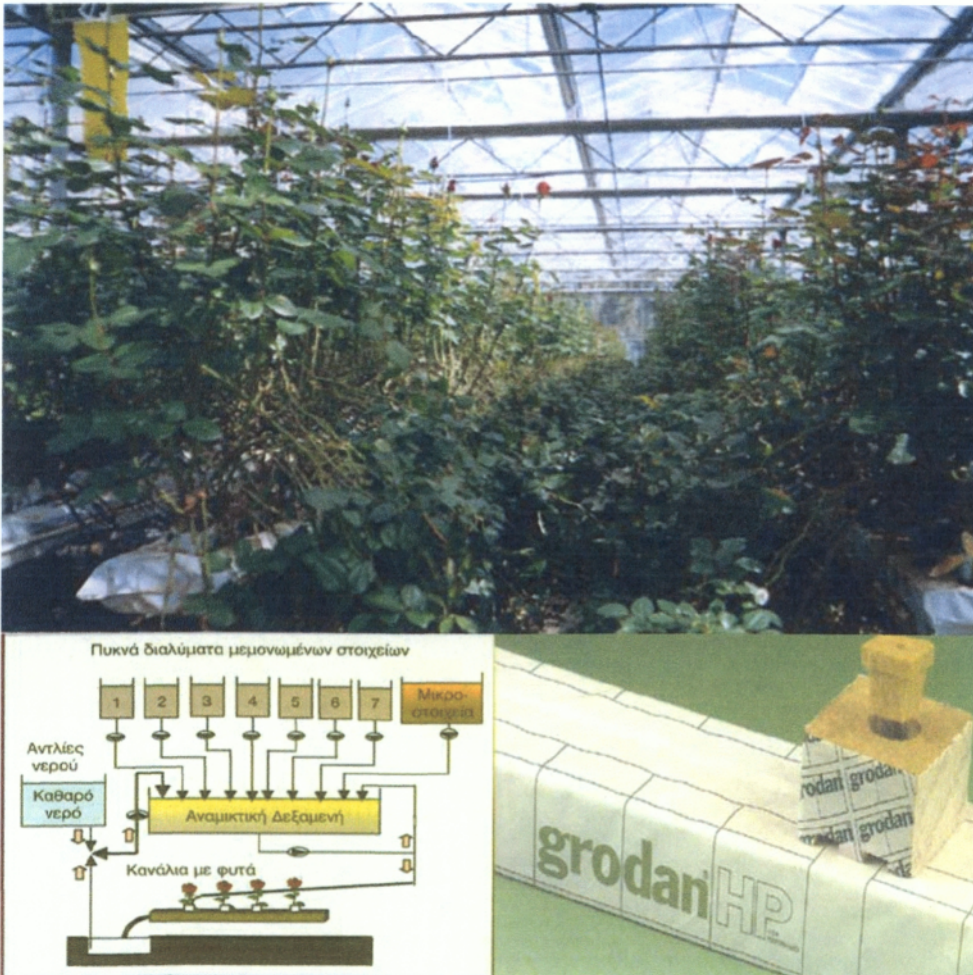


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΣΕ
ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ
ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ»



ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: κ. Δρ. Κανάκης Ανδρέας
κ. Κώτσιρας Αναστάσιος
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Καραμπάσης Μαΐστρος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΜΑΙΟΣ 2003

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι.....	4
1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	4
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	5
1.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	6
1.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	8
1.5. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	12
1.6. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	14
1.7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	16
1.7.1. Ανοικτά-Κλειστά Συστήματα.....	17
1.8. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ.....	19
1.8.1. Άρδευση Υδροπονικών Καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα.....	20
1.9. ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	23
1.10. ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	25
1.10.1. Έλεγχος ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	25
1.10.2. Έλεγχος Ph.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ.....	28
2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	28
2.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ.....	28
2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ ΠΕΡΛΙΤΗ.....	29
2.3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ COCOSOIL.....	30
2.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΑΜΜΟ.....	31
2.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΧΑΛΙΚΙ.....	31
2.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΤΥΡΦΗ.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ.....	34
3. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ.....	34
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	34
3.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	35
3.3 ΕΙΔΗ, ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ, ΥΒΡΙΔΙΑ.....	35

3.3.1	Είδη και Ποικιλίες.....	35
3.3.1.1	Θαμνώδη υβρίδια τριανταφυλλιάς.....	36
3.3.1.2	Αναρριχόμενες, Μινιατούρες, Έρπουσες και Δενδρώδεις τριανταφυλλίες.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV		39
4.	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΣΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ	39
4.1.	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ.....	39
4.1.1.	Ρύθμιση συνθηκών περιβάλλοντος θερμοκηπίου.....	39
4.1.2.	Κλάδεμα.....	40
4.1.3.	Φυτοπροστασία.....	42
4.2.	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ.....	43
4.2.1.	Περιγραφή του υποστρώματος	45
4.2.2.	Εγκατάσταση Καλλιέργειας σε Πετροβάμβακα	49
4.2.3.	Λειτουργία Υδροπονικών Συστημάτων σε Πετροβάμβακα	53
4.3.	ΛΙΠΑΝΣΗ - ΘΡΕΨΗ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠV.....		58
5.	ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ¹	58
5.1.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	58
5.2.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	58
5.3.	ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	59
5.4.	ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	60
5.5.	ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	62
5.5.1.	Συμπλήρωση με προεπιλεγμένη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού.....	63
5.5.2.	Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού.....	65
5.5.3.	Συμπλήρωση με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία έγχυσης λιπασμάτων.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠIV.....		68
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.....		70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.....		74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		76

¹ 19^η Επιστημονική συνεδρίαση Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών. 26-28 Οκτωβρίου 1999, Ηράκλειο Κρήτης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι να περιγραφεί η υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε υπόστρωμα Πετροβάμβακα σε κλειστά (Ανακυκλούμενα) συστήματα, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας αυτών. Συγκεκριμένα γίνεται εκτενής αναφορά στα Υδροπονικά συστήματα, στην καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε υπόστρωμα Πετροβάμβακα και στην ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος (κλειστά συστήματα).

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που με βοήθησαν να ολοκληρώσω με τον δυνατόν καλύτερο τρόπο την συγγραφή της εργασίας μου. Συγκεκριμένα,

- Τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ. Δρ. Κανάκη Ανδρέα και κ. Κώτσιρα Αναστάσιο για τις υποδείξεις και τις οδηγίες τους καθώς επίσης και για την άψογη συνεργασία μας.
- Τον κ. Σάββα Δημήτριο Καθηγητή του τμήματος Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του Τ.Ε.Ι. Ηλείου, για το πλούσιο υλικό που μου παραχώρησε για την Ανακύκλωση των θρεπτικών διαλυμάτων.
- Τον κ. Χουδάλη Τάκη αποκλειστικό αντιπρόσωπο της εταιρίας εξοπλισμών θερμοκηπίων και υδροπονικών συστημάτων DGT Volmatic για το πολύτιμο υλικό που μου παραχώρησε.
- Τους κύριους Χουδάλη Γεώργιο και Χουδάλη Σωτήριο Ανθοπαραγωγούς, για τις υποδείξεις και τις γνώσεις τους που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια της εξάμηνης Πρακτικής μου Άσκησης στην επιχείρησή τους, καθώς επίσης και για το φωτογραφικό υλικό που περιλαμβάνεται στην εργασία μου, το οποίο προέρχεται από την επιχείρησή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο υδροπονική καλλιέργεια (hydroponics), εννοείται η εκτός εδάφους καλλιέργεια, που πραγματοποιείται σ' ένα υγρό μέσο, το οποίο παρέχει στο φυτό όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξή του θρεπτικά στοιχεία (Gericke's καλλιέργειες).

Κατ' επέκταση, ο όρος αυτός όπως και ο Dantyan προτείνει, χρησιμοποιείται για όλες τις κατηγορίες των εκτός εδάφους ή χωρίς έδαφος καλλιεργειών, δεδομένου ότι κοινό γνώρισμα όλων ανεξαρτήτως αυτών των καλλιεργειών, είναι η διοχέτευση κάποιου θρεπτικού διαλύματος στο τεχνητό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται ανεξάρτητα από τη μορφή και τη σύσταση του τελευταίου.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορα σχήματα ταξινόμησης των εκτός εδάφους καλλιεργειών, με βάση το υπόστρωμα, τον τρόπο χορήγησης του θρεπτικού διαλύματος, τον αριθμό και το είδος των φάσεων που συμμετέχουν κ.τ.λ.

Με βάση την πρόταση του Dantyan, για την ταξινόμηση των υδροπονικών καλλιεργειών, ως «υπόστρωμα» δεν πρέπει να θεωρείται μόνο το στερεό υλικό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών, αλλά το σύνολο των τριών φάσεων που συμμετέχουν στη συγκρότησή του και που είναι:

- (α) το στερεό υλικό
- (β) το υδατικό διάλυμα των θρεπτικών στοιχείων και
- (γ) ο διαλυμένος μέσα σ' αυτό αέρας.

Συνεπώς, με βάση την πρόταση του Dantyan, έχουμε τις ακόλουθες μορφές υδροπονικών καλλιεργειών:

- (α) Δύο φάσεων υπόστρωμα (N.F.T): Νερό (θρεπτικό διάλυμα) με το διαλυμένο σ' αυτό αέρα.
- (β) Δύο φάσεων υπόστρωμα (αεροπονική): Αέρας και νερό (ψεκαζόμενο θρεπτικό διάλυμα)
- (γ) Τριών φάσεων υπόστρωμα: Στερεό υλικό, νερό (με τα διαλυμένα θρεπτικά στοιχεία) και αέρας.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η προσπάθεια ανάπτυξης φυτών εκτός εδάφους αρχικά προωθήθηκε από τις δυνατότητες που παρέχει αυτό το σύστημα, για τη μελέτη της θρέψης των φυτών και έχει μια ιστορία πολλών χρόνων σημαδεμένη από σημαντικές ημερομηνίες.

Η αρχή της υδροπονικής καλλιέργειας εντοπίζεται στο 17^ο αιώνα, με πρώτη γνωστή εμπειρία αυτή του Van Helmont, στα 1620, που κατόρθωσε να διατηρήσει ένα κλάδο ιτιάς μέσα σε νερό, βγάζοντας μάλιστα το συμπέρασμα ότι το νερό δημιούργησε όλη τη φυτική ύλη που παράχθηκε, σε αυτό το διάστημα, από τον κλάδο της ιτιάς. Η δοκιμασία επαναλήφθηκε το 1966 από τον Woodward. Το 1758 ο Duchame Monceau συνέχισε την ιδέα της εκτός εδάφους καλλιέργειας.

Το 19^ο αιώνα, εξαιτίας του Γάλλου Boyssingault που συνέλαβε ένα σύστημα καλλιέργειας στην άμμο, χρησιμοποιώντας και διάλυμα ανόργανων στοιχείων, τα μεγάλα ονόματα της φυσιολογίας φυτών και της γεωπονίας (de Candole, de Saussure, Liebig κ.α.) κατόρθωσαν να εξερευνήσουν σε βάθος τον τομέα της θρέψης φυτών. Οι Γερμανοί Knop και Sachs, μελέτησαν την επίδραση των διαφόρων στοιχείων στη θρέψη των φυτών.

Ενώ η νέα αυτή μέθοδος καλλιέργειας χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για επιστημονικές εργασίες, οι Αμερικάνοι ερευνητές αρχίζουν πολύ νωρίς να τη βελτιώνουν τεχνικά, ώστε να μπορέσουν να τη μεταφέρουν σε πρακτικό επίπεδο.

Το 1921 οι Pender και Adams εκτελούν δοκιμές καλλιέργειας γαρύφαλλου σε θερμοκήπιο πάνω σε πάγκους.

Το 1928 στο Σταθμό του New Jersey έφτασαν να γίνουν εμπορεύσιμα τα πρώτα ανθοκομικά προϊόντα που προέρχονταν από καλλιέργειες σε υποστρώματα χωρίς χώμα.

Το 1929 ο Gericke επιχειρεί στην Καλιφόρνια να καλλιεργήσει φυτά μέσα σε νερό και δίνει σ'αυτό το είδος της καλλιέργειας την ονομασία «υδροπονική».

Οι πρώτες επιχειρηματικές καλλιέργειες, πάνω σε άμμο και χαλίκια, πραγματοποιούνται το 1936 στο Ohio και στο νησί Wake στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου οι αμερικανοί χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές καλλιεργειών για τη διατροφή των στρατευμάτων τους στα νησιά του Ειρηνικού.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 παρατηρείται στη Γαλλία μια υπερβολική αισιοδοξία γι'αυτές τις καλλιέργειες. Η έκδοση του βιβλίου «Καλλιέργειες χωρίς χώμα» σημείωσε πολύ μεγάλη επιτυχία. Την ίδια περίοδο επίσης το INVUFLEC κάνει τις πρώτες του μελέτες πάνω σ'αυτό το αντικείμενο και κυρίως στην πραγματοποίηση μιας εγκατάσταση φτηνής και απλής σε λειτουργία. Αυτό έγινε δυνατό χάρη στην έναρξη χρησιμοποίησης του πλαστικού, σε αντικατάσταση των δοχείων από τσιμέντο, ξύλο, άσφαλο, τούβλα κ.τλ, που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε και που ήταν δαπανηρή.

Παράλληλα με τις ανωτέρω εξελίξεις στη Γαλλία σημαντικές προσπάθειες γίνονταν στη Γαλλία, Γερμανία, στις Σκανδιναβικές χώρες και στις Η.Π.Α., τελειοποιώντας όλο και περισσότερο τα συστήματα, χρησιμοποιώντας για την παρασκευή υποστρωμάτων κυρίως την τύρφη, τον περλίτη και το βερμικουλίτη.

Το 1955 με την ευκαιρία του 19^{ου} Συνεδρίου Φυτολογίας στο Scheveningen, όλοι οι ερευνητές που ασχολούνταν με την υδροπονία συμφώνησαν για την ίδρυση του International Working Group on Soilless Culture (I.W.G.S.C.), έδρα του οποίου ορίστηκε το Naaldwijk και είχε ως αντικείμενο τη διαπραγμάτευση των ερωτημάτων της υδροπονίας σε διεθνή κλίμακα και την επίσπευση της διαδικασίας για την εφαρμογή των ως τότε αποκτηθείσων γνώσεων, με την αμοιβαία ανταλλαγή πειραματικών αποτελεσμάτων και τη συναρμογή των δοκιμαστικών προγραμμάτων.

1.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Παρόλη την εξέλιξη της επιστήμης, στον τομέα της θρέψης φυτών, που επιτρέπει και προωθεί την πραγματοποίηση και εξέλιξη καθαρά υδροπονικών καλλιεργειών, όπως αυτής του Ν.Φ.Τ. και της αεροπονίας, σε επιχειρηματική πλέον βάση, τα είδη αυτά της καλλιέργειας δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένα, ανεξαρτήτως των πολλά υποσχόμενων αποδόσεών τους, που αφορούν τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Αντίθετα, οι υδροπονικές καλλιέργειες που πραγματοποιούνται με τη χρήση διαφόρων στερεών υποστρωμάτων, όλο και περισσότερο επεκτείνονται, αντικαθιστώντας τις όλο και περισσότερο προβληματικές κλασσικές καλλιέργειες εδάφους, ή αξιοποιώντας περιοχές που οι κλασσικές καλλιέργειες είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν.

Η επέκταση του συστήματος αυτού, είναι αφ' ενός αποτέλεσμα ορισμένων βασικών πλεονεκτημάτων του έναντι των κλασικών καλλιεργειών εδάφους, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αλλά και αποτέλεσμα του μικρότερου συγκριτικά κόστους εγκατάστασής του, σε σχέση με τα δύο προηγούμενα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας.

Επιπλέον το είδος αυτό υδροπονικής καλλιέργειας είναι «περισσότερο ανθεκτικό» σε κάποια απρόβλεπτα τεχνικά προβλήματα (προσωρινή διακοπή ηλεκτροδότησης, έλλειψη νερού κ.τ.λ.).

Σε γενικά επίπεδα όμως, η υδροπονική καλλιέργεια φυτών έχει γίνει δημοφιλής σε πάρα πολλές περιοχές του κόσμου. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία, περίπου 6.000 στρέμματα κατά την περίοδο 1981-1982 έφτασαν πάνω από 70.000 στρέμματα κατά το 1991-1992.

Πίνακας 1. Η καλλιεργούμενη έκταση στις χώρες ανά τον κόσμο σήμερα κατ' εκτίμηση του ISOSC.

Χώρα	Έκταση (στρέμματα)
Ολλανδία	70,000
Μ. Βρετανία	8,000
Ιταλία, Βέλγιο, Δανία	5,000
Ιαπωνία	90,000
Αυστραλία	4,000
Καναδάς	3,000
Ισραήλ	3,500

Η συνολική έκταση σε όλο τον κόσμο εκτιμάται ότι είναι λίγο μικρότερη από 200.000 στρέμματα και αναφέρεται, κυρίως, σε καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool), σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (N.F.T.) και σε καλλιέργεια σε σάκους τύρφης. Επίσης άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε σημαντικό βαθμό είναι η καλλιέργεια σε άμμο (π.χ. στο Ισραήλ), σε πριονίδι (π.χ. στον Καναδά), σε σάκους περλίτη (κυρίως στην Αγγλία,

Ιταλία και Ελλάδα). Κατά περίπτωση γίνεται επίσης καλλιέργεια σε χαλίκι χαμηλής διαμέτρου (φυσικό ή τεχνητό).

Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι σήμερα καλλιεργούνται περί τα 1.000 στρ., το μεγαλύτερο μέρος από τα οποία (το 75%) αφορά καλλιέργεια κηπευτικών και λιγότερο ανθοκομικές καλλιέργειες, σε υποστρώματα πετροβάμβακα - και περλίτη κυρίως, ενώ υπάρχουν και υδροπονικές καλλιέργειες σε άλλα υποστρώματα (coco soil κ.α.) ή σε Ν.Φ.Τ. Οι εκτάσεις είναι προς το παρόν πολύ περιορισμένες σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες.

1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

1. Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.). Πρέπει βέβαια να διευκρινισθεί ότι προβλήματα με ορισμένα μεταδιδόμενα μέσω του εδάφους παθογόνα, όπως το πύθιο, η φυτόφθορα, το φουζάριο, κ.λπ. δεν είναι απίθανο να εμφανισθούν ακόμη και στις υδροπονικές καλλιέργειες, μολονότι η πιθανότητα είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Συνήθως όμως τέτοια προβλήματα στην υδροπονία μπορούν να εμφανισθούν μόνο όταν η απομόνωση του υποστρώματος ή του θρεπτικού διαλύματος από το έδαφος του θερμοκηπίου δεν είναι πλήρης (όχι καλή κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φύλλο) ή όταν το νερό άρδευσης είναι έντονα μολυσμένο με κάποιο παθογόνο.
2. Εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του, δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών. Παράλληλα, μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών.

3. Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.). Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιο ριζική και πιο αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την ανάπλαση του προβληματικού εδάφους.
4. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα (ηλεκτρική αγωγιμότητα πάνω από 1-1,5 dS/m). Στις περιπτώσεις αυτές η υδροπονία είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχημένης αντιμετώπισης του προβλήματος. Πρέπει όμως να διευκρινισθεί ότι, όταν υφίσταται πρόβλημα υπερβολικά υψηλής αλατότητας του νερού άρδευσης, λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Αντίθετα, τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στα οποία εφαρμόζεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα όταν η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα άλατα είναι υψηλή και συνεπώς σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η υιοθέτησή τους.
5. Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο. Όπως είναι γνωστό, η εξάτμιση νερού συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργείται υδροπονικά όμως, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι καλυμμένο με πλαστικά φύλλα. Συνεπώς οι ανάγκες σε ενέργεια για την θέρμανση του αέρα μειώνονται. Εκτός όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ελαχιστοποίησης της εξάτμισης νερού από το έδαφος, μειωμένες δαπάνες για θέρμανση προκύπτουν και από το γεγονός ότι η καλλιέργεια παύει να εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους του θερμοκηπίου. Γενικά, η διατήρηση της θερμοκρασίας του εδάφους του θερμοκηπίου σε ικανοποιητικά επίπεδα τον χειμώνα είναι δύσκολη και απαιτεί την διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στον εναέριο χώρο ή (εναλλακτικά) την εγκατάσταση επιδαπέδιου ή υπόγειου συστήματος θέρμανσης του εδάφους. Στην υδροπονία αντίθετα, οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων ή των θρεπτικών

διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα είναι τοποθετημένα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το χώμα. Κατά συνέπεια, η ανύψωση της θερμοκρασίας στον χώρο του ριζοστρώματος μπορεί να επιτευχθεί γρηγορότερα κατά την διάρκεια της ημέρας και με χαμηλότερη δαπάνη για καύσιμα.

6. Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική προώθηση. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στον χώρο του ριζοστρώματος όταν τα φυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.
7. Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μία σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική του σύστημα, η δομή του, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα, κ.λπ. αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμία επίδραση στην καλλιέργεια, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πολύ πιο εύκολη.
8. Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, κ.λπ.) με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη όταν το θερμοκήπιο αξιοποιείται όλο τον χρόνο με περισσότερες από μία καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος (π.χ. διαδοχικές καλλιέργειες μαρουλιού, χρυσανθέμων, κ.λπ.).
9. Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό

αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. Σύμφωνα με μαρτυρίες αρκετών ερευνητών που έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό, οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες, συγκρινόμενες με καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα σε γόνιμα, καλής ποιότητας εδάφη. Όταν όμως το έδαφος του θερμοκηπίου παρουσιάζει προβλήματα, όπως εδαφογενείς ασθένειες, κόπωση λόγω μονοκαλλιέργειας, χαμηλή γονιμότητα, αλατότητα, κ.λπ., τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην υδροπονία είναι υψηλότερη και όχι σπάνια μπορούν να ληφθούν διπλάσιες αποδόσεις.

10. Η αριστοποίηση της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μίας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη εκτεθεί πιο πάνω, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες καλλωπιστικά φυτά να είναι καλύτερης ποιότητας (μεγαλύτερο μέγεθος, καλύτερο χρώμα φυλλώματος, αύξηση του χρόνου διατήρησης των ανθέων, κ.λπ.)
11. Τέλος, τελευταίο στη σειρά αναφοράς αλλά όχι και σε σπουδαιότητα πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρη στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μην διαφεύγουν κάποιες ποσότητες στο περιβάλλον και το επιβαρύνουν. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος, με συνέπεια να μολύνεται εξαιτίας της έκπλυσης ενός μέρους των λιπασμάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα κυρίως με τα αζωτούχα λιπάσματα, τα οποία είτε είναι είτε μετατρέπονται στο έδαφος σε νιτρικά άλατα με συνέπεια η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά να αυξάνεται πάνω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια και να δημιουργούνται κίνδυνοι για την δημόσια υγεία. Στις περιπτώσεις αυτές, η καλλιέργεια των φυτών θερμοκηπίου σε κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η μόνη λύση η οποία μπορεί να παράσχει αποτελεσματική προστασία στο πόσιμο νερό χωρίς να καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή περιορισμών στην καλλιέργεια φυτών με υψηλές λιπαντικές απαιτήσεις, όπως είναι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

1.5 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

1. Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό. Το κόστος αυτό συνίσταται κυρίως στην δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και στα έξοδα προμήθειας του υποστρώματος καλλιέργειας (εφόσον χρησιμοποιείται υπόστρωμα). Το καθαρό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μίας υδροπονικής μονάδας είναι βέβαια χαμηλότερο από το άθροισμα των παραπάνω δαπανών, δεδομένου ότι παράλληλα εξοικονομούνται τα έξοδα προετοιμασίας, κατεργασίας και απολύμανσης του εδάφους. Επιπλέον, ένα σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος είναι απαραίτητο και στις καλλιέργειες εδάφους για την εφαρμογή υδρολίπανσης.
2. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες. Στην προκειμένη περίπτωση, σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος η υδροπονία χαρακτηρίζεται από ταχύτερη αντίδραση σε ορισμένους καλλιεργητικούς χειρισμούς, ιδιότητα η οποία άλλοτε μεν αποτελεί πλεονέκτημα (όταν πρόκειται για επιθυμητούς χειρισμούς που αποσκοπούν σε συγκεκριμένο θετικό αποτέλεσμα) άλλοτε δε μειονέκτημα (όταν πρόκειται για λανθασμένους ή άστοχους χειρισμούς).
3. Η εφαρμογή υδροπονίας σε μία θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο. Η ισχύς αυτής της προϋπόθεσης είναι σχετική, δεδομένου ότι όταν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποστήριξη από ειδικευμένο σύμβουλο-γεωπόνο, η εφαρμογή υδροπονίας είναι δυνατή ακόμη και από έναν επιμελή αγρότη με στοιχειώδες επίπεδο γραμματικών γνώσεων.
4. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Στην πράξη βέβαια ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός. Από την πρακτική εμπειρία όσο και από σχετικά πειράματα έχει αποδειχθεί ότι ακόμη και αν μολυνθούν κάποια φυτά η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται εφόσον αυτά

απομακρυνθούν αμέσως από την υδροπονική εγκατάσταση. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος (σπόρια, κ.λπ.) μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών εφόσον δεν συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λπ. Άλλωστε η έγκαιρη εφαρμογή ενός ριζοποτίσματος αμέσως μόλις διαγνωσθεί έστω και σε ένα μόνο φυτό ασθένεια, συνήθως μειώνει ακόμη περισσότερο τις πιθανότητες μίας εκτεταμένης προσβολής λόγω μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Παρόλα αυτά, ο κίνδυνος γρήγορης εξάπλωσης τυχόν μολύνσεων δεν θα πρέπει να αγνοείται και γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις που λειτουργεί κλειστό υδροπονικό σύστημα, το διάλυμα που συλλέγεται ως απορροή μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης, πριν ανακυκλωθεί, είναι σκόπιμο να απολυμαίνεται.

5. Ορισμένοι παραγωγοί παραπονούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος. Είναι γεγονός ότι στην υδροπονία, ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της λίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων που χορηγούνται στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ μικρές, ενώ χορήγηση μαγνησίου συνηθίζεται και στις καλλιέργειες εδάφους, ιδιαίτερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται σε μία καλλιέργεια εδάφους, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή ότι οι προστιθέμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά συν τις απώλειες μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης, κ.λπ. Επομένως, στην πραγματικότητα, οι μόνες άξιες λόγου ποσότητες λιπασμάτων που είναι αναγκαίες ειδικά στις υδροπονικές καλλιέργειες, ενώ στο έδαφος εξοικονομούνται, είναι αυτές που αφορούν τα λιπάσματα ασβεστίου (κατά κανόνα υδατοδιαλυτό νιτρικό ασβέστιο). Όμως και οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται, συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες γιατί, στις περισσότερες περιπτώσεις, το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων περιέχει

ασβέστιο σε σημαντικές συγκεντρώσεις. Στην πραγματικότητα, υπαρκτό πρόβλημα υπερβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι αρκετά περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς, το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας.

1.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Μόνο όταν εκπληρώνεται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμη η χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος.

Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στην παροχή μηχανικής στήριξης σε αυτά. Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος, εφόσον αυτές λαμβάνουν χώρα στο θερμοκήπιο. Τα φυτά που αναπτύσσονται αρκετά σε ύψος (χρυσάνθεμο, γαρίφαλο, τριαντάφυλλο, κ.λπ.) προσδέονται και υποστυλώνονται, με συνέπεια να μην έχουν ανάγκη την στήριξη που τους παρέχει το έδαφος, ενώ τα χαμηλής ανάπτυξης (π.χ. ζέρμπερα) στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα. Επομένως, η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά.

Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα θα πρέπει να έχουν πολύ καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά

υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα, να μπορούν άμεσα να απελευθερώσουν αξιόλογες ποσότητες από αυτά όταν στον χώρο του ριζοστρώματος δημιουργούνται συνθήκες ανεπάρκειας. Τα υποστρώματα αυτά συνήθως περιέχουν οργανική ουσία είτε σε μορφή τύρφης είτε σε κάποια άλλη μορφή και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως χημικώς ενεργά υποστρώματα. Στην πραγματικότητα τα υποστρώματα αυτά υπερτερούν μόνο χάρις στην ομοιομορφία τους και στην επιλογή των πλέον κατάλληλων υλικών για την παρασκευή τους σε σύγκριση με τα περισσότερα φυσικά εδάφη. Παράλληλα όμως μειονεκτούν σε σύγκριση με το χώμα λόγω του πολύ μικρότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό. Από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται προφανές ότι η καλλιέργεια φυτών σε χημικώς ενεργά υποστρώματα κατά βάση προσομοιάζει πολύ με τις κοινές καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος με συνέπεια οι δυνατότητες αριστοποίησης της θρέψης να είναι περιορισμένες αφού όπως και στο έδαφος η θρέψη δεν είναι πλήρως ελεγχόμενη (Σάββας Δ. 1998).

Όπως είναι γνωστό, ο ρόλος του εδάφους στην θρέψη των φυτών είναι πολύπλευρος και συνίσταται τόσο στην παροχή θρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα και μέσω αυτού στα φυτά όσο και στην ρύθμιση της διαθεσιμότητας των υπάρχοντων θρεπτικών στοιχείων. Η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους οφείλεται κυρίως στην ανταλλακτική του ικανότητα η οποία του επιτρέπει να εναποθηκεύει ένα μέρος των θρεπτικών στοιχείων όταν αυτά βρίσκονται σε αφθονία και να τα απελευθερώνει ξανά όταν οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό διάλυμα μειώνονται λόγω απορρόφησης από τα φυτά ή έκπλυσης. Οι ιδιότητες αυτές του εδάφους καθιστούν τα φυτά ανεξάρτητα από την εξωτερική χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Για τα καλλιεργούμενα φυτά αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται ως ένα βαθμό ακόμη και όταν η χορήγηση λιπασμάτων στην καλλιέργεια αποκλίνει σημαντικά από τις ποσότητες που απορροφώνται από αυτή. Από την άλλη πλευρά όμως, η έντονη αυτή εξάρτηση της προσφοράς θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από το έδαφος αποτελεί μειονέκτημα για την καλλιέργεια, δεδομένου ότι λόγω της ετερογένειας του εδάφους και των δυσχερειών στην πρόβλεψη των συνθηκών περιβάλλοντος είναι δύσκολο να εκτιμηθεί πως ακριβώς θα συμπεριφερθεί αυτό από άποψη θρέψης σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Επομένως η κατάρτιση ενός ισόρροπου σχήματος λίπανσης και θρέψης της καλλιέργειας δυσχεραίνεται ενώ και η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου σχήματος λίγο ως πολύ περιορίζεται αφού η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία δεν εξαρτάται

αποκλειστικά και μόνο από τις χορηγούμενες ποσότητες λιπασμάτων αλλά και από τις εκάστοτε ιδιότητες του εδάφους. Για αυτούς τους λόγους μία άλλη προσέγγιση στην επιλογή κατάλληλων για υδροπονία υποστρωμάτων είναι αυτή η οποία απορρίπτει την ιδέα της χρησιμοποίησης ενός υλικού που θα ρυθμίζει την θρέψη των φυτών με τον ίδιο τρόπο όπως το έδαφος. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, το υπόστρωμα θα πρέπει να μην ασκεί καμιά ρύθμιση στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων στα φυτά με συνέπεια να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της θρέψης μέσω της λίπανσης και μόνο. Τα υλικά αυτά δηλαδή θα πρέπει να μην συγκρατούν αλλά και να μην αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα. Τα υλικά που χαρακτηρίζονται από μία τέτοια συμπεριφορά ονομάζονται χημικώς αδρανή υποστρώματα και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην υδροπονία.

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

- α) σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα
- β) ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- γ) ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- δ) απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- ε) εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- στ) σχετικά χαμηλό κόστος.

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH εφόσον είναι χημικά ενεργό.

Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών διεθνώς είναι ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, το κοκκόχωμα και σε μικρότερο βαθμό η διογκωμένη άργιλος, ο ζεόλιθος και η άμμος.

1.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υδροπονικών συστημάτων. Σε γενικές γραμμές, διαχωρίζονται σε ανοιχτά και σε κλειστά (ανακυκλούμενα) συστήματα.

1.7.1 Ανοικτά – Κλειστά Συστήματα

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοικτό (Σχ. 1 βλ. Παράρτημα II), όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου). Κλειστό αντίθετα καλείται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται με θρεπτικά στοιχεία και με την βοήθεια μίας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση (Σχ. 2 βλ. Παράρτημα II). Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει.

Ένας τρόπος επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος απορροής είναι η συνεχής τροφοδοσία και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, όπως π.χ. γίνεται στο σύστημα NFT. Ο δεύτερος τρόπος ανακύκλωσης αφορά υδροπονικά συστήματα στα οποία η παροχή θρεπτικού διαλύματος (πότισμα) είναι συχνή αλλά διακοπτόμενη και μικρής διάρκειας. Σε αυτού του είδους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα το διάλυμα απορροής που συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και χρησιμοποιείται ξανά. Οι ποσότητες θρεπτικού διαλύματος που απορρέουν από το ριζόστρωμα και επαναχρησιμοποιούνται αφού πρώτα συμπληρωθούν με νερό και λιπάσματα είναι τελείως διαφορετικές σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνικές ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Για παράδειγμα, σε μία καλλιέργεια τομάτας, όταν εφαρμόζεται συνεχής επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που επανακυκλοφορεί κυμαίνεται γύρω στα 200 m³ ανά στρέμμα και ημέρα ενώ όταν η άρδευση βασίζεται σε συνεχή, διακοπτόμενα ποτίσματα, το θρεπτικό διάλυμα που συλλέγεται και ανακυκλώνεται δεν υπερβαίνει τα 6-8 m³ ανά στρέμμα και ημέρα.

Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης συμβάλλει τόσο στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων όσο και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται δηλαδή για μία κατ' εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών. Η εφαρμογή ανακύκλωσης όμως εμπεριέχει κινδύνους γρήγορης εξάπλωσης μολύνσεων στην καλλιέργεια όταν το διάλυμα απορροής δεν απολυμαίνεται πριν

επαναχρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι η παστερίωση με θέρμανση, η έκθεσή του σε υπεριώδη ακτινοβολία και η αργή διήθηση μέσω άμμου. Η χρήση χημικών απολυμαντικών όπως O_3 , H_2O_2 και I_2 περικλείει κινδύνους φυτοτοξικότητας ενώ η διήθηση μέσω μικροφίλτρων παρουσιάζει προβλήματα απόφραξης.

Τα περισσότερα συστήματα υδροπονικών καλλιέργειών μπορούν να λειτουργούν τόσο ως κλειστά όσο και ως ανοιχτά. Για να λειτουργήσει όμως ως κλειστό ένα υδροπονικό σύστημα θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες εγκαταστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Εκτός από τον επιπλέον εξοπλισμό, η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος απαιτεί και διαφορετικούς χειρισμούς όσον αφορά την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικό διάλυμα και γενικά την θρέψη της καλλιέργειας. Το πρόβλημα της συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής συνίσταται στον καθορισμό των απαραίτητων ποσοτήτων νερού και πυκνών διαλυμάτων που πρέπει να προστεθούν σε αυτό ώστε το διάλυμα που θα προκύψει από αυτή την διαδικασία να έχει την επιθυμητή σύνθεση. Όπως είναι γνωστό, ο ρυθμός απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος και στάδιο ανάπτυξης του φυτού (έκταση φυλλικής επιφάνειας), τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια, κ.λπ.) που επικρατούν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, κ.λπ. Επομένως, ο όγκος θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απομακρύνεται από το ριζόστρωμα μετά την χορήγησή του στα φυτά καθώς και οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτό διαφέρουν κάθε φορά. Κατά συνέπεια, οι ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής δεν είναι σταθερές και γι' αυτό δεν μπορούν να καθορισθούν εκ των προτέρων. Σε κάθε περίπτωση όμως, για να είναι εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής, η συμπλήρωσή του με τις κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων θα πρέπει να γίνεται αυτόματα με την βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Οι στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοσθούν για την συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις αναγκαίες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται από τον διατιθέμενο εξοπλισμό και μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τρεις κατηγορίες:

1. Συμπλήρωση με προεπιλεγμένη αναλογία μείξης διαλύματος απορροής-νερού.
2. Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού.
3. Συμπλήρωση με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία έγχυσης λιπασμάτων.

1.8 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Σημαντικό στοιχείο για την υψηλή παραγωγή στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η καλή ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού. Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στο νερό επιδρά σημαντικά στη μείωση της παραγωγής ή την καθιστά αδύνατη. Υψηλή συγκέντρωση μαγανιού, ψευδαργύρου ή βορίου, έχει αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού, ενώ τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό.

Γενικά, όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιούμε, τόσο μεγαλύτερη παραγωγή μπορούμε να αναμένουμε. Νερό κατάλληλο για άρδευση στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και στην υδροπονική καλλιέργεια (όταν αποσκοπούμε σε υψηλές αποδόσεις).

Στα υπόγεια νερά βρίσκονται πάρα πολλά ιόντα, τα πιο ενδιαφέροντα όμως είναι τα: Νάτριο (Na^+), Χλώριο (Cl^-), Ασβέστιο (Ca^{++}), Μαγνήσιο (Mg^{++}), Διττανθρακικά (HCO_3^-) και Θεικά (SO_4^{--}).

Η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.) για το νερό άρδευσης είναι ένα μέσο μέτρησης της συνολικής ποσότητας των ιόντων που περιέχει. Δεν δίνει καμία ένδειξη για το ποια ιόντα βρίσκονται μέσα σ'αυτό.

Αν η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό έχει κάποια ισορροπία, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω εκτίμηση για την ποιότητα του νερού άρδευσης στο θερμοκήπιο:

Ποιότητα	E.C. mS cm^{-1} (25 $^{\circ}\text{C}$)	Na^+ mmol l^{-1}	Cl^- mmol l^{-1}
1	< 0.5	<1.5	<1.5
2	0.5-1.0	1.5-3.0	1.5-3.0
3	1.0-1.5	3.0-4.5	3.0-4.5

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες και για την άρδευση οποιασδήποτε καλλιέργειας στο έδαφος με πολύ καλά αποτελέσματα. Το

νερό ποιότητας 2 δεν συνιστάται πολύ για υδροπονικές καλλιέργειες ή για άλλες καλλιέργειες με περιορισμένο όγκο ριζικού συστήματος όπως αυτές σε γλάστρα. Το νερό ποιότητας 3 δεν είναι καθόλου κατάλληλο για ευαίσθητα φυτά στα άλατα και γι'αυτά που έχουν περιορισμένο ριζικό σύστημα².

1.8.1 Άρδευση Υδροπονικών Καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα

Στην περίπτωση των υδροπονικών καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα το κοινό τους γνώρισμα είναι το γεγονός ότι 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 υδατοϊκανότητά του. Εάν η χορηγούμενη ποσότητα νερού δεν είναι αρκετή ώστε το υπόστρωμα να φθάνει στην υδατοϊκανότητά του, υπάρχει κίνδυνος να μην επαρκεί το νερό μέχρι το επόμενο πότισμα. Αντίθετα, εάν την υπερβαίνει, η περίσσεια του χορηγούμενου διαλύματος απορρέει και εφόσον το σύστημα είναι ανοιχτό χάνεται με συνέπεια να γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων.

Αρχικά, κατά την εγκατάσταση κάθε νέας καλλιέργειας, το υπόστρωμα ποτίζεται μέχρι να φθάσει στην υδατοϊκανότητά του (Εικ.1 βλ. Παράρτημα Ι). Εφόσον σε κάθε νέα άρδευση η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε νερό επιδιώκεται να ξαναφθάσει στο επίπεδο της υδατοϊκανότητάς του, το νερό που χρειάζεται να χορηγηθεί σε κάθε πότισμα θα πρέπει θεωρητικά να είναι τουλάχιστον ίσο με την ποσότητα που καταναλώθηκε στο μεσοδιάστημα από τα φυτά. Στην πραγματικότητα βέβαια η χορηγούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος δεν θα πρέπει να είναι ακριβώς ίση με αυτή που καταναλώθηκε στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δύο αρδεύσεων αλλά κατά 15-30% υψηλότερη. Η επιπλέον αυτή ποσότητα θρεπτικού διαλύματος 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

² Μαυρογιαννόπουλος Γ., Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα, Α. Σταμιούλης, Αθήνα-Πειραιάς, 1994, σ.σ. 67, 107-110

φυτά και δεν απορροφώνται παρά σε πολύ μικρές ποσότητες από τις ρίζες τους.

Όσον αφορά τον χρόνο έναρξης μίας νέας άρδευσης πρέπει να ειπωθεί ότι τα υποστρώματα δεν θα πρέπει να αφήνονται να χάνουν περισσότερο από το 20-30% περίπου του νερού που περιέχουν πριν τους χορηγηθεί ξανά θρεπτικό διάλυμα. Αν αφεθούν θα χάσουν περισσότερο από το 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. Όπως είναι γνωστό, όταν σε ένα πορώδες μέσο όπως το έδαφος και τα υποστρώματα καλλιέργειας η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται αρκετά κάτω από την υδατοϊκανότητα, τότε το νερό γίνεται δύσκολα διαθέσιμο στα φυτά λόγω της αρνητικής πίεσης (μύζησης) που ασκεί το υπόστρωμα στο νερό. Το ακριβές ποσοστό νερού που μπορεί να χάσει ένα πορώδες μέσο πριν το εναπομείναν νερό αρχίσει να καθίσταται δύσκολα διαθέσιμο για τα φυτά εξαρτάται από τις υδατικές του ιδιότητες (μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης υγρασίας του).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για την εφαρμογή ενός ορθολογικού και οικονομικά συμφέροντος προγράμματος άρδευσης στις υδροπονικές καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα το ζητούμενο κάθε φορά είναι, η επιλογή του χρόνου έναρξης της άρδευσης και της διάρκειάς της να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε:

- α) η άρδευση να αρχίζει αμέσως μόλις το υπόστρωμα χάσει το 20-30% του νερού που περιείχε στην κατάσταση της υδατοϊκανότητάς του και
- β) η άρδευση να διαρκεί τόσο, ώστε η χορηγούμενη ποσότητα νερού στην καλλιέργεια να ξεπερνάει κατά 15-30% την ποσότητα που απαιτείται για να φθάσει το υπόστρωμα ξανά στην κατάσταση της υδατοϊκανότητάς του.

Λαμβάνοντας υπόψη την ικανότητα συγκράτησης νερού ενός υποστρώματος, την χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας του και τον διαθέσιμο όγκο υποστρώματος ανά φυτό είναι εύκολο να καθορισθεί η διάρκεια των ποτισμάτων, ώστε να ικανοποιείται η προϋπόθεση (β). Προφανώς η διάρκεια των ποτισμάτων θα πρέπει να μην μεταβάλλεται αλλά να παραμένει πάντοτε 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 την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου (Σχ. 3 βλ. Παράρτημα II), όσο

και από ημέρα σε ημέρα, δεδομένου ότι εξαρτάται κυρίως από την συνεχώς μεταβαλλόμενη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Σχ 4 βλ. Παράρτημα II) και από το εκάστοτε μέγεθος των φυτών. Αφού ο ρυθμός κατανάλωσης νερού από μία καλλιέργεια μεταβάλλεται χρονικά, ο καλύτερος τρόπος για να ρυθμίζεται ο χρόνος έναρξης των ποτισμάτων είναι να συσχετίζεται με κάποιο τρόπο το ξεκίνημα της λειτουργίας του συστήματος άρδευσης με την κατανάλωση νερού από τα φυτά.

Έτσι, η παροχή θρεπτικού διαλύματος στην καλλιέργεια μπορεί να ξεκινάει κατά την χρονική στιγμή που η κατανάλωση νερού που σημειώθηκε στο χρονικό διάστημα από το προηγούμενο πότισμα μέχρι την δεδομένη στιγμή εξισωθεί με την ποσότητα νερού που παρέχεται στην καλλιέργεια στον καθορισμένο χρόνο μίας άρδευσης. Από τεχνική άποψη, η εξάρτηση του χρόνου έναρξης των ποτισμάτων από το ύψος της κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με την βοήθεια μίας ηλεκτροβάνας και ενός ειδικού χρονοδιακόπτη, ο οποίος συνδέεται με κάποιον αισθητήρα άμεσης ή έμμεσης μέτρησης της κατανάλωσης νερού από την καλλιέργεια (μετρητής έντασης ηλιακής ενέργειας, αισθητήρας μέτρησης της εξάτμισης νερού στο θερμοκήπιο, σύστημα μέτρησης της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε νερό, κ.λ.π.).

Ένας τέτοιος αισθητήρας έμμεσης μέτρησης της κατανάλωσης νερού, ο οποίος μέσω ενός ειδικού χρονοδιακόπτη και μίας ηλεκτροβάνας ελέγχει τον χρόνο έναρξης της άρδευσης φαίνεται στην (Εικ. 2 βλ. Παράρτημα I).³

³ Σάββας Δ., Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών, Τ.Ε.Ι. Άρτας, 1998, σ.σ. 34-37

1.9 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Ο σχεδιασμός του προγράμματος λίπανσης έχει σαν στόχο τη συνεχή προσφορά των απαραίτητων για τα φυτά μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων, στη σωστή αναλογία.

Εκτός από την ποσότητα των στοιχείων, μας ενδιαφέρουν πολύ και οι σχετικές αναλογίες μεταξύ τους. Όσον αφορά τα λιπάσματα που θα χρησιμοποιηθούν, η βασική αρχή επιλογής τους είναι η εξής: απλά, ευδιάλυτα και με χαμηλό κόστος.

Πίνακας 2. Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται και οι λειτουργίες τους.

Λίπασμα	Λειτουργία
Νιτρικό Οξύ	Πηγή Αζώτου και εξουδετέρωση των διτανθρακικών (HCO_3) του νερού άρδευσης. (*)
Φωσφορικό Οξύ	Πηγή Φωσφόρου και εξουδετέρωσης των διτανθρακικών (HCO_3) του Νερού άρδευσης (*)
Νιτρικό Κάλιο	Πηγή Καλίου και Αζώτου.
Νιτρικό Ασβέστιο	Πηγή Ασβεστίου και Αζώτου.
Νιτρική Αμμωνία	Πηγή Αζώτου και ρυθμιστής του pH.
Θεικό Κάλιο	Πηγή Καλίου και Θείου
Θεικό Μαγνήσιο	Πηγή Μαγνησίου και Θείου
Χηλικός Σίδηρος	Πηγή Σιδήρου
	(*) Τα οξέα είναι καυστικά και επικίνδυνα όταν έρθουν σε επαφή με το σώμα.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρο (Zn) και χαλκό (Cu), χρησιμοποιούνται οι θεικές τους ενώσεις, ενώ για το μολυβδαίνιο (Mo) χρησιμοποιείται Μολυβδαινικό νάτριο και για το βόριο (B) βορικό οξύ, βόρακας κ.α.

Πίνακας 3. Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος

Λιπάσματα	Χημική Σύνθεση	Θρεπτικά Στοιχεία(%)	Μοριακό Βάρος
Νιτρικό Οξύ 100%	HNO_3	22N	63

Νιτρικό Οξύ 37%	HNO ₃	8N	(107.3)
Φωσφορικό Οξύ 100%	H ₃ PO ₄	32P	98
Φωσφορικό Οξύ 37%	H ₃ PO ₄	12P	(264.9)
Νιτρικό Ασβέστιο	Ca (NO ₃) ₂	15.5N - 19Ca	(181)
Νιτρικό Κάλιο	KNO ₃	13N - 38K	101.1
Νιτρική Αμμωνία	NH ₄ NO ₃	35N	80
Νιτρικό Μαγνήσιο	Mg (NO ₃) ₂ 6H ₂ O	11N - 9Mg	256.3
Μονοφωσφορικό Κάλιο	KH ₂ PO ₄	23P - 28K	136.1
Μονοφωσφορικό Αμμώνιο	NH ₄ H ₂ PO ₄	27P-12N	115
Θεικό Κάλιο	K ₂ SO ₄	45K-18S	174.3
Μαγνησία	MgSO ₄ 7H ₂ O	10Mg-13S	246.3
Θεικό Μαγγάνιο	MnSO ₄ H ₂ O	32Mn	169
Θεικός Ψευδάργυρος	ZnSO ₄ 7H ₂ O	23Zn	287.5
Βόρακας	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O	11B	381.2
Θεικός Χαλκός	CuSO ₄ 5H ₂ O	25Cu	249.7
Επταμολυβδαινιούχο Αμμώνιο	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	58Mo	1163.3
Μολυβδαινικό Νάτριο	Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	40Mo	241.9
Χηλικός Σίδηρος Fe-Lo	Fe - EDTA	13Fe	(430)
Χηλικός Σίδηρος 330 Fe	Fe - DTPA	9Fe	(621)
Χηλικός Σίδηρος Fe- DP	Fe - DTPA	7Fe	(799)
Χηλικός Σίδηρος - Hi	Fe - DTPA	6Fe	(932)
Χηλικός Σίδηρος 138- Fe	Fe - EDDHA	5Fe	(1118)
Διτανθρακικό Κάλιο	KHCO ₃	39K	100.1
Υδροξυλικό Ασβέστιο	Ca (OH) ₂	54Ca	74.1

1.10 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1.10.1 Έλεγχος ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν νερό από υψηλής αγωγιμότητας διαλύματα, καθώς η υψηλή αγωγιμότητα σε ένα υπόστρωμα προκαλεί βλάβη στη ρίζα που οδηγεί σε μείωση της απορρόφησης του νερού και των θρεπτικών στοιχείων, από το φυτό. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκαλέσει χλώρωση (κιτρίνισμα), μάρανση, κάψιμο των φύλλων ή αργή ανάπτυξη. Στην αρχή της καλλιέργειας (όταν τα φυτά είναι μικρά) είναι επιθυμητή χαμηλή αγωγιμότητα. Όταν η αγωγιμότητα είναι υψηλή στο υπόστρωμα, είναι απαραίτητο να γίνεται έκπλυση με καθαρό νερό, προκειμένου να μειωθεί η αλατότητα.

Τα αίτια αύξησης της αγωγιμότητας μπορεί να είναι:

- Υπερλίπανση. Η εφαρμογή επεμβάσεων υψηλής συγκέντρωσης προκαλεί τη γρήγορη αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Συχνές επεμβάσεις πιο χαμηλής συγκέντρωσης είναι πιο επιθυμητές από την εφαρμογή αραιών επεμβάσεων υψηλής συγκέντρωσης.
- Υπολείμματα λιπασμάτων. Στοιχεία όπως νάτριο, χλώριο, θειικά, που υπάρχουν σε λιπάσματα, αλλά δε χρησιμοποιούνται από τα φυτά μπορεί να συγκεντρωθούν στο υπόστρωμα.
- Ποιότητα του νερού άρδευσης. Υπάρχει περίπτωση το νερό να έχει μεγάλες ποσότητες νατρίου και / ή χλωρίου.
- Εφαρμογή άρδευσης. Τα ποτίσματα πρέπει να γίνονται, ώστε κάθε φορά να υπάρχει αποστράγγιση, προκειμένου να μην έχουμε συσσώρευση αλάτων στο υπόστρωμα.

Πίνακας 4. Μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (dS/m στους 25°C) του θρεπτικού διαλύματος άρδευσης και του διαλύματος που περιβάλλει τις ρίζες των φυτών.

Τα δεδομένα προέρχονται από μια καλλιέργεια αγγουριού σε πετροβάμβακα καθώς και από μια καλλιέργεια τομάτας σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα με συνεχή επανακυκλοφορία

Αγγούρι σε πετροβάμβακα		Τομάτα σε θρεπτικό διάλυμα που επανακυκλοφορεί συνεχώς	
E.C. στο διάλυμα άρδευσης	E.C. στο περιβάλλον των ριζών	E.C. στο διάλυμα άρδευσης	E.C. στο περιβάλλον των ριζών
1,4	1,6	1,2	1,6
1,8	2,2	1,4	2,5
2,1	3,1	1,4	3,4
2,6	4,0	1,4	4,5

1.10.2 Έλεγχος pH

Το pH ενός μέσου ή ενός θρεπτικού διαλύματος είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του φυτού. Κάθε ένα φυτό έχει μια προτιμώμενη κλίμακα pH εντός της οποίας αναπτύσσεται. Αν κάποιο φυτό, υπόκειται σε μια τιμή pH έξω από αυτές στις οποίες αναπτύσσεται, η ανάπτυξή του θα καθυστερήσει ή μπορεί ακόμα και να πεθάνει. Συνθήκες πολύ χαμηλού pH (<4,5) και πολύ υψηλού pH (>9) μπορούν άμεσα να βλάψουν τις ρίζες του φυτού.

Συνθήκες πολύ υψηλού και πολύ χαμηλού pH μπορεί να επηρεάσουν το φυτό ως ακολούθως:

Καθώς το pH του μέσου αλλάζει, το ίδιο κάνει και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Η πλειοψηφία των θρεπτικών στοιχείων είναι περισσότερο διαθέσιμη σε κλίμακα του pH από 5,5-6,5. Γενικά, κάποιο σημείο σε αυτή την κλίμακα θεωρείται σαν ιδεώδες για την ανάπτυξη των περισσότερων φυτών, παρόλο που υπάρχουν φυτά που προτιμούν υψηλότερες ή χαμηλότερες συνθήκες pH. Σε κάποιες περιπτώσεις, ιδιαιτέρως σε πολύ χαμηλές ή υψηλές συνθήκες pH κάποια θρεπτικά στοιχεία μπορεί να «κλειδώνονται» στο μέσο και έτσι δεν διατίθενται για την ανάπτυξη των φυτών. Τα θρεπτικά στοιχεία μπορεί να

βρίσκονται στο μέσο αλλά το φυτό δεν μπορεί να τα χρησιμοποιήσει. Σε συνθήκες πολύ χαμηλού pH, τοξικά επίπεδα κάποιων θρεπτικών όπως είναι το μαγγάνιο και το αλουμίνιο, μπορεί να ελευθερωθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν όλα τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην Υδροπονία εκτός του Πετροβάμβακα, για τον οποίο γίνεται εκτενέστερη περιγραφή σε επόμενο κεφάλαιο.

2.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει η ελαφρόπετρα είναι η πολύ χαμηλή τιμή της η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2-3 φορές χαμηλότερη). Σε σύγκριση μάλιστα με το κόστος αγοράς διαφόρων εισαγομένων υποστρωμάτων (πετροβάμβακας, διογκωμένη άργιλος, κ.λ.π.) η δαπάνη αγοράς ελαφρόπετρας είναι θεαματικά μικρότερη. Εκτός όμως από την χαμηλή τιμή της η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά στις δοκιμές και τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τομάτες, τριαντάφυλλο, γαρίφαλο, χρυσάνθεμο, κ.λ.π. (Οικονομάκης, 1995, Challinor, 1996, Savvas, 1997). Γι' αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς.

Εκτός από την χαμηλή τιμή και την πολύ καλή καλλιεργητική συμπεριφορά η ελαφρόπετρα διαθέτει και ένα ακόμη πλεονέκτημα. Είναι ένα υλικό το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αρκετές φορές. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται η χρησιμοποίηση της ίδιας ελαφρόπετρας μέχρι 6 έτη σε καλλιέργεια γαριφαλιάς (3 διαδοχικές καλλιέργειες) με πολύ καλά αποτελέσματα (Pivet 1996). Σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησής της όμως, πριν την εγκατάσταση νέας καλλιέργειας συνιστάται να απολυμαίνεται. Σύμφωνα με τους Gunnlaugsson et al (1996) η ελαφρόπετρα μπορεί να απολυμανθεί εύκολα και

αποτελεσματικά με ατμό.

2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΣ ΠΕΡΛΙΤΗ

Η υδροπονική καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς σε PerloflorHydro είναι μέθοδος ευρύτατα διαδεδομένη σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και του κόσμου. Περιοχές με αξιοσημείωτη παράδοση στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς όπως η Νότιος Γαλλία, η Ιταλία, η Ισπανία και το Ισραήλ καλλιεργούν σχεδόν αποκλειστικά σε PerloflorHydro.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ο υδροπονικός περλίτης PerloflorHydro σε σχέση με άλλα υλικά και τον καθιστούν ως το πιο διαδεδομένο υπόστρωμα για την υδροπονική καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς είναι τα εξής:

1. Με τη χρήση του υδροπονικού περλίτη επιτυγχάνουμε στην ριζόσφαιρα την ιδανική αναλογία αέρα και νερού.
2. Με τη χρήση του υδροπονικού περλίτη και το σωστό χειρισμό του επιτυγχάνουμε σημαντική οικονομία σε νερό και λιπάσματα καθότι οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σύγκριση με τον πετροβάμβακα.
3. Με τη χρήση του υδροπονικού περλίτη επιτυγχάνουμε καλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τον πετροβάμβακα όταν έχουμε νερό κακής ποιότητας (με υψηλή αγωγιμότητα).
4. Το υπόστρωμα υδροπονίας PerloflorHydro παρουσιάζει τις ιδανικότερες ιδιότητες για επαρκή στράγγιση. Είναι ένα υλικό που μας δίνει τη δυνατότητα άμεσης έκλυσης, με περίσσεια θρεπτικού διαλύματος.
5. Είναι ανόργανο υλικό που δεν κατακρατά ούτε αποδεσμεύει κανένα θρεπτικό στοιχείο. Αυτό σημαίνει ότι η θρέψη των φυτών στον υδροπονικό περλίτη είναι απόλυτα ελεγχόμενη και η αντίδραση των φυτών απόλυτα προβλέψιμη, σε αντίθεση με τα οργανικά υλικά που πολλές φορές κατακρατούν κάποια θρεπτικά στοιχεία και αποδεσμεύουν άλλα.
6. Η δομή του υδροπονικού περλίτη παραμένει σταθερή για πέντε τουλάχιστον χρόνια για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς.
7. Ο υδροπονικός περλίτης PerloflorHydro παρουσιάζει την ισχυρότερη μονωτική ικανότητα απ' όλα τα υποστρώματα υδροπονίας, ανθίσταται δηλαδή στις

θερμοκρασιακές μεταβολές.

8. Η χρήση του υδροπονικού περλίτη επιτρέπει τη χρησιμοποίηση είτε αυτόριζου φυτού είτε εμβολιασμένου.
9. Είναι υλικό πολύ ελαφρύ και εύχρηστο που επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση του συστήματος καλλιέργειας.
10. Είναι υλικό φιλικό προς το περιβάλλον και μετά το πέρας της χρήσης του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση οποιουδήποτε εδάφους σε αντίθεση με τον πετροβάμβακα και άλλα υλικά.
11. Το PerlitolHydro, τέλος, είναι υλικό ελληνικής προέλευσης και παραγωγής και πιο οικονομικό σε σύγκριση με άλλα εισαγόμενα υλικά.

2.3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ COCOSOIL

Ένα άλλο οργανικό υλικό που άρχισε τελευταία να χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα είναι η κοκοτύρφη (γνωστή και ως cocosoil). Η κοκοτύρφη στην πραγματικότητα είναι ένα φυτόχωμα που προέρχεται από την αποσύνθεση των περιβλημάτων της ινδικής καρύδας. Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά τόσο όσον αφορά στις φυσικές του ιδιότητες (ικανότητα συγκράτησης νερού, αεροπερατότητα, κ.λ.π.) όσο και όσον αφορά την θρέψη των φυτών.

Σε αυτό το τελευταίο συμβάλλει κυρίως το γεγονός ότι έχει πολύ χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια, πρακτικά να συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα. Κατά συνέπεια, όταν η κοκοτύρφη τροφοδοτείται με ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα, η θρέψη των φυτών δεν επηρεάζεται από άλλους, μη προβλέψιμους και αστάθμητους παράγοντες. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθοκομικές καλλιέργειες παραγωγής δρεπτών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η Ζέρμπερα.⁴

⁴ Σάββας Δ., Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών, Τ.Ε.Ι. Άρτας, 1998, σ. 130

2.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΑΜΜΟ

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου αφού ισοπεδωθεί επικαλύπτεται με ένα πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια, πάνω στο οποίο απλώνεται η άμμος σε πάχος περίπου 5-10 cm.

Εξαιτίας της χαμηλής ικανότητας συγκράτησης υγρασίας η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές κατά την διάρκεια μίας ημέρας) για να διατηρείται συνεχώς αρκετά υγρή για την ανάπτυξη των ριζών. Αυτό όμως συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος 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 όμως η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

2.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΧΑΛΙΚΙ

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5-20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο μικρή από την αντίστοιχη της άμμου). Γι' αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Η τεχνική της εγκατάστασης μίας υδροπονικής καλλιέργειας σε χαλίκι είναι σε γενικές γραμμές ανάλογη με αυτή που ακολουθείτε στις καλλιέργειες σε άμμο. Ανάλογα επίσης με αυτά 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 του βάρος το οποίο καθιστά την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολη και επίπονη και επομένως αρκετά δαπανηρή.

2.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΤΥΡΦΗ

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 υγρά τοπούς. Σε τέτοιες περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

Η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη υφή και δομή σταθερότερη από αυτή της μαύρης δεδομένου ότι η υδροχαρής βλάστηση από την οποία προέρχεται είναι νεώτερης ηλικίας σε σύγκριση με την τελευταία και συνεπώς έχει υποστεί αποσύνθεση (χουμοποίηση) σε μικρότερο βαθμό από αυτή. Το φαινόμενο ειδικό βάρος της κυμαίνεται μεταξύ 50-100 g/l. Προέρχεται κυρίως από την Ρωσία και τις βαλτικές χώρες αλλά και από αρκετές άλλες βορειοευρωπαϊκές χώρες. 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. Διαβρέχεται όμως δύσκολα και γι' αυτό θα πρέπει να ποτίζεται με νερό τουλάχιστον 1-2 ημέρες πριν την χρησιμοποίησή της. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στην φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5-4,0). Γι' αυτό η ξανθιά τύρφη, πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους είτε αμιγής

είτε σε μείγματα, θα πρέπει απαραίτητα να αναμειγνύεται με μία μικρή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) σε ποσότητα $4-6 \text{ kg/m}^3$ για την ρύθμιση του pH της.

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 φαινόμενο ειδικό βάρος ($120-200 \text{ g/l}$) και πιο περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ικανότητα συγκράτησης νερού να είναι ελαφρώς μικρότερη και η αεροπερατότητά της σαφώς χαμηλότερη. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι πολύ μεγάλη ($300-500 \text{ meq/l}$). Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν και στην Ελλάδα, με πιο σημαντικά αυτά των Φιλιππων στην Ανατολική Μακεδονία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τριανταφυλλιά (Εικ. 3 βλ. Παράρτημα Ι) είναι το πλέον γνωστό, το πλέον διαδεδομένο παγκοσμίως και το πλέον καθιερωμένο καλλωπιστικό φυτό. Χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο ως φυτό κηποτεχνίας και αρχιτεκτονικής τοπίου όσο και για την παραγωγή δρεπτών ανθέων

Είναι φυτό συνεχούς άνθησης με αποτέλεσμα να παράγει συνεχώς νέα λουλούδια σε όλη την διάρκεια της θερμής εποχής του έτους. Έτσι, στο βόρειο ημισφαίριο, κάτω από φυσικές συνθήκες υπαίθρου παράγει συνεχώς νέα άνθη σε όλη τη χρονική περίοδο από τα μέσα ή το τέλος της άνοιξης μέχρι το φθινόπωρο ή και τις αρχές του χειμώνα ακόμη (ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου καλλιέργειας). Επιπλέον, αν καλλιεργηθεί στο θερμοκήπιο, η παραγωγή λουλουδιών τριανταφυλλιάς μπορεί να επεκταθεί και στην ψυχρή εποχή του έτους, δηλαδή τον χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης.

Σήμερα η τριανταφυλλιά είναι το πλέον διαδεδομένο καλλιεργούμενο καλλωπιστικό φυτό για παραγωγή δρεπτών ανθέων στον κόσμο. Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή τριαντάφυλλου στον κόσμο είναι η Ολλανδία, Αμερική, η Ιταλία, κ.λπ.. Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Στην εύκρατη ζώνη η παραγωγή ανθέων τριανταφυλλιάς στην ύπαιθρο είναι δυνατή μόνο κατά την διάρκεια της θερμής εποχής. Επομένως η εκτός εποχής παραγωγή τριαντάφυλλου στις χώρες με εύκρατο κλίμα είναι δυνατή μόνο σε θερμοκήπια

Στην Ελλάδα η τριανταφυλλιά καταλαμβάνει την πρώτη θέση όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση ανάμεσα σε όλα τα καλλωπιστικά φυτά που καλλιεργούνται για παραγωγή δρεπτών ανθέων στο θερμοκήπιο. Αν όμως στις συνολικές εκτάσεις συμπεριληφθούν και οι υπαίθριες καλλιέργειες τότε η τριανταφυλλιά έρχεται δεύτερη.

3.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η τριανταφυλλιά ανήκει στο γένος *Rosa* της οικογένειας *Rosaceae*. Στο γένος *Rosa* ανήκουν περίπου 125 είδη, από τα οποία τα 18 συναντώνται ως αυτοφυή φυτά στην Ελλάδα. Κατά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα δημιουργήθηκαν τα πρώτα πολυφόρα υβρίδια τριανταφυλλιάς τα οποία αποτέλεσαν αληθινή επανάσταση στην καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς. Σε σύντομο χρονικό διάστημα ακολούθησε η δημιουργία των υβριδίων τσαγιού, τα οποία προήλθαν από διασταύρωση μεταξύ πολυφόρων υβριδίων με το είδος *R. odorata* (τριανταφυλλιά τσαγιού). Τα περισσότερα υβρίδια τριανταφυλλιάς που καλλιεργούνται για παραγωγή κομμένου λουλουδιού ανήκουν σε αυτό τον τύπο φυτών.

Από βοτανική άποψη η τριανταφυλλιά είναι πολυετής θάμνος. Τα φύλλα της είναι σύνθετα και φέρονται κατ' εναλλαγήν πάνω στους βλαστούς. Τα άνθη της είναι περίγυνα, με πενταμερές περιάνθιο. Φέρει πολυάριθμους στήμονες ενώ μεγάλος είναι και ο αριθμός των καρποφύλλων της ωοθήκης. Ο καρπός της τριανταφυλλιάς είναι στεγοκάρπιο. Στο εσωτερικό του ο καρπός φέρει πολυάριθμα μικρά κάρνα, τα οποία αποτελούν τους σπόρους του φυτού. Τόσο οι βλαστοί όσο και οι μίσχοι των σύνθετων φύλλων του φυτού φέρουν αγκάθια.

3.3 ΕΙΔΗ, ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ, ΥΒΡΙΔΙΑ

3.3.1 Είδη και Ποικιλίες

Τουλάχιστον 200 αυτοφυή είδη τριανταφυλλιάς είναι γνωστά, από τα οποία 18 απαντώνται στην Ελλάδα. Οι ποικιλίες ξεπερνούν τις 20000 και διασταυρούμενες μεταξύ τους, σχηματίζουν υβρίδια. Τα είδη ανθίζουν μια φορά το χρόνο, την άνοιξη και παράγουν μεγάλο αριθμό μονών ανθέων, συνήθως με πέντε πέταλα. Δεν απαιτούν ιδιαίτερες καλλιεργητικές φροντίδες. Η ανθοφορία στις ποικιλίες και τα υβρίδια που καλλιεργούνται υπαίθρια, διαρκεί από τον Μάιο ως το Δεκέμβριο περίπου, ανάλογα με την περιοχή.

Τα είδη και οι ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ευρώπη μέχρι το 1867 είναι γνωστά

σαν «old garden roses». Τα σπουδαιότερα απ' αυτά είναι τα: *Rosa galligena*, και *Rosa damascena*.

3.3.1.1 Θαμνώδη υβρίδια τριανταφυλλιάς

Κίνας και τσαγιού (Hybrid teas): Το 1867 φθάνουν στην Ευρώπη τα υβρίδια Κίνας και τσαγιού σηματοδοτώντας μια νέα περίοδο για την καλλιέργεια του τριαντάφυλλου. Δημιουργήθηκαν για πρώτη φορά στην Κίνα πριν από το 1800 μ.Χ. μετά από διασταυρώσεις μεταξύ διαφόρων ειδών, κυριότερα από τα οποία είναι τα *Rosa chinensis* και *R. gallica*. Είναι θαμνώδη, με ζωηρή βλάστηση, ανθίζουν περισσότερο από μια φορά το χρόνο και σχηματίζουν ένα μεγάλο άνθος στην άκρη κάθε ανθικού στελέχους. Τα άνθη είναι εντυπωσιακά, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλοχρωμία, έχουν μακρύ, ευθύ στέλεχος και άρωμα φύλλων τσαγιού. Λόγω της μεγάλης τους παραγωγικότητας και της υψηλής ποιότητας των ανθέων τους, σήμερα είναι τα πιο δημοφιλή υβρίδια και αντιπροσωπεύουν το 60% της παγκόσμιας αγοράς τριαντάφυλλου για «κομμένο» (δρεπτό) άνθος.

Πολύανθα (*Polyantha*): Η προσπάθεια για παραγωγή υβριδίων ανθεκτικών στον ψυχρό χειμώνα των χωρών της Β. Ευρώπης, κατέληξε στη δημιουργία των πολύανθων υβριδίων τριανταφυλλιάς. Αρχικά τα χρώματα των ανθέων περιορίζονταν στο κόκκινο και το ροζ, ενώ έλειπε το άρωμα. Τα πολύανθα υβρίδια, σε σχέση με αυτά του τσαγιού έχουν μεγαλύτερη πλάγια ανάπτυξη, πλατύτερο φύλλωμα και σχηματίζουν άνθη μικρά σε βραχείς βλαστούς του ανθικού στελέχους σε ταξιανθία κορύμβου (μπουκέτα). Παρότι η ποιότητα και η διατηρησιμότητα των ανθέων τους είναι σχετικά μεγαλύτερη από αυτήν των υβριδίων του τσαγιού, η καλλιέργειά τους για εμπορικούς σκοπούς είναι περιορισμένη.

Φλοριμπούντα (*Floribundas*): Τα υβρίδια αυτά δημιουργήθηκαν γύρω στο 1950 και αποτελούν εξέλιξη των πολύανθων, ως προς τα οποία παρουσιάζουν βελτιωμένα χαρακτηριστικά (άνθη με ποικιλία χρωμάτων και άρωμα). Είναι φυτά εύρωστα, με διαρκή άνθηση σε ταξιανθίες (κορύμβους) με μεγαλύτερο αριθμό ανθέων από τα πολύανθα. Είναι τα

δεύτερα πιο δημοφιλή μετά τα υβρίδια τσαγιού και βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην αρχιτεκτονική τοπίου.

Μεγανθή (*Grandiflora*): Τα μεγανθή υβρίδια είναι η νεότερη τάξη τριαντάφυλλων, δημιουργήθηκε το 1954 σαν αποτέλεσμα της διασταύρωσης ποικιλιών τσαγιού με ποικιλίες φλοριμπούντα. Είναι φυτά με αρκετά ζωηρή ανάπτυξη, πλούσια και συνεχή άνθηση, μεγάλα, διπλά άνθη, ένα ή περισσότερα ανά βλαστό. Είναι λιγότερο ανθεκτικά στο κρύο από τα υβρίδια φλοριμπούντα.

3.3.1.2 Αναρριχώμενες, Μινιατούρες, Έρπουσες και Δενδρώδεις τριανταφυλλίες

Σαν αναρριχώμενες χαρακτηρίζονται ποικιλίες με γρήγορη ανάπτυξη, ζωηρούς και εύκαμπτους βλαστούς μήκους 1,8 ως 4,5 m, που υποβασταζόμενοι από υποστυλώματα (τοίχοι, πλέγματα, πέργολες, φράχτες, κ.ά.) αναρριχώνται σ' αυτά.

Περιλαμβάνουν κυρίως υβρίδια τσαγιού και μεγανθή (διάμετρος άνθους 5-15 cm), έχουν άνθη με ποικίλα χρώματα και μερικές φορές ανθίζουν μια φορά το χρόνο, την άνοιξη, με πληθωρική και θεαματική ανθοφορία, ενώ άλλες δίνουν επιπλέον μια μέτρια καλοκαιρινή και μια τρίτη φθινοπωρινή πλούσια ανθοφορία.

Οι μινιατούρες έφθασαν στην Ευρώπη από την Κίνα τον 17ο αιώνα. Τα φυτά είναι θαμνώδη, με μέσο ύψος 30 cm, άνθη μικρά (διάμετρο ως 4 cm) σε μπουκέτα ανθίζουν χωρίς διακοπή από τον Μάιο μέχρι αργά το φθινόπωρο. Είναι κατάλληλες για φυτοδοχεία (γλάστρες, ζαρντινιέρες, κ.λ.π.) και μπορντούρες σε κήπους.

Οι έρπουσες τριανταφυλλίες ή επικάλυψης έχουν έρπουσα βλάστηση που, εφάπτεται στο έδαφος και είναι κατάλληλες για βραχόκηπους, εδάφη με κλίση κ.λ.π. Οι δενδρώδεις τριανταφυλλίες είναι υβρίδια τσαγιού, φλοριμπούντα, μεγανθή ή μινιατούρες, εμβολιασμένα σε αγριοτριανταφυλλίες.

Το ύψος του κορμού επιλέγεται από 70 cm έως 1,50 m. Είναι πολύ διακοσμητικές μεμονωμένες ή σε ομάδες σε κήπους, κατά μήκος διαδρόμων, στο κέντρο παρτεριών κ.λ.π. ενώ καλλιεργούνται ακόμα και σε γλάστρες.

Από τις χιλιάδες ποικιλίες που υπάρχουν σήμερα λίγες είναι κατάλληλες για επιχειρηματική καλλιέργεια, εκτός εποχής σε θερμαινόμενο θερμοκήπιο. Οι ποικιλίες αυτές

πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: μεγάλη ζωνρότητα, επαναληπτική άνθηση με μεγάλο αριθμό ανθέων ανά τ.μ. στη διάρκεια του χρόνου, άνθος μεγάλο με εντυπωσιακό χρώμα, πολλά πέταλα με ωραία διάταξη και μεγάλη διάρκεια ζωής στο ανθοδοχείο. Επιπλέον κατά την εκλογή μιας ποικιλίας θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η εμπορικότητά της, η παραγωγικότητά της, οι περιβαλλοντικές και καλλιεργητικές απαιτήσεις της, καθώς και ο βαθμός ανθεκτικότητάς της στις διάφορες ασθένειες και εχθρούς.

Τα κυριότερα καλλιεργούμενα υβρίδια τσαγιού στην Ελλάδα είναι:

- Κόκκινα άνθη: *Allegro, Baccara, Bingo, Carabolla, Ilona, Red Success, Samantha, Visa.*
- Ροζ άνθη: *Omega, Sonia.*
- Κίτρινα άνθη: *Bellona, Coctail, Diana, Evergold.*
- Πορτοκαλί άνθη: *Gabrielle, Madelon, Mercedes.*
- Λευκά άνθη: *White Satin, White Success.*
- Κίτρινα άνθη με κόκκινη περιφέρεια: *Candia, La Minuette.*

Ανάλογα με το χρόνο που απαιτείται για να μπουν σε ανθοφορία, οι ποικιλίες χαρακτηρίζονται γενικά σαν πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες, αυξανόμενου του χρόνου που απαιτείται μέχρι την άνθηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΣΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

4.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

4.1.1 Ρύθμιση συνθηκών περιβάλλοντος θερμοκηπίου

Στις καλλιέργειες τριανταφυλλιάς στο θερμοκήπιο, η ελάχιστη θερμοκρασία την ημέρα θα πρέπει οπωσδήποτε να υπερβαίνει τους 16° C και κατά προτίμηση να κυμαίνεται σε επίπεδα γύρω στους 18-19° C. Η ελάχιστη νυχτερινή θερμοκρασία θα πρέπει να μην πέφτει κάτω από 14° C ενώ καλύτερα θα ήταν να διατηρείται σε επίπεδα πάνω από 16° C. Ως θερμοκρασία εξαερισμού κάτω από συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας θα πρέπει να τίθενται οι 24° C. Η θερμοκρασία εδάφους θα πρέπει να διατηρείται σε επίπεδα πάνω από 13-14° C.

Οι προαναφερθείσες ελάχιστες τιμές αφορούν προφανώς τους ψυχρούς μήνες του έτους (Οκτώβριος έως Απρίλιος). Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αντίθετα, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα (αερισμός, σκίαση, συστήματα δροσισμού) ώστε η θερμοκρασία στα θερμοκήπια τριανταφυλλιάς να μην αφήνεται να ξεπεράσει τους 27-30° C

Η σχετική υγρασία (Σ.Υ.) της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου στις καλλιέργειες τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60-90%.

Όσον αφορά τον φωτισμό, η τριανταφυλλιά είναι ένα ουδέτερο στη φωτοπερίοδο φυτό. Γι' αυτό μπορεί να καλλιεργηθεί και να ανθίσει όλο το χρόνο, ανεξάρτητα από το μήκος της ημέρας που επικρατεί κάθε εποχή. Είναι όμως σημαντικό για το φυτό να δέχεται επαρκή φωτισμό, δεδομένου ότι η τριανταφυλλιά είναι ένα σχετικά φωτοσπαιτητικό φυτό και ως ένα σημείο η μείωση της ηλιοφάνειας ελαττώνει σημαντικά την συνολική αφομοιωτική ικανότητά της μέσω της φωτοσύνθεσης.

Η συγκέντρωση CO₂ στην οποία αποσκοπεί η ανθρακολίπανση μέσα στα θερμοκήπια τριανταφυλλιάς κυμαίνεται μεταξύ 1000-1500 ppm. Στην Ελλάδα, χορήγηση CO₂ στα

θερμοκήπια τριανταφυλλιάς μπορεί να εφαρμοστεί μόνο τον χειμώνα, και πιο συγκεκριμένα από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο δεδομένου ότι τον υπόλοιπο χρόνο η ανάγκη εξαερισμού είναι συνεχής και επομένως είναι δύσκολο και δαπανηρό να διατηρηθούν συγκεντρώσεις CO₂ υψηλότερες από αυτές του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα.

4.1.2 Κλάδεμα

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες τριανταφυλλιάς το κλάδεμα είναι μία καλλιεργητική φροντίδα που εφαρμόζεται τακτικά σε όλη την διάρκεια του έτους και όχι μόνο μία φορά το χρόνο, όπως στις υπαίθριες τριανταφυλλιές των κήπων και των πάρκων. Το κλάδεμα αποτελεί καλλιεργητική φροντίδα πρωτεύουσας σημασίας για την παραγωγικότητα μιας φυτείας τριανταφυλλιάς. Το σωστό κλάδεμα της τριανταφυλλιάς, αφενός μεν αυξάνει την παραγωγή και την ποιότητα των ανθέων τους αμέσως επόμενους 1-2 μήνες μετά την εφαρμογή του και αφετέρου διασφαλίζει μακροπρόθεσμα την παραγωγικότητα και την ευρωστία της καλλιέργειας. Η εφαρμογή σωστής τεχνικής κλαδέματος όμως κατά την παραγωγική φάση της ζωής των φυτών είναι εφικτή μόνον εφόσον αυτά έχουν λάβει το κατάλληλο σχήμα από την αρχή της εγκατάστασής τους στον χώρο καλλιέργειας, δια μέσου του κλαδέματος μόρφωσης (Εικ. 4 βλ. Παράρτημα Ι). Η τεχνική του κλαδέματος της τριανταφυλλιάς θα πρέπει επομένως να διαχωριστεί σε δύο φάσεις, το κλάδεμα μόρφωσης και το κλάδεμα παραγωγής.

Το κλάδεμα της τριανταφυλλιάς θεωρείται επιτυχές όταν έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή πολλών ανθοφόρων βλαστών ανά φυτό και παραγωγική περίοδο οι οποίοι επιπλέον είναι εύρωστοι, ώστε κατά την συγκομιδή τους να μπορούν να ταξινομηθούν στην πρώτη ποιοτική κατηγορία (μεγάλο μήκος και πάχος ανθοφόρου βλαστού και μεγάλη διάμετρος άνθους κατά την συγκομιδή). Για να επιτευχθεί αυτό, σε ένα φυτό θα πρέπει, αφενός τα κέντρα παραγωγής βιομάζας (φωτοσυνθετικά ενεργά φύλλα) να καταλαμβάνουν όσο το δυνατόν πιο μεγάλη έκταση και αφετέρου τα κέντρα κατανάλωσης (αναπτυσσόμενοι βλαστοί ανά φυτό) να μην είναι ούτε περισσότεροι ούτε λιγότεροι από την παραγωγική ικανότητα του φυτού (Εικ. 5 βλ. Παράρτημα Ι). Αυτό το τελευταίο σημαίνει ότι ο αριθμός των κορυφών αύξησης που αφήνονται σε ένα φυτό τριανταφυλλιάς σε οποιονδήποτε χρόνο, θα πρέπει να βρίσκεται στο ανώτατο όριο που επιτρέπει ακόμη κατανομή προϊόντων της φωτοσύνθεσης σε επαρκή ποσότητα για ανάπτυξη εύρωστων ανθοφόρων βλαστών. Η παραδοσιακή μέθοδος

κλαδέματος της τριανταφυλλιάς, ενώ είναι αποτελεσματική όσον αφορά την ρύθμιση του αριθμού των ανθοφόρων βλαστών ανά φυτό, υστερεί όσον αφορά την φυλλική επιφάνεια.

Κλάδεμα με λύγισμα των βλαστών. Τα τελευταία χρόνια στις σύγχρονες θερμοκηπιακές μονάδες παραγωγής τριαντάφυλλου της βόρειας Ευρώπης και ιδιαίτερα της Ολλανδίας έχει αρχίσει να εφαρμόζεται μία εναλλακτική τεχνική κλαδέματος η οποία αποβλέπει στην ελαχιστοποίηση της αφαίρεσης φυλλικής επιφάνειας μέσω της αποφυγής αποκοπής βλαστών. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική, όλοι οι τυφλοί και αδύναμοι βλαστοί από τους οποίους δεν αναμένεται παραγωγή ανθέων καλής ποιότητας δεν αφαιρούνται αλλά διπλώνονται στο σημείο όπου σύμφωνα με την κλασική μέθοδο κλαδέματος θα έπρεπε να αποκοπούν και εξαναγκάζονται να γείρουν προς τα πλάγια σε σχεδόν οριζόντια θέση. Η επέμβασή αυτή γίνεται όταν ακόμη οι βλαστοί είναι τρυφεροί και δεν έχουν ξυλοποιηθεί, οπότε καθώς διπλώνονται δεν θραύονται πλήρως αλλά απλώς γέρνουν στα πλάγια. Η συνέχεια των ηθμαγγειωδών δεσμίδων όμως δεν καταστρέφεται αλλά διατηρείται με συνέπεια τα φύλλα να παραμένουν φωτοσυνθετικά ενεργά και τα παραγόμενα σε αυτά προϊόντα της αφομοίωσης να μπορούν να αξιοποιηθούν από το φυτό (Εικ. 6 βλ. Παράρτημα Ι). Ο σκοπός αυτής της μεταχείρισης είναι προφανώς η αύξηση της φυλλικής επιφάνειας του φυτού. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο κλαδέματος, κατακόρυφα αφήνονται να αναπτυχθούν μόνο οι ζωηροί ανθοφόροι βλαστοί που αναμένεται να δώσουν καλής ποιότητας άνθη. Κατά συνέπεια στα φυτά που κλαδεύονται με αυτό τον τρόπο συνυπάρχουν δύο ευδιάκριτοι τύποι βλαστών, οι όρθιοι, που φέρουν ισχυρό ανθοφόρο οφθαλμό επάκρια και προορίζονται για παραγωγή ανθέων και οι λυγισμένοι που έχουν μόνο φύλλα, κρέμονται στα πλάγια και προσδίδουν στο φυτό πλούσια φυλλική επιφάνεια (Σάββας Δ. 1998).

Ακόμη και όταν εφαρμόζεται αυτή η εναλλακτική μέθοδος κλαδέματος, ορισμένες φορές είναι αναγκαίο να απομακρύνεται ένα μικρό μέρος φυλλικής επιφάνειας από το φυτό. Αυτό γίνεται είτε μέσω σύντμησης ορισμένων φυλλοφόρων βλαστών που κρέμονται στα πλάγια, ώστε να μην επιμηκύνονται υπερβολικά και καταλαμβάνουν επιφάνειες διαδρόμων ή να μην αλληλοσυμπλέκονται με βλαστούς παρακείμενων φυτών. Ορισμένες φορές βέβαια, μπορεί να είναι αναγκαία και η ολοκληρωτική αφαίρεση ορισμένων μη παραγωγικών βλαστών, σε περιπτώσεις που λόγω της θέσης που καταλαμβάνουν στην κόμη του φυτού εμποδίζουν την καλή ανάπτυξη κάποιων ανθοφόρων βλαστών.

4.1.3 Φυτοπροστασία

Οι κυριότεροι εχθροί και ασθένειες της τριανταφυλλιάς είναι:

Μυκητολογικές ασθένειες:

Ωίδιο (*Sphaerotheca pannosa*). (Εικ. 7 βλ. Παράρτημα I) Προσβάλλει τα νεαρά φύλλα, βλαστούς και οφθαλμούς. Προκαλεί παραμόρφωση των οργάνων και καχεξία του φυλλώματος. Δεν ανοίγουν τα τριαντάφυλλα.

Σκωρίαση (*Phragmidium mucronatum*). Στο κάτω μέρος των φύλλων σχηματίζονται την άνοιξη μικρές πορτοκαλιές – κίτρινες φλύκταινες με μάζες σπορίων. Στην πάνω επιφάνεια των φύλλων παρατηρούνται μικρές πορτοκαλιές κηλίδες. Αργά το καλοκαίρι και το φθινόπωρο οι φλύκταινες γίνονται μαύρες. Μερικές φορές μολύνονται και τα στελέχη. Ψυχρός και υγρός καιρός ευνοεί την ασθένεια.

Μαύρη κηλίδωση (*Diplocarpon rosae*). (Εικ. 8 βλ. Παράρτημα I) Κυκλικές μαύρες κηλίδες (μέχρι 1,5cm) στο έλασμα των φύλλων. Προκαλεί πτώση των φύλλων. Με υγρό καιρό οι κηλίδες αυξάνουν και ενώνονται μεταξύ τους, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του ελάσματος. Λίγες μολύνσεις εμφανίζονται και στους βλαστούς. Η ασθένεια ευνοείται από την υγρασία και σχετικά την υψηλή θερμοκρασία, άριστη 24^o C.

Τεφρά σήψη (*Botrytis cinerea*). Προσβολή μπουμπουκιών, βλαστών. Κηλίδωση πετάλων από βλάστηση σπορίων του μύκητα. Ευνοείται από την υπερβολική ατμοσφαιρική υγρασία και την σχετική χαμηλή θερμοκρασία.

Προσβολή λαιμού (*Phytophthora spp.* και *Rhizoctonia solani*). Προσβάλλονται τα μοσχεύματα αλλά και τα μεγαλύτερα φυτά.

Ιολογικές ασθένειες:

Μωσαϊκό (*Rose mosaic Virus*). Χλωρωτικές περιοχές κατά μήκος του ελάσματος και κατά θέσεις παραμορφώσεις.

Κίτρινο μωσαϊκό (*Rose Yellow Mosaic Virus*). Οι χλωρωτικές περιοχές είναι γενικά λαμπρότερου και ανοικτότερου κίτρινου χρώματος από ότι στο τυπικό μωσαϊκό.

Ζωικά παράσιτα:

Αφίδες (*Macrosiphum rosae*). (Εικ. 9 βλ. Παράρτημα I) Μικρά ή πολύ μικρά έντομα, πράσινα ή μαύρα, προσβάλλουν, πολλά μαζί, τις άκρες των βλαστών και τα φύλλα πολλών φυτών.

Θρίπτες (*Frankliniella sp., Heliothrips haemorrhoidalis*). Μικρό έντομο με υποκίτρινες πτέρυγες και προνύμφες κίτρινες.

Τετράνυχος (*Tetranychus urticae*). (Εικ. 10 βλ. Παράρτημα I) Ζουν στην κάτω επιφάνεια των φύλλων όπου σχηματίζουν νημάτινο πλέγμα κάτω από το οποίο κρύβονται και προστατεύονται. Με την απομύζηση των χυμών των φύλλων που κάνουν, φαίνονται στην πάνω επιφάνεια αυτών κηλίδες, αρχικά χρώματος κίτρινου, οι οποίες στη συνέχεια επεκτείνονται, γίνονται υπέρυθρες και τελικώς ξηραίνονται τα φύλλα και πέφτουν.

4.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

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 (Ολλανδία-Δανία). Εξίσου σπουδαίο ρόλο έπαιξαν βέβαια και οι άριστες ιδιότητες του πετροβάμβακα που τον καθιστούν ιδεώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.

Η υδροπονική καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών σε υπόστρωμα πετροβάμβακα ξεκίνησε αρχικά στις Σκανδιναβικές χώρες και στην Ολλανδία κατά τα μέσα της δεκαετίας του '70. Το κύριο κίνητρο που έσπρωξε τους καλλιεργητές θερμοκηπίων των χωρών αυτών να μεταπηδήσουν στην υδροπονία ήταν η ανάγκη για ανεξάρτηση από τους περιορισμούς που έθετε το έδαφος στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των καλλιεργειών τους. Η δυνατότητα γι' αυτή την αλλαγή δόθηκε χάρις στις προόδους που είχαν εν τώ μεταξύ γίνει στην επιστήμη της διατροφής των φυτών, αλλά κυρίως χάρις στην τυχαία ανακάλυψη των μοναδικών ιδιοτήτων του πετροβάμβακα ως υποστρώματος για υδροπονικές καλλιέργειες.

Χάρης στις ιδιότητές του αυτές ο πετροβάμβακας γρήγορα εξαπλώθηκε στα θερμοκήπια της Βόρειας Ευρώπης καθιστώντας την υδροπονία συνήθη καλλιεργητική πρακτική για την πλειοψηφία των καλλιεργητών θερμοκηπίων. Η εξάπλωση της χρήσης του πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας έλαβε σύντομα τέτοια έκταση, ώστε σήμερα πάνω από το 90% των υπό κάλυψη καλλιεργούμενων καρποδοτικών λαχανικών (ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, κλπ.) στην Ολλανδία να παράγεται σε υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα πετροβάμβακα.

Αντίθετα από την Βόρεια Ευρώπη, στις χώρες της μεσογειακής Ευρώπης και μεταξύ αυτών και στην Ελλάδα η υδροπονία άργησε να ξεκινήσει και μέχρι σήμερα ακόμη δεν έχει εξαπλωθεί σε μεγάλο βαθμό. Ο κυριότερος λόγος γι' αυτή την καθυστέρηση είναι το γεγονός ότι στις μεσογειακές χώρες οι θερμοκηπιακές κατασκευές συνήθως είναι απλές με συνέπεια οι παραγωγοί να είναι αρκετά απρόθυμοι να αναλάβουν το κόστος της αγοράς υποστρώματος και της προμήθειας του αναγκαίου εξοπλισμού, αφού κατά κανόνα δεν είναι μαθημένοι να επενδύουν στα θερμοκήπια τους.

Στην δεκαετία του '80, μία εποχή όπου στην Βόρεια Ευρώπη η εξάπλωση της υδροπονίας γινόταν με αλματώδεις ρυθμούς, οι θερμοκηπιακές μονάδες που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν πετροβάμβακα για να καλλιεργήσουν λαχανικά ή άνθη στην Ελλάδα ήταν μετρημένες στα δάχτυλα του ενός χεριού, ενώ το υπόστρωμα το προμηθευόταν με απευθείας εισαγωγή από τις εταιρείες που το παρήγαγαν στο εξωτερικό. Στο μεταξύ όμως, αφενός η ορμητική εξάπλωση της χρήσης πετροβάμβακα για υδροπονία στο εξωτερικό και αφετέρου τα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα κούρασης των εδαφών και εξάπλωσης των εδαφογενών ασθενειών που εμφανιζόταν, αύξησαν και στην Ελλάδα το ενδιαφέρον για τη νέα αυτή μέθοδο καλλιέργειας στο θερμοκήπιο. Μέσα σ' αυτό το κλίμα από τις αρχές της δεκαετίας του '90 άρχισε και στην Ελλάδα η εξάπλωση της υδροπονικής καλλιέργειας λαχανικών και ανθέων σε υπόστρωμα πετροβάμβακα.

Η αρχική υποδοχή του πετροβάμβακα στην Ελληνική αγορά ήταν αρκετά ενθαρρυντική. Ήδη από τον πρώτο χρόνο η υδροπονία σε πετροβάμβακα άρχισε να εφαρμόζεται σε 80 περίπου στρέμματα θερμοκηπίου. Η εξάπλωση της υδροπονίας συνεχίστηκε και τον επόμενο χρόνο, όμως στην πορεία αποδείχθηκε ότι ένα βασικό εμπόδιο για την περαιτέρω διάδοσή της ήταν το κόστος της, δεδομένου ότι τόσο το υπόστρωμα όσο και μεγάλο μέρος του απαιτούμενου εξοπλισμού είναι εισαγόμενα.

4.2.1 Περιγραφή του υποστρώματος

Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό (Εικ. 11 βλ. Παράρτημα Ι). Παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από Διαβάση, 20% από Ασβεστόλιθο και 20% από Άνθρακα. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600 °C. Ο άνθρακας χρησιμεύει κυρίως σαν καύσιμη ύλη για την επίτευξη αυτής της θερμοκρασίας.

Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο από τον χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή λεπτών βελονών πάχους 6-8 μικρών (μ), δηλαδή 0,005 mm και μήκους 3 mm. Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές βελόνες συμπλέκονται και συγκολλώνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με την βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται Βακελλίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96% πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60-100 kg/m³ και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Για χρήση στην γεωργία σαν υπόστρωμα καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιούνται είτε κύβοι (για προ βλάστηση και παραγωγή σποριόφυτων για μεταφύτευση) είτε ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση).

Το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται ανάλογα με την διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο (αποστάσεις φύτευσης, μονές ή διπλές γραμμές φυτών κ.λ.π.) και κυρίως ανάλογα με τον όγκο υποστρώματος ανά φυτό που επιδιώκεται για κάθε καλλιεργούμενο είδος. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού λόγω της μεγάλης σημασίας που έχουν οι ιδιότητες αυτές στην συμπεριφορά του πετροβάμβακα σαν υπόστρωμα καλλιέργειας.

Όπως προαναφέρθηκε, το 92-96% του πετροβάμβακα είναι πόροι που όταν το υλικό είναι ξηρό περιέχουν αέρα, ενώ μόνο το 4-8% του όγκου του αποτελείται από στερεά ύλη. Οι πόροι του πετροβάμβακα όμως, λόγω του τρόπου παρασκευής του διαφέρουν σημαντικά από αυτούς του εδάφους ή άλλων υποστρωμάτων, όπως Π.χ. η τύρφη, ο περλίτης, κ.λ.π. Όπως ειπώθηκε πιο πάνω, η δομή του πετροβάμβακα προκύπτει ως αποτέλεσμα της ακανόνιστης συγκόλλησης λεπτών άκαμπτων βελονών μεταξύ τους σε όλες τις διευθύνσεις, οπότε σχηματίζεται μία αραιή τρισδιάστατη πλέξη. Επομένως οι πόροι του στην πραγματικότητα είναι μικρές κοιλότητες ακανόνιστου, σχήματος και παραπλήσιου μεγέθους. Σε αυτήν την

κατάσταση ο πετροβάμβακας είναι μάλλον υδρόφοβος, δεδομένου ότι οι λεπτές βελόνες της πλέξης του, λόγω των δυνάμεων επιφανειακής τάσης δεν συγκρατούν το νερό πάνω τους. Αυτή η συμπεριφορά αντιστρέφεται από τις βιομηχανίες παρασκευής πετροβάμβακα για γεωργική χρήση μέσω της προσθήκης ενός ειδικού προσκολλητικού (tenside) στην ψυχωμένη λάβα κατά την διαδικασία της παρασκευής του υποστρώματος.

Χάρης στο προσκολλητικό αυτό που καλύπτει την επιφάνεια των βελονών, η επιφανειακή τάση εξουδετερώνεται με συνέπεια όλοι σχεδόν οι πόροι του να μπορούν να γεμίσουν με νερό, όταν ο πετροβάμβακας διαβρέχεται. Ο βασικός παράγοντας που διαφοροποιεί τον βαθμό πλήρωσης των πόρων με νερό στα διάφορα τμήματα του πετροβάμβακα είναι η βαρύτητα και επομένως το ύψος του συγκεκριμένου σημείου από την βάση του υποστρώματος. Έτσι, στα χαμηλότερα στρώματα των πλακών ή των κύβων του πετροβάμβακα η πληρότητα των πόρων με νερό σε κατάσταση κορεσμού αγγίζει σχεδόν το 100% ενώ όσο προχωρούμε προς τα επάνω το ποσοστό αυτό μειώνεται ενώ παράλληλα αυξάνεται η περιεκτικότητα του πορώδους σε αέρα. Το αποτέλεσμα είναι, η συνολική περιεκτικότητα του πετροβάμβακα σε νερό και αέρα σε κατάσταση κορεσμού να εξαρτάται κυρίως από το ύψος των τεμαχιδίων του υλικού που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Η ευνοϊκότερη αναλογία μεταξύ αέρα και νερού μέσα στο υπόστρωμα προκύπτει όταν τα τεμάχια του υποστρώματος (πλάκες, κύβοι) έχουν ύψος περίπου 7,5cm. Προσθήκη περισσότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό μέσω αύξησης του ύψους των πλακών ή των κύβων πάνω από 7,5cm συνήθως δεν είναι σκόπιμη, αφού στα στρώματα πετροβάμβακα που βρίσκονται πάνω από αυτό το ύψος η περιεκτικότητα σε νερό θα είναι πολύ χαμηλή. Επομένως, ο επιπλέον όγκος υποστρώματος δεν θα αξιοποιείται ικανοποιητικά για την αύξηση της συγκράτησης νερού (θρεπτικού διαλύματος) μετά από κάθε πότισμα. Εξαιρέση αποτελούν καλλιέργειες με ιδιαίτερη ευαισθησία σε μυκητολογικές ασθένειες του λαιμού, οι οποίες απαιτούν χαμηλή υγρασία στην περιοχή αυτή του φυτού, οπότε το πάχος των πλακών καλλιέργειας μπορεί να αυξηθεί στα 10cm (π.χ. Ζέρμπερα).

Από όσα εκτέθηκαν παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι το νερό που περιέχει ο πετροβάμβακας είναι στο σύνολό του σχεδόν διαθέσιμο για τα φυτά, αφού ουσιαστικά το νερό δεν συγκρατείται σε μικρούς πόρους μέσω μύζησης όπως συμβαίνει με τα πορώδη του εδάφους και των περισσότερων άλλων υποστρωμάτων.

Ειδικά οι μεγάλοι ειδικοί βάρους πετροβάμβακες είναι σε θέση, σε κατάσταση

κορεσμού να συγκρατούν περισσότερο νερό (περίπου 80% του όγκου τους) σε σύγκριση με τους πετροβάμβακες που έχουν χαμηλότερο ειδικό βάρος.

Η ικανότητα που διακρίνει τους τύπους πετροβάμβακα με σχετικά μεγάλο ειδικό βάρος να συγκρατούν περισσότερο νερό οφείλεται στην πυκνότερη πλέξη των ινών του η οποία έχει σαν συνέπεια οι πόροι του να είναι κατά μέσο όρο μικρότεροι σε μέγεθος.

Χάρη στην ιδιότητά τους αυτή οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες κάποια στιγμή τα φυτά λόγω πρόωρης εξάντλησης του νερού στην περιοχή του ριζοστρώματος ως αποτέλεσμα της έντονης διαπνοής που χαρακτηρίζει τα μεσογειακά κλίματα. Επιπλέον, η ικανότητα συγκράτησης περισσότερου νερού ανά μονάδα όγκου δίνει την δυνατότητα διεξαγωγής της καλλιέργειας με μικρότερη κατανάλωση νερού και λιπασμάτων, λόγω περιορισμού των απωλειών νερού κατά τα ποτίσματα. Οι απώλειες αυτές προέρχονται από την απορροή μέρους του χορηγούμενου διαλύματος.

Απορροή εμφανίζεται εφόσον ο πετροβάμβακας κορεσθεί με διάλυμα πριν ακόμη τελειώσει το πότισμα. Επειδή λοιπόν οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες έχουν μεγαλύτερη υδατοχωρητικότητα, μπορούν να γίνονται λιγότερα ποτίσματα χωρίς κίνδυνο για την καλλιέργεια, ενώ δεν είναι απαραίτητο να στοχεύουν κάθε φορά στον πλήρη κορεσμό των υποστρωμάτων με θρεπτικό διάλυμα. Έτσι η πιθανότητα, κατά το επόμενο πότισμα το υπόστρωμα να είναι ακόμη γεμάτο με θρεπτικό διάλυμα και ένα μεγάλο μέρος του όγκου που χορηγείται να μην συγκρατείται αλλά να απορρέει είναι μικρότερη.

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξειδία διαφόρων ανόργανων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου.

Πίνακας 5. Χημική σύνθεση δύο διαφορετικής προέλευσης τύπων πετροβάμβακα.

Χημική ένωση	Πετροβάμβακας GRODAN ¹	Πετροβάμβακας TAMIS ²
SiO ₂	47%	38.3%
CaO	16%	21.2%
Fe ₂ O ₃	8%	12.8%
Al ₂ O ₃	14%	14.1%
MgO	10%	9.0%
Na ₂ O	2%	3.5%
K ₂ O	1%	1.0%
MnO	1%	
TiO ₂	1%	

(1): Verwer and Welleman, 1980

(2): Ανθοκηπευτική Αργυράκη, 1995

Οι διακυμάνσεις στην χημική σύνθεση διαφόρων τύπων πετροβάμβακα οφείλονται κυρίως στην διαφορετική σύσταση της πρώτης ύλης (σύσταση ορυκτού δια βάση) που χρησιμοποιούν τα διάφορα εργοστάσια παρασκευής του και δευτερεύοντος στην διαφορετική τεχνολογία επεξεργασίας αυτών.

Τα οξείδια που συμμετέχουν στην σύνθεσή του πετροβάμβακα είναι πρακτικά αδιάλυτα όταν το pH του θρεπτικού διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 5,5-6,5. Εκτός αυτού, κανένα από τα προαναφερθέντα οξείδια δεν φέρει θέσεις ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων όπως τα κolloειδή του εδάφους και επομένως ο πετροβάμβακας στερείται ανταλλακτικής ικανότητας. Γι' αυτό το λόγο ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Χάρης στον τρόπο παρασκευής του (τήξη της πρώτης ύλης στους 1600 °C) ο πετροβάμβακας είναι πλήρως αποστειρωμένος και επομένως πλήρως απαλλαγμένος από οποιουδήποτε είδους ζιζάνια, μικρόβια και ζωικούς εχθρούς.

Από όσα προαναφέρθηκαν είναι προφανές ότι η άριστη συμπεριφορά του

πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας οφείλεται:

- (α) στην υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που διαθέτει, σε συνδυασμό με την επίτευξη άριστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού στο πορώδες του.
- (β) 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,
- (γ) στην χημική του αδράνεια που δίνει την δυνατότητα στον καλλιεργητή να καθορίζει και να ελέγχει πλήρως την θρέψη των φυτών που αναπτύσσονται πάνω του μέσω της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος,
- (δ) στην πλήρη απουσία παθογόνων, ζωικών εχθρών και ζιζανίων σε οποιαδήποτε μορφή μέσα στην μάζα του, με συνέπεια να παρέχεται αποτελεσματική προστασία στην καλλιέργεια από ζιζάνια και ασθένειες εδάφους,
- (ε) στην δυνατότητα που υπάρχει να καθορίζεται εύκολα όχι μόνο ο όγκος που θα χρησιμοποιηθεί αλλά και το σχήμα του (πλάκες, κύβοι, κ.λ.π.), χωρίς να εξαρτάται κανείς από τα υλικά συσκευασίας του (σάκοι, κ.λ.π.) ή υποδοχής του στον χώρο του θερμοκηπίου (γλάστρες, φυτοδοχεία διαφόρων τύπων, κ.λ.π.).

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται σε μορφή πλακών, διαστάσεων αναλόγων με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Συνήθως για τα λαχανικά χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5X 15X 100cm ενώ για τα ανθοκομικά φυτά οι διαστάσεις είναι τελείως διαφορετικές από είδος σε είδος. Οι μεγάλοι ειδικού βάρους πετροβάμβακες (περίπου 120g/l) έχουν μεγάλη διάρκεια χρήσης και είναι κατάλληλοι για 5-6 καλλιέργειες μικρής διάρκειας (των 4-5μηνών) ή τρεις καλλιέργειες μεγάλης διάρκειας (8-10 μηνών).

4.2.2 Εγκατάσταση Καλλιέργειας σε Πετροβάμβακα

Αρχικά σπέρνονται οι σπόροι ή φυτεύονται τα μοσχεύματα σε κύβους προ βλάστησης, οι οποίοι πρωτίτερα έχουν ποτισθεί και κορεσθεί με θρεπτικό διάλυμα. Το ακριβές μέγεθος των κύβων εξαρτάται από το είδος του φυτού και από τον χρόνο που τα φυτά θα μείνουν στο σπορείο ή το φυτώριο μέχρι την μεταφύτευση (μικρότερος χρόνος και επομένως μικρότερο

μέγεθος κύβων το καλοκαίρι και μεγαλύτερο τον χειμώνα). Όταν τα νεαρά φυτάρια πρόκειται να αναπαραχθούν εγγενώς, οι σπόροι τοποθετούνται μέσα σε μία μικρή οπή. Η οπή αυτή είτε έχει ανοιχθεί από το εργοστάσιο κατασκευής πάνω σε κάθε κύβο είτε ανοίγεται από τον παραγωγό με το χέρι ή με ένα τρυπάνι.

Αφού οι σπόροι τοποθετηθούν μέσα στην μικρή αυτή οπή, καλύπτονται από πάνω είτε με περλίτη είτε με μικρά τεμάχια (νιφάδες) πετροβάμβακα και αφήνονται να βλαστήσουν στην συνιστώμενη για το κάθε καλλιεργούμενο είδος θερμοκρασία. Η επικάλυψη γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι σπόροι να βρίσκονται σε βάθος ανάλογο με το βάθος σποράς που συνιστάται για το κάθε φυτικό είδος.

Όταν φυτρώσουν τα φυτά, ποτίζονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα. Το πότισμα μπορεί να γίνεται ή με ένα ποτιστήρι ή με μία εγκατάσταση αυτόματου ποτίσματος με μικροκαταιονιστήρες που φέρονται σε σωλήνες άρδευσης τοποθετημένους πάνω από τους κύβους με τα φυτά.

Σε γενικές γραμμές η μεταφύτευση των φυτών πάνω στις πλάκες του πετροβάμβακα στο θερμοκήπιο θα πρέπει να γίνεται μόλις το ριζικό σύστημα αναπτυχθεί αρκετά στον κύβο και τα νεαρά, λευκά, ριζικά τριχίδια αρχίσουν να εξέρχονται και να φαίνονται στην κάτω επιφάνειά του.

Κατά τον χρόνο παραμονής των κύβων με τα σπορόφυτα στο σπορείο, θα πρέπει να προετοιμάζεται το θερμοκήπιο για να υποδεχθεί την καλλιέργεια. Οι προπαρασκευαστικές εργασίες που θα πρέπει να γίνουν είναι η κάλυψη του εδάφους με πλαστικό πολυαιθυλένιο και η εγκατάσταση του συστήματος άρδευσης. Πάνω στο καλυμμένο με πλαστικό δάπεδο στρώνονται πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης σε γραμμές που αντιστοιχούν στις γραμμές φύτευσης, με στόχο την όσο το δυνατόν καλύτερη μόνωση του υλικού από το έδαφος. Εφόσον η εγκατάσταση πρόκειται να λειτουργήσει ως κλειστό υδροπονικό σύστημα, πάνω στις πλάκες της διογκωμένης πολυστερίνης τοποθετούνται υδρορροές, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας και ανακύκλωσης του διαλύματος με τρόπο ανάλογο με αυτόν που εφαρμόζεται στις καλλιέργειες σε συστήματα NFT.

Στη συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση των πλακών του πετροβάμβακα είτε απευθείας πάνω στην διογκωμένη πολυστερίνη (ανοιχτά συστήματα) είτε μέσα στις υδρορροές (κλειστά συστήματα). Οι διαστάσεις και οι αποστάσεις μεταξύ των πλακών πετροβάμβακα διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με το εκάστοτε καλλιεργούμενο φυτικό είδος.

Όταν πρόκειται για καλλιέργειες καρποδοτικών λαχανικών (τομάτα, αγγούρι, πεπόνι, κ.λ.π.) συνήθως τοποθετούνται 2-4 φυτά ανά τεμάχιο υποστρώματος μήκους 0,9-1 m. Στις καλλιέργειες φασολιού, μικρών φυλλωδών λαχανικών (π.χ. μαρούλι) και καλλωπιστικών φυτών ο αριθμός των φυτών ανά υπόστρωμα είναι συνήθως μεγαλύτερος.

Οι διαστάσεις των υποστρωμάτων, ο αριθμός των υποστρωμάτων ανά στρέμμα και ο αριθμός των φυτών ανά υπόστρωμα είναι μεταβλητές που μπορούν να ποικίλλουν με στόχο να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα δύο μερικώς αλληλοσυγκρουόμενοι στόχοι: α) χαμηλό κόστος εγκατάστασης και β) ικανοποιητική κάλυψη της καλλιεργούμενης έκτασης του θερμοκηπίου με φυτά.

Τα δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του ύψους που θα πρέπει να έχουν οι δύο αυτές μεταβλητές, ώστε να ικανοποιηθούν όσο το δυνατόν καλύτερα οι δύο αυτοί στόχοι είναι:

- (α) η θεωρούμενη ως πλέον ενδεδειγμένη για το συγκεκριμένο φυτό πυκνότητα φύτευσης καθώς και η διάταξη φύτευσης που συνιστάται και εξυπηρετεί καλύτερα στη συγκεκριμένη καλλιέργεια,
- (β) το κόστος των υποστρωμάτων (τιμή μονάδος) και
- (γ) ο ελάχιστος όγκος υποστρώματος ανά φυτό που μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα με την συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Αφού οι πλάκες του πετροβάμβακα τοποθετηθούν στο θερμοκήπιο, ανοίγονται τρύπες στην πάνω επιφάνεια του πλαστικού περιτυλίγμάτος τους στα σημεία που θα τοποθετηθούν τα φυτά. Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων, τα οποία για λόγους ευκολίας κατά την δημιουργία τους είναι συνήθως κυκλικά, είναι ανάλογες με το μέγεθος των κύβων ανάπτυξης των σποροφύτων στο σπορείο. Οι σωληνίσκοι (στάλακτες τύπου spragetti) που διανέμουν το θρεπτικό διάλυμα στα φυτά στερεώνονται με ειδικές πλαστικές καρφίτσες πάνω στο υπόστρωμα με τέτοιο τρόπο, ώστε το θρεπτικό διάλυμα που εξέρχεται να πέφτει πάνω στα ανοίγματα που πρόκειται να υποδεχθούν τα φυτά.

Αφού πλέον τόσο το σύστημα άρδευσης όσο και τα υποστρώματα έχουν τοποθετηθεί στον χώρο που θα λάβει χώρα η καλλιέργεια, τίθεται σε λειτουργία η εγκατάσταση παρασκευής και το σύστημα παροχής του διαλύματος και το υπόστρωμα διαβρέχεται με θρεπτικό διάλυμα μέχρι να κορεσθεί πλήρως ολόκληρος ο όγκος του.

Μολονότι ο πετροβάμβακας σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας συμπεριφέρεται ως

ένα χημικά αδρανές υλικό, κατά την αρχική του διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα η τιμή του pH ανυψώνεται κατά 1-2 μονάδες. Γι' αυτό το λόγο η τιμή του pH του θρεπτικού διαλύματος κατά την αρχική διαβροχή των πλακών του πετροβάμβακα θα πρέπει να είναι χαμηλότερη (pH περίπου 4,5-5,0) από την τιμή που θα έχει αργότερα (5,5-5,7), όταν δηλαδή τοποθετηθούν τα φυτά πάνω του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμή του pH μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα γίνεται κατορθωτό να συγκρατηθεί μεταξύ 6,0-6,5.

Μία ή δύο ημέρες μετά τον κορεσμό του υποστρώματος με διάλυμα τα φυτά μεταφυτεύονται μαζί με τους κύβους τους στις οριστικές τους θέσεις πάνω στο υπόστρωμα (Εικ. 12 βλ. Παράρτημα Ι). Μόλις τελειώσει η εργασία της μεταφύτευσης, στο κάτω μέρος των πλαστικών θηκών που περιβάλλουν τον πετροβάμβακα ανοίγονται δύο κάθετες σχισμές με ένα ξυράφι, με στόχο την απορροή του μέρους εκείνου του διαλύματος που δεν συγκρατείται από το υπόστρωμα και περισσεύει μετά από κάθε πότισμα (δηλαδή του κλάσματος έκπλυσης).

Όταν τα φυτά είναι τοποθετημένα σε διπλές γραμμές προφανώς τα ανοίγματα αποστράγγισης γίνονται στην εσωτερική πλευρά των πλακών και όχι αυτή που έχει μέτωπο προς τους διαδρόμους που υπάρχουν μεταξύ κάθε ζεύγους γραμμών φύτευσης.

Ο τρόπος εγκατάστασης μιας νέας καλλιέργειας πετροβάμβακα που έχει περιγραφεί παραπάνω είναι βέβαια ο πλέον συνηθισμένος, χωρίς όμως να είναι και ο μοναδικός. Μία άλλη πρακτική είναι η τοποθέτηση των πλακών σε υδρορροές, η οποία όπως ήδη προαναφέρθηκε εφαρμόζεται όταν η εγκατάσταση πρόκειται να λειτουργήσει ως κλειστό υδροπονικό σύστημα. Οι πλάκες μπορεί να είναι είτε επενδυμένες με το πλαστικό περιτύλιγμα είτε χωρίς αυτό. Ορισμένες φορές το πλαστικό περιτύλιγμα αφαιρείται (είτε αγοράζονται πλάκες χωρίς πλαστικό κάλυμμα) και οι πλάκες τεμαχίζονται σε μικρότερα τεμάχια με στόχο την μείωση του όγκου του υποστρώματος ανά φυτό, χωρίς να χρειαστεί να συνωστιάζονται πολλά φυτά πάνω σε μία πλάκα.

Ένας άλλος τρόπος εγκατάστασης μίας καλλιέργειας πετροβάμβακα είναι η τοποθέτηση γυμνών πλακών χωρίς περιτύλιγμα σε σειρές που αντιστοιχούν στις γραμμές φύτευσης. Η τοποθέτηση γίνεται πάνω σε λωρίδες πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το πλάτος αυτών των λωρίδων θα πρέπει να είναι αρκετό, ώστε στη συνέχεια οι πλάκες του πετροβάμβακα να περιτυλίγονται πλήρως με αυτές. Έτσι οι πλάκες του πετροβάμβακα προστατεύονται από τον σχηματισμό πράσινων φυκιών και την εξάτμιση μέρους του διαλύματος από την επιφάνειά τους, ενώ στα σημεία που θα τοποθετηθούν τα φυτά

παραμένουν ανοίγματα γι' αυτό τον σκοπό. Η εφαρμογή αυτού του συστήματος είναι συχνή σε καλλιέργειες τριανταφυλλιάς και περιγράφεται αναλυτικά.

4.2.3 Λειτουργία Υδροπονικών Συστημάτων σε Πετροβάμβακα

Από την στιγμή που τα φυτά μεταφυτεύονται στο θερμοκήπιο με τοποθέτηση των κύβων πάνω στις πλάκες του πετροβάμβακα, το ριζικό σύστημα αρχίζει να διεισδύει μέσα σ' αυτές και να τρέφεται από το θρεπτικό διάλυμα που περιέχουν. Η καλλιεργητική τεχνική επομένως θα πρέπει να αποσκοπεί στην τακτική συμπλήρωση του καταναλωθέντος από τα φυτά θρεπτικού διαλύματος μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα με νέο διάλυμα μέσω του συστήματος άρδευσης. Εκτός όμως από την ποσοτική συμπλήρωση του διαλύματος που απορροφάται από τα φυτά, θα πρέπει να διατηρείται και η σύστασή του κατά το δυνατόν σταθερή, χωρίς να αποκλίνει σημαντικά από το σχήμα θρέψης που ακολουθείται. Για το θέμα αυτό θα γίνει μία συμπληρωματική αναφορά με στόχο να εξειδικευθούν ορισμένα θέματα ειδικά για τις καλλιέργειες σε πετροβάμβακα.

1. Ο συνολικός ημερήσιος όγκος διαλύματος ανά φυτό που θα πρέπει να παρέχεται στην καλλιέργεια συνιστάται να είναι κατά 15-25% αυξημένος σε σύγκριση με την ποσότητα που απορροφάται από την καλλιέργεια. Αυτή η επιπλέον ποσότητα εφόσον δεν θα καταναλώνεται θα απορρέει από τις σχισμές που υπάρχουν στο πλαστικό περιτύλιγμα των πλακών ή απευθείας στην υδρορροή όταν χρησιμοποιείται πλαστικό περιτύλιγμα των πλακών ή απευθείας στην υδρορροή όταν χρησιμοποιείται αυτή η τεχνική. Με αυτόν τον τρόπο όμως θα εκπλύνονται από το εσωτερικό του υποστρώματος ορισμένα ιόντα αλάτων τα οποία διαφορετικά θα έτειναν να συσσωρευτούν εκεί, επειδή απορροφώνται από το φυτό σε σημαντικά χαμηλότερη αναλογία ιόντος: νερού σε σύγκριση με αυτή που επικρατεί στο διάλυμα (δηλαδή σε σύγκριση με την συγκέντρωση αυτών).

2. Η συχνότητα παροχής διαλύματος στα φυτά (πότισμα) μέσα σε μία ημέρα και η εκάστοτε διάρκεια της παροχής είναι αναγκαίο να προσαρμόζονται στις καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία) κάθε εποχής και κάθε περιοχής καθώς και στις διακυμάνσεις

αυτών κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Γενικά τις ημέρες με πολύ ζέστη και έντονη ηλιοφάνεια θα πρέπει να γίνονται περισσότερα ποτίσματα ανά ημέρα. Η διάρκεια των ποτισμάτων όμως, θα πρέπει να καθορίζεται κυρίως με βάση την ποσότητα του διαθέσιμου όγκου υποστρώματος ανά φυτό, με στόχο ο εκάστοτε όγκος του παρεχόμενου διαλύματος να μην υπερβαίνει κατά περισσότερο από 15-25% (κλάσμα έκπλυσης) την ποσότητα που μπορεί να συγκρατήσει το υπόστρωμα. Διαφορετικά, η απορροφή διαλύματος θα είναι πολύ μεγάλη με συνέπεια να γίνεται σπατάλη νερού και λιπασμάτων και να ρυπαίνεται το περιβάλλον.

3. Το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος που περιέχεται μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά. Η λήψη δειγμάτων διαλύματος μέσα από τον πετροβάμβακα μπορεί να γίνει εύκολα χρησιμοποιώντας για τον σκοπό αυτό μία μεγάλη σύριγγα (συνιστάται η χρήση μίας κτηνιατρικής σύριγγας). Στη συνέχεια οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν εύκολα χρησιμοποιώντας ένα φορητό αγωγιμόμετρο και ένα επίσης φορητό πεχάμετρο. Σε τακτικά χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε 1-2 μήνες ή και συχνότερα σε περίπτωση ανακύκλωσης του διαλύματος) και ανάλογα και με την εμφάνιση της καλλιέργειας, τα δείγματα αυτά θα πρέπει να αποστέλλονται σε ένα χημικό εργαστήριο για τον έλεγχο της περιεκτικότητας του διαλύματος σε όλα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που περιέχει συμπεριλαμβανομένου και του μη θρεπτικού στοιχείου (Na).

4. Κάθε φορά που διαπιστώνεται ότι οι τιμές των προαναφερθέντων μεγεθών (αγωγιμότητα, pH, συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων) μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα ξεφεύγουν από τα επιθυμητά όρια, είναι απαραίτητο να γίνονται διορθωτικές παρεμβάσεις με στόχο την επαναφορά τους στις τιμές-στόχους. Όταν η σύσταση του διαλύματος με το οποίο τροφοδοτείται η καλλιέργεια είναι η ενδεδειγμένη, τυχόν αποκλίσεις στις τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέσα στην πλάκα του υποστρώματος μπορούν συνήθως να διορθωθούν εύκολα μέσω ρύθμισης της συχνότητας και της διάρκειας της παροχής διαλύματος στα φυτά. Σε ορισμένες περιπτώσεις βέβαια είναι πιθανό να χρειαστεί και αλλαγή στην σύσταση του παρεχόμενου διαλύματος. Σε περίπτωση που διαπιστωθούν σοβαρές αποκλίσεις στις απόλυτες συγκεντρώσεις και ιδιαίτερα στις αναλογίες συγκεντρώσεων μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων η κατάσταση μπορεί να διορθωθεί με - μία μεγάλης διάρκειας έκπλυση των υποστρωμάτων με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα, εφόσον δεν εφαρμόζεται

ανακύκλωση και η σύσταση του διαλύματος που χορηγείται στην καλλιέργεια είναι ορθή. Όταν όμως το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται ή η σύνθεση του χορηγούμενου στα φυτά διαλύματος δεν αντιστοιχεί στις ανάγκες της καλλιέργειας, τότε η σύνθεση αυτού θα πρέπει να αναπροσαρμόζεται κατάλληλα.

5. Το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος που χορηγείται στα φυτά θα πρέπει επίσης να ελέγχονται τακτικά. Χάρης σ' αυτές τις μετρήσεις είναι δυνατόν να επαναεπιβεβαιώνεται κάθε φορά, ότι η σύνθεση του διαλύματος που φθάνει στα φυτά παραμένει αμετάβλητη, όπως έχει οριστεί από την αρχή. Με τον τρόπο αυτό, τυχόν βλάβες ή άλλου είδους προβλήματα που ενδέχεται να εμφανισθούν στο σύστημα παρασκευής και παροχής του διαλύματος στα φυτά μπορούν να διαπιστώνονται και να διορθώνονται έγκαιρα. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να γίνονται σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής του διαλύματος από την εγκατάσταση παρασκευής του μέχρι τα σημεία διανομής του στα φυτά. Η πλέον συνηθισμένη και αξιόπιστη πρακτική όμως είναι η λήψη δειγμάτων νεπού θρεπτικού διαλύματος από το τέλος της διαδρομής του, δηλαδή από τους σταλάκτες.

4.3 ΛΙΠΑΝΣΗ - ΘΡΕΨΗ ΤΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των φυτών της τριανταφυλλιάς στις υδροπονικές καλλιέργειες σε πετροβάμβακα θα πρέπει να εξειδικεύεται κάθε φορά ανάλογα με την σύσταση του νερού σε άλατα, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, την εποχή του έτους κ.λ.π.

Οι αναλογίες κύριων θρεπτικών στοιχείων (meq/meq) που επιδιώκονται συνήθως στο θρεπτικό διάλυμα είναι N:K=2,8, K:Ca=0,7, Ca:Mg=2,9. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην περιεκτικότητα του διαλύματος σε σίδηρο. Ο σίδηρος θα πρέπει να χορηγείται πάντοτε σε χηλική μορφή ενώ η συγκέντρωσή του στο διάλυμα δεν θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από 25μmol/l (1,4mg/l).

Πίνακας 6. Σύσταση θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε πετροβάμβακα με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 1,6-1,8 dS/m περίπου (ανάλογα με την σύσταση του νερού σε Cl και Na) σύμφωνα με τους Sonneveld και Straver.

<i>ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</i>		
NO ₃ -N	11.00 meq/l	(154 ppm NO ₃ -N)
H ₂ PO ₄ -P	1.25 meq/l	(39 ppm P)
SO ₄ -S	2.50 meq/l	(40 ppm S)
NH ₄ -N	1.50 meq/l	(21 ppm NH ₄ -N)
K	4.50 meq/l	(175.5 ppm K)
Ca	6.50 meq/l	(130 ppm Ca)
Mg	2.25 meq/l	(27 ppm Mg)
<i>ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</i>		
Fe	25.00 μmol	(1.40 ppm Fe)
Mn	5.00 μmol	(0.28 ppm Mn)
Zn	3.50 μmol	(0.23 ppm Zn)
Cu	0.75 μmol	(0.05 ppm Cu)
B	20.00 μmol	(0.22 ppm B)
Mo	0.50 μmol	(0.05 ppm Mo)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος θα πρέπει σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας να κυμαίνεται μεταξύ 1,6-1,8 dS/m όταν επικρατεί ζεστός καιρός σχετικά υψηλή ηλιοφάνεια. Σε χρονικές περιόδους με βροχερό και νεφελώδη καιρό όμως, η αγωγιμότητα είναι σκόπιμο να ανυψώνεται μέχρι τα 2,2dS/m περίπου.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες τριανταφυλλιάς, το pH του διαλύματος που βρίσκεται στον χώρο ανάπτυξης των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,0-6,5. Για να είναι δυνατόν να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο η οξύτητα του διαλύματος που βρίσκεται στον χώρο του ριζοστρώματος, το νωπό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά θα πρέπει να έχει pH μεταξύ 5,5-5,7.

Σε γενικές γραμμές δεν υπάρχει καμιά ιδιαίτερη απαίτηση στην σύσταση του

θρεπτικού διαλύματος η οποία να σχετίζεται με τον πετροβάμβακα και συνεπώς η σύνθεση μπορεί να εφαρμοστεί κατά την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς και σε οποιοσδήποτε άλλο αδρανές υπόστρωμα.⁵

Πίνακας 7. Συνταγή Θρέψης που εφαρμόζεται κατά τους θερινούς μήνες σε υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς.⁶

Δοχείο 1 (1000 L.)		Δοχείο 2 (1000 L.)	
Λιπάσματα	Κιλά	Λιπάσματα	Κιλά
Νιτρικό Ασβέστιο	66	Νιτρικό Κάλιο	37
Νιτρικό Κάλιο	--	Θειικό Μαγνήσιο	7,5
Νιτρική Αμμωνία	2,8	Θειικό Κάλιο	19
Νιτρικό Μαγνήσιο	16	Φωσφορικό Μονοκάλιο	11
Ουρία	--	Φωσφορικό Οξύ (85%)	3,3
Νιτρικό Νάτριο	--	Νιτρικό Οξύ (67%)	9
Χηλικός Σίδηρος (6%)	3,3	Διάλυμα Ιχνοστοιχείων	1 L.
ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ			
ΔΙΑΛΥΣΗ		1:100	
Λιπάσματα	Γραμμάρια / 1000 L.	* Το επιθυμητό pH είναι 5,5 και η αγωγιμότητα 2,0 dS/m * Το νερό που χρησιμοποιείται έχει pH: 7.2 και E.C.: 0.3 dS/m * Τα ιχνοστοιχεία προστίθενται στο δοχείο 2	
Θειικό Μαγγάνιο	110		
Βόρακας	220		
Θειικός Χαλκός	25		
Θειικός Ψευδάργυρος	90		
Μολυβδαινικό Νάτριο	12,5		

⁵ Σάββας Δ., Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών, Τ.Ε.Ι. Άρτας, 1998, σ.σ. 136-137

⁶ Κατσάνος Δ. Χ. Γεωπόνος – Σύμβουλος Grodan / Rockwool Med. S.A., 2002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ⁷

5.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης συμβάλλει τόσο στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων όσο και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Η εφαρμογή ανακύκλωσης όμως εμπεριέχει κινδύνους γρήγορης εξάπλωσης μολύνσεων στην καλλιέργεια όταν το διάλυμα απορροής δεν απολυμαίνεται πριν επαναχρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι η παστερίωση με θέρμανση, η έκθεσή του σε υπεριώδη ακτινοβολία και η αργή διήθηση μέσω άμμου. Η χρήση χημικών απολυμαντικών όπως O_3 , H_2O_2 , και I_2 περικλείει κινδύνους φυτοτοξικότητας ενώ η διήθηση μέσω μικροφίλτρων παρουσιάζει προβλήματα απόφραξης και βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Εκτός από την ανάγκη απολύμανσης, η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζει δυσκολίες και στην συμπλήρωση του θρεπτικού διαλύματος απορροής με λιπάσματα πριν την επαναχρησιμοποίησή του, η οποία θα πρέπει να γίνεται αυτοματοποιημένα. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον σκοπό αυτό περιγράφονται και αναλύονται.

5.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται, αποτρέπεται η διαφυγή μέρους των χορηγούμενων λιπασμάτων από τον χώρο των ριζών προς το περιβάλλον και ιδιαίτερα προς τα επιφανειακά και υπόγεια νερά με ευεργετικές επιπτώσεις στην διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας, ενώ παράλληλα και το κόστος της λίπανσης μιας υδροπονικής καλλιέργειας ελαττώνεται σημαντικά. Τα παραπάνω οφέλη προκύπτουν χωρίς η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος να έχει κάποια δυσμενή επίπτωση στις αποδόσεις (Ravin et al., 1998). Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στηρίζονται μέσω διαφόρων κινήτρων σε

⁷ 19^η Επιστημονική συνεδρίαση Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών. 26-28 Οκτωβρίου 1999, Ηράκλειο Κρήτης

όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ σε ορισμένες χώρες όπως η Ολλανδία η εφαρμογή τους είναι υποχρεωτική από τον νόμο (De Kreij and Jonsson, 1999).

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα το διάλυμα απορροής είναι σκόπιμο να απολυμαίνεται πριν την επαναχρησιμοποίησή του γιατί υπάρχει κίνδυνος διάδοσης ασθενειών σε όλη την καλλιέργεια όταν σε κάποιο σημείο της υπάρχουν προσβεβλημένα φυτά (Rupia, 1995). Σημαντικές δυσκολίες παρουσιάζει επίσης και η συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων, ώστε το νέο διάλυμα τροφοδοσίας που προκύπτει από αυτή την διαδικασία να αντιστοιχεί στις ανάγκες θρέψης της καλλιέργειας. Για τα παραπάνω ζητήματα γίνεται εκτενέστερη αναφορά παρακάτω.

5.3 ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Ένας τρόπος επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος απορροής είναι η συνεχής τροφοδοσία και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, όπως π. χ γίνεται στο σύστημα NFT (Cooper, 1979, Graves, 1983). Ο δεύτερος τρόπος ανακύκλωσης αφορά υδροπονικά συστήματα στα οποία η παροχή θρεπτικού διαλύματος (πότισμα) είναι συχνή αλλά μικρής διάρκειας. Σε τέτοιου είδους κλειστά υδροπονικά συστήματα το συλλεγόμενο διάλυμα απορροής συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και χρησιμοποιείται ξανά (Raviv et al., 1998, Savvas and Manos, 1999).

Πίνακας 8. Ημερήσιος όγκος διαλύματος απορροής που επαναχρησιμοποιείται σε μια καλλιέργεια τομάτας η οποία τροφοδοτείται με θρεπτικό διάλυμα μέσω συχνών, μικρής διάρκειας ποτισμάτων.

<u>ΔΕΔΟΜΕΝΑ</u>	
Συνολικός αριθμός φυτών	2,500
Χορηγούμενο θρεπτικό διάλυμα ανά φυτό & ημέρα	4 L (0.004m ³)
Κλάσμα απορροής	0.3 (30%)
<u>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ</u>	
Συνολική χορηγούμενη ημερήσια ποσότητα (m ³)	2,500x0.004=10 m ³
Συνολική ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που καταναλώνεται (m ³ / στρέμμα και ημέρα)	0.7x10=7 m ³
Συνολική ποσότητα διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται (m ³ / στρέμμα και ημέρα)	0.3x10=3 m ³

Πίνακας 9. Ημερήσιος όγκος διαλύματος απορρόφησης που επαναχρησιμοποιείται σε μια καλλιέργεια τομάτας στην οποία εφαρμόζεται συνεχής κυκλική κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
Συνολικός αριθμός φυτών	2,500
Συνολικός αριθμός καναλιών	40
Παροχή διαλύματος ανά κανάλι	0,2 m ³ /h
Συνολική κατανάλωση θρεπτικού διαλύματος ανά στρέμμα και ημέρα	7 m ³
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	
Συνολική διακινούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος (m ³ ανά στρέμμα και ημέρα)	0,2x24x40=192 m ³
Συνολική ποσότητα διαλύματος απορρόφησης που ανακυκλώνεται (m ³ ανά στρέμμα και ημέρα)	192-7=185 m ³

Οι ποσότητες θρεπτικού διαλύματος που απορρέουν από το ριζόστρωμα και επαναχρησιμοποιούνται αφού πρώτα συμπληρωθούν με νερό και λιπάσματα είναι τελείως διαφορετικές σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνικές ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Το μέγεθος των διαφορών αυτών φαίνεται συγκρίνοντας τους Πίνακες 8 και 9 αντίστοιχα.

5.4 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί η δυνατότητα μετάδοσης αρκετών μυκήτων, βακτηρίων και ιών δια μέσου του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Σε συνθήκες καλλιεργητικής πράξης βέβαια, η βαθμιαία δημιουργία μίας φυσικής ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας ως αντίδραση στην εμφάνιση παθογόνων μέσα στο κλειστό υδροπονικό σύστημα είναι πιθανόν να ελέγχει βιολογικά την εξάπλωση των βλαπτικών μικροοργανισμών δια μέσου του ανακυκλούμενου διαλύματος (Paulitz, 1996). Η παραπάνω θεώρηση είναι μία πιθανή εξήγηση για το γεγονός ότι στην καλλιεργητική πράξη τα προβλήματα μετάδοσης ασθενειών μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος είναι μικρότερα και λιγότερο συχνά από ό,τι αρχικά αναμενόταν.

Πίνακας 10. Σύνοψη μεθόδων απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος απορροής που χρησιμοποιούνται στην υδροπονική πράξη ή δοκιμάζονται πειραματικά.

Μέθοδος απολύμανσης	Συνθήκες εφαρμογής της μεθόδου
Παστερίωση με θέρμανση	95 °C για 15" (για όλα τα παθογόνα) 85 °C για 3' (<i>Fusarium</i> , ToMV)
Εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας	200-280 nm, 250ml/cm ²
Αργή διήθηση μέσω άμμου	Ρυθμός διήθησης: 0.1-0.3 m/h Κοκκομετρία άμμου: 0.2-0.6 mm
Μικροδιήθηση μέσω μεμβρανών	Για απομάκρυνση του <i>Fusarium oxysporum</i> , απαιτείται μέγεθος πόρων 0,05μm
Απολύμανση με Όζον (O ₃)	10 ppm για 1 ώρα (οξειδοαναγωγικό δυναμικό 754mV) σε χαμηλό pH (~ 4.7)
Ενεργό υπεροξείδιο του υδρογόνου	Θανάτωση του <i>Fusarium oxysporum</i> : 50-100ppm για 5 λεπτά. Εξόντωση ιών (TMV): 400ppm
Απολύμανση με Ιώδιο	Θανάτωση του <i>Fusarium oxysporum</i> : 0.7ppm

Όταν εφαρμόζεται συνεχής κυκλική κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, η απολύμανση του διαλύματος απορροής είναι τεχνικά δύσκολη και οικονομικά ασύμφορη λόγω του πολύ μεγάλου όγκου του. Όταν όμως η υδροπονική καλλιέργεια τροφοδοτείται μέσω πολλών μικρής διάρκειας ποτισμάτων η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος απορροής είναι και εφικτή και σκόπιμη. Στον Πίνακα 10 παρατίθενται οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος που έχουν δοκιμασθεί μέχρι σήμερα στην υδροπονία μαζί με ορισμένα βασικά δεδομένα για τον τρόπο και τις συνθήκες εφαρμογής τους τα οποία προέρχονται από τους Runia (1995), Wohanka (1995), Runia et al., (1996), Van Os et al. (1996) και Runia and Amsing (1999).

Από τις παραπάνω μεθόδους μόνο η παστερίωση με θέρμανση, η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας και η αργή διήθηση μέσω άμμου εφαρμόζονται στην πράξη σε αξιόλογη κλίμακα. Σε ορισμένες θερμοκηπιακές μονάδες στην Ολλανδία εφαρμόζεται επίσης και η μέθοδος της απολύμανσης με όζον. Η μέθοδος αυτή όμως, όπως και η χρήση ενεργού H₂O₂ ή ιωδίου παροικιάζουν το μειονέκτημα ότι επιφέρουν μεταβολές στην σύσταση του διαλύματος απορροής ενώ ειδικά το ιώδιο μπορεί να αποβεί και τοξικό για τα φυτά.

5.5 ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για να είναι εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής, η συμπλήρωσή του με τις κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων θα πρέπει να γίνεται αυτόματα με την βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Το πρόβλημα της συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής συνίσταται στον καθορισμό των απαραίτητων ποσοτήτων νερού και πυκνών διαλυμάτων που πρέπει να προστεθούν σε αυτό ώστε να επιτευχθεί και πάλι η αγωγιμότητα-στόχος. Πιο συγκεκριμένα, είναι γνωστό ότι ο ρυθμός, απορρόφησης, νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος και στάδιο ανάπτυξης του φυτού (έκταση φυλλικής επιφάνειας), τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια, κλπ.) που επικρατούν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, κλπ. (Savvas and Lenz, 1995, Sonneveld, 1995, κλπ.). Επομένως, ο όγκος θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απομακρύνεται από το ριζόστρωμα μετά την χορήγησή του στα φυτά καθώς και οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτό διαφέρουν κάθε φορά. Κατά συνέπεια, οι ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής δεν είναι σταθερές και γ' αυτό δεν μπορούν να καθορισθούν εκ των προτέρων. Το ιδανικό επομένως θα ήταν να υπολογίζονται και να προστίθενται αυτόματα σε συνθήκες πραγματικού χρόνου κάθε φορά που μία ποσότητα διαλύματος απορροής πρέπει να συμπληρωθεί με νερό και λιπάσματα για να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Πίνακας 11. Παράμετροι που καθορίζουν τις ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής ώστε να μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση σε μια κλειστή υδροπονική καλλιέργεια.

Επιλεγόμενες παράμετροι
E_i → επιθυμητή EC ($dS\ m^{-1}$) θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας σε κάθε πότισμα
V_i → επιθυμητός όγκος (L) θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας σε κάθε πότισμα
A_i → συντελεστής συμπίκνωσης του i από τα 1-n πυκνά διαλύματα λιπασμάτων
Μη επιλεγόμενες παράμετροι
E_w → EC ($dS\ m^{-1}$) νερού που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των διαλυμάτων
Μεταβλητές Παράμετροι
E_r → EC ($dS\ m^{-1}$) διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται σε δεδομένο πότισμα

V_r → όγκος (L) διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται σε ένα δεδομένο πότισμα

Οι ποσότητες νερού και λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής ώστε να μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί εξαρτώνται από τις παραμέτρους που δίνονται στον Πίνακα 11. Από αυτές, τρεις παράμετροι είναι επιλεγόμενες από τον καλλιεργητή, μία παράμετρος είναι δεδομένη και εκφράζει την ποιότητα του διαθέσιμου νερού άρδευσης ενώ δύο άλλες είναι μεταβλητές, εξαρτώμενες από τις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες κλπ. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.

Από τις μεταβλητές παραμέτρους του Πίνακα 11, το V_r μπορεί εύκολα να προκαθορισθεί και επομένως να θεωρηθεί επιλεγόμενη παράμετρος. Για να μπορεί όμως να γίνει αυτό, το διάλυμα απορροής που προκύπτει μετά από κάθε πότισμα θα πρέπει να συλλέγεται σε ένα σχετικά μεγάλο δοχείο ώστε να υπάρχει δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης αν κάποιες φορές είναι περισσότερο από το προεπιλεγμένο V_r . Όταν η στάθμη της δεξαμενής συλλογής του διαλύματος απορροής ανέλθει πάνω από κάποιο όριο, ελαττώνεται η συχνότητα των ποτισμάτων και έτσι η παραγόμενη ποσότητα διαλύματος απορροής προσεγγίζει και πάλι το προεπιλεγμένο V_r .

Οι στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοσθούν για την συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις αναγκαίες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται από τον διαθέσιμο εξοπλισμό και μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τρεις κατηγορίες:

1. Συμπλήρωση με προεπιλεγμένη αναλογία μείξης απορροής-νερού
2. Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού.
3. Συμπλήρωση με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία έγχυσης λιπασμάτων.

5.5.1 Συμπλήρωση με προεπιλεγμένη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις όπου η παρασκευή και η χορήγηση θρεπτικού διαλύματος στα φυτά γίνεται ταυτόχρονα. Σε έναν κάδο ανάμειξης ή και απευθείας στον αγωγό άρδευσης προστίθενται συνεχώς και ταυτόχρονα διάλυμα απορροής, νερό και πυκνά διαλύματα λιπασμάτων και οξέως.

Το διάλυμα απορροής με αγωγιμότητα E_r και νερό με αγωγιμότητα E_w προστίθενται σε αναλογία $x:y$ όπου:

$$x = \frac{V_r}{V_t}, \quad y = \frac{V_t - V_r}{V_t} \quad (5)$$

και επομένως

$$x + y = 1 \quad (6)$$

οπότε προκύπτει μείγμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα E_m η οποία πρακτικά είναι ίση με:

$$E_m = xE_r + yE_w \quad (7)$$

β) Τα πυκνά διαλύματα λιπασμάτων προστίθενται σε ποσότητες που είναι γνωστό ότι προκαλούν αύξηση της EC από E_m σε E_t , δηλαδή κατά

$$\Delta E = E_t - E_m \quad (8)$$

Για την E_t καθώς και για την διαφορά ΔE ορίζονται επιθυμητές τιμές οπότε η E_m υπολογίζεται από την (8) η οποία μετασχηματίζεται ως εξής:

$$E_m = E_t - \Delta E \quad (9)$$

Αντικαθιστώντας την (9) στην (7) προκύπτει ένα σύστημα εξισώσεων με αγνώστους τις τιμές x και y του οποίου η επίλυση οδηγεί στις σχέσεις:

$$x = \frac{E_t - E_w - \Delta E}{E_r - E_w}, \quad y = 1 - x \quad (10)$$

Η E_r στις (10) αρχικά ορίζεται κατ' εκτίμηση, ενώ αργότερα μπορεί να επανακαθορισθεί, ανάλογα με τις τιμές της E_r που μετρώνται στο διάλυμα απορροής στα πλαίσια της παρακολούθησης της καλλιέργειας. Επομένως, χρησιμοποιώντας τις (10) μπορεί να υπολογισθεί η αναλογία $x:y$ που οδηγεί στην επιθυμητή EC στο διάλυμα τροφοδοσίας (E_t) μέσω συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής με τόσα θρεπτικά στοιχεία όσα αντιστοιχούν σε ηλεκτρική αγωγιμότητα ίση με ΔE .

Από τεχνική άποψη, σε ένα τέτοιο σύστημα ανακύκλωσης του διαλύματος απορροής η αναλογία $x:y$ είναι ρυθμιζόμενη και προκαθορίζεται από τον χρήστη με βάση τις τιμές που λαμβάνονται από τις (10). Ρυθμιζόμενη και προκαθοριζόμενη είναι επίσης και η E_t η οποία επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και σε αντίστοιχες εγκαταστάσεις σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα (Σάββας, 1998, σελ. 15-17). Όσον αφορά την ΔE , αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στις σχέσεις (10) και επομένως επιτυγχάνεται έμμεσα, μέσω διατήρησης της αναλογίας $x:y$ κατά την ανάμειξη του διαλύματος απορροής με νερό σε συνδυασμό με την επίτευξη της E_r στο διάλυμα τροφοδοσίας, εφόσον βέβαια η τιμή της E_r που έχει ορισθεί κατ' εκτίμηση στις (10) ισχύει.

Μία άλλη προσέγγιση στον προαναφερόμενο τρόπο διαχείρισης ενός κλειστού υδροπονικού συστήματος είναι ο ορισμός μίας σταθερής, επιθυμητής τιμής για το ποσοστό διαλύματος απορροής (x) που θα συμμετέχει στην παρασκευή νέου διαλύματος τροφοδοσίας και ο υπολογισμός της ΔE και επομένως και της E_m . Για τον σκοπό αυτό η (10) λύνεται ως προς ΔE οπότε λαμβάνει την μορφή

$$\Delta E = E_r - xE_r - E_w(1-x) \quad (11)$$

Στη συνέχεια με βάση την τιμή της ΔE που υπολογίζεται από την (11) καθορίζεται η σύσταση και ο βαθμός συμπύκνωσης των πυκνών διαλυμάτων λιπασμάτων.

Από όλα τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι, οποιαδήποτε προσέγγιση και αν υιοθετηθεί, η παραπάνω μέθοδος ανακύκλωσης μειονεκτεί στο ότι η E_r δεν μετράται σε συνθήκες πραγματικού χρόνου αλλά ορίζεται κατ' εκτίμηση. Επομένως, η επιτυχία στην συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις κατάλληλες ποσότητες λιπασμάτων συναρτάται από την ακρίβεια της πρόβλεψης της E_r . Βέβαια, η τιμή της E_r που χρησιμοποιείται στις σχέσεις (10) ή (11) μπορεί αργότερα να αλλάζει, ανάλογα με τις τιμές της E_r που μετρώνται στο διάλυμα απορροής στα πλαίσια της παρακολούθησης της καλλιέργειας. Επιπλέον, αν στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαπιστωθεί ότι η μετρούμενη E_r είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή τιμή, η τιμή στόχος για την E_i που χρησιμοποιήθηκε στις σχέσεις (10) ή (11) μπορεί να μειωθεί οπότε, χρησιμοποιώντας τις νέες τιμές x και y ή ΔE αντίστοιχα, επιτυγχάνεται βαθμιαία μείωση της E_r στο διάλυμα απορροής.

Ένα άλλο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου ανακύκλωσης είναι ότι η αναλογία $x:y$ και επομένως σύμφωνα με τις (5) και η ποσότητα διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται κάθε φορά (V_r) είναι τελείως ανεξάρτητη από την ποσότητα διαλύματος απορροής που παράγεται μετά από το πότισμα. Επομένως υπάρχει κίνδυνος, κάποιες φορές να συσσωρεύεται διάλυμα απορροής στην δεξαμενή συλλογής αυτού, το οποίο δεν ανακυκλώνεται, ενώ κάποιες άλλες φορές να μην είναι αρκετό για να αναμειχθεί με νερό στην επιθυμητή αναλογία ($x:y$).

5.5.2 Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία ανάμειξης ς απορροής-νερού.

Η μέθοδος αυτή, όπως και η προηγούμενη, βασίζεται στην ταυτόχρονη παρασκευή και χορήγηση θρεπτικού διαλύματος στα φυτά αλλά είναι πιο αυτοματοποιημένη. Η παρασκευή του διαλύματος τροφοδοσίας συντελείται και πάλι ή σε έναν κάδο ανάμειξης ή απευθείας στον αγωγό άρδευσης μέσω ταυτόχρονης προσθήκης των πυκνών διαλυμάτων λιπασμάτων και του

μείγματος που έχει προκύψει από την ανάμειξη διαλύματος απορροής και νερού. Η αναλογία ανάμειξης του διαλύματος απορροής με νερό όμως ($x:y$) δεν προκαθορίζεται με βάση τις σχέσεις (10) αλλά ρυθμίζεται αυτόματα με την βοήθεια ενός μείκτη και ενός αγωγιμόμετρου το οποίο παρεμβάλλεται αμέσως μετά τον μείκτη και πριν την έγχυση των λιπασμάτων. Όταν ξεκινάει ένας κύκλος άρδευσης, ο μίκτης μεταβάλλει αυτόματα την αναλογία ανάμειξης του διαλύματος απορροής με νερό με βάση την ένδειξη του αγωγιμόμετρου, έτσι ώστε το προκύπτον μείγμα να αποκτήσει την επιθυμητή EC (E_m). Όταν εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος ανακύκλωσης θα πρέπει και πάλι να ορίζονται επιθυμητές τιμές τόσο για την E_r όσο και για την διαφορά ΔE , οπότε η τιμή-στόχος για την E_m υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την (9). Δεν χρειάζεται όμως να δοθεί μία κατ' εκτίμηση τιμή για την E_r , αφού η ($x:y$) δεν υπολογίζεται μέσω των σχέσεων (10) αλλά επιτυγχάνεται αυτόματα μέσω ρύθμισης της E_m σε συνθήκες πραγματικού χρόνου.

Εναλλακτικά μπορεί και με αυτή την μέθοδο ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος να ορισθεί μία επιθυμητή τιμή για την (x) αντί της ΔE , καθώς και μία τιμή στόχος για την E_r , οπότε από την (11) υπολογίζεται μία τιμή στόχος για την ΔE . Στη συνέχεια, από την (9) υπολογίζεται η E_m η οποία εισάγεται στο σύστημα ελέγχου ως τιμή-στόχος. Έτσι, καθώς η τιμή-στόχος για την E_m επιτυγχάνεται χάρις στον αυτόματο μείκτη του διαλύματος απορροής με νερό και στον βαθμό που και η πραγματική E_r τείνει να λάβει την τιμή που χρησιμοποιήθηκε ως τιμή-στόχος στην (11), η αναλογία $x:y$ τείνει να λάβει την επιθυμητή τιμή. Αν στην πράξη η E_r τείνει προς υψηλότερα ή χαμηλότερα επίπεδα από την τιμή-στόχο, σύμφωνα με τον Sonneveld (1981) θα πρέπει να αναπροσαρμόζεται ανάλογα η E_r .

Οι ποσότητες λιπασμάτων που προστίθενται ανά μονάδα όγκου διαλύματος τροφοδοσίας είναι ανάλογες με την σταθερή τιμή ΔE που επιλέγεται από τον χρήστη ή υπολογίζεται από την (11) και συνεπώς είναι σταθερές και γνωστές. Επομένως, για να επιτευχθεί η τιμή-στόχος για την E_r , τα πυκνά διαλύματα των λιπασμάτων αραιώνονται σε μία σταθερή αναλογία με το μείγμα διαλύματος απορροής και νερού. Η αναλογία αυτή μπορεί να επιτευχθεί άμεσα ορίζοντας έναν σταθερό ρυθμό έγχυσης πυκνών διαλυμάτων στο μείγμα διαλύματος απορροής και νερού. Συνήθως όμως ρυθμίζεται έμμεσα, εισάγοντας στο σύστημα ελέγχου μία επιθυμητή τιμή για την (E_r), οπότε η έγχυση λιπασμάτων γίνεται με βάση τις τιμές της (E_r) που μετρώνται σε συνθήκες πραγματικού χρόνου σε τέτοια αναλογία, ώστε να επιτυγχάνεται η τιμή-στόχος.

Το μοναδικό σοβαρό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου ανακύκλωσης είναι ότι η ποσότητα διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται κάθε φορά (V_r) είναι τελείως ανεξάρτητη από την ποσότητα διαλύματος απορροής που παράγεται μετά από το πότισμα. Επομένως, κάποιες φορές μπορεί να συσσωρεύεται διάλυμα απορροής στην δεξαμενή συλλογής αυτού ενώ κάποιες άλλες φορές μπορεί να μην επαρκεί για να αναμειχθεί με νερό στην αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία.

5.5.3 Συμπλήρωση με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία έγχυση λιπασμάτων.

Η μέθοδος αυτή, σε αντίθεση με τις προηγούμενες, βασίζεται στον χρονικό διαχωρισμό της παρασκευής του διαλύματος απορροής από την αποστολή του στα φυτά. Πρώτα παρασκευάζεται όλο το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας με ανάμειξη του διαλύματος απορροής με νερό σε μία δεξαμενή κατάλληλου όγκου και έγχυση πυκνών διαλυμάτων λιπασμάτων και οξέως για την ρύθμιση του pH και μετά ακολουθεί το πότισμα των φυτών. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθόδους δεν υπάρχει ένα σταθερό ΔE και επομένως οι ποσότητες των λιπασμάτων που προστίθενται μεταβάλλονται σε κάθε εφαρμογή άρδευσης ανάλογα με τις εκάστοτε τιμές των E_r και V_r οι οποίες μετρώνται αυτόματα σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (Savvas and Manos, 1999).

Το βασικό πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει την ανακύκλωση τόσο θρεπτικού διαλύματος σε κάθε πότισμα όσο έχει συλλεχθεί από το αμέσως προηγούμενο. Επομένως δεν υφίσταται πρόβλημα συσσώρευσης διαλύματος απορροής στην δεξαμενή συλλογής αυτού το οποίο πρέπει να απορριφθεί αν δεν γίνει έγκαιρα αντιληπτό και δεν ελαττωθεί η συχνότητα άρδευσης. Ένα ακόμη πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι είναι ακριβής λόγω του χρονικού διαχωρισμού της παρασκευής από την χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος. Το μοναδικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται μία σχετικά μεγάλη δεξαμενή για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας (περίπου 0,4-0,6 m³ ανά στρέμμα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όσα προαναφέρθηκαν συμπεραίνουμε ότι οι καλλιέργειες σε κλειστά (ανακυκλούμενα) υδροπονικά συστήματα με χρήση υποστρώματος πετροβάμβακα ή και άλλων υποστρωμάτων μπορούν να αποφέρουν στους παραγωγούς υψηλότερες αποδόσεις, καθώς και την δυνατότητα του απόλυτου έλεγχου της καλλιέργειας τους, όσον αφορά την θρέψη και την αποφυγή ορισμένων βλαβερών παθογόνων οργανισμών, χωρίς να απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις καθώς ο τεχνολογικός εξοπλισμός που διατίθεται για τέτοιου είδους καλλιέργειες, απλοποιεί τις καταστάσεις κατά το μέγιστο δυνατό.

Αυτό που αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο για την εγκατάσταση τέτοιου είδους συστημάτων, είναι το μεγάλο αρχικό κόστος (εγκατάστασης) που απαιτείται και είναι απαραίτητο να καταβάλουν όσοι ενδιαφέρονται για την κατασκευή κλειστών υδροπονικών συστημάτων με χρήση υποστρώματος πετροβάμβακα, το οποίο όμως όχι μόνο αντισταθμίζεται αλλά υπερκαλύπτεται, αν λάβουμε υπ' όψιν μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών, όπως:

1. Στις υδροπονικές καλλιέργειες επιτυγχάνεται ριζική αντιμετώπιση προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, λύθιο, νηματώδεις κ.τ.λ.).
2. Στις υδροπονικές καλλιέργειες επιτυγχάνεται η βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος καθώς και η αύξηση της παραγωγής από 15-50%, λόγω της δυνατότητας αποφυγής των προβλημάτων του εδάφους και του νερού (αλατότητα, υψηλές συγκεντρώσεις βλαβερών στοιχείων κ.τ.λ.).
3. Επιτυγχάνεται σημαντική πρωίμηση της παραγωγής, παράγοντας σημαντικός για την επίτευξη της προώθησης των προϊόντων με μεγαλύτερα κέρδη για τον παραγωγό.
4. Στα κλειστά (ανακυκλούμενα) συστήματα έχουμε μείωση του κόστους λίπανσης, καθώς το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει δεν χάνεται, αλλά συγκεντρώνεται, απολυμαίνεται, συμπληρώνεται με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και επαναχρησιμοποιείται.
5. Στα κλειστά συστήματα έχουμε εξοικονόμηση νερού σε σημαντικό βαθμό, παράγοντας καθοριστικός για τις θερμοκηπιακές μονάδες, αν λάβουμε υπ' όψιν την σταδιακή εξάντληση των υδάτινων πόρων αφ' ενός και την υφαλμύρωση των υπόγειων νερών πολλών περιοχών αφ' ετέρου.

6. Η πληρότητα των πόρων του πετροβάμβακα με νερό, λόγω του τρόπου παρασκευής του, σε συνθήκες κορεσμού μπορεί να αγγίζει σχεδόν το 100% στα χαμηλότερα στρώματα των πλακών, ενώ όσο προχωράμε προς τα επάνω αυτό μειώνεται ενώ παράλληλα αυξάνεται η περιεκτικότητα του πορώδους σε αέρα, κάτι που δεν επιτυγχάνεται στα άλλα υποστρώματα, από το οποίο προκύπτει το ότι σχεδόν όλο το νερό που περιέχει ο πετροβάμβακας είναι διαθέσιμο για τα φυτά.

Κάτι εξίσου σημαντικό που πρέπει να αναφέρουμε είναι ότι αυτές οι νέες μέθοδοι καλλιέργειας απευθύνονται σε ανθρώπους ανεξαρτήτως ηλικίας, με στοιχειώδεις γραμματικές γνώσεις, υπό την προϋπόθεση ότι πρέπει να είναι σε θέση να αποδεχτούν όλες τις καλλιεργητικές απαιτήσεις και τις οικονομικές “θυσίες” που πρέπει να γίνουν για την επίτευξη του μέγιστου δυνατού αποτελέσματος, ειδικά οι συνέπειες μπορεί να αποβούν αρνητικές έως και καταστρεπτικές για την καλλιέργεια και συνεπώς και για τον παραγωγό τον ίδιο.

Αν λοιπόν λάβουμε υπ’ όψιν όλα τα παραπάνω, η υδροπονική καλλιέργεια σε κλειστά συστήματα με χρήση υποστρώματος πετροβάμβακα, υπόσχεται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα, τόσο για τον παραγωγό όσο και για την άριστη ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Εικόνα 1. Αρδευση υποστρώματος έως ότου φτάσει στην υδατοϊκανότητα του.



Εικόνα 2. Αισθητήρας μέτρησης της κατανάλωσης του διαλύματος.



Εικόνα 3. Υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς σε υπόστρωμα πετροβάμβακα.



Εικόνα 4. Κλάδεμα διαμόρφωσης των νέων φυτών. Εφαρμόζεται λύγισμα όλων των νέων βλαστών με σκοπό την δημιουργία φυλλικής επιφάνειας.



Εικόνα 5. Η ισορροπία μεταξύ φυλλικής επιφάνειας και ανθοφόρων βλαστών είναι σημαντικός παράγοντας κατά το κλάδεμα της τριανταφυλλιάς.



Εικόνα 6. Τεχνική κλαδέματος με λύγισμα των τυφλών (μη ανθοφόρων) βλαστών.



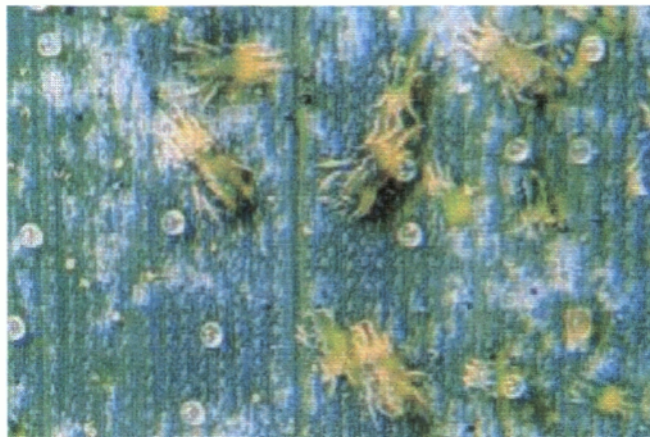
Εικόνα 7. Προσβολή από Ωίδιο σε φύλλα τριανταφυλλιάς



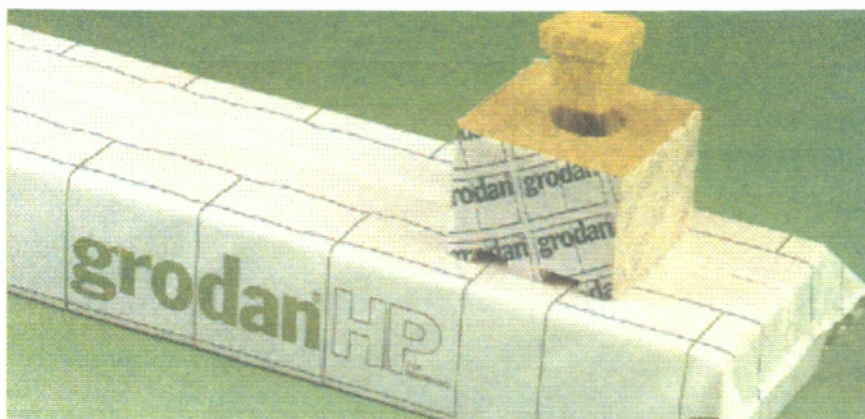
Εικόνα 8. Προσβολή από τον μύκητα *Diplocarpon rosae* (Μαύρη κηλίδωση των φύλλων).



Εικόνα 9. Προσβολή σε νεαρό βλαστό τριανταφυλλιάς από Αφίδες.



Εικόνα 10. Προσβολή φύλλων τριανταφυλλιάς από τετράνυχο.

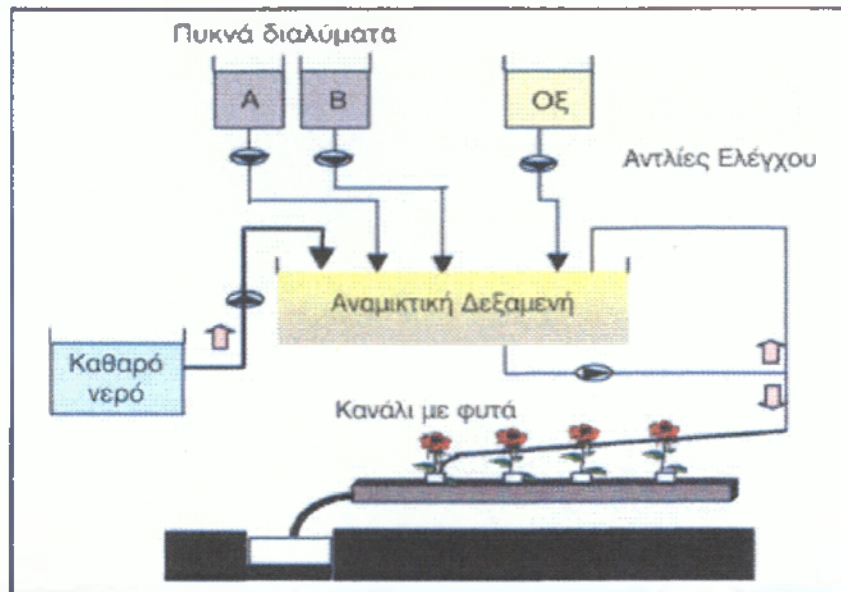


Εικόνα 11. Πλάκα Πετροβάμβακα (slab), κύβος ανάπτυξης και κύβος προβλάστησης.

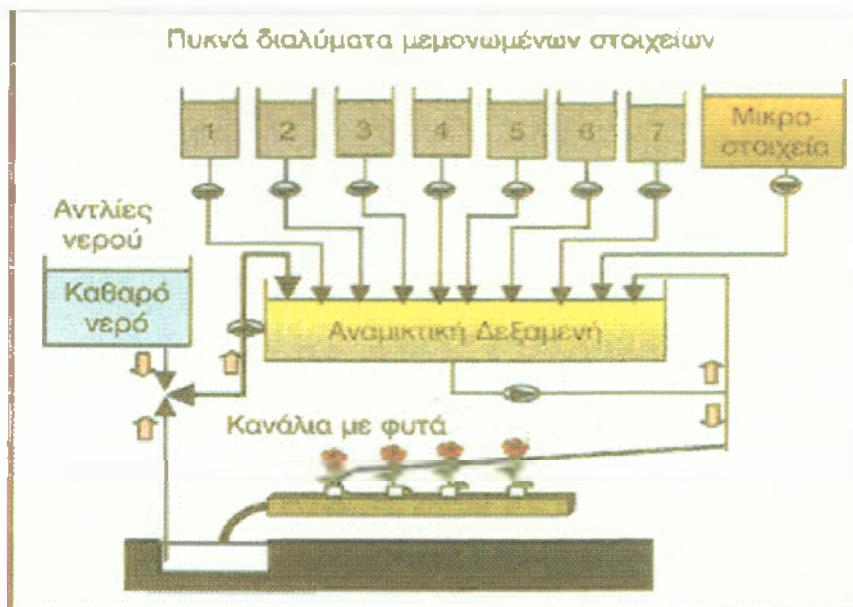


Εικόνα 12. Τοποθέτηση κύβων πετροβάμβακα με τα νέα φυτά που μόλις βγήκαν από το ριζοτήριο

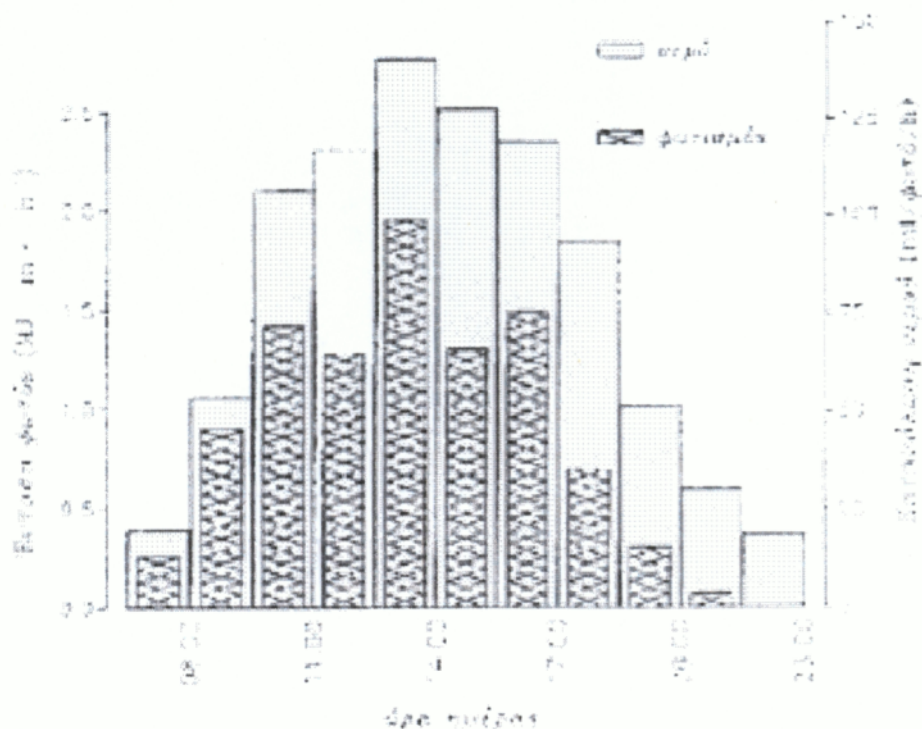
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ



Σχεδιάγραμμα 1. Σχεδιάγραμμα ανοικτού (χωρίς ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος Α/Β δεξαμενών, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.



Σχεδιάγραμμα 2. Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.



Σχεδιάγραμμα 3. Μεταβολή του ρυθμού απορρόφησης του νερού σε μια υδροπονική καλλιέργεια τομάτας στην διάρκεια ενός εικοσεταιτραώρου και η εξάρτησή του από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Adams και Massey 1984).



Σχεδιάγραμμα 4. Συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης νερού και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας όπως μετρήθηκε σε διαδοχικά 15ήμερα χρονικά διαστήματα σε υδροπονική καλλιέργεια μελιτζάνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

1. Bugbee Bruce, Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture, Crop Physiology Laboratory, Utah State University, Logan, 1996, p.p. 1-13.
2. Harris D., Hydroponics: the complete guide to gardening without soil, New Holland, England, 1992, p. 192.
3. Mason J., Commercial Hydroponics, Kangaroo press, Australia, 1990, p. 32
4. Smith Denis, Grower Manual 2, Growing in Rockwool, Grower Books, Great Britain, 1996, p.p. 6, 10-13.
5. Κλειδώνα Π. Αφροδίτη, Ανθοκομία II, Δρεπτά Άνθη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, 1996, σ.σ. 14-18, 52-54.
6. Μάνιος Β., Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γιαλί-Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών λαχανοκομικών καλλιέργειών, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου, 1997, σ.σ. 4-11.
7. Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γεώργιος, Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα, Σταμούλης Α., Αθήνα-Πειραιάς, 1994, σ.σ. 67, 107-110.
8. Σάββας Δημήτριος, Αρχές και Μέθοδοι Ανακύκλωσης του Θρεπτικού Διαλύματος, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2000, σ.σ. 1-8.
9. Σάββας Δημήτριος, Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 1998, σ.σ. 115-130.

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Αναστασίου Α., Βόγκλη Β., Υδροπονικά Συστήματα Καλλιέργειας και Έλεγχος της Θρέψης, Το σύγχρονο θερμοκήπιο και ο εξοπλισμός του, ειδική ετήσια θεματική έκδοση, Γεωργική Τεχνολογία, Νοέμβριος 1999, σ.σ. 84-88.
2. Αναστασίου Α., Μπράτη Ν., Υδροπονία –Ανακύκλωση –Ποιότητα Νερού, Φαρμ consulting, ειδική ετήσια θεματική έκδοση, Γεωργική Τεχνολογία, Ιανουάριος 2001, σ.σ. 26-37.
3. Θεοδοσιάδου Ε., Ταμπούκου Α., Μάξη Σ., Μπαμπαράκου Α., Αφιέρωμα στην Λίπανση-Θρέψη, Γεωργική Τεχνολογία, Τεύχος 2, Φεβρουάριος 1995, σ. 121.

4. Κατσάνος Δ. Χρήστος, Το σύστημα Υδροπονίας Grodan®. Garden & Flower Business, ειδική ετήσια θεματική έκδοση, Γεωργική Τεχνολογία, Ιανουάριος 2001, σ.σ. 48-55.
5. Σάββας Δημήτριος, Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος στις υδροπονικές καλλιέργειες, Γεωργική Κτηνοτροφία, Τεύχος 4, Ν. Ερυθραία, Απρίλιος-Ιούνιος 1998, σ.σ. 64-66.

INTERNET

<http://daedalus.math.uoi.gr> «ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΙ ΑΛΒΑΝΙΚΑ»