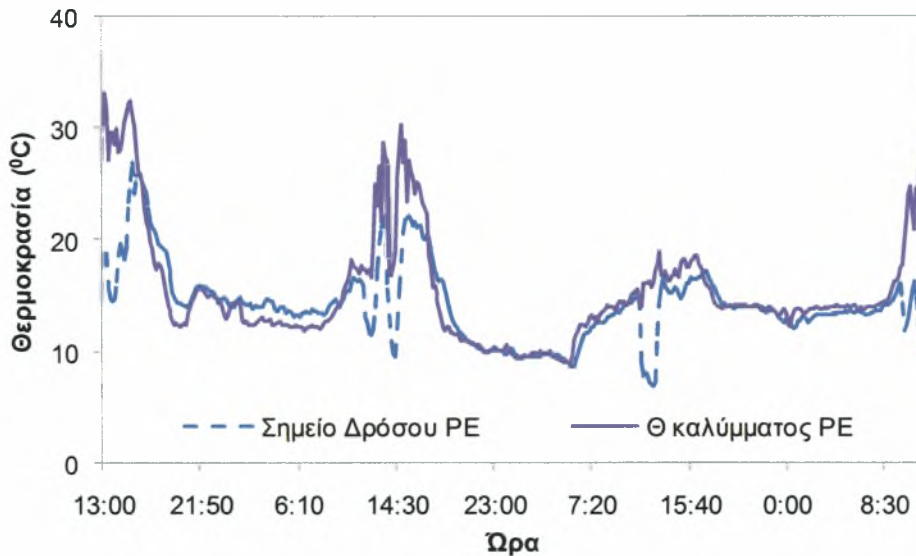
Σχήμα 3.1.11. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD+AF θερμοκήπιο από 16/10/06 έως 19/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.11 όπου απεικονίζονται η θερμοκρασία καλύμματος και η θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD+AF θερμοκήπιο, τρεις αντιπροσωπευτικές ημέρες της καλλιέργειας του αγγουριού παρατηρείται ότι η θερμοκρασία δρόσου είναι σε όλο το γράφημα μικρότερη από τη θερμοκρασία του καλύμματος με εξαίρεση τη νύχτα στις 17 Οκτωβρίου 2006, γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι τις μέρες από 16 έως 19/10/06 δεν υπήρχαν υγροποιήσεις στο AD+AF υλικό κάλυψης παρά μόνο τη νύχτα στις 17 Οκτωβρίου 2006.



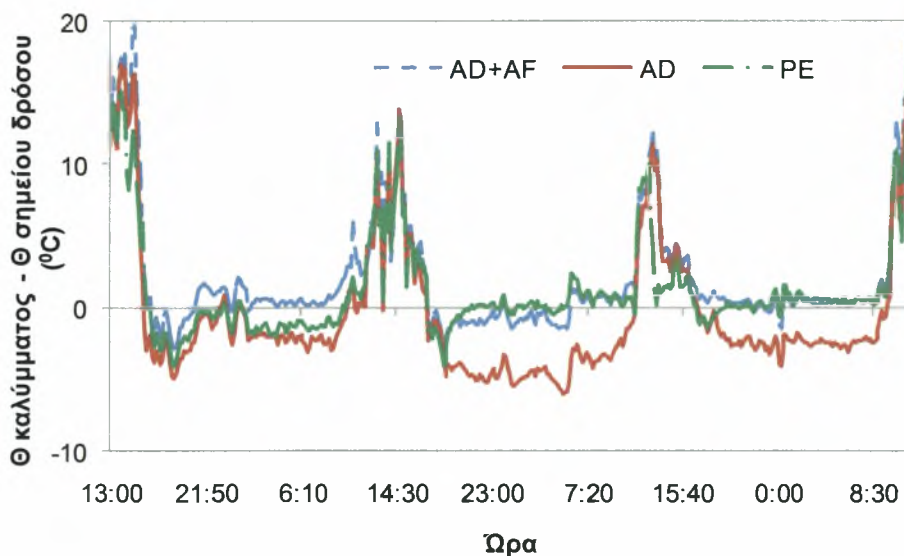
Σχήμα 3.1.12. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο από 16/10/06 έως 19/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.12 όπου απεικονίζεται η θερμοκρασία καλύμματος και η θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο, τρεις αντιπροσωπευτικές ημέρες της καλλιέργειας του αγγουριού, παρατηρείται ότι η θερμοκρασία δρόσου τις νυχτερινές ώρες είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία καλύμματος. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι τις νυχτερινές δημιουργούνται υγροποιήσεις στο κάλυμμα του AD θερμοκηπίου.



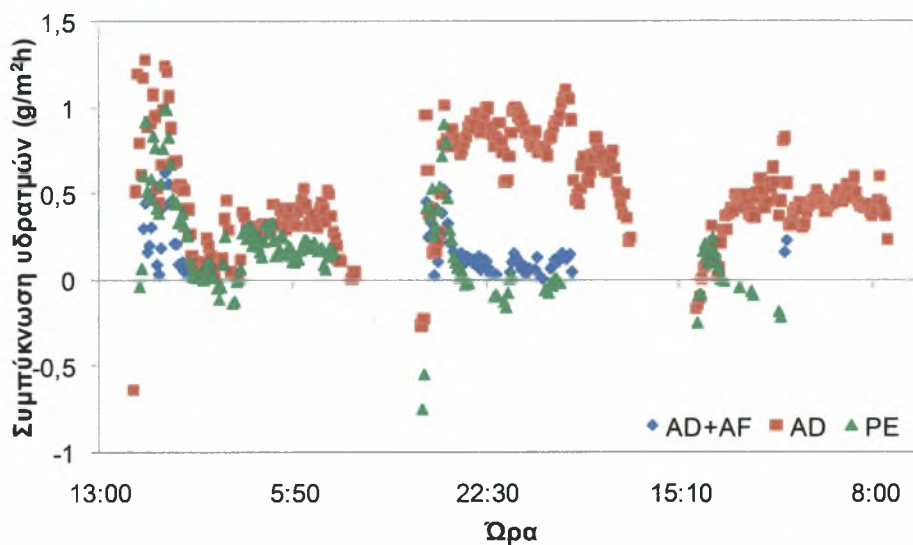
Σχήμα 3.1.13. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο PE θερμοκήπιο από 16/10/06 έως 19/10/06.

Η θερμοκρασία καλύμματος στο PE θερμοκήπιο τις ημέρες από 16 έως 19/10/06 ήταν μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία δρόσου με εξαίρεση τις απογευματινές και βραδινές ώρες της 16^{ης} Οκτωβρίου όπου η θερμοκρασία καλύμματος ήταν μικρότερη από τη θερμοκρασία δρόσου. Έτσι, κατά το τριήμερο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.13 υγροποιήσεις στο PE υλικό κάλυψης σημειώθηκαν μόνο στις 16 Οκτωβρίου 2006.



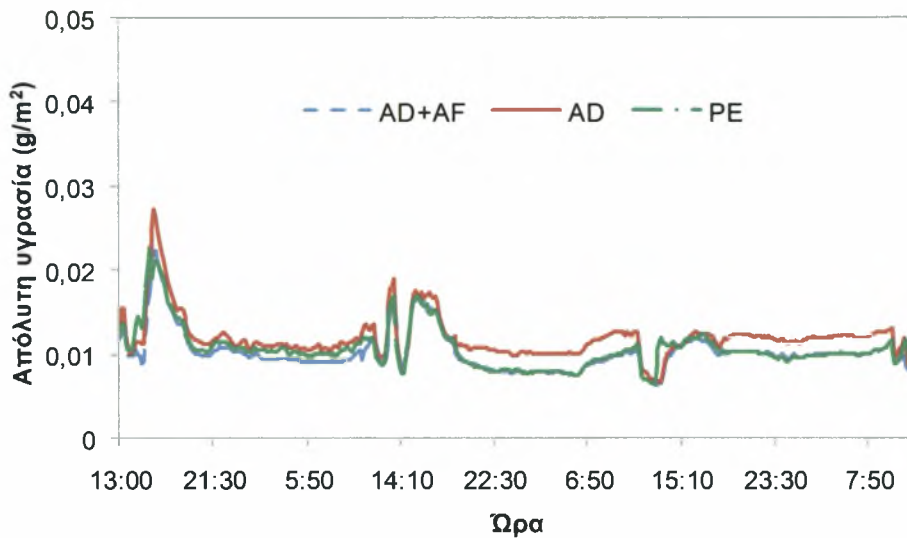
Σχήμα 3.1.14. Διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 16/10/06 έως 19/10/06.

Από το Σχήμα 3.1.14 όπου παρουσιάζεται η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 16/10/06 έως 19/10/06, παρατηρείται ότι τις μεσημβρινές ώρες η διαφορά αυτή είναι θετική και για τα τρία θερμοκήπια. Επίσης, φαίνεται ότι τις απογευματινές και τις βραδινές ώρες στο AD θερμοκήπιο η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού ήταν αρνητική, ενώ στα άλλα δύο θερμοκήπια η διαφορά αυτή ήταν παρόμοια και κοντά στο μηδέν με εξαίρεση τη νύχτα της 16^{ης} Οκτωβρίου. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το απόγευμα και τη νύχτα δημιουργούνται αρκετές υγραποιήσεις στο AD θερμοκήπιο ενώ στα άλλα δύο θερμοκήπια δημιουργούνται λιγότερες.



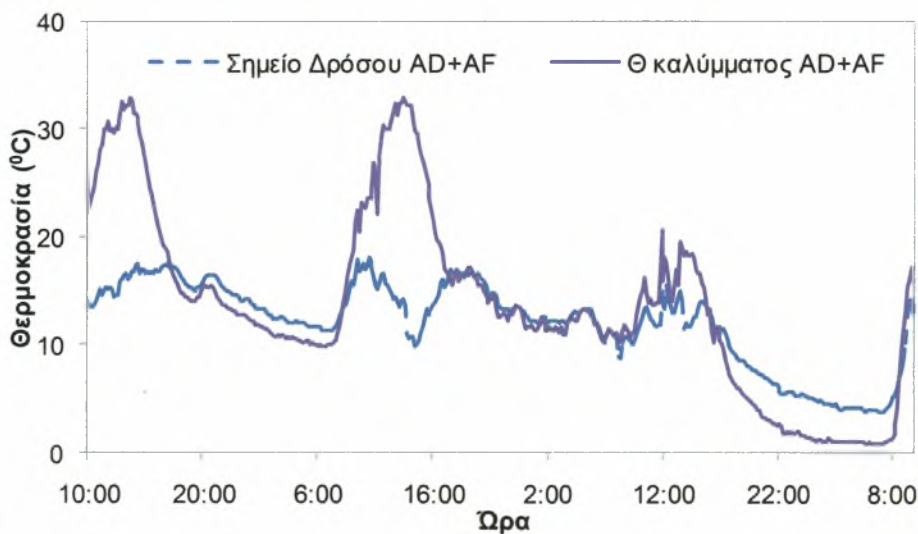
Σχήμα 3.1.15. Συμπύκνωση των υδρατμών στα τρία καλύμματα των θερμοκηπίων από 16/10/06 έως 19/10/06.

Στο Σχήμα 3.1.15 φαίνεται η συμπύκνωση των υδρατμών στα τρία θερμοκήπια για τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της περιόδου. Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη συμπύκνωση υδρατμών παρατηρείται στο AD θερμοκήπιο και τις τρεις νύχτες της περιόδου που παρουσιάζεται. Οι υγραποιήσεις στο PE θερμοκήπιο είναι λιγότερες από αυτές του AD θερμοκηπίου, ενώ στο AD+AF θερμοκήπιο είναι ελάχιστες.



Σχήμα 3.1.16. Απόλυτη υγρασία στα τρία θερμοκήπια από 16/10/06 έως 19/10/06.

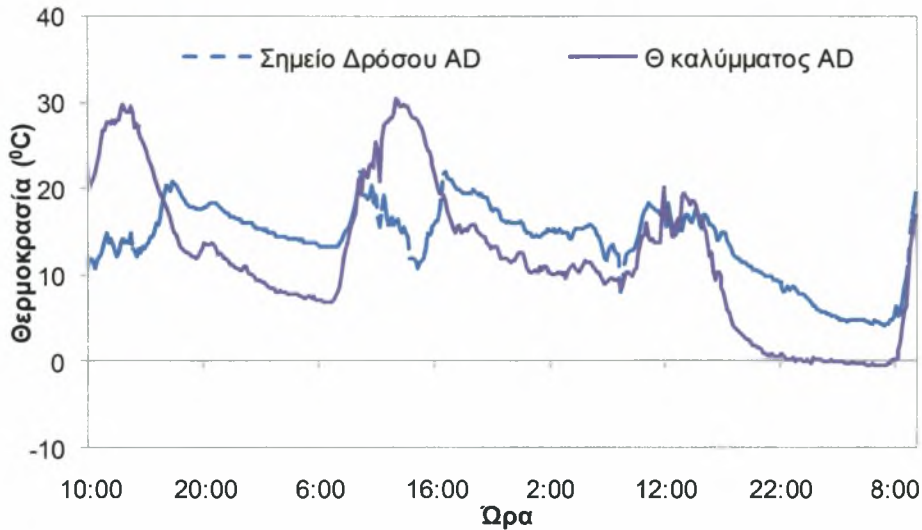
Στο Σχήμα 3.1.16 φαίνεται ότι η απόλυτη υγρασία στο AD θερμοκήπιο είναι μεγαλύτερη από αυτή στα άλλα δύο θερμοκήπια και τις τρεις ημέρες. Το AD+AF και το PE θερμοκήπιο έχουν παρόμοιες τιμές απόλυτης υγρασίας για τις ημέρες που απεικονίζονται στο Σχήμα 3.1.16.



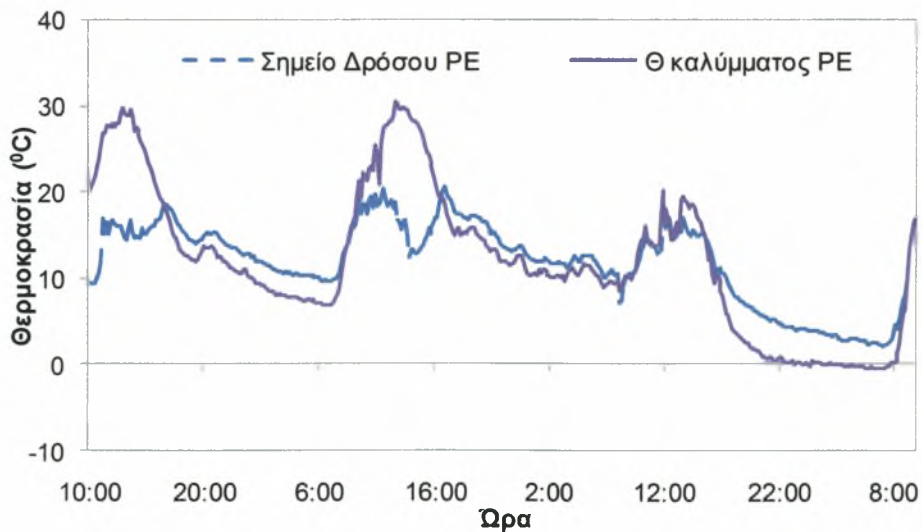
Σχήμα 3.1.17. Θερμοκρασία θαλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD+AF θερμοκήπιο από 1/11/06 έως 4/11/06.

Στα Σχήματα 3.1.17, 3.1.18 και 3.1.19 όπου παρουσιάζεται η θερμοκρασία θαλύμματος και η θερμοκρασία δρόσου του αέρα για τα AD+AF, AD και PE

θερμοκήπια, αντίστοιχα, παρατηρείται ότι τις μεσημβρινές ώρες οι θερμοκρασίες καλύμματος είναι μεγαλύτερες από τις θερμοκρασίες δρόσου για όλα τα θερμοκήπια. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι τις υπόλοιπες ώρες δημιουργούνται υγροποιήσεις και στα τρία θερμοκήπια για τις ημέρες που παρουσιάζονται στα Σχήματα 3.1.17, 3.1.18 και 3.1.19.

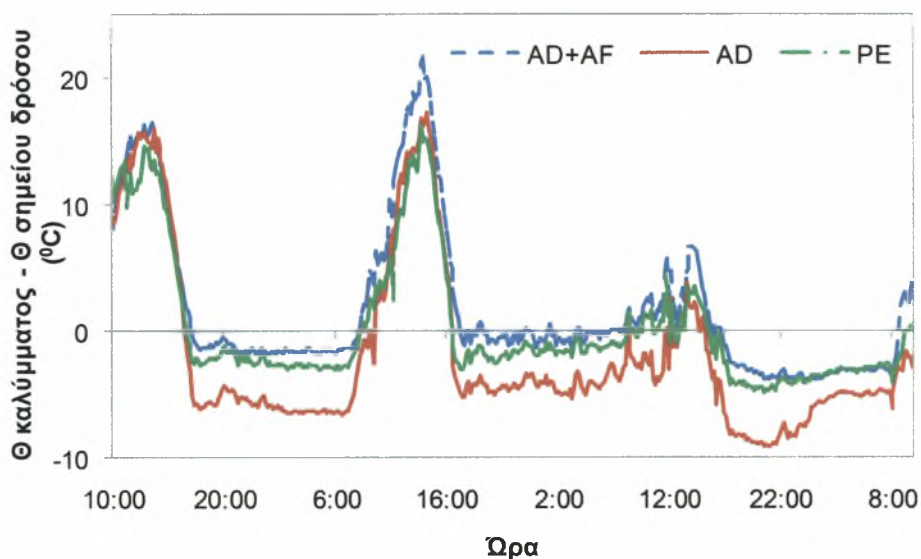


Σχήμα 3.1.18. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο AD θερμοκήπιο από 1/11/06 έως 4/11/06.



Σχήμα 3.1.19. Θερμοκρασία καλύμματος και θερμοκρασία δρόσου του αέρα στο PE θερμοκήπιο από 1/11/06 έως 4/11/06.

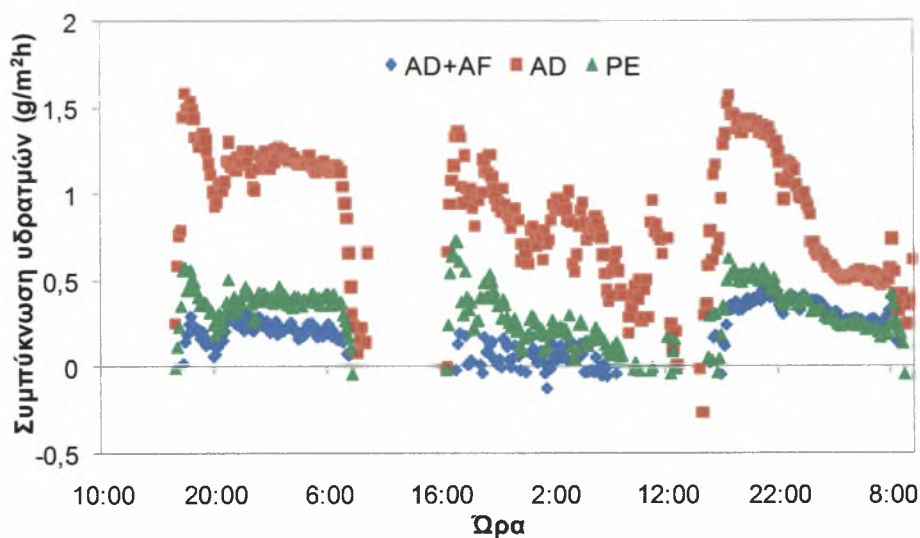
Από το Σχήμα 3.1.20 όπου παρουσιάζεται η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 1/11/06 έως 4/11/06, παρατηρείται ότι τις μεσημβρινές ώρες η διαφορά αυτή είναι θετική και για τα τρία θερμοκήπια. Επίσης, φαίνεται ότι τις απογευματινές και τις βραδινές ώρες στα τρία θερμοκήπια η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού ήταν αρνητική.



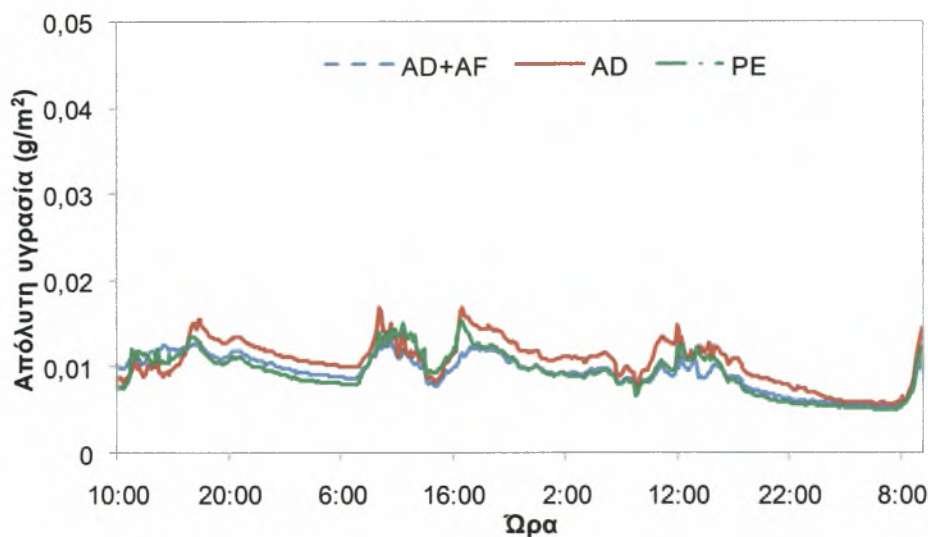
Σχήμα 3.1.20. Διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στα τρία θερμοκήπια από 1/11/06 έως 4/11/06.

Η αρνητική διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καλύμματος και της θερμοκρασίας κορεσμού στο AD θερμοκήπιο ήταν μεγαλύτερη από αυτή στο PE θερμοκήπιο και ακόμα μεγαλύτερη από αυτή στο AD+AF θερμοκήπιο, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι υγροποιήσεις στο AD θερμοκήπιο ήταν περισσότερες από αυτές στο PE θερμοκήπιο και ακόμα περισσότερες από αυτές στο AD+AF θερμοκήπιο.

Η συμπύκνωση των υδρατμών στο AD θερμοκήπιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.21, είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή στα άλλα δύο θερμοκήπια για τις ημέρες από 1 έως 4 Νοεμβρίου 2006. Στο PE θερμοκήπιο η συμπύκνωση των υδρατμών είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή στο AD+AF θερμοκήπιο για τις 1 και 2 Νοεμβρίου, ενώ για τις 3 Νοεμβρίου η συμπύκνωση των υδρατμών είναι παρόμοια και στα δύο αυτά θερμοκήπια.



Σχήμα 3.1.21. Συμπύκνωση των υδρατμών στα τρία καλύμματα των θερμοκηπίων από 1/11/06 έως 4/11/06.



Σχήμα 3.1.22. Απόλυτη υγρασία στα τρία θερμοκήπια από 1/11/06 έως 4/11/06.

Στο Σχήμα 3.1.22 φαίνεται ότι η απόλυτη υγρασία στο AD θερμοκήπιο είναι μεγαλύτερη από αυτή στα άλλα δύο θερμοκήπια και τις τρεις ημέρες. Το AD+AF και το PE θερμοκήπιο έχουν παρόμοιες τιμές απόλυτης υγρασίας για τις ημέρες που απεικονίζονται στο Σχήμα 3.1.22.

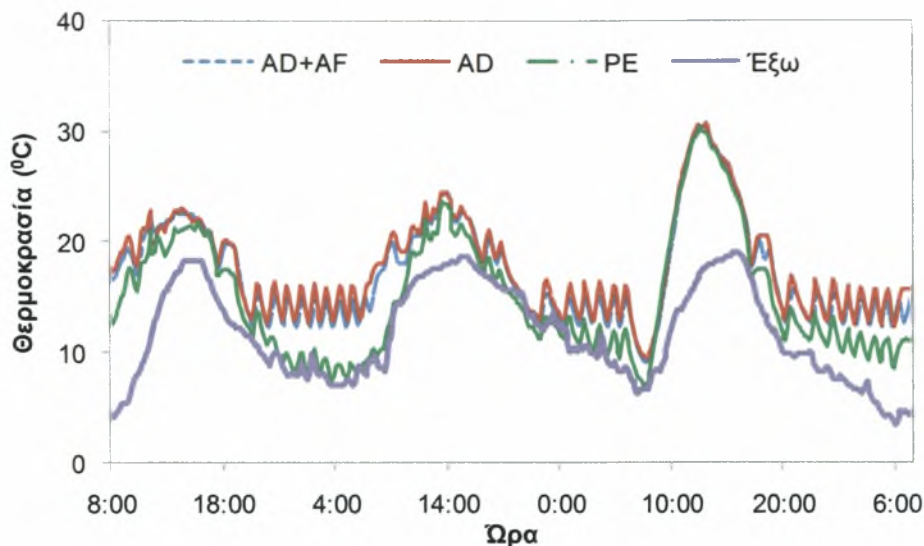
3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΓΩΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

Από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας κατά την περίοδο καλλιέργειας τομάτας παρατηρείται από τον Πίνακα 3.2.1 ότι οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας, τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, στα τρία θερμοκήπια δε διέφεραν πολύ μεταξύ τους. Παρ' όλα αυτά το ΡΕ θερμοκήπιο εμφάνισε τη χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τα θερμοκήπια τα οποία ήταν καλυμμένα με τα αντισταγονικά υλικά κάλυψης, ενώ στο ΑΔ θερμοκήπιο καταγράφηκε η μεγαλύτερη μέση τιμή της θερμοκρασίας.

Πίνακας 3.2.1. Μέσες τιμές θερμοκρασίας εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια τομάτας.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Ωρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	18,8	19,4	18,0	11,1
	17:00-8:00	11,4	12,3	9,8	6,6
	24ωρο	14,2	15,0	12,9	8,3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	19,1	19,3	18,7	8,7
	17:00-8:00	15,5	15,8	14,7	6,6
	24ωρο	16,9	17,1	16,2	7,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	8:00-17:00	21,5	21,5	21,4	14,2
	17:00-8:00	15,8	15,8	16,2	10,0
	24ωρο	17,9	17,9	18,1	11,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8:00-17:00	22,1	22,9	22,4	15,9
	17:00-8:00	15,3	16,0	15,5	11,0
	24ωρο	17,7	18,5	18,0	12,7

Στο Σχήμα 3.2.1 όπου παρουσιάζονται τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου της τομάτας, φαίνεται ότι στα τρία θερμοκήπια η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα ήταν παρόμοια και υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία που επικρατούσε στην περιοχή τις ώρες της ημέρας, ενώ τη νύχτα η θερμοκρασία στο ΡΕ θερμοκήπιο ήταν μικρότερη από αυτή στα δύο άλλα θερμοκήπια.



Σχήμα 3.2.1. Πορεία της θερμοκρασίας του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 18/01/07 έως 21/01/07.

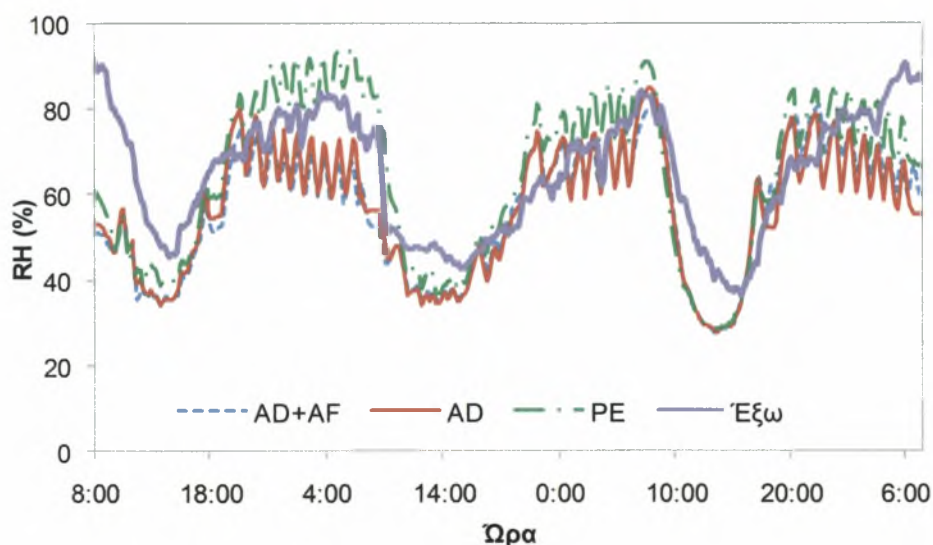
Πίνακας 3.2.2. Μέσες τιμές υγρασίας εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια τομάτας.

ΥΓΡΑΣΙΑ	Ωρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	45,0	44,8	47,2	63,2
	17:00-8:00	66,1	66,2	73,0	79,0
	24ωρο	58,2	58,2	63,3	73,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	64,3	66,3	63,5	96,6
	17:00-8:00	68,0	62,6	68,5	99,8
	24ωρο	66,6	64,0	66,6	98,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	8:00-17:00	67,7	75,6	64,1	70,1
	17:00-8:00	72,7	81,6	71,1	86,5
	24ωρο	70,8	79,3	68,5	80,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8:00-17:00	57,3	61,2	58,5	68,4
	17:00-8:00	75,1	81,2	81,5	85,8
	24ωρο	68,7	74,1	73,2	79,7

Στον Πίνακα 3.2.2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές σχετικής υγρασίας εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια τομάτας, απ' όπου παρατηρείται ότι τον Ιανουάριο η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος ήταν 73,2%. Επίσης, παρατηρείται ότι και την ημέρα και τη νύχτα οι τιμές της σχετικής υγρασίας στα θερμοκήπια με τα αντισταγονικά υλικά κάλυψης ήταν σχεδόν ίδια και χαμηλότερη από αυτήν στο μάρτυρα (PE θερμοκήπιο). Το Φεβρουάριο συμπεραίνεται, από τον Πίνακα 3.2.2, ότι τα θερμοκήπια AD+AF και PE είχαν παρόμοια μέση σχετική

υγρασία (66,6%) η οποία όμως ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτήν που επικρατούσε στο AD θερμοκήπιο (64%).

Στο Σχήμα 3.2.2 όπου παρουσιάζεται η πορεία της σχετικής υγρασίας του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου τομάτας, φαίνεται ότι η σχετική υγρασία του αέρα στα θερμοκήπια AD+AF και AD κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ η σχετική υγρασία στο PE θερμοκήπιο διατηρούνταν σε πολύ υψηλά επίπεδα (~ 90%) τις ώρες που τα παράθυρα του θερμοκηπίου ήταν κλειστά. Η σχετική υγρασία φαίνεται ότι μειώνονταν κατά τις μεσημεριανές ώρες, όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ξεπερνούσε τους 23 °C, θερμοκρασία πάνω από την οποία γινόταν αερισμός του θερμοκηπίου.



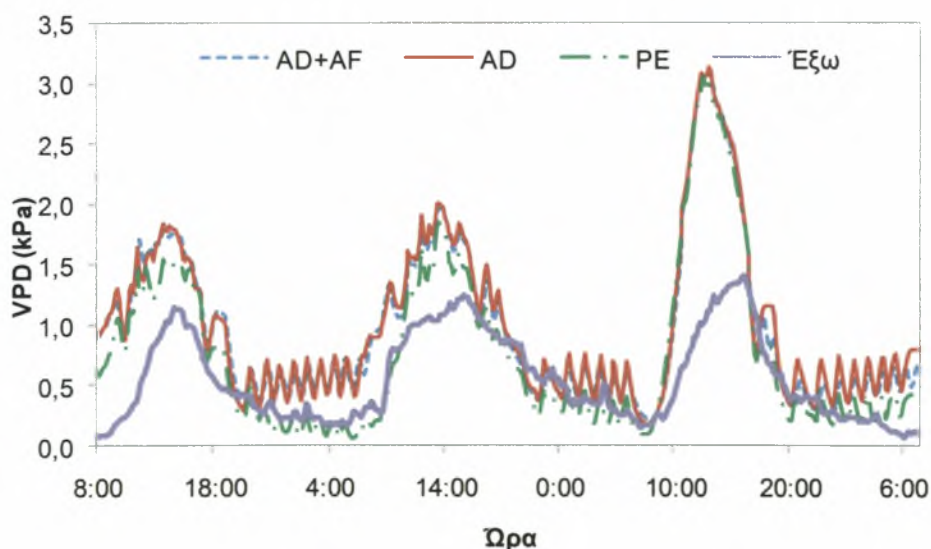
Σχήμα 3.2.2. Πορεία της σχετικής υγρασίας του αέρα (RH) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 18/01/07 έως 21/01/07.

Το Μάρτιο όπου η εξωτερική σχετική υγρασία ήταν 80,4%, το AD θερμοκήπιο παρουσίασε τη μεγαλύτερη σχετική υγρασία (79,3%) από τα τρία θερμοκήπια, ενώ τα άλλα δύο θερμοκήπια κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα. Τον Απρίλιο από τον Πίνακα 3.2.2 παρατηρείται ότι τα θερμοκήπια AD και PE βρίσκονταν στα ίδια επίπεδα σχετικής υγρασίας, ενώ στο θερμοκήπιο με το AD+AF κάλυμμα η σχετική υγρασία ήταν μικρότερη (68,7%).

Πίνακας 3.2.3. Μέσες τιμές ελλείμματος κορεσμού υδρατμών (VPD) εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια τομάτας.

VPD	Ώρα	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	1,3	1,4	1,2	0,6
	17:00-8:00	0,5	0,5	0,4	0,3
	24ωρο	0,8	0,8	0,7	0,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	8:00-17:00	0,8	0,8	0,8	0,1
	17:00-8:00	0,6	0,7	0,6	0,0
	24ωρο	0,7	0,7	0,7	0,0
ΜΑΡΤΙΟΣ	8:00-17:00	0,9	0,7	1,0	0,6
	17:00-8:00	0,6	0,5	0,6	0,2
	24ωρο	0,7	0,5	0,7	0,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	8:00-17:00	1,3	1,2	1,3	0,7
	17:00-8:00	0,5	0,4	0,4	0,3
	24ωρο	0,8	0,7	0,7	0,4

Ο Πίνακας 3.2.3 παρουσιάζει τις μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού των υδρατμών εντός και εκτός των θερμοκηπίων κατά την καλλιέργεια τομάτας. Έτσι, παρατηρείται ότι τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Απρίλιο το έλλειμμα κορεσμού των υδρατμών βρίσκονταν στα ίδια επίπεδα και στα τρία θερμοκήπια. Τον Μάρτιο παρουσιάζεται μια μικρή διαφοροποίηση όπου το AD θερμοκήπιο έχει μικρότερο έλλειμμα κορεσμού (0,5 kPa) σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια (0,7 kPa).



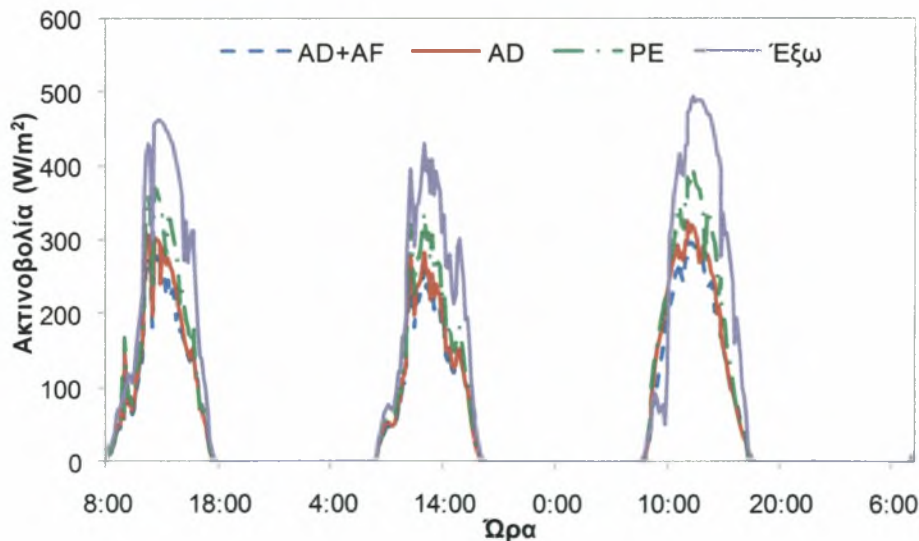
Σχήμα 3.2.3 Έλλειμμα κορεσμού του αέρα (VPD) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 18/01/07 έως 21/01/07.

Από το Σχήμα 3.2.3 όπου παρουσιάζεται το έλλειμμα κορεσμού του αέρα εντός και εκτός των θερμοκηπίων τρεις χαρακτηριστικές ημέρες της καλλιεργητικής περιόδου της τομάτας, παρατηρείται ότι το έλλειμμα κορεσμού του αέρα (VPD) στα θερμοκήπια AD+AF και AD κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα, ενώ στο PE θερμοκήπιο διατηρούνταν σε χαμηλότερα επίπεδα κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες.

Από τον Πίνακα 3.2.4 όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την καλλιέργεια τομάτας, παρατηρείται ότι καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο στο PE θερμοκήπιο εισέρχονταν το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια, ενώ το μικρότερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας εισέρχονταν στο θερμοκήπιο AD+AF.

Πίνακας 3.2.4. Μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) εντός και εκτός των θερμοκηπίων από τις 8:00 έως τις 17:00 κατά την καλλιέργεια τομάτας.

Ηλ. Ακτινοβολία	AD+AF	AD	PE	Έξω
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	205,65	228,94	264,65	343,02
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	140,23	153,33	177,25	229,74
ΜΑΡΤΙΟΣ	219,86	244,51	282,64	366,35
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	319,75	349,48	403,99	523,64



Σχήμα 3.2.4. Ηλιακή ακτινοβολία εντός και εκτός των θερμοκηπίων από 18/01/07 έως 21/01/07.

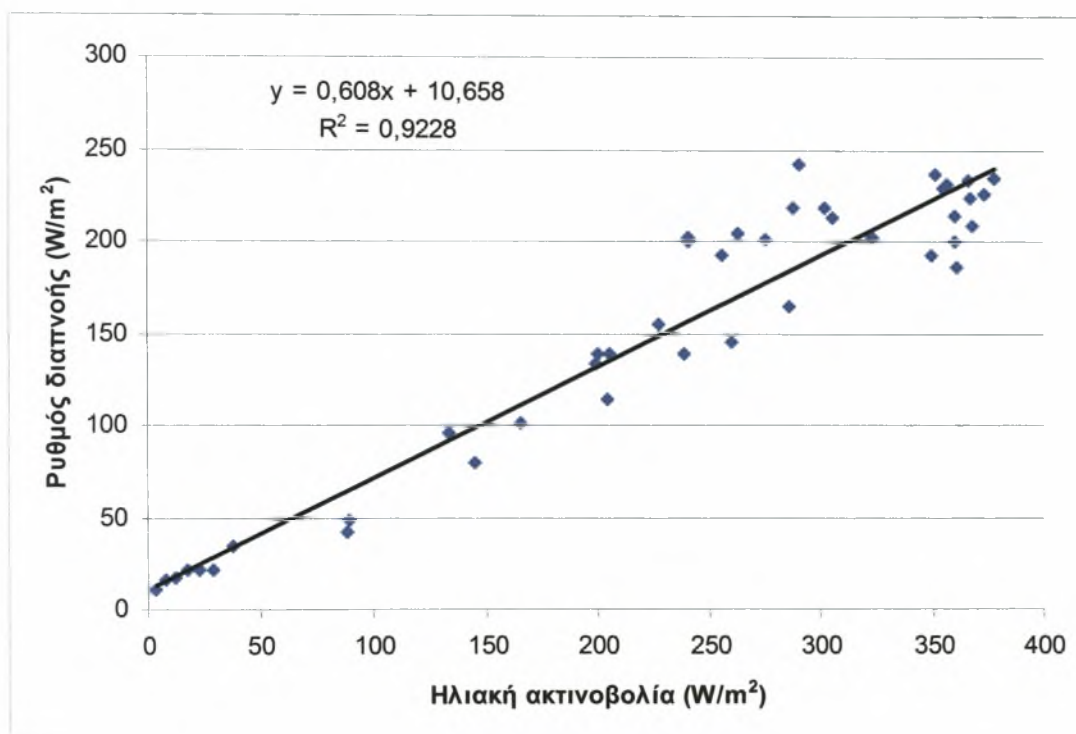
Στο Σχήμα 3.2.4 όπου παρουσιάζεται η ακτινοβολία εντός και εκτός των θερμοκηπίων από τη 18 έως τις 21/01/07, παρατηρείται ότι η εισερχόμενη

ακτινοβολία στο PE θερμοκήπιο είναι μεγαλύτερη από αυτήν στα άλλα δύο θερμοκήπια. Στα θερμοκήπια με τα αντισταγονικά υλικά κάλυψης παρατηρείται ότι η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου της τομάτας δεν υπήρχαν υγροποιήσεις στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων και για το λόγο αυτό δεν αναφέρονται σχετικά αποτελέσματα.

3.3. ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΠΝΟΗΣ, ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της ηλιακής ακτινοβολίας με την διαπνοή της καλλιέργειας αγγουριού κατά τον μήνα Οκτώβριο και κατά το διάστημα 8.00πμ. έως 16.00μμ. Κατά την περίοδο αυτή οι μετρήσεις διαπνοής γίνονταν στο AD+AF.



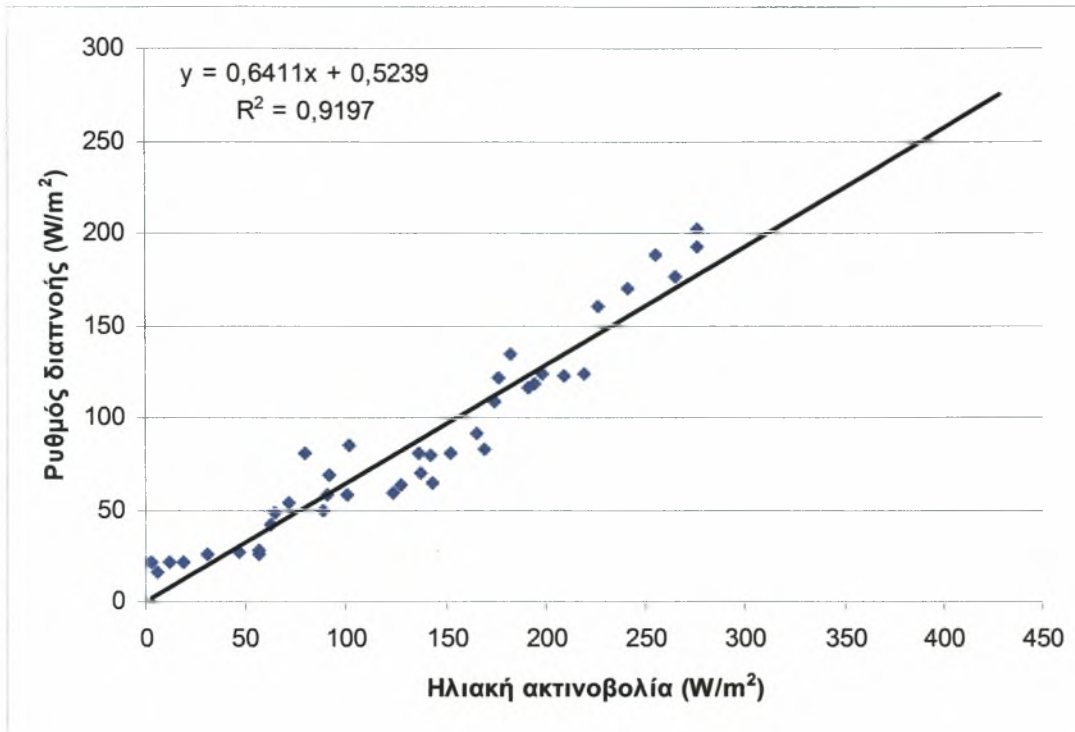
Σχήμα 3.3.1 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 23 Οκτωβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Παρατηρούμε στο σχήμα 3.3.1 ότι το 60% περίπου της ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 (συντελεστής προσδιορισμού) είναι ίσο με 0.9. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι $385 W/m^2$ ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι $240 W/m^2$. Με τη βοήθεια των δεδομένων βαθμονομούμε τη σχέση $TR = \alpha \cdot Rg + \beta$, όπου

TR: ρυθμός διαπνοής

Rg: ηλιακή ακτινοβολία

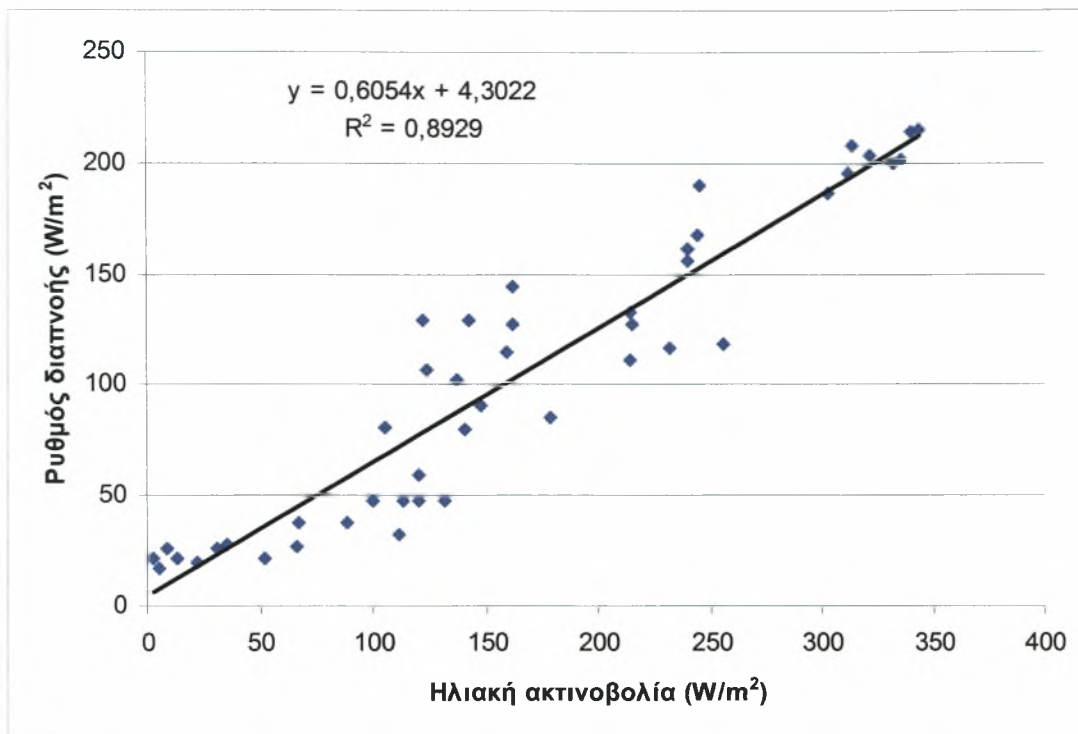
α και β σταθερές.



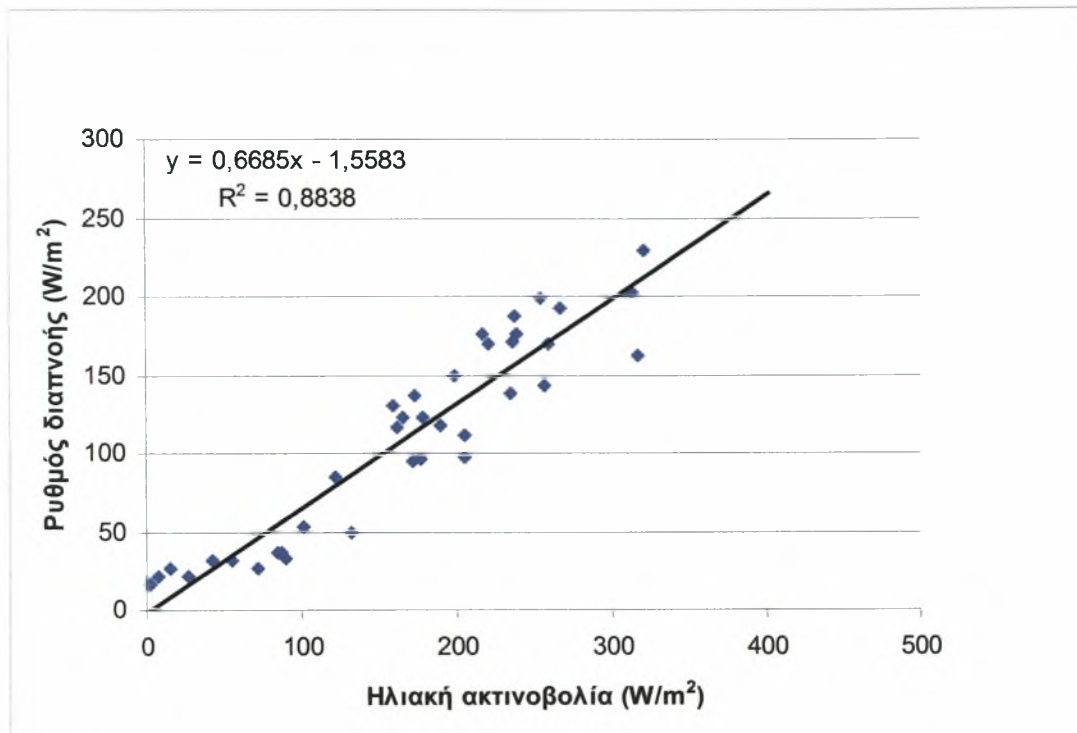
Σχήμα 3.3.2 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 24 Οκτωβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Στο σχήμα 3.3.2 παρατηρούμε ότι το 60% της ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.9. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 275 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι 201 W/m^2 .

Σχήμα 3.3.3 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 27 Οκτωβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.



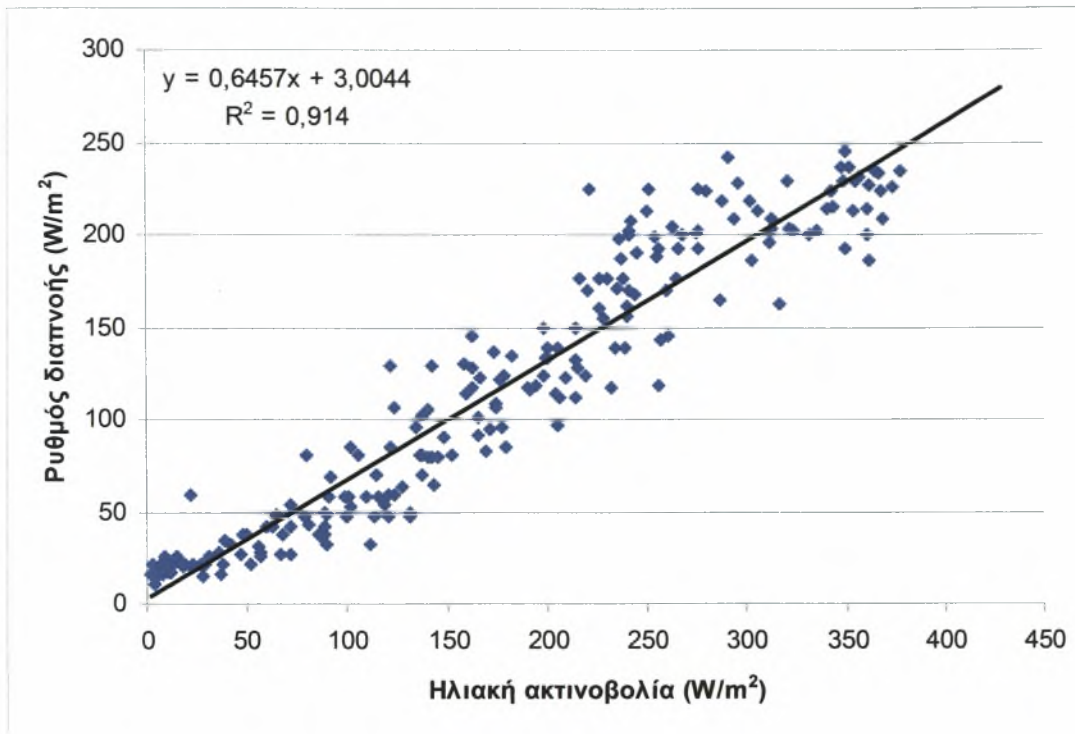
Στο σχήμα 3.3.3 παρατηρούμε ότι το 60% της ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.9 περίπου. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι 350 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι 214 W/m^2 .



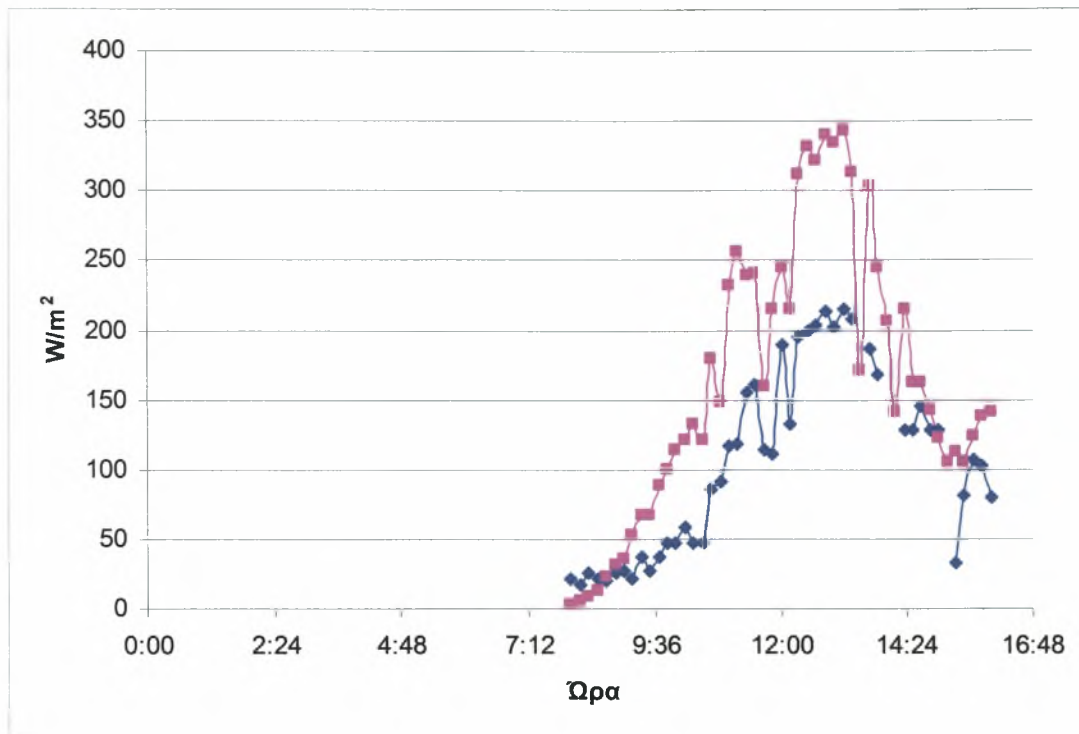
Σχήμα 3.3.4 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 27 Οκτωβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Στο σχήμα 3.3.4 παρατηρούμε ότι το 66% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο περίπου με 0.9. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι 360 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι 229 W/m^2 .

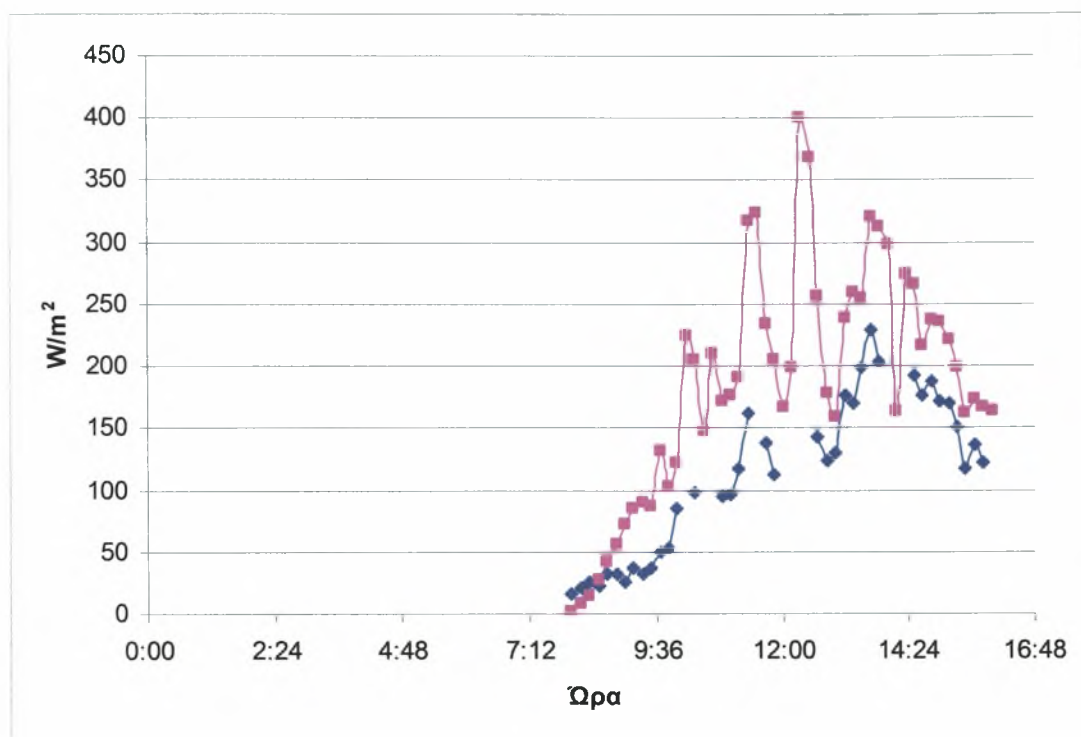
Παρατηρούμε ότι και στις τέσσερις μέρες και κατά τα ίδια χρονικά διαστήματα (8.00πμ-16.00μμ) το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας αντιστοιχεί στο 60% περίπου. Ο μέσος όρος της ηλιακής ενέργειας που χρειάστηκε για να γίνει διαπνοή κατά τον μήνα Οκτώβριο είναι 370 W/m^2 .



Σχήμα 3.3.5 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής τις μέρες 23, 24, 25, 27, 29 Οκτωβρίου 2006 από τις 8.00πμ έως 16.00μμ.



Σχήμα 3.3.6 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 27/10/06.



Σχήμα 3.3.7 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 29/10/06.

Από το σχήμα 3.3.6 συμπεραίνουμε ότι ή διαπνοή είναι το μισό της ηλιακής ενέργειας. Η μέτρηση της διαπνοής γινόταν ανά δεκάλεπτο και πάνω στον ζυγό είχαν τοποθετηθεί δύο φυτά.

		Τυπικό σφάλμα	P
α	0,42580158	0,021172326	5,73E-42
β	10,5110574	3,86689857	0,007394

Πίνακας 3.3.1 Αποτελέσματα βαθμονόμησης της σχέσης $\Delta TR = \alpha \cdot R + \beta \cdot VPD$ κατά την 23/10/06.

Το R^2 είναι ο συντελεστής προσδιορισμού και είναι ίσο με 0,92 όπου αυτό σημαίνει ότι το 92% της παραλλακτικότητας της διαπνοής εξηγείται από την ακτινοβολία. Η σχέση που εξηγεί τον παραπάνω πίνακα είναι $\Delta TR = \alpha \cdot R + \beta \cdot VPD$

Όπου :

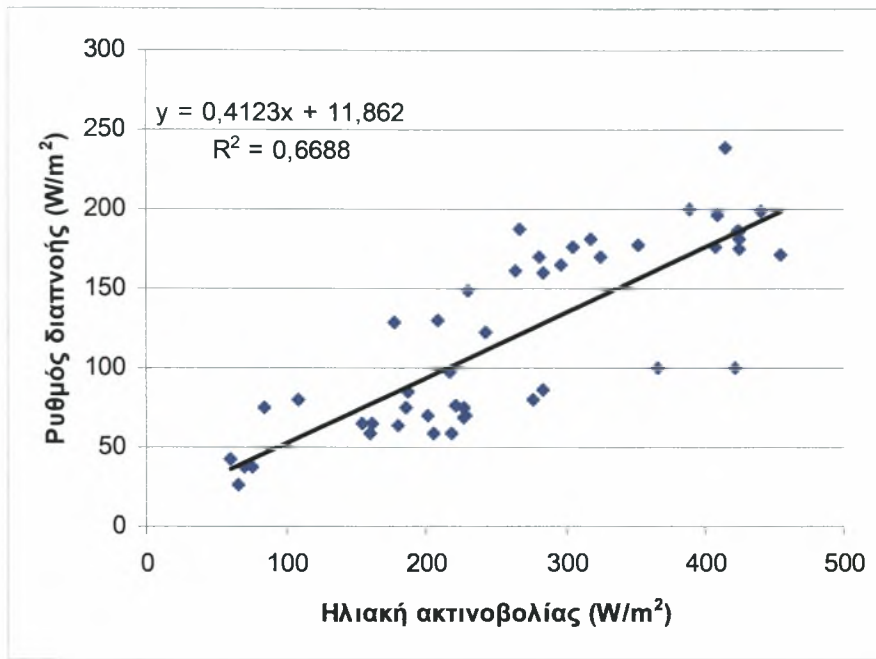
ΔTR : εξατμησιοδιαπνοή

α και β σταθερές

VPD: έλλειμα κορεσμού του αέρα.

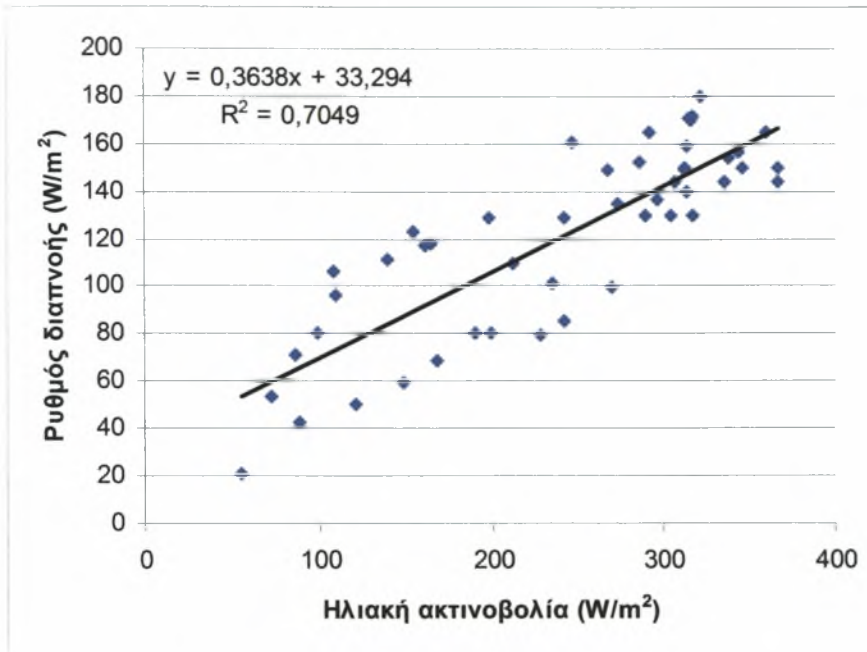
Στον πίνακα 3.3.1 το P μας δείχνει την πιθανότητα του να είναι τυχαία η όχι η επίδραση. Το P είναι μικρότερο του 0,05 άρα η ακτινοβολία είναι σημαντική για την διαπνοή.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της ηλιακής ακτινοβολίας με τη διαπνοή της καλλιέργειας αγγουριού κατά τον μήνα Νοέμβριο και κατά το διάστημα 8.00πμ. έως 16.00μμ. Για τον μήνα Νοέμβριο το όργανο με το οποίο μετρούσαμε τη διαπνοή τοποθετήθηκε στο AD θερμοκήπιο.



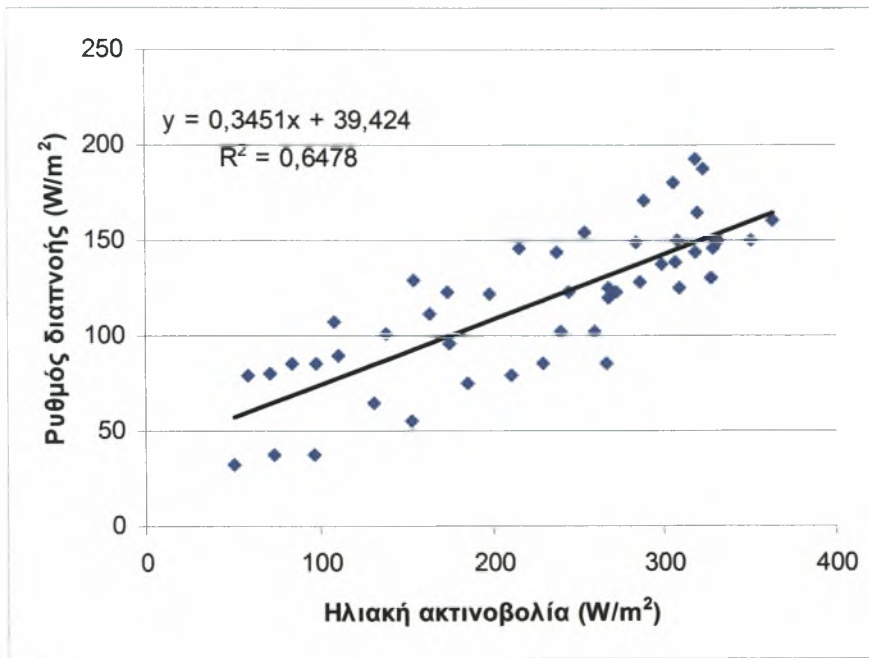
Σχήμα 3.3.8 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 5/11/06 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Στο σχήμα 3.4.3.8 παρατηρούμε ότι το 40% της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.66. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 454 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι 240 W/m^2 .



Σχήμα 3.3.9 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 15/11/06 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

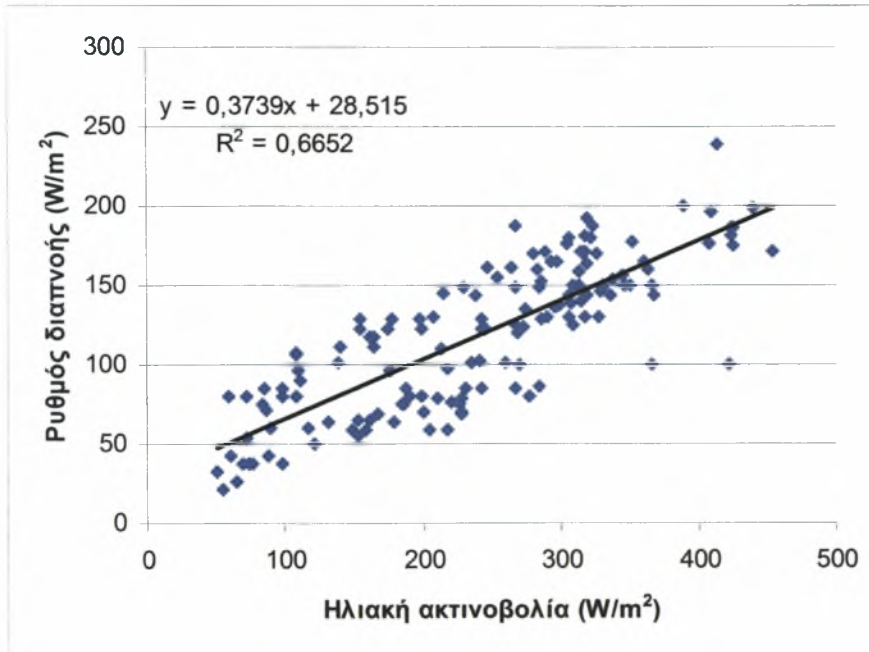
Στο σχήμα 3.3.9 παρατηρούμε ότι το 40% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.7. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 365 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο με 180 W/m^2 .



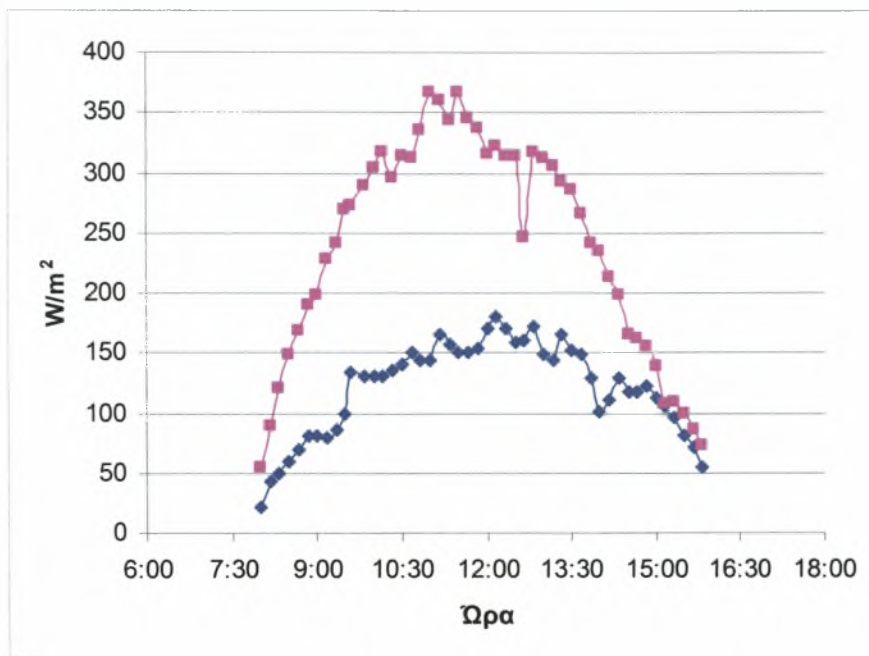
Σχήμα 3.3.10 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 16/11/06 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Στο σχήμα 3.3.10 παρατηρούμε ότι το 35% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.65. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 362 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο με 187 W/m^2 .

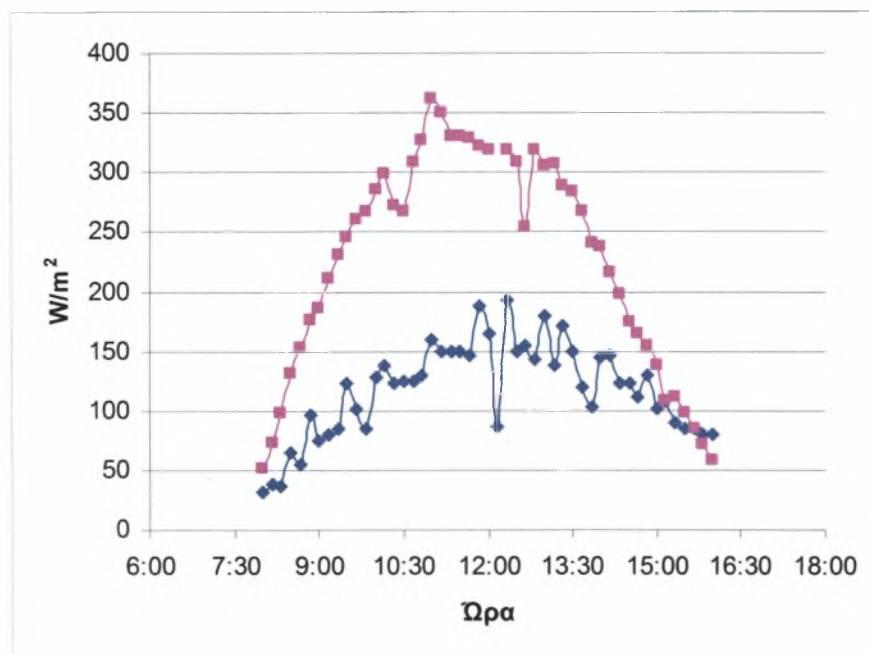
Παρατηρούμε ότι και στις τρεις μέρες και κατά τα ίδια χρονικά διαστήματα (8.00πμ-16.00μμ) το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας αντιστοιχεί στο 40% περίπου. Ο μέσος όρος της ηλιακής ενέργειας που χρειάστηκε για να γίνει διαπνοή κατά τον μήνα Νοέμβριο είναι 394 W/m^2 .



Σχήμα 3.3.11 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής τις μέρες 5,15 και 16 Νοεμβρίου 2006 από τις 8.00πμ έως 16.00μμ.



Σχήμα 3.3.12 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 15/11/06.



Σχήμα 3.3.13 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 16/11/06.

Από τα διαγράμματα 3.3.12 και 3.3.13 προκύπτει ότι η διαπνοή είναι το μισό της ηλιακής ενέργειας. Η απότομη πτώση της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν αποτέλεσμα συννεφιάς που προκάλεσε και την αντίστοιχη πτώση της διαπνοής.

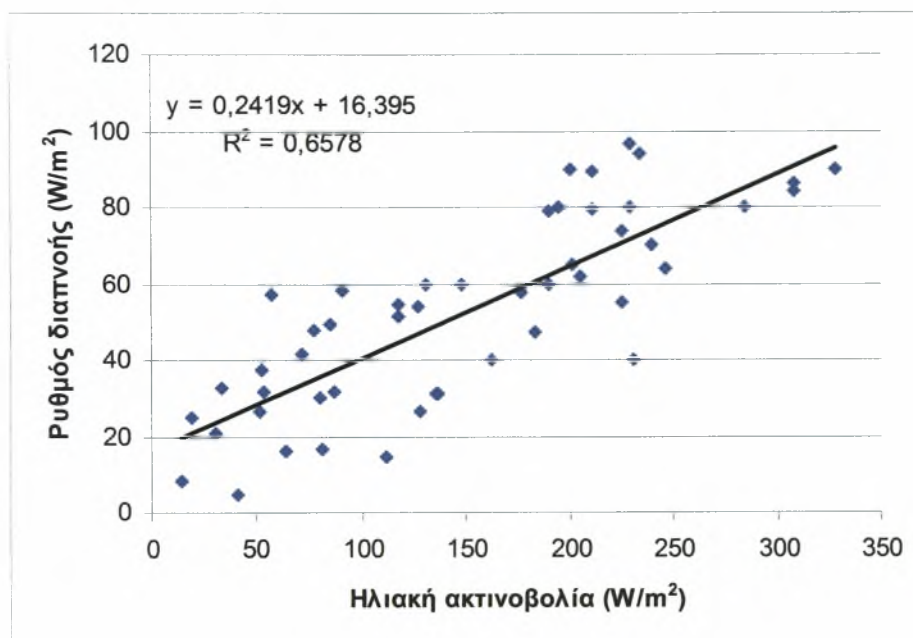
		Τυπικό σφάλμα	P
α	0,244798	0,01148	4,19 E-46
β	30,66293	1,79359	2,76 E-36

Πίνακας 3.3.2 Αποτελέσματα βαθμονόμησης της σχέσης $\Delta TR = \alpha \cdot R + \beta \cdot VPD$ κατά την 5/11/06.

Το R^2 είναι ίσο με 0.37 που σημαίνει ότι το 37% της παραλλακτικότητας της διαπνοής εξηγείται από την ακτινοβολία.

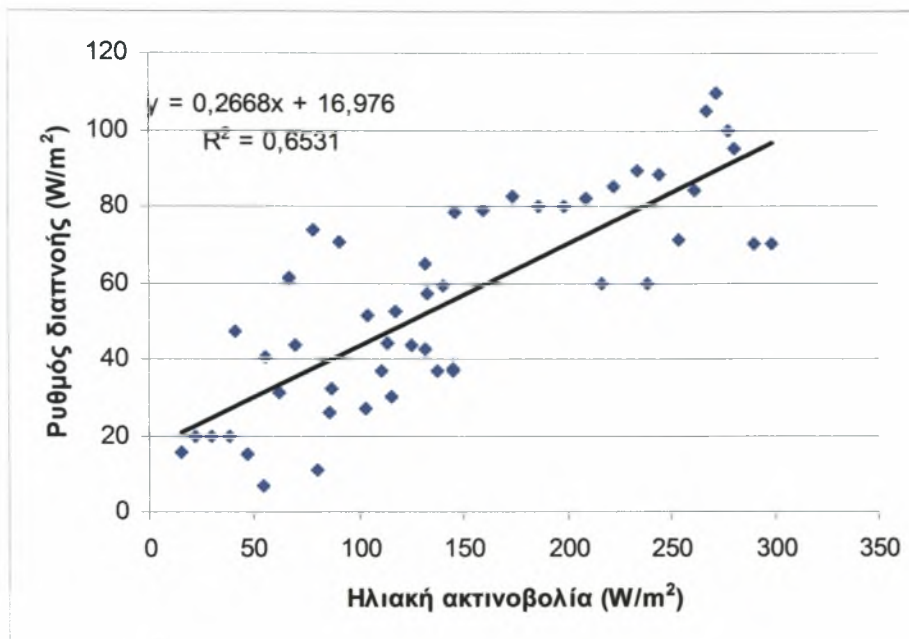
Στον πίνακα 4.3.2 το P μας δείχνει την πιθανότητα του να είναι τυχαία η όχι η επίδραση. Το P είναι μικρότερο του 0,05 άρα η ακτινοβολία είναι σημαντική για την διαπνοή.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της ηλιακής ακτινοβολίας με την διαπνοή της καλλιέργειας αγγουριού κατά τον μήνα Δεκέμβριο και κατά το διάστημα 8.00πμ. έως 16.00μμ. Κατά τον μήνα Δεκέμβριο οι μετρήσεις διαπνοής γίνονταν στο AD θερμοκήπιο.



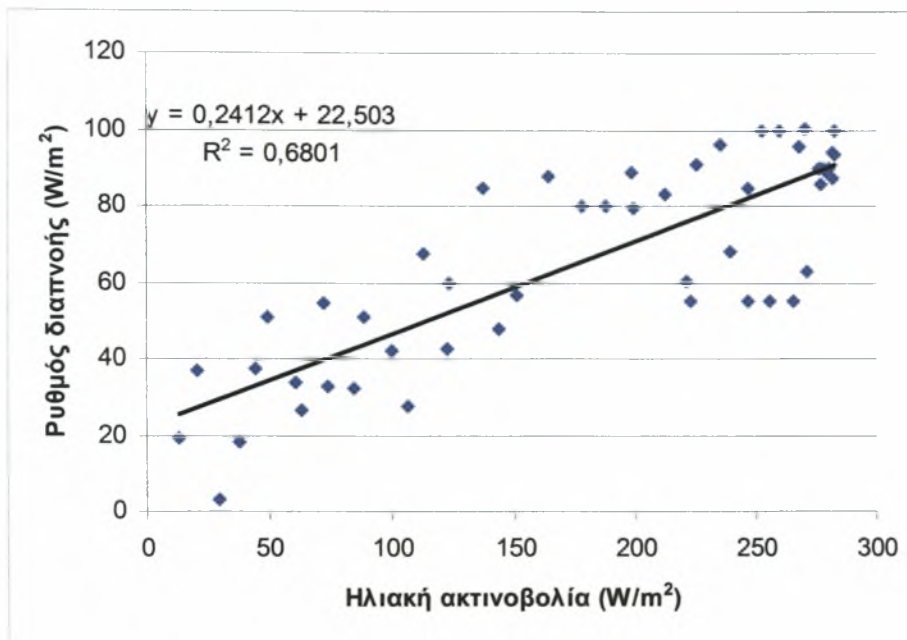
Σχήμα 3.3.14 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 3 Δεκεμβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Στο σχήμα 3.3.14 παρατηρούμε ότι το 24% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή. Το R^2 είναι ίσο με 0.66. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 327 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο με 96 W/m^2 .



Σχήμα 3.3.15 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 4 Δεκεμβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

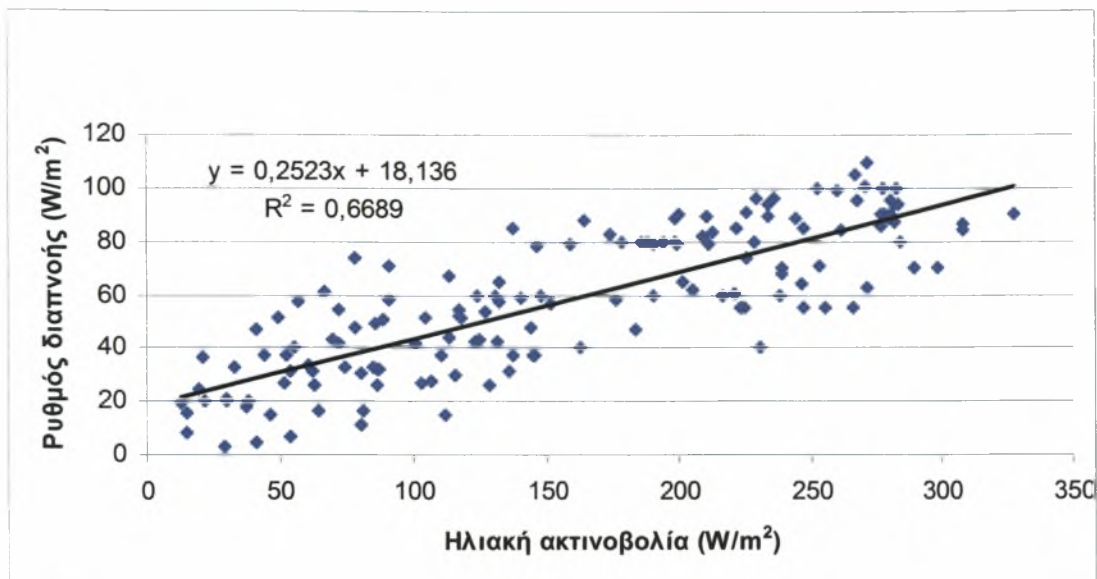
Παρατηρούμε ότι το 26% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή. Το R^2 είναι ίσο με 0.65. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 298 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο με 115 W/m^2 .



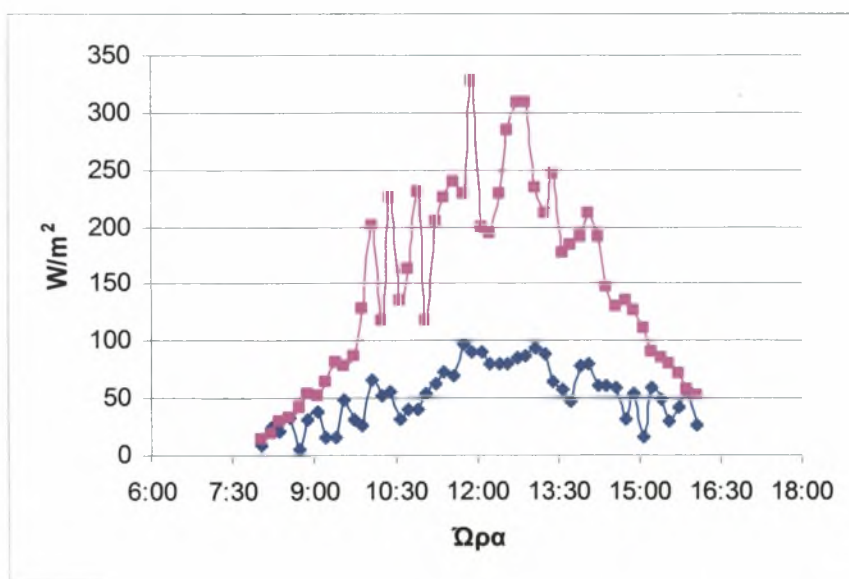
Πίνακας 3.3.16 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 6 Δεκεμβρίου 2006 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Παρατηρούμε ότι το 24% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.68. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 282 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο με 100 W/m^2 .

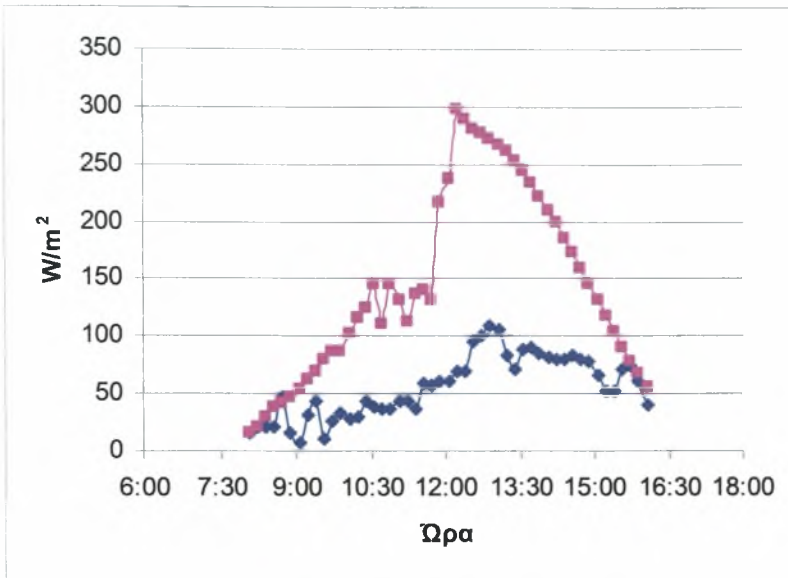
Παρατηρούμε ότι και στις τρεις μέρες και κατά τα ίδια χρονικά διαστήματα (8.00πμ-16.00μμ) το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή αντιστοιχεί στο 24% περίπου. Ο μέσος όρος της ηλιακής ενέργειας που χρειάστηκε για να γίνει διαπνοή κατά τον μήνα Δεκέμβριο είναι 320 W/m^2 περίπου.



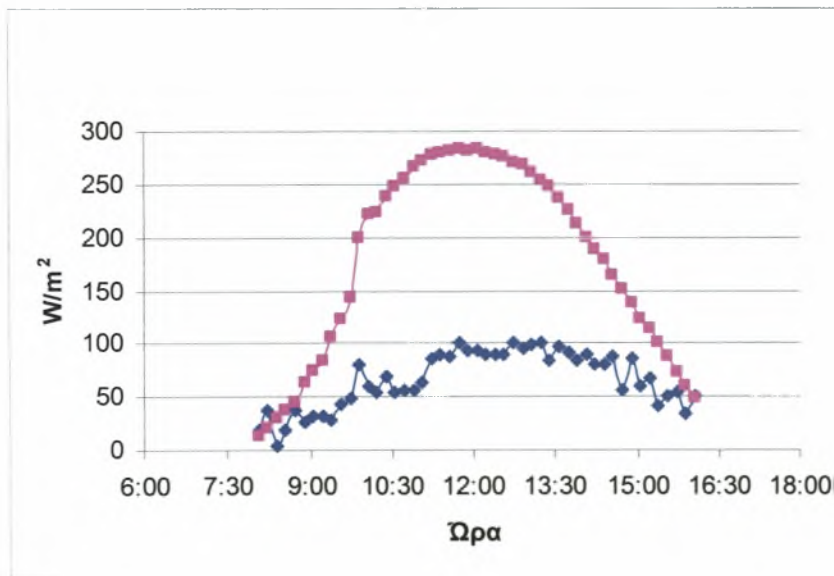
Σχήμα 3.3.17. Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής τις μέρες 3,4 και 6 Δεκεμβρίου 2006 από τις 8.00πμ έως 16.00μμ



Σχήμα 3.3.18 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 3/12/06.



Σχήμα 3.3.19 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 4/12/06.



Σχήμα 3.3.20 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 6/12/06.

Στα σχήματα 3.3.18, 3.3.19 και 3.3.20 ότι η διαπνοή παίρνει τιμές στο ένα τρίτο των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης υπάρχουν σημαντικές μεταπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας που αυτό συνεπάγεται και της διαπνοής γεγονός το οποίο μπορεί να οφείλεται σε μεγάλης διάρκειας συννεφιά.

		Τυπικό σφάλμα	P
α	0,296353	0,011979	2,44 E-53
β	35,40542	18,91948	1,22 E-40

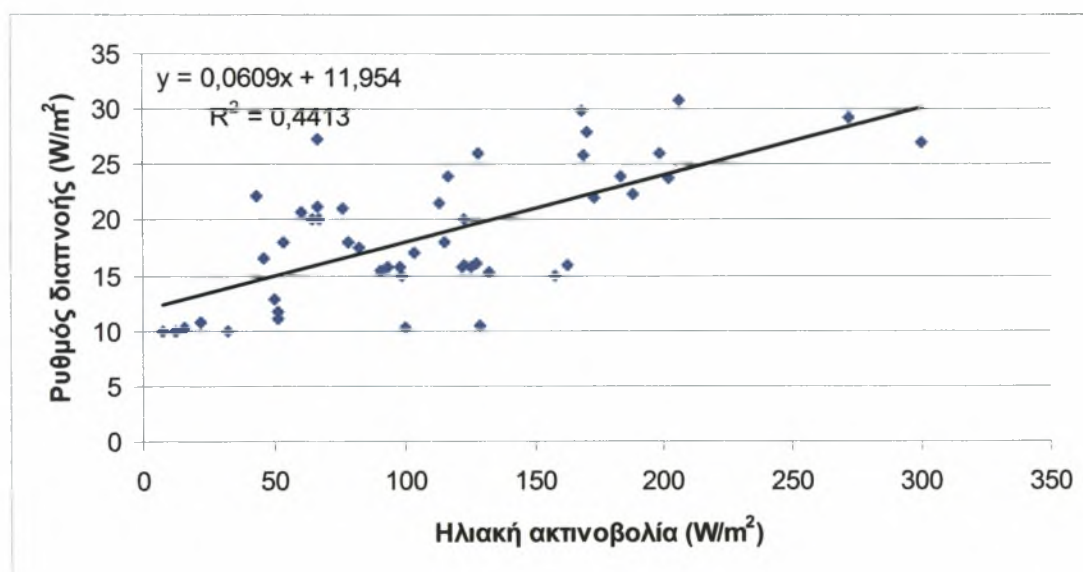
Πίνακας 3.3.3 Αποτελέσματα βαθμονόμησης της σχέσης $\Delta TR = \alpha * R + \beta * VPD$ κατά την 6/12/06.

Το R^2 είναι ίσο με 0.76 που σημαίνει ότι το 76% της παραλλακτικότητας της διαπνοής εξηγείται από την ακτινοβολία.

Στον πίνακα 3.3.3 το P μας δείχνει την πιθανότητα του να είναι τυχαία η όχι η επίδραση. Το P είναι μικρότερο του 0,05 άρα η ακτινοβολία είναι σημαντική για την διαπνοή.

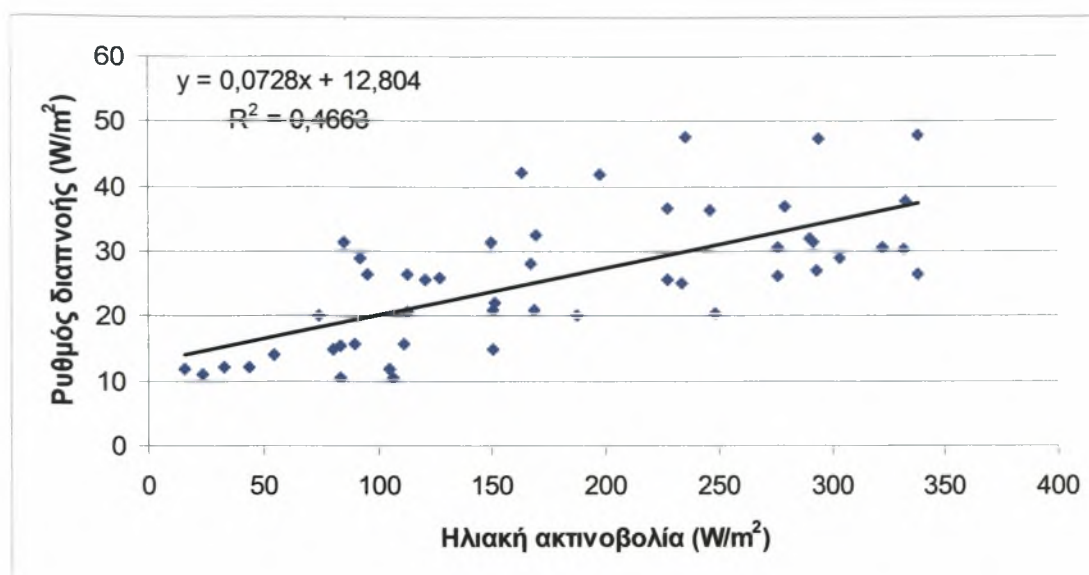
3.4. ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΠΝΟΗΣ, ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της ηλιακής ακτινοβολίας με την διαπνοή της καλλιέργειας τομάτας κατά τον μήνα Φεβρουάριο και κατά το διάστημα 8.00πμ. έως 16.00μμ. Για τον μήνα Φεβρουάριο οι μετρήσεις διαπνοής γίνονταν στο AD+AF.



Σχήμα 3.4.1 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 7 Φεβρουαρίου 2007 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

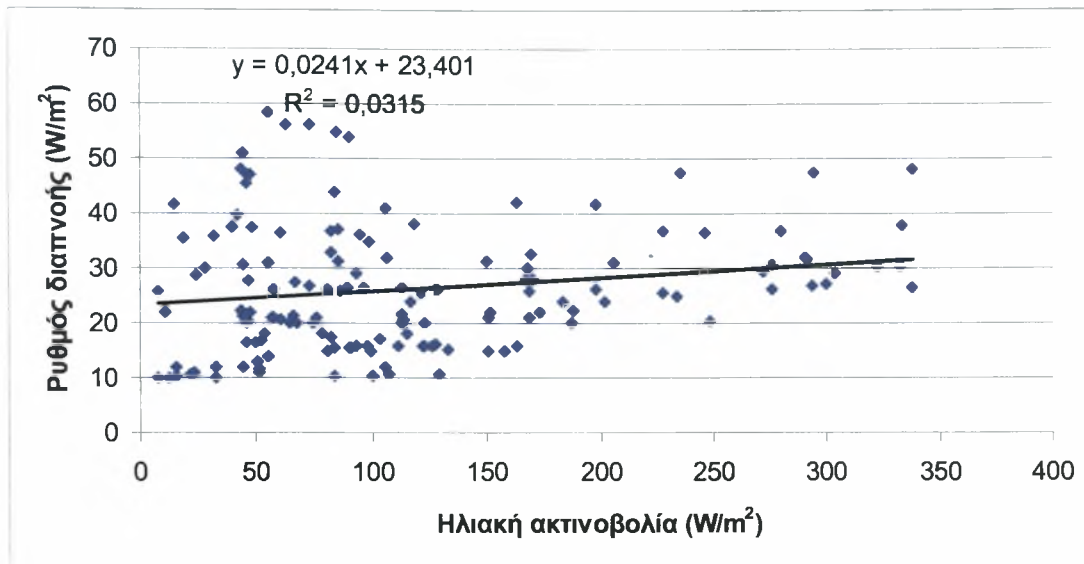
Παρατηρούμε ότι το 6% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.44. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 300 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο 31 W/m^2 .



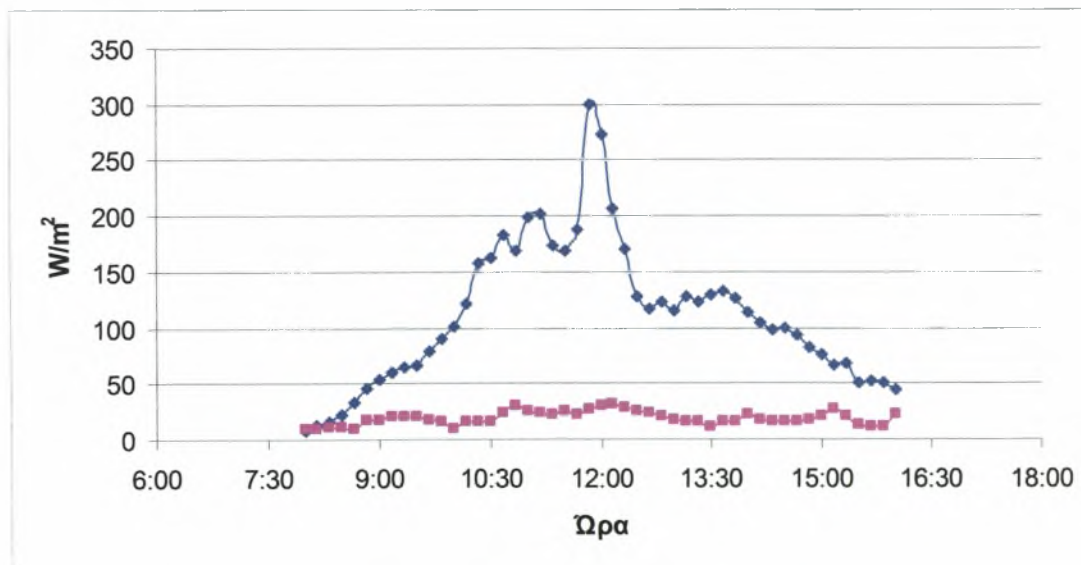
Πίνακας 3.4.2 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής στις 8 Φεβρουαρίου 2007 κατά το διάστημα 8.00πμ- 16.00μμ.

Παρατηρούμε ότι το 7% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο χρησιμοποιείται για τη διαπνοή της καλλιέργειας. Το R^2 είναι ίσο με 0.46. Το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ίσο με 350 W/m^2 ενώ το μέγιστο ποσό της διαπνοής είναι ίσο 48 W/m^2 .

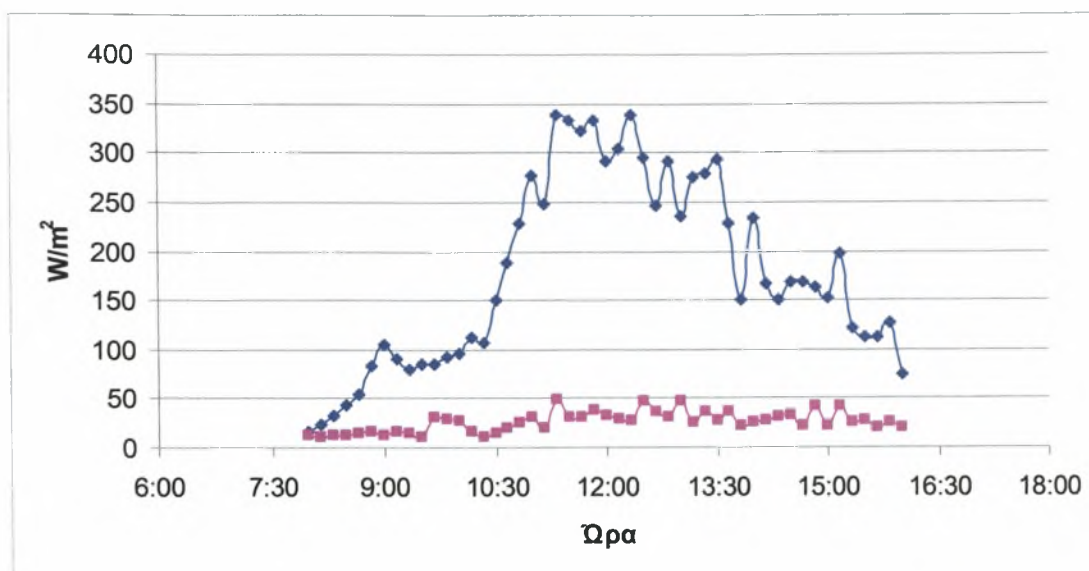
Παρατηρούμε ότι και στις δύο μέρες και κατά τα ίδια χρονικά διαστήματα (8.00πμ-16.00μμ) το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή αντιστοιχεί στο 45% περίπου. Ο μέσος όρος της ηλιακής ενέργειας που χρειάστηκε για να γίνει διαπνοή κατά τον μήνα Δεκέμβριο είναι 325 W/m^2 περίπου.



Σχήμα 3.4.3 Σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και της διαπνοής τις μέρες 7 και 8 Φεβρουαρίου 2007 από τις 8.00πμ έως 16.00μμ



Σχήμα 3.4.4 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 7/12/07.



Σχήμα 3.4.5 Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής κατά τη διάρκεια της μέρας στις 8/12/07.

Στα σχήματα 3.4.4 και 3.4.5 παρατηρούμε ότι υπάρχει μια δυσανάλογη σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε βλάβη του οργάνου που μετρούσε το πόσο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε διαπνοή.

		Τυπικό σφάλμα	P
α	0,106748457	0,006593792	1,48248 E-27
β	16,16032117	2,42006531	2,468 E-09

Πίνακας 3.4.1 Αποτελέσματα βαθμονόμησης της σχέσης $\Delta TR = \alpha \cdot R + \beta \cdot VPD$ κατά την 7/02/07.

Το R^2 είναι ίσο με 0,53 που σημαίνει ότι το 53% της παραλλακτικότητας της διαπνοής εξηγείται από την ακτινοβολία.

Στον πίνακα 3.3.3 το P μας δείχνει την πιθανότητα του να είναι τυχαία η όχι η επίδραση. Το P είναι μικρότερο του 0,05 άρα η ακτινοβολία είναι σημαντική για την διαπνοή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την περίοδο καλλιέργειας του αγγουριού στο AD+AF θερμοκήπιο επικρατούσαν τα χαμηλότερα επίπεδα σχετικής υγρασίας (71%) σε σχέση με τα υπόλοιπα θερμοκήπια. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε λόγω της ιδιότητας του συγκεκριμένου υλικού κάλυψης να απομακρύνει τις σταγόνες των υγροποιήσεων από το πλαστικό με τη μορφή λεπτού στρώματος νερού και έτσι να μειώνεται η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Στο AD θερμοκήπιο όπου οι υγροποιήσεις στο κάλυμμα μετατρέπονταν σε σύννεφο ομίχλης στο εσωτερικό του θερμοκηπίου αλλά και στο PE όπου οι σταγόνες των υγροποιήσεων έπεφταν υπό μορφή βροχής επικρατούσαν παρόμοια επίπεδα σχετικής υγρασίας (81-83%). Οι τιμές της σχετικής υγρασίας δεν αρκούν, για τον λόγω αυτόν υπολογίστηκε το VPD, το οποίο λαμβάνει υπόψη την επίδραση της θερμοκρασίας στην υδατοχωρητικότητα του αέρα. Έτσι, το VPD δίνει ένα απόλυτο μέτρο του πόσου περισσότερου νερού ο αέρας μπορεί να κρατήσει, και πόσο κοντά είναι στον κορεσμό. Η έντονη υγροποίηση στην επιφάνεια του καλύμματος σε συνδυασμό με τα υψηλά επίπεδα υγρασίας στο AD θερμοκήπιο, οδήγησε στην εμφάνιση ωιδίου και περονόσπορου σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τα άλλα δύο θερμοκήπια. Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή διπλάσιων ψεκασμών με φυτοπροστατευτικά στα θερμοκήπια PE και AD σε σχέση με το AD+AF θερμοκήπιο. Η διαπνοή εξαρτάται από το πόσο της ηλιακής ακτινοβολίας. Τον Οκτώβριο έγινε μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας και το 60% αυτής μετατράπηκε σε διαπνοή σε αντίθεση με τον Νοέμβρη όπου το 40% της ηλιακής ακτινοβολίας μετατράπηκε σε διαπνοή και τον Δεκέμβρη όπου μόλις το 24% της ηλιακής ακτινοβολίας μετατράπηκε σε διαπνοή στην καλλιέργεια αγγουριού. Κατά την καλλιέργεια της τομάτας, οι μέσες τιμές της Σχετικής Υγρασίας βρίσκονταν σε παρόμοια χαμηλά επίπεδα εξαιτίας του γεγονότος ότι επικρατούσαν ήπιες κλιματικές συνθήκες στην περιοχή και επειδή κατά διαστήματα γίνονταν χρήση των αναμεικτών του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου. Εξαιτίας των χαμηλών επιπέδων σχετικής υγρασίας στα θερμοκήπια δεν υπήρχαν υγροποιήσεις στα καλύμματα των θερμοκηπίων και επομένως δεν αναπτύχθηκαν μυκητολογικές ασθένειες. Έτσι δεν έγινε χρήση χημικών προστατευτικών στα τρία θερμοκήπια. Στην καλλιέργεια της τομάτας μπορέσαμε να πάρουμε μετρήσεις διαπνοής σχετικά καλές

μόνο για τον μήνα Φεβρουάριο και για τον λόγο αυτό δεν μπορούμε να προβούμε σε σύγκριση της διαπνοής και για τους τρεις μήνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aikman D.P. and Houter G., 1990. Influence of radiation and humidity of transpiration: Implication for calcium levels in tomato leaves. *Journal of Horticulture Sciences* 65 (3): 245-253.

Antignus Y., 2000. Manipulation of Wavelength-Dependent Behaviour of Insects: an IPM Tool to Impede Insects and Restrict Epidemics of InsectBorn Viruses. *Virus Research*, 71:213-220.

Bakker J.C., 1988. The effects of humidity of growth and production of glasshouse cucumbers, tomatoes and sweet peppers. *Acta Hort. (/SHS)*, 229: 159-164.

Bakker J.C., Welles G.W.H. and van Uffelen J.A.M., 1987. The effects of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumbers. *Journal of horticultural science* 62 (3):363-370.

Baytorun N., Abak K., Tokgoz H. and ó. Altuntas, 1994. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. *ISHS Acta Horticulturae*. 366:125-132.

Elad Y., 1997. Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. *Crop Protection*, 16: 635-642.

Geoola F.; Peiper U. M. and Geoola F., 1994. Outdoor testing of the condensation characteristics of plastic "Im covering materials using a model greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 57(3): 167-172.

Geoola F.; Kashti Y. and Peiper U.M., 1998. A Model Greenhouse for Testing the Role of Condensation, Dust and Dirt on the Solar Radiation Transmissivity of Greenhouse Cladding Materials. *J. agric. Engng Res*, 71, 339-346.

Hanan, J.J., Olympios C.M. and Plttas C., 1981. Bulk density, Porosity, Percolation and Salinity Control in Shallow, Freely Draining, Potting Soils. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106:742-746.

Holder, R. and Cockshull, K.E., 1990. Effects of humidity on the growth & yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 65 (1): 31-39.

Jewett J.T. & Jarvis R.W., 2001. Management of the greenhouse microclimate in relation to disease control: a review. *Agronomie*, 21 :351-366.

Kittas C., 1993. Modifications of the thermal and mechanical behaviour of a greenhouse induced by a windbreak. *Agronomie*, 13: 105-108.

Leonardi C., Giuffrida F., Scuderi D. and Arcidiacono C., 2004. Effect of greenhouse covering materials on tomato grown during hot months. *Acta Horticulturae* 659: 183-188.

Mortensen I.M., 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Horticulturae*, 29: 301-307

Motulsky H J & Christopoulos A., 2003. Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. A practical guide to curve fitting. GraphPad Software Inc., San Diego, CA.

Pachepsky I.B & Acock B., 1994. An Adequate Model of Photosynthesis-II. Dependence of Parameters on Environmental Factors. *Agricultural Systems*, 50: 227-238.

Pollet I. Y. and Pieters J. G., 2000. Condensation and Radiation Transmittance of Greenhouse Cladding Materials, Part 2: Results for a Complete Condensation Cycle. *J. agric. Engng Res.* (2000) 75,65-72.

Wittwer, S.H. and Honma 5., 1979. Greenhouse Tomatoes, Lettuce and Cucumbers. Michigan State University Press, pp225.

Zhu S., Deltour J. and Wang S., 1998. Modeling the thermal characteristics of greenhouse pond systems. *Aquacultural Engineering* 18: 201-217.

Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (www.statistics.gr/gr_tables/S400_SPR_8_DT_AN_06_T.pdf)

Καραταγλής Σ.Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Τρίτη Έκδοση. Εκδόσεις Art of text. Θεσσαλονίκη.

Κίττας Κ, 2001. Θερμοκήπια. Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.

Μαυρογιανόπουλος Γ.Ν., 1994. Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα

Μαυρογιανόπουλος Γ.Ν., 2005. Θερμοκήπια. 4η Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Ολύμπιος Χ.Μ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια.

Internet 1:

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%B9%CE%BF>)

Internet 2 : <http://www.angelfire.com/me/forestmeasure/khp.html>)



Internet 3 : <http://mde-katsor.biol.uoa.gr/mde3/nifak/kalliergitikh%20texnikh.htm>

Internet 4 : <http://mde-katsor.biol.uoa.gr/mde3/nifak/kalliergitikh%20texnikh.htm>

Internet 5 : <http://daedalus.math.uoi.gr/agrotica/anthokomia/anth/kef/4/424.htm>

Internet 6 :

http://www.plastikakritis.com/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=235#antidrip



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097822