

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού

Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

«Σύγκριση εισροών λειτουργικού και πάγιου ενεργειακού κόστους  
καλλιέργειας τομάτας, αγγουριάς και ποϊνσέτίας σε συμβατικό  
υαλόφρακτο θερμοκήπιο και σε πλαστικό θερμοκήπιο με υδροπονική  
καλλιέργεια τομάτας»



Πτυχιακή Διατριβή του Αθανάσιου Τσουκνίδα

Επιβλέπων Καθηγητής : Κωνσταντίνος Κίττας

Νέα Ιωνία, 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4897/1  
Ημερ. Εισ.: 8/9/2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2005  
ΤΣΟ

**«Σύγκριση εισροών λειτουργικού και πάγιου ενεργειακού κόστους  
καλλιέργειας τομάτας, αγγουριάς και ποϊνσέτίας σε συμβατικό  
υαλόφρακτο θερμοκήπιο και σε πλαστικό θερμοκήπιο με υδροπονική  
καλλιέργεια τομάτας»**

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Κ. Κίττας (Επιβλέπων)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Θ. Γέμτος (Μέλος)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Γ. Νάνος (Μέλος)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγητής  
Γεωργικές Κατασκευές  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Γεωργική Μηχανολογία  
Επίκουρος Καθηγητής  
Δενδροκομία

**Πτυχιακή Διατριβή του Αθανάσιου Τσουκνίδα**

«Σύγκριση εισροών λειτουργικού και πάγιου ενεργειακού κόστους καλλιέργειας τομάτας, αγγουριάς και ποϊνσέτίας σε συμβατικό υαλόφρακτο θερμοκήπιο και σε πλαστικό θερμοκήπιο με υδροπονική καλλιέργεια τομάτας»

Αθανάσιος Τσουκνίδας 2005, «Σύγκριση εισροών λειτουργικού και πάγιου ενεργειακού κόστους καλλιέργειας τομάτας, αγγουριάς και ποϊνσέτίας σε συμβατικό υαλόφρακτο θερμοκήπιο και σε πλαστικό θερμοκήπιο με υδροπονική καλλιέργεια τομάτας», Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Νέα Ιωνία.

11 Προκαταρτικές σελίδες, 82 Σελίδες, 21 Πίνακες, 5 Σχήματα, 8 Εικόνες,  
27 Βιβλιογραφικές παραπομπές.

## Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν η καταγραφή και ανάλυση των ενεργειακών εισροών και εκκροών σε διάφορα συστήματα καλλιέργειας στο θερμοκήπιο με σκοπό να βρεθούν οι κυριότερες ενεργιοβόρες διαδικασίες και να προταθούν τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και αύξησης της έντασης της παραγόμενης ενέργειας. Τα συστήματα καλλιέργειας που μελετήθηκαν ήταν :

1. Συμβατική καλλιέργεια τομάτας σε γυάλινο θερμοκήπιο.
2. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε πλαστικό θερμοκήπιο.
3. Συμβατική καλλιέργεια αγγουριάς σε γυάλινο θερμοκήπιο.
4. Καλλιέργεια ποϊνσέτίας.

Από τις μετρήσεις προέκυψε ότι η υδροπονική καλλιέργεια τομάτας ήταν η περισσότερο δαπανηρή ενεργειακά σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα. Πιο συγκεκριμένα στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας καταναλώθηκαν  $10158 \text{ GJha}^{-1}$ , με δεύτερη πιο δαπανηρή ενεργειακά καλλιέργεια αυτή της αγγουριάς με  $1308.3 \text{ GJha}^{-1}$ . Η ενέργεια που καταναλώθηκε στην καλλιέργεια ποϊνσέτίας και στη συμβατική καλλιέργεια τομάτας ήταν  $958.8$  και  $566.6 \text{ GJha}^{-1}$ , αντίστοιχα. Ο Ενεργειακός Λόγος, ο οποίος εκφράζει το λόγο της θερμογόνου περιεκτικότητας της παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος σε MJ προς την ενέργεια που απορρόφησε η καλλιέργεια, για τη συμβατική καλλιέργεια τομάτας, την υδροπονική καλλιέργεια, την καλλιέργεια αγγουριάς και την καλλιέργεια ποϊνσέτίας ήταν  $0.09$ ,  $0.007$ ,  $0.06$  και  $0.13$  αντίστοιχα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Αυτό έχει ως επακόλουθο τη δημιουργία προβλημάτων, που σχετίζονται στενά με αυτή την υψηλή κατανάλωση ενέργειας, όπως είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και η υποβάθμιση των εδαφών. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτές οι συνέπειες, οι παραγωγοί θα πρέπει είτε να στραφούν σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας, οι οποίες θα επιτρέπουν την αύξηση των αποδόσεων χωρίς την ταυτόχρονη καταστροφή των φυσικών πόρων είτε να ενσωματώσουν στην παραγωγική διαδικασία νέες τεχνικές και τεχνολογίες όπως είναι η υδροπονία.

## Πρόλογος και Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Π.Θ κ. Κωνσταντίνο Κίττα για το σχεδιασμό, την ανάθεση και την επίβλεψη αυτού του θέματος και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την αρχή αυτής της συνεργασίας.

Στους επίκουρους καθηγητές κ. Θεοφάνη Γέμτο και κ. Γιώργο Νάνο θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου και τις ευχαριστίες μου για τη συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή και τη διόρθωση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Π.Θ κ. Κατσούλα Νικόλαο για τις χρήσιμες υποδείξεις, τις συμβουλές, την καθοδήγηση σε όλους τους προβληματισμούς και την άμεση επίβλεψη μέχρι την ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες κ. Παπαϊωάννου Χριστίνα και κ. Danny El-Obeid για την ενθάρυνση, την υπομονή, τις προτάσεις και τη βοήθεια κατά διεξαγωγή του πειράματος.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά την οικογένεια μου για την ηθική συμπαράσταση και υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, ώστε να ολοκληρωθεί με τις καλύτερες συνθήκες αυτή η προσπάθεια.



<b>Κεφάλαιο 1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	12
1.1 ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	14
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	17
<b>Κεφάλαιο 2 . ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b> .....	18
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	19
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΕΝΙΚΑ .....	20
2.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	21
2.4 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ .....	23
2.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ .....	33
2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	34
2.6.1 ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ .....	34
2.6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	35
2.6.3 ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	36
2.6.4 ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΟΥΡΤΙΝΑΣ .....	37
2.6.5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ .....	38
<b>Κεφάλαιο 3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ</b> .....	43
3.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ .....	44
3.1.1 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ - ΣΠΟΡΑ .....	44
3.1.2 ΕΔΑΦΟΣ.....	44
3.1.3 ΒΑΣΙΚΗ & ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	45
3.1.4 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	47
3.1.5 ΚΑΡΠΟΔΕΣΗ.....	48
3.1.6 ΚΛΑΔΕΜΑ.....	50
3.1.7 ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗ .....	50
3.1.8 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	52
3.1.9 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ-ΑΠΟΔΟΣΗ .....	52
3.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	53
3.2.1 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ-ΣΠΟΡΑ .....	53
3.2.2 ΕΔΑΦΟΣ.....	53
3.2.3 ΒΑΣΙΚΗ & ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	54
3.2.4 ΚΛΑΔΕΜΑ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗ.....	54
3.2.5 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	55
3.2.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΑΠΟΔΟΣΗ .....	56
3.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ .....	56
3.3.1 ΕΔΑΦΙΚΟ ΜΕΙΓΜΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ.....	56
3.3.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....	57
3.3.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	57
3.3.4 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΙΑΣ .....	57
3.3.5 ΑΡΔΕΥΣΗ-ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ .....	57
3.3.6 ΛΙΠΑΝΣΗ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ .....	58
3.3.7 ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ .....	58
<b>Κεφάλαιο 4 ΥΛΙΚΑ &amp; ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	60
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	61
4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	62
4.3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.....	64
4.3.1 ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ-ΛΙΠΑΝΣΗ.....	65
4.3.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	67
4.3.3 ΕΡΓΑΣΙΑ .....	67

4.3.4	ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	68
4.4	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	68
4.4.1	ΛΙΠΑΝΣΗ-ΑΡΔΕΥΣΗ.....	68
4.4.2	ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	69
4.4.3	ΕΡΓΑΣΙΑ.....	69
4.4.4	ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	69
4.5	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ.....	69
4.5.1	ΑΡΔΕΥΣΗ-ΛΙΠΑΝΣΗ.....	70
4.5.2	ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	70
4.5.3	ΕΡΓΑΣΙΑ.....	70
4.5.4	ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	71
4.6	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ.....	71
4.6.1	ΑΡΔΕΥΣΗ-ΛΙΠΑΝΣΗ.....	71
4.6.2	ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	72
4.6.3	ΕΡΓΑΣΙΑ.....	72
4.6.4	ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ.....	72
Κεφάλαιο 5	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	73
5.1	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	74
5.2	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	76
5.3	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ.....	78
5.4	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ.....	80
Κεφάλαιο 6	ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		90



### Κατάλογος Πινάκων

- Πίνακας 1.** Αναφορά των στοιχείων έκτασης, παραγωγής και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα (2000).
- Πίνακας 2.** Δίνονται κάποια παραδείγματα της μέσης μηνιαίας ακτινοβολίας σε κάποιες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου όπου οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες.
- Πίνακας 3.** Οι τιμές από τα ενεργειακά ισοδύναμα των άμεσων εισροών
- Πίνακας 4.** Οι τιμές από τα ενεργειακά ισοδύναμα των έμμεσων εισροών.
- Πίνακας 5.** Η θερμική ισχύς των πιο διαδεδομένων μορφών βιομάζας που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια σε σύγκριση με το πετρέλαιο.
- Πίνακας 6.** Ποσοστό μείωσης των ημερήσιων απωλειών θέρμανσης με βάση το υλικό κάλυψης
- Πίνακας 7.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε φώσφορο.
- Πίνακας 8.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε κάλιο.
- Πίνακας 9.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο.
- Πίνακας 10.** Δοσολογία Cysocel στις πιο εμπορικές ποικιλίες.
- Πίνακας 11.** Σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε στην υδροπονική καλλιέργεια.
- Πίνακας 12.** Συνολικές ενεργειακές εισροές για τη συμβατική καλλιέργεια τομάτας
- Πίνακας 13.** Άμεσες και έμμεσες εισροές στην υδροπονική καλλιέργεια.
- Πίνακας 14.** Άμεσες και έμμεσες εισροές στην καλλιέργεια αγγουριάς.
- Πίνακας 15.** Άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές στην καλλιέργεια ποϊνσέτίας
- Πίνακας 16.** Η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών στη συμβατική καλλιέργεια τομάτας.
- Πίνακας 17.** Η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας.
- Πίνακας 18.** Η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών στην καλλιέργεια αγγουριάς.
- Πίνακας 19.** Η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών στην ανθοκομική καλλιέργεια.
- Πίνακας 20.** Άμεσες και έμμεσες εισροές των καλλιεργειών (MJ/Ha)

**Πίνακας 21.** *Ενεργειακός λόγος (E.R) , Ενέργεια παραγωγικότητας (E.P) & Ένταση παραγόμενης ενέργειας (E.I)*

### **Κατάλογος Εικόνων**

**Εικόνα 1.** *Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης.*

**Εικόνα 2.** *Drip Irrigation Technique (DIP)*

**Εικόνα 3.** *Θερμοκήπια υδροπονικής καλλιέργειας*

**Εικόνα 4.** *Θερμοκήπιο συμβατικής καλλιέργειας τομάτας.*

**Εικόνα 5.** *Θερμοκήπιο ανθοκομικής καλλιέργειας και καλλιέργειας αγγουριάς.*

**Εικόνα 6.** *Λογισμικό σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος και ελέγχου του συστήματος θέρμανσης*

**Εικόνα 7.** *Δοσομετρικές αντλίες και δεξαμενές.*

**Εικόνα 8.** *Εξατμισόμετρα*

### **Κατάλογος Σχημάτων**

**Σχήμα 1.** *(α) Έκταση θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα από το 1960 έως το 2000 (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας). (β) Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα σε ποσοστό της συνολικής έκτασης (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας).*

**Σχήμα 2.** *Η είσοδος της ηλιακής ενέργειας σε μια τυπική θερμοκηπιακή καλλιέργεια.*

**Σχήμα 3.** *Αναπαράσταση του ενεργειακού κύκλου στο θερμοκήπιο.*

**Σχήμα 4.** *Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο.*

**Σχήμα 5.** *Πολλαπλό αμφίρρικτο θερμοκήπιο.*

## Κατάλογος Συμβόλων

**Kgr**= Χιλιόγραμμα

**W**= Watt

**HP**= Ίππος (1 HP= 746 W)

**ΑΕΠ** = Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

**nm** = νανόμετρο

**K** = Βαθμοί Κέλβιν

**H** = Η ηλιακή ενέργεια η οποία προσπίπτει ανά μονάδα έκτασης ( $Wm^{-2}$ )

**U** = Οι απώλειες θερμότητας, ανά μονάδα έκτασης και για κάθε μοναδιαία μεταβολή της θερμοκρασίας ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )

**T<sub>i</sub>** = Θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (K)

**T<sub>o</sub>** = Θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό του θερμοκηπίου (K)

**Q** = Το ενεργειακό κέρδος ή απώλεια του συστήματος ( $Wm^{-2}$ )

**G<sub>o</sub>** = Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην Γη ( $Wm^{-2}$ )

**τ** = Η διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας στο υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου.

**α** = Η απορροφητικότητα του υλικού κάλυψης και της φυτείας.

**PAR** = photosynthetically active radiation

**G<sub>i</sub>**= Μέρος της ηλιακής ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της φυτείας

**G<sub>r</sub>**= Μέρος της ηλιακής ενέργειας που αντανακλάται

**G<sub>f</sub>**= Μέρος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στο έδαφος

**G<sub>abs</sub>**= Η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την καλλιέργεια

**φ** = Μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται από την φωτοσύνθεση (270)

**F<sub>s</sub>** = Μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται από το έδαφος.

**MJ** = 1000 Joule

**ρ** = Μέρος της ακτινοβολίας που αντανακλάται από το θερμοκήπιο στην ατμόσφαιρα.

**K**= Ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του καλύματος σε  $W.m^{-2}$

**A** = Επιφάνεια του καλύματος σε  $m^2$

**DT** = Διαφορά θερμοκρασίας μέσα-έξω σε °C.

**V** = Ο όγκος του θερμοκηπίου

**n** = Ο αριθμός αλλαγών του αέρα από διαφυγές με κλειστά παράθυρα ανά ώρα.

**Ton** = Τόννος

**Ha** = Εκτάριο = 10 στρέμματα

*p.p.m* = Μέρη στο εκατομμύριο

*L* = Λίτρο

*Hr* = Ώρες

*E.R* = Energy ratio = Ενεργειακός λόγος

*GER* = Gross energy requirements

*E.C* = Energy content = θερμογόνος περιεκτικότητα της παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος

*E.P* = Energy productivity = Ενέργεια παραγωγικότητας

*f.m* = fresh matter = νωπό βάρος

*°C* = Βαθμοί Κελσίου

*Kcal* = 1000 Θερμίδες

*PMM* = πολυμετακρυλικό του μεθυλίου

*PC* = πολυκαρβονικά

*UV* = Υπεριώδης ακτινοβολία

*pH* =  $-\log [H^+]$

*EC* = Ηλεκτρική αγωγιμότητα

## **Κεφάλαιο 1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η πρώτη εμφάνιση του θερμοκηπίου σαν καλλιεργητικό εργαλείο τοποθετείται στις αρχές του 16<sup>ου</sup> αιώνα, όταν οι σχέσεις που συνάφθηκαν ανάμεσα στην Ευρώπη και στις τροπικές χώρες οδήγησαν στην κατασκευή « χειμωνιάτικων σπιτιών » στα σπίτια των εύπορων προκειμένου να εγκλιματίσουν τα φυτά που έρχονταν από τις εξωτικές χώρες. Μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ο χειμωνιάτικος κήπος αποτέλεσε πρακτικά τη μόνη χρήση του θερμοκηπίου. Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας του γυαλιού, εμφανίστηκαν τα μικρά γυάλινα πλαίσια που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από τους παραγωγούς κηπευτικών των μεγάλων πόλεων της βόρειας Ευρώπης, οι οποίοι είδαν σε αυτά ένα μέσο για να μεγαλώσουν την περίοδο της παραγωγής και τροφοδοσίας της αγοράς. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν γυάλινες ψηλές κατασκευές, που αποτέλεσαν τους προδρόμους των σημερινών θερμοκηπίων. Οι Ολλανδοί υπήρξαν πρωτοπόροι στον τομέα αυτό, με την περίφημη σειρά Venlo που διαδόθηκε σε ολόκληρο τον κόσμο.

Η θέρμανση των θερμοκηπίων άρχισε να μπαίνει ως μέσο της καλλιεργητικής τεχνικής, στις αρχές της δεκαετίας του 50 αρχικά στις βόρειες χώρες και στη συνέχεια στη Γαλλία για τις ανθοκομικές καλλιέργειες κυρίως. Ένα μεγάλο μέρος της εμπειρίας και της γνώσης πάνω στο κλίμα των θερμοκηπίων προέρχεται από τις περιοχές αυτές των οποίων οι παραγωγοί είναι χωρίς αμφιβολία οι καλύτεροι γνώστες της καλλιεργητικής τεχνικής των καλλιεργειών υπό κάλυψη. Την τελευταία εικοσαετία η εξάπλωση και η ανάπτυξη των θερμοκηπίων και καλλιεργειών υπό κάλυψη, κέρδισε και τις μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία) στις οποίες εσφαλμένα πίστευαν μέχρι τότε, πως οι ευνοϊκές συνθήκες ηλιοφάνειας δεν δικαιολογούσαν τέτοια παραγωγικά εργαλεία (Κίττας, Κ., 2002).

Οι πρώτες προσπάθειες ορθολογισμού του εξοπλισμού των θερμοκηπίων στράφηκαν στις άμεσες και εύκολες να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις της στεγανότητας ή της μόνωσης των αγωγών αυτών παραγωγής. Οι ενέργειες αυτές γρήγορα αποδείχθηκαν ανεπαρκείς και αυτό, γιατί τα αποτελέσματα τους καλύφθηκαν από τις διαδοχικές αυξήσεις της τιμής των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Έτσι, είναι απαραίτητη η μελέτη και η θεώρηση του προβλήματος « θερμοκήπιο » κάτω από διαφορετικές οπτικές γωνίες :



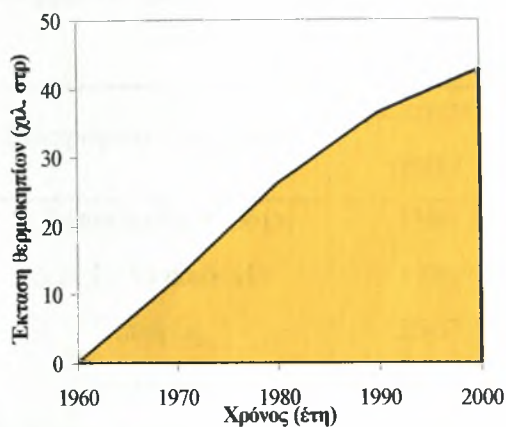
1. Βελτίωση κατά τρόπο ουσιαστικό των υπαρχουσών τεχνικών θέρμανσης και θερμικής μόνωσης, υπό την προϋπόθεση της διατήρησης του μικροκλίματος ενεργειακού και φωτεινού του θερμοκηπίου στα ευνοϊκά επίπεδα ανάπτυξης των καλλιεργειών.
2. Προσαρμογή των καλλιεργητικών τεχνικών και αμειψισπορών σε καινούρια συστήματα, προερχόμενα από μια ορθολογική προσέγγιση των δημιουργούμενων προβλημάτων.
3. Ανάπτυξη και δημιουργία ποικιλιών προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες του κλίματος του θερμοκηπίου που να έχουν θερμικές απαιτήσεις πιο μικρές από αυτές των σημερινών ποικιλιών.

Είναι προφανές ότι ο σχεδιασμός των σύγχρονων θερμοκηπίων πρέπει να διαπνέεται από τις αρχές της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας και τον έλεγχο της βιοκλιματολογίας των καλλιεργειών (Κίττας, Κ. & Λύκας, Χ., 2002).

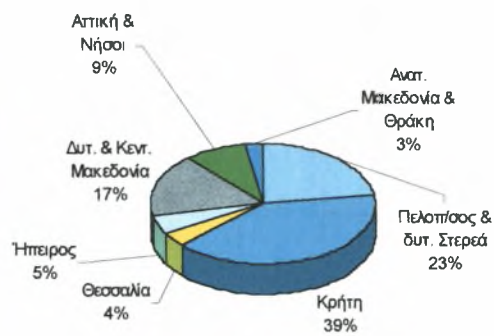
### **1.1 ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στην Ελλάδα, η οποία καλύπτει το 1.4% της παγκόσμιας έκτασης σε θερμοκήπια, η αύξηση των θερμοκηπιακών εκτάσεων ήταν ιδιαίτερα εντυπωσιακή την εικοσαετία 1960-1980 (Σχήμα 1.α). Κατά τη δεκαετία του '80 η αύξηση συνεχίστηκε αλλά με χαμηλότερους ρυθμούς, ενώ κατά την τελευταία δεκαετία οι ρυθμοί ήταν ακόμη χαμηλότεροι. Εν τούτοις, σε απόλυτα μεγέθη, οι θερμοκηπιακές εκτάσεις στην Ελλάδα δεν έχουν γνωρίσει την ανάπτυξη εκείνη που θα δικαιολογούσαν οι ευνοϊκοί παράγοντες που επικρατούν στη χώρα μας για τις καλλιέργειες αυτές (Χρίστου Μ. Ολυμπίου, 1996). Κατά συνέπεια, η χώρα μας υστερεί σημαντικά στον τομέα αυτό έναντι άλλων χωρών με παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες, όπως είναι η Ισπανία και η Ιταλία.

Στην Ελλάδα, η Κρήτη κατέχει το μεγαλύτερο τμήμα της καλυμμένης έκτασης σε θερμοκήπια με ποσοστό περίπου 39% (Σχήμα 1.β).



(α)



(β)

**Σχήμα 1.** (α) Έκταση θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα από το 1960 έως το 2000 (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας). (β) Γεωγραφική κατανομή των θερμοκηπιακών εκτάσεων στην Ελλάδα σε ποσοστό της συνολικής έκτασης (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας).

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια της τομάτας καταλαμβάνει τη δεύτερη σε έκταση θέση μετά την πατάτα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 44.7 % της συνολικής έκτασης που καλλιεργείται με τομάτες που προορίζονται για μεταποίηση, το 49.9 % είναι υπαίθρια καλλιέργεια για νωπή κατανάλωση και το 5.4 % της έκτασης είναι καλλιέργειες θερμοκηπίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων που καλλιεργούνται με τομάτα, βρίσκεται στην Κρήτη με 51.4 %, δεύτερη έρχεται η Πελοπόννησος και Δ. Στερεά με 16.2 % και τρίτη η Δ. και Κ. Μακεδονία με ποσοστό 13.5 % (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Αναφορά των στοιχείων έκτασης, παραγωγής και μέσης απόδοσης κατά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου κατά γεωγραφικό διαμέρισμα (2000).

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

Πηγή : Στατιστική Υπηρεσία Υπουργείο Γεωργίας (1998)

Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα τομάτας που παράγεται στα θερμοκήπια καταναλώνεται στο εσωτερικό και μία πολύ μικρή ποσότητα, λιγότερο του 1 % εξάγεται. Οι τιμές χονδρικής πώλησης της νωπής τομάτας τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο είναι οι υψηλότερες κατά τη διάρκεια του έτους και αυτό οφείλεται στην τεράστια ζήτηση και στη μειωμένη προσφορά του προϊόντος και κυμαίνονται τα τελευταία χρόνια στα 0.8-1 euro / kgr.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των θερμοκηπίων είναι, ότι με την εφαρμογή των κατάλληλων τροποποιήσεων στο περιβάλλον του φυτού μπορεί να εξασφαλιστεί η ομαλή και συνεχόμενη ανάπτυξη του. Ο Enoch (Enoch, H.Z., 1986b), όρισε ως ελάχιστες και μέγιστες τροποποιήσεις του περιβάλλοντος που πρέπει να προσφέρει ένα θερμοκήπιο ως εξής :

1. Οι ελάχιστες τροποποιήσεις του περιβάλλοντος είναι αυτές οι οποίες επιτρέπουν την επιβίωση του φυτού κατά τη διάρκεια της κριτικής του περιόδου.
2. Οι μέγιστες τροποποιήσεις του περιβάλλοντος είναι αυτές οι οποίες επιτρέπουν στο φυτό τη βέλτιστη ανάπτυξή του και οι οποίες θα εξασφαλίσουν τη μέγιστη απόδοση.

Ανάμεσα σε αυτά τα δύο όρια ο παραγωγός μπορεί να ελιχθεί και να διαμορφώσει τις συνθήκες που επιθυμεί στο θερμοκήπιο με βάση τα οικονομικά,

τεχνολογικά και βιολογικά κριτήρια καθώς και με βάση το κόστος επένδυσης αλλά και το λειτουργικό κόστος.

## 1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή και η ανάλυση των ενεργειακών εισροών και εκροών σε διάφορα συστήματα καλλιέργειας στο θερμοκήπιο, ώστε να βρεθούν οι κυριότερες ενεργοβόρες διαδικασίες και να προταθούν τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας και αύξησης της έντασης της παραγόμενης ενέργειας. Οι καλλιέργειες οι οποίες μελετήθηκαν ήταν :

1. Συμβατική καλλιέργεια τομάτας σε γυάλινο θερμοκήπιο.
2. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε πλαστικό θερμοκήπιο.
3. Συμβατική καλλιέργεια αγγουριάς σε γυάλινο θερμοκήπιο.
4. Καλλιέργεια ποϊνσέτίας.

## **Κεφάλαιο 2 . ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

## 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την προϊστορική εποχή μέχρι σήμερα οι ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων έχουν αυξηθεί σημαντικά. Καθοριστικό ρόλο σε αυτή την εξέλιξη έπαιξαν τόσο η συνεχής ανακάλυψη νέων πηγών ενέργειας και τεχνολογιών για την αξιοποίηση τους με στόχο την κάλυψη των βιοτικών αναγκών, όσο και η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της γης και οι αλλαγές στην οργάνωση της κοινωνίας, που προήλθαν σε κάποιο βαθμό από τις παραπάνω εξελίξεις. Πριν από την αγροτική επανάσταση ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε μόνο την ενέργεια των μυών του και της φωτιάς, την οποία ανακάλυψε πολύ πριν τον Homo erectus. Η ενέργεια των μυών προέρχεται από την τροφή η οποία παράγεται αρχικά από τα φυτά με την φωτοσύνθεση και στη συνέχεια μέσα από μια αλυσίδα βιολογικών συστημάτων που εμπλέκουν τα φυτά και τα ζώα (Κίττας, Κ. & Γέμτος, Θ., 2001). Ο πρωτόγονος άνθρωπος κατανάλωνε μόνο 2.000 θερμίδες με τη μορφή χημικής ενέργειας από την τροφή. Η ενέργεια από τους ανθρώπινους μυς είναι περιορισμένη. Για μικρά διαστήματα ένας μέσος άνθρωπος μπορεί να παράγει ισχύ μέχρι 800 W. Σε διαστήματα λίγων ημερών ένας σκληρά εργαζόμενος άνθρωπος μπορεί να διατηρήσει ένα μέσο ρυθμό της τάξης των 0.3 HP (1 HP=746 W).

Το 1765 άρχισε η εμπορική αξιοποίηση των ατμομηχανών οι οποίες σε συνδυασμό με τα αποθέματα λιγνίτη έδωσαν την απαραίτητη ισχύ για την γρήγορη βιομηχανοποίηση της Αγγλίας ενώ παράλληλα άρχισε και το φαινόμενο της αστικοποίησης. Πριν τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο, η Αγγλία ήταν η μόνη χώρα της οποίας ο μισός πληθυσμός ζούσε σε πόλεις. Στις μέρες μας η ενέργεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία μιας χώρας. Αυτό αποδεικνύεται και από τη μεγάλη συσχέτιση που παρατηρείται μεταξύ Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) και της κατανάλωσης ενέργειας ανά κάτοικο μιας χώρας. Έτσι από την ηλιακή και χημική ενέργεια της τροφής που αξιοποιούσαν οι πρωτόγονες ανθρώπινες κοινωνίες, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως η ενέργεια των ορυκτών καυσίμων, στερεών (άνθρακας), υγρών (αργό πετρέλαιο) και αερίων (φυσικό αέριο). Αυτή η κατάσταση προβληματίζει τις ανθρώπινες κοινωνίες διότι :

- Τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων είναι πεπερασμένα
- Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές αυτών των καυσίμων βρίσκονται σε λίγες και πολιτικά ασταθείς περιοχές



- Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων φαίνεται να δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα

Αυτή η κατάσταση επηρεάζει και ενδιαφέρει τον γεωργικό τομέα για δύο κυρίως λόγους :

- Η γεωργική παραγωγή και οι τιμές των γεωργικών προϊόντων εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τη διαθεσιμότητα και τις τιμές των ορυκτών καυσίμων.
- Από τα γεωργικά συστήματα φυτικής παραγωγής παράγονται προϊόντα και υπολείμματα που περιέχουν χημική ενέργεια παρόμοια με αυτή που περιέχουν τα ορυκτά καύσιμα.

## 2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΕΝΙΚΑ

Στην μηχανική, όταν μια δύναμη  $F$  μετακινεί ένα σώμα κατά μια απόσταση  $s$  λέμε ότι η δύναμη παράγει έργο  $W$  ίσο με το γινόμενο  $F \times s$ . Με τον όρο ενέργεια εννοούμε την ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο. Η μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι το Joule.

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί άμεσα τέσσερις τελικές μορφές ενέργειας :

- Χημική (τροφή και καύσιμα)
- Μηχανική (κινητική ενέργεια για μεταφορές, βιομηχανία)
- Θερμική (θέρμανση χώρων ,επεξεργασία και παρασκευή τροφίμων, βιομηχανία)
- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 400-700 nm (φως)

Από φυσικής άποψης η τέταρτη μορφή, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αποτελεί υποπερίπτωση της θερμικής ενέργειας καθότι πρόκειται για θερμότητα που εκπέμπεται με ακτινοβολία από σώματα θερμοκρασίας της τάξης των 6000 K. Οι μορφές με τις οποίες χρησιμοποιεί ο άνθρωπος την ενέργεια λέγονται τελικές μορφές ενέργειας και στα ενεργειακά ισοζύγια η κατανάλωση τους αναφέρεται ως τελική κατανάλωση ενέργειας (Κίττας, Κ. & Γέμτος, Θ. , 2001). Οι μορφές ενέργειας από τις οποίες προέρχεται η καταναλισκόμενη τελική ενέργεια λέγονται πρωτογενείς μορφές και η κατανάλωση τους αναφέρεται σαν κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Εκτός από την τελική και την πρωτογενή ενέργεια στα ενεργειακά ισοζύγια συναντάται και η εμπορική ενέργεια η οποία αντιστοιχεί στην ενέργεια που περιέχεται σε πηγές που αποτελούν οικονομικό αγαθό, δηλαδή διακινείται εμπορικά.

Η θερμότητα του ήλιου δεν είναι εμπορική ενέργεια, όμως η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι εμπορική ενέργεια όταν διοχετεύεται στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο.

### **2.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**

Προκειμένου να περιγραφεί το ενεργειακό ισοζύγιο του θερμοκηπίου οι Duffie J.A. & Beckman W.A (Duffie J.A. & Beckman W.A., 1974) θεώρησαν ότι το θερμοκήπιο λειτουργεί ως συλλέκτης ηλιακής ενέργειας και ο μαθηματικός τύπος που το περιγράφει είναι ο ακόλουθος :

$$Q=H-U (T_i-T_o),$$

Όπου  $H = H$  ηλιακή ενέργεια η οποία προσπίπτει ανά μονάδα επιφάνειας ( $Wm^{-2}$ )

$U =$  Οι απώλειες θερμότητας, ανά μονάδα επιφάνειας και για κάθε μοναδιαία μεταβολή της θερμοκρασίας ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )

$T_i =$  Θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (K)

$T_o =$  Θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό του θερμοκηπίου (K)

$Q =$  Το ενεργειακό κέρδος ή απώλεια του συστήματος ( $Wm^{-2}$ )

Αν το  $Q$  είναι θετικό, τότε αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές του  $Q$  καθορίζουν τις ανάγκες του θερμοκηπίου σε αερισμό. Ειδικότερα στα θερμά κλίματα για να μειωθεί το  $T_i$  χρησιμοποιούν υγρές παροιές. Αν το  $Q$  είναι αρνητικό τότε αυτό σημαίνει ότι πρέπει να θερμανθεί το θερμοκήπιο προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή  $T_i$ . Σε τέτοιες περιπτώσεις το  $Q$  καθορίζει τις ανάγκες του θερμοκηπίου σε θέρμανση. Οι Gatzoli K. & Shell G.S.G (Gatzoli K. & Shell G.S.G.,1984) εξέφρασαν το  $H$  σε συνάρτηση της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από το θερμοκήπιο. Πιο συγκεκριμένα ο τύπος ο οποίος δίνει το  $H$  είναι ο ακόλουθος :

$$H= G_o \tau_a [1-(\rho+F_s)] / [1-(\alpha) \rho]$$

Όπου  $G_o = H$  ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει έξω από το θερμοκήπιο ( $Wm^{-2}$ )

$\tau = H$  διαπερατότητα της ακτινοβολίας στο υλικό κάλυψης του θερμοκηπίου.

Ο παράγοντας  $\tau$  επηρεάζεται από τη θέση του ηλίου, το υλικό κάλυψης και τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου. Η μέση τιμή της διεισδυτικότητας της

ακτινοβολίας δεν ξεπερνά το 0.7. Πιο συγκεκριμένα για θερμοκήπια με μονό γυαλί το  $\tau = 0.55-0.7$  και θερμοκήπια με διπλό γυαλί το  $\tau = 0.5-0.6$ .

$\alpha$  = Η απορροφητικότητα του υλικού κάλυψης και της φυτείας. Οι τιμές του  $\alpha$  για θερμοκήπια με μονό γυαλί είναι 0.15 και για θερμοκήπια με διπλό γυαλί το  $\alpha = 0.25$ . Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την φυτεία  $\alpha_g$  δίνεται από το λόγο :

$$\alpha_g = G_{abs} / G_i = (G_i - G_r - G_t) / G_i \quad (\text{Gallagher J.N. \& Biscoe P.V. , 1978})$$

Όπου  $G_i$  = Μέρος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της φυτείας

$G_r$  = Μέρος της ηλιακής ενέργειας που αντανακλάται

$G_t$  = Μέρος της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στο έδαφος

$G_{abs}$  = Η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από την καλλιέργεια

Όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας είναι  $>4$  τότε σημαίνει ότι η φυτεία είναι πλήρως ανεπτυγμένη και το  $\alpha_g$  θα πάρει τη μέγιστη τιμή του 0.8-0.9. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας από την φυτεία μπορεί να αυξηθεί κατά 10% με ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας κατά 17%, αν ενστρωματωθεί στο έδαφος ένα υλικό που να μπορεί να αντανακλά την ηλιακή ενέργεια ( Kozai T.& Sugi J., 1975).

$\phi$  = Μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται από την φωτοσύνθεση

$F_s$  = Μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται από το έδαφος. Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε μια πυκνή καλλιέργεια χρυσάνθεμου είναι  $0.5 \text{ Mj.m}^{-2}\text{day}^{-1}$  και σε μια καλλιέργεια τομάτας με διαδρόμους μεταξύ των φυτών 1m, είναι  $0.7 \text{ Mj.m}^{-2}\text{day}^{-1}$  (Jolliet, 1988). Με δεδομένο ότι η μέση τιμή της ηλιακής ενέργειας που ρέει προς το έδαφος είναι  $10 \text{ Mj.m}^{-2}\text{day}^{-1}$ , τότε η τιμή του  $F_s$  δίνεται από το λόγο :

$$F_s = \frac{\text{Ενέργεια που αποθηκεύεται στο έδαφος}}{\text{Ενέργεια που ρέει προς το έδαφος}}$$

και κυμαίνεται από 0.05 έως 0.07.

Ο λόγος του  $F_s$  μπορεί να αυξηθεί αν προσθέσουμε στο έδαφος πλαστικές σωλήνες με νερό οπότε και το  $F_s$  κυμαίνεται από 1-1.5 (Γραφιαδέλλης Μ., 1986).

$\rho$  = Μέρος της ακτινοβολίας που αντανακλάται από το θερμοκήπιο στην ατμόσφαιρα. Το  $\rho$  θεωρείται σταθερό για τα γυάλινα θερμοκήπια ( με μονό και διπλό γυαλί ) και ισούται με 0.15.

## 2.4 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Οι ενεργειακές εισροές στο θερμοκήπιο ποικίλουν αναλόγως με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτεί η κάθε καλλιέργεια. Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε δύο ειδών περιβαλλοντικά υποσυστήματα :

1. Το υπέργειο τμήμα της καλλιέργειας, το οποίο επηρεάζεται από την θέρμανση, τον αερισμό, την συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> και τον επιπρόσθετο τεχνητό φωτισμό.
2. Το υπόγειο τμήμα της καλλιέργειας, το οποίο επηρεάζεται από τα λιπάσματα, την κατεργασία του εδάφους, την άρδευση και τις απολυμάνσεις.

Επιπλέον, ο σημαντικότερος στόχος του παραγωγού είναι το οικονομικό όφελος της καλλιέργειας ή αλλιώς όπως ονομάζεται η " Επιστροφή δικτύου ". Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί αυτή η επιστροφή, το κόστος της καλλιέργειας πρέπει να διατηρηθεί χαμηλό. Για αυτό και οι οικονομικές αναλύσεις πρέπει να πραγματοποιούνται για να εντοπίζουν σε ποιες φάσεις της καλλιέργειας μπορεί να γίνει μείωση του κόστους, χωρίς να υποβαθμιστεί ποιοτικά και ποσοτικά η παραγωγή. Τα συστήματα αγροτικής παραγωγής με μειωμένες εισροές δυστυχώς δεν γίνονται αποδεκτά από τους παραγωγούς οι οποίοι ενδιαφέρονται μόνο για το οικονομικό όφελος. Προς την κατεύθυνση αυτή γίνονται προσπάθειες να επιτευχθεί ο συνδυασμός της οικονομικής και ενεργειακής ανάλυσης των συστημάτων παραγωγής, που θα οδηγήσει σε πιο αποδοτικές στρατηγικές διαχείρισης της αγροτικής παραγωγής.

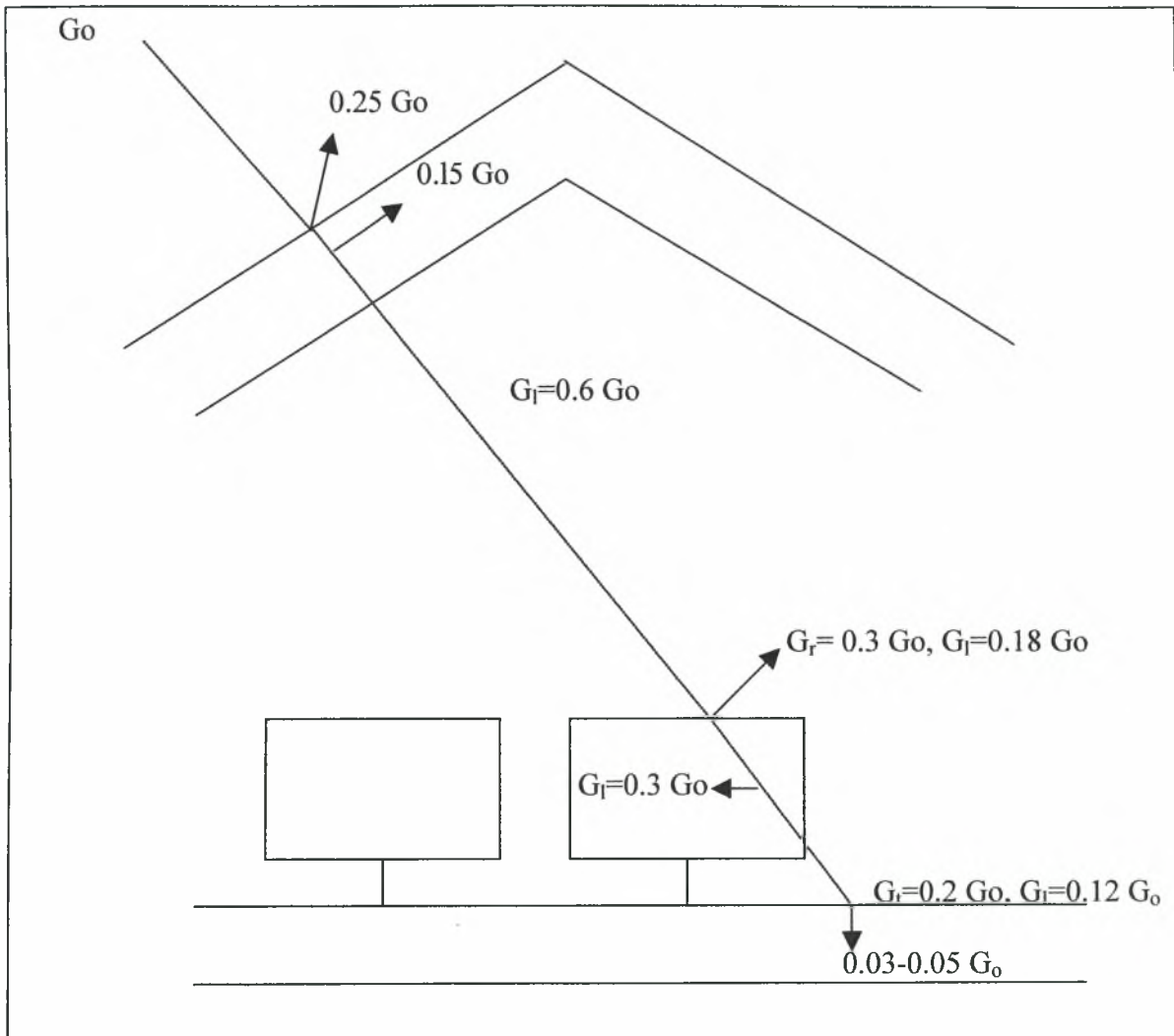
Θεωρητικά στο θερμοκήπιο τρεις μορφές ενέργειας αναγνωρίζονται και αυτές είναι ( Garzoli K., 1989):

- a) **Η ηλιακή ενέργεια και το υπόγειο νερό** : Αυτή η μορφή ενέργειας θεωρείται ως δωρεάν παροχή στην οικονομική ανάλυση του αγροτικού συστήματος. Η ηλιακή ενέργεια είναι μία φυσική μορφή ενέργειας και τα ποσά της ενέργειας αυτής καθορίζονται από τη γεωγραφική θέση της περιοχής και τη μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην περιοχή αυτή. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η είσοδος της ηλιακής

ακτινοβολίας σε μια τυπική θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Επειδή οι κλιματολογικές συνθήκες στο περιβάλλον του θερμοκηπίου διαφέρουν αρκετά τους χειμερινούς με τους καλοκαιρινούς μήνες, οι παραγωγοί θα επιθυμούσαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες να είναι παρόμοιες με αυτές του φθινοπώρου όπου οι ανάγκες των φυτών σε θέρμανση και νερό είναι ελάχιστες.

- b) **Η ανθρώπινη ενέργεια και η απαιτούμενη ενέργεια για τη ζωή :** Αυτή η μορφή ενέργειας στα παλαιότερα χρόνια ήταν ο ακρογωνιαίος λίθος σε ένα σύστημα παραγωγής, σε αντίθεση με τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής στα οποία λόγω της εκμηχάνισης των καλλιεργειών η ανθρώπινη ενέργεια αποτελεί μόνο ένα μικρό ποσοστό της ολικής δαπανώμενης ενέργειας.
- c) **Άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές :** Άμεσες θεωρούνται οι εισροές που καταναλώνονται στον αγρό ή στην εκμετάλλευση, δηλαδή τα καύσιμα, τα θρεπτικά στοιχεία, τα εντομοκτόνα και τα μυκητοκτόνα. Έμμεσες θεωρούνται οι εισροές που αντιστοιχούν στην ενέργεια που έχει καταναλωθεί για την παραγωγή και διακίνηση των συντελεστών παραγωγής μέχρι την είσοδο της εκμετάλλευσης, δηλαδή τα ποσά της ενέργειας που δαπανήθηκαν για να κατασκευαστεί το θερμοκήπιο, το σύστημα άρδευσης και ο υπόλοιπος γεωργικός εξοπλισμός. Οι άμεσες εισροές οι οποίες πρέπει να υπολογιστούν σε ένα θερμοκήπιο είναι: η λίπανση (άζωτο, φώσφορος και κάλιο), το νερό άρδευσης, τα γεωργικά φάρμακα, το τεχνητό υπόστρωμα (περλίτης), η ανθρώπινη εργασία (υποστύλωση, κλάδεμα, συγκομιδή) και τα καύσιμα.

Τα (b) και (c) ονομάζονται αλλιώς και ενέργεια καλλιέργειας (cultural energy).



**Σχήμα 2.** Η είσοδος της ηλιακής ενέργειας σε μια τυπική θερμοκηπιακή καλλιέργεια.



Ωστόσο σύμφωνα με τον Baille (Baille, 1995) οι ενεργειακές εισροές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

**1. Την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας από το θερμοκήπιο και την απομάκρυνση της μέσω της αποθήκευσής της στην παραγόμενη βιομάζα.** Η ηλιακή ενέργεια είναι μια φυσική πηγή ενέργειας η οποία θεωρητικά είναι ισότιμα διαθέσιμη για όλους, αν και οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά στον Ισημερινό δέχονται μεγαλύτερες ποσότητες ακτινοβολίας από όλες τις υπόλοιπες, και αποθηκεύεται στην παραγόμενη βιομάζα σε τεράστιες ποσότητες αν σκεφτεί κανείς την τεράστια έκταση της επιφάνειας του πλανήτη και την ετήσια ποσότητα της ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει στον πλανήτη όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2.** Η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε διάφορες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, όπου οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες.

ΧΩΡΑ	Γ.Π	Μέση μηνιαία ακτινοβολία ( $MJ.m^{-2}.day^{-1}$ )		
		Ιανουάριος	Μάρτιος	Ιούνιος
Ολλανδία (De Bilt)	52°N	2.5	8.1	18.9
Νότια Γαλλία (Avignon)	44°N	6.3	13	24
Νότια Ισπανία (Almeria)	37°N	9.8	15.4	26
Ελλάδα (Ιεράπετρα)	35°N	10	17.8	26.8
Ισραήλ (Bet Dagan)	32°N	11.4	19.5	28.2

Πηγή : Baille 1995 & Καουρή 2001.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τον Ιανουάριο το Ισραήλ και η Ν. Ισπανία δέχονται 4-5 φορές περισσότερη ηλιακή ενέργεια σε σχέση με την Ολλανδία. Οι διαφορές αυτές το καλοκαίρι μειώνονται εφόσον οι περιοχές με γ.π. 30° δέχονται μόνο 1.5 φορές περισσότερη ακτινοβολία από τις περιοχές με γ.π. 50°. Μια άλλη σύγκριση που μπορεί να γίνει είναι η εξής : Η Ολλανδία και η Ν. Αγγλία ετησίως δέχονται 4000  $Mj.m^{-2}$  , ενώ η Ν. Γαλλία 6000  $Mj.m^{-2}$  και το Ισραήλ 7000  $Mj.m^{-2}$ .

Αυτές οι κλιματικές διαφορές επηρεάζουν τις καλλιέργειες σε ότι αφορά την κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση, τον εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> και τις ανάγκες των φυτών σε νερό.

## 2. Οι άμεσες ενεργειακές εισροές που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

Οι κύριοι περιβαλλοντικοί παράγοντες οι οποίοι ελέγχονται στο θερμοκήπιο είναι οι ακόλουθοι :

1. Θερμοκρασία
2. Υγρασία
3. Συγκέντρωση CO<sub>2</sub>

Πιο αναλυτικά :

### ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, αναμφίβολα αποτελεί το πιο δαπανηρό ενεργειακά τμήμα σε μια καλλιέργεια. Ο υπολογισμός των απαιτήσεων θερμότητας για θέρμανση του θερμοκηπίου γίνεται με τον ακόλουθο τύπο :

$$Q=(K*A*DT*+ 0.36*V*n* DT)*1.2$$

**K**= Ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του καλύμματος σε W.m<sup>-2</sup>

**A**= Επιφάνεια του καλύμματος σε m<sup>2</sup>

**DT**= Διαφορά θερμοκρασίας μέσα-έξω σε °C. (Εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται η επιθυμητή νυχτερινή θερμοκρασία και εξωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα που εμφανίζεται στην περιοχή με συχνότητα τριετίας).

**V**= Ο όγκος του θερμοκηπίου

**n**= Ο αριθμός αλλαγών του αέρα από διαφυγές με κλειστά παράθυρα ανά ώρα.

Ο Enoch (Enoch H.Z., 1978a) παρατήρησε ότι σε γυάλινα θερμοκήπια στην Αγγλία η μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμων είναι 58 ton.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup>.C<sup>-1</sup> ( δηλαδή 274 Mj.m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup>) και για την κάλυψη DT = 10 °C απαιτούνται 3500 Mj.m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup>, δηλαδή 740 ton.ha<sup>-1</sup>.yr<sup>-1</sup>.C<sup>-1</sup>. Αντιθέτως στις περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στον Ισημερινό και για τις ίδιες καλλιέργειες απαιτούνται μόλις 1200 και 1600 Mj.m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup>

στο Ισραήλ και στη Ν. Γαλλία αντίστοιχα. Το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου σύμφωνα με τον Stanhill είναι 47.3 MJ/l, ενώ σύμφωνα με τους Singh S, Verma S.R., Mittal J.P. (1997) το ενεργειακό ισοδύναμο του πετρελαίου είναι 56.3 MJ/l.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα στο εσωτερικό περιβάλλον των θερμοκηπίων είναι η αυξημένη υγρασία ειδικά τους χειμερινούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα θερμοκήπια τα οποία έχουν καλή μόνωση έχουν αυξημένη υγρασία τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες γιατί, ο εξωτερικός αέρας με την χαμηλή υγρασία δεν μπορεί να εισέλθει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και να ελαττώσει την υγρασία. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι για την ελάττωση της υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι η μέθοδος της θέρμανσης και του αερισμού. Το ενεργειακό κόστος για τον έλεγχο της υγρασίας περιβάλλον του θερμοκηπίου με αυτές τις δύο μεθόδους κυμαίνεται από 100-200 MJ.m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup> (Baille 1995).

## ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ CO<sub>2</sub>

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> χρησιμεύει για την αύξηση της απόδοσης στα κηπευτικά και την βελτίωση της ποιότητας στα ανθοκομικά φυτά. Το CO<sub>2</sub> παρέχεται με τρεις μορφές κυρίως:

- Την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας ( άχυρο, κ.α.)
- Την καύση οργανικών ενώσεων
- Χρήση δεξαμενών με CO<sub>2</sub> υπό πίεση

Προκειμένου να αυξηθεί η περιεκτικότητα του αέρα σε CO<sub>2</sub> στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά 1 p.p.m. σε ένα γυάλινο θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας πρέπει να καταναλωθούν 416 kg CO<sub>2</sub> ha.yr<sup>-1</sup>. Ο Baille υπολόγισε πως για τον διπλασιασμό της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ( με δεδομένο ότι ο εξωτερικός αέρας έχει 350 p.p.m. περιεκτικότητα ) στην Αγγλία καταναλώνονται ετησίως 130 tn ha.yr<sup>-1</sup>, ενώ στην Γαλλία καταναλώνονται 100 tn ha.yr<sup>-1</sup>. Εφόσον το ενεργειακό ισοδύναμο του CO<sub>2</sub>, σύμφωνα με τον Enoch (Enoch H.Z., 1986) είναι 57.6 MJ/ kg, το ενεργειακό κόστος για τον διπλασιασμό της περιεκτικότητας του CO<sub>2</sub> κυμαίνεται στα 400-500 MJ .m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup>.

### **3. Όλες οι υπόλοιπες άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές στο θερμοκήπιο.**

Ο Stanhill το 1980 προκειμένου να υπολογίσει τα ενεργειακά ισοδύναμα των άμεσων εισροών, έκανε σύγκριση έξι διαφορετικών συστημάτων καλλιέργειας τομάτας εκ των οποίων τα τρία ήταν υπό κάλυψη. Ακολούθως το 2003 ο Burhan Ozkan (Burhan Ozkan, Ahmet Kurklu, Handan Akcaoz, 2003))έκαναν πειράματα για τον ίδιο σκοπό σε θερμοκήπια με συνολική έκταση 8.8 ha. Οι τιμές από τα ενεργειακά ισοδύναμα των άμεσων εισροών έχουν υπολογιστεί σε Mj/ μονάδα μέτρησης και δίνονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 3.** Οι τιμές από τα ενεργειακά ισοδύναμα των άμεσων εισροών

	<i>Mj</i>	<i>Μονάδα</i>	<i>Πηγή</i>
		<i>Μέτρησης</i>	
Πυρηνόξυλο	18.5	ton <sup>-1</sup>	Stanhill
Πετρέλαιο	47.3	l <sup>-1</sup>	Stanhill
Μυκητοκτόνα	99	l <sup>-1</sup>	Stanhill
Εργατικά	2.2	hr <sup>-1</sup>	Stanhill
Εντομοκτόνα	363	l <sup>-1</sup>	Stanhill
Κάλιο	9.7	kg <sup>-1</sup>	Stanhill
Νερό άρδευσης	0.63	m <sup>-3</sup>	Yaldiz
Ηλεκτρισμός	3.6	kWh <sup>-1</sup>	Singh
Άζωτο	74.2	kg <sup>-1</sup>	Stanhill
Φώσφορος	13.7	kg <sup>-1</sup>	Stanhill
Υποστύλωση (Σύρματα, Σχοινί)	1705	ha <sup>-1</sup>	Stanhill
Σπόροι	1	kg <sup>-1</sup>	Singh
Οργανική ουσία	3.5	ton <sup>-1</sup>	Stanhill
Αγγούρι	0.9	kg <sup>-1</sup>	Yaldiz
Ποινσέτια	0.8	kg <sup>-1</sup>	.*
Τομάτα	0.8	kg <sup>-1</sup>	Yaldiz

\*Για την ποϊνσέτια ελήφθη ο ίδιος συντελεστής με την τομάτα.

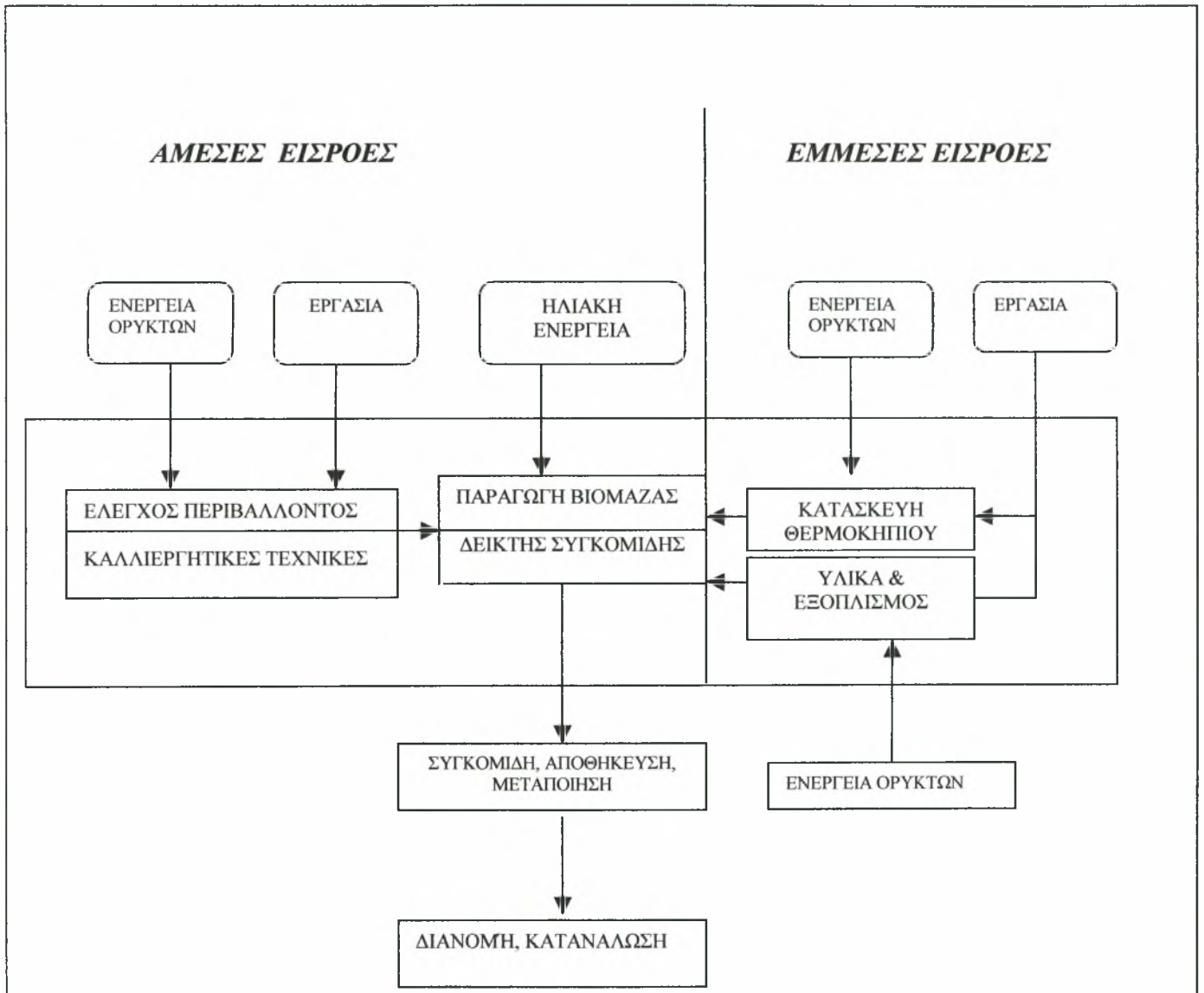
Από τα ίδια πειράματα υπολογίστηκαν και οι έμμεσες εισροές οι οποίες περιλαμβάνουν την ενέργεια που απαιτείται να δαπανηθεί για να γίνει η απόσβεση της θερμοκηπιακής κατασκευής, του συστήματος άρδευσης, των καυστήρων και των γεωργικών μηχανημάτων (Πίνακας 4)

**Πίνακας 4.** Οι τιμές από τα ενεργειακά ισοδύναμα των έμμεσων εισροών.

	<i>Mj</i>	<i>Μονάδα</i> <i>Μέτρησης</i>	<i>Πηγή</i>
Άρδευση	2.37	hr <sup>-1</sup>	Stanhill
Δεξαμενές	12.8	kg <sup>-1</sup> .year <sup>-1</sup>	Stanhill
Περλίτης	3.5	ton <sup>-1</sup>	Stanhill
Απόσβεση υλικών εδαφοκάλυψης	24400	year <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	Stanhill
Απόσβεση θέρμανσης	10963	year <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	Stanhill
Γυάλινο θερμοκήπιο (διάρκεια ζωής 25 χρόνια)	387130	ha <sup>-1</sup> . year <sup>-1</sup>	Stanhill
Πλαστικό θερμοκήπιο (διάρκεια ζωής 3 χρόνια)	252310	ha <sup>-1</sup> . year <sup>-1</sup>	Stanhill
Γεωργικά μηχανήματα	41.4	hr <sup>-1</sup>	Stanhill

Στα πλαίσια της οικονομικής ανάλυσης οι άμεσες ενεργειακές εισροές είναι το λειτουργικό κόστος της επιχείρησης και οι έμμεσες ενεργειακές εισροές είναι το κόστος επένδυσης ή αλλιώς το πάγιο κόστος ( Manby T.C.D., 1984 ). Μια άλλη κατάταξη είναι ο διαχωρισμός των εισροών σε αυτές οι οποίες αυξάνουν την παραγωγή (yield increasing inputs) και σε αυτές οι οποίες προστατεύουν την παραγωγή (yield protecting inputs). Στην πρώτη κατηγορία ανήκει ο εξοπλισμός, η ανθρώπινη εργασία και η οργανική και ανόργανη θρέψη, ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα γεωργικά φάρμακα. Στο σχήμα 3 δίνεται ο ενεργειακός κύκλος στο θερμοκήπιο και ο διαχωρισμός των εισροών σε άμεσες και έμμεσες.





Σχήμα 3. Αναπαράσταση του ενεργειακού κύκλου στο θερμοκήπιο (Baille, 1995).

## 2.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι ενεργειακές παράμετροι που χρησιμοποιούνται συνήθως για να περιγραφεί και αξιολογηθεί ένα σύστημα παραγωγής είναι (Pimentel D. & Pimentel M., 1979) :

1. **Ενεργειακός λόγος** (Energy ratio = E.R) ορίζεται ως το πηλίκο της ( E.C : Energy content) θερμογόνου περιεκτικότητας της παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος σε Mj προς την ( GER : Gross energy requirements ) ενέργεια που απορρόφησε η καλλιέργεια υπολογισμένη σε Mj, εκφράζει δηλαδή την αποδοτικότητα της καλλιέργειας.

$$E.R = E.C / GER$$

2. **Ενέργεια παραγωγικότητας** ( Energy productivity = E.P) ορίζεται ως το πηλίκο της (f.m : fresh matter ) παραγόμενης ποσότητας του προϊόντος σε kgr προς την ενέργεια (GER : Gross energy requirements ) που απορρόφησε η καλλιέργεια υπολογισμένη σε Mj.

$$E.P (kg.Mj^{-1}) = f.m / GER$$

3. Μια άλλη παράμετρος η οποία μπορεί να προστεθεί είναι η **Ένταση παραγόμενης ενέργειας** ( Energy Intensity = E.I) και ορίζεται ως το αντίστροφο της Ενέργειας παραγωγικότητας.

$$E.I (Mj.kg^{-1}) = GER / f.m$$

## 2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στο θερμοκήπιο είναι οι ακόλουθες :

### 2.6.1 ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Τα πιο διαδεδομένα ηλιακά συστήματα θέρμανσης στα ελληνικά θερμοκήπια είναι τα ακόλουθα (Γραφιαδέλλης Μ., 1986):

1. Σύστημα 1 : Αποτελείται από μια υπόγεια δεξαμενή, έναν ανεμιστήρα, μια αντλία νερού και δύο σωλήνες για την ταυτόχρονη κυκλοφορία του αέρα και του νερού.
2. Σύστημα 2 : Το νερό από την υπόγεια δεξαμενή ψεκάζεται στην κορυφή του θερμοκηπίου, ενώ ταυτόχρονα ο αέρας κυκλοφορεί στο θερμοκήπιο για να απορροφήσει τη θερμότητα από το νερό και το έδαφος.
3. Σύστημα 3 : Ανάμεσα στις γραμμές των φυτών τοποθετούνται πλαστικές σωλήνες με νερό. Τις ψυχρότερες ώρες της ημέρας ο αέρας που κυκλοφορεί μέσα στο θερμοκήπιο θερμαίνεται από την σταδιακή απελευθέρωση της θερμότητας από το νερό (Εικόνα 1).

Διαπιστώθηκε ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα σε ένα ψυχρό θερμοκήπιο ήταν 0°C, η θερμοκρασία αέρα στα θερμοκήπια που θερμαίνονταν με τα παραπάνω ηλιακά συστήματα ήταν ως εξής :

Σύστημα 1 : 5-7°C

Σύστημα 2 : 8°C

Σύστημα 3 : 2-3°C

Αυτός ο τρόπος θέρμανσης εφαρμόζεται στην Ισλανδία από το 1970 ενώ σήμερα στην ίδια χώρα εφαρμόζεται σε θερμοκήπια συνολικής έκτασης 120 στρ..



**Εικόνα 1.** Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης.

## **2.6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ**

Τα φυτά καλλιεργούνται από τον άνθρωπο για την παραγωγή τροφίμων ή πρώτων υλών για την βιομηχανία. Το χρήσιμο προϊόν των φυτών μπορεί να είναι όλο το φυτό ή μέρος του φυτού. Με την πρώτη ενεργειακή κρίση το 1973 άρχισε να συζητείται το θέμα της υποκαταστάσεως των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μια από τις πρώτες προτάσεις ήταν να γίνουν ειδικές καλλιέργειες που το προϊόν τους να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου. Έτσι δημιουργήθηκε η έννοια της βιομάζας δηλαδή της μάζας που περιέχει οργανικές ουσίες που προέρχονται κυρίως από βιολογικά υλικά (Κίττας, Κ. & Γέμτος, Θ., 2001). Η παραγόμενη ενέργεια από τη βιομάζα ονομάζεται βιοενέργεια. Οι κύριες μορφές της βιομάζας είναι οι ακόλουθες :

1. ΞΥΛΑ
2. ΦΥΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ
3. ΚΑΡΠΟΙ
4. ΣΤΕΛΕΧΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
5. ΧΥΜΟΙ ΦΥΤΩΝ

## 6. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΥΓΡΕΣ ΜΑΖΕΣ

### 7. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΟΛΕΩΝ

Οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας είναι η θερμική και η βιολογική. Στις θερμικές μεθόδους περιλαμβάνονται η καύση, η πυρόλυση, η αεριοποίηση, η εξανθράκωση και η χημική αναγωγή με υδρογόνο. Στις βιολογικές μεθόδους περιλαμβάνονται οι κάθε μορφής ζυμώσεις για παραγωγή μεθανίου ή αλκοόλης καθώς και η άμεση σύνθεση υδρογονανθράκων. Η κάθε μέθοδος αποδίδει καλύτερα ανάλογα με την αρχική κατάσταση της βιομάζας. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο στα θερμοκήπια είναι η θερμική. Απαραίτητη προϋπόθεση για να καεί η βιομάζα είναι να έχει χαμηλή υγρασία (<15%). Η θέρμανση του θερμοκηπίου με καύση βιομάζας γίνεται με ρεύματα αέρα και με αγωγιμότητα. Στον Πίνακα 5 δίνεται η θερμική ισχύς των πιο διαδεδομένων μορφών βιομάζας.

**Πίνακας 5.** Η θερμική ισχύς των πιο διαδεδομένων μορφών βιομάζας που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια σε σύγκριση με το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

<i>ΚΑΥΣΙΜΑ</i>	<i>Kcal/ μονάδα</i>	<i>Mj/ μονάδα</i>
Ελαιοπυρηνόξυλο	4500/ kg	18.6 / kg
Άχυρο	2500/ kg	10.5 / kg
Ξύλο	4000/ kg	16.7 / kg
Πετρέλαιο	9800 / l	41/ l
Ηλεκτρισμός	853/ kW	3.6/ kW

### 2.6.3 ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ

Η χρήση του διπλού πλαστικού καλύμματος είναι μια οικονομική μέθοδος για να βελτιωθεί το μικροκλίμα του θερμοκηπίου. Με τη μέθοδο αυτή η θερμοκρασία του αέρα στο θερμοκήπιο μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 2 °C, ενώ η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας στη διάρκεια μιας καλλιέργειας ανέρχεται στο 30% (Nikita C., 1989). Τα κυριότερα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι :

1. Σε πειράματα που έγιναν σε φυτά πιπεριάς, αποδείχτηκε ότι τα φυτά μεγάλωσαν γρηγορότερα αλλά οι βλαστοί ήταν αδύνατοι.

2. Σε φυτά τομάτας αποδείχτηκε ότι αυξάνονται υπερβολικά τα μεσογονάτια διαστήματα
3. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα θα πρέπει να απομακρυνθεί το ένα από τα δυο καλύμματα.

Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διπλού καλύμματος στα θερμοκήπια είναι συνήθως το πολυμετακρυλικό του μεθυλίου (PMM) και οι πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC). Και τα δύο πλαστικά είναι εύκαμπτα, προστατεύονται από το κιτρίνισμα μέσω ενός λεπτού στρώματος που ονομάζεται UV-αναστολέας και έχουν 6 χρόνια διάρκεια ζωής. Το κάθε κάλυμμα μειώνει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά 10%, δηλαδή επιτρέπει την είσοδο στο 80%, σε αντίθεση με το γυαλί όπου εισέρχεται το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας.

#### 2.6.4 Χρήση θερμοκουρτίνας

Οι κουρτίνες στο θερμοκήπιο συνήθως χρησιμοποιούνται για σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες και για τον έλεγχο της φωτοπεριόδου στα φυτά. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο χρησιμοποιούνται και για την θερμική μόνωση των θερμοκηπίων (Nilsen S., Dons C. & Pettersen H., 1984). Η μόνωση την οποία προσφέρουν οι θερμοκουρτίνες στο θερμοκήπιο αυξάνει την θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου παγιδεύοντας την θερμική ακτινοβολία στο εσωτερικό. Στον πίνακα 6 δίνονται τα ποσοστά μείωσης των ημερήσιων απωλειών θέρμανσης.

**Πίνακας 6.** Ποσοστό μείωσης των ημερήσιων απωλειών θέρμανσης με βάση το υλικό κάλυψης

ΥΛΙΚΟ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (%)
ΓΥΑΛΙ	0
ΓΥΑΛΙ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΟΥΡΤΙΝΑ	36
ΔΙΠΛΟ ΦΥΛΛΟ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	27
ΔΙΠΛΟ ΦΥΛΛΟ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΟΥΡΤΙΝΑ	57

ΠΗΓΗ: Greenhouse Engineering NRAES-33. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension.



Το υλικό από το οποίο θα επιλεγεί να κατασκευαστεί η θερμοκουρτίνα θα πρέπει να έχει μικρό κόστος, να εμποδίζει την έξοδο της θερμικής ακτινοβολίας από το θερμοκήπιο και να επιτρέπει την είσοδο του φωτός την ημέρα. Προκειμένου να υπολογιστεί η αποτελεσματικότητα της θερμοκουρτίνας πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα στα Άδανα της Τουρκίας από τους Hüseyin ÖZTÜRK και Ali BAŞÇETİNÇELİK (Ozturk HH, Zeren Y, Bascetincelik ,1993) σε τρία πλαστικά θερμοκήπια. Το πρώτο θερμοκήπιο είχε θερμοκουρτίνα από πολυαιθυλένιο, το δεύτερο θερμοκήπιο είχε θερμοκουρτίνα από πολυεστέρα και το τρίτο θερμοκήπιο δεν είχε θερμοκουρτίνα και αποτέλεσε τον μάρτυρα. Αποδείχθηκε ότι, όταν η θερμοκρασία αέρα στο μάρτυρα ήταν 0°C, η θερμοκρασία αέρα στα δυο θερμοκήπια ήταν :

1. Θερμοκήπιο με θερμοκουρτίνα από πολυεστέρα: 4.8°C
2. Θερμοκήπιο με θερμοκουρτίνα από πολυαιθυλένιο: 2.5°C

Το συνολικό ενεργειακό κέρδος από τη χρήση θερμοκουρτίνας για τα δύο θερμοκήπια ήταν 19.8% και 16% αντίστοιχα.

## 2.6.5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Υδροπονία είναι η καλλιέργεια χωρίς χώμα, σε κάποιο άλλου είδους υπόστρωμα, με ένα θρεπτικό μείγμα. Το υπόστρωμα αυτό είναι δομικά σταθερό, ανόργανο και προστατεύει τις ρίζες από τη σήψη. Στην αρχαιότητα η υδροπονική μέθοδος είχε χρησιμοποιηθεί στους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας, αλλά και από τους Αζτέκους της Κεντρικής Αμερικής οι οποίοι συνήθιζαν κατά αυτό τον τρόπο να εκμεταλλεύονται τις βαλτώδεις εκτάσεις και τα θρεπτικά στοιχεία της λάσπης των ελών. Το 1600 ο Βέλγος Jan Van Helmont, αποδεικνύει ότι τα φυτά προσλαμβάνουν τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους από το νερό, στοιχείο επάνω στο οποίο βασίστηκε η θεωρία των υδροπονικών καλλιεργειών. Το 1851 ο Jean Baptiste Boussingault είναι ο πρώτος που καλλιεργεί φυτά σε ανόργανο υπόστρωμα, σε κρυσταλλική άμμο και χαλίκι, προσθέτοντας διάλυμα των μέχρι τότε γνωστών στοιχείων που συμμετείχαν στη θρέψη των φυτών, ενώ παράλληλα ανακάλυψε και απέδειξε την αναγκαιότητα των περισσότερων από τα στοιχεία που σήμερα είναι απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών.



Σήμερα η συμβολή της υδροπονίας στην παγκόσμια παραγωγή είναι καθοριστική γιατί σε αντίθεση με τις διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού που αυξάνονται τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά το ποσοστό της καλλιεργήσιμης γης μειώνεται δραματικά, γιατί αποκτά μεγαλύτερη οικιστική και τουριστική αξία ή γίνεται τόσο προβληματική που απορρίπτεται από την παραγωγική διαδικασία. Ειδικά στη δεύτερη περίπτωση η υδροπονία μπορεί να εξασφαλίσει την επανένταξη αυτών των εκτάσεων στην παραγωγική διαδικασία καθώς και την αύξηση της παραγωγής με χαμηλότερο κόστος (Κίττας, Κ. & Λύκας, Χ., 2002). Αξίζει να σημειωθεί πως στα νησιά Hawaii, που το μεγαλύτερο ποσοστό της γης χρησιμοποιείται για τουριστική εκμετάλλευση και το υπόλοιπο για παραγωγή λαχανικών, με τη χρήση υδροπονικών μεθόδων, η παραγωγή πολλαπλασιάζεται μέχρι και 18 φορές περισσότερο ανά μονάδα καλλιεργούμενης επιφάνειας συγκριτικά με την συμβατική θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Ωστόσο στη χώρα μας η υδροπονία δεν είναι διαδεδομένη.

Η εφαρμογή της υδροπονικής καλλιέργειας βασίζεται στη χρήση ενός ολοκληρωμένου συστήματος το οποίο αποτελείται από:

- Το σύστημα παρασκευής και ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος : Αποτελείται συνήθως από ένα Η/Υ με το κατάλληλο λογισμικό, μία σειρά δοσομετρικών αντλιών, ένα pHμετρο, ένα αγωγιμόμετρο, μία αντλία και μία σειρά δεξαμενών.
- Το σύστημα υδρολίπανσης : Αποτελείται από μία αντλία, μία σειρά ηλεκτροβανών, τους αγωγούς παροχής του θρεπτικού διαλύματος και τους σταλλάκτες.
- Το υπόστρωμα ριζοβολίας των φυτών : Η πρακτική σημασία των υποστρωμάτων αφορά την στήριξη του φυτού αλλά και την συγκράτηση θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από το θρεπτικό διάλυμα, το οποίο περιοδικά διαβρέχει το υλικό του υποστρώματος. Σε μερικές περιπτώσεις υδροπονικών συστημάτων είναι δυνατή η απουσία υποστρώματος, ενώ τον ρόλο αυτό καλείται να παίξει το ίδιο το θρεπτικό διάλυμα. Η στήριξη των φυτών σε αυτή την περίπτωση γίνεται είτε από το ίδιο το σύστημα παροχής και κυκλοφορίας του θρεπτικού διαλύματος όταν το ύψος του φυτού είναι μικρό όπως το μαρούλι, είτε από ξεχωριστό σύστημα υποστήριξης της καλλιέργειας όπως το δέσιμο των φυτών κατά θέση όταν το ύψος των φυτών είναι μεγαλύτερο.

Τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία του ιδανικού υδροπονικού υποστρώματος είναι:

1. καλή κατανομή νερού-αέρα
2. σταθερή τιμή του pH
3. μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού
4. μικρή περιεκτικότητα σε άλατα
5. χημική αδράνεια
6. απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς
7. απαλλαγμένο από τοξικά στοιχεία για το φυτό
8. εύκολη μεταχείριση
9. ασυμπίεστο
10. ελάχιστη εναλλακτική ικανότητα
11. ομαλή κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος
12. να μην προκαλεί πληγές στις ρίζες

Τα πιο συνηθισμένα ανόργανα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ο περλίτης, υπόστρωμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην υδροπονική καλλιέργεια της τομάτας στο συγκεκριμένο πείραμα, κρυσταλλική άμμος, ελαφρόπετρα και από οργανικά υλικά τύρφη και φλοιός από το φυτό κόκος.

- Το σύστημα απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος : Τέτοιες συσκευές είναι τα φίλτρα άμμου ή μεμβράνης, οι συσκευές απολύμανσης με τη χρήση UV ακτινοβολίας και οι συσκευές παστερίωσης με ατμό.

Τα υδροπονικά συστήματα διαχωρίζονται σε ανοιχτά και κλειστά συστήματα. Στο ανοιχτό σύστημα το θρεπτικό διάλυμα έχει σταθερή χημική σύσταση και απορρίπτεται μετά το τέλος της άρδευσης και είναι ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιήθηκε στο Βελεστίνο. Αντιθέτως στο κλειστό σύστημα το απορρέον θρεπτικό διάλυμα επαναχρησιμοποιείται στην ίδια καλλιέργεια, με αποτέλεσμα να γίνεται δυσκολότερη η διαχείριση του συστήματος καθώς αλλάζει η χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που κάθε φορά καλούμαστε να διαχειριστούμε. Ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος εξαρτάται από το βαθμό αλλοιώσεων στις τιμές του pH και EC που έχει υποστεί το θρεπτικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της χρήσης του. Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια, ανεξάρτητα εάν το σύστημα είναι κλειστό ή ανοιχτό έχουμε τις παρακάτω μεθόδους.

### **1. Static Aerated Technique ή SAT**

Σε αυτή τη μέθοδο το θρεπτικό διάλυμα απομακρύνεται 3-4 φορές ημερησίως από το ριζικό περιβάλλον με αποστράγγιση, επιτρέποντας την αναπνοή του ριζικού συστήματος.

### **2. Deep Flow Technique ή DFT**

Η καλλιέργεια τροφοδοτείται συνεχώς με θρεπτικό διάλυμα μέσω αντλίας. Η συνεχής απομάκρυνση του διαλύματος από το ριζικό σύστημα γίνεται με τη βαρύτητα.. Το διάλυμα καλύπτει όλο το ριζικό σύστημα των φυτών οπότε δεν γίνεται χρήση υποστρώματος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της μεθόδου είναι η πρόβλεψη της σωστής κλήσης του δαπέδου, περίπου 2-3%, για να εξασφαλιστεί η καλή απορροή του θρεπτικού διαλύματος

### **3. Aerated Flow Technique ή AFT**

Η μέθοδος αυτή είναι ίδια με αυτή της DFT μεθόδου με μοναδική διαφορά ότι ταυτόχρονα γίνεται και προσθήκη οξυγόνου στο θρεπτικό διάλυμα μέσω μιας ειδικής αντλίας αέρος.

### **4. Drip Irrigation Technique ή DIP**

Η χρήση τεχνητού υποστρώματος είναι απαραίτητη, εφόσον η τροφοδοσία του συστήματος γίνεται από σταλλάκτες οι οποίοι εφαρμόζουν επάνω στο τεχνητό υπόστρωμα. Η διάρκεια της κάθε άρδευσης είναι συνήθως 1-2 min ανά κύκλο άρδευσης και η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από τον ρυθμό διαπνοής των φυτών και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε στα θερμοκήπια του Βελεστίου.



**Εικόνα 2.** Drip Irrigation Technique (DIP)

### **Κεφάλαιο 3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**



### **3.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**

Στη συνέχεια αναλύονται τα στάδια της καλλιέργειας της τομάτας στο θερμοκήπιο και οι καλλιεργητικές φροντίδες που απαιτεί το φυτό (Χρίστου Μ. Ολυμπίου, 1996).

#### **3.1.1 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ - ΣΠΟΡΑ**

Η τομάτα πολλαπλασιάζεται μόνο με σπόρο. Οι σπόροι του εμπορίου επιβάλλεται να έχουν απολυμανθεί και να έχουν υψηλή βλαστική ικανότητα > 80 %. Η σπορά για την ανοιξιάτικη καλλιέργεια της τομάτας γίνεται στα τέλη Δεκεμβρίου και γίνεται σε τελάρα από φελιζόλ γεμισμένα με τύρφη, αφού προηγουμένως έχουν απολυμανθεί. Τα κιβώτια πρέπει να τοποθετηθούν σε ένα ξεχωριστό θερμαινόμενο χώρο μέσα στο θερμοκήπιο, στο σπορείο. Εάν η θερμοκρασία διατηρηθεί στους 16-18 C<sup>0</sup>, σε 7-10 μέρες θα έχουν φυτρώσει οι σπόροι. Στο σπορείο τα σποριόφυτα παραμένουν για 20-25 μέρες, πριν μεταφυτευτούν και ενδείκνυνται δύο ριζοποτίσματα, ένα για τις ασθένειες του λαιμού και άλλο ένα για τη θρέψη των φυτών με βασικό λίπασμα. Στη συνέχεια τα σποριόφυτα μεταφυτεύονται σε γλαστράκια 300 cm<sup>3</sup> και παραμένουν σε αυτή τη φάση για 1 μήνα περίπου. Η ελάχιστη θερμοκρασία που πρέπει να διατηρείται στο θερμοκήπιο, είναι 12-14 C<sup>0</sup>. Επειδή καλό είναι τα φυτά να μην αποκτήσουν μεγάλο ύψος, κρίνεται σκόπιμο ο παραγωγός τις πρωινές ώρες να εκθέσει τα φυτά σε χαμηλές θερμοκρασίες ή να τα ψεκάσει με χαλκούχα σκευάσματα για να περιοριστεί η περαιτέρω αύξηση του φυτού και να υποβοηθηθεί η αύξηση της ρίζας. Τέλος κρίνεται αναγκαίο να γίνουν 3 τουλάχιστον λιπάνσεις με βασικό λίπασμα για την καλύτερη ανάπτυξη του φυτού.

#### **3.1.2 ΕΔΑΦΟΣ**

Η τομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί με επιτυχία σε μία ποικιλία εδαφών, αλλά αποδίδει καλύτερα σε εδάφη με σταθερή δομή, με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας, με καλή αποστράγγιση, και υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Τα πιο κατάλληλα εδάφη είναι τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη. Για την πρόιμη παραγωγή

τομάτας ενδείκνυνται και τα αμμώδη εδάφη τα οποία θερμαίνονται πιο εύκολα και πιο γρήγορα. Το ριζικό σύστημα της τομάτας αναπτύσσεται μέχρι το βάθος των 75 cm. και θα πρέπει όταν η φυσική στράγγιση του εδάφους δεν είναι ικανοποιητική, να προβλέπεται εγκατάσταση συστήματος στράγγισης στο θερμοκήπιο. Όταν το έδαφος έχει αναλυθεί και έχει βρεθεί ότι έχει υψηλή συγκέντρωση αλάτων, τότε είναι ανάγκη το έδαφος να εκπλυθεί με αρκετές ποσότητες νερού, μέχρι 130 λίτρα/ m<sup>2</sup> . Μετά από κάθε εφαρμογή πρέπει να γίνεται μέτρηση της αγωγιμότητας, για να διαπιστώνεται ο βαθμός μείωσης της συγκέντρωσης των αλάτων που έχει επιτευχθεί. Τέλος μετά την ολοκλήρωση της προηγούμενης καλλιέργειας το έδαφος πρέπει να οργωθεί βαθιά με καλλιεργητές ή με περιστρεφόμενους δίσκους και αφού γίνει απολύμανση και εφαρμοστεί η βασική λίπανση γίνεται και η εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας

### 3.1.3 ΒΑΣΙΚΗ & ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Το έδαφος στο οποίο θα μεταφύτευτεί το φυτό πρέπει να έχει υψηλά επίπεδα οργανικής ουσίας, ικανοποιητική ποσότητα φωσφόρου για όλη την καλλιεργητική περίοδο, αρκετά αποθέματα καλίου για την ανάσχεση της ζωνής βλάστησης του φυτού, pH= 6-6,5 και αρκετό άζωτο για την πρώτη ανάπτυξη των φυτών. Προκειμένου να επιτύχουμε ένα τέτοιο έδαφος αρχικά το εμπλουτίζουμε με κοπριά ( 5 τον./ στρ. ) ή τύρφη ( 70 m<sup>3</sup> / στρ.). Ωστόσο επειδή πρέπει να προστεθεί στο έδαφος φώσφορος, κάλιο και μαγνήσιο για να αποφευχθούν οι τροφοπενίες προτιμάται για την προσθήκη αυτών των στοιχείων η επιφανειακή λίπανση. Πιο συγκεκριμένα οι ανάγκες των φυτών σε φώσφορο είναι αυξημένες στα πρώτα στάδια της μεταφύτευσης και κυμαίνονται στα 180 kg/στρ. με τις μορφές που δίνονται στον πίνακα 7.



**Πίνακας 7.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε φώσφορο.

<i>Λίπασμα</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>kg/στρ</i>
Υπερφωσφορικό λίπασμα	0-20-0	100
Τριπλό υπερφωσφορικό	0-46-0	43
Διαμμωνικός φώσφορος	21-53-0	37

Πηγή : Ολύμπιος Χ. Μ., 1996

Ακολουθώς στον Πίνακα 8 δίνονται οι μορφές και ποσότητες λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για να αυξηθεί η περιεκτικότητα του σε κάλιο.

**Πίνακας 8.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε κάλιο.

<i>Λίπασμα</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>kg/στρ</i>
Νιτρικό κάλι	13-0-44	7
Θειϊκό κάλι	0-0-50	6
Χλωριούχο κάλι	0-0-60	5

Πηγή: Ολύμπιος Χ. Μ., 1996

Τέλος η ποσότητα του αφομοιώσιμου αζώτου, που πρέπει να υπάρχει στο έδαφος κατά τη μεταφύτευση, πρέπει να είναι κάπως περιορισμένη γιατί, υψηλά επίπεδα αζώτου οδηγούν τα φυτά σε βλαστομανία. Επειδή τα εδάφη του θερμοκηπίου έχουν αρκετό άζωτο από την προηγούμενη καλλιέργεια, ώστε να μην χρειάζεται καθόλου προσθήκη με την βασική λίπανση. Στον Πίνακα 9 δίνονται οι μορφές και ποσότητες λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν στο έδαφος για να αυξηθεί η περιεκτικότητα του σε άζωτο.

**Πίνακας 9.** Οι μορφές των λιπασμάτων με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο.

<i>Λίπασμα</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>kg/στρ</i>
Νιτρικό κάλι	13-0-44	20
Νιτρικό ασβέστιο	20-0-0	13
Θειϊκή αμμωνία	21-0-0	11
Διαμμωνιακός φώσφορος	21-53-0	11
Νιτρική αμμωνία	33-0-0	7
Ουρία	45-0-0	5

Πηγή : Ολύμπιος Χ.Μ., 1996

Η εφαρμογή στο έδαφος με την βασική λίπανση ομάδας ιχνοστοιχείων όταν δεν υπάρχουν τροφοπενίες πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί να προκληθούν τοξικότητες.

Ένα από τα πιο βασικά στοιχεία της επιτυχίας μιας καλλιέργειας τομάτας είναι η επιφανειακή λίπανση. Μακροσκοπικά ο παραγωγός μπορεί να διαπιστώσει εάν η φυτεία χρειάζεται επιπλέον λίπανση και να την προσθέσει με τη μορφή επιφανειακής λίπανσης παρατηρώντας το πάχος του βλαστού στην κορυφή, τη ζωηρότητα και τον αριθμό των νέων ανθέων και τη ζωηρότητα της βλάστησης του φυτού. Τα στοιχεία τα οποία προστίθενται με την επιφανειακή λίπανση συνήθως είναι το άζωτο και το κάλιο και σπανίως τα ιχνοστοιχεία. Οι ποσότητες των λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν καθορίζονται με βάση τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και κυρίως με βάση την εικόνα του φυτού στα διάφορα στάδια της ανάπτυξης του.

#### **3.1.4 ΑΡΔΕΥΣΗ**

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος άρδευσης στα σύγχρονα θερμοκήπια και ειδικότερα στην καλλιέργεια της τομάτας, είναι η μέθοδος στάγδην. Χρησιμοποιούνται μαύροι πλαστικοί σωλήνες με διάμετρο 12-20 mm. επάνω στους οποίους ενσωματώνονται σταλακτήρες. Οι σωλήνες συνήθως τοποθετούνται στην επιφάνεια του εδάφους, είτε ένας σωλήνας για μια γραμμή φυτών είτε ένας σωλήνας για δύο γραμμές φυτών. Η παροχή στο σύστημα στάγδην είναι μικρή,

συνήθως 1-10 l/ hr / σταλακτήρα και η πίεση ανά σταλακτήρα είναι 0.2-2 atm. Η έκταση της διαβροχής είναι ανάλογη με τον τύπο του εδάφους, την ποσότητα του νερού και την συχνότητα εφαρμογής των αρδεύσεων. Από τους μεγαλύτερους πόρους του εδάφους το νερό της άρδευσης κινείται προς τα κάτω με τη βαρύτητα, ενώ από τους μικρότερους πόρους απλώνεται προς όλες τις διευθύνσεις με τα τριχοειδή. Στα λεπτόκοκκα εδάφη οι τριχοειδείς δυνάμεις είναι μεγαλύτερες από τη βαρύτητα και η διαβρεχόμενη περιοχή είναι περίπου σφαιρική. Στα αμμώδη εδάφη τα οποία δεν συγκρατούν το νερό η περιοχή επιμηκύνεται προς τα κάτω. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου στην καλλιέργεια της τομάτας είναι τα εξής:

1. Διατήρηση μικρών αρνητικών πιέσεων στο έδαφος
2. Πρωίμηση της παραγωγής
3. Οικονομία νερού και ταυτόχρονη εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
4. Χρήση χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού
5. Διατήρηση ξηρού φυλλώματος
6. Εφαρμογή σε δύσκολα εδάφη

Ωστόσο υπάρχουν και άλλα αρδευτικά συστήματα όπως είναι οι εκτοξευτήρες χαμηλού ύψους, τα αυλάκια και η μέθοδος της τεχνητής βροχής οι οποίες με την πάροδο του χρόνου εγκαταλείφθηκαν από τους παραγωγούς λόγω του υψηλού κόστους σε εργατικά και των κινδύνων ασθeneιών.

### 3.1.5 ΚΑΡΠΟΔΕΣΗ

Υψηλές αποδόσεις από καλλιέργειες τομάτας στο θερμοκήπιο εξασφαλίζονται μόνο εάν τα άνθη καρποδέσουν ικανοποιητικά. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καρπόδεση είναι η θερμοκρασία, η υγρασία του αέρα και του εδάφους, ο φωτισμός και η ισοροπημένη λίπανση.

**Θερμοκρασία :** Πιο συγκεκριμένα η άριστη θερμοκρασία κυμαίνεται γύρω στους 21 C<sup>0</sup>, ενώ μεγαλύτερες και μικρότερες θερμοκρασίες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση. Οι χαμηλές θερμοκρασίες επιδρούν στη γαμετογένεση και στο σχηματισμό της γύρης, με αποτέλεσμα τα άνθη να μην παράγουν ή να παράγουν λίγη γύρη που θα έχει μειωμένη ζωτικότητα και βλαστικότητα ή είναι τελείως στείρα. Επίσης τόσο οι υψηλές θερμοκρασίες όσο και οι χαμηλές θερμοκρασίες επιδρούν αρνητικά στο ποσοστό βλαστικότητας αλλά και στο ρυθμό ανάπτυξης της γύρης.

Τέλος το επίπεδο της θερμοκρασίας στο έδαφος τρεις μέρες πριν το άνοιγμα των ανθέων ασκεί σημαντική επίδραση.

**Υγρασία :** Η άριστη υγρασία για ικανοποιητική φυσιολογική γονιμοποίηση κυμαίνεται μεταξύ 60-70 % Σ.Υ. Χαμηλή υγρασία σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία προκαλεί επιμήκυνση του στύλου του άνθους πριν από τη διάρρηξη των ανθέρων με αποτέλεσμα η επικονίαση να αποτυγχάνει, γιατί το στίγμα βρίσκεται εκτός του κώνου των ανθέρων. Επίσης μειωμένη καρπόδεση μπορεί να οφείλεται και σε χαμηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας σε συνδυασμό με υψηλή ατμοσφαιρική ξηρασία.

Προκειμένου να υποβοηθηθεί η καρπόδεση, όταν επικρατούν δυσμενείς συνθήκες στο θερμοκήπιο εφαρμόζεται η μέθοδος της δόνησης με διάφορους τρόπους:

- Δόνηση των οριζόντιων συρμάτων στα οποία είναι δεμένοι οι σπάγγοι που στηρίζουν τα φυτά με τη χρήση ενός λοστού.
- Δόνηση του κάθε σπάγγου που είναι στερεωμένο το φυτό.
- Δόνηση της κάθε ταξιανθίας με φορητό ηλεκτρικό δονητή.
- Σε σύγχρονες θερμοκηπιακές μονάδες δοκιμάστηκε με αυτόματο μηχανικό τρόπο η δόνηση των οριζόντιων συρμάτων στήριξης.

Τέλος η πιο διαδομένη μέθοδος καρπόδεσης της τομάτας στην Ελλάδα είναι η χρήση καρποδετικών ορμονών οι οποίες εφαρμόζονται στα άνθη. Οι πιο συνηθισμένες καρποδετικές ορμόνες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι εξής (Ολύμπιος, 1990) :

1. β-ναφθοξυοξικό οξύ (4 CPA) κάθε 14 μέρες. Είναι λιγότερο διαδεδομένο και εφαρμόζεται μόνο στα ανοικτά άνθη.
2. 4-παραχλωροφαινοξυοξικό οξύ (4 CPA) κάθε 14 μέρες. Εφαρμόζεται μόνο στα ανοικτά άνθη και με λανθασμένη χρήση μπορεί να προκαλέσει παραμορφώσεις.
3. 2,4 D σε συγκέντρωση 2.5 ppm. και ψεκάζεται σε ολόκληρο το φυτό εκτός της κορυφής.
4. "Oraset" (n-meta-tolyl-phthalamic acid) σε συγκεντρώσεις 300-500 ppm., ψεκάζεται όλο το φυτό εκτός της κορυφής, ενώ τα αποτελέσματα που δίνει δεν είναι ικανοποιητικά.

Τα αποτελέσματα από τη χρήση των καρποδετικών ορμονών είναι η αύξηση της παραγωγής κατά μέσο όρο 30% και η πρωίμιση της παραγωγής. Η ποσοτική

αύξηση της παραγωγής οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των καρπών αλλά και στην αύξηση του μεγέθους τους.

### **3.1.6 ΚΛΑΔΕΜΑ**

Το κλάδεμα είναι μία από τις πιο σημαντικές καλλιεργητικές φροντίδες γιατί αφενός εξασφαλίζει εξισορρόπηση βλάστησης και καρποφορίας και αφετέρου εξασφαλίζει ομοιογενή και υψηλής ποιότητας παραγωγή. Οι τύποι κλαδέματος είναι :

1. Κορυφολόγημα : Εφαρμόζεται προκειμένου να σταματήσει η παραγωγή νέων βλαστών, φύλλων και ταξιανθιών και να επιταχυνθεί η ωρίμανση των ήδη υπαρχόντων καρπών.
2. Βλαστολόγημα : Εφαρμόζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα στους πλάγιους βλαστούς και πραγματοποιείται είτε με το χέρι εάν οι βλαστοί είναι νεαροί, είτε με ψαλίδι εάν έχει μεγαλώσει αρκετά, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλες πληγές που καθυστερούν να επουλωθούν.
3. Αποφύλλωση : Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η απομάκρυνση των κατώτερων και παλαιότερων φύλλων που έχουν μειωμένη φωτοσυνθετική ικανότητα, δυσχεραίνουν τον αερισμό των φυτών και επιτρέπουν τον καλύτερο φωτισμό των καρπών.
4. Αφαίρεση καρπών : Νεαροί καρποί οι οποίοι έχουν εμφανίσει ανωμαλίες στο σχήμα ή συμπτώματα ξηρής κορυφής επιβάλλεται να αφαιρούνται για να διοχετευθούν τα προϊόντα του μεταβολισμού στους καρπούς που είναι εμπορεύσιμοι.

Τέλος ανάλογα με το κλάδεμα που εφαρμόζεται, διαμορφώνεται και το φυτό σε μονοστέλεχο ή διστέλεχο και ακολούθως καθορίζεται και το σύστημα υποστήλωσης. Τόσο στη συμβατική καλλιέργεια της Αγριάς όσο και στην υδροπονική καλλιέργεια του Βελεστίνου εφαρμόστηκε το μονοστέλεχο σύστημα.

### **3.1.7 ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗ**

Η υποστήλωση των φυτών γίνεται με τη χρήση σπάγγου και μεταλλικών συρμάτων, ενώ σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις η υποστήλωση γίνεται με καλάμια.



Παρακάτω γίνεται αναφορά στα δύο διαφορετικά συστήματα υποστήλωσης που εφαρμόστηκαν στις δύο καλλιέργειες του πειράματος.

➤ **Απλό σύστημα :** Με το σύστημα αυτό η μία άκρη του σπάγγου δένεται με θηλειά στο οριζόντιο σύρμα και η άλλη στον λαιμό του φυτού. Το σχοινί κατά αυτό τον τρόπο είναι σταθερό αλλά και χαλαρό ώστε να υπάρχει και δυνατότητα περιέλιξης του φυτού γύρω από τον σπάγγο καθώς μεγαλώνει σταδιακά. Όταν το φυτό ξεπεράσει το ύψος του σύρματος τότε αφήνεται η κορυφή να κατέβει προς τα κάτω και δένεται προσεκτικά χωρίς να προκληθούν πληγές στην κορυφή ή στον κορμό του φυτού. Αυτό το σύστημα υποστήλωσης εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια της Αγριάς.

➤ **Σύστημα με κλίπ :** Προκειμένου να εφαρμοστεί το σύστημα αυτό χρειάζεται ένα μεταλλικό κλίπ το οποίο μπορεί να κατασκευαστεί από τον ίδιο τον παραγωγό δημιουργώντας 5 αναδιπλώσεις σε σύρματα μήκους 15 cm. Το ένα άκρο του σπάγγου δένεται στον λαιμό του φυτού και το άλλο άκρο περνάει επάνω από το οριζόντιο σύρμα και όσο σχοινί έχει απομείνει τυλίγεται γύρω από το κλίπ, το οποίο με τη σειρά του αγκιστρώνεται στο τεντωμένο σχοινί. Όταν το φυτό φτάσει στο οριζόντιο σύρμα ή το ξεπεράσει, ξετυλίγεται σπάγγος από το κλίπ και το φυτό χαμηλώνει και ο παραγωγός εκμεταλλεύεται περισσότερες ταξιανθίες. Το μειονέκτημα με το σύστημα αυτό, είναι ότι ο γυμνός βλαστός όσο το φυτό χαμηλώνει έρχεται σε επαφή με το έδαφος με αποτέλεσμα να προκύψει κίνδυνος μόλυνσης. Αυτό το σύστημα υποστήλωσης εφαρμόστηκε στην υδροπονική καλλιέργεια του Βελεστίνου.

Ωστόσο υπάρχουν και άλλα συστήματα υποστήλωσης, τα οποία είναι λιγότερο διαδεδομένα και εφαρμόζονται σε άλλες περιοχές της Ελλάδας ή σε χώρες του εξωτερικού. Τέτοια είναι :

1. Σύστημα υποστήλωσης με συνεχόμενο σπάγγο
2. Σύστημα Sorensen
3. Σύστημα αψίδα

### 3.1.8 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Οι κυριότερες ασθένειες της τομάτας είναι οι (Γεωργόπουλος, Σ.Γ. & Ζιώγας, Β.Ν., 1992) :

1. ***Didimella lycopersici*** (Ντιντιμέλλα)
2. ***Botrytis cinerea*** (Φαιά σήψη)
3. ***Phytophthora infestans*** (Όψιμος περονόσπορος)
4. ***Cladosporium fulvum* & *Fulvia fulva*** (Κλαδοσπορίαση)
5. ***Alternaria solani*** (Πρώιμος Περονόσπορος)
6. ***Verticillium dahliae* & *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersici*** (Αδρομυκώσεις)
7. ***Sclerotinia sclerotiorum*** (Σκληρωτινίαση)

Οι κυριότεροι εχθροί της τομάτας είναι :

1. ***Aphis gossypii*** (Αφίδες)
2. ***Thrips tabaci*** (Θρίπες)
3. ***Tetranychus urticae*** (Τετράνυχος)
4. ***Trialeurodes vaporariorum*** (Αλευρώδης)
5. ***Heterodera rosrochiensis*** (Νηματώδης)

### 3.1.9 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ-ΑΠΟΔΟΣΗ

Η συγκομιδή των καρπών καθορίζεται ανάλογα με την αγορά που προορίζεται το προϊόν. Οι καταναλωτές προτιμούν οι καρποί να έχουν ωριμάσει πλήρως και να έχουν 100% κόκκινο χρώμα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της καλλιέργεια της τομάτας στο θερμοκήπιο, τόσο για τον παραγωγό όσο και για τον καταναλωτή είναι η εξασφάλιση υψηλών αποδόσεων και υψηλής ποιότητας παραγωγής. Η ανώτερη ποιότητα είναι στενά συνδεδεμένη με τον χρόνο συγκομιδής του καρπού και αυτό γιατί όταν ο καρπός ωριμάζει επάνω στο φυτό τα σάκχαρα και τα οξέα μεταφέρονται στον καρπό κατά την ωρίμανση. Η ιδανική θερμοκρασία για τον ταχύτερο και τον ομοιόμορφο χρωματισμό του καρπού, είναι μεταξύ 21-22 C<sup>0</sup>, ενώ μεγαλύτερες αλλά



και μικρότερες θερμοκρασίες καθυστερούν και προκαλούν προβλήματα κατά τον χρωματισμό. Η συγκομιδή γίνεται με το χέρι, τις πρωινές ώρες που η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή και στη συνέχεια αποθηκεύεται σε τελάρα και τοποθετείται σε δροσερό μέρος. Άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο η συγκομιδή επαναλαμβάνεται 3-4 φορές την εβδομάδα, ενώ τον χειμώνα γίνονται 1-2 συγκομιδές ανά εβδομάδα.

Η απόδοση καθορίζεται από πολλούς παράγοντες, για αυτό και οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις των θερμοκηπίων διαφέρουν. Στην Ελλάδα μια μέση απόδοση 9-12 τόνους/ στρέμμα θεωρείται ικανοποιητική. Αντιθέτως με την υδροπονική μέθοδο έχουν καταγραφεί πολύ υψηλότερες αποδόσεις με αποκορύφωμα τους 35 τόνους/ στρέμμα σε θερμοκήπιο της Κορίνθου το 1999.

### **3.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ**

Στη συνέχεια αναλύονται τα στάδια της καλλιέργειας της αγγουριάς στο θερμοκήπιο και οι καλλιεργητικές φροντίδες που απαιτεί το φυτό (Χρίστου Μ. Ολυμπίου, 1996).

#### **3.2.1 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ-ΣΠΟΡΑ**

Η σπορά γίνεται συνήθως σε υποστρώματα που αποτελούνται από ένα μέρος τύρφης και ένα μέρος χονδρής άμμου, απαλλαγμένης από ασβέστιο. Το μίγμα συμπληρώνεται από λιπάσματα, όπως το νιτρικό κάλι και η ασβεστόπετρα σε ποσότητες 0.4 kg/ m<sup>3</sup> και 3 kg/ m<sup>3</sup> αντίστοιχα. Επειδή τα νεαρά φυτά είναι ευαίσθητα σε μυκητολογικές προσβολές, ενδείκνυται ένα προληπτικός ψεκάσμος απολύμανσης του υποστρώματος.

#### **3.2.2 ΕΛΑΦΟΣ**

Η αγγουριά αποδίδει ικανοποιητικά σε έδαφος ή υπόστρωμα που στραγγίζει καλά, αερίζεται καλά, έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού και είναι απαλλαγμένο από παθογόνα. Το έδαφος θα πρέπει να είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, ιδίως σε άζωτο και κάλιο. Πιο κατάλληλα θεωρούνται τα αμμοπηλώδη εδάφη και για πρώιμες καλλιέργειες, τα αμμώδη εδάφη. Το pH θα πρέπει να

κυμαίνεται από 5.5 - 7.5, ενώ το καλύτερο για αυτήν είναι το 6.5. Με μεγάλη επιτυχία η αγγουριά μπορεί να καλλιεργηθεί σε υδροπονικά συστήματα όπως NFT, πετροβάμβακα.

### 3.2.3 ΒΑΣΙΚΗ & ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Σκοπός της βασικής λίπανσης είναι η ανύψωση του επιπέδου των λιπαντικών στοιχείων στο έδαφος, ώστε να εφοδιάσει όλη την ποσότητα του φωσφόρου και μαγνησίου που χρειάζεται η καλλιέργεια και μέρος της ποσότητας του καλίου. Σε γενικές γραμμές στην Ελλάδα προστίθενται :

- 5-6 τόνοι χωνεμένης κοπριάς
- 100 kg/ στρ. τριπλό υπερφωσφορικό
- 80 kg/ στρ. θειικό κάλιο
- 25 kg/ στρ. θειικό μαγνήσιο

Επειδή η αγγουριά έχει υψηλές ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία, για αυτό χρειάζεται να επιπρόσθετη επιφανειακή λίπανση. Έχει υπολογιστεί ότι μια καλλιέργεια αγγουριάς με πληθυσμό 2000 φυτών/ στρ. με παραγωγή 20-22 τον./ στρ. με διάρκεια συγκομιδής 4 μήνες, αφαιρεί 38 kg N, 8.5 kg P, 51 kg K, 22 kg Ca και 5.3 kg Mg. Η επιφανειακή λίπανση θα πρέπει να ξεκινήσει 3 βδομάδες μετά τη μεταφύτευση, σε υγρή μορφή μαζί με το πότισμα.

Η άρδευση γίνεται με τη μέθοδο στάγδην ή με macaroni tubes όπως έχουν περιγραφεί στην καλλιέργεια τομάτας. Επειδή έχει βρεθεί ότι η υγρασία στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου την άνοιξη και το καλοκαίρι είναι χαμηλή, ενδείκνυται η διαβροχή του φυλλώματος τις πρωινές ώρες για καλύτερη ανάπτυξη του φυτού. Έχει υπολογιστεί ότι οι ανάγκες σε νερό για μια φτεία που διαρκεί από τον Οκτώβριο- Μάιο είναι γύρω στα 600 m<sup>3</sup>/ στρ.

### 3.2.4 ΚΛΑΔΕΜΑ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗ

Το σύστημα υποστύλωσης που έχει επικρατήσει στην Ελλάδα είναι το σύστημα «ομπρέλας». Οι αποστάσεις φύτευσης που συνιστώνται όταν εφαρμόζεται το σύστημα αυτό είναι :

- Φύτευση σε διπλές γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 50-80 cm.

- Οι διπλές γραμμές απέχουν μεταξύ τους 1-1.5 m.
- Τα φυτά επί της γραμμής 50-60 cm.

Τα φυτά υποστυλώνονται όρθια και ο κεντρικός βλαστός αφήνεται να αναπτυχθεί μέχρι το οριζόντιο σύρμα που βρίσκεται σε ύψος 2 m πάνω από το έδαφος. Το φυτό περιελίσσεται γύρω από πλαστικό σπάγκο και δένεται όπως έχει λεχθεί και για την τομάτα.

Το κλάδεμα γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο :

- Οι 5 πρώτοι πλάγιοι βλαστοί και καρποί αφαιρούνται.
- Στη συνέχεια οι πλευρικοί βλαστοί αφαιρούνται και αφήνονται 2-6 καρποί.
- Κατόπιν αφήνονται 2 πλευρικοί βλαστοί να αναπτυχθούν για να παράγουν 1 καρπό ο καθένας και κλαδεύονται σε 2 φύλλα μετά τον καρπό.
- Στη συνέχεια πάλι αφαιρούνται οι πλευρικοί βλαστοί και αφήνονται 3-7 καρποί να αναπτυχθούν μέχρι το οριζόντιο σύρμα.
- Πάνω από το οριζόντιο σύρμα αφήνονται οι δύο βλαστοί να μεγαλώσουν και να πέσουν προς τα κάτω, ένας από κάθε πλευρά του φυτού σε σχήμα ομπρέλας.

Το κλάδεμα επαναλαμβάνεται κάθε εβδομάδα, μέχρι να αρχίσει η συγκομιδή. Η αυστηρότητα του κλαδέματος καθορίζεται από τη ζωνρότητα του φυτού και τους καρπούς που υπάρχουν επάνω στο φυτό.

### 3.2.5 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Οι συνθήκες του θερμοκηπίου ευνοούν την ανάπτυξη πολλών εχθρών και ασθενειών. Οι κυριότερες ασθένειες είναι (Γεωργόπουλος, Σ.Γ., 1984.):

1. **Botrytis cinerea (Φαιά σήψη)**
2. **Sclerotinia sclerotiorum (Σκληρωτινίαση)**
3. **Sphaerotheca fuliginea (Ωίδιο)**
4. **Fusarium oxysporium (Αδρομύκωση)**
5. **Pseudoperonospora cubensis (Περονόσπορος)**

Οι κυριότεροι εχθροί της αγγουριάς είναι :

1. **Tetranychus urticae** (Τετράνουχος)
2. **Trialeurodes vaporararium** (Αλευρώδης)
3. **Aphis gossypii** (Αφίδες)
4. **Thrips tabaci** (Θρίπες)

### 3.2.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΑΠΟΔΟΣΗ

Ο καρπός συγκομίζεται άγουρος, όταν αποκτήσει εμπορεύσιμο μέγεθος σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς και του καταναλωτή. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή και η διατροφή ικανοποιητική, τότε η συγκομιδή γίνεται καθημερινά. Η συσκευασία των καρπών γίνεται σε πλαστικούς σάκους, με χωρητικότητα 50 τεμαχίων. Η απόδοση μιας φυτείας αγγουριάς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και κυμαίνεται ανάλογα με το γεωγραφικό διαμέρισμα. Στη Θεσσαλία όπου η περίοδος συγκομιδής είναι 3 μήνες, η παραγωγή ανέρχεται στους 10 τον./ στρ.

### 3.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ

Στη συνέχεια αναλύονται τα στάδια της καλλιέργειας της ποϊνσέτιας στο θερμοκήπιο και οι καλλιεργητικές φροντίδες που απαιτεί το φυτό (Κιτάντζης Στέλιος, 2001).

#### 3.3.1 ΕΔΑΦΙΚΟ ΜΕΙΓΜΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Το εδαφικό μείγμα που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του φυτού πρέπει να εξασφαλίζει επαρκή αερισμό των ριζών, ικανοποιητική στράγγιση και να είναι απαλλαγμένο από ασθένειες. Το μείγμα πρέπει να αποτελείται από :

1. Τύρφη
2. Περλίτη
3. Ανθρακικό ασβέστιο (αναλόγως με το pH)
4. Πρόσθεση λιπάσματος 20-20-20 με ιχνοστοιχεία.

Μετά την παραλαβή των μοσχευμάτων, ο καλλιεργητής θα πρέπει να μεταφυτεύσει αμέσως και μετά την πάροδο δύο ημερών θα πρέπει να γίνει ριζοπότισμα με μυκητοκτόνα όπως τα Τετρακλόρ, Ντακονίλ, Κάπταν ή Μπενλείτ.

Παράλληλα 10-15 μέρες μετά τη φύτευση πραγματοποιούνται τα πρώτα κορυφολογήματα ( τσιμπήματα ), ώστε στο φυτό να μείνουν 4-6 φύλλα (2-3 κόμβοι).

### **3.3.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Η ποϊνσέτια πρέπει να αναπτύσσεται σε θερμοκρασία νύχτας 16-18 °C. Η θερμοκρασία ημέρας πρέπει να είναι 7-10 υψηλότερη από τη θερμοκρασία νύχτας σε ηλιόλουστη μέρα και 5-6 υψηλότερη σε νεφοσκεπή μέρα. Οι όψιμες καλλιέργειες απαιτούν μεγαλύτερες θερμοκρασίες τη νύχτα. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν τόσο την ανάπτυξη, όσο και την άνθηση. Όμως υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες νύχτας όπως 22 και άνω προκαλούν καθυστέρηση στην άνθηση. Μετά την κρίσιμη περίοδο σχηματισμού της ανθικής καταβολής, η θερμοκρασία νύχτας μπορεί να μειωθεί στους 15-17 αναλόγως της ποικιλίας.

### **3.3.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

Ο φωτισμός επιδρά στην ανάπτυξη της ποϊνσέτιας, τόσο από άποψη της έντασης του φωτισμού όσο και από πλευράς διάρκειας του (φωτοπερίοδος). Μέχρι το τέλος του Σεπτεμβρίου συνιστάται ελαφρά σκίαση, ασβεστώνοντας το θερμοκήπιο, ενώ στη συνέχεια επειδή μειώνεται η ηλιοφάνεια ξεβάφεται πλήρως το θερμοκήπιο.

### **3.3.4 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΙΑΣ**

Ένας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της καλλιέργειας είναι η πυκνότητά τους και πιο συγκεκριμένα εάν η πυκνότητα των φυτών είναι μεγαλύτερη, τα φυτά δεν θα είναι εύρωστα, τα λουλούδια θα είναι μικρότερα του κανονικού, με αδύνατους βλαστούς και τα κατώτερα φύλλα θα έχουν μικρή φωτοσυνθετική ικανότητα. Η ενδεικνυόμενη ποσότητα γλαστρών είναι 5000-6000 φυτά / στρέμμα με ύψος φυτού 50 –70 cm. και 4-5 λουλούδια σε κάθε γλάστρα.

### **3.3.5 ΑΡΔΕΥΣΗ-ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ**

Η άρδευση των φυτών γίνεται συνήθως με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία συνθηκών υψηλής εδαφικής υγρασίας και να επιτυγχάνεται η καλή δαβροχή και έκπλυση του εδαφικού μείγματος. Το νερό άρδευσης πρέπει να έχει μικρή αγωγιμότητα < 800 μmhos/ cm. Τέλος, η κριτική περίοδος του φυτού είναι την περίοδο της βλάστησης.



### 3.3.6 ΛΙΠΑΝΣΗ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ

Μετά τη φύτευση των μοσχευμάτων και όταν πλέον το φυτό έχει ριζώσει, αρχίζουν οι υδρολιπάνσεις με λιπάσματα 20-20-20 και 11-15-15 εναλλάξ κάθε οχτώ μέρες. Βέβαια η συχνότητα των λιπάνσεων εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο θερμοκήπιο. Επίσης συνιστάται και η χρήση διαφυλλικών σκευασμάτων που έχει αποδειχθεί ότι έχουν ευεργετική δράση στην ανάπτυξη του φύλλου, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οι διαφυλλικοί ψεκασμοί ενδείκνυνται και σε περιπτώσεις τροφοπενιών μαγνησίου. Παράλληλα ένα επιπρόσθετο πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά την καλλιέργεια της ποϊνσέτίας είναι το μεγάλο ύψος του φυτού. Οι τρόποι αντιμετώπισης του είναι δύο :

1. Φυσιολογικά : με όψιμη φύτευση (μέσα Σεπτεμβρίου)
2. Χημικά : με ψέκασμα ή ροζοπότισμα με Cycocel (CCC) μετά το κορυφολόγημα, τις απογευματινές ώρες και αφού έχουν ποτιστεί επαρκώς τα φυτά. Στον Πίνακα 10 δίνονται οι δοσολογίες του CCC που μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με την ποικιλία που καλλιεργείται.

**Πίνακας 10.** Δοσολογία Cycocel στις πιο εμπορικές ποικιλίες.

ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ CCC
ANGELIKA	2 gr/ l
FREEDOM	1 gr/ l
PETERSTAR	1 gr/ l

Πηγή : Κιτάντζης Στέλιος, 1991.

### 3.3.7 ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

#### 3.3.7.1 1 ΡΙΖΟΚΤΟΝΙΑ-ΠΥΘΙΟ-ΦΥΤΟΦΘΟΡΑ

Πρόκειται για μύκητες του εδάφους που προσβάλουν το ριζικό σύστημα ή το στέλεχος των φυτών και η καταπολέμησή τους γίνεται αποκλειστικά με χημικές μεθόδους και με τα ακόλουθα σκευάσματα : Ντακονίλ, Κάπταν, Τερακλόν κ.α.

#### 3.3.7.2 ΒΟΤΡΥΤΗΣ

Προκαλεί σήψη στα νεαρά φύλλα και στους βλαστούς του φυτού. Όταν η καλλιέργεια προσβληθεί την περίοδο της άνθησης προκαλεί αλλοίωση στο χρωματισμό των ανθέων. Καταπολεμείται με τη χρήση μυκητοκτόνων και με τη

διατήρηση της θερμοκρασίας > 16, με καλό αερισμό και με σωστή πυκνότητα των φυτών.

### **3.3.7.3 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ**

Πρόκειται για τον μεγαλύτερο εχθρό της ποϊνσέτίας και γενικότερα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Ονομάζεται αλλιώς και λευκή μύγα. Επιβάλλεται η προληπτική καταπολέμηση με εβδομαδιαία εναλλαγή των εντομοκτόνων, ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενη ανθεκτικότητα του εντόμου.

### **3.3.7.4 BRADYSIA SP**

Είναι ένα έντομο το οποίο σχετικά πρόσφατα αντιμετωπίστηκε στην καλλιέργεια της ποϊνσέτίας. Αρχικά μικρές μαύρες μύγες γεννούν τα αυγά τους σε υγρά σημεία στο θερμοκήπιο. Το πρόβλημα το προκαλεί η προνύμφη που προβάλλει τον βλαστό και τις ρίζες. Η καταπολέμηση γίνεται με τη χρήση εντομοκτόνων και με τη μείωση της εδαφικής υγρασίας στο θερμοκήπιο.



## **Κεφάλαιο 4 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Προκειμένου να καταγραφούν οι άμεσες και οι έμμεσες ενεργειακές εισροές, από την κάθε μια καλλιέργεια χωριστά, δόθηκε στους υπεύθυνους των 4 θερμοκηπίων-συστημάτων ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο είχε την ακόλουθη μορφή :

			ΣΥΝΟΛΟ	Μονάδα μέτρησης
	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Τύρφη		ton
		Κοπριά		ton
		Περλίτης		ton
ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ			kg
	ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ			kg
	ΟΡΜΟΝΕΣ			kg
	ΛΙΠΑΝΣΗ	N		kg
		P		kg
		K		kg
	ΣΠΟΡΟΙ			kg
	ΝΕΡΟ			m <sup>3</sup>
	ΑΡΔΕΥΣΗ			hr
	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Αερόθερμο		hr
		Ψεκαστική		hr
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Αερόθερμο		kW
		Ψεκαστική		kW
ΚΑΥΣΙΜΑ	ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ			ton
	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ			ton
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	ΑΡΔΕΥΣΗΣ			/year
	ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ			/year
	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ			/year
	ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗΣ			kg
	ΕΡΓΑΤΙΚΑ	Σπορά		kr
		Λίπανση σπόρων		hr
		Ριζοπότισμα		hr
		Μεταφύτευση 1 <sub>η</sub>		hr
		Θέρμανση		hr
		Λίπανση		hr
		Ριζοπότισμα		hr
		Άρδευση		hr
		Μεταφύτευση 2 <sub>η</sub>		hr
		Προετοιμασία εδάφους		hr
		Ορμόνες		hr
		Φροντίδες		hr
		Ψέκασμα		hr
		Θέρμανση		hr
		Λίπανση		hr
		Συγκομιδή		hr
		Συσκευασία		hr
	ΑΠΟΔΟΣΗ	Καρποί		ton

#### 4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ 4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το χρονικό διάστημα που έγινε η κάθε καλλιέργεια είναι το ακόλουθο :  
Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας : από 2 Φεβρουαρίου ως 30 Ιουνίου 2003 (148 μέρες)

Συμβατική καλλιέργεια τομάτας : από 20 Μαρτίου ως 30 Ιουλίου 2003 (132 μέρες)

Καλλιέργεια αγγουριάς : 10 Μαρτίου ως 30 Ιουλίου 2003 (142 μέρες)

Καλλιέργεια ποϊνσέτίας : 25 Ιουνίου ως 30 Δεκεμβρίου 2003 (218 μέρες)

Και στις δύο καλλιέργειες τομάτας χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο Belladonna, στην καλλιέργεια αγγουριάς χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο Brunex και στην καλλιέργεια ποϊνσέτίας χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία Freedom. Επίσης τόσο στην συμβατική καλλιέργεια τομάτας όσο και στην καλλιέργεια αγγουριάς χρησιμοποιήθηκε ηλιακό παθητικό σύστημα θέρμανσης.

Η υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας επιλέχθηκε στα θερμοκήπια του Βελεστίνου για τους ακόλουθους τρεις λόγους :

- Εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων
- Χρήση τεχνητού υποστρώματος απαλλαγμένο από ασθένειες
- Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος μέσω ΗΥ.

Η συμβατική μέθοδος καλλιέργειας επιλέχθηκε γιατί αυτός ο τρόπος καλλιέργειας αντιπροσωπεύει το 90% των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα και κρίθηκε σκόπιμο να αναλυθούν και να υπολογιστούν οι ενεργειακές εισροές από αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας. Τα θερμοκήπια στα οποία πραγματοποιήθηκαν η υδροπονική καλλιέργεια, η συμβατική καλλιέργεια τομάτας, η καλλιέργεια αγγουριάς και η ανθοκομική καλλιέργεια φαίνονται στις Εικόνες 3, 4 και 5.



*Εικόνα 3. Θερμοκήπια υδροπονικής καλλιέργειας*



*Εικόνα 4. Θερμοκήπιο συμβατικής καλλιέργειας τομάτας.*

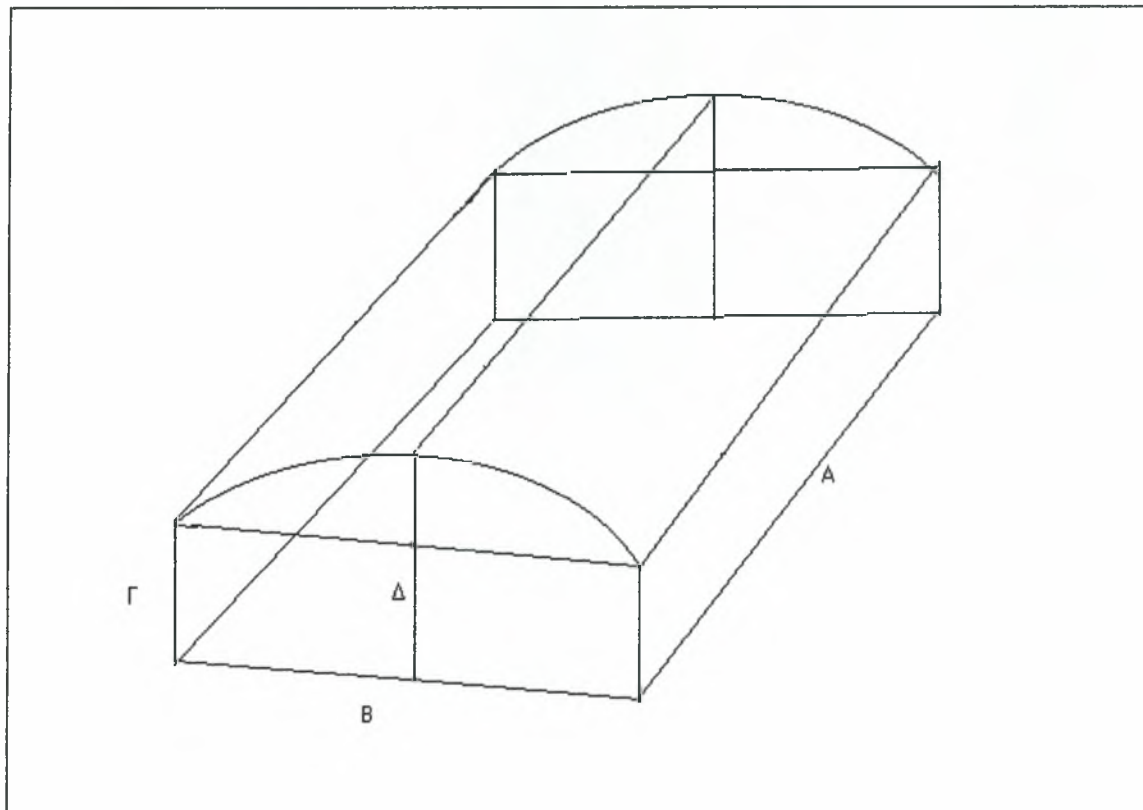


*Εικόνα 5. Θερμοκήπιο ανθοκομικής καλλιέργειας και καλλιέργειας αγγουριάς.*

### 4.3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Η υδροπονική καλλιέργεια έγινε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο, 17 km δυτικά της πόλης του Βόλου. Χρησιμοποιήθηκαν τρία όμοια θερμοκήπια, τύπου τροποποιημένο τοξωτό, συνολικής έκτασης 480 m<sup>2</sup>. Τα θερμοκήπια είχαν μεταλλικό σκελετό, πλευρικά παράθυρα και για την κάλυψη χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πολυαιθυλενίου. Οι διαστάσεις του κάθε θερμοκηπίου είναι οι ακόλουθες :

Μήκος θερμοκηπίου	A = 20 m
Πλάτος θερμοκηπίου	B = 8 m
Ύψος ορθοστάτη	Γ = 2.4 m
Ύψος κορυφής	Δ = 4.1 m

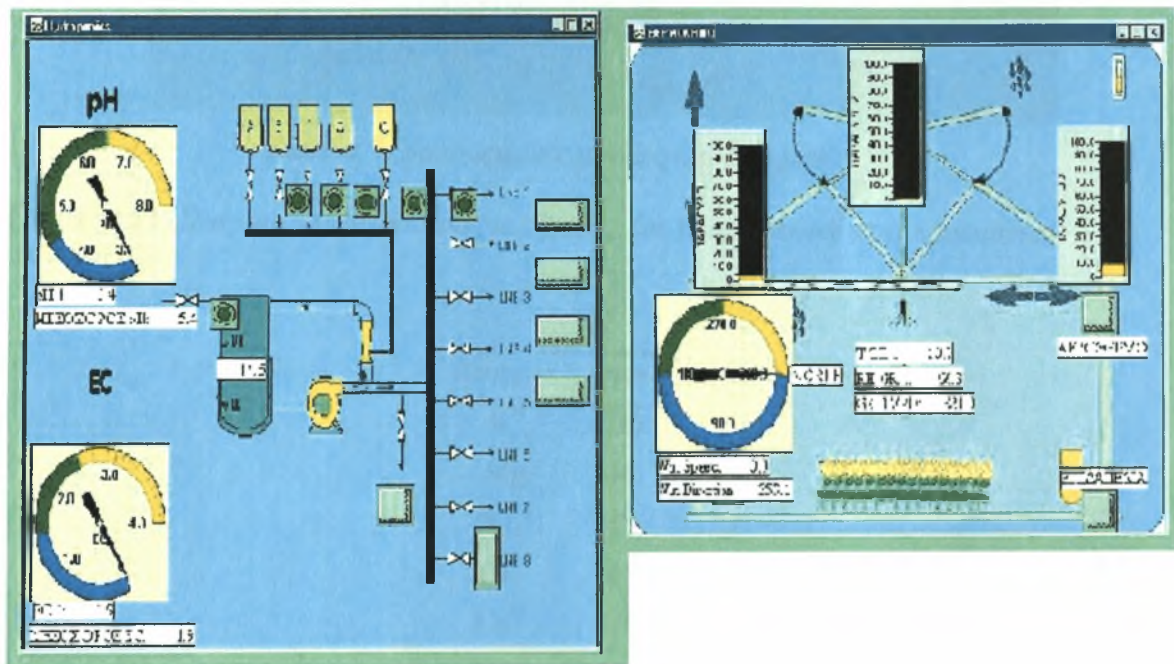


Σχήμα 4. Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο.



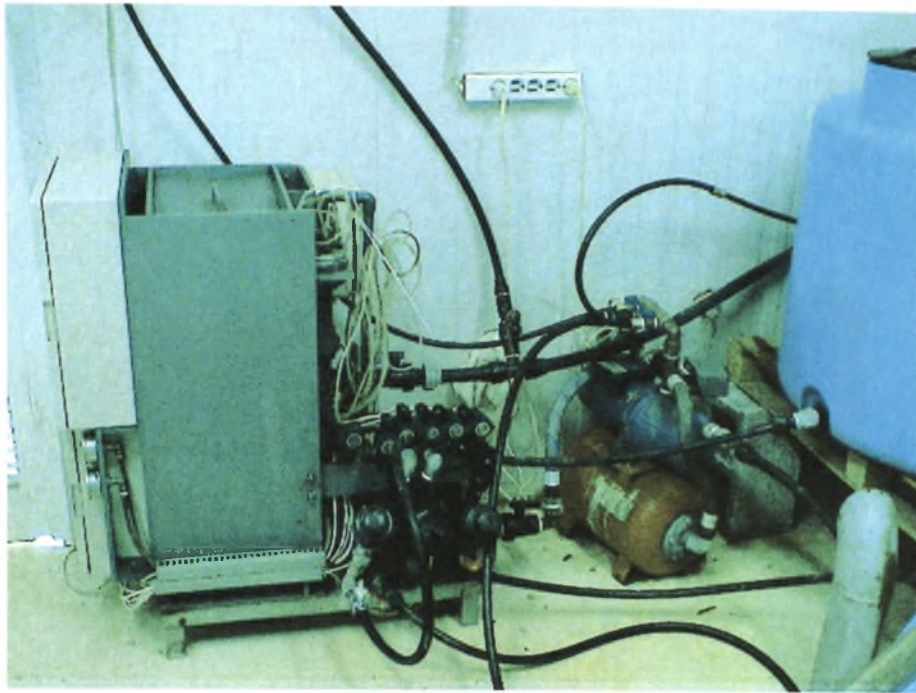
### 4.3.1 ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ-ΛΙΠΑΝΣΗ

Η άρδευση και η λίπανση της υδροπονικής καλλιέργειας γινόταν με το σύστημα της στάγδην άρδευσης με παροχή σταλακτών 4 l/ hr (παράγραφος 2.3.5.). Εφαρμόστηκε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα με το οποίο το απορρέον θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται. Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος έγινε με τη χρήση ενός Η/Υ με το κατάλληλο λογισμικό (Εικόνα 6), μιας σειράς δοσομετρικών αντλιών (Εικόνα 7), ενός pHμέτρου, ενός αγωγιμομέτρου και τριών δεξαμενών. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος δίνεται στον Πίνακα 11.



Εικόνα 6. Λογισμικό σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος και ελέγχου του συστήματος θέρμανσης





**Εικόνα 7.** Δοσομετρικές αντλίες και δεξαμενές

**Πίνακας 11.** Σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε στην υδροπονική καλλιέργεια.

Στοιχείο	ppm
K <sup>+</sup>	280
Mg	46
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	40
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	40
Ca <sup>+2</sup>	164
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	233

Η συχνότητα των αρδεύσεων και η ποσότητα του νερού άρδευσης καθορίζονταν από τα εξατμισόμετρα, τα οποία είχαν τοποθετηθεί στο ύψος των φυτών και από τα οποία υπολογίζονταν η ποσότητα του νερού που έχει εξατμιστεί (Εικόνα 8). Το τεχνητό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο περλίτης ενώ και για τα τρία θερμοκήπια χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 408 σάκοι οι οποίοι συνολικά περιείχαν 1056 l περλίτη. Σε κάθε θερμοκήπιο υπήρχαν 4 διπλές σειρές από φυτά και οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 33cm επί της γραμμής και 75 cm μεταξύ των διπλών γραμμών. Η πυκνότητα της φυτείας ήταν 2.4 φυτά/ m<sup>2</sup>.



**Εικόνα 8.** *Εξαμισίσμετρα*

#### **4.3.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Για τη θέρμανση των θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκαν 3 καυστήρες πετρελαίου με ονομαστική ισχύ 48.8 kW ο κάθε ένας. Η θέρμανση γινόταν με αερόθερμα και με εύκαμπτους σωλήνες διανομής διαμέτρου 25 mm που είχαν τοποθετηθεί επάνω στο έδαφος, κοντά στα φυτά. Το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες είναι χαμηλής θερμοκρασίας, μέχρι 45<sup>0</sup>C και η μετάδοση της θερμότητας του γίνεται με αγωγιμότητα προς το έδαφος και τις ρίζες των φυτών, με ακτινοβολία προς το υπέργειο μέρος των φυτών και με συναγωγή προς το περιβάλλον.

#### **4.3.3 ΕΡΓΑΣΙΑ**

Για τη φύτευση χρησιμοποιήθηκαν πιστοποιημένα σπορόφυτα από την εταιρεία Agriplant που βρίσκεται στο Κλειδί Ημαθίας. Κριτήριο για την μεταφύτευση ήταν ο αριθμός των πραγματικών φύλλων των φυτωρίων (5-6 πραγματικά φύλλα). Το κορυφολόγημα επαναλαμβανόταν 2 φορές την εβδομάδα από 2 εργάτες. Επιλέχθηκε το μονοστέλεχο σύστημα και η υποστύλωση έγινε με κλίπ (παράγραφος 2.2.7.). Για την υποβοήθηση της καρπόδεσης τοποθετήθηκε σε κάθε ένα θερμοκήπιο ξεχωριστά από μια κυψέλη του εντόμου *Bombus terrestris*. Η μέση απόδοση και των τριών θερμοκηπίων ήταν 9.1 kg/ m<sup>2</sup>.

#### 4.3.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Για την παρακολούθηση του αλευρώδη και του θρύπα χρησιμοποιήθηκαν κίτρινες και μπλε κολλητικές παγίδες. Στις 22/5 και στις 30/5 έγιναν δύο θεραπευτικοί ψεκασμοί με triforine (Saprol) και με chlorothalonil (Daconil) για τους μύκητες *Leveillula taurica* (Ωίδιο) και *Cladosporium fulvum* (Κλαδοσπορίαση) αντίστοιχα.

#### 4.4 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

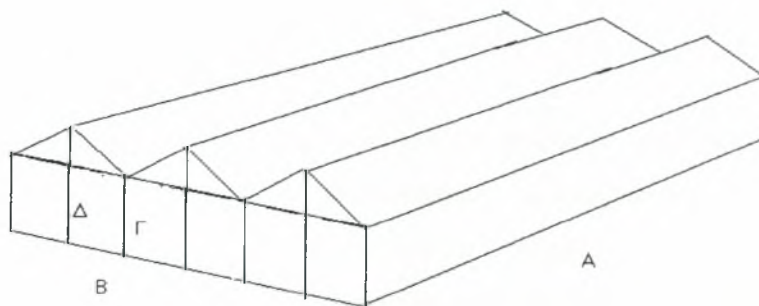
Η συμβατική καλλιέργεια τομάτας πραγματοποιήθηκε σε εμπορικό θερμοκήπιο στην περιοχή της Αγριάς, που βρίσκεται 12 km ανατολικά της πόλης του Βόλου. Το θερμοκήπιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου πολλαπλό αμφίρρικτο, συνολικής έκτασης 2000 m<sup>2</sup>, υαλόφρακτο και με παράθυρα οροφής. Οι διαστάσεις του θερμοκηπίου είναι :

Μήκος θερμοκηπίου            A= 80 m

Πλάτος θερμοκηπίου        B= 25 m

Ύψος ορθοστάτη              Γ = 4 m

Ύψος κορυφής                 Δ = 5 m



Σχήμα 5. Πολλαπλό αμφίρρικτο θερμοκήπιο.

#### 4.4.1 ΛΙΠΑΝΣΗ-ΑΡΔΕΥΣΗ

Η άρδευση και η θρέψη των φυτών έγινε με το σύστημα άρδευσης στάγδην, με παροχή σταλλάκτη 4 l/hr. Η συχνότητα των αρδεύσεων καθορίστηκε εμπειρικά από τον παραγωγό. Πιο συγκεκριμένα τις συννεφοσκεπείς ημέρες γινόταν 1-2

αρδεύσεις/ μέρα, ενώ τις ηλιόλουστες ημέρες γινόταν 2-3 αρδεύσεις/ μέρα. Σε κάθε άρδευση καταναλώνονταν 500 l νερού/ στρέμμα.

#### **4.4.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Για τη θέρμανση του θερμοκηπίου χρησιμοποιήθηκαν ένας καυστήρας ελαιοπυρηνόξυλου ισχύος 310 kW, ένας καυστήρας πετρελαίου ισχύος 127 kW, παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης με πλαστικούς σωλήνες και για τη θέρμανση των φυτωρίων χρησιμοποιήθηκε και ένα ηλεκτρικό αερόθερμο. Η θέρμανση των φυτών γινόταν με αερόθερμα και με επιδαπέδιους πλαστικούς εύκαμπτους σωλήνες δίπλα από τα φυτά. Τα αερόθερμα βρίσκονται σε ύψος 3 m πάνω από τα φυτά.

#### **4.4.3 ΕΡΓΑΣΙΑ**

Η εγκατάσταση των φυτών στο έδαφος έγινε όταν τα φυτά είχαν ήδη σχηματίσει την δεύτερη ταξιανθία. Η πυκνότητα της φυτείας ήταν 2.2 φυτά/ m<sup>2</sup>. Επιλέχθηκε το μονοστέλεχο σύστημα και για την υποστύλωση εφαρμόστηκε το απλό σύστημα (παράγραφος 2.2.7). Το κορυφολόγημα και τα κλαδέματα για την βελτίωση του φωτισμού και τον αερισμό των φυτών επαναλαμβάνονταν 1-2 φορές την εβδομάδα από 2 εργάτες. Για την υποβοήθηση της καρπόδεσης χρησιμοποιήθηκε η καρποδετική ορμόνη 4 CPA με το εμπορικό όνομα «Καρπίνη». Η μέση απόδοση ήταν 6.75 kg/ m<sup>2</sup>.

#### **4.4.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ**

Πραγματοποιήθηκαν 2 προληπτικοί ψεκασμοί με carbendazim (Chirco Spin) για τον μύκητα *Botrytis cinerea* (Φαιά σήψη) ο οποίος προσβάλλει τα στελέχη, τα φύλλα και τους καρπούς, και 4 ψεκασμοί με propineb (Antracol) για τον μύκητα *Phytophthora infestans* (Οψιμος περονόσπορος) ο οποίος προσβάλλει όλα τα τρυφερά μέρη του φυτού. Επίσης πραγματοποιήθηκαν 2 ψεκασμοί με amitraz (Mitac) για το έντομο *Tetranychus urticae* (Τετράνυχος) το οποίο προκαλεί νύξεις στα φύλλα και 6 ψεκασμοί με metomyl (Lannate), imidacloprid (Confidor) και με deltamethrin (Decis) για το έντομο *Trialeurodes vaporarorium* (Αλευρώδης) το οποίο απομυζεί τους βλαστούς, τα φύλλα και τους καρπούς.

#### **4.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ**

Η καλλιέργεια αγγουριάς πραγματοποιήθηκε σε εμπορικό θερμοκήπιο στο Μαλάκι, που βρίσκεται 14 km ανατολικά της πόλης του Βόλου. Το θερμοκήπιο που



χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου πολλαπλό αμφίρρικτο συνολικής έκτασης 1000 m<sup>2</sup>, ναλόφρακτο και με παράθυρα οροφής. Οι διαστάσεις του θερμοκηπίου είναι :

Μήκος θερμοκηπίου	A= 40 m
Πλάτος θερμοκηπίου	B= 25 m
Ύψος ορθοστάτη	Γ = 4 m
Ύψος κορυφής	Δ = 5 m

#### 4.5.1 ΑΡΔΕΥΣΗ-ΛΙΠΑΝΣΗ

Η άρδευση και η θρέψη των φυτών έγινε μέσω του συστήματος στάγδην με παροχή του κάθε σταλλάκτη 4 l hr. Η συχνότητα των αρδεύσεων καθορίστηκε εμπειρικά από τον παραγωγό. Πιο συγκεκριμένα τις συννεφοσκεπείς ημέρες γινόταν 1-2 αρδεύσεις/ μέρα, ενώ τις ηλιόλουστες ημέρες γινόταν 3-4 αρδεύσεις/ μέρα. Σε κάθε άρδευση καταναλώνονταν 800 l νερού/ στρέμμα.

#### 4.5.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Για τη θέρμανση του θερμοκηπίου χρησιμοποιήθηκαν ένας καυστήρας ελαιοπυρηνόξυλου ισχύος 150 kW, ένας καυστήρας πετρελαίου ισχύος 30 kW, παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης με πλαστικούς σωλήνες και για τη θέρμανση των φυτωρίων χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρικό αερόθερμο. Οι σωλήνες θέρμανσης ήταν σιδηροσωλήνες, διαμέτρου 12 cm, σε ύψος 1 m από το έδαφος και κάλυπταν την περιφέρεια του εσωτερικού του θερμοκηπίου. Οι πλαστικοί σωλήνες που χρησιμοποιήθηκαν στο παθητικό σύστημα θέρμανσης ήταν από πολυαιθυλένιο, με διάμετρο 40 cm και τοποθετήθηκαν ανάμεσα στις γραμμές της φυτείας.

#### 4.5.3 ΕΡΓΑΣΙΑ

Η εγκατάσταση των φυτών έγινε όταν τα φυτά είχαν σχηματίσει 6 πραγματικά φύλλα. Η πυκνότητα της φυτείας ήταν 1.1 φυτά/ m<sup>2</sup>. Επιλέχθηκε για την υποστύλωση το σύστημα «ομπρέλα». Πιο αναλυτικά η φύτευση έγινε σε διπλές γραμμές με απόσταση μεταξύ τους 50-60 cm, με απόσταση μεταξύ των διπλών γραμμών 100 cm και με απόσταση των φυτών επί της γραμμής 50 cm. Τα φυτά περιελίσσονται γύρω από πλαστικό σπάγκο που στερεώνεται κάτω από το φυτό όπως έχει λεχθεί για την τομάτα. Από την επιφάνεια του εδάφους και σε απόσταση 0.5 m αφαιρούνται όλοι οι πλάγιοι βλαστοί και όλοι οι καρποί. Στον κεντρικό βλαστό

αφήνονται 10-12 καρποί και σε ύψος 2 m αφήνονται δύο πλευρικοί βλαστοί για να παράγουν 1 καρπό ο καθένας και κλαδεύονται σε 2 φύλλα μετά τον καρπό. Το κορυφολόγημα και τα κλαδέματα για την βελτίωση του φωτισμού και τον αερισμό των φυτών επαναλαμβάνονταν 1-2 φορές την εβδομάδα από 1 εργάτη. Η μέση απόδοση ήταν 11 kg/ m<sup>2</sup>.

#### 4.5.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Πραγματοποιήθηκαν 3 προληπτικοί ψεκασμοί με propineb (Antracol) για τον μύκητα *Pseudoperonospora cubensis* (Περονόσπορος), ο οποίος προκαλεί σήψεις στους βλαστούς και τους καρπούς, και 5 ψεκασμοί με pyrazophos (Afugan) για τον μύκητα *Sphaerotheca fuliginea* (Ωίδιο), ο οποίος προσβάλλει τα φύλλα. Επίσης έγιναν 4 ψεκασμοί με amitraz (mitac) για το έντομο *Tetranychus urticae* (Τετράνυχος) το οποίο προκαλεί νύξεις στα φύλλα και 5 ψεκασμοί με methomyl (Lannate) και imidacloprid (Confidor) για το έντομο *Trialeurodes vaporariorum* (Αλευρώδης) το οποίο απομυζεί τα φύλλα και τους καρπούς.

#### 4.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ

Η καλλιέργεια ποϊνσέτιας πραγματοποιήθηκε σε εμπορικό θερμοκήπιο στο Μαλάκι, που βρίσκεται 14 km ανατολικά της πόλης του Βόλου. Το θερμοκήπιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν συνολικής έκτασης 1000 m<sup>2</sup>, υαλόφρακτο, με παράθυρα οροφής και τύπου πολλαπλό αμφίρρικτο. Οι διαστάσεις του θερμοκηπίου είναι :

Μήκος θερμοκηπίου                    A= 40 m

Πλάτος θερμοκηπίου                 B= 25 m

Ύψος πλευράς                            Γ = 4 m

Ύψος κορυφής                           Δ = 5 m

##### 4.6.1 ΑΡΔΕΥΣΗ-ΛΙΠΑΝΣΗ

Η άρδευση και η θρέψη των φυτών έγινε μέσω του συστήματος στάγδην. Η συχνότητα των αρδεύσεων καθορίστηκε εμπειρικά από τον παραγωγό με παροχή του κάθε σταλλάκτη 4 l hr. Η συχνότητα των αρδεύσεων ήταν 1 φορά την εβδομάδα.



#### **4.6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Για την θέρμανση του θερμοκηπίου χρησιμοποιήθηκε ένας καυστήρας πετρελαίου ισχύος 30 kW. Η θέρμανση γινόταν με αερόθερμα και η διανομή του θερμού αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου γινόταν με πλαστικούς διάτρητους σωλήνες, με διάμετρο 40 cm και σε ύψος 1.5 m από το έδαφος και φέρουν οπές και στις δύο πλευρές και προς το έδαφος.

#### **4.6.3 ΕΡΓΑΣΙΑ**

Τα φυτώρια ελήφθησαν έτοιμα από εμπορικό-φυτώριο θερμοκήπιο της Αθήνας. Επειδή ο φωτισμός επιδρά στην ανάπτυξη της ποιότητας, τόσο από άποψη της έντασης του φωτισμού όσο και από πλευράς διάρκειας του, το θερμοκήπιο τους καλοκαιρινούς μήνες ασβεστώθηκε ελαφρά για να αυξηθεί η σκίαση, ενώ στις αρχές Οκτωβρίου για να αυξηθεί ο φωτισμός απομακρύνθηκε η άσβεστος από το θερμοκήπιο. Η πυκνότητα της φυτείας ήταν 4 φυτά/ m<sup>2</sup>. Οι καλλιεργητικές φροντίδες που πραγματοποιήθηκαν ήταν 2 μεταφυτεύσεις και 2 κορυφολογήματα διαμόρφωσης της κόμης του φυτού.

#### **4.6.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ**

Τους καλοκαιρινούς μήνες έγιναν 4 ψεκασμοί με methomyl (Lannate), imidacloprid (Confidor) και deltamethrin (Decis) για το έντομο *Trialeurodes vaporariorum* (Αλευρώδης) ο οποίος απομυζεί τα φύλλα και τα στελέχη, και τον μήνα Νοέμβριο έγιναν 3 ψεκασμοί με carbendazim (Chipco Spin) για τον μύκητα *Botrytis cinerea* (Φαιά Σήψη) ο οποίος προκαλεί σήψεις στα στελέχη.

## **Κεφάλαιο 5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

### 5.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

Τα αποτελέσματα στον πίνακα 12 δείχνουν τις συνολικές ενεργειακές εισροές οι οποίες έχουν αναχθεί σύμφωνα με τους Πίνακες 3 & 4 σε  $Mj/ha$  για τη συμβατική καλλιέργεια τομάτας. Πιο συγκεκριμένα στη συμβατική καλλιέργεια τομάτας χρησιμοποιήθηκαν  $15 kg/ha$  χημικών σκευασμάτων και  $600 kg/ha$  λιπασμάτων. Η αναλογία των λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 41.6 % νιτρικά, 18.3 % καλιούχα και 40.1 % φωσφορικά. Η ανθρώπινη εργασία ήταν  $7630 hr.ha^{-1}$  ενώ η συνολική χρήση γεωργικών μηχανημάτων ήταν  $550 hr.ha^{-1}$ . Οι συνολικές εισροές στην καλλιέργεια ήταν  $563177.3 MJ/ha$ . Η ετήσια απόσβεση της κατασκευής και τα καύσιμα αποτέλεσαν το 68.7 % και το 13.2 % αντίστοιχα των συνολικών ενεργειακών εισροών. Η απόδοση της καλλιέργειας ήταν  $67.5 ton/ha$  και το ενεργειακό της ισοδύναμο ήταν  $54000 MJ$ . Η Ένταση της Παραγόμενης Ενέργειας του συστήματος ήταν  $8.3 MJ/kg$ . Για τη συντήρηση-καθαρισμό του λέβητα αλλά και για τις διανυκτερεύσεις στο θερμοκήπιο, τα βράδια που επικρατούσαν χαμηλές θερμοκρασίες, για να αποφευχθούν ενδεχόμενες εμπλοκές του συστήματος θέρμανσης καταναλώθηκαν  $50 hr.ha^{-1}$ .

**Πίνακας 12. Άμεσες και Έμμεσες ενεργειακές εισροές για τη συμβατική καλλιέργεια τομάτας**

		ΣΥΝΟΛΟ Μονάδα μέτρησης		Ε / Μονάδα μέτρησης	Mj E / 2 στρ.	Mj E / ha
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Τύρφη	0.1	ton	3.5	0.35	1.75
	Άμμος	1.5	ton	3,5	5.25	26.25
ΚΑΥΣΙΜΑ	Πετρέλαιο	300	l	47,3	14190	70950
	Πυρηνόξυλο	37.8	ton	18.5	699.3	3496.5
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ		2	kg	363	726	3630
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ		1	kg	99	99	495
ΟΡΜΟΝΕΣ		0.3	l	101.2	30.36	151.8
ΛΙΠΑΝΣΗ	N	50	kg	74.2	3710	18550
	P	22	kg	13.7	301.4	1507
	K	48	kg	9.7	465.6	2328
ΣΠΟΡΟΙ		0.4	kg	1	0.4	2
ΝΕΡΟ		480	m <sup>3</sup>	0,63	302.4	1512
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ		2	στρέμμα	107.5	341	1705
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ		2	στρέμμα	73.4	146.8	734
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ		2	στρέμμα	38713	77426	387130
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	Αερόθερμο	90	hr	1096.3	2192.6	10963
	Ψεκαστική	20	hr	41.4	3726	18630
	Σύστημα Άρδευσης	54	hr	41.4	828	4140
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Αερόθερμο	1080	kWh	2.37	128	640
	Ψεκαστική	20	kWh	3.6	3888	19440
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	Σπορά	20	hr	3.6	72	360
	Λίπανση σπόρων	3	hr	2.2	44	220
	Ριζοπότισμα	3	hr	2.2	6.6	33
	Μεταφύτευση 1 <sub>η</sub>	24	hr	2.2	6.6	33
	Θέρμανση	10	hr	2.2	52.8	264
	Λίπανση	4	hr	2.2	22	110
	Ριζοπότισμα	4	hr	2.2	8.8	44
	Άρδευση	4	hr	2.2	8.8	44
	Μεταφύτευση 2 <sub>η</sub>	5	hr	2.2	11	55
	Προετοιμασία εδάφους	24	hr	2.2	52.8	264
	Ορμόνες	16	hr	2.2	35.2	176
	Φροντίδες	48	hr	2.2	105.6	528
	Ψέκασμα	400	hr	2.2	880	4400
	Θέρμανση	40	hr	2.2	88	440
	Λίπανση	50	hr	2.2	110	550
	Συγκομιδή	35	hr	2.2	77	385
Συσκευασία	680	hr	2.2	1496	7480	
	200	hr	2.2	440	2200	
				ΣΥΝΟΛΟ	75657.6	563177.3
ΑΠΟΔΟΣΗ	Καρποί	13500	kg	0,8	10800	54000

## 5.2 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

Τα αποτελέσματα στον πίνακα 13 δείχνουν τις συνολικές ενεργειακές εισροές οι οποίες έχουν αναχθεί σύμφωνα με τους Πίνακες 3 & 4 σε  $Mj/ha$  για την υδροπονική καλλιέργεια τομάτας. Στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας η ανθρώπινη εργασία ήταν  $8870 hr.ha^{-1}$  (το προσωπικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ανειδίκευτο) και η χρήση μηχανημάτων ήταν  $1173 hr.ha^{-1}$  (η καλλιέργεια ξεκίνησε το Φεβρουάριο και το σύστημα θέρμανσης λειτούργησε περισσότερες ώρες από ότι στην συμβατική που ξεκίνησε το Μάρτιο). Το πετρέλαιο αποτέλεσε το 95.8 % ( $206 ton/ha$ ) της συνολικής ενέργειας που καταναλώθηκε στην καλλιέργεια, λόγω των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών που επικράτησαν στην περιοχή εκείνους τους μήνες. Επίσης εξαιτίας του τεχνητού υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκε, το οποίο ήταν απαλλαγμένο από ασθένειες χρησιμοποιήθηκαν μόνο  $2 kg/ha$  μυκητοκτόνων. Αν και χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα πιστοποιημένα σπορόφυτα, υπολογίστηκαν οι καλλιεργητικές τεχνικές που θα εφαρμόζονταν αν η καλλιέργεια ξεκινούσε από το στάδιο της σποράς Τέλος η απόδοση της καλλιέργειας ήταν  $91 ton/ha$  και το ενεργειακό της ισοζύγιο  $72800 MJ$ . Η Ένταση της Παραγόμενης Ενέργειας του συστήματος ήταν  $111 MJ/kg$ .

Πίνακας 13. Άμεσες και έμμεσες εισροές στην υδροπονική καλλιέργεια.

		ΣΥΝΟΛΟ Μονάδα μέτρησης E / Μονάδα μέτρησης E / 0.5 στρ.			Mj	Mj
					E / ha	
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Περλίτης	1.06	ton	3.5	3.71	74.2
ΚΑΥΣΙΜΑ	Πετρέλαιο	10300	l	47,3	487190	9743800
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ		0	kg	363	0	0
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ		0.1	kg	99	0	198
ΟΡΜΟΝΕΣ		0	l	101.2	0	0
ΛΙΠΑΝΣΗ	N	15	kg	74.2	1113	22260
	P	6	kg	13.7	82.2	1644
	K	12	kg	9.7	116.4	2328
ΣΠΟΡΟΙ		0,1	kg	1	0.1	2
ΝΕΡΟ		98	m <sup>3</sup>	0.63	61.74	1234.8
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ		0.5	στρέμμα	107.5	85.25	1705
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ		0.5	στρέμμα	73.4	36.7	734
ΥΛΙΚΑ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ		30	kg	40.7	1220	24400
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ		0.5	στρέμμα	1096.3	548	10963
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	Αερόθερμο	70	hr	41.4	2898	57960
	Ψεκαστική	3	hr	41.4	124.2	2484
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Αερόθερμο	300	kWh	3.6	1080	21600
	Ψεκαστική Σύστημα	3	kWh	3.6	10.8	216
	Άρδευσης	11	hr	2.37	26	521
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	Σπορά	4	hr	2.2	8.8	176
	Λίπανση σπόρων	1	hr	2.2	2.2	44
	Ριζοπότισμα	1	hr	2.2	2.2	44
	Μεταφύτευση 1 <sub>η</sub>	6	hr	2.2	13.2	264
	Θέρμανση	15	hr	2.2	33	660
	Λίπανση	1	hr	2.2	2.2	44
	Ριζοπότισμα	1	hr	2.2	2.2	44
	Άρδευση	1	hr	2.2	2.2	44
	Μεταφύτευση 2 <sub>η</sub>	9	hr	2.2	19.8	396
	Φροντίδες	171	hr	2.2	376.2	7524
	Ψέκασμα	3	hr	2.2	6.6	132
	Θέρμανση	50	hr	2.2	110	110
	Λίπανση	10	hr	2.2	22	440
	Συγκομιδή	168	hr	2.2	369.6	7392
	Συσκευασία	50	hr	2.2	110	2200
				ΣΥΝΟΛΟ	5097446	10163948.2
ΑΠΟΔΟΣΗ	Καρποί	4550	Kgr	0,8	3640	72800



### 5.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Τα αποτελέσματα στον πίνακα 14 δείχνουν τις συνολικές ενεργειακές εισροές οι οποίες έχουν αναχθεί σε Mj/ ha για την καλλιέργεια αγγουριάς. Στην καλλιέργεια αγγουριάς τα καύσιμα αποτέλεσαν το 29.5 % των συνολικών ενεργειακών εισροών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η καλλιέργεια έγινε όψιμα, ενώ παράλληλα με τη συμβατική θέρμανση χρησιμοποιήθηκε και παθητικό σύστημα θέρμανσης. Τα μηχανήματα και η ετήσια απόσβεση της θερμοκηπιακής κατασκευής αποτέλεσαν το 39.2 % και 29.6 % αντίστοιχα. Οι άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές της καλλιέργειας ήταν 1305814 Mj και παράχθηκαν 110 ton προϊόντος, δηλαδή 80300 Mj. Η Ένταση της Παραγόμενης Ενέργειας του συστήματος ήταν 12.5 Mj/ kg.

**Πίνακας 14.** Άμεσες και έμμεσες εισροές στην καλλιέργεια αγγουριάς.

		ΣΥΝΟΛΟ Μονάδα μέτρησης		Ε / Μονάδα μέτρησης	Ε / 1 στρ.	Ε / ha
					Mj	Mj
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Τύρφη	0.2	ton	3.5	0.7	7
	Άμμος	0.1	ton	3.5	0.35	3.5
ΚΑΥΣΙΜΑ	Πετρέλαιο	500	l	47.3	23650	236500
	Πυρηνόξυλο	95	ton	18.5	1757.5	17575
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ		2.5	kg	363	907.5	9075
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ		2.5	kg	99	247.5	2475
ΛΙΠΑΝΣΗ	N	42	kg	74.2	3116.4	31164
	P	35	kg	13.7	479.5	4795
	K	48	kg	9.7	465.6	4656
ΣΠΟΡΟΙ		2	kg	1	2	20
ΝΕΡΟ		400	m <sup>3</sup>	0.63	252	2520
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ		1	στρέμμα	107.5	107.5	1705
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ		1	στρέμμα	73.4	73.4	734
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ		1	στρέμμα	38713	38713	387130
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	Αερόθερμο	1200	hr	1096.3	1096.3	10963
	Ψεκαστική	32	hr	41.4	49680	496800
	Σύστημα Άρδευσης	90	hr	41.4	1324.8	13248
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Αερόθερμο	90	hr	2.37	213.3	2133
	Ψεκαστική	32	kWh	3.6	5184	51840
	Ψεκαστική	32	kWh	3.6	115.2	1152
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	Σπορά	16	hr	2.2	35.2	352
	Λίπανση σπόρων	2	hr	2.2	4.4	44
	Ριζοπότισμα	1	hr	2.2	2.2	22
	Μεταφύτευση 1 <sup>η</sup>	24	hr	2.2	52.8	528
	Θέρμανση	12	hr	2.2	26.4	264
	Λίπανση	4	hr	2.2	8.8	88
	Ριζοπότισμα	4	hr	2.2	8.8	88
	Άρδευση	4	hr	2.2	8.8	88
	Μεταφύτευση 2 <sup>η</sup>	24	hr	2.2	52.8	528
	Προετοιμασία εδάφους	16	hr	2.2	35.2	352
	Φροντίδες	380	hr	2.2	836	8360
	Ψέκασμα	40	hr	2.2	80.8	808
	Θέρμανση	50	hr	2.2	110	110
	Λίπανση	35	hr	2.2	77	770
	Συγκομιδή	670	hr	2.2	1474	14740
	Συσκευασία	190	hr	2.2	418	4180
				ΣΥΝΟΛΟ	109393	1305810
ΑΠΟΔΟΣΗ	Καρποί	11000	kg	0.73	8030	80300

#### 5.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΟΪΝΣΕΤΙΑΣ

Τα αποτελέσματα στον πίνακα 15 δείχνουν τις συνολικές ενεργειακές εισροές οι οποίες έχουν αναχθεί σε Mj/ ha για την καλλιέργεια ποϊνσέτιας. Στην καλλιέργεια ποϊνσέτιας λόγω των ελάχιστων καλλιεργητικών φροντίδων καταναλώθηκαν 5170 Mj/ ha σε εργατικά. Επίσης τους χειμερινούς μήνες καταναλώθηκαν 10tn πετρελαίου που ισοδυναμούν με 473000 Mj/ ha και αποτέλεσαν το 49.3 % των συνολικών εισροών. Οι συνολικές ενεργειακές εισροές ήταν 958808 Mj/ ha και η Ένταση τις Παραγόμενης Ενέργειας του συστήματος ήταν 6.6 Mj/ kg.

Ακολούθως στον Πίνακα 16 δίνεται η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών για τα τέσσερα καλλιεργητικά συστήματα. Στον Πίνακα 17 δίνονται οι ποσοστιαίες κατανομές των άμεσων ενεργειακών εισροών και στον Πίνακα 18 των έμμεσων ενεργειακών εισροών για τα τέσσερα καλλιεργητικά συστήματα.

Πίνακας 15. Άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές στην καλλιέργεια ποϊνσέτίας

		ΣΥΝΟΛΟ Μονάδα μέτρησης		Ε / Μονάδα μέτρησης	Mj E / 1 στρ.	Mj E / ha
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Τύρφη	0.5	ton	3.5	1.75	17.5
	Άμμος	0.1	ton	3.5	0.35	3.5
ΚΑΥΣΙΜΑ	Πετρέλαιο	1000	l	47.3	47300	473000
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ		1	kg	363	363	3630
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ		0.5	kg	99	49.5	495
ΛΙΠΑΝΣΗ	N	12	kg	74.2	890.4	8904
	P	13	kg	13.7	178	1780
	K	13	kg	9.7	126	1260
ΝΕΡΟ		20	m <sup>3</sup>	0.63	12.6	126
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ		1	στρέμμα	107.5	107.5	1705
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ		1	στρέμμα	38713	38713	387130
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ		1	στρέμμα	1096.3	1096.3	10963
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	Αερόθερμο	120	hr	41.4	4968	49680
	Ψεκαστική	20	hr	41.4	828	8280
	Σύστημα Άρδευσης	1.25	hr	2.37	3	30
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	Αερόθερμο	144	kWh	3.6	518	5180
	Ψεκαστική	20	kWh	3.6	72	720
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	Κόψιμο-Ριζωμα μοσχευμάτων	20	hr	2.2	44	440
	Λίπανση μοσχευμάτων	2	hr	2.2	4.4	44
	Ριζοπότισμα	2	hr	2.2	4.4	44
	Μεταφυτεύσεις	96	hr	2.2	211.2	2112
	Θέρμανση	45	hr	2.2	99	990
	Λίπανση	10	hr	2.2	22	220
	Ριζοπότισμα	5	hr	2.2	11	110
	Άρδευση	15	hr	2.2	33	330
	Φροντίδες	15	hr	2.2	33	330
	Ψέκασμα	25	hr	2.2	55	550
				ΣΥΝΟΛΟ	61812.4	958808
ΑΠΟΔΟΣΗ	Βάρος φυτών	15000	kg	0.9		135.000

**Πίνακας 16.** Η ποσοστιαία κατανομή των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών και στα τέσσερα καλλιερητικά συστήματα.

	ΤΟΜΑΤΑ (Mj/ ha)	(%)	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ (Mj/ ha)	(%)	ΑΓΓΟΥΡΙ (Mj/ ha)	(%)	ΠΟΪΝΣΕΤΙΑ (Mj/ ha)	(%)
<b>Άμεσες Εισροές</b>								
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	28	0	74.2	0	10.5	0	21	0
ΚΑΥΣΙΜΑ	74446.5	<b>13.2</b>	9743800	<b>95.8</b>	254075	<b>19.5</b>	473000	<b>49.3</b>
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ	3630	0.6	0	0	9075	0.7	3630	0.4
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ	495	0	198	0	2475	0.2	495	0
ΟΡΜΟΝΕΣ	151.8	0	0	0	0	0	0	0
N	18550	3.29	22260	0.2	31164	2.4	8904	0.9
P	1507	0.26	1644	0	4795	0.4	1780	0.2
K	2328	0.4	2328	0	4656	0.3	1260	0.1
ΣΠΟΡΟΙ	2	0	2	0	20	0	0	0
ΝΕΡΟ	1512	0.3	1234.8	0	2520	0.2	126	0
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	19800	<b>3.5</b>	21816	0.2	52992	4	5900	0.6
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	16786	2.9	19514	0.2	31322	2.4	5170	0.6
Υποσύνολο	139236.3	24.5	9812871.2	96.4	393104	30.2	500286	52
<b>Έμμεσες Εισροές</b>								
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ- ΥΛΙΚΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ	1705	0.3	1705	0	1705	0.1	1705	0.2
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	734	0.1	734	0	734	0	734	0
387130	<b>68.7</b>	252310	<b>2.5</b>	387130	<b>29.6</b>	387130	<b>40.3</b>	
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΥΛΙΚΑ	0	0	24400	0.2	0	0	0	0
ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	10963	2	10963	0.1	10963	0.8	10963	1.1
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	23410	4.1	60965	0.6	512181	<b>39.2</b>	57990	6
Υποσύνολο	423941	75.5	351077	3.6	912713	69.8	458522	48
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	563177.3	100	10163948.2	100	1305810	100	958808	100
<b>ΑΠΟΔΟΣΗ (kg/ ha)</b>	67500		91000		110000		144444	

**Πίνακας 17.** Οι ποσοστιαίες κατανομές των άμεσων ενεργειακών εισροών

Άμεσες Εισροές	Τομάτα (%)	Υδροπονική Τομάτα (%)	Αγγουριά (%)	Ποϊνσέτια (%)
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	0	0	0	0
ΚΑΥΣΙΜΑ	<b>53.4</b>	<b>99.2</b>	<b>69.7</b>	<b>94.7</b>
ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ	2.6	0	2.3	0.7
ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ	0.4	0	0.6	0
ΟΡΜΟΝΕΣ	0.1	0	0	0
N	13.3	0.2	8	<b>1.8</b>
P	1	0	1.2	0.4
K	1.7	0	1.2	0.3
ΣΠΟΡΟΙ	0	0	0	0
ΝΕΡΟ	1	0	0.6	0
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	<b>14.2</b>	0.2	<b>13.4</b>	1.2
ΕΡΓΑΤΙΚΑ	12	0.2	8	1

**Πίνακας 18.** Οι ποσοστιαίες κατανομές των έμμεσων ενεργειακών εισροών

<i>Έμμεσες εισροές</i>	<i>Τομάτα</i> (%)	<i>Υδροπονική Τομάτα</i> (%)	<i>Αγγουριά</i> (%)	<i>Ποϊνσέτια</i> (%)
ΥΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗΣ- ΦΥΤΕΥΣΗΣ	0.4	0.5	0.2	0.4
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ	0.1	0.2	0	0.2
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	<b>91.3</b>	<b>71.8</b>	<b>42.4</b>	<b>84.4</b>
ΥΛΙΚΑ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	0	7	0	0
ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	2.3	3.1	1.2	2.4
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	<b>5.6</b>	<b>17.4</b>	<b>56.1</b>	<b>12.7</b>



## **Κεφάλαιο 6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στους πίνακες 19, 20 δίνονται οι άμεσες και έμμεσες ενεργειακές εισροές και οι ενεργειακές παράμετροι αντίστοιχα. Στον Πίνακα 21 δίνονται οι τιμές του Ενεργειακού Λόγου (E. R.) για άλλες καλλιέργειες.

**Πίνακας 19.** Άμεσες και έμμεσες εισροές των καλλιεργειών (Mj/ha)

Mj/ha	<u>Τομάτα</u>	<u>Υδροπονική τομάτα</u>	<u>Αγγουριά</u>	<u>Ποϊνσέτια</u>
<u>Άμεσες Εισροές</u>	139236.3	9812871.2	393104	500286
<u>Έμμεσες Εισροές</u>	423941	351077	912710	458522
Σύνολο	(1) 563177.3	10163948.2	1305814	958808
Απόδοση (Mj\ ha)	(2) 54000	72800	80300	130000
Απόδοση (kg\ ha)	(3) 67500	91000	110000	144444

**Πίνακας 20.** Ενεργειακός λόγος (E.R) , Ενέργεια παραγωγικότητας (E.P) & Ενταση παραγόμενης ενέργειας (E.I)

		<u>Τομάτα</u>	<u>Υδροπονική τομάτα</u>	<u>Αγγούρι</u>	<u>Ποϊνσέτια</u>
E.R	= (2)\ (1)	0.09	0.007	0.06	0.13
E.P (kg/ Mj)	= (3)\ (1)	0.12	0.009	0.08	0.15
E.I (Mj/ kg)	= (1)\ (3)	8.3	111	12.5	6.6

**Πίνακας 21.** Οι τιμές του E.R. για άλλες καλλιέργειες.

<i>Καλλιέργεια</i>	<i>E.R. (Mj)</i>
Ζαχαρότευτλα	5.04
Καλαμπόκι	3.66
Πράσο	3.11
Σόγια	2.12
Ηλίανθος	2.91
Σιτάρι	2.59
Βαμβάκι	6.45
Φασόλια	1.85
Πατάτα	2.74
Σινάπι	1.75
Κρεμμύδι	2.41
Λάχανο	3.21
Καρότο	4.8
Τομάτα Θερμοκηπίου	1.26
Πιπεριά Θερμοκηπίου	0.99
Αγγούρι Θερμοκηπίου	0.76
Μελιτζάνα Θερμοκηπίου	0.61

Πηγή : Yaldiz. O., Ozturk H.H., Zeren Y., Bascetincelik A., (1993). Singh JM. 2002. MAFF.2000. Burhan Ozkan, Ahmet Kurklu, Handan Ackaoz, (2003).

Συγκρίνοντας τις τιμές του Πίνακα 21 με τις τιμές του Πίνακα 20, προκύπτει ότι οι τιμές των Ενεργειακών Λόγων, για τις καλλιέργειες που μελετήθηκαν είναι πολύ μικρές. Αυτό καταδεικνύει την έντονη κατανάλωση ενέργειας στα 4 καλλιεργητικά συστήματα που μελετήθηκαν, χωρίς να υπάρχει ταυτόχρονη αύξηση της στρεμματικής απόδοσης.

Πιο συγκεκριμένα, η υδροπονική καλλιέργεια ήταν η πιο δαπανηρή σε σύγκριση με τις άλλες τρεις, εφόσον για την παραγωγή 1 kg προϊόντος καταναλώθηκαν 111 Mj. Αντιθέτως για την καλλιέργεια τομάτας, αγγουριάς και ποϊνσέτίας η Ένταση της Παραγόμενης Ενέργειας είναι 8.3, 12.5 και 6.6 Mj/ kg αντίστοιχα. Η τεράστια αυτή κατανάλωση ενέργειας στην υδροπονική καλλιέργεια οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους :

1. Η συνολική απόδοση της υδροπονικής καλλιέργειας ελαττώθηκε σημαντικά.(9100 kg/ στρ.) λόγω βλάβης που παρουσιάστηκε στο σύστημα υδρολίπανσης και ενώ τα φυτά είχαν δέσει καρπούς, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό των καρπών των τριών πρώτων ταξικαρπιών να υποβαθμιστεί ποιοτικά.
2. Το έτος του 2003, λόγω των δύο όψιμων παγετών στις 7 και 14/ 4, αλλά και των χαμηλών θερμοκρασιών που επικράτησαν στην περιοχή οψίμισε τις καλλιέργειες. Η υδροπονική καλλιέργεια ξεκίνησε από το Φεβρουάριο ως το Μάιο του 2003, με αποτέλεσμα να καταναλωθούν μεγάλες ποσότητες καυσίμων (20.6 ton πετρελαίου/ στρ. που αντιστοιχούν σε 9743800 Mj/ ha !!!!). Αντιθέτως στη συμβατική καλλιέργεια, η οποία ξεκίνησε από το Μάρτιο έως τον Ιούλιο, χρησιμοποιήθηκε πυρηνόξυλο, το οποίο είναι λιγότερο δαπανηρό ενεργειακά από το πετρέλαιο και παθητική θέρμανση με αποτέλεσμα να γίνει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα σημεία τα οποία αξίζει να τονισθούν είναι τα ακόλουθα :

- Η ενέργεια που καταναλώθηκε σε εργατικά ήταν σχεδόν η ίδια και για τις δύο καλλιέργειες τομάτας (στη συμβατική καλλιέργεια 16786 Mj.ha<sup>-1</sup> και στην υδροπονική καλλιέργεια 19514 Mj.ha<sup>-1</sup>), σε αντίθεση με την καλλιέργεια της αγγουριάς όπου καταναλώθηκε περισσότερη ενέργεια (31322 Mj.ha<sup>-1</sup>) λόγω της μεγάλης συχνότητας με την οποία γίνονται τα κλαδέματα. Πρέπει να σημειωθεί πως το εργατικό προσωπικό στην υδροπονική καλλιέργεια ήταν ανειδίκευτο και για αυτό καταναλώθηκαν περισσότερες ώρες για τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες.
- Η χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών στην υδροπονική καλλιέργεια ήταν σχεδόν μηδενική και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην χρήση τεχνητού υποστρώματος απαλλαγμένο από ασθένειες και στην κάλυψη του εδάφους με λευκό πλαστικό, το οποίο αφενός απέτρεψε το φύτρωμα ζιζανίων ξενιστών για τη μεταφορά και εγκατάσταση ασθενειών και αφετέρου αύξησε τον

φωτισμό στο θερμοκήπιο και βελτίωσε τον χρωματισμό των καρπών. Αντιθέτως στη συμβατική καλλιέργεια τομάτας τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο παρουσιάστηκε έξαρση προσβολών από αλευρώδη, με αποτέλεσμα να υποβαθμιστεί η ποιότητα και να μειωθεί σημαντικά η απόδοση. Στην καλλιέργεια ποϊνσέτιας παρατηρήθηκε απώλεια άνω του 20% λόγω ζημιών που προκλήθηκαν από τον αλευρώδη.

- Στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας επιτεύχθηκε εξοικονόμηση στην κατανάλωση λιπασμάτων έναντι της συμβατικής καλλιέργειας, γεγονός που αποδεικνύει ότι η υδροπονία είναι αρκετά πιο φιλική προς το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, στην υδροπονική καλλιέργεια καταναλώθηκε 19 % λιγότερο νερό, με ταυτόχρονη αύξηση στην απόδοση κατά 34% σε σύγκριση με την απόδοση της συμβατικής καλλιέργειας (6750 kg/ στρ. στη συμβατική καλλιέργεια και 9100 kg/ στρ. στην υδροπονική καλλιέργεια).
- Στην καλλιέργεια αγγουριάς λόγω των αυξημένων αναγκών που έχει το φυτό σε αζωτούχο και καλιούχο λίπανση παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη κατανάλωση των αντίστοιχων λιπασμάτων.
- Τέλος στην ανθοκομική καλλιέργεια λόγω των ελάχιστων καλλιεργητικών φροντίδων που απαιτεί η ποϊνσέτια (δύο κορυφολογήματα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, για τη διαμόρφωση της κόμης του φυτού και δύο μεταφυτεύσεις) αλλά και των μικρών απαιτήσεων σε νερό, τόσο τα εργατικά όσο και η κατανάλωση σε νερό ήταν μειωμένα κατά 72% και 86% αντίστοιχα, έναντι των δύο καλλιεργειών τομάτας.

Οι ενέργειες οι οποίες μπορούν να γίνουν μελλοντικά προκειμένου να μειωθούν σημαντικά οι άμεσες ενεργειακές εισροές είναι οι εξής :

1. Με τη χρήση διπλού φύλλου πολυαιθυλενίου και θερμοκουρτίνας μπορεί να επιτευχθεί μείωση των απωλειών θερμότητας μέχρι και 57%. Με δεδομένο ότι η Ελλάδα ακόμη και τους χειμερινούς μήνες έχει υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας, μπορεί να αξιοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια με την εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων θέρμανσης (παράγραφος 2.6.1) με τα οποία, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 40%.
2. Με δεδομένο ότι από το 2005 θα απαγορευτεί η χρήση του βρωμιούχου μεθυλίου οπότε και θα αναγκαστούν οι καλλιεργητές να στραφούν σε άλλες λύσεις απολύμανσης του εδάφους, οι οποίες είναι πιο δαπανηρές, η λύση της υδροπονίας, η οποία παρέχει ένα απαλλαγμένο έδαφος από ασθένειες και

εξασφαλίζει μεγαλύτερες αποδόσεις, δείχνει να είναι η μοναδική συμφέρουσα. Πιο συγκεκριμένα στην υδροπονική καλλιέργεια τομάτας η κατανάλωση σε νερό και γεωργικά φάρμακα, ήταν μειωμένη κατά 19% και 95% αντίστοιχα, έναντι της καλλιέργειας τομάτας.

3. Χρήση διχτύων εντομοστεγανότητας και μεθόδων βιολογικής καταπολέμησης για να αντιμετωπιστούν με μικρό ενεργειακό κόστος οι εντομολογικές και μυκητολογικές προσβολές, εφόσον για την εφαρμογή τους, δεν απαιτούνται να καταναλωθούν εργατοώρες και ενεργοβόρα χημικά σκευάσματα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baille, A. (1995). Energy cycle. pp. 275-285
2. Burhan Ozkan, Ahmet Kurklu, Handan Akcaoz, 2003. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Pergamon : 3-6 pp.
3. Γεωργόπουλος, Σ.Γ. , 1984. Βασικές γνώσεις φυτοπαθολογίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Γ.Π.Α. 31-43 pp.
4. Γεωργόπουλος, Σ.Γ. & Ζιώγας, Β.Ν., 1992. Αρχές και Μέθοδοι Καταπολέμησης των Ασθενειών των Φυτών. 220-230 pp.
5. Duffie, J.A. & Beckman, W.A., 1974. Solar Energy Thermal Processes. Wiley Interscience, New York, 324 pp.
6. Enoch, H.Z., 1978a. Theory for optimalization of primary production in protected cultivation. I. Influence of aerial environment upon primary plant protection. Acta Horti., 76 : 31-43 pp.
7. Enoch, H.Z., 1986b. Climate and protected cultivation. Acta Horti. 174 :47-60
8. Gallagher, J.ZN & Biscoe, P.V., 1978. Radiation absorption, growth and yield of cereals. J. Agric. Sci. Cambridge, 91:47-60.
9. Garzoli, K., 1989. Efficient energy greenhouses. Acta Horti., 245: 53-62 pp.
10. Garzoli, K. & Shell, G.S.G., 1984. performance and cost analysis of an Australian solar greenhouse. Acta Horti., 148: 723-730 pp.
11. Graffiadellis, M., 1986. Development of a passive solar system for heating greenhouses. Acta Horti., 191: 245-252 pp.
12. Καουρήs Γ., 2001. Παραδόσεις Ηλιακής Θερμικής Τεχνικής Πανεπιστημιακές Εκδόσεις. 139 pp.
13. Κιτάντζης, Σ., 2001. Ανθοφορία. Εκδόσεις Κιτάντζης ΑΓΕΕ, τεύχος 9 : 2-4 pp.
14. Κίττας, Κ., 2002. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. 4-9 pp.
15. Κίττας, Κ. & Λύκας, Χ.(2002). Υδροπονία και υδροπονικές καλλιέργειες. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, pp. 23-50.

16. Κίττας, Κ. & Γέμτος, Θ. (2001). Ενεργειακές τεχνολογίες στη γεωργία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. pp. 35-56.
17. Kozai, T & Sugi, J., 1972. Studies on the solar irradiation in glasshouses 3. Use of reflective mirror. J. Agric. Meteorol. Jpn 28 : 79-88 pp.
18. MAFF. Energy use in organic farming systems. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Research and Development Final Project Report 2000.
19. Manby, T.C.D., 1984. Selected aspects of efficient crop production. . J. Agric. Engng. Res., 29: 275-293 pp.
20. Nikita, C. (1989). Agricultural aspects of geothermal heating in greenhouses. J. Agric. Engng. Res., 122 : 5-9 pp.
21. Nilsen, S. & Dons, C. & Pettersen, H., 1984. A method for reducing the infrated radiation or changing the spectral distribution of sunlight in greenhouses. Biotronics, 13:1-10 pp.
22. Ολύμπιος, Χ.Μ. (1990). Η τεχνική της καλλιέργειας της τομάτας στο θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης. pp. 131-142.
23. Ολύμπιος, Χ.Μ. (1996). Στοιχεία γενικής και ειδικής λαχανοκομίας .pp.5-19
24. Pimentel, D. & Pimentel, M., 1979. Food, Energy and Society. Edward Arnold, London, 165 pp.
25. Singh JM., 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science, International Institute of Management University of Flensburg, Germany. 50-58 pp.
26. Stanhill, G. (1980). The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. . J. Agric. Engng Res. 25 : 145-154 pp
27. Yaldiz O, Ozturk HH, Zeren Y, Bascetincelik , 1993. Energy use in field crops of Turkey. 5. International Congress of Agricultural Machinery and Energy, Kusadasi, Turkey., 18-22 pp.

## SUMMARY

### **An input–output energy analysis in glasshouse vegetable and flower production and in hydroponic greenhouse vegetable production**

The aim of this research was to examine the energy equivalents of inputs and output in greenhouse vegetable and flower production in the Magnisia, a province of Greece. For this purpose, the data for the production of four greenhouse crops (tomato, hydroponic tomato, cucumber and poinsettia) were collected in three greenhouse farms by questionnaire. The results revealed that hydroponic tomato production was the most energy intensive of among the four crops investigated. Hydroponic tomato production consumed a total of 10158 GJha<sup>-1</sup> followed by cucumber with 1308.3 GJha<sup>-1</sup>. The consumption of energy by poinsettia and tomato were 958.8 and 566.6 GJha<sup>-1</sup>, respectively. The output-input energy ratio for tomato, hydroponic tomato, cucumber and poinsettia were 0.09, 0.007, 0.06 and 0.13, respectively. This indicated an intensive use of inputs in greenhouse crops production not accompanied by increase in the final product. This can lead to problems associated with these inputs such as nutrient loading and pesticide pollution. Therefore, there is a need to pursue a new policy to force producers to undertake energy efficient practices to increase the yield without diminishing natural resources.

### ΕΠΙΛΟΓΕΣ

Επιλέγουμε να λύσουμε το πρόβλημα με τη μέθοδο των πολλαπλασιαστών Lagrange. Έστω  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .

Ορίζουμε τη συνάρτηση  $L(x, y, z, \lambda) = x^2 + y^2 + z^2 + \lambda(x^2 + y^2 + z^2 - 1)$ .



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074938