



ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ

ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ ΚΑΝΤΑΡΤΖΗΣ**

**ΜΕ ΘΕΜΑ**

**ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΑΝΤΖΑΡΙΟΥ.  
ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΙΣ  
ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΝ  
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ  
ΣΑΛΑΧΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>1</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>3</b>
<b>Κεφάλαιο Πρώτο: ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	
1.1 Εξοπλισμός Υδροπονικών Εγκαταστάσεων	5
1.1.1 Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος	5
1.1.2 Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος	6
1.1.3 Υποδοχείς φυτών και υποστρώματων	7
1.1.4 Υποστρώματα υδροπονίας	7
1.2 Άρδευση Υδροπονικών Καλλιεργειών	8
1.2.1 Ρύθμιση του προγράμματος άρδευσης	9
1.3 Συστήματα Υδροπονικών Καλλιεργειών	11
1.3.1 Καλλιέργεια σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα	11
1.3.2 Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα	14
1.3.3 Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα	17
1.3.4 Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών	19
<b>Κεφάλαιο Δεύτερο: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	
2.1 Πειραματικό Υλικό	22
2.2 Υδροπονικό Σύστημα της Καλλιέργειας	22
2.3 Ανάπτυξη της Καλλιέργειας	22
2.4 Χημική σύσταση του Θρεπτικού Διαλύματος	23
2.5 In vivo μετρήσεις Φωτοσυνθετικών παραμέτρων στο Θερμοκήπιο	24
2.6 Μέτρηση της συγκέντρωσης των Χλωροφυλλών στα φύλλα στο Θερμοκήπιο	26

2.7	Μέτρηση της συγκέντρωσης των Χλωροφυλλών στα φύλλα βιοχημικά στο Εργαστήριο	28
2.8	Μέτρηση της συγκέντρωσης Νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ )	36
2.9	Μέτρηση Ανθοκυανών στα Φύλλα	36
2.10	Μετρήσεις Νωπού - Ξηρού Βάρους	37
<b>Κεφάλαιο Τρίτο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>		<b>38</b>
<b>Κεφάλαιο Τέταρτο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>		<b>42</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>43</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται εντός στερεών υποστρωμάτων εμποτισμένων με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα ή εντός καθαρού θρεπτικού διαλύματος από το οποίο τα φυτά προσπορίζονται τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Η καλλιέργεια φυτών εκτός του φυσικού εδάφους έχει λάβει χώρα ήδη από τα αρχαία χρόνια. Η πιο γνωστή περίπτωση από την αρχαιότητα, αν και όχι η μοναδική, είναι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, όπου τα φυτά αναπτυσσόταν πάνω σε αναβαθμίδες γεμάτες με μείγμα άμμου και χώματος. Στα νεώτερα χρόνια η πρώτη αναφορά σε καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους γίνεται από τον Ιρλανδό Robert Boyle κατά το 1666, ο οποίος κατάφερε να καλλιεργήσει ορισμένα είδη φυτών σε φυτοδοχεία γεμισμένα μόνο με φυσικό νερό, χωρίς να υπάρχει κάποιο στερεό μέσο στον χώρο ανάπτυξης των ριζών.

Η υδροπονία όμως με την πλήρη έννοια του όρου μπορεί να θεωρηθεί ότι γεννήθηκε, όταν για πρώτη φορά καλλιεργήθηκαν φυτά μέσα σε τεχνητό θρεπτικό διάλυμα. Οι πρώτοι που παρασκεύασαν θρεπτικά διαλύματα και καλλιεργήσαν φυτά ήταν οι γερμανοί φυσιολόγοι Sachs (1859, 1861) και Knop (1859). Σήμερα θεωρείται ότι είναι εκείνοι που με τις έρευνές τους έθεσαν τις επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας.

Ο Gericke (1929), Αμερικάνος καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια ήταν ο πρώτος που επιχείρησε να αξιοποιήσει την δυνατότητα θρέψης των φυτών αποκλειστικά και μόνο μέσω θρεπτικών διαλυμάτων για την καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών

εκτός εδάφους σε εμπορική κλίμακα. Η υδροπονική μέθοδος που ανέπτυξε όμως δεν βρήκε εφαρμογή στην καλλιεργητική πρακτική σε αξιόλογη κλίμακα, γιατί είχε υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, χωρίς να δίνει καλύτερες παραγωγές από τις αντίστοιχες που λαμβάνουν σε καλές καλλιέργειες στο έδαφος.

Στη δεκαετία του '30 πολλοί άλλοι επιστήμονες, κυρίως Αμερικανοί, ασχολήθηκαν ερευνητικά με την υδροπονία και ανέπτυξαν συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους, παραπλήσια με αυτά του Gericke, όπως ο Laurie (1931), ο Eaton (1936), οι Shive και Robbins (1937) κλπ.

Η υδροπονία βρήκε πρακτική εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του 2ου παγκοσμίου πολέμου από τον αμερικανικό στρατό σε ορισμένα άγονα νησιά του Ειρηνικού με σκοπό την παραγωγή νωπών λαχανικών για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των μαχόμενων αμερικανών στρατιωτών στην περιοχή.

Μετά τα τέλη της δεκαετίας του '60 η υδροπονία βρήκε κυρίως πρακτική εφαρμογή μόνο σποραδικά και σε περιορισμένη κλίμακα, κυρίως στην Αμερική και στην Αγγλία. Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 το ενδιαφέρον για τη χρήση υδροπονικών συστημάτων σε εμπορική κλίμακα αναζωπυρώθηκε διεθνώς και κυρίως στις Σκανδιναβικές χώρες και στην Ολλανδία, όπου κυριάρχησε η καλλιέργεια σε αδρανή στερεά υποστρώματα και κυρίως σε πετροβάμβακα.

Σύμφωνα με στοιχεία του 1991 (Vogel και Goehler, 1991), στις 8 βόρειες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (εκτός Ελλάδας, Ισπανίας, Ιταλίας και Πορτογαλίας), το 27.6% των εκτάσεων με θερμοκηπιακές καλλιέργειες καλλιεργείται υδροπονικά (46.000 στρέμματα).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

#### 1.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μία υδροπονική εγκατάσταση από άποψη εξοπλισμού μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα επιμέρους τμήματα:

##### 1.1.1 Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος

Περιλαμβάνει:

α. την εγκατάσταση παροχής νερού: είναι σημαντικό, το νερό να είναι καλής ποιότητας και τα υλικά της εγκατάστασης να μην απελευθερώνουν στο νερό ουσίες ή ιόντα σε συγκεντρώσεις, που μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα στην καλλιέργεια.

β. συσκευές καθαρισμού του νερού (φίλτρα νερού): είναι απαραίτητα για τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια, όπως άμμος, άργιλος, μικροοργανισμοί, κλπ., ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στο σύστημα παροχής του διαλύματος στα φυτά.

γ. δοχεία πυκνών διαλυμάτων: είναι μεγάλα δοχεία χωρητικότητας 50-1.000 λίτρων, κατασκευασμένα από υλικό που δεν διαβρώνεται και δεν οξειδώνεται, στα οποία τοποθετούνται τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά σε ποσότητες πολλαπλάσιες από αυτές που απαιτούνται για να προκύψουν οι επιθυμητές συγκεντρώσεις.

**δ. μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων μπορεί να είναι:**

i) μία εγκατάσταση αποτελούμενη από μία ή περισσότερες δοσομετρικές αντλίες: στην πιο απλή της εκδοχή αποτελείται από δύο ή τρεις απλές δοσομετρικές αντλίες συνδεδεμένες σε σειρά ή (σπανιότερα) παράλληλα καθεμιάς με τις άλλες στο δίκτυο άρδευσης. Ο αριθμός των δοσομετρικών αντλιών ισούται με τον αριθμό των δοχείων των πυκνών διαλυμάτων που υπάρχουν.

ii) ένας αυτόματος μεικτής λιπασμάτων: είναι πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις, οι οποίες εργάζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και προσφέρουν περισσότερη ευελιξία ως προς τους χειρισμούς του θρεπτικού διαλύματος, ενώ είναι σημαντικά αυξημένες και οι δυνατότητες αυτοματισμών που παρέχουν. Χρησιμοποιούνται στις περισσότερες υδροπονικές μονάδες.

**ε. σύστημα αυτόματου ελέγχου:** υπάρχει μονό στους μείκτες λιπασμάτων. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου της ανάμειξης νερού και πυκνού διαλύματος και της παροχής του προκύπτοντας από την ανάμειξη αραιού διαλύματος στα φυτά, στην απλούστερη μορφή του είναι ένας ηλεκτρονικός πίνακας εφοδιασμένος με πλήκτρα ή κοχλίες, μέσω των οποίων γίνεται η ρύθμιση του pH και της αγωγιμότητας και έναν ή περισσότερους χρονοδιακόπτες για τον καθορισμό της συχνότητας και του χρόνου παροχής θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

**1.1.2 Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος**

Ανάλογα με το είδος του υδροπονικού συστήματος και το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα καλλιέργειας, σε γενικές γραμμές διακρίνουμε τις εξής κύριες περιπτώσεις:

---

α. Δεν υπάρχει στερεό υπόστρωμα και το θρεπτικό διάλυμα κυλλάει σε υδροροές ή στο κατάλληλα διαμορφωμένο δάπεδο του θερμοκηπίου και ανακυκλώνεται.

β. Τα φυτά αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα, η ανώτερη επιφάνεια, του οποίου δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος των γραμμών των φυτών.

γ. Σε κάθε γραμμή φύτευσης η επιφάνεια του υποστώματος είναι ομοιόμορφη και βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος της.

### **1.1.3 Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων**

Αρχικά ισοπεδώνεται το έδαφος του θερμοκηπίου, εάν αυτό είναι απαραίτητο.

Όταν το διάλυμα διανέμεται στα φυτά μέσω συστήματος στάγδην άρδευσης, η κλίση του εδάφους δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1%, ενώ μπορεί να φθάνει μέχρι και 1,5%, όταν το διάλυμα φθάνει στα φυτά μέσω ελεύθερης ροής με τη βοήθεια της βαρύτητας. Πάνω στο ισοπεδωμένο έδαφος του θερμοκηπίου στρώνονται φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου πάχους 3mm.

### **1.1.4 Υποστρώματα υδροπονίας**

Απαραίτητη προϋπόθεση, που καθιστά οικονομικά σκόπιμη τη χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος, είναι το υπόστρωμα να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Η βασική λειτουργία, την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα, είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα



φυτά. Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο, για τον οποίο προορίζεται, πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- i) σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- ii) ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας.
- iii) ομοιομορφία στη σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- iv) απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων.
- v) εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς.
- vi) σχετικά χαμηλό κόστος.

Τέλος θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH, εφόσον είναι χημικά ενεργό.

## 1.2 ΑΡΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Στην υδροπονία η παροχή νερού συνδέεται άρρηκτα με τη χορήγηση λιπασμάτων, δεδομένου ότι τα φυτά δεν αρδεύονται ποτέ με καθαρό νερό, αλλά με θρεπτικό διάλυμα. Η ανάγκη να χορηγείται νερό στην υδροπονία είναι πολύ πιο συχνή, ενώ παράλληλα η αρδευτική δόση νερού, που παρέχεται στα φυτά κάθε φορά, θα πρέπει να είναι ανάλογα μειωμένη, εφόσον ο όγκος του διαλύματος και συνεπώς και του θρεπτικού διαλύματος που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό είναι δραστικά μικρότερος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές καλλιέργειες στο έδαφος.

Η συνολική ποσότητα νερού, που θα πρέπει να χορηγηθεί σε μία υδροπονική καλλιέργεια, συνήθως δε διαφέρει σημαντικά συγκρινόμενη με τις ποσότητες που παρέχονται σε μία αντίστοιχη καλλιέργεια στο έδαφος, στην οποία χρησιμοποιείται σύστημα στάγδην άρδευσης, εφόσον όλοι οι παράγοντες (ηλικία φυτών, καιρικές συνθήκες κλπ.) είναι οι ίδιοι. Συχνά μάλιστα στην υδροπονία η κατανάλωση νερού είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με το έδαφος, δεδομένου ότι η εξάτμιση είναι μειωμένη, άρα ο συντελεστής αξιοποίησης του νερού υψηλότερος.

Η ανάγκη τόσο συχνής χορήγησης νερού στα φυτά, που αναπτύσσονται σε υδροπονικές καλλιέργειες, προφανώς απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού, ώστε να είναι δυνατή η αυτοματοποίηση της άρδευσης, διαφορετικά οι ανάγκες σε δυναμικά διαμορφώνονται σε απαγορευτικά υψηλά επίπεδα. Είναι προφανές ότι, τόσο το σύστημα, όσο και το πρόγραμμα άρδευσης μιας υδροπονικής καλλιέργειας, έχουν επιτύχει το σκοπό τους, όταν οι ανάγκες των φυτών σε νερό καλύπτονται πάντοτε πλήρως, χωρίς να γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων.

### 1.2.1 Ρύθμιση του προγράμματος άρδευσης

Οι μέθοδοι καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους που έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί κατά καιρούς, είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Το κάθε επιμέρους υδροπονικό σύστημα έχει τις ιδιαιτερότητες του, οι οποίες συχνά αφορούν και την άρδευση. Λόγω των σημαντικών διαφορών που υπάρχουν, θα γίνει διάκριση μεταξύ των υδροπονικών καλλιεργειών που λαμβάνουν χώρα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα και αυτών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα.

**α. άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα:** στα συστήματα αυτά η εισροή νερού στο

σύστημα προς αντικατάσταση των ποσοτήτων που καταναλώνονται από τα φυτά, κατά κανόνα ελέγχεται μέσω ενός πλωτήρα (float valve). Ο πλωτήρας επιτρέπει την είσοδο νερού στην κεντρική δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος κάθε φορά που η στάθμη του μέσα εκεί πέφτει χαμηλότερα από ένα ορισμένο ύψος. Στη συνέχεια, μέσω κατάλληλου αυτοματισμού προστίθενται στη δεξαμενή ανάλογες ποσότητες λιπασμάτων σε μορφή πυκνών διαλυμάτων και έτσι παράγεται νέο θρεπτικό διάλυμα, το οποίο αναπληρώνει την ποσότητα που στο μεταξύ έχει χορηγηθεί στα φυτά. Από την κεντρική δεξαμενή το θρεπτικό διάλυμα μεταφέρεται με τη βοήθεια μιας αντλίας στην καλλιέργεια.

**β. άρδευση υδροπονικών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στεγρό υπόστρωμα:** στα συστήματα αυτά, το υπόστρωμα κατά την άρδευση είναι σε θέση να συγκρατήσει μία ποσότητα νερού, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας είναι διαθέσιμο στα φυτά στο μεσοδιάστημα μέχρι να γίνει η επόμενη άρδευση. Επομένως, σε κάθε άρδευση το χορηγούμενο νερό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο, ώστε το υπόστρωμα να φθάνει στην υδοτοϊκανότητά του. Η χορηγούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος σε κάθε νέα άρδευση δε θα πρέπει να είναι ακριβώς ίση με αυτή που καταναλώθηκε στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δύο αρδεύσεων, αλλά κατά 15-30% υψηλότερη, η οποία θα διαφύγει μεν μέσω απορροής από το υπόστρωμα, αλλά δεν αποτελεί άσκοπη απώλεια. Μαζί της θα συμπαρασύρει και θα εκπλύνει και ορισμένα άλατα που έχουν την τάση να συσσωρεύονται στο υπόστρωμα, επειδή είναι βλαπτικά για τα φυτά και δεν απορροφώνται, παρά σε πολύ μικρές ποσότητες από τις ρίζες τους.

Όσον αφορά το χρόνο έναρξης μίας νέας άρδευσης πρέπει να ειπωθεί, ότι τα υποστρώματα δε θα πρέπει να αφήνονται να χάνουν περισσότερο από το 20-30% περίπου του νερού που περιέχουν, πριν τους χορηγηθεί ξανά θρεπτικό διάλυμα. Αν αφεθούν να χάνουν περισσότερο

από 20-30% του νερού τους, πριν ποτισθούν ξανά, από κάποια χρονική στιγμή και μετά υπάρχει κίνδυνος τα φυτά να μην τροφοδοτούνται με νερό σε επαρκείς ποσότητες.

Η διάρκεια των ποτισμάτων θα πρέπει να μη μεταβάλλεται, αλλά να παραμένει σταθερή. Εκείνο όμως που θα πρέπει να μεταβάλλεται συνεχώς, είναι ο χρόνος έναρξης του κάθε ποτίσματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος, που απαιτείται για την κατανάλωση μίας δεδομένης ποσότητας νερού από μία καλλιέργεια, είναι συνήθως αρκετά διαφορετικός, τόσο κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, όσο και από ημέρα σε ημέρα, δεδομένου ότι εξαρτάται κυρίως από τη συνεχώς μεταβαλλόμενη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από το εκάστοτε μέγεθος των φυτών.

### **1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Τα διάφορα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται με βάση δύο σημαντικά χαρακτηριστικά:

α. ανάλογα με το αν το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από το χώρο του ριζοστρώματος συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται ή όχι σε κλειστά και ανοιχτά και

β. με βάση το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα, εφόσον γίνεται χρήση κάποιου στερεού υποστρώματος.

#### **1.3.1 Καλλιέργεια σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα**

α. καλλιέργεια σε δοχεία γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα: τα φυτά αναπτύσσονται είτε σε μικρά (ατομικά) είτε σε μεγάλα (ομαδικά)

φυτοδοχεία, τα οποία είναι γεμισμένα με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης.

Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως παλιότερα, όμως δε βρήκαν εφαρμογή στη γεωργική πράξη, γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα, σπουδαιότερο από τα οποία είναι οι δυσκολίες αερισμού και οξυγόνωσης των ριζών, που δυσχεραίνουν τη λειτουργία της αναπνοής προκαλώντας σήψεις και καταστροφές στο ριζικό σύστημα των φυτών. Σήμερα, τέτοιου είδους υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας εφαρμόζονται μόνο σε επιστημονικά εργαστήρια, σε βραχυχρόνια πειράματα διατροφής φυτών.

**β. σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική Λεπτής Θρεπτικής Στοιβάδας):** στο σύστημα NFT οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο είναι τρεχούμενο.

Σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος NFT, τα φυτά τοποθετούνται γυμνόριζα μέσα σε υδρορροές, όπου το ριζικό τους σύστημα κατά το μεγαλύτερο μέρος του καλύπτεται από τη λεπτή στρώση του ρέοντος θρεπτικού διαλύματος, ενώ η ανώτερη επιφάνεια των ριζών έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά παραμένει υγρή λόγω της ανοδικής κατακόρυφης κίνησης του διαλύματος. Στην πράξη τα φυτά δεν τοποθετούνται γυμνόριζα μέσα στις υδρορροές, αλλά μαζί με έναν κύβο (ή μπάλα) υποστρώματος.

Το NFT παρουσιάζει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, δηλαδή (α) αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεσή του μετά από κάθε ανάλυση, (β) συσσώρευση ιόντων Na και Cl σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δύο αυτά

ιόντα, (γ) αυξημένο ρίσκο καταστροφής της καλλιέργειας λόγω της έλλειψης ενός στερεού υποστρώματος και (δ) τον κίνδυνο διασποράς μολυσμάτων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό.

Απέναντι σε αυτά τα μειονεκτήματα αντιπαρατίθεται κυρίως το πλεονέκτημα του μηδενικού κόστους κτήσης υποστρώματος και της μη επιβάρυνσης του περιβάλλοντος μέσω της υπερβολικής λίπανσης, όπως γίνεται στο έδαφος και στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα.

Η εφαρμογή της υδροπονικής αυτής μεθόδου στη γεωργία, εκτός από μία αρχική περίοδο επέκτασής της, τα τελευταία δέκα (10) χρόνια βαίνει συνεχώς μειωμένα, με εξαίρεση την καλλιέργεια μικρών φυλλωδών λαχανικών, όπως το μαρούλι και το γογγύλι. Η αξία του όμως σαν πειραματική μέθοδος για έρευνα σε θέματα διατροφής των φυτών (και όχι μόνο) θα παραμείνει αδιαμφισβήτητη και στο μέλλον.

γ. αεροπονία: η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς τη χρήση υποστρώματος. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Η ύπαρξη και ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων είναι δυνατή, είναι όμως αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων.

δ. επιδαπέδια υδροπονία (plant plane hydroponics): αρχικά το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδωθεί επιμελημένα, ώστε να μην υπάρχουν κοιλότητες και να αποκτήσει μία κλίση γύρω στο 1:50 έως 1:75. Στη συνέχεια, το έδαφος καλύπτεται σε όλη του την επιφάνεια με φύλλο πλαστικό πολυαιθυλενίου πάνω από το οποίο επιστρώνεται ένα λεπτό φύλλο από ένα απορροφητικό υλικό με τριχοειδής ιδιότητες. Το

απορροφητικό φύλλο σκεπάζεται από πάνω σε όλη του την επιφάνεια με ένα κάλυμμα από ασπρόμαυρο πλαστικό πολυαιθυλένιο, με τη λευκή πλευρά από πάνω, ώστε να αντανakλά μέρος του ηλιακού φωτός που πέφτει πάνω του. Στη συνέχεια ανοίγονται μικρές τρύπες κατά μήκος νοητών γραμμών, όπου θα τοποθετηθούν τα σπορόφυτα, σε αποστάσεις ανάλογες με την πυκνότητα φύτευσης που επιδιώκεται, διαβρέχεται το απορροφητικό υλικό με θρεπτικό διάλυμα. Μία σειρά από σωλήνες παροχής του θρεπτικού διαλύματος στην ανώτερη άκρη του θερμοκηπίου εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

Το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται, όταν φθάνει στην ταχύτερη πλευρά του θερμοκηπίου, οπότε η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα ή να απορρέει και να χάνεται στο έδαφος, οπότε η εγκατάσταση λειτουργεί ως ανοιχτό σύστημα.

Μολονότι μέχρι σήμερα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην καλλιεργητική πράξη, δεν έχει εξαπλωθεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα.

### 1.3.2 Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα

α. **καλλιέργεια σε άμμο (sand culture):** συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρων/φυτό. Εναλλακτικά μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, εφόσον έχει πρώτα ισοπεδωθεί το έδαφος του και έχει επικαλυφθεί με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου που φέρνει ανοίγματα αποστράγγισης ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια. Τα

φυτά τροφοδοτούνται μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά. Αυτό συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υπόστρωμα υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται, το οποίο γίνεται εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

**β. καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture):** το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των κόκκων που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού. Γι' αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Η τεχνική της εγκατάστασης μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι σε γενικές γραμμές ανάλογη με αυτή που ακολουθείται στις καλλιέργειες σε άμμο. Ανάλογα επίσης με της άμμου είναι και τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις υδροπονικές καλλιέργειες σε χαλίκι. Σαν μειονέκτημα, εκτός από την έλλειψη ικανότητας συγκράτησης νερού, πρέπει ακόμη να αναφερθεί και το υψηλό ειδικό βάρος, το οποίο καθιστά την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολη και επίπονη, άρα και αρκετά δαπανηρή διαδικασία.



γ. **καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη:** ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το μέγεθος των κόκκων που συνίσταται για υδροπονία είναι 3-5 mm. Ποσότητα 4-5 λίτρων/φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων καρποδοτικών κηπευτικών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους, είτε σε γλάστρες, είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί χύδην μέσα σε υδρορροές, οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι η προβλάστηση των σποροφύτων σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτηση τους κατά την μεταφύτευση πάνω στους σάκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Η παρασκευή και παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη φορά, γιατί οι κόκκοι του θρυμματίζονται. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί η θρέψη να είναι ενδεδειγμένη. Το μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του.

δ. **καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο:** το μέγεθος των κόκκων για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες που προτιμάται είναι 4-8 mm. Η διάρκεια ζωής του σαν υπόστρωμα καλλιέργειας είναι πολύ μεγάλη. Έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και αέρα. Τα μόνα μειονεκτήματά του είναι το σχετικά υψηλό κόστος του και η αναγκαιότητα καθαρισμού και απολύμανσης κάθε χρόνο πριν από κάθε νέα καλλιέργεια.

Η καλλιεργητική τεχνική που ακολουθείται και ο όγκος υποστρώματος/φυτό είναι σε γενικές γραμμές όμοια με αυτή του περλίτη.

### 1.3.3 Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα

α. **καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα:** ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό. Η καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα είναι η πλέον διαδεδομένη υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας σήμερα. Η μεγάλη της εξάπλωση κατ' αρχήν οφείλεται στην ύπαρξη πετροβάμβακα σε αφθονία στις χώρες, που πρώτες αναγκάστηκαν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία για εμπορική καλλιέργεια κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών σε μεγάλη κλίμακα. Εξίσου σπουδαίο ρόλο έπαιξαν βέβαια και οι άριστες ιδιότητες του πετροβάμβακα, που τον καθιστούν ιδεώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.

Η άριστη συμπεριφορά του πετροβάμβακα ως υπόστρωμα καλλιέργειας οφείλεται:

- i) στη υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που τον χαρακτηρίζει, σε συνδυασμό με την επίτευξη άριστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού στο πορώδες του.
- ii) στο γεγονός ότι το νερό που συγκρατεί ο πετροβάμβακας είναι σχεδόν στο σύνολό του εύκολα διαθέσιμο για τα φυτά, πράγμα που δεν συμβαίνει με τα περισσότερα άλλα υποστρώματα.
- iii) στην χημική του αδράνεια (χημικά συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανόργανων στοιχείων) που δίνει τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να καθορίζει και να ελέγχει πλήρως την θρέψη των φυτών που αναπτύσσονται πάνω του μέσω της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος.

- iv) στην πλήρη απουσία παθογόνων, ζωικών εχθρών και ζιζανίων σε οποιαδήποτε μορφή μέσα στη μάζα του (χάρης στον τρόπο παρασκευής του), με συνέπεια να παρέχεται αποτελεσματική προστασία της καλλιέργειας από ζιζάνια και ασθένειες εδάφους.
- v) στην δυνατότητα που υπάρχει να καθορίζεται εύκολα, όχι μόνο ο όγκος που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά και το σχήμα του (πλάκες, κύβοι, κλπ.), χωρίς να εξαρτάται κανείς από τα υλικά συσκευασίας του (σάκοι, κλπ.) ή υποδοχής του στον χώρο του θερμοκηπίου (γλάστρες, φυτοδοχεία διαφόρων τύπων κλπ.)

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται σε μορφή πλακών, διαστάσεων ανάλογων με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5\*15\*100 cm, ενώ για τα ανθοκομικά φυτά οι διαστάσεις είναι τελείως διαφορετικές από είδος σε είδος.

**β. καλλιέργεια σε πλάκες υαλοβάμβακα:** ο υαλοβάμβακας είναι παρεμφερές υλικό με τον πετροβάμβακα. Όπως ο πετροβάμβακας, έτσι και ο υαλοβάμβακας, παράγεται από φυσικές πρώτες ύλες (χαλαζιακή άμμος) μετά από θερμική επεξεργασία σε  $\theta = 1400^{\circ} \text{C}$  και χρησιμοποιείται κυρίως σα μονωτικό υλικό.

Η χρήση του υαλοβάμβακα ως υπόστρωμα καλλιέργειας μέχρι σήμερα δεν έχει εξαπλωθεί ιδιαίτερα. Οι λόγοι σχετίζονται κυρίως με το κόστος παραγωγής του, το οποίο είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό του πετροβάμβακα. Λόγω του πολύ μικρού ειδικού βάρους του ο υαλοβάμβακας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερες από 1-2 καλλιεργητικές περιόδους (οι κατασκευαστές του τον συνιστούν ως υπόστρωμα μιας χρήσης). Ως υπόστρωμα μιας χρήσεως διαθέτει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως η αποφυγή απολύμανσης στις επόμενες

καλλιεργητικές περιόδους και η σιγουριά για την ποιότητα και την καλή κατάσταση του υποστρώματος.

#### 1.3.4 Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών

Το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη.

Η τύρφη είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρότοπους.

α. η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη μορφή και θεωρείται καλύτερης ποιότητας από τη μαύρη, γιατί η δομή της είναι αρκετά σταθερή, με συνέπεια η αποσύνθεσή της να λαμβάνει χώρα με αργούς ρυθμούς. Έχει εκτεταμένο πορώδες, 90-95% του όγκου της, με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων, με συνέπεια να διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στη φυτική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των καλλοειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5-4). Γι' αυτό η ξανθιά τύρφη πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους είτε αμιγής είτε σε μείγμα με άλλα υλικά, θα πρέπει απαραίτητα να αναμειγνύεται με μία μικρή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) σε ποσότητα 4-6  $\text{Kgr/m}^3$  για τη ρύθμιση του pH της.

β. η μαύρη τύρφη βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης από την ξανθιά τύρφη και γι' αυτό δεν έχει τόσο σταθερή δομή. Σε σύγκριση με την ξανθιά τύρφη έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος

και πιο περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα να είναι μικρότερη. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι πολύ μεγάλη.

γ. άλλα οργανικά υλικά, που έχουν κατά καιρούς δοκιμασθεί και χρησιμοποιηθεί ως υποστρώματα υδροπονίας, είναι το πριονίδι, το πυρηνόξυλο, αλεσμένα φύλλα ορισμένων δένδρων (ελιάς, κωνοφόρων), φλοιοί δένδρων, αλεσμένες κληματίδες αμπελιών, άχυρο κλπ.

Κανένα όμως από τα προαναφερθέντα υλικά δεν είναι χημικά αδρανές και γι' αυτό κατά την κατάρτιση της σύνθεσης θρεπτικών διαλυμάτων, που προορίζονται για καλλιέργειες σε οργανικά υποστρώματα, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σύσταση των υλικών αυτών σε διαθέσιμα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία. Εκτός αυτού, τα περισσότερα από τα υλικά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά υποστρώματα καλλιέργειας, δεν έχουν αρκετά ικανοποιητική συμπεριφορά, όσον αφορά τη συγκράτηση νερού και αέρα, οπότε οι αναλογίες στερεά:υγρή:αέρια φάση που προκύπτουν μετά τη διαβροχή τους, συχνά δεν είναι ευνοϊκές για τα φυτά. Τέλος, ένα άλλο μειονέκτημα, που αφορά αρκετά από τα παραπάνω υλικά, είναι ότι τα περισσότερα από αυτά πρέπει πρώτα να υποστούν βιολογική αποδόμηση, γνωστή και ως χουμοποίηση, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποστρώματα καλλιέργειας. Διαφορετικά υφίσταται κίνδυνος φυτοτοξικότητας λόγω ζύμωσης τους και συνεπακόλουθης αύξησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών πάνω τους.

Συχνά τα προαναφερθέντα οργανικά υλικά δε χρησιμοποιούνται αυτούσια ως υποστρώματα, αλλά σε μείγματα μεταξύ τους ή ακόμη συχνότερα με μείγματα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό, όπως ο περλίτης, η ελαφρότητα, ο βερμικουλίτης κλπ. Ο σκοπός της ανάμειξης

μεταξύ τους και ιδιαίτερα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό, είναι η βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους και κυρίως της υδατοπερατότητας και της αεροπερατότητας τους.

Στην πραγματικότητα το μείγμα που προκύπτει από μία τέτοια ανάμειξη αντιστοιχεί σε ένα τεχνητά παρασκευασμένο χώμα, το οποίο όμως είναι πιο ομογενές, έχει καλή δομή και αποστράγγιση και είναι απολυμασμένο. Η μόνη πραγματική ομοιότητα της καλλιέργειας σε οργανικά υποστρώματα ή μείγματα αυτών με ανόργανα υλικά με την υδροπονία είναι η μείωση του όγκου του υλικού, μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα. Γι' αυτό η χρήση του όρου υδροπονία για την περιγραφή αυτού του είδους των καλλιεργειών εκτός εδάφους είναι μάλλον αδόκιμη.

Τέλος η διάκριση των υδροπονικών συστημάτων μπορεί να γίνει επίσης και με βάση τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποδοχείς υποστρωμάτων, με βάση τον τρόπο άρδευσης και με βάση την τεχνική λειτουργία του συστήματος, εφόσον αυτή διακρίνεται από κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ή έναν ιδιαίτερο τρόπο λειτουργίας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Ως πειραματικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το παντζάρι (*beta vulgaris*), διότι αφ' ενός μεν είναι φυλλώδες λαχανικό και από προηγούμενες παρατηρήσεις έχει δείξει, ότι εμφανίζει υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στα φύλλα, αφ' ετέρου η αντίδρασή του στην αζωτούχο λίπανση είναι έντονη.

#### **2.2 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ**

Χρησιμοποιήθηκαν πέντε (5) πλαστικά ορθογώνια πλαίσια διαστάσεων 15\*15\*150 cm, τα οποία γεμίστηκαν με περλίτη. Το θρεπτικό διάλυμα τοποθετήθηκε σε πέντε (5) αντίστοιχα πλαστικά μαύρα δοχεία και η μεταφορά του στα φυτά έγινε μέσω πέντε (5) περισταλτικών αντλιών. Η άρδευση έγινε με υδροσταγονίδια και η ρύθμιση της συχνότητάς της έγινε με χρονοδιακόπτη.

#### **2.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ**

Η καλλιέργεια άρχισε την 1η Οκτωβρίου του 2001 σε υάλινο θερμοκήπιο και ολοκληρώθηκε την 1η Μαρτίου 2002.

Η σπορά του παντζαριού έγινε στις 2 Νοεμβρίου σε υπόστρωμα περλίτη και τα νεαρά φυτάρια αναπτύχθηκαν επί 1 1/2 μήνα με το βασικό θρεπτικό διάλυμα σε όλα τα πλαίσια. Στις 15 Νοεμβρίου τα φυτά εκριζώθηκαν με προσοχή. Απομακρύνθηκε ο περλίτης με νερό από το

ριζικό τους σύστημα και επαναφυτεύθηκαν σε νέο περλίτη μέσα στα αρχικά πλαίσια, τα οποία είχαν επίσης ξεπλυθεί με νερό. Ακολούθησε διαφορετική μεταχείριση ως προς την αζωτούχο λίπανση. Συγκεκριμένα:

ΠΛΑΙΣΙΟ	Συγκέντρωση Αζώτου (N) σε
	Θρεπτικό Διάλυμα 12.12 gr KNO <sub>3</sub>
A	α
B	65%*α
Γ	40%*α
Δ	15%*α
E	0

Όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν πλήρως (6 μήνες μετά τη σπορά) και αφού έγιναν οι μετρήσεις (με χρήση φορητών οργάνων στο θερμοκήπιο), εκριζώθηκαν εκ νέου και αφού ξεπλύθηκαν με απιονισμένο νερό μεταφέρθηκαν μέσα σε plastic bags στο εργαστήριο, όπου ολοκληρώθηκαν οι εργαστηριακές μετρήσεις.

## 2.4 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ακόλουθο:

Αντιδραστήρια	Στοκ συγκέντρωση	Όγκος (ml) ανά 20 lt θρεπτικού διαλύματος
KNO <sub>3</sub>	1M	120
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1M	80
MgSO <sub>4</sub>	1M	40
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1M	20
MgCl <sub>2</sub>	1M	80



Trace Elements	Quantity (mg) in 250 ml H <sub>2</sub> O
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	715
MnCl <sub>2</sub> * 4H <sub>2</sub> O	452
ZnSO <sub>4</sub> * 7H <sub>2</sub> O	55
CuSO <sub>4</sub> * 7H <sub>2</sub> O	20
NaMoO <sub>4</sub> * 2H <sub>2</sub> O	7,25

## 2.5 IN VIVO ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Επιλέχθηκαν και μαρκαρίστηκαν δέκα (10) φύλλα από δέκα (10) διαφορετικά φυτά από κάθε μεταχείριση τυχαία στο θερμοκήπιο, έχοντας ως κριτήριο τη διαβάθμιση του χρώματός τους. Στη συνέχεια έγιναν οι μετρήσεις με το φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης LCI της ADC (BioScientific Ltd. England) κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας ( $\theta=22-25$  °C) από τις 11:00 - 13:00 π.μ. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν είναι:

1. η ταχύτητα φωτοσύνθεσης σε  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ sec}$
2. η ταχύτητα διαπνοής σε  $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ sec}$
3. η στοματική αγωγιμότητα του CO<sub>2</sub>.σε  $\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ sec}$

Όπως φαίνεται παρακάτω:

a/a	A(phot)	E(trans)	gs
1.	24,05	4,1	0,19
2.	23,84	2,65	0,1
3.	32,61	4,62	0,25
4.	28,92	2,99	0,12
5.	28,52	3,56	0,16
6.	26,95	3,35	0,15

7.	30,25	4,97	0,5
8.	28,76	4,99	0,31
9.	23,96	4,67	0,27
10.	25,26	4,62	0,26
11.	27,73	5,93	0,48
12.	23,89	4,43	0,24
13.	25,92	4,15	0,21
14.	20,75	3,01	0,13
15.	19,58	3,86	0,19
16.	16,15	3,27	0,15
17.	15,04	3,39	0,16
18.	25,28	4,88	0,31
19.	25,36	4,36	0,27
20.	23,26	4,34	0,24
21.	22,39	3,33	0,17
22.	23,08	3,99	0,23
23.	11,57	3,83	0,27
24.	13,99	2,97	0,18
25.	17	3,7	0,25
26.	11,88	4,01	0,48
27.	7,33	3,03	0,19
28.	12,63	2,37	0,13
29.	10,54	3,8	0,27
30.	11,8	3,3	0,2
31.	4,65	1,95	0,09
32.	8,53	1,57	0,06
33.	7	1,42	0,06
34.	8,48	1,93	0,09
35.	13,63	2,8	0,14
36.	4,39	2,36	0,11

37.	3,77	8,8	0,08
38.	2,65	1,79	0,08
39.	7,32	1,86	0,08
40.	6		

Πίνακας 2.5.1

Επίσης μετρήθηκαν τα ίδια φύλλα με το φορητό χλωροφυλλόμετρο.

Ακολούθως, τα φύλλα αφαιρέθηκαν με τους μίσχους από τα φυτά, ξεχωρίστηκαν οι μίσχοι από τα ελάσματα, και τα δύο μέρη τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου μετρήθηκαν η συγκέντρωση  $\text{NO}_3$  στον κυτταρικό χυμό των μίσχων και η συγκέντρωση χλωροφυλλών στα ελάσματα.

## 2.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Οι μετρήσεις έγιναν αμέσως μετά τη μέτρηση της φωτοσύνθεσης στα μαρκαρισμένα φύλλα με το φορητό χλωροφυλλόμετρο SPAD-502. Από κάθε φύλλο ελήφθησαν περιμετρικά του ελάσματος πέντε (5) μετρήσεις και ο μ.ο. αυτών των μετρήσεων ελήφθη ως τελική τιμή - ένδειξη του χλωροφυλλόμετρου για κάθε φύλλο, όπως φαίνεται παρακάτω:

α/α	Μετρήσεις SPAD
1.	55,8
2.	53,7
3.	
4.	46,4

---

5.	53,7
6.	55,11
7.	49,4
8.	43,7
9.	43,6
10.	57,3
11.	42,1
12.	38,2
13.	51,6
14.	48,9
15.	48,4
16.	41,9
17.	48,7
18.	54,2
19.	54,6
20.	
21.	49,9
22.	42,7
23.	37,1
24.	51,2
25.	49,1
26.	42,2
27.	46
28.	51,7
29.	
30.	41,7
31.	33,3
32.	44,5
33.	43,4
34.	

στις (1) και (2) αντικαθιστούμε τις παρακάτω τιμές που μας έδωσε το φασματοφωτόμετρο:

α/α	A <sub>648</sub>	A <sub>665</sub>
1.	0,951	2,346
2.	0,888	2,301
3.		
4.	0,750	2,455
5.	0,957	2,382
6.	0,961	2,312
7.	0,893	2,114
8.	1,176	2,24
9.	1,277	2,486
10.	1,059	2,342
11.	0,993	1,774
12.	0,633	2,142
13.	0,809	2,101
14.	0,769	2,041
15.	0,857	1,827
16.	0,941	2,027
17.	0,948	2,097
18.	0,852	2,096
19.	0,872	2,076
20.		
21.	0,608	1,935
22.	0,708	1,922
23.	0,554	1,582
24.	0,763	1,857
25.	0,693	1,913
26.	1,864	1,864

27.	0,720	1,874
28.	0,763	2,081
29.		
30.	0,53	1,7
31.	0,185	0,409
32.	0,231	0,6
33.	0,201	0,54
34.	0,210	0,52
35.	0,221	0,623
36.	0,212	0,568
37.	0,183	0,495
38.	0,246	0,648
39.	0,211	0,572
40.	0,188	0,515

**Πίνακας 2.7.1**

έτσι από τα παραπάνω και με τη βοήθεια της (3) έχουμε:

α/α	Chl <sub>a</sub>	Chl <sub>b</sub>	Chl <sub>(a+b)</sub>
1.	29,96	6,94	36,9
2.	29,61	5,69	35,3
3.			
4.	32,6	1,04	36,95
5.	30,45	6,85	37
6.	29,39	7,47	36,35
7.	26,8	7,19	32,53
8.	26,63	13,77	40,4
9.	30,36	14,23	44,59
10.	20,43	9,74	30,17
11.	21,24	12,24	33,48

12.	28,56	8	31,63
13.	27,04	5,15	32,19
14.	26,35	4,57	30,92
15.	22,72	8,39	28,07
16.	25,26	9,06	34,32
17.	26,27	8,72	34,99
18.	26,45	6,43	32,88
19.	26,35	6,94	33,29
20.			
21.	25,6	1,25	26,85
22.	24,9	3,89	28,79
23.	20,65	2,48	23,13
24.	24,02	5,77	29,79
25.	24,85	3,58	28,43
26.	18,1	3,33	21,43
27.	25,61	4,55	29,43
28.	26,98	4,12	31,1
29.			
30.	22,53	1	23,53
31.	4,99	1,7	6,69
32.	7,72	1,48	9,2
33.	6,99	1,15	7,84
34.	6,64	1,52	8,16
35.	8,11	1,04	9,15
36.	6,54	1,22	7,76
37.	6,41	1,02	7,43
38.	8,36	1,5	9,86
39.	7,53	1,17	8,7
40.	6,68	1	7,68

Πίνακας 2.7.2

Οι παραπάνω τιμές της συνολικής χλωροφύλλης (a+b) περιέχονται σε 1 ml διαλύματος. Υπολογίζουμε πόση  $Chl_{(a+b)}$  περιέχεται σε 2,5 ml με «απλή μέθοδο των τριών».

Σε 1 ml διαλύματος περιέχονται  $Chl_{(a+b)}$   $\mu\text{gr}$

Σε 2,5 ml διαλύματος περιέχονται ;=x  $\mu\text{gr}$

$$x=2,5 * Chl_{(a+b)} \mu\text{gr} \quad (4)$$

Στη (4) αντικαθιστούμε κάθε μία από τις τιμές από τον πίνακα 2.7.2 και έτσι βρίσκουμε τη χλωροφύλλη που περιέχεται σε 2,5 ml διαλύματος:

a/a	$Chl_{(a+b)}' = Chl_{(a+b)}$ που περιέχεται σε 2,5 ml διαλύματος
1.	92,25
2.	88,25
3.	
4.	92,375
5.	92,5
6.	90,875
7.	81,325
8.	101
9.	111,48
10.	75,425
11.	83,17
12.	79,075
13.	80,475
14.	77,3
15.	70,175
16.	85,8



17.	87,475
18.	82,2
19.	80,725
20.	
21.	67,125
22.	71,975
23.	57,825
24.	74,475
25.	71,075
26.	53,575
27.	14,715
28.	77,75
29.	
30.	58,825
31.	16,725
32.	23
33.	19,6
34.	20,4
35.	22,875
36.	19,4
37.	18,575
38.	24,65
39.	21,75
40.	19,2

**Πίνακας 2.7.3**

Τέλος, για να υπολογίσουμε τη χλωροφύλλη ανά συνολική επιφάνεια δίσκων εργαζόμαστε ως εξής:

Για τα πρώτα τριάντα (30) φύλλα (1-30) έχουμε πάρει τρεις (3) δίσκους διαμέτρου 0,9 cm, συνεπώς η συνολική επιφάνεια αυτών θα είναι  $3 \cdot \pi \cdot \rho^2 = 3 \cdot 3,14 (0,9/2 \text{ cm})^2 \approx 1,91 \text{ cm}^2$ , ενώ για τα υπόλοιπα δέκα (10) φύλλα (31-40) η συνολική επιφάνεια αυτών θα είναι  $3 \cdot \pi \cdot \rho^2 = 3 \cdot 3,14 (0,5/2 \text{ cm})^2 \approx 0,59 \text{ cm}^2$ , διότι η διάμετρος των δίσκων είναι 0,5 cm.

Εφαρμόζοντας την «απλή μέθοδο των τριών» για τα φύλλα από 1-30 έχουμε:

Σε  $1,91 \text{ cm}^2$  συνολικής επιφάνειας δίσκων περιέχεται  $\text{Chl}_{(a+b)}$  μgr

Σε  $1 \text{ cm}^2$  συνολικής επιφάνειας δίσκων περιέχεται ;=y μgr

$$y = \text{Chl}_{(a+b)} / 1,91 \text{ μgr (5)}$$

Όμοια για τα φύλλα 31-40:

Σε  $0,59 \text{ cm}^2$  συνολικής επιφάνειας δίσκων περιέχεται  $\text{Chl}_{(a+b)}$  μgr

Σε  $1 \text{ cm}^2$  συνολικής επιφάνειας δίσκων περιέχεται ;=z μgr

$$z = \text{Chl}_{(a+b)} / 0,59 \text{ μgr (6)}$$

αντικαθιστώντας στις (5) και (6) τις αντίστοιχες τιμές από τον πίνακα 2.7.3 βρίσκουμε τα μgr χλωροφύλλης που περιέχονται σε  $1 \text{ cm}^2$ . Έτσι έχουμε:

a/a	μgr $\text{Chl}_{(a+b)}$ που περιέχονται σε $1 \text{ cm}^2$ επιφάνειας
1.	48,3
2.	46,2
3.	
4.	48,36
5.	48,43
6.	47,57
7.	42,58

8.	52,88
9.	58,36
10.	39,5
11.	43,82
12.	41,4
13.	42,13
14.	40,47
15.	36,75
16.	45,15
17.	45,79
18.	43,03
19.	42,26
20.	
21.	35,14
22.	37,68
23.	30,27
24.	38,99
25.	27,21
26.	28,05
27.	7,07
28.	40,71
29.	
30.	30,79
31.	28,34
32.	38,98
33.	33,22
34.	34,57
35.	38,77
36.	32,88
37.	31,48

38.	41,77
39.	36,86
40.	32,54

**Πίνακας 2.7.4**

## 2.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ( $\text{NO}_3^-$ )

Για τη μέτρηση των  $\text{NO}_3^-$  χρησιμοποιήθηκε ο κυτταρικός χυμός του μίσχου από κάθε μαρκαρισμένο φύλλο.

Συγκεκριμένα ένα μικρό μέρος του μίσχου του κάθε φύλλου τεμαχίστηκε, τοποθετήθηκε σε ειδική μηχανική πρέσα, όπου συμπιέστηκε ήπια και ο κυτταρικός χυμός, ο οποίος προέκυψε, τοποθετήθηκε σε μικροσύριγγα. Δύο (2) σταγόνες του κυτταρικού χυμού τοποθετήθηκαν πάνω σε γάζα στο ειδικό ηλεκτρόδιο του καλιμπραρισμένου οργάνου μέτρησης  $\text{NO}_3^-$  (Cardy Nitrate Meter της Horiba - Japan) και μετά από 45'' καταγράφηκε η ένδειξη του οργάνου. Η όλη πειραματική διαδικασία επαναλήφθηκε συνολικά τρεις φορές.

## 2.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΘΟΚΥΑΝΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ

Για τις ανθοκυανίνες το εκχυλιστικό μέσο είναι μεθανόλη/HCl 99/1 v/v. Τα δείγματα ομογενοποιήθηκαν σε 5 ml διαλύματος methyl/HCl 98/1 και μετά από φυγοκέντρηση στις 6000r/p/m για 5 min το υπερκείμενο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρησή τους φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτόμετρο SHIMADZU UV-160A. Οι ανθοκυανίνες υπολογίστηκαν από το pick απορρόφησης στην πράσινη περιοχή το οποίο ήταν στα 532 nm.

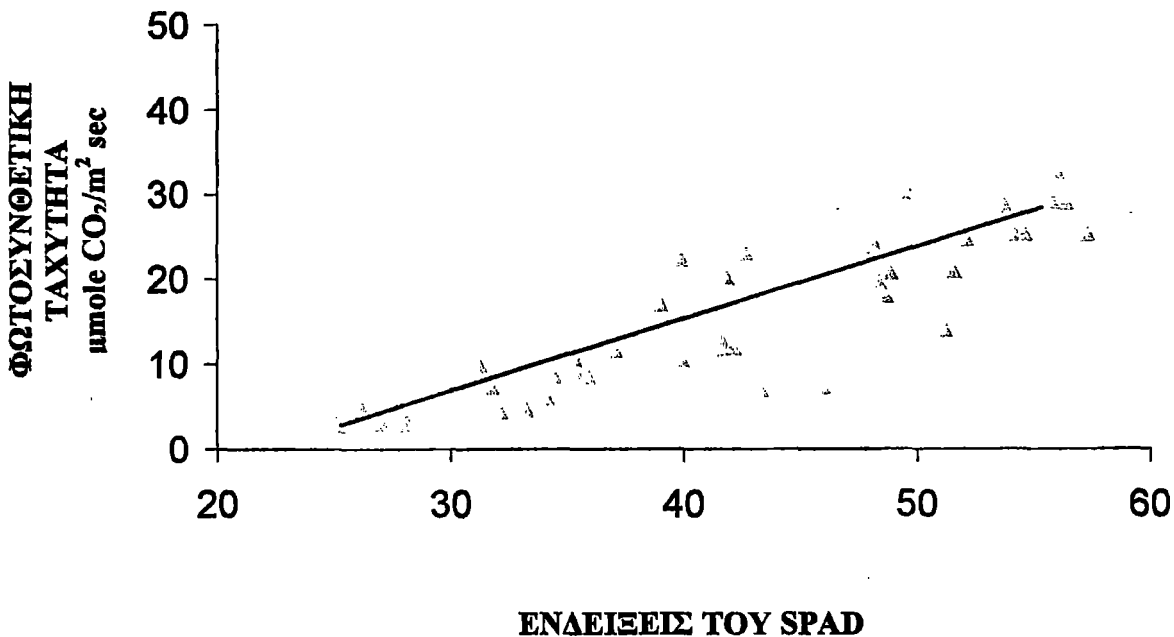
## 2.10 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΝΩΠΟΥ - ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Τα φύλλα από κάθε φύλλο αποκόπηκαν από το υπόγειο τμήμα του φυτού. Ζυγίστηκε το Νωπό Βάρος, τόσο του υπέργειου, όσο και του υπόγειου τμήματος και τοποθετήθηκαν στο φούρνο σε  $\theta=70^{\circ}$  C για 48 ώρες μέσα σε χάρτινες σακούλες. Μετά τις 48 ώρες ζυγίστηκε και το Ξηρό Βάρος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

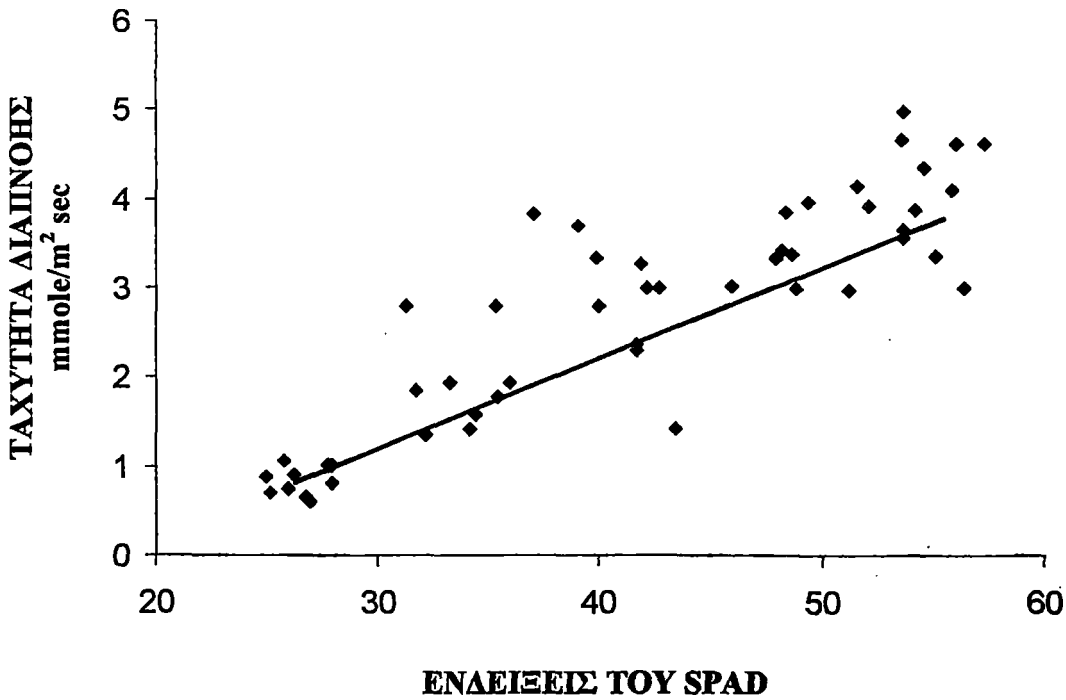
### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στις επόμενες τρεις εικόνες αποδίδεται η σχέση μεταξύ των τιμών ενδείξεων του SPAD-502 και των φυσιολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στα φύλλα του παντζαριού με το φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης (LCA της ADC).



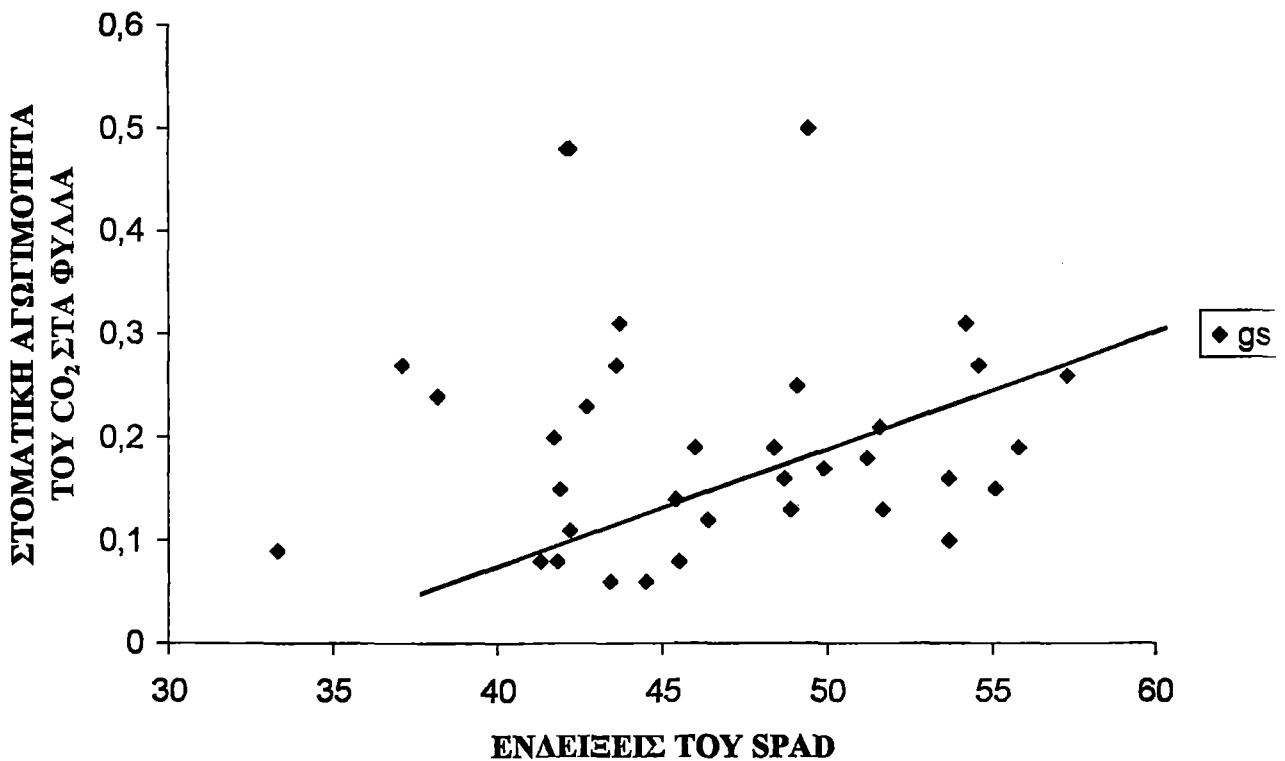
Εικόνα 3.1

Στην εικόνα 3.1 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των τιμών - ενδείξεων του SPAD-502 και των αντίστοιχων τιμών της φωτοσυνθετικής ταχύτητας που μετρήθηκε στα φύλλα του παντζαριού. Οι τιμές του SPAD-502 κυμαίνονταν από 25 για τα σχεδόν κίτρινα φύλλα έως 57,3 για τα έντονα πράσινα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας φωτοσύνθεσης από  $30,95 - 4 \mu\text{mole CO}_2/\text{m}^2 \text{ sec}$ .



Εικόνα 3.2

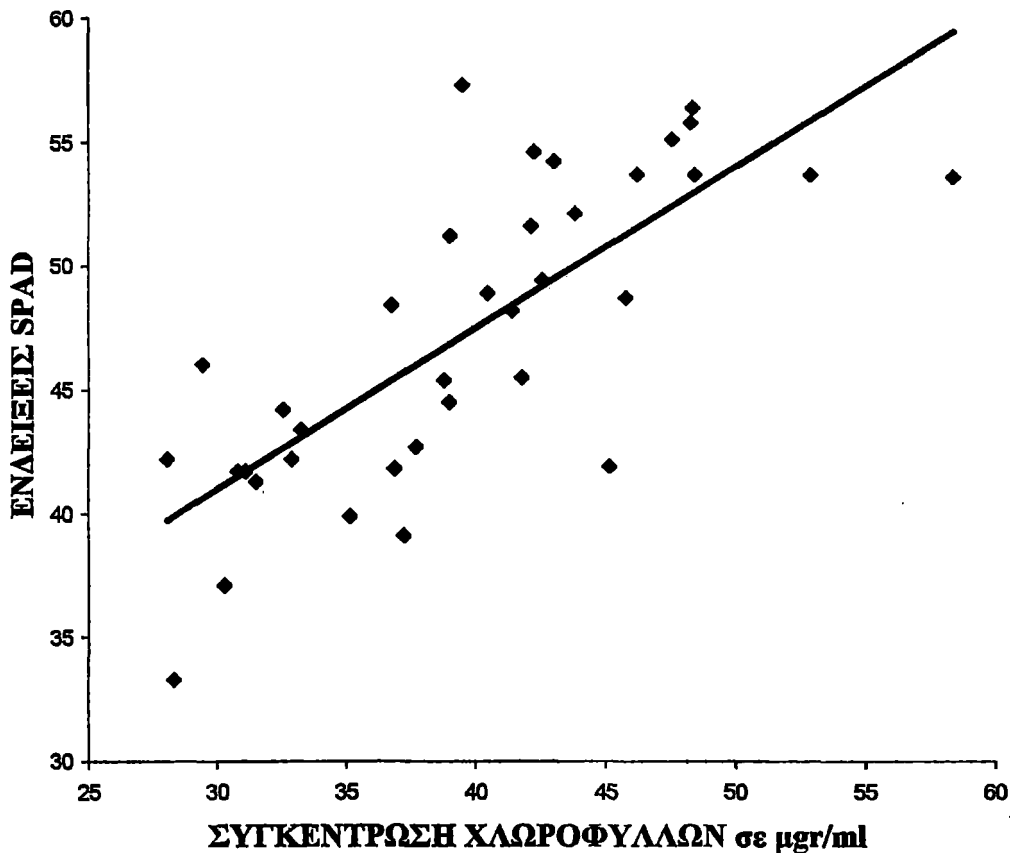
Στην εικόνα 3.2 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των τιμών - ενδείξεων του SPAD-502 και της ταχύτητας διαπνοής στα φύλλα του παντζαριού. Και εδώ η συσχέτιση είναι θετική και αποδίδεται με ευθεία εξίσωση, ενώ οι τιμές της διαπνοής κυμαίνονται από 0,6 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> sec για τα σχεδόν κίτρινα φύλλα έως 4,99 mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> sec για τα έντονα πράσινα. Αντίστοιχες τιμές του SPAD-502 από 57,3 - 25.



Εικόνα 3.3

Στην εικόνα 3.3 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των τιμών - ενδείξεων του SPAD-502 και της στοματικής αγωγιμότητας του στα CO<sub>2</sub> στα φύλλα. Είναι θετική και αποδίδεται με ευθεία εξίσωση α' βαθμού. Οι τιμές της στοματικής αγωγιμότητας κυμαίνονται από 0,02 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> sec για τα σχεδόν κίτρινα φύλλα έως 0,27 mol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> sec για τα έντονα πράσινα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του SPAD-502 από 25 - 57,3.

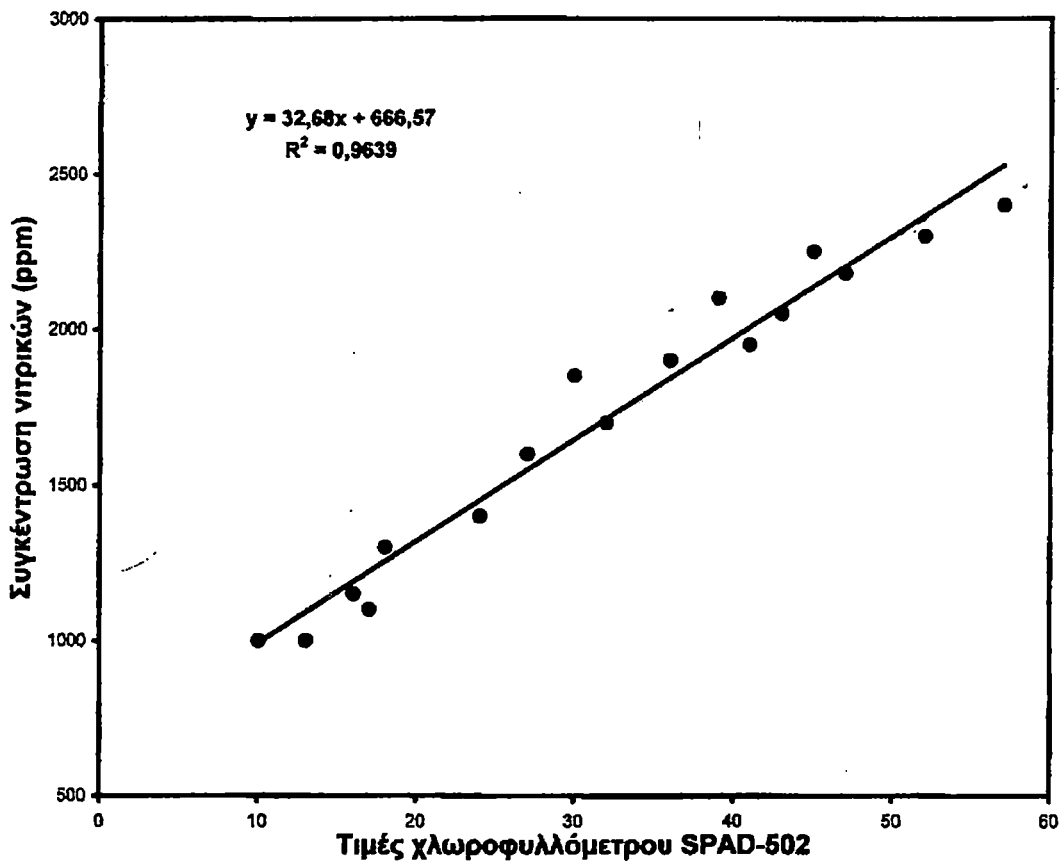




Εικόνα 3.4

Τέλος στην εικόνα 3.4 απεικονίζεται η πρότυπη καμπύλη συσχέτισης μεταξύ των τιμών - ενδείξεων του φορητού χλωροφυλλόμετρου SPAD-502 και της συγκέντρωσης των συνολικών χλωροφυλλών στα αντίστοιχα φύλλα.

Οι τιμές -ενδείξεις του SPAD-502 κυμαίνονται από 25 για τα σχεδόν κίτρινα φύλλα έως 57,3 για τα έντονα πράσινα. Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των συνολικών χλωροφυλλών κυμαίνονται από 4,63 mg/g νωπού βάρους για τα σχεδόν κίτρινα φύλλα, έως και 40,04 mg/g νωπού βάρους για τα έντονα πράσινα. Και αυτή η πρότυπη καμπύλη μας δίνει θετική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του SPAD-502 και της συγκέντρωσης χλωροφυλλών στα φύλλα και ακολουθεί ευθύγραμμη σχέση α' τάξης.



εικόνα 3.5

Στην εικόνα 3.5 απεικονίζεται η συσχέτιση των τιμών του SPAD-502 και της συγκέντρωσης  $\text{NO}_3$  στους μίσχους των φύλλων, η οποία είναι θετική και αποδίδεται με ευθύγραμμη σχέση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πρότυπη καμπύλη συσχέτισης των τιμών του SPAD-502 με τη συγκέντρωση των συνολικών χλωροφυλλών και των  $\text{NO}_3$  στα φύλλα του παντζαριού είναι σύμφωνη με παρόμοια αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που αφορούν το ολικό άζωτο σε άλλα φυτά.

Η καλλιέργεια αυτή είναι σημαντική για τους Έλληνες καλλιεργητές λαχανικών εκτός εποχής. Επιπλέον, το παντζάρι είναι κατ'εξοχήν αζωτόφιλο φυτό και αντιδρά στην αζωτούχο λίπανση και ιδιαίτερα στο νιτρικό άζωτο. Ο έλεγχος των επιπέδων των νιτρικών καθίσταται επιτακτικός, όχι μόνο όσον αφορά τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας, αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους. Αυξημένες συγκεντρώσεις  $\text{NO}_3$  στα τρόφιμα συνιστούν σοβαρή απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Επίσης, αυξημένες εισροές μέσω των  $\text{NO}_3$  λιπασμάτων στο έδαφος προκαλούν ρύπανση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Από τον Ιανουάριο του 1997 η Ε.Ε. έχει θεσπίσει ανώτατα επιτρεπόμενα όρια, τόσο στο πόσιμο νερό, όσο και στα πράσινα λαχανικά (E C Regulation No 194/97).

Από τα αποτελέσματα μας αποκαλύφθηκε επίσης υψηλή συσχέτιση μεταξύ των τιμών - ενδείξεων του SPAD-502 με τις φυσιολογικές παραμέτρους των φύλλων του παντζαριού (φωτοσύνθεση - Εικ. 3.1, διαπνοή - Εικ. 3.2 και στοματική αγωγιμότητα του  $\text{CO}_2$  - Εικ. 3.3).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Δρ Σάββας Δημήτριος, Υδροπονικές Καλλιέργειες, ΤΕΙ Καλαμάτας, 1995.

Barko, J. W., Filbin, G. J., Influences of light and temperature on chlorophyll composition in submersed freshwater macrophytes, *Aquat.Bot.* 15: 249-255, 1983

Barnes, J. D., Balaguesr, L., Manarique, E. F. E., Davison, A. W., A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll a and b in lichens and higher plants, *Environ. Exp. Bot.* 32: 85-100, 1992

G. Kapotis, G. Zervoudakis, T. Veltsistas, and G. Salaxas Comparison of Chlorophyll Meter Readings with Leaf Chlorophyll Concentration in *Amaranthus vlituw*: Correlation with Physiological Progresses *Russ. J. Of Plant Physiology* Vol. 50 No3 pp 442-444, 2003

Turner, F.T. and Jund, M.F., Chlorophyll Meter to Predict Nitrogen Topgress Requirement for Semidwarf Rice, *Agron. J.*, 1991, Vol 83, pp.926-928

Fanizza, G., Della Gatta, C., and Bagnulo, C., A Nondestructive Determinatinon of Leaf Chlorophyll in *Vitis vinifera*, *App. Biol.*, 1991.vol. 119, pp.203-205.

