



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Θέμα:

‘Επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου’



**Μεταπτυχιακή Διατριβή
Κοκκίνης Φανούριος**

**Επιβλέπων Καθηγητής:
Κωνσταντίνος Κίττας**

Βόλος 2005



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Θέμα:

‘Επίδραση φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου’

Κοκκίνης Φανούριος

Τριμελής επιτροπή:

**Κωνσταντίνος Κίττας
Καθηγητής**

Επιβλέπων

**Νικόλαος Δαλέζιος
Καθηγητής**

Μέλος

**Γεώργιος Παπαδάκης
Επίκουρος Καθηγητής**

Μέλος

Βόλος 2005

*Στους γονείς μου
Γιάννη και Γεωργία.*

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί στην αγορά υλικά κάλυψης που τροποποιούν το φάσμα της εισερχόμενης στο θερμοκήπιο ακτινοβολίας. Τα υλικά αυτά ονομάζονται φωτοεκλεκτικά και είναι ευρύτατα διαδεδομένα. Τμήμα των υλικών αυτών αποτελούν τα απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία υλικά κάλυψης. Έχει αποδειχθεί ότι τα υλικά αυτά παρέχουν στα φυτά ευνοϊκότερο περιβάλλον ανάπτυξης, εφόσον απουσία της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν ευνοείται ο πολλαπλασιασμός και ανάπτυξη των μυκήτων, ενώ παράλληλα τα βλαβερά έντομα αποπροσανατολίζονται με αποτέλεσμα λιγότερες βλάβες στους καρπούς και λιγότερες προσβολές από ώσεις.

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια μελέτης του μικροκλίματος όπως αυτό διαμορφώνεται κάτω από υλικά απορροφητικά στην υπεριώδη ακτινοβολία. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Βελεστίνου (*Long: 22° 44' E, Lat: 39° 22' N, Alt: 120m*), όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπα τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια με προσανατολισμό Βορρά-Νότου, καλυμμένα με φύλλο πολυαιθυλενίου. Το πρώτο θερμοκήπιο, (θερμοκήπιο1), ήταν καλυμμένο με PE περατό στην υπεριώδη ακτινοβολία και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας, ενώ το δεύτερο (θερμοκήπιο 2), όχι.

Μελετήθηκαν παράγοντες όπως η εισερχόμενη ενέργεια λόγω ακτινοβολίας σε τρεις περιοχές του φάσματος (UVA 340-400nm, μπλε 400-500nm και πράσινο προς κόκκινο 500-700nm), η ολική ακτινοβολία καθώς και η υπεριώδης στο φάσμα της UVA και UVB. Επίσης μετρήθηκε η θερμοκρασία και η υγρασία στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων για να διαπιστωθούν αν υπήρχαν διαφορές στις συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας, (οι τιμές τους παρουσιάζονται στο παράρτημα της εργασίας). Μελετήθηκε η μεταβολή της περατότητας μέσα στο θερμοκήπιο, σε τρεις περιοχές του φάσματος (UVA, μπλε και PAR) και πως αυτή διαμορφώνεται με την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων. Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο επίπεδα μέσα στο θερμοκήπιο, (ύψος της βάσης των παραθύρων και ύψος της κορυφής αυτών) και δύο άξονες, (διαμήκης και εγκάρσιος). Μετρήθηκαν παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός (ζ , ζ^* , ο λόγος του μπλε προς το κόκκινο, B/R, του μπλε προς το υπέρυθρο, B/FR, της PAR προς την ολική ακτινοβολία, P/T και της PAR προς το κοντινό υπέρυθρο, P/N) και πως αυτοί διαμορφώνονται με την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας, καθώς επίσης και το πως διαφοροποιούνται στα δύο θερμοκήπια. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις παρουσία και απουσία καλλιέργειας.

Προέκυψαν τα εξής:

- Δεν βρέθηκαν διαφορές στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων.
- Βρέθηκαν διαφορές στην υγρασία που οφείλονται στη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια που είχαν αναπτύξει τα φυτά του θερμοκηπίου με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα.
- Δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στην εισερχόμενη ολική ηλιακή ακτινοβολία.
- Βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στην εισερχόμενη υπεριώδη, (UVA και UVB), ακτινοβολία.
- Δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στην εισερχόμενη ενέργεια λόγω ακτινοβολίας στις περιοχές UVA, μπλε και πράσινο προς κόκκινο.

Όσον αφορά την μεταβολή της περατότητας και την ποιότητα του φωτός μέσα στο θερμοκήπιο βρέθηκε ότι:

- Η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων επηρεάζει κυρίως την περατότητα στη UVA, στο ύψος της βάσης των παραθύρων και στις θέσεις δίπλα σε αυτά.. Επίσης με το άνοιγμα των παραθύρων δεν μεταβάλλεται η ποιότητα του φωτός, αφού οι τιμές των παραγόντων που το χαρακτηρίζουν μένουν σχετικά σταθεροί.
- Διαφορές στην περατότητα μεταξύ των δύο θερμοκηπίων βρέθηκαν κυρίως στην περιοχή της UVA, με το μάρτυρα να εμφανίζει αυξημένη περατότητα σε ποσοστό της τάξης του 55-75% και τις μεγαλύτερες διαφορές να παρατηρούνται στη θέση δίπλα στο δυτικό παράθυρο. Επίσης δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στους παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός.
- Στον διαμήκη άξονα του θερμοκηπίου οι τιμές της περατότητας για όλες τις περιοχές του φάσματος μένουν σχετικά σταθερές. Στον εγκάρσιο άξονα, απουσία καλλιέργειας οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα, μειώνονται από την ανατολική προς τη δυτική θέση του άξονα, ενώ παρουσία καλλιέργειας ο εγκάρσιος άξονας εμφανίζει υψηλότερες τιμές περατότητας στο κέντρο του με τις τιμές να μειώνονται εξίσου εκατέρωθεν του κέντρου στο κάτω επίπεδο με τα παράθυρα κλειστά.
- Μεταξύ των δύο επιπέδων στο εσωτερικό των θερμοκηπίων βρέθηκαν διαφορές στην περατότητα μόνο στην περίπτωση όπου η καλλιέργεια ήταν παρούσα, ενώ απουσία αυτής οι τιμές ήταν ίδιες.

Ευχαριστίες.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου και επιβλέποντα αυτής της εργασίας κ. Κωνσταντίνο Κίττα, Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την επιστημονική καθοδήγηση και ηθική υποστήριξη του στην εκτέλεση του πειράματος και τη συγγραφή της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαλέζιο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Γεώργιο Παπαδάκη, που μαζί με τον ανωτέρω Καθηγητή συγκρότησαν την τριμελή συμβουλευτική επιτροπή.

Ευχαριστώ τον Λέκτορα κ. Νικόλαο Κατσούλα και τον Διδάκτορα Θωμά Μπαρτζάνα για την καθοδήγηση τους στο χειρισμό των απαιτούμενων οργάνων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην υποψήφια Διδάκτορα κ. Χρυσούλα Παπαϊωάννου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και υπομονή που επέδειξε. Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τον φίλο και συνάδελφο Dany El-Obeid για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για την υποστήριξη και το κουράγιο που μου έδωσαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την υποστήριξη, την αγάπη και την πίστη τους σε ό,τι αρχίζω. Σε αυτούς οφείλω την επίτευξη κάθε στόχου μου μέχρι σήμερα.

Περιεχόμενα

	σελ.
Περιεχόμενα.	i
Ευχαριστίες.	iii
Κεφάλαιο I. Εισαγωγή και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.	1
1. Το μικροκλίμα στο θερμοκήπιο.	2
1.1 Ακτινοβολία	2
1.2 Θερμοκρασία.	6
1.3 Υγρασία	8
1.4 Διοξείδιο του άνθρακα.	9
2. Η επίδραση του φωτός στα φυτά.	10
2.1 Φωτοϋποδοχείς.	10
3. Νέες εξελίξεις στα πλαστικά υλικά κάλυψης.	13
4. Η ηλιακή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο.	15
4.1 Το κάλυμμα το θερμοκηπίου και η ηλιακή ακτινοβολία.	15
4.2 Τα φυτά στο θερμοκήπιο και η ηλιακή ακτινοβολία.	17
4.3 Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο.	19
4.3.1 Κατανομή της υπεριώδους ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο.	20
4.3.2 Κατανομή της PAR στο θερμοκήπιο.	20
4.4 Τρόπος και θέση λήψης των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο.	21
4.5 Αλληλεπίδραση υλικών κάλυψης και μικροκλίματος θερμοκηπίου.	21
Κεφάλαιο II. Υλικά και Μέθοδοι.	24
1. Η Τοποθεσία.	25
2. Τα Θερμοκήπια.	25
2.1 Αερισμός.	26
2.2 Θέρμανση.	26
3. Η καλλιέργεια	26
4. Μετρήσεις.	27
4.1 Όργανα.	27
4.2 Τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων.	31
4.2.1 Κλιματικές μετρήσεις και μέτρηση τιμών ακτινοβολίας.	31
4.2.2 Μετρήσεις φασματικής περατότητας των υλικών κάλυψης.	32
4.3 Παράμετροι του φωτός.	35
4.3.1 Περατότητα.	35
4.3.2 Παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός.	35
4.3.2.1 Παράμετροι που σχετίζονται με το φυτόχρωμα.	35
4.3.2.2 Παράμετροι που σχετίζονται με το κρυπτόχρωμα.	36
4.3.2.3 Παράμετροι που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση.	36
5. Στατιστική ανάλυση	37
Κεφάλαιο III. Αποτελέσματα.	38
I. Μετρήσεις ακτινοβολίας με τη χρήση στατικών αισθητήρων.	39
1. Ολική ηλιακή ακτινοβολία.	39
1.1 Παρουσίαση των μεταβολών της ολικής ακτινοβολίας.	39
2 Υπεριώδης ακτινοβολία.	41
2.1 UVA.	41

2.2 UVB	41
3. Ενέργεια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.	42
II. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.	44
1. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμοκήπιο χωρίς καλλιέργεια.	44
1.1. Μέτρηση της περατότητας των θερμοκηπίων με ανοικτά ή κλειστά παράθυρα.	44
1.1.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).	44
A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	44
B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	46
1.1.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).	47
A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	47
B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	49
1.1.3 Ποιότητα φωτός.	50
1.2. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.	53
1.2.1 Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	53
A) Ανοικτά παράθυρα.	53
B) Κλειστά παράθυρα.	54
1.2.2 Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	55
A) Ανοικτά παράθυρα.	55
B) Κλειστά παράθυρα.	56
1.2.3 Ποιότητα φωτός.	57
1.3. Σύγκριση της περατότητας στο διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα σε κάθε ένα από τα θερμοκήπια	60
1.3.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).	60
A) Ανοικτά παράθυρα.	60
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	60
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	61
B) Κλειστά παράθυρα.	63
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	63
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	64
1.3.2 Θερμοκήπιο 2 (UV blocking).	66
A) Ανοικτά παράθυρα.	66
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	66
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	67
B) Κλειστά παράθυρα.	69
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	69
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	70
1.4. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των αντίστοιχων θέσεων του επιπέδου της βάσης των παραθύρων και του επιπέδου της κορυφής των παραθύρων.	72
1.4.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).	72
A) Ανοικτά παράθυρα.	72
B) Κλειστά παράθυρα.	73
1.4.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).	74
A) Ανοικτά παράθυρα.	74
B) Κλειστά παράθυρα.	75
2. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, με την παρουσία καλλιέργειας.	76
2.1. Μέτρηση της περατότητας των θερμοκηπίων με ανοικτά ή κλειστά παράθυρα.	76
2.1.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).	76

A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	76
B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	78
2.1.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).	80
A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	80
B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	82
2.1.3 Ποιότητα φωτός.	83
2.2. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.	86
2.2.1 Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	86
A) Ανοικτά παράθυρα.	86
B) Κλειστά παράθυρα.	87
2.2.2 Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	88
A) Ανοικτά παράθυρα.	88
B) Κλειστά παράθυρα.	89
2.2.3 Ποιότητα φωτός.	90
2.3. Σύγκριση της περατότητας στο διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα σε κάθε ένα από τα θερμοκήπια	93
2.3.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας)	93
A) Ανοικτά παράθυρα.	93
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	93
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	95
B) Κλειστά παράθυρα.	96
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	96
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	98
2.3.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).	99
A) Ανοικτά παράθυρα.	99
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	99
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	101
B) Κλειστά παράθυρα.	102
i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).	102
ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).	104
2.4 Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των αντίστοιχων θέσεων του επιπέδου της βάσης των παραθύρων και του επιπέδου της κορυφής των παραθύρων.	106
2.4.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).	106
A) Ανοικτά παράθυρα.	106
B) Κλειστά παράθυρα.	107
2.4.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).	108
A) Ανοικτά παράθυρα.	108
B) Κλειστά παράθυρα.	109
Κεφάλαιο IV. Συμπεράσματα και Συζήτηση.	110
Βιβλιογραφία.	120
Παράρτημα.	123

Κεφάλαιο I
Εισαγωγή και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

1. Το μικροκλίμα στο θερμοκήπιο.

Μία από τις κυριότερες προκλήσεις στην κατασκευή των θερμοκηπίων είναι η βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών, για την παραγωγή φρούτων και λαχανικών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι κυριότεροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η παραγωγή και σχετίζονται με το κλίμα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, και η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα.

1.1 Ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί τη βασική παράμετρο για την ανάπτυξη των φυτών και η οποία δεν είναι σταθερή σε ετήσια βάση. Για παράδειγμα η διαθέσιμη ακτινοβολία το Δεκέμβριο είναι μόνο το 1/3 σε σχέση με τον Ιούνιο σε γεωγραφικό πλάτος 40⁰B. Αυτό οφείλεται στη χαμηλή γωνία του ήλιου και στη μικρή διάρκεια της ημέρας. Η ατμόσφαιρα δρα ως φίλτρο και μειώνει την τιμή της ηλιακής ενέργειας η οποία μπορεί να περάσει και να φθάσει στη γη. Αλλάζει επίσης την αναλογία της PAR σε σύγκριση με άλλες περιοχές του φάσματος, με επιλεκτικό φιλτράρισμα της υπεριώδους ακτινοβολίας του ολικού ηλιακού ενεργειακού φάσματος. Έξω από την ατμόσφαιρα η PAR αποτελεί μόνο το 38,2% της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ μέσα στην ατμόσφαιρα το ποσοστό αυτό γίνεται 49,2% και εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (νέφη, υγρασία και μόλυνση), (Ting, and Giacomelli 1987).

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να ανακλαστεί από την ατμόσφαιρα ή να τη διαπεράσει και να φθάσει στη γη. Στη συνέχεια διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Το ποσό που διαπερνά είναι απαραίτητο για την αύξηση των φυτών, αλλά από την ακτινοβολία που περνά το κάλυμμα μόνο ένα ποσοστό 1-5% χρησιμοποιείται από τα φυτά. Το υπόλοιπο απορροφάται και επανεκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία που αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου.

Με την ακτινοβολία μεταφέρεται ενέργεια μέσω των φωτονίων. Η ενέργεια που περιέχεται σε ένα φωτόνιο εξαρτάται από τη συχνότητα του φωτός:

$$E_{\lambda} = h\nu = hc / \lambda_{vacuum}$$

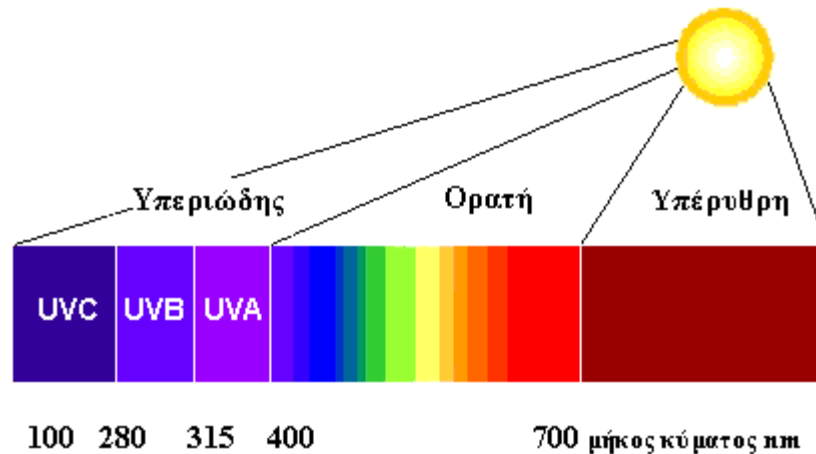
όπου E_{λ} η ενέργεια που περιέχεται σε ένα φωτόνιο, h η σταθερά του Plank, ν η συχνότητα, λ το μήκος κύματος και c η ταχύτητα του φωτός στο κενό (Aphalo J., 2001).

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση των φυτών, καθώς και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου.

Με τη φωτοσύνθεση δεσμεύεται η ηλιακή ακτινοβολία στους υδατάνθρακες οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούν το καύσιμο που δίνει ενέργεια σε κάθε ζωντανό οργανισμό.

Όταν όλοι οι παράγοντες που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση, όπως η φωτεινή ακτινοβολία, το διοξείδιο του άνθρακα, η θερμοκρασία, το νερό κ.α. βρίσκονται σε άριστο επίπεδο, τότε και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα βρίσκεται στο ανώτερο δυνατό επίπεδο.

Ανάλογα με το μήκος κύματος, η ακτινοβολία διαχωρίζεται σε:



Εικόνα 1. Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας

- *Υπεριώδη ακτινοβολία (100-400nm)*

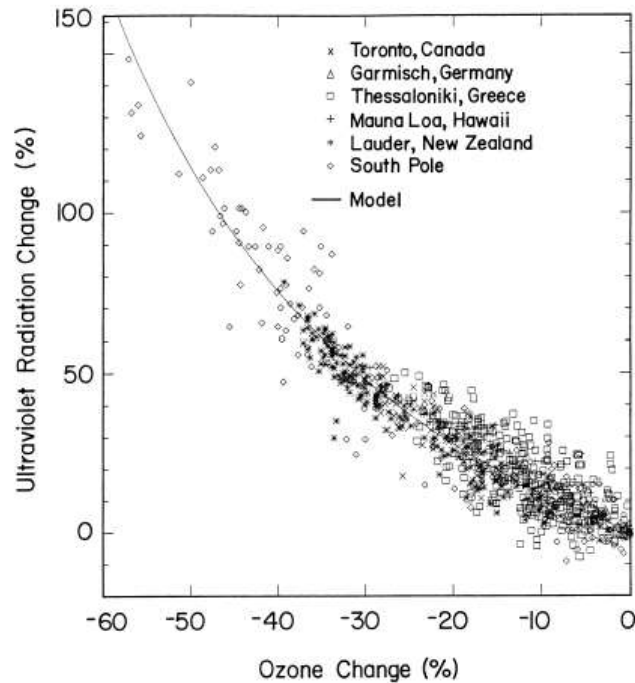
Αποτελεί το 5%, περίπου, της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη. Η υπεριώδης ακτινοβολία μήκους κύματος μικρότερου από 280nm (UVC) απορροφάται από διάφορες χημικές ουσίες των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (π.χ. όζον). Οι ακτινοβολίες με μήκη κύματος 280-315nm (UVB) και 315-400nm (UVA) επηρεάζουν τις χρωστικές των φυτών και τις οπτικές ιδιότητες των πλαστικών των θερμοκηπίων (αποδόμηση).

Τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης μπορεί να επηρεάζονται από παράγοντες όπως τα επίπεδα του όζοντος της ατμόσφαιρας και της στρατόσφαιρας, το ύψος του ήλιου, το υψόμετρο, η ύπαρξη νεφών και η εδαφοκάλυψη. Γενικά, όσο μειώνεται το στρατοσφαιρικό όζον, τόσο περισσότερη UV ακτινοβολία μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια της γης. Επίσης τα επίπεδα του όζοντος επηρεάζονται από το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή καθώς και τους διάφορους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές.

Η μεγαλύτερη ανησυχία αφορά την αύξηση της διείσδυσης της UV-B στην επιφάνεια της γης, καθώς προκαλεί φωτοχημικές αντιδράσεις. Το τμήμα αυτό της UV ακτινοβολίας,

αν και αποτελεί λιγότερο από 0,5% της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης, έχει σημαντικές βιολογικές επιδράσεις.

Η σχέση μεταξύ του όζοντος και των επιπέδων της UV ακτινοβολίας για διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα.

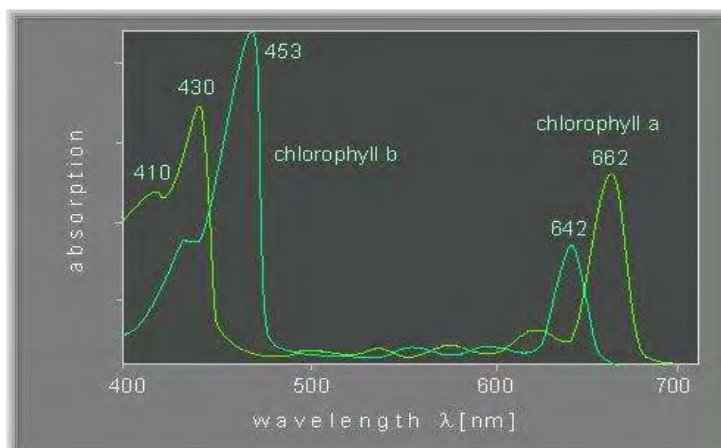


Γράφημα 1. Αύξηση της UV ακτινοβολίας εξαιτίας της μείωσης των επιπέδων του όζοντος. (World Meteorological Organization Scientific Assessment of Ozone Depletion, 1998)

- *Ορατή ακτινοβολία (380 -770nm)*

Το φάσμα της ακτινοβολίας αυτής αποτελεί το 45% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη και είναι αυτό που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος.

Στη φωτοσύνθεση χρησιμοποιείται μόνο η ακτινοβολία μήκους κύματος 400-700nm, η οποία αποκαλείται "φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία" (Photosynthetic Active Radiation, PAR), με μέγιστη απορρόφηση από τη χλωροφύλλη (τύπου a και b) στα 400 με 480nm (κυανούν φως) και 630-680nm (ερυθρό φως), (Giacomelli, 1998).



Γράφημα 2. Απορρόφηση της χλωροφύλλης στην περιοχή της PAR. (Sengbusch P. - [b-online@botanik.uni-hamburg.de](mailto:online@botanik.uni-hamburg.de)).

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η επιρροή των επί μέρους περιοχών του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας στα φυτά.

Πίνακας 1 Επιρροή των επί μέρους περιοχών του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας στα φυτά. (Winic D., 2000)

Ιώδες	380 - 436 nm	Πιθανόν ενισχύει την δράση του μπλε φάσματος
Μπλε	436 - 495 nm	Επιδρά στη φωτοσύνθεση και τον φωτοτροπισμό. Απαραίτητο για την αποφυγή ψηλών και αδύναμων φυτών.
Πράσινο	495 - 566 nm	Μικρή επιρροή στα φυτά.
Κίτρινο	566 - 589 nm	Σχεδόν καμία επιρροή στα φυτά.
Πορτοκαλί	589 - 627nm	Μικρή επιρροή στη φωτοσύνθεση και τον φωτοπεριοδισμό.
Κόκκινο	527 - 770 nm	Ισχυρή επίδραση στη φωτοσύνθεση και τη φωτομορφογένεση. (προάγει την άνθηση, την επιμήκυνση των βλαστών). Σημαντικός ο λόγος R/FR.

- *Υπέρυθρη ακτινοβολία (770-1.000.000nm)*

Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι θερμική ενέργεια, που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, του εδάφους, των φυτών και άλλων σωμάτων στη γη. Ένα μέρος από τη θερμική ενέργεια που απορροφάται από τα διάφορα αντικείμενα και φυτά, επανακτινοβολείται με αποτέλεσμα την ψύξη αυτών (Ντόγρας, 1998).

Στο φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας περιέχεται το κοντινό υπέρυθρο, (NIR), με φάσμα απορρόφησης την περιοχή 770-850nm, και η υπέρυθη μικρού μήκους κύματος, (IR-A), με φάσμα απορρόφησης 770-1400nm. Η NIR δεν επηρεάζει άμεσα την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, (Gianomelli, 1998).

Άλλος παράγοντας που χαρακτηρίζει την ακτινοβολία εκτός από το φάσμα της είναι η ένταση και η διάρκεια της. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια πάνω στη γη, εξαρτάται από την ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, από το ύψος του ήλιου (εποχή, ώρα, γεωγραφικό πλάτος), από την κατάσταση της ατμόσφαιρας, από την κλίση της επιφάνειας και από το ύψος της επιφάνειας πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

1.2 Θερμοκρασία.

Η αύξηση των φυτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται, δεδομένου ότι σημαντικές φυσιολογικές τους λειτουργίες (φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή κ.λ.π.) επηρεάζονται από αυτή.

Η **αναπνοή** των φυτών συνίσταται από μία αλληλουχία καταβολικών βιοχημικών αντιδράσεων που αποσκοπεί στην αξιοποίηση της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη υπό μορφή αποθησαυριστικών χημικών ενώσεων (σάκχαρα, λίπη) και την χρησιμοποίησή της από τα κύτταρα του φυτού για τις διάφορες λειτουργίες της ζωής τους. Οι βιοχημικές αντιδράσεις που γίνονται στα πλαίσια της λειτουργίας της αναπνοής είναι ενζυμικές αντιδράσεις. Όπως είναι γνωστό, η ταχύτητα των ενζυμικών αντιδράσεων αυξάνεται εκθετικά με την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι ένα όριο. Επομένως η ανύψωση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του φυτού αυξάνει σημαντικά την ένταση της αναπνοής. Μέχρι κάποιο όριο αυτό είναι θετικό για την αύξηση του φυτού. Αύξηση όμως της θερμοκρασίας πάνω από αυτό το όριο το οποίο διαφέρει από φυτό σε φυτό και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 20-30°C επιταχύνει υπερβολικά τον ρυθμό της αναπνοής με συνέπεια να γίνεται άσκοπη σπατάλη μέρους της παραγόμενης κατά την φωτοσύνθεση ενέργειας.

Η **φωτοσύνθεση**, επειδή και αυτή συνίσταται από μία αλληλουχία ενζυμικών αντιδράσεων, αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας μέχρι ένα όριο, με την προϋπόθεση

ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες της φωτοσυνθετικής λειτουργίας, (φως, CO₂, H₂O κ.λ.π.), βρίσκονται σε επαρκή επίπεδα. Πάνω όμως από ένα όριο θερμοκρασίας, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης παύει πλέον να αυξάνεται και στη συνέχεια αρχίζει να μειώνεται. Αιτία γι' αυτό είναι το γεγονός ότι η ανύψωση της θερμοκρασίας αυξάνει συγχρόνως και την ταχύτητα της **φωτοαναπνοής**, η οποία είναι μία παράπλευρη προς την φωτοσύνθεση μεταβολική οδός με καταβολικό χαρακτήρα.

Η αύξηση στα φυτά εξαρτάται από την “καθαρή φωτοσύνθεση” που λαμβάνει χώρα στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, δηλ. από την διαφορά της ποσότητας αποθησαυριστικών ουσιών που παράγεται κατά την φωτοσύνθεση και εκείνης που καταναλώνεται κατά την αναπνοή. Σε υψηλές θερμοκρασίες η “καθαρή φωτοσύνθεση” μειώνεται δεδομένου ότι αυξάνεται υπερβολικά η αναπνοή, ενώ, όπως προαναφέρθηκε, η φωτοσύνθεση λόγω της φωτοαναπνοής δεν αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό και μάλιστα από κάποιο θερμοκρασιακό επίπεδο και πάνω (περίπου 35-40° C) αρχίζει να ελαττώνεται. Επομένως, για την μεγιστοποίηση του ρυθμού αύξησης των φυτών συνιστάται η διατήρηση της θερμοκρασίας στον χώρο ανάπτυξης των φυτών σε επίπεδα όχι μεγαλύτερα από 28-30° C κατά την διάρκεια της ημέρας και η μείωσή της σε ακόμη χαμηλότερα επίπεδα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Όταν η ένταση του φωτός, και η συγκέντρωση του CO₂ είναι μικρή τότε η θερμοκρασία στο θερμοκήπιο συνιστάται να διατηρείται σε επίπεδα χαμηλότερα από τα άριστα με στόχο τη μείωση των απωλειών μέσω της αναπνοής. Όσον αφορά τις χαμηλές θερμοκρασίες, θα πρέπει να τονισθεί ότι η φωτοσύνθεση συνήθως είναι δυνατή μόνο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 7-12°C.

Η **διαπνοή** των φυτών αυξάνεται μέχρι ένα όριο, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, δεδομένου ότι μεγαλώνει το υδατικό δυναμικό της ατμόσφαιρας και επομένως αυξάνεται η δύναμη με την οποία ο ατμοσφαιρικός αέρας αποσπά το νερό από τα φύλλα του φυτού. Η έξοδος του νερού από το μεσόφυλλο προς την ατμόσφαιρα διενεργείται μέσω των στοματιών. Τα στομάτια όμως κλείνουν όταν δεν υπάρχει επάρκεια νερού στον χώρο του ριζοστρώματος. Γι' αυτό, όταν η τροφοδότηση του φυτού με νερό είναι ανεπαρκής, η διαπνοή μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας.

Εκτός από τη σημασία της θερμοκρασίας στις κύριες μεταβολικές λειτουργίες των φυτών, σημαντική είναι και η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας. Όταν η θερμοκρασία της νύχτας διατηρείται σχετικά χαμηλή περιορίζεται η κατανάλωση υδατανθράκων μέσω της αναπνοής με συνέπεια το ισοζύγιο της καθαρής φωτοσύνθεσης να αυξάνεται με αποτέλεσμα τη γρηγορότερη και πλουσιότερη αύξηση των φυτών. Στην καλλιεργητική πρακτική το δεδομένο αυτό λαμβάνεται υπόψη κυρίως στις καλλιέργειες

θερμοκηπίου στις οποίες, κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους και εφόσον ο χώρος θερμαίνεται, η νυχτερινή θερμοκρασία διατηρείται κατά 5-6 °C χαμηλότερα από τη θερμοκρασία της ημέρας. (www.wcrl.ars.usda.gov/.../pbresearch.html)

1.3 Υγρασία

Ένας από τους βασικούς παράγοντες του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου είναι η υγρασία που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Μπορεί να χαρακτηριστεί από διάφορες παραμέτρους όπως η απόλυτη υγρασία, η κατάσταση κορεσμού, η θερμοκρασία του σημείου δρόσου και η σχετική υγρασία. Όταν ο αέρας είναι κορεσμένος σε υδρατμούς αρχίζει η συμπύκνωση τους πάνω στις επιφάνειες με τη χαμηλότερη θερμοκρασία όπως είναι το κάλυμμα του ή τα φυτά. Για να αποφευχθεί η συμπύκνωση θα πρέπει η θερμοκρασία του σημείου δρόσου να είναι χαμηλότερη από αυτή του αέρα.

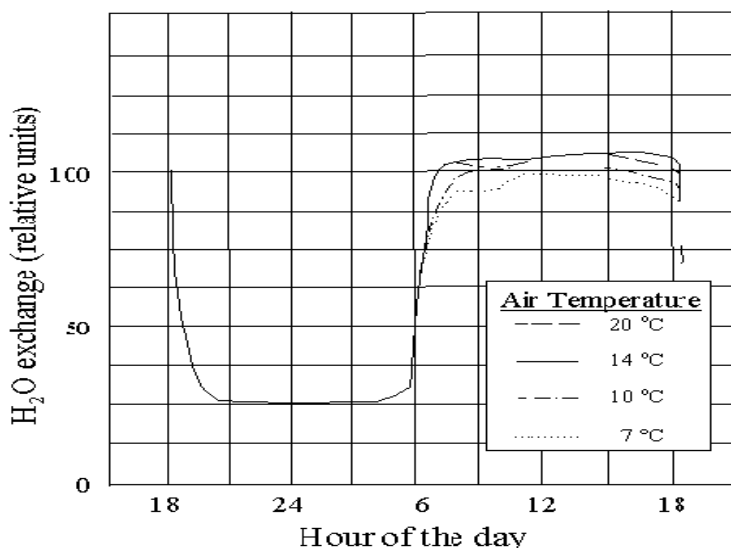
Το σημαντικότερο πρόβλημα στο θερμοκήπιο δημιουργείται με τη συμπύκνωση των υδρατμών πάνω στα φυτά, η οποία ευνοεί την βλάστηση σπορίων μυκήτων και την ανάπτυξη βακτηρίων.

Στην περίπτωση της συμπύκνωσης στο κάλυμμα, εκτός από τα χαρακτηριστικά του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, σημαντικό ρόλο έχουν και τα χαρακτηριστικά θερμοπερατότητας των υλικών κατασκευής. Όταν ελαττωθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υλικού κάλυψης, (π.χ διπλή επιφάνεια πολυαιθυλενίου), αυξάνει η θερμομονωτικότητα και η θερμοκρασία της εσωτερικής πλευράς, με αποτέλεσμα λιγότερες φορές η θερμοκρασία στην επιφάνεια της να φθάσει το σημείο δρόσου.

Οι ιδιότητες του υλικού κάλυψης καθορίζουν και τη μορφή της συμπύκνωσης. Στο γυάλινο κάλυμμα η συμπύκνωση γίνεται υπό μορφή μεμβράνης, ενώ στο πολυαιθυλένιο και τον πολυεστέρα υπό μορφή σταγόνων που πέφτουν πάνω στα φυτά. Τα σύγχρονα πλαστικά καλύμματα έχουν πρόσθετα προκειμένου η συμπύκνωση να έχει τη μορφή μεμβράνης

Γενικά η επιφανειακή συμπύκνωση στα υλικά του σκελετού έχει σαν αποτέλεσμα την διάβρωση τους, ενώ στα υλικά κάλυψης τη μείωση της περατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης στο κάλυμμα πολυαιθυλενίου αυξάνει την περατότητα στη μεγάλο μήκους κύματος ακτινοβολίας αυξάνοντας τις απώλειες θερμότητας. Τα σύγχρονα πλαστικά καλύμματα περιέχουν πρόσθετες ύλες, που απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία και κατά συνέπεια μειώνουν τις απώλειες θερμότητας του θερμοκηπίου μέσω του καλύμματος.

Η ανταλλαγή υδρατμών μεταξύ των φυτών και του περιβάλλοντος εξαρτάται από την ένταση του φωτός και τη θερμοκρασία. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η ανταλλαγή υδρατμών για φυτά τομάτας πριν την άνθιση για διάφορες ώρες της ημέρας.

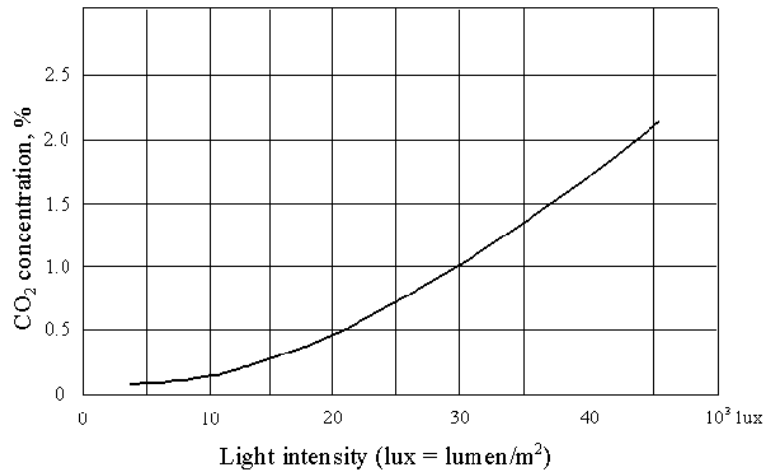


Γράφημα 3. Ανταλλαγή υδρατμών για φυτά τομάτας πριν την άνθιση. (Kiril Popovski)

1.4 Διοξείδιο του άνθρακα.

Στον αέρα η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα φθάνει σε ποσοστό 0,03%. Όμως στην περίπτωση του θερμοκηπίου, όταν αυτό είναι κλειστό και δέχεται μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας η συγκέντρωση παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές. Κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης μέρας, όταν το θερμοκήπιο παραμένει κλειστό για δύο ώρες, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να ελαττωθεί στα 100ppm.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα έχει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Έχει αποδειχτεί ότι για σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος, το διοξείδιο του άνθρακα επιδρά άμεσα στην ένταση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, και ότι η ιδανική συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μέσα σε ένα θερμοκήπιο εξαρτάται άμεσα από την ένταση του φωτός, (Kiril Popovski).



Γράφημα 4. Άριστα επίπεδα συγκέντρωσης CO₂ σε μια θερμοκηπιακή καλλιέργεια σε σχέση με την ένταση του φωτός (Denis, et al., 1978).

2. Η επίδραση του φωτός στα φυτά.

Μια πλήρης περιγραφή του φωτός που δέχονται τα φυτά απαιτεί τον προσδιορισμό της έντασης, της διάρκειας, της ποιότητας, (φασματική σύνθεση) και της διεύθυνσής του.

Το φως για τα φυτά είναι παράλληλα πηγή ενέργειας για τη φωτοσύνθεση και πληροφοριών για τη φωτοπερίοδο, το φωτοτροπισμό και τη φωτομορφογένεση. Τα φυτά δέχονται και παράγουν σήματα φωτός. Διάφοροι φωτοϋποδοχείς σχετίζονται με την ανίχνευση των σημάτων φωτός και δίνουν τη δυνατότητα στα φυτά να ανιχνεύουν το μέγεθος και τη θέση των φυτών που βρίσκονται γύρω τους. Δίνουν δηλαδή στα φυτά ένα είδος 'όρασης' διαφορετικό από αυτό των ανθρώπων και των ζώων.

Υπάρχει ένας αριθμός μορίων απορροφητικών του φωτός που επιτρέπουν στα φυτά να αντιδρούν στις αλλαγές του φωτός στο περιβάλλον. Η βλάστηση, η έκπτυξη των φύλλων, η επιμήκυνση των βλαστών, η έναρξη της άνθισης και η σύνθεση των χρωστικών είναι διαδικασίες που ρυθμίζονται από το φως. Όλες αυτές οι αντιδράσεις των φυτών στο φως αποτελούν τη φωτομορφογένεση και συμβάλουν ριζικά στην επιβίωση των φυτών.

2.1 Φωτοϋποδοχείς.

Οι φωτοϋποδοχείς, δηλαδή οι χρωστικές, είναι μόρια που απορροφούν φως (320nm έως 760nm). Τα μόρια αυτά απορροφώντας φως διεγείρονται. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από αυτή τη διέγερση μπορεί να αναμεταδοθεί ως φως, να διασκορπιστεί ως θερμότητα ή να μεταφερθεί σε άλλα μόρια. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι αυτή η ενέργεια μπορεί να

προκαλέσει χημικές αλλαγές, όπως μεταφορά ηλεκτρονίων, φωσφορυλίωση ή αλλαγές προσαρμογής.

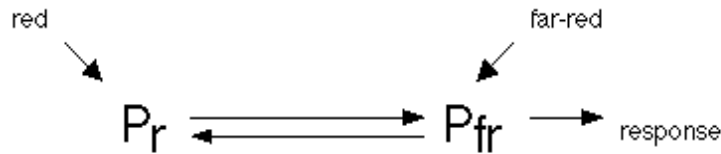
Οι χρωστικές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) αυτές που το ποσό της απορροφούμενης ενέργειας είναι σχετικά μεγάλο κομμάτι της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, (mass pigments), επειδή βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στους ιστούς του φυτού και 2) αυτές που απορροφούν ένα μικρό κομμάτι της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, (sensor pigments).

Οι χρωστικές της πρώτης κατηγορίας είτε απορροφούν φωτόνια που οδηγούν σε μεταβολικές διαδικασίες, (συλλέγουν ενέργεια), όπως οι χλωροφύλλες, ή απορροφούν ζημιογόνα φωτόνια, (προστατεύουν τους ευαίσθητους ιστούς από το φως), όπως τα φλαβονοειδή, οπότε διασκορπίζουν τη φωτεινή ενέργεια υψηλής έντασης και προστατεύουν άλλα συστατικά του κυττάρου. Επίσης οι χρωστικές αυτές εμπλέκονται στην προσέλκυση των επικονιαστών (στα άνθη).

Οι χρωστικές της δεύτερης κατηγορίας, (συλλέγουν πληροφορίες), ανιχνεύουν το φως του περιβάλλοντος. Η λειτουργία αυτών των χρωστικών είναι να προσαρμόζουν την ανάπτυξη και τη συμπεριφορά των φυτών στο περιβάλλον τους (εποχή και τοποθεσία). Αυτές οι χρωστικές (φωτοϋποδοχείς) υποδιαιρούνται σε 3 κατηγορίες: 1) φυτόχρωμα, 2) blue / UV-A και 3) UV-B. (Aphalo J, 2001).

1. Φυτόχρωμα: Πρόκειται για μια πρωτεΐνη που συναντάται σε δυο μορφές (Pfr και Pr), με διαφορετικό φάσμα απορρόφησης. Η Pfr απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία και είναι η βιολογικά ενεργή μορφή. Η Pr απορροφά στο κόκκινο φάσμα του φωτός. Η απορρόφηση του κόκκινου φωτός μετατρέπει την Pr σε Pfr, ενώ η απορρόφηση μακρινού ερυθρού φωτός μετατρέπει την Pfr σε Pr. Έτσι το φυτόχρωμα μπορεί να μετρήσει την ποιότητα του φωτός, γιατί αν περιέχει περισσότερο κόκκινο από υπέρυθρο φως (όπως στην περίπτωση μιας ηλιόλουστης μέρας), περισσότερο φυτόχρωμα θα είναι στην Pfr μορφή. Το φυτόχρωμα εμπλέκεται σε φαινόμενα μορφογένεσης όπως η ανάπτυξη των φύλλων και η ανάπτυξη των μίσχων. Το φύλλωμα απορροφά το κόκκινο φάσμα του φωτός με αποτέλεσμα στη σκιά που δημιουργείται να υπάρχουν μεγαλύτερα ποσά υπέρυθρης ακτινοβολίας που οδηγούν τη μετατροπή του φυτοχρώματος στην Pr μορφή. Η μορφή αυτή προάγει την επιμήκυνση του μίσχου επιτρέποντας τους να αναπτυχθούν και να κινηθούν προς το φως.

<http://www.sunflower.bio.indiana.edu/~rhangart/courses/b373/lecturenotes/photomorph/photomorph1.html>



Εικόνα 2. Μετατροπή της φωτοτροπίνης P_r σε P_{fr} .

Ο συνηθέστερος τρόπος για να χαρακτηριστεί η αντίδραση του φυτοχρώματος στο φως είναι ο καθορισμός του λόγου της ροής των φωτονίων στο κόκκινο προς το μακρινό ερυθρό φάσμα R/FR. Ο λόγος αυτός είναι γνωστός ως ζ . Ο Smith (1982), πρότεινε το διάστημα από 655 έως 665nm, για τον υπολογισμό της ροής των φωτονίων στην περιοχή του κόκκινου, και από 725 έως 735nm για το υπέρυθρο. Άλλοι ερευνητές (Mortensen and Stromme, 1987) χρησιμοποίησαν πιο ευρύ τμήμα του φάσματος, δηλαδή από 600 έως 700nm για το κόκκινο και 700 έως 800nm για το υπέρυθρο. Στην περίπτωση αυτή ο λόγος ονομάζεται ζ^* .

Αύξηση του ζ προάγει την έκπτυξη πλάγιων βλαστών, ενώ μειώνει το ρυθμό επιμήκυνσης αυτών και μείωση του λόγου μειώνει τη φυλλική επιφάνεια και την τάση δημιουργίας πλάγιας βλάστησης, ενώ αυξάνει την 'κυριαρχία της κορυφής' και το ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (Smith, 1982). Επίσης ο λόγος αυτός επηρεάζει την άνθηση στα φυτά μικρής και μεγάλης μέρας, μειώνοντας τη όταν η τιμές του λόγου είναι υψηλές και αυξάνοντας τη όταν ο λόγος παίρνει μικρές τιμές. Στα φυτά που δεν επηρεάζονται από το μήκος της μέρας οι τιμές του λόγου δεν συνδέονται με την άνθηση (Bagnall D J., 1995) Υψηλές τιμές του λόγου R/FR επηρεάζουν θετικά και τη βλάστηση των σπόρων (Yirdaw E. and Leinonen K., 2002).

2. Φωτοϋποδοχείς Blue / UVA: Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες i) φλαβοπρωτεΐνες που ονομάζονται κρυπτόχρωμα (CRY1 και CRY2), ii) NPH1, iii) τα καροτενοειδή ξανθοφύλλες (Horwitz and Berrocall, 1997).

Τα CRY1 και CRY2 σχετίζονται με τη φωτομορφογένεση, τον φωτοπεριοδισμό και πιθανότατα με τον φωτοτροπισμό. Το CRY1 είναι περισσότερο φωτοσταθερό από το CRY2. Για το λόγω αυτό το CRY2 είναι πιο σημαντικό σε χαμηλές εντάσεις φωτός. Ο κυριότερος φωτοϋποδοχέας που σχετίζεται με το φωτοτροπισμό στο φάσμα του μπλε είναι ο NPH1. Οι ξανθοφύλλες σχετίζονται με την ανταπόκριση των στοματικών

κυττάρων στο φάσμα του μπλε. Υψηλές τιμές του λόγου B/R προκαλούν νανισμό (Parks B. 2001)

3. **Φωτοϋποδοχείς UVB:** Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα φυτά αντιλαμβάνονται την UVB μέσω ενός φωτοϋποδοχέα, του CHS (e.g Jenkins, 1977). Υποστηρίζεται ότι πρόκειται για φλαβοπρωτεΐνη (Ballaré, Barnes and Flint, 1995). Τα στοιχεία που υπάρχουν μέχρι τώρα είναι: i) η επιρροή της UVB μπορεί να παρατηρηθεί σε χαμηλές εντάσεις φωτός πριν προκαλέσει κάποια βλάβη στο φυτό ii) ορισμένες από τις αντιδράσεις των φυτών μπορούν να μπλοκαριστούν από ένα αναστολέα.

*Πίνακας 2. Αντιδράσεις των φυτών που συνδέονται με τους φωτοϋποδοχείς Blue / UV-A. Το + σημαίνει αυξημένη αντίδραση, το - σημαίνει αρνητική, το 0 σημαίνει καμία, το ? σημαίνει άγνωστη, το () σημαίνει έμμεση αντίδραση. Τα στοιχεία αποτελούν δοκιμαστική κατάταξη και βασίζονται σε γονίδια του *Arabidopsis thaliana*, .*

Αντιδράσεις των φυτών	CRY1	CRY2	NPH1	
Βλαστικότητα	?	?	?	Lasceve et al., 1999
Έκπτυξη του υποκοτυλίου	-	-	0	Batschauer, 1998, and refs.
Ανθοκυανίνη	+	?	?	Batschauer, 1998, and refs.
Έκφραση του CHS	+	+	?	Batschauer, 1998, and refs.
Ανθοφορία	0	+	0	Batschauer, 1998, and refs.
Φωτοτροπισμός	(+)	(+)	+	Lasceve et al., 1999
Άνοιγμα στομάτων	0	0	0	Lasceve et al., 1999

3. Νέες εξελίξεις στα πλαστικά υλικά κάλυψης.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από τις νέες εξελίξεις στο χώρο των πλαστικών υλικών κάλυψης, που αφορούν τόσο τα ίδια τα υλικά όσο και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των πλαστικών φύλλων για τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους:

Λεπτά φύλλα πολυαιθυλενίου LPDE (low density polyethylene): Βελτιώνουν την περατότητα στο φως. Τόσο αυτά, όσο και τα EVA, έχει υπολογιστεί ότι η περατότητα τους στο φάσμα της PAR είναι 90% όταν χρησιμοποιούνται με μία στρώση και 80% όταν χρησιμοποιούνται με δύο στρώσεις.

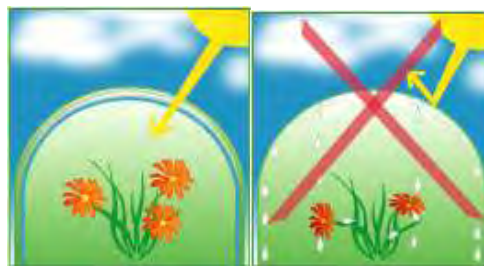
Φθορίζοντα φύλλα: Διαθέτουν πρόσθετα συστατικά που επιτρέπουν την απορρόφηση σε μήκη κύματος εκτός της Φωτοσυνθετικά Ενεργούς Ακτινοβολίας (PAR) και την επανεκπομπή τους στο ορατό (φθορισμός). Τέτοια υλικά δείχνουν αυξημένη περατότητα συγκριτικά με τα συμβατικά αλλά αυτή η βελτίωση είναι

αναπόφευκτα μικρή καθώς δεν είναι τόσο αποδοτική και τα πρόσθετα συστατικά εκφυλίζονται σχετικά γρήγορα.

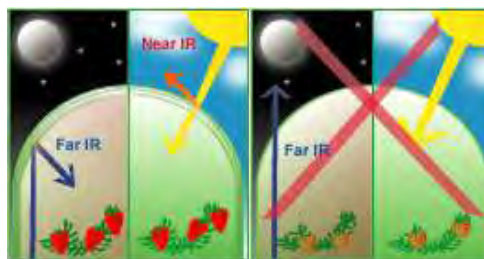
Υλικά απορροφητικά του μακρινού ερυθρού: Τα υλικά αυτά απορροφούν στο μακρινό ερυθρό ενώ διατηρούν μεγάλη περατότητα στο κόκκινο. Τα υλικά αυτά ελέγχουν την ανάπτυξη των φυτών μειώνοντας την επιμήκυνση των βλαστών αφού αυξάνεται ο λόγος R/FR. Έτσι μειώνεται η χρήση ρυθμιστών αύξησης στις ανθοκομικές καλλιέργειες. Απαραίτητο είναι όμως, τα πρόσθετα αυτά να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Σταθεροποιητές της υπεριώδους ακτινοβολίας: Πρόκειται για τη χρήση του σταθεροποιητή HALS (hindered amine light stabilizer). Άλλοι τύποι είναι τα προσθετικά τύπου νικελίου.

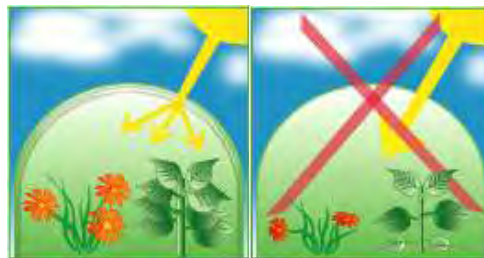
Αντισταγονικές ιδιότητες: Επίσης με τα νέα πρόσθετα αντισταγονικά συστατικά, αποφεύγεται το πρόβλημα τραυματισμού των φυτών, και κατά συνέπεια της ανάπτυξης και μετάδοσης ασθενειών, από τις σταγόνες που συσσωρεύονται στην οροφή.



Υλικά που αντανακλούν την υπέρυθρη: Τα υλικά αυτά αντανακλούν την υπέρυθρη από τον ήλιο, κατά τη διάρκεια της ημέρας και παράλληλα συγκρατούν την υπέρυθρη που εκπέμπεται από το έδαφος του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, με αποτέλεσμα την αποφυγή ακραίων θερμοκρασιών.



Υλικά που διαχέουν το φως: Η διάχυση της ακτινοβολίας από τα πρόσθετα συστατικά του υλικού κάλυψης, έχει ως αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική πρόσληψη της από τα φυτά καθώς, η διάχυτη ακτινοβολία διεισδύει



βαθύτερα στην καλλιέργεια

Πρόσθετα συστατικά EVA: Περιέχουν 1-5% vinyl acetate, γεγονός που βελτιώνει σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες του πολυαιθυλενίου. Προσφέρει διάρκεια ζωής 3-4 χρόνια, αντίσταση στο σχίσσιμο. Επίσης βελτιώνει τις οπτικές ιδιότητες, αυξάνοντας την διαπερατότητα στο φως. Τέλος βελτιώνει τη μόνωση του θερμοκηπίου.

Υλικά απορροφητικά της υπεριώδους ακτινοβολίας: Αποτελούν μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές των φασματικών ιδιοτήτων των πλαστικών υλικών κάλυψης, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Εχθρών και Ασθενειών, (Giacomelli, 1993; Hadley and Fletcher, 2002;] Κίττας, 2000)



Εικόνα 3. Οι διάφοροι τύποι πλαστικών υλικών κάλυψης

4. Η ηλιακή ακτινοβολία στο θερμοκήπιο.

4.1 Το κάλυμμα του θερμοκηπίου και η ηλιακή ακτινοβολία.

Το θερμοκήπιο θα πρέπει να δημιουργεί βέλτιστες κλιματικές συνθήκες για τα φυτά που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του με στόχο την απόδοση και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Το σχήμα του σκελετού επηρεάζει την περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία καθώς περνά το κάλυμμα του θερμοκηπίου μειώνεται λόγω της απορρόφησης και ανάκλασης στο κάλυμμα, της σκίασης των τμημάτων του σκελετού, της σκόνης που επικάθεται στο κάλυμμα και της συμπύκνωσης των υδρατμών στο κάλυμμα. Η μείωση της περατότητας λόγω σκίασης από το σκελετό και τη σκόνη που επικάθεται στις επιφάνειες του καλύμματος φτάνει σε ποσοστό 10%.

Η διαπερατότητα επίσης επηρεάζεται από τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου και το ύψος του ηλίου. Ορίζεται από το πηλίκο της ακτινοβολίας μέσα και έξω από το

θερμοκήπιο: $\tau_r = \frac{q_{rg}}{q_{ro}}$, όπου q_{rg} είναι η ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και q_{ro}

η ακτινοβολία εξωτερικά του θερμοκηπίου. Η διαπερατότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν παραμένει σταθερή και είναι μέγιστη όταν η γωνία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι βέλτιστη.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που το κάλυμμα επιτρέπει να περάσει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι σημαντική προκειμένου να αποτιμηθεί η επίδραση της στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών (Kittas et al., 1999).

Σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη η γωνία πρόσπτωσης της άμεσης ακτινοβολίας, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, έχει μεγαλύτερες τιμές το χειμώνα λόγω της χαμηλής θέσης του ήλιου. Όταν η γωνία πρόσπτωσης α παίρνει τιμές μικρότερες από $(\pi-\varphi)/2$, όπου φ είναι το ύψος του ήλιου, η ακτινοβολία ανακλάται και δεν εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Όταν η γωνία της οροφής του θερμοκηπίου είναι μικρότερη από $\varphi/2$ (το μεσημέρι) η προσπίπτουσα ακτινοβολία ανακλάται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Σε θερμοκήπια με προσανατολισμό B-N σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη οι απώλειες στη διαπερατότητα μειώνονται προοδευτικά καθώς η γωνία της οροφής αυξάνει και είναι διακριτά μικρότερες από θερμοκήπια με προσανατολισμό A-Δ τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ είναι αρκετά μεγαλύτερες το χειμώνα. Η επιλογή της κατάλληλης κλίσης στην οροφή και του προσανατολισμού του θερμοκηπίου εξαρτάται από το περιβάλλον της ακτινοβολίας στο οποίο εκτίθεται το θερμοκήπιο και επιπρόσθετα από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης καλλιέργειας.

Τα θερμοκήπια με προσανατολισμό A-Δ εμφανίζουν μεγαλύτερη διαπερατότητα το χειμώνα, ενώ τα θερμοκήπια με προσανατολισμό B-N εμφανίζουν μεγαλύτερη διαπερατότητα το καλοκαίρι

Το ιδανικό περιβάλλον ανάπτυξης ενός φυτού από άποψη ακτινοβολίας θα ήταν στο κέντρο ενός ημισφαιρικού καλύμματος, κάτι όμως που δεν είναι οικονομικά εφικτό, διότι περιορίζεται η διαθέσιμη επιφάνεια καλλιέργειας, γεγονός που ξεπερνιέται με τη χρήση πολλαπλών θερμοκηπίων. Η επιλογή της κατάλληλης μονάδας στα πολλαπλά θερμοκήπια εξαρτάται από αρκετές παραμέτρους μια εκ των οποίων είναι η γωνιακή κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Σε απλά τοξωτά θερμοκήπια, μπορεί να αυξηθεί η ακτινοβολία στο εσωτερικό τους τοποθετώντας μια επιφάνεια ανάκλασης στο βόρειο τοίχο (βόρειο ημισφαίριο). Αυτό μπορεί να αυξήσει τις μέσες τιμές ακτινοβολίας στο επίπεδο του εδάφους του θερμοκηπίου μέχρι και 12% κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε συνθήκες καθαρού ουρανού αν και μειώνει τη

διάχυτη ακτινοβολία που προσπίπτει στο θερμοκήπιο. Επίσης τα τοξωτά θερμοκήπια εμφανίζουν μεγαλύτερη διαπερατότητα από τα αμφίκυρτα με κλίση της οροφής 25° (Andrews, et.al 1982).

Το κάλυμμα του θερμοκηπίου, πρέπει να επιτρέπει την μέγιστη μετάδοση της PAR. Μερικά είδη καλυμμάτων επιτρέπουν τη θερμική ακτινοβολία να περνά ενώ άλλα όχι. Το χειμώνα υλικά που μπλοκάρουν τη θερμική ακτινοβολία, η οποία επανακτινοβολείται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, συνεισφέρουν σε θερμότητα και κρατούν τον αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου θερμότερο απ' ότι άλλα υλικά που δεν έχουν αυτή την ιδιότητα.

Μέσα στο θερμοκήπιο ο εξοπλισμός ελέγχου του κλίματος (σωλήνες θέρμανσης, δίχτυα σκίασης, τεχνητός φωτισμός) συμβάλουν σε απώλειες λόγω ανάκλασης και απορρόφησης. Η μείωση αυτή μπορεί να φτάσει το 15% ή και περισσότερο. Συγκεκριμένα σε θερμοκήπια έντονα εξοπλισμένα, βρέθηκε ότι το καλοκαίρι η μέγιστη διαπερατότητα φθάνει το 75%, και το χειμώνα 40%. Επίσης η επίδραση του εξοπλισμού στη μείωση της περατότητας σε απλό τοξωτό θερμοκήπιο είναι εντονότερη το χειμώνα σε θερμοκήπια με προσανατολισμό B-N (Baille et al., 1990).

4.2 Τα φυτά στο θερμοκήπιο και η ηλιακή ακτινοβολία.

Το φάσμα του κοντινού υπέρυθρου της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας δεν συνεισφέρει στην φωτοσύνθεση αλλά επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών. Η μεγαλύτερη διαπερατότητα του φύλλου στη NIR, συνεπάγεται ότι η κατανομή του φάσματος αλλάζει ανάλογα με το ύψος της καλλιέργειας (Szeicz, 1974). Στη βάση μιας πυκνής κόμης, το ποσό της IR σε σχέση με την PAR είναι τετραπλάσιο ενώ στην κορυφή τα δύο αυτά ποσά είναι ίσα.

Το φως μέσα στην κόμη μειώνεται αρκετά στο μπλε και στο κόκκινο, ενώ στο υπέρυθρο απορροφάται ελάχιστα και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αυξάνεται λόγω ανακλάσεων. Επομένως ο λόγος κόκκινο προς υπέρυθρο είναι σημαντικός στην ποιότητα του φάσματος (Varlet-Grancher, 1975).

Οι Casal και Smith, (1989), εξειδίκευσαν τη χρήση του λόγου κόκκινο προς υπέρυθρο, σαν κατάλληλο δείκτη μέτρησης της σκίασης που δέχεται μια καλλιέργεια και τον συσχέτισαν με την πυκνότητα φύτευσης.

Η ποιότητα του φάσματος της ακτινοβολίας ποικίλλει ανάλογα με το ύψος από το έδαφος (McCartney, 1976). Καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του φωτός, γιατί επιδρά στην προσλαμβανόμενη ακτινοβολία (Montal, et al 1986).

Η ανάκλαση από την κόμη της καλλιέργειας είναι περισσότερο έντονη στο φάσμα της PAR σε σχέση με την UV (Grant, 1993).

Ο ρόλος της PAR στην τροποποίηση της ευαισθησίας των φυτών και οι μορφογενετικές επιδράσεις της UVB ακτινοβολίας έχει εξεταστεί από αρκετούς ερευνητές αλλά λίγες μελέτες έχουν γίνει σχετικά με την αλληλεπίδραση της UVB, της UVA, και της PAR. Υψηλές τιμές των λόγων PAR/UVB και UVA/UVB βρέθηκαν να ενισχύουν την άμυνα των φυτών έναντι της UVB. Κάτω από συνθήκες μειωμένης PAR και αυξημένης UVB ακτινοβολίας παρατηρείται μείωση της παραγόμενης βιομάζας και του ύψους των φυτών. Η προστατευτική επίδραση της αυξημένης PAR έναντι αυξημένης UVB, γίνεται έμμεσα με την αύξηση του πάχους των φύλλων και την αυξημένη συγκέντρωση φλαβονοειδών και άλλων φαινολικών ενώσεων, που λειτουργούν ως προστατευτικά φίλτρα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η ποιότητα της PAR είναι επίσης σημαντική κυρίως στο φάσμα του μπλε, που μαζί με την UVA αποτελούν το κλειδί στη φωτοεπιδιόρθωση των βλαβών του DNA, (Krizek).

Ο Cockshull et al., 1992 έδειξε ότι μια αύξηση 1% στην PAR, προκαλεί 1% αύξηση σε παραγωγή καλλιέργειας τομάτας σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.

Μετρήσεις στον αγρό (Kittas, et al., 1999) έδειξαν ότι η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από τα κλασικά καλύμματα θερμοκηπίου, τα οποία θεωρούνται ουδέτερα στην κατανομή του φάσματος του φωτός, ενδεχομένως να επηρεάζουν ορισμένες ποιοτικές παραμέτρους (κυρίως όσες σχετίζονται με τη μπλε ακτινοβολία), ενώ προκαλούν ελάχιστες αλλαγές στον λόγο PAR/NIR.

Προκειμένου να αποτιμηθεί η επίδραση των φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, είναι απαραίτητο να καθοριστούν ορισμένοι ειδικοί δείκτες, όπως ο ζ ή ο E (Kittas and Baille, 1998). ζ είναι ο λόγος της ροής των φωτονίων στα 660nm προς 730nm και E είναι η αποδοτική διαπερατότητα των φωτονίων, δηλαδή αντιπροσωπεύει την ποσότητα των φωτονίων που διαπερνούν το κάλυμμα και απορροφούνται από το φύλλο.

Οι ιδιότητες του καλύμματος επιδρούν στον περιορισμό των ασθενειών, καθόσον ορισμένα καλύμματα απορροφούν εξολοκλήρου την υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία είναι απαραίτητη για την σποριοποίηση αρκετών μυκήτων (Vakalounakis, 1991; Reuveni & Raviv, 1997).

4.3 Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο.

Η ετερογένεια της ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο επηρεάζει σημαντικά τη δραστηριότητα της καλλιέργειας ιδίως τη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση. Μάλιστα η κατανομή της ακτινοβολίας επηρεάζεται από την κατασκευή του θερμοκηπίου, τη διαπερατότητα του καλύμματος και τις κλιματικές συνθήκες. Η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο θερμοκήπιο στο επίπεδο του εδάφους είναι μεγαλύτερη όταν έχει προσανατολισμό B-N σε σχέση με προσανατολισμό A-Δ, τον Μάρτιο και τον Ιούνιο, αλλά η ετερογένεια είναι μεγαλύτερη στον προσανατολισμό B-N ιδίως τον Ιούνιο (Wang and Boulard, 2000).

Ο Stanhill et al, (1973), έδειξε ότι οι στατικοί αισθητήρες μέτρησης της διαπερατότητας της ακτινοβολία μέσα στο θερμοκήπιο, δε δίνουν αντιπροσωπευτικές τιμές γιατί η διαπερατότητα διαφέρει από θέση σε θέση.

Η διαφοροποίηση στην κατανομή του φάσματος του φωτός, μέσα στην κόμη του φυτού προέρχεται από την αλληλεπίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, των οπτικών ιδιοτήτων του εδάφους, και της αρχιτεκτονικής της κόμης. Η κατανομή του φάσματος της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας είναι διαφορετική (Gates, 1966). Η ποιότητα όμως της ημερήσιας ακτινοβολίας είναι ως επί το πλείστον σταθερή (Varlet-Grancher, 1975). Κατά την ανατολή και τη δύση η ποιότητα του φάσματος διαφέρει αρκετά (Huges, et al, 1984), χωρίς αυτό να προκαλεί διακριτές μορφογενετικές επιδράσεις (Casal, et al, 1990).

Οι οπτικές ιδιότητες αρκετών καλυμμάτων μετρήθηκαν και εργαστηριακά (Nijsskens et al., 1985) και σε επίπεδο αγρού. Ο Amsen, (1985) ανέπτυξε μια τεχνική κατά της οποίας δημιουργούσε περιοχές σκίασης σε ένα ημισφαίριο προκειμένου να υπολογίσει τις απώλειες της ηλιακής ακτινοβολίας στην καλλιέργεια σε συνθήκες διάχυτης ακτινοβολίας. Επίσης ο Critten ανέπτυξε μεθοδολογία κατά την οποία μπορεί να μετρήσει, με τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων, τη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σε θερμοκήπια με προσανατολισμό A-Δ και B-N στο γεωγραφικό πλάτος του Ηνωμένου Βασιλείου (Critten, 1983; Critten, 1988). Η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στα απλά και πολλαπλά τοξωτά θερμοκήπια δεν έχει αρκετά διερευνηθεί αν και ο Kurata, (1991) και ο Tourdonnet, (2001) , έχουν κάνει αρκετές προσπάθειες.

Η χωρική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε τοξωτά θερμοκήπια καλυμμένα με πλαστικό κάλυμμα, είναι ανομοιόμορφη όπως αποδεικνύεται πειραματικά (Graham, 1990; Kurata, 1991.) ή με τη χρήση μοντέλων (Baille, 1991; Critten, 1993; Wang, 2000). Εξαρτάται από το είδος του θερμοκηπίου, τον προσανατολισμό του, το είδος του καλύμματος και τις κλιματικές συνθήκες. Βρέθηκε από τον Tourdonnet, (2001) ότι σε θερμοκήπιο τύπου τούνελ πλάτους 8,5m και μήκος 49,5m, με καλλιέργεια μαρουλιού, ο

εγκάρσιος άξονας του θερμοκηπίου έχει αυξημένη περατότητα στο κέντρο (70%), ενώ οι τιμές της περατότητας μειώνονται βαθμιαία εκατέρωθεν αυτού μέχρι το 46% σε μια απόσταση 0,5m από τα άκρα. Αυτό είχε επίπτωση στην παραγωγή της ξηράς ουσίας της καλλιέργειας κατά μήκος του εγκάρσιου άξονα.

4.3.1 Κατανομή της υπεριώδους ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο.

Σε μετρήσεις που έκαναν οι Parisi and Wong , το 1997 σε γυάλινο θερμοκήπιο, με προσανατολισμό B-N, στην Αυστραλία, βρήκαν ότι οι τιμές της UVA ακτινοβολίας στον κεντρικό διαμήκη άξονα είχαν παρόμοιες τιμές. Το ίδιο παρατηρήθηκε στον ανατολικό και δυτικό διαμήκη άξονα του θερμοκηπίου. Όσον αφορά την εγκάρσια τομή οι τιμές της UVA στην ανατολική πλευρά είναι μεγαλύτερες το πρωί (9:00 EST) με τιμή ίση με 22Wm^{-2} . Το μεσημέρι (12:00EST) μεγαλύτερες τιμές έπαιρνε το κέντρο του θερμοκηπίου (12Wm^{-2}), ενώ το απόγευμα (15:00 EST) στη δυτική πλευρά η UVA γίνεται ίση με 13Wm^{-2} .

4.3.2 Κατανομή της PAR στο θερμοκήπιο.

Αρκετές μελέτες στο θερμοκήπιο γίνονται χρησιμοποιώντας τις αρχές των μεταχειρίσεων, των επαναλήψεων και της τυχαιοποίησης. Αυτές οι τεχνικές σχεδιάστηκαν για τον περιορισμό του πειραματικού σφάλματος (Bhatti, 1991; Cochran and Cox, 1997). Τα αποτελέσματα αναλύονται με κλασσικές τεχνικές όπως η ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), η ανάλυση διακύμανσης και η ανάλυση ελαχίστων τετραγώνων. Τα στατιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες αναλύσεις προϋποθέτουν ότι τα δεδομένα είναι ανεξάρτητα και δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους. Όμως όταν αυτά σχετίζονται με την απόσταση και η συσχέτιση αυτή μειώνεται μεταξύ των παρατηρούμενων σημείων καθώς αυξάνεται η απόσταση, υπολογίζεται ένα διάστημα εμπιστοσύνης που είναι πολύ μικρό (Cressie, 1993). Η διακύμανση μιας παραμέτρου με θετική χωρική συσχέτιση είναι μεγαλύτερη από εκείνη που θα προέκυπτε αν υποθέτονταν ότι οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες (Haining, 1998).

Η γεωστατιστική που αναπτύχθηκε το 1960 αποτελεί μια τεχνική η οποία μπορεί να μοντελοποιήσει και να διαχειριστεί δεδομένα που έχουν χωρική διακύμανση. Οι Tragmar και Uehara, (1985) τη χρησιμοποίησαν στο γεωργικό πειραματισμό. Με βάση τη γεωστατική εξετάστηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης της κατανομής της PAR μέσα στο θερμοκήπιο, και βρέθηκε ότι υπάρχουν διακριτές ζώνες υψηλών και χαμηλών τιμών της PAR μέσα στο θερμοκήπιο, λόγω της σκίασης από τον σκελετό του θερμοκηπίου, τον υπερκείμενο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και την κόμη των φυτών. Βρέθηκε η ελάχιστη απόσταση στις μετρούμενες θέσεις της ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο, σύμφωνα με την οποία υπάρχει

χωρική συσχέτιση της περατότητας με την απόσταση (σε κάποιο άξονα). Για μετρήσεις στον διαμήκη άξονα του θερμοκηπίου, σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 3,5m, οι τιμές της ακτινοβολίας είναι εντελώς τυχαίες και δεν εξετάζονται με την γεωστατιστική. Στον εγκάρσιο άξονα οι τιμές είναι τυχαίες σε όλο το μήκος του. Η εικόνα αυτή δεν αλλάζει αν η εξέταση γίνει χωριστά για το πρωί και το μεσημέρι ή αν εξετασθεί ο μέσος όρος των δυο σειρών μετρήσεων. Η αντίδραση των φυτών δεν είναι γραμμική με τις αλλαγές στις τιμές της PAR. Δηλαδή μεγάλες αλλαγές της PAR κατά τον εγκάρσιο άξονα δεν συνεπάγονται μεγάλες διαφοροποιήσεις στη συνολική παραγωγή των φυτών. Όμως δημιουργούν διαφορές στο ρυθμό αύξησης του ύψους, παραγωγής ξηρής ουσίας και στην περίοδο άνθισης.

4.4 Τρόπος και θέση λήψης των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο

Η ηλιακή ακτινοβολία χωρίζεται σε άμεση και διάχυτη η οποία προκύπτει από την διασκόρπιση της άμεσης στην ατμόσφαιρα ή στο κάλυμμα και μπορεί να ληφθεί από τα φυτά από όλες τις διευθύνσεις. Το κάλυμμα του θερμοκηπίου διαπερνά και η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία αλλά το κάλυμμα μπορεί λόγω των φυσικών του ιδιοτήτων να αλλάξει την αναλογία της κάθε μίας. Δηλαδή η διάχυτη αυξάνεται ενώ η άμεση μειώνεται, πράγμα που συμβαίνει στα πλαστικά κυρίως καλύμματα.

Η μέτρηση της διαπερατότητας του καλύμματος είναι επίπονη διαδικασία και πρέπει εκτός από τις εργαστηριακές να πραγματοποιούνται και επαναλαμβανόμενες εποχιακές μετρήσεις στο θερμοκήπιο. Οι μετρήσεις αυτές πρέπει να συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του καλύμματος γιατί οι εκάστοτε ατμοσφαιρικές συνθήκες και η γήρανση του καλύμματος τροποποιούν την περατότητα.

Σχετικά με τη θέση μέτρησης της διαπερατότητας του καλύμματος στο θερμοκήπιο, οι Ting και Giacomelli, (1987b) και ο Giacomelli, (1988), πρότειναν ότι μετρήσεις κοντά στην οροφή και συγκεκριμένα σε ύψος 0,5m κάτω από το κάλυμμα αντιπροσωπεύουν τη διαπερατότητα μόνο του καλύμματος, ενώ στο επίπεδο της κόμης του φυτού και συγκεκριμένα σε ύψος 1,8m από την επιφάνεια του εδάφους αντιπροσωπεύουν την επίδραση του σκελετού και του καλύμματος στην διαπερατότητα.

4.5 Αλληλεπίδραση υλικών κάλυψης και μικροκλίματος θερμοκηπίου.

Τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων και ιδιαίτερα το πολυαιθυλένιο, είναι ευαίσθητα σε παράγοντες του περιβάλλοντος όπως είναι η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία. Το αποτέλεσμα είναι η γήρανση των υλικών και η αλλοίωση των μηχανικών και οπτικών

ιδιοτήτων του. Οι διαδικασίες κατά τις οποίες γίνεται η αλλοίωση των υλικών ονομάζεται θερμοοξειδωση αν η πηγή της αλλοίωσης είναι η θερμοκρασία ή φωτοοξειδωση αν η πηγή της αλλοίωσης είναι το φως.

Σε έρευνα που έγινε (Srivastava, 2004) μελετήθηκε η επίδραση διαφόρων θερμοκρασιών για διαφορετικά χρονικά διαστήματα σε φύλλα πολυαιθυλενίου τριών τύπων (LDPE, LLDPE, και HDPE). Το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε ότι μετά από 150 ώρες έκθεσης των υλικών στους 55⁰C η τιμή του μοριακού βάρους των υλικών έμεινε σταθερή. Μετά τις πρώτες 150 ώρες παρατηρήθηκε μείωση του μοριακού βάρους σε ποσοστά 0,2%, 0.71% και 1,6% για 300, 450 και 600 ώρες έκθεσης αντίστοιχα. Το μοριακό βάρος μειώθηκε σε ποσοστό 4% και 7,5% στους 70⁰C και 85⁰C μετά από 600 ώρες έκθεσης, και 10% στους 100⁰C. Στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι η αντοχή στη θραύση αυξήθηκε κατά 3% και 11% στους 55⁰C για 150 και 300 ώρες, ενώ για έκθεση στους 100⁰C για 600 ώρες η αντοχή μειώθηκε κατά 90%. Επίσης η θερμική σταθερότητα των υλικών μειώθηκε κατά 2,6%, 4,5%, 6,4% και 7,1% με έκθεση στους 70⁰C για 150, 300, 450 και 600 ώρες.

Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Zhang, (1996), έγινε προσπάθεια μελέτης του μικροκλίματος και του ενεργειακού ισοζυγίου τριών θερμοκηπίων καλυμμένων με διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου με αντισταγονικές ιδιότητες όπου το πρώτο ήταν υλικό διάρκειας ενός έτους, το δεύτερο τριών ετών ενώ το τρίτο δεν ήταν περατό στην IR, σε σχέση με ένα θερμοκήπιο αναφοράς καλυμμένο με γυαλί. Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των τεσσάρων θερμοκηπίων δεν ξεπέρασαν τους 2⁰C την ημέρα και τον 1⁰C τη νύχτα. Όσον αφορά τη σχετική υγρασία ήταν λίγο χαμηλότερη στο γυάλινο θερμοκήπιο με διαφορά όμως που δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Η μετάδοση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας για τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριο – Μάρτιο) είχε τιμές 0.68, 0.62, 0.65, και 0.6 για τα θερμοκήπια καλυμμένα με γυαλί, anti-fog thermal, antifog 1-year, και antifog 3-year αντίστοιχα. Για τους καλοκαιρινούς μήνες (Απρίλιο – Οκτώβριο) η περατότητα ήταν 0.80, 0.71, 0.69, και 0.66 αντίστοιχα. Όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στα anti-fog thermal, antifog 3-year και glasshouse ήταν από 44-48% ενώ στο antifog 1-year ήταν 27-32%.

Σε ένα άλλο πείραμα (Baytorun, 1994) έγινε σύγκριση του μικροκλίματος όπως αυτό διαμορφώθηκε κάτω από τρία υλικά κάλυψης (PE με σταθεροποιητή στη UV, PE με σταθεροποιητή στη UV και μη περατό στην IR, και PE με σταθεροποιητή στη UV μη περατό στην IR και αντισταγονικές ιδιότητες). Η περατότητα στην ολική ακτινοβολία και για τα τρία θερμοκήπια το μήνα Φεβρουάριο κυμάνθηκε μεταξύ 70-80%. Στο θερμοκήπιο που ήταν καλυμμένο με υλικό με σταθεροποιητή στη UV και σε αυτό που δεν ήταν περατό στην IR η

περατότητα έφτασε το 78-80%, ενώ σε αυτό που είχε και αντισταγονικές ιδιότητες η περατότητα ήταν περίπου 70%. Η περατότητα στην PAR και για τα τρία θερμοκήπια ήταν περίπου 75%. Όσον αφορά τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των θερμοκηπίων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ούτε στις τιμές της σχετικής υγρασίας μεταξύ των τριών θερμοκηπίων ενώ τις μικρότερες τιμές σχετικής υγρασίας παρουσίασε το θερμοκήπιο με τις αντισταγονικές ιδιότητες. Η μη ύπαρξη σημαντικών διαφορών ίσως να οφείλονταν στον αποτελεσματικό αερισμό των θερμοκηπίων.

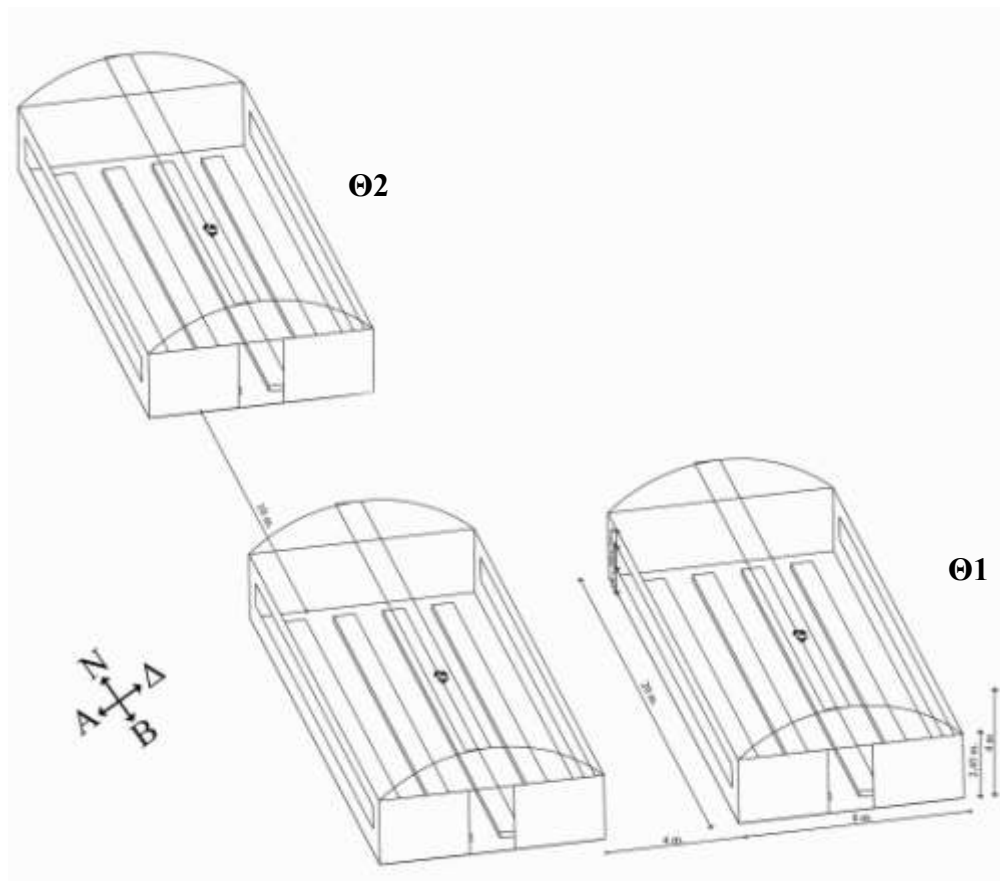
Κεφάλαιο ΙΙ
Υλικά και Μέθοδοι

1. Η Τοποθεσία.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου, (Long: 22° 44' E, Lat: 39° 22' N, Alt: 120m), όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το Βελεστίνο βρίσκεται 18km από το Βόλο στο νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού Μαγνησίας. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα.

2. Τα Θερμοκήπια.

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπα θερμοκήπια τύπου τροποποιημένου τοξωτού εμβαδού 160m², με μήκος 20m, πλάτος 8m και προσανατολισμό Β-N, με απόκλιση 35°. Το ύψος του κορφιά των θερμοκηπίων ήταν 4,1m και το ύψος του ορθοστάτη 2,4m. Στο χώρο του συγκροτήματος των δύο θερμοκηπίων υπήρχε και ένα τρίτο όμοιο με τα άλλα δύο το οποίο δεν χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος. Γύρω από τα θερμοκήπια υπάρχουν αγροί και το πλησιέστερο εμπόδιο είναι μια συστοιχία δένδρων σε απόσταση 15m που χρησιμοποιείται ως ανεμοθραύστης και δεν σκιάζει τα θερμοκήπια. Η χωροταξική διάταξη των θερμοκηπίων παρουσιάζεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4. Χωροταξική διάταξη των θερμοκηπίων.

Τα θερμοκήπια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Θ1 και το Θ2. Τα θερμοκήπια είναι καλυμμένα με διαφορετικό φωτοεκλεκτικό υλικό κάλυψης (πολυαιθυλένιο), ηλικίας τριών ετών, με διαφορετική περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία στο φάσμα της υπεριώδους (UV, 280-380nm). Το πρώτο θερμοκήπιο (Θ1) έχει περατότητα στη UV ίση με 55%, ενώ το δεύτερο (Θ2) μόλις 1,6%. Τα δύο υλικά κάλυψης είχαν πάχος 0,18mm και παράγονται από τη βιομηχανία «Πλαστικά Κρήτης». Το έδαφος των θερμοκηπίων ήταν καλυμμένο με αδιαφανές ασπρόμαυρο διπλής όψεως πλαστικό. Στα θερμοκήπια ήταν εγκατεστημένη υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.

2.1 Αερισμός.

Στα θερμοκήπια υπήρχαν ανοίγματα πλαϊνά, κατά μήκος των δύο μεγάλων πλευρών, διαστάσεων 1m×15m. Ο αερισμός ελέγχονταν αυτόματα στα θερμοκήπια, όταν η θερμοκρασία ξεπερνούσε τους 23 °C.

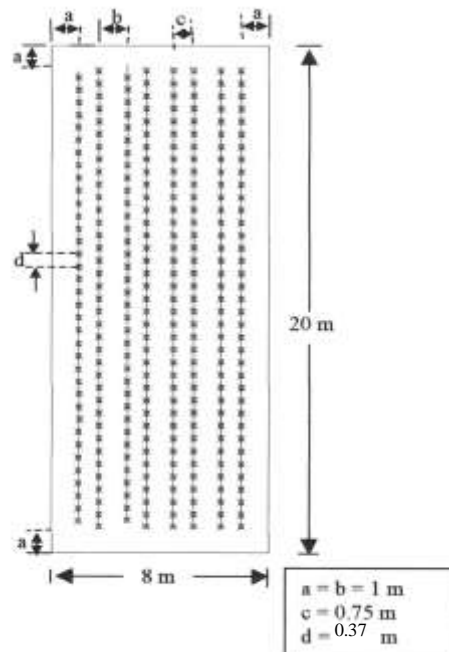
2.2 Θέρμανση.

Η θέρμανση των θερμοκηπίων ήταν επιδαπέδια. Η θερμοκρασία θερμοστάτη ορίστηκε στους 15 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας και 21 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι θερμοστάτες και στα δύο θερμοκήπια τοποθετήθηκαν στο κέντρο των θερμοκηπίων, 2m πάνω από το έδαφος. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιήθηκε πετρέλαιο.

3. Η καλλιέργεια

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά τομάτας, (*Lycopersicon esculentum*), ποικιλία Belladonna. Πρόκειται για ποικιλία αυτογονιμοποιούμενη, με χαρακτηριστικό τη μεγάλη διάρκεια ζωής στον καρπό. Τα φυτά τομάτας μεταφυτεύτηκαν στις 8 Μαρτίου, σε ηλικία 32 ημερών από τη σπορά, (είχαν εκπτυχθεί τα 6 φύλλα). Η καλλιέργεια ολοκληρώθηκε στις 10 Ιουλίου

Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε σε τέσσερις διπλές σειρές με αποστάσεις φύτευσης 0,37 m επί της γραμμής και 0,75 m μεταξύ των γραμμών της διπλής σειράς, με πυκνότητα 2,4 φυτά/m². Το πλάτος του διαδρόμου ήταν 1m.



Εικόνα 5. Σχέδιο εγκατάστασης καλλιέργειας.

4. Μετρήσεις.

4.1 Όργανα.

Χρησιμοποιήθηκαν όργανα για τη μέτρηση κλιματικών στοιχείων (θερμοκρασία υγρού βολβού, θερμοκρασία ξηρού βολβού και σχετική υγρασία) τόσο στο εσωτερικό των θερμοκηπίων όσο και στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο, μετρήσεις ακτινοβολίας (UVA, UVB, ολική), και μετρήσεις φασματικής περατότητας των υλικών κάλυψης.

Για τις κλιματικές μετρήσεις τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Τρία ψυχρόμετρα της εταιρίας Delta-T devices, μοντέλο VP1, Cambridge, UK. Οι τιμές της θερμοκρασίας δίνονταν σε $^{\circ}\text{C}$. Η συσκευή είναι εφοδιασμένη με θερμίστορς (thermistors) σαν αισθητήρια όργανα, που δίνουν τιμές ξηρού και υγρού βολβού. Ένας ανεμιστήρας 12 VDC παρέχει τον κατάλληλο αερισμό για την επίτευξη πραγματικής θερμοκρασίας υγρού βολβού. Η σχετική υγρασία (RH), και η πίεση των υδρατμών (e , σε kPa), υπολογίζονται από τις θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού χρησιμοποιώντας την κατάλληλη σχέση που τα συνδέει.



Εικόνα 6. Ψυχρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Για τις μετρήσεις των τιμών της ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκαν τα όργανα:

- Τρία ηλιακά πυρανόμετρα, (μοντέλο CM-6, Kipp και Zonen, Delft, Netherlands), για τη μέτρηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (R_s , σε W/m^2).

Η λειτουργία του βασίζεται στη θεωρία του θερμοζεύγους. Πιο συγκεκριμένα ο αισθητήρας αποτελείται από δύο σειρές θερμοζευγών. Η πρώτη είναι συνδεδεμένη με τη μαύρη επιφάνεια του αισθητήρα ενώ η άλλη με μια πλάκα αλουμινίου κάτω από τη μαύρη επιφάνεια η οποία είναι μόνιμα συνδεδεμένη με το σώμα του οργάνου το οποίο είναι επίσης κατασκευασμένο από αλουμίνιο. Η επιθυμητή μέτρηση γίνεται με υπολογισμό της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο πλακών που προκαλεί διαφορά δυναμικού στα άκρα του κυκλώματος.

Ο αισθητήρας είναι προστατευμένος από δύο γυάλινους θόλους. Ο εσωτερικός θόλος παρέχει ένα αδιατάρακτο σώμα αέρα στον αισθητήρα για περιορισμό των απωλειών θερμότητας λόγω συναγωγής. Ο εξωτερικός θόλος προστατεύει τον εσωτερικό από τον αέρα, τη βροχή και τη μεταφορά θερμότητας



Εικόνα 7. Πυρανόμετρο που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος.

- Τρεις αισθητήρες μέτρησης UVB (290-315nm) σε W/m^2 (SKU 420, Skye Instruments Ltd, UK).
- Τρεις αισθητήρες μέτρησης UVA (315-380nm) σε W/m^2 (SKU 430, Skye Instruments Ltd, UK).

Οι αισθητήρες των οργάνων περιέχουν υψηλής απόδοσης ηλιακά κύτταρα και οπτικά φίλτρα που καθορίζουν το αποδεκτό φάσμα του ηλιακού φωτός. Τα ηλιακά κύτταρα παράγουν ρεύμα ανάλογο της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Το όργανο είναι σφραγισμένο αεροστεγώς ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικές συνθήκες. Η απόδοση του αισθητήρα είναι γραμμική αν εξαιρεθούν οι τιμές στα όρια της απόδοσης του.



Εικόνα 8. Αισθητήρες UVA και UVB που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Οι παραπάνω τιμές συλλέγονταν και καταγράφονταν από σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (μοντέλο DL3000, Delta-T Devices, Cambridge, UK). Μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε τριάντα δευτερόλεπτα και καταγράφονταν ο μέσος όρος των δύο λεπτών.

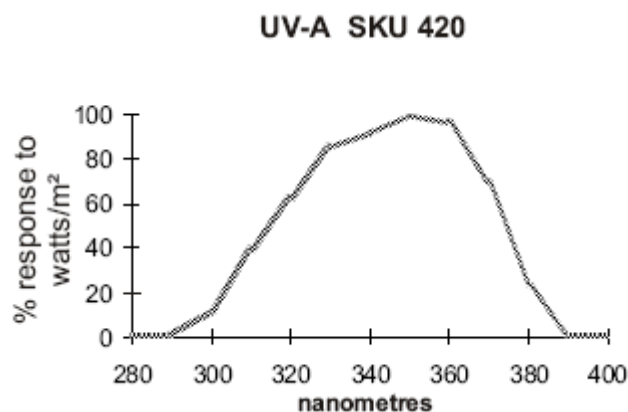
Για τη μέτρηση της φασματικής περατότητας των υλικών κάλυψης χρησιμοποιήθηκε φορητό φασματοφωτόμετρο (LI-1800 LI-COR, Lincoln, NE, USA).

Η συσκευή αυτή έχει τη δυνατότητα να μετρά την ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας από 300 έως 1100 nm ανά 1nm.



Εικόνα 9. Φορητό φασματοφωτόμετρο (LI-1800 LI-COR)

Κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων της φασματικής περατότητας των υλικών με το φορητό φασματοφωτόμετρο, παρατηρήθηκε ότι η συσκευή έδινε ασταθείς μετρήσεις για φάσμα μικρότερο των 340nm. Για το λόγο αυτό, για την μέτρηση της φασματικής περατότητας με το όργανο αυτό στην περιοχή της UVA, λήφθηκε το φάσμα 340-400nm, το οποίο αποτελεί μέρος μόνο του φάσματος της εν λόγω ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό οι μετρήσεις του φορητού φασματοφωτόμετρου, διαφέρουν από αυτές που έγιναν με τους εξειδικευμένους στατικούς αισθητήρες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν. Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται η απόδοση των στατικών αισθητήρων μέτρησης της UVA, όπως αυτή δίνεται από την εταιρία παραγωγής τους.



Γράφημα 5. Απόδοση των αισθητήρων μέτρησης UVA (www.skyeinstruments.com).

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι το μέρος του φάσματος που μετρήθηκε με το φορητό φασματοφωτόμετρο, αποτελεί το μισό φάσμα της UVA που μετριέται με το στατικό αισθητήρα. Για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις της UVA με το φασματοφωτόμετρο αποτελούν ένα τμήμα των πραγματικών τιμών της UVA ακτινοβολίας στις εκάστοτε θέσεις.

4.2 Τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων.

4.2.1 Κλιματικές μετρήσεις και μέτρηση τιμών ακτινοβολίας.

Οι κλιματικές μετρήσεις έγιναν κατά τους μήνες Απρίλιο έως Ιούλιο του έτους 2003. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας καθώς και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (ολική, UVA και UVB) στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, τα αντίστοιχα όργανα, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, αναρτήθηκαν σε ιστό ύψους 2m ώστε να βρίσκονται πάντα πάνω από την καλλιέργεια και τοποθετήθηκαν στο κέντρο των θερμοκηπίων. Για τις εξωτερικές μετρήσεις οι αισθητήρες αναρτήθηκαν σε ιστό ύψους 5m σε σημείο που δεν επηρεάζονταν από σκίαση λόγω τυχόν εμποδίων. Τα ηλιακά πυρανόμετρα και οι αισθητήρες UVA και UVB ήταν απαραίτητη η οριζοντίωση τους καθώς και ο τακτικός καθαρισμός τους από τη σκόνη. Στα ψυχρόμετρα γίνονταν τακτικός έλεγχος του νερού (στο δοχείο νερού που υγραίνει το φυτίλι τους) καθώς και αν το φυτίλι ήταν υγρό και σε καλή κατάσταση. Τα δεδομένα λαμβάνονταν κάθε δεύτερη μέρα από το σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων στο οποίο ήταν συνδεδεμένα.

Ο υπολογισμός του ελλείμματος κορεσμού (VPD, σε KPa) στο εσωτερικό των θερμοκηπίων έγινε με χρήση των στοιχείων θερμοκρασίας ξηρού (Td σε °C) και υγρού βολβού (Tw σε °C), από τα ψυχρόμετρα που είχαν εγκατασταθεί. Η σχέση απ' όπου εξάγεται η τιμή του ελλείμματος κορεσμού είναι :

$$VPD = e(Td) - ein$$

όπου

$$eTd = 0.61078 * \exp\left(\frac{17.2699 * Td}{237.3 + Td}\right)$$

$$ein = \frac{e(Td) * RH}{100}$$

$$RH = \frac{eTw - [0.0667 * (Td - Tw)]}{eTd}$$

$$eTw = 0.64078 * \exp\left(\frac{17.2699 * Tw}{237.3 + Tw}\right)$$

Ο υπολογισμός της περατότητας των υλικών στην ολική ακτινοβολία καθώς και στη UVA και UVB έγινε με το πηλίκο των τιμών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και των εξωτερικών τιμών.

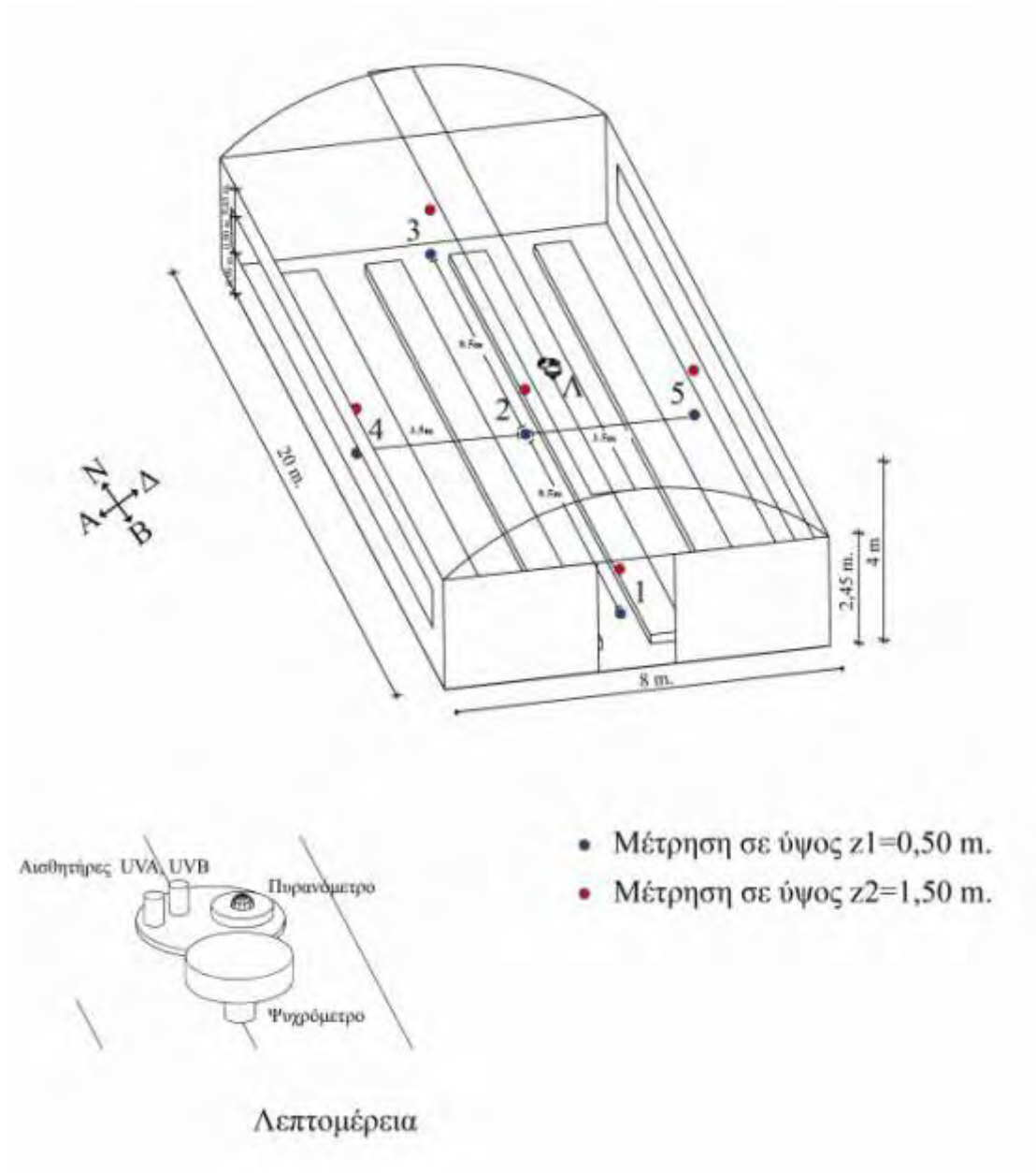
4.2.2 Μετρήσεις φασματικής περατότητας των υλικών κάλυψης.

Για τις μετρήσεις της φασματικής περατότητας χρησιμοποιήθηκε, όπως προαναφέρθηκε, φορητό φασματοφωτόμετρο. Σκοπός αυτού του είδους των μετρήσεων είναι να εμφανίσουμε τις διαφορές στη διαπερατότητα των υλικών κάλυψης, τόσο μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, (πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στις 1.7.2004, 2.7.2004, 3.7.2004, 4.7.2004 και 3.8.2004, 4.8.2004, 5.8.2004, 6.8.2004), όσο και στο κάθε θερμοκήπιο χωριστά, (πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στις 5.7.2004, 6.7.2004, 7.7.2004, 8.7.2004 και 7.8.2004, 8.8.2004, 9.8.2004, 10.8.2004). Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές μετρήσεων. Στην πρώτη, (Ιούλιος), οι μετρήσεις έγιναν παρουσία της καλλιέργειας, ενώ στη δεύτερη (Αύγουστος), απουσία αυτής, στο χρονικό διάστημα 11:00 έως 15:00.

Οι μετρήσεις έγιναν σε πέντε θέσεις για κάθε θερμοκήπιο, στο ύψος της βάσης των παραθύρων ($z_1=0,5m$) καθώς και στο ύψος της κορυφής των παραθύρων ($z_2=1,5m$), όταν αυτά είναι κλειστά ή ανοιχτά. Μεταξύ των μετρήσεων στο εσωτερικό των θερμοκηπίων έγιναν και μετρήσεις στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο σε σημείο που δεν επηρεάζονταν από τυχόν εμπόδια. Έγινε προσπάθεια οι ομάδες των εσωτερικών μετρήσεων, με τις εξωτερικές να μην διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά το χρόνο πραγματοποίησής τους, ώστε

οι τιμές της διαπερατότητας των υλικών που προκύπτει από τη μεταξύ τους διαίρεση να είναι ανεξάρτητες της μεταβολής της ηλιακής ακτινοβολίας εξωτερικά.

Οι θέσεις δειγματοληψίας παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα, καθώς και οι θέσεις όπου είχαν εγκατασταθεί τα όργανα για τις κλιματικές μετρήσεις παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 10. Θέσεις δειγματοληψίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με το φορητό φασματοφωτόμετρο και θέση τοποθέτησης αισθητήρων UVA, UVB, πυρανόμετρου και ψυχρόμετρου.

Η σειρά πραγματοποίησης των μετρήσεων για τις τέσσερις ημερομηνίες παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3. Κωδικοποίηση της σειράς πραγματοποίησης των μετρήσεων.

Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων			Σύγκριση της περατότητας μεταξύ καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα				
z1	1OB	1CB	z1	1OC	1 OB		
	2OB	2CB		2OC	2OB		
	3OB	3CB		3OC	3OB		
	4OB	4CB		4OC	4OB		
	5OB	5CB		5OC	5OB		
	1OUT	5OUT		1OUT	5OUT		
	1OC	1CC		1CC	1CB		
	2OC	2CC		2CC	2CB		
	3OC	3CC		3CC	3CB		
	4OC	4CC		4CC	4CB		
	5OC	5CC		5CC	5CB		
	2OUT	6OUT		2OUT	6OUT		
	z2	1OB		1CB	z2	1OC	1OB
2OB		2CB	2OC	2OB			
3OB		3CB	3OC	3OB			
4OB		4CB	4OC	4OB			
5OB		5CB	5OC	5OB			
3OUT		7OUT	3OUT	7OUT			
1OC		1CC	1CC	1CB			
2OC		2CC	2CC	2CB			
3OC		3CC	3CC	3CB			
4OC		4CC	4CC	4CB			
5OC		5CC	5CC	5CB			
4OUT		8OUT	4OUT	8OUT			

Κωδικοποίηση XY : X = O: ανοικτά παράθυρα ή C: κλειστά παράθυρα

Y = C: θερμοκήπιο 1 ή B: θερμοκήπιο 2

OUT: Εξωτερικές μετρήσεις.

4.3 Παράμετροι του φωτός.

4.3.1 Περαιτότητα.

Από τις τιμές του φορητού φασματοφωτόμετρου έγινε υπολογισμός της ισχύος της εισερχόμενης ακτινοβολίας (σε Wm^{-2}) στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας (340-400nm), στην περιοχή της μπλε (400-500nm), στην περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, PAR, (400-700nm), καθώς και των τιμών της στο εξωτερικό των θερμοκηπίων για τις αντίστοιχες περιοχές του φάσματος. Υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών των εκάστοτε μετρήσεων για τις αντίστοιχες ημερομηνίες. Από το πηλίκο της εσωτερικής προς την εξωτερική τιμή προέκυψε η περαιτότητα του υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων.

4.3.2 Παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός.

4.3.2.1 Παράμετροι που σχετίζονται με το φυτόχρωμα.

Ο συνηθέστερος τρόπος για να χαρακτηριστεί η αντίδραση του φυτοχρώματος στο φως είναι ο καθορισμός του λόγου της ροής των φωτονίων στο κόκκινο προς το υπέρυθρο φάσμα R/FR. Ο λόγος αυτός είναι γνωστός ως ζ ή ζ^* ανάλογα με την περιοχή του φάσματος που οροθετείται το κόκκινο και το υπέρυθρο.

Στην παρούσα εργασία έγινε υπολογισμός των εξής παραμέτρων:

$$\zeta_0 = \frac{\int_{735}^{665} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{725}^{655} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad \zeta_i = \frac{\int_{735}^{665} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{725}^{655} E_i(\lambda) d\lambda} \quad (\text{narrow band})$$

και

$$\zeta_0^* = \frac{\int_{800}^{700} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{700} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad \zeta_i^* = \frac{\int_{800}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700} E_i(\lambda) d\lambda} \quad (\text{broad band})$$

Τα ζ_0 και ζ_0^* αναφέρονται στις τιμές των παραμέτρων στο εξωτερικό των θερμοκηπίων, και τα ζ_i και ζ_i^* στις τιμές στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

4.3.2.2 Παράμετροι που σχετίζονται με το κρυπτόχρωμα.

Για τον χαρακτηρισμό της μορφογενετικά ενεργής ακτινοβολίας (MAR) των φωτούποδοχέων που σχετίζονται με το κρυπτόχρωμα είναι ο καθορισμός της ροής των φωτονίων στην περιοχή του μπλε προς το κόκκινο, B/R, και του μπλε προς το υπέρυθρο, B/FR. Το μπλε φάσμα οριοθετείται μεταξύ των 400-500nm (Rajapakse N., et al., 1992, Maas F., et al., 1995). Στην παρούσα εργασία υπολογισμός των εξής παραμέτρων:

$$B : R_0 = \frac{\int_{400}^{500} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{600}^{700} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad B : R_i = \frac{\int_{400}^{500} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{600}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}$$

$$B : FR_0 = \frac{\int_{400}^{500} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad B : FR_i = \frac{\int_{400}^{500} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{800} E_i(\lambda) d\lambda}$$

Τα B:R₀ και B:FR₀ αναφέρονται στις τιμές των παραμέτρων στο εξωτερικό των θερμοκηπίων, και τα B:R_i και B:FR_i στις τιμές στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

4.3.2.3 Παράμετροι που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση.

Σχετικά με την PAR υπολογίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

$$P : T_0 = \frac{\int_{400}^{700} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{400}^{1100} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad P : T_i = \frac{\int_{400}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{400}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda}$$

$$P : N_0 = \frac{\int_{400}^{700} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{1100} E_0(\lambda) d\lambda}, \quad P : N_i = \frac{\int_{400}^{700} E_i(\lambda) d\lambda}{\int_{700}^{1100} E_i(\lambda) d\lambda}$$

Τα P:T₀ και P:N₀ αναφέρονται στις τιμές των παραμέτρων στο εξωτερικό των θερμοκηπίων, και τα P:T_i και P:N_i στις τιμές στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

5. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS v.12. για πιθανότητα $p=0.05$. Στις περιπτώσεις που απαιτήθηκε η σύγκριση δύο μέσων όρων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *independent samples t-test*. Στις περιπτώσεις που απαιτήθηκε η σύγκριση περισσότερων από δύο μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *General Linear Model - Univariate analysis*.

Οι θέσεις μέτρησης της περατότητας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων απέχουν 8,5m στο διαμήκη άξονα και 3,5m στον εγκάρσιο. Σύμφωνα με τους Tragmar και Uehara, (1985), οι τιμές της περατότητας που λαμβάνονται σε θέσεις μέσα στο θερμοκήπιο που απέχουν περισσότερο από 3,5m είναι εντελώς τυχαίες, δηλαδή δεν υφίσταται χωρική κατανομή, οπότε μπορούν να αναλυθούν με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο.

Κεφάλαιο III
Αποτελέσματα

I. Μετρήσεις ακτινοβολίας με τη χρήση στατικών αισθητήρων.

1. Ολική ηλιακή ακτινοβολία.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της περατότητας στην ολική ακτινοβολία καθώς και η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της για τους μήνες Απρίλιο έως Ιούλιο. Οι τιμές της περατότητας εξάγονται από μετρήσεις που έγιναν κατά το χρονικό διάστημα 11:00-15:00, για τις μέρες με καθαρό ουρανό. Το χρονικό διάστημα αυτό επιλέχθηκε διότι αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της ημερήσιας εισερχόμενης στο θερμοκήπιο ακτινοβολίας.

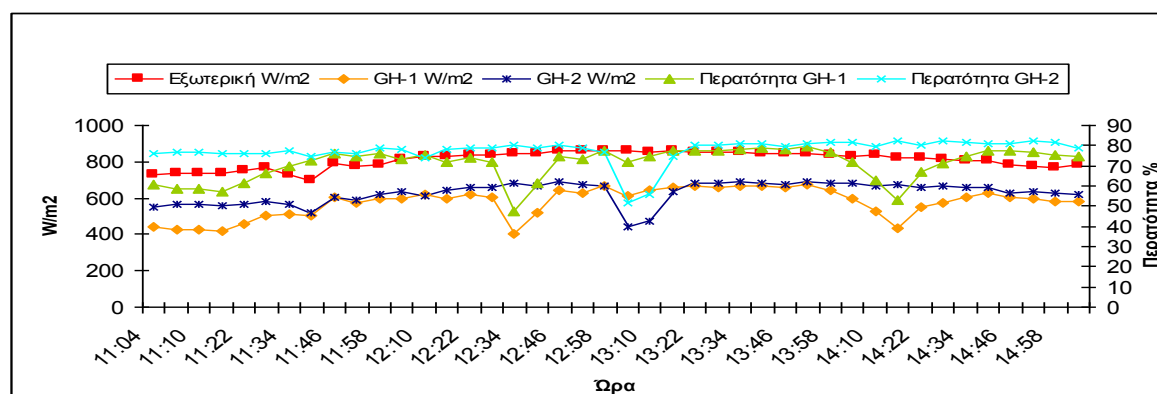
Πίνακας 4. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στην ολική ακτινοβολία στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων.

	Απρίλιος n=6(μέρες)	Μάιος n=30(μέρες)	Ιούνιος n=20(μέρες)	Ιούλιος n=14(μέρες)
<i>Μάρτυρας (GH1)</i>	68,67a	71,9b	69,98c	72,72d
<i>UV blocking (GH2)</i>	75,9b	76,17b	72,4c	73,32d
Sig.	<0,05	0,749	0,280	0,489

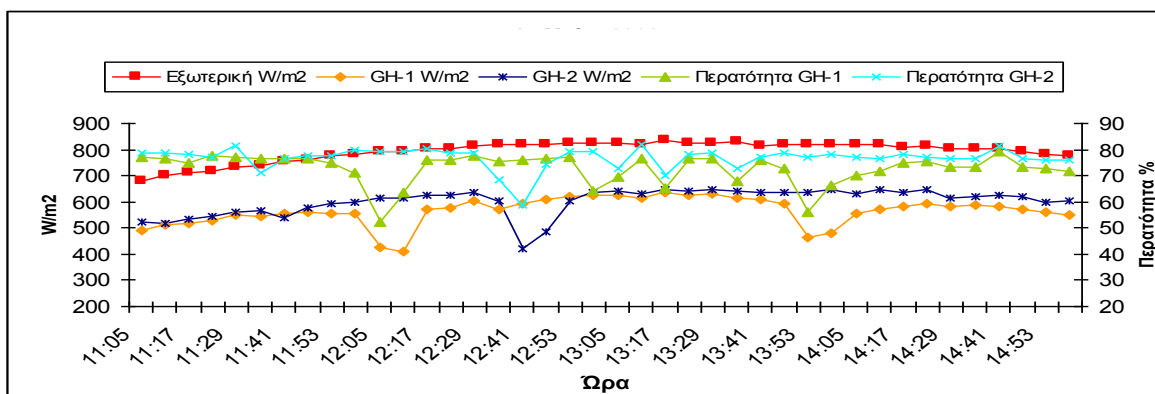
Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψε ότι διαφορές μεταξύ των τιμών της περατότητας στην ολική ακτινοβολία υπάρχουν μόνο για τον μήνα Απρίλιο. Η διαφορά αυτή πιθανόν οφείλεται στην χαμηλή θέση του ήλιου. Για τους υπόλοιπους μήνες των μετρήσεων δεν παρατηρούνται διαφορές.

1.1 Παρουσίαση των μεταβολών της ολικής ακτινοβολίας.

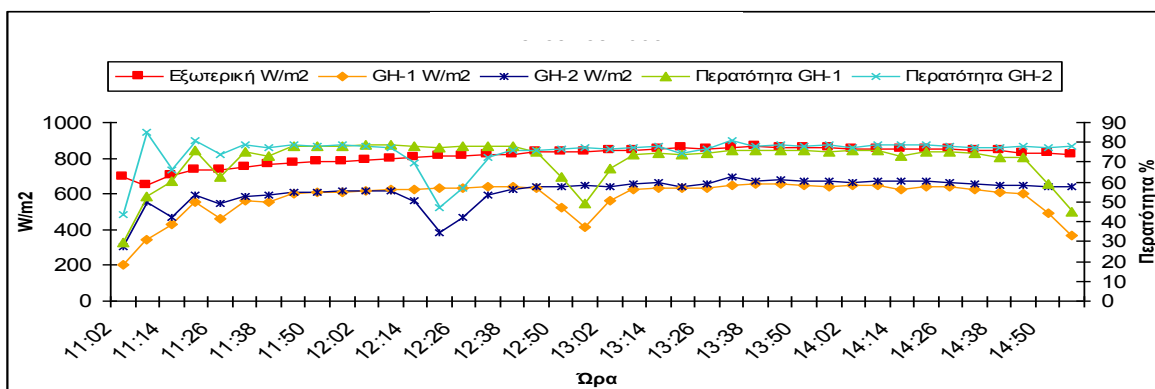
Στα γραφήματα 6, 7, 8 και 9 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στην ολική ακτινοβολία στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, καθώς και των τιμών της ολικής ακτινοβολίας έξω και μέσα στα θερμοκήπια σε ημερομηνία, αντιπροσωπευτική του μήνα.



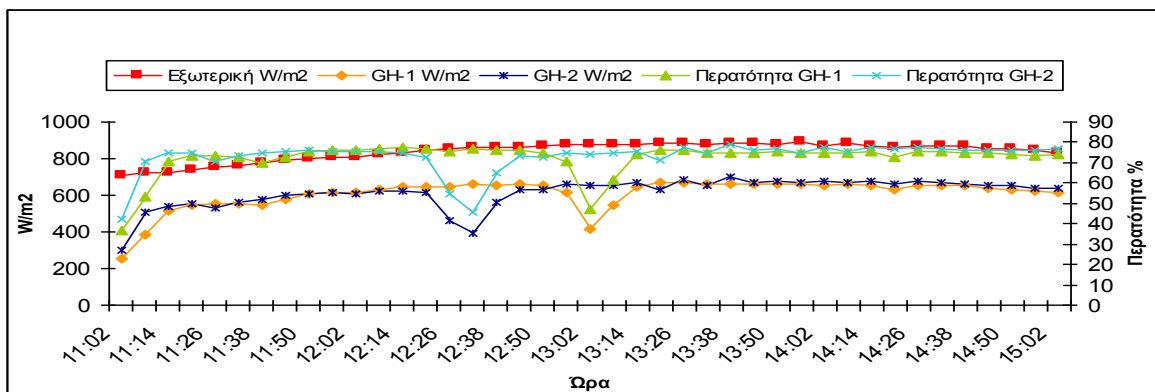
Γράφημα 6. Ποσοστιαίες τιμές περατότητας (%) και τιμές της ολικής ακτινοβολίας (Wm^{-2}) στις 28/4/2003 κατά το χρονικό διάστημα 11:00 με 15:00.



Γράφημα 7. Ποσοστιαίες τιμές περατότητας (%) και τιμές της ολικής ακτινοβολίας (Wm^{-2}) στις 15/5/2003 κατά το χρονικό διάστημα 11:00 με 15:00.



Γράφημα 8. Ποσοστιαίες τιμές περατότητας (%) και τιμές της ολικής ακτινοβολίας (Wm^{-2}) στις 28/6/2003 κατά το χρονικό διάστημα 11:00 με 15:00.



Γράφημα 9. Ποσοστιαίες τιμές περατότητας (%) και τιμές της ολικής ακτινοβολίας (Wm^{-2}) στις 12/7/2003 κατά το χρονικό διάστημα 11:00 με 15:00.

Στα παραπάνω γραφήματα παρατηρείται στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε συγκεκριμένες ώρες για κάθε μήνα, παρουσιάζεται μείωση της μετρούμενης εισερχόμενης ολικής ακτινοβολίας. Η μείωση αυτή οφείλεται σε σκίαση των οργάνων από το σκελετό του θερμοκηπίου.

2. Υπεριώδης ακτινοβολία.

2.1 UVA.

Για τη UVA υπολογίστηκε η περατότητα αυτής στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων η οποία προέκυψε από το πηλίκο της εσωτερικής προς την εξωτερική μέτρηση, η οποία έγινε με τη χρήση στατικών αισθητήρων. Λήφθηκαν υπόψη οι τιμές της ακτινοβολίας όταν το ύψος του ήλιου παρουσίαζε μεγάλες τιμές δηλαδή από τις 11:00 έως τις 15:00. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την περατότητα στη UVA για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο.

Πίνακας 5. Μέση ποσοστιαία περατότητα των θερμοκηπίων στην UVA.

<i>UVA</i>	<i>GHI</i>	<i>GH2</i>
Ιούνιος	21,66%	1,21%
Ιούλιος	22,14%	1,26%

Ο μάρτυρας, (θερμοκήπιο 1), παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη περατότητα στη UVA σε σχέση με το θερμοκήπιο που το κάλυμμα του δεν επέτρεπε την είσοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας, (θερμοκήπιο 2). Για το θερμοκήπιο 1 η περατότητα για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο ήταν 22%, ενώ για το θερμοκήπιο 2, ήταν 1.2%.

2.2 UVB

Υπολογίστηκε η περατότητα στη UVB, με τρόπο ανάλογο με τη UVA και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6. Μέση ποσοστιαία περατότητα των θερμοκηπίων στην UVB.

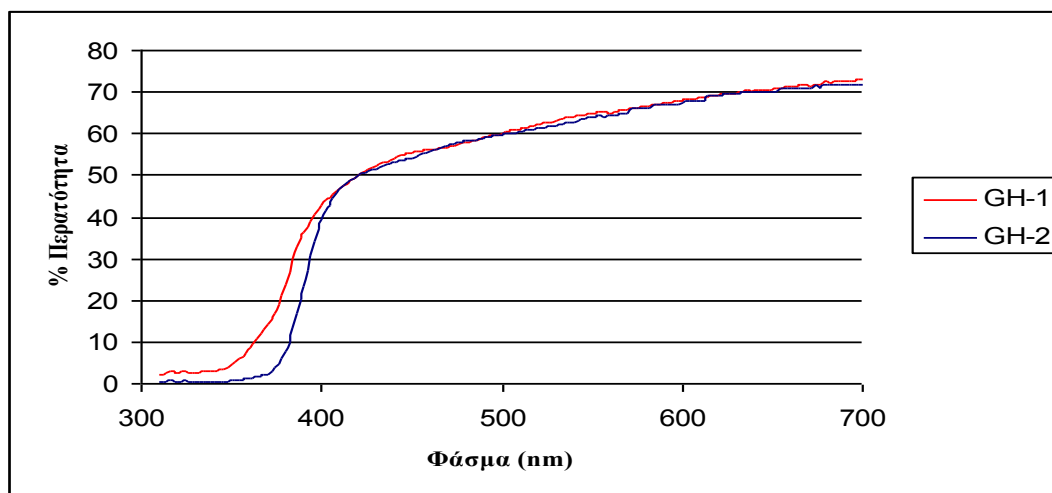
<i>UVB</i>	<i>GHI</i>	<i>GH2</i>
Ιούνιος	12,43%	0,41%
Ιούλιος	13,20%	0,63%

Στην περιοχή της UVB, το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει περατότητα 13%, ενώ το θερμοκήπιο 2, παρουσιάζει περατότητα 0.5%.

Από τις τιμές της περατότητας για τις δύο περιοχές της υπεριώδους ακτινοβολίας, γίνεται φανερή η διαφορά των δύο υλικών κάλυψης.

3. Ενέργεια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Με τη χρήση του φορητού φασματοφωτόμετρου, (LICOR-1800), μετρήθηκε η περατότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων στις 23/9/2003. Οι μετρήσεις έγιναν στο κέντρο των θερμοκηπίων, στο ύψος της βάσης των παραθύρων, με κλειστά τα παράθυρα τόσο τα πλευρικά όσο και της οροφής, για να αποφευχθεί η άμεση και διάχυτη ακτινοβολία που εισέρχεται από τα παράθυρα. Στο γράφημα 10 παρουσιάζεται η περατότητα των υλικών όπως αυτή μετρήθηκε.



Γράφημα 10. Περαιτότητα των θερμοκηπίων στο φάσμα 310 έως 700nm.

Με βάση αυτές τις τιμές υπολογίστηκε η περατότητα των υλικών κάλυψης για τρεις περιοχές του φάσματος (υπεριώδης 340-400nm, μπλε 400-500nm, πράσινο προς κόκκινο 500-700nm). Η παραπάνω υπεριώδης περιοχή δεν περιλαμβάνει την UVB ακτινοβολία η οποία με το συγκεκριμένο όργανο δεν μπορεί να μετρηθεί. Οι τιμές της περατότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7. Μέση ποσοστιαία περατότητα των θερμοκηπίων σε τρεις περιοχές του φάσματος.

Περιοχή	GH-1	GH-2
Υπεριώδης (340-400nm)	27,21%	8,21%
Μπλε (400-500nm)	44,18%	43,57%
Πράσινο προς Κόκκινο (500-700nm)	53,56%	58,15%

Το ποσοστό της περατότητας της εισερχόμενης ακτινοβολίας δεν μπορεί να μεταφραστεί σε εισερχόμενη ενέργεια στο θερμοκήπιο, αφού τα διαφορετικά μήκη κύματος φέρουν διαφορετικό ποσό ενέργειας. Η ενέργεια που φέρεται από διαφορετικές περιοχές του φάσματος παρουσιάζεται στον πίνακα 8.

Πίνακας 8. Ενέργεια στα τρία διαφορετικά φάσματα (Renewable Resource Energy Data Center).

<i>Περιοχή</i>	<i>W /m²</i>	<i>%</i>
Υπεριώδης	49.67	4,05%
Μπλε	170	13,88%
Πράσινο προς Κόκκινο	347	28,33%
Ολική	1225	100%

Στον πίνακα 9 υπολογίζονται οι διαφορές στην εισερχόμενη ενέργεια μεταξύ των θερμοκηπίων, αφαιρώντας τις περατότητες των υλικών για τις τρεις περιοχές του φάσματος και πολλαπλασιάζοντας τις με την ενεργειακή προσφορά του κάθε μήκους κύματος που δίνεται στον πίνακα 8.

Πίνακας 9. Ποσοστιαία διαφορά στην προσφορά σε ενέργεια μεταξύ των δύο θερμοκηπίων για τρεις περιοχές του φάσματος.

<i>Περιοχή</i>	<i>GH-1 – GH-2</i>
Υπεριώδης	0,77%
Μπλε	0,085%
Πράσινο προς Κόκκινο	-1,30%

Από τον τελευταίο πίνακα προκύπτει ότι τα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζουν διαφορά όσον αφορά την εισερχόμενη λόγω ακτινοβολίας ενέργεια.

II. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο II έγιναν μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας με τη χρήση φορητού φασματοφωτόμετρου στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων, με την παρουσία ή όχι της καλλιέργειας και με τα παράθυρα ανοικτά ή κλειστά και σε δύο επίπεδα ύψους. Από τις μετρούμενες τιμές υπολογίστηκε η περατότητα για τρεις περιοχές του φάσματος.

1. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας, σε θερμοκήπιο χωρίς καλλιέργεια.

1.1. Μέτρηση της περατότητας των θερμοκηπίων με ανοικτά ή κλειστά παράθυρα.

Η περατότητα για αυτή τη σειρά των μετρήσεων προέκυψε από το μέσο όρο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 7, 8, 9 και 10.8.2004.

1.1.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).

Έγιναν μετρήσεις της περατότητας με ανοικτά και κλειστά παράθυρα, στο ύψος της βάσης των παραθύρων, (**z1**), και στο ύψος της κορυφής των παραθύρων, (**z2**).

A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (**z1**).

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος, (περιοχή της UVA, της μπλε και της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

Πίνακας 10. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στον μάρτυρα στο z1.

Πίνακας 10α					
UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	26,05a	31,82b	30,91c	20,65d	31,06f
Ανοικτά παράθυρα	29,62a	32,35b	34,07c	28,91e	38,12g
Sig.	0.139	0.835	0.250	<0.05	<0.05
%Διαφορά	12	2	9	29	19

Πίνακας 10β					
Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	44,84a	56,46c	56,52d	51,85f	56,22h
Ανοικτά παράθυρα	51,35b	55,94c	61,71e	55,04g	59,91i
Sig.	<0.05	0.366	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά	13	-1	8	6	6

Πίνακας 10γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	44,21a	63,88c	63,55e	60,88g	64,03h
Ανοικτά παράθυρα	52,9b	57,22d	67,22f	61,86g	66,62i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.209	<0.05
%Διαφορά	16	-12	5	2	4

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, οι θέσεις που επηρεάζονται από την εισερχόμενη από το άνοιγμα των παραθύρων ακτινοβολία, είναι αυτές δίπλα στα παράθυρα, (θέσεις 4,5). Η θέση 5, (BΔ θέση), παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την 4, (NA θέση) είτε τα παράθυρα είναι ανοικτά είτε κλειστά. Τα αποτελέσματα δεν ήταν αναμενόμενα γιατί λόγω της θέσης του ήλιου και του προσανατολισμού του θερμοκηπίου, περισσότερη άμεση ακτινοβολία θα έπρεπε να εισέρχεται από την ανατολική πλευρά του. Το φαινόμενο αυτό πιθανόν παρατηρείται λόγω της γειτνίασης με παρακείμενο όμοιο θερμοκήπιο, ανατολικά του θερμοκηπίου 1, το οποίο επηρεάζει τα φάσμα της ακτινοβολίας που δέχεται αυτό, (στη θέση 4), λόγω ανακλάσεων. Όπως θα δειχθεί παρακάτω η κατανομή αυτή της ακτινοβολίας για τον εγκάρσιο άξονα του θερμοκηπίου 1, (θέσεις 4,2,5), ισχύει για όλες τις περιοχές του φάσματος καθώς και για όλες τις σειρές των μετρήσεων
- ii. Στην περιοχή της μπλε υπάρχουν διαφορές για όλες τις θέσεις, με εξαίρεση το κέντρο του θερμοκηπίου, (θέση 2), που δεν επηρεάζεται από το άνοιγμα των παραθύρων. Στις υπόλοιπες θέσεις υψηλότερες τιμές περατότητας παρατηρούνται όταν τα παράθυρα του θερμοκηπίου είναι ανοικτά με την μεγαλύτερη αύξηση να συμβαίνει στη θέση 1 (BA θέση). Η πλευρά αυτή παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες θέσεις είτε τα παράθυρα είναι ανοικτά είτε κλειστά. Δηλαδή η θέση χαμηλής περατότητας του θερμοκηπίου είναι αυτή που επηρεάζεται περισσότερο από την εισερχόμενη ακτινοβολία.
- iii. Στην περιοχή της PAR, η θέση που δεν επηρεάζεται από το άνοιγμα των παραθύρων είναι η 4, (NA θέση). Επίσης η BA θέση, (θέση 1), του θερμοκηπίου παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές περατότητας, και είναι αυτή που επηρεάζεται περισσότερο από το άνοιγμα των παραθύρων.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζονται στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας, στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα, με την περατότητα να αυξάνεται με το άνοιγμα των παραθύρων κατά 29% στη θέση 4 και 19% στη θέση 5. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, οι διαφορές είναι πολύ μικρότερες με εξαίρεση την θέση 1 όπου παρουσιάζονται διαφορές και πιθανόν να οφείλονται σε ανακλάσεις στο βόρειο τοίχο του θερμοκηπίου.

B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος, (περιοχή της UVA, της μπλε και της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

Πίνακας 11. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στον μάρτυρα στο z2.

UVA (340- 400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	29,66a	28,50b	34,56c	18,43d	36,44e
Ανοικτά παράθυρα	31,37a	32,46b	35,27c	19,26d	38,19e
Sig.	0.452	0.095	0.785	0.788	0.515
%Διαφορά	5	12	2	4	5

Μπλε (400- 500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	51,79a	47,63c	60,96e	48,05f	63,12g
Ανοικτά παράθυρα	55,62b	56,97d	60,45e	48,46f	65,69h
Sig.	<0.05	<0.05	0.498	0.610	<0.05
%Διαφορά	7	16	-1	1	4

PAR (400- 700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	59,40a	47,75c	68.61e	56.41f	70.23g
Ανοικτά παράθυρα	62,63b	65,04d	68.00e	55,41f	73,02h
Sig.	<0.05	<0.05	0.403	0.179	<0.05
%Διαφορά	5	27	-1	-2	4

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για καμία από τις πέντε θέσεις. Ωστόσο οι τιμές της περατότητας εμφανίζονται ελαφρά υψηλότερες όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά. Όπως και στο z1 έτσι και στο z2 η θέση 5 εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την 4, γεγονός που όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο οφείλεται σε επιρροή γειτονικού θερμοκηπίου.
- ii. Στην περιοχή της μπλε οι θέσεις 3 και 4 είναι αυτές που δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Υψηλότερες τιμές περατότητας παρουσιάζονται όταν τα παράθυρα του θερμοκηπίου είναι ανοικτά, ενώ η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των δύο καταστάσεων παρατηρείται στο κέντρο του θερμοκηπίου.
- iii. Στην περιοχή της PAR οι θέσεις 3 και 4 είναι αυτές που δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Υψηλότερες τιμές παρατηρούνται όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά με την μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στο κέντρο του θερμοκηπίου.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας παρατηρείται ότι στο z2 οι διαφορές στην περατότητα μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά- κλειστά παράθυρα είναι μικρές, για όλες τις περιοχές του φάσματος. Μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν για το κέντρο του θερμοκηπίου.

1.1.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος, (περιοχή της UVA, της μπλε και της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

Πίνακας 12. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 2 στο z1.

Πίνακας 12α					
UVA (340- 400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	16,15a	12,35b	11,89c	15,96d	8,15e
Ανοικτά παράθυρα	14,82a	13,76b	12,96c	22,22d	13,78e
Sig.	0.688	0.704	0.770	0.074	0.055
%Διαφορά	-9	10	8	28	41

Πίνακας 12β					
Μπλε (400- 500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	56,77a	56,12c	54,36e	59,67g	52,66i
Ανοικτά παράθυρα	51,42b	58,75d	57,56f	58,47h	53,06i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.681
%Διαφορά	-10	4	6	-2	1

Πίνακας 12γ					
PAR (400- 700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	63,57a	60,28c	57,84e	69,32g	62,16i
Ανοικτά παράθυρα	50,36b	64,36d	63,98f	66,02h	61,54i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.477
%Διαφορά	-26	6	10	-5	-1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- Στην περιοχή της UVA δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για καμία από τις πέντε θέσεις δειγματοληψίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι για τις θέσεις 4 και 5, δηλαδή στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα οι διαφορές είναι οριακά μη στατιστικώς

σημαντικές. Η θέση 4, (NA), παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές περατότητας μεταξύ των πέντε θέσεων, είτε τα παράθυρα είναι κλειστά είτε ανοικτά.

- ii. Στην περιοχή της μπλε παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 5, (BΔ). Η θέση 4 παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές είτε τα παράθυρα είναι ανοικτά είτε κλειστά. Όταν τα παράθυρα ανοίγουν η περατότητα αυξάνεται για όλες τις θέσεις με εξαίρεση τη θέση 1, (BA), και την θέση 4, (NA), όπου μειώνεται.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 5, (BΔ). Όπως και στις υπόλοιπες περιοχές του φάσματος η θέση 4 παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές ενώ η περατότητα στη θέση 1 μειώνεται όταν ανοίγουν τα παράθυρα.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας παρατηρείται ότι διαφορές εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας στις θέσεις δίπλα στα ανοίγματα των παραθύρων, με την περατότητα να αυξάνεται κατά 28% στη θέση 4 και 41% στη θέση 5. Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος διαφορές παρατηρούνται κυρίως στη θέση 1, πιθανόν λόγω ανακλάσεων της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο βόρειο τοίχο του θερμοκηπίου.

B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος, (περιοχή της UVA, της μπλε και της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

Πίνακας 13. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 2 στο z2.

UVA (340- 400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	11,74a	10,99b	10,51c	18,04d	8,13e
Ανοικτά παράθυρα	13,25a	11,79b	10,45c	20,95d	8,10e
Sig.	0.688	0.832	0.986	0.494	0.993
%Διαφορά	11	7	-1	14	0

Μπλε (400- 500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	57,12a	55,90c	55,12e	60,65g	53,24i
Ανοικτά παράθυρα	60,61b	59,66d	52,91f	69,22h	52,61i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.511
%Διαφορά	6	6	-4	12	-1

PAR (400- 700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	63,34a	61,76c	61,64e	68,03g	60,96i
Ανοικτά παράθυρα	68,46b	66,87d	54,78f	77,20h	61,41i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.581
%Διαφορά	7	8	-13	12	1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για καμία από τις πέντε θέσεις. Ωστόσο με τα παράθυρα ανοικτά οι τιμές της περατότητας είναι ελαφρά αυξημένες. Επίσης οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται στη θέση 4.
- ii. Στην περιοχή της μπλε η μόνη θέση που μένει ανεπηρέαστη από την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας είναι η 5, (ΒΔ). Με τα παράθυρα ανοικτά οι τιμές της περατότητας είναι μεγαλύτερες σε σχέση με την κατάσταση όπου είναι κλειστά, με εξαίρεση τη θέση 3 όπου παρουσιάζεται μειωμένη.
- iii. Στην περιοχή της PAR, όπως και στην περιοχή του μπλε, η θέση 5, (ΒΔ), δεν επηρεάζεται από την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας. Επίσης με εξαίρεση την θέση 3, με το άνοιγμα των παραθύρων η περατότητα παρουσιάζεται αυξημένη.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας παρατηρείται ότι στο θερμοκήπιο 2 στο z2, η θέση που επηρεάζεται περισσότερο από το άνοιγμα των παραθύρων στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι η θέση 4, με την περατότητα να αυξάνεται κατά 14%, και να ακολουθεί η θέση 1 με αύξηση κατά 11%. Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος διαφορές παρατηρούνται κυρίως στο κέντρο του θερμοκηπίου με αύξηση στην περατότητα κατά 12%.

1.1.3 Ποιότητα φωτός.

Ο υπολογισμός της περατότητας των θερμοκηπίων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, στις διάφορες περιοχές του φάσματος. Η γνώση όμως της περατότητας δεν είναι ικανή να προσδιορίσει τις φωτομορφογενετικές επιδράσεις του φωτός, (Kittas, et al, 1999).

Στους πίνακες 14 και 16 παρουσιάζονται οι τιμές των παραγόντων που αφορούν το φυτόχρωμα, το κρυπτόχρωμα καθώς και τους παράγοντες φωτοσύνθεσης των φυτών, για τα δύο θερμοκήπια, ώστε να διαπιστωθεί αν οι διαφορές που βρέθηκαν στην περατότητα από την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων επιδρούν στα μορφογενετικά χαρακτηριστικά των φυτών.

Στους πίνακες 15 και 17 παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των παραμέτρων για τα δύο θερμοκήπια.

Από τον πίνακα 14 παρατηρείται ότι για το θερμοκήπιο 1 η τιμή των παραμέτρων που μελετήθηκαν δεν παρουσιάζουν αξιόλογες μεταβολές μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά–κλειστά παράθυρα καθώς και ανάμεσα στα δύο επίπεδα, (z1 και z2), όπου έγινε η δειγματοληψία. Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

$$\zeta_i \approx 1.34, \zeta_i^* \approx 1.21, B:R_i \approx 0.88, B:FR_i \approx 1.06, P:T_i \approx 0.55 \text{ και } P:N_i \approx 1.25.$$

Στον πίνακα 16 όπου παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για το θερμοκήπιο 2, παρατηρείται ότι όπως και στο θερμοκήπιο 1 δεν εμφανίζονται αξιόλογες μεταβολές στις μελετώμενες παραμέτρους όταν τα παράθυρα του θερμοκηπίου είναι ανοικτά ή κλειστά, καθώς επίσης και ανάμεσα στα δύο επίπεδα των μετρήσεων. Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

$$\zeta_i \approx 1.34, \zeta_i^* \approx 1.21, B:R_i \approx 0.90, B:FR_i \approx 1.07, P:T_i \approx 0.55 \text{ και } P:N_i \approx 1.24.$$

Πίνακας 14 Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του φωτός στο θερμοκήπιο 1 απουσία καλλιέργειας, και σύγκριση μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά κλειστά παράθυρα. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red			Blue/far red			PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FRi	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Υψος της βάσης των παραθύρων (z1)	Ανοικτά	1	1,38	1,39	1	1,25	1,27	2	1,04	1,01	-4	1,31	1,15	-12	0,58	0,59	2	1,36	1,43	5
		2	1,38	1,41	2	1,25	1,28	2	1,04	1,02	-2	1,31	1,14	-13	0,58	0,59	2	1,36	1,53	12
		3	1,38	1,35	-2	1,25	1,23	-2	1,04	0,91	-13	1,31	1,11	-15	0,58	0,56	-3	1,36	1,27	-7
		4	1,38	1,32	-5	1,25	1,18	-6	1,04	0,85	-18	1,31	1,01	-23	0,58	0,53	-8	1,36	1,14	-17
		5	1,38	1,33	-3	1,25	1,20	-4	1,04	0,87	-16	1,31	1,05	-20	0,58	0,54	-6	1,36	1,19	-13
	Κλειστά	1	1,39	1,35	-3	1,27	1,21	-5	1,07	1,02	-4	1,36	1,08	-21	0,59	0,60	2	1,43	1,77	24
		2	1,39	1,35	-3	1,27	1,21	-5	1,07	0,86	-19	1,36	1,04	-24	0,59	0,54	-8	1,43	1,18	-17
		3	1,39	1,35	-3	1,27	1,21	-5	1,07	0,87	-18	1,36	1,06	-22	0,59	0,55	-7	1,43	1,20	-16
		4	1,39	1,26	-9	1,27	1,17	-8	1,07	0,81	-24	1,36	0,95	-30	0,59	0,52	-11	1,43	1,10	-23
		5	1,39	1,29	-7	1,27	1,20	-6	1,07	0,86	-20	1,36	1,03	-24	0,59	0,54	-8	1,43	1,18	-17
Υψος της κορυφής των παραθύρων (z2)	Ανοικτά	1	1,39	1,34	-4	1,26	1,20	-5	1,05	0,86	-18	1,33	1,04	-22	0,58	0,54	-7	1,39	1,18	-15
		2	1,39	1,33	-4	1,26	1,20	-5	1,05	0,84	-20	1,33	1,00	-25	0,58	0,54	-8	1,39	1,15	-18
		3	1,39	1,34	-4	1,26	1,20	-5	1,05	0,86	-18	1,33	1,02	-23	0,58	0,54	-8	1,39	1,15	-18
		4	1,39	1,34	-4	1,26	1,20	-5	1,05	0,84	-20	1,33	1,01	-24	0,58	0,54	-7	1,39	1,17	-16
		5	1,39	1,33	-5	1,26	1,19	-5	1,05	0,88	-16	1,33	1,05	-21	0,58	0,54	-7	1,39	1,19	-15
	Κλειστά	1	1,39	1,32	-5	1,27	1,19	-7	1,07	0,84	-21	1,36	1,00	-26	0,59	0,53	-9	1,42	1,13	-20
		2	1,39	1,35	-3	1,27	1,25	-2	1,07	0,91	-15	1,36	1,45	7	0,59	0,55	-7	1,42	1,60	13
		3	1,39	1,33	-4	1,27	1,20	-6	1,07	0,87	-18	1,36	1,04	-23	0,59	0,54	-8	1,42	1,18	-17
		4	1,39	1,29	-7	1,27	1,18	-7	1,07	0,81	-24	1,36	0,96	-29	0,59	0,53	-10	1,42	1,11	-21
		5	1,39	1,33	-4	1,27	1,20	-6	1,07	0,89	-17	1,36	1,07	-21	0,59	0,55	-7	1,42	1,20	-16

Πίνακας 15. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για το θερμοκήπιο 1, απουσία καλλιέργειας.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
z1	ανοικτά	1,32	1,41	1,18	1,28	0,85	1,02	1,01	1,15	0,53	0,59	1,14	1,53
	κλειστά	1,26	1,35	1,17	1,21	0,81	1,02	0,95	1,08	0,52	0,6	1,1	1,77
z2	ανοικτά	1,33	1,34	1,19	1,2	0,84	0,88	1	1,05	0,54	0,54	1,15	1,19
	κλειστά	1,29	1,35	1,18	1,25	0,81	0,91	0,96	1,45	0,53	0,55	1,11	1,6

Πίνακας 16 Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του φωτός στο θερμοκήπιο 2 απουσία καλλιέργειας, και σύγκριση μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά κλειστά παράθυρα. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red			Blue/far red			PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FR i	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Υψος της βάσης των παραθύρων (z1)	Ανοικτά	1	1,38	1,35	-2	1,27	1,23	-3	1,08	1,01	-6	1,37	1,21	-12	0,60	0,58	-3	1,46	1,32	-10
		2	1,38	1,35	-2	1,27	1,23	-3	1,08	0,93	-14	1,37	1,14	-17	0,60	0,57	-5	1,46	1,30	-11
		3	1,38	1,35	-2	1,27	1,22	-4	1,08	0,90	-16	1,37	1,10	-20	0,60	0,56	-6	1,46	1,26	-14
		4	1,38	1,31	-5	1,27	1,19	-7	1,08	0,88	-19	1,37	1,04	-24	0,60	0,55	-8	1,46	1,19	-18
		5	1,38	1,33	-4	1,27	1,20	-6	1,08	0,84	-22	1,37	1,00	-27	0,60	0,54	-9	1,46	1,18	-19
	Κλειστά	1	1,38	1,35	-2	1,27	1,22	-4	1,08	0,89	-17	1,37	1,08	-21	0,59	0,56	-6	1,45	1,25	-14
		2	1,38	1,36	-2	1,27	1,24	-2	1,08	0,96	-11	1,37	1,17	-14	0,59	0,57	-4	1,45	1,29	-11
		3	1,38	1,36	-2	1,27	1,26	-1	1,08	0,98	-9	1,37	1,16	-15	0,59	0,58	-2	1,45	1,37	-6
		4	1,38	1,31	-5	1,27	1,19	-7	1,08	0,84	-22	1,37	0,99	-27	0,59	0,54	-9	1,45	1,16	-20
		5	1,38	1,31	-5	1,27	1,19	-7	1,08	0,81	-24	1,37	0,97	-29	0,59	0,54	-10	1,45	1,15	-21
Υψος της κορυφής των παραθύρων (z2)	Ανοικτά	1	1,38	1,33	-3	1,27	1,20	-5	1,08	0,87	-19	1,37	1,05	-23	0,59	0,55	-8	1,44	1,20	-17
		2	1,38	1,33	-3	1,27	1,20	-5	1,08	0,89	-18	1,37	1,07	-22	0,59	0,55	-7	1,44	1,21	-16
		3	1,38	1,35	-2	1,27	1,26	-1	1,08	1,03	-4	1,37	1,09	-20	0,59	0,56	-5	1,44	1,52	5
		4	1,38	1,34	-3	1,27	1,22	-4	1,08	0,90	-17	1,37	1,09	-20	0,59	0,56	-6	1,44	1,25	-13
		5	1,38	1,33	-3	1,27	1,19	-6	1,08	0,83	-23	1,37	0,99	-28	0,59	0,54	-9	1,44	1,15	-20
	Κλειστά	1	1,38	1,34	-3	1,26	1,21	-4	1,06	0,89	-16	1,33	1,07	-20	0,59	0,55	-6	1,40	1,21	-13
		2	1,38	1,34	-3	1,26	1,20	-5	1,06	0,89	-16	1,33	1,07	-19	0,59	0,55	-7	1,40	1,20	-15
		3	1,38	1,34	-3	1,26	1,20	-5	1,06	0,87	-18	1,33	1,04	-22	0,59	0,54	-7	1,40	1,18	-16
		4	1,38	1,32	-4	1,26	1,19	-5	1,06	0,87	-18	1,33	1,04	-22	0,59	0,54	-7	1,40	1,18	-16
		5	1,38	1,34	-3	1,26	1,20	-5	1,06	0,84	-20	1,33	1,01	-24	0,59	0,54	-7	1,40	1,18	-16

Πίνακας 17. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για το θερμοκήπιο2, απουσία καλλιέργειας.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
z1	ανοικτά	1,31	1,35	1,19	1,23	0,84	1,01	1	1,21	0,54	0,58	1,18	1,32
	κλειστά	1,31	1,36	1,19	1,26	0,81	0,98	0,97	1,17	0,54	0,58	1,15	1,37
z2	ανοικτά	1,33	1,35	1,19	1,26	0,83	1,03	0,99	1,09	0,54	0,56	1,15	1,52
	κλειστά	1,32	1,34	1,19	1,21	0,84	0,89	1,01	1,07	0,54	0,55	1,18	1,21

1.2. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Έγιναν μετρήσεις της περατότητας στα δύο θερμοκήπια με τα παράθυρα ανοικτά και κλειστά καθώς και σε δύο επίπεδα z1 και z2. Η περατότητα προέκυψε από το μέσο όρο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 3,4,5 και 6.8.2004.

1.2.1 Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 18.

Πίνακας 18. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με ανοικτά παράθυρα στο z1.

Πίνακας 18α						Πίνακας 18β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	30,78a	31,54c	32,04e	26,58g	37,90h	Θερμοκ.1	54,33a	56,38c	56,83d	54,76f	58,59h
Θερμοκ.2	13,86b	12,45d	12,22f	23,22g	15,82i	Θερμοκ.2	58,29b	57,53c	58,72e	57,22g	50,59i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.250	<0.05	Sig.	<0.05	0.118	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	55	61	62	13	58	% Διαφορά	-7	-2	-3	-4	14

Πίνακας 18γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	59,17a	63,01c	61,41d	63,13f	65,75h
Θερμοκ.2	65,83b	64,10c	66,47e	64,99g	57,01i
Sig.	<0.05	0.091	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-11	-2	-8	-3	13

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA οι διαφορές στην περατότητα μεταξύ των δύο θερμοκηπίων είναι στατιστικώς σημαντικές, εκτός από την θέση 4 δίπλα στο ανατολικό παράθυρο. Η σύγκριση μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στη θέση 4, δεν είναι αντιπροσωπευτική, διότι όπως προαναφέρθηκε η περατότητα στη θέση αυτή για το θερμοκήπιο 1 επηρεάζεται από γειτονικό θερμοκήπιο παρουσιάζοντας χαμηλότερες από τις αναμενόμενες τιμές. Η παρατήρηση αυτή πρέπει να ληφθεί υπ' όψη και στις συγκρίσεις μεταξύ των δύο θερμοκηπίων που ακολουθούν

- ii. Στην περιοχή της μπλε, τα δύο θερμοκήπια παρουσιάζουν διαφορές στην περατότητα σε όλες τις θέσεις εκτός από το κέντρο των θερμοκηπίων.
- iii. Στην περιοχή της PAR, όπως και στην περιοχή της μπλε, οι διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων κρίνονται στατιστικώς σημαντικές εκτός από το κέντρο των θερμοκηπίων.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA η διαφορά στην περατότητα μεταξύ των δύο θερμοκηπίων είναι σε ποσοστό περίπου 60% αυξημένη στο θερμοκήπιο 1. Μικρότερες διαφορές παρατηρούνται στη θέση 4, (NA), οι οποίες είναι μη στατιστικώς σημαντικές και αφορούν μη αντιπροσωπευτική θέση, όπως προαναφέρθηκε. Στην περιοχή της μπλε και της PAR η περατότητα εμφανίζεται υψηλότερη στο θερμοκήπιο 2 με εξαίρεση τη θέση 5, (BΔ).

B) Κλειστά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 19.

Πίνακας 19. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με κλειστά παράθυρα στο z1.

Πίνακας 19α					
UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	32,89a	32,72c	29,81e	20,00g	32,25h
Θερμοκ.2	15,18b	12,15d	12,23f	15,24g	7,59i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.155	<0.05
% Διαφορά	54	63	59	24	76

Πίνακας 19β					
Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	58,97a	59,06b	57,42d	50,28f	57,38h
Θερμοκ.2	60,44a	55,63c	60,32e	56,90g	50,34i
Sig.	0.088	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-2	6	-9	-13	12

Πίνακας 19γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	67,07a	66,99c	64,22e	59,00g	64,09i
Θερμοκ.2	68,79b	58,53d	68,21f	66,32h	59,24j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-3	13	-6	-12	8

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις, εκτός από τη θέση 4, (NA) γεγονός που προέκυψε και από την προηγούμενη σύγκριση όπου τα παράθυρα των θερμοκηπίων ήταν ανοικτά.
- ii. Στην περιοχή της μπλε παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις, εκτός από την θέση 1, (BA).
- iii. Στην περιοχή της PAR διαφορές παρατηρούνται για όλες τις θέσεις του θερμοκηπίου.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας στην περιοχή της UVA η περατότητα στο θερμοκήπιο 1 στον διαμήκη άξονα, (θέσεις 1,2,3), είναι περίπου 60% μεγαλύτερη σε σχέση με το θερμοκήπιο 2. Η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στην θέση 4 η οποία δεν είναι στατιστικώς σημαντική και η μεγαλύτερη στη θέση 5, (BΔ). Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος, το θερμοκήπιο 2 υπερέχει του θερμοκηπίου 1 στα άκρα του διαμήκη άξονα. Στην θέση 4, (NA), το θερμοκήπιο 2 υπερέχει σε ποσοστό περίπου 12%, ενώ στη θέση 5, (BΔ), υπερέχει το θερμοκήπιο 1 σε ποσοστό περίπου 10%.

1.2.2 Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 20.

Πίνακας 20. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με ανοικτά παράθυρα στο z2.

Πίνακας 20α						Πίνακας 20β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	33,86a	33,31c	29,40e	21,07g	35,56h	Θερμοκ.1	58,94a	57,54b	55,96c	52,92e	60,15g
Θερμοκ.2	12,38b	11,67d	11,64f	17,32g	8,06i	Θερμοκ.2	58,08a	58,57b	59,50d	60,32f	53,95h
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.305	<0.05	Sig.	0.247	0.183	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	63	65	60	18	77	% Διαφορά	1	-2	-6	-14	10

Πίνακας 20γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	66,57a	65,71c	69,31d	60,48f	65,47h
Θερμοκ.2	63,65b	64,76c	66,03e	68,19g	62,01i
Sig.	<0.05	0.177	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	4	1	5	-13	5

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις, εκτός από τη θέση 4, (NA).
- ii. Στην περιοχή της μπλε, δεν παρουσιάζονται διαφορές στο κέντρο του θερμοκηπίου καθώς και στη θέση 1, (BA).
- iii. Στην περιοχή της PAR, δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο κέντρο του θερμοκηπίου.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας, στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει αυξημένη περατότητα στον διαμήκη άξονα σε ποσοστό 60%. Η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στην θέση 4, (NA), και η μεγαλύτερη στην θέση 5, (BD). Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος στη θέση 4 υπερέχει το θερμοκήπιο 2 σε ποσοστό 14%, ενώ στη θέση 5 υπερέχει το θερμοκήπιο 1 σε ποσοστό 10% για την περιοχή του μπλε και 5% στην PAR. Για τις υπόλοιπες θέσεις που διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά, η διαφορά τους είναι περίπου 5%.

B) Κλειστά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 21.

Πίνακας 21. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με κλειστά παράθυρα στο z2.

Πίνακας 21α						Πίνακας 21β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	33,15a	30,68c	31,39e	18,09g	34,94h	Θερμοκ.1	57,61a	54,82c	53,69e	47,08g	60,04i
Θερμοκ.2	11,96b	10,99d	11,14f	14,21g	8,75i	Θερμοκ.2	60,06b	52,80d	59,71f	53,30h	58,60i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.224	<0.05	Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.107
% Διαφορά	64	64	65	21	75	% Διαφορά	-4	4	-11	-13	2

Πίνακας 21γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	64,33a	62,89c	59,78e	54,99g	67,22i
Θερμοκ.2	66,69b	61,07d	66,98f	62,33h	67,35i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.829
% Διαφορά	-4	3	-12	-13	0

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 4, (NA).
- ii. Στην περιοχή της μπλε, δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη θέση 5, (ΒΔ).
- iii. Στην περιοχή της PAR, όπως και στην περιοχή της μπλε, δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη θέση 5, (ΒΔ).

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των τιμών της περατότητας, στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει αυξημένη περατότητα σε σχέση με το θερμοκήπιο 2 για τον διαμήκη άξονα σε ποσοστό 60%. Στη θέση του δυτικού παραθύρου, (θέση 5), παρουσιάζεται διαφορά 75%, ενώ στην ανατολική θέση, (θέση 4), παρουσιάζεται η μικρότερη διαφορά, (21%). Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος η δυτική πλευρά δεν παρουσιάζει διαφορές ενώ στην ανατολική θέση το θερμοκήπιο 2 υπερέχει σε ποσοστό 13%. Στις υπόλοιπες θέσεις τα δύο θερμοκήπια παρουσιάζουν μικρές διαφορές με εξαίρεση την θέση 3, (ΝΔ), όπου το θερμοκήπιο 2 υπερέχει σε ποσοστό 11%.

1.2.3 Ποιότητα φωτός.

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές των παραγόντων που αφορούν το φυτόχρωμα, το κρυπτόχρωμα καθώς και τους παράγοντες φωτοσύνθεσης των φυτών, για τα θερμοκήπια 1 και 2.

Από τον πίνακα 22 παρατηρείται ότι στο ύψος της βάσης των παραθύρων για τα θερμοκήπια 1 και 2 η τιμή των παραμέτρων που μελετήθηκαν δεν παρουσιάζουν αξιόλογες μεταβολές. Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

$\zeta_i \approx 1.25$, $\zeta_i^* \approx 1.19$, $B:R_i \approx 0.88$, $B:FR_i \approx 1.05$, $P:T_i \approx 0.55$ και $P:N_i \approx 1.18$.

Στον πίνακα 24 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για το ύψος της κορυφής των παραθύρων, παρατηρείται ότι δεν εμφανίζονται αξιόλογες μεταβολές στις τιμές των παραμέτρων μεταξύ των δύο θερμοκηπίων. Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

$\zeta_i \approx 1.26$, $\zeta_i^* \approx 1.19$, $B:R_i \approx 0.88$, $B:FR_i \approx 1.05$, $P:T_i \approx 0.54$ και $P:N_i \approx 1.17$.

Στους πίνακες 23 και 25 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές των παραγόντων για τα δυο θερμοκήπια στο z1 και στο z2.

Πίνακας 22. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του στη σύγκριση μεταξύ των δυο θερμοκηπίων απουσία καλλιέργειας, στο ύψος της βάσης των παραθύρων. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red			Blue/far red			PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FR i	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Ανοικτά παράθυρα	Θερμοκήπιο 1	1	1,32	1,27	-4	1,26	1,21	-4	1,08	0,94	-13	1,37	1,14	-17	0,59	0,56	-6	1,43	1,25	-13
		2	1,32	1,26	-4	1,26	1,20	-6	1,08	0,90	-17	1,37	1,07	-22	0,59	0,55	-7	1,43	1,19	-16
		3	1,32	1,27	-3	1,26	1,22	-4	1,08	0,95	-12	1,37	1,16	-15	0,59	0,56	-5	1,43	1,27	-11
		4	1,32	1,25	-5	1,26	1,19	-6	1,08	0,85	-21	1,37	1,01	-26	0,59	0,54	-9	1,43	1,15	-20
		5	1,32	1,26	-4	1,26	1,18	-6	1,08	0,89	-18	1,37	1,05	-23	0,59	0,54	-8	1,43	1,18	-17
	Θερμοκήπιο 2	1	1,31	1,26	-3	1,27	1,20	-5	1,08	0,88	-18	1,37	1,06	-23	0,59	0,55	-7	1,45	1,21	-16
		2	1,31	1,26	-4	1,27	1,20	-6	1,08	0,90	-17	1,37	1,08	-21	0,59	0,55	-7	1,45	1,21	-16
		3	1,31	1,26	-4	1,27	1,20	-5	1,08	0,88	-19	1,37	1,05	-23	0,59	0,55	-8	1,45	1,20	-17
		4	1,31	1,25	-4	1,27	1,19	-6	1,08	0,87	-19	1,37	1,03	-25	0,59	0,54	-9	1,45	1,17	-19
		5	1,31	1,24	-5	1,27	1,18	-7	1,08	0,88	-18	1,37	1,04	-24	0,59	0,54	-9	1,45	1,17	-19
Κλειστά παράθυρα.	Θερμοκήπιο 1	1	1,31	1,24	-5	1,27	1,18	-7	1,08	0,87	-20	1,37	1,03	-25	0,59	0,54	-9	1,42	1,16	-18
		2	1,31	1,25	-5	1,27	1,19	-6	1,08	0,87	-19	1,37	1,03	-25	0,59	0,54	-9	1,42	1,15	-19
		3	1,31	1,25	-5	1,27	1,20	-5	1,08	0,88	-19	1,37	1,05	-23	0,59	0,62	6	1,42	1,20	-15
		4	1,31	1,24	-5	1,27	1,17	-8	1,08	0,83	-24	1,37	0,97	-30	0,59	0,53	-11	1,42	1,10	-23
		5	1,31	1,25	-5	1,27	1,20	-5	1,08	0,90	-17	1,37	1,08	-21	0,59	0,55	-7	1,42	1,20	-15
	Θερμοκήπιο 2	1	1,31	1,26	-4	1,27	1,20	-5	1,09	0,88	-19	1,38	1,05	-24	0,59	0,55	-8	1,43	1,19	-17
		2	1,31	1,26	-4	1,27	1,22	-4	1,09	0,90	-17	1,38	1,11	-19	0,59	0,56	-5	1,43	1,22	-15
		3	1,31	1,26	-3	1,27	1,21	-5	1,09	0,89	-19	1,38	1,07	-22	0,59	0,55	-7	1,43	1,20	-16
		4	1,31	1,23	-6	1,27	1,17	-8	1,09	0,84	-23	1,38	0,99	-28	0,59	0,53	-10	1,43	1,13	-21
		5	1,31	1,24	-5	1,27	1,17	-7	1,09	0,83	-24	1,38	0,98	-29	0,59	0,53	-10	1,43	1,12	-21

Πίνακας 23. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για τα δύο θερμοκήπια. απουσία καλλιέργειας στο z1.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Ανοικτά	Θερμ 1	1,25	1,27	1,18	1,22	0,85	0,95	1,01	1,16	0,54	0,56	1,15	1,27
	Θερμ 2	1,24	1,26	1,18	1,2	0,87	0,9	1,03	1,08	0,54	0,55	1,17	1,21
Κλειστά	Θερμ 1	1,24	1,25	1,17	1,2	0,83	0,9	0,97	1,08	0,53	0,62	1,1	1,2
	Θερμ 2	1,23	1,26	1,17	1,22	0,83	0,9	0,98	1,11	0,53	0,56	1,12	1,22

Πίνακας 24. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του στη σύγκριση μεταξύ των δυο θερμοκηπίων απουσία καλλιέργειας, στο ύψος της κορυφής των παραθύρων. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red			Blue/far red			PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FR i	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Ανοικτά παράθυρα	Θερμοκήπιο 1	1	1,31	1,24	-5	1,27	1,19	-6	1,09	0,89	-19	1,38	1,05	-24	0,59	0,54	-8	1,42	1,16	-18
		2	1,31	1,25	-4	1,27	1,19	-6	1,09	0,87	-20	1,38	1,03	-26	0,59	0,54	-9	1,42	1,15	-19
		3	1,31	1,25	-4	1,27	1,20	-5	1,09	0,88	-19	1,38	1,04	-25	0,59	0,55	-7	1,42	1,20	-15
		4	1,31	1,24	-5	1,27	1,17	-7	1,09	0,87	-20	1,38	1,02	-26	0,59	0,53	-9	1,42	1,14	-20
		5	1,31	1,27	-3	1,27	1,21	-5	1,09	0,94	-13	1,38	1,14	-17	0,59	0,55	-6	1,42	1,24	-13
	Θερμοκήπιο 2	1	1,31	1,27	-3	1,26	1,21	-4	1,09	0,94	-14	1,37	1,13	-17	0,59	0,56	-5	1,41	1,24	-12
		2	1,31	1,27	-3	1,26	1,22	-3	1,09	0,92	-15	1,37	1,12	-18	0,59	0,55	-6	1,41	1,24	-12
		3	1,31	1,27	-3	1,26	1,21	-4	1,09	0,91	-16	1,37	1,11	-19	0,59	0,55	-6	1,41	1,22	-14
		4	1,31	1,25	-5	1,26	1,19	-6	1,09	0,89	-18	1,37	1,05	-23	0,59	0,54	-8	1,41	1,18	-17
		5	1,31	1,25	-5	1,26	1,18	-7	1,09	0,86	-21	1,37	1,01	-26	0,59	0,53	-9	1,41	1,14	-19
Κλειστά παράθυρα.	Θερμοκήπιο 1	1	1,33	1,25	-6	1,27	1,18	-7	1,07	0,89	-17	1,36	1,05	-23	0,59	0,54	-9	1,41	1,15	-19
		2	1,33	1,27	-5	1,27	1,17	-8	1,07	0,85	-21	1,36	0,99	-27	0,59	0,53	-10	1,41	1,11	-21
		3	1,33	1,26	-5	1,27	1,18	-7	1,07	0,88	-18	1,36	1,09	-20	0,59	0,54	-8	1,41	1,17	-18
		4	1,33	1,26	-5	1,27	1,18	-7	1,07	0,83	-23	1,36	0,98	-28	0,59	0,53	-10	1,41	1,12	-21
		5	1,33	1,25	-6	1,27	1,19	-7	1,07	0,88	-17	1,36	1,05	-23	0,59	0,54	-8	1,41	1,17	-17
	Θερμοκήπιο 2	1	1,30	1,26	-3	1,25	1,19	-5	1,09	0,91	-16	1,36	1,09	-20	0,58	0,55	-7	1,39	1,19	-15
		2	1,30	1,27	-2	1,25	1,17	-6	1,09	0,85	-22	1,36	0,99	-27	0,58	0,53	-10	1,39	1,11	-20
		3	1,30	1,26	-3	1,25	1,19	-5	1,09	0,90	-17	1,36	1,07	-22	0,58	0,54	-7	1,39	1,18	-15
		4	1,30	1,26	-3	1,25	1,19	-5	1,09	0,84	-23	1,36	0,99	-27	0,58	0,53	-9	1,39	1,13	-19
		5	1,30	1,25	-4	1,25	1,18	-6	1,09	0,86	-21	1,36	1,01	-26	0,58	0,53	-8	1,39	1,14	-18

Πίνακας 25. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για τα δύο θερμοκήπια. απουσία καλλιέργειας στο z2.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Ανοικτά	Θερμ 1	1,24	1,27	1,17	1,21	0,87	0,94	1,02	1,14	0,53	0,55	1,14	1,24
	Θερμ 2	1,25	1,27	1,18	1,22	0,86	0,94	1,01	1,13	0,53	0,56	1,14	1,24
Κλειστά	Θερμ 1	1,25	1,27	1,17	1,19	0,83	0,89	0,98	1,09	0,53	0,54	1,11	1,17
	Θερμ 2	1,25	1,27	1,17	1,19	0,84	0,91	0,99	1,09	0,53	0,55	1,11	1,19

1.3. Σύγκριση της περατότητας στον διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα σε κάθε ένα από τα θερμοκήπια.

Για τη σύγκριση της περατότητας στον διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα των δύο θερμοκηπίων υπολογίστηκε ο μέσος όρος της περατότητας για κάθε θέση, από τις δύο σειρές μετρήσεων που αναλύθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους (**i.** Σύγκριση της περατότητας των θερμοκηπίων μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα, και **ii.** Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων).

1.3.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).

A) Ανοικτά παράθυρα.

i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 26 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο επίπεδο z1, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 26. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

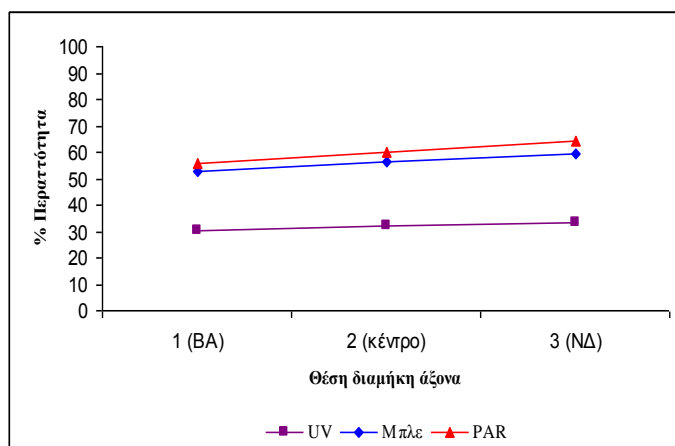
	Θέσεις	UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		Θέσεις	UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	30,15a	52,84d	56,04i	Εγκάρσιος άξονας	4	27,75b	54,90g	62,49l
	2	31,94a	56,16e	60,12j		2	31,94b	56,16g	60,12m
	3	33,05a	59,27f	64,32k		5	38,01c	59,25h	66,19n
	Sig.	0.525	<0.05	<0.05		Sig.	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	-6	-6	-7	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	-15	-2	4
	1-3	-10	-12	-15		4-5	-37	-8	-6
	2-3	-3	-6	-7		2-5	-19	-6	-10

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

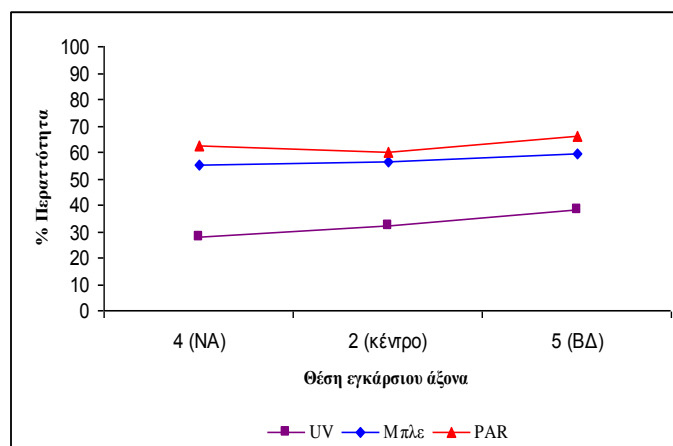
- i. Στην περιοχή της UVA για τον διαμήκη άξονα του θερμοκηπίου δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων, ενώ η περατότητα κυμαίνεται γύρω στο 30%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2.
- ii. Στην περιοχή της μπλε για τον διαμήκη άξονα βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των θέσεων του. Για τον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων και του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

Στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στην περατότητα μεταξύ των θέσεων. Οι διαφορές ήταν μέχρι 15%. Στον εγκάρσιο άξονα διαφορές βρέθηκαν κυρίως στην περιοχή της UVA, (μέχρι 37%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση. Στην περιοχή της μπλε και της PAR οι διαφορές ήταν πολύ μικρότερες.

Στο γράφημα 11 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 11α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 11β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 11. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 27 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο επίπεδο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 27. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

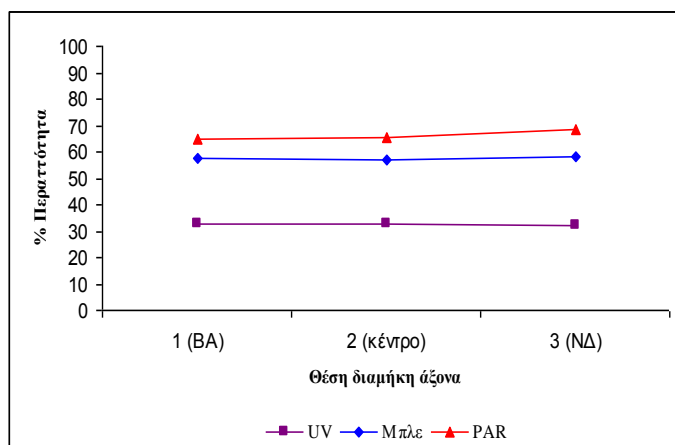
Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	32,61a	57,28d	64,60i	Εγκάρσιος άξονας	4	20,16b	50,69f	57,95k
	2	32,88a	57,26d	65,38i		2	32,88c	57,26g	65,38l
	3	32,34a	58,21e	68,65j		5	36,88c	62,92h	69,24m
	Sig.	0,975	<0,05	<0,05		Sig.	<0,05	<0,05	<0,05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	-1	0	-1	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	-63	-13	-13
	1-3	1	-2	-6		4-5	-83	-24	-19
	2-3	2	-2	-5		2-5	-12	-10	-6

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

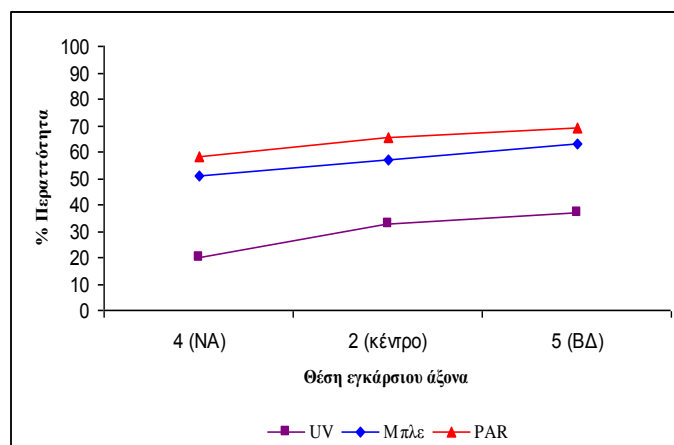
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα, ενώ η περατότητα είναι περίπου 33%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, για τον διαμήκη άξονα, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 2, ενώ η περατότητα είναι περίπου 57%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων.
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 12 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 12α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 12β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 12. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ζ2.

B) Κλειστά παράθυρα.**i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).**

Στον πίνακα 28 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο επίπεδο z1, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 28. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

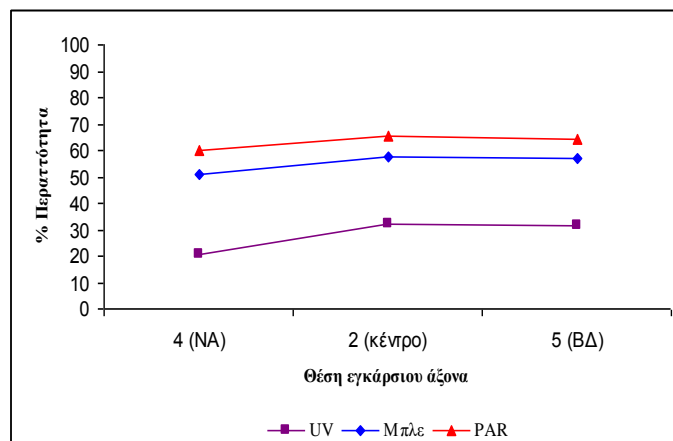
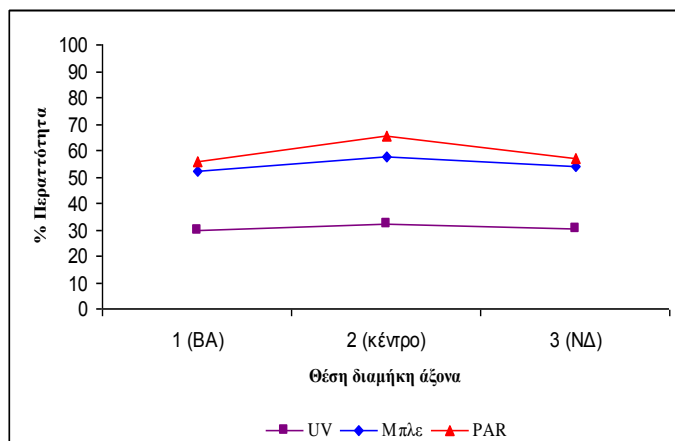
<i>Θέσεις</i>		<i>UVA (340- 400nm)</i>	<i>Μπλε (400- 500nm)</i>	<i>PAR (400- 700nm)</i>	<i>Θέσεις</i>		<i>UVA (340- 400nm)</i>	<i>Μπλε (400- 500nm)</i>	<i>PAR (400- 700nm)</i>
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	29,47a	51,91d	55,64i	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	20,32b	51,07g	59,94l
	<i>2</i>	32,27a	57,76e	65,43j		<i>2</i>	32,27c	57,76h	65,43m
	<i>3</i>	30,36a	53,97f	57,12k		<i>5</i>	31,65c	56,80h	64,06m
	<i>Sig.</i>	0.525	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	-10	-11	-18	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	-59	-13	-9
	<i>1-3</i>	-3	-4	-3		<i>4-5</i>	-56	-11	-7
	<i>2-3</i>	6	7	13		<i>2-5</i>	2	2	2

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι περίπου 30%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στον διαμήκη άξονα, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα με την περατότητα να παίρνει μέγιστες τιμές στο κέντρο του θερμοκηπίου. Στον εγκάρσιο άξονα δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.
- iii. Στην περιοχή της PAR στο διαμήκη άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα, Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 59%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 13 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 13α Διαμήκης άξονας

Γράφημα 13β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 13. Κατανομή της περαιτότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 29 παρουσιάζονται οι τιμές της περαιτότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο επίπεδο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 29. Σύγκριση μέσων όρων περαιτότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	31,41a	54,70e	61,87k	Εγκάρσιος άξονας	4	18,26b	47,56h	55,70n
	2	29,59a	51,23f	55,32l		2	29,59c	51,23i	55,32n
	3	32,98a	57,32g	64,20m		5	35,69d	61,58j	68,73o
	Sig.	0.364	<0.05	<0.05		Sig.	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	6	6	11	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	-62	-8	1
	1-3	-5	-5	-4		4-5	-95	-29	-23
	2-3	-11	-12	-16		2-5	-21	-20	-24

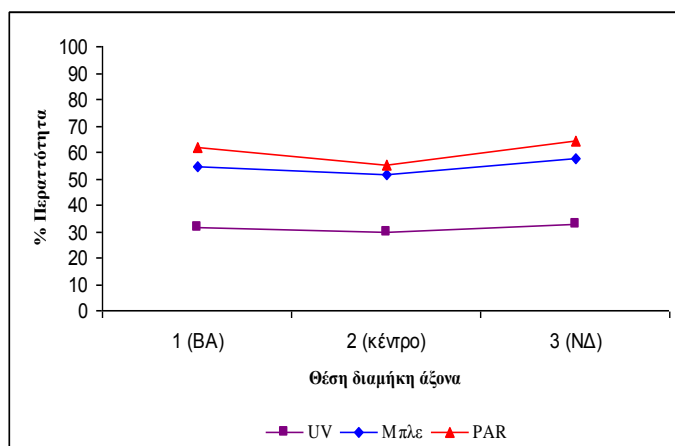
Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- Στην περιοχή της UVA, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα, ενώ η περαιτότητα είναι περίπου 30%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων.
- Στην περιοχή της μπλε, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

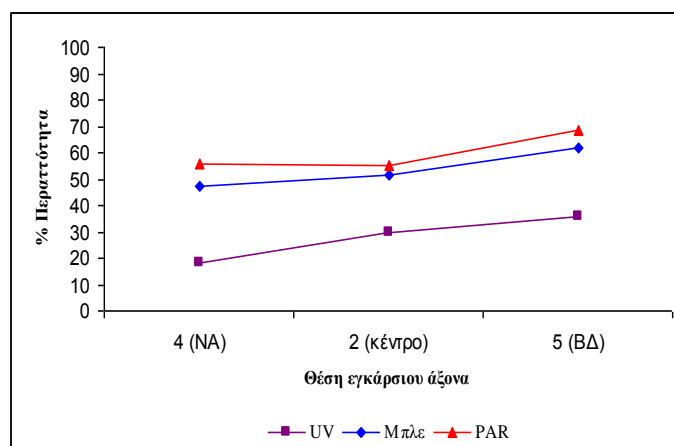
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των σημείων του διαμήκη άξονα, ενώ για τον εγκάρσιο δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 95%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση του άξονα.

Στο γράφημα 14 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 14α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 14β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 14. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

1.3.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

A) Ανοικτά παράθυρα.

i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 30 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο επίπεδο z1, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 30. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

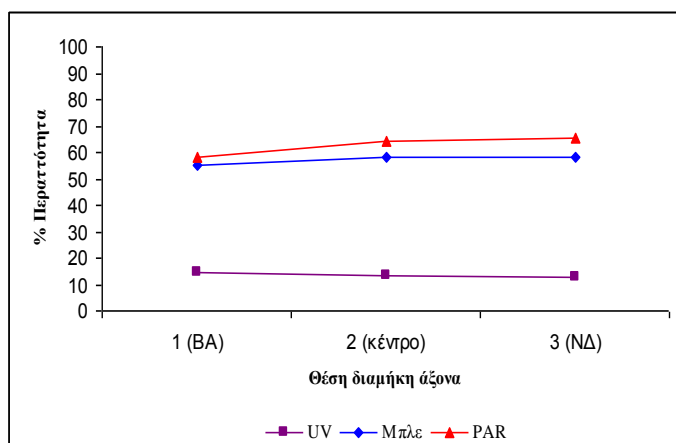
Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	14,34a	54,86d	58,09h	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	22,72b	57,84f	65,50j
	<i>2</i>	13,11a	58,14e	64,23i		<i>2</i>	13,11c	58,14f	64,23j
	<i>3</i>	12,59a	58,14e	65,22i		<i>5</i>	14,80c	51,82g	59,27k
	<i>Sig.</i>	0.855	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	9	-6	-11	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	42	-1	2
	<i>1-3</i>	12	-6	-12		<i>4-5</i>	35	10	10
	<i>2-3</i>	4	0	-2		<i>2-5</i>	-13	11	8

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

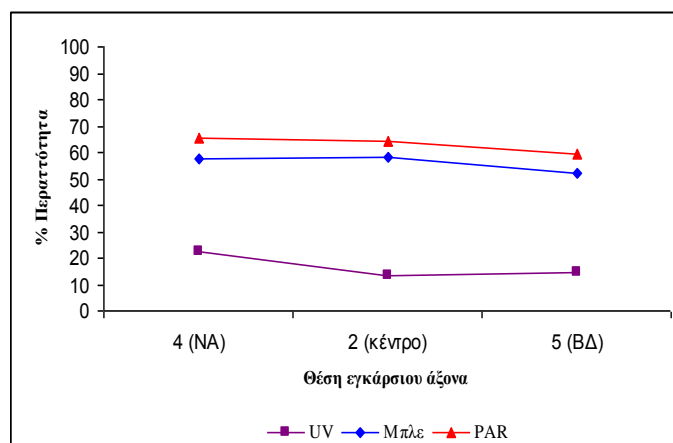
- i. Στην περιοχή της UVA στον διαμήκη άξονα δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων, ενώ η περατότητα είναι περίπου 13%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των σημείων 2 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στον διαμήκη άξονα, δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2.
- iii. Στην περιοχή της PAR, στον διαμήκη άξονα, δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3. Στον εγκάρσιο άξονα παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 42%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση του άξονα (αντίθετα με ότι είχε βρεθεί για το θερμοκήπιο 1).

Στο γράφημα 15 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 15α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 15β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 15. Κατανομή της περαιτότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2 στην περιοχή της UVA, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 31 παρουσιάζονται οι τιμές της περαιτότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο επίπεδο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 31. Σύγκριση μέσων όρων περαιτότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	12,81a	59,34d	66,05i	Εγκάρσιος άξονας	4	19,13b	64,77f	72,70k
	2	11,73a	59,12d	65,81i		2	11,73bc	59,12g	65,81l
	3	11,04a	56,21e	60,41j		5	8,08c	53,28h	61,71m
	Sig.	0.855	<0.05	<0.05		Sig.	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	8	0	0	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	39	9	9
	1-3	14	5	9		4-5	58	18	15
	2-3	6	5	8		2-5	31	10	6

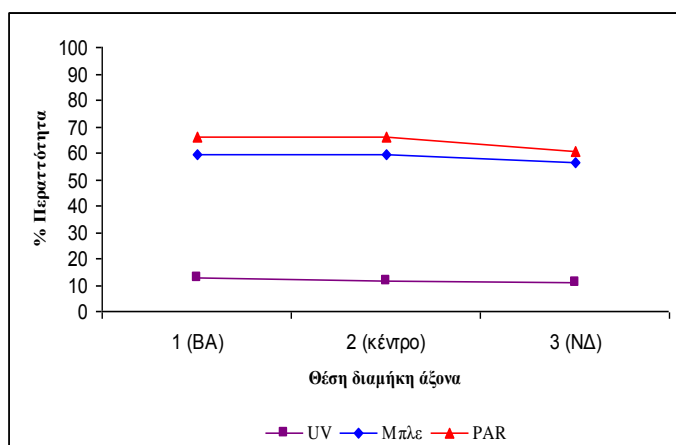
Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- Στην περιοχή της UVA, δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περαιτότητα είναι περίπου 12%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2, καθώς και μεταξύ των θέσεων 2 και 5. Η μικρότερη τιμή παρουσιάζεται στη θέση 5 (ΒΔ).

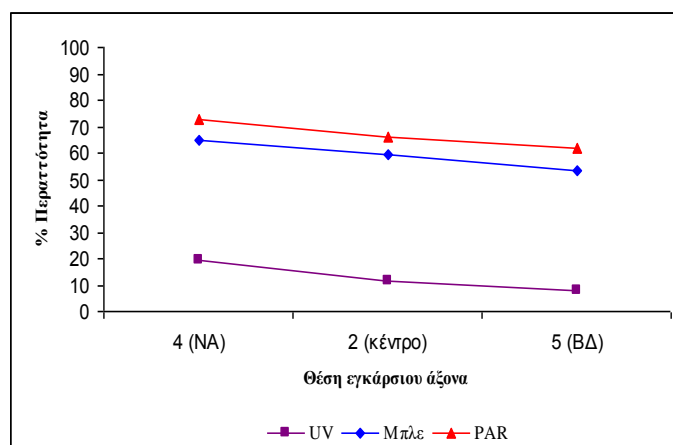
- ii. Στην περιοχή της μπλε, δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 2 του διαμήκη άξονα, ενώ στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.
- iii. Στην περιοχή της PAR, δεν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 2 του διαμήκη άξονα, ενώ στον εγκάρσιο άξονα παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 58%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση του άξονα.

Στο γράφημα 16 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 16α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 16β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 16. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

B) Κλειστά παράθυρα.**i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).**

Στον πίνακα 32 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο επίπεδο z1, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 32. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

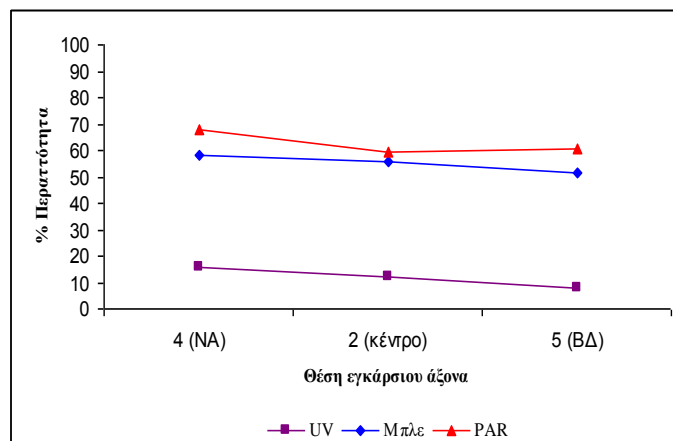
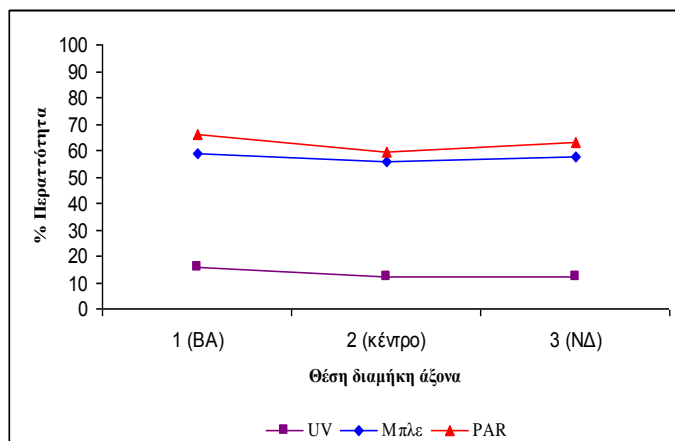
Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	15,66a	58,60d	66,18i	Εγκάρσιος άξονας	4	15,60b	58,28f	67,82l
	2	12,25a	55,87e	59,40j		2	12,25bc	55,87g	59,40m
	3	12,06a	57,34de	63,02k		5	7,87c	51,50h	60,70m
	Sig.	0.536	<0.05	<0.05		Sig.	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	22	5	10	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	21	4	12
	1-3	23	2	5		4-5	50	12	10
	2-3	2	-3	-6		2-5	36	8	-2

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι περίπου 13%. Στον εγκάρσιο άξονα παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 2 του διαμήκη άξονα. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων του.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα, ενώ στον εγκάρσιο δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 50%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 17 τα παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 17α Διαμήκης άξονας

Γράφημα 17β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 17. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 33 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο επίπεδο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των θέσεων του κάθε άξονα.

Πίνακας 33. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UVA (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	11,85a	58,59d	65,02h	Εγκάρσιος άξονας	4	16,13b	56,98f	65,18j
	2	10,99a	54,35e	61,42i		2	10,99bc	54,35g	61,42k
	3	10,83a	57,41d	64,31h		5	8,44c	55,92fg	64,15j
	Sig.	0,957	<0,05	<0,05		Sig.	<0,05	<0,05	<0,05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	7	7	6	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	32	5	6
	1-3	9	2	1		4-5	48	2	2
	2-3	1	-6	-5		2-5	23	-3	-4

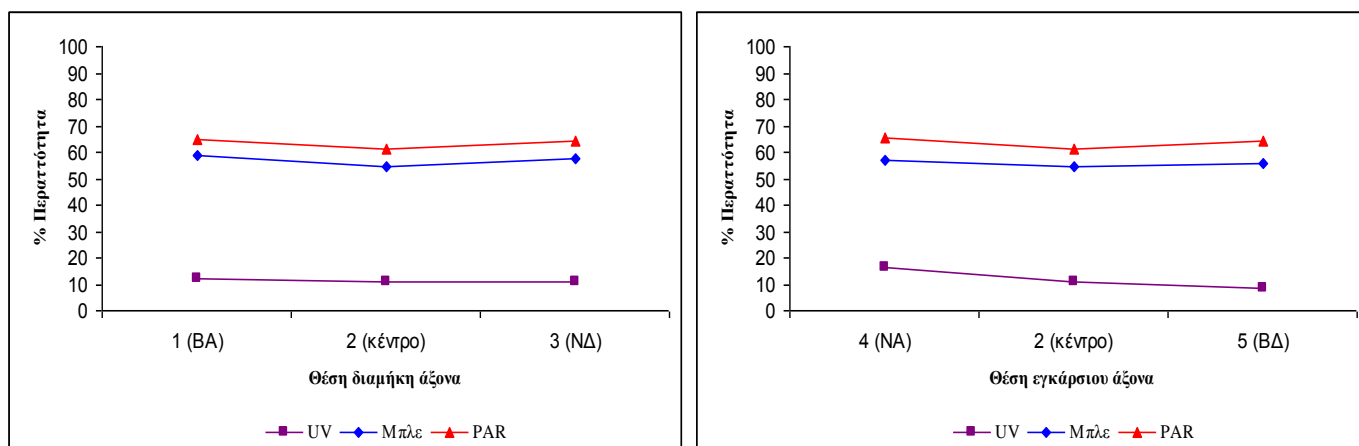
Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα ενώ η περατότητα είναι περίπου 11%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στον διαμήκη άξονα, δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 3. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 2.

- iii. Στην περιοχή της PAR, δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 1 και 3 του διαμήκη άξονα, και μεταξύ των θέσεων 4 και 5 του εγκάρσιου άξονα.

Στον διαμήκη άξονα για όλες τις περιοχές του φάσματος δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 48%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 26 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων



Γράφημα 18α Διαμήκης άξονας

Γράφημα 18β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 18. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2 στην περιοχή της UVA, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ζ2.

1.4. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των αντίστοιχων θέσεων του επιπέδου της βάσης των παραθύρων και του επιπέδου της κορυφής των παραθύρων.

Για τη σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων (z1 και z2) χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της περατότητας της παραγράφου 1.3.

1.4.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Στον πίνακα 34 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων.

Πίνακας 34. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά.

Πίνακας 34α

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	30,15a	31,94b	33,05c	27,75d	38,01f
z2	32,61a	32,88b	32,34c	20,16e	36,88f
Sig.	0.309	0.704	0.785	<0.05	0.624
% Διαφορά	8	3	-2	-38	-3

Πίνακας 34β

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	52,84a	56,16c	59,27d	54,90f	59,25f
z2	57,28b	57,26c	58,21e	50,69g	62,92i
Sig.	<0.05	0.091	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	8	2	-2	-8	6

Πίνακας 34γ

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	56,04a	60,12c	64,32e	62,49g	66,19i
z2	64,60b	65,38d	68,65f	57,95h	69,24j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	13	8	6	-8	4

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο για την θέση 4, δηλαδή τη θέση του ανατολικού παραθύρου, με τις τιμές της περατότητας, για τη θέση αυτή, να εμφανίζονται μικρότερες στο z2..
- Στην περιοχή της μπλε, διαφορές παρουσιάζονται για όλες τις θέσεις εκτός από το κέντρο του θερμοκηπίου.
- Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς διαφορές για όλες τις θέσεις.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων, παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται στην περιοχή της UVA στη θέση δίπλα στο ανατολικό

παράθυρο όπου το z2 έχει μειωμένη περατότητα κατά 38%. Στις υπόλοιπες θέσεις και περιοχές του φάσματος οι διαφορές είναι μικρές, και φτάνουν σε ποσοστό περίπου 10%.

Β) Κλειστά παράθυρα.

Στον πίνακα 35 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων.

Πίνακας 35. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά.

Πίνακας 35α

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	29,47a	32,27b	30,36c	20,32d	31,65e
z2	31,41a	29,59b	32,98c	18,26d	35,69e
Sig.	0,407	0,272	0,307	0,504	0,144
% Διαφορά	6	-9	8	-11	11

Πίνακας 35β

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	51,91a	57,76c	53,97e	51,07g	56,80i
z2	54,70b	51,23d	57,32f	47,56h	61,58j
Sig.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
% Διαφορά	5	-13	6	-7	8

Πίνακας 35γ

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	55,64a	65,43c	57,12e	59,94g	64,06i
z2	61,87b	55,32d	64,20f	55,70h	68,73j
Sig.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
% Διαφορά	13	8	6	-8	4

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πέντε θέσεων.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.

Όσον αφορά την % διαφορά, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά, δεν παρουσιάζονται αξιολογες μεταβολές μεταξύ των δύο επιπέδων και κυμαίνονται για όλες τις περιοχές του φάσματος σε ποσοστό περίπου 5-10%

1.4.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Στον πίνακα 36 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων.

Πίνακας 36. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά.

Πίνακας 36α

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	14.34a	13.11b	12.59c	22.72d	14.80e
z2	12.81a	11.73b	11.04c	19.13d	8.08f
Sig.	0.676	0.714	0.677	0.331	<0.05
% Διαφορά	-12	-12	-14	-19	-83

Πίνακας 36β

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	54.86a	58.14c	58.14d	57.84f	51.82h
z2	59.34b	59.12c	56.21e	64.77g	53.28h
Sig.	<0.05	0.225	<0.05	<0.05	0.105
% Διαφορά	8	2	-3	11	3

Πίνακας 36γ

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	58.09a	64.23c	65.22e	65.50g	59.27i
z2	66.05b	65.81d	60.41f	72.70h	61.71j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	12	2	-8	10	4

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο στη θέση 5 (ΒΔ).
- Στην περιοχή της μπλε, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις εκτός από το κέντρο του θερμοκηπίου.
- Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων, η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη θέση δίπλα στο δυτικό παράθυρο (θέση 5) όπου το z2 εμφανίζει μειωμένη περατότητα κατά 83%. Στις υπόλοιπες θέσεις και περιοχές του φάσματος η διαφορά φτάνει σε ποσοστό περίπου 10%.

B) Κλειστά παράθυρα.

Στον πίνακα 37 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων.

Πίνακας 37. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά.

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	15.66a	12.25b	12.06c	15.60d	7.87e
z2	11.85a	10.99b	10.83c	16.13d	8.44e
Sig.	0.297	0.730	0.741	0.844	0.856
% Διαφορά	-32	-11	-11	7	7

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	58.60a	55.87b	57.34d	58.28e	51.50f
z2	58.59a	54.35c	57.41d	56.98e	55.92g
Sig.	0.988	<0.05	0.930	0.158	<0.05
% Διαφορά	0	-3	0	-2	8

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	66.18a	59.40b	63.02d	67.82f	60.70g
z2	65.02a	61.42c	64.31e	65.18g	64.15h
Sig.	0.091	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-2	3	2	-4	5

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρουσιάζονται στατιστικές διαφορές σε κάποια από τις πέντε θέσεις.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, δεν παρουσιάζονται διαφορές για τις θέσεις 1 (BA), 3 (NΔ), και 4 (NA).
- iii. Στην περιοχή της PAR, δεν παρουσιάζονται διαφορές στη θέση 1 (BA).

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων, η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη θέση 1 όπου το z2 εμφανίζει μειωμένη περατότητα κατά 32% χωρίς όμως η διαφορά αυτή να κριθεί στατιστικώς σημαντική. Γενικά η διαφορά στην περατότητα μεταξύ των δύο επιπέδων για όλες τις περιοχές του φάσματος φτάνει περίπου το 10%

2. Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, με την παρουσία καλλιέργειας.

2.1. Σύγκριση της περατότητας των θερμοκηπίων μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα.

Η περατότητα για αυτή τη σειρά των μετρήσεων προέκυψε από το μέσο όρο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 5, 6, 7 και 8.7.2004.

2.1.1 Θερμοκήπιο 1 (Μάρτυρας).

Έγιναν μετρήσεις της περατότητας με ανοικτά και κλειστά παράθυρα, στο ύψος της βάσης των παραθύρων (**z1**), και στο ύψος της κορυφής των παραθύρων (**z2**).

A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 38 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος (περιοχή της UVA, περιοχή της μπλε και περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας για τη διερεύνηση τυχόν διαφορών καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων, (ανοικτά-κλειστά παράθυρα), για τις αντίστοιχες θέσεις.

Πίνακας 38. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 1 στο z1.

Πίνακας 38α						Πίνακας 38β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	25,98a	27,27b	26,36c	14,84d	27,01f	Κλειστά παράθυρα	45,61a	47,03b	45,33d	40,25f	48,56g
Ανοικτά παράθυρα	26,41a	29,44b	29,26c	21,23e	32,88g	Ανοικτά παράθυρα	46,58a	51,77c	52,14e	40,69f	49,35g
Sig.	0,816	0,270	0,155	<0,05	<0,05	Sig.	0,163	<0,05	<0,05	0,578	0,306
% Διαφορά	2	7	10	30	18	% Διαφορά	2	9	13	1	2

Πίνακας 38γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	52,33a	52,34c	48,09e	50,47g	57,97h
Ανοικτά παράθυρα	55,56b	61,07d	61,81f	49,77g	57,54h
Sig.	<0,05	<0,05	<0,05	0,453	0,613
% Διαφορά	6	14	22	-1	-1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, οι θέσεις που επηρεάζονται από το άνοιγμα των παραθύρων, παρουσιάζοντας στατιστικώς σημαντικές διαφορές είναι αυτές δίπλα στα παράθυρα του θερμοκηπίου, (θέσεις 4 και 5), με την περατότητα να αυξάνεται όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά σε σχέση με την κατάσταση όπου ήταν κλειστά. Μικρότερες τιμές παρουσιάζει η ανατολική πλευρά του θερμοκηπίου, (θέση 4), και υψηλότερες η δυτική, (θέση 5). Υπενθυμίζεται ότι η κατανομή αυτή παρουσιάζεται και στη σειρά εκείνη των μετρήσεων χωρίς την παρουσία καλλιέργειας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και πιθανόν οφείλεται στην επιρροή από το γειτονικό θερμοκήπιο.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται για τις θέσεις 2 (κέντρο) και 3 (ΝΔ).
- iii. Στην περιοχή της PAR, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στις θέσεις 1,2 και 3. Όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά η περατότητα είναι υψηλότερη σε σχέση με την κατάσταση όπου τα παράθυρα είναι κλειστά.

Συνολικά παρατηρείται ότι η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας επηρεάζει τις θέσεις δίπλα στα παράθυρα, (θέσεις 4 και 5), στην περιοχή της UVA αλλά όχι στην περιοχή της μπλε και της PAR. Οι υπόλοιπες θέσεις, (1,2,3), του θερμοκηπίου επηρεάζονται στην περιοχή της μπλε και της PAR αλλά όχι στην περιοχή της UVA.

Όσον αφορά την % διαφορά στην περατότητα παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζονται στην περιοχή της UVA στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα, με ποσοστά 30% για τη θέση 4 και 18% για τη θέση 5. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, η θέση 3 είναι αυτή που επηρεάζεται περισσότερο από την είσοδο της ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων.

B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 39 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος (περιοχή της UVA, περιοχή της μπλε και περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας για τη διερεύνηση τυχόν διαφορών καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων, (ανοικτά-κλειστά παράθυρα), για τις αντίστοιχες θέσεις.

Πίνακας 39. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 1 στο z2.

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	29,69a	33,00b	29,52c	21,16d	36,11e
Ανοικτά παράθυρα	32,33a	33,90b	34,53c	21,68d	35,64e
Sig.	0.271	0.722	0.054	0.822	0.849
% Διαφορά	8	3	15	2	-1

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	50,01a	57,36c	50,58e	53,95g	61,17h
Ανοικτά παράθυρα	56,31b	59,79d	61,43f	55,31g	61,13h
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.126	0.961
% Διαφορά	11	4	18	2	0

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	51,01a	64,57c	51,12e	62,26g	68,84i
Ανοικτά παράθυρα	63,70b	67,65d	69,50f	64,14h	69,73i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.255
% Διαφορά	20	5	26	3	1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για κάποια από τις πέντε θέσεις μεταξύ των δύο καταστάσεων (ανοικτά-κλειστά παράθυρα)
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται για τις θέσεις 1,2 και 3. Με τα παράθυρα του θερμοκηπίου ανοικτά, η περατότητα παρουσιάζεται αυξημένη.
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 5 (ΒΔ) που δεν επηρεάζεται από το άνοιγμα των παραθύρων. Με τα παράθυρα του θερμοκηπίου ανοικτά η περατότητα παρουσιάζεται υψηλότερη.

Στο ύψος της κορυφής των παραθύρων, η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων, δεν επηρεάζει τις τιμές της περατότητας στην UVA. Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος οι θέσεις που δεν επηρεάζονται είναι αυτές δίπλα στα παράθυρα.

Όσον αφορά την % διαφορά στην περατότητα, για όλες τις περιοχές του φάσματος η θέση που επηρεάζεται περισσότερο από την είσοδο της ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων είναι η θέση 3, (15% για την UVA, 18% για τη μπλε και 26% για την PAR) και ακολουθεί η θέση 1. Οι θέσεις αυτές βρίσκονται στα άκρα του διαμήκη άξονα, στο z2 και επηρεάζονται λιγότερο από τη σκίαση της καλλιέργειας.

2.1.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

Έγιναν μετρήσεις της περατότητας με ανοικτά και κλειστά παράθυρα, στο ύψος της βάσης των παραθύρων (z1), και ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

A) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 40 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος (περιοχή της UVA, περιοχή της μπλε και περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας για τη διερεύνηση τυχόν διαφορών καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων, (ανοικτά-κλειστά παράθυρα), για τις αντίστοιχες θέσεις.

Πίνακας 40. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 2 στο z1.

Πίνακας 40α						Πίνακας 40β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	9,63a	8,67b	8,92c	9,96d	5,59f	Κλειστά παράθυρα	49,80a	47,98c	48,10d	38,62e	39,81g
Ανοικτά παράθυρα	9,23a	8,57b	8,97c	18,45e	17,33g	Ανοικτά παράθυρα	47,30b	46,82c	48,60d	40,81f	44,31h
Sig.	0.895	0.974	0.988	<0.05	<0.05	Sig.	<0.05	0.176	0.550	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-4	-1	1	46	68	% Διαφορά	-5	-2	1	5	10

Πίνακας 40γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	59,04a	57,29c	56,06e	47,83f	49,81g
Ανοικτά παράθυρα	56,19b	55,54d	57,47e	48,82f	52,26h
Sig.	<0.05	<0.05	0.082	0.232	<0.05
% Διαφορά	-5	-3	2	2	5

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα του θερμοκηπίου, (θέσεις 4 και 5). Η περατότητα εμφανίζεται υψηλότερη στην ανατολική σε σχέση με τη δυτική πλευρά του θερμοκηπίου.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στατιστικώς σημαντικές διαφορές εμφανίζονται στις θέσεις 1, 4 και 5, με τη μεγαλύτερη αύξηση στη θέση 5 (ΒΔ). Υψηλότερες τιμές παρουσιάζουν

τα άκρα του διαμήκη άξονα, (θέσεις 1 και 3), είτε τα παράθυρα είναι ανοικτά είτε κλειστά.

- iii. Στην περιοχή της PAR στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στις θέσεις 1, 2 και 5. Όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά η περατότητα εμφανίζεται μειωμένη στις θέσεις 1 και 2, και αυξημένη στη θέση 5.

Συνολικά παρατηρείται ότι στο θερμοκήπιο 2, στο ύψος της βάσης των παραθύρων η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας, στην περιοχή της UVA επηρεάζει μόνο τις θέσεις δίπλα στα παράθυρα του θερμοκηπίου. Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος η νότια θέση είναι αυτή που δεν επηρεάζεται από την εξωτερική ακτινοβολία. Επίσης με το άνοιγμα των παραθύρων οι τιμές της περατότητας αυξάνονται για τις θέσεις δίπλα στα παράθυρα, ενώ μειώνονται στις υπόλοιπες θέσεις.

Όσον αφορά την % διαφορά στην περατότητα παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζονται στην περιοχή της UVA στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα, με ποσοστά 46% για τη θέση 4 και 68% για τη θέση 5. Για τις υπόλοιπες περιοχές του φάσματος οι διαφορές είναι μικρές και για τις περισσότερες θέσεις είναι μέχρι 5%.

B) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 41 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας σε τρεις περιοχές του φάσματος (περιοχή της UVA, περιοχή της μπλε και περιοχή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας PAR), η σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της περατότητας για τη διερεύνηση τυχόν διαφορών καθώς και οι % διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων, (ανοικτά-κλειστά παράθυρα), για τις αντίστοιχες θέσεις.

Πίνακας 41. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας για ανοικτά-κλειστά παράθυρα στο θερμοκήπιο 2 στο z2.

Πίνακας 41α						Πίνακας 41β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	12,62a	11,14b	10,97c	11,79d	8,97e	Κλειστά παράθυρα	63,09a	60,26c	55,81e	45,69g	60,71i
Ανοικτά παράθυρα	11,81a	10,43b	10,95c	13,93d	8,36e	Ανοικτά παράθυρα	58,24b	56,52d	58,77f	52,51h	56,66j
Sig.	0.836	0.850	0.997	0.501	0.858	Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-7	-7	0	15	-7	% Διαφορά	-8	-7	5	13	-7

Πίνακας 41γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Κλειστά παράθυρα	71,79a	68,07c	55,78e	52,89g	69,26i
Ανοικτά παράθυρα	65,64b	64,00d	65,54f	60,46h	64,26j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-9	-6	15	13	-8

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο καταστάσεων (ανοικτά κλειστά παράθυρα), σε κάποια από τις πέντε θέσεις.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται για όλες τις θέσεις.
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.

Συνολικά στο θερμοκήπιο 2 στο ύψος της κορυφής των παραθύρων, η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας δεν επηρεάζει την περατότητα στο φάσμα της UVA.

Όσον αφορά την % διαφορά στην περατότητα παρατηρείται ότι οι διαφορές για τις περισσότερες θέσεις είναι περίπου 10%, με εξαίρεση τις θέσεις 3 και 4 που φτάνουν το 15%.

2.1.3 Ποιότητα φωτός.

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές των παραγόντων που αφορούν το φυτόχρωμα, το κρυπτόχρωμα καθώς και τους παράγοντες φωτοσύνθεσης των φυτών, για τα θερμοκήπια 1 και 2.

Στον πίνακα 44 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά ή κλειστά καθώς και στα δύο επίπεδα z1 και z2. Στον πίνακα 45 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων z1 και z2 για τις παραμέτρους που μελετήθηκαν είναι μεγαλύτερες για τους λόγους μπλε προς υπέρυθρο, B:FR και PAR προς κοντινό υπέρυθρο, PAR:NIR. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης της μπλε και της PAR σε σχέση με το υπέρυθρο και κοντινό υπέρυθρο από την κόμη των φυτών.

Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

Πίνακας 42. Μέσοι όροι παραμέτρων για το θερμοκήπιο 1.

		ζ_i	ζ_i^*	B:R _i	B:FR _i	P:T _i	P:N _i
		Average	Average	Average	Average	Average	Average
z1	ανοικτά	1,19	1,13	0,81	0,91	0,52	1,06
	κλειστά	1,22	1,17	0,86	1,01	0,54	1,16
z2	ανοικτά	1,25	1,19	0,87	1,04	0,54	1,18
	κλειστά	1,27	1,23	0,95	1,17	0,57	1,31

Στον πίνακα 46 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά καθώς και στα δύο ύψη z1 και z2. Στον πίνακα 47 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά που βρέθηκαν για το θερμοκήπιο 1.

Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

Πίνακας 43. Μέσοι όροι παραμέτρων για το θερμοκήπιο 2.

		ζ_i	ζ_i^*	B:R _i	B:FR _i	P:T _i	P:N _i
		Average	Average	Average	Average	Average	Average
z1	ανοικτά	1,16	1,10	0,81	0,88	0,50	1,01
	κλειστά	1,15	1,10	0,79	0,86	0,50	1,00
z2	ανοικτά	1,23	1,17	0,87	1,02	0,54	1,15
	κλειστά	1,25	1,19	0,91	1,08	0,55	1,22

Πίνακας 44. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του φωτός στο θερμοκήπιο 1 παρουσία καλλιέργειας, και σύγκριση μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά κλειστά παράθυρα. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red		Blue/far red				PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FRi	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Υψος της βάσης των παραθύρων (z1)	Ανοικτά	1	1,30	1,19	-8	1,26	1,14	-10	1,08	0,80	-26	1,36	0,91	-33	0,59	0,52	-13	1,44	1,06	-26
		2	1,30	1,21	-7	1,26	1,15	-9	1,08	0,82	-24	1,36	0,94	-31	0,59	0,52	-11	1,44	1,10	-24
		3	1,30	1,21	-7	1,26	1,15	-9	1,08	0,81	-25	1,36	0,93	-32	0,59	0,52	-12	1,44	1,09	-24
		4	1,30	1,15	-11	1,26	1,08	-14	1,08	0,77	-29	1,36	0,83	-39	0,59	0,50	-16	1,44	0,97	-32
		5	1,30	1,20	-7	1,26	1,15	-9	1,08	0,83	-23	1,36	0,95	-30	0,59	0,52	-12	1,44	1,09	-25
	Κλειστά	1	1,30	1,21	-7	1,26	1,15	-9	1,08	0,86	-21	1,37	0,99	-28	0,59	0,53	-10	1,43	1,11	-22
		2	1,30	1,24	-4	1,26	1,20	-5	1,08	0,91	-16	1,37	1,09	-20	0,59	0,56	-5	1,43	1,26	-12
		3	1,30	1,27	-2	1,26	1,24	-2	1,08	0,99	-8	1,37	1,23	-10	0,59	0,58	-1	1,43	1,39	-3
		4	1,30	1,16	-11	1,26	1,09	-13	1,08	0,75	-31	1,37	0,82	-40	0,59	0,50	-16	1,43	0,97	-32
		5	1,30	1,21	-7	1,26	1,13	-10	1,08	0,80	-26	1,37	0,91	-33	0,59	0,52	-12	1,43	1,07	-25
Υψος της κορυφής των παραθύρων (z2)	Ανοικτά	1	1,30	1,24	-4	1,26	1,19	-6	1,08	0,88	-19	1,37	1,05	-24	0,59	0,54	-8	1,42	1,18	-17
		2	1,30	1,26	-3	1,26	1,20	-5	1,08	0,88	-19	1,37	1,06	-22	0,59	0,55	-7	1,42	1,21	-15
		3	1,30	1,26	-3	1,26	1,20	-5	1,08	0,88	-19	1,37	1,06	-23	0,59	0,55	-7	1,42	1,20	-16
		4	1,30	1,22	-6	1,26	1,17	-7	1,08	0,85	-22	1,37	0,99	-27	0,59	0,54	-9	1,42	1,14	-20
		5	1,30	1,25	-4	1,26	1,19	-6	1,08	0,87	-19	1,37	1,04	-24	0,59	0,54	-8	1,42	1,18	-17
	Κλειστά	1	1,31	1,29	-1	1,27	1,26	-1	1,08	1,06	-2	1,37	1,33	-3	0,59	0,59	0	1,43	1,42	-1
		2	1,31	1,24	-5	1,27	1,19	-6	1,08	0,88	-18	1,37	1,05	-23	0,59	0,54	-8	1,43	1,18	-18
		3	1,31	1,33	2	1,27	1,31	3	1,08	1,08	0	1,37	1,42	3	0,59	0,61	4	1,43	1,58	11
		4	1,31	1,23	-6	1,27	1,18	-8	1,08	0,85	-21	1,37	1,00	-27	0,59	0,54	-9	1,43	1,14	-20
		5	1,31	1,24	-5	1,27	1,21	-5	1,08	0,89	-18	1,37	1,07	-22	0,59	0,55	-7	1,43	1,22	-15

Πίνακας 45. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για το θερμοκήπιο 1, παρουσία καλλιέργειας.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
z1	ανοικτά	1,15	1,21	1,08	1,15	0,77	0,83	0,83	0,95	0,5	0,52	0,97	1,1
	κλειστά	1,16	1,27	1,09	1,24	0,75	0,99	0,82	1,23	0,5	0,58	0,97	1,39
z2	ανοικτά	1,22	1,26	1,17	1,2	0,85	0,88	0,99	1,06	0,54	0,55	1,14	1,21
	κλειστά	1,23	1,33	1,18	1,31	0,85	1,08	1	1,42	0,54	0,61	1,14	1,58

Πίνακας 46. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του φωτός στο θερμοκήπιο 2 παρουσία καλλιέργειας, και σύγκριση μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά κλειστά παράθυρα. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red			Blue/far red			PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FRi	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	Δ (P:T)	P:No	P:Ni	Δ (P:N)	
Υψος της βάσης των παραθύρων (z1)	Ανοικτά	1	1,31	1,16	-11	1,27	1,11	-13	1,08	0,81	-25	1,37	0,89	-35	0,59	0,51	-14	1,43	1,02	-28
		2	1,31	1,15	-12	1,27	1,09	-14	1,08	0,81	-25	1,37	0,88	-35	0,59	0,50	-14	1,43	1,01	-29
		3	1,31	1,17	-10	1,27	1,11	-13	1,08	0,81	-24	1,37	0,90	-34	0,59	0,51	-14	1,43	1,03	-28
		4	1,31	1,16	-11	1,27	1,09	-14	1,08	0,79	-26	1,37	0,86	-37	0,59	0,50	-15	1,43	0,99	-31
		5	1,31	1,17	-10	1,27	1,10	-13	1,08	0,81	-25	1,37	0,89	-35	0,59	0,50	-14	1,43	1,01	-29
	Κλειστά	1	1,30	1,16	-11	1,27	1,11	-12	1,07	0,81	-24	1,36	0,90	-34	0,59	0,51	-13	1,41	1,03	-27
		2	1,30	1,14	-13	1,27	1,08	-15	1,07	0,80	-25	1,36	0,86	-36	0,59	0,50	-15	1,41	0,99	-30
		3	1,30	1,17	-10	1,27	1,11	-12	1,07	0,83	-22	1,36	0,93	-32	0,59	0,51	-13	1,41	1,05	-26
		4	1,30	1,15	-12	1,27	1,08	-14	1,07	0,75	-30	1,36	0,81	-40	0,59	0,49	-16	1,41	0,97	-32
		5	1,30	1,15	-12	1,27	1,07	-15	1,07	0,74	-31	1,36	0,80	-41	0,59	0,49	-17	1,41	0,95	-33
Υψος της κορυφής των παραθύρων (z2)	Ανοικτά	1	1,31	1,23	-6	1,27	1,18	-8	1,07	0,87	-18	1,36	1,03	-24	0,59	0,54	-8	1,42	1,16	-18
		2	1,31	1,23	-6	1,27	1,17	-8	1,07	0,87	-19	1,36	1,01	-25	0,59	0,54	-9	1,42	1,15	-19
		3	1,31	1,24	-5	1,27	1,19	-6	1,07	0,89	-16	1,36	1,06	-22	0,59	0,54	-7	1,42	1,19	-16
		4	1,31	1,22	-7	1,27	1,17	-8	1,07	0,84	-21	1,36	0,99	-27	0,59	0,53	-10	1,42	1,13	-21
		5	1,31	1,21	-8	1,27	1,15	-9	1,07	0,87	-19	1,36	1,00	-26	0,59	0,53	-9	1,42	1,14	-20
	Κλειστά	1	1,30	1,23	-6	1,26	1,17	-7	1,07	0,86	-19	1,34	1,01	-25	0,59	0,53	-9	1,40	1,14	-19
		2	1,30	1,22	-6	1,26	1,17	-7	1,07	0,87	-18	1,34	1,02	-24	0,59	0,53	-9	1,40	1,14	-19
		3	1,30	1,32	1	1,26	1,29	3	1,07	1,10	3	1,34	1,42	6	0,59	0,61	5	1,40	1,58	12
		4	1,30	1,22	-7	1,26	1,15	-9	1,07	0,84	-22	1,34	0,96	-28	0,59	0,53	-10	1,40	1,10	-21
		5	1,30	1,24	-5	1,26	1,18	-7	1,07	0,86	-19	1,34	1,01	-25	0,59	0,54	-8	1,40	1,16	-17

Πίνακας 47. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για το θερμοκήπιο 2, παρουσία καλλιέργειας.

		ζ_i		ζ_i^*		B:R _i		B:FR _i		P:T _i		P:N _i	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
z1	ανοικτά	1,15	1,17	1,09	1,11	0,79	0,81	0,86	0,9	0,5	0,51	0,99	1,03
	κλειστά	1,14	1,17	1,07	1,11	0,74	0,83	0,8	0,93	0,49	0,51	0,95	1,05
z2	ανοικτά	1,21	1,24	1,15	1,19	0,84	0,89	0,99	1,06	0,53	0,54	1,13	1,19
	κλειστά	1,22	1,32	1,15	1,29	0,84	1,1	0,96	1,42	0,53	0,61	1,1	1,58

2.2. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Έγιναν μετρήσεις της περατότητας στα δύο θερμοκήπια με τα παράθυρα ανοικτά και κλειστά καθώς και σε δύο ύψη z1 και z2. Η περατότητα προέκυψε από το μέσο όρο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 1, 2, 3 και 4.7.2004.

2.2.1 Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και οι % διαφορές μεταξύ των τιμών των αντίστοιχων θέσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 48.

Πίνακας 48. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με ανοικτά παράθυρα στο z1.

Πίνακας 48α						Πίνακας 48β					
UVA (340-400nm)	Θέσεις					Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	23,83a	20,91c	20,38e	20,39g	31,56h	Θερμοκ.1	41,94a	35,12c	36,11e	41,55g	46,69i
Θερμοκ. 2	8,81b	8,81d	7,95f	19,32g	10,43i	Θερμοκ. 2	43,88b	45,87d	43,74f	47,98h	33,64j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.628	<0.05	Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	63	58	61	5	67	% Διαφορά	-5	-31	-21	-15	28

Πίνακας 48γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	48,14a	35,76c	37,10e	51,39g	54,68i
Θερμοκ. 2	53,26b	54,31d	52,92f	57,74h	40,93j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-11	-52	-43	-12	25

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 4 (NA). Το ίδιο συμπέρασμα προέκυψε και από τη σύγκριση μεταξύ των θερμοκηπίων χωρίς την καλλιέργεια.

Η σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στη θέση 4 δεν είναι αντιπροσωπευτική λόγω της γειννίας του θερμοκηπίου 1 ανατολικά, με όμοιο θερμοκήπιο που παραλλάσει την τιμή της περατότητας στη θέση αυτή.

- ii. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται σε όλες τις θέσεις.

Από την % διαφορά των μέσων όρων παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει αυξημένη περατότητα σε ποσοστό περίπου 62%, με την μεγαλύτερη διαφορά να παρατηρείται στη θέση 5. Η διαφορά στη θέση 4 είναι πολύ μικρή, αλλά όπως προαναφέρθηκε η σύγκριση στη θέση αυτή δεν είναι αξιόπιστη. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, το θερμοκήπιο 2 υπερέχει σε όλες τις θέσεις, με εξαίρεση τη θέση 5 (ΒΔ), με τις μεγαλύτερες διαφορές να παρουσιάζονται στις θέσεις 2 και 3 (νότια πλευρά).

B) Κλειστά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και οι % διαφορές μεταξύ των τιμών των αντίστοιχων θέσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 49.

Πίνακας 49. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με κλειστά παράθυρα στο z1.

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ.1	23,57a	25,86c	26,25e	13,74g	25,39h
Θερμοκ.2	7,97b	7,57d	8,65f	10,87g	5,66i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.232	<0.05
% Διαφορά	66	71	67	21	78

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	39,75a	44,18c	43,98d	36,77f	46,11h
Θερμοκ. 2	43,11b	43,57c	47,70e	40,91g	39,65i
Sig.	<0.05	0.418	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-8	1	-8	-11	14

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	44,17a	50,39c	46,44e	46,30g	54,09i
Θερμοκ. 2	51,73b	53,28d	57,56f	50,59h	49,18j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-17	-6	-24	-9	9

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρούνται σε όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 4 (NA).

- ii. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 2 (κέντρο θερμοκηπίων).

Από την % διαφορά των μέσων όρων παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει αυξημένη περατότητα σε ποσοστό περίπου 70%, με τη μεγαλύτερη διαφορά να παρατηρείται στη θέση 5. Στην περιοχή της μπλε το θερμοκήπιο 2 υπερέχει του θερμοκηπίου 1 σε ποσοστό περίπου 10%, εκτός από τη θέση 5 όπου το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Στη περιοχή της PAR το θερμοκήπιο 2 υπερέχει του θερμοκηπίου 1 σε ποσοστό περίπου 20% για τις θέσεις 1 και 3, και 7% για τις θέσεις 2 και 4.

2.2.2 Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και οι % διαφορές μεταξύ των τιμών των αντίστοιχων θέσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 50.

Πίνακας 50. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με ανοικτά παράθυρα στο z2.

Πίνακας 50α					
UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	36,02a	36,91c	36,08e	23,44g	37,87h
Θερμοκ. 2	11,30b	10,45d	10,59f	17,65g	7,82i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.149	<0.05
% Διαφορά	69	72	71	25	79

Πίνακας 50β					
Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	55,67a	52,39c	54,79e	63,05g	52,50i
Θερμοκ. 2	62,30b	64,28d	63,64f	58,76h	63,82j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-12	-23	-16	7	-22

Πίνακας 50γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	61,98a	53,81c	58,99e	71,78g	60,54i
Θερμοκ. 2	70,53b	72,59d	72,12f	67,61h	72,62j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	-14	-35	-22	6	-20

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 4.
- ii. Στην περιοχή της μπλε και της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.

Από την % διαφορά των μέσων όρων παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει υψηλότερες τιμές περατότητας σε ποσοστό 70%, με τη μεγαλύτερη διαφορά να παρατηρείται στη θέση 5. Στην περιοχή της μπλε και της PAR το θερμοκήπιο 2 υπερέχει του 1, σε ποσοστό 18 και 22% αντίστοιχα.

B) Κλειστά παράθυρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και οι % διαφορές μεταξύ των τιμών των αντίστοιχων θέσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 51.

Πίνακας 51. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, με κλειστά παράθυρα στο z2.

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	32,32a	32,48c	36,93e	19,63g	36,72h
Θερμοκ. 2	11,57b	10,82d	11,23f	15,17g	8,91i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	0.192	<0.05
% Διαφορά	64	67	70	23	76

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	58,10a	58,21c	60,01e	54,47g	58,86i
Θερμοκ. 2	55,68b	56,66d	63,42f	50,44h	62,01j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	4	3	-6	7	-5

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
Θερμοκ. 1	65,84a	65,32c	67,59e	62,67g	67,81i
Θερμοκ. 2	62,08b	63,01d	72,43f	59,32h	68,66i
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.271
% Διαφορά	6	4	-7	5	-1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στην περιοχή της UVA, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις εκτός από τη θέση 4.

- ii. Στην περιοχή της μπλε, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις.
- iii. Στην περιοχή της PAR, παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις, εκτός από τη θέση 5.

Από την % διαφορά των μέσων όρων παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει υψηλότερες τιμές περατότητας σε ποσοστό περίπου 70%. Στην περιοχή της μπλε και της PAR το θερμοκήπιο 1 υπερέχει του θερμοκηπίου 2 σε ποσοστό 5% για τις θέσεις 1,2,4, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στις θέσεις 3 και 5 σε ποσοστό 5%.

2.2.3 Ποιότητα φωτός.

Στον πίνακα 54 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων της ποιότητας του φωτός στα θερμοκήπια 1 και 2, στο ύψος της βάσης των παραθύρων (z1). Στον πίνακα 55 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των τιμών των παραμέτρων στα δύο θερμοκήπια. Μετρήθηκαν μικρές διαφορές του λόγου PAR/NIR, οι οποίες ενδεχομένως να οφείλονται στο γεγονός ότι τα φυτά του θερμοκηπίου 2 είχαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, (μη στατιστικώς σημαντικές), όπως προέκυψε από μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας στα δύο θερμοκήπια, που έγιναν στα πλαίσια πτυχιακής διατριβής την ίδια περίοδο. Οι μέσες τιμές των παραμέτρων ήταν:

Πίνακας 52. Μέσοι όροι παραμέτρων για τα θερμοκήπια 1 και 2 στο z1.

		ζ	ζ^*	B:R	B:FR	P:T	P:N
		Average	Average	Average	Average	Average	Average
Ανοικτά	Θερμοκήπιο 1	1,17	1,15	0,93	1,08	0,53	1,16
	Θερμοκήπιο 2	1,13	1,10	0,80	0,88	0,50	1,01
Κλειστά	Θερμοκήπιο 1	1,16	1,14	0,88	1,00	0,52	1,10
	Θερμοκήπιο 2	1,12	1,08	0,79	0,85	0,49	0,97

Στον πίνακα 56 παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για τα θερμοκήπια 1 και 2 στο ύψος της βάσης των παραθύρων (z2). Στον πίνακα 57 παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Παρατηρείται ότι στο επίπεδο z2 οι τιμές των παραμέτρων μεταξύ των δύο θερμοκηπίων δεν διαφέρουν πολύ, λόγω της μειωμένης σκίασης που δέχεται το επίπεδο αυτό από την καλλιέργεια. Οι τιμές των παραμέτρων ήταν:

Πίνακας 53. Μέσοι όροι παραμέτρων για τα θερμοκήπια 1 και 2 στο z2.

		ζ	ζ^*	B:R	B:FR	P:T	P:N
		Average	Average	Average	Average	Average	Average
Ανοικτά	Θερμοκήπιο 1	1,22	1,19	0,89	1,06	0,55	1,18
	Θερμοκήπιο 2	1,21	1,21	0,95	1,13	0,55	1,25
Κλειστά	Θερμοκήπιο 1	1,19	1,18	0,89	1,04	0,54	1,15
	Θερμοκήπιο 2	1,21	1,18	0,88	1,04	0,54	1,16

Πίνακας 54. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του στη σύγκριση μεταξύ των δυο θερμοκηπίων, στο ύψος της βάσης των παραθύρων. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red		Blue/far red				PAR/TOTAL			PAR/NIR			
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FR i	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Ανοικτά παράθυρα	Θερμοκήπιο 1	1	1,26	1,17	-7	1,26	1,14	-10	1,10	0,87	-21	1,39	0,99	-29	0,59	0,52	-12	1,43	1,08	-24
		2	1,26	1,22	-4	1,26	1,22	-4	1,10	1,09	-1	1,39	1,33	-4	0,59	0,58	-1	1,43	1,39	-3
		3	1,26	1,21	-4	1,26	1,21	-5	1,10	1,07	-3	1,39	1,29	-7	0,59	0,57	-3	1,43	1,34	-6
		4	1,26	1,12	-12	1,26	1,08	-15	1,10	0,77	-30	1,39	0,83	-40	0,59	0,49	-17	1,43	0,95	-33
		5	1,26	1,14	-10	1,26	1,12	-11	1,10	0,84	-24	1,39	0,94	-32	0,59	0,51	-13	1,43	1,05	-26
	Θερμοκήπιο 2	1	1,27	1,13	-11	1,27	1,10	-13	1,10	0,80	-27	1,39	0,88	-37	0,59	0,50	-15	1,44	1,01	-30
		2	1,27	1,13	-11	1,27	1,10	-13	1,10	0,83	-24	1,39	0,91	-35	0,59	0,51	-14	1,44	1,03	-28
		3	1,27	1,13	-11	1,27	1,10	-14	1,10	0,80	-27	1,39	0,88	-37	0,59	0,50	-15	1,44	1,01	-30
		4	1,27	1,14	-10	1,27	1,10	-13	1,10	0,80	-27	1,39	0,89	-36	0,59	0,51	-15	1,44	1,01	-29
		5	1,27	1,13	-11	1,27	1,08	-15	1,10	0,78	-29	1,39	0,85	-39	0,59	0,50	-16	1,44	0,98	-32
Κλειστά παράθυρα.	Θερμοκήπιο 1	1	1,27	1,18	-8	1,26	1,16	-8	1,09	0,92	-15	1,38	1,07	-22	0,59	0,54	-8	1,41	1,17	-17
		2	1,27	1,17	-8	1,26	1,14	-10	1,09	0,88	-20	1,38	1,00	-27	0,59	0,52	-11	1,41	1,10	-22
		3	1,27	1,21	-5	1,26	1,20	-5	1,09	1,01	-8	1,38	1,21	-13	0,59	0,56	-5	1,41	1,26	-11
		4	1,27	1,12	-12	1,26	1,08	-15	1,09	0,74	-32	1,38	0,80	-42	0,59	0,48	-18	1,41	0,93	-34
		5	1,27	1,13	-11	1,26	1,10	-12	1,09	0,84	-23	1,38	0,93	-33	0,59	0,51	-13	1,41	1,04	-27
	Θερμοκήπιο 2	1	1,27	1,11	-13	1,26	1,08	-15	1,09	0,81	-26	1,38	0,87	-37	0,59	0,50	-16	1,41	0,98	-31
		2	1,27	1,10	-14	1,26	1,06	-16	1,09	0,79	-28	1,38	0,83	-40	0,59	0,49	-17	1,41	0,95	-33
		3	1,27	1,13	-11	1,26	1,09	-13	1,09	0,80	-27	1,38	0,88	-37	0,59	0,50	-15	1,41	0,99	-30
		4	1,27	1,12	-12	1,26	1,08	-14	1,09	0,77	-30	1,38	0,83	-40	0,59	0,49	-16	1,41	0,96	-32
		5	1,27	1,12	-12	1,26	1,08	-15	1,09	0,77	-30	1,38	0,83	-40	0,59	0,49	-17	1,41	0,95	-33

Πίνακας 55. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για τα δύο θερμοκήπια στο ύψος της βάσης των παραθύρων.

		ζ		ζ^*		B:R		B:FR		P:T		P:N	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Ανοικτά	Θερμοκήπιο 1	1,12	1,22	1,08	1,22	0,77	1,09	0,83	1,33	0,49	0,58	0,95	1,39
	Θερμοκήπιο 2	1,13	1,14	1,08	1,1	0,78	0,83	0,85	0,91	0,5	0,51	0,98	1,03
Κλειστά	Θερμοκήπιο 1	1,12	1,21	1,08	1,2	0,74	1,01	0,8	1,21	0,48	0,56	0,93	1,26
	Θερμοκήπιο 2	1,1	1,13	1,06	1,09	0,77	0,81	0,83	0,88	0,49	0,5	0,95	0,99

Πίνακας 56. Τιμές παραμέτρων που αφορούν την ποιότητα του στη σύγκριση μεταξύ των δυο θερμοκηπίων, στο ύψος της κορυφής των παραθύρων. Διαφορές μεγαλύτερες του 5% ($\Delta > 5\%$) υποδηλώνουν διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων τιμών.

		Παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν το κρυπτόχρωμα						Παράγοντες που αφορούν τη φωτοσύνθεση						
		Red/far red (Narrow band)			Red/far red (Broad band)			Blue/red		Blue/far red		PAR/TOTAL			PAR/NIR					
		ζ_0	ζ_i	$\Delta(\zeta)$	ζ_0^*	ζ_i^*	$\Delta(\zeta^*)$	B:Ro	B:Ri	Δ (B:R)	B:FRo	B:FR i	Δ (B:FR)	P:To	P:Ti	$\Delta(P:T)$	P:No	P:Ni	$\Delta(P:N)$	
Ανοικτά παράθυρα	Θερμοκήπιο 1	1	1,26	1,22	-4	1,26	1,20	-5	1,10	0,89	-19	1,39	1,07	-23	0,59	0,55	-7	1,41	1,20	-15
		2	1,26	1,21	-4	1,26	1,20	-5	1,10	0,90	-18	1,39	1,08	-22	0,59	0,55	-7	1,41	1,19	-16
		3	1,26	1,22	-4	1,26	1,20	-5	1,10	0,89	-19	1,39	1,07	-23	0,59	0,55	-7	1,41	1,19	-16
		4	1,26	1,20	-5	1,26	1,17	-7	1,10	0,87	-21	1,39	1,02	-26	0,59	0,54	-9	1,41	1,15	-19
		5	1,26	1,24	-2	1,26	1,20	-5	1,10	0,89	-19	1,39	1,06	-23	0,59	0,54	-8	1,41	1,17	-17
	Θερμοκήπιο 2	1	1,27	1,20	-6	1,27	1,18	-7	1,10	0,92	-16	1,39	1,08	-22	0,59	0,54	-8	1,42	1,18	-17
		2	1,27	1,26	-1	1,27	1,26	0	1,10	1,07	-3	1,39	1,35	-3	0,59	0,60	2	1,42	1,49	5
		3	1,27	1,21	-5	1,27	1,20	-5	1,10	0,98	-11	1,39	1,17	-16	0,59	0,56	-5	1,42	1,26	-12
		4	1,27	1,21	-5	1,27	1,19	-6	1,10	0,89	-19	1,39	1,06	-24	0,59	0,54	-8	1,42	1,19	-17
		5	1,27	1,19	-6	1,27	1,17	-8	1,10	0,87	-21	1,39	1,01	-27	0,59	0,53	-9	1,42	1,14	-20
Κλειστά παράθυρα.	Θερμοκήπιο 1	1	1,27	1,19	-7	1,25	1,16	-7	1,09	0,90	-17	1,37	1,05	-23	0,58	0,53	-9	1,39	1,13	-19
		2	1,27	1,18	-7	1,25	1,19	-5	1,09	0,91	-16	1,37	1,08	-21	0,58	0,54	-7	1,39	1,18	-16
		3	1,27	1,20	-5	1,25	1,18	-6	1,09	0,87	-20	1,37	1,03	-25	0,58	0,54	-8	1,39	1,14	-18
		4	1,27	1,19	-6	1,25	1,17	-7	1,09	0,83	-23	1,37	0,97	-29	0,58	0,53	-10	1,39	1,11	-20
		5	1,27	1,20	-6	1,25	1,19	-5	1,09	0,92	-16	1,37	1,09	-20	0,58	0,55	-6	1,39	1,20	-14
	Θερμοκήπιο 2	1	1,27	1,21	-5	1,26	1,18	-6	1,09	0,89	-19	1,37	1,05	-24	0,59	0,54	-8	1,40	1,17	-17
		2	1,27	1,21	-5	1,26	1,18	-6	1,09	0,90	-17	1,37	1,07	-22	0,59	0,54	-7	1,40	1,18	-16
		3	1,27	1,21	-5	1,26	1,18	-7	1,09	0,89	-18	1,37	1,05	-23	0,59	0,54	-8	1,40	1,16	-17
		4	1,27	1,19	-6	1,26	1,16	-8	1,09	0,86	-21	1,37	1,00	-27	0,59	0,53	-10	1,40	1,11	-20
		5	1,27	1,21	-5	1,26	1,18	-6	1,09	0,87	-21	1,37	1,03	-25	0,59	0,54	-8	1,40	1,16	-17

Πίνακας 57. Ελάχιστες και μέγιστες τιμές παραμέτρων για τα δύο θερμοκήπια στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.

		ζ		ζ^*		B:R		B:FR		P:T		P:N	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Ανοικτά	Θερμοκήπιο 1	1,2	1,24	1,17	1,2	0,87	0,9	1,02	1,08	0,54	0,55	1,15	1,2
	Θερμοκήπιο 2	1,19	1,26	1,17	1,26	0,87	1,07	1,01	1,35	0,53	0,6	1,14	1,49
Κλειστά	Θερμοκήπιο 1	1,18	1,2	1,16	1,19	0,83	0,92	0,97	1,09	0,53	0,55	1,11	1,2
	Θερμοκήπιο 2	1,19	1,21	1,16	1,18	0,86	0,9	1	1,07	0,53	0,54	1,11	1,18

2.3. Σύγκριση της περατότητας στον διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα σε κάθε ένα από τα θερμοκήπια.

Για τη σύγκριση της περατότητας στον διαμήκη και στον εγκάρσιο άξονα των δύο θερμοκηπίων υπολογίστηκε ο μέσος όρος της περατότητας για κάθε θέση, από τις δύο σειρές μετρήσεων που αναλύθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους, (**i.** Σύγκριση της περατότητας των θερμοκηπίων μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα και **ii.** Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων).

2.3.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).

A) Ανοικτά παράθυρα.

i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 58 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 58. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	25,12a	44,26e	51,85i	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	20,81b	41,12f	50,58k
	<i>2</i>	25,18a	43,44e	48,41j		<i>2</i>	25,18c	43,44g	48,41l
	<i>3</i>	24,82a	44,12e	49,45j		<i>5</i>	32,22d	48,02h	56,11m
	<i>Sig.</i>	0.980	0.322	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	0	2	7	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	-21	-6	4
	<i>1-3</i>	1	0	5		<i>4-5</i>	-55	-17	-11
	<i>2-3</i>	1	-2	-2		<i>2-5</i>	-28	-11	-16

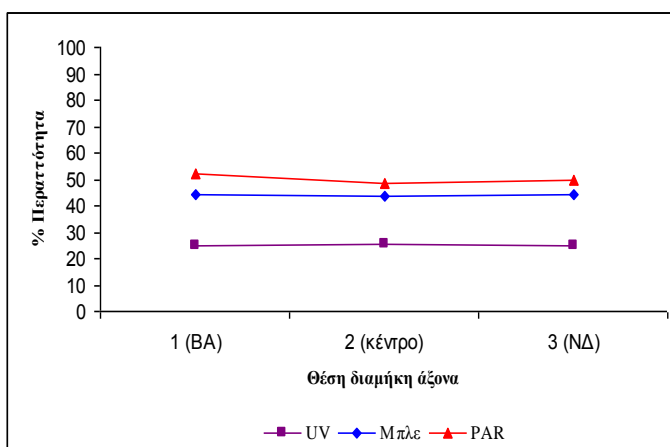
Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

- i. Στη περιοχή της UVA, για τον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές ενώ η περατότητα είναι 25%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές και η περατότητα είναι 44%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.

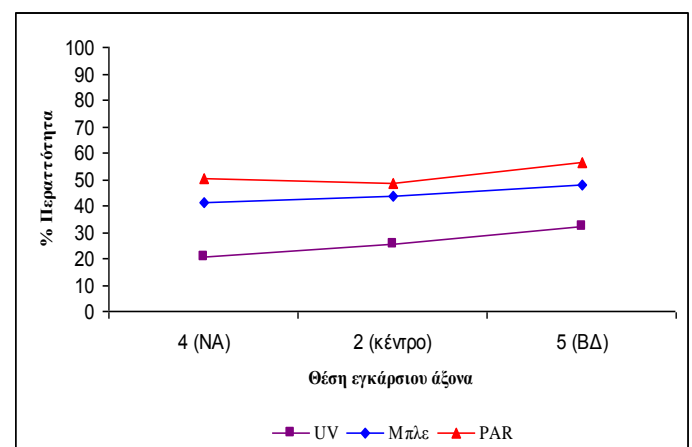
- iii. Στην περιοχή της PAR, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3, άλλα η περατότητα και στις τρεις θέσεις είναι περίπου 49%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.

Συνολικά για όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν για την περιοχή της UVA, (έως 55%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 19 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 19α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 19β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 19. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 59 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 59. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

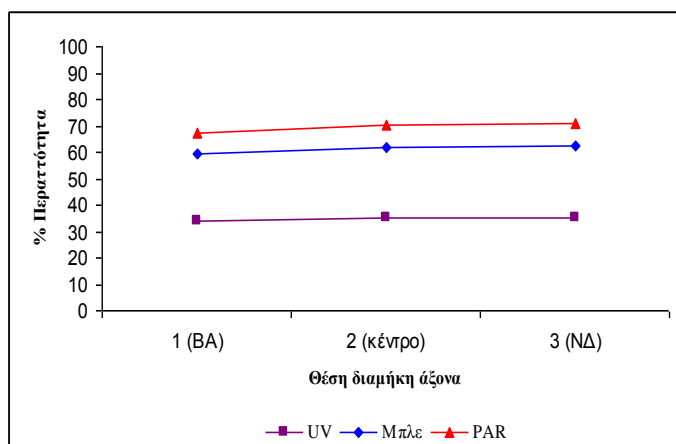
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	34,18a	59,30d	67,12h	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	22,56b	57,03f	65,88j
	<i>2</i>	35,40a	62,04e	70,12i		<i>2</i>	35,40c	62,04g	70,12k
	<i>3</i>	35,31a	62,54e	70,81i		<i>5</i>	36,75c	62,48g	71,17k
	<i>Sig.</i>	0.870	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	-4	-5	-4	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	-57	-9	-6
	<i>1-3</i>	-3	-5	-5		<i>4-5</i>	-63	-10	-8
	<i>2-3</i>	0	-1	-1		<i>2-5</i>	-4	-1	-1

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

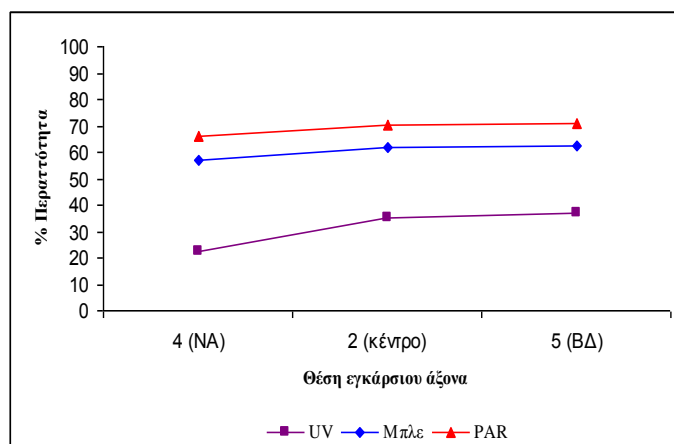
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 35%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε, στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3 αλλά η περατότητα και στις τρεις θέσεις είναι περίπου 60%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5, αλλά και εδώ η περατότητα είναι περίπου 60%.
- iii. Στην περιοχή της PAR στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3, και η περατότητα για τις τρεις θέσεις είναι περίπου 70%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5, με την περατότητα στις τρεις θέσεις να είναι περίπου 70%.

Συνολικά για όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 63%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 20 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 20α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 20β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 20. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

B) Κλειστά παράθυρα.

ι) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 60 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 60. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

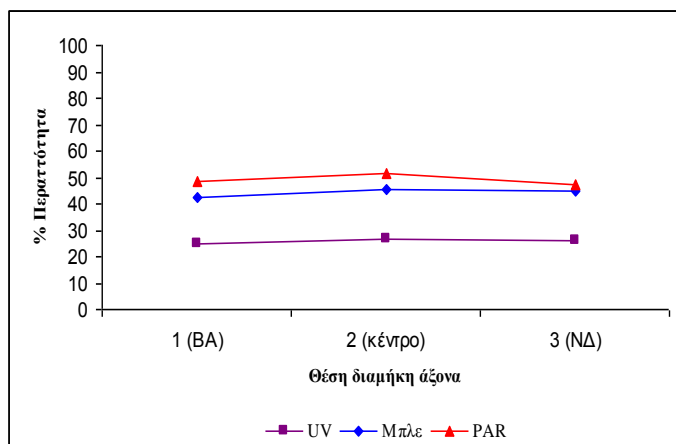
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
Διαμήκης άξονας	1	24,77a	42,68d	48,25i	Εγκάρσιος άξονας	4	14,29b	38,51f	48,38l
	2	26,56a	45,61e	51,36j		2	26,56c	45,61g	51,36m
	3	26,31a	44,65e	47,26k		5	26,20c	47,34h	56,03n
	Sig.	0.575	<0.05	<0.05		Sig.	<0.05	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	-7	-7	-6	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	-86	-18	-6
	1-3	-6	-5	2		4-5	-83	-23	-16
	2-3	1	2	8		2-5	1	-4	-9

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

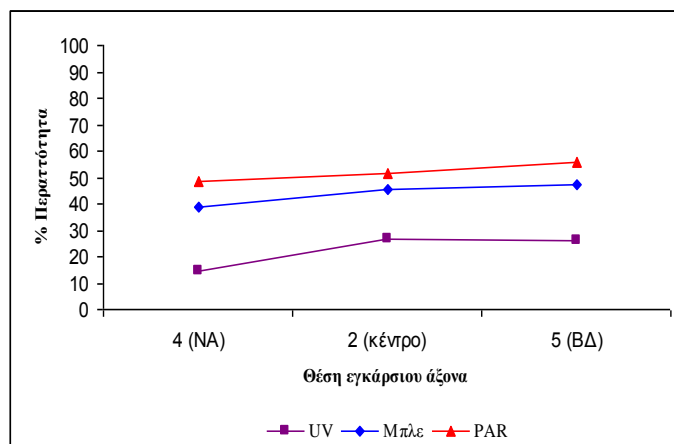
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων του άξονα και η περατότητα είναι 25%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5 όπου η περατότητα είναι 26%.
- ii. Στην περιοχή της μπλε στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3, όπου η περατότητα είναι 45%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων και του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

Συνολικά σε όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 86%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 21 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 21α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 21β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 21. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ζ1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 61 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 61. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

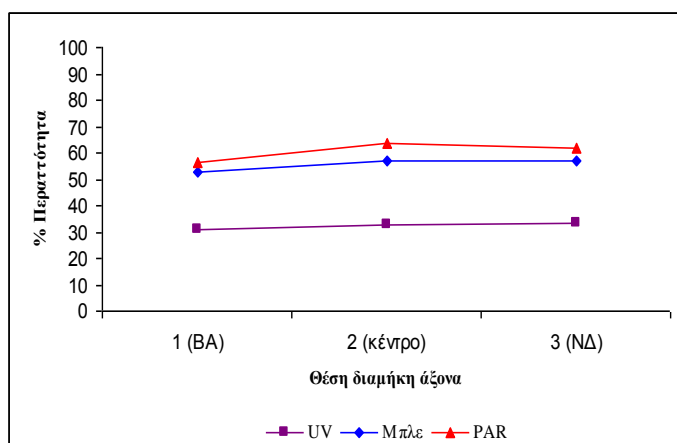
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	31,00a	52,85d	56,54i	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	20,40b	52,20f	60,79l
	<i>2</i>	32,74a	57,01e	63,79j		<i>2</i>	32,74c	57,01g	63,79m
	<i>3</i>	33,22a	57,00e	61,77k		<i>5</i>	36,41c	61,59h	68,75n
	<i>Sig.</i>	0.635	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	-6	-8	-13	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	-60	-9	-5
	<i>1-3</i>	-7	-8	-9		<i>4-5</i>	-78	-18	-13
	<i>2-3</i>	-1	0	3		<i>2-5</i>	-11	-8	-8

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

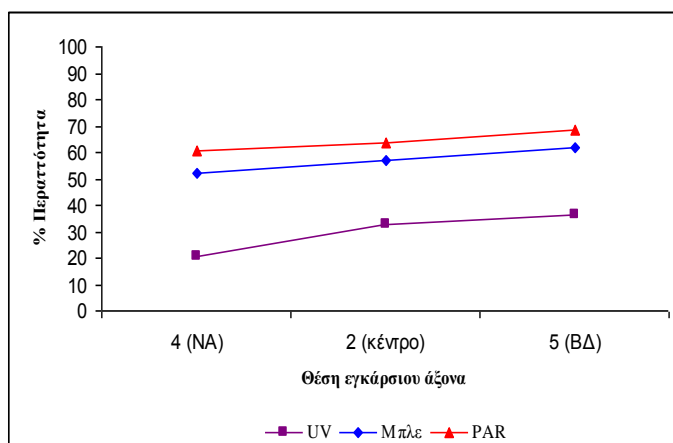
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 32%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5.
- ii. Στην περιοχή της μπλε δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 3 του διαμήκη άξονα με την περατότητα να είναι 57%. Στον εγκάρσιο άξονα παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων και του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

Συνολικά για όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 78%), με την περατότητα να μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση.

Στο γράφημα 22 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 22α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 22β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 22. Κατανομή της περαιτότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 1, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

2.3.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

A) Ανοικτά παράθυρα.

i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 62 παρουσιάζονται οι τιμές της περαιτότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 62. Σύγκριση μέσων όρων περαιτότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

Θέσεις		UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις		UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)
Διαμήκης άξονας	1	9,02a	45,59e	54,73i	Εγκάρσιος άξονας	4	18,88b	44,39f	53,28j
	2	8,69a	46,35e	54,93i		2	8,69c	46,35g	54,93k
	3	8,46a	46,17e	55,20i		5	13,88d	38,97h	46,60l
	Sig.	0,981	0,640	0,859		Sig.	<0,05	<0,05	<0,05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	4	-2	0	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	54	-4	-3
	1-3	6	-1	-1		4-5	26	12	13
	2-3	3	0	0		2-5	-60	16	15

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

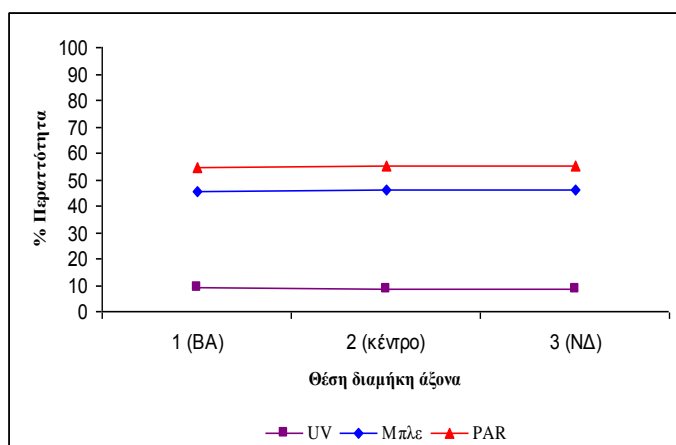
- i. Στην περιοχή της UVA για τον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του άξονα και η περαιτότητα είναι 9%. Στον

εγκάρσιο άξονα υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων με τα άκρα του άξονα να παρουσιάζουν υψηλές τιμές περατότητας.

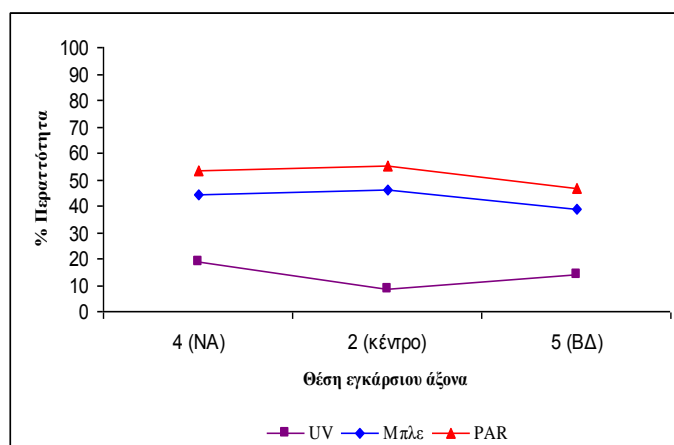
- ii. Στην περιοχή της μπλε δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 46%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων, με τη θέση 5, (ΒΔ), να παίρνει τις μικρότερες τιμές και τις θέσεις 4 και 2 να έχουν παρόμοιες τιμές..
- iii. Στην περιοχή της PAR δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 55%. Στον εγκάρσιο άξονα υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών θέσεων, με τις θέσεις 2 και 4 να έχουν παρόμοιες τιμές.

Σε όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 60%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 23 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 23α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 23β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 23. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 63 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 63. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

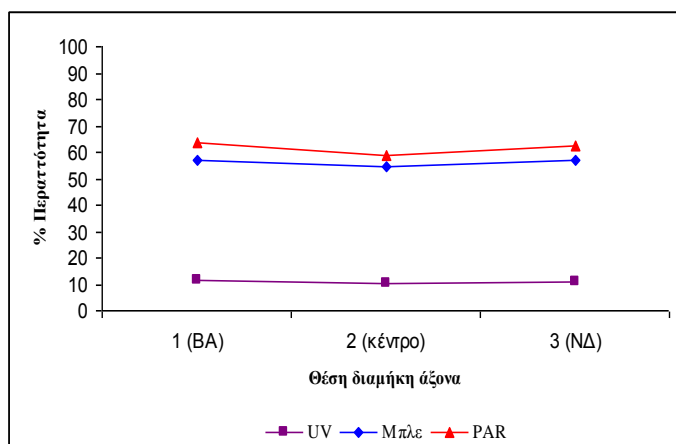
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	11,56a	56,96d	63,81h	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	15,79b	57,78f	66,12k
	<i>2</i>	10,44a	54,45e	58,91i		<i>2</i>	10,44bc	54,45g	58,91l
	<i>3</i>	10,77a	56,78d	62,27j		<i>5</i>	8,09c	54,58g	62,40m
	<i>Sig.</i>	0.952	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	10	4	8	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	34	6	11
	<i>1-3</i>	7	0	2		<i>4-5</i>	49	6	6
	<i>2-3</i>	-3	-4	-6		<i>2-5</i>	23	0	-6

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

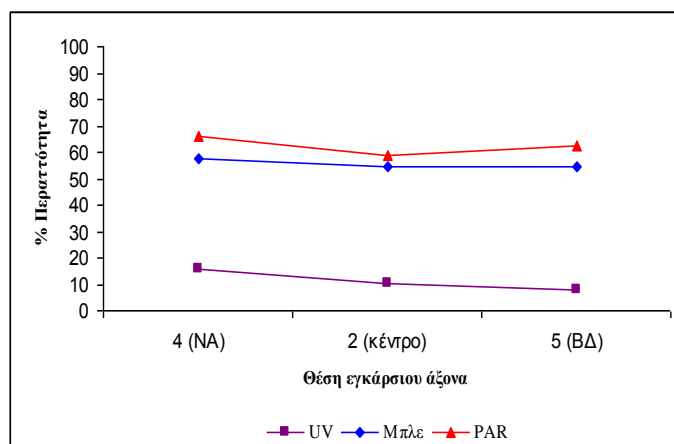
- i. Στην περιοχή της UVA δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 11%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 4, 2 καθώς και 2, 5. Οι μικρότερες τιμές παρατηρούνται στη θέση 5, (ΒΔ), και οι μεγαλύτερες στην 4 (ΝΑ).
- ii. Στην περιοχή της μπλε δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των άκρων του διαμήκη άξονα, (θέσεις 1 και 3). Το κέντρο του άξονα παρουσιάζει ελαφρά μικρότερες τιμές. Στον εγκάρσιο άξονα δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 2 και 5, με την περατότητα να είναι 55%. Η θέση 4 παρουσιάζει λίγο μεγαλύτερη τιμή.
- iii. Στην περιοχή της PAR υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα. Στον διαμήκη άξονα οι μικρότερες διαφορές παρουσιάζονται μεταξύ των θέσεων 1 και 3, και στον εγκάρσιο άξονα μεταξύ των θέσεων 2 και 5.

Σε όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 49%) και η περατότητα μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 24 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 24α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 24β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 24. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z2.

B) Κλειστά παράθυρα.

i) Ύψος της βάσης των παραθύρων (z1).

Στον πίνακα 64 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 64. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1.

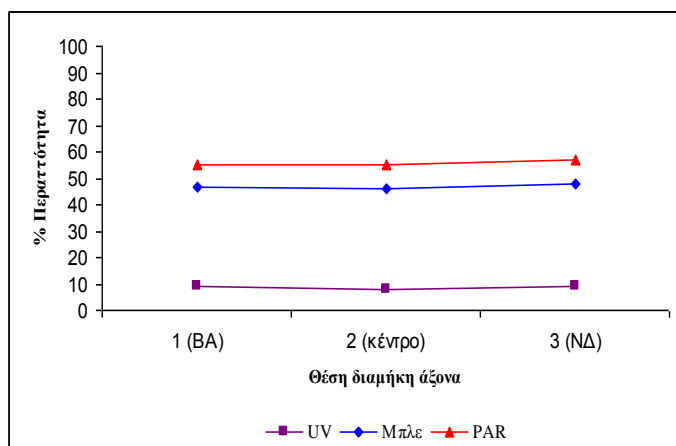
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
Διαμήκης άξονας	1	8,80a	46,45cd	55,39g	Εγκάρσιος άξονας	4	10,42b	39,77e	49,21h
	2	8,12a	45,78c	55,29g		2	8,12b	45,78f	55,29i
	3	8,79a	47,90d	56,81g		5	5,63b	39,73e	49,50h
	Sig.	0.965	<0.05	0.152		Sig.	0.168	<0.05	<0.05
%Διαφορά μεταξύ θέσεων	1-2	8	1	0	%Διαφορά μεταξύ θέσεων	4-2	22	-15	-12
	1-3	0	-3	-3		4-5	46	0	-1
	2-3	-8	-5	-3		2-5	31	13	10

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

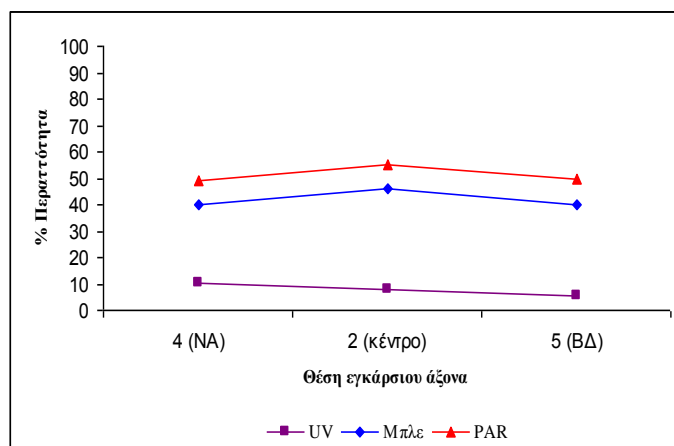
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 8,5%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται στατιστικώς διαφορές και η περατότητα είναι περίπου 8%.
- ii. Στην περιοχή της μπλε δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των άκρων του διαμήκη άξονα, (θέσεις 1,3), καθώς και μεταξύ των θέσεων 1 και 2. Οι διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα είναι μικρές και η περατότητα είναι περίπου 46%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 5. Στο κέντρο του άξονα η περατότητα εμφανίζεται λίγο μεγαλύτερη.
- iii. Στην περιοχή της PAR δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και η περατότητα είναι 56%. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 4 και 5, ενώ στο κέντρο του άξονα η περατότητα εμφανίζεται λίγο μεγαλύτερη.

Σε όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA (έως 46%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 25 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της βάσης των παραθύρων.



Γράφημα 25α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 25β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 25. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο $z1$.

ii) Ύψος της κορυφής των παραθύρων (z2).

Στον πίνακα 65 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των μετρούμενων τιμών.

Πίνακας 65. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας στο θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

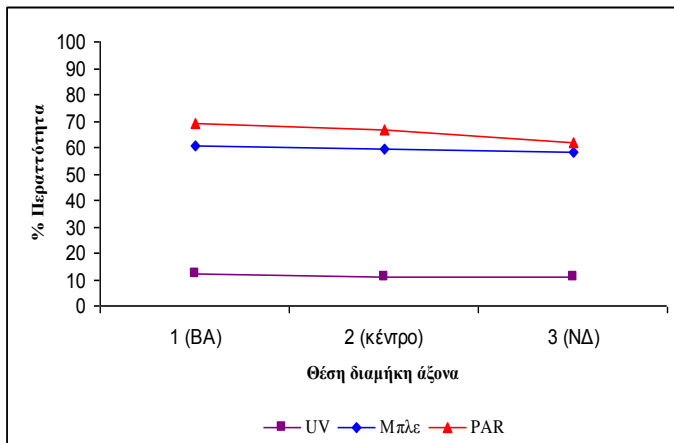
Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)	Θέσεις	UV (340- 400nm)	Μπλε (400- 500nm)	PAR (400- 700nm)		
<i>Διαμήκης άξονας</i>	<i>1</i>	12,09a	60,59c	68,81g	<i>Εγκάρσιος άξονας</i>	<i>4</i>	13,48b	50,08e	57,78j
	<i>2</i>	10,98a	59,23cd	66,70h		<i>2</i>	10,98b	59,23f	66,70k
	<i>3</i>	11,10a	57,91d	61,68i		<i>5</i>	8,94b	59,79f	68,53l
	<i>Sig.</i>	0.952	<0.05	<0.05		<i>Sig.</i>	0.439	<0.05	<0.05
<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>1-2</i>	9	2	3	<i>%Διαφορά μεταξύ θέσεων</i>	<i>4-2</i>	19	-18	-15
	<i>1-3</i>	8	4	10		<i>4-5</i>	34	-19	-19
	<i>2-3</i>	-1	2	8		<i>2-5</i>	19	-1	-3

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι:

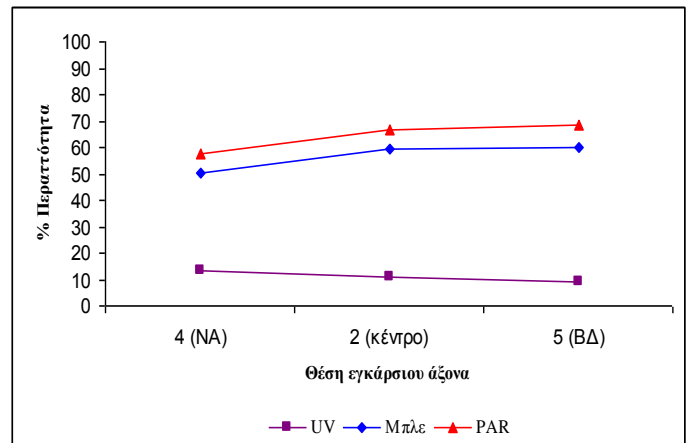
- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη άξονα και του εγκάρσιου άξονα και η περατότητα είναι 11%.
- ii. Στην περιοχή της μπλε δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων 1, 2 και 2, 3 του διαμήκη άξονα. Στον εγκάρσιο άξονα δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θέσεων 2, 5.
- iii. Στην περιοχή της PAR παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των θέσεων του διαμήκη και του εγκάρσιου άξονα.

Σε όλες τις περιοχές του φάσματος στον διαμήκη άξονα δεν παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις της περατότητας μεταξύ των τριών θέσεων. Στον εγκάρσιο άξονα οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στην περιοχή της UVA, (έως 34%), με την περατότητα να μειώνεται από την ανατολική προς τη δυτική θέση.

Στο γράφημα 26 παρουσιάζεται η μεταβολή της περατότητας στους δύο άξονες του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο ύψος της κορυφής των παραθύρων.



Γράφημα 26α Διαμήκης άξονας



Γράφημα 26β Εγκάρσιος άξονας

Γράφημα 26. Κατανομή της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων του θερμοκηπίου 2, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z2.

2.4. Σύγκριση της περατότητας μεταξύ των αντίστοιχων θέσεων του επιπέδου της βάσης των παραθύρων και του επιπέδου της κορυφής των παραθύρων.

Στη σύγκριση της περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων (z1 και z2) χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της περατότητας της παραγράφου 2.3.

2.4.1 Θερμοκήπιο 1, (Μάρτυρας).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Στον πίνακα 66 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων τιμών των δύο επιπέδων.

Πίνακας 66. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά.

Πίνακας 66α					
UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	25,12a	25,18c	24,82e	20,81e	32,22f
z2	34,18b	35,40d	35,31f	22,56e	36,75g
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	27	29	30	8	12

Πίνακας 66β					
Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	44,26a	43,44c	44,12e	41,12g	48,02i
z2	59,30b	62,04d	62,54f	57,03h	62,48j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	25	30	29	28	23

Πίνακας 66γ					
PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	51,85a	48,41c	49,45e	50,58g	56,11i
z2	67,12b	70,12d	70,81f	65,88h	71,17j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	23	31	30	23	21

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι σε όλες τις περιοχές του φάσματος και σε όλες τις θέσεις εμφανίζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές περατότητας.

Όσον αφορά την % διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA υπάρχει διαφορά της τάξης του 30% στις θέσεις του διαμήκη άξονα. Στις θέσεις δίπλα στα παράθυρα οι διαφορές είναι μικρότερες. Στην περιοχή της μπλε και της PAR οι διαφορές είναι 20-30%.

B) Κλειστά παράθυρα.

Στον πίνακα 67 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων τιμών των δύο επιπέδων.

Πίνακας 67. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά.

Πίνακας 67α		Θέσεις				
UVA (340-400nm)	1	2	3	4	5	
z1	24,77a	26,56c	26,31e	14,29g	26,20i	
z2	31,00b	32,74d	33,22f	20,40h	36,41j	
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
% Διαφορά	20	19	21	30	28	

Πίνακας 67β		Θέσεις				
Μπλε (400-500nm)	1	2	3	4	5	
z1	42,68a	45,61c	44,65e	38,51g	47,34i	
z2	52,85b	57,01d	57,00f	52,20h	61,59j	
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
% Διαφορά	19	20	22	26	23	

Πίνακας 67γ		Θέσεις				
PAR (400-700nm)	1	2	3	4	5	
z1	48,25a	51,36c	47,26e	48,38g	56,03i	
z2	56,54b	63,79d	61,77f	60,79h	68,75j	
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
% Διαφορά	15	19	23	20	19	

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι σε όλες τις περιοχές του φάσματος και σε όλες τις θέσεις εμφανίζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές περατότητας.

Όταν τα παράθυρα του θερμοκηπίου είναι κλειστά η διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων σε όλες τις περιοχές του φάσματος είναι 20-30%.

2.4.2 Θερμοκήπιο 2, (UV blocking).

A) Ανοικτά παράθυρα.

Στον πίνακα 68 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων τιμών των δύο επιπέδων.

Πίνακας 68. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 1 όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά.

UVA (340-400nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	9,02a	8,69b	8,46c	18,88d	13,88e
z2	11,56a	10,44b	10,77c	15,79d	8,09e
Sig.	0.341	0.400	0.509	0.287	0.262
% Διαφορά	22	17	21	-20	-72

Μπλε (400-500nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	45,59a	46,35c	46,17e	44,39g	38,97i
z2	56,96b	54,45d	56,78f	57,78h	54,58j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	20	15	19	23	29

PAR (400-700nm)	Θέσεις				
	1	2	3	4	5
z1	54,73a	54,93c	55,20e	53,28g	46,60i
z2	63,81b	58,91d	62,27f	66,12h	62,40j
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
% Διαφορά	14	7	11	19	25

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι :

- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές περατότητας.
- ii. Στην περιοχή της μπλε και της PAR παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές.

Από τις % διαφορές παρατηρείται ότι στην περιοχή της UVA στον διαμήκη άξονα (θέσεις 1,2,3) η διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων είναι περίπου 20%, με το z2 να παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Στις θέσεις δίπλα στα ανοίγματα των παραθύρων (θέσεις 4 και 5), το z1 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές, ενώ οι διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων είναι 20% για τη θέση 4 και 70% για τη θέση 5. Στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος οι διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων είναι 10-30%.

B) Κλειστά παράθυρα.

Στον πίνακα 69 παρουσιάζονται οι τιμές της περατότητας για το θερμοκήπιο 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά στο z1 και στο z2, η σύγκριση των μέσων όρων και οι % διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων τιμών των δύο επιπέδων.

Πίνακας 69. Σύγκριση μέσων όρων περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων του θερμοκηπίου 2 όταν τα παράθυρα είναι κλειστά.

Πίνακας 69α		Θέσεις				
UVA (340-400nm)	1	2	3	4	5	
z1	8,80a	8,12b	8,79c	10,42d	5,63e	
z2	12,09a	10,98b	11,10c	13,48d	8,94e	
Sig.	0.294	0.410	0.331	0.411	0.223	
% Διαφορά	27	26	21	23	37	

Πίνακας 69β		Θέσεις				
Μπλε (400-500nm)	1	2	3	4	5	
z1	46,45a	45,78c	47,90e	39,77g	39,73i	
z2	60,59b	59,23d	57,91f	50,08h	59,79j	
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
% Διαφορά	23	23	17	21	34	

Πίνακας 69γ		Θέσεις				
PAR (400-700nm)	1	2	3	4	5	
z1	55,39a	55,29c	56,81e	49,21g	49,50i	
z2	68,81b	66,70d	61,68f	57,78h	68,53j	
Sig.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
% Διαφορά	20	17	8	15	28	

Από τη σύγκριση των μέσων όρων προέκυψε ότι :

- i. Στην περιοχή της UVA δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές περατότητας.
- ii. Στην περιοχή της μπλε και της PAR παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε όλες τις θέσεις. Το επίπεδο z2 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές.

Όσον αφορά την % διαφορά στην περατότητα μεταξύ των δύο επιπέδων, όταν τα παράθυρα είναι κλειστά η διαφορά για όλες τις περιοχές του φάσματος είναι 20-30%.

Κεφάλαιο IV
Συμπεράσματα και Συζήτηση

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη του μικροκλίματος του θερμοκηπίου όπως αυτό διαμορφώνεται κάτω από φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης. Μετρήθηκαν οι διαφορές στην εισερχόμενη ενέργεια λόγω ακτινοβολίας σε τρεις περιοχές του φάσματος (UVA, μπλε και πράσινο προς κόκκινο), την περατότητα στην ολική και υπεριώδη ακτινοβολία, (μετρήσεις με στατικούς αισθητήρες), καθώς και οι διαφορές που παρουσιάζονται στην κατανομή της ακτινοβολίας σε τρεις περιοχές του φάσματος, (UVA, μπλε και PAR), (μετρήσεις με φορητό φασματοφωτόμετρο). Μελετήθηκαν δύο καταστάσεις, (ανοιχτά και κλειστά παράθυρα), δύο επίπεδα, ($z_1=0,5\text{m}$ και $z_2=1,5\text{m}$) και δύο άξονες, (διαμήκης και εγκάρσιος). Επίσης μελετήθηκαν διαφορές σε παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός και επηρεάζουν την ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Οι μετρήσεις με τους στατικούς αισθητήρες πραγματοποιήθηκαν το έτος 2003, ενώ οι μετρήσεις για την μεταβολή της περατότητας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων με το φορητό φασματοφωτόμετρο έγιναν το έτος 2004.

Διαφορές δεν βρέθηκαν στις τιμές της περατότητας στην ολική ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ των δύο θερμοκηπίων με εξαίρεση το μήνα Απρίλιο. Οι διαφορές το μήνα αυτό, οφείλονται στη σκίαση των οργάνων από το σκελετό των θερμοκηπίων γεγονός που αποδεικνύεται από τη χρονική μετάθεση της σκίασης τους διάφορους μήνες, (ανάλογη με τη θέση του ήλιου), η οποία είναι μεγαλύτερη με μικρό ύψος του ήλιου. Επίσης το δείγμα των τιμών που πάρθηκαν για το μήνα αυτό, είναι μικρό.

Για την περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας (UVA και UVB), τα δύο υλικά εμφάνισαν σημαντικές διαφορές. Έτσι στην περιοχή της UVA ο μάρτυρας είχε περατότητα 22%, ενώ το θερμοκήπιο 2, 1.2%. Στην περιοχή της UVB τα δύο θερμοκήπια είχαν περατότητα 13% και 0.5%, αντίστοιχα.

Στην εισερχόμενη ενέργεια λόγω ακτινοβολίας, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Όσον αφορά τις διαφορές στην κατανομή της περατότητας βρέθηκε:

1) Απουσία καλλιέργειας:

Σύγκριση για κάθε θερμοκήπιο μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα:

Η είσοδος της ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων επηρεάζει το περιβάλλον της ακτινοβολίας του θερμοκηπίου κυρίως στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας, στις θέσεις κοντά στα ανοίγματα των παραθύρων (θέσεις 4 και 5), μόνο χαμηλά, στο ύψος της βάσης των παραθύρων (z_1). Στο άλλο επίπεδο, (z_2), δεν παρατηρούνται διαφορές όπως ήταν αναμενόμενο γιατί υπερκείμενο των θέσεων αυτών είναι

ο θόλος του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα η περατότητα στις θέσεις αυτές να μην επηρεάζεται από το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων.

Στα δύο θερμοκήπια και στις θέσεις κοντά στα ανοίγματα, (ανατολική και δυτική), η εικόνα που παρουσιάζεται είναι αντίστροφη. Δηλαδή το απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας κάλυμμα, (θερμοκήπιο 2), έχει μεγαλύτερη περατότητα στην ανατολική θέση, πράγμα που δεν παρατηρείται στο μάρτυρα, (θερμοκήπιο 1), επειδή αυτός γειτνιάζει (ανατολικά), σε μικρή απόσταση, (4m), με ένα τρίτο θερμοκήπιο το οποίο παρεμποδίζει τμήμα της διάχυτης καθώς και της άμεσης ανακλώμενης ακτινοβολίας που θα δέχονταν το θερμοκήπιο στην αντίστοιχη θέση, αν υπήρχε μόνο το έδαφος.

Έτσι στο μάρτυρα, (θερμοκήπιο 1), η περατότητα στην UVA αυξάνεται κατά 29% για την ανατολική θέση, (θέση 4) και 19% για τη δυτική θέση, (θέση 5), ενώ στο θερμοκήπιο 2 η περατότητα αυξάνεται κατά 28% για την ανατολική θέση, (θέση 4) και 41% για τη δυτική θέση, (θέση 5). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διαφορές που βρέθηκαν στο θερμοκήπιο 2, είναι οριακά μη στατιστικώς σημαντικές.

Και στα δύο θερμοκήπια παρατηρείται ότι από το άνοιγμα των παραθύρων, οι θέσεις που επηρεάζονται περισσότερο, (δηλαδή δίνουν μεγαλύτερη αύξηση στην περατότητα), είναι οι θέσεις χαμηλής περατότητας του εγκάρσιου άξονα, (δηλαδή η θέση 4 για το μάρτυρα και η θέση 5 για το θερμοκήπιο 2).

Στην περιοχή της μπλε και της PAR βρέθηκαν διαφορές στην περατότητα σε ποσοστό μέχρι 10% για τις περισσότερες περιπτώσεις, με την περατότητα στην περιοχή της PAR να έχει υψηλότερες τιμές σε σχέση με τη μπλε, ($\tau_{PAR} > \tau_{μπλε}$). Βρέθηκαν και θέσεις με μεγαλύτερες διαφορές στην περατότητα, γι' αυτό κρίθηκε αναγκαίο να υπολογιστούν παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός, ώστε να διαπιστωθεί αν οι μεταβολές που βρέθηκαν επηρεάζουν την ποιότητα του φωτός μέσα στο θερμοκήπιο. Βρέθηκε ότι οι παράγοντες αυτοί παραμένουν σχετικά σταθεροί σε όλη την επιφάνεια του θερμοκηπίου, με μικρές αλλαγές από θέση σε θέση. Επίσης οι παράγοντες αυτοί πήραν παρόμοιες τιμές για τα δύο θερμοκήπια, και για τα δύο ύψη μετρήσεων z_1 και z_2 . Οι τιμές τους ήταν: για τις παραμέτρους που σχετίζονται με το φυτόχρωμα $\zeta_i \approx 1.3$ και $\zeta_i^* \approx 1.2$, για τις παραμέτρους που σχετίζονται με το κρυπτόχρωμα $B:R_i \approx 0.9$ και $B:FR_i \approx 1.05$, ενώ για τις παραμέτρους που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση $P:T_i \approx 0.55$ και $P:N_i \approx 1.2$. Οι μεταβολές στις τιμές των παραμέτρων για τις μετρήσεις που έγιναν εκτός θερμοκηπίου ήταν μικρές και κυμάνθηκαν ως εξής: $1.38 < \zeta_o < 1.39$, $1.25 < \zeta_o^* < 1.27$, $1.04 < B:R_o < 1.07$, $1.31 < B:FR_o < 1.36$, $0.58 < P:T_i < 0.59$ και $1.36 < P:N_i < 1.42$.

Σύγκριση των διαφορών της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων:

Μεταξύ των δύο θερμοκηπίων διαφορές εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή της UVA. Οι διαφορές αυτές ισχύουν και για τον διαμήκη άξονα των θερμοκηπίων, (θέσεις 1,2,3), της τάξης του 55-65% και για τον εγκάρσιο άξονα, (θέσεις 4,2,5). Μάλιστα η σύγκριση που αφορά τον εγκάρσιο άξονα έδωσε τη μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων στη δυτική θέση, (θέση 5), η οποία σημειωτέον είναι ελεύθερη γειτνιαζουσών επιφανειών και για τα δύο θερμοκήπια. Συγκεκριμένα στη θέση αυτή η διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων είναι μεγαλύτερη, (75%), στο επάνω επίπεδο και ουδέτερη στο άνοιγμα των παραθύρων, ενώ στο κάτω επίπεδο η διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων είναι της τάξης του 75% με κλειστά παράθυρα και γίνεται 60% με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το άνοιγμα των παραθύρων. Στην ανατολική θέση, (θέση 4), η εικόνα της σύγκρισης των θερμοκηπίων δεν είναι σαφής γιατί όπως προαναφέρθηκε η θέση αυτή στο μάρτυρα, επηρεάζεται από το τρίτο θερμοκήπιο. Παρόλα αυτά και στη θέση αυτή ο μάρτυρας εμφανίζει αυξημένη περατότητα από το UV-blocking θερμοκήπιο, κατά 20%. Στις περιοχές της μπλε και της PAR τα δύο θερμοκήπια δεν διαφέρουν. Και σε αυτή τη σύγκριση η περατότητα στην περιοχή της PAR έχει υψηλότερες τιμές σε σχέση με τη μπλε, ($\tau_{PAR} > \tau_{μπλε}$).

Από τη μελέτη που έγινε για τη διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων στην ποιότητα του φωτός βρέθηκε ότι οι παράγοντες που αφορούν το φυτόχρωμα, το κρυπτόχρωμα και τη φωτοσύνθεση δεν διαφέρουν. Οι τιμές των παραπάνω λόγων ήταν: $\zeta_i \approx 1.25$ και $\zeta_i^* \approx 1.25$, $\mathbf{B}:\mathbf{R}_i \approx 0.9$ και $\mathbf{B}:\mathbf{FR}_i \approx 1.05$, $\mathbf{P}:\mathbf{T}_i \approx 0.55$ και $\mathbf{P}:\mathbf{N}_i \approx 1.2$ αντίστοιχα. . Οι μεταβολές στις τιμές των παραμέτρων για τις μετρήσεις που έγιναν εκτός θερμοκηπίου ήταν μικρές και κυμάνθηκαν ως εξής: $1.30 < \zeta_o < 1.33$, $1.25 < \zeta_o^* < 1.27$, $1.07 < \mathbf{B}:\mathbf{R}_o < 1.09$, $1.36 < \mathbf{B}:\mathbf{FR}_o < 1.38$, $0.58 < \mathbf{P}:\mathbf{T}_i < 0.59$ και $1.39 < \mathbf{P}:\mathbf{N}_i < 1.42$.

Παρατηρείται ότι οι τιμές των παραμέτρων αυτών δεν διαφέρουν από τις αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν κατά σύγκριση της περατότητας των θερμοκηπίων για ανοικτά και κλειστά παράθυρα αν και οι μετρήσεις έγιναν σε διαφορετικές ημερομηνίες, και σε διαφορετικές ώρες της ημέρας. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τον Varlet-Grancher, (1975), δηλαδή η ποιότητα της ημερήσιας ακτινοβολίας είναι ως επί το πλείστον σταθερή.

Σύγκριση των μεταβολών στην περατότητα κατά μήκος των δύο αξόνων των θερμοκηπίων (διαμήκη και εγκάρσιο):

Στον **διαμήκη άξονα**, σε όλα τα φάσματα, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των θέσεων στα δύο θερμοκήπια, στα δύο ύψη, (z1 και z2), καθώς και σε κάποια κατάσταση, (ανοικτά κλειστά παράθυρα). Η περατότητα για τον άξονα αυτό στη UVA, στο μάρτυρα, (θερμοκήπιο 1), κυμαίνεται από 31-33%, ενώ για το θερμοκήπιο με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα, (θερμοκήπιο 2), από 11 έως 13%. Οι αντίστοιχες τιμές περατότητας για τις άλλες δύο περιοχές του φάσματος είναι για τη μπλε 54-57% για το θερμοκήπιο 1 και 57-58% για το θερμοκήπιο 2, ενώ για την PAR 59-66% για το θερμοκήπιο 1 και 62-64% για το θερμοκήπιο 2.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Tourdonet, et al., (2001) και Wang and Boulard, (2000), οι οποίοι βρήκαν ότι η περατότητα δεν μεταβάλλεται κατά μήκος του διαμήκη άξονα του τούνελ που είχε τις ίδιες διαστάσεις και περίπου ίδιο προσανατολισμό με τα πειραματικά θερμοκήπια.

Στον **εγκάρσιο άξονα**, υπάρχει ετερογένεια στις τιμές της περατότητας. Για όλες τις περιοχές του φάσματος, στα δύο ύψη, (z1 και z2), καθώς και στις δύο καταστάσεις, (ανοικτά κλειστά παράθυρα), η περατότητα μειώνεται από τη δυτική προς την ανατολική θέση για το μάρτυρα, (θερμοκήπιο 1), και από την ανατολική προς τη δυτική θέση για το θερμοκήπιο με το απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας κάλυμμα, (θερμοκήπιο 2). Και στα δύο θερμοκήπια η ετερογένεια κατά μήκος του άξονα είναι μεγαλύτερη στην περιοχή της UVA. Όμως όπως προαναφέρθηκε, ο μάρτυρας συνορεύει ανατολικά με τρίτο θερμοκήπιο ίδιου ύψους σε κοντινή απόσταση, (4m), επομένως η εξαγωγή συμπερασμάτων για την περατότητα του εγκάρσιου άξονα σε αυτό το θερμοκήπιο είναι ασαφής. Έτσι για το θερμοκήπιο 2 στην περιοχή της UVA, η διαφορά μεταξύ των ακραίων θέσεων του άξονα είναι μεγαλύτερη στο επάνω επίπεδο, (58%), σε σχέση με το κάτω, (35%), όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά, ενώ όταν τα παράθυρα είναι κλειστά η διαφορά είναι ίδια για τα δύο επίπεδα, (50%). Στην περιοχή της μπλε και της PAR η διαφορά μεταξύ των ακραίων θέσεων του άξονα είναι 10-15%.

Τα αποτελέσματα για τον εγκάρσιο άξονα διαφέρουν από τα αποτελέσματα των Tourdonet, et al., (2001) και Wang and Boulard, (2000), οι οποίοι μετρώντας την περατότητα στον εγκάρσιο άξονα θερμοκηπίου τύπου τούνελ, ίδιου πλάτους με τα πειραματικά θερμοκήπια, βρήκαν ότι η περατότητα έχει μέγιστη τιμή στο κέντρο, (70%) και μειώνεται εκατέρωθεν παρακολουθώντας το σχήμα του τούνελ. Δηλαδή οι θέσεις που συμπίπτουν με τις θέσεις 4 και 5 του πειραματικού θερμοκηπίου παρουσίασαν όμοια

περατότητα, (50%). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές, μέτρησαν ο μιν πρώτος την περατότητα σε τούνελ με προσανατολισμό Βορρά-Νότο και ο δεύτερος σε τούνελ με προσανατολισμό Ανατολή – Δύση και στη συνέχεια τις προσομοίωσε σε προσανατολισμό Βορρά-Νότο. Και στις δύο όμως περιπτώσεις υπήρχε καλλιέργεια, (μαρουλιού), η οποία τροποποιεί την κατανομή της ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Άλλωστε και στα πειραματικά θερμοκήπια, οι μετρήσεις με την παρουσία της καλλιέργειας και κλειστά τα παράθυρα, δημιούργησαν την ίδια κατανομή της περατότητας στον εγκάρσιο άξονα, στο κάτω επίπεδο, όπως θα αναπτυχθεί παρακάτω.

Σύγκριση περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων z1 και z2:

Κατά τη σύγκριση των δύο επιπέδων προέκυψε ότι οι διαφορές είναι μεγαλύτερες (όσον αφορά το φάσμα) στην περιοχή της UV, (όσον αφορά την κατάσταση) όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά και στη θέση χαμηλής περατότητας των θερμοκηπίων, (θέση 4 για το μάρτυρα και θέση 5 για το θερμοκήπιο 2).

Το κάτω επίπεδο εμφανίζει μεγαλύτερη περατότητα. Συγκεκριμένα στο μάρτυρα, (θέση 4), το κάτω επίπεδο εμφανίζει μεγαλύτερη περατότητα κατά 38% από την αντίστοιχη θέση στο πάνω επίπεδο, ενώ στο θερμοκήπιο με το απορροφητικό της υπεριώδους ακτινοβολίας κάλυμμα η αντίστοιχη διαφορά (που όπως προαναφέρθηκα εντοπίζεται στη θέση 5) ήταν 83%. Στις άλλες περιοχές του φάσματος η διαφορά είναι μικρότερη του 10%.

2) Παρουσία καλλιέργειας:

Σύγκριση για κάθε θερμοκήπιο μεταξύ των καταστάσεων ανοικτά-κλειστά παράθυρα:

Όπως και στη σύγκριση χωρίς την καλλιέργεια, έτσι και με την παρουσία της, η είσοδος της ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων επηρεάζει το περιβάλλον της ακτινοβολίας του θερμοκηπίου κυρίως στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας, στις θέσεις κοντά στα ανοίγματα των παραθύρων, (θέσεις 4 και 5), μόνο χαμηλά, στο ύψος της βάσης των παραθύρων, (z1). Μάλιστα στο μάρτυρα τα ποσοστά ήταν σχεδόν ίδια, (30% για τη θέση 4 και 20% για τη θέση 5), ενώ στο θερμοκήπιο 2 εμφανίστηκαν μεγαλύτερα, (45% για τη θέση 4 και 70% για τη θέση 5), ίσως λόγω της αυξημένης φυλλικής επιφάνειας του θερμοκηπίου αυτού.

Στην περιοχή της μπλε και της PAR βρέθηκαν διαφορές στην περατότητα σε ποσοστό μέχρι 15% στις περισσότερες περιπτώσεις.

Επίσης όσον αφορά την ποιότητα του φωτός, δηλαδή τις τιμές των παραγόντων που σχετίζονται με το φυτόχρωμα, το κρυπτόχρωμα και τη φωτοσύνθεση, η παρουσία της

καλλιέργειας δεν τροποποίησε διακριτά τις τιμές τους. Εκείνο που παρατηρείται είναι ότι η παρουσία της καλλιέργειας τροποποίησε τη διαφορά του λόγου PAR/κοντινό υπέρυθρο, (P:N). Πιο συγκεκριμένα μεταξύ των δύο επιπέδων παρατηρείται ότι ο λόγος μειώνεται προς τη βάση της κόμης, γεγονός που συμφωνεί με τον Szeicz, (1974), σύμφωνα με τον οποίο, τα φύλλα απορροφούν περισσότερη PAR απ' ότι NIR και κατά συνέπεια ο λόγος των δυο φασμάτων στη βάση της καλλιέργειας είναι μικρότερος απ' ότι στη κορυφή.

Οι λόγοι που μετρήθηκαν και σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός είναι: $\zeta_i \approx 1.2$, $\zeta_i^* \approx 1.2$, $\mathbf{B:R}_i \approx 0.85$, $\mathbf{B:FR}_i \approx 1$, $\mathbf{P:T}_i \approx 0.55$, $\mathbf{P:N}_i \approx 1$ για το z1 και $\mathbf{P:N}_i \approx 1.2$ για το z2.

Οι αντίστοιχοι λόγοι για τις μετρήσεις που έγιναν εκτός θερμοκηπίου είναι: $\zeta_o \approx 1.3$, $\zeta_o^* \approx 1.26$, $\mathbf{B:R}_o \approx 1.07$, $\mathbf{B:FR}_o \approx 1.37$, $\mathbf{P:T}_o \approx 0.59$, $\mathbf{P:N}_o \approx 1.43$.

Σύγκριση των διαφορών της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων:

Μεταξύ των δύο θερμοκηπίων διαφορές εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή της UVA. Οι διαφορές αυτές ισχύουν και για τον διαμήκη άξονα των θερμοκηπίων (θέσεις 1,2,3), της τάξης του 60-70% και για τον εγκάρσιο άξονα, (θέσεις 4,2,5). Μάλιστα η σύγκριση που αφορά τον εγκάρσιο άξονα έδωσε τη μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων στη δυτική θέση (θέση 5), η οποία σημειωτέον είναι ελεύθερη γειτνιαζουσών επιφανειών και για τα δύο θερμοκήπια. Συγκεκριμένα στη θέση αυτή η διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων είναι μεγαλύτερη, (80%), στο επάνω επίπεδο και ουδέτερη στο άνοιγμα των παραθύρων, ενώ στο κάτω επίπεδο η διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκηπίων είναι της τάξης του 80% με κλειστά παράθυρα και 70% με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το άνοιγμα των παραθύρων. Στην ανατολική θέση, (θέση 4), η εικόνα της σύγκρισης των θερμοκηπίων δεν είναι σαφής γιατί όπως προαναφέρθηκε η θέση αυτή στο μάρτυρα, επηρεάζεται από το τρίτο θερμοκήπιο. Παρόλα αυτά και στη θέση αυτή ο μάρτυρας εμφανίζει αυξημένη περατότητα από το UV-blocking θερμοκήπιο κατά 20%.

Στην περιοχή της μπλε και της PAR, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων όταν τα παράθυρα είναι κλειστά και στα δύο επίπεδα, (z1 και z2). Όταν ανοίγουν τα παράθυρα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων εκτός από τη θέση 1 που είναι θέση χαμηλής περατότητας και τη θέση 4 που για το μάρτυρα έχει τιμές που επηρεάζονται από το γειτονικό θερμοκήπιο. Οι διαφορές είναι μεγαλύτερες στο κάτω επίπεδο σε σχέση με το πάνω, καθώς και στο κέντρο των θερμοκηπίων. Στη περιοχή της μπλε στο κάτω επίπεδο η διαφορά μεταξύ των θερμοκηπίων είναι της τάξης 15-30%, ενώ για

το επάνω επίπεδο 16-23%. Στην περιοχή της PAR στο κάτω επίπεδο η διαφορά είναι 25-50% και στο επάνω επίπεδο 20-35%.

Στις θέσεις του επάνω επιπέδου το θερμοκήπιο 2 παρουσιάζει υψηλότερες τιμές περατότητας στη μπλε και στην PAR σε σχέση με το μάρτυρα, (θερμοκήπιο 1). Στο κάτω επίπεδο το θερμοκήπιο 2 έχει μεγαλύτερες τιμές περατότητας μόνο στο διαμήκη άξονα ενώ στη θέση 5, δίπλα στο δυτικό παράθυρο, μεγαλύτερη περατότητα παρουσιάζει ο μάρτυρας, (θερμοκήπιο 1).

Η τάση μείωσης των διαφορών της περατότητας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων ανάλογα με την κατάσταση και το επίπεδο είναι:

Ανοικτά παράθυρα, z1> Ανοικτά παράθυρα, z2> Κλειστά παράθυρα, z1> Κλειστά παράθυρα, z2.

Όσον αφορά την ποιότητα του φωτός μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των παραμέτρων που το χαρακτηρίζουν.

Οι λόγοι που μετρήθηκαν και σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός είναι: : $\zeta_i \approx 1.2$, $\zeta_i^* \approx 1.2$, $\mathbf{B:R}_i \approx 0.9$, $\mathbf{B:FR}_i \approx 1$, $\mathbf{P:T}_i \approx 0.55$, $\mathbf{P:N}_i \approx 1$ για το z1 και $\mathbf{P:N}_i \approx 1.2$ για το z2.

Οι αντίστοιχοι λόγοι για τις μετρήσεις που έγιναν εκτός θερμοκηπίου είναι: $\zeta_o \approx 1.27$, $\zeta_o^* \approx 1.27$, $\mathbf{B:R}_o \approx 1.1$, $\mathbf{B:FR}_o \approx 1.38$, $\mathbf{P:T}_o \approx 0.59$, $\mathbf{P:N}_o \approx 1.42$.

Σύγκριση των μεταβολών της περατότητας κατά μήκος των δύο αξόνων των θερμοκηπίων (διαμήκη και εγκάρσιο):

Στο **διαμήκη άξονα**, σε όλα τα φάσματα, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των θέσεων στα δύο θερμοκήπια, καθώς και σε κάποια κατάσταση, (ανοικτά κλειστά). Όμως οι τιμές της περατότητας που μετρήθηκαν στο πάνω επίπεδο, (z2), ήταν μεγαλύτερες από αυτές του κάτω, (z1). Η περατότητα στον άξονα αυτό στη UVA, στο μάρτυρα (θερμοκήπιο2), είναι 25% στο z1 και 35% στο z2, ενώ για το θερμοκήπιο με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα, (θερμοκήπιο 2), είναι 9% στο z1 και 11% στο z2. Οι αντίστοιχες τιμές περατότητας στις άλλες δύο περιοχές του φάσματος είναι για τη μπλε 45% στο z1 και 60% στο z2 για το θερμοκήπιο 1 και 47% στο z1 και 57% στο z2 για το θερμοκήπιο 2. Για την PAR οι τιμές της περατότητας είναι 50% στο z1 και 60-70% στο z2 για το θερμοκήπιο 1 και 56% στο z1 και 65% στο z2 για το θερμοκήπιο 2.

Στο θερμοκήπιο με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα, (θερμοκήπιο 2), οι τιμές της περατότητας κατά μήκος του **εγκάρσιου άξονα**, στην περιοχή της UVA μειώνονται από την ανατολική προς τη δυτική θέση του άξονα, σε όλες τις

καταστάσεις, (ανοικτά-κλειστά παράθυρα) και στα δύο επίπεδα, (z_1 και z_2). Η περατότητα κυμαίνεται από 8-18%.

Η παρουσία της καλλιέργειας άλλαξε την κατανομή της περατότητας του εγκάρσιου άξονα στη μπλε και την PAR περιοχή, όταν τα παράθυρα του θερμοκηπίου ήταν κλειστά. Δηλαδή ενώ όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά, παρατηρείται η ίδια τάση μείωσης των τιμών της περατότητας από την ανατολική στη δυτική θέση, που παρατηρήθηκε χωρίς την καλλιέργεια, με το κλείσιμο των παραθύρων συμβαίνουν τα εξής:

- i) στο επάνω επίπεδο οι τιμές της περατότητας του εγκάρσιου άξονα είναι μεγαλύτερες στη δυτική θέση απ' ό τι στην ανατολική, δηλαδή παρατηρείται το φαινόμενο του πλαϊνού τοίχου, στην ανατολική πλευρά, (Wang and Boulard, 2000), και
- ii) στο κάτω επίπεδο οι τιμές της περατότητας εμφανίζονται μεγαλύτερες στο κέντρο και μειώνονται συμμετρικά εκατέρωθεν αυτού, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Tourdonet, et al., (2001) και Wang and Boulard, (2000), για την κατανομή της περατότητας στον εγκάρσιο άξονα.

Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα, μηδενίζει την επίδραση της κόμης των φυτών στην κατανομή της ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο, γιατί μόνο όταν τα παράθυρα είναι κλειστά η φυτική μάζα της κόμης αλλάζει την κατανομή της ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο. Όταν ανοίγουν τα παράθυρα η κατανομή παραμένει η ίδια με ή χωρίς καλλιέργεια.

Σύγκριση περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων z_1 και z_2 :

Η ύπαρξη της καλλιέργειας δημιούργησε διαφοροποίηση των τιμών της περατότητας μεταξύ των δύο επιπέδων, δηλαδή προέκυψαν σε όλες τις θέσεις, μεγαλύτερες τιμές της περατότητας στο πάνω επίπεδο, (z_2), όπως ήταν αναμενόμενο, διότι οι θέσεις του κάτω επιπέδου, (z_1), σκιάζονται από τα φυτά. Η διαφορά στην περατότητα μεταξύ των δύο επιπέδων ήταν 20-30%.

3. Κοινά αποτελέσματα της κατανομής της περατότητας στο θερμοκήπιο ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή όχι της καλλιέργειας.

Σε όλες τις περιπτώσεις βρέθηκε ότι η περατότητα στη μπλε είναι μικρότερη από την περατότητα στην PAR. Βρέθηκε επίσης ότι το σχήμα του πειραματικού θερμοκηπίου και η κλίση του διαμήκη άξονα συμμετρίας με τον άξονα Βορρά-Νότου, δημιουργεί μεταβολή των τιμών της περατότητας μόνο στον εγκάρσιο άξονα του θερμοκηπίου, με τις τιμές να μειώνονται προς τη δυτική θέση. Η σχέση αυτή δημιουργείται λόγω της φυσικής κατανομής

της ακτινοβολίας γιατί ισχύει σε όλες τις μετρήσεις χωρίς την καλλιέργεια και με την καλλιέργεια ισχύει μόνο στην περίπτωση κατά την οποία τα παράθυρα ήταν ανοικτά, οπότε διεισδύει ακτινοβολία από τα παράθυρα και αμβλύνει τις επιπτώσεις που δημιουργούν στην κατανομή της ακτινοβολίας οι αλληπάλληλες αντανακλάσεις στην κόμη των φυτών. Η ύπαρξη της φυλλικής επιφάνειας τροποποιεί την κατανομή της περατότητας στον εγκάρσιο άξονα. Στο μεν κάτω επίπεδο έχει τη μεγαλύτερη τιμή στο κέντρο και συμμετρική μείωση εκατέρωθεν, στο δε πάνω επίπεδο η ζώνη τιμών υψηλής περατότητας εμφανίζεται δυτικά.

Επίσης η είσοδος της εξωτερικής ακτινοβολίας από τα ανοίγματα των παραθύρων επηρεάζει κυρίως την περιοχή της UVA, στις θέσεις κοντά στα παράθυρα, (θέσεις 4 και 5), στο ύψος της βάσης των παραθύρων, (z1). Στο μάρτυρα μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη θέση 4 δίπλα στο ανατολικό παράθυρο, ενώ στο θερμοκήπιο με το απορροφητικό στην υπεριώδη ακτινοβολία κάλυμμα, στη θέση 5. Δηλαδή και στα δύο θερμοκήπια επηρεάζεται περισσότερο η θέση χαμηλής περατότητας του εγκάρσιου άξονα. Οι διαφορές που παρατηρούνται στη μπλε και στη PAR, από την είσοδο της εξωτερικής ακτινοβολίας είναι μικρές, της τάξης του 10-15%. Όσον αφορά την ποιότητα του φωτός, το άνοιγμα των παραθύρων δεν προκάλεσε τροποποίηση στις τιμές των παραγόντων που το χαρακτηρίζουν.

Διαφορές στην περατότητα μεταξύ των δύο θερμοκηπίων βρέθηκαν κυρίως στην περιοχή της UVA, με το μάρτυρα να εμφανίζει αυξημένη περατότητα σε ποσοστό της τάξης του 55-75% και τις μεγαλύτερες διαφορές να παρατηρούνται στη θέση 5 δίπλα στο δυτικό παράθυρο. Στις περιοχές της μπλε και της PAR, απουσία καλλιέργειας, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων, ενώ παρουσία καλλιέργειας δεν βρέθηκαν διαφορές στην περίπτωση όπου τα παράθυρα των θερμοκηπίων ήταν κλειστά. Επίσης δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκηπίων στους παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτός.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aderws, r.a., Bailey, B.J. and Cotton, R.F., 1982. The effect on glasshouse light transmission of covering the walls and floor with plastics materials. Div. Note DN/1122. Nut. Inst. Agri. Eng. Silsoe 12pp.
- Amsen M.G., A simple method to calculate improvements of diffuse light distribution in detached greenhouses, Acta Hort. 174 (1985) 105–109.
- Aphalo P.J. 2001 Light signals and the growth and development of plants – a gentle introduction. <http://cc.joensuu.fi/photobio/pdf/notes1.pdf>
- Assouline S., Tavares-Filho J., Tessier D., Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling, Soil Sci. Soc. Am. J. 61 (1997) 390–398.
Bagnall D J., King R W., Whitelam G C., Boylan M T., Wagner D., and Quail P H., Flowering responses to altered expression of phytochrome in mutants and transgenic lines of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Plant Physiol. 1995 August; 108(4): 1495–1503.
- Baille A., Gary C., Sebillotte M., Modèles explicatifs et modèles pour la décision et l'action : le cas spécifique des cultures sous serre et abri, in: Actes du séminaire de l'AIP intersectorielle « Serres », INRA, Alénia, 1996, pp. 2–17.
- Baille A., Tchamitchian M., Solar radiation in greenhouses, in: Crop structure and light environment, INRA, Saumane, France, 1991, pp. 51–62.
- Ballaré C. L., Barnes P.W. & Flint S. D. 1995. Inhibition of hypocotyl elongation by ultraviolet- B radiation in de-etiolating tomato seedlings. 1. The photoreceptor. – *Physiologia Plantarum* 93: 584–592.
- Baytorun, N.; Abak, K.; Tokgoz, H.; Altuntas, O., 1994. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. Acta Horticulturae 366, 125-132.
- Ben Asher J., Ayars J.E., Deep seepage under non-uniform sprinkler irrigation. II- Field data, J. Irrig. Drain. Eng. 116 (1990) 363–373.
- Bhatti, A.U., D.J. Mulla, F.E. Koehler, and A.H Ghurnami. 1991. Identifying and removing spatial correlation from yield experiments Soil Sci. Soc Amer. J. 55:1523-1528.
- Binns, M.R. 1982. The choice of plot size in randomized block experiments. J. Amer. Soc. Hort. Soc. 107:17-19.
- Bot G.P.A., 1983. Greenhouse climate from physical processes to dynamic model, Ph.D Thesis. Agricultural University Wageningen, Netherlands, 240pp.
- Caldwell M., Flint S. 1994. Stratospheric ozone reduction, Solar UV-B radiation and terrestrial ecosystems. Climatic Change: 28: 375-394. (1994 Kluwer Academic Publishers.)
- Campell, J.B. 1978. Spatial variation of sand content and PH within single contiguous delineations of two soil mapping units. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:460-464.
- Casal, J.J., Sanchez R.A. and Gibson D., 1990. The significance of changes in the red/far-red ratio, associated with either neighbour plants or twilight, for tillering in *Lolium Multiflorum* Lam. New Phytol. 116 :565-572.
- Casal J.J and Smith H., 1989a. The function, action and adaptive significance of phytochrome in light grown plants. Plant, Cell and Environment, 12:855-862.
- Cockshull, K.E; Graves C.J.; Cave R.J., 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. Journal of Horticulture Science, 67, 11-24.
- Coulon E., Bruand A., Effects of compaction on the pore space geometry in sandy soils, Soil Tillage Res. 15 (1989) 137–152.
- Cochran, W.G. and C. Cox 1957. Experimental designs. 2nd ed. Wiley, New York.
- Cressie, N.A.C. 1993. Statistics for spatial data. Wiley, New York.

- Critten, D.L., 1983. A computer model to calculate the daylight integral and transmissivity of a greenhouse. *J. Agric Eng. Res.* 28:61-76.
- Critten D.L., 1983. The evaluation of a computer model to calculate the daily light integral and transmissivity of a greenhouse, *J. Agric. Eng. Res.* 28 545–563.
- Critten D.L., 1988. Direct sunlight losses in north-south aligned multi-span greenhouses with symmetric roofs at UK latitudes, *J. Agric. Eng. Res.* 40 (1988) 71–79.
- Critten, D.L., 1989 Light transmission into greenhouses. *In: Engineering and Economic Aspects of Energy Saving in Protected Cultivation. Acta Horti.* 245: 377-385.
- Critten D.L., 1993. A review of the light transmission into greenhouse crops, *Acta Hort.* 328, 9–31.
- Day, W., Bailey B.J., 1999. Physical principles of microclimate modification. *Ecosystems of the world. Greenhouse ecosystems.* Elsevier, pp: 71-100.
- Denis, P.; Dumont, M.; Fourcy, A. and J. Damagnez. *Les Cultures Sous Abri a L'Heure Economies d'Energie*, Report CFA-R-4956, Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, 1978.
- E.C Weatherhead Ultraviolet Radiation. www.srrb.noaa.gov/UV/ENCYCLOPEDIA_1.pdf
- Gates D.M., 1966. Spectral distribution of solar radiation at earth's surface. *Science*, 151, 3710 :523-529.
- Giacomelli, G.A, 1998. Components of Radiation Defined: Definition of Units, Measuring Radiation Transmission, Sensors. *Greenhouse Glazing & Solar Radiation Transmission Workshop.*
- Giacomelli G.A, Roberts W. 1993. Greenhouse Covering Systems. *ASHS HortTechnology Journal.* <http://ag.arizona.edu/ceac/research/archive/HortGlazing.pdf>
- Giacomelli, G.A., K.C. Ting and S. Panigrahi, 1988. Solar PAR vs. solar total radiation transmission in greenhouse. *Transactions of the ASAE* 31(5):15401543.
- Graham E.D., Dube P.A., Phenix M., Measurement of natural irradiance in greenhouses: the effect of averaging period and number of sensors on measurement reliability, *Biotronics* 19 (1990) 83–91.
- Grant, R. H., 1993. Ultraviolet solar radiation: characterization and canopy distribution. *Crop structure and light microclimate. Characterization and applications.*
- Hadley P., Fletcher M. J. 2002. Developments in novel plastic films designed for greenhouse cladding. UK Controlled environment users' group. Scientific Meeting. Summaries of papers. <http://www.biology.leeds.ac.uk/school/societies/ceug/proceedings/proceedings02.htm>
- Haining, R.P. 1988. Estimating spatial means with an application to remotely sensed data. *Comm. In Statistics. Theory and Methods.* 17:537-597.
- Horwitz B. A. & Berrocal, T G. M. 1997. A spectroscopic view of some recent advances in the study of blue light photoreception. – *Botanica Acta* 110(5): 360–368.
- Hughes, J.E., Morgan D.C., Lambton P.A., Black C.R. and Smith H., 1984. Photoperiodic time signals during twilight. *Plant, Cell and Environment*, 7:269-277.
- Irrigation. II- Field data, *J. Irrig. Drain. Eng.* 116 (1990) 363–373.
- Jenkins G. I. 1997. UV and blue light signal transduction in Arabidopsis. – *Plant, Cell and Environment* 20: 773–778.
- Kendrick, R.E. and G.H.M. Kronenberg (eds.). 1986. *Photomorphogenesis in plants.* Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands.
- Kirsten, W., 1973. Die natürliche Einstrahlung in Gewachshäuser in Abhängigkeit von Deren Fullstoffes, *Doctoral Thesis. Universität Hannover.*
- Krizek, D.T. Influence of PAR and UVA in determining plant sensitivity and photomorphogenic responses to UVB radiation. *Photochemistry and Photobiology.* 79, 4: 307-315.

- Kittas C., Baille A., 1998, Determination of the spectral properties of several greenhouse cover materials and evaluation of specific parameters related to plant response. . J. Agric. Engng Res 71, 193-202.
- Kittas C., Baille A., Giaglaras P. 1999, Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. J. Agric. Engng Res. 73, 341-351.
- Κίττας Κ. 2000. Θερμοκήπια. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Kozai, T., Gourdian, I. and Kimura. M., 1978. Light Transmission and Photosynthesis in Greenhouses, Simulation Monograph. Dudoc Wageningen.
- Kurata K., Quan Z., Nunomura O., Optimal shapes of parallel East-West oriented single-span tunnels with respect to direct light transitivity, J. Agric. Eng. Res. 48 (1991) 89–100.
- Maas F. M.; Bakx, E. J., 1995. Effects of light on growth and flowering of Rosa Hybrida “Mercedes”. Journal of the American Society for horticultural Science, 120, 571-576.
- Mortensen, L. M.; Stormme E. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Horticulturae, 33, 27-36.
- McCartney H.A and Unsworth M.H., 1976. A spectroradiometer for measuring the spectral distribution of radiation on plant canopies. *In* Light as an ecological factor II. Eds. G. C. Evans, R. Bainbridge and Rackhman. Blackwell Sci. Pub., pp.565-568.
- McCree K.J., 1974. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis crop plants. Agricultural Meteorology, 9, 191-216.
- Mondal M.F., Brewster J.L., Morris G.E.L. and Butler H.A., 1986. Bulb development in onion (*Allium cepa* L.). III. Effects of size of adjacent plants, shading by neutral and leaf filters irrigation and nitrogen regime and relationship between red/far-red spectral ratio in the canopy and leaf area index. Ann. Bot., 58:207-219.
- Nijskens J., Deltour J., Coutisse S., Nisen A., 1985 Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses, Agric. For. Meteorol. 35 229–242.
- Nisen, A., 1969. L’ eclairement Naturel des Sarres. Edition I. Duclot S.A., Gembloux.
- Parisi A. V. and Wong F. C. J., The erythermal ultraviolet exposure for humans in greenhouses, Phys. Med. Biol. 42 (1997) 2331-2339.
- Parks B., Folta K. and Spalding E., Photocontrol of stem growth Plant Biology Volume 4, Issue 5, 1 October 2001, Pages 436-440.
- Popovski K., Greenhouse climate factors, Faculty of Technical Sciences, Bitola University, Bitola, Macedonia.
- Rajapakse N. C.; Kelly J. W., 1992. Regulation of the American Society of Horticulture Science, 117, 481-485.
- Reuveni, R; Raviv, M., 1997. Manipulation of light for the management of foliar pathogens of greenhouse crops. Paper presented at International Congress for Plastics in Agriculture. March 9-14, Tel Aviv, Israel. (Proceedings, pp.269-281).
- Schulze, L., 1954. Die Einstrahlung natürlichen Lichts in Gewachshauer, Doctoral Thesis, Universität Hannover.
- Sengbusch Peter v. - b-online@botanik.uni-hamburg.de
- Smith, H. , 1982. Light quality, photoreception and plant strategy. Annual Review of plant Physiology, 33, 481-518.
- Szeicz, G., 1974. Solar radiation for plant growth. Journal applied ecology, 11, 617-636.
- Srivastava D., 2004. Study of aging characteristics of ternary blends of polyethylenes-II. Journal of Polymers and the Environment. 12. 27-33.
- Stoffers I.A., 1967. Lichdoorlatendheid van met flanke materialen bedeckte warenhuizen. IMAG Wageningen, Publicatie, Nr. 14.
- Ting K.C and G.A. Gianomelli, 1987a. Availability of solar photosynthetically active radiation. Transactions of the ASAE 30(5): 1453-1457.

- Tourdonet S., Meynard J-M, Lafolie F, Jean Roger-Estrade J., Jacques Lagier J., Seiollotte M., 2001, Non-uniformity of environmental conditions in greenhouse lettuce production increases the risk of N pollution and lower product quality. *Agronomie* 21, 297-309.
- Trangmar, B.B., R.S. Yost, and G. Uehara. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.* 38:45-91.
- Vakalounakis D.J., 1991. Control of early blight of greenhouse tomato caused by *alternaria solani*, by inhibiting sporulation with ultraviolet-absorbing vinyl film *Plant Disease*, 75, 799-7.
- van de Kieboom, A., 1984. *Stralings eigenschappen van Kasbedekkingsmaterialen en constructies*. IMAG Wangeningen
- Varlet-Grancher C., 1975. Variation et estimation de l'énergie d'origine solaire reçue sur des plans d'inclinaison et d'azimut variables. *Ann agron.*, 26: 245-264.
- Wang S., Boulard T., Measurement and prediction of solar radiation distribution in full scale greenhouse tunnels, *Agronomie* 20 (2000) 41–50.
- Winic Daniel, Impact of light wavelength on photosynthetic rate in *arabidopsis thaliana*, 2000.
- World Meteorological Organization Scientific Assessment of Ozone Depletion, 1998.
- www.sunflower.bio.indiana.edu/~rhangart/courses/b373/lecturenotes/photomorph/photomorph1.html
- www.wcrl.ars.usda.gov/.../pbresearch.html
- www.skyeinstruments.com
- Yirdaw E. and Leinonen K. Seed germination responses of four afro-montane tree species to red/far-red ratio and temperature *Forest Ecology and Management* Volume 168, Issues 1-3 , 1 September 2002, Pages 53-61.
- Zhang, Y.; Gauthier, L.; de Halleux, D.; Dansereau, B.; Gosselin, A., 1996. Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 82. 227-244.

Παράρτημα

1. Θερμοκρασία στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

Στον πίνακα 70 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές θερμοκρασίας ημέρας, νύκτας και εικοσιτετραώρου, (σε °C), για τους μήνες Απρίλιο έως Ιούλιο. Επισημαίνεται ότι ο διαχωρισμός της ώρας μεταξύ ημέρας και νύκτας έγινε σύμφωνα με την ώρα ανατολής και δύσης του ήλιου.

Πίνακας 70. Μέσες θερμοκρασίες ημέρας, νύκτας και εικοσιτετραώρου, σε °C, στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

	GH-1 (Td1)			GH-2 (Td2)			Εξωτερική (Td0)		
	Ημέρας	Νύκτας	24- ώρου	Ημέρας	Νύκτας	24- ώρου	Ημέρας	Νύκτας	24- ώρου
<i>Απρίλιος</i>	19,64	16,13	17,97	15,17	12,12	13,64	14,40	10,68	12,54
<i>Μάιος</i>	23,81	18,3	21,06	23,31	19,06	21,19	21,70	16,51	19,11
<i>Ιούνιος</i>	29,38	22,32	26,02	28,54	21,86	25,37	28,80	21,69	25,25
<i>Ιούλιος</i>	32,81	23,73	28,27	31,72	23,38	27,55	29,26	23,33	26,30

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι στο θερμοκήπιο 2 παρουσιάζονται μικρότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το θερμοκήπιο 1. Πρέπει να εξακριβωθεί αν οι διαφορές που παρουσιάζονται είναι στατιστικώς σημαντικές και αν οφείλονται στο υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων ή σε άλλους παράγοντες, όπως στη φυλλική επιφάνεια των φυτών, σε διαφορές στο σύστημα θέρμανσης, στον αερισμό των θερμοκηπίων κ.λ.π.

1.1 Σύγκριση μέσων όρων των τιμών θερμοκρασίας.

Στους πίνακες 71, 72, 73 και 74 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων των μέσων όρων θερμοκρασίας για τους μήνες Απρίλιο έως Ιούλιο.

Πίνακας 71. Σύγκριση μέσων όρων των τιμών θερμοκρασίας για τον μήνα Απρίλιο.

<i>Απρίλιος</i>	<i>Ημέρα n=5(μέρες)</i>	<i>Νύκτα n=5(μέρες)</i>	<i>24ωρο n=5(μέρες)</i>
<i>Td0</i>	14,4a	10.68c	12.54e
<i>Td1</i>	19.64b	16.13d	17.97f
<i>Td2</i>	15.17a	12.12c	13.64e
<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05

Από τον πίνακα 71 παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των εξωτερικών τιμών θερμοκρασίας και αυτών του θερμοκηπίου 2. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε αστοχία του συστήματος θέρμανσης ή στο μικρό δείγμα τιμών για τον μήνα αυτό. Αντίθετα στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των εξωτερικών τιμών θερμοκρασίας και αυτές του θερμοκηπίου 1, καθώς και μεταξύ των τιμών θερμοκρασίας των δύο θερμοκηπίων.

Πίνακας 72. Σύγκριση μέσων όρων των τιμών θερμοκρασίας για τον μήνα Μάιο

<i>Μάιος</i>	<i>Ημέρα n=15(μέρες)</i>	<i>Νύκτα n=15(μέρες)</i>	<i>24ωρο n=15(μέρες)</i>
<i>Td0</i>	21,70a	16,51c	19,11e
<i>Td1</i>	23,81ab	18,30d	21,06f
<i>Td2</i>	23,31b	19,06d	21,19f
<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05

Από τον πίνακα 72 παρατηρείται ότι παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των εξωτερικών τιμών θερμοκρασίας και αυτών των θερμοκηπίων 1 και 2. Δεν παρουσιάζονται διαφορές όσον αφορά τη θερμοκρασία μεταξύ των δύο θερμοκηπίων.

Πίνακας 73. Σύγκριση μέσων όρων των τιμών θερμοκρασίας για τον μήνα Ιούνιο.

<i>Ιούνιος</i>	<i>Ημέρα n=24(μέρες)</i>	<i>Νύκτα n=24(μέρες)</i>	<i>24ωρο n=24(μέρες)</i>
<i>Td0</i>	28,80a	21,69c	25,25e
<i>Td1</i>	29,38b	22,32c	26,02f
<i>Td2</i>	28,54ab	21,86c	25,37ef
<i>Sig.</i>	<0.05	0.279	<0.05

Τον Ιούνιο στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μόνο μεταξύ των εξωτερικών τιμών θερμοκρασίας και των τιμών θερμοκρασίας του θερμοκηπίου 1, κατά τη διάρκεια της ημέρας και του 24ώρου. Δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών θερμοκρασίας των δύο θερμοκηπίων.

Πίνακας 74. Σύγκριση μέσων όρων των τιμών θερμοκρασίας για τον μήνα Ιούλιο.

<i>Ιούλιος</i>	<i>Ημέρα n=14(μέρες)</i>	<i>Νύκτα n=14(μέρες)</i>	<i>24ωρο n=14(μέρες)</i>
<i>Td0</i>	29,26a	23,33c	26,30e
<i>Td1</i>	32,81b	23,73c	28,27f
<i>Td2</i>	31,72b	23,38c	27,55ef
<i>Sig.</i>	<0.05	0.809	<0.05

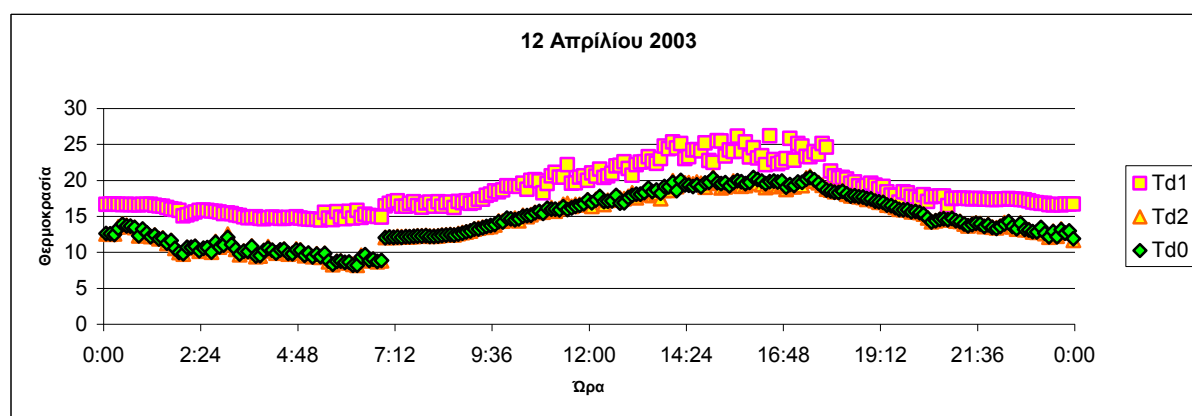
Κατά τον μήνα Ιούλιο στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στις θερμοκρασίες ημέρας μεταξύ των εξωτερικών τιμών και αυτών των θερμοκηπίων 1 και 2, καθώς και στις τιμές των τιμών θερμοκρασίας του 24ώρου μεταξύ των εξωτερικών τιμών και αυτών του θερμοκηπίου 1. Μεταξύ των δύο θερμοκηπίων δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Συνολικά τα δύο θερμοκήπια δεν παρουσιάζουν διαφορές στην θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό τους. Όπως παρουσιάστηκε στους παραπάνω πίνακες διαφορές παρουσιάζονται μόνο κατά το μήνα Απρίλιο, που όπως αναφέρθηκε οφείλεται σε αστοχία του συστήματος θέρμανσης του θερμοκηπίου 2 ή στο μικρό δείγμα τιμών.

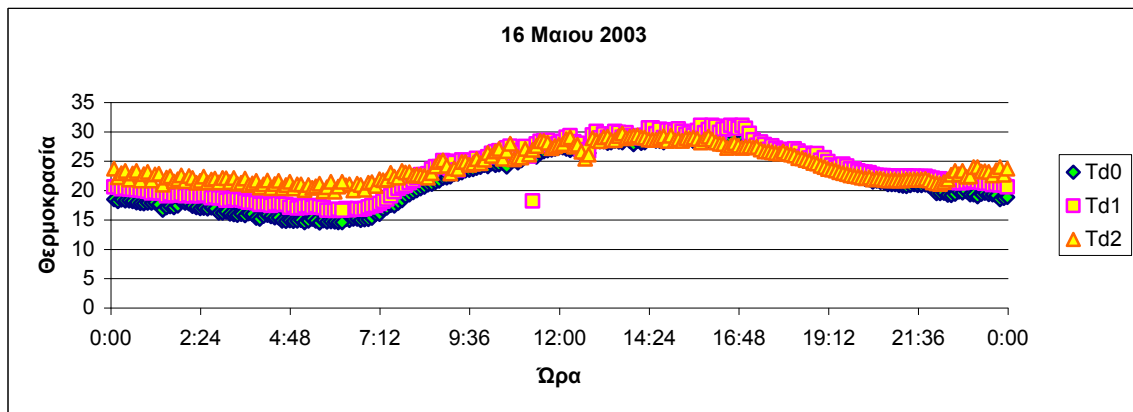
Επίσης κατά τους μήνες Μάιο έως Ιούλιο η εξωτερική θερμοκρασία παρουσιάζει τιμές άνω των 23°C με αποτέλεσμα τα παράθυρα των θερμοκηπίων είναι ανοικτά. Το γεγονός αυτό έχει ως επακόλουθο η εξωτερική θερμοκρασία να επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την θερμοκρασία στο εσωτερικό των δύο θερμοκηπίων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές θερμοκρασίας.

1.2 Παρουσίαση των μεταβολών της θερμοκρασίας.

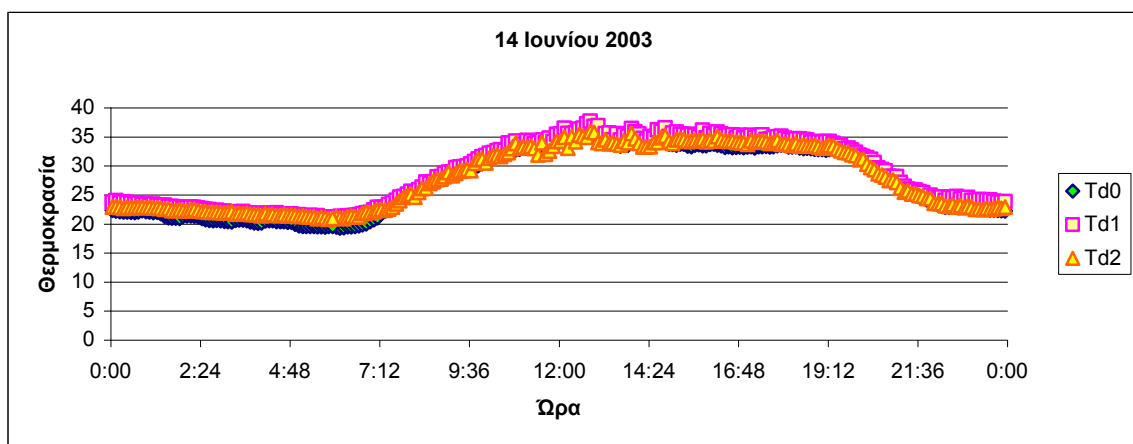
Στα γραφήματα 27, 28, 29 και 30 παρουσιάζεται η πορεία της μεταβολής της θερμοκρασίας στα δύο θερμοκήπια, καθώς και έξω από αυτά κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, σε ημερομηνία αντιπροσωπευτική του κάθε μήνα.



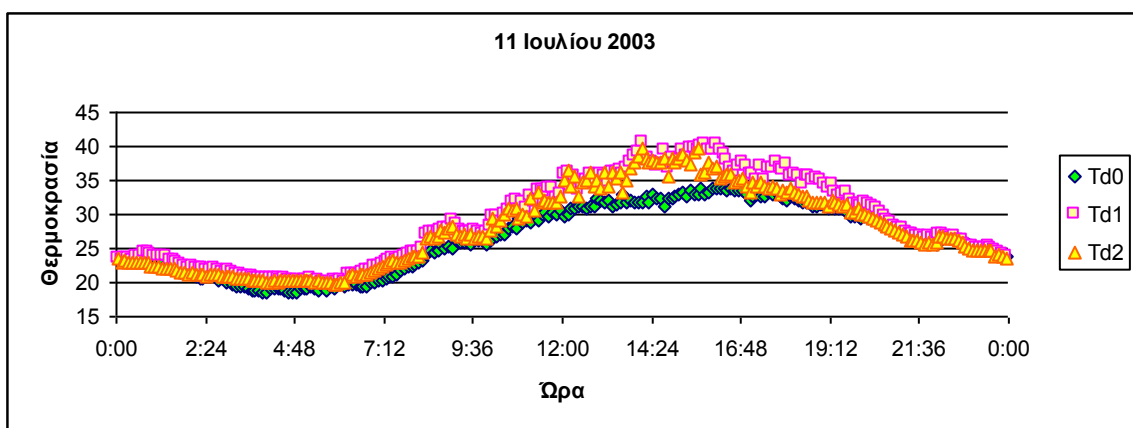
Γράφημα 27. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 12/4/2003 κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Γράφημα 28. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 16/5/2003 κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Γράφημα 29 Μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 14/6/2003 κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Γράφημα 30 Μεταβολή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό των θερμοκηπίων στις 11/7/2003 κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Η θερμοκρασία στα δύο θερμοκήπια παρουσιάζει την ίδια τάση μεταβολής, ενώ οι τιμές της διαφέρουν λιγότερο τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο. Η διαφορά είναι μεγαλύτερη τον μήνα Απρίλιο. Επίσης για τον ίδιο μήνα η εξωτερική θερμοκρασία, (Td0), παρουσιάζει σχεδόν πανομοιότυπες τιμές με τις τιμές θερμοκρασίας για το θερμοκήπιο 2, γεγονός που οφείλεται σε αστοχία του συστήματος θέρμανσης.

Στον πίνακα 75 παρουσιάζονται οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας για τα δύο θερμοκήπια, δηλαδή μέγιστες, (κατά τη διάρκεια της ημέρας), και ελάχιστες, (κατά τη διάρκεια της νύκτας).

Πίνακας 75. Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των θερμοκηπίων.

	Μέγιστη θερμοκρασία ημέρας		Ελάχιστη θερμοκρασία νύκτας	
	<i>GH-1</i>	<i>GH-2</i>	<i>GH-1</i>	<i>GH-2</i>
<i>Απρίλιος</i>	26,54	22,34	14,44	6,56
<i>Μάιος</i>	32,99	32,49	13,59	12,97
<i>Ιούνιος</i>	41,15	40,49	17,97	17,71
<i>Ιούλιος</i>	45,57	44,2	17,55	18,43

Η φωτοσύνθεση αρχίζει να μειώνεται μετά τους 35-40⁰C, (www.wcrl.ars.usda.gov/./pbresearch.html). Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία έφτασε σε ακραία για τη φωτοσύνθεση των φυτών όρια κατά τον μήνα Ιούλιο. Όμως η καλλιεργητική περίοδος έφτανε προς το τέλος της, έτσι οι ακραίες θερμοκρασίες δεν επηρεάζουν σημαντικά την καλλιέργεια.

2. Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών.

Στον πίνακα 76 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές ελλείμματος κορεσμού υδρατμών ημέρας, νύκτας και εικοσιτετραώρου για τους μήνες Απρίλιο έως Ιούλιο.

Πίνακας 76. Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων σε ΚΡα.

Πίνακας 76α.

Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών σε ΚΡα			
Απρίλιος	Ημέρα n=6(μέρες)	Νύκτα n=6(μέρες)	24ωρο n=6(μέρες)
<i>GH1</i>	0,97a	0,51c	0,74e
<i>GH2</i>	0,55b	0,25d	0,40f
<i>Sig.</i>	<0.05	<0.05	<0.05

Πίνακας 76β.

Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών σε ΚΡα			
Μάιος	Ημέρα n=16(μέρες)	Νύκτα n=16(μέρες)	24ωρο n=16(μέρες)
<i>GH1</i>	1,85a	0,32c	1,08e
<i>GH2</i>	1,14b	0,31c	0,72f
<i>Sig.</i>	<0.05	0.845	<0.05

Πίνακας 76γ.

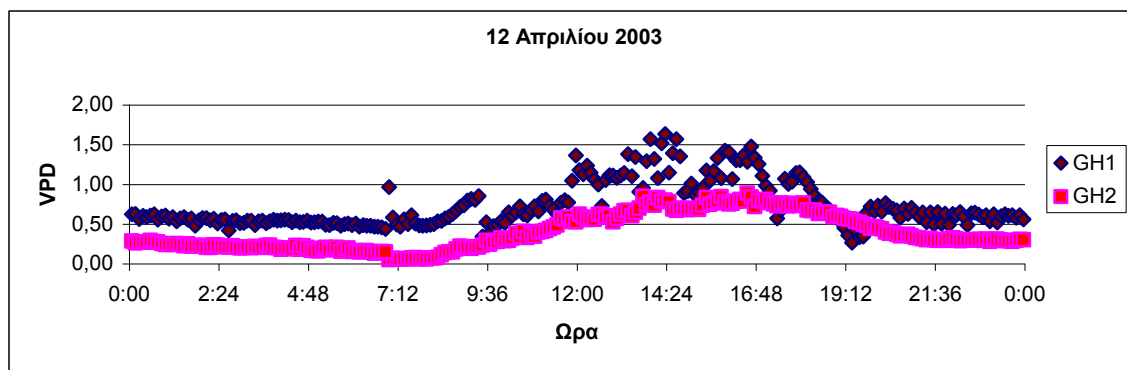
Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών σε ΚΡα			
Ιούνιος	Ημέρα n=30(μέρες)	Νύκτα n=30(μέρες)	24ωρο n=30(μέρες)
<i>GH1</i>	1,94a	0,78c	1,36e
<i>GH2</i>	1,56b	0,69c	1,13f
<i>Sig.</i>	<0.05	0.427	<0.05

Πίνακας 76δ.

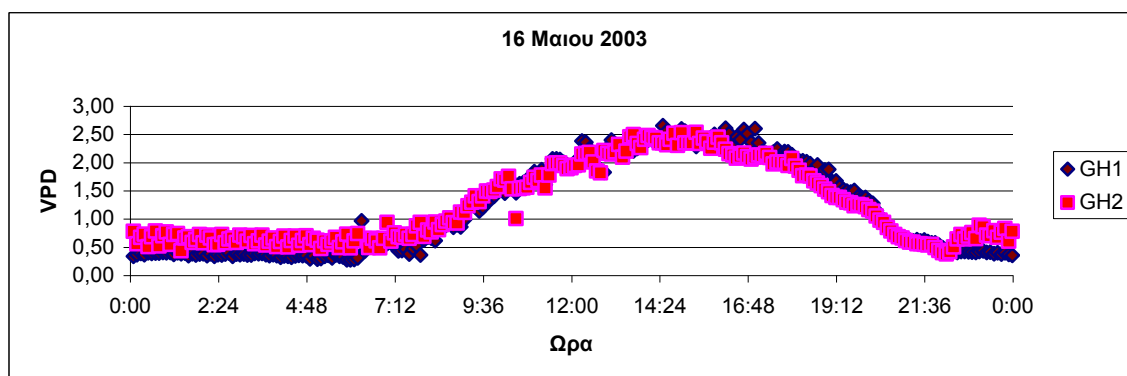
Έλλειμμα κορεσμού υδρατμών σε ΚΡα			
Ιούλιος	Ημέρα n=14(μέρες)	Νύκτα n=14(μέρες)	24ωρο n=14(μέρες)
<i>GH1</i>	1,32a	0,97c	1,15e
<i>GH2</i>	1,20a	0,94c	1,07e
<i>Sig.</i>	0.670	0.917	0.737

Παρατηρείται ότι για όλους τους μήνες, το θερμοκήπιο 1 παρουσιάζει σταθερά μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το 2. Κατά τη διάρκεια της ημέρας οι διαφορές στο έλλειμμα κορεσμού υδρατμών είναι στατιστικώς σημαντικές για όλους τους μήνες εκτός από τον Ιούλιο. Οι διαφορές αυτές πιθανόν να οφείλονται στη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια που ανέπτυξαν τα φυτά του θερμοκηπίου 2, καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, όπως μετρήθηκε σε εργασία που έγινε στα πλαίσια πτυχιακής διατριβής τη χρονική περίοδο των μετρήσεων της παρούσης εργασίας, όπου μετρήθηκαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών. Ωστόσο οι διαφορές στη φυλλική επιφάνεια μεταξύ των δύο θερμοκηπίων δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Τον Ιούλιο δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές πιθανόν λόγω της παρακμής των φυτών καθώς η καλλιεργητική περίοδος έφτανε προς το τέλος της. Κατά τη διάρκεια της νύκτας διαφορές παρατηρούνται μόνο τον Απρίλιο πιθανόν λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο θερμοκηπίων από αστοχία του συστήματος θέρμανσης στο θερμοκήπιο 2. Τους υπόλοιπους μήνες δεν παρατηρούνται διαφορές.

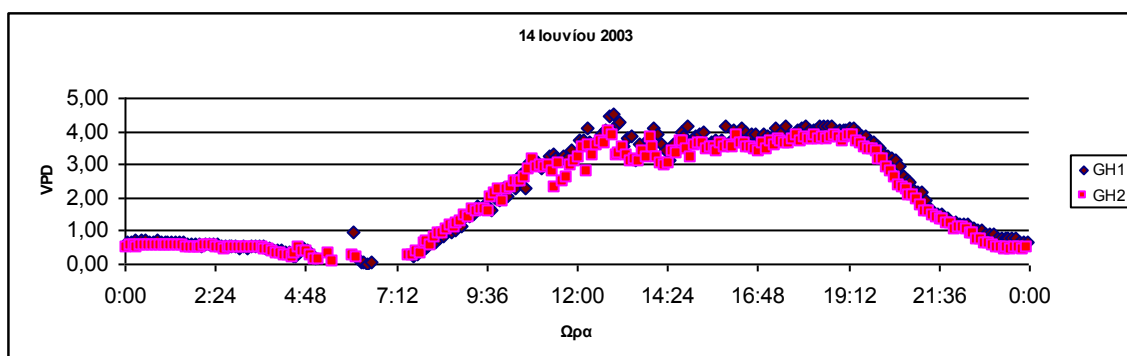
Στα γραφήματα 31, 32, 33 και 34 παρουσιάζεται οι τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών όπως αυτές μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, σε ημερομηνίες, αντιπροσωπευτικές του μήνα.



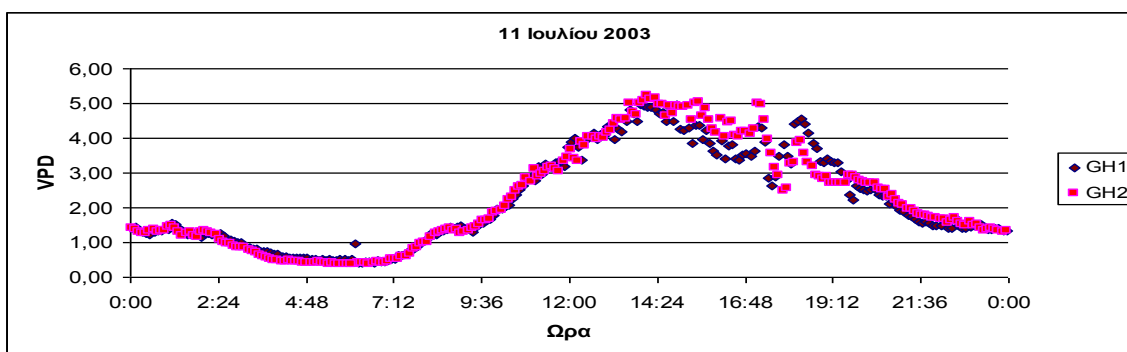
Γράφημα 31. Τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων στις 12/4/2003.



Γράφημα 32. Τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων στις 16/5/2003.



Γράφημα 33. Τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων στις 14/6/2003.



Γράφημα 34. Τιμές του ελλείμματος κορεσμού υδρατμών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων στις 11/7/2003.