

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΑΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΝΕΚΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
(tipburn) ΣΤΟ ΕΑΡΙΝΟ ΜΑΡΟΥΛΙ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΞΕΝΟΥΛΗ ΕΛΕΝΗ

Καλαμάτα, Μάιος 2011

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΑΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΝΕΚΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
(tipburn) ΣΤΟ ΕΑΡΙΝΟ ΜΑΡΟΥΛΙ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΞΕΝΟΥΛΗ ΕΛΕΝΗ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Ι. ΚΩΤΣΙΡΑΣ**

Καλαμάτα, Μάιος 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ύστερα από την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους αυτούς που ήταν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης του πειράματός μου, που ήταν πρόθυμοι να λύσουν κάθε απορία μου, που με καθοδήγησαν από την αρχή ως το τέλος και που με δέχθηκαν να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και τις βαθύτατες ευχαριστίες μου πάνω από όλα στον καθηγητή μου κ. Α. Κώτσιρα, για την πολύτιμη βοήθειά του, τις γνώσεις που μου προσέφερε, την ορθή καθοδήγησή του και που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με την υδροπονική καλλιέργεια, η οποία μου κέντρισε το ενδιαφέρον εξ αρχής και θέλησα να συνεχίσω και να διευρύνω τις γνώσεις μου πάνω σε αυτή αλλά και που είχα την τύχη να παρευρίσκομαι και να βοηθήσω από την αρχή της εγκατάστασης των υδροπονικών συστημάτων και της καλλιέργειας ως το τέλος.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κ. Νηφάκο για την πολύτιμη βοήθειά του αλλά και κατανόηση που έδειξε κατά την περάτωση αυτής της μελέτης. Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Α. Ασημακοπούλου για την σημαντική συμβολή της από την αρχή ως την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, ένα ευχαριστώ από καρδιάς στους γονείς μου για την τεράστια υπομονή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου όλα αυτά τα χρόνια, και επίσης, ένα ευχαριστώ στους φίλους μου και σπουδαστές του ιδρύματος που ήταν δίπλα μου και με στήριξαν κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	8
1 ΜΑΡΟΥΛΙ	
1.1 Βοτανική ταξινόμηση.....	9
1.2 Καταγωγή – ιστορικό του φυτού.....	9
1.3 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας.....	10
1.4 Θρεπτική αξία μαρουλιού.....	12
1.5 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	13
1.6 Ποικιλίες μαρουλιού.....	14
1.7 Κριτήρια επιλογής ποικιλίας για καλλιέργεια στο θερμοκήπιο.....	16
1.8 Πολλαπλασιασμός.....	17
1.8.1 Μέθοδοι πολλαπλασιασμού.....	17
1.9 Συνθήκες και περιποιήσεις στο σπορείο.....	18
1.9.1 Θερμοκρασία.....	18
1.9.2 Φωτισμός και υγρασία.....	19
1.9.3 Υποστρώματα.....	19
1.10 Μεταχείριση «μικρής ημέρας».....	20
1.11 Μεταφύτευση.....	20
1.11.1 Αποστάσεις φύτευσης	21
1.12 Συνθήκες στο θερμοκήπιο.....	21
1.12.1 Θερμοκρασία.....	21
1.12.2 Σχετική υγρασία.....	22
1.12.3 Φώς.....	22
1.12.4 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂).....	23
1.13 Συγκομιδή.....	24
1.14 Εχθροί και ασθένειες.....	24
1.14.1 Μυκητολογικές ασθένειες.....	24
1.14.1.1 Βοτρύτης (φαιά σήψη).....	24
1.14.1.2 Περονόσπορος.....	24
1.14.1.3 Τήξη σπορίων.....	25
1.14.1.4 Ωίδιο.....	25
1.14.1.5 Σκληρωτινίαση.....	25
1.14.2 Εντομολογικές προσβολές.....	25
1.14.2.1 Αφίδες.....	25

1.14.2.2	Αλευρώδης.....	25
1.14.2.3	Θρίπας.....	25
1.14.2.4	Κοχλίες – σαλιγκάρια.....	25
1.14.3	Ιώσεις.....	25
1.15	Φυσιολογικές ανωμαλίες.....	26
1.15.1	«Φυσιολογικό» και «περιφερειακό» κάψιμο των φύλλων (Tipburn).....	26
1.15.1.1	Φυσιολογικό κάψιμο.....	26
1.15.1.2	Περιφερειακό κάψιμο.....	26
1.15.2	«Υάλωση» ή «κάψιμο των νεύρων των φύλλων»	29
2 ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ		
2.1	Γενικά.....	30
2.2	Ιστορική αναδρομή.....	31
2.3	Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα υδροπονίας.....	32
2.3.1	Πλεονεκτήματα.....	32
2.3.2	Μειονεκτήματα.....	32
2.4	Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών.....	33
2.5	Εξοπλισμός υδροπονικών μονάδων.....	33
2.5.1	Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.....	33
2.6	Θρεπτικά διαλύματα.....	34
2.7	Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων.....	35
2.7.1	Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	35
2.7.2	Χημική αντίδραση – pH.....	36
2.8	Ποιότητα νερού άρδευσης.....	36
2.9	Θρέψη υδροπονικών καλλιεργειών.....	38
2.9.1	Θρεπτικές διαταραχές.....	39
2.10	Υποδοχείς υποστρωμάτων.....	40
2.10.1	Ταξινόμηση των υποδοχών.....	40
2.11	Υποστρώματα.....	41
2.11.1	Περλίτης.....	41
2.11.2	Πετροβάμβακας (Rockwool).....	43
2.11.3	Τύρφη.....	44
2.11.4	Ελαφρόπετρα.....	44
2.11.5	Βερμικουλίτης.....	44
2.12	Αεροπονία.....	45
2.13	Σύστημα λεπτής θρεπτικής στοιβάδας (NFT).....	46
2.14	Σύστημα επίπλευσης DFT ή Floating (Επιπλέουσα υδροπονία).....	47

2.14.1	Πλεονεκτήματα.....	49
2.14.2	Μειονεκτήματα.....	51
3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ		
3.1	Γενικά.....	52
3.2	Στερεά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.....	52
3.3	Υγρά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.....	53
3.4	Εγκατάσταση καλλιέργειας σε πετροβάμβακα.....	54
3.5	Εγκατάσταση καλλιέργειας σε περλίτη.....	55
3.6	Εγκατάσταση καλλιέργειας στο σύστημα επίπλευσης.....	55
3.7	Διάταξη φυτών στο θερμοκήπιο.....	56
3.8	Αποστάσεις φύτευσης.....	57
3.9	Θρεπτικό διάλυμα.....	57
3.10	Κατάρτιση σύνθεσης θρεπτικού διαλύματος σε μακροστοιχεία.....	60
4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ		
4.1	Σκοπός του πειράματος.....	61
4.2	Υλικά και μέθοδοι.....	61
4.2.1	Εισαγωγή.....	61
4.2.2	Σπορά.....	61
4.2.3	Μεταφύτευση.....	62
4.3	Περιγραφή των υδροπονικών συστημάτων.....	63
4.3.1	Σύστημα επίπλευσης.....	63
4.3.1.1	Δεξαμενή.....	63
4.3.1.2	Ηλεκτρικός πίνακας.....	63
4.3.1.3	Κεφαλή.....	64
4.3.1.4	Δεξαμενές πυκνών διαλυμάτων.....	64
4.3.1.5	Μέτρηση διαλελυμένου οξυγόνου.....	64
4.3.1.6	Σύστημα ανάδευσης αέρα στο θερμοκήπιο.....	64
4.3.2	Σύστημα στερεών υποστρωμάτων.....	65
4.4	Θρεπτικά διαλύματα.....	66
4.5	Συνθήκες περιβάλλοντος στο θερμοκήπιο.....	68
4.6	Μετρήσεις – Εκτιμήσεις	68

5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1	Αύξηση υπέργειου τμήματος.....	70
5.2	Μήκος βλαστού.....	71
5.3	Αριθμός φύλλων ανα φυτό.....	72
5.4	Περιεκτικότητα φύλλων σε νερό.....	73
5.5	Ένταση ασθένειας.....	74
5.6	Συγκέντρωση N.....	75
5.7	Συγκέντρωση P.....	76
5.8	Συγκέντρωση K.....	77
5.9	Συγκέντρωση Mg.....	78
5.10	Συγκέντρωση Ca.....	79
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....		87

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η υδροπονία είναι η μέθοδος καλλιέργειας φυτών που γίνεται σε οποιοδήποτε υπόστρωμα, εκτός του εδάφους ή εδαφικών μιγμάτων. Η τεχνική αυτή έχει ξεκινήσει εδώ και 35 χρόνια περίπου και χρησιμοποιείται κυρίως σήμερα σε όλες τις βόρειες χώρες της Ευρώπης (Ολλανδία, Δανία κλπ), στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες υδροπονικών καλλιεργειών. Αυτές που γίνονται απευθείας πάνω στο θρεπτικό διάλυμα (NFT, floating κλπ) από όπου τα φυτά τροφοδοτούνται με τις απαραίτητες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων κι αυτές που γίνονται πάνω σε αδρανή υποστρώματα (πετροβάμβακας, περλίτης κλπ).

Αδρανές υπόστρωμα, νοείται το υλικό που δεν περιέχει και δεν παρέχει καθόλου θρεπτικά στοιχεία στα φυτά γι' αυτό η χορήγηση τους γίνεται μέσω της άρδευσης. Ευνόητο είναι ότι το μόνο που χρειάζεται είναι νερό καλής ποιότητας σε ποσότητες που να καλύπτουν τις ανάγκες των φυτών καθόλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Η μέθοδος αυτή συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια στο έδαφος. Είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα η οποία αυξάνει τις αποδόσεις των φυτών και βελτιώνει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Η καταπολέμηση των εχθρών και των ασθενειών είναι ευκολότερη και αποτελεσματικότερη. Η καλλιέργεια γίνεται ολοένα και πιο μηχανοποιημένη ενσωματώνοντας ακόμα και τη σύγχρονη τεχνολογία, με αποτέλεσμα τον πλήρη και ακριβή έλεγχο από την αρχή ως το τέλος της. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τον αγρότη – παραγωγό σαν ένα σύγχρονο επιχειρηματία.

Μέγιστα δυνατά αποτελέσματα εξασφαλίζονται εκτός από την τροφοδοσία με νερό, οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία στο χώρο των ριζών, και με άριστο συνδυασμό των συνθηκών που δρουν στην κόμη των φυτών (θερμοκρασία, υγρασία κλπ).

Η υδροπονία είναι ένα σύστημα δυναμικής καλλιέργειας που απαιτεί ακρίβεια και γνώση φυσιολογίας φυτών και γι' αυτό η τεχνική και επιστημονική υποστήριξη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία του.

Στα πλαίσια αυτών των απαιτήσεων έγινε προσπάθεια να παρατηρηθεί και να κατανοηθεί η συμπεριφορά δύο εαρινών ποικιλιών μαρουλιού Gramsi και Merlin οι οποίες είχαν εγκατασταθεί σε τρία είδη υποστρωμάτων ανάπτυξης: πετροβάμβακα, περλίτη και σύστημα βαθιάς επίπλευσης (floating technique) στο πως αυτοί οι δύο παράγοντες (ποικιλία και υπόστρωμα) είχαν επίδραση στην ένταση της περιφερειακής νέκρωσης των φύλλων (tipburn) των φυτών.

1. ΜΑΡΟΥΛΙ

1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Άθροισμα	:	Σπερματοφύτα
Υποάθροισμα	:	Αγγειόσπερμα
Κλάση	:	Δικοτυλήδονα
Τάξη	:	Σύνθετα
Υπόταξη	:	Ligulifloreae
Οικογένεια	:	Compositae
Γένος	:	<i>Lactuca</i>
Είδος	:	<i>sativa</i>

1.2 ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Το καλλιεργούμενο-ήμερο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.) θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από το άγριο αυτοφυές μαρούλι *Lactuca serriola* ή *scariola* L., το οποίο συναντάται ως ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, ή κατόπιν διασταυρώσεων με τα άγρια είδη *L. saligna* και *L. virosa*. Υπάρχουν πάνω από εκατό είδη στο γένος *Lactuca* (Ολύμπιος, 2001). Το λατινικό του όνομα, *Lactuca*, προέρχεται από το γαλακτώδες υγρό που περιέχουν οι ιστοί του, στα ελληνικά αυτό λεγόταν «θριδάκινον ύδωρ» (Μαρσέλος, 1984).

Το μαρούλι τύπου *Cos* πιστεύεται ότι έχει διαδοθεί από την Ελλάδα και το όνομα προέρχεται από τη νήσο Κω. Επίσης, χώροι προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται οι περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, Μικράς Ασίας, Καυκάσου, Περσίας και Τουρκιστάν. Στην Ελλάδα, όπως αναφέρει ο Καββαδάς (1956), αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca* (π.χ. *L. saligna*, *L. virosa*, *L. graeca*, *L. cretica* κ.α.)

Ζωγραφίες του μαρουλιού τύπου *Cos* έχουν βρεθεί σε επιτύμβιες πλάκες στην Αίγυπτο από το 4.500 π.Χ. και είναι γνωστό ότι το μαρούλι χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη διατροφή του ανθρώπου πάνω από 2.000 χρόνια. Πολύ πριν από τη χρήση του σαν τροφή χρησιμοποιείτο για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (έχει ναρκωτικές και παυσίπονες ιδιότητες).

Αναφέρεται ότι οι Πέρσες το καλλιεργούσαν τον 6ο π.Χ. αιώνα και σύμφωνα με τους ιστορικούς υπήρχε στα τραπέζια των βασιλέων της Περσίας πριν από το 550π.Χ. Το *L. sativa* φέρεται καταγόμενο από τις ΝΔ χώρες της Ασίας (Μ. Ασία-Περσία κ.λπ.), ήταν γνωστό στους Αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους όπως και στους Αιγύπτιους και αναφέρεται από τους Ηρόδοτο, Θεόφραστο, Διοσκουρίδη κ.α. με το όνομα «Θριδάξ» ή «Θριδακίνη», ενώ οι Κύπριοι το ονόμαζαν «Βρένθις». Ο

Θεόφραστος το περιγράφει σαν λαχανικό «επίσπορο», ότι δηλ. μπορεί να σπαρεί πολλές φορές μέσα σε ένα έτος. Στην Κίνα μεταφέρθηκε το 900 μ.Χ. στην οποία ήταν γνωστό από τον 5ο π.Χ. αιώνα. Στην Αγγλία αναφέρεται για πρώτη φορά το κεφαλωτό μαρούλι το 1543. Στη Γαλλία, και ιδιαίτερα στην περιοχή του Παρισιού, για εκατοντάδες χρόνια εφαρμοζόταν μια εξειδικευμένη μέθοδος καλλιέργειας μαρουλιού σε «τζάκια» με θερμοστρωμένες από ζυμούμενη κοπριά (Ολύμπιος, 2001).

1.3 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα το μαρούλι, έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφηλίου ως ετήσιο λαχανικό (Πίνακας 1.1).

Στην Ασία παράγεται το 50% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ το 27% και 20% στη Β. και Κ. Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα. Η Κίνα και οι Η.Π.Α. είναι οι κυριότερες χώρες παραγωγής σε διεθνές επίπεδο, ενώ η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Όσον αφορά την διακίνηση (εισαγωγές-εξαγωγές) μαρουλιού στην Ευρώπη, Β. Αφρική και Μέση Ανατολή, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγουν μεγάλες ποσότητες, ενώ η Ισπανία και η Ολλανδία εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες.

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σχηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας. Η ζήτηση μαρουλιού είναι πάρα πολύ μεγάλη και το καλοκαίρι. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται μαρούλι και στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ανάπτυξη γίνεται πιο γρήγορα, παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας και παρέχεται η δυνατότητα της ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες και κυρίως στο NFT (θρεπτικό διάλυμα λεπτής στοιβάδας). Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου βρίσκονται και οι περισσότεροι καταναλωτές (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα καλλιεργείται σήμερα σε έκταση 33.000 περίπου στρεμμάτων είτε μόνο του είτε σε συγκαλλιέργεια με άλλα είδη και παράγεται προϊόν γύρω στους 65.000 τόνους. Από την έκταση αυτή 500 στρέμματα ή και περισσότερα είναι καλλιέργειες θερμοκηπίων (χειμερινές), των οποίων η παραγωγή είναι και μεγαλύτερη κατά μονάδα επιφάνειας άλλα και καλύτερης ποιότητας από εκείνη των υπαίθριων καλλιεργειών (Δημητράκης, 1998).

Το παραγόμενο μαρούλι καταναλίσκεται αποκλειστικά στη ντόπια αγορά. Εξαγωγές δεν γίνονται, θα μπορούσε όμως να καλλιεργηθεί (οι τύποι που προτιμώνται) και για εξαγωγές στις χώρες της Β. Ευρώπης κατά τον χειμώνα και την άνοιξη, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει (κλίμα κ.λπ.) (Ολύμπιος, 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Έκταση και παραγωγή μαρουλιού σε παγκόσμια κλίμακα, στις κυριότερες χώρες παραγωγής και στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το έτος 1998.

	Έκταση ⁽¹⁾ x 1000 στρ.	Παραγωγή ⁽¹⁾ x 1000 MT*	% του συνόλου της παραγωγής
Παγκόσμια	6.887	15.263	100
Κατά Ήπειρο			
Αφρική	94	200	1,3
Β. και Κ. Αμερική	1.269	4.205	27,6
Ν. Αμερική	112	134	0,9
Ασία	4.049	7.456	49,4
Ευρώπη	1.299	3.124	20,5
Ωκεανία	63	144	0,9
Κυριότερες χώρες Παραγωγής			
1. Κίνα	2.200	5.500	36,0
2. Η.Π.Α.	1.136	3.949	25,9
3. Ισπανία	350	950	6,2
4. Ιταλία	481	851	5,6
5. Ινδία	1.160	765	5,0
6. Ιαπωνία	270	550	3,6
7. Γαλλία	180	480	3,1
8. Τουρκία	130	225	1,5
9. Ηνωμένο Βασίλειο	74	219	1,4
10. Κορέα	94	194	1,3
Χώρες Ε.Ε.			Μέση απόδοση (τον./στρ.)
1. Ισπανία	350	950	2,7
2. Ιταλία	481	851	1,8
3. Γαλλία	180	480	2,7
4. Ηνωμένο Βασίλειο	74	219	3,0
5. Βέλγιο κ' Λουξεμβούργο	25	173	6,3
6. Γερμανία	58	137	2,3
7. Ελλάδα	40	85	2,1
8. Ολλανδία	18	80	4,5
9. Πορτογαλία	14	32	2,3
10. Αυστρία	5,9	15	2,5
11. Σουηδία	6	13	2,2
12. Ιρλανδία	-	10	-
13. Δανία	2,5	6,7	2,7

Πηγή: FAO Production Yearbook (1998)

(1) Περιλαμβάνει την έκταση και παραγωγή τόσο της υπαίθριας καλλιέργειας όσο και της καλλιέργειας υπό κάλυψη.

*MT: Μετρικοί Τόνοι

1.4 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι τύπου Cos ή Romaine είναι το πιο θρεπτικό από τους κεφαλωτούς τύπους μαρουλιού, γιατί έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες A και C. Το μαρούλι είναι μια καλή πηγή Ca και P (Ολύμπιος, 2001).

Η κεφαλή του μαρουλιού περιέχει περίπου 94% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 2% υδατάνθρακες 0,9% τέφρα και 0,2% λίπη, είναι καλή πηγή βιταμινών, πλούσια σε βιταμίνη A και C και δευτερευόντως σε B₁, B₂ κ.α. (Δημητράκης, 1998).

Υπάρχει μια ιδιότυπη σύγκριση μεταξύ του μαρουλιού και του λάχανου. Τα δυο λαχανικά είναι σχεδόν ισοδύναμα διαιτητικά. Το λάχανο υπερτερεί του μαρουλιού σε ορισμένους τομείς όπως οι οργανοληπτικές ιδιότητες και η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Από την άλλη πλευρά το μαρούλι υπερτερεί του λάχανου σε βιταμίνη A ενώ έχει και φαρμακευτικές ιδιότητες.

Το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως για το φύλλωμά του και καταναλώνεται νωπό ή μαγειρεμένο. Στην Ευρώπη και Αμερική καταναλώνεται όλο το χρόνο. Στη χώρα μας ο τύπος Romaine είναι ο κατεξοχήν τύπος μαρουλιού που καταναλώνεται. Οι ποικιλίες Butterhead και Crisphead είναι αυτές που ακολουθούν σε κατανάλωση με αυξανόμενη ζήτηση κάθε χρονιά (Κανάκης, 1998). Η περιεκτικότητα των διάφορων τύπων μαρουλιού σε διάφορα στοιχεία παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.2 (Ολύμπιος, 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε 100 g φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα).

Στοιχεία	Τύπος μαρουλιού		
	Κεφαλωτό (Butterhead)	Ρωμάνα (Cos or Romaine)	Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead)
Ενέργεια (θερμίδες)	11	16	11
Νερό (g)	96	94	95
Πρωτεΐνες (g)	1,2	1,6	0,8
Λίπη (g)	0,2	0,2	0,1
Υδατάνθρακες (g)	1,2	2,1	2,3
Βιταμίνη A (IU)	1200	2600	300
B1 (mg)	0,07	0,10	0,07
B1 (mg)	0,07	0,10	0,03
C (mg)	9	24	5
Νιασίνη (mg)	0,4	0,5	0,3
Άλατα Ca (mg)	40	36	13
Fe (mg)	1,1	1,1	1,5
Mg (mg)	16	6	7
P (mg)	31	45	25

Πηγή: Howard et al., (1962)

1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ποώδες. Είναι διπλοειδές και έχει 18 χρωμοσώματα $2n=18$ (Ολύμπιος, 2001), υπάρχουν όμως και τετραπλοειδής μορφές με $4n = 36$ χρωμοσώματα (Δημητράκης, 1998). Σε κανονικές συνθήκες είναι φυτό «μακράς ημέρας».

Ο βλαστός είναι πολύ κοντός κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης, φέρει τα φύλλα πολύ πυκνά και αναπτύσσεται σημαντικά κατά τη φάση της αναπαραγωγής. Τα φύλλα είναι διαφόρου μεγέθους και σχήματος, καλύπτονται με κηρώδη ουσία και εμφανίζονται πάνω στον κοντό βλαστό κατά σπειροειδή διάταξη (ρόδακα). Το χρώμα, κυμαίνεται από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο ως, σε μερικές ποικιλίες, κοκκινωπό. Οι ποικιλίες που μεταχρωματίζονται σε κοκκινωπές όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές περιέχουν τη χρωστική ανθοκυανίνη. Κατά την εποχή της αναπαραγωγής σχηματίζεται ανθικό στέλεχος ύψους 60-120 cm (Εικ. 1.1). Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες-κεφαλές, υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρου ή φόβης και κάθε κεφαλή φέρει 15-25 άνθη. Τα άνθη (ανθίδια) είναι μικρά και κίτρινα. Ανοίγουν σχεδόν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται κατά ένα μεγάλο ποσοστό. Η σταυρεπικονίαση είναι δύσκολη, αφενός γιατί τα έντομα δεν ελκύονται από τα άνθη, αφετέρου λόγω της ιδιάζουσας κατασκευής και λειτουργίας του άνθους.



Εικ. 1.1: Ανθισμένα φυτά μαρουλιού τύπου «Ρωμάνο ή Κως». Διακρίνονται οι ανθοφόροι βλαστοί και οι πολυάριθμες ταξιανθίες (άνθη).

Ο καρπός (σπόρος) είναι αχαίνιο, επιμήκης (3-4 χλστ.), χρώματος ποικίλλοντος αναλόγως της ποικιλίας και φέρει πάππο από λεπτές και λευκές τρίχες, (Ολύμπιος, 2001). Ο καρπός περιέχει μόνο έναν σπόρο που διατηρεί τη βλαστική του ικανότητα για πολλά χρόνια (Μαρσέλος, 1984). Η ρίζα είναι πασσαλώδης 30-60 cm, όμως με τη διαδικασία των μεταφυτεύσεων, η κεντρική ρίζα του φυτού, καταστρέφεται και αναπτύσσει επιπόλαιο θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα.

1.6 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Τα μαρούλια που καλλιεργούνται σήμερα, ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στον κοντό βλαστό και το σχηματισμό ή απουσία κεφαλής, διακρίνονται στις ακόλουθες ομάδες:

(i) Κως ή Ρωμάνα (Cos or Romaine) *Lactuca sativa var. romana* D.C.

Φυτό όρθιο, υψηλό, με λεπτή μικρή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό, με χρώμα συνήθως σκούρο πράσινο. Υπάρχουν ποικιλίες με διάφορες αποχρώσεις του πράσινου χρώματος. Είναι το μαρούλι που προτιμάται στην Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και Β. Αφρική. Μερικές από τις ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι: Paris Island Cos, Gramsi, White Paris κ.α. (Ολύμπιος, 2001).

A) Gramsi



Ποικιλία τύπου Ρωμάνα με χρόνο καλλιέργειας 30-35 ημέρες. Έχει το πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας στις υψηλές θερμοκρασίες (δεν σχηματίζει εύκολα ανθικό στέλεχος) αλλά και τον περονόσπορο και επομένως κατάλληλη για καλλιέργεια αργά την άνοιξη ή το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο.

Διάθεση: Lark seeds International.

Εικ. 1.2: Μαρούλι τύπου Ρωμάνα ποικιλίας Gramsi.

B) Merlin



Μαρούλι τύπου Ρωμάνα, ιδανικό για καλοκαιρινή παραγωγή, αλλά κατάλληλο και για φθινοπωρινή και ανοιξιάτικη παραγωγή. Φυτό μεγάλου μεγέθους, με σκούρο πράσινο χρώμα. Πολύ καλή αντοχή στη ζέστη και μεγάλη αντοχή στο ξεβλάστωμα.

Διάθεση: Υβρίδια Ελλάς ABEE.

Εικ. 1.3: Μαρούλι τύπου Ρωμάνα ποικιλίας Merlin.

(ii) Λείο, κεφαλωτό (Butterhead) *Lactuca sativa var. capitata* D.C.

Σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι μαλακά και το χρώμα ποικίλει από ελαφρύ μέχρι βαθύ πράσινο (Εικ. 1.4). Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μαρουλιού στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη. Κυριότερες ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι: White Boston, Citation, Bibb κ.α. (Ολύμπιος, 2001).



Εικ. 1.4: Φυτά «λείου κεφαλωτού» μαρουλιού τύπου Butterhead Lettuce.

(iii) «Χαλαρό ανοικτό φύλλωμα» (Looseleaf)

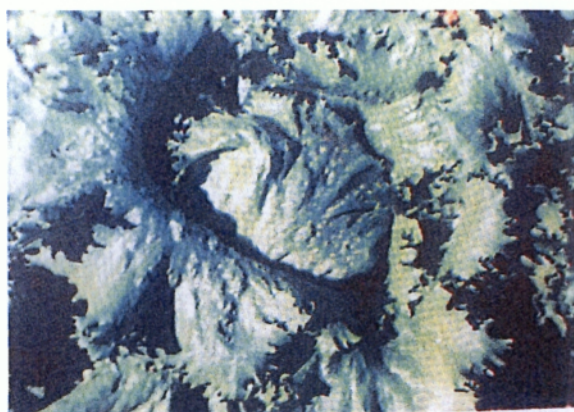
Τα φυτά αναπτύσσουν τα φύλλα τους ελεύθερα. Δεν σχηματίζουν κεφάλι. Τα φύλλα είναι κυματοειδή-κατσαρά και το χρώμα τους ποικίλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου και πολλές φορές, τα εξωτερικά κυρίως φύλλα, φέρουν απόχρωση κοκκινωπή (Εικ. 1.5). Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες είναι οι: Grand Rapids, Salad Bowl, Simpson's Curled, Terra κ.α. (Ολύμπιος, 2001).



Εικ. 1.5: Φυτά μαρουλιού τύπου Looseleaf με πράσινη και κοκκινωπή απόχρωση.

(iv) Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead, Iceberg ή Curly) *Lactuca sativa* var. *capitata* D.C.

Το φυτό σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι κυματοειδή (σγουρά) τραγανά και εύθραυστα. Το χρώμα ποικίλει από ελαφρύ μέχρι βαθύτερο πράσινο (Εικ. 1.6). Είναι η ποικιλία που καλλιεργείται κυρίως στις Η.Π.Α. και τον Καναδά (Εικ. 1.7). Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι: Great Lakes, Salinas, Brogan κ.α. (Ολύμπιος, 2001).



Εικ. 1.6: Φυτά μαρουλιού τύπου, «κατσαρό κεφαλωτό» Iceberg Lettuce.



Εικ. 1.7: Φυτεία μαρουλιού τύπου Iceberg στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α.

1.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Για την επιλογή του τύπου και της ποικιλίας του μαρουλιού που θα καλλιεργηθεί στο θερμοκήπιο θα πρέπει ο καλλιεργητής να αποφασίσει με βάση τα πιο κάτω κριτήρια:

- (α) Τις προτιμήσεις της αγοράς. Εάν το προϊόν θα διατεθεί στη ντόπια αγορά, τότε κατά κύριο λόγο επιλέγεται ποικιλία τύπου «Ρωμάνα», χωρίς αυτό να είναι απόλυτο, γιατί σήμερα όλο και περισσότεροι καταναλωτές προτιμούν και το «κεφαλωτό» μαρούλι ή ποικιλίες με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα. Εάν βέβαια το προϊόν θα διατεθεί σε αγορές του εξωτερικού, πρέπει πρώτα να καλλιεργηθεί ο τύπος που προτιμά η συγκεκριμένη αγορά..
- (β) Ανάλογα με την εποχή φύτευσης. Οι διάφορες ποικιλίες αντιδρούν διαφορετικά στις υψηλές θερμοκρασίες και στη φωτοπερίοδο. Στην Ελλάδα, όπου οι θερμοκρασίες αργά την άνοιξη, το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο, είναι υψηλές και η φωτοπερίοδος μεγάλη, θα πρέπει οι ποικιλίες που θα

καλλιεργηθούν ιδιαίτερα τις περιόδους αυτές να είναι ανθεκτικές στον πρώιμο σχηματισμό ανθικού στελέχους.

- (γ) Ανάλογα με τους υπόλοιπους κλιματικούς παράγοντες. Για τις ιδιαιτερότητες αυτές της περιοχής καλλιέργειας θα πρέπει να επιλέγονται οι ποικιλίες που αποδίδουν τα καλύτερα αποτελέσματα.
- (δ) Ανάλογα με τα ιδιαίτερα προβλήματα παθογόνων αίπιων που συναντώνται στην περιοχή (Ολύμπιος, 2001).

1.8 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ

Γενικά, το μαρούλι πολλαπλασιάζεται με σπόρο και είτε γίνεται απευθείας σπορά ή, συνηθέστερα, αναπτύσσονται φυτάρια σε σπορεία και ακολουθεί μεταφύτευση. Για καλλιέργειες στα θερμοκήπια εφαρμόζεται αποκλειστικά η μέθοδος της μεταφύτευσης (Εικ. 1.8) (Ολύμπιος, 2001).

Η σπορά γίνεται συνήθως από Αύγουστο-Σεπτέμβριο μέχρι Φεβρουάριο-Μάρτιο, για συγκομιδή κατά την περίοδο Οκτωβρίου μέχρι Μαΐου ή Ιουνίου. Ο λόγος, επειδή το μαρούλι ευδοκimei καλύτερα κατά την ψυχρή εποχή, γι' αυτό καλλιεργείται συνήθως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη, αντίθετα, τους θερμούς μήνες έχει την τάση να αναπτύσσει γρήγορα ανθοφόρο βλαστό, πριν σχηματίσει κεφαλή (Δημητράκης, 1987). Εννοείται ότι είναι δυνατό να γίνονται σπορές καθ' όλο το έτος εφόσον χρησιμοποιούνται κατάλληλες ποικιλίες για τις διάφορες εποχές.

Πραγματοποιείται σε ψυχρά σπορεία ή και σε θερμαινόμενα κατά τη χειμερινή περίοδο στις ψυχρές περιοχές. Ο χρησιμοποιούμενος σπόρος είναι φρόνιμο να έχει ηλικία τουλάχιστον μερικόν μηνών, να μην έχει δηλαδή συγκομιστεί πρόσφατα, γιατί σε πολλές ποικιλίες συνήθως λόγω ληθάργου δεν έχει καλή βλαστική ικανότητα. Η σπορά στο σπορείο γίνεται αραιά, είτε στα πεταχτά είτε καλύτερα κατά γραμμές και ο σπόρος καλύπτεται σε βάθος 0,5-1 εκ. Μετά το φύτευμα που ακολουθεί σε 5-10 ημέρες από τη σπορά, συνεχίζονται τα ποτίσματα και γίνεται αραίωμα των φυταρίων, όπου αυτά εμφανίστηκαν πυκνά (Δημητράκης, 1998).

1.8.1 Μέθοδοι πολλαπλασιασμού

Οι κυριότερες μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι οι πιο κάτω:

- α) Αυτόματη σπορά καλυμμένων (pelleted) σπόρων.
- β) Με το χέρι σπορά κανονικού σπόρου.
- γ) Σπορά καλυμμένων σπόρων σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ.
- δ) Σπορά σε κιβώτια και μεταφύτευση σε δίσκους.
- ε) Σπορά σε κιβώτια, αλίες ή θερμοσπορεία (Ολύμπιος, 2001).



Εικ. 1.8: Φυτώριο μαρουλιού.

1.9 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΠΟΡΕΙΟ

1.9.1 Θερμοκρασία

Για την βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού ευνοϊκότερες θερμοκρασίες είναι αυτές μεταξύ 15-20°C, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες (25-30°C) η βλαστικότητα των σπόρων είναι μειωμένη (Δημητράκης, 1973). Οι απαιτήσεις βέβαια των διάφορων ποικιλιών ποικίλουν και κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των νεαρών φυταρίων στο φυτώριο (Wittwer and Honma, 1979).

Όταν κατά τη σπορά επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες τότε στο μαρούλι παρουσιάζεται ο λήθαργος υψηλής θερμοκρασίας, δηλ. ο σπόρος παρουσιάζει προβλήματα στη βλάστηση ή δεν βλαστάνει καθόλου. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, συνιστάται οι καλλιεργητές να ακολουθούν τις πιο κάτω πρακτικές:

- (α) Επιλογή του πιο ψυχρού σημείου της εκμετάλλευσης για τη βλάστηση του μαρουλιού.
- (β) Ψύξη του υποστρώματος με τη χρησιμοποίηση νερού, του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλή.
- (γ) Η σπορά να γίνεται το απόγευμα προς το βράδυ, οπότε η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, έτσι το κρίσιμο οκτάωρο μετά τη σπορά να συμπίπτει με τις χαμηλές θερμοκρασίες της νύκτας.
- (δ) Κάλυψη των θέσεων σποράς με πλάκες από φενιζόλ ή με χονδρό κυματοειδές χαρτόνι για μόνωση και προστασία από υψηλές θερμοκρασίες.
- (ε) Όταν η κάλυψη των θέσεων σποράς γίνεται με λεπτό χαρτί ή με «μη υφαντό αραχνοειδές πλαστικό», γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί υγρό το υλικό με συχνό ψεκασμό με νερό.
- (ζ) Κάλυψη του σπορείου μέσα στο θερμοκήπιο ή κάλυψη ολόκληρου του θερμοκηπίου-φυτωρίου με δίχτυ, για σκίαση και μείωση της θερμότητας που προκαλεί η άμεση ηλιακή ακτινοβολία (Ολύμπιος, 2001).

1.9.2 Φωτισμός και υγρασία

Όταν χρησιμοποιείται φρέσκος σπόρος, η παρουσία φωτός μετά τη σπορά είναι σημαντική για την ομοιόμορφη βλάστηση. Πρόσθετος τεχνητός φωτισμός στο σπορείο εφαρμόζεται όταν ο φυσικός φωτισμός την περίοδο της σποράς και ανάπτυξης των νεαρών φυτών είναι πολύ περιορισμένος (Ολύμπιος, 2001). Στην απουσία φωτός κατά τη σπορά έχουμε τη δημιουργία φυτών ανομοιόμορφων, αδύναμων και λεπτών (Στεργίου, 2002).

Η υγρασία του υποστρώματος ανάπτυξης των φυταρίων πρέπει να βρίσκεται σε επίπεδα μέτρια ώστε να μην στερηθεί το φυτό το νερό ούτε να υποστεί την επίδραση του συνεχούς κορεσμού, οπότε προκαλούνται συμπτώματα ασφυξίας των ριζών. Υψηλό επίπεδο της υγρασίας του υποστρώματος ανεβάζει σε υψηλό επίπεδο και τη σχετική υγρασία του αέριου περιβάλλοντος του σπορείου, ιδιαίτερα όταν αυτό δεν εξαερίζεται σωστά, γεγονός που συντελεί στην εκδήλωση και διάδοση των ασθενειών. Για τη ρύθμιση της υγρασίας στο σπορείο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συχνότητα των ποτισμάτων, στην ποσότητα του παρεχόμενου νερού και στην εφαρμογή των ποτισμάτων κατά τις πρωινές ή μεσημεριανές ώρες ενώ πρέπει να αποφεύγονται τα ποτίσματα αργά το απόγευμα (Κανάκης, 2004).

1.9.3 Υποστρώματα

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται διάφορα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών στο σπορείο. Η σύνθεση των υποστρωμάτων αυτών ποικίλει, όσον αφορά τα κύρια συστατικά (τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, κ.ά.) και, επίσης, όσον αφορά τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, τα ιχνοστοιχεία, το pH και την αγωγιμότητα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η ένταση του φωτισμού είναι χαμηλή, η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε άζωτο πρέπει να είναι χαμηλή, γιατί τα βλαστώνοντα φυτάρια του μαρουλιού μπορούν να αντέξουν μόνο χαμηλά επίπεδα αζώτου την περίοδο αυτή. Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, η πιο συνηθισμένη τροφοπενία προκαλείται από την έλλειψη βορίου. Αντίθετα, αυξημένη συγκέντρωση βορίου, 2-3 φορές πιο ψηλή από την κανονική, προκαλεί τοξικότητα, ιδιαίτερα όταν προστίθεται στο υπόστρωμα υπό μορφή βόρακα.

Η τροφοπενία βορίου σε φυτάρια μαρουλιού μπορεί να αντιμετωπιστεί με διαφυλλική λίπανση είτε με υδρολίπανση με βορικό οξύ (H_3BO_3). Σημαντική επίσης είναι και η παρουσία των άλλων ιχνοστοιχείων Fe, Cu, Mo, Mn και Zn.

Παράδειγμα σύνθεσης υποστρωμάτων που παρασκευάζονται στη Ελλάδα και κυκλοφορούν με τα ονόματα HY-POT και HY-BRID και χρησιμοποιούνται για τη σπορά και ανάπτυξη φυταρίων μαρουλιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3 (Ολύμπιος, 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: Περιεκτικότητα υποστρωμάτων εμπορίου σε τύρφη, περλίτη και διάφορα χημικά υλικά/m³ υποστρώματος.

Υλικά	Εμπορική Ονομασία	
	HY-POT	HY-BRID
Τύρφη χυμώδης (μαύρη)	30%	25%
Τύρφη ξανθιά	60%	55%
Περλίτης	8%	15%
N-P-K (14-16-18)	1,75 κιλά	2,00 κιλά
Δολομίτης	10,00 κιλά	10,00 κιλά
Ιχνοστοιχεία	+	+
pH	5,0-5,5	5,0-5,5

Πηγή: Ολύμπιος, (2001)

1.10 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ «ΜΙΚΡΗΣ ΗΜΕΡΑΣ»

Από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάζονται στην καλλιέργεια μαρουλιού, είναι ο σχηματισμός ανθικών στελεχών, όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές και το μήκος ημέρας (φωτοπερίοδος) μεγάλο. Το φαινόμενο είναι έντονο σε φυτεύσεις που γίνονται νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη προς το καλοκαίρι και αυτό συμβαίνει στις πλείστες ποικιλίες που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο. Γίνονται προσπάθειες με τη γενετική βελτίωση να επιλεγούν ποικιλίες που να αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας χωρίς να σχηματίζουν ανθικά στελέχη και υπάρχουν σήμερα ποικιλίες περισσότερο ανθεκτικές στην άνθηση (όπως η «Gramsi» τύπου Ρωμάνα). Το πρόβλημα βέβαια έχει λυθεί μόνο μερικώς.

Με καλλιεργητικό τρόπο θα μπορούσε να αποφευχθεί ή να περιοριστεί η άνθηση εάν εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα συσκότισης, δηλ. τεχνητής μικρής ημέρας, διάρκειας φωτισμού 8 ωρών, από τη σπορά έως την ανάπτυξη δύο πραγματικών φύλλων (8-15 ημέρες). Ο περιορισμός της περιόδου φωτισμού γίνεται με την κάλυψη (συσκότιση) των φυτών, π.χ. από τις 5 μ.μ. μέχρι τις 9 π.μ. της επόμενης ημέρας, επιτρέποντας 8 ώρες φώς/24ωρο. Στη συνέχεια, όταν τα φυτάρια αποκτήσουν το επιθυμητό μέγεθος, γίνεται μεταφύτευση στο θερμοκήπιο (Benoit, 1974; Benoit and Ceustermans, 1975).

1.11 ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των φυτών από το σπορείο στη μόνιμη θέση τους γίνεται 1-1,5 μήνα μετά τη σπορά, όταν έχουν αποκτήσει 4-6 πραγματικά φύλλα (Δημητράκης, 1998) και πρίν προλάβουν να φτιάξουν θυσσανώδη βαθιά ρίζα (Genders, 1986). Διακρίνουμε τη μηχανική και με τα χέρια μεταφύτευση. Τη μεταφύτευση γυμνόριζων φυτών ή φυτών σε κύβους, ατομικά γλαστράκια ή δίσκους. Εάν η ανάπτυξη των φυτών γίνεται σε κύβους ή σε μικρού όγκου υποστρώματα, η μεταφύτευση γίνεται πιο νωρίς, όταν τα φυτά έχουν 2-3 φύλλα (Εικ. 1.9) (Ολύμπιος, 2001).



Εικ. 1.9: Γυμνόριζα νεαρά φυτάρια μαρουλιού στο στάδιο της μεταφύτευσης.

1.11.1 Αποστάσεις φύτευσης

Οι αποστάσεις φύτευσης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη του ο καλλιεργητής, οι κυριότερες των οποίων είναι: η εποχή φύτευσης, η ποικιλία, ο τύπος του θερμοκηπίου, το μέγεθος του φυτού (τελικού προϊόντος) που προτιμά η αγορά, την τιμή που εξασφαλίζει το μεγαλύτερο μέγεθος ή βάρος και εάν θα εφαρμοστεί εμπλουτισμός με CO₂ (ανθρακολίπανση) ή όχι.

Όσον αφορά την εποχή φύτευσης, μεγαλύτερες αποστάσεις εφαρμόζονται το φθινόπωρο και την άνοιξη και πιο κοντινές το χειμώνα στο κεφαλωτό μαρούλι, γιατί οι κεφαλές, και γενικά τα φυτά, παραμένουν μικρότερα κι έτσι μπορούν να φυτευτούν πιο κοντά. Γενικά τα «κεφαλωτά» μαρούλια θέλουν περισσότερο χώρο ανα φυτά, σε σύγκριση με τον τύπο «Ρωμάνα» που αναπτύσσεται όρθιος όταν ο φωτισμός είναι καλός (Ολύμπιος, 2001).

1.12 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

1.12.1 Θερμοκρασία

Το μαρούλι ευδοκίμει καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη (Δημητράκης, 1998). Είναι φυτό ψυχρής εποχής ή οπωσδήποτε μη θερμής, και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (αντέχει μέχρι -5°C) (Ολύμπιος, 2001), ενώ χαμηλότερες θερμοκρασίες βλάπτουν τα φυτά σε όποιο στάδιο και αν βρίσκονται (Genders, 1986). Οι άριστες θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και την ποικιλία, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση του φωτισμού και το επίπεδο του CO₂ (Ολύμπιος, 2001). Επίσης, αναπτύσσεται καλύτερα όταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 12 και 15°C (Genders, 1986).

Υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν τη γρήγορη ανάπτυξη των φυτών και νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη συχνά ενθαρρύνουν την παραγωγή αδύνατων λεπτών φυτών με μικρό βάρος. Όταν οι υψηλές θερμοκρασίες επικρατούν κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης των φυτών έχουν μικρότερη καταστρεπτική επίδραση, από όταν τα φυτά είναι μεγαλύτερα. Η θερμοκρασία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο χαμηλή, και κοντά στο άριστο επίπεδο όταν τα φυτά πλησιάζουν την ωρίμανση, για να εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή ποιότητα (Ολύμπιος, 2001).

1.12.2 Σχετική υγρασία

Το επίπεδο της σχετικής υγρασίας πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 75% και 85%. Σε καθεστώς σχετικής υγρασίας 60% ένα μεγάλο ποσοστό στομάτων στα φύλλα παραμένει κλειστό με συνέπεια μείωση της διαπνοής αλλά και της ανάπτυξης των φυτών, ιδιαίτερα αν αυτό συνδυάζεται με οριζόντιο εξαερισμό. Αντίθετα, κάθετος εξαερισμός και σχετική υγρασία 80% διατηρούν τα στόματα ανοιχτά και συντελούν στην αύξηση της παραγωγής. Οι τιμές αυτές της σχετικής υγρασίας (75-85%) δεν είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν επειδή το μαρούλι είναι καλλιέργεια μικρού ύψους και η κυκλοφορία του αέρα στο θερμοκήπιο είναι ανεμπόδιστη. Πρόβλημα θα μπορούσε να προκύψει στα θερμοκήπια που εμπλουτίζονται με CO₂ τα οποία παραμένουν κλειστά. Όμως και τότε η λειτουργία των συστημάτων κυκλοφορίας του αέρα για την ομοιόμορφη κατανομή του CO₂ ελαχιστοποιούν την πιθανότητα ανύψωσης της σχετικής υγρασίας πάνω από 85%. Σοβαρό πρόβλημα μπορεί να προκύψει σε μη θερμαινόμενα πλαστικά θερμοκήπια τη διάρκεια του χειμώνα όταν οι υδρατμοί ερχόμενοι σε επαφή με το ψυχρό πλαστικό κάλυψης συμπυκνώνονται και σχηματίζουν σταγόνες νερού. Οι σταγόνες αυτές αν δεν κυλήσουν στην επιφάνεια του πλαστικού προς τα πλάγια, πέφτουν επί των φυτών όπου και συνιστούν πιθανά σημεία ανάπτυξης μολυσμάτων διαφόρων ασθενειών. Για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων επιβάλλεται ο εξαερισμός των θερμοκηπίων (Κανάκης, 2004).

1.12.3 Φώς

Το φως είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα όταν η καλλιέργεια γίνεται στο θερμοκήπιο. Ακόμη και όταν το υλικό κάλυψης έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά περατότητας στο φως, μόνο το 70% της συνολικής ποσότητας που φτάνει στην επιφάνεια του υλικού το διαπερνά και από την ποσότητα που έχει περάσει μόνο το 70% αξιοποιείται από τα φυτά (Hanan *et al.*, 1979).

Ο φωτισμός που δέχονται τα φυτά έχει ρυθμιστικό χαρακτήρα στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και αποτελεί σημαντικό ρυθμιστή της ταχύτητας ανάπτυξής τους. Εκτός αυτού το φως είναι αυτό που ευθύνεται για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης

η οποία δίνει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα (Καραμπέτσος, 2001). Γενικά, η μέση τιμή της έντασης του φωτός που πρέπει να δέχονται τα μαρούλια είναι της τάξης των 1000-1200 lux. Ικανοποιητική ανάπτυξη μπορεί να υπάρξει και σε μικρότερης έντασης φωτισμό της τάξης των 500 lux (Walls, 1993).

Το φως σε συνάρτηση με τη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος, έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει την απορρόφηση του αζώτου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός τόσο μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός απορρόφησης του αζώτου (Wheeler *et al.*, 1998).

1.12.4 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το μαρούλι είναι από τα φυτά που αντιδρούν περισσότερο στην αύξηση του CO₂ στο θερμοκήπιο. Η περιεκτικότητα σε CO₂ της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας όταν παραμένει κλειστό, παρουσιάζεται χαμηλότερη από το κανονικό. Ως γνωστό, η φυσική περιεκτικότητα του αέρα σε CO₂ είναι 300 ppm και με μια έντονα αναπτυσσόμενη καλλιέργεια στο θερμοκήπιο γρήγορα πέφτει κάτω από 200 ppm. Έχει δειχθεί ότι τεχνητή αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στα 1.000-2.000 ppm (MAFF, leaflet N° 45):

- α) επιταχύνει το ρυθμό ανάπτυξης
- β) προωμίζει την παραγωγή
- γ) αυξάνει την παραγωγή

Τα αποτελέσματα από εφαρμογή εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ σε εμπορική κλίμακα έχουν δείξει ότι το μαρούλι είναι ιδανικό φυτό για μια τέτοια τεχνική. Έχει καλή ανάπτυξη το χειμώνα και με χαμηλό φωτισμό και με χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του CO₂ μπορούν να συνοψιστούν στα εξής: (Wittwer and Honma, 1979)

- α) Επιταχύνεται η ωρίμανση κατά 10 ημέρες μέχρι μερικές εβδομάδες. Πρακτικό αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ότι μπορεί να αυξηθεί ο αριθμός των καλλιεργειών (σοδειών) τη δεδομένη καλλιεργητική περίοδο στον ίδιο χώρο.
- β) Οι αποδόσεις αυξάνονται κατά 40-100% όταν παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η διατροφή, το πότισμα ρυθμίζονται στα άριστα δυνατά επίπεδα, ώστε η καλλιέργεια να μπορέσει να εκμεταλλευτεί το CO₂.
- γ) Το CO₂ υποκαθιστά τη δυσμενή επίδραση της μειωμένης έντασης φωτισμού. Μπορούν να εξασφαλιστούν υψηλές αποδόσεις το χειμώνα, ακόμη και όταν ο φωτισμός αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών.
- δ) Οι ποικιλίες διαφέρουν σημαντικά στην αντίδρασή τους στην ανθρακολίπανση.
- ε) Η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία γενικά αυξάνεται.

1.13 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Σε περίπτωση όπου τα μαρούλια που συγκομίζονται δεν προσεχθούν κατά την διαδικασία αυτή, υποβαθμίζονται ποιοτικά (Walls, 1993). Κατά την περίοδο της συγκομιδής τα φυτά πρέπει να είναι υγιή, απαλλαγμένα από ασθένειες και νεκρώσεις φύλλων, να μην έχει εκπτυχθεί ο ανθοφόρος βλαστός ενώ πρέπει να φέρουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας (Ciuffolini, 1986). Τα «κεφαλωτά» μαρούλια πρέπει να έχουν καλά σχηματισμένη, σφιχτή κεφαλή, με διάμετρο μεγαλύτερη από 15 cm (Valenzuela *et al.*, 2003). Το βάρος των μαρουλιών πρέπει να υπερβαίνει τα 150 g, κεφαλές με βάρος μεγαλύτερο από 300 g δεν είναι ανεπιθύμητες, αρκεί να φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών τους (Ciuffolini, 1986). Η κοπή του μαρουλιού γίνεται στη βάση του βλαστού με μαχαίρι (Ciuffolini, 1986; Walls, 1993). Τα μαρούλια μπαίνουν σε πλαστικά τελάρα και τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης (Walls, 1993).

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την χρονική περίοδο από τη σπορά ως τη συγκομιδή, είναι:

- α) η εποχή του έτους που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια (Albright, 1997),
- β) η ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργείται και
- γ) η σύσταση της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου (κυρίως η συγκέντρωση CO₂) (Howard and Resh, 1995).

Τα μαρούλια τύπου Looseleaf συγκομίζονται 45 μέρες από τη σπορά, τα Butterhead 60 μέρες από τη σπορά, τα Romaine 70-75 μέρες για να είναι καλοσχηματισμένα ενώ τα Crisphead 80-85 μέρες από τη σπορά τους (Howard and Resh, 1995). Η καταλληλότερη ώρα για συγκομιδή κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι το απόγευμα, όπου ύστερα από μελέτες φαίνεται ότι υπάρχει μικρότερη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα των μαρουλιών (Siomos, 2000).

1.14 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

1.14.1 Μυκητολογικές ασθένειες

1.14.1.1 Βοτρύτης (φαιά σήψη) (*Botrytis cinerea*). Η προσβολή εμφανίζεται σαν στίγματα σκούρου χρώματος (καφέ) στα κάτω φύλλα, εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στη συνέχεια το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται.

1.14.1.2 Περονόσπορος (*Bremia lactucae*). Ο μύκητας αυτός προκαλεί στο μαρούλι χλωρωτικές σταχτοκαφέ κηλίδες στα κάτω φύλλα, όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας, και στη συνέχεια προκαλείται σήψη των φύλλων.

1.14.1.3 Τήξη σπορίων (*Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani* κ.α.). Προσβάλλουν τα νεαρά φυτά στο σπορείο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Αναπτύσσονται στο λαιμό των φυταρίων με αποτέλεσμα τη σήψη, το μαρασμό και την καταστροφή τους.

1.14.1.4 Ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*). Εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με το χαρακτηριστικό λευκό επάνθισμα των ωιδίων. Η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας.

1.14.1.5 Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum*). Η πιο σοβαρή ασθένεια, που προσβάλλει τα φυτά στη βάση τους (Genders, 1986). Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας εμφανίζεται σαν υγρή σήψη. Αποτέλεσμα είναι η μάρανση και καταστροφή των φυτών.

1.14.2 Εντομολογικές προσβολές

1.14.2.1 Αφίδες. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκαλούν είναι η συμβολή τους στην μετάδοση των ιώσεων, κυρίως η πράσινη αφίδα *Myzus persicae*.

1.14.2.2 Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*). Οι προνύμφες και τα τέλεια εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και μυζούν. Παρουσία τους κατά τη συγκομιδή υποβαθμίζει την ποιότητα του προϊόντος.

1.14.2.3 Θρίπας (*Frankliniella occidentalis*). Προσβάλλει τα φυτά προκαλώντας τραυματισμό των φύλλων με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη ανάπτυξή τους και την υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

1.14.2.4 Κοχλίες-σαλιγκάρια. Προκαλούν ζημιές κατατρώγοντας τα φύλλα.

1.14.3 Ιώσεις

Η πιο σημαντική ίωση που προσβάλλει τα μαρούλια είναι το «μωσαικό του μαρουλιού» (LMV = Lettuce Mosaic Virus), η οποία μεταφέρεται με το σπόρο και διαδίδεται με τις αφίδες (*Myzus persicae*). Για την πρόληψη, συνιστάται η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, η έγκαιρη απομάκρυνση από την καλλιέργεια των προσβεβλημένων φυτών, ανθεκτικές ποικιλίες και η άμεση και αποτελεσματική καταπολέμηση των αφίδων. Επίσης, μια άλλη ίωση που προκαλεί ζημιές στο μαρούλι είναι η «Lettuce big vein»= μεγαλονεύρωση ή ασθένεια των διογκωμένων νεύρων του μαρουλιού (Ολύμπιος, 2001).

1.15 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ

1.15.1 «Φυσιολογικό» και «περιφερειακό» κάψιμο των φύλλων (Tipburn)

Και στις δυο μορφές καψίματος των φύλλων, μικρό ή μεγαλύτερο μέρος των κορυφών των φύλλων μαραίνονται και ξηραίνονται (Ολύμπιος,2001).

1.15.1.1 Φυσιολογικό κάψιμο

Εμφανίζεται στα νεαρά φύλλα σε εξαιρετικές συνθήκες αλλά μετά την έναρξη σχηματισμού σφικτής κεφαλής. Στην αρχή, στην περιφέρεια των νεαρών φύλλων, σχηματίζονται μικρές υδαρείς κηλίδες οι οποίες αργότερα μεταχρωματίζονται σε καφέ και μεγαλώνουν σταδιακά μέχρι την κάλυψη όλης της περιφέρειας. Ο μεταχρωματισμός αυτός μπορεί να υπάρχει εντός της κεφαλής οπότε είναι αόρατος και αποκαλύπτεται μόνο με την κοπή της. Συχνά στις προσβλημένες περιοχές εισέρχονται δευτερογενώς μικροοργανισμοί αποσύνθεσης των ιστών οπότε και σχηματίζεται μια υδαρής σήψη ή γλοιώδης περιοχή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει δευτερογενής προσβολή τα προσβληθέντα μέρη παίρνουν μαύρο χρωματισμό και δερματώδη υφή. Εάν οι δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες διαρκέσουν μόλις λίγες ημέρες στην αρχή της εκδήλωσης της ασθένειας τότε τα συμπτώματα εξαφανίζονται και το φυτό επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Όμως όταν οι δυσμενείς συνθήκες διαρκέσουν πολλές ημέρες τότε η κατάσταση είναι μη αναστρέψιμη και σταδιακά επέρχεται μαρασμός όλου του φυτού (Κανάκης, 2004).

1.15.1.2 Περιφερειακό κάψιμο

Επηρεάζονται τα παλαιά φύλλα και επειδή η κίνηση του αέρα στην εξωτερική περιφέρεια του φυτού γίνεται πιο αποτελεσματική, τα άκρα (περιθώρια) των φύλλων ξηραίνονται (Bert and Honma, 1975).

Το tipburn (επάκρια ξήρανση του ελάσματος) είναι σύμπτωμα που εντοπίζεται στο άκρον του ελάσματος λόγω τοπικής συγκέντρωσης αλάτων ή άλλων τοξικών στοιχείων μετά από απορρόφηση μέσω των ριζών. Τοξικότητες προκαλούνται από στοιχεία και ιχνοστοιχεία απαραίτητα για το φυτό σε συγκεντρώσεις υψηλότερες εκείνων που είναι απαραίτητες για τη διατροφή τους (Τζάμος, 2007). Η ασθένεια είναι μη μεταδοτική, ειδικότερα, οφείλεται σε ανεπαρκή (τοπικώς) εφοδιασμό των φυτών με ασβέστιο κατά την ταχεία ανάπτυξή τους. Πρόκειται ουσιαστικά για τροφοπενία ασβεστίου στην εκδήλωση της οποίας συντελούν περιβαλλοντικοί και ίσως γενετικοί παράγοντες. Το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την κανονική ανάπτυξη των κυττάρων (κυτταρικές μεμβράνες, κυτταρικά τοιχώματα). Κατά την διάρκεια περιόδων ταχείας ανάπτυξης οι νέοι ιστοί στην περιφέρεια του φύλλου μπορεί να μη λαμβάνουν επαρκή ποσότητα ασβεστίου και έτσι εκδηλώνουν τα συμπτώματα της πάθησης. Το

υδατικό και θρεπτικό καθεστώς του φυτού παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του περικαύματος. Περίσσεια αζώτου παράγει μεγάλα φυτά με μεγάλα εξωτερικά φύλλα των οποίων οι απαιτήσεις σε ασβέστιο συντελούν στη μείωση της μεταφοράς Ca στην περιφέρεια των φύλλων. Ταχεία ανάπτυξη των φυτών λόγω πλούσιας λίπανσης, άφθονης υγρασίας και αραιής φύτευσης είναι σημαντικοί παράγοντες που ευνοούν την ασθένεια. Επίσης, οι πολύ παραγωγικές και εύρωστες ποικιλίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευπάθεια στην ασθένεια (Παναγόπουλος, 2000).



Εικ. 1.10: Περιφερειακό κάψιμο των φύλλων « tipburn » στο μαρούλι. (ΤΕΙ Καλαμάτας)

Το περιφερειακό κάψιμο στην πραγματικότητα εμφανίζεται περισσότερο σαν κατάσταση stress. Εξωτερικοί παράγοντες δύνανται να προκαλούν stress ή πιθανόν να αυξάνουν την ευπάθεια των φυτών. Το tipburn παρατηρείται όταν το stress ξεπερνά όλα τα όρια ανοχής. Ωστόσο ήπια κατάσταση stress κάτω από τα επίπεδα ζημίας μπορεί να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης του καψίματος, αυξάνοντας την ανοχή των φυτών. Η αυξημένη ευαισθησία στο περιφερειακό κάψιμο, φαίνεται ότι προκαλείται από υψηλά επίπεδα φυσικώς υπάρχουσας γιββεριλλίνης (GA) αυξάνοντας την περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, διαταράσσοντας έτσι την μεταφορά Ca^{2+} στους γρήγορα αυξανόμενους ιστούς. Επομένως, οι ρυθμιστές ανάπτυξης παρεμποδίζοντας τη σύνθεση και τη δράση της GA μπορούν να περιορίσουν την έκταση του καψίματος. Το Ca^{2+} είναι γνωστό ότι παρεμποδίζει την ευκαμψία των κυτταρικών μεμβρανών αλλά θεωρείται απαραίτητο για την προστασία ενάντια στην έκταση της ασθένειας. Συνεπώς, η ολική περιεκτικότητα Ca^{2+} ανεξάρτητα από το ποσοστό ανάπτυξης εκτιμάται λιγότερο σημαντική όσον αφορά την εμφάνιση του tipburn (ingentaconnect.com).

Η ασθένεια δεν προκαλείται από βιοτικούς παράγοντες. Επηρεάζει εκτός από το μαρούλι, καλλιέργειες όπως: σέλινο, λάχανο, κουνουπίδι, τομάτα, μελιτζάνα και

πιπεριά. Τυπικά, συνδέεται με συνθήκες που να ευνοούν την ταχεία ανάπτυξη των φυτών, όμως καλλιεργητικές πρακτικές που δεν υποστηρίζουν την ταχεία ανάπτυξη μπορούν να μειώσουν την ασθένεια. Περίσσεια του νερού μπορεί να μειώσει την απορρόφηση ασβεστίου. Επίσης, διακυμάνσεις στα επίπεδα τη υγρασίας, όπως ξηρές συνθήκες μετά από μια περίοδο άφθονης υγρασίας (ή αντίστροφα), μπορούν να επιδεινώσουν τη διαταραχή. Ωστόσο, η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη συχνότητα της εμφάνισης της διαταραχής. Ως γνωστόν το Ca ανταγωνίζεται στην πρόσληψη με το K και το Mg.

Το *tipburn* είναι συνήθως αποτέλεσμα της προβληματικής μεταφοράς Ca εντός του φυτού. Εντός του φυτού υπάρχουν δύο είδη μεταφορικών ιστών, το ξύλωμα και το φλοίωμα, τα οποία λειτουργούν ως ένα σύστημα κυκλοφορίας μεταφέροντας τα θρεπτικά στοιχεία και τα σάκχαρα μέσα στο φυτό για την ανάπτυξή του. Τα αγγεία του ξυλώματος μεταφέρουν νερό και θρεπτικά στοιχεία από τις ρίζες προς τα φύλλα. Το νερό χάνεται από το φύλλωμα με τη διαδικασία της διαπνοής και αυτό δημιουργεί ένα κενό το οποίο αντλεί νερό δια μέσου των αγγείων του ξύλου σε όλο το φυτό. Καθώς τα ιόντα ασβεστίου μεταφέρονται μέσω του ξυλώματος, κάθε παράγοντας που επηρεάζει την απώλεια του νερού ή και τα ίδια τα αγγεία του ξυλώματος, επηρεάζουν άμεσα και την διατροφή του ασβεστίου. Το Ca είναι ένα σχετικά αμετακίνητο στοιχείο, το οποίο ακολουθεί τη ροή της διαπνοής, έτσι μετακινείται πιο αργά στα όργανα του φυτού και στις περιοχές της διαπνοής όπως καρπούς και τα γρήγορα αναπτυσσόμενα φύλλα από ότι στα ενεργώς διαπνεόμενα φύλλα. Τα εξωτερικά φύλλα διαπνέουν γρηγορότερα (και εφόσον μεταφέρεται νερό) συσσωρεύεται περισσότερο ασβέστιο. Στα εσωτερικά φύλλα τα οποία αυξάνονται ραγδαία έχουν πολύ χαμηλότερα επίπεδα διαπνοής και κατά συνέπεια συσσωρεύεται λιγότερο Ca. Με λιγότερο διαθέσιμο Ca τα ταχέως αυξανόμενα εσωτερικά φύλλα σχηματίζουν αδύναμα κυτταρικά τοιχώματα τα οποία μπορούν να καταρρεύσουν και να πεθάνουν καθώς πλησιάζουν τη συγκομιδή. Αυτό θεωρείται ως εσωτερικό *tipburn*. Αυτές οι περιοχές (κατάρρευσης) επιτρέπουν την είσοδο βακτηρίων που οδηγεί σε μεγαλύτερη ζημιά και μη εμπορεύσιμα προϊόντα (agric.gov.ab.ca).

Από τα αίτια που προκαλούν το κάψιμο των φύλλων το πιο συνηθισμένο είναι η απότομη αλλαγή της ατμοσφαιρικής υγρασίας, αλλά και κάθε παράγοντας που προκαλεί ταχεία απώλεια νερού ή εμποδίζει την απορρόφηση νερού από το ριζικό σύστημα. Στα αίτια αυτά περιλαμβάνονται:

- Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια ηλιόλουστων ημερών.
- Τα χαμηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής υγρασίας και η πνοή ξηρών ανέμων.
- Η χαμηλή υγρασία και θερμοκρασία του υποστρώματος.

- Ο ακανόνιστος μεταβολισμός του ασβεστίου.
Το φτωχό ριζικό σύστημα, αποτέλεσμα παθογενών, γενετικών ή άλλων παραγόντων.

Τα συμπτώματα τις πιο πολλές φορές εμφανίζονται την άνοιξη όταν επικρατούν συχνές και απότομες αλλαγές του καιρού και όταν τα φυτά βρίσκονται στο τελευταίο στάδιο της ανάπτυξής τους. Για την αποφυγή του καψίματος των φύλλων θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα, ώστε να αποφεύγονται ή περιορίζονται στο ελάχιστο τα αίτια που το προκαλούν. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν:

- Κανονικά ποτίσματα για να διατηρείται το υπόστρωμα υγρό.
- Πρέπει να ελέγχεται το ριζικό σύστημα εάν έχει προσβληθεί από εχθρούς και ασθένειες και να λαμβάνονται μέτρα προστασίας ή θεραπείας.
- Εφαρμογή ποτίσματος με τη μέθοδο του καταιονισμού ώστε να αυξάνεται και η υγρασία της ατμόσφαιρας (Ολύμπιος, 2001).
- Αρκετό οξυγόνο στο θρεπτικό διάλυμα ώστε να διατηρούνται υγιείς οι ρίζες.
- Έλεγχος της EC ώστε να μην βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα.
- Αποφυγή των υπερβολικών διακυμάνσεων της θερμοκρασίας.
- Αποφυγή χορηγήσεως υπερβολικού καλίου ή άλλων στοιχείων που μπορεί να ανταγωνίζονται την πρόσληψη του ασβεστίου.
- Περιορισμός αζωτούχου λίπανσης
- Ανθεκτικές ποικιλίες (Παναγόπουλος, 2000).

1.15.2 «Υάλωση» ή «κάψιμο των νεύρων των φύλλων» (Glassines or veinal tipburn)

Εμφανίζεται όταν τα φύλλα αδυνατούν να χάσουν με τη διαπνοή ικανοποιητική υγρασία. Το πρόβλημα αυτό παρατηρείται όταν η ατμόσφαιρα είναι κορεσμένη ή βρίσκεται πολύ πλησίον του κορεσμού με υγρασία. Είναι ανωμαλία που εμφανίζεται συχνότερα στις καλλιέργειες θερμοκηπίου και λιγότερο στις υπαίθριες.

Τα συμπτώματα της φυσιολογικής αυτής ανωμαλίας παρουσιάζονται στα άκρα κυρίως των φύλλων, τα οποία παρουσιάζονται υδαρή και έχουν υαλώδη εμφάνιση. Τα τραυματισμένα φύλλα είναι εύκολο στη συνέχεια να προσβληθούν από βοτρυτίδα, βακτήρια κ.α. παθογόνα. Συχνά τα συμπτώματα εκλαμβάνονται σαν ζημιές που προκαλούνται από παγετό λόγω της υδαρούς εμφάνισης που παρουσιάζουν τα φύλλα. Το πρόβλημα εμφανίζεται πιο συχνά όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας και χαμηλής έντασης φωτισμού, όπου το φυτό απορροφά νερό, αλλά δεν μπορεί να το αποβάλει, γιατί η διαπνοή είναι περιορισμένη λόγω της υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας (Grower Guide, N° 21, 1983).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με την πλατιά έννοια του όρου, υδροπονία ή ανέδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μίγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα.

Γενικά για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία. Στο έδαφος σημαντικό είναι το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στη ρίζα, γιατί δεσμεύονται στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στην περιοχή της ρίζας. Με τις υδροπονικές καλλιέργειες τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη ρύθμιση της τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες και χημικά αδρανών.

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει, αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κλπ) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών.

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας, δεν διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με τον συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος, μάλιστα περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα εδάφους (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η υδροπονία ξεκίνησε μετά τον 18ο αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα και πολύ αργότερα (20ο αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Καθιερώθηκε το 1930 από τον ερευνητή Gericke του πανεπιστημίου της Καλιφόρνια που διέδωσε πλατιά την τεχνική ανάπτυξης των φυτών χωρίς έδαφος (Χαρίτος, 1989).

Στην Γερμανία, κατά την περίοδο 1860 έως το 1900 η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας. Η πυκνότητα των διαλυμάτων κυμαινόταν από 0,1 – 0,6%. Την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν επίσης 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Μετά το 1900, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (οσμωτική πίεση, θερμοκρασία, O₂, pH).

Το 1923 από εργασίες των A.L. Bakke και L.W. Erdman αποδείχθηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους.

Το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση της υδροπονικής καλλιέργειας στις ΗΠΑ και τη Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο.

Κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά γίνονται στις ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας, για παραγωγικούς σκοπούς, σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1966 αναπτύχθηκε στη Μ. Βρετανία, από τον A. Koober, η τεχνική καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT), που πήρε γρήγορα σημαντική εξάπλωση.

Το 1976 πρωτοξεκίνησε πάλι στη Μ. Βρετανία η τεχνική καλλιέργειας με αδρανές υλικό τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη σήμερα.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε όλο τον κόσμο, πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Τα υδροπονικά συστήματα με το πέρασμα των χρόνων εξελίχθηκαν και συνεχίζουν να εξελίσσονται έχοντας αναπτυχθεί με πολλές τεχνικές και διάφορες παραλλαγές, σε ευρεία εμπορική κλίμακα σε όλο τον κόσμο. Υπάρχει, δε, θεσπισμένος ο διεθνής οργανισμός ISOSC (International Society for Soilles Culture), ο οποίος ασχολείται ενεργά με τις υδροπονικές καλλιέργειες και σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Υδροπονίας των Κανάριων Νήσων προσπαθούν να εξελίσουν την έρευνα περαιτέρω (Wilson, 1983).

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

2.3.1 Πλεονεκτήματα

- Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του ριζικού συστήματος.
- Απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσης που είναι σημαντικό.
- Αποφυγή καλλιεργητικών εργασιών (όργωμα, φρεζάρισμα, σκαλίσματα, ζιζανιοκτονία).
- Μικρές δόσεις φυτοφαρμάκων σε ριζοποτίσματα.
- Άμεση απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων.
- Καλλιέργεια σε μέρη που τα εδάφη είναι ακατάλληλα για καλλιέργεια.
- Η άρδευση-λίπανση γίνεται αυτόματα.
- Εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος.
- Αύξηση της παραγωγής μέχρι 100-300%.
- Δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τους εργαζόμενους, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης.
- Αύξηση της φωτεινότητας του θερμοκηπίου λόγω αντανάκλασης.
- Χρησιμοποίηση απλών (άρα και πιο φτηνών) λιπασμάτων (Κατσάνος, 1997).
- Η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής. Μπορεί να ελέγχεται με μεγαλύτερη αξιοπιστία και να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα.
- Σημαντική πρωίμηση παραγωγής λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών που διαμορφώνονται στο ριζόστρωμα (Σάββας, 2003).

2.3.2 Μειονεκτήματα

- Μεγάλες δαπάνες αρχικής επένδυσης.
- Δεν παρέχει την πολυτέλεια λαθών. Είναι αρκετά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας.
- Απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τους καλλιεργητές.
- Δεν υπάρχουν πολλοί επιστήμονες-τεχνικοί της μεθόδου αυτής.
- Μεγαλύτερο κόστος σε λιπάσματα (Κατσάνος, 1997).
- Δεν προσαρμόζονται όλα τα λαχανοκομικά είδη στις υδροπονικές καλλιέργειες ώστε να προκύπτει θετικό οικονομικό αποτέλεσμα.
- Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μιας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό (Σάββας, 2003).

2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Τα υδροπονικά συστήματα χωρίζονται σε ανοικτά και κλειστά. Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοικτό, όταν μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από το χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Κλειστό, αντίθετα, καλείται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται με θρεπτικά στοιχεία και με τη βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει (Σάββας, 2003).

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 της 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 (Wohanka, 2002).

2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Μια υδροπονική μονάδα από πλευράς εξοπλισμού διακρίνεται στα εξής επιμέρους τμήματα:

- Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.
- Σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.
- Υποδοχείς υποστρωμάτων.
- Υπόστρωμα καλλιέργειας.
- Δεξαμενές αποθήκευσης θρεπτικού διαλύματος.

2.5.1 Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος

- Εγκατάσταση παροχής νερού.
- Φίλτρα καθαρισμού νερού.
- Δοχεία πυκνών διαλυμάτων.
- Μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων (με δοσομετρικές αντλίες ή με αυτόματο μείκτη λιπασμάτων).
- Σύστημα αυτόματου ελέγχου (Κώτσιρας, 2009).

2.6 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Είναι γνωστό ότι τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Από αυτά τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία, (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S) ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες και ονομάζονται ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl).

Στις υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον C που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως CO₂. Το O προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα ενώ το H και το O είναι συστατικά του νερού. Το Cl περιέχεται σχεδόν πάντα σε επαρκείς ποσότητες στο νερό ως χλωριούχο ανιόν που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως, μόνο 12 από τα 16 απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία πρέπει να προστίθενται στο νερό για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων (Σάββας, 1998).

Πίνακας 2.1 Μορφές υπό τις οποίες υφίστανται τα θρεπτικά στοιχεία στα θρεπτικά διαλύματα.

Μακροστοιχεία	Χημική μορφή	Ιχνοστοιχεία	Χημική μορφή
Αζωτο (N)	NO ₃ NH ₄ ⁺	Σίδηρος (Fe)	Fe ²⁺
Φώσφορος (P)	H ₂ PO ₄ ⁻	Μαγγάνιο (Mn)	Mn ²⁺
Κάλιο (K)	K ⁺	Ψευδάργυρος (Zn)	Zn ²⁺
Ασβέστιο (Ca)	Ca ²⁺	Χαλκός (Cu)	Cu ²⁺
Μαγνήσιο (Mg)	Mg ²⁺	Βόριο (B)	H ₃ BO ₃
Θείο (S)	SO ₄ ²⁻	Μολυβδαίνιο (Mo)	MoO ₄ ²⁻
		Χλώριο (Cl)	Cl ⁻

Πηγή: Κώτσιρας, (2006).

Για να προστεθούν όμως τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χειλικές ενώσεις σιδήρου) (Σάββας, 2003).

Υπάρχουν πολλά λιπάσματα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή των μητρικών διαλυμάτων. Η επιλογή τους βασίζεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά του λιπάσματος (διαλυτότητα, καθαρότητα κλπ.), καθώς και στο κόστος τους.

Ο πίνακας 2.2 περιλαμβάνει τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων. Δίδονται επίσης η χημική σύνθεση και το μοριακό βάρος (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Πίνακας 2.2 Λιπάσματα χρησιμοποιούμενα για τη σύνθεση θρεπτικού διαλύματος.

Λίπασμα	Χημική σύνθεση	%θρεπτικό στοιχείο	Μοριακό βάρος
Νιτρικό οξύ 100%	HNO ₃	22N	63
Νιτρικό οξύ 37%	HNO ₃	8N	(170,3)
Φωσφορικό οξύ acid 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 κάλι	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	K H ₂ PO ₄	23P, 28K	136,1
Μονοφωσφορικό αμμώνιο	NH ₄ H ₂ PO ₄	27P, 12N	115
Θειικό κάλι	K ₂ SO ₄	45K, 18S	174,3
Μαγνησία	MgSO ₄ ·7H ₂ O	10Mg, 13S	246,3
Θειικό μαγγάνιο	MnSO ₄ ·H ₂ O	32Mn	169
Θειικός ψευδάργυρος	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	23Zn	287,5
Βόρακας	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	11B	381,2
Θειικός χαλκός	CuSO ₄ ·5H ₂ O	25Cu	249,7
Επταμολυβδενιούχο αμμώνιο	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	58Mo	1163,3
Μολυβδενικό 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)
Δισανθρακικό κάλι	K H CO ₃	39K	100,1
Υδροξυλικό ασβέστιο	Ca (OH) ₂	54Ca	74,1

Πηγή: Κώτσιρας, (2006).

2.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός θρεπτικού διαλύματος είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το pH (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.7.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC=Electrical Conductivity) ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Στην περίπτωση του νερού άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα. Ως μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το ds/m. Από την ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν παίρνουμε καμμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση.

Χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής, τα φυτά δεν

προσλαμβάνουν αρκετό λίπασμα, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ανάπτυξης, την κακή ποιότητα και την ανάπτυξη ασθενειών στη φυτεία. Αντίθετα υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας δηλώνουν αλατούχο διάλυμα που προκαλεί καταπόνηση στα φυτά. Τα φυτά δεν μπορούν να απορροφήσουν αρκετό νερό για τη διαπνοή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο των στοματίων και την αναστολή της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, δηλαδή, ανικανότητα παραγωγής οργανικής ύλης. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός θρεπτικού διαλύματος για υδροπονικές καλλιέργειες κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 2 έως 3 και σπανιότερα 4 ds/m.

Σε περιόδους που επικρατεί ζεστός καιρός και ηλιοφάνεια οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα πρέπει να τείνουν στα κατώτερα όρια, αντίθετα κάτω από συνθήκες χαμηλών ρυθμών διαπνοής ενδείκνυται τιμές κοντά στα ανώτερα όρια. Μικρές αυξήσεις στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούν να πετύχουν ομοιόμορφη ανύψωση της συγκέντρωσης όλων των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στο διάλυμα έτσι οι μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.7.2 Χημική αντίδραση - pH

Το pH του θρεπτικού διαλύματος είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Ως pH ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης κατιόντων υδρογόνου [H^+] και είναι το μέτρο της περιεκτικότητας του θρεπτικού διαλύματος σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή είναι ένδειξη της ενεργούς οξύτητάς του.

Όταν το pH είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα στοιχεία καθίστανται πιο ευδιάλυτα και απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το Al σε χαμηλό pH). Τα αποτελέσματα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες). Για τα περισσότερα είδη φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στις ρίζες πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5 (Σάββας, 2007).

2.8 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

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 μαγγανίου, 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 απασκοπούμε σε υψηλές αποδόσεις).

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

Πίνακας 2.3 Ποιότητες νερού άρδευσης.

Ποιότητα	E.C. mS cm^{-1} (25°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	2.0-4.5

Πηγή: Μαυρογιαννόπουλος, (1994).

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες με πολύ καλά αποτελέσματα. Το νερό ποιότητας 2 δεν συνιστάται πολύ για υδροπονικές καλλιέργειες ή για άλλες καλλιέργειες με περιορισμένο όγκο ριζικού συστήματος, π.χ. σε γλάστρα. Το νερό ποιότητας 3 δεν είναι καθόλου κατάλληλο για ευαίσθητα φυτά στα άλατα και γι' αυτά που έχουν περιορισμένο ριζικό σύστημα.

Σχετικά με τη σκληρότητα του νερού, ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

Σκληρότητα ανθρακικού: $2.8^* \text{mmol HCO}_3^-$

Συνολική σκληρότητα: $5.6^* \text{mmol (Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$

Για να κριθεί η καταλληλότητα του νερού στις υδροπονικές καλλιέργειες αλλά και για να γίνει δυνατή η προσαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων στη συγκεκριμένη ποιότητα νερού, θα πρέπει να προσδιοριστούν πλην της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του PH και οι συγκεντρώσεις: Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , Mn, Zn, B, Cu, Mo, καθώς και ο συνολικός Fe. Από τον προσδιορισμό των προαναφερθέντων στοιχείων μπορούμε να δούμε την ιονική ισορροπία. Η συνολική ποσότητα των πρώτων 5 πρέπει να είναι περίπου ίδια με την ποσότητα των επόμενων 4. Ο συνολικός σίδηρος δεν ενδιαφέρει τόσο για τον υπολογισμό του θρεπτικού διαλύματος, αλλά κυρίως γιατί δημιουργεί εναποθέσεις στο σύστημα κυκλοφορίας του διαλύματος και ιδιαίτερα στα φίλτρα και τους σταλακτήρες.

Η επιθυμητή και ανεκτή συγκέντρωση των στοιχείων αυτών στο νερό αναφέρεται στον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 Επιθυμητή και ανεκτή συγκέντρωση στοιχείων στο νερό.

	Επιθυμητή συγκέντρωση	Ανεκτή συγκέντρωση αλλά με αρνητική επίδραση στην παραγωγή
Cl ⁻	<50 mg/l	50-100 mg/l
Na ⁺	<30 mg/l	30-60 mg/l
HCO ₃ ⁻	<4,0 mg/l	περισσότερο από 4,0 mg/l
Fe ⁺⁺	<1,0 mg/l	λιγότερο από 1,0 mg/l
Mn	<0,5 mg/l	1,0 mg/l
B	<0,3 mg/l	07 mg/l
Zn ⁺⁺	<0,5 mg/l	1,0 mg/l

Πηγή: Μαυρογιαννόπουλος, (1994).

Υψηλές συγκεντρώσεις Cl⁻, Na⁺, Mn⁺⁺, Zn⁺⁺, B, απαιτούν διόρθωση, επιπλέον στράγγιση και απόρριψη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, ώστε να αποτραπεί η συσσώρευσή τους. Πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις δρούν τοξικά. Υψηλή συγκέντρωση HCO₃⁻ απαιτεί διόρθωση με μεγάλες ποσότητες οξέων, φωσφορικού και νιτρικού. Επομένως με την παρουσία ιόντων HCO₃⁻ αποσπώνται ιόντα H⁺ από το διάλυμα και η αλκαλικότητα αυξάνει. Γι' αυτό όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση HCO₃⁻, τόσο περισσότερο οξύ απαιτείται για διόρθωση (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.9 ΘΡΕΨΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η υδροπονία αναπτύχθηκε μέσα από μελέτες των θρεπτικών συστατικών των φυτών, οι οποίες οδήγησαν στην αναγνώριση των βασικών στοιχείων των φυτών. Η θρέψη ωστόσο είναι η βάση της υδροπονίας. Οποιοσδήποτε σχεδιάζει να ασχοληθεί με τις υδροπονικές τεχνικές θα πρέπει να έχει μια ολοκληρωμένη γνώση για την θρέψη των φυτών. Ο τρόπος χειρισμού της θρέψης δια μέσου του τρόπου χειρισμού του θρεπτικού διαλύματος είναι το κλειδί για επιτυχή υδροπονική καλλιέργεια.

Η υδροπονία ενθαρρύνει τη διατήρηση του φυτού σε άριστη θρεπτική κατάσταση, αλλά ενέχει και τον κίνδυνο λάθους που επιφέρει άμεσες τροφopenίες ή άλλες δυσμενής επιπτώσεις στα φυτά. Ένα διαγνωστικό πρόγραμμα το οποίο προσδιορίζει τα θρεπτικά επίπεδα του φυτού οποιαδήποτε στιγμή είναι εξαιρετικά σημαντικό ώστε να αποφεύγεται το stress των φυτών το οποίο περιορίζει την ανάπτυξή τους.

Η ιδανική μέθοδος διάγνωσης της θρεπτικής κατάστασης των φυτών είναι να λαμβάνονται συνδυαστικά αναλύσεις ιστών από τα φύλλα περιοδικά, (1-2 φορές την εβδομάδα) και του θρεπτικού διαλύματος. Τα επίπεδα κάθε βασικού στοιχείου στους ιστούς του φυτού και στο θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να προσδιορίζονται και να συσχετίζονται έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν ρυθμίσεις στο θρεπτικό διάλυμα για να αποφεύγονται τα πιθανά προβλήματα θρέψης. Φυσικά, ένα τέτοιο πρόγραμμα κοστίζει σε χρόνο και κόπο και δεν είναι πάντα οικονομικά εφικτό.

2.9.1 Θρεπτικές διαταραχές

Θρεπτική διαταραχή είναι μια δυσλειτουργία στην φυσιολογία του φυτού με αποτέλεσμα τη μη κανονική ανάπτυξη του που οφείλεται είτε σε έλλειψη είτε σε περίσσεια ενός ή περισσοτέρων θρεπτικών στοιχείων. Η διαταραχή εκδηλώνεται εσωτερικά ή/και εξωτερικά με διάφορα συμπτώματα. Η διάγνωση μιας θρεπτικής διαταραχής περιλαμβάνει ακριβή περιγραφή και αναγνώρισή της. Η έλλειψη ή η περίσσεια καθενός βασικού στοιχείου προκαλεί ευδιάκριτα συμπτώματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση της διαταραχής.

Τα στοιχεία ταξινομούνται σε ευκίνητα και δυσκίνητα με ορισμένα να έχουν διαβαθμίσεις κινητικότητας. Τα ευκίνητα στοιχεία είναι αυτά που μπορούν να μετακινηθούν και να εγκατασταθούν σε άλλες θέσεις. Μετακινούνται από τις κύριες θέσεις τους (παλαιά φύλλα) σε περιοχές ενεργής βλάστησης του φυτού (νεαρά φύλλα) όταν παρατηρείται έλλειψη. Σαν αποτέλεσμα, τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται στα παλαιά φύλλα στο κατώτερο τμήμα του φυτού. Τα ευκίνητα στοιχεία είναι τα Mg, P, K, Zn, και N. Όταν παρατηρείται έλλειψη στα δυσκίνητα στοιχεία, δεν μετακινούνται και εγκαθίστανται στις αναπτυσσόμενες περιοχές του φυτού, αλλά παραμένουν στα παλαιά φύλλα όπου και υφίστανται αρχικά. Συμπτώματα έλλειψης ωστόσο, εμφανίζονται αρχικά στα ανώτερα νεαρά φύλλα του φυτού. Τα δυσκίνητα στοιχεία είναι τα Ca, Fe, S, B, Cu, και Mn.

Είναι σημαντικό να εντοπίζονται οι θρεπτικές διαταραχές νωρίς, διότι εφόσον αυτές αυξάνονται με δριμύτητα τα συμπτώματα εξαπλώνονται ταχύτατα σε ολόκληρο το φυτό, με συνέπεια τον θάνατο των περισσοτέρων φυτικών ιστών. Τα χαρακτηριστικά των συμπτωμάτων γίνονται πολύ γενικά, όπως χλώρωση (κιτρίνισμα) και νέκρωση (καφέτιασμα) των φυτικών ιστών. Σε αντίθεση, οι διαταραχές ενός στοιχείου συχνά ανατρέπουν την ικανότητα του φυτού να απορροφήσει άλλα στοιχεία, και σύντομα δύο ή περισσότερα βασικά στοιχεία βρίσκονται ταυτόχρονα σε έλλειψη ή περίσσεια. Όταν δύο ή περισσότερα στοιχεία βρίσκονται σε έλλειψη ταυτόχρονα, η συνολική εικόνα ή το σύνδρομο εκδηλώνονται με συμπτώματα που δεν δείχνουν ότι υπάρχει έλλειψη. Κάτω από αυτές τις συνθήκες είναι γενικά αδύνατο να προσδιοριστεί ποια στοιχεία είναι υπεύθυνα για τα συμπτώματα.

Συχνά η έλλειψη ενός στοιχείου οδηγεί στον ανταγωνισμό της απορρόφησης κάποιου άλλου στοιχείου. Για παράδειγμα, η έλλειψη B μπορεί να προκαλέσει έλλειψη Ca. Έλλειψη Ca μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη K και ου το καθεξής.

Σε μια υδροπονική καλλιέργεια εάν διαγνωστεί μια διαταραχή θρέψης, το πρώτο πράγμα είναι η αλλαγή της συνταγής του θρεπτικού διαλύματος. Αυτό πρέπει να γίνει από τη στιγμή της υποψίας της θρεπτικής διαταραχής και πριν καν διαγνωστεί. Εάν η

διαταραχή αναγνωριστεί ως έλλειψη, μπορεί να γίνει χρήση ενός διαφυλλικού σκευάσματος για την πρόληψή της. Ωστόσο, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα στην ποσότητα του σκευάσματος, ώστε να μην βλάπτονται τα φυτά. Το καλύτερο είναι να ψεκάζεται το προτεινόμενο διαφυλλικό σκευάσμα σε μερικά φυτά και να παρατηρείται η δράση του για αρκετές μέρες πριν χρησιμοποιηθεί σε όλη την καλλιέργεια. Η συνταγή θρέψης πιθανόν να χρειάζεται ρύθμιση ώστε να ξεπεραστεί η διαταραχή. Εάν παρατηρηθεί έλλειψη θρέψης, το επίπεδο των στοιχείων που βρίσκονται σε ανεπάρκεια θα αυξηθεί πάνω από το κανονικό (κατά 25 - 30%). Καθώς τα φυτά βγαίνουν από αυτή την κατάσταση, το επίπεδο των στοιχείων εν ανεπάρκεια μειώνεται κατά 10 - 15% πάνω από το επίπεδο στο οποίο σημειώθηκε η έλλειψη. Εξαρτώμενο από τη δριμύτητα της διαταραχής, τις καιρικές συνθήκες και το ίδιο το στοιχείο, το φυτό μπορεί να χρειαστεί 7-10 μέρες πριν ανταποκριθεί στα μέτρα προστασίας.

Εάν παρατηρηθεί τοξικότητα, το καλλιεργητικό μέσο θα πρέπει να πληρωθεί με νερό για να μειωθούν οι πιθανότητες σχηματισμού ιζήματος. Η διαδικασία μπορεί να κρατήσει μια εβδομάδα ή και περισσότερο, εξαρτώμενη πάλι από την δριμύτητα της διαταραχής. Ωστόσο, οι διαταραχές θρέψης είναι περισσότερο συνήθης από τις τοξικότητες στην υδροπονία (Resh, 1978).

2.10 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί προσφέρουν τις εξής υπηρεσίες στις υδροπονικές καλλιέργειες:

- Συγκρατούν το υπόστρωμα.
- Δεν επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ανάπτυξης των ανεπιθύμητων αλγών.
- Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος.

2.10.1 Ταξινόμηση των υποδοχέων

- Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού.
- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών.
- Δοχεία σταθερού σχήματος (γλάστρες).
- Κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα (Κώτσιρας, 2006).

2.11 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα είδη των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πάρα πολλά σε όλο τον κόσμο. Για να χαρακτηριστεί ένα υλικό ως υπόστρωμα κατάλληλο για την υδροπονία πρέπει να φέρει ορισμένες ιδιότητες. Τέτοιες ιδιότητες είναι: να μπορεί να προσφέρει στα φυτά καλή στήριξη, να συγκρατεί το νερό, να έχει καλή αποστράγγιση, να μη φέρει παθογόνα στοιχεία που έχει το έδαφος, να είναι ουδέτερο όσον αφορά την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά κ.α. Στην ελληνική επικράτεια υπάρχουν εταιρείες παρασκευής υποστρωμάτων, ενώ πάρα πολλά υποστρώματα εισάγονται από το εξωτερικό.

Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται ποικίλουν στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, στο pH και στην αγωγιμότητα. Διαχωρίζονται σε οργανικά και ανόργανα, με τα δεύτερα να επικρατούν τα τελευταία χρόνια, λόγω της χημικής τους αδράνειας και της απαλλαγής τους από ασθένειες (Μανιός και Κεφάκη, 1995).

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

- Σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- Ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας.
- Ομοιομορφία στη σύσταση, στην εμφάνιση και στη συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- Απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων.
- Εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς.
- 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 (Σάββας, 2003).

2.11.1 Περλίτης

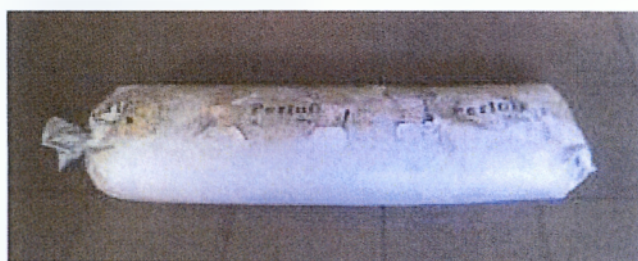
Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειογενές υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα (el.wikipedia.org). Είναι ανόργανο υλικό που δεν κατακρατά ούτε αποδεσμεύει κανένα θρεπτικό στοιχείο. Η θρέψη των φυτών στον υδροπονικό περλίτη είναι απόλυτα ελεγχόμενη και η αντίδραση των φυτών απόλυτα προβλέψιμη. Έχει ουδέτερο pH (7,0) που παραμένει σταθερό καθόλη τη διάρκεια ζωής του. Είναι εντελώς απαλλαγμένος ασθενειών και σπόρων ζιζανίων, ενώ είναι και σταθεροποιητής της θερμοκρασίας. Δε σαπίζει, ούτε λιώνει και έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής.

Ο υδροπονικός περλίτης αποτελείται από κόκκους διαμέτρου 0,5-2,5mm. Είναι πολύ ελαφρύς (60-80 kg/m³) και έχει πολύ υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού. Το ολικό πορώδες του είναι περίπου 95% (Γκρίλλας,).

Χαρακτηριστικά του περλίτη:

- Φυσική σταθερότητα και χημική αδράνεια.
- Καθαρότητα και απουσία οσμών.
- Χαμηλό ειδικό βάρος.
- Θερμομονωτικές ιδιότητες.
- Ασφάλεια και ευκολία στη χρήση.
- Βέλτιστος αερισμός και διατήρηση υγρασίας στις ρίζες.
- Αποστειρωμένο υλικό και φιλικό προς το περιβάλλον (el.wikipedia.org).

Ο υδροπονικός περλίτης διατίθεται σε ειδικούς σάκους ανάπτυξης, έτοιμους προς απευθείας φύτευση, μήκους ενός μέτρου και όγκου 33 λίτρων και 45 λίτρων. Με τους δύο αυτούς τύπους σάκου, είναι δυνατή η εγκατάσταση οποιασδήποτε καλλιέργειας και σε οποιαδήποτε πυκνότητα φύτευσης.



Εικ. 2.1 Σάκος περλίτη 33 λίτρων που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

Ο συνδυασμός της κατάλληλης ποιότητας και σωστής ποσότητας περλίτη ανά φυτό και της κατάλληλης συσκευασίας, μας δίνει το ιδανικό υπόστρωμα υδροπονίας που υπερέχει έναντι οποιουδήποτε άλλου υποστρώματος προσφέροντας:

- α) Ιδανική αναλογία νερού-αέρα ανά λίτρο υποστρώματος.
- β) Ιδανική ποσότητα ολικού συγκρατούμενου νερού ανά φυτό.
- γ) Ελαχιστοποίηση απωλειών νερού από τη ριζόσφαιρα λόγω εξάτμισης.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του υδροπονικού περλίτη είναι το πολύ καλό τριχοειδές του, που επιτρέπει την οριζόντια ταυτόχρονα με την κατακόρυφη κίνηση του νερού σε ολόκληρη τη μάζα του.

Ως υπόστρωμα υδροπονίας παρουσιάζει τις ιδανικότερες συνθήκες στράγγισης-έκπλυσης. Το κόστος εγκατάστασης του υδροπονικού περλίτη είναι το χαμηλότερο από όλα τα υποστρώματα και ισούται με το κόστος της απολύμανσης με βρωμιούχο μεθύλιο κάθε χρόνο (Γκρίλλας,).

2.11.2 Πετροβάμβακας (Rockwool)

Πετροβάμβακας ονομάζεται ένα ινώδες μονωτικό υλικό (el.wikipedia.org). Είναι ορυκτής προέλευσης (από βασάλτη ή διαβάση), λιώνει στους 1500-1600°C, στη συνέχεια περνάει από περιστρεφόμενα τύμπανα και διαμορφώνεται το τελικό προϊόν που είναι αδρανές και αποστειρωμένο υλικό-υπόστρωμα, έτοιμο για καλλιέργεια (anodosae.com). Είναι υλικό άριστης ποιότητας 100% ομοιογενές με υψηλή σταθερότητα και ιδανική αναλογία αέρα – θρεπτικού διαλύματος προϋποθέσεις απαραίτητες για υψηλές αποδόσεις (fytocare.gr). Έχει βάρος 75 kg/m³, οι πόροι καταλαμβάνουν 96% του όγκου του και στην αρχή της καλλιέργειας αντιδρά αλκαλικά.

Η συνήθης χημική σύνθεση του πετροβάμβακα είναι:

SiO 47%, CaO 16%, Al₂O₃ 14%, MgO 10%, FeO 8%, Na₂O 2%, TiO 1%, MnO 1%, K₂O 1%. Τα Ca, MgO, FeO, και MnO σε μικρή ποσότητα μπορεί να αποσπαστούν από τα φυτά (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Τα βασικότερα πλεονεκτήματά του:

- Είναι άκαυστο υλικό, άοσμος και χημικά αδρανές.
- Σε μεγάλες πυκνότητες, έχει υψηλές μηχανικές αντοχές.
- Εφαρμόζεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.
- Δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του και την σταθερότητα των διαστάσεών του.
- Δεν προσβάλλεται από διαλύτες και δεν προσβάλλει τα μέταλλα.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα και παράσιτα.
- Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Έχει υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού (altoscm.eu).



Εικ. 2.2 Πλάκα πετροβάμβακα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του είναι η ομοιομορφία του υλικού, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τη σωστή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Λόγω της ασύγκριτης ομοιογένειας του υλικού, καθώς και της συγκρότησής του από ιδιαίτερα λεπτές ίνες, το φυτό αναπτύσσει με άριστο τρόπο τη ρίζα του εξασφαλίζοντας αύξηση της παραγωγής.

Επίσης, χρησιμοποιείται, για ριζοβολία μοσχευμάτων, καλλιέργεια λαχανικών και ανθέων, σαν συστατικό στα μίγματα φυτωρίων και γλαστρικών φυτών καθώς και για τη βελτίωση της υφής των εδαφών (fytocare.gr). Δεν ελκύει τα τρωκτικά. Αφήνει την υγρασία να περάσει μέσα του (στεγνώνει εύκολα) και δεν αναπτύσσει μούχλα, εκτός αν παραμείνει σε υγρό περιβάλλον (el.wikipedia.org).

2.11.3 Τύρφη

Είναι οργανικό υλικό που αποτελείται από μερικώς αποδομημένα υπολείμματα φυτών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητές της, την κάνουν ένα πολύ κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Σχηματίζεται με βραδεία αποσύνθεση των φυτικών ιστών σε περιβάλλον με σχετική έλλειψη οξυγόνου. Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους γεμάτους τύρφη που έχει εμπλουτισθεί με βραδείας απελευθέρωσης λιπάσματα. Απαιτείται όμως και πρόσθετη χρήση διαλυτών λιπασμάτων, καθώς και ιχνοστοιχείων κατά το πότισμα.

Συχνά παρουσιάζονται προβλήματα στην άρδευση, γιατί η διαχείριση του νερού είναι σχετικά δύσκολή και απαιτεί μεγάλη προσοχή ιδίως το καλοκαίρι (όταν στεγνώσει η τύρφη δεν απορροφά ομοιόμορφα σ' όλη τη μάζα της το νερό που πέφτει από το σταλακτήρα) (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.11.4 Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι προϊόν ηφαιστειακής δραστηριότητας. Είναι ένα αδρανές αλουμινοπυριτικό υλικό που συντίθεται από πυρίτιο και οξείδιο του αργιλίου, αλλά μπορεί επίσης να περιέχει οξείδια μετάλλων, ασβεστίου ή αλάτων.

Η ελαφρόπετρα έχει χαμηλή πυκνότητα και μεγάλους πόρους που εξαρτώνται από την προέλευση και την διαδικασία κοσκίνισματος. Η υδατοϊκανότητά της είναι σχετικά χαμηλή και συγκρίνεται με του πετροβάμβακα, του περλίτη καθώς και άλλων υποστρωμάτων. Η ελαφρόπετρα δεν έχει καμία ρυθμιστική ικανότητα και έχει μια μικρή φόρτιση επιφάνειας, που παράγεται κυρίως από ακαθαρσίες του περιεχόμενου ανθρακικού άλατος και των μετάλλων. Το υλικό είναι σταθερό ακόμη και σε pH 2,5 (Μανιός, 1993).

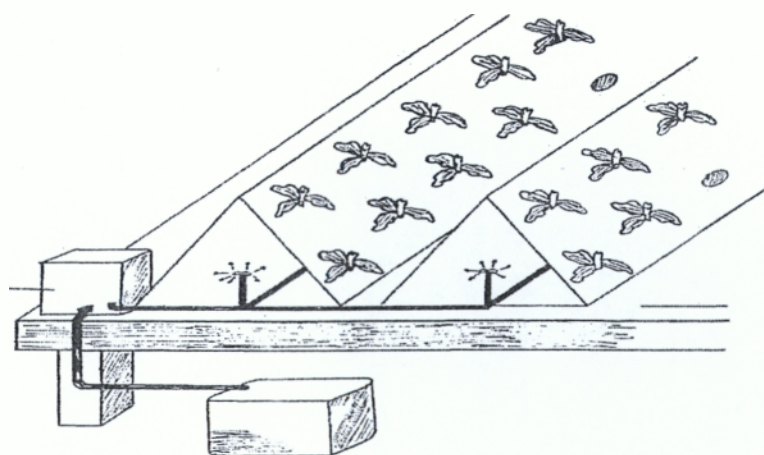
2.11.5 Βερμικουλίτης

Είναι πυριτικές ενώσεις αλουμινίου, σιδήρου και μαγνησίου. Για να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα πρέπει να αποφυλλωθεί θερμαινόμενος για 1 min στους 1000°C. Κατά τη διαδικασία αυτή διογκώνεται 15-20 φορές και αποκτά υψηλό βαθμό πορώδους. Ο μέσος όρος πυκνότητάς του (ειδικό βάρος) είναι 80 kg/m³. Κατατάσσεται σε δύο τύπους, τον όξινο τύπο (pH 6,0-6,8) και τον ουδέτερο τύπο. Έχει υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και περιέχει 5-8% διαθέσιμο κάλιο και

9-12% μαγνήσιο (Boodley and Sheldruke, 1972; Μαλούπα, 1995). Όταν χρησιμοποιείται μόνος του ως υπόστρωμα, για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, έχει τάση κερηθροποίησης της δομής του η οποία μπορεί να καταστραφεί πλήρως, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αερισμός και η αποστράγγιση. Γι' αυτό, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται σε ανάμιξη με περλίτη ή με τύρφη που επιτρέπουν τον καλύτερο αερισμό και στράγγιση του υποστρώματος (Boodley and Sheldruke, 1972).

2.12 ΑΕΡΟΠΟΝΙΑ

Η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς τη χρήση υποστρώματος. Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο, μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία, ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της τόσο νερό όσο και θρεπτικά στοιχεία. Το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζει μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η ύπαρξη ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι επίσης δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με τη βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μια κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης. Από εκεί μπορεί να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία. Μπορεί επίσης αρχικά να επιστρέφει στην κεντρική μονάδα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος και να συμπληρώνεται εκεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία (alegre.gr).



Σχήμα 2.1 Σχηματική απεικόνιση συστήματος αεροπονίας.

2.13 ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΠΤΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΣΤΟΙΒΑΔΑΣ (NFT)

Με τη μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται σε μακριά αδιάβροχα κανάλια, όπου ρέει ένα πολύ ρηχό ρεύμα (2-3 mm) ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Η ρίζα αναπτύσσεται επάνω στο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς να υπάρχει κανένα άλλο υπόστρωμα. Δημιουργείται έτσι ένα παχύ πλέγμα ριζών, στο οποίο συμπλέκονται οι ρίζες από όλα τα φυτά του καναλιού και το οποίο αποτελεί το κάτω στήριγμα των φυτών. Το ρηχό ρεύμα του θρεπτικού διαλύματος περνά κάτω από το ριζικό πλέγμα, ενώ το επάνω μέρος του ριζικού πλέγματος, αν και είναι υγρό, βρίσκεται στον αέρα που του επιτρέπει καλή οξυγόνωση.

Τα κανάλια που βρίσκονται οι ρίζες των φυτών έχουν συνήθως πλάτος 0,25-0,30cm, με κλίση 1,5-2% και είναι είτε από λαμαρίνα που στερεώνεται επάνω σε σιδερένιο σκελετό, είτε από διογκωμένη πολυστερίνη που τοποθετείται σε διαμορφωμένο έδαφος με κλίση 1,5%, είτε διαμορφωμένα κανάλια σε τσιμέντινο πάτωμα.

Σ' όλες τις περιπτώσεις το αδιάβροχο των καναλιών πετυχαίνεται με πλαστικό φύλλο πάχους 1,5mm τουλάχιστον, που ανανεώνεται σε κάθε καλλιέργεια. Το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοτείται στο υψηλότερο σημείο του καναλιού και με τη βαρύτητα καταλήγει στο χαμηλότερο σημείο, απ' όπου με σωληνώσεις οδηγείται στη δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος.

Το κλειδί επιτυχίας στο NFT είναι:

- Ομοιόμορφη κλίση του καναλιού για ομοιόμορφη ροή του νερού, χωρίς τοπικές ανωμαλίες.
- Η παροχή του νερού να μην είναι υπερβολικά μεγάλη, για να μην υψώνεται η στάθμη του στο χαμηλό σημείο.
- Το πλάτος του καναλιού να είναι αρκετό, ώστε το νερό να ρέει ομοιόμορφα σ' όλο το μήκος.
- Η βάση του καναλιού να είναι τελείως επίπεδη και οριζόντια (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.14 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ - DFT ή FLOATING (ΕΠΙΠΛΕΟΥΣΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ)

Το σύστημα επίπλευσης DFT (Deep Flow Technique-Τεχνική Βαθιάς Ροής) ή Floating, αποτελεί ένα από τα πλέον εξελιγμένα συστήματα υδατοκαλλιεργειών χαμηλού κόστους και είναι κατάλληλο κυρίως για την καλλιέργεια φυλλωδών λαχανικών υπό κάλυψη. Για παράδειγμα, οι περισσότερες μονάδες καλλιεργούν τους περισσότερους τύπους μαρουλιού (Lollo rosa, Green oakleaf, Iceberg, Romaine, Baby leaf κλπ.), ρόκα και διάφορα αρωματικά φυτά. Παράλληλα, υπάρχει και η δυνατότητα καλλιέργειας λαχανοκομικών φυτών μεγαλύτερου βιολογικού κύκλου.

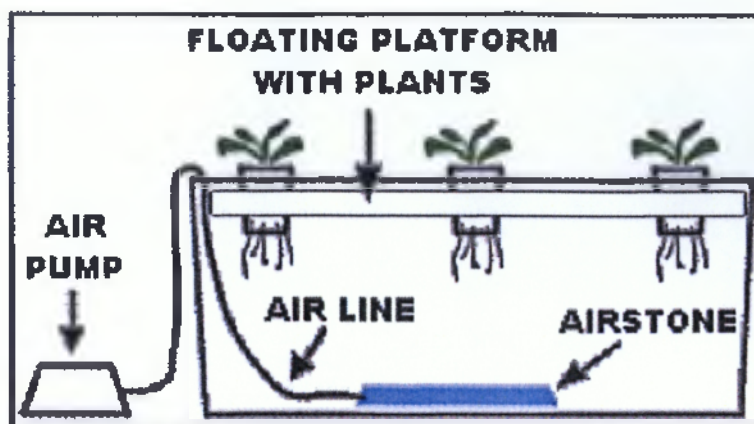
Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε το 1976 στην Ιταλία (Massantini, 1976) και το 1980 στην Αριζόνα των ΗΠΑ (Jensen, 1980) με σκοπό την καλλιέργεια μαρουλιού και γενικότερα φυλλωδών λαχανικών. Τα τελευταία χρόνια το σύστημα αυτό εξελίχθηκε μέσω ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο πανεπιστήμιο Cornell των ΗΠΑ το 1998. Το πανεπιστήμιο αυτό κατέχει και τα δικαιώματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Σήμερα, η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δημοφιλής σε χώρες όπως η Ολλανδία, Ιαπωνία, ΗΠΑ, Ταιβάν.

Η πλέον ευδιάκριτη διαφορά του συστήματος αυτού είναι ότι ο ακριβής έλεγχος του κλίματος και η ενσωμάτωση του συμπληρωματικού φωτισμού, εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή του συστήματος floating σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο από τα υπάρχοντα υδροπονικά συστήματα. Για παράδειγμα, το σύστημα αυτό μπορεί να παράγει 945 μαρούλια την ημέρα 7 ημέρες την εβδομάδα. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή είναι περίπου 35 ημέρες (μέσο βάρος μαρουλιού κατά τη συγκομιδή 150 g).

Η ετήσια παραγωγή του συστήματος αυτού ανά μονάδα επιφάνειας είναι 11,5 lbs/ft² (περίπου 56kg/m²). Η παραγωγή αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα (Κώτσιρας, 2009).

Στην επιπλέουσα υδροπονία, δεν έχουμε συνεχή ροή θρεπτικού διαλύματος, αλλά το θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται μέσα σε μεγάλες λεκάνες - δεξαμενές, μέσα στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Οι δεξαμενές στεγανοποιούνται μέσω της επιστρώσης φύλλων πολυαιθυλενίου. Στο σύστημα αυτό η οξυγόνωση του διαλύματος είναι απαραίτητη. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε καλλιέργειες χαμηλών λαχανικών όπως τα μαρούλια. Τα φυτά τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένες οπές που έχουν ανοιχτεί σε δίσκους φελιζόλ. Τα φελιζόλ επιπλέουν πάνω στο θρεπτικό διάλυμα και έτσι οι ρίζες των φυτών βρίσκονται συνεχώς μέσα στο διάλυμα αυτό (σχ. 2.1) (smet.gr). Μια παραλλαγή του συστήματος

αυτού είναι η χρήση καναλιών αντί δεξαμενής. Το ύψος πλήρωσης της δεξαμενής ή των καναλιών με θρεπτικό διάλυμα, ποικίλει ανάλογα με το ακολουθούμενο σύστημα (συνήθως από 5-25 cm).



Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση συστήματος επίπλευσης.

Το μήκος καθώς και το πλάτος των λεκανών εξαρτάται από τον αριθμό των επιπλέοντων σχεδίων και πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εφαρμόζουν μεταξύ τους και να μην αφήνουν κενά τα οποία θα ευνοήσουν τη δημιουργία βρυών στο νερό. Επιπλέον οι σχεδίες θα πρέπει να αντικαθίστανται κάθε χρόνο, επειδή όμως αυτό δεν είναι εφικτό λόγω του μεγάλου κόστους, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται. Πριν να επαναχρησιμοποιηθούν θα πρέπει να πλένονται και κατόπιν να απολυμαίνονται καλά (Νικολετάκης, 2008).

Τα σπορόφυτα αναπτύσσονται με τους κλασσικούς τρόπους σε δίσκους με διάφορα υποστρώματα (περλίτη, βερμικουλίτη ή οργανικά υποστρώματα). Όταν τα φυτά φτάσουν στο στάδιο της μεταφύτευσης, τοποθετούνται στις επιπλέουσες σχεδίες στις οποίες έχουν δημιουργηθεί οι αντίστοιχες υποδοχές. Οι σχεδίες αποτελούν ουσιαστικά το μέσο στήριξης των φυτών (Κώτσιρας, 2009).

Ένα από τα κύρια προβλήματα του συστήματος επίπλευσης είναι το γεγονός ότι το θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται συνεχώς στάσιμο και απαιτεί τη χρήση αντλιών νερού για να κυκλοφορεί και να οξυγονώνεται επαρκώς. Χωρίς αυτό το πολύτιμο οξυγόνο να φτάνει στις ρίζες των φυτών, το σύστημα επίπλευσης αντιμετωπίζει μεγάλες απώλειες σε απόδοση με τη μορφή ξηρού βάρους, θρεπτικών στοιχείων κλπ. Πολύ λίγα φυτά εκτός από τα μαρούλια μπορούν να αντεπεξέλθουν σ' αυτό το είδος υδροπονικού συστήματος. Το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι ότι δεν είναι κατάλληλο για ογκώδη φυτά ή φυτά μεγάλης χρονικής διάρκειας.

Παρ' όλα αυτά το σύστημα επίπλευσης μπορεί να βελτιωθεί θεαματικά για να αποφεύγεται η ανακυκλοφορία του διαλύματος και η οξυγόνωση των ριζών με μηχανικά μέσα. Αυτό γίνεται με ένα εξαιρετικά απλό τρόπο, με την τοποθέτηση των

σχεδίων όχι ακριβώς πάνω στο θρεπτικό διάλυμα αλλά λίγα εκατοστά πιο πάνω από αυτό. Τα αποτελέσματα είναι απίστευτα. Χωρίς κανένα μηχανικό αερισμό ή κίνηση, αυτό το υδροπονικό σύστημα επιτυγχάνει υψηλότερα ξηρά βάρη από οποιοδήποτε υδροπονικό σύστημα (allhydroponics.blogspot.com).

Τα φυτά λόγω της ευρωστίας που αποκτούν, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε ασθένειες, αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη υποστρώματος, μειώνει ή και εκμηδενίζει την ανάγκη χρήσης φυτοπροστατευτικών ουσιών - φυτοφαρμάκων. Το αποτέλεσμα είναι να λαμβάνονται ποσοτικά μεγαλύτερες, ποιοτικά καλύτερες και αριθμητικά περισσότερες καλλιέργειες ανά έτος, από οποιοδήποτε άλλο γνωστό σύστημα καλλιέργειας (loukfarm.gr).

Ωστόσο, θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερος ότι η χρήση του floating αποτελεί μια εξαιρετική εναλλακτική λύση ενός παραγωγικού συστήματος το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην επιβίωση της γεωργίας σε ένα ταχύτατα μεταβαλλόμενο περιβάλλον, ειδικότερα κοντά σε μεγάλες πόλεις. Οι σύγχρονες τάσεις στη γεωργία απαιτούν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, οι καταναλωτές προτιμούν τα νωπά λαχανοκομικά προϊόντα και είναι έτοιμοι να εμπιστευθούν λαχανικά που παράγονται σε μικρές τοπικές μονάδες με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους. Αντίθετα, μειώνεται η προτίμηση για τα εισαγόμενα προϊόντα.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτού του υδροπονικού συστήματος.

2.14.1 Πλεονεκτήματα

- Η εγκατάσταση είναι εύκολη χωρίς να χρειάζονται πολλά εργατικά.
- Αριστοποιείται η χρήση του νερού.
- Μικρές απαιτήσεις συντηρήσεως και εύκολη πραγματοποίηση εργασιών.
- Παρέχεται η δυνατότητα αναβάθμισης.
- Είναι αποτελεσματικότερο και ασφαλέστερο από το NFT ή και από άλλα υδροπονικά συστήματα, σε χώρες με θερμό κλίμα.
- Παρέχεται η δυνατότητα παραγωγής υψηλής ποιότητας λαχανικών.
- Πρωίμιση της καλλιέργειας (π.χ. μαρούλι σε 25-28 ημέρες από τη σπορά).
- Αύξηση των καλλιεργητικών περιόδων μέσα σε ένα έτος.
- Παρέχεται η δυνατότητα άριστου χρονισμού της παραγωγής (πολύ σημαντική παράμετρος διάθεσης των προϊόντων).
- Παρουσιάζει αυξημένη παραγωγή από την πρώτη κιόλας καλλιεργητική περίοδο.
- Παρουσιάζει σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης αλλά χαμηλό κόστος λειτουργίας (γρήγορα αποσβέσιμο).

- Παρέχεται η δυνατότητα αυτοματοποίησης πολλών διαδικασιών (σποράς, μεταφύτευσης, συλλογής). Η χρήση ενός ξεχωριστού υποδοχέα των φυτών επιτρέπει ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα παραγωγής αλλά και παραπέρα μείωση του λειτουργικού κόστους.
- Δίνει τη δυνατότητα επίτευξης υψηλών πυκνοτήτων φύτευσης και επομένως καλύτερης εκμετάλλευσης της καλλιεργούμενης επιφάνειας. Σε ένα θερμοκήπιο τύπου "floating" η εκμετάλλευση της επιφάνειας ξεπερνά το 90% έναντι του 60% που μπορεί να επιτευχθεί με τις άλλες μεθόδους καλλιέργειας, υδροπονικές ή μη.
- Δίνει τη δυνατότητα πλήρους ελέγχου της σύστασης και της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος, (πράγμα αδύνατον για τις καλλιέργειες στο έδαφος αλλά και για τις υπόλοιπες υδροπονικές μεθόδους που εμφανίζουν συχνά προβλήματα υπερθέρμανσης ή κακής οξυγόνωσης του διαλύματος).
- Σαν καλλιέργεια κλειστού τύπου (με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος) δεν παράγει απόβλητα και δεν ρυπαίνει το περιβάλλον σε αντιπαράθεση με την καλλιέργεια σε χώμα ή την καλλιέργεια σε ανοικτό υδροπονικό κύκλωμα, που ρυπαίνουν το περιβάλλον μέσω της απορροής μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων και ειδικά νιτρικών (μόλυνση υδροφόρου ορίζοντα).
- Χρησιμοποιεί ελάχιστο νερό, το απόλυτα απαραίτητο για τις βιολογικές ανάγκες του φυτού. Λόγω της κάλυψης (με τις πλάκες πολυστυρενίου) της επιφάνειας καλλιέργειας, η απώλεια νερού λόγω εξάτμισης είναι μηδενική, ενώ παράλληλα λόγω της ανακύκλωσης δεν υπάρχουν απώλειες προς το έδαφος.
- Δεν χρησιμοποιεί κανένα είδος υποστρώματος φύτευσης και επομένως δεν παρουσιάζει κανένα είδος παθογένειας, λόγω της έλλειψης υποστρώματος όπου θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Επομένως δεν απαιτεί αλλαγή του υποστρώματος ή περιοδικές απολυμάνσεις περιορίζοντας έτσι την ανάγκη χρήσεων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.
- Σε μια σωστά οργανωμένη και εξοπλισμένη μονάδα με πλήρη δυνατότητα ελέγχου και βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξης η ανάγκη χρήσεως φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι ελάχιστη ή και μηδενική, με αποτέλεσμα τα παραγόμενα φυτά να είναι ελάχιστα ή καθόλου επιβαρημένα, λιγότερο ακόμη και από εκείνα της βιολογικής καλλιέργειας.
- Τέλος, λόγω του απόλυτα ελεγχόμενου περιβάλλοντος καλλιέργειας και ανάπτυξης των φυτών, καθώς και του απόλυτου ελέγχου των εισροών - εκροών του συστήματος, η διαπίστευση τέτοιου τύπου μονάδων είναι δεδομένη και απόλυτα οικολογική.

2.14.2 Μειονεκτήματα

- Υψηλό επενδύσιμο κεφάλαιο με μεγάλο αρχικό επαγγελματικό ρίσκο.
- Απαιτείται νερό αρκετά καλής ποιότητας.
- Είναι απαραίτητη η οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος ειδικά σε περιπτώσεις λαχανικών μεγάλου βιολογικού κύκλου.
- Σε περιπτώσεις κακής οξυγόνωσης (ιδιαίτερα όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες), παρατηρούνται έντονα φαινόμενα υποξίας με αρνητικές συνέπειες στην ανάπτυξη των φυτών (Κώτσιρας, 2009).
- Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος ενδέχεται να αυξήσει τη διάδοση παθογόνων.
- Απαιτείται διαρκής παρακολούθηση του συστήματος για την τακτική συμπλήρωση του καταναλωθέντος θρεπτικού διαλύματος με νέο διάλυμα καθώς και την διατήρηση της σύστασής του όσο γίνεται σταθερή, χωρίς να αποκλίνει σημαντικά από το σχήμα θρέψης που ακολουθείται.
- Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη (Νικολετάκης, 2008).

3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το μαρούλι έχει εισβάλλει δυναμικά ως το πιο δημοφιλές λαχανικό για υδροπονική καλλιέργεια εξαιτίας του γρήγορου ρυθμού ανάπτυξής του και τις υψηλότερες τιμές ανά κεφαλή στο ράφι. Είναι μεταξύ των τριών πρώτων λαχανικών που παράγονται σε υδροπονική καλλιέργεια σε όλο τον κόσμο μαζί με την τομάτα και την πιπεριά.

Ο σκοπός της καλλιέργειας μαρουλιού υδροπονικά είναι η παραγωγή υψηλής ποιότητας φυτών όλο το χρόνο κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Ελέγχοντας το περιβάλλον επαρκώς, εξαλείφεται η σπατάλη λιπασμάτων και περιορίζονται οι απώλειες που οφείλονται σε παράσιτα.

Οι τύποι μαρουλιών που καλλιεργούνται συνήθως υδροπονικά είναι ίδιοι με αυτούς που καλλιεργούνται και στο έδαφος. Οι πιο δημοφιλείς τύποι περιλαμβάνουν τα φυλλώδη, τα κεφαλωτά και τα μαρούλια τύπου Ρωμάνο. Ένα τυπικό κεφαλωτό μαρούλι στο έδαφος χρειάζεται περίπου 50-60 ημέρες από τη σπορά ως τη συγκομιδή. Αντίθετα, στην υδροπονία χρειάζεται περίπου 35 ημέρες (ehow.com).

3.2 ΣΤΕΡΕΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Υπόστρωμα ονομάζεται το μέσο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της τεχνητής θρέψης του φυτού. Τα υποστρώματα διακρίνονται σε υγρά υποστρώματα και στερεά υποστρώματα (Χαντζής, 2004).

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιούνται τα περισσότερα υποστρώματα που εφαρμόζονται στην υδροπονική καλλιέργεια (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, βερμικουλίτης κ.α.) με αρκετά καλά αποτελέσματα. Ωστόσο, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης και λιγότερο ο πετροβάμβακας και η ελαφρόπετρα, η οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει μια αυξητική τάση στη χρήση της (Siomos *et al.*, 2001b). Το σημαντικότερο μειονέκτημά της είναι το μεγάλο βάρος της σε σχέση με τα άλλα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα (περλίτης, πετροβάμβακας) (Μανιός, 1994).

Συγκρίνοντας τον περλίτη και τον πετροβάμβακα μεταξύ τους, ο περλίτης σαφώς υπερέχει του πετροβάμβακα, διότι, όπως είναι γνωστό ο πετροβάμβακας από τη στιγμή που θα στεγνώσει από νερό δεν μπορεί να επαναδιαβραχεί πλήρως με αποτέλεσμα την αλλοίωση των φυσικών ιδιοτήτων του υποστρώματος το δεύτερο και

τρίτο χρόνο. Οι συνέπειες είναι η καθίζηση του πετροβάμβακα και η δυσκολία των φυτών στην απορρόφηση του νερού κατά τη δεύτερη, τρίτη καλλιέργεια κ.λπ. Η λύση που εφαρμόζουν οι παραγωγοί είναι να ποτίζουν το υπόστρωμα ακόμα και όταν δεν υπάρχει καλλιέργεια στο θερμοκήπιο κατασπαταλώντας το νερό που αποτελεί είδος εν ανεπάρκεια. Ο υδροπονικός περλίτης δεν παρουσιάζει προβλήματα στην επαναδιαβροχή του κατά την έναρξη της δεύτερης καλλιέργειας ξεκινώντας από συνθήκες πλήρους ξηρασίας. Στο μεσοδιάστημα δυο καλλιεργειών αφήνοντας τον περλίτη να στεγνώσει πλήρως και ποτίζοντάς τον μια μέρα πριν τη νέα φύτευση επιτυγχάνεται 100% διαβροχή του υποστρώματος, καθιστώντας το έτοιμο προς φύτευση και κάνοντας τεράστια οικονομία νερού σε σχέση με τον πετροβάμβακα (ειδικά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που τα περισσότερα θερμοκήπια παραμένουν αφύτευτα) (Γκρίλλας,).

3.3 ΥΓΡΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στην περίπτωση της υδροπονικής καλλιέργειας σε υγρό υπόστρωμα ολόκληρο το ριζικό σύστημα του φυτού ή ένα μέρος του βρίσκεται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα ή σε ατμόσφαιρα κορεσμένη από υδρατμούς. Επομένως οι παραλλαγές αυτής της μεθόδου μπορεί να είναι οι εξής:

- Όλο το ριζικό σύστημα να βρίσκεται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, το οποίο στη συνέχεια επιστρέφει στη δεξαμενή εκκίνησης, εμπλουτίζεται με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και ξαναεπιστρέφει στα φυτά.
- Ένα μέρος των ριζών να βρίσκεται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, το οποίο ανακυκλώνεται συνέχεια, εμπλουτίζεται ή ανανεώνεται όπως προηγουμένως.
- Ολόκληρο το ριζικό σύστημα να βρίσκεται στον αέρα σε περιβάλλον σκοτεινό και κορεσμένο από υδρατμούς (Χαντζής, 2004).

Όμως τα περισσότερα συστήματα παραγωγής μαρουλιού έχουν σχεδιαστεί γύρω από δύο μεθόδους: το σύστημα NFT (τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας) και το σύστημα επίπλευσης (floating). Το τελευταίο σύστημα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι είναι πολύ οικονομικότερο και μπορεί να παράγει μεγαλύτερες ποσότητες μαρουλιών (allhydroponics.blogspot.com).

Συγκρινόμενα τα δύο συστήματα, στο NFT, συνήθως δεν χρησιμοποιείται κανένα καλλιεργητικό μέσο, πλην του αέρα, το οποίο να περιορίζει τη δαπάνη αντικατάστασής του μετά από κάθε καλλιέργεια. Το φυτό κατά κανόνα στηρίζεται σε ένα μικρό πλαστικό καλάθι, με τις ρίζες του να κρέμονται μέσα στο θρεπτικό διάλυμα.

Εντούτοις, είναι πολύ ευαίσθητο στις διακοπές ρεύματος και στις βλάβες της αντλίας με αποτέλεσμα οι ρίζες των φυτών να χάνουν υγρασία όταν η ροή του θρεπτικού διαλύματος διακόπτεται. Αντίθετα, το σύστημα επίπλευσης (floating) είναι το πιο απλό από όλα τα υδροπονικά συστήματα το οποίο επιτρέπει στις ρίζες των φυτών να δημιουργηθούν γρήγορα και με ευρωστία οδηγώντας σε μεγαλύτερη και πιο σταθερή απόδοση. Είναι το σύστημα επιλογής για την καλλιέργεια μαρουλιών, τα οποία είναι φυτά ταχείας ανάπτυξης και αγαπούν το νερό, και γι' αυτό το λόγο τα καθιστά ιδανική επιλογή για αυτόν τον τύπο υδροπονικού συστήματος (ecosustainablevillage.com).

3.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ



Αφού οι πλάκες του πετροβάμβακα τοποθετηθούν στο θερμοκήπιο πάνω σε κανάλια καλλιέργειας ή υδρορροές, ανοίγονται τρύπες στην πάνω επιφάνεια του πλαστικού περιτυλίγματος με τη βοήθεια ενός μαχαιριού, μέσα στις οποίες θα τοποθετηθούν τα γλαστράκια τύρφης που φέρουν τα σπορόφυτα. Οι διαστάσεις των ανοιγμάτων, τα οποία για λόγους ευκολίας είναι συνήθως κυκλικά, είναι ανάλογες με το μέγεθος των κύβων ανάπτυξης των σπορόφυτων. Οι σωληνίσκοι που διανέμουν το θρεπτικό διάλυμα στα φυτά στερεώνονται με ειδικές πλαστικές καρφίτσες πάνω στο υπόστρωμα, με τέτοιον τρόπο, ώστε το θρεπτικό διάλυμα που εξέρχεται να πέφτει πάνω στα ανοίγματα που πρόκειται να υποδεχθούν τα φυτά, προσέχοντας όμως να μην βρέχεται ο λαιμός του φυτού.

Εφόσον το σύστημα άρδευσης και το υπόστρωμα έχουν τοποθετηθεί στο χώρο που θα λάβει χώρα η καλλιέργεια τίθεται σε λειτουργία η εγκατάσταση παρασκευής και το σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος. Κατόπιν το υπόστρωμα διαβρέχεται με θρεπτικό διάλυμα μέχρι να κορεστεί πλήρως ολόκληρος ο όγκος του.

Μια - δυο μέρες μετά τον κορεσμό του υποστρώματος με διάλυμα, μεταφυτεύονται τα φυτά, που είναι ανεπτυγμένα μέσα στα γλαστράκια τύρφης στις οριστικές τους θέσεις, πάνω στις οπές που έχουν ανοιχτεί στα υποστρώματα. Φροντίζοντας μάλιστα τα τοιχώματα από τα γλαστράκια να περιβάλλονται από τον πετροβάμβακα και πιέζοντας ελαφρά για καλύτερη επαφή. Τοποθετούνται 5 φυτά ανα τεμάχιο υποστρώματος μήκους 1m, πλάτους 15cm και ύψους 7,5cm. Πριν την εργασία της μεταφύτευσης στο κάτω μέρος των πλαστικών θηκών που περιβάλλουν τον πετροβάμβακα, ανοίγονται δυο κάθετες σχισμές με ένα ξυράφι, με στόχο την

απορροή του διαλύματος που δεν συγκρατείται από το υπόστρωμα και περισσεύει μετά από κάθε πότισμα (Νικολοπούλου, 2002).

3.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΛΙΤΗ



Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας στον περλίτη, οι πλαστικοί σάκοι του περλίτη τοποθετούνται σε διπλές γραμμές είτε πάνω σε πάγκους, ή σε κανάλια άρδευσης, είτε απευθείας στο δάπεδο πάνω σε πλαστικό φύλλο (συνήθως γαλακτώδες) το οποίο καλύπτει την επιφάνεια του εδάφους του θερμοκηπίου.

Στις πλευρές του σάκου ανοίγονται μικρές σχισμές σε απόσταση 3 - 4cm πάνω από την επιφάνεια του δαπέδου ή του μέσου συγκράτησης του υποστρώματος. Οι σχισμές θα πρέπει να είναι στο επιθυμητό ύψος ώστε να μη χάνεται τελείως η υγρασία του υποστρώματος. Ενώ, από την άνω πλευρά του σάκου ανοίγονται οπές μέσα στις οποίες εισάγονται και στερεώνονται τα γλαστράκια που φέρουν τα νεαρά φυτά κατά τη μεταφύτευση. Δίπλα από κάθε φυτό τοποθετείται σταλάκτης ή σταλάκτες για την παροχή του θρεπτικού διαλύματος.

Στη βάση κάθε σάκου δημιουργείται και διατηρείται ένα μόνιμο απόθεμα διαλύματος ύψους 3 – 4cm με 2 - 3 αρδεύσεις την ημέρα ή όσες απαιτούνται. Κάθε άρδευση διαρκεί τόσο χρόνο όσος απαιτείται για να γεμίσει το ρεζερβουάρ ή να αποβληθεί από τις σχισμές που βρίσκονται στις πλαϊνές πλευρές του σάκου μικρή ποσότητα διαλύματος.

Τέλος, υπολογίζουμε την κατάλληλη υποστήριξη για να μπορέσουν τα φυτά να αναπτυχθούν στο επιθυμητό ύψος (ethnos.gr).

3.6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ



Στο υδροπονικό σύστημα της επίπλευσης, τα φυτά τοποθετούνται σε ένα διάτρητο δίσκο από ελαφρύ - αδρανές υλικό (με τρόπο ώστε οι ρίζες να κρέμονται από το κάτω μέρος του δίσκου).

Ο δίσκος με τα φυτά αφήνεται να επιπλέει σε μια λεκάνη γεμάτη νερό στο οποίο έχουν διαλυθεί σε ιδανική ποσότητα και σύσταση όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την θρέψη των φυτών. Με αυτόν τον

τρόπο οι ρίζες βρίσκονται σε ένα περιβάλλον ιδανικής σύνθεσης και επομένως το φυτό παρουσιάζει μια αλματώδη ανάπτυξη, που μόνο περιορισμό έχει την γενετική ταχύτητα μεταβολισμού του ίδιου του φυτού. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία ελέγχεται συνεχώς και διορθώνεται κατάλληλα έτσι ώστε το φυτό να δέχεται την ιδανική θρέψη σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του.

Με συχνές εγχύσεις αέρα στη λεκάνη καλλιέργειας επιτυγχάνεται ο επαρκής αερισμός του διαλύματος και του ριζικού συστήματος των φυτών, γεγονός που προκαλεί την μέγιστη δυνατή επιτάχυνση του μεταβολικού τους ρυθμού (loukfarm.gr).

3.7 ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Σε μια υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια μαρουλιού διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο η κατά το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του χώρου του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικό και ποιοτικό αποτέλεσμα. Ο μικρός σχετικά όγκος που καταλαμβάνει το μαρούλι επιτρέπει στον παραγωγό να έχει πολλές λύσεις στο σύστημα φύτευσης που θα χρησιμοποιήσει. Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα φύτευσης των φυτών μαρουλιού στο θερμοκήπιο ή στην ύπαιθρο, όπου το καθένα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές φύτευσης είναι:

α) Σε γραμμές.

Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών. Μειονεκτεί σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές στο μικρό αριθμό των φυτών που καλλιεργούνται ανα στρέμμα.

β) Σε βαθμίδες.

Πλεονεκτεί σε σχέση με την προηγούμενη τεχνική διότι συμβάλλει στη μέγιστη αξιοποίηση του χώρου και λόγω του μεγαλύτερου αριθμού φυτών που καλλιεργούνται ανα στρέμμα, αλλά υστερεί λόγω της μη ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών ανάμεσα στις διάφορες βαθμίδες.

γ) Σε αψίδες.

Στη συγκεκριμένη τεχνική το πλεονέκτημα που παρουσιάζεται είναι η αξιοποίηση της καλλιεργούμενης έκτασης οριζοντίως αλλά και κατακόρυφα. Έτσι αυξάνεται ακόμα περισσότερο ο αριθμός των καλλιεργούμενων φυτών ανα στρέμμα. Επιπλέον παρέχεται το πλεονέκτημα του καλύτερου αερισμού των φυτών σε σχέση με τις άλλες δυο τεχνικές (Οικονομάκης, 2002).

3.8 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών στο θερμοκήπιο αποτελεί μια από τις βασικότερες παραμέτρους. Πρέπει, ωστόσο, να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζουν την ομαλή ανάπτυξη τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού.

Σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού εφαρμόζονται μικρότερες αποστάσεις φύτευσης συγκριτικά με την συμβατική καλλιέργεια (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Σήμερα χρησιμοποιούνται αποστάσεις φύτευσης 20-25 cm μεταξύ των φυτών, ενώ ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχει αποφέρει και η φύτευση σε μικρότερες αποστάσεις (15 cm) (Howard and Resh, 1995).

Οι αποστάσεις φύτευσης εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Η ποικιλία του καλλιεργούμενου μαρουλιού. Τα μη κεφαλωτά μαρούλια που έχουν την ιδιότητα να «απλώνουν» το φύλλωμά τους πρέπει να φυτεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Το σύστημα φύτευσης. Σε γραμμές δεν επιτρέπει μικρές αποστάσεις φύτευσης λόγω της δημιουργίας συνθηκών κακού αερισμού και υπερβολικής υγρασίας οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (βοτρυτής). Αντίθετα, στο σύστημα πυραμίδας (αψίδες) όπου οι συνθήκες αερισμού των φυτών είναι σίγουρα καλύτερες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μικρότερες αποστάσεις (Howard and Resh, 1995).

3.9 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός διαλύματος κατάλληλου για την υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η συνολική συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα των ανόργανων ιόντων, οι μεταξύ τους αναλογίες και η τιμή του pH να είναι οι κατάλληλες, ανάλογα με την ποικιλία του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες που επικρατούν. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα ιόντα (Κουσούρη, 2004).

Σχετικά με τη μεταβολή των απαιτήσεων του μαρουλιού στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της ανάπτυξής του πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά το στάδιο της ανάπτυξης των νεαρών φυτών στο θρεπτικό διάλυμα δεν προστίθεται αμμωνία γιατί δρα τοξικά στα νεαρά ριζίδια και περιορίζει το ρυθμό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Αργότερα, όταν αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα, μπορεί να προστίθεται μικρή ποσότητα αμμωνίας για να σταθεροποιηθεί καλύτερα το pH του θρεπτικού διαλύματος. Είκοσι ημέρες πριν τη

συγκομιδή των μαρουλιών διακόπτεται η χορήγηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ώστε να μειωθεί σημαντικά η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο φύλλωμα, που είναι το εδύδιμο μέρος του φυτού, γιατί αυτά είναι επικίνδυνα για την υγεία του καταναλωτή (Στεργίου, 2002).

Η σύσταση, η αγωγιμότητα και το pH του χρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού ποικίλουν. Γενικά όμως οι επιθυμητές τιμές για την ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνονται από 1,2 ως 2,7 και για το pH από 5,5 ως 6,5 με άριστη τιμή το 5,8 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται 4 προτάσεις (Sonneveld and Straver, 1994;Μαυρογιαννόπουλος, 1994;Albright, 1997;Siomos and Dogras, 1999) για την επιθυμητή σύσταση του θρεπτικού διαλύματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Προτεινόμενη σύσταση θρεπτικού διαλύματος.

	Μαυρογιαννόπουλος (1994)	Albright (1997)	Siomos and Dogras (1999)	Sonneveld and Straver (1994)
NO₃	9,5 mmol/l	8,9 mmol/l	18,18 mmol/l	19,0 mmol/l
H₂P O₄	1,0 mmol/l	1 mmol/l	2,0 mmol/l	2,0 mmol/l
SO₄	0,5 mmol/l	1,1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,125 mmol/l
NH₄ +	0,5 mmol/l	-	0,96 mmol/l	1,25 mmol/l
Ca⁺ +	2,25 mmol/l	2,1 mmol/l	7,66 mmol/l	4,5 mmol/l
K⁺	5,0 mmol/l	5,5 mmol/l	11,13 mmol/l	11,0 mmol/l
Mg⁺ +	0,75 mmol/l	1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l
Fe	35,0 μmol/l	16,8 μmol/l	40,07 μmol/l	40,0 mmol/l
Mn	5,0 μmol/l	2,5 μmol/l	5,01 μmol/l	5,0 mmol/l
Zn	3,0 μmol/l	2 μmol/l	4,01 μmol/l	4,0 mmol/l
B	20,0 μmol/l	15 μmol/l	30,0 μmol/l	30,0 mmol/l
Cu	0,5 μmol/l	0,4 μmol/l	0,75 μmol/l	0,75 mmol/l

Πηγή: Μπακουλούρης, (2007)

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος λόγω της επικινδυνότητας που υπάρχει για εμφάνιση τροφοπενίας η οποία χρίζει άμεσης αντιμετώπισης. Στον πίνακα 3.2

φαίνονται τα συμπτώματα τροφοπενίας που παρουσιάζει το φυτό στην έλλειψη των διάφορων στοιχείων και ιχνοστοιχείων (Καραμπέτσος, 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: Συμπτώματα έλλειψης θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα.

Στοιχείο	Αρχική μορφή υπό την οποία απορροφάται από το φυτό	Συνήθης συγκέντρωση σε υγιή φυτά	Συμπτώματα έλλειψης
<u>ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>			
Άζωτο	NO_3^- ή NH_4^+	1 - 4%	Αναστολή αύξησης ή περιορισμένη αύξηση, κυανέρυθρος χρωματισμός σε μίσχους και κατά μήκος των νεύρων του ελάσιματος
Κάλιο	K^+	0,5 - 6%	Χλώρωση σε στίγματα, νέκρωση, αδύναμο στέλεχος
Ασβέστιο	Ca^{2+}	0,2 - 3,5%	Παρεμπόδιση της ανάπτυξης της ρίζας, βαθμιαία νέκρωση της κορυφής του βλαστού
Φώσφορος	H_2PO_4^- ή PO_4^{2-}	0,1 - 0,8%	Νάνα φυτά σκούρου χρώματος
Μαγνήσιο	Mg^{2+}	0,1 - 0,8%	Φύλλα με στίγματα ή χλωρωτικά που μπορεί να κοκκινίζουν
Θείο	SO_4^{2-}	0,05 - 1%	Χλώρωση των νεαρών φύλλων
<u>ΜΙΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>			
Σίδηρος	Fe^{2+} ή Fe^{3+}	25 - 300ppm	Εμφάνιση μεσονεύριας χλώρωσης στα νεαρά φύλλα
Χαλκός	Cu^{2+}	4 - 30ppm	Τα φύλλα παρουσιάζουν περιορισμένη αύξηση, χλώρωση, νέκρωση
Μαγγάνιο	Mn^{2+}	15 - 800ppm	Χλωρωτικά στίγματα στα νεότερα φύλλα, χλώρωση, νέκρωση,
Βόριο	B(OH)_3 ή B(OH)_4		Εύθραυστοι μίσχοι, νευρώσεις κίτρινο ή καφέ χρώμα
Μολυβδαίνιο	MoO_4^{2-}	0,1 - 5%	Μεσονεύρια χλωρωτικά στίγματα ακολουθούμενα από νέκρωση
Ψευδάργυρος	Zn^{2+}	15 - 100ppm	Μεσονεύρια χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, σμίκρυνση φύλλων

Πηγή: Καραμπέτσος, (2001)

3.10 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο υπολογισμός των απαιτούμενων ποσοτήτων λιπασμάτων και η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος είναι μια δύσκολη υπόθεση. Οι δυσκολίες οφείλονται στους παρακάτω λόγους:

1. Σύνδεση ανιόντων – κατιόντων.

Χορήγηση ενός ιόντος συνοδεύεται απαραίτητα από την χορήγηση ενός άλλου ιόντος αντίθετου φορτίου στην ίδια κανονική συγκέντρωση.

Παράδειγμα: Προσθήκη καλίου (K)

Δυνατές επιλογές:



2. Σύσταση νερού άρδευσης.

Συχνά το νερό άρδευσης περιέχει σημαντικές ποσότητες των θρεπτικών μακροστοιχείων Ca, Mg, S-SO₄²⁻, των ιχνοστοιχείων Mn²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, B και Cl⁻ καθώς και των μακροϊόντων HCO₃⁻ και Na⁺.

Μερικές φορές οι συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων στο νερό προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τις τιμές – στόχο για το θρεπτικό διάλυμα.

3. Ρύθμιση pH.

- Η παρουσία HCO₃⁻ στο νερό άρδευσης το καθιστά αλκαλικό.
- Για να μειωθεί το pH του νερού όμως, απαιτείται η προσθήκη οξέως (H⁺) για την απομάκρυνση των ιόντων HCO₃⁻.
- Η παροχή H⁺ όμως συνοδεύεται και από την προσθήκη ενός ανιόντος που πρέπει να συνυπολογιστεί στις χορηγούμενες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Σάββας, 2007).

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Κύριος σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών υδροπονικής καλλιέργειας στη διαφοροποίηση της έντασης της «περιφερειακής νέκρωσης των φύλλων» (tip-burn) σε δυο εαρινές ποικιλίες μαρουλιού (Gramsi και Merlin).

4.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας και πιο συγκεκριμένα στο θερμοκήπιο υδροπονικών καλλιεργειών. Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα Μάιος – Ιούνιος 2008. Στο πείραμα αναπτύχθηκαν οι εαρινές ποικιλίες μαρουλιού Gramsi και Merlin, τύπου Ρωμάνο με τη μέθοδο της υδροπονίας.

Τα υποστρώματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν: α) πετροβάμβακας, β) περλίτης και γ) θρεπτικό διάλυμα (σύστημα βαθειάς επίπλευσης, DFT ή Floating).

4.2.2 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά έγινε στις 18/04/08 στο εργαστήριο Λαχανοκομίας. Η στρωμάτωση των σπόρων του μαρουλιού έγινε σε πλαστικούς δίσκους σποράς πολλαπλών θέσεων, ύστερα από καλό πλύσιμο των δίσκων και πλήρωσή τους με περλίτη. Σε κάθε δίσκο τοποθετήθηκαν αρκετοί σπόροι μαρουλιού έτσι ώστε να αποφευχθούν αποτυχίες στην βλάστησή τους.

Αμέσως μετά την στρωμάτωση των σπόρων ακολούθησε πότισμα των δίσκων με θρεπτικό διάλυμα. Η ίδια ενέργεια συνεχίστηκε καθ' όλη την διάρκεια ανάπτυξης των φυταρίων στους δίσκους μέχρι την μεταφύτευση των σπορόφυτων.

Επιπλέον, στις 13/05/08 πραγματοποιήθηκε αραίωση των σπορόφυτων στους δίσκους ώστε να παραμείνουν τα πιο εύρωστα για την περαιτέρω συνέχιση της πειραματικής διαδικασίας της μελέτης. Δημιουργήθηκαν περισσότερα φυτά μαρουλιών, για την κάλυψη αφενός των αναγκών του πειράματος αφετέρου δε για τυχόν απώλειες των φυταρίων. Μόλις απέκτησαν ικανοποιητικό μέγεθος, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της μεταφύτευσης.

4.2.3 ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των σπορόφυτων από τους δίσκους σποράς στην οριστική τους θέση στα υποστρώματα ανάπτυξης πραγματοποιήθηκε στις 20/05/08 (32 ημέρες από την σπορά).

Η εγκατάσταση των φυτών στα στερεά υποστρώματα (περλίτης, πετροβάμβακας) έγινε τοποθετώντας τα φυτά γυμνόριζα σε οπές που είχαν διανοιχτεί σε κατάλληλα σημεία στο σάκο του υποστρώματος. Αντίθετα, η εγκατάσταση στο σύστημα επίπλευσης έγινε πάνω σε πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης, στις οποίες είχαν ανοιχτεί οπές κατάλληλης διαμέτρου (5 cm) και στον πυθμένα είχε τοποθετηθεί δίχτυ για την συγκράτηση των φυτών πάνω στην πλάκα.

Το πειραματικό σχέδιο βασίστηκε στο εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο, με δυο παράγοντες: α) το υπόστρωμα ανάπτυξης και β) την ποικιλία. Για κάθε ποικιλία υπήρχαν 3 επεμβάσεις:

Στα στερεά υποστρώματα κάθε επέμβαση είχε 10 επαναλήψεις των 5 φυτών

Στο σύστημα επίπλευσης κάθε πλάκα περιελάμβανε $3 \times 6 = 18$ φυτά (Εικ. 4.1). Συνολικά τοποθετήθηκαν 50 πλάκες (900 φυτά συνολικά).

Σε όλα τα υποστρώματα, οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 20 cm φυτό/φυτό πάνω στην γραμμή και 20 cm μεταξύ των γραμμών. Πυκνότητα φύτευσης 25 φυτά/m².



Εικ. 4.1: Εγκατάσταση των μαρουλιών κατά τη μεταφύτευση πάνω στις πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

4.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

4.3.1.1 Δεξαμενή

Χαρακτηριστικά δεξαμενής:

- Υλικό στεγανοποίησης : μαύρη γεωμεμβράνη κατάλληλη για τρόφιμα πάχους 0,5 mm.
- Υλικό σκελετού δεξαμενής: κύβοι άλφα μπλοκ (δομικό υλικό).
- Διαστάσεις δεξαμενής: 3,17m X 12,70m X 0,33m (Πλάτος X Μήκος X Βάθος).
- Σωληνώσεις πολυπροπυλενίου (διάτρητες) εντός της δεξαμενής για επαρκή ανάδευση του διαλύματος.
- 1 βαλβίδα πλήρωσης για αυτόματη πλήρωση.
- Κάλυψη δεξαμενής με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης (STYROFOAM DOW) με διαστάσεις 125cm X 60cm X 5cm (μήκος X πλάτος X πάχος), με κατάλληλες οπές διαμέτρου 5cm για την τοποθέτηση των σπορόφυτων (Εικ. 4.2).



Εικ. 4.2: Αποψη της δεξαμενής κατά την ημέρα φύτευσης των μαρουλιών

4.3.1.2 Ηλεκτρικός πίνακας

Ηλεκτρικός πίνακας με λογικό ελεγκτή τροφοδοσίας, για Floating και ανεμιστήρες.

4.3.1.3 Κεφαλή

Η κεφαλή περιλαμβάνει:

A) Αυτόνομο ρυθμιστή pH και EC

- 3 περισταλτικές αντλίες παροχής 5 λίτρων την ώρα (για 2 λιπάσματα και 1 οξύ) με ρυθμιζόμενη αναλογία μεταξύ των 2 λιπασμάτων.
- Αισθητήρες pH, EC και θερμοκρασίας με ακρίβεια +/- 0,01 pH, +/- 0,01 mS/cm, +/- 0,2 °C, με temperature compensation σε pH και EC.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου, καταγραφές pH, EC και θερμοκρασίας.
- Οθόνη LCD και πληκτρολόγιο.
- Σειριακή σύνδεση με H/Y μέσω καταλλήλου προγράμματος επικοινωνίας, alarms από pH και EC και διακοπή λειτουργίας από διακοπή ροής.

B) Αντλίες επανακυκλοφορίας

Παρακάτω δίνονται τα χαρακτηριστικά των αντλιών επανακυκλοφορίας:

- 2 αντλίες επανακυκλοφορίας παροχής 4,8 m³/h και πίεσης 1,8 atm, ανοξειδωτες.
- Αισθητήρας ροής στην αντλία επανακυκλοφορίας

4.3.1.4 Δεξαμενές πυκνών διαλυμάτων

- 1 δεξαμενή 200 λίτρων με 2 ψηφιακές στάθμες (συλλογή, έλεγχος και αναπροσαρμογή του θρεπτικού διαλύματος).
- 2 δεξαμενές των 100 λίτρων για τα πυκνά λιπάσματα και 1 δεξαμενή 50 λίτρων για το οξύ.

4.3.1.5 Μέτρηση διαλελυμένου οξυγόνου

Η μέτρηση του διαλελυμένου οξυγόνου πραγματοποιήθηκε με φορητή συσκευή μέτρησης εντός διαλυμάτων (οξυγονόμετρο).

Στο σύστημα επίπλευσης για καλύτερη οξυγόνωση του θρεπτικού διαλύματος γινόταν συνεχής ανακύκλωση και επιτυγχανόταν συγκέντρωση O₂ 3,5-4,5 mg/l.

Βάσει βιβλιογραφίας, επαρκές O₂ : 5-7 mg/l.

4.3.1.6 Σύστημα ανάδευσης αέρα στο θερμοκήπιο

4 ανεμιστήρες οροφής 65 W για ανάδευση αέρα με λειτουργία μέσω του λογικού ελεγκτή Floating.

4.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκαν δυο υποστρώματα πετροβάμβακας και περλίτης.

Όσον αφορά τον πετροβάμβακα (Εικ. 4.3), χρησιμοποιήθηκαν πλάκες (εταιρεία Grodan) διαστάσεων 7,5cm X 15cm X 100cm (ύψος X πλάτος X μήκος). Αντίθετα, όσον αφορά τον περλίτη (Εικ. 4.4), χρησιμοποιήθηκαν σάκοι (εταιρεία Perloflor) μήκους 100cm χωρητικότητας 33 λίτρων. Οι σάκοι τοποθετήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένα κανάλια τα οποία είχαν τοποθετηθεί σε μεταλλικές βάσεις ύψους 30cm.



Εικ. 4.3: Φύτευση των μαρουλιών στον πετροβάμβακα



Εικ. 4.4: Φύτευση των μαρουλιών στον περλίτη

Η κύρια καλλιεργητική φροντίδα στις μεταχειρίσεις των στερεών υποστρωμάτων, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, ήταν η άρδευση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα.

Η άρδευση άρχισε αμέσως μετά την μεταφύτευση των σπορόφυτων στην οριστική τους θέση. Η χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος γινόταν μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας μέσω προγραμματιστή (ηλεκτρικός πίνακας με relays ισχύος, ασφαλειοδιακόπτες για τις αντλίες και ασφαλειοδιακόπτη κεντρικής παροχής). Η συχνότητα των ποτισμάτων ήταν 8-10 ποτίσματα/ημέρα με συνολική παροχή 330 ml/φυτό/ημέρα.

Χρησιμοποιήθηκε κεντρικό δίκτυο σωλήνων Φ20 στους οποίους τοποθετήθηκαν κατανεμητές σταθερής παροχής. Το θρεπτικό διάλυμα κατέληγε στο κάθε φυτό μέσω σωλήνα τύπου "spaghetti" διατομής Φ6 στο άκρο του οποίου είχε εφαρμοσθεί η αντίστοιχη λόγχη.

4.4 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η σύσταση των θρεπτικών διαλυμάτων που εφαρμόστηκαν σε όλα τα υποστρώματα ήταν ίδια (μετά από την ανάλογη προσαρμογή στο νερό άρδευσης, σε meq/l για τα μακροστοιχεία και σε μmol/l για τα μικροστοιχεία. Πίνακας 4.1). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από προηγούμενα πειραματικά δεδομένα υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού σε θερμοκήπια του ΑΤΕΙ Καλαμάτας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Σύσταση νερού άρδευσης και θρεπτικού διαλύματος.

Στοιχείο	Σύσταση νερού άρδευσης	Σύσταση θρεπτικού διαλύματος
NO ₃	0,01 meq/l	9,6 meq/l
H ₂ PO ₄	-	1,9 meq/l
SO ₄	2,15 meq/l	5,2 meq/l
NH ₄ ⁺	-	0,8 meq/l
Ca ⁺⁺	4,38 meq/l	7,5 meq/l
K ⁺	0,07 meq/l	6,5 meq/l
Mg ⁺⁺	2,83 meq/l	3,2 meq/l
Fe	-	35 μmol/l
Mn	-	8 μmol/l
Zn	-	6 μmol/l
B	5,56 μmol/l	30 μmol/l
Cu	-	0,75 μmol/l
Mo	-	0,5 μmol/l
HCO ₃ ⁻	4,60 meq/l	-
E.C.	0,67 dS/m	2,1 mS/cm
pH	7,73	6,0

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διατηρήθηκε στο 2,1 mS/cm και το pH στο 6,0 με την ανάλογη προσθήκη νιτρικού οξέος.

Για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα λιπάσματα: νιτρικό ασβέστιο, θειικό μαγνήσιο, θειικό κάλιο, νιτρικό κάλιο, φωσφορικό μονοκάλιο, νιτρική αμμωνία, χηλικός σίδηρος, θειικό μαγγάνιο, θειικός χαλκός, βόρακας, μολυβδαινική αμμωνία.

Ο υπολογισμός των ποσοτήτων των μακροστοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσω της μετατροπής των συγκεντρώσεων (mg/l) σε συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων, σε kg για τα στερεά και σε lit για τα υγρά. Τα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάστηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των Savvas and Adamides (1999).

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- α) Προσδιορισμός των επιθυμητών συγκεντρώσεων του κάθε στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα.
- β) Υπολογισμός των ποσοτήτων που θα προσθέσουμε στο νερό από κάθε λίπασμα για την επίτευξη των επιθυμητών συγκεντρώσεων.
- γ) Παρασκευή μητρικών διαλυμάτων.
- δ) Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος.
- ε) Έλεγχος χαρακτηριστικών θρεπτικού διαλύματος (αγωγιμότητα, pH).

Το θρεπτικά στοιχεία που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών εισάγονταν σε δεξαμενή, από τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων (μητρικά διαλύματα). Τα μητρικά διαλύματα παρασκευάζονταν έτσι ώστε, τα διάφορα ιόντα που απαιτούνταν για την ανάπτυξη των φυτών να βρίσκονται στην απαιτούμενη αναλογία μεταξύ τους και ακολουθούσε αραίωση μέχρι του όγκου της δεξαμενής.

Τα μητρικά διαλύματα παρασκευάζονταν σε 3 δοχεία. Το πρώτο δοχείο (Α) περιείχε το νιτρικό ασβέστιο, μέρος της ποσότητας του νιτρικού καλίου που απαιτούνταν, τη νιτρική αμμωνία και το χηλικό σίδηρο. Το δεύτερο δοχείο (Β) περιείχε το θειικό μαγνήσιο, το υπόλοιπο νιτρικό κάλιο, το θειικό κάλιο, το φωσφορικό μονοκάλιο και τα ιχνοστοιχεία. Και το τρίτο δοχείο (Γ) περιείχε το νιτρικό οξύ που ήταν απαραίτητο για την διόρθωση του pH.

Η ανάμιξη και αραίωση των πυκνών διαλυμάτων με το νερό γίνονταν σε όλες τις επεμβάσεις μέσω της κεφαλής του συστήματος επίπλευσης. Ωστόσο, το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με φορητά όργανα (pHμετρο και αγωγιμόμετρο), για να διασφαλιστεί ότι βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

4.5 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

A) Μέση θερμοκρασία αέρα μέσα στο θερμοκήπιο:

20-31 ΜΑΪΟΥ 2008

min θ: 17,6°C

max θ: 31,6°C

1-10 ΙΟΥΝΙΟΥ 2008

min θ: 15,9°C

max θ: 25,5°C

B) Μέση θερμοκρασία θρεπτικού διαλύματος στο σύστημα επίπλευσης:

27-30°C

4.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

Για την συλλογή και λήψη μετρήσεων στην διεκπεραίωση του πειράματος πραγματοποιήθηκαν δυο συγκομιδές. Η πρώτη συγκομιδή έγινε στις 10/06/08 και για τις δυο ποικιλίες σε όλα τα υποστρώματα, δηλαδή 20 ημέρες μετά την μεταφύτευση των φυτών στην οριστική τους θέση και η δεύτερη συγκομιδή έγινε στις 24/06/08 δηλαδή 34 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

Μετά τη συγκομιδή ελήφθησαν μετρήσεις που αφορούσαν:

- α) Το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος.
- β) Το μήκος του βλαστού.
- γ) Τον συνολικό αριθμό φύλλων ανα φυτό.
- δ) Την περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό.
- ε) Τον αριθμό των φυλλων με συμπτώματα (ένταση ασθένειας).
- στ) Την συγκέντρωση των μακροστοιχείων (N, P, K, Mg, Ca)

Όλες οι μετρήσεις που αφορούσαν βάρος έγιναν με ζυγούς ακριβείας ενώ οι μετρήσεις που αφορούσαν μήκος έγιναν με την βοήθεια υποδεκάμετρου.

Ο έλεγχος του διαλύματος απορροής, μέσω του υπολογισμού του pH και της αγωγιμότητας, γινόταν ανά εβδομάδα ώστε να εξεταστεί ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά.

Η συλλογή των φυτών άρχιζε νωρίς το πρωί. Τα φυτά στον πετροβάμβακα κόβονταν με μαχαίρι στο σημείο επαφής τους με το υπόστρωμα αφήνοντας το ριζικό σύστημα μέσα στο υπόστρωμα. Τα φυτά στον περλίτη συγκομίζονταν ολόκληρα μαζί με το ριζικό τους σύστημα, ομοίως και στο σύστημα επίπλευσης (Εικ. 4.5).

Στη συνέχεια τα δείγματα ξεπλένονταν καλά με άφθονο νερό, γίνονταν διαχωρισμός των φύλλων, του βλαστού και της ρίζας και αφού παίρνονταν οι

απαραίτητες μετρήσεις (νωπού βάρους, μήκος στελέχους κ.λπ.), τοποθετούνταν σε θάλαμο ξήρανσης. Η διάρκεια παραμονής τους στο ξηραντήριο ήταν μέχρι σταθεροποίησης του ξηρού τους βάρους (με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις).

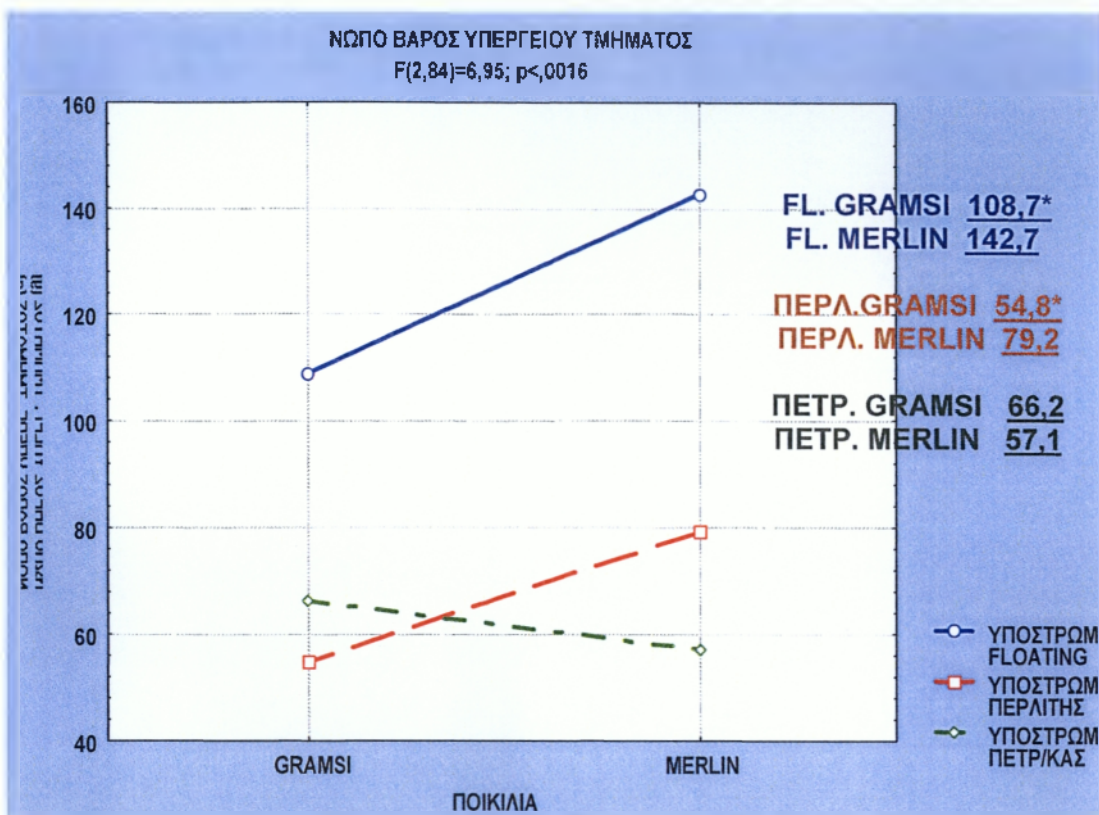
Το πείραμα ακολούθησε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) για την ανάλυση της παραλλακτικότητας και την σύγκριση των μέσων όρων. Η ανάλυση έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα *statistica*.



Εικ. 4.5: Συγκομιδή των μαρουλιών από το σύστημα επίπλευσης (floating).

5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

5.1 ΑΥΞΗΣΗ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ



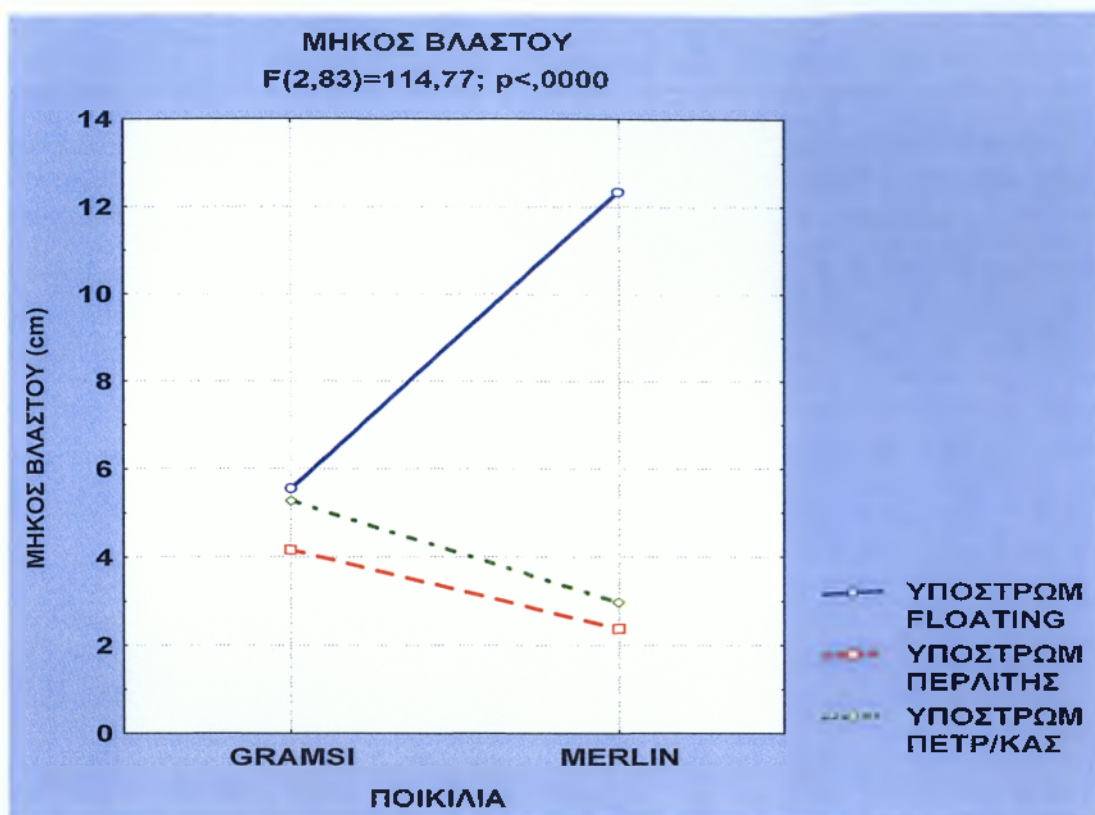
Διάγραμμα 5.1: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην αύξηση του υπέργειου τμήματος των φυτών.

Μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας, ελήφθησαν μετρήσεις που αφορούσαν την αύξηση του υπέργειου τμήματος των μαρουλιών. Οι παρατηρήσεις που ελήφθησαν έγιναν με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της ποικιλίας αλλά και του υποστρώματος στην αύξηση του νωπού βάρους σε (g) του υπέργειου μέρους.

Από το παραπάνω διάγραμμα 5.1, όσον αφορά στην επίδραση της ποικιλίας, φαίνεται ότι κατά μέσο όρο η Merlin σημείωσε την μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με τη Gramsi και στα τρία είδη υποστρωμάτων. Όσον αφορά στην επίδραση του υποστρώματος, η μεγαλύτερη αύξηση σημειώθηκε στο floating, έναντι των περλίτη και πετροβάμβακα.

Επίσης, αυτό που παρατηρείται είναι ότι ενώ στο floating και στον περλίτη η Gramsi σημείωσε χαμηλότερη αύξηση έναντι της Merlin, στον πετροβάμβακα παρατηρείται το αντίθετο, η Gramsi ήταν αυτή που σημείωσε την υψηλότερη αύξηση έναντι της Merlin.

5.2 ΜΗΚΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ



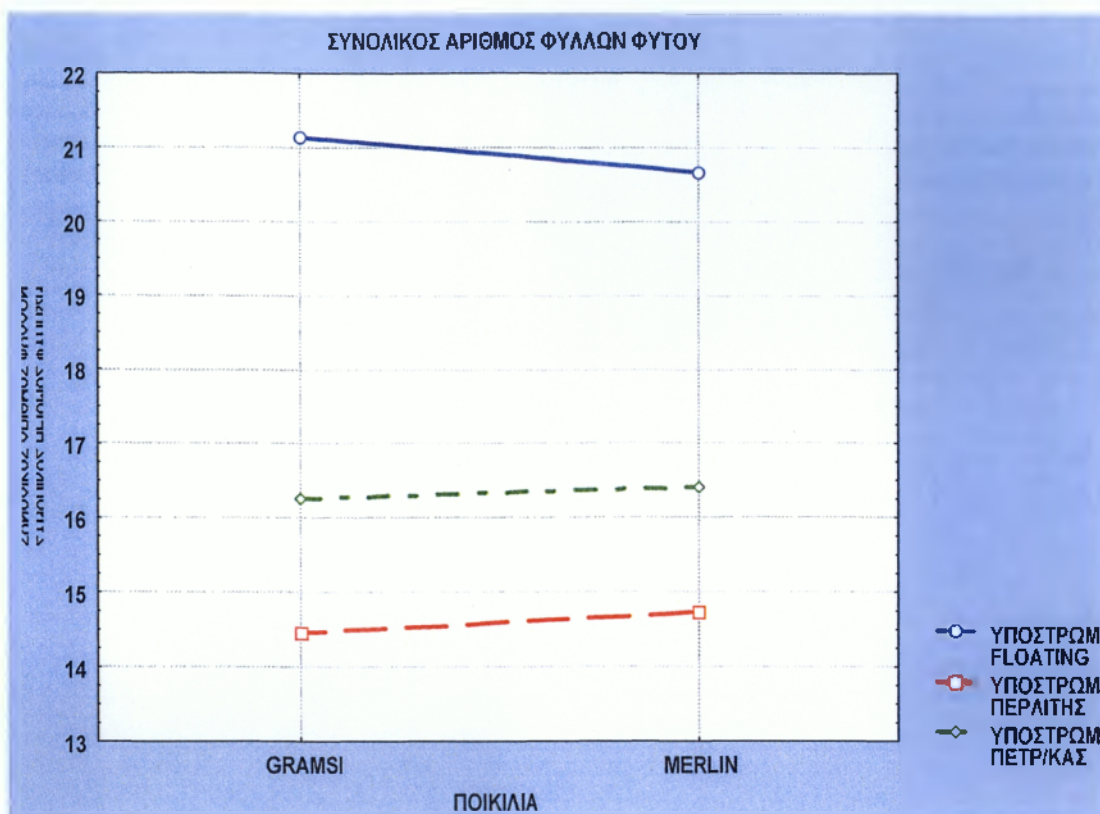
Διάγραμμα 5.2: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην επιμήκυνση σε (cm) του βλαστού των φυτών.

Το διάγραμμα 5.2 πληροφορεί πως, από τις μετρήσεις του μήκους σε (cm) των βλαστών των φυτών, ραγδαία αύξηση στην επιμήκυνσή τους παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα floating. Η αύξηση αυτή εκτοξεύθηκε σε υψηλό ποσοστό στην ποικιλία Merlin συγκρινόμενη με το αντίστοιχο ποσοστό της ποικιλίας Gramsi.

Στα υπόλοιπα δύο υποστρώματα, περγλίτη και πετροβάμβακα, η επιμήκυνση του βλαστού δεν σημείωσε τόσο θεαματικά αποτελέσματα ανάμεσα στις δύο ποικιλίες.

Μεταξύ των ποικιλιών αυτό που παρατηρείται είναι ότι στην ποικιλία Gramsi τα φυτά σημείωσαν την ίδια περίπου αύξηση στο ύψος τους με μικρές διαφορές ανάμεσά τους και στα τρία υποστρώματα. Σε αντίθεση με την Merlin όπου τα φυτά στο floating “ξεβλάστωσαν” λόγω της μεγάλης επιμήκυνσης του βλαστού τους ενώ στον περγλίτη και στον πετροβάμβακα τα φυτά σημείωσαν το χαμηλότερο ύψος.

5.3 ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΑΝΑ ΦΥΤΟ



Διάγραμμα 5.3: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό.

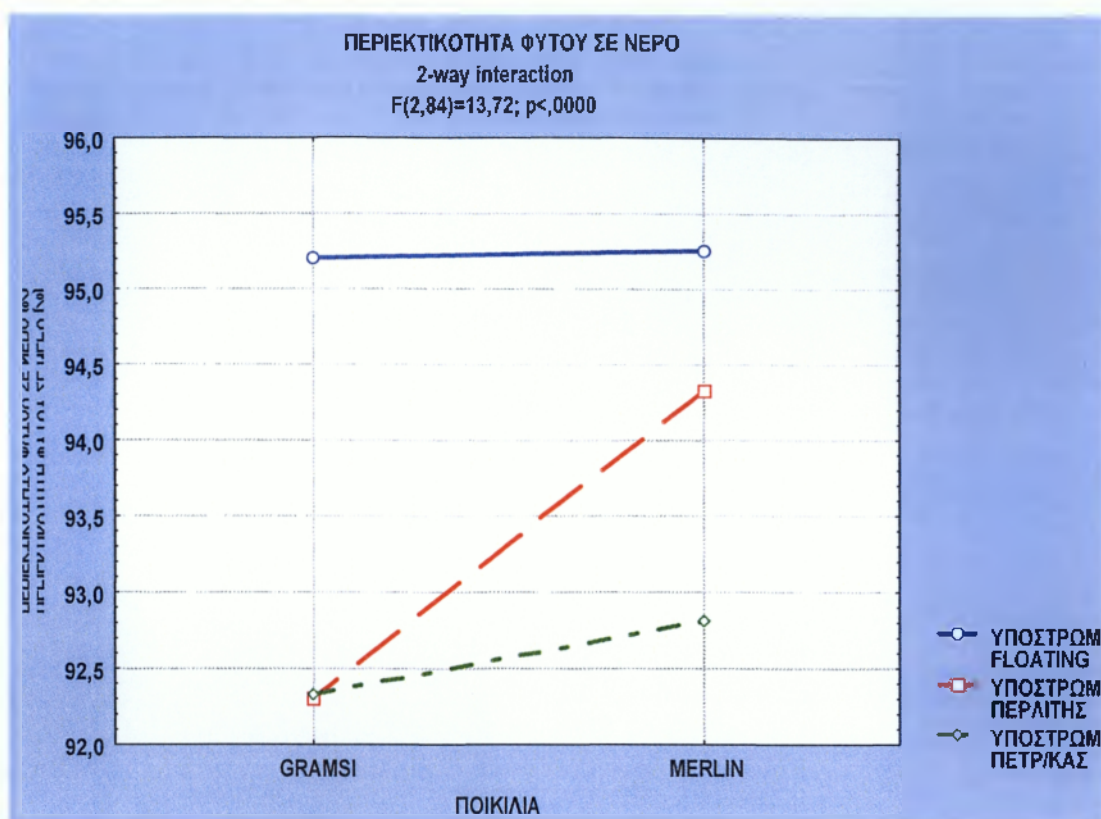
Στο διάγραμμα 5.3 φαίνεται ότι ο συνολικός αριθμός των φύλλων ανά φυτό ήταν διαφορετικός για το κάθε υποστρώμα. Στον περλίτη, σημειώθηκε το χαμηλότερο ποσοστό στον αριθμό των φύλλων αλλά και μεταξύ των ποικιλιών το ποσοστό αυτό δεν διέφερε σημαντικά.

Στον πετροβάμβακα, το ποσοστό στον αριθμό των φύλλων εμφανίστηκε ελαφρώς υψηλότερο από του περλίτη αλλά όπως και προηγουμένως μεταξύ των ποικιλιών η διαφορά δεν ήταν αρκετά σημαντική.

Στο floating, το ποσοστό αυτό εμφανίστηκε σημαντικά υψηλότερο από τα άλλα δύο υποστρώματα χωρίς όμως να υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών.

Αυτό όμως που παρατηρείται είναι ότι στον περλίτη και στον πετροβάμβακα η Gramsi είχε χαμηλότερη αύξηση στον αριθμό των φύλλων ανα φυτό έναντι της Merlin. Αντιθέτως, στο floating η Gramsi είχε μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των φύλλων έναντι της Merlin.

5.4 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ



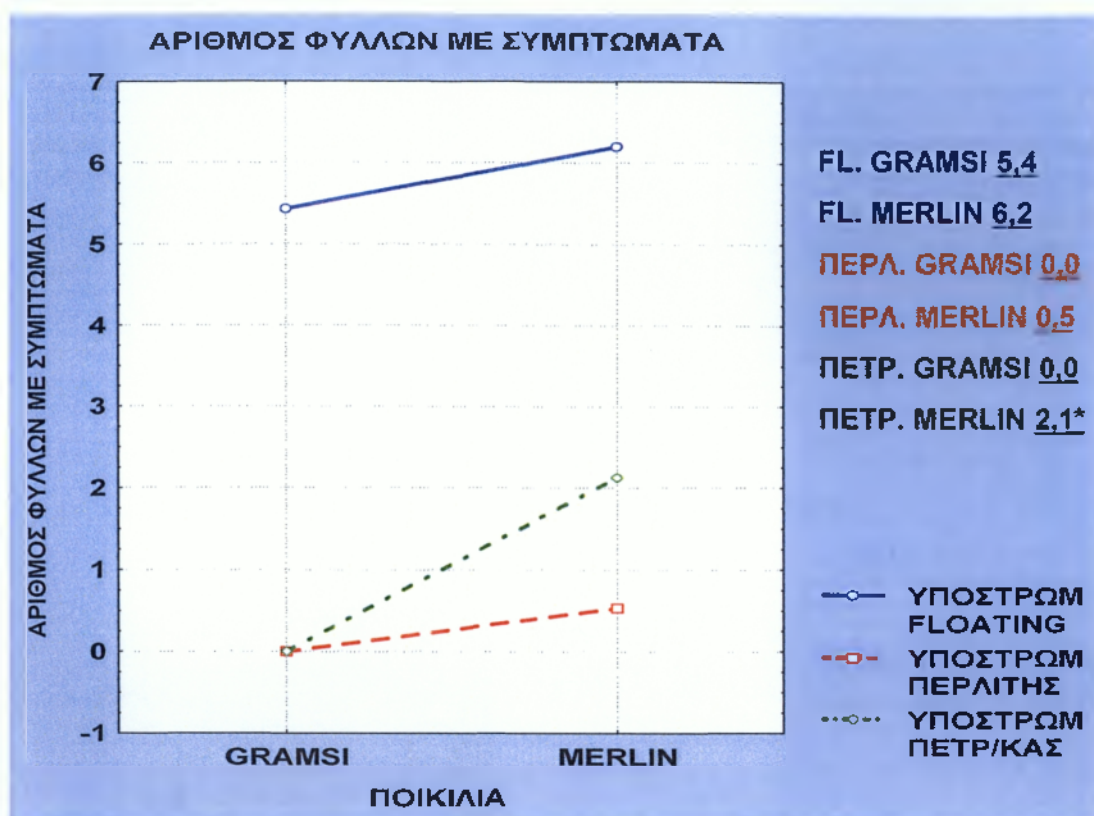
Διάγραμμα 5.4: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων του φυτού σε νερό.

Από το διάγραμμα 5.4 διακρίνεται πως η περιεκτικότητα (%) των φυτών σε νερό για την ποικιλία Gramsi στα υποστρώματα του περλίτη και του πετροβάμβακα κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα σε αντίθεση με την ποικιλία Merlin όπου τα επίπεδα της περιεκτικότητας σε νερό στα δύο αυτά υποστρώματα ήταν εμφανώς υψηλότερα.

Στην προκειμένη περίπτωση, η υδατοπερατότητα της Gramsi δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο υποστρωμάτων του περλίτη και του πετροβάμβακα ενώ αντίθετα η Merlin παρουσίασε σημαντική αύξηση στην υδατοπερατότητα στον περλίτη.

Ωστόσο, στο floating τόσο η Gramsi όσο και η Merlin παρουσίασαν σημαντική αύξηση στην υδατοπερατότητα, έτσι που το ποσοστό της περιεκτικότητας των φυτών σε νερό ήταν υψηλότερο από τα άλλα δύο υποστρώματα.

5.5 ΕΝΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΑΣ



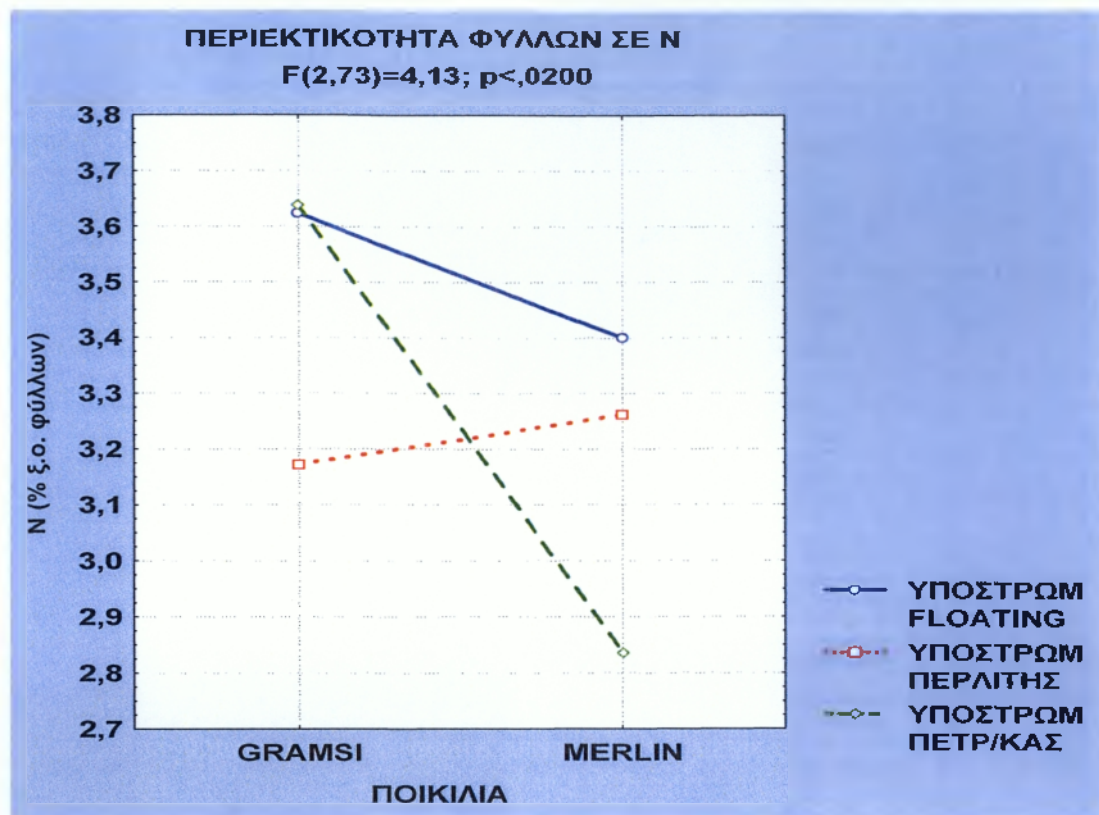
Διάγραμμα 5.5: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην ένταση της ασθένειας.

Στο διάγραμμα 5.5 παρατηρείται ότι η ποικιλία Gramsi τόσο στον περλίτη όσο και στον πετροβάμβακα δεν εμφάνισε συμπτώματα της ασθένειας με αποτέλεσμα μηδενικό αριθμό προσβεβλημένων φύλλων, αντίθετα με το floating όπου η ασθένεια εμφανίστηκε πιο έντονα με αρκετά σημαντικό ποσοστό προσβολής. Από την άλλη πλευρά όμως, η ποικιλία Merlin εμφάνισε συμπτώματα της ασθένειας και στα τρία είδη υποστρωμάτων, με μεγαλύτερη έξαρση στο floating.

Αναφορικά με τις ποικιλίες, η Merlin ήταν αυτή που σημείωσε την μεγαλύτερη ευπάθεια στην ένταση της ασθένειας εφόσον παρατηρήθηκαν προσβεβλημένα φυτά και στα τρία είδη υποστρωμάτων σε αντίθεση με την Gramsi όπου προσβεβλημένα φυτά παρατηρήθηκαν μόνο στο floating.

Αναφέροντας, τέλος, και τα υποστρώματα γίνεται αντιληπτό ότι μεγαλύτερη ευπάθεια των φυτών παρουσιάστηκε στο floating σε σχέση με τον περλίτη και τον πετροβάμβακα.

5.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ N



Διάγραμμα 5.6: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε N.

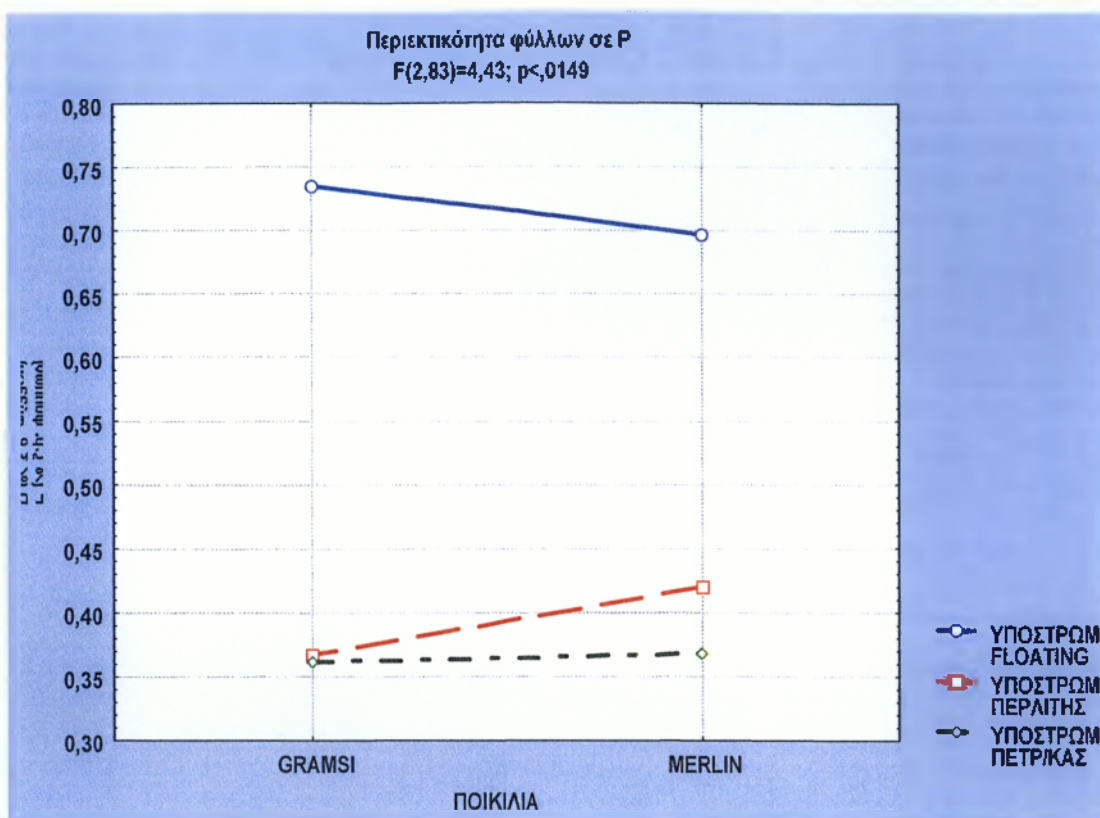
Από το παραπάνω διάγραμμα 5.6 φαίνεται ότι η ποικιλία Gramsi σημείωσε υψηλό επίπεδο N στο floating αλλά και στον πετροβάμβακα και το χαμηλότερο επίπεδο στον περλίτη. Ενώ η ποικιλία Merlin σημείωσε υψηλό επίπεδο N στο floating, ενδιάμεσο στον περλίτη και το μικρότερο επίπεδο στον πετροβάμβακα.

Εν γένει, στο floating σημειώθηκε υψηλότερη συγκέντρωση N σε σχέση με τα άλλα δύο υποστρώματα.

Μεταξύ δε των ποικιλιών, η Gramsi σημείωσε αυξημένη συγκέντρωση N σε σχέση με την Merlin.

Όμως αυτό που πρέπει να προσεχτεί είναι το υπόστρωμα του πετροβάμβακα στο οποίο σημειώθηκε και η μεγαλύτερη διαφορά στη συγκέντρωση του N ανάμεσα στις δύο ποικιλίες.

5.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ P



Διάγραμμα 5.7: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε P.

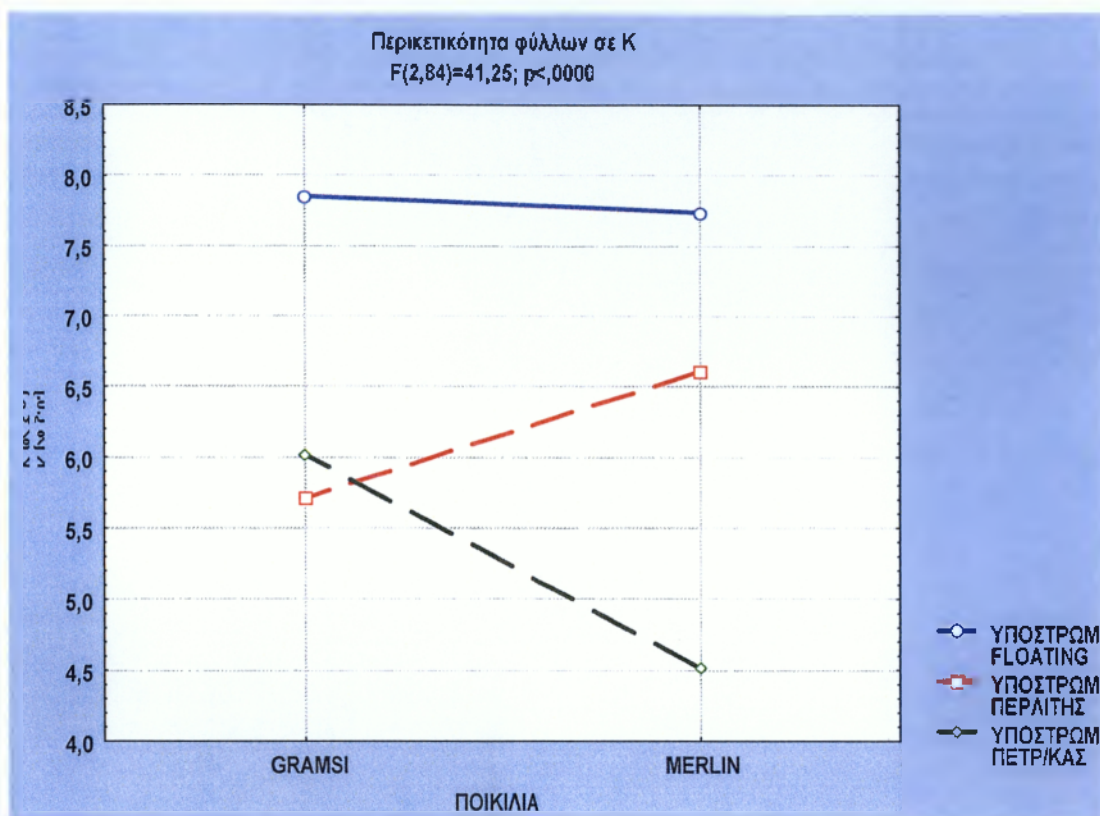
Στο παραπάνω διάγραμμα 5.7 παρατηρείται ότι τα επίπεδα περιεκτικότητας σε P για την ποικιλία Gramsi στα υποστρώματα του περλίτη και του πετροβάμβακα κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια πλαίσια με ελάχιστη διαφορά μεταξύ τους. Σε αντίθεση με το floating όπου τα επίπεδα της περιεκτικότητας σε P ήταν εμφανώς υψηλότερα.

Για την ποικιλία Merlin η περιεκτικότητα των φύλλων σε P κυμάνθηκε και στα τρία είδη υποστρωμάτων σε διαφορετικά επίπεδα. Το χαμηλότερο ποσοστό εμφανίστηκε στον πετροβάμβακα, αμέσως μετά και λίγο υψηλότερο ποσοστό περιεκτικότητας σε P εμφανίστηκε στον περλίτη ενώ το υψηλότερο ποσοστό παρουσιάστηκε στο floating.

Αυτό που πρέπει να σημειωθεί εδώ είναι το γεγονός ότι στο floating σημειώθηκε το υψηλότερο ποσοστό της περιεκτικότητας των φύλλων σε P έναντι των δύο άλλων υποστρωμάτων.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι το ποσοστό της περιεκτικότητας των φύλλων σε P στον πετροβάμβακα είναι το ίδιο και στις δύο ποικιλίες.

5.8 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Κ



Διάγραμμα 5.8: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε Κ.

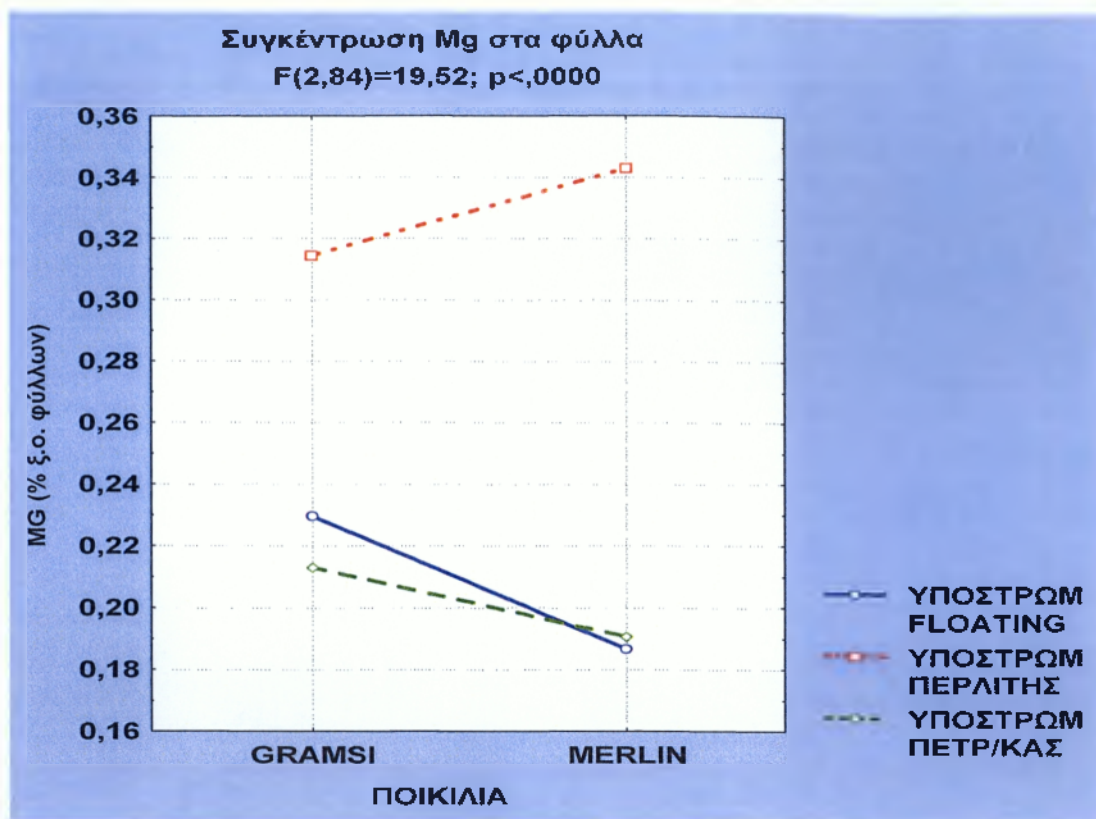
Στο διάγραμμα 5.8 όσον αφορά την επίδραση του υποστρώματος στην περιεκτικότητα των φύλλων σε Κ, είναι αντιληπτό ότι στο floating σημειώθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό. Στα υπόλοιπα δύο υποστρώματα, του περλίτη και του πετροβάμβακα, το ποσοστό αυτό εμφανίστηκε πιο χαμηλό το οποίο όμως διαφοροποιήθηκε σημαντικά για τις δύο ποικιλίες.

Όσον αφορά την επίδραση των ποικιλιών στην περιεκτικότητα των φύλλων σε Κ, η ποικιλία Gramsi σημείωσε υψηλότερο ποσοστό σε σχέση με την ποικιλία Merlin.

Στην ποικιλία Gramsi χαμηλότερο ποσοστό περιεκτικότητας σε Κ παρατηρήθηκε στον περλίτη ενώ υψηλότερο αλλά όχι αρκετά εμφανίστηκε στον πετροβάμβακα. Αντιθέτως, στη ποικιλία Merlin χαμηλότερο επίπεδο περιεκτικότητας σε Κ εμφανίστηκε στον πετροβάμβακα ενώ υψηλότερο παρατηρήθηκε στον περλίτη, τα οποία όμως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Και στις δύο ποικιλίες η περιεκτικότητα σε Κ ήταν σαφώς πιο υψηλή στο floating.

5.9 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Mg



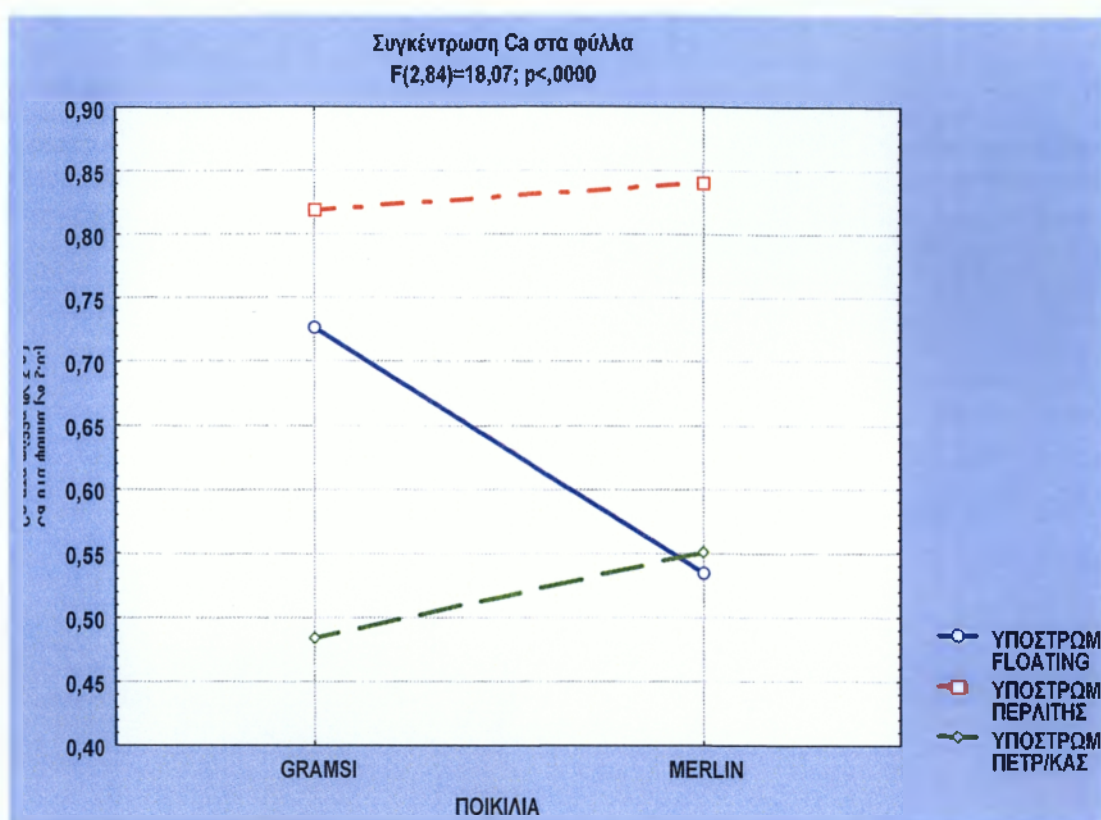
Διάγραμμα 5.9: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην συγκέντρωση (%) Mg στα φύλλα.

Από το παραπάνω διάγραμμα 5.9 φαίνεται ότι στο υπόστρωμα του περλίτη η συγκέντρωση Mg στα φύλλα τόσο στην ποικιλία Gramsi όσο και στην ποικιλία Merlin κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα σε αντίθεση με τα άλλα δύο υποστρώματα, floating και πετροβάμβακας, όπου οι συγκεντρώσεις Mg και των δύο ποικιλιών κυμάνθηκαν σε κατά πολύ χαμηλότερα επίπεδα.

Το χαμηλότερο επίπεδο συγκέντρωσης Mg σημειώθηκε στο floating στην ποικιλία Merlin αλλά με πολύ μικρή διαφορά από τον πετροβάμβακα στον οποίο σημειώθηκε εξίσου χαμηλή περιεκτικότητα Mg. Όμως, στην ποικιλία Gramsi, το υπόστρωμα του πετροβάμβακα ήταν αυτό που σημείωσε το μικρότερο επίπεδο συγκέντρωσης Mg έναντι του floating που σε αυτήν την περίπτωση υπήρχε αρκετή διαφορά μεταξύ των δύο.

Συσχετίζοντας τις δύο ποικιλίες, η Gramsi ήταν η ποικιλία στην οποία σημειώθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση Mg στα φύλλα των φυτών.

5.10 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Ca



Διάγραμμα 5.10: Επίδραση της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην συγκέντρωση (%) Ca στα φύλλα.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 5.10 στις συγκεντρώσεις Ca και στα τρία υποστρώματα φαίνεται πως υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Στον περλίτη παρατηρήθηκε το υψηλότερο ποσοστό στην συγκέντρωση Ca στα φύλλα των φυτών, αλλά τόσο στην ποικιλία Gramsi όσο και στην ποικιλία Merlin, δεν υπήρξε μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών.

Στον πετροβάμβακα το ποσοστό αυτό ήταν σαφώς μικρότερο. Στις ποικιλίες παρατηρήθηκαν διαφορές στις συγκεντρώσεις, με την ελάχιστη τιμή να σημειώνεται στην ποικιλία Gramsi.

Τέλος, στο floating η ποικιλία Merlin ήταν εκείνη που εμφάνισε το χαμηλότερο επίπεδο Ca. Επιπλέον, ήταν και το υπόστρωμα το οποίο εμφάνισε και τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο ποικιλίες.

Όσον αφορά τις ποικιλίες, η Gramsi σημείωσε την μικρότερη συγκέντρωση Ca στον πετροβάμβακα και η Merlin στο floating, και οι δύο μαζί όμως σημείωσαν την υψηλότερη συγκέντρωση στον περλίτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας ελήφθησαν μετρήσεις με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης της ποικιλίας και του υποστρώματος ανάπτυξης στην ένταση της φυσιολογικής πάθησης «περιφερειακή νέκρωση των φύλλων» (tipburn). Στα πλαίσια αυτών των απαιτήσεων αναπτύχθηκαν σε υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο φυτά μαρουλιού δύο εαρινών ποικιλιών Gramsi και Merlin, τα οποία είχαν εγκατασταθεί σε δύο στερεά υποστρώματα (περλίτη και πετροβάμβακα) και σε υδατοκαλλιέργεια (DFT ή floating).

Είκοσι ημέρες από τη μεταφύτευση και εφ' όσον είχαν εμφανιστεί τα συμπτώματα της πάθησης καταγράφηκαν το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος, το μήκος του βλαστού, ο συνολικός αριθμός φύλλων ανα φυτό καθώς και ο αριθμός των φύλλων με συμπτώματα. Επίσης, υπολογίστηκαν η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό και η συγκέντρωση του υπέργειου τμήματος των φυτών σε μακροστοιχεία.

Όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα τη κύριας επίδρασης του υποστρώματος βρέθηκε ότι στο σύστημα βαθιάς επίπλευσης (DFT) το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών ήταν σημαντικά μεγαλύτερο συγκριτικά με τον περλίτη και τον πετροβάμβακα. Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στον συνολικό αριθμό των φύλλων ανα φυτό καθώς επίσης και σημαντική αύξηση στην περιεκτικότητα των φυτών σε νερό. Η υδατοπερατότητα δηλαδή των φυτών στο σύστημα DFT ήταν σημαντικά μεγαλύτερη έναντι των άλλων υποστρωμάτων. Το γεγονός αυτό σημαίνει πως το σύστημα βαθιάς επίπλευσης δίνει τη δυνατότητα αύξησης και πρωίμισης της παραγωγής σε σχέση με τα στερεά υποστρώματα που εμφάνισαν καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών.

Παράλληλα, όμως στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο σύστημα επίπλευσης παρατηρήθηκε και αύξηση της επιμήκυνσης του βλαστού, γεγονός που προάγει το ξεβλάστωμα το οποίο είναι αρνητικό εμπορικό χαρακτηριστικό. Ωστόσο, η ταχεία αύξηση του υπέργειου μέρους εξηγεί το φαινόμενο της ταχείας αύξησης της επιμήκυνσης του βλαστού, το οποίο είναι ανεπιθύμητο.

Από την άλλη πλευρά, όσον αφορά στην κύρια επίδραση της ποικιλίας, η Merlin σημείωσε τη μεγαλύτερη αύξηση. Παρουσίασε μεγαλύτερο βάρος υπέργειου τμήματος από τη Gramsi, η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό ήταν σαφώς υψηλότερη και εμφάνισε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ανα φυτό, στοιχεία που παραπέμπουν στο ότι είναι καταλληλότερη ποικιλία για καλλιέργεια υδροπονικά σε σχέση με τη Gramsi εφόσον είναι συντομότερος ο χρόνος διάθεσής της στην αγορά και επομένως πιο εμπορεύσιμη. Ωστόσο, λόγω της γρήγορης αύξησης, τα φυτά

ξεβλάστωσαν, σημειώνοντας μεγαλύτερο μήκος βλαστού γεγονός που τα υποβιβάζει ποιοτικά.

Αναφορικά με το ζητούμενο, την ένταση της ασθένειας, στο σύστημα DFT παρατηρήθηκε σημαντικά μεγαλύτερη ευπάθεια των φυτών στην περιφερειακή νέκρωση των φύλλων (tipburn) μετρούμενη μέσω του αριθμού των φύλλων με συμπτώματα. Τα φυτά παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φύλλων με συμπτώματα και σημαντικά μικρότερη συγκέντρωση Ca και Mg. Η σημαντικά μικρότερη συγκέντρωση Ca (στοιχείο το οποίο εμπλέκεται στην εκδήλωση της πάθησης) και Mg, στα φύλλα των φυτών του συστήματος DFT πιθανόν να εξηγούν την αύξηση της εκδήλωσης των συμπτωμάτων.

Αυτό γίνεται αντιληπτό παρατηρώντας τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων Ca και Mg. Τα επίπεδα συγκέντρωσης των δύο αυτών στοιχείων όπου εμφανίστηκαν μειωμένα, παρατηρήθηκε έξαρση της ασθένειας, κυρίως στο σύστημα DFT. Το γεγονός σχετίζεται και με τη συγκέντρωση N. Το N προάγει την ταχεία ανάπτυξη των φυτών. Όπου παρατηρήθηκε υψηλή περιεκτικότητα των φύλλων σε N, τα φυτά είχαν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε Ca με αποτέλεσμα την κακή κατανομή αλλά και τη μείωση της συγκέντρωσης του Ca στην περιφέρεια των φύλλων και επομένως την ευπάθεια των φυτών στην ασθένεια. Το ασβέστιο θεωρείται ρυθμιστικός παράγοντας σε πολλές φυσιολογικές (αναπνοή) και βιοχημικές λειτουργίες του φυτού συνεπώς κάθε παράγοντας που επηρεάζει αυτές τις λειτουργίες επηρεάζει και το ρόλο του ασβεστίου.

Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις K και P βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερες. Το K συμβάλλει στη μεταφορά των συντιθέμενων υδατανθράκων από τα φύλλα. Με την κανονική εξασφάλισή του συμβάλλει στο να αντέχουν τα φυτά την ξηρασία. Επάρκεια K σημαίνει κανονική διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης και διευκόλυνση του φυτού στην απορρόφηση νερού ενώ με την έλλειψή του μειώνεται η απόδοση και η ποιότητα. Από την ύπαρξη του P εξαρτάται η διαπερατότητα της μεμβράνης των κυττάρων και συγκεκριμένα της ρίζας για τις διάφορες ουσίες. Ελλείψει του παρατηρείται καθυστέρηση της ανάπτυξης των φυτών.

Σχετικά και με τα άλλα δύο υποστρώματα, αντίθετα αποτελέσματα εμφάνισε ο περλίτης στον οποίο αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρατηρήθηκε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Ca και Mg με αποτέλεσμα τη μη εμφάνιση της ασθένειας.

Όσον αφορά την επίδραση των ποικιλιών η Merlin εμφάνισε μικρότερες συγκεντρώσεις K, Ca και Mg με αποτέλεσμα μεγαλύτερο αριθμό φύλλων με συμπτώματα και άρα μεγαλύτερη ευπάθεια των φυτών στην περιφερειακή νέκρωση των φύλλων (tipburn). Το Mg αποτελεί βασικό στοιχείο της χλωροφύλλης και χωρίς

αυτό, αυτή δεν δημιουργείται. Η κανονική εξασφάλισή του αυξάνει τη σοδειά των φυτών και βελτιώνει την ποιότητά τους.

Τέλος, στο σύστημα DFT η θερμοκρασία στο περιβάλλον της ρίζας ήταν υψηλότερη από ότι στα στερεά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν, λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας του νερού. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα των ριζών, την αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ και μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου O₂ καθώς και τη μείωση της πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Η διατήρηση της θερμοκρασίας το θρεπτικού διαλύματος σε ικανοποιητικά επίπεδα είναι σημαντικός παράγοντας της σωστής ανάπτυξης των φυτών. Κατά τη θερινή περίοδο, καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει, αυξάνεται η αναπνοή των φυτών λόγω των μεγαλύτερων απαιτήσεων σε οξυγόνο. Ταυτόχρονα, μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου.

Συμπερασματικά, το σύστημα DFT παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα κατά την καλοκαιρινή περίοδο άλλα πλεονεκτεί το χειμώνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albright, L.D., 1997. Controlled Environment Agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook/Lettuce%20Main.htm.
- Benoit, F., 1974. Short-day treatment of very early autumn head lettuce under glass. *Tuinbouwberichten, Belgium*, 38:297-299.
- Benoit, F. and Geustermans. 1975. Short-day treatment of very early autumn head lettuce under glass. *Tuinbouwberichten, Belgium*, 39:305-307.
- Bert, J.S. and S. Honma. 1975. Effect of soil moisture and irrigation method on tipburn and edgeburnseverity in greenhouse lettuce. *Jour. Amer. Soc. Hort. Science*, 100:278-282.
- Boodley, J.W. and Sheldruke R., 1972. Cornell Peat-Life. Mixes for commercial plant growing. New York State College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University, Plant Sciences Information Bulletin 43: 8.
- Γεωργακίλας, Γ., 2007. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv Paris Island και Great Lakes σε υπαίθρια υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Γκριλλας, Ε., Υδροπονικές Καλλιέργειες. (Υδροπονικές καλλιέργειες σε Perliflor Hydro). Ετήσια έκδοση. Εκδόσεις Ζευσ Α.Ε.
- Ciufolini, C., 1986. Λαχανοκομία Κηπευτική Γενική και Ειδική. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.
- Δημητράκης, Κ.Γ., 1973. Λαχανοκομία. Έκδοσις Β'. Εκδόσεις «Ανθοκηπουρικής Ε.Π.Ε.», Αθήνα, σελ. 227-23.
- Δημητράκης, Κ.Γ., 1987. Πραχτική Λαχανοκομία. Τρίτη Έκδοση. Εκδόσεις Ανθοκηπουρική-Αργυράκη ΑΕ, Αθήνα, σελ. 132-135.
- Δημητράκης, Κ.Γ., 1998. Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος ΑΕ, Αθήνα, σελ. 304-316.
- FAO, 1998. Production Yearbook. Agricultural Statistics. FAO, Rome, Vol.52.
- Genders, R., 1986. Καλλιεργήστε τα λαχανικά σας. Εκδοτικές Επιχειρήσεις Π. Κουτσουμπός Α.Ε, Αθήνα, σελ. 80-84.
- Grower Guide, N^o 21. 1983. Lettuce Under Glass. Grower Books, London. pp. 105.
- Hanan, J.J., C.M. Olympios and C. Pittas. 1979. Observations on temperatures, humidity and light in polyethylene-covered greenhouses. *Colorado Flower Growers' Assosiation Bulletin*, 351:1-3.
- Howard, F.D., J.H MacGillivray and M. Yamaguchi. 1962. Nutrient composition of fresh California-grown vegetables. Bull No 788. Calif. Agric. Exp. Sta. Univ. of California, Berkley.

- Howard, M. and Resh Ph. D., 1995. Hydroponic Food Production. Edition Woodridge, London, pp. 193-210, 304-322, 471-474.
- Jensen, M.H., 1980. Tomorrow's agriculture today. *American Vegetable Grower* 28, 3: 16-19, 62, 63.
- Καββαδάς, Δ.Σ. 1956. Βοτανικόν-Φυτοτολογικόν Λεξικόν. Εκδόσεις Πήγασος, Αθήνα, Τόμος Ε': 2262-2265.
- Κανάκης, Α., 1998. Λαχανοκομία IV. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Κανάκης, Α., 2004. Μαθήματα Λαχανοκομίας II. Θερμοκηπιακή Καλλιέργεια τομάτας-πιπεριάς-μελιτζάνας-μαρουλιού-φασολιού. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα, σελ. 318-389.
- Καραμπέτσος, Ι., 2001. Φυσιολογία φυτών. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Κατσάνος, Χ.Δ., 1997. Όσα διστάζετε να ρωτήσετε. ΛΙΠΑΝΣΗ –ΘΡΕΨΗ '97. Ετήσια έκδοση. Δεκέμβριος 1996. Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία.
- Κουσούρη, Ε., 2004. Υδροπονική Καλλιέργεια Μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Κώτσιρας, Α., 2006. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Σημειώσεις Εργαστηρίου Λαχανοκομίας IV. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Κώτσιρας, Α., 2009. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος Λαχανοκομία IV. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Μαλούπα, Ε., 1995. Τα υποκατάστατα εδάφους και η εφαρμογή τους σε υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών υπό κάλυψη. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών 4: 41-54.
- Μανιός, Β., 1993. Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός, Β., 1994. Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός, Β. και Κεφάκη Μ., 1995. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 10-16.
- Μαρσέλος, Σ., 1984. ΚΗΠΟΥΡΙΚΗ ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ. Πρακτική εγκυκλοπαίδεια για λουλούδια-φυτά-δέντρα-λαχανικά. Εκδόσεις Αλκίων, Αθήνα, σελ. 1905-1908.
- Massantini, F., 1976. Floating hydroponics; A new method of soilless culture. In: Proc. Inter Working Group on Soilless Culture, 4th International Congress on Soilless Culture, Las Palmas, Canary Islands, Spain, 91-98.
- Μαυρογιαννόπουλος, Ν.Γ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς, σελ. 80-111.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Short-Term Leaflet No 45: Carbon Dioxide Enrichment for Lettuce.

- Μοσχόπουλος, Ν., 2007. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv Grand Rapids και White Boston σε υπαίθρια υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Μπακουλούρης, Α., 2007. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv White Boston και Grand Rapids σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Νικολετάκης, Μ., 2008. Η Τεχνική της υδροπονίας και η εφαρμογή της μέσα από διάφορα συστήματα. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Κρήτης.
- Νικολοπούλου, Α., 2002. Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Οικονομάκης, Γ., 2002. Καλλιέργεια φράουλας με το σύστημα NFT. Υδροπονικές καλλιέργειες 1. Εκδόσεις Ζευς, Αθήνα, σελ. 72-74.
- Ολύμπιος, Χ., 2001. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στα Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα: 667-737.
- Παναγόπουλος, Χ.Γ., Ασθένειες Κηπευτικών Καλλιεργειών. Β' Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 228-229, 394.
- Παππάς, Η., 2005. Σχέδιο εκμετάλλευσης τεσσάρων στρεμμάτων αεροπονίας με μαρούλι. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Resh, M.H., 1978. Hydroponic Food Production. 5th edition. Published by woodbridge Press Publishing Company. p:44-46.
- Ryall, L.A. and W.J. Lipton. 1983. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. 2nd ed., Vol.1. Vegetables and Melons. AVI, pp. 587.
- Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία καλλωπιστικών φυτών. ΤΕΙ Ηπείρου. Τμήμα Ανθοκομίας-Αρχιτεκτονικής Τοπίου.
- Σάββας, Δ., 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο. Αθήνα, σελ: 86-114.
- Σάββας, Δ., 2007. Εισαγωγή στις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Σημειώσεις εργαστηρίου. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Siomos, A.S. and Dogras C.C., 1999. Nitrates in vegetables produced in Greece. Journal of Vegetable Crop Production, 5: 3-13.
- Siomos, A.S., 2000. Nitrate levels in lettuce at three times during a diurnal period. Journal of Vegetable Crop production, 6(2):37-42.
- Siomos, A.S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 2001b. Quality and composition of lettuce grown in soil and soilless culture. Acta Horticulturae 548:445-448.
- Soneveld, C. and Straver N., 1994. Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.

- Στεργίου, Β., 2002. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Αθήνα.
- Τζάμος, Ε.Κ., 2007. Φυτοπαθολογία. Β' Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Valenzuela, H., Kratky B. and Cho J., 2003. Lettuce Production Guidelines for Hawaii. www.extento.hawaii.edu/kbase/reports/lettuce_prod.htm.
- Walls, I. G., 1993. The Greenhouse. Edition Wardlock, London, pp. 175-182, 188-202.
- Wilson, G.C.S., 1983. The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticultrae* 150: 19-32
- Wittwer, S.H. and S. Honma, 1979. Greenhouse Tomatoes, Lettuce and Cucumbers. Michigan State University Press, pp. 225.
- Wohanka, W., 2002. Nutrient solution disinfection. In: Savvas, D., and H.C. Passam (Eds). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 345-372.
- Χαντζής, Δ., 2004. Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού στο Νομό Φθιώτιδας. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Χαρίτος, Ν.Κ., 1989. Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. *Γεωργική Τεχνολογία* 4: 10-20.

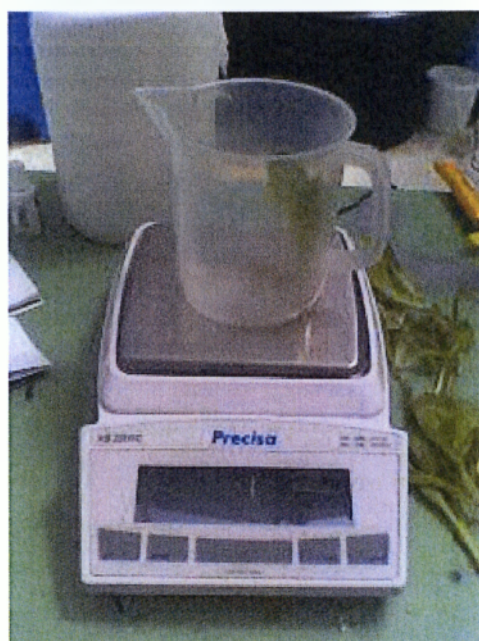
INTERNET:

- [http://www.agric.gov.ab.ca/\\$Department/news/ett.nsf/all/snack15846](http://www.agric.gov.ab.ca/$Department/news/ett.nsf/all/snack15846)
- <http://www.altoscm.eu/gr/products.asp?id=01.01.02&lv=003>
- <http://www.anodosae.com/systems/ηydroponics/substrates.aspx>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Περλίτης>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Πετροβάμβακας>
- <http://www.fytocare.gr/ydroponia.htm>
- <http://www.ingentaconnect.com/content/els/03044238/.../art00153>
- http://smet.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=44&limit...1
- <http://www.loukfarm.gr/hydro.php?jobID=138&lang=gr#whatsnew>
- <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=114248&subid=2&tag=8334&pubid=4078821>
- http://ecosustainablevillage.com/hydroponics_technology.htm
- <http://allhydroponics.blogspot.com/2009/02/hydroponic-floating-system-for-lettuce.html>
- http://www.ehow.com/facts_5855602_information-hydroponic-lettuce-systems.html
- <http://alegre.gr/html/products/hydroponics/hydroponics.html>
- http://smet.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=44

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικ. 1 Σπορόφυτο μαρουλιού στο στάδιο της μεταφύτευσης.



Εικ. 2 Ζύγιση των σπορόφυτων πριν την εγκατάστασή τους.



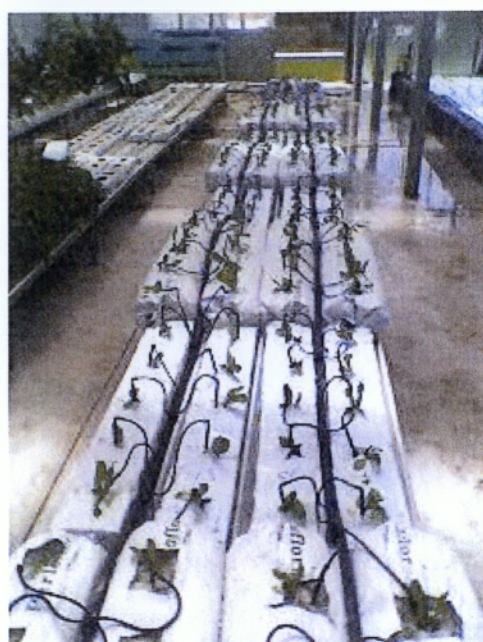
Εικ. 3 Εγκατάσταση μαρουλιών στο σύστημα επίπλευσης.



Εικ. 4 Εγκατάσταση μαρουλιών στον περλίτη.



Εικ.5 Εγκατάσταση μαρουλιών στον πετροβάμβακα.



Εικ. 6 Άποψη των υποστρωμάτων την ημέρα φύτευσης των φυτών.



Εικ. 7, 8 Άποψη των υποστρωμάτων και του συστήματος επίπλευσης 9 μέρες μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας. (29/05/08).



Εικ. 9, 10 Άποψη των υποστρωμάτων και του συστήματος επίπλευσης 15 μέρες μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας. (04/06/08).



Εικ. 11, 12 Άποψη των υποστρωμάτων και του συστήματος επίπλευσης 20 μέρες μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας. (10/06/08).



Εικ. 13 Εμφάνιση του τήρυβη στα φυτά του συστήματος επίπλευσης.



Εικ. 14 Δοχεία αραιών διαλυμάτων.



Εικ. 15, 16 Άποψη του συστήματος επίπλευσης και των υποστρωμάτων όπου διακρίνεται ο τρόπος φύτευσης των μαρουλιών των δύο ποικιλιών εξασφαλίζοντας την παραλλακτικότητα.



Εικ. 17, 18 Αποψη της τεχνικής φύτευσης των υποστρωμάτων αλλά και του συστήματος τροφοδοσίας των φυτών με θρεπτικό διάλυμα.