

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ
ΕΛ ΛΑΤΙΦ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ

ΕΛ ΛΑΤΙΦ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ ΚΑΡΤΣΩΝΑΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΚΕΦΑΛΑΟ 1	5
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	
1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	5
1.2.ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ	6
1.3.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	10
1.4.ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	11
1.5.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	13
1.6.ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	13
1.7.ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.	20
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΑΡΔΕΥΣΗΣ	20
2.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	20
2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	21
2.1.2. ΤΟΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	21
2.1.3. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	24
2.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	27
2.3. ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	28
2.4. ΑΕΡΙΣΜΟΣ – ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	30
2.4.1. ΑΕΡΙΣΜΟΣ	30
2.4.2 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	31
2.4.3. ΣΚΙΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	40
3.1.ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	41
3.1.1.ΕΝΤΑΣΗ	44
3.1.2.ΦΥΣΙΚΟΣ	44
3.1.3 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	45
3.1.4.ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	47

3.1.5.Τεχνητός φωτισμός για αύξηση της φωτοσύνθεσης	53
3.1.6.Συστήματα μείωσης της έντασης του φυσικού φωτισμού	56
3.1.7.Ρύθμιση του φωτοπεριοδισμού	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΚΕΦΑΛΑΟ 1

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η καλλιέργεια φυτών σε προστατευμένους χώρους από τον άνθρωπο αναφέρεται ιστορικά από τους αρχαίους χρόνους.

Από τους Έλληνες συγγραφείς του 5^{ου} π.χ. αιώνα και ιδιαίτερα από τον Πλάτωνα, γνωρίζουμε ότι σε ειδικές λατρευτικές περιπτώσεις, που αναφέρονται ως «Κήποι του Άδωνη», αναπτύσσονταν φυτά με ταχύτατο ρυθμό σε ειδικούς χώρους. Οι σπόροι και τα μοσχεύματα που φυτεύονταν σ' αυτούς τους χώρους, σε μια βδομάδα είχαν τέτοια ανάπτυξη όση χρειάζονταν μήνες στους ανοιχτούς αγρούς. Ο Θεόφραστος (372-287 π.χ.) αναφέρει ότι για την καλλιέργεια φυτών εκτός εποχής χρησιμοποιούνταν δοχεία που βρίσκονταν σε καρότσι και μεταφέρονταν τη νύχτα στο περιστύλιο για προστασία από το κρύο. Τα δοχεία αυτά στη βάση τους περιείχαν μισοχωνεμένη κοπριά, η οποία ζυμούμενη αύξανε τη θερμοκρασία της ρίζας και των πλησίον του υποστρώματος φύλλων.

Τον 1^ο μ.χ. αιώνα είναι γνωστό ότι οι ρωμαίοι καλλιεργούσαν φρούτα και κηπευτικά σε θερμοσπορεία. Ο κηπουρός του Τιβέριου Καίσαρα, για να του προσφέρει καθημερινά σαλάτα με αγγούρι, χρησιμοποιούσε μεγάλα δοχεία, που σκεπάζονταν με διαφανείς επιφάνειες του ορικού μίκα. Η κάλυψη αυτή διατηρούσε τη ζέση που προερχόταν από τη ζύμωση της κοπριάς κοντά στη κόμη και ταυτόχρονα επέτρεπε την είσοδο του φωτός στο χώρο του φυτού.

Στην αρχαία Κίνα αναφέρεται ότι στη νότια πλευρά του τοίχου που κατασκευαζόταν από τούβλα (θερμαινόταν κατά τη διάρκεια της μέρας από την ηλιακή ακτινοβολία), τοποθετούσαν υπό γωνία 30-40° στα στηρίγματα από καλάμια που τα κάλυπταν με λαδόχαρτο. Στο χώρο μεταξύ τοίχου και λαδόχαρτου αναπτυσσόταν η καλλιέργεια, η οποία τη νύχτα επωφελούνταν από την αποθηκευμένη θερμότητα στον τοίχο.

Στην Πομπηία βρέθηκαν μεγάλες κατασκευές, που φαίνεται πως καλύπτονταν από ένα είδος πρωτόγονου γυαλιού. Τα δοχεία των φυτών τοποθετούνταν σε τραπέζια με διάτρητη επιφάνεια, κάτω από τα οποία υπήρχε η δυνατότητα να τοποθετηθούν αναμμένα κάρβουνα, έτσι ώστε ο θερμός αέρας που ανερχόταν να θερμαίνει τα δοχεία με τα φυτά.

Τα θερμοκήπια εμφανίστηκαν πάλι τον 17^ο αιώνα μ. χ. Σε όλη τη διάρκεια του Μεσαίωνα το θερμοκήπιο φαίνεται ότι ήταν άγνωστο.

Τον 16^ο μ. χ. αιώνα οι έμποροι και οι εξερευνητές αρχίζουν να μεταφέρουν εξωτικά φυτά, που δεν μπορούσαν εύκολα να επιζήσουν στο κλίμα της Β. Ευρώπης. Για την παρατήρηση αυτών των εξωτικών φυτών με τα θαυμάσια αρώματα και τους χυμώδεις καρπούς, δημιουργήθηκαν ειδικοί βοτανικοί κήποι, αρχικά στην Ιταλία και μετά στην Ολλανδία και Αγγλία.

Η Βοτανική τότε ξεκινούσε σαν επιστήμη και πάρα πολλές μελέτες και έρευνες είχαν κατεύθυνση στην περιγραφή και καλλιέργεια των εξωτικών φυτών.

Το 17^ο αιώνα τα εξωτικά φυτά, εκτός από το βοτανικό και φαρμακευτικό ενδιαφέρον που παρουσίαζαν, άρχισαν να χρησιμοποιούνται από την αριστοκρατία της Β. Ευρώπης και ως φυτά διακόσμησης, καθώς και παραγωγής. Από τα καρποφόρα πολύ δημοφιλή ήταν τα εσπεριδοειδή, των οποίων η καλλιέργεια ήταν σχετικά εύκολη, μιας και δεν χρειαζόταν θέρμανση, παρά μόνο προστασία από τον παγετό. Η προστασία γινόταν σε μεγάλα δωμάτια, που είχαν σόμπα θέρμανσης που άναβε της μέρες παγετού. Τα εσπεριδοειδή φυτεμένα σε μεγάλα δοχεία, μεταφέρονταν και παρέμεναν για 6 μήνες το χειμώνα σε αυτά τα δωμάτια, ενώ τους υπόλοιπους μήνες ήταν στην ύπαιθρο.

Το 18^ο αιώνα είχε πλέον αναγνωριστεί η αξία του καλού φωτισμού στην υγιή ανάπτυξη των φυτών. Στις κατασκευές των θερμοκηπίων που γίνονταν με ξύλινο σκελετό και υαλοπίνακες άρχισε να λαμβάνεται υπόψη ο υπολογισμός γωνίας κλίσης των υαλοπινάκων, ώστε να επιτευχθεί ο καλύτερος φωτισμός στο χώρο του θερμοκηπίου.

1.2. ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ

Ως ορισμός του θερμοκηπίου δίνεται ο κάτωθι.

Θερμοκήπιο είναι μια κατασκευή η οποία καλύπτεται με διαφανές υλικό, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος όσο το δυνατόν περισσότερου φωτισμού, που είναι απαραίτητος στην ανάπτυξη των φυτών.

Τα προϊόντα που παράγονται σε ένα θερμοκήπιο ανήκουν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον προορισμό τους:

A) Τα τρόφιμα (κηπευτικά και φρούτα)

B) Τα καλλωπιστικά φυτά (φυτά σε γλάστρα και άνθη).

Η επιλογή της περιοχής και της τοποθεσίας, στην οποία κατασκευάζεται το θερμοκήπιο, είναι το πρώτο που πρέπει να απασχολήσει τον ενδιαφερόμενο. Από την επιλογή αυτή επηρεάζεται ιδιαίτερα το κόστος θέρμανσης και η δυνατότητα παραγωγής κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά και άλλες παράμετροι όπως το κόστος μεταφορικών ακόμη και η συχνότητα εμφάνισης ασθενειών στα φυτά.

Πρώτη προτεραιότητα στην επιλογή έχουν οι ηλιόλουστες περιοχές, με πολλές ώρες ηλιοφάνειας, που δεν σκιάζονται από βουνά ή άλλα εμπόδια, ώστε ο φωτισμός των θερμοκηπίων να είναι πλήρης και να είναι απρόσκοπτη η ανάπτυξη των φυτών.

Παράλληλα η τοποθεσία θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν προφυλαγμένη από ισχυρούς ανέμους. Οι ισχυροί άνεμοι είναι τόσο ιδιαίτερα επικίνδυνοι για την κατασκευή του θερμοκηπίου και επιπλέον το χειμώνα συμβάλλουν σε μεγάλες απώλειες ενέργειας από τα θερμαινόμενα θερμοκήπια. Μέτριας έντασης άνεμοι το καλοκαίρι είναι επιθυμητοί γιατί βοηθάνε στον καλύτερο εξαερισμό του θερμοκηπίου και στη συγκράτηση της θερμοκρασίας σε ανεκτά για τα αναπτυσσόμενα φυτά όρια. Οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό είναι συνήθως μεγαλύτερες στα θερμοκήπια της βόρειας Ελλάδας, αφού οι χαμηλότερες χειμωνιάτικες θερμοκρασίες απαιτούν και μεγαλύτερες ανάγκες θέρμανσης.

Δεύτερο στοιχείο που λαμβάνεται υπόψη ως προς την επιλογή της θέσης

είναι το έδαφος. Θα πρέπει να προτιμώνται εδάφη γόνιμα, εκτός εάν πρόκειται να έχουμε υδροπονική καλλιέργεια, ανάπτυξη των φυτών σε φυτοδοχεία.

Η τοποθεσία και το έδαφος είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή της θέσης στην οποία θα εγκατασταθεί μια θερμοκηπιακή εκμετάλλευση. Πολύ σημαντικός παράγοντας επίσης που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην επιλογή της θέσης είναι η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας νερού το οποίο να είναι και ικανοποιητικής ποιότητας για την άρδευση των καλλιεργειών. Τέλος η ύπαρξη κατάλληλου οδικού δικτύου και η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού στην ευρύτερη περιοχή.

Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι εξοπλισμένα με συμβατικό σύστημα θέρμανσης ή όχι (ανάλογα και με την περιοχή της εγκατάστασής τους). Είναι αρκετά ψηλά και ευρύχωρα, έτσι ώστε ο άνθρωπος να μπορεί να εργάζεται μέσα σ' αυτά. Εκτός των άλλων χαρακτηριστικών τους που αφορούν την παραγωγή φυτών, το θερμοκήπιο προσφέρει και προστασία των εργαζομένων μέσα σε αυτό από αντίξοες καιρικές συνθήκες. Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η τροποποίηση ή η ρύθμιση πολλών από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών και η βελτιστοποίηση των παραγόντων αυτών.

Με το θερμοκήπιο γενικά αποκτούμε τα παρακάτω οφέλη

1 Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή ,και χαλάζι και άλλους άσχημους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

2 Ανάλογα με τον εξοπλισμό του, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών, όπως :της ακτινοβολίας, της θερμότητας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα, με αρκετή ακρίβεια.

3 Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών, όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμότητας, των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, και του PH, που με τη

χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φθάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών.

4 Παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης φυτοπροστασίας από ασθένειες και έντομα, λόγω περιορισμένου χώρου και εξειδικευμένου εξοπλισμού. Επιπλέον, σ' ένα θερμοκήπιο που παρέχει τη δυνατότητα ακριβούς ρύθμισης των συνθηκών του περιβάλλοντος έτσι ώστε να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών, η ανάπτυξη φυτασθενειών είναι πολύ σπανιότερη απ' ό,τι σε συνθήκες που δεν παρέχεται τέτοια δυνατότητα.

Στα θερμοκήπια στα οποία γίνεται μια απλή τροποποίηση του περιβάλλοντος των φυτών μόνο με την κατασκευή, χωρίς εξειδικευμένο εξοπλισμό, επιτυγχάνεται:

- 1 Πρώιμη ή όψιμη παραγωγή φυτικών προϊόντων και
- 2 Αποφυγή ζημιών στα φυτά και την παραγωγή από αέρα βροχή, χαλάζι κ.λ.π

Στα θερμοκήπια στα οποία γίνεται ακριβής ρύθμιση των παραγόντων του περιβάλλοντος των φυτών, με εξειδικευμένο εξοπλισμό στην κάθε περίπτωση, μπορεί να επιτευχθεί:

- 1 Χρονικός προγραμματισμός της παραγωγής, ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν στον έξω χώρο,
- 2 Αύξηση της παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας, λόγω της βελτίωσης των συνθηκών του περιβάλλοντος και της προστασίας που προσφέρει το θερμοκήπιο από τα αντίξοα καιρικά φαινόμενα.

Επιπλέον, ένα σύγχρονο θερμοκήπιο δεν αρκεί μόνο να προσφέρει τη δυνατότητα για την δημιουργία και διατήρηση του ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, αλλά θα πρέπει να παρέχει και τη δυνατότητα κάθε φορά για την παραγωγή φυτικών προϊόντων με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Η ακρίβεια με την οποία ρυθμίζεται το περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών και η δαπάνη για τη δημιουργία αυτού του περιβάλλοντος στο θερμοκήπιο προσδιορίζεται από:

- 1 Τη σωστή κατασκευή του από τα αρχικά στάδια,
- 2 Τον κατάλληλο εξοπλισμό και από
- 3 Την ικανότητα του καλλιεργητή να χειριστεί και να κατανείμει τα διαθέσιμα εφόδια.

Το θερμοκήπιο είναι ένα μέσον που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, επομένως η έρευνα σ' αυτό έχει ως κύριο στόχο τη βελτίωση (τεχνικά και οικονομικά) του περιβάλλοντος που δημιουργεί ώστε να επιτευχθεί η αποδοτικότερη ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Με την έρευνα επιδιώκεται η λύση προβλημάτων που αφορούν τα υλικά, την κατασκευή και τον εξοπλισμό του θερμοκηπίου, για την αύξηση της φυτικής παραγωγής μέσα στο θερμοκήπιο, την βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, τη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος της παραγωγικής διαδικασίας στο θερμοκήπιο, τη μικρότερη ενόχληση του φυσικού περιβάλλοντος και την προστασία της ανθρώπινης υγείας από την παραγωγική διαδικασία στο θερμοκήπιο.

1.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Κατά τον σχεδιασμό του θερμοκηπίου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απαίτηση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη φωτεινότητα κατά την διάρκεια του χειμώνα, η μείωση των απωλειών θερμότητας την ίδια περίοδο και τη δυνατότητα καλού εξαερισμού κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αντοχή και στην στερεότητα της κατασκευής, χωρίς όμως αυτό να επηρεάζει αρνητικά την ευκολία της συναρμολόγησης και τη λειτουργικότητα του χώρου. Η επιθυμητή διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του θερμοκηπίου και το κόστος των υλικών κατασκευής στις διάφορες περιοχές επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

Γενικά το βασικό χαρακτηριστικό που θα πρέπει να αποτελεί τον οδηγό για τον σχεδιασμό ή την επιλογή ενός θερμοκηπίου είναι αν ανταποκρίνεται η κατασκευή αυτή στις απαιτήσεις των καλλιεργειών οι οποίες πρόκειται να

αναπτυχθούν. Θα πρέπει λοιπόν να αναζητηθούν οι σχέσεις οι οποίες υπάρχουν μεταξύ των συντελεστών της παραγωγής και των στοιχείων που χαρακτηρίζουν τις διάφορες κατασκευές των θερμοκηπίων.

Για το σχεδιασμό επομένως ή την επιλογή του κατάλληλου θερμοκηπίου απαιτείται μεγάλη προσοχή και γνώση, γιατί αυτή η ενέργεια μπορεί να καθορίσει την επιτυχία ή την αποτυχία της επιχείρησης.

1.4. ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ο σκελετός του θερμοκηπίου μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα υλικά, τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι το ξύλο, ο χάλυβας και το αλουμίνιο. Η επιλογή του ενός ή του άλλου υλικού εξαρτάται από το επιθυμητό ελεύθερο πλάτος της κατασκευής, το κόστος των υλικών (που διαφέρει σε κάθε περιοχή) και από το μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει ο κατασκευαστής).

ΞΥΛΟ

Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων που έχουν μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδας. Το χαμηλό κόστος της αγοράς του ξύλου και οι κλιματικές συνθήκες που συνήθως επιτρέπουν την ανάπτυξη απλών χαμηλών κατασκευών, επέδρασαν ώστε το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων στη χώρα μας να είναι κατασκευασμένα με ξύλινο σκελετό ή με σκελετό από συνδυασμό ξύλου και μετάλλου.

Το ξύλο αποτελείται από διάφορους κυτταρικούς ιστούς. Η διάταξη των κυττάρων των διαφόρων ειδών δένδρων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το είδος του δένδρου. Τα διάφορα είδη κωνοφόρων δένδρων έχουν απλή δομή, ενώ τα πλατύφυλλα περίπλοκη.

<u>Πλατύφυλλα</u>	<u>Κωνοφόρα</u>
Μαύρη λεύκη	Έλατο
Καστανιά	Μαύρη Πεύκη
Οξιά	Δασική Πεύκη

Οι παράγοντες που προκαλούν αλλοιώσεις και καταστροφή στο ξύλο μειώνοντας τη διάρκεια ζωής του οπότε και τη μακροβιότητα των θερμοκηπίων διακρίνονται σε :

<u>Βιολογικούς</u>	και	<u>Φυσικοχημικούς</u>
Βακτήρια		Υγρασία
Μύκητες		Θερμοκρασία
Έντομα		Μηχανικές καταπονήσεις
Ακάρεα		Χημικές επιδράσεις

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

Για την προστασία του ξύλου χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα :

α) Επικαλυπτικές ουσίες (χρώματα, βερνίκια και λάκες κυρίως στις αστικές περιοχές).

β) Εμποτιστικές ουσίες (βερνίκια εμποτισμού, υδροπρωθητικές ουσίες και συντηρητικά για τις αγροτικές περιοχές).

ΜΕΤΑΛΛΟ

Τα συνηθέστερα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων είναι: ο Χάλυβας και το Αλουμίνιο. Το κάθε υλικό κατασκευής έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του και η προσεκτική μελέτη και σύγκρισή τους θα μας οδηγήσουν στην κατάλληλη επιλογή του υλικού.

Πλεονεκτήματα του ξύλινου και του μεταλλικού θερμοκηπίου:

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα του ξύλου και του μετάλλου για χρήση ως υλικά σκελετού θερμοκηπίων.

ΞΥΛΟ	ΜΕΤΑΛΛΟ
Μικρό κόστος	Μεγάλη μηχανική αντοχή
Μικρότερη τοπική θέρμανση	Αμετάβλητο σχήμα
Εύκολη κατασκευή	Απρόσβλητο από βιολογικούς εχθρούς

Στον ανωτέρω πίνακα παρατίθενται τα πλεονεκτήματα του ξύλου και του μετάλλου για χρήσης τους ως υλικά κάλυψης. Είναι εμφανές ότι η χρήση ξύλου ενδείκνυται για μικρότερες κατασκευές με χαμηλό κόστος, ενώ του μετάλλου για μεγάλες ακριβές κατασκευές με μεγάλη διάρκεια ζωής.

1.5. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Στη συνέχεια παρατίθενται οι ιδιότητες των υλικών για κατασκευή σκελετού θερμοκηπίου

Ο σκελετός του θερμοκηπίου κατασκευάζεται από χαλύβδινους σωλήνες γαλβανισμένους εν θερμό με τη μέθοδο "Sendzimir" γαλβανίσματος τηρώντας τις αυστηρότερες προδιαγραφές της Ε.Ε. Ο σκελετός μπορεί να αντέξει σε ανέμους ταχύτητας έως και 120 km/h, φορτίο χιονιού 25km/m², φορτίο αναρτημένης καλλιέργειας 15km/m² και ανταποκρίνεται σε 10 έτη αντιοξειδωτική προστασία.

Στοιχεία σκελετού:

- Τόξα και ορθοστάτες: 60×2 - 2,2 mm.
- Σωλήνες πάκτωσης: 51×2,5 □ 3 mm.
- Τεγίδες, δοκοί έλξης, απανέμια: 32×1,8 - 2 mm.
- Υδροροές ανοίγματος 33cm πάχους 2,5 - 3 mm.
- Κεφαλές στήριξης υδροροών "Υ" και συναρμολόγησης αψίδων πάχους 2,5 - 3 mm.
- Συνδετικά στοιχεία από σωλήνες μορφής 25×25mm και 30×30 mm.

1.6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από της ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου. Είναι ευνόητο ότι ένα υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει όσο

μεγαλύτερο ποσοστό από το φως που φθάνει σε αυτό να διέλθει κα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης επίσης, πρέπει να επιτρέπει να διέλθει μέσα από το υλικό όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα από τον προσπίπτοντα σε αυτόν φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυση του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου.

Πίνακας 2. Ποσοστά διέλευσης της ηλιακής αλλά και της θερμικής ακτινοβολίας ορισμένων υλικών κάλυψης θερμοκηπίων, καθώς και διάρκεια ζωής τους.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΟΛΙΚΟ ΦΩΣ %	ΑΠ' ΕΥΘΕΙΑΣ ΔΙΕ.ΛΕΥΣΗ ΦΩΤΟΣ %	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ %	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΕΤΗ
ΡΕ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ	93	93	88	1
ΡΕ ΜΕ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ	88	74	64	2
PVC	91	86	12	4
MYLAR	90	86	16	7
ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ	78	68	1	13-20
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑΣ	90	86	1	25+

Επιπλέον να επιτρέπει από το φυσικό φως να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών. Η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται εντός του θερμοκηπίου είναι υπεύθυνη για την απρόσκοπτη φωτοσύνθεση των φυτών, αλλά επίσης και γι την αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό αυτού. Θα ήταν επίσης ιδανικό το υλικό που θα επέτρεπε την μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία να εισέρχεται εντός του

θερμοκηπίου ενώ δεν θα επέτρεπε στη μεγάλοι μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα εντός αυτού να βγει εκτός του θερμοκηπίου.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2, πρέπει κάθε φορά που επιλέγουμε το υλικό κάλυψης ενός θερμοκηπίου να εξετάζουμε όλους τους παράγοντες, δηλαδή το ποσοστό διαπερατότητας του υλικού στην ηλιακή αλλά και στη θερμική ακτινοβολία, τη διάρκεια ζωής του υλικού και φυσικά το κόστος του.

1.7. ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ (ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ)

Τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους (κατατάσσονται από κατασκευαστικής πλευράς), στο σχήμα και τις διαστάσεις της βασικής μονάδας, καθώς και στα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού, κάλυψης και στο επίπεδο εξοπλισμού. Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβάνόμενο κατά μήκος και κατά πλάτος σχηματίζει το σύνολο του όγκου του θερμοκηπίου.

Ανάλογα με το σχήμα των θερμοκηπίων διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι:

A) ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΑ

Τα θερμοκήπια αυτά, έχουν σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου με οροφή σχήματος τριγώνου. Τα θερμοκήπια αυτού του τύπου πλεονεκτούν γιατί είναι μεγάλα σε μέγεθος και αυτοματοποιούνται εύκολα, έχουν όμως υψηλότερο κόστος κατασκευής από τα τοξωτά.

α) ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΑ ΑΠΛΑ: Λέμε τα θερμοκήπια που σχηματίζονται με την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

β) ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ: Λέμε τα θερμοκήπια που σχηματίζονται με την κατά μήκος και πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

Στα αμφίρρικτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σκληρό πλαστικό ή το γυαλί ως υλικό κάλυψης (Εικ. 1) .

ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΜΕ ΚΑΛΥΨΗ ΣΚΛΗΡΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ

1. Διαστάσεις

Βασική κατασκευαστική μονάδα:

Πλάτος 7,50 Μ (συνολικό πλάτος μπορεί να είναι πολλαπλάσιο του 7,50

Μ)

Μήκος 4,00

Ύψος 4,30

2. Προδιαγραφές

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του υπουργείου γεωργείας.

Εγκεκριμένα από την ΑΤΕ.

Σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές.

3. Αντοχές

Άνεμος 120Km/h

Χιόνι 25Kg/m²-80Kg/m²

Αναρτημένα φυτά 15Kg/m²-Kg/m²

4. Σκελετός

Ο σκελετός του θερμοκηπίου είναι κατασκευασμένος από γαλβανισμένο χάλυβα. Όλα τα τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες για γρήγορη και ασφαλή συναρμολόγηση. Οι διατομές των διαφόρων επιμέρους τεμαχίων φαίνονται στο επισυναπτόμενο σχέδιο διατομών. Οι κύριες διατομές είναι:

Υποστυλώματα C100×50×25×2

Πέλματα ζευκτού C40×30×2

Ορθοστάτες C36×20×2

5. Υλικά κάλυψης

Η κάλυψη γίνεται με σκληρά διαφανή πλαστικά φύλλα

6. Εξαερισμός

Γίνεται με συνδυασμό ηλεκτροκίνητων

B) ΤΟΞΩΤΑ

Τα θερμοκήπια αυτά έχουν απλή κατασκευαστική μονάδα που καθορίζεται από δύο συνεχόμενα τόξα, τα οποία καλύπτονται με το υλικό κάλυψης. Τα θερμοκήπια αυτά πλεονεκτούν γιατί είναι πολύ φθηνά στην κατασκευή τους, αλλά όμως μειονεκτούν γιατί δεν εκμεταλλεύονται όλη την έκταση που καλύπτουν, καθώς επίσης και δυσχεραίνουν τις καλλιεργητικές εργασίες και την ανάπτυξη των φυτών στις άκρες τους λόγω του χαμηλού ύψους σε αυτές.

α) ΤΟΞΩΤΑ ΑΠΛΑ: Λέμε τα θερμοκήπια που σχηματίζονται με την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

ΜΟΝΟΘΩΛΩΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥΝΝΕΛΣ

1. Διαστάσεις

Βασική κατασκευαστική μονάδα:

Πλάτος 8Μ & 9Μ

Μήκος 2Μ

Ύψος 3,80Μ

Μπορεί να έχουν καμπύλη ή όρθια πλαινά

2. Προδιαγραφές

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του Υπουργείου Γεωργίας.

Εγκεκριμένα από την ΑΤΕ.

Σύμφωνα με της ευρωπαϊκές προδιαγραφές.

3. Αντοχές

Άνεμος 120km/h

Χιόνι 25g/m²-80kg/m²

Αναρτημένα φυτά 15kg/m²-80kg/m²

4. Σκελετός

Ο σκελετός αποτελείται από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα διαμέτρου Φ60mm.. Γενικά όλος ο σκελετός και τα εξαρτήματα σύνδεσης αυτού είναι γαλβανισμένα και συνδέονται μεταξύ τους με ειδικές κοχλιωτές συνδέσεις για γρήγορη και ασφαλή συναρμολόγηση.

5. Υλικά κάλυψης

Η οροφή καλύπτεται με μαλακό φύλλο πλαστικού αλλά και με σκληρό. Οι προσόψεις καλύπτονται με σκληρά διαφανή φύλλα πλαστικού. Τα πλαϊνά καλύπτονται με απλό φύλλο πλαστικού αλλά και με σκληρά διαφανή φύλλα(σε περίπτωση που έχουμε όρθια πλαϊνά).

6.Εξαερισμός

Γίνεται με πλαϊνά ανοίγματα τα οποία είναι χειροκίνητα ή ηλεκτροκίνητα. Επίσης γίνεται και δυναμικός αερισμός(με ηλεκτρικούς εξαεριστήρες).

Β. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΟΞΩΤΑ ΑΠΛΑ :

Τα θερμοκήπια που σχηματίζονται από την κατά μήκος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας.

Γ. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΟΞΩΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ :

Τα θερμοκήπια που σχηματίζονται από την κατά μήκος και κατά πλάτος επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας (Εικ. 1.)

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοξωτών και των αμφίρρικτων είναι τα κάτωθι: τα τοξωτά πλεονεκτούν των αμφίρρικτων στο ότι κατασκευάζονται ευκολότερα και στο ότι έχουν ελαφρύτερο σκελετό (οπότε είναι οικονομικότερη η κατασκευή τους), μειονεκτούν όμως στο ότι σε αυτά είναι αδύνατος ο εξαερισμός της οροφής, είναι δύσκολη η πραγματοποίηση των εργασιών στις άκρες, του τόξου και ότι με τη χρήση τους αποκλείεται η χρήση γυαλιού. Τα αμφίρρικτα πλεονεκτούν των τοξωτών στο ότι είναι πολύ εύκολη η τυποποίηση τους, στο ότι διαθέτουν ευρυχωρία, σε ότι σε αυτά είναι δυνατός ο παθητικός εξαερισμός της οροφής και στο ότι είναι δυνατή η κάλυψή τους με γυαλί. Μειονεκτούν όμως στο ότι το κόστος της κατασκευής τους είναι πολύ υψηλότερο.

Τα θερμοκήπια με βάση ορισμένα τους χαρακτηριστικά χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες.

Ανάλογα της διάστασης του ύψους τους τα θερμοκήπια διακρίνονται σε χαμηλά και ψηλά. Τα χαμηλά πλεονεκτούν των ψηλών στο ότι έχουν μικρές απώλειες ενέργειας, αλλά παρουσιάζουν αδυναμία δυναμικού αερισμού, απότομες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και δυσκολία καλλιεργητικών

εφαρμογών. Ενώ τα ψηλά πλεονεκτούν των χαμηλών στο ότι παρουσιάζουν καλό παθητικό αερισμό, έχουν μεγαλύτερη ευρυχωρία και φωτεινότητα, έχουν όμως υψηλότερο κόστος; κατασκευής και δέχονται μεγαλύτερα φορτία.

Ανάλογα του υλικού από το οποίο αποτελείται ο σκελετός του θερμοκηπίου αυτά διακρίνονται σε θερμοκήπια από σκελετό από ξύλο, από γαλβανισμένο χάλυβα και από αλουμίνιο.

Ανάλογα του υλικού κάλυψης των θερμοκηπίων αυτά διακρίνονται σε θερμοκήπια υαλόφρακτα, σε καλυμμένα με εύκαμπτο και σε καλυμμένα με σκληρό πλαστικό.

Ανάλογα με το εάν επαναλαμβάνεται η κατασκευαστική τους μονάδα διακρίνονται σε απλής και πολλαπλής κατασκευής.

Ενώ τέλος ανάλογα με το τύπο εξαερισμού τους διακρίνονται σε θερμοκήπια με φυσικό ή με δυναμικό εξαερισμό.



Εικόνα 1. Τοξωτό (αριστερά) και αμφίρρικτο (δεξιά) θερμοκήπιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Τα βασικά συστήματα για να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα θερμοκήπιο είναι τα κάτωθι

- Σύστημα θέρμανσης
- Σύστημα άρδευσης
- Συστήματα δροσισμού
- Συστήματα αερισμού και εξαερισμού
- Συστήματα σκίασης θερμοκηπίου
- Συστήματα ρύθμισης της φωτοπεριοδισμού
- Συστήματα τεχνητού φωτισμού

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η θερμοκρασία είναι παράγοντας με πολύπλοκη επίδραση στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών. Η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικές λειτουργίες των φυτών όπως είναι η φωτοσύνθεση, η αναπνοή, η διαπνοή, η ανάπτυξη και η άνθηση τους. Επιπλέον επηρεάζει σημαντικά το κόστος της παραγωγής στα θερμοκήπια, αφού μεγάλο ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας δαπανάται για την αύξηση ή την μείωση της εντός των θερμοκηπίων.

Αρχικά θα περιγράψουμε τα συστήματα που είναι υπεύθυνα για την αύξηση της θερμοκρασίας εντός των θερμοκηπίων. Ένα σύστημα θέρμανσης για να είναι αποτελεσματικό πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:

1) Να εξασφαλίζει εντός του θερμοκηπίου την κατάλληλη θερμοκρασία που χρειάζεται μια καλλιέργεια.

2) Να κατανέμει την θερμότητα ομοιόμορφα στο θερμοκήπιο, οπότε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή θερμοκρασία εντός όλου του θερμοκηπίου .

3) Η κατασκευή της να είναι εγγυημένη οπότε η πιθανότητα βλάβης να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες θερμοκρασιακής καταπόνησης των φυτών.

4) Να έχει την δυνατότητα να επισκευάζεται εύκολα, γρήγορα και οικονομικά.

5) Να έχει το δυνατόν μικρότερο κόστος τόσο στην κατασκευή της όσο και στην καύσιμη ύλη που χρησιμοποιείται.

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1.2 ΤΟΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Χαρακτηρίζουμε έτσι τα συστήματα θέρμανσης όπου η θερμότητα παράγεται στο χώρο της θερμικής πηγής και δεν μεταφέρεται με κάποιο άλλο σύστημα στον υπόλοιπο χώρο του θερμοκηπίου παρά μόνο με την αγωγή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ακόλουθα συστήματα θέρμανσης:

α) Αερόθερμα (ηλεκτρικά, υγραερίου, στερεών καυσίμων)

β) Θερμάστρες

γ) Συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας

α) τα αερόθερμα είναι από τα πιο συνηθισμένα τοπικά συστήματα. Ο τύπος αυτός θέρμανσης στοιχίζει φθηνότερα από τη θέρμανση με ζεστό νερό. Τα αερόθερμα έχουν υψηλή αποδοτικότητα και δεν παρουσιάζουν αδράνεια κατά την αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου. Έχουν δηλαδή τη δυνατότητα σε μικρό χρονικό διάστημα από τη στιγμή που θα λειτουργήσει το αερόθερμο, ο αέρας του θερμοκηπίου να θερμαίνεται ικανοποιητικά. Αντίθετα στα συστήματα της κεντρικής θέρμανσης ο χρόνος αυτός είναι αρκετά μεγαλύτερος. Ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, τα αερόθερμα διακρίνονται στις κατωτέρω ομάδες:

1) Ηλεκτρικά αερόθερμα. Αποτελούνται από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα και από ηλεκτρικές αντιστάσεις. Ο ανεμιστήρας ωθεί τον αέρα που υπάρχει εντός του θερμοκηπίου να περάσει μέσα από της ηλεκτρικές αντιστάσεις να θερμανθεί και να επιστρέψει στον χώρο του θερμοκηπίου θερμασμένος.

2) Αερόθερμα πετρελαίου, αερίου ή στερεών καυσίμων. Τα αερόθερμα αυτά περιλαμβάνουν το δοχείο καύσης όπου πραγματοποιείται η καύση των καυσίμων, έναν εναλλάκτη θερμότητας και έναν ανεμιστήρα. Τα αέρια της καύσης που παράγονται στο δοχείο καύσης, κυκλοφορούν σε ένα σύστημα πολλών σωλήνων με λεπτά τοιχώματα (τον εναλλάκτη) ενώ ο ανεμιστήρας στο πίσω μέρος του αερόθερμου σπρώχνει τον αέρα να περάσει από τον εναλλάκτη για να συμβεί εναλλαγή της θερμότητας. Η έναρξη και η παύση λειτουργίας του αερόθερμου ελέγχεται από έναν θερμοστάτη τοποθετημένο σε κατάλληλη θέση μέσα στο θερμοκήπιο.

3) Αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού. Ο ατμός ή το ζεστό νερό παράγονται από κεντρικό σύστημα και κυκλοφορούν μέσα σε ένα δίκτυο σωλήνων όπου με την βοήθεια ενός ηλεκτροκίνητου ανεμιστήρα ωθείται ο αέρας του θερμοκηπίου να περάσει και να θερμανθεί. Τα αερόθερμα ανάλογα με το πώς κατευθύνουν τον αέρα μέσα στο θερμοκήπιο διακρίνονται σε αερόθερμα κατακόρυφης ή οριζόντιας μετακίνησης του αέρα. Τα αερόθερμα κατακόρυφης κίνησης τοποθετούνται στην κορυφή του θερμοκηπίου και κατευθύνουν τον αέρα από πάνω προς τα κάτω. Η δράση τους είναι τέτοια που να καλύπτει απόσταση ίση με το πλάτος της κατασκευαστικής μονάδας του θερμοκηπίου και συνήθως αυτή είναι και η απόσταση που τοποθετούνται μέσα στο θερμοκήπιο. Το μειονέκτημα τους είναι ότι παρατηρείται ανομοιομορφία στη θέρμανση του χώρου. Το ανώτερο πρόβλημα λύνεται με τη χρήση αερόθερμων οριζόντιας μετακίνησης τα οποία έχουν μεγαλύτερο φάσμα δράσης άρα χρειάζονται λιγότερα αερόθερμα κατά μήκος του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα πετυχαίνεται πιο ομοιόμορφη θέρμανση του θερμοκηπίου.

Στα αερόθερμα που διαθέτουν δοχείο καύσης πρέπει να τονιστεί ότι χρειάζεται να αφεθούν τρύπες για εισαγωγή οξυγόνου διαφορετικά η καύση θα

σταματήσει και το θερμοκήπιο θα παγώσει. Επιπλέον η μείωση του οξυγόνου μπορεί να συντελέσει σε ατελή καύση με αποτέλεσμα τη διαρροή στο χώρο του θερμοκηπίου, μονοξειδίου του άνθρακα το οποίο είναι δηλητηριώδες. Η τακτική η οποία επικρατεί πάνω σ' αυτό το θέμα, είναι η σύνδεση του καυστήρα με τον εξωτερικό αέρα μέσω σωλήνα.

Στα μεγάλα θερμοκήπια , τοποθετείται κατά μήκος του θερμοκηπίου λεπτός διαφανής σωλήνας πολυαιθυλενίου ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την έξοδο του αερόθερμου. Ο κάθε σωλήνας κατά μήκος του φέρει μικρές στρογγυλές τρύπες ενώ στο άλλο άκρο του είναι κλειστός. Οι πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες τοποθετούνται στο επίπεδο του εδάφους ή κρέμονται από την οροφή κοντά στο ύψος των φυτών. Στα ψυχρά κλίματα επειδή δεν είναι εύκολη η αναπλήρωση των μεγάλων απωλειών θερμότητας χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και γραμμές σωλήνων ζεστού νερού. Οι σωλήνες αυτοί μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για την εσωτερική κυκλοφορία του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, χωρείς να λειτουργεί το αερόθερμο με αποτέλεσμα ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας, μείωση σχετικής υγρασίας, και αναπλήρωση του CO₂ στο χώρο γύρω από τα φύλλα των φυτών (όπου αυτό καταναλώνεται λόγω της φωτοσύνθεσης).

β) Θερμάστρες.

Οι θερμάστρες παραφίνης χρησιμοποιούνται μόνο για αντιπαγετική προστασία και όχι για θέρμανση του θερμοκηπίου. Επιπλέον χρησιμοποιούνται και θερμάστρες πετρελαίου, αερίου και ηλεκτρικές. Όταν χρησιμοποιούνται θερμάστρες πετρελαίου δημιουργείται πρόβλημα, και πρέπει να απομακρύνονται τα καυσαέρια και τα αέρια γιατί βλάπτουν τα φυτά. Η απομάκρυνση των καυσαερίων γίνεται με την τοποθέτηση εξαεριστήρων.

γ) Υπέρυθρη ακτινοβολία

Στηρίζεται στην παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων τα οποία στέλνονται από την πηγή παραγωγής τους απευθείας στην επιφάνεια των φυτών και του εδάφους με αποτέλεσμα την θέρμανση τους. Η πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί ρευστό υψηλής θερμοκρασίας. Οι σωλήνες τοποθετούνται ψηλά κατά μήκος του θερμοκηπίου.

Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και οι ελάχιστες θερμικές απώλειες και το μειονέκτημα είναι η ανομοιομορφία θέρμανσης στα σκιασμένα μέρη.

2.1.3 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Σε αυτά τα συστήματα η θερμότητα παράγεται στον καυστήρα και μεταφέρεται με νερό ή με ατμό σε ολόκληρο το χώρο του θερμοκηπίου. Ο καυστήρας τοποθετείται σε σταθερή θέση μέσα ή έξω από το θερμοκήπιο. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους συστήματος αυτού είναι ότι θερμαίνεται ομοιόμορφα ο αέρας και το έδαφος του θερμοκηπίου, υπάρχει όμως το μειονέκτημα της αδράνειας, δηλαδή της καθυστέρησης θέρμανσης του χώρου μετά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα για μεγάλα υαλόφρακτα θερμοκήπια με εμβαδόν πάνω από 8 στρέμματα γιατί η λειτουργία και η συντήρησή τους είναι φθηνότερη συγκριτικά τη χρήση πολλών αερόθερμων. Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από τον καυστήρα όπου τροφοδοτείται και αναφλέγεται το καύσιμο, και στη συνέχεια το λέβητα στον οποίο υπάρχει ο θάλαμος καύσης μέσα στο οποίο καίγεται το καύσιμο. Ο θάλαμος καύσης περιβάλλεται από παχιά μεταλλικά ή μαντεμένα τοιχώματα εντός των οποίων υπάρχουν χώροι κυκλοφορίας του νερού. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων και θερμαίνει το νερό. Το νερό πρέπει να είναι προτιμότερο να έχει μικρή περιεκτικότητα σε άλατα για να μην φθείρεται ο λέβητας και επίσης να μην μειώνεται η θερμική αγωγιμότητα.

Στα μικρής έκτασης θερμοκήπια η θέρμανση γίνεται με θερμό νερό που παράγεται από λέβητα ζεστού νερού και στη συνέχεια κυκλοφορεί στο χώρο του θερμοκηπίου. Στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια συνήθως προτιμώνται οι λέβητες παραγωγής ατμού, οπότε αντί νερού κυκλοφορεί ατμός εντός του θερμοκηπίου ως θερμαντικό μέσο.

Συγκρίνοντας τους λέβητες ατμού με αυτούς ζεστού νερού μπορούμε να πούμε ότι. Οι λέβητες ατμού πλεονεκτούν γιατί:

Είναι πιο αποδοτικοί οπότε πετυχαίνεται υψηλότερη απόδοση της θέρμανσης, και επίσης, έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής γιατί γίνεται μικρότερη διάβρωση των μετάλλων αφού χρησιμοποιείται ατμός αντί νερού και επιπλέον ο ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για απολύμανση του εδάφους του θερμοκηπίου.

Μειονέκτημα τους όμως είναι η υψηλή τιμή εγκατάστασής τους και η ανάγκη συντήρησης από ειδικευμένο προσωπικό.

Η διανομή της θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου όταν χρησιμοποιείται λέβητας ατμού μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

A) Με σωληνώσεις ατμού,

B) Με σωληνώσεις ζεστού νερού μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας,

Γ) Με θερμό αέρα μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας,

Οι σωληνώσεις ατμού επειδή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του έχουν υψηλή θερμοκρασία προκαλούν καψίματα στα φυτά, για αυτό εάν χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή χρειάζεται προσοχή να μην ακουμπούν τα φυτά στις σωληνώσεις. Επίσης μειονέκτημα τους συστήματος θέρμανσης με σωληνώσεις ατμού είναι ότι μια απότομη διακοπή της λειτουργίας προκαλεί απότομη μείωση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο σε σχέση με το σύστημα του ζεστού νερού, γιατί ο ατμός σταματά αμέσως να θερμαίνει ενώ το ζεστό νερό αργεί να κρυώσει. Λόγω των μειονεκτημάτων που αναφέρθηκαν για την θέρμανση χρησιμοποιούνται περισσότερο οι σωληνώσεις με θερμό νερό. Συνήθως εγκαθίστανται και μικτά συστήματα. Στα μεγάλα λοιπόν θερμοκήπια χρησιμοποιείται καυστήρας παραγωγής ατμού όπου μέσω εναλλάκτη θερμαίνει νερό το οποίο κυκλοφορεί στις σωληνώσεις. Στις σωληνώσεις ζεστού νερού, όταν δεν απαιτείται θέρμανση, το νερό με την βοήθεια της αντλίας που παίζει ρόλο κυκλοφορητή, κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις χωρίς να διέρχεται από τον καυστήρα ή τον εναλλάκτη, (οπότε δεν είναι και ζεστό). Όταν απαιτείται αύξηση της θερμοκρασίας τότε ένας θερμοστάτης ανοίγει ειδική βαλβίδα που επιτρέπει στο νερό να περάσει από τον καυστήρα να θερμανθεί και ακολούθως να θερμάνει το θερμοκήπιο. Ο αριθμός των σωληνώσεων που χρειάζονται προσδιορίζεται από της ανάγκες σε θερμότητα του θερμοκηπίου.

Σπουδαίο ρόλο στο να επιτευχθεί ομοιόμορφη θέρμανση εντός του χώρου του θερμοκηπίου, έχει η θέση που θα τοποθετηθούν οι σωλήνες διανομής του νερού ή του ατμού. Οι σωλήνες θέρμανσης στις οποίες διέρχεται το ζεστό νερό θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών για να μην εμποδίζουν τις καλλιεργητικές εργασίες ενώ οι κεντρικές σωληνώσεις που μεταφέρουν το νερό από τον λέβητα προς τις γραμμές των φυτών και αντίστοιχα προς αυτόν, να βρίσκονται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου. Οι κεντρικές σωληνώσεις πρέπει να τοποθετούνται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου γιατί σ' αυτές της περιοχές η θερμότητα χάνεται γρήγορα, μιας και οι περιοχές αυτές βρίσκονται κοντά στα τοιχώματα του θερμοκηπίου, οπότε και είναι κοντά σε αυτές μεγαλύτερες οι ανάγκες σε θέρμανση. Οι περιμετρικοί σωλήνες πρέπει να τοποθετούνται χαμηλά ώστε να μην σκιάζουν τα φυτά της καλλιέργειας. Επίσης οι σωλήνες της οροφής πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλες αποστάσεις από τα φυτά (15-30 cm) ώστε να μην προκαλούν ζημιές σε αυτά και από την οροφή 30 cm, ώστε να μην προκαλούν ζημιές στο σκελετό και στο υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου. Η θέση των σωληνών θέρμανσης καθορίζεται επίσης από το είδος της καλλιέργειας και από της κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Έτσι σε στενά θερμοκήπια οι σωλήνες κατευθύνονται κατά μήκος των κεντρικών στύλων και στηρίζονται μάλιστα από αυτούς. Σε γλαστρικά φυτά, τοποθετούνται κάτω από τα τραπέζια καλλιέργειας, ώστε να μη ενοχλούν τις καλλιεργητικές εργασίες, ενώ σε περιοχές όπου το χειμώνα ρίχνει πολύ χιόνι, μερικοί σωλήνες τοποθετούνται ψηλά στο θερμοκήπιο για να το προστατεύσουν από ενδεχόμενη καταστροφή, λιώνοντας το χιόνι και μην αφήνοντάς το να συσσωρευτεί στην κορυφή.

2.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Από τα διάφορα γνωστά συστήματα άρδευσης, στο μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων της χώρας μας χρησιμοποιείται το σύστημα της άρδευσης με σταγόνες. Στο σύστημα αυτό τοποθετείται ανά γραμμή καλλιέργειας ένας σταλακτηφόρος, μάλιστα υπολογίζεται ώστε το κάθε φυτό να έχει ένα σταλάκτη. Η απόσταση μεταξύ των σταλακτηφόρων σωλήνων άρδευσης ποικίλλει ανάλογα με τις αποστάσεις των γραμμών φύτευσης.

Ανάλογα πάντα με την καλλιέργεια μπορεί το σύστημα άρδευσης να παραλλάσσεται πάντα όμως πρέπει να εξυπηρετεί τα κριτήρια της σωστής άρδευσης των φυτών και ταυτόχρονα την μη διαβροχή του φυλλώματος των φυτών της καλλιέργειας για αποφυγή ανάπτυξης ασθενειών. Όταν πρόκειται λοιπόν για γλαστρικά είδη όπου οι γλάστρες τοποθετούνται πάνω σε πάγκους χρησιμοποιούνται τύποι μικροεκτοξευτήρων όπου το νερό παρέχεται σε αυτούς από ειδικούς σωλήνες μικρότερης διατομής οι οποίοι τοποθετούνται πάνω στους πάγκους ανάπτυξης των φυτών. Πιθανόν επίσης το πότισμα αν το επιτρέπει το είδος της καλλιέργειας να γίνεται και από ψηλά με τη μορφή νέφους.

Η τροφοδοσία με νερό όλων των παραπάνω τελικών σταλακτών ή μικροεκτοξευτών νερού γίνεται μέσω ενός κεντρικού αγωγού ο οποίος διακλαδίζεται σε μικρότερους και ελέγχεται συνήθως από ένα κεντρικό σύστημα έλεγχου της άρδευσης όλου του θερμοκηπίου. Το κεντρικό σύστημα έλεγχου της άρδευσης συνήθως ελέγχεται από υπολογιστή ποτίσματος ή και ηλεκτρονικό υπολογιστή και υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού του με σύστημα υδρολίπανσης.

Είναι αναγκαίο πριν από την εγκατάσταση του κεντρικού συστήματος της άρδευσης του θερμοκηπίου να πραγματοποιηθεί εκτενής μελέτη όπου θα συνυπολογιστούν η κατασκευή του θερμοκηπίου, (τύπος, υλικό κάλυψης,

σκελετός κ.λ.π.) οι απαιτήσεις των φυτών της καλλιέργειας σε νερό καθώς επίσης και η διαθεσιμότητα του νερού στην μονάδα.

Το σύστημα άρδευσης ξεκινά από ένα κεντρικό σωλήνα του οποίου η διατομή καθορίζεται από την συνολική ανάγκη ε νερό του θερμοκηπίου, ο οποίος διακλαδίζεται σε μικρότερους αγωγούς. Στην αρχή του κεντρικού σωλήνα είναι αναγκαία η ύπαρξη φίλτρου το οποίο φυσικά να καθαρίζεται συχνά (ο τύπος του καθορίζεται από την καθαρότητα του χρησιμοποιούμενου νερού). Στις διακλαδώσεις είναι καλό να υπάρχουν διακόπτες παροχής του νερού, ώστε σε περίπτωση βλάβης ή διαρροής ενός αγωγού σε ια περιοχή του θερμοκηπίου να απομονώνεται η περιοχή αυτή για να είναι ευκολότερη η επιδιόρθωση της βλάβης.

2.3. ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Με τον όρο δροσισμό εννοούμε την μείωση της θερμοκρασίας του αέρα εντός του θερμοκηπίου. Ο δροσισμός μπορεί να επιτευχτεί με διάφορους τρόπους.

Τρόποι δροσισμού θερμοκηπίων:

- 1) Διαβροχή φυτών και εδάφους
- 2) Δυναμική ροή του αέρα μέσα από υγρό τοίχωμα
- 3) Εκτόξευση νερού (υδρονέφωση) και παράλληλα παθητικός εξαερισμός.

1) ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ

Διαβρέχουμε τους διαδρόμους του θερμοκηπίου της κατάλληλες ώρες του εικοσιτετραώρου έτσι ώστε να ανέλθει το επίπεδο της σχετικής υγρασίας του αέρα.

2) ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΡΟΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΥΓΡΟ ΤΟΙΧΩΜΑ

Η αρχή αυτού του συστήματος βασίζεται κυρίως στην ψύξη λόγω κορεσμού σε υγρασία του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Αυτό πραγματοποιείται με την διέλευση, με μικρή ταχύτητα, του αέρα, του αέρα από μια υγρή παρειά που ονομάζεται "PAD" ή αλλιώς πάνελς δροσισμού.

Για την αποτελεσματικότητα του συστήματος απαιτείται θερμοκήπιο ιδιαίτερα στεγανό, αλλιώς η αποτελεσματικότητα του δροσισμού μειώνεται σημαντικά από την είσοδο του αέρα που δεν έχει ψυχθεί.

Τα πάνελς είναι από ειδικό πιεσμένο χαρτί από κυτταρίνη εμποτισμένο από ειδικές ρητίνες και επιπροσθέτως με ουσίες (συστατικά) κατά της μούχλας και αντιδραστήρια υγρασίας όπου καλυτερεύουν την επάρκεια και αυξάνουν την διάρκεια ζωής.

Το σύστημα των πάνελς δροσισμού αποτελείται από το επάνω μέρος πάνελς διανομής και υδρορροή διανομής και στο κάτω μέρος μια υδρορροή επανακτήσεως παίρνει το νερό που δεν έχει εξατμιστεί και το ανακυκλώνει με την βοήθεια μιας εμβαπτιζόμενης αντλίας 0,5 Hρ και τα απαραίτητα εξαρτήματα συνδεσμολογίας.

Η αναγκαία ποσότητα νερού διαβροχής των πάνελς ανά τρέχων μέτρο είναι 5,5lit/min. Βέβαια η κατανάλωση του νερού αλλάζει ανάλογα με το κλίμα.

3) ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗ

Η αρχή της ψύξης με την τεχνική της υδρονέφωσης βασίζεται στην μετατροπή της προσπίπτουσας ενέργειας ακτινοβολίας σε λανθάνουσα θερμότητα με εξάτμιση των σταγονιδίων νερού που ψεκάζονται από τις συσκευές υδρονέφωσης χαμηλής και υψηλής πίεσης.

2.4. ΑΕΡΙΣΜΟΣ – ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο όρος αερισμός του θερμοκηπίου περιλαμβάνει δύο έννοιες:

1) Την ανάδευση του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου, με σκοπό την δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών σε όλη την έκταση του και

2) Την ανταλλαγή του θερμού αέρα του θερμοκηπίου με τον εξωτερικό αέρα, που ονομάζεται ειδικότερα εξαερισμός. Στόχος του εξαερισμού είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας στο θερμοκήπιο την θερμή περίοδο και η ρύθμιση της συγκέντρωσης των αερίων συστατικών του αέρα (διοξείδιο του άνθρακα κ.α.) του θερμοκηπίου.

Ο ρυθμός και ο τρόπος του αερισμού εξαρτώνται από την εποχή. Για τα θερμοκήπια που είναι εγκαταστημένα στη χώρα μας οι ανάγκες σε αερισμό είναι μεγάλες για την περίοδο από αρχές άνοιξης έως τέλη φθινοπώρου. Χωρείς να αποκλείεται η ανάγκη αερισμού και τον χειμώνα.

2.4.1. ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Τα συστήματα αερισμού (κυκλοφορίας ή ανάδευσης) του αέρα που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι τα εξής:

1) Οριζόντιας μετακίνησης του αέρα.

Χρειάζεται μια εγκατάσταση ανεμιστήρων, συνολικής παροχής ίσης με το $\frac{1}{4}$ του όγκου του θερμοκηπίου ανά λεπτό. Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται κοντά στην κορυφή με μια κλίση 10-15 μοίρες προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Εάν το μήκος ενός στενού θερμοκηπίου είναι μικρότερο από 20m, χρειάζονται 1 έως 2 ανεμιστήρες που τοποθετούνται διαγώνια στις 2 γωνίες του θερμοκηπίου. Αν το μήκος ξεπερνά τα 20m, χρειάζονται 2 ακόμη ανεμιστήρες στο μέσο του μήκους του θερμοκηπίου.

2) Αξονικής μετακίνησης του αέρα με διάτρητο σωλήνα.

Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται στο άκρο ή στο κέντρο του θερμοκηπίου και ωθούν τον αέρα μέσα σε διάτρητους σωλήνες πολυαιθυλενίου, που

κρέμονται σε όλο το μήκος του θερμοκηπίου. Οι σωλήνες έχουν μικρές οπές επιφάνειας 5 cm^2 η κάθε μία, κατά μήκος του και έτσι ο αέρας εξέρχεται από αυτές. Η ισχύς του ανεμιστήρα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει παροχή 20-30% του όγκου του θερμοκηπίου ανά λεπτό.

2.4.2 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Διακρίνονται δύο συστήματα εξαερισμού των θερμοκηπίων:

1) Ο φυσικός εξαερισμός που προκαλείται από διαφορές πιέσεων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου. Οι διαφορές πιέσεων οφείλονται στη διαφορά θερμοκρασίας και επίσης στο άνεμο.

2) Ο δυναμικός εξαερισμός, οι διαφορές πιέσεων μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου δημιουργούνται με μηχανικά μέσα. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τις ανάγκες σε εξαερισμό είναι:

- Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.
- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η μέγιστη ανεκτή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο που εξαρτάται από το είδος του φυτού.
- Το μέγεθος και τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου.
- Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής στο χώρο του θερμοκηπίου.

1) ΦΥΣΙΚΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο φυσικός εξαερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο του αέρα, στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, από τα παράθυρα που βρίσκονται στην οροφή και στις πλευρές. Έτσι ο ζεστός αέρας περνάει από τα ανοίγματα της οροφής και αντικαθίσταται από ψυχρότερο αέρα που μπαίνει από τα πλευρικά παράθυρα. Η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου καθώς και η έκταση και το σχήμα των παραθύρων επηρεάζουν το ρυθμό εξαερισμού.

Για την σωστή λειτουργία του φυσικού αερισμού χρειάζονται μεγάλα ανοίγματα, τοποθετημένα στις κατάλληλες θέσεις. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του θερμοκηπίου, τόσο ανεπαρκής αποδεικνύεται ο αερισμός με πλευρικά μόνο ανοίγματα γι' αυτό χρειάζονται και πρόσθετα ανοίγματα οροφής. Πολλές φορές, τα πρόσθετα αυτά ανοίγματα αποδεικνύονται απαραίτητα, γιατί τις ημέρες που δεν φυσάει άνεμος συντελούν στη λειτουργία του αερισμού που βασίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας.

Για να είναι αποτελεσματικός ένας φυσικός αερισμός πρέπει η συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων να είναι ίση, περίπου, με το 20-30% της καλυπτόμενης από το θερμοκήπιο επιφάνειας του εδάφους. Τα παράθυρα κατασκευάζονται, συνήθως συνεχόμενα, κατά μήκος των κατακόρυφων πλευρών και της οροφής.

Επιφάνεια ανοιγμάτων θερμοκηπίου

$$S = N \times L \times h \text{ (m}^2\text{)}$$

Όπου: S= η μέγιστη επιφάνεια ανοιγμάτων

N= ο αριθμός των ανοιγμάτων

L= το μήκος του ανοίγματος

h = το μέγιστο πραγματικό πλάτος h=βχρημα

Σχετική επιφάνεια ανοιγμάτων

$$\Sigma A = (S/A_g) \times 100(\%)$$

Όπου : A_g = η επιφάνεια εδάφους του θερμοκηπίου

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ		
	Οροφής	Πλευρών	Σύνολο
Β. Ελλάδα	18	4	22
Πεδινά β. Ελλάδας	22	5	27
Κεντρική και Νότια Ελλάδα	24	6	30

Ο αυτοματισμός στα ανοίγματα είναι απαραίτητος, γιατί οι απαιτήσεις σε αερισμό αλλάζουν ανάλογα με την εποχή και κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο, που παρατηρούνται μεγάλες εναλλαγές θερμοκρασίας.

Το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων οροφής γίνεται μέσω οδοντωτών ή σπαστών βραχιόνων. Οι βραχίονες συγκρατούν την κάτω πλευρά του παραθύρου και συνδέονται με έναν σωληνωτό άξονα, έτσι ώστε με την περιστροφή αυτού να μετακινούνται όλοι οι βραχίονες μαζί και να ανοίγουν ή να κλείνουν το παράθυρο. Η περιστροφή γίνεται με χειροκίνητο μηχανισμό ή με ηλεκτροκινητήρα ο οποίος έχει συνδεθεί με μειωτήρα στροφών. Στους τελευταίους μηχανισμούς η εντολή για το άνοιγμα ή κλείσιμο δίνεται με χειροκίνητο διακόπτη ή με θερμοστάτη χώρου. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος υπάρχει η δυνατότητα ανοίγματος με το χέρι.

Τα παράθυρα της κατακόρυφης πλευράς είναι ίδιας κατασκευής με της οροφής. Σε πολλά όμως θερμοκήπια πλαστικής κάλυψης με φύλλο πολυαιθυλενίου είναι απλούστερη. Δεν υπάρχει σκελετός αλλά το πλαστικό φύλλο συγκρατείται από την πάνω πλευρά ενώ στην κάτω πλευρά τυλίγεται με ανεξάρτητο σωλήνα. Η περιστροφή του σωλήνα με το πλαστικό για άνοιγμα ή κλείσιμο γίνεται με ηλεκτροκινητήρα που παίρνει εντολή από θερμοστάτη, ή και χειροκίνητα.

Στις συνθήκες της χώρας μας, για τον εξαερισμό την άνοιξη και το φθινόπωρο η έκταση των ανοιγμάτων θα πρέπει να επιτρέπει περισσότερες από 40 αλλαγές του αέρα την ώρα. Το χειμώνα, η θερμοκρασία θα πρέπει να ρυθμίζεται μόνο από τα ανοίγματα της οροφής, γιατί η άμεση εισαγωγή ψυχρού αέρα από έξω, μέσω των πλευρικών ανοιγμάτων, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα φυτά.

Όσο αφορά το φυσικό εξαερισμό, τα τελευταία χρόνια με την αυτοματοποίηση των θερμοκηπίων, δεν παρουσιάζει τα παλαιότερα προβλήματα (πχ. Δυσκολία αυτόματης ρύθμισης του εισερχόμενου αέρα, ανάγκη εργατών για το άνοιγμα ή κλείσιμο των παραθύρων, παρακολούθηση για την αποφυγή ζημιών από ισχυρό άνεμο) γιατί η ρύθμιση του ανοίγματος-

κλεισίματος των παραθύρων μπορεί να γίνει αυτόματα με ειδικούς ελεγκτές αερισμού.

2) ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο δυναμικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρων που τοποθετούνται στο τοίχωμα του θερμοκηπίου και προκαλούν τεχνητή διαφορά πίεσης στο χώρο του θερμοκηπίου. Ένας τρόπος εξαερισμού είναι οι ανεμιστήρες να αναρροφούν και να εξάγουν τον εσωτερικό αέρα, ενώ εξωτερικός αέρας εισέρχεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά.

Το χειμώνα, τα ανοίγματα για την είσοδο του αέρα είναι μικρότερα και βρίσκονται ψηλά στην απέναντι πλευρά, ή χρησιμοποιείται πλαστικός σωλήνας κατανομής του αέρα από ψηλά, έτσι ώστε ο κρύος εξωτερικός αέρας πριν φτάσει στα φυτά, να έχει αναμειχθεί με το θερμό αέρα του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι αντίθετα, το άνοιγμα για την είσοδο του αέρα είναι συνεχές σ' όλο το πλάτος του θερμοκηπίου περίπου στο μέσο του ύψους της κατακόρυφης πλευράς.

Ανάλογα με το ρυθμό εξαερισμού που χρειαζόμαστε, καθορίζουμε το κατάλληλο αριθμό και μέγεθος των ανεμιστήρων. Ο χρόνος εξαερισμού καθορίζεται από τη θερμοκρασία που θέλουμε να επιτύχουμε για την καλλιέργεια, από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Η εγκατάσταση δυναμικού εξαερισμού σ' ένα θερμοκήπιο, με κατάλληλη τοποθέτηση ανεμιστήρων σε συγκεκριμένα σημεία, γίνεται μετά από λεπτομερή μελέτη των συνθηκών και από ειδικό σχεδιασμό.

Ο δυναμικός εξαερισμός διακρίνεται σε : α) υπερπίεσης, β) υποπίεσης, και γ) ουδέτερος.

Δυναμικός εξαερισμός με υπερπίεση, χρησιμοποιείται συνήθως όταν υπάρχουν υποχρεωτικά ανοίγματα στο κάλυμμα του θερμοκηπίου και έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα με υποπίεση. Η χρησιμοποίηση

του δυναμικού εξαερισμού σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι αντιοικονομική και ίσως επικίνδυνη όταν:

- Σε περιοχές όπου επαρκεί ο φυσικός εξαερισμός για το μεγαλύτερο διάστημα, η χρήση του δυναμικού εξαερισμού σημαίνει σπατάλη μεγάλης ποσότητας ενέργειας.
- Αν συμβεί κάποια ζημιά στο σύστημα και δεν μπορεί να επισκευαστεί γρήγορα, κινδυνεύει η παραγωγή του θερμοκηπίου λόγω αυτής της βλάβης, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Έχει όμως και τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μεγαλύτερη ακρίβεια στη ρύθμιση του όγκου του εισερχόμενου αέρα.
- Ικανοποιητική ανανέωση του αέρα ακόμη και σε περιπτώσεις που επικρατεί άπνοια.
- Ανανέωση του αέρα ανεξάρτητα από της εξωτερικές συνθήκες.
- Αποτελεί λύση για της περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι.

2.4.3. ΣΚΙΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ειδικές άσπρες μπογιές ή στόκος + νερό, ευκολία απομάκρυνσης.

Ειδικές κουρτίνες αραιής ύφανσης

Πλεονεκτήματα: ελεγχόμενη σκίαση και συνδυασμός με μείωση θερμοκρασίας -5 Κελσίου.

Χρησιμότητα:

Οι θερμοκουρτίνες – κουρτίνες σκίασης στα θερμοκήπια στοχεύουν στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες και στην προστασία της καλλιέργειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η μεγάλη ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που περνά ελεύθερα από τα πλαστικά κάλυψης του θερμοκηπίου στο χώρο αυτό, μετατρέπεται σε θερμότητα και κάνει τις καλλιέργειες να υποφέρουν.

Η θερμοκουρτίνα με φύλλα αλουμινίου ελέγχει την εισερχόμενη ακτινοβολία αντανακλώντας το ποσοστό που επιθυμούμε. Έτσι ρυθμίζουμε το κλίμα του θερμοκηπίου τους καλοκαιρινούς μήνες απλώνοντας την κουρτίνα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Την περίοδο των ψυχρών μηνών η σημαντική πτώση της θερμοκρασίας επηρεάζει αρνητικά τις καλλιέργειες. Η θερμότητα που συγκεντρώνεται στο χώρο του θερμοκηπίου στη διάρκεια της ημέρας χάνεται τη νύχτα και μερικές φορές με ξάστερο ουρανό η αποβολή θερμότητας από τα φυτά με ακτινοβολία προς το διάστημα κατεβάζει τις θερμοκρασίες πιο χαμηλά και από τη θερμοκρασία του αέρα με αποτέλεσμα τους παγετούς.

Η θερμοκουρτίνα συγκρατεί τη θερμότητα μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα τις ευνοϊκές συνέπειες για την καλλιέργεια απλώνοντας την κουρτίνα κατά διάρκεια της νύχτας. Η θερμοκουρτίνα εμποδίζει την δημιουργία σταγονιδίων στην διάρκεια της νύχτας στην οροφή του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα την αποφυγή ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών.

Τα νήματα της κουρτίνας είναι ακρυλικά και τα φύλλα του αλουμινίου είναι προστατευμένα από ειδική κάλυψη που τους δίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και αντοχή.

Η θερμοκουρτίνα τοποθετείται οριζόντια κάτω από την μπάρα φυτών και πάνω από το επίπεδο όπου είναι αναρτημένο το σύστημα στήριξης των φυτών. Απλώνεται επί ειδικών σπάγκων τεντωμένων σε τροχαλίες κινούμενων από ειδικό σωληνωτό άξονα ο οποίος θα παίρνει κίνηση από ηλεκτροκινητήρα.

Η εγκατάσταση των υλικών θα γίνεται με ειδικά πλαστικά κλιπ, γαλβανισμένους κοιλιοδοκούς, σωλήνα στήριξης αλουμινίου 19mm, γαλβανισμένο σύρμα για τη στήριξη της θερμοκουρτίνας και διάφανη μεσσηνέζα LS2,5χιλ.

Οι θερμοκουρτίνες-κουρτίνες σκίασης στα θερμοκήπια στοχεύουν στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες και την προστασία της καλλιέργειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες

Οι κουρτίνες διακρίνονται στις κατηγορίες:

- 1)Εξοικονόμηση ενέργειας
- 2)Εξοικονόμηση ενέργειας και σκίασης
 - εξωτερικής τοποθέτησης
 - εσωτερικής τοποθέτησης
- 3)Συσκόπισης

Υπάρχουν μάλιστα περί τα 20-30 είδη ανά κατασκευαστή για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών.\

Ένα σύστημα θερμοκουρτίνας αποτελείται: 1) το ύφασμα και 2) τον μηχανισμό κίνησης.

Το ύφασμα αποτελείται από ακρυλικά νήματα που έχουν ή δεν έχουν ανάλογα με το είδος, φύλλα αλουμινίου στην ύφανσή τους, διαφορετικής πυκνότητας. Είναι στεγανές στο νερό αυτές που χρησιμοποιούνται μέσα στο θερμοκήπιο και διάτρητες αυτές για εξωτερική χρήση. Το σύστημα κίνησης αποτελείται από ένα ηλεκτρομειωτήρα πολύ μικρής ταχύτητας , ένα άξονα και έναν πίνακα ελέγχου και προστασίας. Η μετάδοση της κίνησης στις κουρτίνες (άνοιγμα-κλείσιμο) μπορεί να γίνεται με συρματοσχοινο, το οποίο και συγκρατεί τη κουρτίνα πάνω στο σύστημα.

1)Οι κουρτίνες εξοικονόμησης ενέργειας είναι αυτές που δεν έχουν στην ύφανση τους φύλλα αλουμινίου και επιτυγχάνουν εξοικονόμηση της αντανakλώμενης ενέργειας σε ποσοστό μέχρι και 45/ . Η χρήση αυτών

συνίσταται σε βόρειες περιοχές όπου η ηλιοφάνεια είναι μικρή και υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη εισαγωγής ς ενέργειας .Η κουρτίνα απλώνεται νωρίς το απόγευμα. Έτσι επιτυγχάνεται αφενός εξομάλυνση της καμπύλης της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο κατά τη διάρκεια της νύχτας και αφετέρου διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο θερμοκήπιο κατά 3-5 βαθμούς Κελσίου υψηλότερα.

2)Οι κουρτίνες εξοικονόμησης ενέργειας και σκίασης είναι οι πιο συνήθεις κουρτίνες που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα. Έχουν στην ύφανση του φύλλα αλουμινίου σε πυκνότητες 3:1 , 2:1 ,1:2 . Οι κουρτίνες χαμηλής σκίασης χρησιμοποιούνται σε κηπευτικά, οι μέσης σκίασης σε ανθοκομικά και οι υψηλής σκίασης σε θερμοκήπια με φυτωριακό υλικό-ριζωτήρια

Η λειτουργία αυτών είναι, τη μεν ημέρα για την σκίαση του χώρου θερμοκηπίου με τη μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολία (κίνηση που κάνουμε το καλοκαίρι), το δε βράδυ για την εξοικονόμηση ενέργειας (κίνηση που κάνουμε το χειμώνα) Επειδή η κουρτίνα είναι αδιάβροχη, επιτυγχάνεται αν είναι απλωμένη το βράδυ και μείωση συμπύκνωσης των υδρατμών άρα μικρότερο ποσοστό σταγόνων στο χώρο, με ευεργετική συνεισφορά κυρίως τη φυτοπροστασία της καλλιέργειας από μύκητες. Στις κουρτίνες αυτές επιτυγχάνεται σκίαση 45-75 % ανάλογα της πυκνότητας του αλουμινίου στην ύφανση και εξοικονόμηση ενέργειας 52-68%.

Οι κουρτίνες της κατηγορίας αυτής διακρίνονται σε εσωτερικής τοποθέτησης και σε εξωτερικής τοποθέτησης. Οι τελευταίες έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή και τοποθετούνται σε ανθοκομικές καλλιέργειες.

3) Υπάρχουν και οι κουρτίνες συσκότισης που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες ανθοκομικές με σκοπό τη ρύθμιση του χρόνου παραγωγής ανθέων, όταν αυτές επηρεάζονται από τον φωτοπεριοδισμό. Στις καλλιέργειες αυτές είναι απαραίτητες οι κουρτίνες για την αύξηση της παραγωγής και τη ρύθμιση της παραγωγής σε χρόνο που υπάρχει ενδιαφέρουσα τιμή με σκοπό την μεγιστοποίηση της οικονομικής προσόδου.

Το κόστος της επένδυσης μειώνεται σημαντικά όταν η εφαρμογή γίνεται σε ενιαίες θερμοκηπιακές μονάδες 4-5 στρέμματα λόγω της χρήσης ενός κινητήρα, πίνακα άξονα κίνησης.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται το χειμώνα κατά 3-5 βαθμούς κελσίου δίνει τη δυνατότητα απόσβεσης του συστήματος σε 2 έτη σε ανθοκομική καλλιέργεια από την εξοικονόμηση καυσίμων, αν η μονάδα θερμαίνεται με πετρέλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η ανάπτυξη και παραγωγή ενός φυτού εξαρτώνται από το κληρονομικό δυναμικό του, δηλ. το είδος και την ποικιλία ή το υβρίδιο, καθώς και από το περιβάλλον μέσα στο οποίο θα αναπτυχθεί.

Το περιβάλλον το συνιστούν όλα τα φυσικά μεγέθη του χώρου που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών.

Για ένα συγκεκριμένο κληρονομικό δυναμικό υπάρχει πάντα ένα βέλτιστο περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στους χαρακτήρες του φυτού, που προσδιορίζονται από το κληρονομικό δυναμικό, να αναπτυχθούν στον καλύτερο δυνατό βαθμό. Οποσδήποτε, η ανάπτυξη των χαρακτήρων του φυτού θα πρέπει να είναι προς την επιθυμητή κατεύθυνση, γι' αυτό το βέλτιστο περιβάλλον διαφέρει ανάλογα με τον σκοπό της καλλιέργειας. Αν με την καλλιέργεια επιδιώκεται η παραγωγή καλλωπιστικών φυτών γλάστρας, τότε καλύτερο περιβάλλον αποσκοπεί στην μεγαλύτερη ταχύτητα ανάπτυξης της κόμης και την καλή ποιότητα της (εμφάνιση), αν επιδιώκεται η παραγωγή καρπών, τότε αποσκοπεί στο μέγιστο της παραγωγής καρπών (ποιοτικά και ποσοτικά) και σε όλες τις περιπτώσεις με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών στο θερμοκήπιο είναι:

α) Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες του φυτού, που επιτελούνται στο υπέργειο μέρος του και είναι κυρίως η ακτινοβολία, η θερμότητα, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα.

β) Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις λειτουργίες που επιτελούνται στο υπόγειο μέρος δηλαδή στη ρίζα και είναι κυρίως η θερμοκρασία, το νερό, το οξυγόνο, τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία και το pH του εδάφους.

Το περιβάλλον της κόμης επηρεάζεται από τον εναέριο χώρο του θερμοκηπίου, ενώ αυτό της ρίζας από το έδαφος του θερμοκηπίου, τα

υποστρώματα καλλιέργειας ή τα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών που τυχόν χρησιμοποιούνται.

Για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής δεν αρκεί η ρύθμιση καθενός από τους παράγοντες του περιβάλλοντος σε ένα συγκεκριμένο άριστο σημείο, αλλά απαιτείται η ρύθμιση καθενός σε συνδυασμό με το επίπεδο όλων των άλλων παραγόντων. Στη ρύθμιση της θερμοκρασίας της κόμης κατά τη διάρκεια της ημέρας, π.χ. θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η επικρατούσα ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η σχετική υγρασία, η συγκέντρωση του CO₂ αλλά και η θερμοκρασία εδάφους, η διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος κ.α.

3.1.ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή ενέργειας για την φωτοσύνθεση των φυτών. Συγχρόνως αποτελεί και τη φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²) αναφέρεται στην ποσότητα της φωτεινής ενέργειας που δέχεται το φυτό ανά μονάδα του χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας. Τα κυριότερα είδη και οι σπουδαιότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια είναι απαιτητικά σε ένταση φωτός και θερμοκρασία οι δε μεταβολές θερμοκρασίας που συμβαίνουν, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που παρουσιάζει το θερμοκήπιο είναι:

1. Κάθε θερμοκήπιο, επειδή καλύπτεται με διαφανές κάλυμμα, δέχεται στο εσωτερικό του το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας.

2. Η απώλειες του θερμοκηπίου σε θερμότητα, λόγω του λεπτού τοιχώματος του καλύμματος είναι πολύ μεγάλες, 6-12 φορές μεγαλύτερες από εκείνες ενός συνήθους κτίσματος ίσου όγκου.

Λόγω των ιδιαίτερων αυτών χαρακτηριστικών των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων, τις ηλιόλουστες μέρες, η θερμοκρασία του ανέρχεται σε πολύ υψηλά επίπεδα και τις ψυχρές νύχτες η θερμοκρασία πέφτει σε πολύ χαμηλά

επίπεδα δεδομένου ότι η θερμοκρασία και ο φωτισμός είναι παράγοντες του θερμοκηπίου ισχυρά αλληλένδετοι μεταξύ τους.

Ο σκοπός σε μια καλλιέργεια, αν δεν υπάρχει περιορισμός από την αντοχή και την απόδοση του φυτού, είναι να δώσουμε την βέλτιστη ακτινοβολία για άριστες αποδόσεις. Η διάρκεια και η ποιότητα του φωτισμού έχουν πολύ σημαντική επίδραση στην ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων από την φωτοσύνθεση προϊόντων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια του φωτισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη ενέργεια για φωτοσύνθεση. Για να καλυφθούν οι ανάγκες σε φωτεινή ενέργεια για την φωτοσύνθεση των περισσότερων κηπευτικών καλλιεργειών και δρεπτών ανθέων εντός του θερμοκηπίου, πρέπει να υπάρχει ένταση στην μικρού μήκους ηλιακή ακτινοβολία (200-300 nm) τουλάχιστον 235 W/m^2 και $450 \text{ } \mu\text{mol/m}^2\text{sec}$ στην φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR 400-700 nm). Κατά την διάρκεια του χειμώνα η ένταση και η διάρκεια του φωτός είναι ανεπαρκείς για να υπάρξει το μέγιστο της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Η μείωση της ταχύτητας αύξησης των φυτών αυτή την εποχή ακόμα και στα πολύ καλά θερμαινόμενα θερμοκήπια, οφείλεται στον μειωμένο φωτισμό. Μια αύξηση του φυσικού φωτισμού το χειμώνα έστω και 1%, αυξάνει το ύψος της παραγωγής κατά 2% περίπου, την περίοδο αυτή, μειώνοντας σημαντικά τον χρόνο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Έτσι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι μειωμένη (Μαυρογιαννόπουλος 2001, Ολύμπιος 1994). Για την αύξηση του φωτισμού κατά την διάρκεια του χειμώνα στο χώρο του θερμοκηπίου μπορεί κανείς να επέμβει είτε μειώνοντας όσο είναι δυνατόν τα εμπόδια στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου όσον αφορά τον φυσικό φωτισμό, είτε με την χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού.

Ο φωτισμός του χώρου που καλύπτει το θερμοκήπιο επηρεάζεται σημαντικά από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τις ιδιότητες του καλύμματος και η ένταση του φωτός επιδρά άμεσα στην εσωτερική θερμοκρασία αέρα. Οι φωτιστικές ανάγκες εντός του θερμοκηπίου εξαρτώνται από την εποχή και το είδος των καλλιεργούμενων φυτών και έτσι οι δύο βασικές διεργασίες των φυτών, δηλαδή η φωτοσύνθεση και ο φωτοπεριοδισμός, έχουν

άμεση σχέση με την ένταση και την διάρκεια του φωτισμού. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές μείωσης της έντασης του φωτός καθώς επίσης και τεχνητού φωτισμού.

Η θερμοκρασία του χώρου του θερμοκηπίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία με συνέπεια άλλοτε να δημιουργούνται συνθήκες υπερθέρμανσης και άλλοτε να υπάρχει ανάγκη πρόσθετης θέρμανσης, ενώ παράλληλα ο συνδυασμός τους επηρεάζει άμεσα και την υγρασία του θερμοκηπίου.

Με την ακτινοβολία μεταφέρεται ενέργεια μέσω των φωτονίων, που είναι διακεκριμένες δέσμες ενέργειας. Τα φωτόνια ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός και έχουν ιδιότητες όμοιες με αυτές των σωματιδίων και των μικροκυμάτων. Εκπέμπονται ή απορροφώνται από την ύλη λόγω της μετακίνησης των ηλεκτρονίων από το ένα επίπεδο ενέργειας σε άλλο ή αλλαγών στην ενέργεια δόνησης και περιστροφής των μορίων.

Γενικά η ακτινοβολία μπορεί να θεωρηθεί και ως ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Κάθε φυσική επιφάνεια λόγω της θερμοκρασίας της εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σ' ένα μήκος κύματος που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 100 μm ($1\mu\text{m}=10^3 \text{ nm} = 10^{-3} \text{ mm} = 104\text{A}$) και έχει σταθερή ταχύτητα στο κενό. Στο διάστημα αυτό περιλαμβάνεται η ηλιακή ακτινοβολία και η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.

Κατά την διάρκεια της μέρα η κύρια πηγή ενέργειας του θερμοκηπίου είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πυγή ενέργειας για την φωτοσύνθεση των φυτών, καθώς και την φυσική πηγή θερμότητας στο χώρο του θερμοκηπίου. Επηρεάζει βέβαια σημαντικά την διάρκεια ζωής των διαφανών πλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πολλών θερμοκηπίων.

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

Όταν όλοι οι παράγοντες συμμετέχουν στην φωτοσύνθεση, όπως η φωτεινή ακτινοβολία, το διοξείδιο του άνθρακα, η θερμοκρασία, το νερό κ.α.

βρίσκονται στο άριστο επίπεδο, τότε και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (άρα και η ανάπτυξη και η παραγωγή των φυτών) βρίσκεται στο ανώτερο δυνατό επίπεδο. Αν ένας από αυτούς τους παράγοντες μειωθεί, όπως π.χ. η ένταση φωτισμού, τότε η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (και ανάπτυξη των φυτών) μειώνεται. Αν ένας από αυτούς τους παράγοντες αυξηθεί πάνω από το άριστο, επομένως και η ένταση φωτισμού, πάλι μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (στην περίπτωση της υψηλής έντασης φωτισμού, επειδή βλάπτονται οι χλωροπλάστες).

Για την ανάπτυξη των φυτών εντός του θερμοκηπίου μας ενδιαφέρει κυρίως το φάσμα της ακτινοβολίας, και κυρίως οι δύο παράμετροί της που είναι η ένταση, και η διάρκειά της.

3.1.1.ΕΝΤΑΣΗ

Γενικά, η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια της 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 πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Η ετήσια διακύμανση του μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα στις τροπικές περιοχές οπωσδήποτε είναι μικρότερη από τις άλλες περιοχές, λόγω της μικρότερης διακύμανσης της συνολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια της γης στις περιοχές αυτές.

Ένα απλό φύλλο απορροφά 80% περίπου από την προσπίπτουσα σ' αυτό φωτεινή ακτινοβολία, ενώ η υπόλοιπη ανακλάται. Από το μέρος που απορροφάται ένα πολύ μικρό μέρος χρησιμοποιείται για την φωτοσύνθεση (3%), ενώ το άλλο μετατρέπεται σε θερμότητα που αποβάλλεται κυρίως με την διαπνοή, αλλά και με συναγωγή και ακτινοβολία

3.1.2.ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Ο φυσικός φωτισμός δηλ. φωτεινότητα ενός θερμοκηπίου εξαρτάται από τους μετεωρολογικούς παράγοντες και από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής. Παράγοντες που ευνοούν το θερμοκήπιο είναι οι εξής:

➤ Ο απλός σκελετός. Όσο απλούστερος είναι, τόσο περισσότερο φως περνάει στο θερμοκήπιο. Σκελετοί με μεγάλες διατομές ή με πολλά στοιχεία μειώνουν κατά 4-12% το φωτισμό, ενώ τα δευτερεύοντα στοιχεία κατά 2-5%.

➤ Το υλικό κάλυψης. Ο καθαρός υαλοπίνακας μειώνει κατά 10% το φωτισμό που περνάει εντός, ενώ ο ακάθατος μέχρι και 70%. Η μείωση του φωτισμού στα πλαστικά φύλλα και στα σκληρά πλαστικά είναι μεγαλύτερη από του υαλοπίνακα και αυξάνει με την πάροδο του χρόνου.

➤ Οι εναέριες εγκαταστάσεις μειώνουν σημαντικά το φωτισμό στο χώρο του θερμοκηπίου και πρέπει να αποφεύγονται αν είναι δυνατόν.

➤ Τα απλά θερμοκήπια είναι πιο φωτεινά από τα πολλαπλά, γιατί δέχονται περισσότερο διάχυτο φωτισμό από τα πλευρικά τοιχώματα, όμως παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας και μικρότερη εκμετάλλευση εδάφους.

➤ Η πυκνότητα των φυτών στο χώρο του θερμοκηπίου, η οποία θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το φως που φθάνει στα φυτά να καλύπτει τις απαιτήσεις τους ως προς την φωτοσυνθετική τους λειτουργία.

➤

3.1.3.ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό, τα θερμοκήπια είδη έχουν διαφορετικές απαιτήσεις φωτισμού και ανάλογα, επιδρούν θετικά όταν η διάρκεια της νύχτας είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη (φαινόμενο φωτοπεριοδισμού). Συνεπώς, όταν δεν επαρκεί ο φυσικός φωτισμός, όπως συμβαίνει τον χειμώνα που η διάρκεια της μέρας είναι μικρότερη, χρησιμοποιείται συχνά τεχνητός φωτισμός με λαμπτήρες.

Με στόχο την αύξηση της παραγωγής της φωτοσύνθεσης σε περιόδους που δεν είναι αρκετός ο φυσικός φωτισμός χρησιμοποιείται συχνά συμπληρωματικός φωτισμός, ώστε να συμπληρώνεται 12-16 ώρες φως το εικοσιτετράωρο. Ο τεχνητός φωτισμός εφαρμόζεται κυρίως σε καλλωπιστικά φυτά, καθώς και σε σπορεία κηπευτικών φυτών. Σε θερμοκήπια με συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ο τεχνητός φωτισμός εφαρμόζεται με θετικό οικονομικό αποτέλεσμα στη παραγωγή λαχανικών. Για τη φωτοσύνθεση, γενικά, απαιτούνται τουλάχιστον 100 micromols φωτισμού από λαμπτήρες υψηλής πίεσης Na. Στη πράξη, σε μονάδες Lux, για τα καλλωπιστικά φυτά γλάστρας χρησιμοποιείται φωτισμός 6 klux και άνω, ενώ για τα δρεπτά άνθη και τα κηπευτικά 20 klux και άνω.

Οι λαμπτήρες αποτελούν τις πηγές τεχνητού φωτισμού. Η αποτελεσματικότητα ενός λαμπτήρα που χρησιμοποιείται στο θερμοκήπιο προσδιορίζεται κυρίως από 2 παράγοντες:

A) από το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε φωτεινή ακτινοβολία και

B) από την κατανομή του εκπεμπόμενου φάσματος.

Το ανθρώπινο μάτι έχει τη μέγιστη του ευαισθησία στην ακτινοβολία μήκους κύματος 555 nm (κίτρινο). Αυτή η ευαισθησία μειώνεται και προς τα μεγαλύτερα μήκη και προς τα μικρότερα. Στην περιοχή του κόκκινου χρώματος το ανθρώπινο μάτι έχει μόνο το 1/10 της ευαισθησίας που έχει στα 555 nm (κίτρινο). Με βάση την απορρόφηση της χλωροφύλλης, η μεγαλύτερη ευαισθησία των φυτών παρουσιάζεται στα 675 nm (στην περιοχή του κόκκινου-πορτοκαλί) και κάπως μικρότερη ευαισθησία αλλά σχετικά μεγάλη στα 450 nm (στην περιοχή του μπλέ), με ελάχιστη ευαισθησία στα 500nm (στην περιοχή του πράσινου). Ένας σωστός λαμπτήρας από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης και από πλευράς επίδρασης στις μορφογενετικές διαδικασίες του φυτού καλά είναι να αποδίδει φως σε όλο το φάσμα PAR (μεταξύ 400-700 nm).

3.1.4. ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Οι διάφοροι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται ως πηγή τεχνητού φωτισμού είναι:

1. Λαμπτήρες πυρακτώσεως



Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως (οι πιο κοινοί λαμπτήρες οικιακού φωτισμού) αποτελούνται από το υάλινο κέλυφος και την αντίσταση βολφραμίου που βρίσκεται μέσα στο κέλυφος σε κενό οξυγόνου. Περνώντας το ηλεκτρικό ρεύμα από την αντίσταση αυτή θερμαίνεται και σε υψηλή θερμοκρασία ακτινοβολεί σε μήκη κύματος που περιέχουν την ορατή ακτινοβολία. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι χαμηλού κόστους αλλά η απόδοσή τους σε φως χρήσιμο για τη φωτοσύνθεση είναι πάρα πολύ μικρή (6-10% της καταναλισκόμενης ενέργειας), έχουν όμως υψηλή απόδοση στο κοντινό υπέρυθρο και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη ρύθμιση του φωτοπεριόδισμου στα μικρής και μεγάλης μέρας φυτά. Είναι οι κατεξοχήν χρησιμοποιούμενη λαμπτήρες για την μείωση της νυκροπεριόδου.

2. Λαμπτήρες βολφραμίου – αλογόνου



Οι λαμπτήρες βολφραμίου – αλογόνου διαφέρουν από τους απλούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, γιατί περιέχουν άτομα αλογόνου (ιωδίου ή βρομίου) και οξυγόνου. Στους απλούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας (περίπου 3030 °c), άτομα βολφραμίου εξαχνώνονται και σιγά-σιγά επικάθονται στο χαμηλότερης θερμοκρασίας κέλυφος του λαμπτήρα, μειώνοντας την περατότητα του στο φως. Στην περίπτωση των λαμπτήρων βολφραμίου-αλογόνου, τα άτομα βολφραμίου, οξυγόνου και αλογόνου συνενώνονται και σχηματίζουν μόρια βολφραμικού οξυαλογόνου. Τα μόρια αυτά παραμένουν σε

κατάσταση ατμών κοντά στη θερμοκρασία των τοιχωμάτων του κελύφους (περίπου 730 °c), μετακινούμενα όμως προς την αντίσταση με την υψηλή θερμοκρασία διασπώνται σε άτομα βολφραμίου, οξυγόνου και αλογόνου και τα άτομα του βολφραμίου επανακάθονται στην αντίσταση, ενώ αυτά των οξυγόνου, αλογόνου πηγαίνουν προς το κέλυφος του λαμπτήρα. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται συνεχώς. Με αυτόν τον τρόπο η μάζα της αντίστασης βολφραμίου δε μειώνεται με τον χρόνο λειτουργίας και γι' αυτό οι λαμπτήρες αυτοί μπορούν να λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες γινόμενοι έτσι πιο αποδοτικοί από τους απλούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Συγκριτικά με τους λαμπτήρες φθορισμού είναι και αυτοί ενεργοβόροι και δε χρησιμοποιούνται για αύξηση της φωτοσύνθεσης των φυτών.

3) Κοινοί λαμπτήρες φθορισμού

Οι κοινοί λαμπτήρες φθορισμού αποτελούνται από το κέλυφος, μέσα στο οποίο υπάρχει αέριο νέον, άλλο αδρανές αέριο ή ατμοί μετάλλων. Είναι διαφόρων τύπων, ο κάθε τύπος εκπέμπει σε διαφορετικό φάσμα που εξαρτάται από το αέριο που περιέχει. Είναι σχετικά φθηνοί λαμπτήρες αλλά μικρής ισχύος.

Ανοίγοντας τον διακόπτη ένα ρεύμα από ηλεκτρόνια κινείται μεταξύ των δύο άκρων του λαμπτήρα και δίνει ενέργεια στα άτομα του αερίου, τα οποία ακτινοβολούν την ενέργεια σε μήκος κύματος που είναι χαρακτηριστικό του στοιχείου αυτού. Για να γίνει το φάσμα ευρύτερο, το κέλυφος καλύπτεται με διάφορα άλατα τα οποία διεγείρονται και εκπέμπουν σε ευρύτερο φάσμα που πλησιάζει το φυσικό φως. Για τη λειτουργία τους απαιτείται η ύπαρξη ballast που ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος και συνήθως starter για το πέρασμα του ρεύματος μέσα από το αέριο.

Η αποδοτικότητά τους είναι πολύ πιο μεγάλη από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως (18-20% περίπου στο ορατό φως), με πολύ μικρή ποσότητα ακτινοβολίας στην περιοχή του υπέρυθρου, οπότε είναι ακατάλληλοι για ρύθμιση της φωτοπεριόδου. Περιοριστικός παράγοντας στη χρησιμοποίησή τους σε ευρεία κλίμακα για αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των

φυτών στο θερμοκήπιο αποτελεί το γεγονός ότι έχουν μικρή ισχύ (μέχρι 60 W). Συχνά χρησιμοποιούνται σε θαλάμους αναπτύξεως φυτών. Λόγω της μικρής ποσότητας ακτινοβολίας που εκπέμπουν στην περιοχή του υπέρυθρου, δε χρησιμοποιούνται για ρύθμιση της φωτοπεριόδου.

4) Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL)

Λειτουργούν με την ίδια αρχή των κοινών λαμπτήρων φθορισμού, χρησιμοποιείται όμως phosphors για την εκπομπή της ακτινοβολίας. Έτσι γίνεται δυνατό το μικρότερο μέγεθος λαμπτήρα. Χρησιμοποιούνται επίσης μικρότερου μεγέθους ηλεκτρονικά εξαρτήματα (ballast) ενσωματωμένα, έτσι ώστε να μπορούν να αντικαταστήσουν αμέσως και χωρίς μετατροπές τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Είναι πολύ αποδοτικοί λαμπτήρες σε φως (περίπου το 32% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε ορατή ακτινοβολία) και έχουν μεγάλο χρόνο ωφέλιμης χρήσης. Κυκλοφορούν σε διάφορα μεγέθη, μέχρι 60 Watt.

5) Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης ατμών νατρίου

Είναι λαμπτήρες χαμηλού φθορισμού ειδικού τύπου γνωστοί και ως λαμπτήρες SOX. Συνίστανται από το σωληνωτό κέλυφος που δημιουργείται από γυαλί καλυμμένο με ένα στρώμα Indium ανακλαστικό στην υπέρυθρη ακτινοβολία, με κενό στο εσωτερικό. Το κέντρο καταλαμβάνει ένας βορίουχο-πυριτικός δίφυλλος γυάλινος σωλήνας, που περιέχει το νάτριο και μικρή ποσότητα νέον.

Όταν με το διακόπτη κλείνει το ηλεκτρονικό κύκλωμα του λαμπτήρα, εκπέμπεται μια κόκκινη ακτινοβολία να ζεσταθεί το μέταλλο νάτριο και πολύ γρήγορα το χρώμα μεταβάλλεται στο χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα, όσο το νάτριο εξαχνώνεται. Οι λαμπτήρες αυτοί παράγουν κατ' ουσία μονοχρωματικό φως (589 nm). Είναι οι πιο αποδοτικοί λαμπτήρες διαθέσιμοι σήμερα, αποδίδουν μέχρι 219 lm/W. Διατίθενται με ισχύ λαμπτήρα από 18 έως 180 W.

Λαμπτήρες υψηλής έντασης HID

Η καλύτερη επιλογή για συμπληρωματικό φωτισμό για την αύξηση της φωτοσύνθεσης των φυτών στο θερμοκήπιο είναι η χρήση λαμπτήρων HID (high intensity discharge). Είναι και αυτοί λαμπτήρες φθορισμού. Σε αυτούς τους λαμπτήρες το ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσω ατμών μετάλλων που βρίσκονται σε υψηλή πίεση. Το φως που εκπέμπουν είναι πολύ πιο έντονο από οποιοδήποτε άλλον λαμπτήρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο θερμοκήπιο σήμερα. Οι καλύτεροι HID λαμπτήρες για ανάπτυξη φυτών είναι οι μεταλλο-αλογόνου (Metal Halide) και οι υψηλής πίεσης νατρίου (HPS).

6) Λαμπτήρες μέταλλο-αλογόνου (MH)

Ο λαμπτήρας αυτός λειτουργεί με την αρχή του φωτοβολταϊκού τόξου. Τα άτομα του μετάλλου μετακινούνται από το θερμό τμήμα του τόξου προς το χαμηλότερης θερμοκρασίας τοίχωμα του εσωτερικού σωλήνα όπου υπάρχουν τα άτομα αλογόνου. Στην περιοχή αυτή η θερμοκρασία και η πίεση των ατμών επιτρέπουν το σχηματισμό σταθερών μορίων μεταλλο-αλογόνου που δε διαβρώνουν το σωλήνα. Όταν τα μόρια του μεταλλο-αλογόνου πλησιάσουν το πολύ θερμό τόξο, διασπώνται μετακινούμενα τα αλογόνα στην περιφέρεια, ενώ τα ιονιζόμενα άτομα του μετάλλου ακτινοβολούν φως.

Στη διάρκεια των κύκλων αυτών μερικά άτομα μετάλλου μπορεί να μη συνδυαστούν με τα άτομα του αλογόνου, αλλά να μεταναστεύσουν μέσω του σωλήνα. Με την πάροδο του χρόνου, όταν πολλά άτομα θα έχουν χαθεί, ο λαμπτήρα καταρρέει.

Οι λαμπτήρες metal halide, όταν χρησιμοποιούνται συνεχώς, χάνουν το 25% της απόδοσης τους σε έναν χρόνο, γι' αυτό αντικαθίστανται μετά από έναν χρόνο συνεχούς λειτουργίας.

Το φάσμα τους εκτίνεται από 400-700 nm και είναι κάπως πλουσιότερο στην περιοχή του μπλε. Αποδίδουν πολύ καλά τον φυσικό φωτισμό. Οι

λαμπτήρες μεταλλο-αλογόνου κυκλοφορούν στο εμπόριο με ισχύ 175, 250, 400 και 1000 W.

Από το τέλος του 1994 δύο νέοι τύποι MH διατέθηκαν στην αγορά, οι AGRO SUN Halides, σε μεγέθη 400 και 1000 W, ειδικά σχεδιασμένοι να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία αυτοί δίνουν 15% περισσότερο φως στην περιοχή του κόκκινου πορτοκαλί.

Στους θαλάμους ανάπτυξης φυτών προτιμούνται, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν την περίοδο από τη βλάστηση των σπόρων μέχρι την άνθηση των φυτών.

7) Λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου (HPS)

Οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου είναι μικρότερου μεγέθους των λαμπτήρων χαμηλής πίεσης ατμών νατρίου και περιέχουν μερικά άλλα στοιχεία (όπως υδράργυρο). Ο εσωτερικός σωλήνας είναι κατασκευασμένος από ειδικό κεραμικό υλικό ανθεκτικό στη διάβρωση, με γαλακτώδη εμφάνιση αλλά πολύ περατό στην ακτινοβολία (95%). Εκπέμπουν επίσης φως ευρύτερου φάσματος. Το φάσμα τους έχει ένα μέγιστο στα 589 nm. (κίτρινο) και εκτείνεται από 400-850 nm. Γενικά το φάσμα τους είναι πλουσιότερο στη περιοχή του κόκκινου-πορτοκαλί-κίτρινου. Είναι πολύ αποδοτικοί λαμπτήρες, περίπου 100 lm/W. Για την ίδια ποσότητα καταναλισκόμενης ενέργειας εκπέμπουν 25% περισσότερο φως από ότι οι λαμπτήρες μεταλλο-αλογόνου. Κυκλοφορούν στο εμπόριο με ισχύ 150, 250, 400 και 1000 W.

Στη γεωργία χρησιμοποιούνται συνήθως οι τύποι SON ή SUPER AGRO οι οποίοι εκπέμπουν 30% περισσότερο φως στην περιοχή του μπλε και 6% περισσότερη ενέργεια. Κυκλοφορούν όμως μόνο στα μεγέθη των 150, 250, 400 W. Συνήθως τοποθετούνται 65-130 W m².

Οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου, που είναι και οι ευρύτεροι διαδεδομένοι στα θερμοκήπια, προτιμώνται και στους θαλάμους ανάπτυξης φυτών, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν την περίοδο των κύκλων άνθησης των φυτών.

Οι λαμπτήρες SON ή SUPER AGRO αντικαθίστανται κάθε 18 μήνες συνεχούς λειτουργίας, ενώ οι συνήθεις λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου αντικαθίστανται κάθε 2 έτη.

Το κόστος των λαμπτήρων υψηλής πίεσης νατρίου είναι ψηλότερο κόστος από των μεταλλο-αλογόνου.

Για την καλή δομή και ανάπτυξη των φυτών είναι σημαντικό τα φυτά να δέχονται ακτινοβολία ισορροπημένη σε όλο το φάσμα μεταξύ 400 nm και 700 nm. Το φως μπλε χρώματος (400-500 nm) είναι σημαντικό για την σωστή ανάπτυξη των φυτών και τη σωστή ρύθμιση των στοματίων. Μια έλλειψη ακτινοβολίας σ' αυτό το μήκος κύματος και μια σχετικά υψηλή αναλογία στην υπέρυθη έχει ως συνέπεια την υπερβολική ανάπτυξη του στελέχους με επιμήκυνση των μεσογονατίων και μερικές φορές κιτρίνισμα των φύλλων.

Γενικά, για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών απαιτείτε τουλάχιστον 6% μπλε φως στο σύνολο του PAR φάσματος, αλλιώς τα φύλλα παρουσιάζουν επιμήκυνση του στελέχους. Το φως της ημέρας περιέχει 20% μπλε φως. Επομένως, στο φυσικό φωτισμό το μπλε φως καλύπτει πλήρως της ανάγκες των φυτών. Έλλειψη στη περιοχή του μπλε μπορεί να συμβεί στα ευαίσθητα φυτά που δέχονται πολύ μικρό φυσικό φωτισμό και πολύ μεγάλο ποσοστό συμπληρωματικού φωτισμού.

Ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος συμπληρωματικός φωτισμός στο θερμοκήπιο σήμερα προέρχεται από λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου. Η διαθεσιμότητα του μπλε φωτός από τους λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου μπορεί να αποβεί κρίσιμη, αν η ένταση του φωτισμού είναι κάτω από 15 klux ($195\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Μια αναλογία κόκκινου (655-665 nm) προς υπέρυθρο (725-735 nm) μεταξύ 1 και 1,2 δίνει κανονική ανάπτυξη φυτών. Η ευαισθησία του κάθε φυτού βέβαια μπορεί να ποικίλει μεταξύ των διαφόρων ειδών φυτών.

Η ποσότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα λαμπτήρα υψηλής πίεσης νατρίου είναι σχετικά μικρή. Η αναλογία του κόκκινου/υπέρυθρου είναι μεγαλύτερη από 2, αλλά αυτό δεν οδηγεί σε κοντύτερα

φυτά, λόγω της περιεκτικότητας του φυσικού φωτισμού σε υπέρυθρη ακτινοβολία.

Γενικά, οι λαμπτήρες εκτός των λαμπτήρων πυρακτώσεως (που είναι πολύ μικρής απόδοσης σε φωτοσυνθετικά ενεργό φωτισμό) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, παρέχοντας συμπληρωματικό φωτισμό, αποδοτικότεροι όμως είναι οι λαμπτήρες υψηλής πίεσεως νατρίου και οι συμπαγείς λαμπτήρες με ηλεκτρονική ρύθμιση.

Όταν οι λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούνται σε κλειστούς χώρους χωρίς φυσικό φωτισμό (θάλαμοι αναπτύξεως φυτών), είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί το φάσμα στη περιοχή κοντά στο κόκκινο με την προσθήκη λαμπτήρων πυρακτώσεως, που καλύπτουν το 10% της απαιτούμενης φωτεινής ενέργειας.

Όλοι οι λαμπτήρες που τοποθετούνται στο θερμοκήπιο θα πρέπει να συνοδεύονται από εξωτερικούς ανακλαστήρες, ώστε όλο το φως να κατευθύνεται στα φυτά.

Στο σχεδιασμό της εγκατάστασης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η απόδοση των λαμπτήρων υψηλής πίεσεως νατρίου υποβαθμίζεται με την πάροδο του χρόνου. Ενώ οι λαμπτήρες μπορεί να διαρκούν 28000 ώρες, παρουσιάζεται πτώση της απόδοσης στις 8000 ώρες.

3.1.5. Τεχνητός φωτισμός για αύξηση της φωτοσύνθεσης

Η χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού για αύξηση της φωτοσύνθεσης κοστίζει πολύ. Κοστίζει η αρχική εγκατάσταση αλλά και η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού. Ελάχιστα θερμοκήπια σήμερα στην Ελλάδα χρησιμοποιούν τεχνητό φωτισμό με σκοπό την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Όσα λίγα υπάρχουν, αφορούν κυρίως καλλωπιστικά φυτά. Για τις ελληνικές πάντως κλιματικές συνθήκες η χρήση λαμπτήρων φωτοσύνθεσης κρίνεται οικονομικά ασύμφορος, αφού το κέρδος από τη χρήση τους θα είναι σημαντικά μικρότερο από το

κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους. Σχετικά με τα πρακτικά αποτελέσματα της χρήσης του τεχνητού φωτισμού, γνωρίζουμε από τη διεθνή εμπειρία ότι:

α) Σε νεαρά φυτά μαρουλιού, φωτισμός επί επτάωρο, το χειμώνα, ώστε να συμπληρωθεί 16ωρο συνολικού φωτισμού, έχει θετικό οικονομικό αποτέλεσμα, διότι αυξάνει το βάρος παραγωγής και μειώνει την καλλιεργητική περίοδο, εξοικονομώντας καύσιμο θέρμανσης.

β) Σε φυτά φυτωρίου (τομάτα, αγγούρι και άλλα κηπευτικά), 9ωρο τεχνητού φωτισμού, ώστε να συμπληρωθεί 16ωρο, χρησιμοποιείται πολύ το χειμώνα, στη Β. Ευρώπη, και έχει θετικό οικονομικό αποτέλεσμα, γιατί με αυτόν τον τρόπο αναπτύσσονται ταχύτερα τα νεαρά φυτά και καθίστανται ευρωστότερα, ώστε και η ανάπτυξη τους μετά τη μεταφύτευση στην οριστική τους θέση να είναι ταχύτερη και η παραγωγή πρωϊμότερη.

γ) Θετικό οικονομικό αποτέλεσμα συμβαίνει και στην τριανταφυλλιά και σε μερικά άλλα καλλωπιστικά φυτά, που απολαμβάνουν υψηλές τιμές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ποιότητα των λουλουδιών βελτιώνεται πάρα πολύ, η ποσότητα αυξάνει σημαντικά και ο χρόνος ανάπτυξης του άνθους είναι πάρα πολύ μικρότερος.

Ο τεχνητός φωτισμός για την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας συνήθως προέρχεται από σταθερά εγκατεστημένους λαμπτήρες που στηρίζονται στην οροφή του θερμοκηπίου. Σε μερικές μονάδες για καλύτερη κατανομή του φωτός στα φύλλα των φυτών, οι λαμπτήρες συνδέονται ανά ζεύγη και κινούνται συνεχώς μέσα σε ένα διάστημα 2,2 m. Ο κύκλος (κίνηση εμπρός πίσω) των λαμπτήρων διαρκεί 6 λεπτά. Η ένταση του φωτισμού είναι περίπου 164 μmol ανά τετραγωνικό μέτρο και (12,6 Klux) δευτερόλεπτο. Αυτό προϋποθέτει μικρό επιπλέον κόστος επένδυσης από το συμβατικό σύστημα, αλλά θεωρείται ότι επιτυγχάνει 10%-15% μεγαλύτερη παραγωγή

Σε άλλες περιπτώσεις με στόχο την εξοικονόμηση λαμπτήρων, ο τεχνητός φωτισμός για την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας δεν

είναι συνεχείς στα φυτά, αλλά περιοδικός-κυκλικός, με μετακινούμενες σειρές λαμπτήρων σε μεγάλο μήκος μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Η σειρά περιλαμβάνει 4,6,8 ή 10 λαμπτήρες. Η κάθε σειρά λαμπτήρων κρέμεται στους σωλήνες θέρμανσης της οροφής και μετακινείται κατά μήκος. Η ταχύτητα μετακίνησης είναι συνήθως 1 m ανά λεπτό. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μικρότερο κόστος εγκατάστασης, περίπου το 40% αυτής με συνεχή φωτισμό. Βέβαια ο χρόνος φωτισμού και φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, για ίδιο χρονικό διάστημα λειτουργίας, είναι πολύ μικρότερος στην τελευταία περίπτωση.

Η διάρκεια φωτισμού για όλα τα φυτά μεγάλης (κολεός) και ουδέτερης ημέρας (τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνες κ.α.), πλην αυτών που είναι μικρής ημέρας φυτά (ποϊνσέτια, χρυσάνθεμο που θα επηρεαστεί η φωτοπεριοδική συμπεριφορά τους από τη μεγαλύτερη διάρκεια της μέρας) μπορεί να είναι 15-16 ώρες, με 8-9 ώρες στο σκοτάδι

Όταν η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από το δίκτυο της πόλης, ο χρόνος της λειτουργίας του φωτισμού θεωρείται ότι είναι αποτελεσματικότερος, όταν γίνεται από τα μεσάνυχτα και μετά, παρά όταν γίνεται από τις βραδινές ώρες μέχρι τα μεσάνυχτα διότι η τάση του δικτύου είναι πιο σταθεροποιημένη και η απόδοση σε φώς των λαμπτήρων είναι καλύτερη (1% μείωση της τάσης συνεπάγεται 3% μείωση της απόδοσης σε φώς).

Η χρησιμοποίηση της θερμοκουρτίνας τη νύχτα (όχι από εύφλεκτο υλικό) βελτιώνει πολύ και την απόδοση του τεχνητού φωτισμού (περιορίζει το 80-95% του φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου).

Με το φωτισμό στο χώρο του θερμοκηπίου αυξάνει η διαπνοή και επομένως η υγρασία στο χώρο του θερμοκηπίου η οποία βελτιώνεται με αερισμό. Στη Β. Ευρώπη, διατηρώντας τη θερμοκρασία των σωλήνων θέρμανσης στους 45°C ακόμα και σε συνθήκες που δεν απαιτείται θέρμανση, αποφεύγουν τα προβλήματα συμπύκνωσης υγρασίας στο θερμοκήπιο ακόμα και με απλωμένη τη θερμοκουρτίνα.

Σε πολλές θερμοκηπιακές μονάδες της Β. Ευρώπης, για τη μείωση των δαπανών φωτισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας, χρησιμοποιούνται

γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο του θερμοκηπίου, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τη θερμική ενέργεια από την ψύξη της μηχανής, για θέρμανση του θερμοκηπίου. Με την ολοκληρωμένη αυτή αντιμετώπιση του φωτισμού και της θέρμανσης επιτυγχάνεται ένας πολύ μεγάλος βαθμός αξιοποίησης της ενέργειας των συμβατικών καυσίμων.

Ένας άλλος τρόπος μείωσης των δαπανών φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με την σύναψη ειδικών συμβάσεων μεταξύ θερμοκηπιακής επιχείρησης και εταιριών παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην τελευταία περίπτωση συμφωνείται να γίνεται χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου στο θερμοκήπιο, μόνο τις ώρες της νύχτας που στο δίκτυο η ζήτηση από τους καταναλωτές της πόλης είναι ελάχιστη, αξιοποιώντας έτσι το φορτίο που υπάρχει ούτως ή άλλως στο δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που συμφωνείται είναι υποπολλαπλάσια της κανονικής.

3.1.6.Συστήματα μείωσης της έντασης του φυσικού φωτισμού

Ενώ τα περισσότερα κηπευτικά, καθώς και τα τριαντάφυλλα και τα γαρύφαλλα, αναπτύσσονται πολύ καλά σε συνθήκες πλήρους καλοκαιριού, η ποϊνσέτια και τα περισσότερα γλαστρικά άνθη αναπτύσσονται καλύτερα, όταν από το μέσο της άνοιξης μέχρι το μέσον του φθινοπώρου καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο με σκίαση 40%, πάντα αναφερόμενοι στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες.

Πολλά φυτά εσωτερικών χώρων απαιτούν ακόμα μεγαλύτερη σκίαση. Τα φυλλώδη λαχανικά παθαίνουν εγκαύματα σε προσπίπτοντα φωτισμό πάνω από 30 Klux.

Για τη μείωση της έντασης του φωτισμού στο θερμοκήπιο χρησιμοποιούνται συνήθως ειδικές κουρτίνες και ειδικές άσπρες βαφές. Οι βαφές θα πρέπει να απομακρύνονται εύκολα με τη βροχή και το πλύσιμο. Δε συνιστάται η χρησιμοποίηση του ασβέστη γιατί φθείρει το αλουμίνιο και τα

λάστιχα που συγκρατούν τα τζάμια σε μερικά θερμοκήπια. Η συνηθέστερη χρησιμοποιούμενη βαφή αποτελείται από στόκο με νερό και πολύ λίγο λινέλαιο ή βαφή που γίνεται με στόκο 20 έως 40 κιλά σε 100 κιλά νερό και την προσθήκη μικρής ποσότητας λευκού ακριλικού χρώματος (ανάλογα με την επιδιωκόμενη δυσκολία απομάκρυνσης της βαφής από το κάλυμμα). Στην αρχή γίνεται ένας ψεκάσμος με αραιό διάλυμα και αργότερα, με την αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας επαναλαμβάνεται. Στο τέλος του φθινοπώρου όταν δεν χρειάζεται σκίαση, θα πρέπει να πλένεται το κάλυμμα για να απομακρυνθούν οι βαφές. Η βαφή του καλύμματος του θερμοκηπίου νωρίς την άνοιξη δε θα πρέπει να γίνεται με πυκνό διάλυμα, γιατί μειώνει την ένταση του φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα. Είναι προτιμότερο να γίνεται βαφή με αραιό διάλυμα στην αρχή και να επαναλαμβάνεται στο τέλος της άνοιξης. Έτσι μειώνεται περισσότερο η περατότητα του φωτισμού την εποχή όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη.

Η μείωση της έντασης του φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου χρησιμοποιείται επίσης και για τη μείωση της θερμοκρασίας τη θερμή περίοδο.

Σήμερα στη διεθνή αγορά διατίθεται έτοιμη βαφή σκίασης (ReduHeat), η οποία έχει την ιδιότητα να επιτρέπει την είσοδο στο θερμοκήπιο του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας (PAR), ενώ αποκλείει το μεγαλύτερο μέρος από το υπόλοιπο φάσμα, αφήνοντας έξω από το θερμοκήπιο το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας. Μια βαφή σκίασης με αυτές της ιδιότητες είναι ιδανική, γιατί ενώ δεν μειώνει πολύ τον ρυθμό φωτοσύνθεσης των φυτών, μειώνει αποτελεσματικά τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της μέρας. Η βαφή αυτή περιέχει μία χρωστική που προέρχεται από πολύ μικρούς κόκκους του διαφανούς διοξειδίου του πυριτίου, επικαλυμμένους με λεπτό στρώμα διοξειδίου του τιτανίου.

Το βασικό μειονέκτημα πάντως της χρήσης τέτοιων βαφών είναι ότι μειώνεται σημαντικά η προσπίπτουσα στα φυτά ηλιακή ακτινοβολία οπότε και η φωτοσυνθετική ενεργός ακτινοβολία, και ότι η μείωση αυτή δεν μπορεί να ελεγχθεί στη διάρκεια της ημέρας και εάν υπάρξουν νεφοσκεπείς ημέρες.

Ένας πάρα πολύ καλός τρόπος, για να μειωθεί η ένταση του φωτισμού είναι οι κουρτίνες σκίασης, που τοποθετούνται μέσα στο θερμοκήπιο και ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με την ένταση του φωτισμού. Έτσι νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα, η μειωμένη ένταση του φωτισμού στο χώρο του θερμοκηπίου δε μειώνεται ακόμα παραπάνω, όπως γίνεται με τις κοινές βαφές, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή των φυτών.

Με τις εσωτερικές κουρτίνες, όταν επιδιώκουμε και μείωση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου, θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι η ηλιακή ενέργεια εξακολουθεί να μπαίνει στο χώρο του θερμοκηπίου (ένα πολύ μεγάλο μέρος της όμως ανακλάται πάλι προς τα έξω). Γενικά η θερμοκρασία των φυτών που σκιάζονται με την κουρτίνα σκίασης είναι 5°C περίπου μικρότερη, από αυτή των φυτών που βρίσκονται σε μη σκιαζόμενη περιοχή.

Στα θερμοκήπια που χρησιμοποιείται κουρτίνα για σκίαση, καλά είναι οι υαλοπίνακες της οροφής να έχουν την εσωτερική τους πλευρά κυματοειδή ή φολιδωτή, έτσι ώστε το φως στο χώρο του θερμοκηπίου να εισέρχεται στο μεγαλύτερο του ποσοστό του διάχυτο, ώστε να κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλα τα φυτά, ανεξάρτητα του ποσοστού ανοίγματος της κουρτίνας.

3.1.7.Ρύθμιση του φωτοπεριοδισμού

Όταν επιδιώκεται να ανθίσουν φυτά μεγάλης ημέρας το χειμώνα ή να μην ανθίσουν φυτά μικρής ημέρας το χειμώνα, πρέπει να αλλάξει ο φωτοπεριοδισμός στο χώρο του θερμοκηπίου. Το χειμώνα που η διάρκεια της νύχτας είναι μεγάλη, για να αλλάξει ο φωτοπεριοδισμός χρησιμοποιείται ο τεχνητός φωτισμός, δηλαδή ανάβοντας τους λαμπτήρες μειώνουμε τη διάρκεια της νυκτοπεριόδου. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι το φυτόχρωμα που είναι η χρωμοπρωτεΐνη αυτή των φυτών που είναι υπεύθυνη για την άνθησή τους μετρά τη διάρκεια της νυκτοπεριόδου και όχι της ημέρας. Οι λαμπτήρες μπορεί να ανάβουν μετά τη δύση του ηλίου, αλλά είναι αποδοτικότερο να ανάβουν αργά τη νύχτα, όταν έχει υψηλότερη ηλεκτρική τάση το δίκτυο.

Η απαιτούμενη διάρκεια φωτισμού τους διάφορους μείνες του έτους για Β.Γ.Π 40° είναι (Nelson P.Y.,1981).

Ιούνιος, Ιούλιος	0 ώρες
Μάιος, Αύγουστος	2 ώρες
Μάρτιος, Απρίλιος, Σεπτέμβριος, Οκτώβριος	3 ώρες
Νοέμβριος, Φεβρουάριος	4 ώρες

Γεια την επιμήκυνση της φωτοπεριόδου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως, γιατί δίνουν την περισσότερη ενέργεια στην περιοχή του κόκκινου και είναι φθηνότεροι. Η απαιτούμενη ενέργεια φωτισμού στα φυτά είναι 2,5 Klux, πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που απαιτείται για την φωτοσύνθεση. Όταν στο θερμοκήπιο υ[άρχει εγκατάσταση των λαμπτήρων για αύξηση της φωτοσύνθεσης, τότε οι ίδιοι λαμπτήρες (υψηλής πίεσης Na) μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για την επιμήκυνση της φωτοπεριόδου, με την ένταση φωτισμού στα φυτά τουλάχιστο 30-40 micromols.

Πρακτικά, η ελάχιστη ισχύς λαμπτήρων πυρακτώσεως που πρέπει να υπάρχει στο θερμοκήπιο είναι 10-15 Watt/m². Όταν ο φωτοπεριοδισμός ρυθμίζεται σε όλη την έκταση του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες 150 Wμε ανακλαστήρες από επάνω, σε αποστάσεις 3m*3m και τοποθετούνται σε ύψος 2,5 μέτρα. Για να αποκτηθεί η απαιτούμενη ένταση, όταν επιδιώκεται να ρυθμιστεί ο φωτοπεριοδισμός μερικών μόνο λεκανών καλλιέργειας, στην πράξη κρεμιέται μια σειρά από λαμπτήρες πυρακτώσεως των 60 Watt (με ανακλαστήρες από επάνω) για κάθε 1,20m, στο μέσων κάθε λεκάνης καλλιέργειας, πλάτους 1,20m. Το ύψος από το έδαφος δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 1,50m. Άλλος τρόπος είναι ταυτόχρονος φωτισμός δύο λεκανών από μια σειρά λαμπτήρων των 100 Watt. Οι λαμπτήρες τοποθετούνται σε μεταξύ τους απόσταση 1,80m και όχι ψηλότερα από 1,80m από το έδαφος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιαδήποτε άλλη διάταξη, αρκεί να εξασφαλίζονται κατ' ελάχιστον 15 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο.

Το κόστος φωτισμού μπορεί να μειωθεί κατά 70-75%, αν αντί για συνεχή φωτισμό εφαρμόζουμε περιοδικό φωτισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας, που

έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Σ' αυτή την περίπτωση ο χρόνος φωτισμού θα πρέπει να είναι το 20% της περιόδου. Αν π.χ., απαιτούνται 4 ώρες μείωσης της διάρκειας της νύχτας, δηλ. από 12μμ-4πμ, διαιρούμε αυτή τη διάρκεια σε ημίωρα, όπου το καθένα αποτελεί μια περίοδο. Το 20% αυτής της περιόδου είναι τα 6 λεπτά που πρέπει να ανάβουν οι λαμπτήρες. Τα υπόλοιπα 24 λεπτά είναι σβηστοί. Αυτό γίνεται κάθε μισή ώρα. Επομένως η συνολική διάρκεια φωτισμού θα είναι $6 \text{ λεπτά} \times 8 \text{ φορές} = 48 \text{ λεπτά}$, αντί για 4 ώρες κατά τη διάρκεια μιας νύχτας, με το ίδιο αποτέλεσμα.

Με τον περιοδικό φωτισμό σε αυτή τη συχνότητα, η ρfγ μορφή του φυτοχώματος, που είναι η δραστική μορφή, δεν προλαβαίνει να πέσει κάτω από το κρίσιμο όριο, για την άνθηση ή τη μη άνθηση του καλλιεργούμενου φυτού. Η χρονική διάρκεια φωτισμού μπορεί να είναι από 6 λεπτά μέχρι, 1 δευτερόλεπτο, αρκεί να αποτελεί το 20% της περιόδου. Η πολύ μικρή διάρκεια όμως έχει αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συχνότητα αναβοσβησίματος των λαμπτήρων που μειώνει τη διάρκεια του ωφέλιμης χρήσης τους. Ο φωτισμός στα φυτά πρέπει να είναι τουλάχιστον 2.5 Klux.

Όπου προσαρμόζεται το περιοδικό σύστημα φωτισμού, το θερμοκήπιο μπορεί να χωριστεί σε 5 περιοχές, έτσι ώστε κάθε φορά να φωτίζεται μια περιοχή, κατόπιν μια άλλη κ.ο.κ. Ο κυκλικός αυτός φωτισμός που ρυθμίζεται με χρονοδιακόπτη, επιτρέπει μικρότερες κεντρικές καλωδιώσεις και επομένως μικρότερο κόστος εγκατάστασης.

Όταν επιδιώκεται να ανθήσουν φυτά μικρής ημέρας το καλοκαίρι, ή να μην ανθήσουν φυτά μεγάλης ημέρας, πρέπει να αλλάξει ο φωτοπεριοδισμός στο χώρο του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι η αύξηση της διάρκειας της νύχτας επιτυγχάνεται με κουρτίνες που απαγορεύουν την είσοδο του φωτός. Συνήθως η κουρτίνα που χρησιμοποιείται είναι από μέσα μαύρη για μείωση του φωτισμού και από έξω λευκή ή ανακλαστική, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου. Το άνοιγμα και το κλείσιμο μπορεί να γίνεται μηχανικά αυτόματα ή μπορεί να γίνεται με τα χέρια. Συνήθως τέτοιες κουρτίνες, σε μεγάλες εξειδικευμένες μονάδες, τοποθετούνται σε όλο το θερμοκήπιο, ενώ σε μη

εξειδικευμένες μονάδες συνήθως τοποθετούνται με ειδική κατασκευή πάνω από της λεκάνες και τα τραπέζια καλλιέργειας.

Οι κουρτίνες συνήθως κλείνουν από τις 7 το απόγευμα και αν δεν επαρκεί συμπληρώνεται το πρωί. Εάν κλείσουν νωρίτερα, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να δημιουργηθεί υψηλή θερμοκρασία στο θερμοκήπιο, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει η άνθηση ή ακόμα και να πέσουν οι οφθαλμοί.

Με κλειστή κουρτίνα η πυκνότητα του φωτισμού μέσα στο θερμοκήπιο θα πρέπει να είναι κάτω από 2Klux, όταν η εξωτερική είναι 50 Klux. Η μείωση της διάρκειας της ημέρας είναι καθημερινά απαραίτητη, μέχρι να εμφανισθεί χρώμα στους οφθαλμούς. Μετά δεν χρειάζεται να κλείνουν οι κουρτίνες.

Πολλά θερμοκήπια καλλωπιστικών φυτών στην Ελλάδα χρησιμοποιούν σήμερα επιτυχώς τη ρύθμιση του φωτοπεριοδισμού στο θερμοκήπιο, για την παραγωγή κυρίως Χρυσάνθεμου, Ποϊνσέτίας, Αζαλέας κ.α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε κάθε περίπτωση η χρήση τεχνητού φωτισμού στα θερμοκήπια είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χεριά των καλλιεργητών θερμοκηπίων για την αύξηση της παραγωγής ή για την παραγωγή προϊόντων εκτός εποχής καλλιέργειας.

Λόγω του ακριβού όμως κόστους εγκατάστασης και χρήσης των τεχνικών του συμπληρωματικού φωτισμού χρειάζεται πριν πολύ καλή μελέτη των συνθηκών της καλλιέργειας και του αναμενόμενου κέρδους από τη χρήση τους. Για τις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η χρήση κουρτινών σκίασης και αύξησης της φωτοπεριόδου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουτρούμπης Φώτης Γεωργικές κατασκευές Εργαστηριακές σημειώσεις. ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Μαυρογιαννοπούλος Γεώργιος, 1990. Θερμοκήπια. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΤΑΜΟΥΛΗ.

Internet-Google

www.agrek.gr AGREK – Θερμοκήπια – Τύποι Θερμοκηπίων.

AGREK – Θερμοκήπια – Υλικά Κάλυψης.

AGREK – Θερμοκήπιο – Τεχνικά Χαρακτηριστικά

users. Otenet. gr. – ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΔΙΘΟΛΩΤΑ ΜΕ ΠΛΑΪΝΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ - ΜΟΝΟΘΟΛΩΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥΝΝΕΛΣ- ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΑ