



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 392
Ημερομηνία 4-10-10

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή διατριβή



Θέμα: «Μελέτη της επίδρασης ενός ανακλαστικού της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου και στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας»

Ονοματεπώνυμο: Νικολάου Χρύσα

Επιβλέπων Καθηγητής: Κίττας Κωνσταντίνος

Βόλος 2010



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

Αριθ. Εισ.: 9184/1
Ημερ. Εισ.: 22-11-2010
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2010
ΝΙΚ

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

Κίττας Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής
Γεωργικές κατασκευές

Νάνος Γεώργιος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αναπληρωτής Καθηγητής
Δενδροκομία

Κατσούλας Νικόλαος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Λέκτορας
Γεωργικές κατασκευές

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Κίττα Κωνσταντίνο, επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής και Διευθυντή του Εργαστηρίου των Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Λέκτορα κύριο Κατσούλα Νικόλαο πού ήταν αρωγός αυτής μου της προσπάθειας και η υποστήριξή του τόσο στο πειραματικό όσο και στο θεωρητικό μέρος αυτής της εργασίας ήταν πολύ σημαντική. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Νάνο Γεώργιο όπου μαζί με τους προαναφερθέντες συγκρότησαν την Τριμελή Επιτροπή εξέτασης της εργασίας αυτής.

Αξιόλογη ήταν η βοήθεια του συναδέλφου κύριου Τσουκνίδα Αθανάσιου, στην πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους αυτής της διατριβής.

Για την επίτευξη του πειράματος, πολύ σημαντική κρίθηκε η παραχώρηση των υλικών κάλυψης από την εταιρεία Πλαστικά Κρήτης ABEE, όπου θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όσους ήταν κοντά μου κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας και με βοήθησαν. Τους γονείς μου, που στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια με την αγάπη, την υπομονή και την πίστη τους σε μένα, καθώς και τον σύντροφό μου που ήταν πάντα δίπλα μου σε ό,τι κι αν χρειάστηκα για την εκπόνηση αυτής της διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛ.
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	02
1.1 Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα	03
1.2 Τα προβλήματα των θερμοκηπίων στην Ελλάδα	06
1.3 Νέες τάσεις στα υλικά κάλυψης	07
1.4 Σκοπός	15
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	16
2.1 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στο μικροκλίμα	16
2.2 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στα φυτά	19
2.3 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στην απόδοση	20
2.4 NIR ακτινοβολία και ηλιακή ενέργεια	21
2.5 Άλλα υλικά κάλυψης και επιδράσεις	22
Κεφάλαιο 3. Υλικά και μέθοδοι	23
3.1 Ο Πειραματικός αγρός	23
3.2 Το Υλικό κάλυψης	23
3.3 Πειραματικό σχέδιο	23
3.4 Τα πειραματικά φυτά	24
3.5 Εγκατάσταση της καλλιέργειας	24
3.6 Καλλιεργητική τεχνική	25
3.6.1 Κλάδεμα	25
3.6.2 Υποστύλωση	25
3.6.3 Γονιμοποίηση	25
3.7 Άρδευση- λίπανση	26
3.8 Θέρμανση	27
3.9 Οπτικές ιδιότητες των θερμικών φύλλων	28
3.10 Κλιματικές μετρήσεις	29
3.10.1 Μικρού μήκους ακτινοβολία	29
3.10.2 Η θερμοκρασία και η υγρασία	29
3.10.3 Κατανάλωση ενέργειας	29
3.10.4 Καταγραφή μετρήσεων	29
3.11 Αγρονομικές μετρήσεις	29
3.12 Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης	31
3.12.1 Φυλλική επιφάνεια	31
3.12.2 Αριθμός κόμβων	31
3.12.3 Μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων	31
Κεφάλαιο 4. Οπτικές ιδιότητες υλικών κάλυψης	32
Κεφάλαιο 5. Μελέτη της ανακλαστικής ιδιότητας του υλικού	42
5.1 Αποτελέσματα περιόδου με θέρμανση	42
5.2 Αποτελέσματα της περιόδου χωρίς θέρμανση	51
Κεφάλαιο 6. Αγρονομικές μετρήσεις	56
Κεφάλαιο 7. Ανάλυση αποτελεσμάτων	69
7.1 Ιδιότητες υλικών κάλυψης	69
7.2 Ηλιακή ακτινοβολία	69
7.3 Μικροκλίμα	70
7.4 Αγρονομικές μετρήσεις	71
7.5 Απόδοση	72
Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα	72
Βιβλιογραφία	74

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα κλιματισμού των θερμοκηπίων είναι η ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες. Προς την κατεύθυνση αυτή τα Πλαστικά Κρήτης Α.Β.Ε.Ε. δημιούργησαν δύο νέα υλικά κάλυψης με θερμικές και ανακλαστικές ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα το ένα υλικό είναι το Super thermic υλικό κάλυψης που παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στη θερμική ακτινοβολία σε σχέση με το απλό φύλλο πολυαιθυλενίου. Το άλλο υλικό κάλυψης είναι το Super thermic +NIR που παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στη θερμική ακτινοβολία και υψηλότερη ανάκλαση της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο. Σκοπός της διατριβής είναι να μελετηθούν οι επιδράσεις του Super thermic +NIR υλικού στο μικροκλίμα και την παραγωγή τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς και η ανακλαστική του ιδιότητα., συγκριτικά με το Super thermic υλικό κάλυψης. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοκήπια στο αγρόκτημα του Βελεστίνου, τα οποία καλύφθηκαν με τα δύο νέα υλικά κάλυψης. Οι παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν: η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, το έλλειμμα κορεσμού του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία και η κατανάλωση ενέργειας. Η αποδιδόμενη ενέργεια κατά μέσο όρο ήταν κατά 3,4% μεγαλύτερη στο θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό κάλυψης, καθώς και η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ήταν 9% μικρότερη την περίοδο με θέρμανση και 18% την περίοδο χωρίς θέρμανση στο υλικό αυτό. Τους καλοκαιρινούς μήνες το θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό λόγω της υψηλής ανακλαστικής του ιδιότητας είχε 1,5 °C χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα τις πρωινές ώρες ενώ παράλληλα είχε 15% περισσότερη σχετική υγρασία τόσο τις πρωινές όσο και τις βραδινές ώρες, το έλλειμμα κορεσμού του αέρα ήταν 8,8% μικρότερο τις πρωινές ώρες ενώ τις βραδινές ώρες ήταν 4%, επιδρώντας θετικά κατά αυτό τον τρόπο στη φυσιολογική κατάσταση της καλλιέργειας. Η απόδοση της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic + NIR βρέθηκε κατά 33,1 % υψηλότερη απ' ότι στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρώτη εμφάνιση του θερμοκηπίου σαν καλλιεργητικό εργαλείο τοποθετείται στις αρχές του 16^{ου} αιώνα, όταν οι σχέσεις που συνάφθηκαν ανάμεσα στην Ευρώπη και στις τροπικές χώρες οδήγησαν στην κατασκευή « χειμωνιάτικων σπιτιών » στα σπίτια των εύπορων προκειμένου να εγκλιματίσουν τα φυτά που έρχονταν από τις εξωτικές χώρες. Η ιστορία των θερμοκηπίων δεν είναι υπόθεση των τελευταίων χρόνων. Ένα από τα πρώτα θερμοκήπια που φτιάχτηκαν στην Ευρώπη ήταν στη Βοημία περίπου το 1680. Στο θερμοκήπιο αυτό καλλιεργήθηκαν οι πρώτες ορχιδέες στην Ευρώπη. Αργότερα, περί το 1750, ο πρίγκιπας του Λιχτενστάιν έφτιαξε το πρώτο μεγάλο και θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην Ευρώπη στην πόλη Λέννιτσε (*Lednice*) στη νότια Τσεχία. (Internet 7). Μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο χειμωνιάτικος κήπος αποτέλεσε πρακτικά τη μόνη χρήση του θερμοκηπίου. Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας του γυαλιού, εμφανίστηκαν τα μικρά γυάλινα πλαίσια που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από τους παραγωγούς κηπευτικών των μεγάλων πόλεων της βόρειας Ευρώπης, οι οποίοι είδαν σε αυτά ένα μέσο για να μεγαλώσουν την περίοδο της παραγωγής και τροφοδοσίας της αγοράς. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν γυάλινες ψηλές κατασκευές, που αποτέλεσαν τους προδρόμους των σημερινών θερμοκηπίων. Οι Ολλανδοί υπήρξαν πρωτοπόροι στον τομέα αυτό, με την περίφημη σειρά Venlo που διαδόθηκε σε ολόκληρο τον κόσμο. Τα τελευταία 40 χρόνια η εξάπλωση και η ανάπτυξη των θερμοκηπίων και καλλιεργειών υπό κάλυψη, κέρδισε και τις μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία) στις οποίες εσφαλμένα πίστευαν μέχρι τότε, πως οι ευνοϊκές συνθήκες ηλιοφάνειας δεν δικαιολογούσαν τέτοια παραγωγικά εργαλεία (Κίττας, 2001).

Είναι πλέον ευρύτατα διαδομένη στην εποχή μας η χρησιμοποίηση της προηγμένης τεχνολογίας, σε συνδυασμό με την επιστημονική γνώση, στη διαδικασία της γεωργικής παραγωγής. Αρκεί βέβαια να γίνεται πάντα με συνεχή σεβασμό της αξίας της ανθρώπινης ζωής και αυτής της προστασίας του περιβάλλοντος. (Μαυρογιανόπουλος, 2006). Προς αυτή την κατεύθυνση στις μέρες μας αναπτύσσεται ταχύτητα η μέθοδος της υδροπονικής καλλιέργειας, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο έναν νέο κλάδο στην γεωργική παραγωγή, αυτόν της υδροπονίας.

Με την πλατειά έννοια του όρου, υδροπονία ή χωρίς έδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως τεχνητή καλλιέργεια και ανέδαφος γεωργία. Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται

ιδιαίτερα, όταν χρησιμοποιούνται οργανικά ή άλλα μη αδρανή υποστρώματα. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος διεθνώς είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

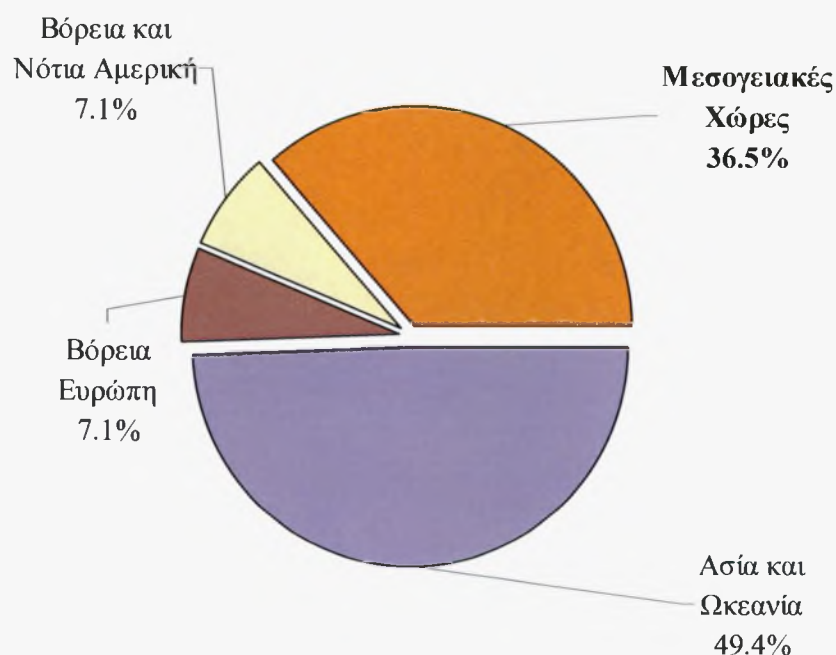
Οι θετικές πτυχές της Υδροπονίας είναι η μέγιστη χρησιμοποίηση της γενετικής δυνατότητας των φυτών. Ο καλύτερος έλεγχος της λίπανσης των φυτών, η ορατή βελτίωση στην ποσότητα και στις αποδόσεις, η σημαντική μείωση του διαστήματος μεταξύ σταδίου ανάπτυξης και σταδίου άνθισης και καρποφορίας για μια μεγάλη ποικιλία φυτών, η αποδοτικότερη κατάτμηση του διαθέσιμου χώρου, το μέγιστο ποσοστό επιτυχίας για ρίζωση μοσχευμάτων, η τεράστια οικονομία στα λιπάσματα και του νερού, σε μια περίοδο αυξανόμενης λειψυδρίας και τέλος η συνολική απουσία ζιζανιοκτόνων. (Internet 4).

1.1. Τα θερμοκήπια στην Ελλάδα

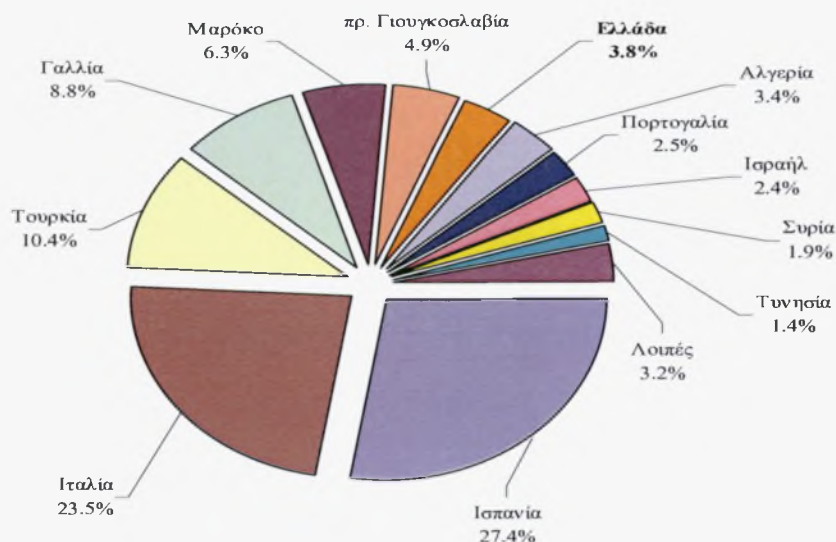
Οι κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο αποτελούν κλάδο σχετικά νέο, αλλά δυναμικό και ταχύτατα εξελισσόμενο. Από τις καλλιέργειες αυτές, η τομάτα καταλαμβάνει την πρώτη θέση και παρουσιάζει περισσότερο ενδιαφέρον, με άριστες προοπτικές ανάπτυξης. Όσοι ασχολούνται με τα κηπευτικά σε θερμοκήπιο γνωρίζουν καλά, πως η καλλιέργειά τους δεν είναι εύκολη και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα. Περισσότερα και μεγαλύτερα προβλήματα παρουσιάζει η τομάτα. Στην εμφάνιση και στη εξέλιξη αυτών των προβλημάτων επιδρούν αποφασιστικά: η εποχή της καλλιέργειας, η πληθώρα των ποικιλιών ή υβριδίων, η στενότητα εργατικών χειρών και μάλιστα ειδικευμένων, η έλλειψη σωστής υποδομής, η ανεπαρκής ενημέρωση των ασχολούμενων με το αντικείμενο κ.α. Επιπλέον, για την καλλιέργεια αυτή, όπως άλλωστε και για τις άλλες κηπευτικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο, χρειάζονται ειδικές γνώσεις, πείρα, συνεχής ενημέρωση, μεγάλη πιθανότητα, παρατηρητικότητα, ετοιμότητα και προπαντός, σωστός προγραμματισμός και διαχείριση (Internet 8).

Τα κηπευτικά σε θερμοκήπιο απαιτούν πολύ μεγάλες δαπάνες, συνεχή απασχόληση και πολύ εργασία. Για να αντιμετωπιστούν όλα αυτά χρειάζεται να υπάρξει συμφέρον οικονομικό αποτέλεσμα. Αυτό προϋποθέτει υψηλές στρεμματικές αποδόσεις, άριστη ποιότητα προϊόντων και συμφέρουσες τιμές. Πάρα πολύ συχνά αυτά δεν συνυπάρχουν, με αποτέλεσμα να μην αμείβονται ικανοποιητικά οι συντελεστές παραγωγής. Αυτό για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, που θεωρούνται επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα κάθε σοβαρής βελτίωσης για σειρά ετών (Internet 8).

Τα θερμοκήπια σε παγκόσμια κλίμακα καλύπτουν 3.000.000 στρέμματα. Οι Μεσογειακές χώρες έχουν το 1/3 περίπου αυτής της έκτασης (36,5%), δηλαδή 1.200.000 στρέμματα, με κυρίαρχες χώρες την Ισπανία (27,4%) και την Ιταλία (23,5%) (Σχήματα 1 & 2).. Στην Ελλάδα τα θερμοκήπια έχουν έκταση 49.000 στρεμμάτων (3,8%). Τα λαχανοκομικά είδη καταλαμβάνουν 45.000 στρέμματα και τα ανθοκομικά 4.000 στρέμματα. Ξεχωρίζει, βέβαια, η Κρήτη, όπου υπάρχει το 39% των θερμοκηπίων της χώρας. Τις δεκαετίες του '70 και '80 παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων, ενώ τις δύο τελευταίες δεκαετίες οι ρυθμοί ήταν χαμηλότεροι. Εν τούτοις, σε απόλυτα μεγέθη, οι θερμοκηπιακές εκτάσεις στην Ελλάδα δεν έχουν γνωρίσει την ανάπτυξη εκείνη που θα δικαιολογούσαν οι ευνοϊκοί παράγοντες που επικρατούν στη χώρα μας για τις καλλιέργειες αυτές (Ολύμπιος, 2002). Κατά συνέπεια, η χώρα μας υστερεί σημαντικά στον τομέα αυτό έναντι άλλων χωρών με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες, όπως είναι η Ισπανία και η Ιταλία (Ολύμπιος, 2001).



Σχήμα1. Παγκόσμια κατανομή των θερμοκηπιακών εκτάσεων(Κατσούλας 2006 κ.α)



Σχήμα 2. Κατανομή των θερμοκηπιακών εκτάσεων στις Μεσογειακές χώρες (Κατσούλας 2006 κ.α.)

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια της τομάτας και αγγουριού είναι τα πλέον σημαντικά κηπευτικά αφού καταλαμβάνουν το 50% και 25% της συνολικής έκτασης των θερμοκηπίων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων που καλλιεργούνται με τομάτα, βρίσκεται στην Κρήτη με 51.4 %, δεύτερη έρχεται η Πελοπόννησος και Δ. Στερεά με 16.2 % και τρίτη η Δ. και Κ. Μακεδονία με ποσοστό 13.5 % (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Αναφορά των στοιχείων έκτασης, παραγωγής και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Έκταση (στρ)	Παραγωγή (t.)	Αποδόσεις (t.στρ ⁻¹)
Α. Μακεδονία -	1180	9558	8,1
Θράκη			
Δ & Κ.	4736	42615	9
Μακεδονία			
Ήπειρος	2547	26488	10,4
Θεσσαλία	1352	12708	9,4
Πελοπόννησος-Δ.	5638	58082	10,3
Στερεά			
Αττική - Νήσοι	1524	16002	10,5
Κρήτη	18006	190863	10,6
Σύνολο	34983	356316	9.8

Πηγή : Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείο Γεωργίας (2002)

Πίνακας 2. Εκτάσεις σε στρέμματα που καταλάμβαναν διάφορες καλλιέργειες το 2003 (Περιλαμβάνονται και περιπτώσεις με περισσότερες από μία καλλιέργειες το έτος)

<i>Είδος καλλιέργειας</i>	<i>Χωρίς θέρμανση (στρέμματα)</i>	<i>Με θέρμανση (στρέμματα)</i>	<i>Συνολική έκταση (στρέμματα)</i>
<i>Τριαντάφυλλα</i>	211	781	992
<i>Γαρύφαλλα</i>	392	275	667
<i>Γλαστρικά</i>	313	897	1210
<i>Αγγούρι</i>	7015	2616	9631
<i>Τομάτα</i>	20828	6679	27507
<i>Φράουλα</i>	1870	-	1870
<i>Λοιπά κηπευτικά</i>	7751	2759	10510
<i>Λοιπά ανθοκομικά</i>	705	209	914

Πηγή : Υπουργείο Γεωργίας

Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα τομάτας που παράγεται στα θερμοκήπια καταναλώνεται στο εσωτερικό και μία πολύ μικρή ποσότητα, λιγότερο του 1 % εξάγεται. (Ολύμπιος 2001)

1.2. Τα προβλήματα των θερμοκηπίων στην Ελλάδα

Τα κυριότερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν όλοι όσοι ασχολούνται με τον κλάδο των θερμοκηπίων είναι τα εξής :

- Αρχικό κόστος εγκατάστασης
- Παραγωγή ρύπων
- Αερισμός-Δροσισμός
- Κόστος θέρμανσης

Ο αερισμός – δροσισμός των θερμοκηπίων αποτελεί βασικότατο πρόβλημα. Ο κλιματισμός των θερμοκηπίων τη θερινή περίοδο είναι ένα πρόβλημα που γίνεται όλο και πιο σοβαρό στις μεσογειακές χώρες. Το πρόβλημα οφείλεται στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες οι οποίες συνδυάζονται και από χαμηλή υγρασία, με αποτέλεσμα οι παραγωγοί να σταματούν τις καλλιέργειες με τις πρώτες ζέστες λόγω προβλημάτων (μειωμένη καρπόδεση τομάτας, σχίσσιμο καρπού). Ο φυσικός αερισμός που προσφέρουν τα

παράθυρα του θερμοκηπίου επαρκεί μέχρι τέλη Απριλίου στη χώρα μας που η εξωτερική θερμοκρασία αγγίζει τους 22 °C (Κίττας, 2001). Οι λύσεις που έχουν προταθεί για τον δροσισμό των θερμοκηπίων είναι οι εξής :

- *Δυναμικός αερισμός* : Τοποθετούνται ανεμιστήρες στα πλευρικά τοιχώματα του θερμοκηπίου οι οποίοι αναρροφούν και εξάγουν τον εσωτερικό αέρα ο οποίος αναπληρώνεται με εξωτερικό που εισέρχεται από ανοίγματα απέναντι από τους ανεμιστήρες. Με αυτή τη μέθοδο μπορούμε να πετύχουμε ρυθμούς ανανέωσης του αέρα μέχρι και 40 ανά ώρα.
- *Υγρή παρειά* : Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη ψύξη του εξωτερικού αέρα λόγω κορεσμού σε υγρασία, καθώς διέρχεται ο αέρας από μια υγρή παρειά. Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα του συστήματος είναι το θερμοκήπιο να είναι στεγανό, ώστε να μην εισέρχεται αέρας που δεν έχει ψυχθεί. Το σύστημα αυτό αποδίδει καλύτερα σε κλίματα ξηρά και θερμά, όπως της Ελλάδας τους καλοκαιρινούς μήνες.
- *Υδρονέφωση*: Η αρχή αυτής της μεθόδου βασίζεται στη μετατροπή της προσπίπτουσας ενέργειας της ακτινοβολίας σε λανθάνουσα θερμότητα με εξάτμιση των σταγονιδίων νερού που ψεκάζονται από τους εκτοξευτήρες. Υπάρχει η υδρονέφωση υψηλής πίεσης όπου τα σταγονίδια παραμένουν αιωρούμενα μέχρι πλήρη εξάτμιση και υπάρχει και η υδρονέφωση χαμηλής πίεσης όπου τα σταγονίδια πέφτουν κατά ένα μέρος στο έδαφος και στα φυτά και εξατμίζονται από εκεί.
- *Σκίαση*: Η αρχή αυτής της μεθόδου στηρίζεται στη μείωση του ποσοστού ενέργειας ακτινοβολίας που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με μείωση της διαπερατότητας του θερμοκηπίου (λεύκανση ή σκίαστρα) είτε μειώνοντας τη θερμοκρασία του τοιχώματος (ψέκασμα ή κυκλοφορία νερού στην οροφή του θερμοκηπίου)
- *Φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης (NIR REFLECTION)*: Εδώ και αρκετά χρόνια δοκιμάζονται υλικά κάλυψης τα οποία εμποδίζουν μερικώς την είσοδο της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας και με αυτό τον τρόπο μειώνεται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

1.3. Νέες τάσεις στα υλικά κάλυψης

Η διάρκεια ζωής ενός υλικού κάλυψης εξαρτάται από την ποιότητα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υλικού (σταθεροποίηση, πάχος φύλλου) και από εξωτερικούς παράγοντες, την περιοχή, τον τύπο του θερμοκηπίου, την εγκατάσταση και τη

χρήση των αγροχημικών. Το διπλό κάλυμμα πολυαιθυλενίου αυξάνει τη ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία κατά 2–3 °C, σε σχέση με το μονό κάλυμμα. Σε ένα θερμαινόμενο θερμοκήπιο αυξάνει η θερμομόνωση και εξοικονομείται θερμότητα της τάξεως του 30–40%. Τέλος μειώνεται το πρόβλημα της έντονης συμπύκνωσης των υδρατμών, με την παρεμβολή του στρώματος του αέρος ανάμεσα στο εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου και στο περιβάλλον. Το φιλμ πολυαιθυλενίου είναι θερμικό μακράς διάρκειας, κατασκευασμένο με την μέθοδο των τριών στρώσεων, όπου επιτυγχάνετε καλύτερη θερμομόνωση και καλύτερη διάχυση του φωτός (Internet 1).

Η τεχνολογία των 3-στρώσεων επιτρέπει την παραγωγή εξαιρετικά περίτεχνων συνδυασμών. Το φύλλο μπορεί να έχει την ακόλουθη δομή (Κυκριλής 2009):

1. Τρία διαφορετικά πολυμερή
2. Τρεις διαφορετικούς συνδυασμούς σταθεροποίησης
3. Παράγοντες IR (θερμομόνωση)
4. Παράγοντες για διάχυση φωτός,
5. Παράγοντες για μη δημιουργία σταγόνων και αποφυγή ομίχλης

Μια νέα γενεά πολύ σκληρών υλικών κάλυψης (super-tough films) έχει εισαχθεί χρησιμοποιώντας τα τελευταία χρόνια ειδικά υψηλής αντοχής πολυμερή σώματα. Αυτές οι ταινίες προσφέρουν επιπρόσθετη ασφάλεια σε περιοχές με πολύ ισχυρούς ανέμους. Το φως από τον ήλιο που περνά μέσω ενός υλικού κάλυψης στο θερμοκήπιο είναι χωρισμένο σε άμεσο και διασκορπισμένο. Η PAR(φωτοσυνθετική ενεργός ακτινοβολία) που παραλαμβάνεται από τα φυτά είναι η ίδια. Τώρα γενικά γίνεται αποδεκτό ότι το διασκορπισμένο φως έχει μια θετική επίδραση στην αύξηση των φυτών, ειδικά για τις ανοιξιάτικες και καλοκαιρινές καλλιέργειες και στις περιοχές με ισχυρό ηλιακό φως..



Σχήμα 3: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς υλικό κάλυψης που διαχέει την ακτινοβολία

Η ελαφριά διάχυση μειώνει τη σκιά, εξασφαλίζει πιο ομοιόμορφη διανομή του φωτός στο θερμοκήπιο έτσι ώστε φθάνει ακόμη και στα χαμηλότερα μέρη των φυτών, αποτρέπει τα καψίματα και προσφέρει έναν μέτριο δροσισμό. Η επιλογή του υλικού με το πιο κατάλληλο επίπεδο διάχυσης εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής, τη καλλιέργεια και την εποχή. Έχουν δημιουργηθεί τα ακόλουθα υλικά :

- Crystal clear υλικά κάλυψης με την πολύ χαμηλή διάχυση (μέγιστο άμεσο φως).
- Υλικά κάλυψης με μέση διάχυση
- Υλικά κάλυψης με πολύ υψηλή διάχυση

Θερμικό υλικό κάλυψης

Έχουν δημιουργηθεί θερμικές ταινίες, που περιέχουν έναν συνδυασμό EVA και υπέρυθρων πρόσθετων ουσιών που διαμορφώνονται σε 3 στρώματα, τα οποία απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία και μειώνουν τις απώλειες θερμότητας καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας (Internet 6).



Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς υλικό κάλυψης που μειώνει τις απώλειες θερμότητας

Τα πλεονεκτήματα των θερμικών ταινιών είναι:

- Προστασία από τον παγετό και τη χαμηλή θερμοκρασία.
- Ομαλότερη πτώση θερμοκρασίας και υψηλότερες θερμοκρασίες νύχτας
- Μειωμένη κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση.
- Υψηλότερη παραγωγή.
- Πρωίμιση της συγκομιδής.

Αντι-σταγονικό υλικό κάλυψης (anti-drip)

Τα σταγονίδια που διαμορφώνονται στην εσωτερική επιφάνεια των ταινιών του θερμοκηπίου λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών, έχουν αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα και την αύξηση των φυτών, δεδομένου ότι μειώνουν τη διαπερατότητα του φωτός κατά 15-30% και αυξάνουν την πιθανότητα ορισμένων ασθενειών.



Σχήμα 5: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς αντι-σταγονικό υλικό κάλυψης

Οι anti-drip ταινίες, όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα, προσφέρουν τα ακόλουθα οφέλη (Κυκρικής 2009) και (Internet 6).

- Περισσότερο φως στο θερμοκήπιο
- Υψηλότερη παραγωγή
- Προώμιση της συγκομιδής
- Καλύτερη ποιότητα της συγκομιδής, υψηλότερη εμπορική αξία
- Λιγότερες ασθένειες
- Μειωμένη ανάγκη για φυτοφάρμακα
- Αποφυγή εγκαυμάτων που προξενούνται από τη σταγόνα

Οι anti-drip ταινίες συστήνονται κυρίως για τα καλά αεριζόμενα ή/και θερμάμενα θερμοκήπια, με επαρκή κλίση της στέγης. Η επίδραση Anti-drip διαρκεί μέχρι και 2 έτη.. Υπό ορισμένες συνθήκες υπάρχει σχηματισμός ομίχλης στα θερμοκήπια που καλύπτονται με τις Anti-drip ταινίες. Τέτοια ομίχλη εμφανίζεται συνήθως το ηλιοβασίλεμα και την αυγή και είναι ανεπιθύμητη, δεδομένου ότι μπορεί να προκαλέσει ζημιές στα φυτά. Είναι απαραίτητος ο αερισμός ή η θέρμανση αμέσως μόλις εμφανιστεί ομίχλη για να την αφαιρέσει. Οι Katsoulas, N. et al (2007) σε πείραμα που πραγματοποίησαν διαπίστωσαν ότι τα επίπεδα σχετικής υγρασίας

ήταν πολύ πιο υψηλά σε θερμοκήπιο καλυμμένο με anti-drip, καθώς και οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ήταν ελαφρώς υψηλότερες, εν συγκρίσει με θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με anti-drip + anti-frog + PE υλικό κάλυψης.. Η ανάπτυξη και η παραγωγή όμως της καλλιέργειας ήταν παρόμοιες.

Αντι-ομιχλικό υλικό κάλυψης (anti-mist)

Η υγρασία που συγκρατείται στην οροφή υπό τη μορφή σταγόνων, στα AD (anti-drip) φύλλα, διαχέεται στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου, και εκδηλώνεται ως ομίχλη, όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από το «σημείο δρόσου». Το φαινόμενο παρατηρείται συνήθως αργά το απόγευμα ή/και λίγο πριν ή μετά την ανατολή του ήλιου. (Κυκρικής 2009) και (Internet 6).

Με ειδικά πρόσθετα που έχουν σαν βάση το φθόριο, μπορούμε να αποτρέψουμε το σχηματισμό ομίχλης. Το νέο αυτό υλικό ονομάζεται anti-mist.



Σχήμα 6: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς αντι-ομιχλικό υλικό κάλυψης

Υλικό κάλυψης για δροσισμό (Cooling)

Η χρονική επέκταση των καλλιεργειών μέσα στον ετήσιο κύκλο, δημιουργεί την ανάγκη για φιλικότερο περιβάλλον στις καλλιέργειες, κατά τη θερμή περίοδο.

Επομένως στόχος είναι:

- Δημιουργία περιβάλλοντος με τη μικρότερη δυνατή διακύμανση θερμοκρασιών ημέρας/νύχτας
- Μείωση της εξαμισοδιαπνοής των φυτών
- Μείωση της σχετικής υγρασίας, μειώνοντας τις πιθανότητες ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών



Σχήμα 7: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς υλικό κάλυψης που απορροφά την κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR)

Δημιουργήθηκε ένας ειδικός τύπος υλικών κάλυψης, ο οποίος απορροφά την κοντινή υπέρυθη ακτινοβολία (NIR), που είναι το μέρος του ηλιακού φάσματος που φέρνει το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που εισάγεται σε ένα θερμοκήπιο την ημέρα και που είναι άχρηστο για την αύξηση των φυτών, μειώνοντας κατά συνέπεια τη θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχει καταδειχθεί ότι όσο υψηλότερη είναι η εξωτερική θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται μέσα στο θερμοκήπιο με τη χρήση του νέου υλικού. (Κυκρικής 2009) και (Internet 6).

Ειδικά Ασημί φύλλα (cooling films)

Φύλλα που περιέχουν ειδικό πρόσθετο με βάση το Al (πατέντα Πλαστικών Κρήτης), που απομακρύνει την NIR ακτινοβολία.. Σαν αποτέλεσμα, παρέχουν δροσισμό το καλοκαίρι (5-7°C) και πρόσθετη θερμομόνωση το χειμώνα, διότι εκτός του EVA και των IR παραγόντων, το ειδικό πρόσθετο προσδίδει επίσης θερμομονωτική ιδιότητα.. Παρέχουν γλυκύτερο φωτισμό στο θερμοκήπιο, πιο ομοιόμορφη ανάπτυξη φυτών, καλύτερη παραγωγή, πιο ευχάριστο περιβάλλον εργασίας. Υπάρχουν ενδείξεις ότι πιθανόν να αποφεύγεται το στοκάρισμα το καλοκαίρι. Από πλευράς μηχανικών αντοχών, θεωρούνται ισχυρότερα σε σχέση με τα φύλλα με φυσαλίδες, λόγω ομοιογένειας του πλαστικού (Internet 3).

Οι τύποι των cooling υλικών κάλυψης περιλαμβάνει:

- Υλικό κάλυψης υψηλής διάχυσης
- Υλικό κάλυψης διπλής-επίδρασης, "ασημένιο" υλικό κάλυψης(που δροσίζει κατά τη διάρκεια της ημέρας και το κάνει πιο θερμό κατά τη διάρκεια της νύχτας)
- Υλικό κάλυψης "εκλεκτικής παρέμβασης"

Μετά από τις κρύες χειμερινές νύχτες, η άνοδος θερμοκρασίας στο πρωί μπορεί να είναι λίγο πιο αργή κάτω από τα cooling υλικά κάλυψης απ' ό,τι κάτω από τις συμβατικές ταινίες PE

Υλικό κάλυψης ελέγχου των ασθενειών (UV-BLOCKING)

Μια νέα σειρά των ειδικών υλικών κάλυψης ελέγχου των ασθενειών, οι οποίες συμβάλλουν αποτελεσματικά στη ολοκληρωμένη διαχείριση των παρασίτων και βοηθούν στη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων.



Σχήμα 8: Σχηματική παράσταση της πορείας της ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο με ή χωρίς υλικό κάλυψης ελέγχου των ασθενειών

Ένας σημαντικός τύπος ειδικών υλικών κάλυψης ελέγχου των ασθενειών και εντόμων είναι "UV-blocking" ταινίες, οι οποίες απορροφούν την UV ακτινοβολία μέχρι 390 nm, επιτυγχάνοντας κατά συνέπεια (Κυκρίλης 2009) και (Internet 6):

- Μείωση του πληθυσμού των αλευροειδών, των θρίπων, των αφίδων και άλλων εντόμων στα θερμοκήπια, με αυτόν τον τρόπο μειώνονται επίσης τους ιούς που μεταφέρονται από αυτά τα έντομα
- Έλεγχος της εξάπλωσης ορισμένων ασθενειών (όπως βοτρυτής), με τη μείωση των σπορίων των σχετικών παθογόνων μυκήτων.
- Μείωση "της ανθράκωσης" των κόκκινων ροδαλών πετάλων, με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η εμπορική αξία τους.

Ειδικά φύλλα με φυσαλίδες (bubbles)

Οι φυσαλίδες CO₂ λειτουργούν σαν θερμικό εμπόδιο, με δυο τρόπους: Αφ' ενός εμποδίζουν τη διαφυγή της άπω υπέρυθρης ακτινοβολίας (7-13μ) που ακτινοβολεί το «μαύρο σώμα» κατά τη διάρκεια της νύχτας, αφ' ετέρου εμποδίζουν την είσοδο της εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας (700-2500nm) που φθάνει στη γη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει το εγκλωβισμένο CO₂ στην

παρεμπόδιση της μεταφοράς θερμότητας, εξ αιτίας της αέριας φάσης του (Internet 3)

Οι ιδιότητες του φύλλου με φυσαλίδες είναι:

- Διαπερατότητα P.A.R. (400-700): 88-90%
- F.I.R. (7-13 μ): 90%
- Μείωση θερμοκρασίας περιβάλλοντος 5-10°C
- Μείωση αρδευτικών αναγκών κατά 20-30%

Κόκκινα φύλλα (LUMINESCENCE)

Πλαστικά φύλλα που περιέχουν ειδικές χρωστικές μπορούν να μετατρέψουν μέρος της απορροφούμενης UV ακτινοβολίας σε ερυθρά ακτινοβολία, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό της χρήσιμης ακτινοβολίας για τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα.. Έχουν όμως πολύ υψηλό κόστος (2-3 φορές περισσότερο από τα συμβατικά φύλλα).Οι επιδράσεις είναι οι ακόλουθες;

- Ο λόγος R/FR αυξάνεται σημαντικά.
- Συνιστώνται κυρίως για δρεπτά άνθη
- Αύξηση της παραγωγής

Οι κατασκευαστές τέτοιων PIGMENTS αναφέρουν ότι σε σχετικά πειράματα σε Ευρώπη, Αμερική, Αφρική, Ασία παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής κόκκινων τριαντάφυλλων 25-5-% (Κυκριλής 2009).

Μπλε φύλλα νανισμού

Τα μπλε φύλλα με υψηλό λόγο BLUE/RED και χαμηλό R/FR προκαλούν αύξηση του νωπού βάρους και της φυλλικής επιφάνειας στο αγγούρι (λιγότερο όμως στην τομάτα). Γενικά τα φυτά ανταποκρίνονται στην ένταση του μπλε φωτός.. Μειώνοντας το μπλε, βοηθάμε την επιμήκυνση των φυτών. Επομένως η απόλυτη παρουσία του μπλε φωτός επηρεάζει το ύψος και την ποιότητα των φυτών. (Internet 3)

Υλικά κάλυψης “UV-OPEN”

Είναι υλικά κάλυψης που επιτρέπουν όλη τη UV-A & UV-B ακτινοβολία να εισέλθει στο θερμοκήπιο. Χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση του χρωματισμού, τη σκλήρυνση και μικρότερη επιμήκυνση των στελεχών. Μερικές καλλιέργειες παράγουν το χαρακτηριστικό τους χρώμα, μόνο κάτω από “UV-OPEN” υλικά κάλυψης (π.χ. κόκκινη σαλάτα, μερικές ποικιλίες τριαντάφυλλων). Τα “UV-OPEN” φύλλα είναι απολύτως φιλικά στους βομβίνους., μειώνουν δραματικά τη

χρήση αγροχημικών και τη δημιουργία μαύρων στιγμάτων στα κόκκινα τριαντάφυλλα (Κυκριλής 2009) και (Internet 6).

Υλικά κάλυψης παρεμπόδισης συγκεκριμένου μήκους ακτινοβολίας

Ειδικές χρωστικές βασισμένες στη Mica (είδος πέρλας) μπορούν να προκαλέσουν αντανάκλαση του πράσινου και & NIR φωτός, προσφέροντας έτσι αξιοσημείωτο δροσισμό και διάχυση του φωτός. Παρά το υψηλό κόστος (λόγω πατέντας) των χρωστικών αυτών (Mica), αυτή η κατηγορία υλικών κάλυψης μειώνει το στρες της καλλιέργειας από τις υψηλές θερμοκρασίες και ταυτόχρονα επιτρέπει την είσοδο περισσότερου μπλε και ερυθρού φωτός (Κυκριλής 2009).

Σύμφωνα με τους E. Espí et al (2006), τα antidrip, UV-blocking, NIR-blocking, fluorescent και ultrathermic υλικά κάλυψης, έχουν αυξημένη ζήτηση στην Κίνα και σιγα σιγά σε όλο τον κόσμο. Οι βασικές ιδιότητες για αυτές τις εφαρμογές είναι η διάρκεια και οι οπτικές ιδιότητες αυτών (υπεριώδης ακτινοβολία, ορατή, κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία και μέση υπέρυθρη ακτινοβολία).

1.4. Σκοπός

Σύμφωνα με την εισαγωγή που προηγήθηκε, γίνεται κατανοητό ότι είναι απαραίτητη η χρήση νέων τεχνολογιών στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων, για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών μέσα σε αυτά, καθώς και για την αύξηση της παραγωγής. Στόχος είναι η μείωση των αναγκών ψύξης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες. Για τους λόγους αυτούς δοκιμάζεται ένα νέο υλικό κάλυψης με υψηλή ανακλαστική ικανότητα της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) και χαμηλή περατότητα στη θερμική ακτινοβολία και μελετάται η επίδρασή του στο μικροκλίμα και στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκρίνονται με αυτά ενός άλλου υλικού κάλυψης με χαμηλή περατότητα στη θερμική ακτινοβολία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στο μικροκλίμα

Στις βόρειες χώρες, με τους πιο κρύους χειμώνες, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένα σημαντικό ζήτημα. Επιπλέον κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού απαιτείται ψύξη εκτός από τον φυσικό εξαερισμό που αφαιρεί την επιπλέον ενέργεια. Στις νότιες χώρες με υψηλότερη ολική ακτινοβολία και υψηλότερη υπαίθρια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η ψύξη των θερμοκηπίων είναι ένα ακόμα πιο σημαντικό ζήτημα. (Stanghellini 1987).

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους García-Alonso et al. (2005) σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Almeria και το ίδρυμα αγροτικής και διατροφικής ανάπτυξης (IMIDA), στη νότια Ισπανία, έγινε σε καλλιέργεια πιπεριών, έχει δείξει ότι κατά τη σύγκριση του νέου υλικού κάλυψης (NIR), με ένα κοινό υλικό κάλυψης, η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη κάτω από το νέο υλικό κάλυψης απ' ότι στο κοινό υλικό, κατά τη διάρκεια όλης της ελεγχόμενης περιόδου.

Σύμφωνα με τους Hemming et al. (2003) ενώ πίστευαν ότι η καλλιέργεια πρέπει να διατηρήσει σε υψηλό επίπεδο το ποσοστό διαπνοής κατά τη διάρκεια της ζεστής περιόδου για να δροσιστεί, το ποσοστό διαπνοής μπορεί να κυμαίνεται περίπου στο 30% έως 10-15%. Εντούτοις, σε αντίθεση με την κάλυψη με ένα υλικό που ανακλά την NIR ακτινοβολία, σε ασπρίσματα που πραγματοποιήθηκαν στον οροφή διαπιστώθηκε ότι μπορούν να μειώσουν το ποσό της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο, το οποίο άμεσα μειώνει τη φωτοσύνθεση των περισσότερων φυτών και ως αποτέλεσμα μειώνει σημαντικά την παραγωγή, σε καλλιέργεια τομάτας, αγγουριού και γλυκιάς πιπεριάς. Ένα υλικό κάλυψης που ανακλά την NIR ακτινοβολία είναι αποδοτικότερο από ένα υλικό κάλυψης που απορροφά την NIR ακτινοβολία. Τα υλικά που ανακλούν την NIR ακτινοβολία δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δεδομένου ότι προκαλούν μια ανεπιθύμητη πτώση θερμοκρασίας.

Αυτά τα υλικά κάλυψης οδηγούν σε μια σημαντική μείωση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο, ειδικά κατά τη διάρκεια των περιόδων με υψηλή ακτινοβολία (Verlodt και Verschaeren 1997).

Παρόμοια μελέτη για τις επιδράσεις της τεχνολογίας ενός φίλτρου NIR, στο κλίμα του θερμοκηπίου (θερμοκρασία αέρα, υγρασία, κατανάλωση ενέργειας, συγκέντρωση CO₂), σε καλλιέργεια τομάτας ποσολογήθηκαν και από τους (Hemming et al 2005).

Ένα νέο σχέδιο θερμοκηπίων που ενσωματώνει και ένα φίλτρο για την απόρριψη κοντά στην υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) και ένα ηλιακό σύστημα ψύξης μελετήθηκε από τους Sonneveld et al. (2006). Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι είναι ομοιογενές και παρέχει υψηλού επιπέδου φωτισμό στο θερμοκήπιο. Ο δροσισμός του θερμοκηπίου είναι ένα σημαντικό ζήτημα για το συνδυασμό υψηλής ολικής ακτινοβολίας και υψηλών υπαίθριων θερμοκρασιών.

Οι Kempkes et al. (2008) ισχυρίζονται ότι μόνο περίπου η μισή από την ενέργεια που εισέρχεται σ' ένα θερμοκήπιο με τη μορφή μικρού μήκους ηλιακής ακτινοβολίας είναι χρήσιμη για τη φωτοσύνθεση (PAR, φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία). Σχεδόν όλο το υπόλοιπο ενεργειακό μέρος είναι στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία; (NIR) και θερμαίνει το θερμοκήπιο και την καλλιέργεια συμβάλλοντας στην διαπνοή, η οποία δεν είναι απαραίτητως πάντα επιθυμητή. Εκτός από τη μείωση της θερμοκρασίας των θερμοκηπίων (που είναι ο αρχικός στόχος), ένα NIR κάλυμμα έχει αρκετές παρενέργειες, οι οποίες μπορούν να γίνουν ιδανικές στα παθητικά ή στα ημιπαθητικά θερμοκήπια που είναι χαρακτηριστικά σε υψηλά ενεργειακές συνθήκες. Με τη μείωση της απαίτησης εξαερισμού, μια τέτοια κάλυψη μπορεί να εμποδίσει την εισροή του διοξειδίου του άνθρακα, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το ποσοστό της φωτοσύνθεσης.

Ο Vanthoor et al. (2007) προσπάθησαν να εφαρμόσουν μια πολλαπλή προσέγγιση των παραμέτρων σχεδίασης ενός θερμοκηπίου. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια τομάτας σε ένα παθητικό θερμοκήπιο, (δηλαδή ένα θερμοκήπιο με μόνο φυσικό εξαερισμό και εποχιακό άσπρισμα της οροφής, για τη διαχείριση του κλίματος στο εσωτερικό του. Οι παράμετροι που ερευνήθηκαν σε αυτήν την έρευνα, ήταν η περατότητα του υλικού κάλυψης στη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR) και της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR), ο συντελεστής εκπομπής για τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία στο υλικό κάλυψης και ο εξαερισμός. Η παραγωγή σε ένα θερμοκήπιο με υψηλή ικανότητα εξαερισμού, ήταν η πιο ευαίσθητη στη μετάδοση της φωτοσυνθετικά ενεργούς

ακτινοβολίας (PAR) (0,45% περισσότερη παραγωγή, για κάθε αύξηση 1% της περατότητας της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας) ενώ σε ένα θερμοκήπιο με χαμηλή ικανότητα εξαερισμού, η παραγωγή της καλλιέργειας ήταν πιο ευαίσθητη στην περιοχή εξαερισμού (0,63 %) και στην μετάδοση της NIR ακτινοβολίας (-0,56 %). Επιπλέον, η ευαισθησία της καλλιέργειας στις παραμέτρους του σχεδίου ποίκιλε μέσα στο χρόνο λόγω των μεταβαλλόμενων εξωτερικών συνθηκών.

Οι αγρότες που καλλιεργούν πιπεριές στη νότια Ισπανία, έχουν σοβαρά προβλήματα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επιτυγχάνονται μέσα στο θερμοκήπιο. Ο López-Marín et al. (2007) μελέτησαν σε σύγχρονα θερμοκήπια multitunnel, αυτά τα προβλήματα και υποστηρίζουν ότι η σκιαζόμενη οροφή, ο εξαερισμός στην οροφή και το άσπρισμα της οροφής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί αυτό το πρόβλημα, αν και δεν είναι αρκετά για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του. Στα παραδοσιακά "parral" θερμοκήπια, μόνο το άσπρισμα και ο πλευρικός εξαερισμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ένα εναλλακτικό σύστημα για χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι η χρήση ενός καλύμματος που αντανακλά στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Το υλικό που μελετήθηκε και το άσπρισμα, μείωσαν τη θερμοκρασία.

Σύμφωνα με τους Heuvelink και González-Real (2007), τα ημίκλειστα θερμοκήπια επιτρέπουν τον καλύτερο έλεγχο των κλιματικών παραγόντων έναντι των συμβατικών θερμοκηπίων. Όχι ένα υλικό κάλυψης με υψηλή μετάδοση του φωτός, αλλά ένα υλικό με χαμηλή μετάδοση (NIR), οδηγεί σε ένα καλύτερο κλίμα κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου (μειωμένες θερμοκρασίες, λιγότερη διαπνοή της καλλιέργειας, υψηλότερη συγκέντρωση CO₂, πιθανό λόγω της μειωμένης απαίτησης εξαερισμού). Η αύξηση της διάχυτης δύναμης του υλικού κάλυψης θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια καλύτερη διανομή της ακτινοβολίας, επομένως στην ουσιαστική αύξηση της απορροφημένης ακτινοβολίας (μέχρι 20% για το υψηλό ανακλαστικό κάλυμμα) και στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγής της χρησιμοποιούμενης ακτινοβολίας.

Οι υψηλές θερμοκρασίες και η υγρασία μέσα στα θερμοκήπια που βρίσκονται στους τροπικούς κύκλους είναι ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς για διάφορες καλλιέργειες σε περιοχές όπως η κεντρική Ταϊλάνδη. Μελέτες για αυτό το πρόβλημα πραγματοποιήθηκαν από τους Mutwiwa et al. (2007) σε δύο φυσικά

αεριζόμενα θερμοκήπια καλυμμένα με δίχτυα αντοχής στα έντομα και εξαερισμό οροφής. Σκοπός ήταν να ερευνηθούν την επίδραση στο κοντινό υπέρυθρο (NIR), στο μικροκλίμα των θερμοκηπίων και την αύξηση των φυτών. Από το πείραμα διαπιστώθηκε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα του θερμοκηπίου μέχρι 4°C και στη μείωση κατά 18% της μετάδοσης της ολικής ακτινοβολίας. Η σκίαση που πραγματοποιήθηκε, μείωσε την απαίτηση σε νερό των φυτών και την κατανάλωση της ισχύος των ανεμιστήρων. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι ο συνδυασμός φυσικού εξαερισμού και ανακλαστικού-NIR υλικού κάλυψης μπορεί να αποτελεί μια λύση για τον δροσισμό των θερμοκηπίων στις περιοχές με υψηλή περιβαλλοντική υγρασία και υψηλά ηλιακά επίπεδα ακτινοβολίας.

Οι Impron et al. (2008) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα υλικά κάλυψης με υψηλή ανακλαστική ικανότητα συνέβαλλαν στο δροσισμό του θερμοκηπίου σε αντίθεση με δύο τρόπους αερισμού του θερμοκηπίου, που πραγματοποιήθηκαν με διαφορετικό ποσοστό ανοίγματος μεταξύ τους, τα οποία δεν επηρέασαν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Επίσης οι Nilsen et al. (2000) οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία αέρα στο θερμοκήπιο με το φωτοεκλεκτικό υλικό δεν ξεπέρασε ποτέ τους 30°C σε αντίθεση με τον μάρτυρα (φύλλο PE)

2.2 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στα φυτά

Οι García-Alonso et al. (2005), στη νότια Ισπανία σε μια καλλιέργεια πιπεριών απέδειξαν ότι κατά τη σύγκριση του νέου υλικού κάλυψης (NIR), με ένα κοινό υλικό κάλυψης, το ύψος των φυτών και η φυτική ανάπτυξή τους ήταν υψηλότερα στο νέο υλικό. Επίσης ο αριθμός των χαλασμένων καρπών ήταν χαμηλότερος.

Είναι ευδιάκριτο ότι το απλό φύλλο PE επιτρέπει ακόμη περισσότερο την είσοδο στο θερμοκήπιο, της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο (NIR), απ' ό,τι το απλό γυαλί, βάση της έρευνας των Hemming et al. (2003). Αυτό μπορεί να έχει μια θετική επίδραση στην επιμήκυνση των μίσχων διάφορων διακοσμητικών φυτών και είναι επίσης δυνατό να επηρεαστεί το άνθισμα και άλλες παράμετροι αύξησης των φυτών.

Οι Impron et al. (2008) δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τιμές της φυλλικής επιφάνειας των φυτών του μάρτυρα (φύλλο PE) και του

θερμοκηπίου που ήταν καλυμμένο με το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης. Οι Nilsen et al. (2000) βρήκαν σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία των φύλλων των φυτών. Η θερμοκρασία των φύλλων ήταν κατά 10% χαμηλότερη στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις αποδόσεις των δύο θερμοκηπίων αλλά ούτε και στον βαθμό απορρόφησης του CO₂ από τα φυτά.

2.3 Επίδραση της NIR ακτινοβολίας στην απόδοση

Ο García-Alonso et al. (2005) σε συγκριτική μελέτη που πραγματοποίησαν σε καλλιέργεια τομάτας μεταξύ του νέου υλικού κάλυψης (NIR) και ενός κοινού υλικού κάλυψης διαπίστωσαν ότι κατά τη διάρκεια των κρύων μηνών, η συγκομιδή καθυστέρησε κάτω από το νέο υλικό, όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας. Την άνοιξη όμως η συγκομιδή ανάκτησε την καθυστέρηση και στο τέλος είχε τη μέγιστη εμπορική παραγωγή, με μια σημαντική αύξηση της τάξης του 26% σε καρπό ανά φυτό.

Ο López-Marín et al. (2007) σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Ισπανία σε καλλιέργεια πιπεριάς, διαπίστωσε πως ένα εναλλακτικό σύστημα για την αντιμετώπιση των χαμηλών θερμοκρασιών, είναι η χρήση ενός καλύμματος που αντανακλά στο κοντινό υπέρυθρο (NIR). Αυτό το υλικό κάλυψης και το άσπρισμα της οριφής, αύξησαν την παραγωγή. Επίσης η ποιότητα των καρπών που λήφθηκαν ήταν καλύτερη.

Οι Mutwiwa et al. (2007) σε ένα πείραμα που πραγματοποίησαν για το πρόβλημα ψύξης των θερμοκηπίων, χρησιμοποίησαν δύο θερμοκήπια που το ένα ήταν καλυμμένο με φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης με υψηλή ικανότητα ανάκλασης της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας και το άλλο θερμοκήπιο ήταν καλυμμένο με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου το οποίο ήταν εξοπλισμένο με σύστημα υγρής παρειάς. Διαπίστωσαν ότι στο δεύτερο θερμοκήπιο υπήρξε μια μικρή μείωση της εμπορεύσιμης παραγωγής και μια υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών, λόγω του σχισίματος. Το ποσοστό του σχισίματος ήταν πολύ χαμηλότερο στο πρώτο θερμοκήπιο.

Οι Chaibi και Jilar (2004) πραγματοποίησαν έρευνα για το πρόβλημα του υφάλμυρου νερού στην άρδευση των θερμοκηπίων. Διαπίστωσαν ότι το πρόβλημα

στην παραγωγή θα μπορούσε να λυθεί με περισσότερα φωτοεκλεκτικά υλικά γυαλιού (NIR -απορρόφηση). Αυτό θα μπορούσε να βελτιώσει την παραγωγή και να αποβάλει την εποχιακή απαίτηση αποθήκευσης των προϊόντων.

2.4 NIR ακτινοβολία και ηλιακή ενέργεια

Σύμφωνα με τους Hemming et al. (2003) εάν συγκρίνουμε τη δυνατότητα να δεσμεύσουμε την ηλιακή ενέργεια από το θερμοκήπιο, η χαμηλότερη μετάδοση ηλιακής ενέργειας παρουσιάζεται στα θερμοκήπια από γυαλί + NIR και όχι στα θερμοκήπια από πλαστικό + NIR.

Το πλαστικό υλικό κάλυψης + NIR είναι σε θέση να μειώσει το ποσοστό της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) μέχρι 25%, ενώ το υλικό κάλυψης από γυαλί + NIR είναι σε θέση να μειώσει το ποσοστό της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) μέχρι 50 - 70%. Είναι ευδιάκριτο ότι το απλό φύλλο PE επιτρέπει ακόμη περισσότερο την είσοδο στο θερμοκήπιο της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο (NIR), απ' ό,τι το απλό γυαλί.

Έρευνα πραγματοποιήθηκε από τους Sonneveld et al. (2008) και Sonneveld et al. (2006), για την ανάπτυξη ενός νέου τύπου θερμοκηπίου με ένα ενσωματωμένο φίλτρο για την απόρριψη στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) και ένα σύστημα απελευθέρωσης της ηλιακής ενέργειας. Οι ιδιότητες αυτών των υλικών μπορούν να εμποδίσουν μέχρι 50% της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας στο θερμοκήπιο, το οποίο θα μειώσει με τη σειρά του, την αναγκαία ικανότητα ψύξης. Όταν το ανακλαστικό - NIR υλικό κάλυψης ενσωματώνεται στο θερμοκήπιο ως παραβολικός ή κυκλικός διαμορφωμένος ανακλαστήρας, τότε η ανακλώμενη ηλιακή ενέργεια συγκεντρώνεται σε ένα σημείο εστίασης με τη χρήση ενός κυττάρου PV και απελευθερώνει ηλεκτρική ενέργεια σε ένα σύστημα ψύξης ανεμιστήρων και μαξιλαριών. Η περίσσεια της παραγόμενης ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαλάτωση ή/και τον ενεργειακό ανεφοδιασμό του θερμοκηπίου.

Από τα αποτελέσματα των Arcediaco et al (1999) προέκυψε ότι ο μάρτυρας (φύλλο PE) είχε μεγαλύτερη περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Την καλοκαιρινή περίοδο το θερμοκήπιο με το φωτοεκλεκτικό υλικό, δεν βελτίωσε σημαντικά τις συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας.

2.5 Άλλα υλικά κάλυψης και επιδράσεις

Έρευνα στον Καναδά έχει δείξει ότι το αντιχαλαζιακό υλικό κάλυψης είναι σημαντικό για τη διατήρηση της θερμότητας στα θερμοκήπια Zhang et al. (1995).

Σε άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Öztürk, και Başçetinçelik (2003) διαπιστώθηκε ότι η θερμική αποτελεσματικότητα του PE υλικού κάλυψης ήταν 16% ενώ του καλύμματος από πολυεστέρα 19,8%

Έρευνα του Al-Amri (2000) έδειξε ότι σε καλλιέργεια αγγουριού, το σύστημα ψύξης με εξάτμιση μέσα σε θερμοκήπιο από φίμπεργκλας ήταν αποδοτικότερο απ' ό τι στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο από πολυαιθυλένιο. Αυτό οφείλεται στην διαφορά στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στα δύο θερμοκήπια. Το θερμοκήπιο από φίμπεργκλας ενίσχυσε το ρυθμό ανάπτυξης και αύξησε τη παραγωγή των αγγουριών κατά 32,87% έναντι του θερμοκηπίου που ήταν καλυμμένο από πολυαιθυλένιο.

Θερμοκήπιο με υλικό κάλυψης διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου είναι καλύτερο σε σύγκριση με άλλα παρόμοια υλικά κάλυψης πολυαιθυλενίου, επειδή παρουσιάζεται υψηλότερη παραγωγικότητα και χαμηλότερη απαίτηση σε θέρμανση το θερμοκήπιο, σύμφωνα με τον ισχυρισμό των Cemek et al. (2006).

Έρευνα απέδειξε ότι θερμοκήπιο με διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου και θερμοκήπιο με ακρυλικό υλικό κάλυψης, εξοικονομούν 30% θερμική ενέργεια έναντι θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί γυαλί ως υλικό κάλυψης. Papadopoulos and Hao (1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Ο Πειραματικός αγρός

Το Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας διέθεσε για την εκτέλεση του προγράμματος δύο παρόμοια τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια έκτασης 160 m² το καθένα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμοκηπίων ήταν : μήκος 20 m, πλάτος 8 m, ύψος ορθοστάτη 2.4 m, ύψος κορφιά 4.1 m. Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν πλήρως καλυμμένο με αδιαφανές, διπλής όψεως ασπρόμαυρο πλαστικό. Μέχρι τις 30/01/09 είχε ολοκληρωθεί η κάλυψη των θερμοκηπίων με τα νέα πλαστικά φύλλα στα δύο πειραματικά θερμοκήπια: α) το πρώτο θερμοκήπιο καλύφθηκε με το super thermic και high NIR reflection υλικό κάλυψης και β) το δεύτερο θερμοκήπιο καλύφθηκε με το super thermic υλικό κάλυψης.

3.2. Το Υλικό κάλυψης

Τα 2 υλικά κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν και μελετήθηκαν ήταν κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο και παρήχθησαν από την Πλαστικά Κρήτης ABEE. Τα φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα :

1. Super thermic υλικό που παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στη θερμική ακτινοβολία
2. Super thermic + high NIR reflection (χρώματος ασημί) υλικό που παρουσιάζει μικρότερη περατότητα στη θερμική ακτινοβολία και υψηλότερη ανάκλαση της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο.

3.3. Πειραματικό σχέδιο

Οι κλιματικές και αγρονομικές μετρήσεις του super thermic συγκρίθηκαν με το super thermic +NIR υλικό, για να μελετηθεί η επίδραση της ανακλαστικής ιδιότητας του καλύμματος στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία, στο μικροκλίμα και στην παραγωγή.

3. 4. Τα πειραματικά φυτά

Σε κάθε θερμοκήπιο υπήρχαν 4 διπλές γραμμές φύτευσης, οι οποίες απείχαν μεταξύ τους 1,5 m. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν στα θερμοκήπια σε αποστάσεις 0,75 m και 0,33 m επί των απλών γραμμών φύτευσης της κάθε διπλής γραμμής.. Έτσι ο πληθυσμός των φυτών ήταν 2,1 φυτά/ m². Από κάθε θερμοκήπιο επιλέχθηκαν τυχαία 8 φυτά, φυτεμένα σε υπόστρωμα πετροβάμβακα τύπου GRODAN MASTER. Η επίδραση του περιθωρίου εξαλείφθηκε με την επιλογή φυτών από τις 2 εσωτερικές διπλές σειρές και κάθε πειραματικό φυτό έφερε ατομικό καρτελάκι με αύξοντα αριθμό.

3. 5. Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας *Lycopersicon italics*, var. Lorelay. Το υβρίδιο αυτό είναι τύπου cluster, αυτογονιμοποιούμενο, απεριόριστης ανάπτυξης, με καρπό μεγάλης διάρκειας. Τα φυτά προμηθεύτηκαν από την εταιρία AGRIPANT και ήταν φυτρωμένα σε κύβους πετροβάμβακα GRODAN. Η τελική μεταφύτευση στα θερμοκήπια έγινε 02/02/2009 και η καλλιέργεια είχε διάρκεια έως τις 30/06/2009.



Εικόνα 1. Αποψη της εγκατεστημένης καλλιέργειας τομάτας σε ένα από τα δυο πειραματικά θερμοκήπια στις 13 Φεβρουαρίου 2009

3. 6. Καλλιεργητική τεχνική

3. 6. 1 Κλάδεμα

Η αφαίρεση των πλάγιων βλαστών πραγματοποιούνταν κάθε βδομάδα. Στις 15/05/2009 έγινε κορυφολόγημα των φυτών, ενώ από τις 04/05/2009 που ξεκίνησε η συγκομιδή των καρπών, ξεκίνησε και η αποφύλλωση των φυτών, με στόχο να μείνουν κάτω από κάθε ταξικαρπία 3 φύλλα, ώστε να βοηθηθεί ο καλύτερος φωτισμός του καρπού και ο αερισμός του φυτού.

3. 6. 2 Υποστύλωση

Για την υποστύλωση των φυτών χρησιμοποιήθηκαν κλιπ, με τα οποία, όταν τα φυτά περάσουν το ύψος των οριζόντιων συρμάτων, τότε ξετυλίγεται ο σπάγκος και τα φυτά χαμηλώνουν σε επίπεδο που να μπορούν να δέχονται πιο εύκολα τις καλλιεργητικές φροντίδες.



Εικόνα 2. «Κατέβασμα» των φυτών με τα κλιπ.

3. 6. 3 Γονιμοποίηση

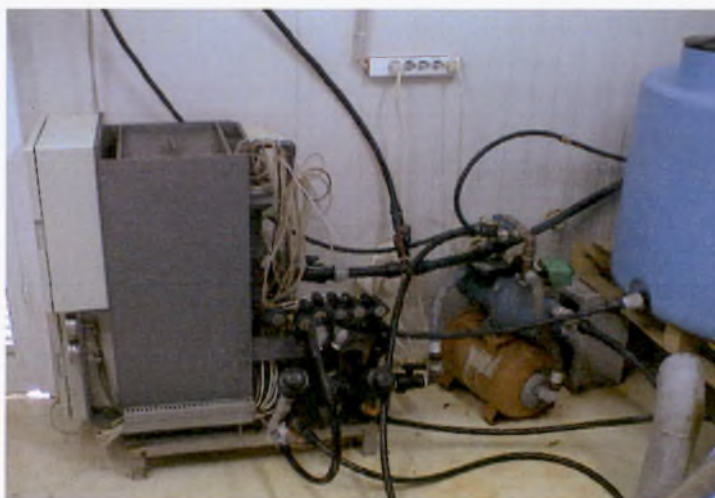
Για τη γονιμοποίηση των φυτών εγκαταστάθηκε στις 02/03/2009 σε κάθε θερμοκήπιο μια κυψέλη του εντόμου *bombus terrestris*.

3. 7. Άρδευση- λίπανση

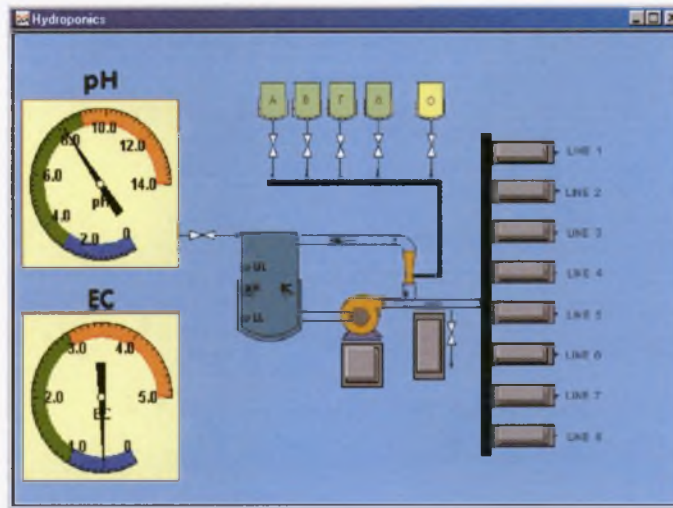
Η άρδευση και η λίπανση της υδροπονικής καλλιέργειας γινόταν με το σύστημα της στάγδην άρδευσης με παροχή σταλακτών $1 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$. Εφαρμόστηκε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα με το οποίο το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται. Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος έγινε με τη χρήση ενός Η/Υ με το κατάλληλο λογισμικό (Εικόνα 4), μιας σειράς δοσομετρικών αντλιών (Εικόνα 3), ενός pHμέτρου, ενός αγωγιμομέτρου και τριών δεξαμενών. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος δίνεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε στην υδροπονική καλλιέργεια

Στοιχείο	
K^+	280
Mg	46
$\text{SO}_4^{=}$	40
$\text{PO}_4^{=}$	40
Ca^{+2}	164
NO_3^-	233



Εικόνα 3. Δοσομετρικές αντλίες και δεξαμενές



Εικόνα 4. Λογισμικό σύστημα παρασκευής θρεπτικού

3. 8. Θέρμανση

Για τη θέρμανση των θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκαν 3 καυστήρες πετρελαίου με ονομαστική ισχύ 48.8 kW ο κάθε ένας. Η θέρμανση γινόταν με αερόθερμα και με εύκαμπτους σωλήνες διανομής διαμέτρου 25 mm που είχαν τοποθετηθεί επάνω στο έδαφος, κοντά στα φυτά. Το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες είναι χαμηλής θερμοκρασίας, μέχρι 45 °C και η μετάδοση της θερμότητας του γίνεται με αγωγιμότητα προς το έδαφος και τις ρίζες των φυτών, με ακτινοβολία προς το υπέργειο μέρος των φυτών και με συναγωγή προς το περιβάλλον. Στο σύστημα των αγωγών μεταφοράς του νερού από το λέβητα στο αερόθερμο και από το αερόθερμο προς την επιδαπέδια θέρμανση τοποθετήθηκαν 2 ροόμετρα, προκειμένου να υπολογιστεί η ενέργεια που δίνει το σύστημα θέρμανσης.

Από την αρχή του πειράματος (2/2/2009) μέχρι (27/2/2009) ο έλεγχος γινόταν από το εσωτερικό των θερμοκηπίων χωρίς κεντρικό έλεγχο. Από τις 27/2/2009 ο έλεγχος γίνεται μέσω των Data loggers με βάση τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό κάθε θερμοκηπίου :

- Έλεγχος αερόθερμου: έναρξη 14°C διακοπή στους 15°C
- Έλεγχος επιδαπέδιας: έναρξη στους 14.8°C και διακοπή στους 15.5°C

Από 13/4 ο έλεγχος τροποποιείται :

- Έλεγχος αερόθερμου: έναρξη 7,5°C διακοπή στους 8°C.
- Έλεγχος επιδαπέδιας: έναρξη στους 7°C και διακοπή στους 8°C.

Από τις 28/04/2009 έως το τέλος του πειράματος οι καυστήρες ήταν κλειστοί προκειμένου να μελετηθεί η διακύμανση της θερμοκρασίας σε κάθε θερμοκήπιο.

Σχετικά με τον αερισμό, από 02/02/2009 έως 20/03/2009 ο αερισμός, γινόταν από τις 09:00 το πρωί μέχρι τις 16:00 με 30% άνοιγμα οροφής. Από 20/03/2009 έως 09/04/2009 ο αερισμός είχε τιμές στόχους 22 - 30 °C για την οροφή και 26-32C⁰ για τα πλαϊνά ανοίγματα και στα δύο θερμοκήπια. Όμως από τις 09/04/2009 έως το τέλος του πειράματος, οι τιμές στόχοι ήταν 22 - 28 °C για την οροφή και 24-30°C για τα πλαϊνά ανοίγματα και στα δύο θερμοκήπια. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας ήταν τοποθετημένοι μέσα στην καλλιέργεια.

3. 9. Οπτικές ιδιότητες των θερμικών φύλλων

Για την μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης, πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις, στην έναρξη της καλλιέργειας και στο τέλος της καλλιέργειας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο, με τη χρήση ενός φωτοραδιόμετρου (LICOR 1800) όπου με τη σφαίρα ολοκλήρωσης, μετρήθηκε η ακτινοβολία μιας φωτεινής πηγής, η οποία διέρχονταν διαμέσω των πλαστικών. Η μέτρηση έγινε για εύρος φάσματος 400 έως 1100 nm και για διαστήματα 2 nm. Η σφαίρα ολοκλήρωσης είχε 5 θύρες, στις 3 από τις 5 (A , B , C) υπήρχε η δυνατότητα προσαρμογής της λάμπας, στην 4^η προσαρμοζόταν μόνιμα η μονάδα αναφοράς και στην 5^η μπορούσε να τοποθετηθεί ο αισθητήρας του οργάνου. Μετρήθηκε για κάθε φύλλο ξεχωριστά η:

- Περαιτότητα
- Αντανάκλαση
- Απορρόφηση

3. 10. Κλιματικές μετρήσεις

3. 10. 1 Μικρού μήκους ακτινοβολία

Για τη μέτρηση της μικρού μήκους ακτινοβολία τοποθετήθηκαν και στα 2 θερμοκήπια, πυρανόμετρα τύπου KIPP&ZONEN CM6b, πάνω από το ύψος των φυτών.

3. 10. 2 Η θερμοκρασία και η υγρασία

Για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε κάθε θερμοκήπιο χρησιμοποιήθηκε η συσκευή MCQU climate control, της οποίας οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν μέσα στην καλλιέργεια. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και thermistors πάνω σε ορισμένα φυτά για να μετρηθεί η θερμοκρασία των φύλλων.

3. 10. 3 Κατανάλωση ενέργειας

Στο σύστημα των αγωγών μεταφοράς του νερού από το λέβητα στο αερόθερμο και από το αερόθερμο προς την επιδαπέδια θέρμανση τοποθετήθηκαν 2 ροόμετρα, προκειμένου να υπολογιστεί η ενέργεια που δίνει το σύστημα θέρμανσης από τον τύπο:

$$Q = m * C_p * DT / (600 * 160) \text{ ανά } 10\text{λεπτο και ανά } m^2$$

(160 m² είναι η έκταση του κάθε θερμοκηπίου).

3. 10. 4 Καταγραφή μετρήσεων

Η καταγραφή και η επεξεργασία των μετρήσεων της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της καθαρής ακτινοβολίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της ροής του νερού του συστήματος θέρμανσης, γινόταν με το σύστημα (ZENO 3200 data-logger)

3.11 Αγρονομικές μετρήσεις

Αύξηση ενός φυτού ορίζεται η αύξηση της βιομάζας του ή των διαστάσεων του. Αποτελεί δηλαδή ποσοτικό όρο. Ανάπτυξη ορίζεται η εξέλιξη ενός φυτού προς μια πιο σύνθετη κατάσταση. Δεν είναι όμως μόνο η μετάβαση του από τη νεότητα στην ωριμότητα, αλλά και ο σχηματισμός και η εξέλιξη νέων οργάνων, η ωρίμανση αυτών κ.τ.λ.

Οι αγρονομικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημέρες :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Η.Μ.Μ
25/2/2009	22
11/3/2009	36
20/3/2009	45
6/4/2009	51
29/4/2009	73
13/5/2009	87
24/5/2009	98

Η.Μ.Μ : ημέρες μετά τη μεταφύτευση

Στις αγρονομικές μετρήσεις αναλύθηκε η εξέλιξη 8 φυτών από κάθε θερμοκήπιο.

Σε κάθε μέτρηση καταγράφονταν :

- Μήκος στελέχους
- Αριθμός φύλλων
- Μήκος και πλάτος φύλλων
- Αριθμός ταξιανθιών και ανοιχτών ανθέων της κάθε ταξιανθίας
- Αριθμός καρπών ανά ταξιανθία
- Αριθμός κόμβων



Εικόνα 5. Η καλλιέργεια στην αρχή της ωρίμανσης κατά την διάρκεια των αγρονομικών μετρήσεων

3. 12. Υπολογισμοί παραμέτρων αύξησης και ανάπτυξης

3. 12. 1 Φυλλική επιφάνεια

Ο υπολογισμός της φυλλικής επιφάνειας του φύλλου έγινε από τον τύπο:

$$L.A = 2,711 * 10^{-2} + 0,3104 * (\text{μήκος} * \text{πλάτος})$$

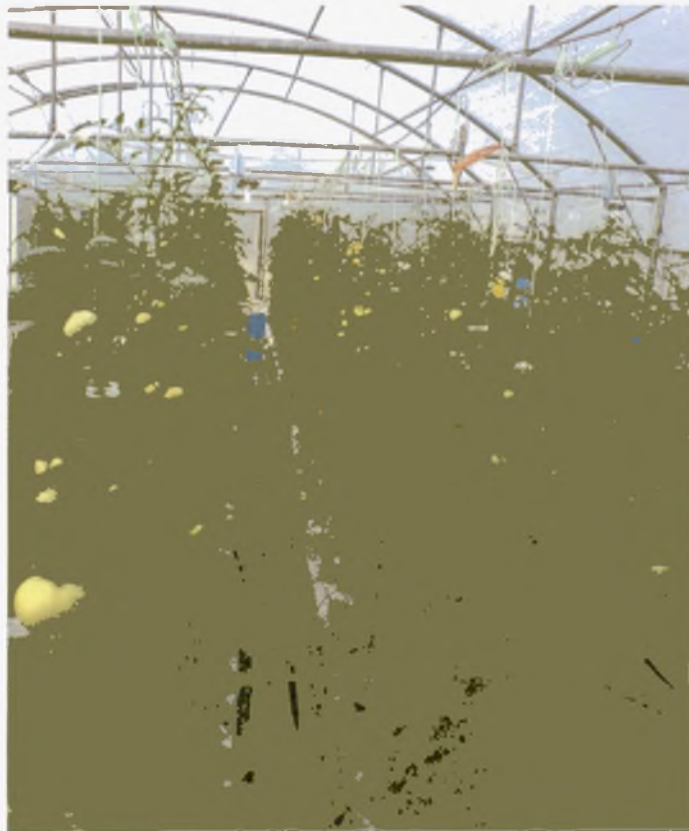
Ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας προέκυψε από τον τύπο:

$$L.A.I = L.A * 2,1$$

$$\text{Όπου } 2,1 = \text{πυκνότητα φυτών/ m}^2$$

3. 12. 2 Αριθμός κόμβων

Ο αριθμός κόμβων προέκυψε από το άθροισμα των φύλλων και των ταξιανθιών του κάθε φυτού.



Εικόνα 6. Αποψη της καλλιέργειας στις 3 Ιουνίου 2009

3. 12. 3. Μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων

Το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων προέκυψε από το λόγο του μήκους του στελέχους προς τον αριθμό των κόμβων.

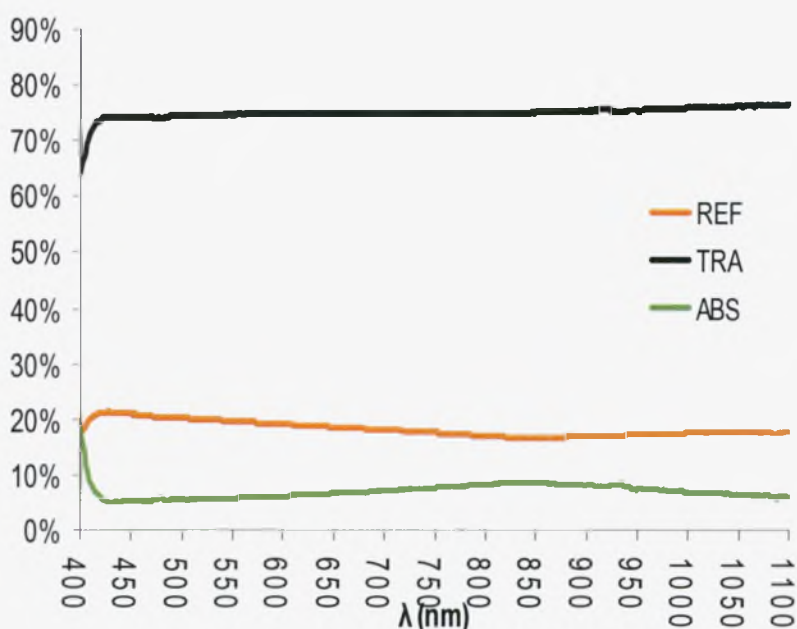
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ

Για την μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης, πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις, από την εξωτερική και την εσωτερική πλευρά του καλύμματος, στην έναρξη της καλλιέργειας και στο τέλος της καλλιέργειας, στο φάσμα 400-1100 nm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο, με τη χρήση ενός φωτοραδιόμετρου (LICOR 1800) όπου με τη σφαίρα ολοκλήρωσης, μετρήθηκε η ακτινοβολία μιας φωτεινής πηγής, η οποία διέρχονταν διαμέσου των πλαστικών. Επίσης μελετήθηκαν οι οπτικές ιδιότητες των υλικών στη θερμική ακτινοβολία, στα εργαστήρια της εταιρείας ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ. Οι τιμές των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών που παρουσιάζονται στη συνέχεια, είναι ο μέσος όρος τριών μετρήσεων.

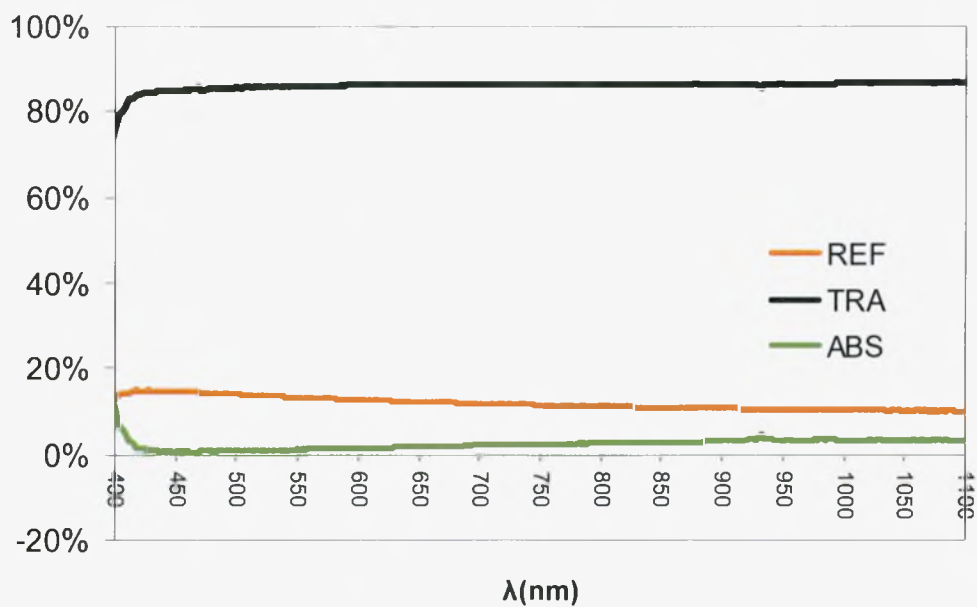
Στα Σχήματα (9,10,11,12,13,14,15,16,17,18) που ακολουθούν παρουσιάζονται οι καμπύλες των οπτικών ιδιοτήτων του super thermic και του super thermic+ NIR υλικού.

Δεδομένα πρώτης μέτρησης

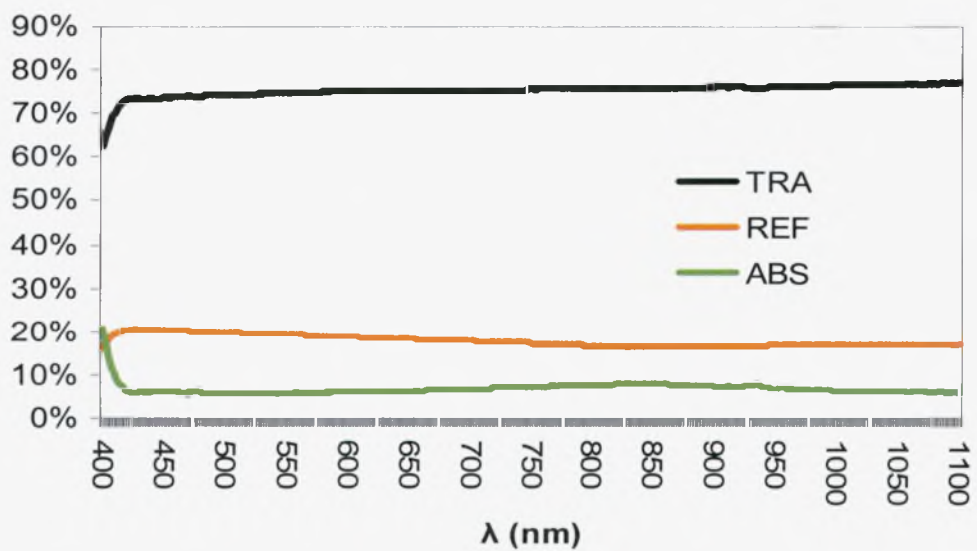


REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

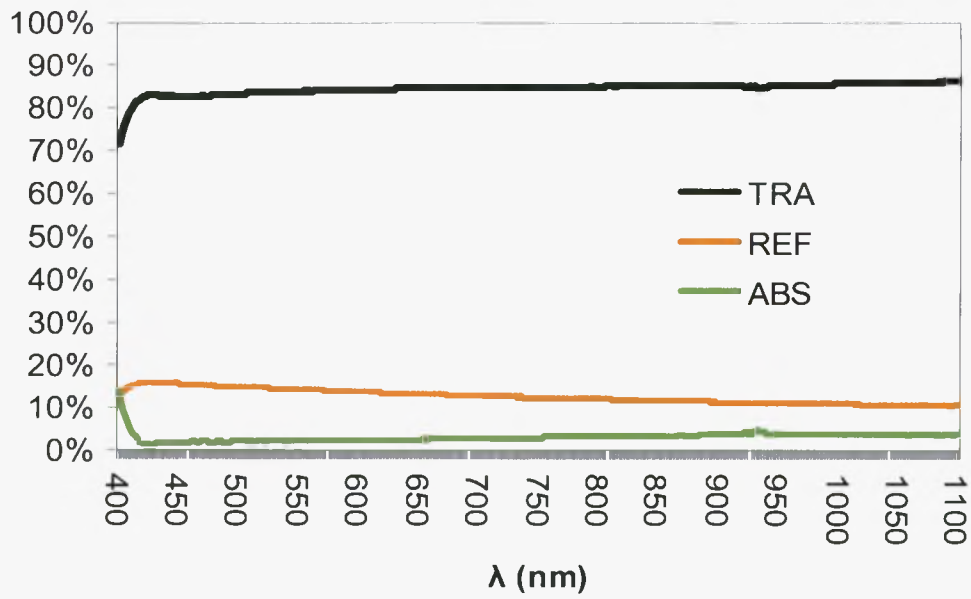
Σχήμα 9. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εξωτερική πλευρά του super thermic+ NIR στην 1^η μέτρηση.



REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα
Σχήμα 10. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εξωτερική πλευρά του *super thermic* στην 1^η μέτρηση



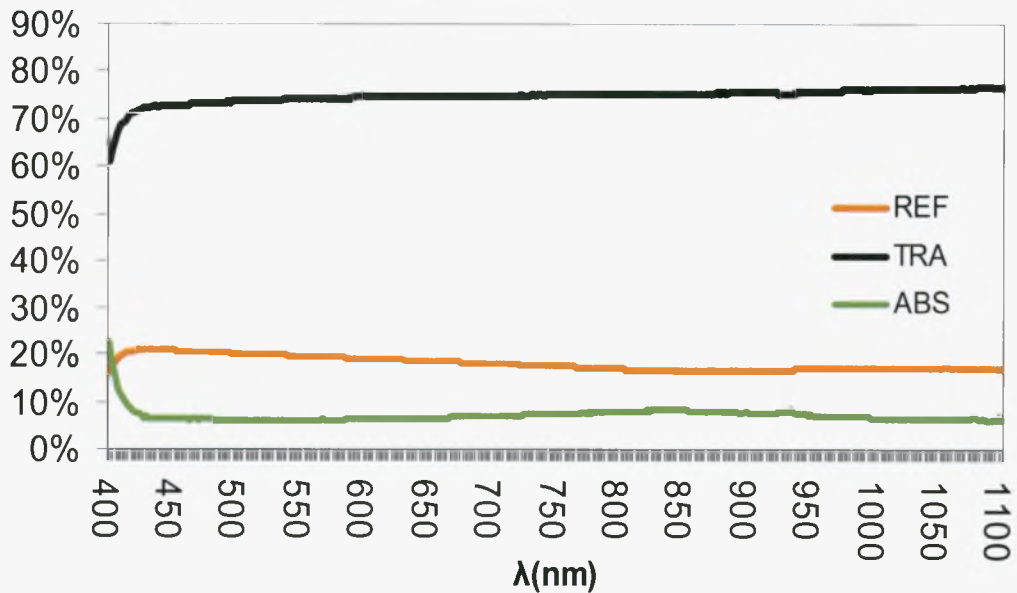
REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα
Σχήμα 11. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εσωτερική πλευρά του *super thermic + NIR* στην 1^η μέτρηση.



REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

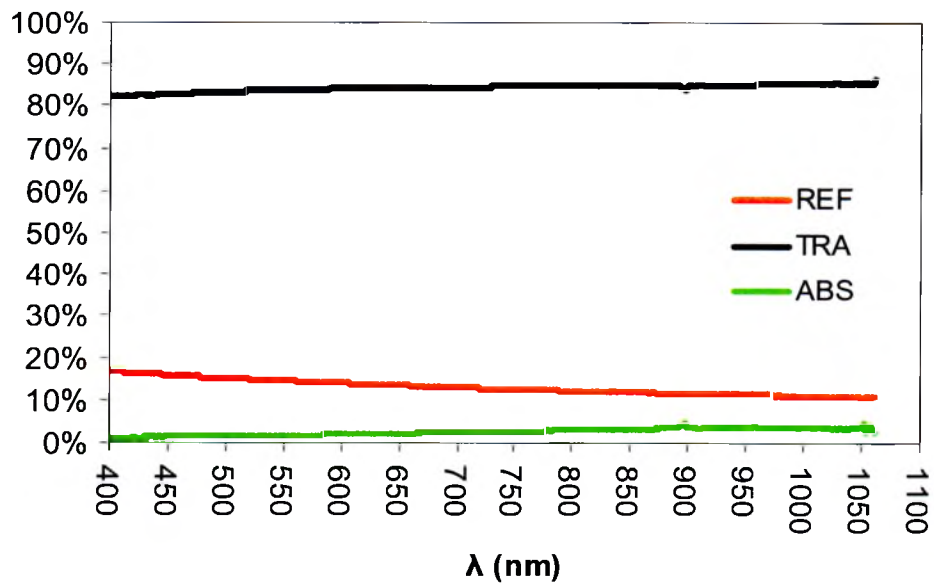
Σχήμα 12. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εσωτερική πλευρά του super thermic στην 1^η μέτρηση.

Δεδομένα δεύτερης μέτρησης



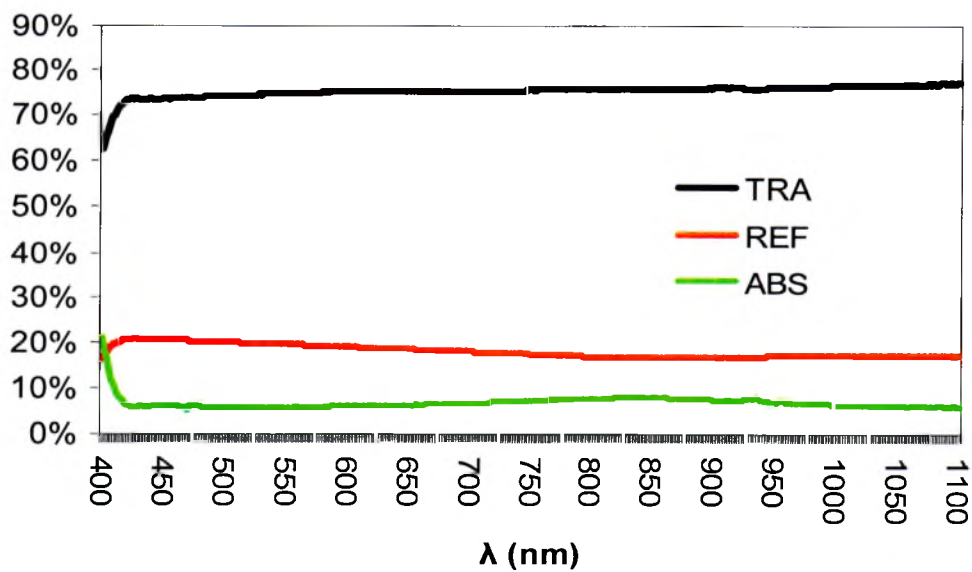
REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

Σχήμα 13. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εξωτερική πλευρά του super thermic+ NIR στην 2^η μέτρηση.



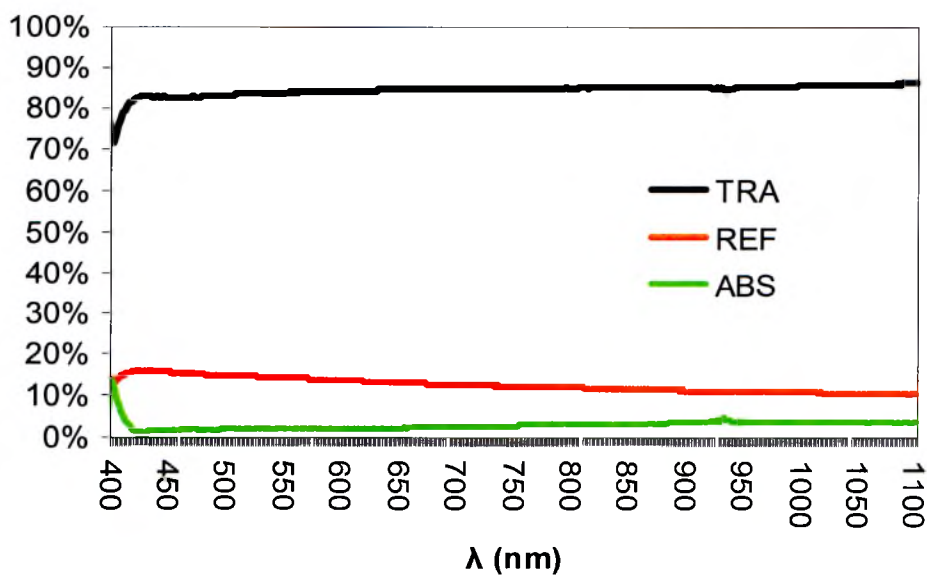
REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

Σχήμα 14. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εξωτερική πλευρά του super thermic στην 2^η μέτρηση.



REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

Σχήμα 15. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εσωτερική πλευρά του super thermic+NIR στην 2^η μέτρηση



REF: ανακλαστικότητα, ABS: απορροφητικότητα, TRA: διαπερατότητα

Σχήμα 16. Οι καμπύλες περατότητας, ανάκλασης και απορρόφησης για την εσωτερική πλευρά του *super thermic* στην 2^η μέτρηση.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι οπτικές ιδιότητες των δύο υλικών κάλυψης, τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική πλευρά τους. Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις για κάθε πλευρά του υλικού κάλυψης.



➤ **Εξωτερική πλευρά**

Πίνακας 4. Οι οπτικές ιδιότητες, της εξωτερικής πλευράς, των δύο υλικών κάλυψης σε διάφορα μήκη κύματος, όπως προκύπτει από μετρήσεις που έγιναν σε δείγματα που λήφθηκαν από το θερμοκήπιο, αμέσως μετά την εγκατάσταση, τον Φεβρουάριο.

ΜΕΤΡΗΣΗ 1 ^η (05/02/2009)						
	SUPER THERMIC +NIR			SUPER THERMIC		
	REF	TRA	ABS	REF	TRA	ABS
B(400-500)	0,2	0,74	0,06	0,14	0,84	0,02
R(600-700)	0,19	0,75	0,07	0,12	0,86	0,02
FR(700-800)	0,17	0,75	0,08	0,11	0,86	0,02
PAR (400-700)	0,19	0,74	0,06	0,13	0,85	0,01
T (400-1100)	0,18	0,75	0,07	0,12	0,86	0,02
NIR (700-1100)	0,17	0,75	0,07	0,11	0,86	0,03

- REF** : αντανάκλαση,
TRA : διαπερατότητα,
ABS : απορρόφηση
B : ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε
R : ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου,
FR : ακτινοβολία στην περιοχή του μακρινού κόκκινου,
PAR : ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία
T : ολική ακτινοβολία.
NIR : ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο

Από τον Πίνακα 4 προκύπτει το surper thermic + NIR κάλυμμα αντανακλά 30% περισσότερο από το surper thermic στην περιοχή του μπλέ, 36,8% στην περιοχή του κόκκινου, 35,2% στην περιοχή του μακρινού κόκκινου, 31,5% την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία, 33,3% την ολική ακτινοβολία και 35,3% στο κοντινό υπέρυθρο. Παρατηρώντας τον Πίνακα 2 για την ολική διαπερατότητα διαπιστώνουμε ότι το surper thermic υλικό έχει υψηλότερη διαπερατότητα από το surper thermic + NIR κάλυμμα σε όλα τα μήκη κύματος σε ποσοστό: 12% στην περιοχή του μπλε, 12,7% στην περιοχή του κόκκινου, στην περιοχή του μακρινού κόκκινου, στο κοντινό υπέρυθρο και την ολική ακτινοβολία και 12,9% την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία. Τέλος για την απορρόφηση διαπιστώνουμε ότι το surper thermic + NIR κάλυμμα απορροφά 66,7% περισσότερο από το surper thermic στην περιοχή του μπλέ, 71,4% στην περιοχή του κόκκινου, 75% στην περιοχή του μακρινού κόκκινου, 83,3% την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία, 71,4% την ολική ακτινοβολία και 57,1% στο κοντινό υπέρυθρο.

Πίνακας 5. Οι οπτικές ιδιότητες, της εξωτερικής πλευράς, των δύο υλικών κάλυψης σε διάφορα μήκη κύματος, όπως προκύπτει από μετρήσεις που έγιναν σε δείγματα που λήφθηκαν από το θερμοκήπιο τον Ιούνιο.

ΜΕΤΡΗΣΗ 2^η (17/06/2009)						
	SUPER THERMIC +NIR			SUPER THERMIC		
	REF	TRA	ABS	REF	TRA	ABS
B(400-500)	0,2	0,72	0,06	0,15	0,82	0,02
R(600-700)	0,19	0,75	0,07	0,13	0,85	0,02
FR(700-800)	0,18	0,75	0,08	0,12	0,85	0,02
PAR (400-700)	0,19	0,74	0,06	0,14	0,84	0,02
T (400-1100)	0,18	0,75	0,07	0,12	0,85	0,02
NIR (700-1100)	0,17	0,76	0,07	0,11	0,86	0,03

- REF* : αντανάκλαση,
TRA : διαπερατότητα,
ABS : απορρόφηση
B : ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε
R : ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου,
FR : ακτινοβολία στην περιοχή του μακρινού κόκκινου,
PAR : ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία
T : ολική ακτινοβολία,
NIR : ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο

Από τον Πίνακα 5 προκύπτει το *surper thermic* + NIR κάλυμμα ανακλά 25% περισσότερο από το *surper thermic* στην περιοχή του μπλέ, 31,5% στην περιοχή του κόκκινου, 33,3% στην περιοχή του μακρινού κόκκινου και την ολική ακτινοβολία, 26,3% την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία και 35,2% στο κοντινό υπέρυθρο. Παρατηρώντας τον Πίνακα 3 για την ολική διαπερατότητα διαπιστώνουμε ότι το *surper thermic* υλικό έχει υψηλότερη διαπερατότητα από το *surper thermic* + NIR κάλυμμα σε όλα τα μήκη κύματος σε ποσοστό: 12,1% στην περιοχή του μπλε, 11,7% στην περιοχή του κόκκινου, στην περιοχή του μακρινού κόκκινου και την ολική ακτινοβολία, 11,6% στο κοντινό υπέρυθρο και 11,9% την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία. Τέλος για την απορρόφηση διαπιστώνουμε ότι το *surper thermic* + NIR κάλυμμα απορροφά 66,7% περισσότερο από το *surper thermic* στην περιοχή του μπλε και στην ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία,, 71,4% στην περιοχή του κόκκινου, 75% στην περιοχή του μακρινού κόκκινου, 71,4% την ολική ακτινοβολία και 57,1% στο κοντινό υπέρυθρο. Απ' ότι διαπιστώνουμε η απορρόφηση σε όλα τα μήκη κύματος και στις δύο μετρήσεις είναι η ίδια εκτός από την απορρόφηση της ενεργούς φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας που μειώθηκε σε ποσοστό 16,6% από την πρώτη μέτρηση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μετά την πάροδο μια καλλιεργητικής περιόδου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις οπτικές ιδιότητες των υλικών.

➤ **Εσωτερική πλευρά**

Πίνακας 6. Οι οπτικές ιδιότητες της εσωτερικής πλευράς, των δύο υλικών κάλυψης σε διάφορα μήκη κύματος, όπως προκύπτει από μετρήσεις που έγιναν σε δείγματα που λήφθηκαν από το θερμοκήπιο, αμέσως μετά την εγκατάσταση, τον Φεβρουάριο.

ΜΕΤΡΗΣΗ 2^η (05/02/2009)						
	SUPER THERMIC			SUPER THERMIC		
	REF	TRA	ABS	REF	TRA	ABS
B(400-500)	0,20	0,73	0,07	0,16	0,83	0,02
R(600-700)	0,18	0,74	0,06	0,13	0,85	0,02
FR(700-800)	0,17	0,76	0,07	0,12	0,84	0,03
PAR (400-	0,19	0,75	0,06	0,14	0,85	0,02
T (400-1100)	0,19	0,75	0,06	0,13	0,85	0,03
NIR (700-1100)	0,17	0,76	0,07	0,11	0,85	0,04

REF : αντανάκλαση,

TRA : διαπερατότητα,

ABS : απορρόφηση

B : ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε

R : ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου,

FR : ακτινοβολία στην περιοχή του μακρινού κόκκινου,

PAR : ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία

T : ολική ακτινοβολία,

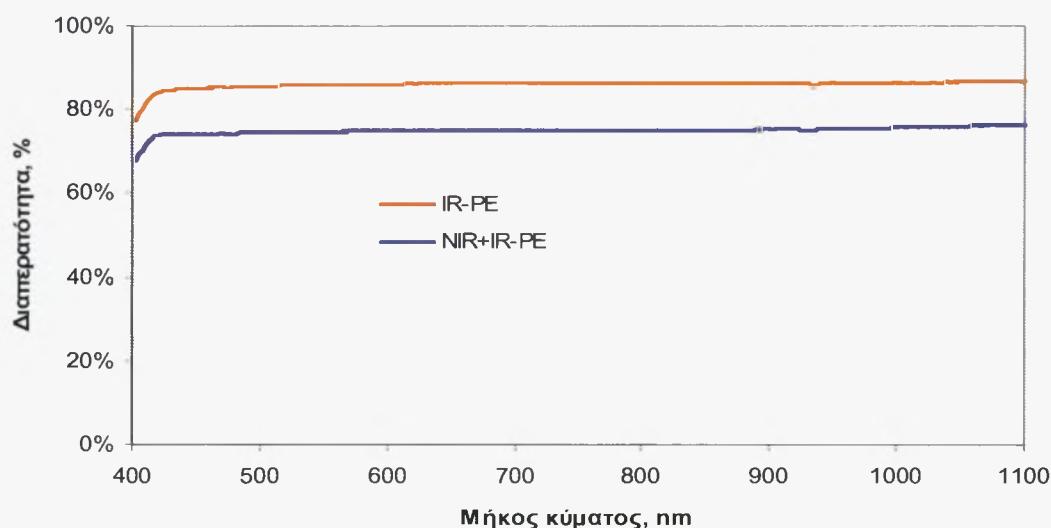
NIR : ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο

Πίνακας 7. Οι οπτικές ιδιότητες της εσωτερικής πλευράς, των δύο υλικών κάλυψης σε διάφορα μήκη κύματος, όπως προκύπτει από μετρήσεις που έγιναν σε δείγματα που λήφθηκαν από το θερμοκήπιο, τον Ιούνιο.

ΜΕΤΡΗΣΗ 2^η(17/06/2009)						
	SUPER THERMIC			SUPER THERMIC		
	REF	TRA	ABS	REF	TRA	ABS
B(400-500)	0.20	0.73	0.07	0.15	0.83	0.02
R(600-700)	0.18	0,75	0,06	0,13	0,85	0,02
FR(700-800)	0,17	0,76	0,07	0,12	0,85	0,03
PAR (400-	0,19	0,74	0,06	0,14	0,84	0,02
T (400-1100)	0,18	0,75	0,07	0,13	0,85	0,03
NIR (700-1100)	0,17	0,76	0,07	0,11	0,85	0,04

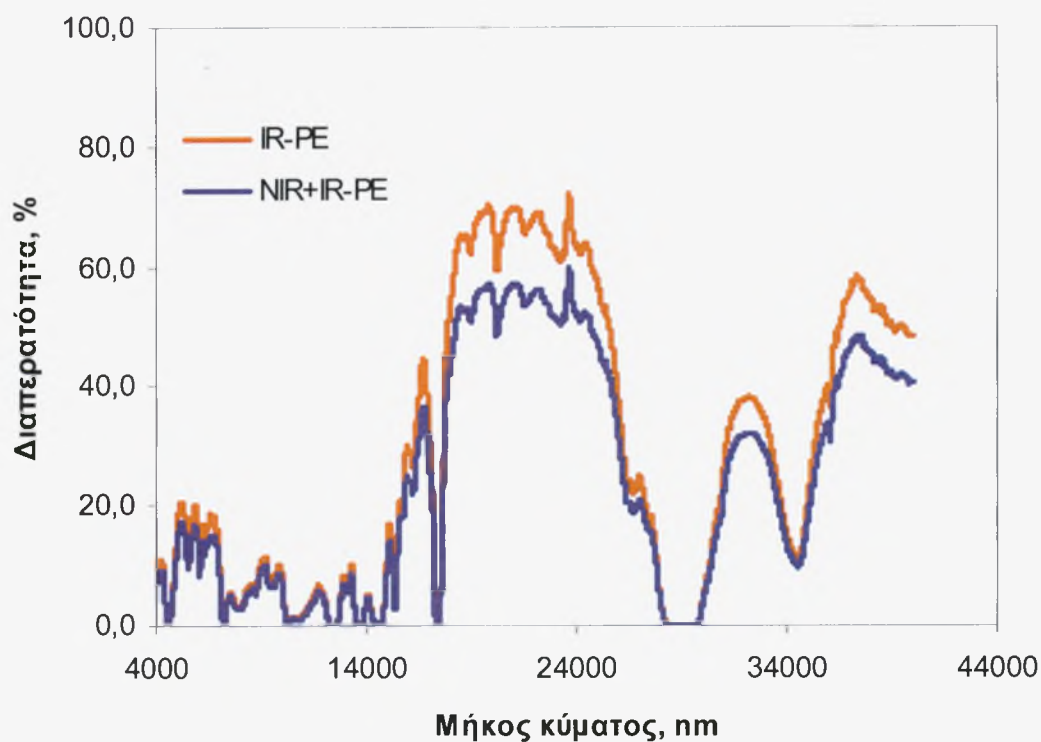
- REF* : αντανάκλαση,
- TRA* : διαπερατότητα,
- ABS* : απορρόφηση
- B* : ακτινοβολία στην περιοχή του μπλε
- R* : ακτινοβολία στην περιοχή του κόκκινου,
- FR* : ακτινοβολία στην περιοχή του μακρινού κόκκινου,
- PAR* : ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία
- T* : ολική ακτινοβολία,
- NIR* : ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο

Όπως φαίνεται από τους Πίνακες 6 & 7 με τις οπτικές ιδιότητες της εσωτερικής πλευράς των υλικών κάλυψης, δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις με τις τιμές των οπτικών ιδιοτήτων της εξωτερικής πλευράς των υλικών. Στο Σχήμα 17 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαπερατότητα για τα δύο υλικά κάλυψης στη μικρού μήκους ακτινοβολία.



Σχήμα 9. Η διαπερατότητα συγκριτικά των δύο υλικών κάλυψης στα 400-1100nm όπου *IR-PE = super thermic*, *NIR+IR-PE = super thermic + NIR*

Στο Σχήμα 118 παρουσιάζεται το ποσοστό της περατότητας των υλικών στα μεγάλα μήκη κύματος από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια της εταιρείας Πλαστικά Κρήτης, ABEE.



Σχήμα 18. Η διαπερατότητα των δύο υλικών κάλυψης στη μεγάλο μήκους ακτινοβολία

όπου IR-PE = super thermic, NIR+IR-PE = super thermic +NIR

Πίνακας 8. Τα ποσοστά διαπερατότητας στη θερμική ακτινοβολία των υλικών κάλυψης.

ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ (%) ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ		
	SUPER THERMIC +NIR	SUPER THERMIC
4000-14000 nm	0,06	0,07
4000-39000 nm	0,25	0,28

Από τον Πίνακα 8 διαπιστώνουμε ότι στο μήκος κύματος 4000-14000 nm, στο οποίο εκπέμπει το θερμοκήπιο θερμική ακτινοβολία, το super thermic κάλυμμα έχει 14,3% μεγαλύτερη περατότητα στη θερμική ακτινοβολία από το surper thermic + NIR κάλυμμα. Μεγαλύτερη όμως περατότητα στη θερμική ακτινοβολία παρατηρείται και στα 4000-39000 nm στο surper thermic κάλυμμα σε ποσοστό 10,7%, σε σύγκριση με το surper thermic + NIR υλικό.

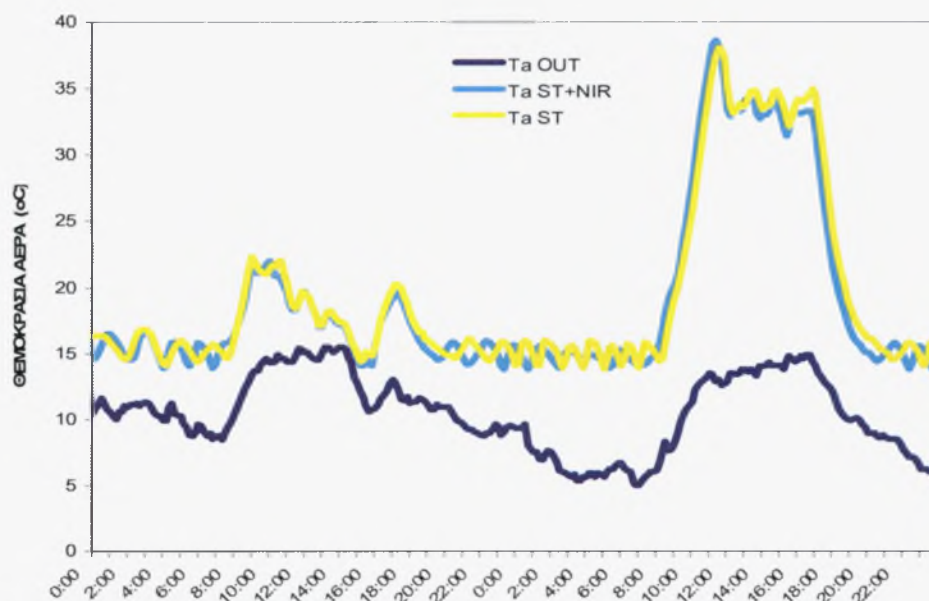
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

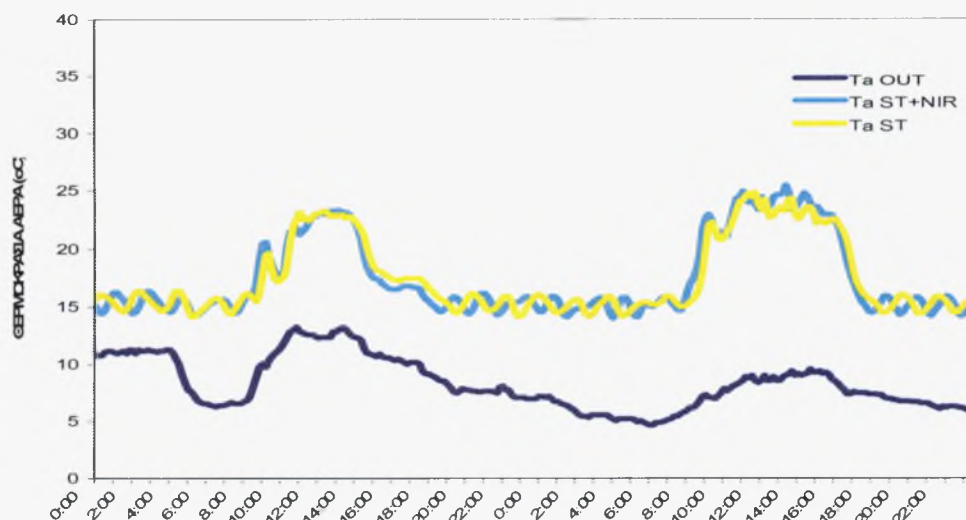
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την επίδραση του Super thermic+NIR υλικού και του Super thermic, στο μικροκλίμα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

5.1 Αποτελέσματα περιόδου με θέρμανση

Στα Σχήματα 19 και 20, παρουσιάζεται η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009. Στον Πίνακα 9 δίνονται οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων τις πρωινές ώρες και τις βραδινές ώρες.



Σχήμα 19. Η πορεία των τιμών της θερμοκρασίας στις 06-07/03/2009 στο ST =Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR



Σχήμα 20. Η πορεία των τιμών της θερμοκρασίας στις 21-22/03/2009 στο ST =Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

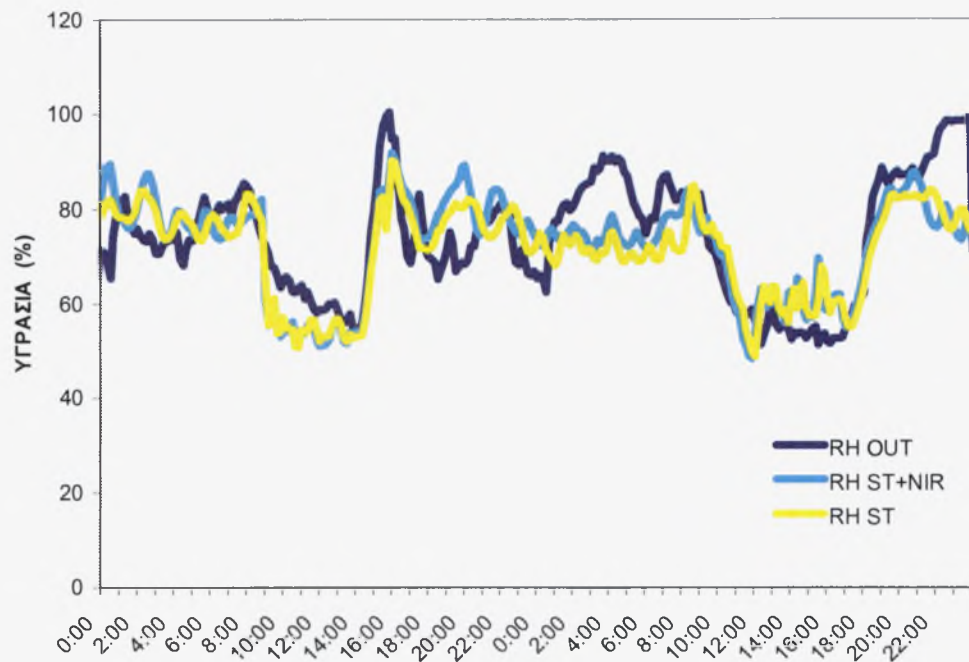
Πίνακας 9. Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα (\pm την τυπική απόκλιση), τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ ($^{\circ}$ C)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)			Βραδινές ώρες (20:00-08:00)		
	ST	ST+NIR	OUT	ST	ST+NIR	OUT
06-07/03/2009	23,2 \pm 7,5	22,9 \pm 7,5	12,3 \pm 2,4	15,3 \pm 0,7	15 \pm 0,8	8,6 \pm 1,8
21-22/03/2009	19,6 \pm 3,3	19,7 \pm 3,5	9,2 \pm 2,2	15,1 \pm 0,6	16,1 \pm 0,6	7,3 \pm 2

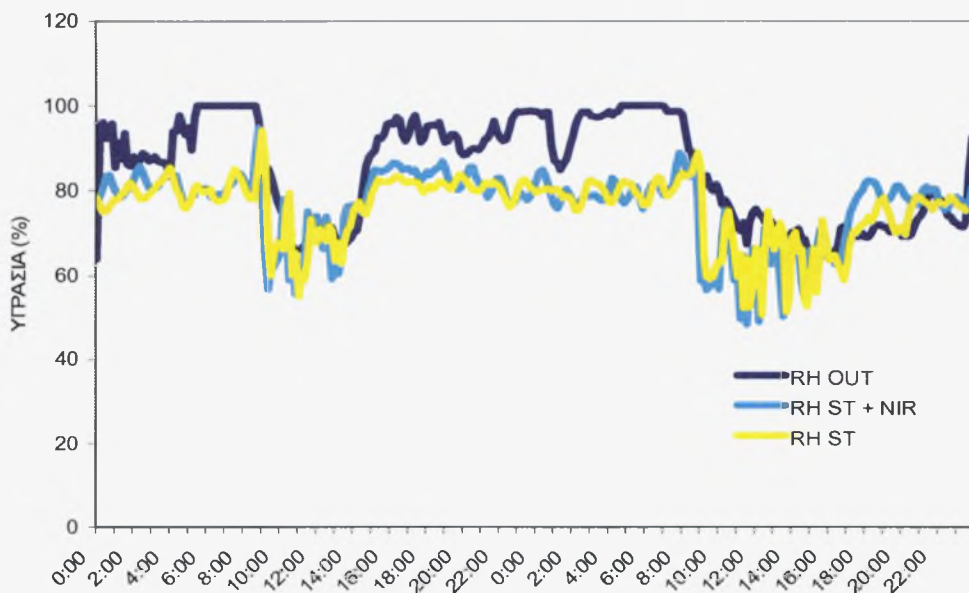
Από τον Πίνακα 9 φαίνεται ότι δεν υπήρχαν διαφορές στη θερμοκρασία του αέρα των δύο θερμοκηπίων. Τις βραδινές ώρες λειτουργούσε το σύστημα θέρμανσης, το οποίο είχε ως τιμή στόχο τους 14,7 $^{\circ}$ C.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται στα Σχήματα 21 και 22, η πορεία των τιμών της υγρασίας του αέρα εσωτερικά και εξωτερικά των θερμοκηπίων.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της υγρασίας του αέρα, τις πρωινές και τις βραδινές ώρες.



Σχήμα 21. Η πορεία των τιμών της υγρασίας του αέρα στις 06-07/03/2009 στο *ST=Super thermic* και στο *ST+NIR=Super thermic+NIR*



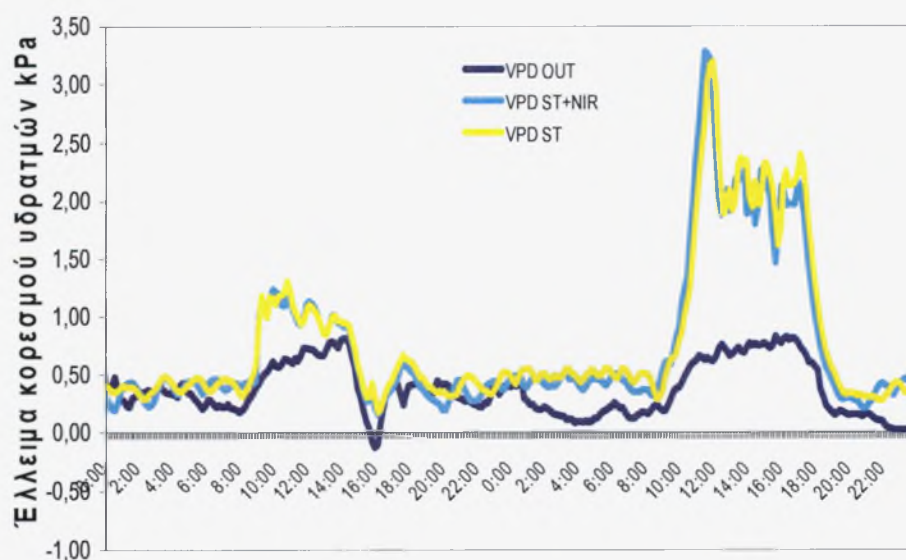
Σχήμα 22. Η πορεία των τιμών της υγρασίας του αέρα στις 21-22/03/2009 στο *ST=Super thermic* και στο *ST+NIR=Super thermic+NIR*

Πίνακας 10. Οι μέσες τιμές της υγρασίας αέρα (\pm την τυπική απόκλιση), τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

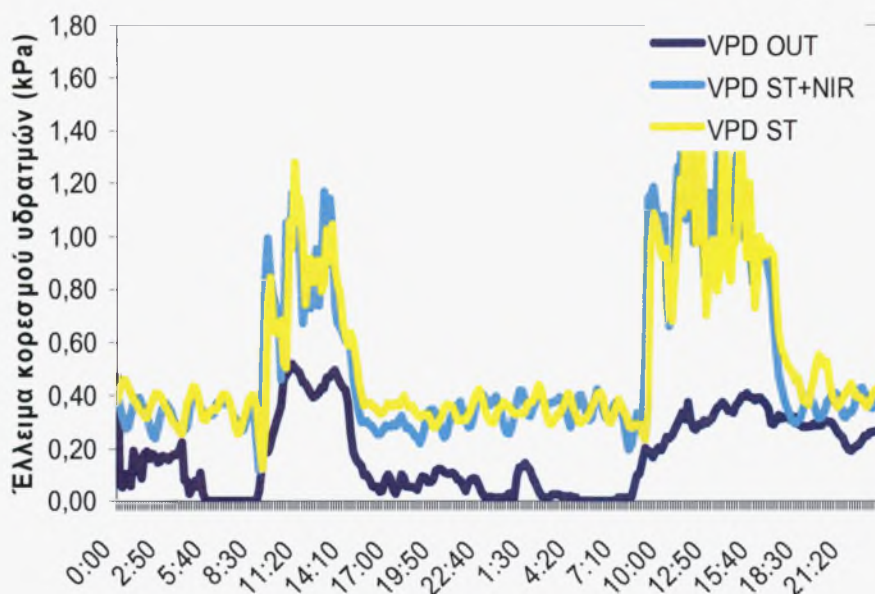
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ (%)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)			Βραδινές ώρες (20:00-08:00)		
	ST	ST+NIR	OUT	ST	ST+NIR	OUT
06-07/03/2009	65,9 \pm 10,6	66,7 \pm 12,2	67,7 \pm 12,5	77,2 \pm 4,5	78 \pm 4,2	84,8 \pm 8,8
21-22/03/2009	72 \pm 9,5	72,5 \pm 10,7	80,7 \pm 12,5	79 \pm 2,8	83 \pm 2,4	88,9 \pm 9.9

Παρατηρώντας τον Πίνακα 10 διαπιστώνουμε ότι δεν υπήρχαν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές της υγρασίας του αέρα στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων.

Η πορεία των τιμών του ελλείμματος κορεσμού του αέρα παρουσιάζονται στα Σχήματα 23 και 24 ενώ οι μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού του αέρα για τις πρωινές και βραδινές ώρες παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.



Σχήμα 23. Η πορεία των τιμών του ελλείμματος κορεσμού του αέρα στις 06-07/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR



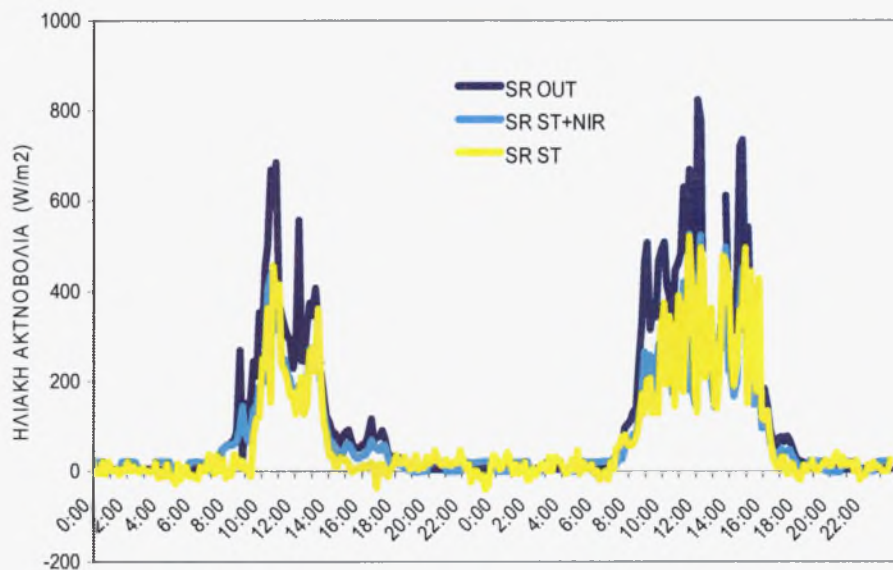
Σχήμα 24. Η πορεία των τιμών του ελλείμματος κορεσμού του αέρα στις 21-22/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 11. Οι μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού του αέρα (\pm την τυπική απόκλιση), τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

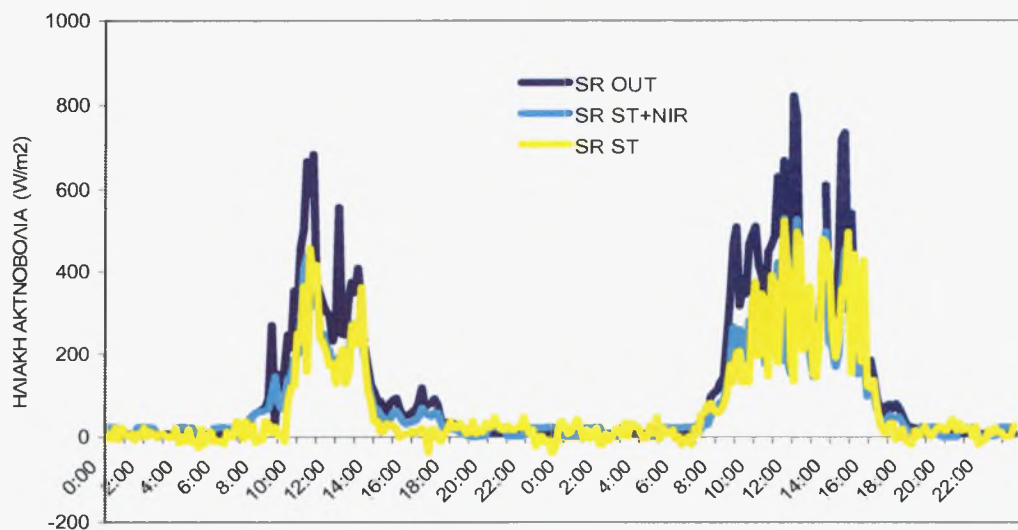
ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΑΕΡΑ				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)		Βραδινές ώρες (20:00-8:00)	
	ST	ST+NIR	ST	ST+NIR
06-07/03/2009	1,21 \pm 0,06	1,17 \pm 0,07	0,39 \pm 0,3	0,4 \pm 0,1
21-22/03/2009	1,12 \pm 0,05	1,11 \pm 0,05	0,34 \pm 0,3	0,34 \pm 0,3

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 11 οι τιμές του ελλείμματος κορεσμού και για τα δύο θερμοκήπια κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Αυτό ήταν αναμενόμενο εφόσον δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα των δύο θερμοκηπίων.

Στη συνέχεια, στα Σχήματα 25 και 26 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και στον Πίνακα 12 δίνονται οι μέσες τιμές για τις πρωινές και τις βραδινές ώρες.



Σχήμα 25. Η πορεία των τιμών της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, στις 06-07/03/2009 στο $ST=Super\ thermic$ και στο $ST+NIR=Super\ thermic+NIR$



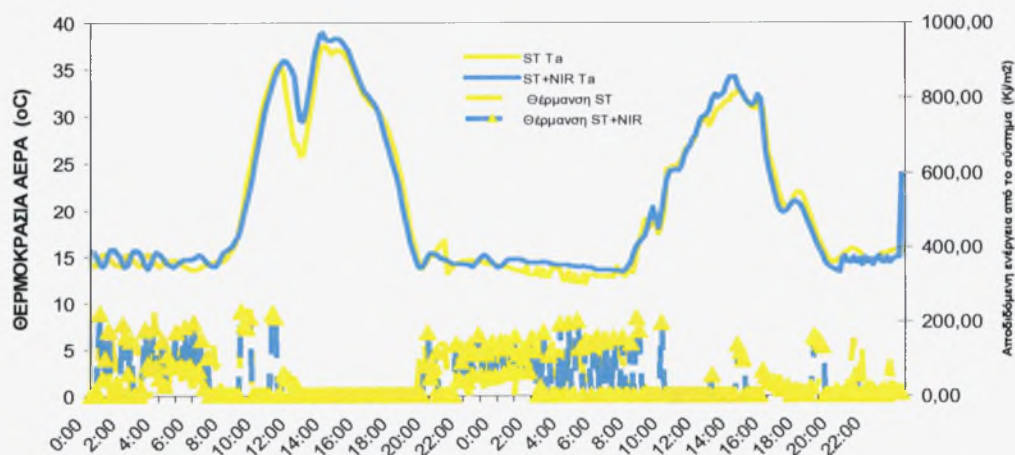
Σχήμα 26. Η πορεία των τιμών της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, στις 21-22/03/2009 στο $ST=Super\ thermic$ και στο $ST+NIR=Super\ thermic+NIR$

Πίνακας 12. Οι μέσες τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (\pm την τυπική απόκλιση), τις πρωινές ώρες, στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009 στο $ST=Super\ thermic$ και στο $ST+NIR=Super\ thermic+NIR$

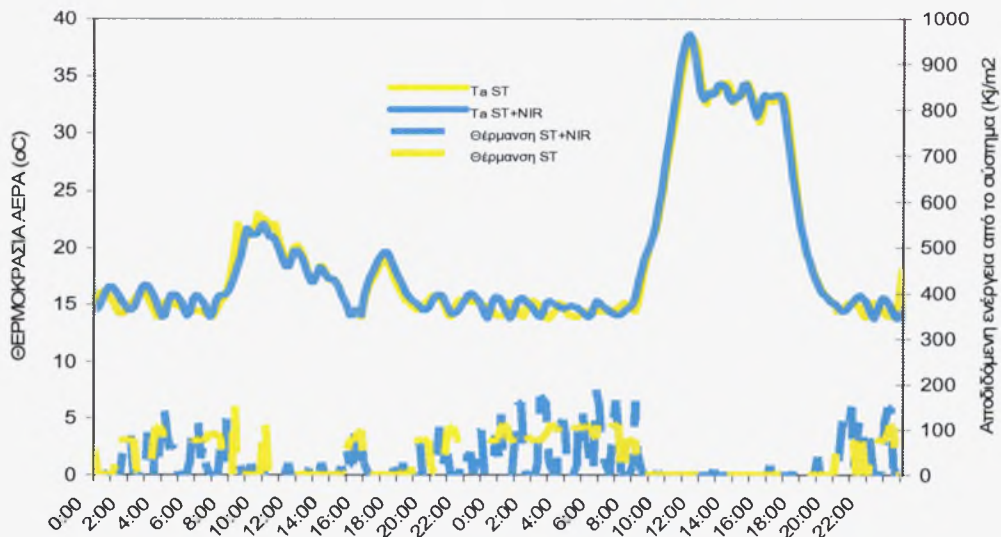
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W/m^2)		
	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST	ST+NIR
06-07/03/2009	181 \pm 172	172 \pm 163
21-22/03/2009	179 \pm 170	173 \pm 165

Από τον Πίνακα 12 διαπιστώνουμε ότι στο θερμοκήπιο με το Super thermic+NIR υλικό εισέρχονταν 9% λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με το θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το Super thermic υλικό.

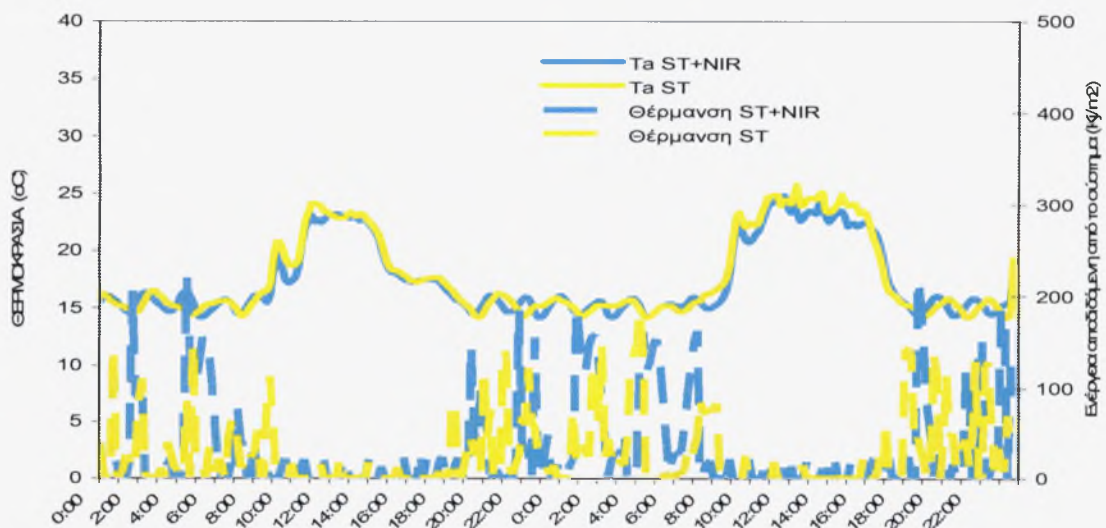
Στα Σχήματα 27 και 28 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η πορεία των τιμών της ενέργειας που απελευθερώθηκε με το σύστημα θέρμανσης και στον Πίνακα 13 δίνονται οι τιμές της συνολικής ενέργειας που απέδωσε το σύστημα θέρμανσης στις 06-07/03/2009 και στις 21-22/03/2009.



Σχήμα 27. Η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων και η αποδιδόμενη ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης, στις 28/02/2009 έως στις 01/03/2009 στο $ST=Super\ thermic$ και στο $ST+NIR=Super\ thermic+NIR$



Σχήμα 28. Η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων και η αποδιδόμενη ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης, στις 06-07/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR



Σχήμα 29. Η πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των θερμοκηπίων και η αποδιδόμενη ενέργεια από το σύστημα θέρμανσης, στις 21-22/03/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πινάκας 13. Η αποδιδόμενη ενέργεια στα δύο θερμοκήπια από τα συστήματα θέρμανσης

ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (KJ/m ²)		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST	ST+NIR
28/02/2009-01/03/2009	8000	8120
06-07/03/2009	5900	6200
21-22/03/2009	5100	5300

Με βάση τις μέσες τιμές κατανάλωσης ενέργειας που παρουσιάζονται στον Πίνακα 13, η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για ένα θερμοκήπιο έκτασης 1000 m² είναι:

A. καλυμμένο με το Super thermic+NIR φύλλο κάλυψης θα ήταν 3270 MJ

B. καλυμμένο με το Super thermic φύλλο κάλυψης θα ήταν 3160 MJ

Η αποδιδόμενη ενέργεια κατά μέσο όρο είναι 3,4% μεγαλύτερη στο θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic + NIR υλικό κάλυψης, σύμφωνα με τον Πίνακα 13, καθ' όλη τη διάρκεια θέρμανσης.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι, η μέση διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού-εξωτερικού αέρα κατά τη διάρκεια της περιόδου όπου έγιναν οι υπολογισμοί κατανάλωσης ενέργειας ήταν 12^oC για το θερμοκήπιο με το Super thermic+NIR φύλλο κάλυψης και 11,7^oC για το θερμοκήπιο με το Super thermic φύλλο κάλυψης.

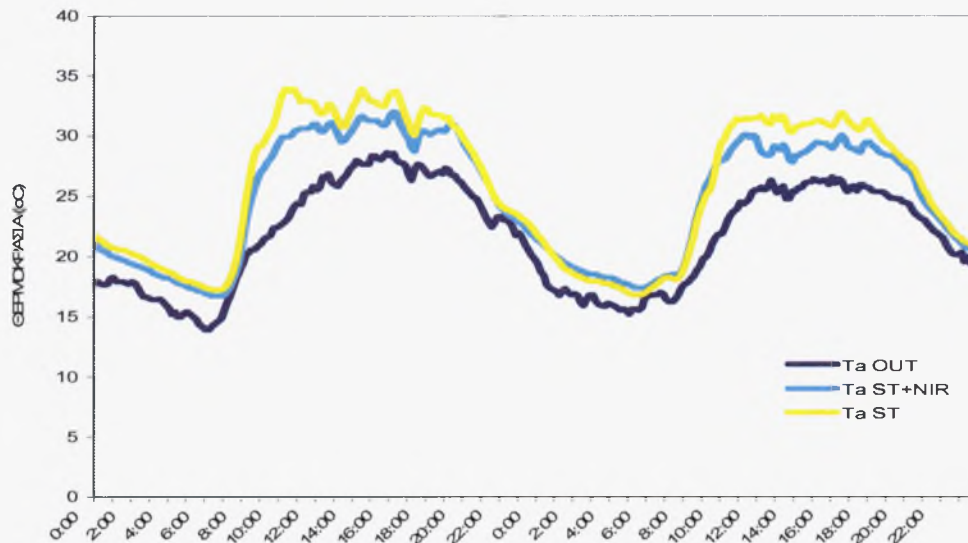
Αν για την θέρμανση του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνταν καυστήρας με καύσιμο πετρελαίου και απόδοση συστήματος 85%, τότε η εξοικονόμηση σε καύσιμα για ένα θερμοκήπιο έκτασης 1000 m² και για κλιματικές συνθήκες παρόμοιες με αυτές που περιγράφονται σε αυτό το πείραμα, θα ήταν 2,5 λίτρα πετρελαίου ανά ημέρα.

Σημείωση: Οι υπολογισμοί έγιναν για απόδοση πετρελαίου ίση με 42MJ/Liter.

5.2 Αποτελέσματα της περιόδου χωρίς θέρμανση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η επίδραση των υλικών κάλυψης στη διαμόρφωση του μικροκλίματος κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.

Στο Σχήμα 30 φαίνεται η πορεία των τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στις 23-24/06/2009, στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. και στον Πίνακα 14 δίνονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα, τις πρωινές και τις βραδινές ώρες.



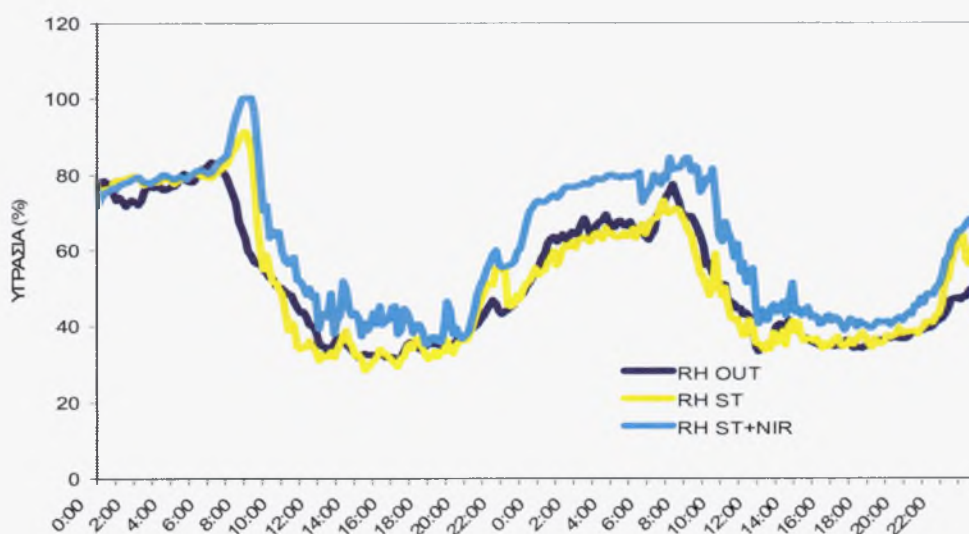
Σχήμα 30. Η πορεία της θερμοκρασίας στα δύο θερμοκήπια, στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 14. Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας αέρα (\pm την τυπική απόκλιση), τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ (°C)						
	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)			Βραδινές ώρες (20:00-08:00)		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST	ST+NIR	OUT	ST	ST+NIR	OUT
23-24/06/2009	29,6 \pm 2,8	28 \pm 2,3	25 \pm 2,5	23,35 \pm 3,3	22,7 \pm 3,1	21,2 \pm 3

Από τον Πίνακα 14 διαπιστώνουμε ότι το θερμοκήπιο με το Super thermic+NIR υλικό κάλυψης τις πρωινές ώρες είχε 1,5⁰C χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με το θερμοκήπιο με το Super thermic υλικό, ενώ στις βραδινές ώρες δεν υπήρχαν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του αέρα.

Στο Σχήμα 31 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία των τιμών της υγρασίας του αέρα και στον Πίνακα 15 δίνονται οι μέσες τιμές της υγρασίας του αέρα τις πρωινές και τις βραδινές ώρες.



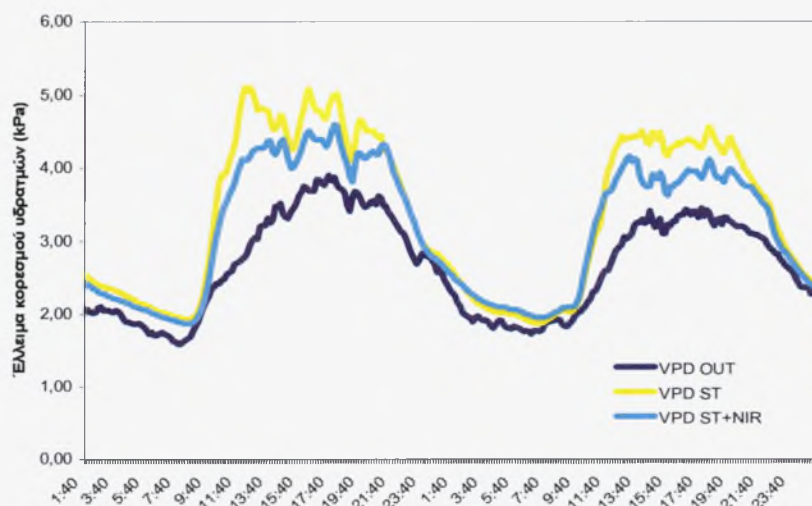
Σχήμα 31. Η πορεία των τιμών της υγρασίας του αέρα στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 15. Οι μέσες τιμές της υγρασίας αέρα, τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ (%)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)			Βραδινές ώρες (20:00-08:00)		
	ST	ST+NIR	OUT	ST	ST+NIR	OUT
23-24/06/2009	39,6±9,8	49,8±14,	40±9,3	53,8±14,3	67±13,5	52,9±14,2

Από τον Πίνακα 15 διαπιστώνουμε ότι το θερμοκήπιο με το Super thermic+NIR υλικό, τόσο τις πρωινές ώρες όσο και τις βραδινές είχε 15% υψηλότερη υγρασία σε σχέση με το θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το Super thermic υλικό.

Στο Σχήμα 32 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία των τιμών του ελλείμματος κορεσμού του αέρα και στον Πίνακα 16 δίνονται οι μέσες τιμές για την περίοδο 23-24/06/2009.



Σχήμα 32. Η πορεία των τιμών του ελλείμματος κορεσμού του αέρα στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

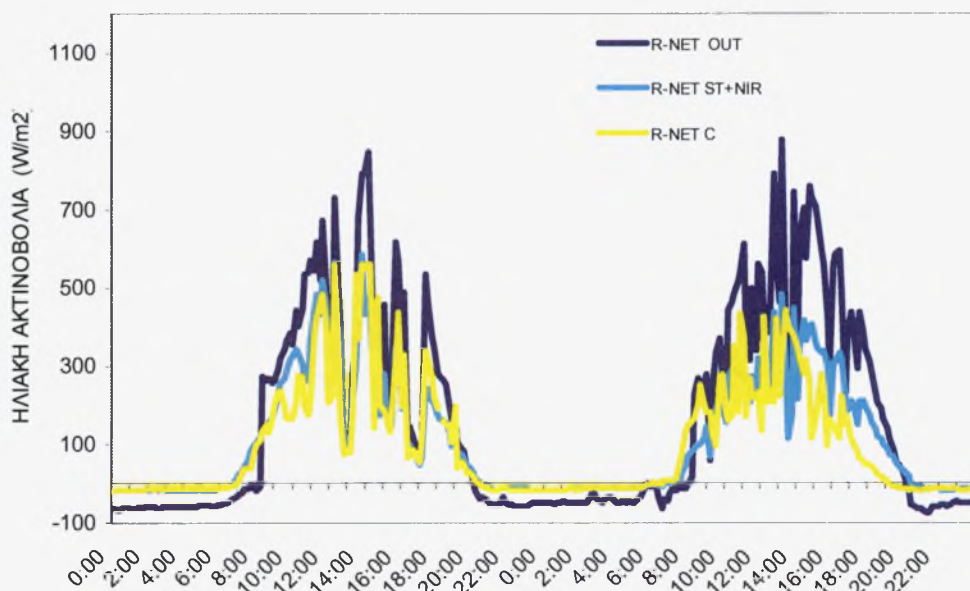
Πίνακας 16. Οι μέσες τιμές του ελλείμματος κορεσμού του αέρα, τις πρωινές και τις βραδινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΑΕΡΑ				
	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)		Βραδινές ώρες (20:00-8:00)	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST	ST+NIR	ST	ST+NIR
23-24/06/2009	4,5±0,6	4,1±0,4	2,53±0,5	2,43 ±0,5

Από τον Πίνακα 16 φαίνεται ότι το θερμοκήπιο με το Super thermic+NIR υλικό είχε 8,8% μικρότερο έλλειμμα κορεσμού τις πρωινές ώρες ενώ τις βραδινές ώρες

είχε 4% μικρότερο έλλειμμα κορεσμού σε σχέση με το θερμοκήπιο με το Super thermic υλικό.

Στο Σχήμα 33 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία των τιμών της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ενώ παράλληλα στον Πίνακα 17 δίνονται οι μέσες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων.



Σχήμα 33. Η πορεία της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στα δύο θερμοκήπιο, στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 17. Οι μέσες τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, τις πρωινές ώρες, για τα δύο θερμοκήπια στις 23-24/06/2009 στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W/m ²)		
	Πρωινές ώρες (8:00-20:00)	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST	ST+NIR
23-24/06/2009	337±143,5	273±144

Από τον Πίνακα 17 διαπιστώνεται ότι λόγω της ανακλαστικής ικανότητας του Super thermic+NIR υλικού εισέρχονταν στο εσωτερικό 18% λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία συγκριτικά με το θερμοκήπιο με το Super thermic υλικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

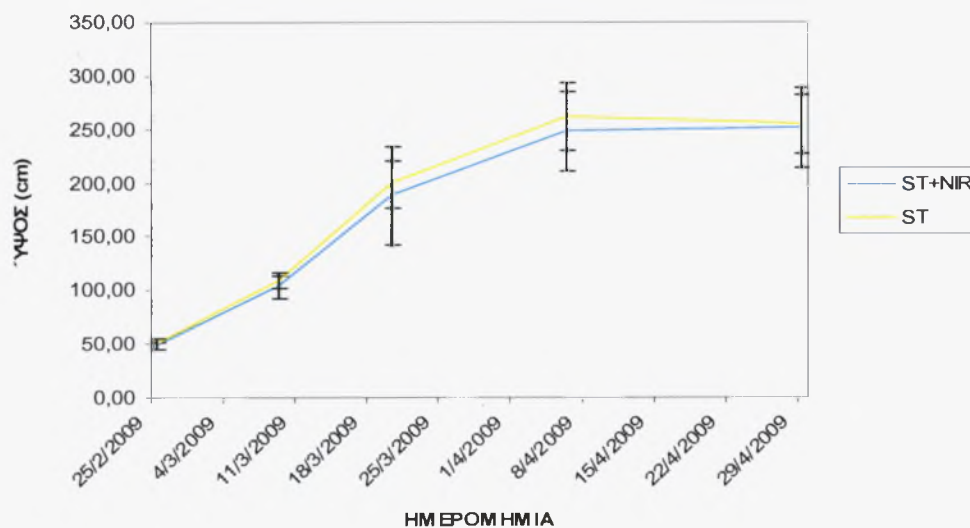
Για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν οι αγρονομικές μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν οχτώ τυχαία επιλεγμένα φυτά από κάθε θερμοκήπιο, όχι όμως από τις ακραίες σειρές του θερμοκηπίου, για την αποφυγή σφαλμάτων. Σε αυτά τα φυτά μετρήθηκε στο καθένα ξεχωριστά, το ύψος του, καθώς επίσης, ο αριθμός, το μήκος και το πλάτος όλων των φύλλων, ο αριθμός των ταξιανθιών και ο αριθμός των ανθέων σε καθεμία από αυτές και τέλος ο αριθμός των καρπών ανά ταξικαρπία. Πραγματοποιήθηκαν εννέα μετρήσεις κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

Το μήκος και το πλάτος χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας ενώ για τον υπολογισμό των κόμβων χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός των φύλλων και ο αριθμός των σταυρών ανά φυτό.

Στα σχήματα (34,35,36,37,38,39,40,41) που ακολουθούν. Ως GR1 συμβολίζεται το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic +NIR υλικό ενώ με GR2 το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic υλικό.

Στα δεδομένα που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση, με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η repeated measures. Η μέθοδος αυτή επιλέχτηκε επειδή υπήρχαν επαναλαμβανόμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ημερομηνίες των μετρήσεων.

Το Σχήμα 34 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη του ύψους των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι τιμές του ύψους στα δύο θερμοκήπια, με βάση το Σχήμα 34, δεν έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, Αυτό επιβεβαιώνεται από την στατιστική ανάλυση που ακολουθεί στον Πίνακα 18 καθώς η $significance > 0,05$, δηλαδή ($sig = 0,568$)

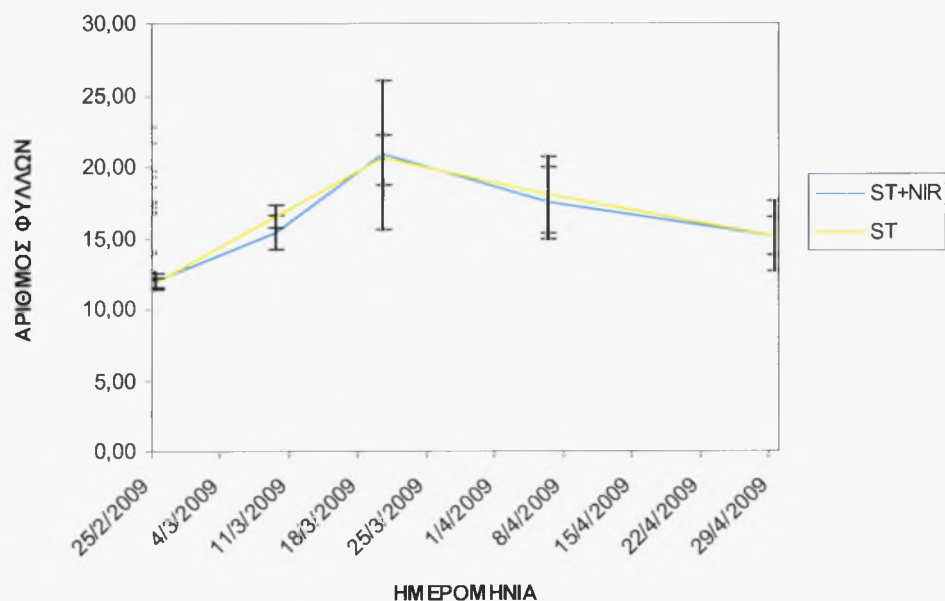


Σχήμα 34: Η εξέλιξη των τιμών του ύψους στα δύο θερμοκήπια, στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 18. Repeated measures για το ύψος

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4314621,361	1	4314621,361	1444,809	,000
GH	1022,934	1	1022,934	,343	,568
Error	41808,096	14	2986,293		

Το Σχήμα 35 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των φύλλων των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των φύλλων στα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζει διαφορές, παρατηρώντας το Σχήμα 35. Αυτό επιβεβαιώνεται από την στατιστική ανάλυση που ακολουθεί στον Πίνακα 19 καθώς η $\text{significance} > 0,05$, δηλαδή $\text{sig} = 0,271$

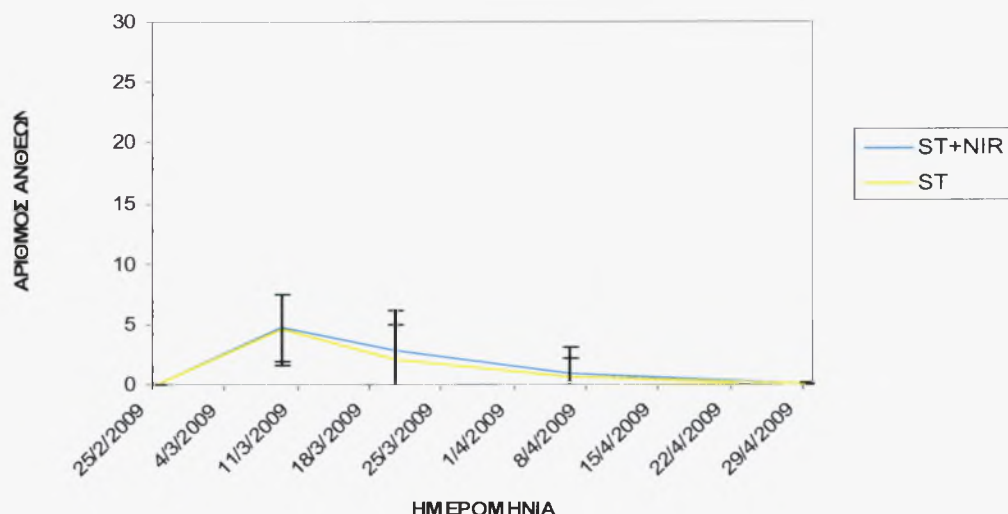


Σχήμα 35: Η εξέλιξη του αριθμού των φύλλων στα δύο θερμοκήπια, στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 19. Repeated measures για τον αριθμό των φύλλων

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	40166,840	1	40166,840	3439,65	,000
GH	15,340	1	15,340	1,314	,271
Error	163,486	14	11,678		

Το Σχήμα 36 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των ανθέων των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των ανθέων στα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζει διαφορές με βάση το Σχήμα 36. Παρατηρώντας όμως την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 20 διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μικρότερη του 0,05 (sig=0,046)

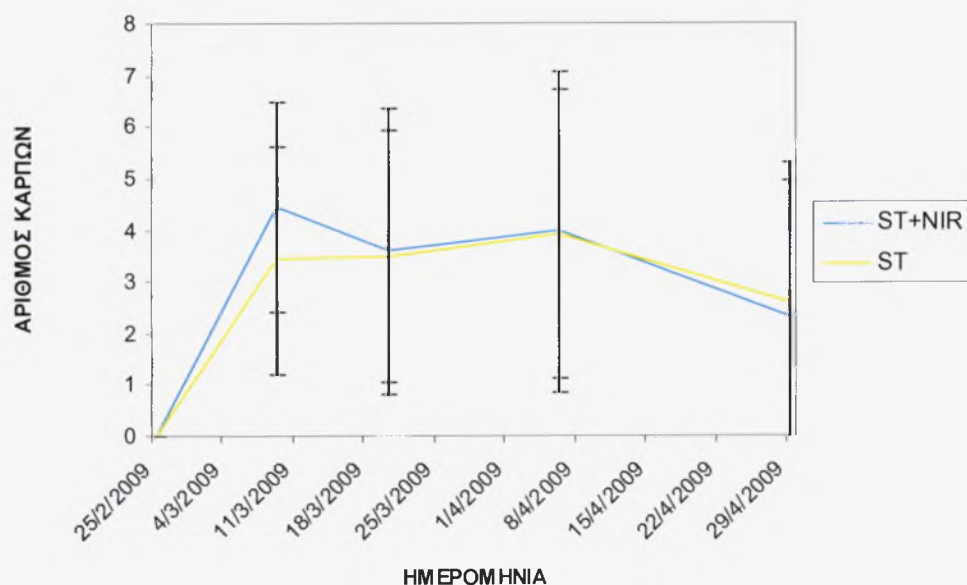


Σχήμα 36: Η εξέλιξη του αριθμού των ανθέων στα δύο θερμοκήπια στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 20. Repeated measures για τον αριθμό των ανθέων

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	20856,174	1	20856,174	343,924	,000
GH	291,840	1	291,840	4,813	,046
Error	848,986	14	60,642		

Το Σχήμα 37 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των καρπών των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των καρπών στα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζει διαφορές με βάση το Σχήμα 37. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 21 διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μεγαλύτερη του 0,05 (sig=0,640)

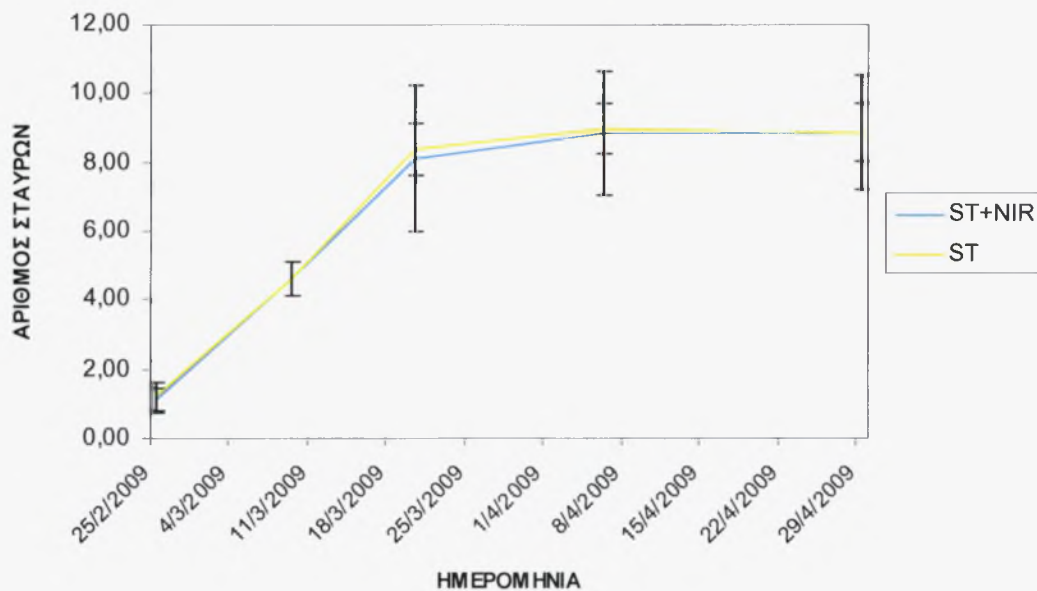


Σχήμα 37: Η εξέλιξη του αριθμού των καρπών στα δύο θερμοκήπια, στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 21. Repeated measures για τον αριθμό των καρπών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	59049,000	1	59049,000	289,831	,000
GH	46,694	1	46,694	,229	,640
Error	2852,306	14	203,736		

Το Σχήμα 38 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των σταυρών των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των σταυρών των φυτών στα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζει σχεδόν καμία διαφορά. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 22 διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μεγαλύτερη του 0,05 (sig=0,838)

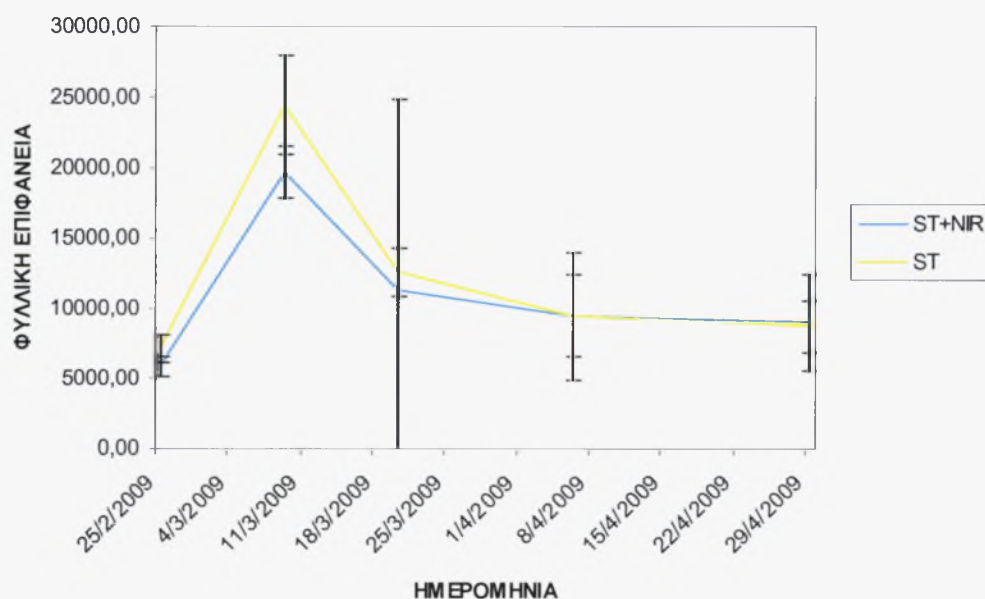


Σχήμα 38: Η εξέλιξη του αριθμού των σταυρών στα δύο θερμοκήπια, στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 22. Repeated measures για τον αριθμό των σταυρών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	6400,000	1	6400,000	1117,284	,000
GH	,250	1	,250	,044	,838
Error	80,194	14	5,728		

Το Σχήμα 39 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη της φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η φυλλική επιφάνεια των φυτών στα δύο θερμοκήπια, φαίνεται να διαφέρει ελάχιστα μεταξύ τους. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 23 διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μεγαλύτερη του 0,05 (sig=0,065).

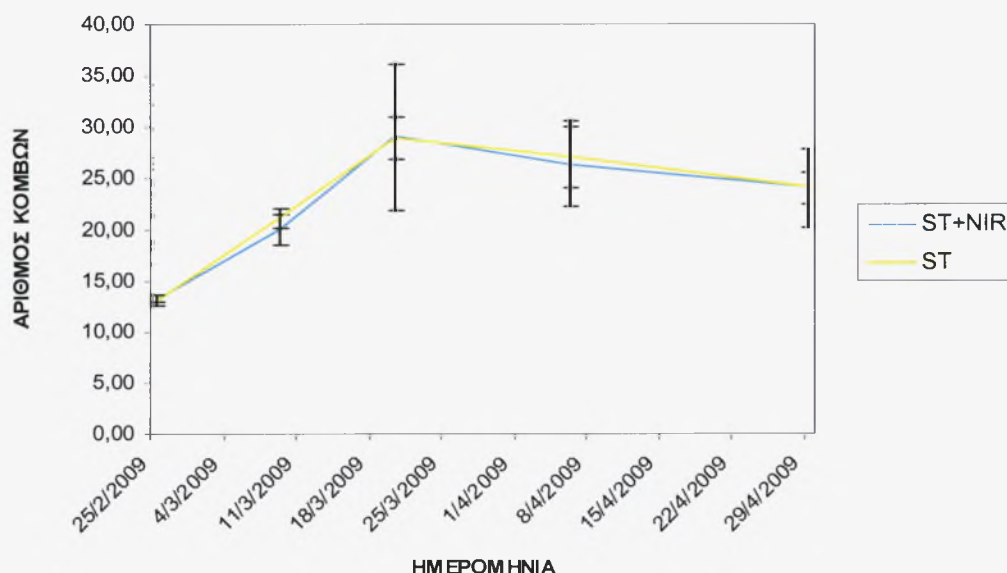


Σχήμα 39: Η εξέλιξη των τιμών της φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 23. Repeated measures για την φυλλική επιφάνεια

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	2,768E10	1	2,768E10	961,859	,000
GH	1,151E8	1	1,151E8	4,000	,065
Error	4,029E8	14	2,878E7		

Το Σχήμα 40 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη του αριθμού των κόμβων των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αριθμός των κόμβων των φυτών στα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζει διαφορές. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 24 διαπιστώθηκε ότι πράγματι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μεγαλύτερη του 0,05 (sig=0,482).

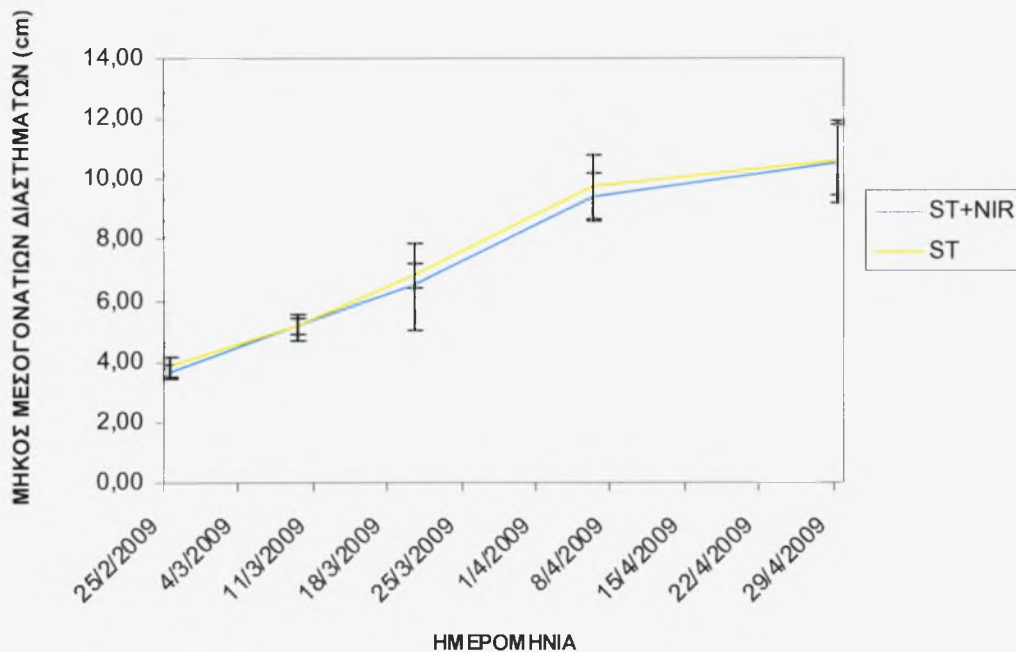


Σχήμα 40: Η εξέλιξη του αριθμού των κόμβων στα δύο θερμοκήπια στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 24. Repeated measures για τον αριθμό των κόμβων

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	78446,674	1	78446,674	2453,360	,000
GH	16,674	1	16,674	,521	,482
Error	447,653	14	31,975		

Το Σχήμα 41 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων των φυτών κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων των φυτών στα δύο θερμοκήπια, παρατηρώντας το Σχήμα 41 φαίνεται να μην παρουσιάζει διαφορές. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 25 διαπιστώθηκε ότι πράγματι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μεγαλύτερη του 0,05 (sig=0,).



Σχήμα 41: Η εξέλιξη των τιμών του μήκους των μεσογονάτιων διαστημάτων στο *ST=Super thermic* και στο *ST+NIR=Super thermic+NIR*

Πίνακας 25. *Repeated measures* για το μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	7412,062	1	7412,062	6145,318	,000
GH	,058	1	,058	,048	,829
Error	16,886	14	1,206		

Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει καμία στατιστικώς σημαντική διαφορά σε όλες τις αγρονομικές μετρήσεις εκτός από τον αριθμό των ανθέων που υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά (Sig = 0,046). Το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic + NIR έχει κατά μέσο όρο περισσότερα άνθη από το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic.

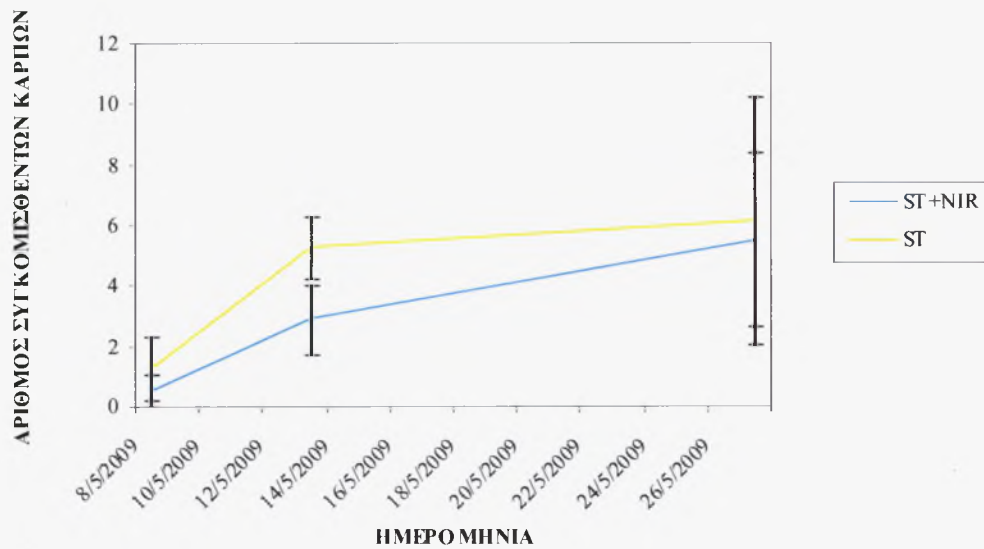
Τα αποτελέσματα της συγκομιδής προήλθαν από την συλλογή των καρπών από κάθε φυτό ξεχωριστά, σε κάθε θερμοκήπιο. Οι ώριμοι καρποί συγκομίστηκαν σε πέντε διαφορετικές ημερομηνίες από τις 08/05/2009 έως τις 24/06/2009.

Τα αποτελέσματα του αριθμού των καρπών και του βάρους των καρπών ανά θερμοκήπιο φαίνονται στα Σχήματα 42 και 43 που ακολουθούν.



Εικόνα 7: Η καλλιέργεια στις 30/05/2009

Το Σχήμα 42 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη στον αριθμό των συγκομισθέντων καρπών κατά την διάρκεια της ωρίμανσης. Ο αριθμός των συγκομισθέντων καρπών στα δύο θερμοκήπια φαίνεται από το διάγραμμα ότι παρουσιάζει διαφορά υπέρ του θερμοκηπίου που είναι καλυμμένο με το Super thermic υλικό. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 26 διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων καθώς η σημαντικότητα είναι μικρότερη του 0,05 ($\text{sig}=0,019$)

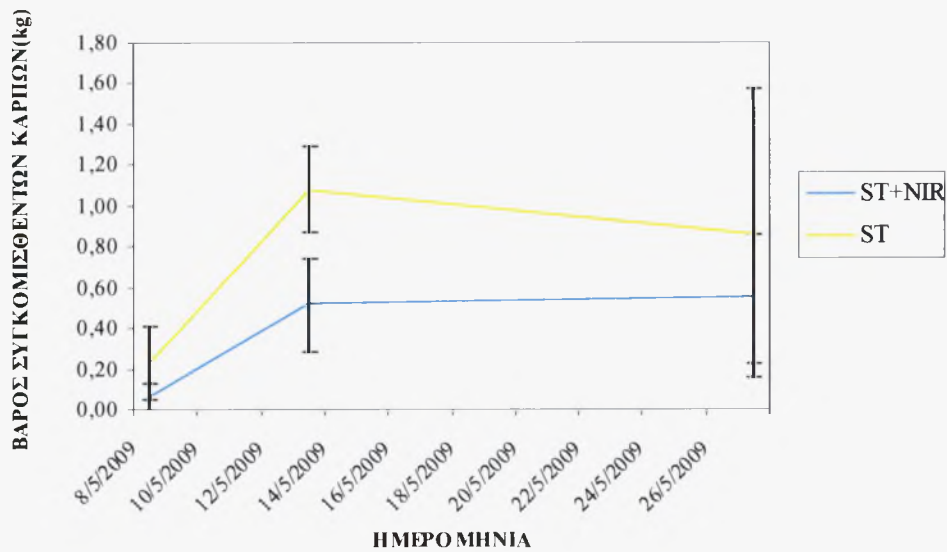


Σχήμα 42: Η εξέλιξη του αριθμού των ώριμων καρπών στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 26. Repeated measures για τον αριθμό των ώριμων καρπών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1087,813	1	1087,813	278,035	,000
GH	27,612	1	27,612	7,058	,019
Error	54,775	14	3,913		

Το Σχήμα 43 που ακολουθεί δείχνει την εξέλιξη του βάρους των ώριμων καρπών. Το βάρος των ώριμων καρπών στα δύο θερμοκήπια φαίνεται από το διάγραμμα ότι παρουσιάζει διαφορά υπέρ του θερμοκηπίου που είναι καλυμμένο με το Super thermic υλικό. Παρατηρώντας την στατιστική ανάλυση στον Πίνακα 27 διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, καθώς η σημαντικότητα είναι μικρότερη του 0,05 (sig=0,000)



Σχήμα 43: Η εξέλιξη του βάρους των ώριμων καρπών στο ST=Super thermic και στο ST+NIR=Super thermic+NIR

Πίνακας 27. Repeated measures για το βάρος των ώριμων καρπών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	31,573	1	31,573	246,859	,000
GH	2,617	1	2,617	20,458	,000
Error	1,791	14	,128		



Εικόνα 7. Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε στο θερμοκήπιο (Internet 5)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 26 φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στον αριθμό των καρπών (Sig.= 0,019), αλλά στατιστικώς σημαντική διαφορά (Sig.= 0,000) παρατηρείται και στο βάρος των καρπών κοιτώντας τον Πίνακα 27. Διαπιστώνουμε ότι το θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic έχει υψηλότερη παραγωγή, τόσο σε αριθμό ώριμων καρπών όσο και σε βάρος, από το θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic + NIR. Στον Πίνακα 28 που ακολουθεί φαίνεται η συνολική παραγωγή στα δύο υπό μελέτη θερμοκήπια.

Πίνακας 28. Οι συγκομιδές σε kg στα δύο θερμοκήπια

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ST + NIR	ST
08/05/2009	0,06	0,23
13/05/2009	0,48	0,47
27/05/2009	0,52	1,08
02/06/2009	0,64	1,41
24/06/2009	0,55	0,86
ΣΥΝΟΛΟ	2,24	3,35

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το θερμοκήπιο με το super thermic υλικό κάλυψης έχει κατά 33,1% υψηλότερη παραγωγή από το θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό κάλυψης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7.1 Ιδιότητες υλικών κάλυψης

Το υλικό κάλυψης super thermic + NIR που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο θερμοκήπιο, στο φάσμα από 4000 – 14000 nm έχει 14,3 % μικρότερη διαπερατότητα εν συγκρίσει με το υλικό κάλυψης super thermic που χρησιμοποιήθηκε στο δεύτερο θερμοκήπιο. Το ίδιο όμως παρατηρείται και στα 4000 - 39000 nm σε ποσοστό όμως 10,7 %. Το super thermic + NIR κάλυμμα έχει ανακλαστική ιδιότητα 35,2 % περισσότερη στο φάσμα της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (700 -1100 nm) από το super thermic υλικό και 26,3% στο φάσμα της ενεργούς φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας (400 -700 nm). Όσο αφορά την διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και τα δύο υλικά κάλυψης δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους στα διάφορα μήκη κύματος που μελετήθηκαν. Η απορρόφηση όμως διαπιστώθηκε ότι ήταν υψηλότερη στο super thermic + NIR κάλυμμα σε ποσοστό 66,7% στην περιοχή του μπλε και στο φάσμα της ενεργούς φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας, 71,4% στην περιοχή του κόκκινου, 75% στην περιοχή του μακρινού κόκκινου, 71,4% την ολική ακτινοβολία και 57,1% στο κοντινό υπέρυθρο απ' ότι στο θερμοκήπιο που είχε καλυφθεί με το super thermic υλικό . Οι μετρήσεις, για τα συμπεράσματα αυτά, πραγματοποιήθηκαν μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου.

7.2 Ηλιακή ακτινοβολία

Τα αποτελέσματα των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών κάλυψης στα 400 -1100 nm δείχνουν ότι το super thermic + NIR υλικό μείωσε αποτελεσματικά την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο τη διαθέσιμη ενέργεια στην καλλιέργεια και το θερμικό φορτίο αυτής. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα φυτά στο θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό δέχτηκαν 18% λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με το θερμοκήπιο με το super thermic υλικό την περίοδο χωρίς θέρμανση και 9% την περίοδο με θέρμανση. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τον Mutwiwa et al (2001) οι οποίοι

χρησιμοποιώντας ένα φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης με υψηλή ανακλαστική ιδιότητα μείωσαν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κατά 14%.

Το θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό εμποδίζει την είσοδο της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο διευκολύνοντας το δροσισμό του θερμοκηπίου. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε από τις εργαστηριακές μετρήσεις των οπτικών ιδιοτήτων των δύο υλικών κάλυψης μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, όπου φαίνεται ότι το super thermic + NIR υλικό κάλυψης αντανακλά 26,3% περισσότερο την ενεργό φωτοσυνθετική ακτινοβολία και την απορροφά 66,7% περισσότερο σε σχέση με το super thermic υλικό κάλυψης.

7.3 Μικροκλίμα

Το σύστημα θέρμανσης στα δύο θερμοκήπια χρησιμοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα από 02/02/2009 έως 25/04/2009, Σε αυτό το χρονικό διάστημα όμως δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, της σχετικής υγρασίας και του ελλείμματος κορεσμού του αέρα.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic + NIR υλικό είχε κατά μέσο όρο 2 °C χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα και 8% υψηλότερη σχετική υγρασία. εν συγκρίσει με το θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic. Η μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο χώρο του θερμοκηπίου ελάττωσε την προσφερόμενη ενέργεια, γεγονός που οδήγησε στη μείωση της θερμοκρασίας. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Garcia et al (2003) σε πειράματα πιπεριάς, Kumar et al (1999) και Mutwiwa (2001) σε πειράματα τομάτας, όπου διαπίστωσαν ότι με τη χρήση υλικών κάλυψης με υψηλή ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία μειώθηκε η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό κατά 2 – 3 °C.

Μικρότερο έλλειμμα κορεσμού του αέρα σε υδρατμούς, κατά 8,8 % παρουσιάστηκε στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic + NIR υλικό τους καλοκαιρινούς μήνες τις πρωινές ώρες και 4% τις βραδινές ώρες. Αυτό είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την μείωση της υδατικής καταπόνησης της καλλιέργειας τομάτας κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας.

7.4 Αγρονομικές μετρήσεις

Παρατηρώντας τα διαγράμματα για τις αγρονομικές μετρήσεις, καθώς και τους πίνακες της στατιστικής ανάλυσης διαπιστώνουμε ότι το ύψος των φυτών στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic υλικό ήταν σταθερά μεγαλύτερο έναντι του θερμοκηπίου με το super thermic + NIR υλικό, όμως δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Παρόλα αυτά, αυτό δεν ήταν το αναμενόμενο αποτέλεσμα, γιατί στο θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό τα φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες σκίασης που αναμενόταν να έχουν μεγαλύτερο ύψος, ωστόσο δεν παρατηρήθηκε σχεδόν καμία διαφορά.

Παράλληλα από τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας των φυτών, βρέθηκε ότι τα φυτά στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic υλικό είχαν στατιστικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια εν συγκρίσει με το θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό κάλυψης. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια των φυτών του θερμοκηπίου με το super thermic υλικό, οφειλόταν τόσο στον μεγαλύτερο αριθμό ικανών φύλλων να συμμετάσχουν στη φωτοσύνθεση, όσο και στη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά φύλλο των φυτών. Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στο πείραμα των Garcia et al (2003) σε φυτά πιπεριάς σε θερμοκήπιο με κάλυμμα με υψηλή ανακλαστική ικανότητα στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία, όπου υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων. Ενώ αντίθετα στο πείραμα των Cemek et al, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές στη φυλλική επιφάνεια φυτών τομάτας.

Όσο αφορά τον αριθμό των ανθέων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων. Το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic + NIR έχει κατά μέσο όρο περισσότερα άνθη από το θερμοκήπιο που είναι καλυμμένο με το super thermic υλικό κάλυψης.

Ο αριθμός των καρπών στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic + NIR υλικό ήταν μεγαλύτερος από τον αριθμό των καρπών στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic στην αρχή του «δεσίματος» του καρπού. Έτσι διαπιστώνουμε ότι στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic + NIR υλικό η ωρίμανση του άνθους για τη δημιουργία του καρπού, ήταν ταχύτερη απ' ό,τι στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με το super thermic. Όμως, παρόλα αυτά δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές τα δύο θερμοκήπια στον αριθμό των καρπών.

Τέλος στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό σταυρών και τον αριθμό των κόμβων. Πιθανόν γι αυτό δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στο μήκος των μεσογονάτιων διαστημάτων.

7.5 Απόδοση

Το θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης *super thermic+ NIR* έχει χαμηλότερη παραγωγή, τόσο σε αριθμό ώριμων καρπών όσο και σε βάρος, από το θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης *super thermic*. Από την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Η απόδοση της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης *super thermic* ήταν κατά 33,1 % υψηλότερη απ' ό τι στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης *super thermic+ NIR*.



Εικόνα 8. Η καλλιέργεια στις 30/05/2009

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση ενός ανακλαστικού της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας υλικού κάλυψης, που ήταν το super thermic + NIR, στο μικροκλίμα και στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας, σε σύγκριση με ένα άλλο θερμικό υλικό κάλυψης, το super thermic. Οι παράγοντες του μικροκλίματος που μελετήθηκαν ήταν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και το έλλειμμα κορεσμού του αέρα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- Το super thermic + NIR υλικό κάλυψης, λόγω της υψηλής ανακλαστικής του ιδιότητας στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία και στην ολική ακτινοβολία (400 -1100 nm), παρεμπόδισε την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, τους κρίσιμους καλοκαιρινούς μήνες και κυρίως κατά τη διάρκεια των θερμότερων ωρών της ημέρας, διευκολύνοντας το δροσισμό του θερμοκηπίου. Διατήρησαι, κατά μέσο όρο, 1,5 °C χαμηλότερη τη θερμοκρασία του αέρα και κατά 15% υψηλότερη τη σχετική υγρασία.. Μείωσε το έλλειμμα κορεσμού του αέρα σε υδρατμούς, κατά 8,8 % τις πρωινές ώρες και 4% τις βραδινές ώρες, με αποτέλεσμα την θετική επίδραση στην φυσιολογική κατάσταση της καλλιέργειας. Παράλληλα η μειωμένη είσοδος της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας δεν λειτούργησε ανασταλτικά στη φωτοσυνθετική λειτουργία των φυτών.
- Τα φυτά στο θερμοκήπιο με το super thermic + NIR υλικό δέχτηκαν 18% λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με το θερμοκήπιο με το super thermic υλικό την περίοδο χωρίς θέρμανση και 9% την περίοδο με θέρμανση.
- Η απόδοση της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic ήταν κατά 33,1 % υψηλότερη απ' ότι στο θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης super thermic + NIR που μελετάμε. Το ποσοστό αυτό, αφορά την παραγωγή των φυτών που μελετήθηκαν στο πείραμα από κάθε θερμοκήπιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Al-Amri, A.M.S., 2000. Comparative use of greenhouse cover material and their effectiveness in evaporative cooling systems under conditions in Eastern Province of Saudi Arabia. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 31, 1 2, 61-66
2. Arcidiacono, C., D'Emilio. A., Mazzarella, A, Leonardi, A., 1997. Covering materials to improve greenhouse microclimate during summer in hot climates.
3. Cemek, B. , Demir, Y. , Uzun, S. , Ceyhan, V., 2006. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine.. *Energy* 31, 12, 1444-1452
4. E. Espí A. Salmerón A. Fontecha Y. García A. I. Real, 2006. PLastic Films for Agricultural Applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting* 22 (2), 85-102
5. Garcia A., Gonzalez, A., 2003. New cool plastic films for greenhouse covering in tropical and subtropical areas.
6. Hemming, S., Nico van der Braak, 2003. Greenhouse cooling by NIR reflection
7. Heuvelink, E. , González-Real, M.M., 2008. Innovation in plant - greenhouse interactions and crop management *Acta Horticulturae* 801, 1, 63-74
8. Impron, I., Hemming, S., 2007. Effects of cover properties, ventilation rate, and crop leaf area on tropical greenhouse climate
9. Internet 1: [www.agrek.gr/products8.php?...](http://www.agrek.gr/products8.php?)
10. Internet 2: www.agrool.gr/files/8erm.pdf - (image)
11. Internet 3: www.ekk.aua.gr/seminar/seminar08.pdf
12. Internet 4: www.hydrogrown.com.cy/.../about_hydroponics.asp -
13. Internet 5: www.inout.gr/showthread.php?t.(image)
14. Internet 6: www.plastikakritis.com
15. Internet 7: el.wikipedia.org/.../Θερμοκήπιο
16. Internet 8: www.greekbooks.gr
17. Katsoulas, N. , Manolaraki, Ch., Kittas, C. , Bartzanas, T., 2008. Effects of anti-drip cover materials on microclimate and production of a hydroponic cucumber crop, *Acta Horticulturae* 801, 1, 267-274

18. Kempkes, F. , Stanghellini, C. , Hemming, S. , Dai, J, 2008.Cover materials. excluding near infrared radiation: Effect on greenhouse climate and plant processes *Acta Horticulturae*, 797, 477-482
19. Kittas, C., Tchamitchian, M. , Katsoulas, N. , Karaiskou, P., Papaioannou, Ch., 2006. Effect of two UV-absorbing greenhouse -covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop *Scientia Horticulturae* 110, 1, 11 , 30-37
20. López-Marín, J., González, A. , García-Alonso, Y. , Espí, E. , Salmerón, A. , Fontecha, A.^b , Real, A.I., 2008.Use of cool plastic films for greenhouse covering in Southern Spain. *Acta Horticulturae*, 801, 1, 181-186
21. M. T. Chaibi and T. Jilar, 2004. System design, operation and performance of roof-integrated desalination in greenhouses
22. Mutwiwa, U.N., Von Elsner, B. , Tantau, H.J. , Max, J.F.J., 2008. Cooling naturally ventilated greenhouse in the tropics by near-infra red reflection, *Acta Horticulturae*, 801, 1, 259-265
23. Öztürk, H.H. , Başçetinçelik, A. 2003Effect of thermal screens on the microclimate and overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27, 3, 123-134
24. P. J. Sonneveld,¹ G. L. A. M. Swinkels,¹ G. P. A. Bot,¹ and G. Flamand, 2007. Conversion of NIR-radiation to Electric Power in a Solar Greenhouse AIP Conf. Proc.,890,317-326
25. Papadopoulos, A.P., Hao, X., 1997. Effects of greenhouse cover on seedless cucumber growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae* 68, 1-4, 3, 113-123
26. Papadopoulos, A.P., Hao, X., 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae* 70, 2-3, 165-178
27. Sonneveld, P. J, G.L.A.M. Swinkels, F. Kempkes, J. van Campen and G.P.A.. Greenhouse with an Integrated NIR Filter and a Solar Cooling System
28. Sonneveld, P.J., Holterman, H.J., Swinkels, G.L.A.M., Van Tuijl, B.A.J., Bot, G.P.A., 2008. Solar energy delivering greenhouse with an integrated NIR filter. *Acta Horticulturae* 801, 1, 703-710

29. Sonneveld, P.J., Swinkels, G.L.A.M., Kempkes, F., Campen, J.B., Bot, G.P.A., 2006. Greenhouse. with an integrated NIR filter and a solar cooling system. *ActaHorticulturae*,719,123-130
30. Stein N., Donsa, C., Kirsti H., 1998. Effect of reducing the infrared radiation of sunlight on greenhouse temperature, leaf temperature, growth and yield
31. The Growing Edge, Τόμος 2, Αρ 1, Φθινόπωρο 1990
32. Vanthoor, B., Stanghellini, C. , Van Henten, E., Gázquez Garrido, J.C., 2008. The combined effects of Cover design parameters on tomato production of a passive greenhouse *Acta Horticulturae*, 801, 1, 383-391
33. Y. Zhang, L. Gauthier, D. de Halleux, B. Dansereau, A. Gosselin, 1995. Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate
34. Zhu, S., Deltour, J. , Wang, S., 1998. Modeling the thermal characteristics of greenhouse pond systems *Aquacultural Engineering* 18, 3, 201-217
35. Κίττας Κ., 2001. Γεωργικές κατασκευές & έλεγχος περιβάλλοντος μονάδων φυτικής και ζωικής παραγωγής, Ι. Θερμοκήπια
36. Μ.Β. Κυκρίλης – Γεωπόνος, Πλαστικά Κρήτης Α.Β.Ε.Ε., 2008. Νέα υλικά κάλυψης θερμοκηπίων. Επίδραση στο κλίμα και στην παραγωγή.
37. Μαυρογιανόπουλου Γ. Ν. , 2005. Θερμοκήπια
38. Μαυρογιανόπουλου Γ. Ν. , 2006. Υδροπονικές εγκαταστάσεις
39. Ν., Κατσούλας, Θ., Μπαρτζάνας, Κ.,Κίττας, 2006. Νέες τεχνολογίες σε μεσογειακά θερμοκήπια. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*, 4:52-61
40. Ολύμπιος Χ.Μ., 2001.Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια
41. Στατιστική υπηρεσία Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης. Ετήσια Έκθεση 2007
42. Τσουκνίδας Αθανάσιος, 2009. Αξιολόγηση νέων θερμικών και ανακλαστικών φύλλων κάλυψης για εξοικονόμηση ενέργειας στο θερμοκήπιο, Μεταπτυχιακή διατριβή



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105909