

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Μ Ε Λ Ε Τ Η

ΘΕΜΑ:

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΟΥΔΙΟΥ εν WHITE BOSTON
και GRAND RAPIDS ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»**

Του σπουδαστή Μπακουλούρη Απόστολου

Καλαμάτα, Απρίλιος 2007

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΘΕΜΑ:

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ cv WHITE BOSTON
και GRAND RAPIDS ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»**

Του σπουδαστή Μπακουλούρη Απόστολου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μανωλοπούλου Ελένη

Καλαμάτα, Απρίλιος 2007

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την υλοποίηση αυτής της μελέτης και την ολοκλήρωση των σπουδών μας στο Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους αυτούς που με βοήθησαν στην επιτυχή περάτωση των υποχρεώσεών μου. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή κ. Α. Κώτσιρα για την αδιάλειπτη καθοδήγηση και τη συνολική συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης καθώς και τον επιστημονικό συνεργάτη κ. Α. Αλεξόπουλο για την καθοδήγηση του σε θέματα λαχανοκομίας και για την βοήθειά του κατά την συγγραφή της παρούσας μελέτης. Τέλος, πολύτιμή ήταν η βοήθεια της καθηγήτριάς μας κα Ε. Μανωλοπούλου και του κ. Κ. Νηφάκου σε θέματα που αφορούσαν την μέτρηση του χρώματος και την μεταφύτευση των φυτών.

Κλείνοντας ευχαριστώ θερμά τόσο για την συνεργασία τους κατά τη διάρκεια του πειράματος όσο και για τη συνολική προσφορά και στήριξή τους, κατά το διάστημα φοίτησής μου τους συναδέλφους εξαιρετικούς ανθρώπους και φίλους Γ. Γεωργακίλα, Ν. Μοσχόπουλο.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους σπουδαστές κ.κ. Γ. Κρεμμυδά, Π. Παναγιωτόπουλο, Ε. Σκουρβουλιανάκη και Π. Τρωγάδη για την πολύτιμη βοήθειά τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ	Σελ.	
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	1
1.2	ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΚΑΤΑΓΩΓΗ	1
1.3	ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	2
1.4	ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	3
1.5	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	4
1.6	ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	6
1.7	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	7
1.8	Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	9
1.8.1	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	9
1.8.2	ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	9
1.8.2.1	ΦΩΣ	9
1.8.2.2	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	10
1.8.3	ΛΙΠΑΝΣΗ	11
1.8.3.1	ΒΑΣΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ	11
1.8.3.2	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ	11
1.8.4	ΑΡΔΕΥΣΗ	12
1.9	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	12
1.10	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	13
1.11	ΕΧΘΡΟΙ & ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	13
1.11.1	ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	13
1.11.1.1	ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ	13
1.11.1.2	ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ	14
1.11.1.3	ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ)	14
1.11.1.4	ΣΚΛΗΡΟΤΙΝΙΑ	14
1.11.1.5	ΩΙΔΙΟ	15
1.11.1.6	ΙΩΣΕΙΣ	15
1.11.2	ΕΧΘΡΟΙ	15
1.11.2.1	ΑΦΙΔΕΣ	15
1.11.2.2	ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ	15

1.11.2.3	ΘΡΙΠΑΣ	15
1.11.2.4	ΚΟΧΛΙΕΣ-ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΑ	15
1.12	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	16
2	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ	17
2.1	ΓΕΝΙΚΑ	17
2.2	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	18
2.3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	
	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	20
2.3.1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	20
2.3.2	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	21
2.4	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	21
2.5	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	22
2.5.1	ΠΕΡΛΙΤΗΣ	23
2.5.2	ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	24
2.5.3	COCO SOIL ή INES ΚΑΡΥΔΑΣ	26
2.5.4	ΑΜΜΟΣ	27
2.5.5	ΑΡΓΙΛΟΣ	27
2.5.6	ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ	27
2.5.7	ΖΕΟΛΙΘΟΙ	28
2.5.8	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	28
2.6	ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	29
2.7	ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	29
2.7.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	31
2.7.1.1	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	31
2.7.1.2	ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ – Ph	31
2.8	ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ	32
3	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ	
	ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	33
3.1	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	33
3.1.1	ΦΩΣ	33
3.1.2	CO ₂	33
3.2	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	
	ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	34
3.3	ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	34

3.4	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ _____	35
3.5	ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ _____	36
3.6	ΣΥΝΤΟΜΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ _____	39
4	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ _____	42
5	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ _____	43
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ _____	43
5.2	ΣΠΟΡΑ _____	43
5.3	ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ _____	44
5.4	ΛΙΠΑΝΣΗ _____	45
5.5	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ _____	47
5.6	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ _____	49
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ _____	52
6.1	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ _____	52
6.2	ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ _____	53
6.3	ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΦΥΤΟΥ _____	54
6.4	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ _____	55
6.5	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ' ____	58
6.6	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ _	61
6.7	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ _	62
6.8	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ _____	63
7	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ _____	64
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ _____	68
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ _____	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Άθροισμα: Σπερματόφυτα

Υποάθροισμα: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Σύνθετα

Υπόταξη: Liguliflorae

Οικογένεια: Compositae

Γένος: *Lactuca*

Είδος: *Sativa*

Συνώνυμα: Μαρούλιον, Λακτούκη, Μαϊούνιον (Βυζάντιο) Θρίδαξ, Σαλάτα.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΚΑΤΑΓΩΓΗ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι θεωρείται ότι προέρχεται είτε από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* είτε από διασταυρώσεις μεταξύ των άγριων ειδών *Lactuca saligna* L. και *Lactuca virosa* L. Οι περιοχές προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται η Ανατολική Μεσόγειος, η Μικρά Ασία, ο Καύκασος, η Περσία και το Τουρκιστάν. Το μαρούλι καλλιεργείτο στην Περσία και ήταν γνωστό από το 4.500 π.Χ. Η διαδεδομένη χρήση του πιστεύεται ότι οφείλεται στις φαρμακευτικές του ιδιότητες.

Το μαρούλι ήταν γνωστό στην αρχαία Ελλάδα με το όνομα <<θρίδαξ>> (Θεόφραστος ἢ Ἡρόδοτος). Μάλιστα η ονομασία του τύπου Κορς θεωρείται ότι προέρχεται από το νησί Κώ.

Το μαρούλι είναι ένα από τα σημαντικότερα λαχανικά που καταναλώνονται νωπά και καλλιεργείται σε χώρες της Κεντρικής και Νότιας Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στη Ν. Ζηλανδία και στην Ιαπωνία.

Το μαρούλι μπορεί να καλλιεργηθεί τόσο στην ύπαθρο όσο και σε θερμοκηπια, κυρίως σε χώρες όπου ο χειμώνας είναι βαρύς και οι χαμηλές θερμοκρασίες δεν ευνοούν την γρήγορη ανάπτυξη των φυτών. Στη χώρα μας η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι δυνατή όλο το χρόνο αλλά το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά γιατί τα φυτά υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών αφενός και της μεγάλης διάρκειας της ημέρας αφετέρου, αναπτύσσουν ανθικό στέλεχος και παρουσιάζουν έντονα πικρή γεύση. Η καλλιέργεια γίνεται

κυρίως υπαίθρια αλλά λόγω της αυξημένης ζήτησης κυρίως γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα, καλλιεργείται και σε θερμοκήπια όπου το φυτό μπορεί να αναπτυχθεί σε συντομότερο χρονικό διάστημα, επιτυγχάνοντας σε πολλές περιπτώσεις υψηλότερη ποιότητα.

Για τους παραπάνω λόγους το μαρούλι καταναλώνεται αποκλειστικά τους ψυχρούς μήνες του έτους αλλά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση στην κατανάλωση μαρουλιού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Τα τελευταία χρόνια λοιπόν πολλοί παραγωγοί καλλιεργούν μαρούλι και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κάτι το οποίο έχει οδηγήσει σε αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων (Δημητράκης 1983).

1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι διπλοειδές και έχει εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων ($2n=18$) ενώ ορισμένα είδη του γένους *Lactuca* έχουν οκτώ ζεύγη χρωμοσωμάτων. Είναι φυτό ποώδες, ετήσιο. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης αναπτύσσεται πολύ κοντός βλαστός στον οποίο φέρονται φύλλα σε πυκνή διάταξη. Τα φύλλα είναι λεία, πλατειά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία. Τα πρώτα φύλλα είναι σχεδόν επίπεδα, ενώ τα επόμενα εμφανίζουν διαφόρου βαθμού κύρτωση. Το χρώμα τους ανάλογα με την ποικιλία και τον τύπο είναι από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο έως κοκκινωπό. Κατά την αναπαραγωγική φάση ο βλαστός αναπτύσσεται καθ' ύψος και φτάνει στα 60-150 cm. Ο ανθοφόρος βλαστός είναι όρθιος, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενος και φέρει πολλά φύλλα. Οι ταξιανθίες εμφανίζονται υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρυ ή φόβη. Είναι φυτό αυτογονιμοποιούμενο με σύνθετα άνθη στα οποία φέρονται 15-25 ανθίδια. Τα ανθίδια έχουν κίτρινο χρώμα με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα, 5 στήμονες και την ωοθήκη (Δημητράκης 1983).

Ο καρπός είναι αχαίνιο, μικρός (μήκους 3-4 mm), επιμήκης, με χρώμα πρασινωπό ή λευκωπό ή γκριζωπό, λείος με 5-6 ραβδώσεις σε κάθε επιφάνεια και φέρει πάππο ο οποίος αποτελείται από λεπτές λευκές τρίχες.

Το ριζικό σύστημα του φυτού είναι πασσαλώδες, αλλά λόγω των συχνών μεταφυτεύσεων που υφίσταται μέχρι να βρεθεί το φυτό στην τελική του θέση στον αγρό ή στο θερμοκήπιο, η κεντρική του ρίζα καταστρέφεται με αποτέλεσμα να σχηματίζεται θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα.

1.4 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στον κοντό βλαστό καθώς και το σχηματισμό ή μη κεφαλής, τα μαρούλια που καλλιεργούνται σήμερα διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (τύπους):

- 1) Κως ή Ρωμάνα (Cos ή Romaine)
- 2) Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead ή Iceberg)
- 3) Λείο κεφαλωτό (Butterhead)
- 4) “Χαλαρό ανοιχτό φύλλωμα” ή σαλάτα (Looseleaf)

Άλλοι τύποι μαρουλιού είναι το Stem ή Asparagus Lettuce που είναι γνωστό ως κινέζικο μαρούλι. Το κινέζικο μαρούλι σχηματίζει ένα επίμηκες, αρκετά παχύ και σαρκώδες ανθικό στέλεχος με τρυφερά φύλλα και καταναλώνεται ωμό ή μαγειρεμένο. Άλλος γνωστός τύπος μαρουλιού, ή ακόμα ποιο σωστά είδος μαρουλιού, είναι το ινδικό μαρούλι *Lactuca indica*, το οποίο καλλιεργείται ως πολυετές και από το οποίο καταναλώνονται τα σαρκώδη φύλλα.

Αναλυτικότερα οι παραπάνω 4 κατηγορίες μαρουλιού που καλλιεργούνται έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

1) Κως ή Ρωμάνα (Cos ή Romaine)

Είναι ο τύπος μαρουλιού που καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και τη Β. Αφρική. Τα φυτά είναι όρθια, σχετικά ψηλά και φέρουν λεπτά, στενά, επιμήκη φύλλα, χρώματος βαθύ πράσινου στο εξωτερικό και ανοιχτού πράσινου στο εσωτερικό. Η κεφαλή που σχηματίζεται είναι μικρή, επιμήκης και όχι ιδιαίτερα σφιχτή, ενώ σε μερικές ποικιλίες τα φύλλα στρέφονται προς τα μέσα και τα εσωτερικά φύλλα σχηματίζουν την κεφαλή. Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Paris Island, White Paris και Dark Green (Nonnecke 1989 Ολύμπιος 2001).

2) Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead ή Iceberg)

Στον τύπο αυτό τα φύλλα είναι φαρδιά, κυματοειδή, κατσαρά με σκληρή υφή, γεγονός που τα καθιστά ανθεκτικά στις μεταφορές και το χρώμα τους κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Είναι πιο όψιμα και ο πιο ευαίσθητα στις υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που συντελεί στο να είναι περιορισμένη η καλλιέργειά τους στην χώρα μας. Αντίθετα αυτός ο τύπος μαρουλιού είναι ευρύτατα διαδεδομένος στις Η.Π.Α και τον Καναδά. Γνωστές ποικιλίες είναι: Salinas, Diamond Head και Great Lakes (Ολύμπιος 2001).

3) Λείο κεφαλωτό (Butterhead)

Στις ποικιλίες αυτού του τύπου μαρουλιού σχηματίζονται σχετικά μικρές και σχεδόν σφαιρικές κεφαλές, ενώ τα φύλλα τους είναι μαλακά, τρυφερά, λεία και το χρώμα τους κυμαίνεται από απαλό έως βαθύ πράσινο. Αυτός ο τύπος μαρουλιού εμφανίζει ιδιαίτερη ευαισθησία στους μηχανικούς τραυματισμούς. Τα μαρούλια αυτού του τύπου καταναλώνονται κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική και θεωρούνται γευστικότερα και ποιοτικότερα από αυτά που ανήκουν στον τύπο κατσαρό κεφαλωτό. Οι γνωστότερες ποικιλίες του τύπου αυτού είναι: White Boston, Optima, Vista και Boston (Ολύμπιος 2001).

4) “Χαλαρό ανοιχτό φύλλωμα” ή σαλάτα (Looseleaf)

Ο τύπος του μαρουλιού αυτού δε σχηματίζει κεφαλή, ενώ τα φύλλα του αναπτύσσονται ελεύθερα γύρω από την καρδιά. Συγκεκριμένα, είναι κυματοειδή και κατσαρά και το χρώμα τους συνήθως ποικίλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου, ενώ υπάρχουν και φύλλα με κοκκινωπή απόχρωση. Ο συγκεκριμένος τύπος μαρουλιού καλλιεργείται στη Β. Αμερική, θεωρείται ο ανθεκτικότερος και πιο ζωντός από όλους τους τύπους, από τους οποίους ωριμάζει νωίτερα. Γνωστές ποικιλίες του είναι οι Grand Rapids, Salad Bowl και Simpson’s Curled (Ολύμπιος 2001).

1.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το μαρούλι αποτελεί το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό στην Ελλάδα και καταναλώνεται νωπό σε σαλάτες κυρίως από το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Η παραγωγή μαρουλιού περιορίζεται σημαντικά το καλοκαίρι λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς επίσης και το μεγάλο μήκος της ημέρας. Παρόλα αυτά υπάρχει η δυνατότητα καλλιέργειας ποικιλιών ανθεκτικών στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών δίνοντας τη δυνατότητα για κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Μεγάλο ποσοστό της καλλιεργούμενης έκτασης μαρουλιού γίνεται σε θερμοκήπια κατά τη χειμερινή περίοδο, επειδή η ανάπτυξη γίνεται γρηγορότερα και το παραγόμενο προϊόν είναι πολύ καλής ποιότητας (Ολύμπιος 1994).

Το μαρούλι είναι μια καλλιέργεια με συνεχή αύξηση, τόσο όσον αφορά στην έκταση, όσο και στην παραγωγή του σε όλη την Ελλάδα. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζεται αναλυτικά η έκταση, καθώς και η παραγωγή μαρουλιού στη χώρα μας

κατά τα έτη 1985-2000. Στους πίνακες 1.2 και 1.3 παρουσιάζεται η συνεχής αυξητική τάση για την καλλιέργειά του τόσο στην ύπαιθρο όσο και στα θερμοκήπια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1985-2000.

Έτος	Έκταση(στρ.)	Παραγωγή (τόνοι)	Στρεμ.Απόδοση Κιλά/στρ	Τιμή Δρχ/κιλό	Ακάθ.Αξία Δρχ.
2000	37300	69340	1859	154,33	11115720
1999	37700	69300	1838	160,4	13722626
1998	36080	69450	1925	197,59	8835593
1997	33670	65580	1948	134,73	9861155
1996	36460	75443	2069	130,71	9205595
1995	34460	69215	1998	133	9967296
1994	34690	70212	2024	141,76	8467912
1993	32732	63774	1948	132,78	4857402
1992	31678	62131	1961	78,18	6020320
1991	28867	74572	2584	80,71	5986683
1990	29704	73646	2479	73,71	5031666
1989	32099	68263	2127	44,3	2656715
1988	29373	59971	2042	36,45	2104368
1987	27151	57733	2126	25,7	1489649
1986	28272	57963	2050	32,28	1861168
1985	27927	57657	2065	23,9	1337922

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Έκταση υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1980 –2000.

Έτος	Έκταση θερμοκηπίου (στρ)	Υπαίθρια Έκταση (στρ)	Σύνολο
1980	100	27200	27300
1990	450	30960	31410
2000	1894	42360	44254

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: Παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1980 – 2000.

Έτος	Παραγωγή Θερμοκηπίου (τόνοι)	Υπαίθρια Παραγωγή (τόνοι)	Σύνολο
1980	210	54910	55020
1990	1110	60770	61880
2000	3791	72150	74000

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

1.6 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Στο διαιτολόγιο του ανθρώπου το μαρούλι ως νωπό λαχανικό αποτελεί μία από τις υγιεινότερες τροφές, καθώς προσφέρει αρκετές ποσότητες βιταμινών Α, Β, C, D καθώς και ποσότητες σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και φωσφόρου, ενώ ταυτόχρονα η περιεκτικότητά του σε λίπη και υδατάνθρακες είναι πολύ μικρή. Ο υπόλευκος γαλακτώδης χυμός του έχει κατευναστικές και ηρεμιστικές ιδιότητες και έχει θεραπευτική επίδραση στο συκώτι και στα νεφρά. Από τους διάφορους τύπους μαρουλιού, η Romaine είναι η πλουσιότερη σε βιταμίνη Α, γεγονός που συνδέεται με το έντονο πράσινο χρώμα των φύλλων του τύπου αυτού (Δημητράκης 1998, Ολύμπιος 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: Μέση περιεκτικότητα 100 g φύλλων μαρουλιού διάφορα θρεπτικά στοιχεία.

Στοιχεία	Δείγμα όλων των τύπων	Κεφαλωτό	Ρωμάνα	Κατσαρό-Κεφαλωτό
Ενέργεια (θερ/δες)	14.00	11.00	16.00	11.00
Νερό (g)	95.00	96.00	94.00	95.00
Πρωτεΐνες (g)	1.20	1.20	1.60	0.80
Λίπη (g)	0.20	0.20	0.20	0.10
Υδατάνθρακες (g)	2.50	1.20	2.10	2.30
Βιταμίνη Α (mg)	0.97	1.20	0.26	3.00
Βιταμίνη Β1 (mg)	0.06	0.07	0.10	0.07
Βιταμίνη Β2 (mg)	0.30	0.07	0.10	0.03
Βιταμίνη C (mg)	8.00	9.00	24.00	5.00
Νιασίνη (mg)	0.06	0.04	0.05	0.03
Άλατα Ca (mg)	35.00	40.00	36.00	13.00
Άλατα Fe (mg)	2.00	1.10	1.10	1.50
Άλατα Mg (mg)	-	16.00	6.00	7.00
Άλατα P (mg)	26.00	31.00	45.00	25.00
Άλατα K (mg)	264.00	-	-	-
Άλατα Na (mg)	9.00	-	-	-

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος 2004)

1.7 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Ένα από τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του μαρουλιού είναι η περιεκτικότητα των φύλλων του σε νιτρικά ιόντα. Τα νιτρικά ιόντα προσλαμβάνονται από το έδαφος ως κύρια πηγή αζώτου και ανιχνεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα πράσινα μέρη του φυτού. Η αύξηση των επιπέδων αζώτου οφείλεται σε υπερλιπάνσεις με άζωτο τόσο σε καλλιέργειες που γίνονται στο έδαφος όσο και σε υδροπονικές καλλιέργειες.

Τα νιτρικά ιόντα είναι πιθανόν να ευθύνονται για καρκινογένεσις στον ανθρώπινο οργανισμό γιατί μετατρέπονται σε νιτρώδη ιόντα τα οποία μπορούν να αντιδράσουν με τις αμίνες προς σχηματισμό νιτροσαμινών, οι οποίες θεωρούνται καρκινογόνες ουσίες. Μετά τη διεξαγωγή σχετικών πειραμάτων (Ολύμπιος 1994)

κατά την χειμερινή περίοδο έδειξαν ότι η αυξημένη ένταση φωτισμού στην Ελλάδα, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα του μαρουλιού συγκρινόμενη με τις συγκεντρώσεις την αντίστοιχη περίοδο σε καλλιέργειες στην Κ. και Β. Ευρώπη. Σύμφωνα με αρκετά πειραματικά δεδομένα φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των φύλλων του μαρουλιού σε νιτρικά ιόντα επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :

- ένταση φωτισμού: η χαμηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς
- θερμοκρασία : υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με αυξημένη ένταση φωτισμού μειώνει τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς (Siomos and Dorgas 1999)
- γενετικούς παράγοντες αφού παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ποικιλιών
- τη χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών (Duncan *et al.* 1997)

Όσο αναφορά τον ανθρώπινο παράγοντα θα ήταν πιο συνετό να αποφεύγεται η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την τεράστια αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων που παρατηρείται τα τελευταία 40 χρόνια (Πίνακας 1.5).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: Παγκόσμια παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ
1959-1960	9,5 εκατ. Τόνοι
1979-1980	57,2 εκατ. Τόνοι
1989-1990	79,2 εκατ. τόνοι
1999-2000	90,9 εκατ. τόνοι

(Πηγή: FAO 2001)

Η κατάσταση στην Ελλάδα δε δείχνει να είναι ακόμα τόσο σοβαρή, όσο στη Β. Ευρώπη. Σε μελέτη που έγινε για τη συγκέντρωση των νιτρικών σε λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται στην χώρα μας, διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων βρίσκονται σε συγκριτικά χαμηλά επίπεδα (Siomos and Dogras 1999). Η μελέτη αυτή αφορούσε 23 λαχανοκομικά είδη, που εξετάστηκαν μετά την αγορά τους από την κεντρική λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης.

1.8 Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

1.8.1 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Το μαρούλι θεωρείται πολύ ευαίσθητο στις εδαφικές συνθήκες, για το λόγο αυτό το έδαφος είναι αναγκαίο να είναι γόνιμο, πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας και καλή στράγγιση. Τα αμμοπηλώδη εδάφη προτιμώνται καθώς είναι πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ τα ελαφρά αμμώδη εδάφη προτιμώνται για πρωίμιση της παραγωγής. Το ιδανικό pH κυμαίνεται στο 6-7. Το μαρούλι παρουσιάζει ευαισθησία στην παρουσία υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος, η οποία προκαλεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη του φυτού. Τα φύλλα αποκτούν σκούρο πράσινο χρώμα και δερματώδη εμφάνιση καθώς και χλωρωτικές κηλίδες (Δημητράκης 1998). Τα πολύ όξινα εδάφη δεν ευνοούν την ανάπτυξη του και για το λόγο αυτό απαιτείται προσθήκη ασβεστίου για τη διόρθωσή του (Δημητράκης 1998).

1.8.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

1.8.2.1 ΦΩΣ

Το φως είναι σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Πιο συγκεκριμένα, στις χειμερινές καλλιέργειες, όπου ο φωτισμός είναι περιορισμένος, πρέπει να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες καθώς οι δύο αυτοί παράγοντες είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε ισορροπία. Όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής έντασης φωτισμού τότε απαιτούνται και υψηλές θερμοκρασίες. Στις περιπτώσεις που σκοπός της καλλιέργειας είναι η παραγωγή σφιχτών κεφαλών τότε η μεγάλη φωτοπερίοδος είναι ανεπιθύμητος παράγοντας. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η καλλιέργεια προορίζεται για σποροπαραγωγή, η μεγάλη φωτοπερίοδος είναι επιθυμητή.

Οι ποικιλίες του μαρουλιού με βάση τη φωτοπερίοδο για την ανθική επαγωγή διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: α) ποικιλίες που είναι ουδέτερες ως προς τη φωτοπερίοδο και β) ποικιλίες μεγάλης φωτοπερίόδου.

Επιπροσθέτως, το φως διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στη βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού και την ανάπτυξη των νεαρών φυταρίων. Συγκεκριμένα όταν ο σπόρος είναι φρέσκος απαιτείται η παρουσία του φωτός τόσο για την ομοιόμορφη

βλάστηση όσο και για την αποφυγή αδύναμων και λεπτών φυταρίων (Στεργίου 2002).

1.8.2.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Το μαρούλι θεωρείται λαχανικό ψυχρής εποχής και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ είναι ανθεκτικό σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-5°C). Οι ιδανικές θερμοκρασίες ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία του μαρουλιού, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση φωτισμού και τα επίπεδα CO_2 στην ατμόσφαιρα.

Τη χειμερινή περίοδο και σε καλλιέργεια κεφαλωτών μαρουλιών ευνοϊκές θερμοκρασίες θεωρούνται οι $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ κατά τη διάρκεια της ημέρας και $10\text{-}15^{\circ}\text{C}$ κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα κεφαλωτά μαρούλια απαιτούν κατά το στάδιο του σχηματισμού κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες, αλλιώς έχουμε σχηματισμό ανθοφόρων βλαστών πριν το σχηματισμό της κεφαλής ή χαλαρή κεφαλή και φύλλα με υπόπικρη γεύση. Πάντως, οι υψηλές θερμοκρασίες στα πρώτα στάδια ανάπτυξης προκαλούν μικρότερη ζημιά, ωστόσο μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή αδύνατων φυτών με μικρό βάρος. Υψηλές θερμοκρασίες ιδιαίτερα προς το τέλος της καλλιεργειτικής περιόδου μπορεί να προκαλέσουν κάψιμο των φύλλων (Walls 1993, Ολύμπιος 2001).

Είναι σημαντικό να υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας ημέρας και της θερμοκρασίας νύχτας της τάξης των $5\text{-}7^{\circ}\text{C}$ (Ολύμπιος 2001). Ειδικότερα για τα μαρούλια τύπου Crisphead συνίσταται μια θερμοκρασία μεταξύ $17\text{-}19^{\circ}\text{C}$ σε συνεφιασμένες ημέρες και μια θερμοκρασία μεταξύ των $15\text{-}21^{\circ}\text{C}$ σε ηλιόλουστες ημέρες. Τα μαρούλια τύπου Looseleaf έχουν τις ίδιες απαιτήσεις σε θερμοκρασία με τα μαρούλια τύπου Crisphead. Η ποικιλία Grand Rapids (τύπος Looseleaf) είναι ανθεκτική στην άνθιση σε θερμοκρασίες ως και 27°C . Για τα μαρούλια τύπου Butterhead ιδανικές θεωρούνται θερμοκρασίες μεταξύ $17\text{-}19^{\circ}\text{C}$ σε συνεφιασμένες ημέρες και $21\text{-}24^{\circ}\text{C}$ σε ηλιόλουστες ημέρες. Για όλους τους τύπους μαρουλιού θεωρείται επιθυμητή μια θερμοκρασία νύχτας της τάξης των $12\text{-}15^{\circ}\text{C}$ (Howard and Resh 1995).

1.8.3 ΛΙΠΑΝΣΗ

1.8.3.1 ΒΑΣΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

- **Οργανική λίπανση**

Κατά τη βασική λίπανση προστίθεται οργανική ουσία (συνήθως χωνεμένη κοπριά) η οποία σε ελαφρά αμμώδη εδάφη έχει ευνοϊκή επίδραση, διότι αφενός συμβάλλει στον εμπλουτισμό με θρεπτικά στοιχεία που βελτιώνει την υδατοϊκανότητα του εδάφους, αφετέρου συγκρατεί το νερό προκειμένου να είναι άμεσα διαθέσιμο στο φυτό. Η ενσωμάτωση της κοπριάς γίνεται με μία άροση στα 30-40 cm πριν τη φύτευση. Παράλληλα ενσωματώνονται στο έδαφος τα φωσφοροκαλιούχα λιπάσματα ενώ τα αζωτούχα λιπάσματα προστίθεται με επιφανειακές λιπάνσεις κάθε 20 μέρες περίπου και τις οποίες ακολουθεί πότισμα (Ολύμπιος 2001).

- **Ανόργανη λίπανση**

Η βασική ανόργανη λίπανση πρέπει να γίνεται με βάση τη διαθεσιμότητα των στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος. Στην περίπτωση αυτή ο προσδιορισμός γίνεται μετά από χημική ανάλυση. Συγκεκριμένα σε εδάφη μέσης σύστασης οι ανάγκες της καλλιέργειας μπορούν να καλυφθούν με την προσθήκη των παρακάτω λιπαντικών στοιχείων:

- χωνεμένη κοπριά : 2-4 τόνοι / στρέμμα.
- P_2O_5 : 10-15 kg / στρέμμα
- K_2O : 15-20 kg / στρέμμα
- N : 10-15 kg / στρέμμα

Στην περίπτωση του αζώτου θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, επειδή, παρά το γεγονός ότι τα φυλλώδη λαχανικά χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες αζώτου η υπερβολική χρήση αυτού δημιουργεί υδαρή φυτά, ευπαθή σε ασθένειες.

1.8.3.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Με την προϋπόθεση ότι η βασική λίπανση εφαρμόζεται σωστά η επιφανειακή λίπανσή ίσως δεν χρειαστεί να εφαρμοστεί κατά την διάρκεια ανάπτυξης του φυτού. Σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει επιφανειακή λίπανση, τότε συνιστάται η προσθήκη νιτρικής αμμωνίας (NH_4NO_3) σε σύνολο τριών επιφανειακών λιπάνσεων πριν από τη συγκομιδή.

1.8.4 ΑΡΔΕΥΣΗ

Η απόφαση πότε θα εφαρμοστεί πότισμα καθώς και η ποσότητα του νερού που θα προστεθεί στα φυτά αποτελεί ένα από τα προβλήματα της καλλιέργειας του μαρουλιού. Το μαρούλι λόγω του θυσανώδους επιφανειακού ριζικού συστήματος που αναπτύσσει είναι προτιμότερο να ποτίζεται πολλές φορές με λίγο νερό παρά λίγες φορές με αρκετό νερό. Η άρδευση του μαρουλιού είναι προτιμότερο να γίνεται από ψηλά με τη μέθοδο του καταιονισμού για να είναι ομοιόμορφη η κατανομή του νερού και για την αποφυγή υψηλών επιπέδων υγρασίας, που μπορεί να οδηγήσουν στο σχηματισμό χαλαρών κεφαλών.

1.9 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μία διαδικασία που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς λανθασμένοι χειρισμοί κατά τη διαδικασία αυτή μπορούν να προκαλέσουν σημαντική υποβάθμιση των μαρουλιών (Walls 1993). Τα φυτά την περίοδο της συγκομιδής πρέπει να είναι υγιή, απαλλαγμένα από ασθένειες και νεκρώσεις φύλλων, όχι προχωρημένης αναπτύξεως (να μην έχει εμφανιστεί το ανθοφόρο στέλεχος), ενώ πρέπει να έχουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας (Ciufollini 1986). Τα «κεφαλωτά» μαρούλια πρέπει να έχουν καλά σχηματισμένη, σφιχτή κεφαλή, με διάμετρο μεγαλύτερη από 15 cm (Valenzouella *et al.* 2003). Τα μαρούλια κατά την συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος τουλάχιστον 150 g. Μαρούλια με μεγαλύτερο βάρος (200-300 g) δεν είναι ανεπιθύμητα αρκεί, όμως, να έχουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω (Ciufollini 1986). Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι και η τομή πρέπει να πραγματοποιείται στη βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος (Ciufollini 1986, Walls 1993). Τα φυτά μπαίνουν σε πλαστικά τελάρα και τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης (Walls 1993).

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν το χρόνο που μεσολαβεί από τη σπορά ως τη συγκομιδή, όπως η εποχή του έτους που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια (Albright 1997), η ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργείται και η σύσταση της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου (κυρίως τη συγκέντρωση CO₂) (Howard and Resh 1995).

Γενικά, τα μαρούλια τύπου Romaine συγκομίζονται 70- 75 ημέρες μετά τη σπορά, τα μαρούλια τύπου Butterhead 60 ημέρες μετά την σπορά, τα μαρούλια τύπου Crisphead 80-85 ημέρες μετά την σπορά και τα μαρούλια τύπου Looseleaf 45 ημέρες

μετά την σπορά (Howard and Resh 1995). Σε έρευνες που αφορούν τη χρονική στιγμή της ημέρας που πρέπει να γίνεται η συγκομιδή, έχει διαπιστωθεί ότι τα μαρούλια πρέπει να συγκομίζονται το απόγευμα (3 μ.μ.), λόγω του ότι την ώρα αυτή έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει μικρότερη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα του μαρουλιού (Siomos 2000).

1.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Παρόλο που το μαρούλι δεν μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, η ποιότητά του μπορεί να διατηρηθεί σε ικανοποιητικά επίπεδα για περίπου 15 ημέρες στους 0° C και σε σχετική υγρασία που είναι ίση ή ξεπερνά το 95% (Salunkhe and Kadam 1998). Η ποιότητα του μαρουλιού κατά τη συντήρησή του, αλλά και η μετασυλλεκτική του ζωή εξαρτώνται από τις καλλιεργητικές τεχνικές, καθώς και από τη θερμοκρασία κατά τη συντήρηση (Lipton 1987, Salunkhe *et al.* 1991). Ωστόσο, οι αλλαγές στη σύνθεση των ιστών του μαρουλιού κατά τη συντήρηση δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως (Siomos *et al.* 1999 a).

Πολλές μελέτες πάνω στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των φυτών έχουν δείξει ότι τα πιο ώριμα φύλλα είναι αυτά που συντηρούνται καλύτερα. Ωστόσο, έχει μελετηθεί ελάχιστα η φυσιολογία της παρακμής των ιστών των λαχανικών, όπως το μαρούλι, που βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη κατά τη συγκομιδή. Στη διάρκεια της συγκομιδής οι ιστοί του μαρουλιού υπόκεινται σε ισχυρό σοκ, λόγω της απότομης παύσης της παροχής νερού και θρεπτικών στοιχείων. Εξαιτίας του σοκ, οι ιστοί του μαρουλιού αδυνατούν να διατηρήσουν τη μεταβολική τους δραστηριότητα με αποτέλεσμα σύντομα να επέρχεται η ποιοτική υποβάθμιση του φυτού (Siomos *et al.* 1999 a).

1.11 ΕΧΘΡΟΙ & ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

1.11.1 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

1.11.1.1 ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ

Οφείλονται σε μύκητες του γένους *Pythium* οι οποίοι προσβάλλουν τα πολύ νεαρά φυτά στο σπορείο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Οι μύκητες προσβάλλουν κυρίως το λαιμό των φυταρίων με αποτέλεσμα τη σήψη, το μααρασμό και την καταστροφή τους.

1.11.1.2 ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

Οφείλεται στο μύκητα *Rhymia lactuca*. Ο μύκητας αυτός προκαλεί χλωρωτικές κηλίδες στα κατώτερα φύλλα του μαρουλιού την περίοδο που επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας και στη συνέχεια προκαλείται σήψη των φύλλων.

1.11.1.3 ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ)

Οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea* που προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του και προκαλεί σοβαρές ζημιές κυρίως στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται με στίγματα σκούρου χρώματος. Στα κατώτερα φύλλα εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στη συνέχεια εμφανίζεται η καρποφορία του μύκητα που έχει χρώμα γκριζο-καφέ με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις την καταστροφή του φυτού.



ΕΙΚΟΝΑ 1.9: Προσβολή φυτών μαρουλιού από το μύκητα *Botrytis cinerea*.

1.11.1.4 ΣΚΛΗΡΟΤΙΝΙΑ

Οφείλεται στο μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Ο μύκητας προσβάλλει το φυτό κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (βλαστός και κατώτερα φύλλα). Στη διάρκεια συνθηκών υψηλής υγρασίας παρατηρείται υγρή σήψη, στη συνέχεια αναπτύσσεται το λευκό μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληροτίων του μύκητα. Η προσβολή του φυτού από το μύκητα έχει ως αποτέλεσμα τη μάρανση και την πλήρη καταστροφή του αν δεν ληφθούν μέτρα αντιμετώπισής του.

1.11.1.5 ΩΙΔΙΟ

Οφείλεται στο μύκητα *Erysiphe cichoracearum*. Ο μύκητας εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με το χαρακτηριστικό λευκό χρώμα του μυκηλίου του μύκητα των ωιδίων. Η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας.

1.11.1.6 ΙΩΣΕΙΣ

Η πιο σημαντική ίωση που προσβάλλει τα μαρούλια είναι το μωσαϊκό του μαρουλιού (LMV= *Lettuce Mosaic Virus*), η οποία μεταφέρεται με το σπόρο και διαδίδεται με τις αφίδες (*Myzus persicae*). Τα συμπτώματα της ίωσης είναι η μωσαϊκή στικτή εμφάνιση των φύλλων από πράσινα και κίτρινα στίγματα, η παραμόρφωση των φύλλων και η καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών.

1.11.2 ΕΧΘΡΟΙ

1.11.2.1 ΑΦΙΔΕΣ

Οι αφίδες (*Myzus persicae*) εμφανίζονται και πολλαπλασιάζονται πάνω στα νεαρά κυρίως φύλλα του μαρουλιού. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκαλούν είναι η μετάδοση των ιώσεων.

1.11.2.2 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ

Στα θερμοκήπια προβλήματα δημιουργεί και ο αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*), του οποίου οι προνύμφες και τα τέλεια εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και μυζούν. Η παρουσία τους κατά τη συγκομιδή υποβαθμίζει την ποιότητα του προϊόντος.

1.11.2.3 ΘΡΙΠΑΣ

Τελευταία παρατηρείται μια έξαρση προσβολής φυτών μαρουλιού από τον θρίπα *Frankliniella occidentalis* που προκαλεί σημαντική υποβάθμιση των παραγόμενων κεφαλών.

1.11.2.4 ΚΟΧΛΙΕΣ – ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΑ

Προκαλούν ζημιές, διότι καταστρέφουν τα φύλλα των φυτών (Κανάκης 1998).

1.12 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Οι φυσιολογικές ασθένειες οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και οι κυριότερες είναι:

- Υάλωση ή κάψιμο των νεύρων των φύλλων. Εμφανίζεται όταν τα φύλλα αδυνατούν να αποβάλλουν με τη διαπνοή ικανοποιητική ποσότητα νερού. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο όταν η υγρασία της ατμόσφαιρας βρίσκεται κοντά στο σημείο κορεσμού. Τα συμπτώματα της υάλωσης εμφανίζονται στα άκρα των φύλλων τα οποία παρουσιάζονται υδαρή με υαλώδη εμφάνιση. Στις υπαίθριες καλλιέργειες τα μέτρα αντιμετώπισης περιορίζονται στη μείωση του νερού άρδευσης καθώς και με την αποφυγή άρδευσης με τη μέθοδο του καταιονισμού (Ολύμπιος 2001).
- Φυσιολογικό και περιθωριακό κάψιμο των φύλλων. Τόσο στο φυσιολογικό όσο και στο περιθωριακό κάψιμο ένα μέρος των κορυφών των φύλλων μαρένεται και ύστερα ξηραίνεται. Το φυσιολογικό κάψιμο εμφανίζεται στα παλαιά φύλλα στα οποία παρατηρείται περιθωριακή ξήρανση. Η ζημιά προκαλείται όταν τα φύλλα χάνουν νερό με γρηγορότερο ρυθμό απ' ό τι μπορούν να το αναπληρώσουν από το ριζικό σύστημα. Η πλέον συνηθισμένη αιτία είναι η απότομη αλλαγή της ατμοσφαιρικής υγρασίας, οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια ηλιόλουστων ημερών και ιδιαίτερα σε συνδυασμό με την παρουσία ανέμων. Όσο αφορά το έδαφος η χαμηλή υγρασία και η πολύ χαμηλή θερμοκρασία του, η υψηλή περιεκτικότητά του σε διαλυτά άλατα και το φτωχό ριζικό σύστημα αποτελούν πιθανές αιτίες καψίματος. Τα μέτρα που προτείνονται για την αντιμετώπιση της ασθένειας είναι :
 - ⇒ ποτίσματα κανονικά για να διατηρείται το έδαφος υγρό
 - ⇒ εφαρμογή ποτίσματος με τη μέθοδο του καταιονισμού ώστε να αυξάνεται η υγρασία της ατμόσφαιρας
 - ⇒ καλλιέργεια σε εδάφη ελαφρά ως μέσης σύστασης για να στραγγίζουν καλά
 - ⇒ έλεγχος του ριζικού συστήματος για πιθανές ασθένειες (Ολύμπιος 2001).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η καλλιέργεια του μαρουλιού στο θερμοκήπιο παρουσιάζει σημαντική αύξηση για δύο κυρίως λόγους :

- 1) τα φυτά έχουν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, και
- 2) επιτυγχάνεται η παραγωγή προϊόντων με καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Ένα μέρος από τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες μαρουλιού γίνεται με τη μέθοδο της υδροπονίας. Ως υδροπονία θεωρείται η ανεδάφιος καλλιέργεια, δηλαδή η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους. Πιο συγκεκριμένα υδροπονία είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται το κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα (Benton and Jones 2000). Για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών απαιτείται, στη ρίζα τους, να υπάρχει άφθονο οξυγόνο (O_2) και νερό, στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, στις απαιτούμενες για κάθε φυτό συγκεντρώσεις.

Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους ένας τέτοιος συνδυασμός (νερού-οξυγόνου) είναι δύσκολο να επιτευχθεί αφού όσο περισσότερο νερό βρίσκεται στους πόρους του εδάφους τόσο μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου και αντίστροφα. Επίσης στο έδαφος σημαντικό είναι το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού (Benton and Jones 2000).

Στις υδροπονικές καλλιέργειες υπάρχει η δυνατότητα της ρύθμισης της παροχής θρεπτικού διαλύματος καθώς και της χρήσης, για το υπόστρωμα, υλικών χημικά αδρανών και με πολύ υψηλό πορώδες. Ειδικότερα στις μέρες μας η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια συνεχώς αυξανόμενη δραστηριότητα διότι με την παροχή στη ρίζα ενός βέλτιστου περιβάλλοντος, επιτυγχάνεται τόσο η αύξηση της απόδοσης όσο και η βελτίωση του παραγόμενου τελικού προϊόντος. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με ακατάλληλα εδάφη ή ακόμα και σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος. Αντιλαμβανόμεστε λοιπόν πως η υδροπονική καλλιέργεια απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας καθώς και άριστη γνώση της θρέψης των φυτών.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η υδροπονική καλλιέργεια ξεκίνησε πριν από πολλά χρόνια ως εργαστηριακή τεχνική για την μελέτη των αναγκών των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Ο Woodward ήταν ο πρώτος που καλλιέργησε φυτά μέντας εκτός εδάφους στην Αγγλία το 1699. Οι βασικές εργαστηριακές τεχνικές της καλλιέργειας σε θρεπτικά διαλύματα, αναπτύχθηκαν, από τους Sacks & Knor στη Γερμανία γύρω στα 1800. Ακολούθησε μια συνεχής βελτίωση της παρασκευής των θρεπτικών διαλυμάτων ως τη στιγμή που οι Arnon και Hoagland το 1940 παρασκεύασαν ένα διάλυμα που η σύστασή του ήταν η πιο πετυχημένη μέχρι τότε (Χαρίτος 1989).

Ο όρος υδροπονία καθιερώθηκε το 1930 από τον ερευνητή Gericke του πανεπιστημίου της Καλιφόρνια που διέδωσε πλατιά την τεχνική ανάπτυξης των φυτών χωρίς έδαφος. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου οι Αμερικάνοι χρησιμοποίησαν χαλίκι σαν υπόστρωμα σε υδροπονικές καλλιέργειες και ανακυκλούμενα θρεπτικά διαλύματα με σκοπό την αύξηση της παραγωγής και την τροφοδοσία των στρατευμάτων τους στον Ειρηνικό με νωπά προϊόντα (Χαρίτος 1989).

Τα τελευταία χρόνια και συγκεκριμένα στα τέλη της δεκαετίας του '60 ο Allen Cooper στην Αγγλία εκπόνησε ένα σύστημα καλλιέργειας σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα μικρού πάχους που το ονόμασε Nutrient Film Technique (NFT) (Winson 1983). Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα διεθνώς πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), με έδρα το Wageningen της Ολλανδίας, ασχολείται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Υδροπονίας των Καναρίων Νήσων, προωθεί την έρευνα στον τομέα αυτό (Wilson 1983).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: Σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των υδροπονικών καλλιέργειών.

1974	Guernsey	1500 στρ καλλιέργειας σε growth bags
1975	Ολλανδία	10 στρ σε πετροβάμβακα
1978	Ολλανδία	250 στρ σε πετροβάμβακα
	Αγγλία	166 στρ καλλιέργεια NFT εκ των οποίων: 137,6 στρ τομάτα, 24,3 στρ μαρούλι και 8,1 στρ άλλες καλλιέργειες
1980	Ολλανδία	1500 στρ σε πετροβάμβακα
	Αγγλία	340 στρ NFT εκ των οποίων: 259 στρ με τομάτα, 68 στρ με μαρούλι και 16,2 άλλες καλλιέργειες
	Βέλγιο	Πραγματοποίηση πρώτης καλλιέργειας φράουλας σε NFT
1982	Γαλλία	1500 στρ καλλιέργειας εκτός εδάφους 461,4 στρ σε NFT εκ των οποίων: 259 με τομάτα, 68,8 με μαρούλι και 8,1 με άλλες καλλιέργειες
1983	Ολλανδία	8000 στρ σε πετροβάμβακα
	Βέλγιο	Πρώτη καλλιέργεια σε ανακυκλωμένη πολυουρεθάνη
1984	Αγγλία	590 στρ σε NFT
	Γαλλία	3000-4000 στρ καλλιέργειας εκτός εδάφους. Ανθοκαλλιέργειες 500-800 στρ, Λαχανικά 3000-3200 στρ, Πετροβάμβακας 1600-1700 στρ, Τύρφη 600-700 στρ, Rouzolane 500 στρ, NFT 200 στρ, Πολυουρεθάνη 15 στρ, Φλοιοί δένδρων 15 στρ
1985	Γαλλία	Λαχανοκομικές καλλιέργειες 4000 στρ, Τύρφη 1000 στρ, Πετροβάμβακας 2000 στρ, Rouzolane και τύρφη 700 στρ, NFT 300 στρ, Ανθοκαλλιέργειες 480 στρ
1986	Γαλλία	4.000 στρ.
	Ολλανδία	Επιπλέον 25.000 στρ.
	Βέλγιο	3.000 στρ. και 300 στρ. NFT
1989	Αγγλία	530 στρ. NFT και 3.740 στρ. σε υπόστρωμα
	Βέλγιο	1300 στρ NFT και 6500 στρ σε υπόστρωμα
	Γαλλία	830 στρ NFT και 7445 στρ σε υπόστρωμα
	Γερμανία	7000 στρ NFT και 900 στρ σε υπόστρωμα
	ΗΠΑ	14900 στρ NFT και 49940 στρ σε υπόστρωμα
	Ολλανδία	2100 στρ NFT και 49940 στρ σε υπόστρωμα
1993	Ελλάδα	120-150 στρ, από τα οποία περίπου 90 πετροβάμβακας, Λαχανοκομικές καλλιέργειες 120 στρ. Ανθοκομικές καλλιέργειες 30 στρ.

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος 2004)

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

2.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι (Μαυρογιαννόπουλος 1994):

- Η παροχή της δυνατότητας να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με εδάφη πολύ κακής ποιότητας (π.χ. πολύ αλατούχα ή πολύ συνεκτικά) αλλά ακόμα και σε περιοχές χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος .
- Η απαλλαγή από τις ασθένειες του εδάφους και επομένως η μείωση του κόστους καλλιέργειας αφού δεν απαιτείται απολύμανση.
- Η μείωση του κόστους καλλιέργειας αφού δεν απαιτείται ειδική κατεργασία του εδάφους για την καταπολέμηση των ζιζανίων.
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης.
- Η πλήρως ελεγχόμενη και σταθερή τροφοδοσία των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία.
- Η εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων με τον περιορισμό των απωλειών από επιφανειακές διαρροές (εξάτμιση κλπ).
- Η δυνατότητα χρησιμοποίησης νερού με υψηλή αλατότητα.
- Η ευκολία μεταφύτευσης αφού τα νεαρά φυτάρια δεν ταλαιπωρούνται.
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης αφού δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών εδαφικών μειγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών.
- Η εξάλειψη του κινδύνου μεταφοράς στο βρώσιμο τμήμα του φυτού παθογόνων για τον άνθρωπο παθογόνων μικροβίων που μπορεί να προέρχονται από την κοπριά και άλλα οργανικά υλικά.
- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο αφού η απομόνωση του εδάφους αποκλείει την παρουσία οσμών και σκόνης.
- Ο καλύτερος έλεγχος της καλλιέργειας και δυνατότητα άμεσης αναστροφής μιας πιθανής ανωμαλίας στην ανάπτυξη των φυτών.

2.3.2. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι (Μαυρογιαννόπουλος 1994):

- Η μεγάλη ακρίβεια που απαιτείται στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος και κυρίως στην προσθήκη ιχνοστοιχείων, απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και ύπαρξη προηγμένης τεχνολογίας (αυτόματο πότισμα, μηχανισμοί κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος). Τα παραπάνω συντελούν στην αύξηση του κόστους σε εξοπλισμό και εργατικό δυναμικό.
- Τα καταστρεπτικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια σε περίπτωση απόκλισης των συντελεστών της (pH, αγωγιμότητα, έλλειψη ή περίσσια θρεπτικού στοιχείου) και μη έγκαιρης επέμβασης.
- Η ανάγκη ύπαρξης εργαστηριακού εξοπλισμού για την ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος τόσο του υποστρώματος όσο και των φυτών.
- Το υψηλό κόστος αγοράς υποστρωμάτων .

Από τα παραπάνω εξάγεται εύκολα το γενικό συμπέρασμα ότι η υδροπονική καλλιέργεια είναι μεν δαπανηρή αν λάβουμε υπόψη τόσο το αρχικό κόστος εγκατάστασης όσο και την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού, γεγονός όμως που ισοσκελίζεται με την άριστη ποιότητα του τελικού παραγόμενου προϊόντος σε συνδυασμό με την υπερδιπλάσια παραγωγή συγκρινόμενο με τις καλλιέργειες εδάφους. Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δεν διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από τα προϊόντα που καλλιεργούνται στο έδαφος αλλά έχουν πολύ καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά όσον αφορά την εμφάνισή τους (Στεργίου 2002).

2.4 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας των φυτών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) στα ανοιχτά και β) στα κλειστά συστήματα. Στα κλειστά συστήματα όλο το νερό αποστράγγισης συγκεντρώνεται και επαναχρησιμοποιείται ενώ στα ανοιχτά συστήματα το νερό αποστράγγισης απορρίπτεται. (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

I. ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στα ανοιχτά συστήματα ο όγκος του διαλύματος αποστράγγισης το οποίο ανακυκλώνεται εξαρτάται από τη διαμόρφωση συστημάτων άρδευσης και τα υποστρώματα. Το ποσοστό διήθησης του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος αποστράγγισης μπορεί να κυμανθεί από χαμηλό επίπεδο 0-10% μέχρι πολύ υψηλό (90%), ανάλογα με το βαθμό προσοχής που δίνεται στην διαδικασία άρδευσης. Η προτεινόμενη διήθηση κυμαίνεται στο 25%-35% ώστε να διατηρείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στο υπόστρωμα πλησίον των συνιστώμενων επιπέδων. Υπάρχουν

δύο λόγοι για τους οποίους προτείνεται να αποφεύγονται τα υψηλά ποσοστά διήθησης : α) το διάλυμα αποστράγγισης που θα διηθηθεί μπορεί να μολύνει το πόσιμο νερό και β) το απορριπτόμενο διάλυμα άρδευσης αντιπροσωπεύει μια ισοδύναμη απόρριψη ποσοστού του αγορασμένου λιπάσματος και νερού (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

ii. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα κλειστά συστήματα αναπτύχθηκαν για τον περιορισμό της περιβαλλοντικής ρύπανσης καθώς και για να δοθεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος αποστράγγισης στις καλλιέργειες. Το γεγονός αυτό δεν έλυσε τελείως το πρόβλημα. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού αποστράγγισης οδηγεί σε συσσώρευση θρεπτικών ουσιών και ιόντων και κατά συνέπεια σε αλλαγές των θρεπτικών αναλογιών. Για να αποτραπεί το πρόβλημα αυτό απαιτούνται ακριβώς συστήματα που χρησιμοποιούν υγρό λίπασμα και ευαίσθητους ιονικούς αισθητήρες καθώς και μονάδες ελέγχου. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η αυξημένη πιθανότητα διάδοσης των ασθενειών των ριζών στα γι'αυτό η απολύμανση του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος κρίνεται απαραίτητη (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

2.5 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται διάφορα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες, τα οποία είτε εισάγονται από το εξωτερικό ή παρασκευάζονται από Ελληνικές εταιρίες. Η σύνθεση των υποστρωμάτων αυτών ποικίλλει όσον αφορά τα κύρια συστατικά (τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, άμμος, cocosoil) καθώς και την περιεκτικότητα σε μακροστοιχεία, ιχνοστοιχεία, το pH και την αγωγιμότητα.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σαν στερεό υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες αυτούσια ή σε μείγματα μεταξύ τους, μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά. Με την εξέλιξη των υδροπονικών καλλιεργειών, άρχισε να υποχωρεί η χρήση οργανικών υλικών σαν υπόστρωμα ενώ ταυτόχρονα επεκτάθηκε η χρήση ανόργανων υλικών. Η στροφή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα ανόργανα υλικά είναι απαλλαγμένα από παθογόνα εδάφους και λόγω της χημικής τους αδράνειας επιτρέπουν τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των καλλιεργούμενων φυτών. Σημαντική παράμετρος για την επιλογή και χρήση ενός υποστρώματος σε υδροπονική καλλιέργεια είναι η ιδιότητα που σχετίζεται με την συγκράτηση νερού. Οι καλές

ιδιότητες των υλικών αυτών όσον αφορά στη συγκράτηση και τη στράγγιση νερού τα καθιστούν άριστα υλικά υποστρωμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες (Μανιός και Κεφάκη 1995).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευση τους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΤΥΠΟΙ
<i>ΑΝΟΡΓΑΝΑ</i>		
ΟΡΥΚΤΑ	Υλικά φυσικά	Χαλίκια, άμμος, ελαφρόπετρα
	Υλικά κατεργασμένα	Περλίτης, βερμικουλίτης, πετροβαμβακάς, διογκωμένη άργιλος
	Απόβλητα εργοστάσιων	Τεμάχια τούβλων, σκωριές, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών
ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ	Πλαστικά διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουρεθάνη
<i>ΟΡΓΑΝΙΚΑ</i>		
ΦΥΤΙΚΑ	Φυσικά προϊόντα, απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δένδρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κутταρικά απόβλητα

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος 2004)

2.5.1 ΠΕΡΛΙΤΗΣ

Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειακό υαλώδες πέτρωμα που προέρχεται από την όξινη λάβα η οποία εκχύεται επιφανειακά ή υποθαλάσσια και ψύχεται με αποτέλεσμα να στερεοποιείται ταχύτατα. Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησής της λάβας δεν επιτρέπουν το σχηματισμό κρυσταλλικού πλέγματος γεγονός που του δίνει υαλώδη ιστό. Το όνομα περλίτης δόθηκε από τη λάμψη του που είναι όμοια με του μαργαρίτη. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης το κρυσταλλικό νερό που περιέχεται στο ορυκτό διογκώνεται και δημιουργεί την αφρώδη μάζα η οποία είναι 10-20 φορές μεγαλύτερη του αρχικού όγκου του ορυκτού. Η διόγκωσή του οφείλεται στο παγιδευμένο νερό και τα αέρια στη μάζα του τα οποία προσπαθούν να ελευθερωθούν υπό μορφή ατμών αλλά βρίσκουν δυσκολία γιατί η θερμοκρασία φέρεται απότομα σε χαμηλότερο σημείο από εκείνο της τήξης του περλίτη (1200 – 1300° C). Οι συνθήκες διόγκωσης

εξαρτώνται από τον τύπο του περλίτη, τη διάρκεια θέρμανσης, τη θερμοκρασία και από την κοκομετρία του ορυκτού περλίτη.

Σύμφωνα με τον Μανιό (1993) ο περλίτης είναι κλειστή μοριακή κατασκευή και το νερό συγκρατείται μόνο στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων του με αποτέλεσμα την πολύ καλή στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος και την ευκολία απομάκρυνσης του νερού, κάτι που καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή συχνών ποτισμάτων με τι θρεπτικό διάλυμα. Διαχωρίζεται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του το οποίο μπορεί να κυμαίνεται στα 0,5-5,0 mm. Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων ο περλίτης είναι υλικό με ουδέτερο pH και πολύ χαμηλές τιμές EC.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1: Περλίτης σε εμπορική συσκευασία.

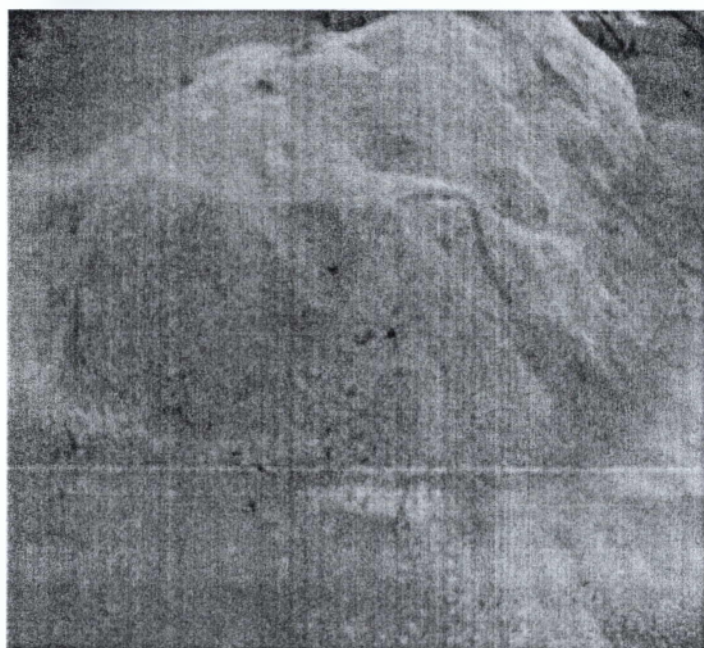
2.5.2 ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ

Η ελαφρόπετρα είναι προϊόν ηφαιστειακής δραστηριότητας και των συνηθισμένων μορφών της πυριτικής λάβας, η οποία είναι πλούσια σε αέρια και πτητικές ουσίες. Οι ταχύτερες απελευθερώσεις πίεσης κατά την διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων οδηγούν στην εξάπλωση αερίων και τον σχηματισμό υλικών μικρής πυκνότητας που συντίθεται από κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί. Η ελαφρόπετρα είναι κοινή σε περιοχές με πλούσια ηφαιστειακή δράση, όπως οι Πορτογαλικές Αζόρες, τα Ελληνικά νησιά, η Ισλανδία, η Ιαπωνία, η Ρωσία, η Σικελία, η Τουρκία και άλλες περιοχές. Το ακατέργαστο υλικό εξάγεται από τα λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται σύμφωνα με την απαίτηση των πελατών. Οι

φυσικές και χημικές ιδιότητες της ελαφρόπετρας επηρεάζονται από το συνολικό μέγεθος της. Η ελαφρόπετρα έχει χρησιμοποιηθεί από τα ρωμαϊκά χρόνια ως ελαφρύ αμμοχάλικο για την κατασκευή κτηρίων, για πετρόπλυση στην βιομηχανία ενδυμάτων και ως υλικό στις βιομηχανίες χαρτί και πλαστικού.

Η ελαφρόπετρα 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 κοσκινίσματος. Συνήθως έχει μεγάλους πόρους και συνεπώς το ογκομετρούμενο νερό της μειώνεται αισθητά καθώς η ένταση του νερού αυξάνεται. Η υδατοϊκανότητα της ελαφρόπετρας 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).



ΕΙΚΟΝΑ 2.2:
Ελαφρόπετρα

2.5.3 COCOSOIL ή ΙΝΕΣ ΚΑΡΥΔΑΣ

Η καρύδα αναπτύσσεται εμπορικά στη Σρι Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, τη νότια Ινδία και την Λατινική Αμερική. Οι χώρες αυτές είναι η κύρια

πηγή των ινών καρύδας για την χρήση τους στην υδροπονία. Ανατομικά οι ίνες καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό ή το φλοιό των καρύδων. Ο φλοιός περιέχει 60-70 % ιστό εντεριώνης και ο υπόλοιπος αποτελείται κυρίως από ίνα. Το υπόλοιπο υλικό μπορεί να τεμαχιστεί και να χωριστεί σε ένα χονδροειδές μέρος και ένα λεπτό. Από αυτά η σκόνη είναι σταθερότερη ενώ οι ίνες τείνουν να υποβληθούν σε δευτεροβάθμια αποσύνθεση στο μέσο αύξησης. Η παραγωγή και των δύο μερών περιλαμβάνει μια περίοδο αποθήκευσης σε σωρούς όπου λαμβάνει χώρα "αεροβική λιπασματοποίηση". Κατά την διάρκεια της λιπασματοποίησης μέρος της ημικυτταρίνης, της κυτταρίνης και σε μικρότερη έκταση της λιγνίνης αποσυντίθεται, προκαλώντας μείωση στην αναλογία C/N. Μετά την λιπασματοποίηση το σταθερό υλικό είναι αφυδατωμένο και συμπιεσμένο σε συμπαγή μορφή (τούβλα) για την εύκολη μεταφορά του. Με την προσθήκη του νερού οι ίνες καρύδας διογκώνονται 5 έως 9 φορές σε σχέση με τον αρχικό όγκο τους.

Οι ίνες καρύδας μπορεί να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομο μέσο είτε ως συστατικό σε μείγματα για την καλλιέργεια λαχανικών και ανθοκομικών φυτών για την παραγωγή δρεπτόν ανθέων, καθώς επίσης και για τα γλαστρικά φυτά, δενδρύλλια και νεαρά φυλλώδη φυτά. Επίσης οι ίνες καρύδας είναι ευρέως αποδεκτές ως υποκατάστατο της τύρφης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο ριζοβολίας για τα μοσχεύματα κάτω από την υδρονέφωση.

Οι ακατέργαστες ίνες καρύδας είναι πλούσιες σε ιόντα Na και Cl τα οποία μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Κατά την διαδικασία παραγωγής πρέπει να πλυθούν και συνήθως προστίθεται Ca και Mg για να διευκολυνθεί η αφαίρεση Na. Η περιεκτικότητα σε P και K είναι πολύ υψηλή και πρέπει αυτό να λαμβάνεται υπόψη σε οποιοδήποτε πρόγραμμα λίπανσης. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων κυμαίνεται από 320 έως 950 mmol/kg και η αναλογία C/N κυμαίνεται κατά προσέγγιση σε 117.

Οι ίνες καρύδας όντας ένα οργανικό γόνιμο μέσο, μπορεί να επιτρέψει τη γρήγορη ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων μετά από την αποστείρωση. Πάντως λόγω του γεγονότος ότι είναι βιοδιασπάσιμες, φυσικές και μη τοξικές, οι ίνες καρύδας μπορούν να διατεθούν χωρίς πρόβλημα για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες (Μανιός 1993).



ΕΙΚΟΝΑ 2.3 Cocosoil μετά την προσθήκη νερού.

2.5.4 ΑΜΜΟΣ

Η άμμος εφόσον είναι απαλλαγμένη από άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο και χλωριούχα άλατα δεν έχει ουσιαστικά καμία επίδραση στις χημικές ιδιότητες (pH, E.C.) των υποστρωμάτων στα οποία συμμετέχει (Μανιός 1993). Συνήθως χρησιμοποιείται ως βάση για κομπόστες με τύρφη και σπανιότερα μόνη της. Για να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υπόστρωμα, δεν πρέπει να αναμειχθεί με τύρφη γιατί έτσι θα χάσει τον υψηλό βαθμό στράγγισης (Μαλούπα 1995).

2.5.5 ΑΡΓΙΛΟΣ

Έχει μεγάλο βαθμό εναλλακτικής ικανότητας κατιόντων και η χρησιμοποίησή της στα διάφορα μείγματα ρυθμίζει την απορρόφηση του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων. Το ειδικό βάρος της αργίλου είναι χαμηλό ($0,3-0,7 \text{ g/cm}^3$) και το εσωτερικό πορώδες της κυμαίνεται από 40-50% (Bunt 1988; Γαρεφαλάκη 1992). Στη διογκωμένη της μορφή, που είναι στρογγυλεμένα τεμάχια αργίλου που έχουν πυρακτωθεί σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται ως αδρανές υπόστρωμα (Μαλούπα 1995). Ενδείκνυται η έκπλυσή της με νερό για τη μείωση της περιεκτικότητας της σε άλατα (Boodt *et al.* 1989).

2.5.6 ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ

Είναι πυριτικές ενώσεις του αλουμινίου, του σιδήρου και του μαγνησίου που στη φυσική τους κατάσταση είναι λεπτά στρώματα και μοιάζει με σχιστόλιθο. Αποθέματα της πρώτης ύλης έχουν βρεθεί στις ΗΠΑ και στη Νότιο Αφρική και γι' αυτό είναι περισσότερο διαδεδομένη η χρήση του σ' αυτές τις χώρες απ' ό,τι στην

Ευρώπη. Για να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα πρέπει να αποφυλλωθεί θερμαινόμενο για 1 min στους 1000 °C. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας 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 ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του ως υπόστρωμα, για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, έχει μια τάση για κερηθροποίηση της δομής του η οποία μπορεί να καταστραφεί πλήρως, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αερισμός και η αποστράγγιση. Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται σε ανάμιξη με περλίτη ή με τύρφη που επιτρέπουν τον καλύτερο αερισμό και στράγγιση του υποστρώματος (Boodley and Sheldruke 1972).

2.5.7 ΖΕΟΛΙΘΟΙ

Είναι ηφαιστιογενή ορυκτά αλκαλίων και αλκαλικών γαιών. Περιέχουν κυρίως ζεόλιθο, κλινοπιλόλιθο, ελανδίτη και ίχνη μορδενίτη και εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές της Θράκης και της Μήλου. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο εδάφους, μόνο του ή σε μίγμα και τα μέχρι τώρα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι πολύ αξιόλογο υπόστρωμα, λόγω της υψηλής εναλλακτικής του ικανότητας και της μεγάλης περιεκτικότητάς του σε εύκολα διαθέσιμο νερό για τα φυτά (Μαλούπα 1995).

2.5.8 ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ

Είναι πυριτικό αλουμίνιο με κάποιες ποσότητες ασβεστίου και μαγνησίου. Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι διάφοροι τύποι πετρωμάτων κυρίως diabase και βασάλτης που λιώνουν στους 1500-1600 °C. Στη συνέχεια σε υγρή μορφή περνούν μέσα από περιστρεφόμενα τύμπανα με ελεγχόμενη ταχύτητα περιστροφής και παίρνουν ινώδη μορφή (σχηματισμός ινών των 0,005 mm) σαν μαλλί. Ακολουθεί ψύξη των ινών, ενώ ταυτόχρονα προστίθεται μια φαινολική ρητίνη (βακελίτης) η οποία λειτουργεί σαν σύνδεσμος μεταξύ των ινών (Βασιλάκης 1994, Smith 1997). Με συμπίεση διαμορφώνεται σε πλάκες με ειδικό βάρος γύρω στα 70 kg/m³. Η προσθήκη φαινολικών ρητινών δίνει στο τελικό προϊόν τη σταθερότητα του σχήματος και την ικανότητα να απορροφά νερό. Το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο και έχει καλές φυσικές ιδιότητες (95% ολικό πορώδες, 20% από το οποίο αφορά περιεκτικότητα σε

αέρα και 75% αφορά τη συγκράτηση νερού). Είναι χημικά αδρανές και διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρησιμοποίησή του (κύβοι, πλάκες, κοκκώδης μορφή) (Μανιός 1993, Βασιλάκης 1994, Μαλούπα 1995, Smith 1997).

2.6 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα (Μανιός 1994). Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά εξυπηρετούν ορισμένους σκοπούς όπως είναι :

- συγκράτηση του υποστρώματος ώστε να διευκολύνεται η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό.
- διευκόλυνση της εισόδου του ηλιακού φωτός με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών.
- εξασφάλιση της ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- απομόνωση του υποστρώματος από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο.

Σύμφωνα με τον Μανιό (1994) οι υποδοχείς που σήμερα χρησιμοποιούνται σε υδροπονικές καλλιέργειες μπορεί να είναι :

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

2.7 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά, γίνεται αποκλειστικά και μόνο μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερης σημασίας η επιλογή της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, της διαδικασίας παρασκευής τους και του τρόπου χορήγησής τους στα φυτά. Σήμερα γνωρίζουμε 16 στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, 3 από τα οποία (C, H, O) δεν τα προσθέτουμε στα θρεπτικά διαλύματα

γιατί λαμβάνονται από τα φυτά από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Τα υπόλοιπα 13 στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών διακρίνονται σε δύο ομάδες :

- Στα μακροστοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα στα φυτά σε μεγάλες ποσότητες και είναι τα N, P, K, Ca, Mg και S
- Στα μικροστοιχεία τα οποία τα φυτά τα χρειάζονται σε μικρές δόσεις και είναι τα Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl (η αναλογία μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων είναι περίπου 1:500 ως 1:2000).

Η συγκέντρωση των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα διαφέρει ανάλογα με το καλλιεργούμενο είδος, την εποχή, τις κλιματικές συνθήκες του θερμοκηπίου και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Η μορφή των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δεν διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό φυσικές συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου 2002).

Για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής :

α) Η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε θρεπτικά στοιχεία (Ca, Mg, Cl, NO₃) καθώς και το pH του τα οποία προσδιορίζονται έπειτα από ανάλυσή του.

β) Η επιλογή λιπασμάτων λικής διαλυτότητας για να μην σχηματίζουν ιζήματα.

γ) Η αποφυγή ανάμιξης λιπασμάτων που προκαλούν ιζήματα, όπως τα φωσφορικά, θειικά και αμμωνιακά, με λιπάσματα που έχουν σαν βάση το ασβέστιο. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η χρήση δύο διαφορετικών δοχείων για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων.

δ) Να λαμβάνεται υπόψη ο ανταγωνισμός των ιόντων, δεδομένου ότι το πλεόνασμα ενός στοιχείου είναι ικανό να επηρεάσει αρνητικά την απορρόφηση άλλων στοιχείων. Για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σχέση – αναλογία μεταξύ των παρακάτω στοιχείων :

- κάλιο με ασβέστιο
- κάλιο με μαγνήσιο
- ασβέστιο με μαγνήσιο
- ασβέστιο με ιχνοστοιχεία (B, Cu, Mn, Fe)
- φώσφορος με ψευδάργυρο
- σίδηρος με μολυβδαίνιο

όπου το πλεόνασμα του πρώτου στοιχείου περιορίζει την απορρόφηση του δεύτερου.

2.7.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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

2.7.1.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα 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 καμία 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. Αντίθετα υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας δηλώνουν αλατούχο διάλυμα που προκαλεί καταπόνηση στα φυτά. 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).

2.7.1.2 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ - 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, οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ κάποια στοιχεία απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς. Τα αποτελέσματα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες). Για τα περισσότερα είδη λαχανικών το pH του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5 (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

2.8 ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων επιλέγονται με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τους, όπως η διαλυτότητα, η καθαρότητα και το κόστος. Χρησιμοποιούνται κυρίως απλά, υδατοδιαλυτά λιπάσματα καθώς και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων. Σύνθετα πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα που περιέχουν μίγμα απλών λιπασμάτων δεν συνιστάται να χρησιμοποιούνται. Η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος κάνει δύσκολη την προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις και δυσκολεύει την πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, οπότε αυτό κρίνεται απαραίτητο για την αποκατάσταση της θρέψης (Στεργίου 2002).

Όλα σχεδόν τα λιπάσματα ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δυο ιόντα θρεπτικών στοιχείων (άλας), ένα κατιόν και ένα ανιόν. Το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο και το άλλο όχι. Για το λόγο αυτό η επιλογή των λιπασμάτων που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή γιατί υπάρχει ο κίνδυνος της επιβάρυνσης του θρεπτικού διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις με επιβλαβή αποτελέσματα στα φυτά στα οποία θα χορηγηθεί ένα τέτοιο θρεπτικό διάλυμα (Στεργίου 2002).

3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

3.1.1 ΦΩΣ

Το φως είναι ένας από τους παράγοντες που επιδρούν στην φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού και επομένως και στον ρυθμό ανάπτυξής του. Επηρεάζει τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα η οποία προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος 2001). Το άζωτο είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για τη θρέψη του μαρουλιού και πιο συγκεκριμένα η απορρόφησή του επηρεάζεται άμεσα τόσο από το φωτισμό όσο και από την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τον Wheeler (1994) όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός τόσο αυξάνεται η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά.

Οι ανάγκες του μαρουλιού διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, γενικά όμως το μαρούλι έχει ανάγκη από μία φωτεινή ακτινοβολία της τάξης των 1000-1200 lux. Ωστόσο καλή ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί και σε μία ένταση φωτός 500 lux (Walls 1993). Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει η κατασκευή του θερμοκηπίου να είναι τέτοια ώστε να μην εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας.

3.1.2 CO₂

Έχει αποδειχτεί ότι η τεχνητή αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στο θερμοκηπιακό περιβάλλον σε υψηλότερα επίπεδα (1000- 1500 ppm) από τα φυσιολογικά (320-340 ppm) επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του μαρουλιού με τις διάφορες ποικιλίες να διαφέρουν σημαντικά ως προς την αντίδρασή τους στην ανθρακολίπανση (Walls 1993).

Πιο συγκεκριμένα εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ μπορεί να αποφέρει:

- Επιτάχυνση της ωρίμανσης από 10 ημέρες ως και μερικές εβδομάδες.
- Αύξηση της ποιότητας αλλά και της απόδοσης της καλλιέργειας.
- Υποκατάσταση της μειωμένης έντασης φωτός κατά της χειμερινές ημέρες με συννεφιά
- Αύξηση της ξηράς ουσίας του μαρουλιού

3.2 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Γενικά στην υδροπονική καλλιέργεια χρησιμοποιείται μια πληθώρα υποστρωμάτων τα περισσότερα εκ των οποίων έχουν ανά καιρούς χρησιμοποιηθεί σε υδροπονικές καλλιέργειες μαρουλιού (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, βερμικουλίτης κ.α.) με αρκετά καλά αποτελέσματα, παρόλα αυτά, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης και λιγότερο ο πετροβάμβακας και η ελαφρόπετρα (Siomos *et al.* 1999 b).

Τα τελευταία χρόνια στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο η ελαφρόπετρα (Siomos *et al.* 1999), το σημαντικότερο μειονέκτημα της οποίας είναι το μεγάλο βάρος της σε σχέση με τα άλλα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα (περλίτης, πετροβάμβακας) (Μανιός 1994).

Το 1999 σε πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο τμήμα λαχανοκομίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης η ελαφρόπετρα απέδωσε εξίσου καλά αποτελέσματα σε σχέση με τον περλίτη όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μαρουλιών (χρώμα, ογκομετρούμενη οξύτητα, χλωροφύλλη α και β και ολική χλωροφύλλη), χωρίς μάλιστα να έχει επίδραση στην απόδοση των φυτών, σε σχέση με τον περλίτη (Siomos *et al.* 1999 b).

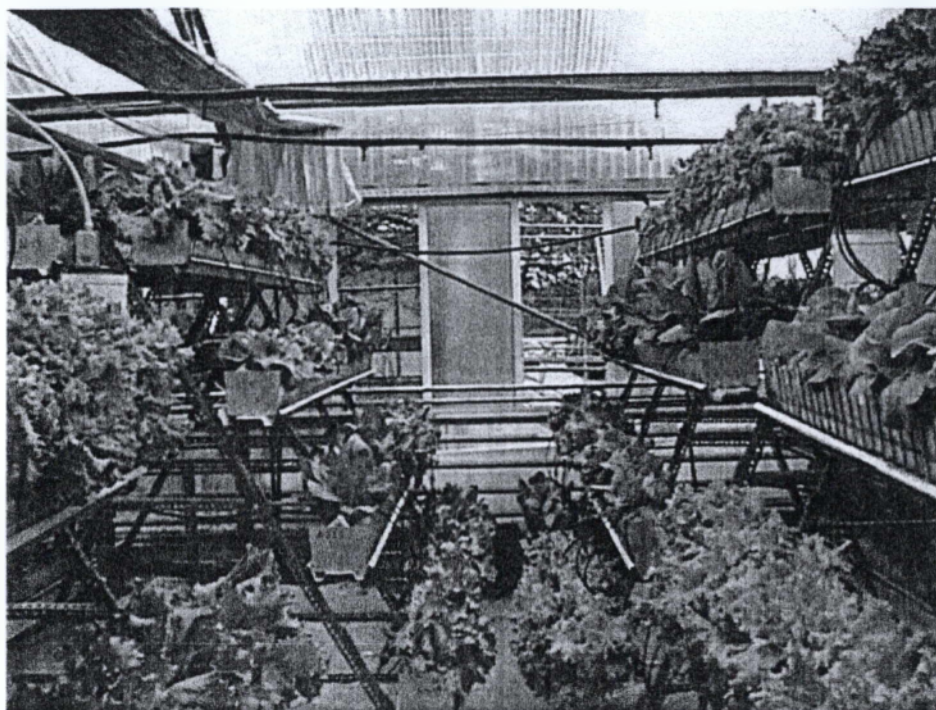
3.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Σημαντικός παράγοντας σε μια υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια γενικά είναι η κατά το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του χώρου του θερμοκηπίου ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα το μαρούλι το οποίο καταλαμβάνει σχετικά μικρό όγκο δίνει στον παραγωγό τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων συστημάτων φύτευσης.

Γενικά χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα φύτευσης των φυτών μαρουλιού στο θερμοκήπιο, με το καθένα να έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ειδικότερα, σήμερα τα συστήματα φύτευσης που χρησιμοποιούνται είναι : σε γραμμές, σε βαθμίδες και το σύστημα με ασίδες. Το σύστημα φύτευσης σε γραμμές έχει το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα. Το σύστημα φύτευσης σε βαθμίδες έχει το πλεονέκτημα της μέγιστης αξιοποίησης του χώρου, μειονεκτεί όμως λόγω της μη ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών ανάμεσα στις διάφορες βαθμίδες (Οικονομάκης 2002).

Με το σύστημα της ασίδας επιτυγχάνεται και η κατακόρυφη εκμετάλλευση του χώρου του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο αριθμός των

καλλιεργούμενων φυτών ανά στρέμμα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι προσφέρει στα φυτά πολύ καλές συνθήκες αερισμού βοηθώντας έτσι την πρόληψη μυκητολογικών ασθενειών (Οικονομάκης 2002).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα φύτευσης αψίδα.

3.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μία καλλιέργεια. Πρέπει να είναι τέτοιες που να εξασφαλίζουν την ομαλή ανάπτυξη τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού. Στη υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιούνται μικρότερες αποστάσεις φύτευσης από τη συμβατική καλλιέργεια η οποία κυμαίνεται συνήθως στα 30-40 cm (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).

3.5 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 περιεκτικότητά του νερού άρδευσης σε ανόργανα ιόντα (Κουσουρή 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 νιτροδών ιόντων στο φύλλωμα, που είναι το εδώδιμο 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.

	<u>Μαυρογιαννόπουλος (1994)</u>	<u>Albright (1997)</u>	<u>Siomos and Dogras (1999)</u>	<u>Sonneveld and Straver (1994)</u>
NO₃	9,5 mmol/l	8,9 mmol/l	18,18 mmol/l	19,0 mmol/l
H₂PO₄	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

Η επιλογή της κατάλληλης σύστασης για το χρησιμοποιούμενο διάλυμα σε μία υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και εμπειρία από την πλευρά του καλλιεργητή. Ο καλλιεργητής πρέπει επίσης, να είναι σε θέση να διακρίνει αμέσως συμπτώματα τροφοπενιών ώστε να γίνεται άμεσα η διόρθωσή τους. 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
<i><u>ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</u></i>			
Άζωτο	NO_3^- ή NH_4^+	1 - 4%	Αναστολή αύξησης ή περιορισμένη αύξηση, κυανέρυθρος χρωματισμός σε μίσχους και κατά μήκος των νεύρων του ελάσματος
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
<i><u>ΜΙΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ</u></i>			
Σίδηρος	Fe^{2+} ή Fe^{3+}	25 - 300ppm	Εμφάνιση μεσονευρίας 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%	Μεσονευρία χλωρωτικά στίγματα ακολουθούμενα από νέκρωση
Ψευδάργυρος	Zn^{2+}	15 - 100ppm	Μεσονευρία χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, σμίκρυνση φύλλων

(Πηγή: Καραμπέτσος 2001)

3.6 ΣΥΝΤΟΜΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα πάνω στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Οι πειραματικές μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως στην επίδραση των υποστρωμάτων, της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος, των αποστάσεων φύτευσης και της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου στο νωπό βάρος, στο ξηρό βάρος, στο ρυθμό ανάπτυξης (ρυθμός εμφάνισης φύλλων), σε παραμέτρους του χρώματος των φυτικών ιστών (L, a, b), στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στο φύλλωμα και στη σύσταση των ιστών των παραγόμενων υδροπονικά μαρουλιών. (Siomos *et al.* 1999).

Οι Siomos *et al.* (1999 d) μελέτησαν την επίδραση 3 υποστρωμάτων στην ποιότητα των παραγόμενων μαρουλιών της ποικιλίας Paris Island (τύπος Romaine). Τα φυτά καλλιεργήθηκαν στο έδαφος και υδροπονικά σε περλίτη ή ελαφρόπετρα και οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 20x20 cm. Η συγκομιδή έγινε 81 ημέρες από την μεταφύτευση και τα φυτά είχαν μέσο νωπό βάρος 155g, 154g και 141g στον περλίτη, την ελαφρόπετρα και το έδαφος αντίστοιχα, χωρίς ωστόσο να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Τα φυτά στο έδαφος και την ελαφρόπετρα είχαν εξαιρετική εμφάνιση χωρίς κανένα ελάττωμα, ενώ τα φυτά που συγκομίστηκαν από το υπόστρωμα περλίτη εμφάνισαν ελαφρά ελαττώματα που όμως δεν επηρέασαν σημαντικά την εμφάνισή τους. Τα φυτά που συγκομίστηκαν από την υδροπονική καλλιέργεια είχαν υψηλότερη ογκομετρούμενη οξύτητα, υψηλότερη περιεκτικότητα νιτρικών, ολικού N, P, K, και Zn, ενώ αντίθετα είχαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη a, χλωροφύλλη b, ολική χλωροφύλλη, Mg, Fe, Cu και Mn, σε σχέση με τα φυτά που συγκομίστηκαν από το έδαφος. Η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία και διαλυτά στερεά των φυτών που καλλιεργήθηκαν στο έδαφος ήταν παρόμοια με αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν στον περλίτη και υψηλότερη από αυτή των φυτών που καλλιεργήθηκαν στην ελαφρόπετρα. Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε είχε την παρακάτω σύσταση: (mmol/l) NO₃ 18,18- NH₄ 0,96- H₂PO₄ 2- K 11,13- Ca 7,66- Mg 1- SO₄ 1 και (μmol/l) Fe 40,07- Mn 5,01- B 30- Cu 0,75- Zn 4,01- Mo 0,50.

Οι Siomos *et al.* (1999 c) μελέτησαν την ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών και της φωτοσύνθεσης σε φυτά μαρουλιού ποικιλίας Paris Island που καλλιεργήθηκε σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με υπόστρωμα ελαφρόπετρα σε μη θερμαινόμενο γυάλινο θερμοκήπιο. Μικρή αλλά σημαντική

συσσώρευση νιτρικών στα φυτά παρατηρήθηκε στη διάρκεια μιας ημέρας με χαμηλή θερμοκρασία και ένταση φωτός, που οφείλονταν στη συσσώρευση νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα, καθώς η συσσώρευση νιτρικών στα μεσαία και στα εσωτερικά φύλλα δεν μεταβλήθηκε ιδιαίτερα. Η φωτοσύνθεση αυξάνονταν προοδευτικά με την αύξηση της έντασης του φωτός και της θερμοκρασίας, το μέγιστο της οποίας παρατηρήθηκε στη μέγιστη θερμοκρασία, δυο ώρες περίπου μετά τη μέγιστη ένταση φωτός, ενώ στη συνέχεια μειώνονταν προοδευτικά και μηδενίστηκε κατά τη δύση του ηλίου.

Οι Siomos *et al.* (1999 d) μελέτησαν επίσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά 2 ποικιλιών μαρουλιού κατά την συγκομιδή και κατά την συντήρησή τους. Καλλιεργήθηκαν, σε αμμώδες έδαφος, οι ποικιλίες Paris island (τύπος: Romaine) και Atraxion (τύπος: Looseleaf). Οι αποστάσεις φύτευσης, μεταξύ των φυτών ήταν 25 cm. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε 97 ημέρες μετά την μεταφύτευση και η ποιότητα των μαρουλιών εκτιμήθηκε 3, 6, 9, 12, και 15 ημέρες μετά την συγκομιδή. Η συντήρηση των μαρουλιών έγινε σε θερμοκρασία 1 °C. Κατά την συγκομιδή τα μαρούλια της ποικιλίας Atraxion είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών από τα μαρούλια της ποικιλίας Paris island. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις 2 ποικιλίες όσον αφορά την ξηρά ουσία, την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά και την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ. Μια σημαντική απώλεια βάρους κατά την συγκομιδή παρατηρήθηκε και στις 2 ποικιλίες. Ωστόσο μετά την 9^η ημέρα συντήρησης τα φυτά της ποικιλίας Atraxion παρουσίασαν μια μεγαλύτερη απώλεια βάρους από τα φυτά της ποικιλίας Paris Island.

Σε άλλη μελέτη εξετάστηκε η επίδραση τριών υποστρωμάτων (περλίτης, ελαφρόπετρα με μέγεθος κόκκων 0-8 mm και ελαφρόπετρα με μέγεθος κόκκων 5-8 mm) στην οπτική ποιότητα και την ξηρά ουσία υπέργειου και υπόγειου μέρους μαρουλιών των ποικιλιών: Frisby (τύπος: Looseleaf), Plenty (τύπος: Butterhead) Roli (τύπος: Romaine) και Paris Island (τύπος: Romaine). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του υποστρώματος στην ξηρά ουσία των φύλλων στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης και στο χρώμα των φύλλων, ενώ η επίδραση των υποστρωμάτων στην ξηρά ουσία της ρίζας, στο «κάψιμο» των φύλλων και στην οπτική ποιότητα των φυτών ήταν περιορισμένη. Η καλλιέργεια μαρουλιού σε ελαφρόπετρα είχε εξίσου υψηλή απόδοση και καλύτερη οπτική ποιότητα σε σύγκριση με την καλλιέργεια σε περλίτη. Ακόμη ανεξάρτητα με το υπόστρωμα παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Paris Island ήταν ανθεκτικότερη στο κάψιμο των φύλλων (tipburn) (Siomos *et al.* 1999 a).

Το 1993 σε πείραμα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο της Λουμπλιάνα μελετήθηκε η επίδραση τεσσάρων υποστρώματων στον νεπό βάρος μαρουλιών της ποικιλίας Lusiana. Τα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: βερμικουλίτης, πετροβάμβακας, compost, και μίγμα τύρφης και compost. Το μεγαλύτερο βάρος (139,9 g) ανά κεφαλή παρατηρήθηκε στα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε μίγμα compost και τύρφης. Το μέσο βάρος ανά κεφαλή σε compost ήταν 129,3 g, σε υπόστρωμα πετροβάμβακα 72,1 g και σε υπόστρωμα βερμικουλίτη 64,4 g (Osvald 1998).

Σε μελέτες που έγιναν το 1998 για την εξατμισοδιαπνοή σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια μαρουλιού δώδεκα καλλιέργειες μαρουλιού ποικιλίας Vivaldi αναπτύχθηκαν σε σύστημα NFT. Εφαρμόστηκαν διάφορες συγκεντρώσεις του CO₂ ενώ ταυτόχρονα μετρήθηκαν τα επίπεδα της εξατμισοδιαπνοής. Διαπιστώθηκε ότι όσο υψηλότερα επίπεδα CO₂ είχαμε τόσο χαμηλότερα επίπεδα εξατμισοδιαπνοής παρατηρήθηκαν (Albright 1997).

Ο Wheeler (1994) μελέτησε την επίδραση του φωτός και του επιπέδου του χορηγούμενου αζώτου στην απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά. Καλλιεργήθηκε υδροπονικά η ποικιλία μαρουλιού Ostinata. Εφαρμόστηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού ενώ χορηγήθηκαν τρία διαφορετικά σε συγκέντρωση αζώτου θρεπτικά διαλύματα. Βρέθηκε ότι υψηλά επίπεδα έντασης φωτισμού σχετίζονται με υψηλό ρυθμό απορρόφησης αζώτου. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι τα μεγαλύτερα φυτά είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών στους ιστούς τους. Η βίαιη αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα προκαλούσε αύξηση της απορρόφησης του αζώτου από το φυτό (Albright 1997).

4 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της πειραματικής μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση τριών υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μαρουλιού των τύπων Butterhead και Looseleaf σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην περιοχή της Καλαμάτας κατά τους μήνες Φεβρουάριο – Απρίλιο.

Τα υποστρώματα που επιλέχθηκαν ήταν ο περλίτης και η ελαφρόπετρα που σύμφωνα με τους Ολύμπιο (2001) και Siomos *et al.* (1999 d) είναι τα πλέον κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.

Επίσης χρησιμοποιήθηκε και μίγμα cocosoil – περλίτη λόγω της ιδιότητας του cocosoil να είναι ένα μη τοξικό υλικό (Μάνιος 1997).

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

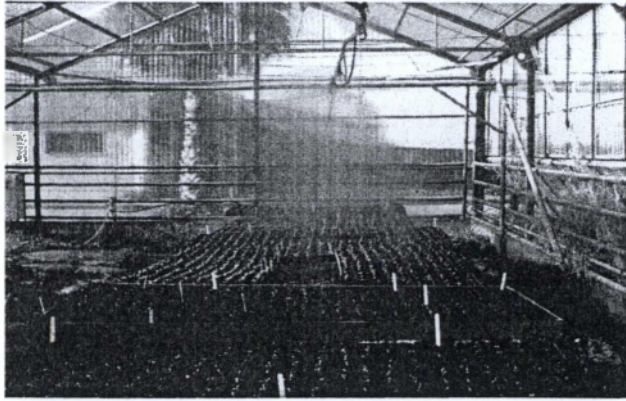
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΤΕΙ Καλαμάτας, και πιο συγκεκριμένα στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας. Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριος- Μάιος 2004. Στο πείραμα μελετήθηκαν οι ποικιλίες μαρουλιού White Boston (τύπος Butterhead) και Grand Rapids (τύπος Looseleaf).

Στο παρόν πείραμα μελετήθηκε το πώς το υπόστρωμα επηρεάζει την ποιοτικά χαρακτηριστικά και την απόδοση του μαρουλιού σε υδροπονική καλλιέργεια. Χρησιμοποιήθηκαν τα υποστρώματα: α) περλίτης, β) ελαφρόπετρα και γ) cocosoil-περλίτης (75% Περλίτης, 25% Cocosoil). Σε κάθε φυτό αναλογούσαν 2,4 lt υποστρώματος.

5.2 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά έγινε στις 22/1/04 σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο στο ΤΕΙ Καλαμάτας. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία μαζικής σποράς τα οποία είχαν πλυθεί και είχαν γεμιστεί με φυτόχωμα (compost). Οι σπόροι και των δύο ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από την εταιρία Georponiko Spiti. Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν 5 σειρές σπόρων με 10 σπόρους σε κάθε σειρά. Συνολικά τοποθετήθηκαν 800 σπόροι από κάθε ποικιλία. Στη συνέχεια οι σπόροι καλύφθηκαν με ελαφριά στρώση φυτοχώματος και τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση για 10 min ώστε να ποτιστούν καλά, εν συνεχεία μεταφέρθηκαν σε προβλαστήρια με θερμοκρασία ημέρας 20°C, θερμοκρασία νύχτας 13°C και διάρκεια φωτισμού 10h/ημέρα. Κάθε 2^η μέρα εφαρμόζονταν ελαφρά ποτίσματα (διαβροχή υποστρώματος). Οι σπόροι φύτρωσαν σε 4 μέρες από την σπορά τους. Την τέταρτη μέρα έγινε αλλαγή στην διάρκεια της φωτοπεριόδου από 10 σε 12 h/ανά 24ωρο



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Πότισμα των νεαρών φυτών με το σύστημα της υδρονέφωσης.

5.3 ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των φυτών από τις ομαδικές στις ατομικές θέσεις έγινε 8 μέρες μετά την σπορά. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε δίσκους με υπόστρωμα compost. Μετά τη μεταφύτευση οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε πάγκους που βρίσκονται σε μήθερμαινόμενο θερμοκήπιο. Το πότισμα των νεαρών φυτών γινόταν με το σύστημα της υδρονέφωσης. Οι απώλειες κατά την μεταφύτευση ήταν ασήμαντες και ο έλεγχος και το πότισμα των φυτών γινόταν σχολαστικά κάθε ημέρα. Πέντε μέρες από την μεταφύτευση στις ατομικές θέσεις εμφανίστηκε το πρώτο πραγματικό φύλλο. Το πρόβλημα των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν στο εσωτερικό του θερμοκηπίου αντιμετωπίστηκε με το άνοιγμα των πλαϊνών παραθύρων του.

Η μεταφύτευση στις τελικές θέσεις εντός του θερμοκηπίου έγινε 20 ημέρες μετά την πρώτη μεταφύτευση, στις 18/2/04 και αφού τα φυτά βρίσκονταν στα 3-4 πραγματικά φύλλα. Στα κανάλια-υποδοχείς των φυτών τοποθετήθηκαν λευκού χρώματος νάυλον κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να περιέχουν τα υποστρώματα ώστε σε κάθε φυτό να αντιστοιχούν 2,4 λίτρα υποστρώματος. Το νάυλον ήταν κλειστό στο πάνω μέρος (ανοιχτό μόνο στο σημείο όπου βρισκόταν το φυτό) για την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης του θρεπτικού διαλύματος ενώ στην κάτω επιφάνειά του έφερε τρύπες για την απορροή του θρεπτικού διαλύματος. Τα κανάλια τοποθετήθηκαν στην τελική τους θέση και ποτίστηκαν καλά με θρεπτικό διάλυμα από την προηγούμενη μέρα. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν με μπάλα χρώματος και σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό στο σπορείο. Μετά την τοποθέτηση του φυταρίου στην τελική του θέση πιέστηκε το υπόστρωμα γύρω από το φυτό ώστε να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα. Ακολούθησε πότισμα των νεαρών φυτών με θρεπτικό διάλυμα.

Μετά την μεταφύτευση τα κανάλια τοποθετήθηκαν στις αφίδες του θερμοκηπίου, με βάση το εντελώς τυχαίοπονημένο σχέδιο. Για κάθε ποικιλία υπήρχαν 3 επεμβάσεις και για κάθε επέμβαση 5 επαναλήψεις των 10 φυτών. Έτσι φυτεύτηκαν 150 φυτά από κάθε ποικιλία. Τα φυτά ήταν σε γραμμική διάταξη εντός του καναλιού και η απόσταση μεταξύ τους ήταν 15 cm. Κάθε κανάλι έφερε σήμανση στην οποία φαινόταν η ποικιλία, το υπόστρωμα, οι αποστάσεις φύτευσης και ο αριθμός της επανάληψης.



ΕΙΚΟΝΑ 5.2 : Πρώτη μεταφύτευση

5.4 ΛΙΠΑΝΣΗ

Η κύρια καλλιεργητική φροντίδα που γινόταν κατά την διάρκεια της καλλιέργειας ήταν το πότισμα των φυτών με το θρεπτικό διάλυμα. Το πότισμα άρχισε αμέσως μετά την μεταφύτευση των φυταρίων στην τελική τους θέση. Η χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος γινόταν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00 π.μ. έως 6.00 μ.μ). Η συχνότητα ποτίσματος ήταν 6 φορές την ημέρα, η διάρκεια ποτίσματος ήταν 1,5 min και η ποσότητα θρεπτικού διαλύματος ανά πότισμα ήταν 0,05 lt.

Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας 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.

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος αποφασίστηκε αφού λήφθηκε υπόψη η σύσταση του νερού άρδευσης και όπως φαίνεται στον πίνακα 5.1 μεταβλήθηκε στις 5-3-2004. Η σύσταση του νερού άρδευσης καθώς και του θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Σύσταση νερού άρδευσης και θρεπτικού διαλύματος.

	Σύσταση νερού άρδευσης	Σύσταση θρεπτικού διαλύματος από 19/2/2004 έως 5/3/2004	Σύσταση θρεπτικού διαλύματος από 5/3/2004 έως 4/4/2004
NO ₃	0,054 mmol/l	9,62 mmol/l	13,9 mmol/l
H ₂ PO ₄	-	1,95 mmol/l	2,08 mmol/l
SO ₄	1 mmol/l	2,68 mmol/l	1,97 mmol/l
NH ₄ ⁺	-	0,84 mmol/l	1,12 mmol/l
Ca ⁺⁺	2,2 μmol/l	3,73 μmol/l	4,1 μmol/l
K ⁺	-	6,53 μmol/l	7,17 μmol/l
Mg ⁺⁺	1,17 μmol/l	1,61 μmol/l	1,77 μmol/l
Fe	-	35 μmol/l	35 μmol/l
Mn	-	8 μmol/l	8 μmol/l
Zn	3 μmol/l	6 μmol/l	6 μmol/l
B	5,37 μmol/l	30 μmol/l	30 μmol/l
Cu	-	0,75 μmol/l	0,75 μmol/l
Mo	-	0,50 μmol/l	0,50 μmol/l
HCO ₃ ⁻	4,2 μmol/l	-	-
Αγωγιμότητα	0,67 dS/m	2,1 dS/m	2,3 dS/m
pH	7,37	5,5	5,5

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

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- Προσδιορισμός των επιθυμητών συγκεντρώσεων του κάθε στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα.

- Υπολογισμός των ποσοτήτων που θα προσθέσουμε στο νερό από κάθε λίπασμα για την επίτευξη των επιθυμητών συγκεντρώσεων.
- Παρασκευή μητρικών διαλυμάτων.
- Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος.
- Έλεγχος χαρακτηριστικών θρεπτικού διαλύματος (αγωγιμότητα, pH).

Το θρεπτικά στοιχεία που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών εισάγονταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 3 τόνων, από άλλα δοχεία, στα οποία βρίσκονταν υπό μορφή 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 των 3 τόνων της δεξαμενής.

Τα μητρικά διαλύματα παρασκευάζονταν σε 3 δοχεία χωρητικότητας 200 λίτρων το καθένα. Το πρώτο δοχείο (Α) περιείχε το νιτρικό ασβέστιο, τη μισή ποσότητα του νιτρικού καλίου που απαιτούνταν, τη νιτρική αμμωνία και το χηλικό σίδηρο. Το δεύτερο δοχείο (Β) περιείχε το θειικό μαγνήσιο το θειικό κάλιο, το φωσφορικό μονοκάλιο και τα ιχνοστοιχεία. Το τρίτο δοχείο (Γ) περιείχε το νιτρικό οξύ που ήταν απαραίτητο για την διόρθωση του pH.

Η ανάμιξη και αραίωση του διαλύματος γίνονταν μέσω υπολογιστή (πρόγραμμα Autonet 2000) ωστόσο το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με pHμετρο και αγωγιμόμετρο αντίστοιχα, για να διασφαλιστεί ότι βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

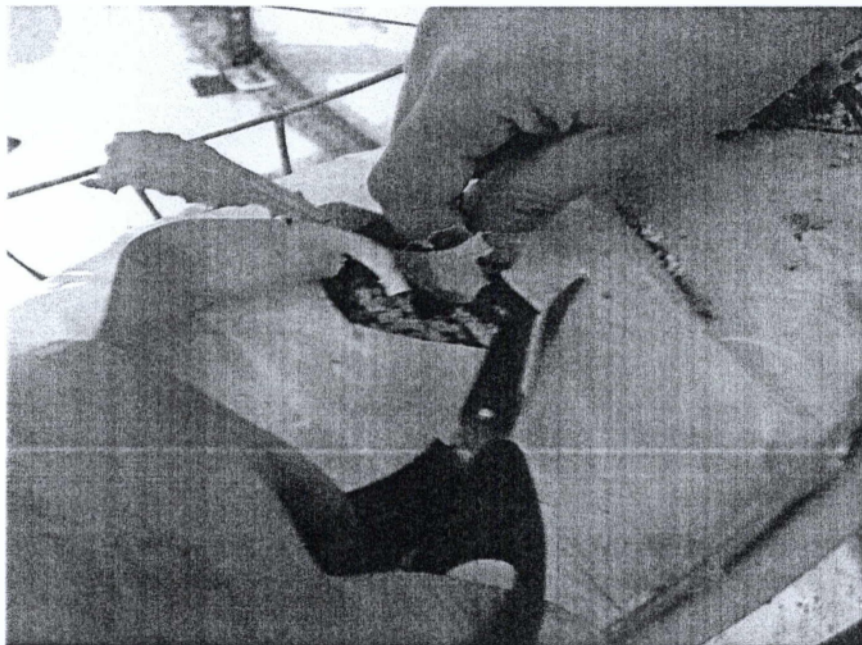
Το θρεπτικό διάλυμα μεταφερόταν από την δεξαμενή σε κάθε φυτό μέσω του αρδευτικού συστήματος, το οποίο αποτελούνταν από σύστημα πλαστικών σωλήνων και την αντλία.

5.5 ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν διάφορες εργασίες που σκοπό είχαν την αντιμετώπιση διάφορων εχθρών (πιηνά, βοτρυτής) και την διευκόλυνση της ανάπτυξης των φυτών (κόψιμο του πλαστικού που περιέβαλλε το υπόστρωμα σε σημεία που εμπόδιζε την ανάπτυξη του βλαστού του φυτού, αλλαγή της θέσης των σωλήνων άρδευσης ώστε να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του φυλλώματος).

Αναλυτικά:

- 25-2-2004 έγινε κόψιμο του πλαστικού γύρω από το λαιμό των και αλλαγή της θέσης των σωλήνων άρδευσης όπου αυτά εμπόδιζαν την ομαλή ανάπτυξη των φυτών
- 10-3-2004 κρεμάστηκαν πλαστικές σακούλες στο άνοιγμα του πλευρικού παραθύρου του θερμοκηπίου ώστε να εμποδιστεί η είσοδος πουλιών στο χώρο του θερμοκηπίου.
- 12-3-2004 προληπτικός ψεκασμός των φυτών με το χαλκούχο μυκητοκτόνο Copergil.
- 18-3-2004 θεραπευτικός και προληπτικός ψεκασμός των φυτών με το βοτρυδιοκτόνο σκεύασμα Switch ώστε να αντιμετωπιστεί η προσβολή από βοτρυτή.
- 26-3-2004 επανάληψη του ψεκασμού για βοτρυτή.



ΕΙΚΟΝΑ 5.3 : Κόψιμο του πλαστικού γύρω από το λαιμό του φυτού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: Συνοπτική παρουσίαση των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Κυριότερες καλλιεργητικές φροντίδες	Ημερομηνία
Σπορά	22/1/2004
1 ^η Μεταφύτευση	29/1/2004
Γέμισμα των καναλιών με το υπόστρωμα και τοποθέτησή τους στην τελική θέση εντός του θερμοκηπίου	18/2/2004
2 ^η Μεταφύτευση	18/2/2004
Κόψιμο απορροών	18/2/2004
Αλλαγή σύστασης θρεπτικού διαλύματος	5/3/2004
Ψεκασμός με οξυχλωριούχο χαλκό (Coperil)	12/3/2004
Ψεκασμός με βοτρυτοκτόνο (Switch)	18/3/2004
Ψεκασμός με βοτρυτοκτόνο (Switch)	26/3/2004
Συγκομιδή της ποικιλίας White Boston	2/4/2004
Συγκομιδή ποικιλίας Grand Rapids	3/4/2004

5.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η συγκομιδή των ποικιλιών White Boston και Grand Rapids έγινε στις 2/4/04 και 3/4/04 αντίστοιχα, δηλαδή 43 ημέρες μετά την μεταφύτευση στην τελική τους θέση για τα φυτά της White Boston και 44 ημέρες από την μεταφύτευση στην τελική τους θέση για τα φυτά της Grand Rapids. Η συγκομιδή των δύο ποικιλιών έγινε κατά τον ίδιο τρόπο.

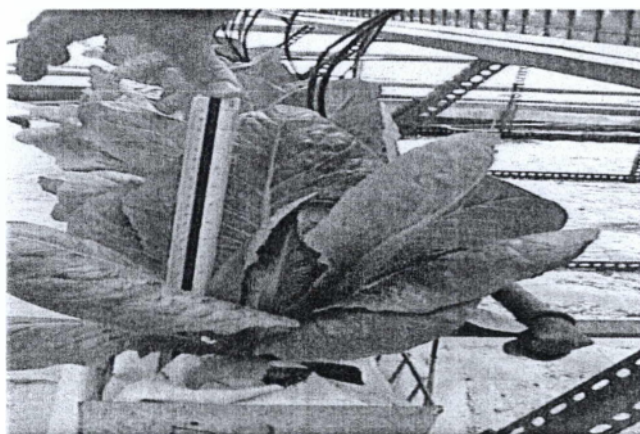
Κατά την διάρκεια της καλλιεργείας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του αριθμού των φύλλων ανά φυτό. Συγκεκριμένα μετρούνταν ο αριθμός των φύλλων όλων των φυτών κάθε καναλιού και ύστερα διαιρούνταν με τον αριθμό των φυτών του καναλιού ώστε να υπολογιστεί ο μέσος όρος αριθμού φύλλων ανά φυτό για κάθε επανάληψη. Μέτρηση των φύλλων έγινε 11, 18, 25, 32 και 42 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

Μετά τη συγκομιδή ελήφθησαν μετρήσεις που αφορούν: α) το νωπό βάρος των φυτών β) το ύψος των φυτών γ) τα μη εμπορεύσιμα φύλλα δ) το νωπό και το

ξηρό βάρος των εσωτερικών φύλλων, των μεσαίων φύλλων, των εξωτερικών φύλλων, του βλαστού και της ρίζας, χωριστά.

Οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό βάρος έγιναν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου, ενώ οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό και το ξηρό βάρος των φύλλων, του βλαστού και των ριζών είχαν ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Όλες οι μετρήσεις που αφορούσαν βάρος έγιναν με ζυγούς ακριβείας. Οι μετρήσεις που αφορούσαν τις παραμέτρους του χρώματος έγιναν με χρωματόμετρο Minolta CR300. Κατά τις μετρήσεις χρώματος υπολογίστηκαν οι παράμετροι L, a, b, οι οποίες αφορούν την φωτεινότητα, το χρώμα και την ένταση του χρώματος των φύλλων, αντίστοιχα. Ο υπολογισμός των επιπέδων της χλωροφύλλης έγινε διαιρώντας τις τιμές των παραμέτρων a και b για κάθε φυτό (λόγος $-a/b$).

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



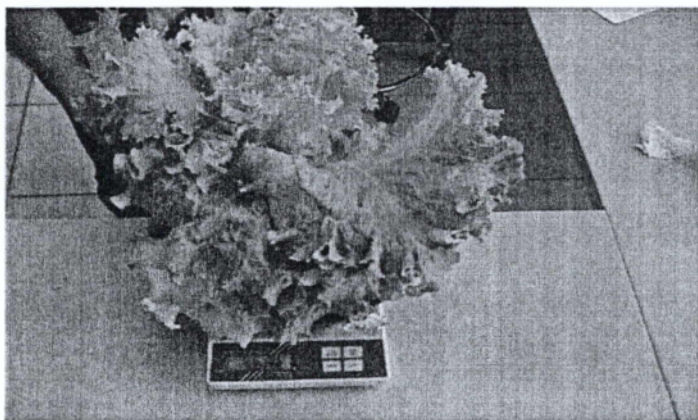
ΕΙΚΟΝΑ 5.4: Μέτρηση ύψους μαρουλιού.

Η συλλογή των φυτών άρχισε νωρίς το πρωί. Τα φυτά κόβονταν με κοφτερό μαχαίρι στο σημείο επαφής τους με το υπόστρωμα. Συγκομίστηκαν 7 φυτά από κάθε κανάλι. Τα δύο από αυτά ζυγίστηκαν νωπά και συσκευάστηκαν σε σακουλές προκειμένου να μεταφερθούν στο εργαστήριο Λαχανοκομίας του ΓΠΑ ώστε να μετρηθούν οι παράμετροι (L, a, b) του χρώματός τους. Μετρήθηκαν οι παράμετροι του χρώματος σε 5 φύλλα από κάθε φυτό και υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων για κάθε φυτό. Η μέτρηση γινόταν σε εξωτερικά φύλλα σε σημείο δίπλα στο κεντρικό νεύρο. Τα άλλα 4 φυτά ζυγίστηκαν αφού μετρήθηκαν και αφαιρέθηκαν τα μη εμπορεύσιμα φύλλα τους. Ύστερα μετρήθηκαν τα εμπορεύσιμα φύλλα και διαχωρίστηκαν σε εξωτερικά, μεσαία και εσωτερικά. τοποθετήθηκαν σε

αλουμινόχαρτο, που προηγουμένως είχε ζυγιστεί και έφερε ετικέτα με πληροφορίες σχετικά με την ποικιλία, το υπόστρωμα και τη θέση του φυτού, και ζυγίστηκαν. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον βλαστό (κοτσάνι). Εν συνεχεία τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρια όπου ξηράθηκαν στους 72 °C έως ότου σταθεροποιήθηκε το βάρος τους και έχασαν όλη την υγρασία τους. Το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για την πλήρη ξήρανση των φυτών ήταν περίπου μια εβδομάδα.

Την ίδια μέρα της συγκομιδής του υπέργειου τμήματος του φυτού έγινε και εξαγωγή των ριζών, οι οποίες αφού ξεπλύθηκαν καλά και στέγνωσαν, ζυγίστηκαν και πέρασαν στην διαδικασία ξήρανσης όπως και το υπέργειο τμήμα. Τα δείγματα ζυγίστηκαν αμέσως μετά την εξαγωγή τους από τα ξηραντήρια.

Το πείραμα ακολούθησε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και η στατιστικότητα των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD). Η ανάλυση της διασποράς (ANOVA) έγινε με την βοήθεια του προγράμματος STATGRAPHICS 2.1.



ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Μέτρηση νωπού βάρους.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών γίνονταν μετρήσεις στα φύλλα των φυτών κάθε ποικιλίας και υπολογίζονταν η % μεταβολή του αριθμού των φύλλων για τα φυτά της κάθε ποικιλίας.

Πίνακας 6.1: Μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία White Boston.

Υπόστρωμα	Ημέρες μετά τη μεταφύτευση				
	11	18	25	32	42
Περλίτης	5,29 a	9,8 a	10,50 a	15,26 a	25,30 a
Cocosoil+Περλιτης	6,02 a	8,9 a	10,58 a	14,79 a	23,80 a
Ελαφρόπετρα	5,74 a	8,7 a	11,04 a	13,90 a	23,55 a

Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στον παραπάνω πίνακα (6.1) φαίνεται, ότι ο αριθμός των φύλλων της ποικιλίας White Boston δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ημέρες μέτρησης.

Πίνακας 6.2: Μέσος αριθμός φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία Grand Rapids.

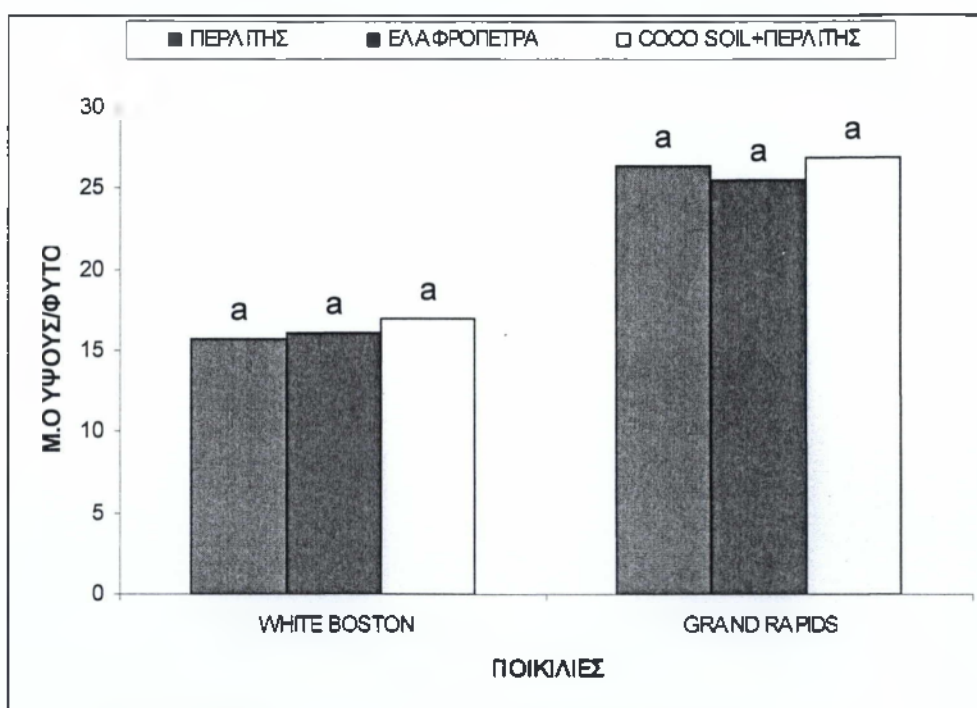
Υπόστρωμα	Ημέρες μετά τη μεταφύτευση				
	11	18	25	32	42
Περλίτης	5,16 a	8,10 a	8,12 a	13,14 a	22,30 a
Cocosoil+Περλιτης	5,45 a	8,04 a	8,34 a	13,32 a	20,80 a
Ελαφρόπετρα	5,40 a	7,80 a	8,58 a	12,58 a	22,55 a

Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Ο μέσος αριθμός φύλλων της ποικιλίας Grand Rapids δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ημέρες μέτρησης (πίνακας 6.2).

6.2 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

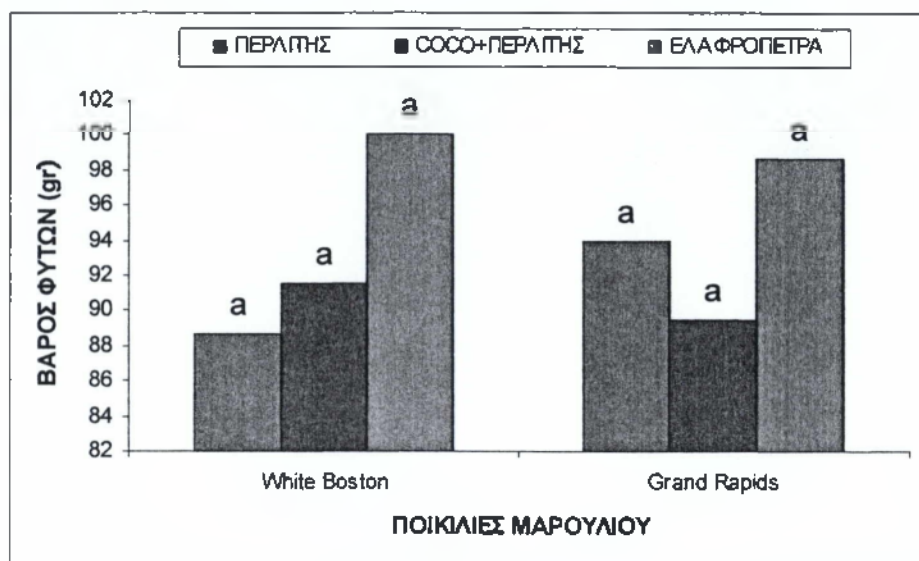
Μετά την πλήρη ωρίμανση των φυτών και πριν τη συγκομιδή τους μετρήθηκε το ύψος τους και υπολογίστηκε το μέσο ύψος των φυτών. Τα αποτελέσματα της μέτρησης παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 6.1: Μέσο ύψος φυτού. Τα λατινικά γράμματα που εμφανίζονται στο πάνω μέρος των ράβδων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο γράμμα στο πάνω μέρος τους δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$

Το ύψος των φυτών τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην ποικιλία Grand Rapids δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα (διάγραμμα 6.1).

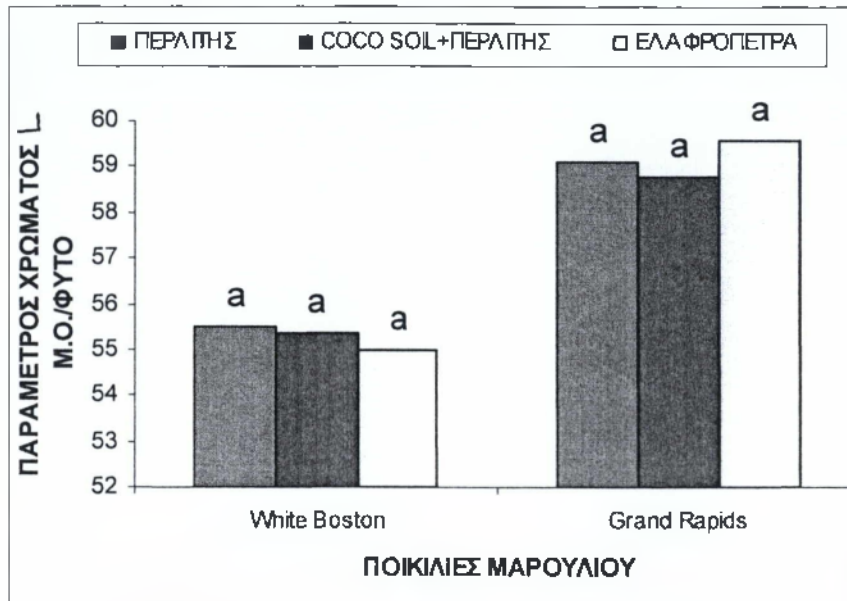
6.3 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ



Διάγραμμα 6.2 Μέσο βάρος (g) φυτού. Τα λατινικά γράμματα που εμφανίζονται στο πάνω μέρος των ράβδων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων χωριστά σε κάθε ποικιλία. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0,05$

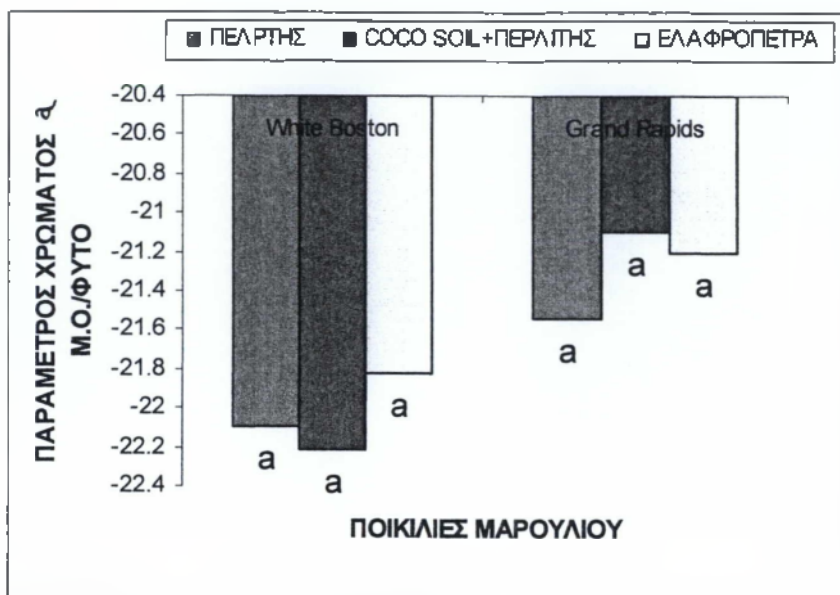
Από το διάγραμμα 6.2 παρατηρούμε και στις δύο ποικιλίες ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε ελαφρόπετρα έχουν μεγαλύτερο νωπό βάρος. Παρόλα αυτά οι διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

6.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ



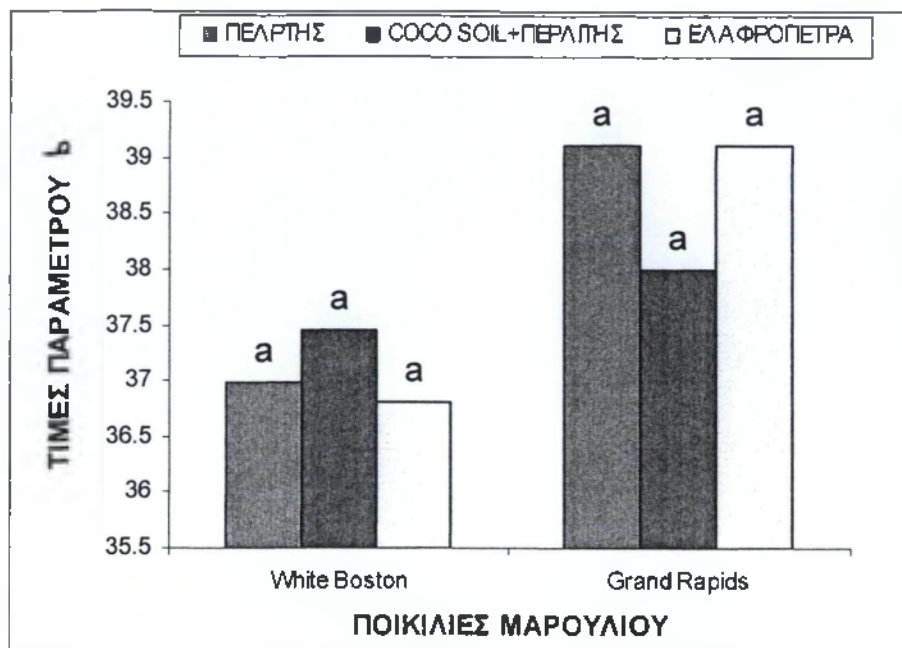
Διάγραμμα 6.3 Μέση τιμή της παραμέτρου L του χρώματος των φύλλων. Οι συγκρίσεις που έγιναν αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $\rho=0,05$.

Τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην Grand Rapids η τιμή της σταθεράς L δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Παντως τα φύλλα (ανεξάρτητα της θέσης τους στο φυτό) της ποικιλίας Grand Rapids έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου L απ' ό τι τα φύλλα της ποικιλίας White Boston (διάγραμμα 6.3).



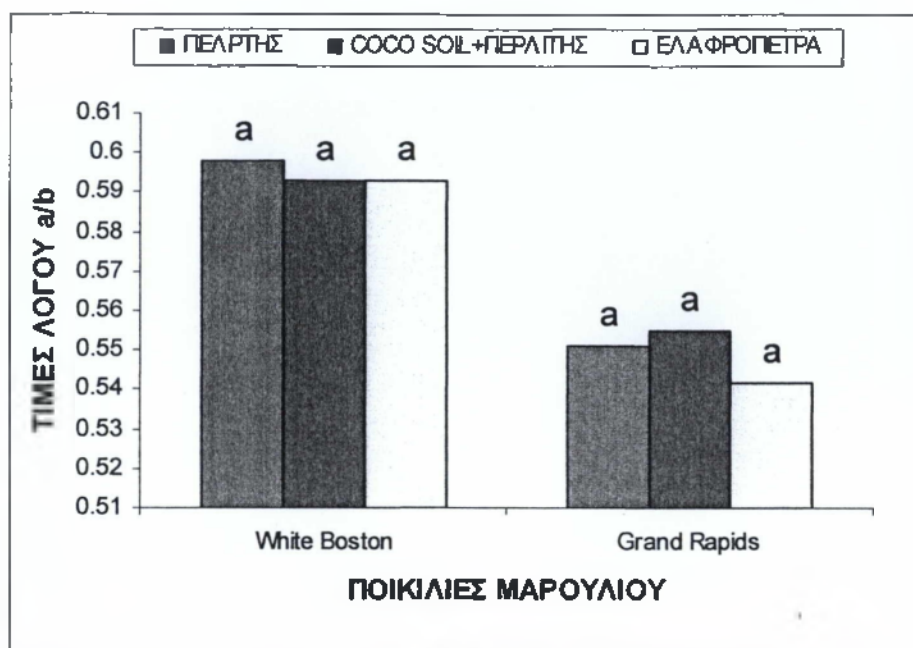
Διάγραμμα 6.4 Μέση τιμή παραμέτρου a του χρώματος. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν στο κάτω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στο διάγραμμα 6.4 διακρίνεται ότι η τιμή της παραμέτρου a δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Επίσης και σε αυτή την παράμετρο χρώματος τα φυτά της ποικιλίας Grand Rapids έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη τιμή από αυτά της ποικιλίας White Boston.



Διάγραμμα 6.5 Μέση τιμή της παραμέτρου b του χρώματος των φύλλων. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $\rho=0,05$.

Τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην Grand Rapids η τιμή της παραμέτρου b του χρώματος των φύλλων δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Παρόλα αυτά τα φυτά της ποικιλίας Grand Rapids έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της παραμέτρου b απ' ό τι τα φύλλα της ποικιλίας White Boston (διάγραμμα 6.5)

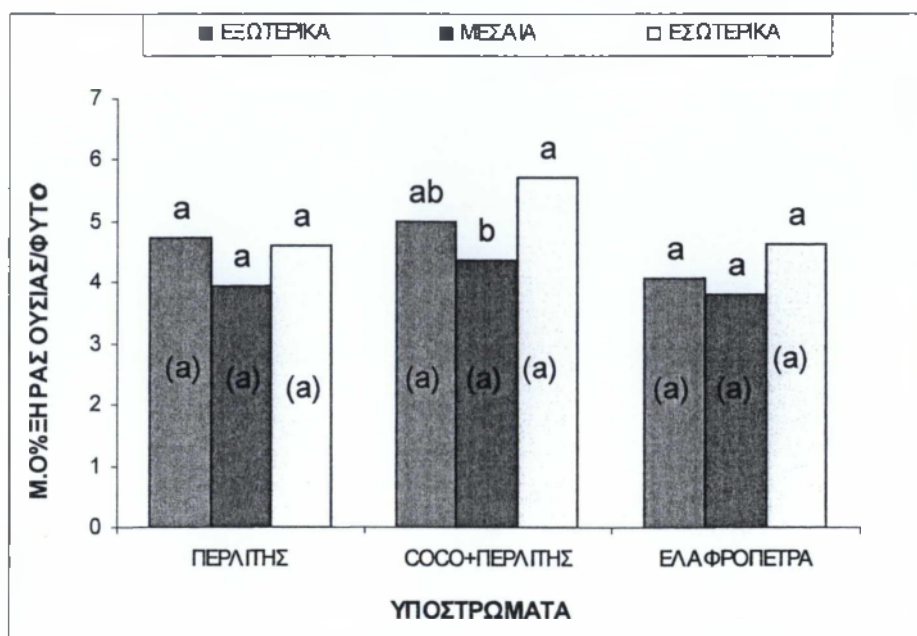


Διάγραμμα 6.6 Μέση τομή του λόγου – a/b στα φύλλα των φυτών. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι τόσο στη White Boston όσο και στην Grand Rapids ο λόγος – a/b που είναι ο δείκτης συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Ο λόγος – a/b παρουσιάζει υψηλότερες τιμές στην ποικιλία White Boston απ’ ότι στην Grand Rapids.

6.5 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ

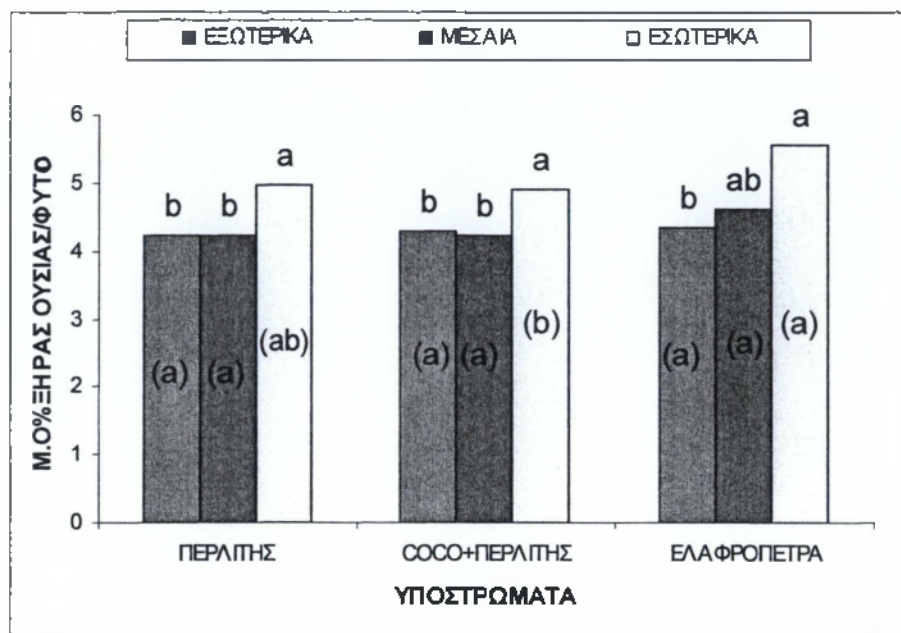
Μετά τη συγκομιδή των φυτών και το διαχωρισμό των φύλλων σε εξωτερικά, μεσαία και εσωτερικά πραγματοποιήθηκε ξήρανση αυτών για των υπολογισμό του ποσοστού ξηράς ουσίας. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν την περιεχόμενη ξηρά ουσία των ιστών του υπέργειου μέρους των φυτών.



Διάγραμμα 6.7 : Μέση περιεκτικότητα (%) των ιστών των φύλλων της ποικιλίας White Boston σε ξηρά ουσία. Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά, μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των υποστρωμάτων. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι στην ποικιλία White Boston :

- ⇒ Στο υπόστρωμα του perlite και της ελαφρόπετρας η θέση των φύλλων των φυτών δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%). Αντίθετα στο υπόστρωμα cocosoil + perlite παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεσαίων και των εσωτερικών φύλλων, με τα εσωτερικά φύλλα να έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%) από ότι τα μεσαία φύλλα.
- ⇒ Όσον αφορά στην επίδραση των υποστρωμάτων σύμφωνα με το διάγραμμα 6.7 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.



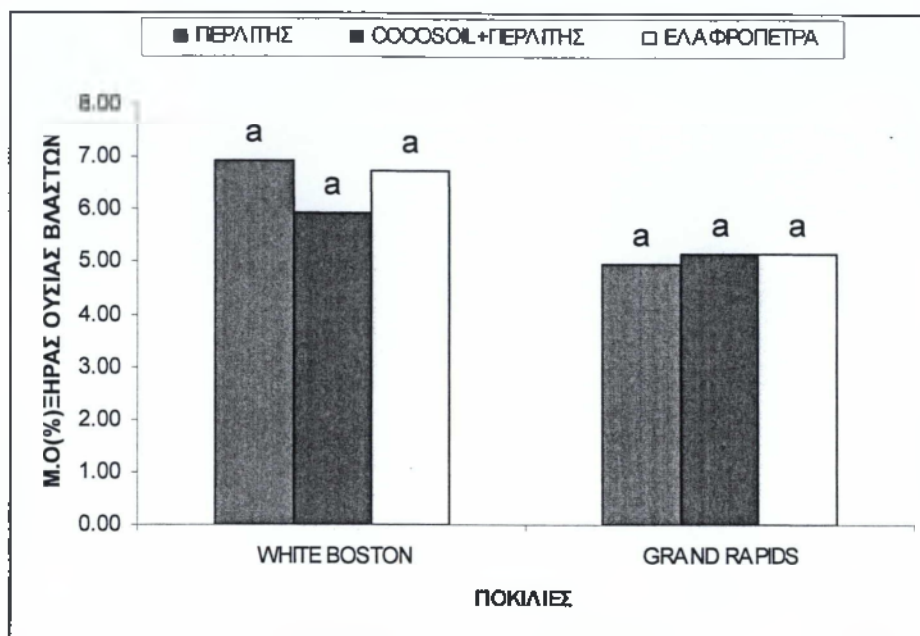
Διάγραμμα 6.8 : Μέση περιεκτικότητα (%) των φύλλων της ποικιλίας Grand Rapids σε ξηρά ουσία. Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των υποστρωμάτων. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στην ποικιλία Grand Rapids παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στη σύγκριση των υποστρωμάτων όσο και στη σύγκριση των θέσεων των φύλλων σε κάθε υπόστρωμα (διάγραμμα 6.8). Συγκεκριμένα :

⇒ Στο υπόστρωμα του περλίτη παρατηρείται μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%) στα εσωτερικά φύλλα απ' ότι στα μεσαία και στα εξωτερικά. Το ίδιο παρατηρείται και στο υπόστρωμα cocosoil + περλίτης. Στην ελαφρόπετρα τα εσωτερικά φύλλα έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%) μόνο σε σύγκριση με τα εξωτερικά φύλλα.

⇒ Όσον αφορά στην επίδραση των υποστρωμάτων, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στα εξωτερικά και μεσαία φύλλα και στα τρία υποστρώματα. Στα εσωτερικά φύλλα ωστόσο παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία να εμφανίζεται στα εσωτερικά φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν στην ελαφρόπετρα σε σύγκριση με το cocosoil + περλίτης (διάγραμμα 6.8).

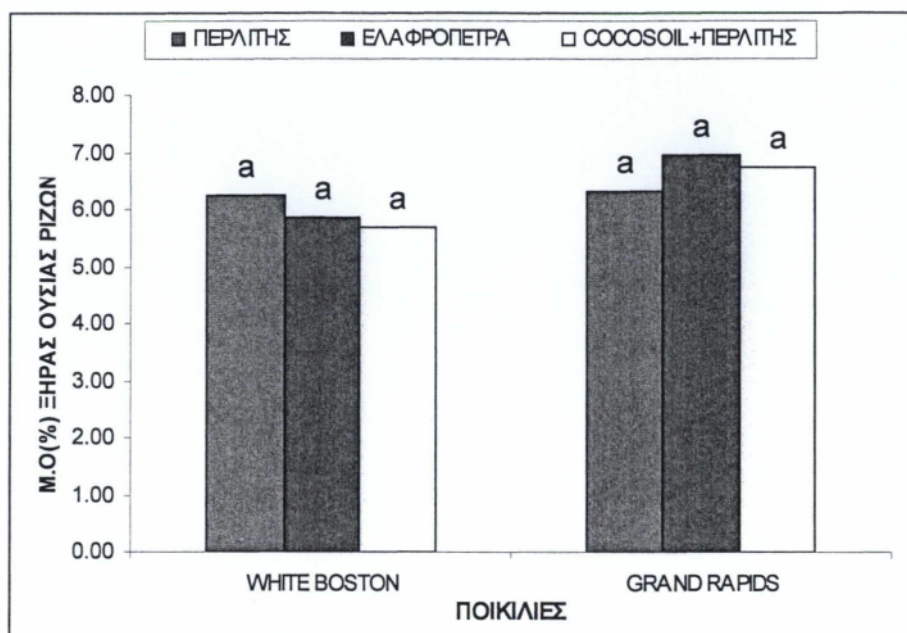
6.6 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ



Διάγραμμα 6.9 : Μέση περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία. Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην ποικιλία Grand Rapids, η περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα (διάγραμμα 6.9).

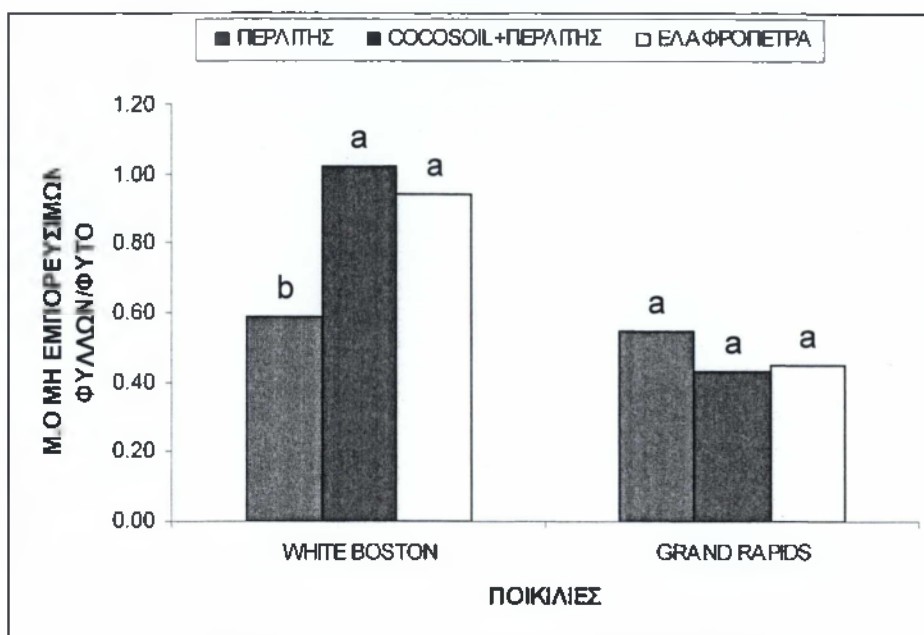
6.7 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΡΙΖΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ



Διάγραμμα 6.10: Μέση περιεκτικότητα (%) των ριζών σε ξηρά ουσία. Τα λατινικά γράμματα που εμφανίζονται στο πάνω μέρος των ράβδων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο γράμμα στο πάνω μέρος τους δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $\rho=0,05$

Η περιεκτικότητα των ριζών σε ξηρά ουσία τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην ποικιλία Grand Rapids δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα (διάγραμμα 6.10).

6.8 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ



Διάγραμμα 6.11 : Μέσος αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό. Τα λατινικά γράμματα που εμφανίζονται στο πάνω μέρος των ράβδων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Οι ράβδοι που φέρουν το ίδιο γράμμα στο πάνω μέρος τους δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$

Από το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι:

- Στην ποικιλία White Boston παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του περγλίτη και των άλλων δύο υποστρωμάτων. Συγκεκριμένα ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος στα υποστρώματα cocosoil+περγλίτης και ελαφρόπετρα σε σύγκριση με τον περγλίτη.
- Στην ποικιλία Grand Rapids ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το υπόστρωμα (διάγραμμα 6.11).
- Μεταξύ των δύο ποικιλιών τα περισσότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρούνται στην ποικιλία White Boston. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η ποικιλία αυτή προσεβλήθει εντονότερα από βοτρυτή.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού ασχολείται με την γεωργία. Παρόλα αυτά η απόδοση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων δεν κρίνεται υψηλή σε σύγκριση με άλλες χώρες όπως η Ιταλία, η Ολλανδία κ.α. Το φαινόμενο αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στην έλλειψη εξειδικευμένων γεωργικών τεχνικών και στην χρησιμοποίηση, κυρίως, συμβατικών τρόπων καλλιέργειας. Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς όσο αφορά την ποιότητα αλλά και την ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων κάνει αναγκαία την «στροφή» προς νέες, μη συμβατικές και περισσότερο αποδοτικές μεθόδους καλλιέργειας όπως είναι η υδροπονία, η αεροπονία, κτλ. Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια μη συμβατική μέθοδος καλλιέργειας η οποία ενδείκνυται για παράγωγη λαχανοκομικών ειδών (πιπεριά, τομάτα, μαρούλι κλπ.).

Ωστόσο η υδροπονική καλλιέργεια δεν έχει διαδοθεί ακόμη στη χώρα μας στο βαθμό που θα έπρεπε. Αυτό πιθανόν να οφείλεται :

- Στην έλλειψη ενημέρωσης των παραγωγών για τις νέες τεχνικές καλλιέργειας.
- Στο μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης των υδροπονικών συστημάτων.
- Στην υψηλή τιμή αγοράς των υδροπονικών υποστρωμάτων.
- Στην ανυπαρξία εξειδικευμένου προσωπικού.

Στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε μια προσπάθεια ώστε να κατανοηθεί η επίδραση τριών υποστρωμάτων στην απόδοση και στην ποιότητα ενός από τα σημαντικότερα λαχανοκομικά είδη, του μαρουλιού.

Η επίδραση των τριών υποστρωμάτων δεν ήταν η ίδια και για τις δύο ποικιλίες που μελετήθηκαν, ιδιαίτερα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών δεν διέφερε ανάμεσα στα τρία υποστρώματα όσον αφορά τις δύο ποικιλίες (πίνακας 5.1 και πίνακας 5.2). Ωστόσο φαίνεται ότι ο ρυθμός εμφάνισης φύλλων ήταν μεγαλύτερος από την 25^η ως την 32^η μέρα μετά την μεταφύτευση και ακόμα μεγαλύτερος από την 32^η ως την μέρα της συγκομιδής. Ο μικρός ρυθμός εμφάνισης φύλλων κατά το διάστημα από την 18^η ως την 25^η μέρα μετά την μεταφύτευση ίσως να οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούσαν κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Όσο αφορά το ύψος των φυτών δεν βρέθηκε καμμία επίδραση των υποστρωμάτων, τόσο στην ποικιλία White Boston όσο και στην ποικιλία Grand Rapids (διάγραμμα 6.1). Τα φυτά της ποικιλίας Grand Rapids παρουσίασαν

μεγαλύτερα ύψη από τα φυτά της ποικιλίας White Boston, κάτι αναμενόμενο αφού η ποικιλία White Boston σχηματίζει κεφαλή και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη καθ' ύψος ανάπτυξη.

Η επίδραση των υποστρωμάτων στον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων ήταν διαφορετική στις δύο ποικιλίες. Στην ποικιλία White Boston τα λιγότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρήθηκαν στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη και τα οποία διέφεραν στατιστικά σημαντικά από αυτά που καλλιεργήθηκαν στα άλλα δύο υποστρώματα. Στην ποικιλία Grand Rapids δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα τρία υποστρώματα. Πάντως η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που αφορούν τα μη εμπορεύσιμα φύλλα ελέγχεται εξαιτίας της προσβολής κάποιων φυτών από βοτρυτή άλλα έτσι και αλλιώς ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Μάλιστα η ευνοϊκή επίδραση του περλίτη στην παρουσία λιγότερων μη εμπορεύσιμων φύλλων στην ποικιλία White Boston μπορεί να σχετίζεται με την καλύτερη αποστράγγιση αυτού του υποστρώματος και την αποφυγή ευνοϊκών συνθηκών για την εμφάνιση του μύκητα.

Σημαντικός παράγοντας στην ποιότητα των μαρουλιών είναι οι διάφοροι παράμετροι του χρώματος (L που εκφράζει φωτεινότητα, a που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το πράσινο(-) έως το κόκκινο(+), b που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το μπλε(-) έως το κίτρινο(+) χρώμα). Τόσο για την ποικιλία White Boston όσο και για την ποικιλία Grand Rapids δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα υποστρώματα. Περισσότερο φωτεινό χρώμα είχαν τα φυτά της ποικιλίας Grand Rapids ενώ υψηλότερες είναι οι τιμές για τις υπόλοιπες παραμέτρους του χρώματος a, b, ενώ αντίθετα για το λόγο $-a/b$ οι τιμές σ' αυτή την ποικιλία έλαβαν μικρότερες τιμές. Αυτή η διαπίστωση συνδέεται με το γεγονός ότι τα φύλλα της ποικιλίας Grand Rapids έχουν χρώμα σκούρο πράσινο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη αφού ο λόγος $-a/b$ μπορεί να αποτελέσει δείκτη εκτίμησης της περιεκτικότητας των ιστών σε χλωροφύλλη (Gold and Weckel 1959).

Όσο αφορά την απόδοση της καλλιέργειας (νωπό βάρος κεφαλής) δεν φάνηκε να υπάρχει σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων και στις δύο ποικιλίες. Τα φυτά της ποικιλίας Grand Rapids είχαν μεγαλύτερο βάρος από τα φυτά της ποικιλίας White Boston και το οποίο δικαιολογείται τόσο από τον τρόπο ανάπτυξης της

ποικιλίας όσο και από την συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη η οποία ευνοεί την εντονότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών.

Διαφορές, όσο αφορά το ποσοστό της ξηράς ουσίας των ιστών παρατηρήθηκαν και στις δύο ποικιλίες (διάγραμμα 6.7, διάγραμμα 6.8). Όσον αφορά στην ποικιλία Grand Rapids η μεγαλύτερη περιεκτικότητα (%) των εσωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία, των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας σε σύγκριση με τα εσωτερικά φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα cocosoil + περλίτης είναι πιθανό να σχετίζεται με την τροφοδοσία των φυτών με νερό από το υπόστρωμα. Συγκεκριμένα το cocosoil είναι πιθανό να συγκρατεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού απ' ότι η ελαφρόπετρα λόγω πιο αργού ρυθμού αποστράγγισης.

Το γεγονός ότι τα εσωτερικά φύλλα της ποικιλίας Grand Rapids έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία, ανεξάρτητα του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών, είναι πιθανό να σχετίζεται με το νεαρό της ηλικίας τους καθώς και με το γεγονός ότι δεν σχηματίζεται κεφαλή, οι νεαροί ιστοί είναι εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία.

Αντίθετα στην ποικιλία White Boston η οποία σχηματίζει κεφαλή το φαινόμενο δεν είναι έντονο και παρατηρείται μόνο στο υπόστρωμα cocosoil + περλίτης όπου και πάλι η διαφορά περιορίζεται μόνο μεταξύ των εσωτερικών και μεσαίων φύλλων.

Αναφορικά με την ξηρά ουσία των βλαστών δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των υποστρωμάτων και στις δύο ποικιλίες (διάγραμμα 6.9). Αυτό σημαίνει πως το υποστρώματα δεν επηρέασαν την συσσώρευση αλάτων, βιταμινών, λιπών και υδατανθράκων που αποτελούν την ξηρά ουσία στο βλαστό ή ότι εννόησαν την πρόσληψη νερού από τα φυτά.

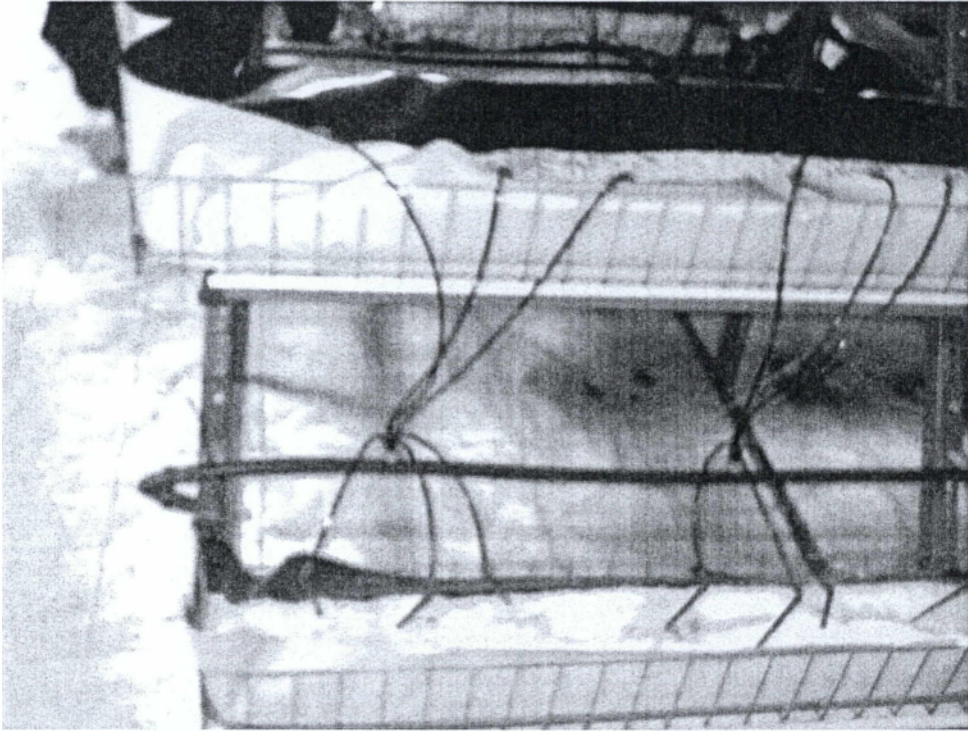
Στο ποσοστό της ξηράς ουσίας των ριζών τόσο της ποικιλίας White Boston όσο και της Grand Rapids δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στα τρία υποστρώματα και για τις δύο ποικιλίες. Σχετικά μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας εμφάνισαν οι ρίζες των φυτών της ποικιλίας Grand Rapids (διάγραμμα 6.10).

Κρίνοντας συνοπτικά την καλλιέργεια η απόδοση και των δύο ποικιλιών, για τα τρία υποστρώματα κρίνεται ικανοποιητική. Επομένως και τα τρία υποστρώματα θεωρούνται κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιών ποικιλίας White Boston και Grand Rapids. Οι μικρές διαφορές σε επιμέρους χαρακτηριστικά των δύο ποικιλιών όσο αφορά στην επίδραση του υποστρώματος υποδηλώνουν πιθανή

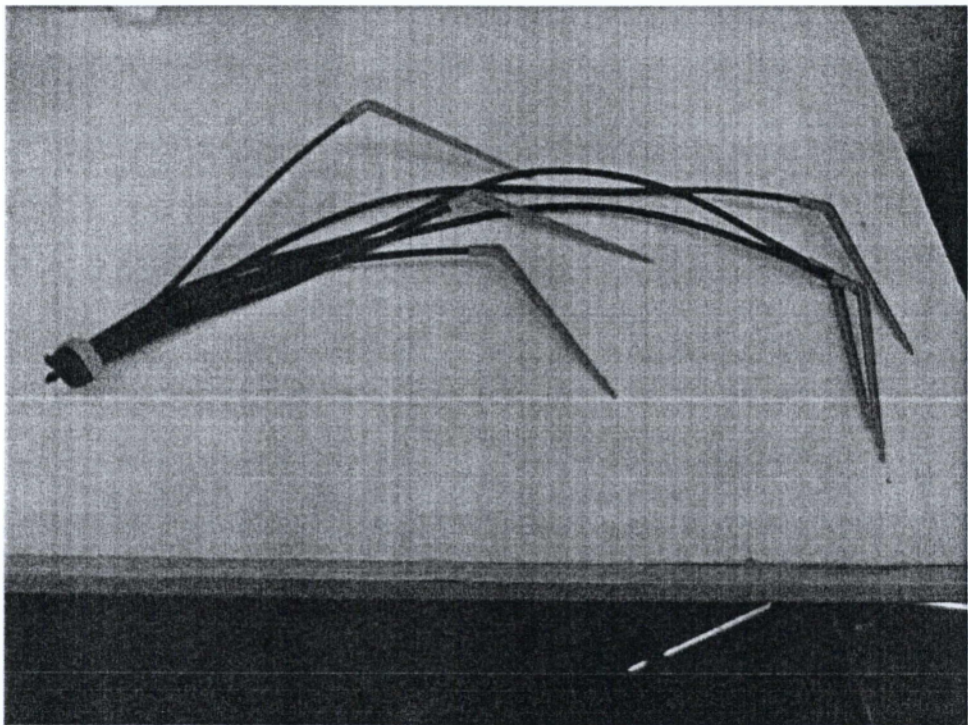
διαφορετική συμπεριφορά των φυτών που συνδέεται με τις ιδιαιτερότητες των δύο ποικιλιών.

Πάντως χρειάζεται να γίνει περαιτέρω έρευνα όσο αφορά τη συμπεριφορά των ποικιλιών αυτών, που ανήκουν σε διαφορετικούς τύπους μαρουλιού, σε διαφορετικές εποχές του χρόνου, σε συνδυασμό με τη χρήση των διαφορετικών υποστρωμάτων, αλλά και της εφαρμογής διαφορετικών λιπάνσεων σε κάθε υπόστρωμα ώστε να προσδιοριστούν οι ιδιαίτερες απαιτήσεις της κάθε ποικιλίας.

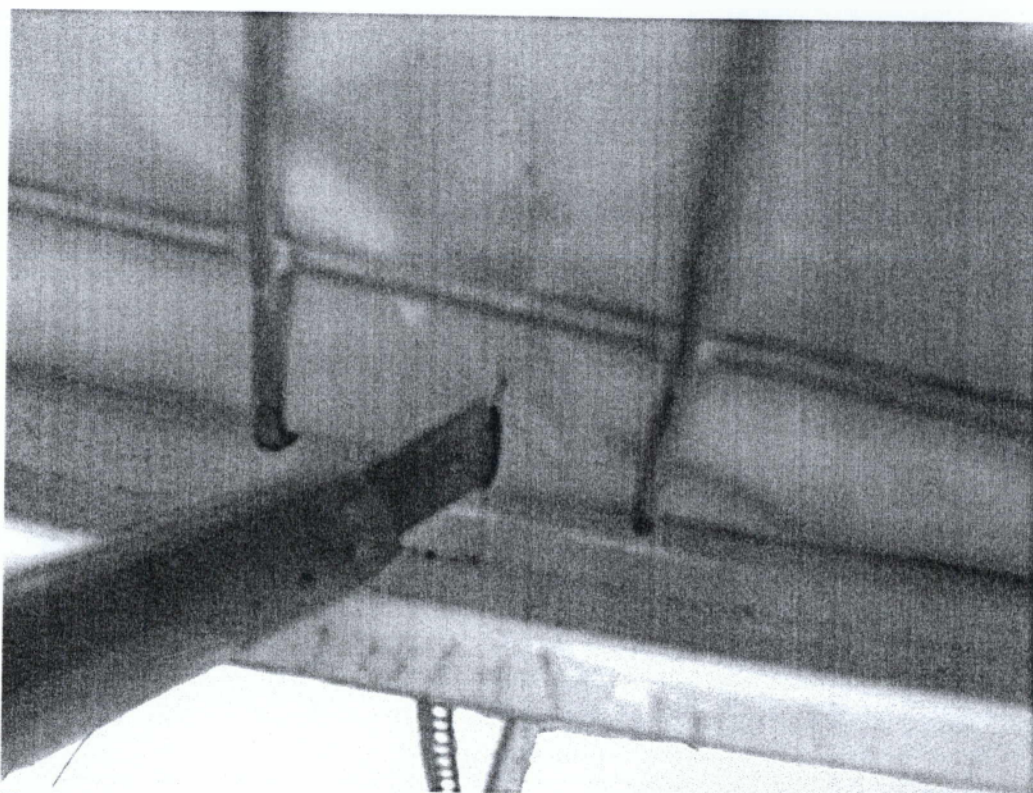
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Πλήρωση των σάκων με διάλυμα.



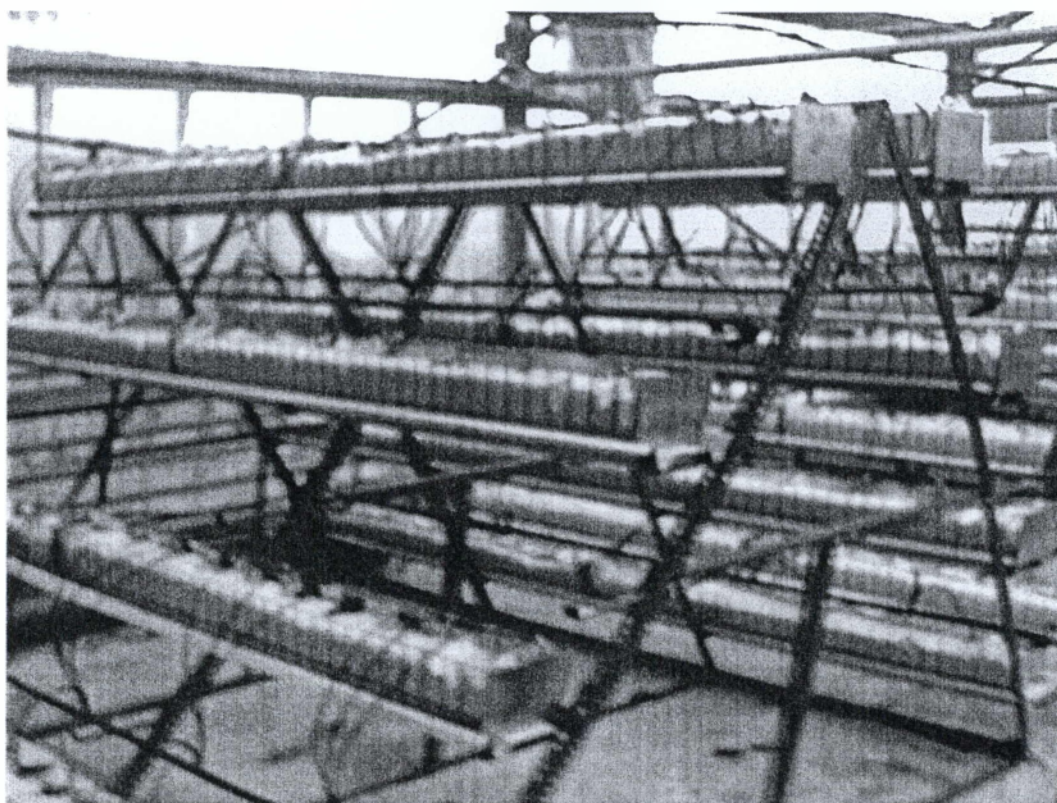
Εικόνα 2: «Χταπόδι» άρδευσης.



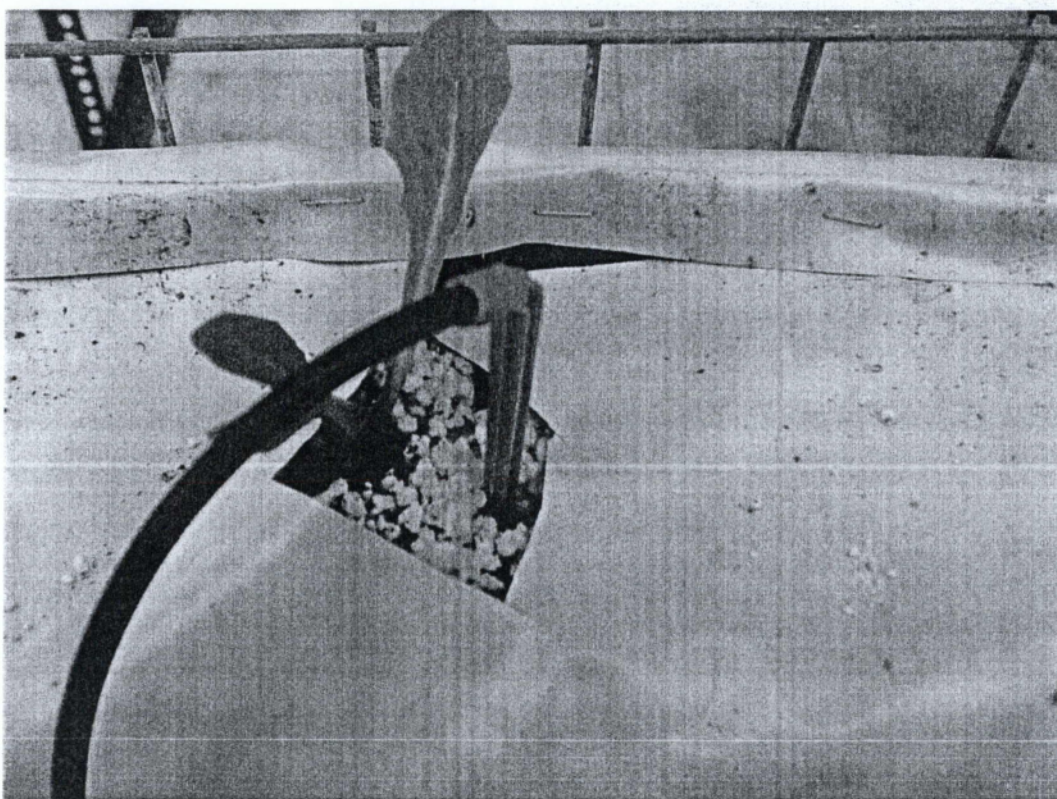
Εικόνα 3: Άνοιγμα οπής απορροής.



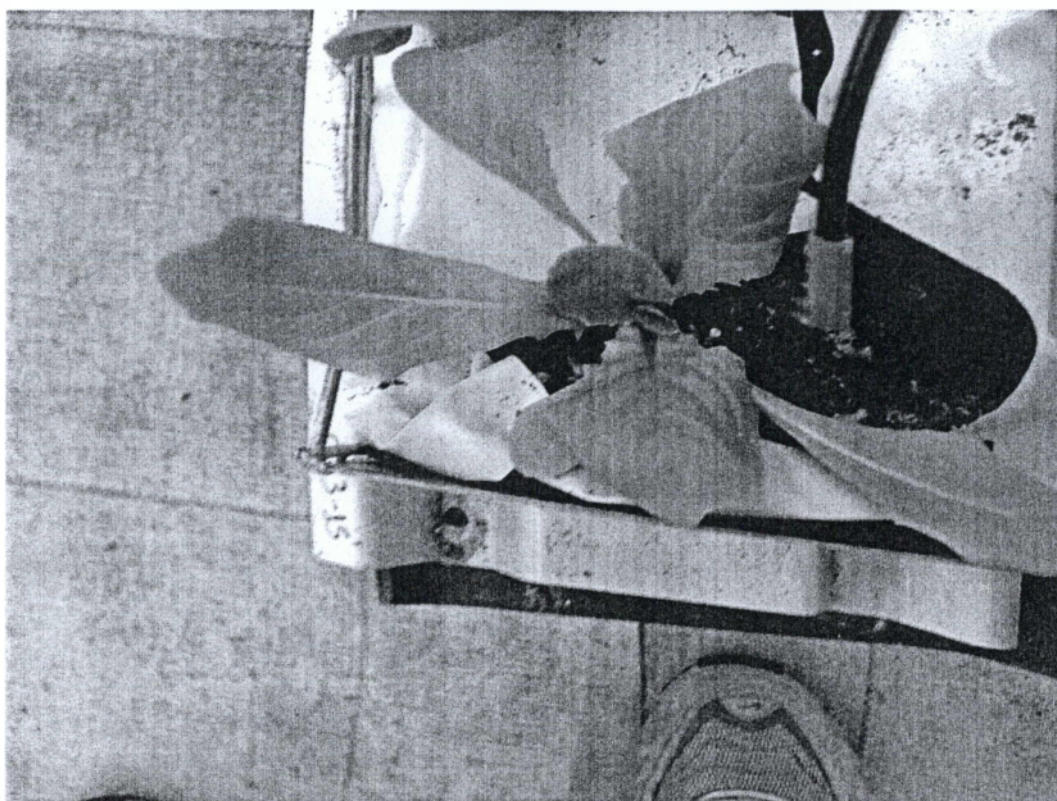
Εικόνα 4: Μεταφύτευση των φυτών στα υποστρώματα.



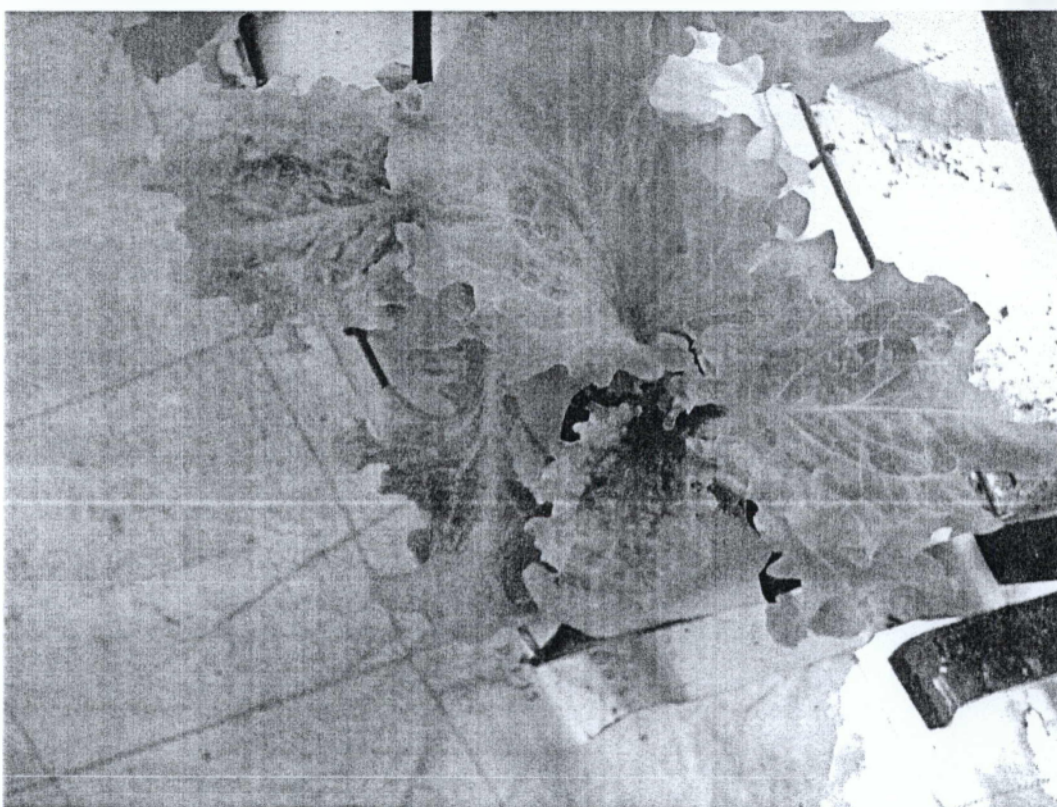
Εικόνα 5: Άποψη του θερμοκηπίου αμέσως μετά τη μεταφύτευση.



Εικόνα 6: Λόγχη για την άρδευση κάθε φυτού.



Εικόνα 7: Φυτά της ποικιλίας White Boston μια εβδομάδα μετά την τελική μεταφύτευση.



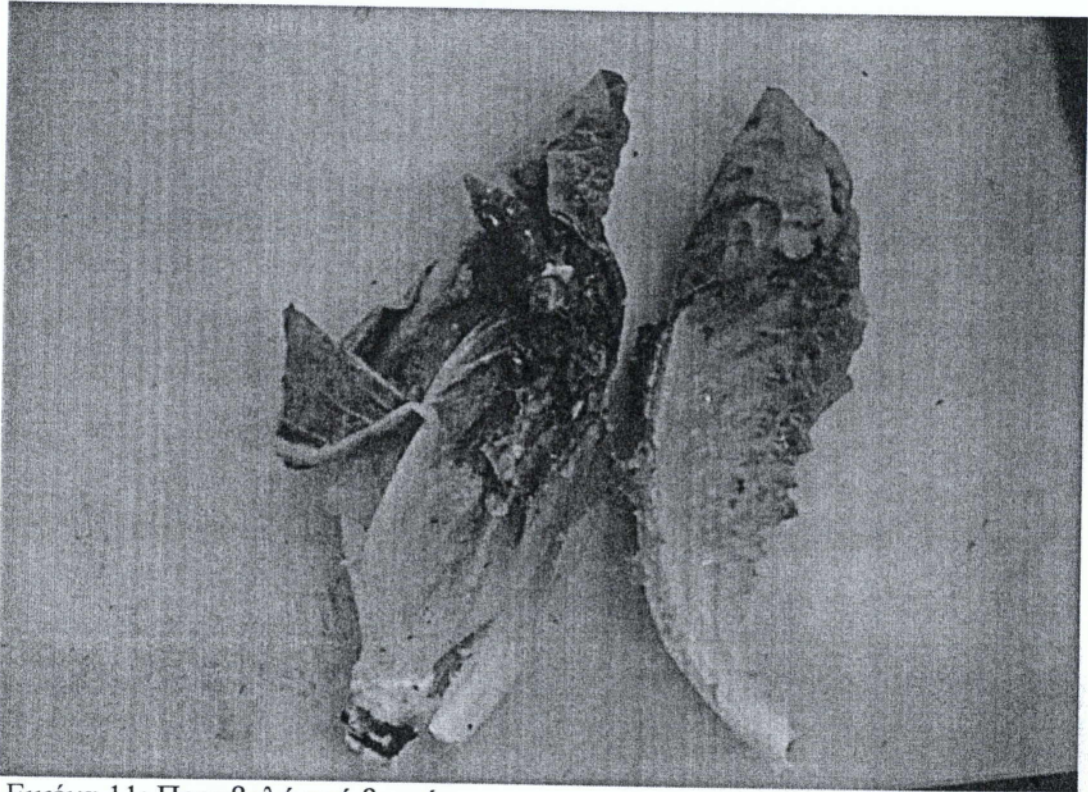
Εικόνα 8: Φυτό της ποικιλίας Grand Rapids δύο εβδομάδες μετά την τελική μεταφύτευση.



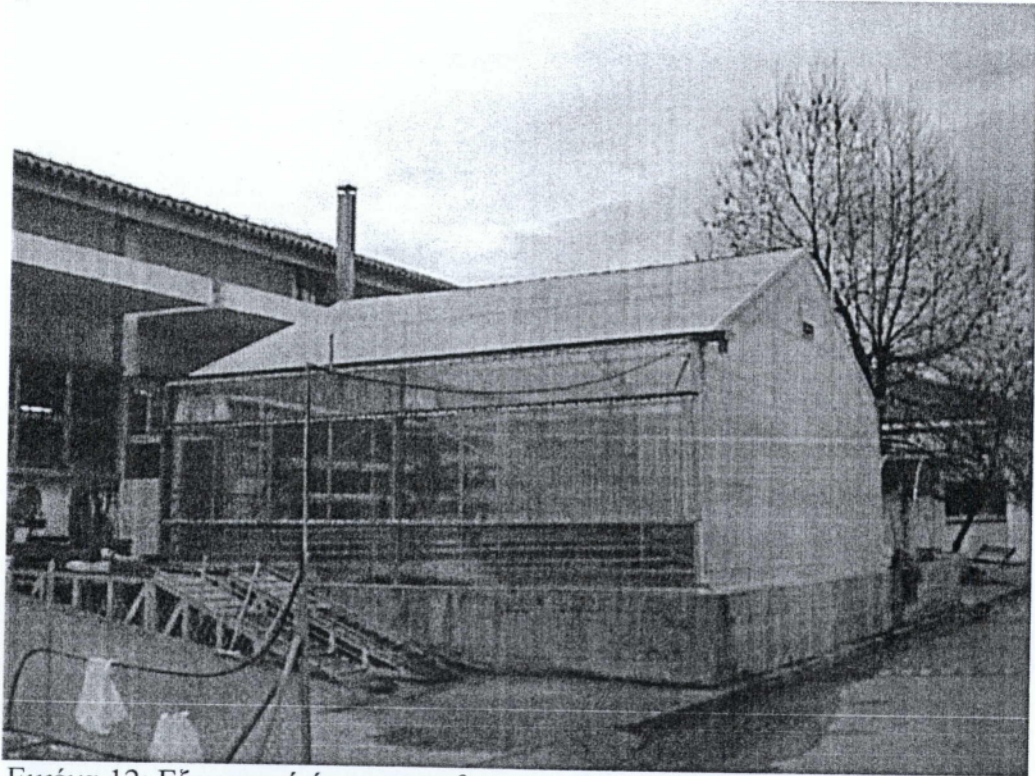
Εικόνα 9: Φυτά της ποικιλίας White Boston λίγο πριν την συγκομιδή.



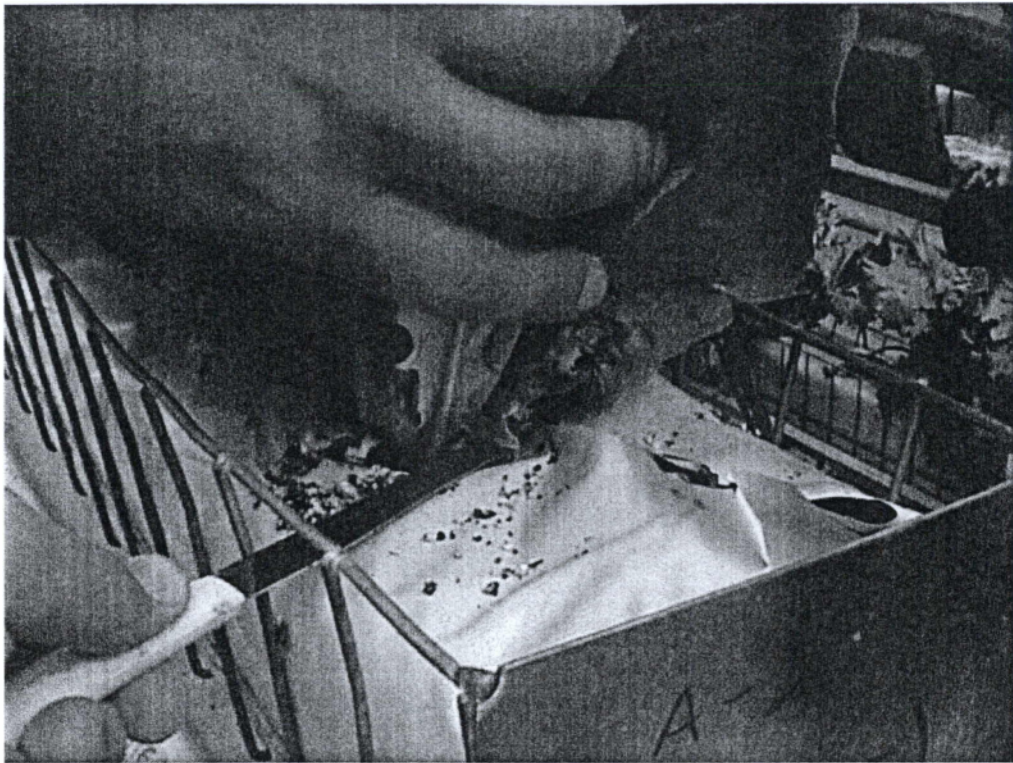
Εικόνα 10: Φυτά της ποικιλίας Grand Rapids σαράντα ημέρες μετά την τελική μεταφύτευση.



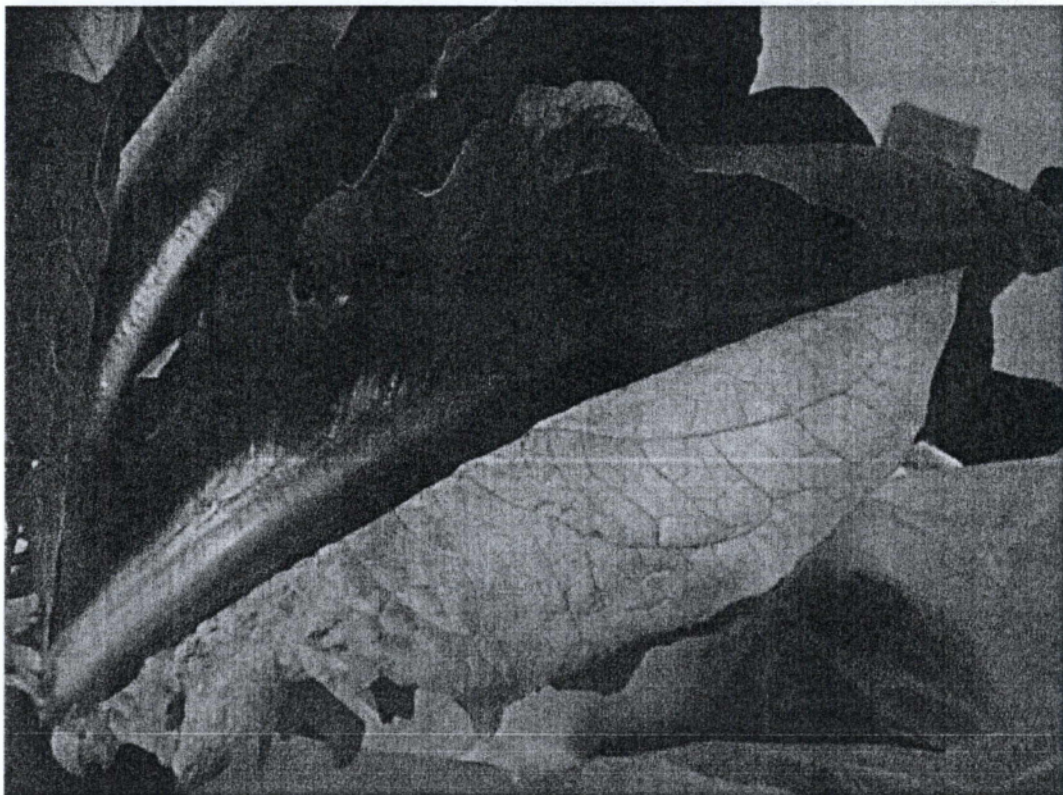
Εικόνα 11: Προσβολή από βοτρυτή.



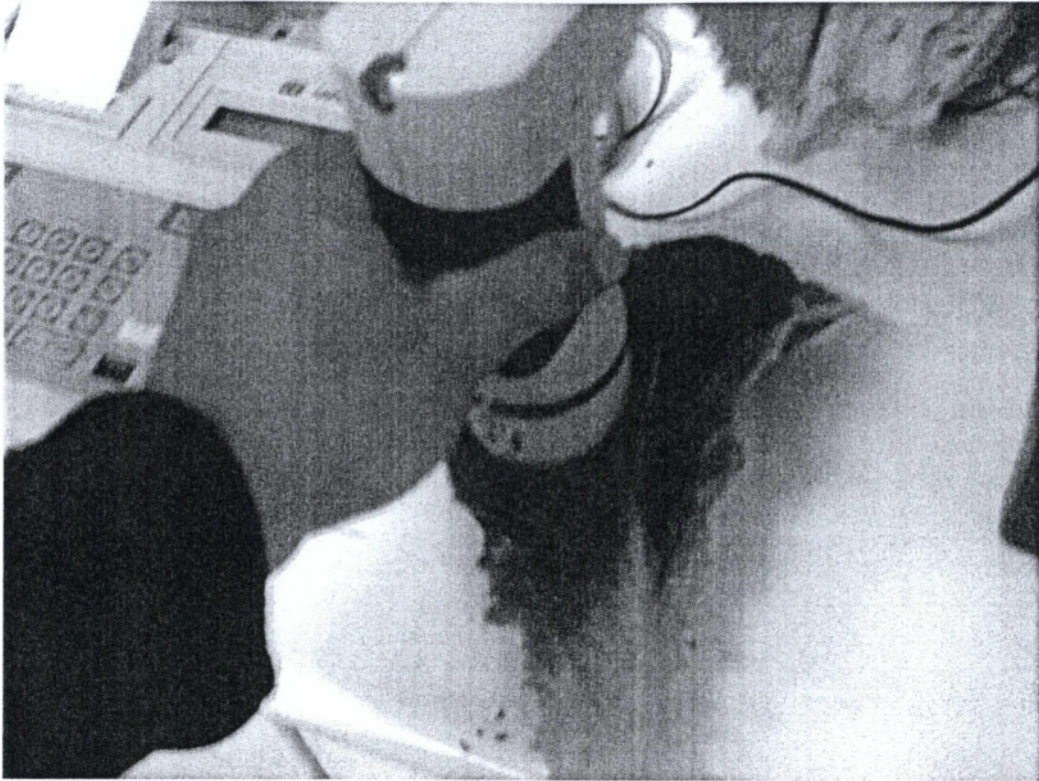
Εικόνα 12: Εξωτερική άποψη του θερμοκηπίου γεωργικής μηχανολογίας.



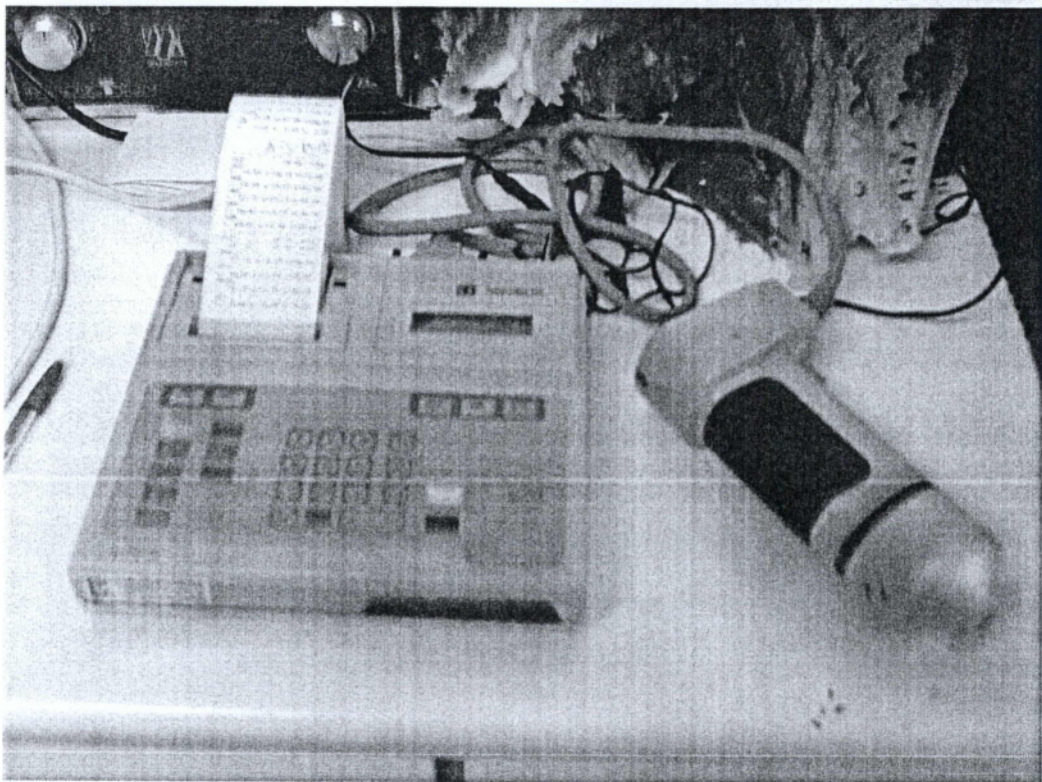
Εικόνα 13: Συγκομιδή των φυτών.



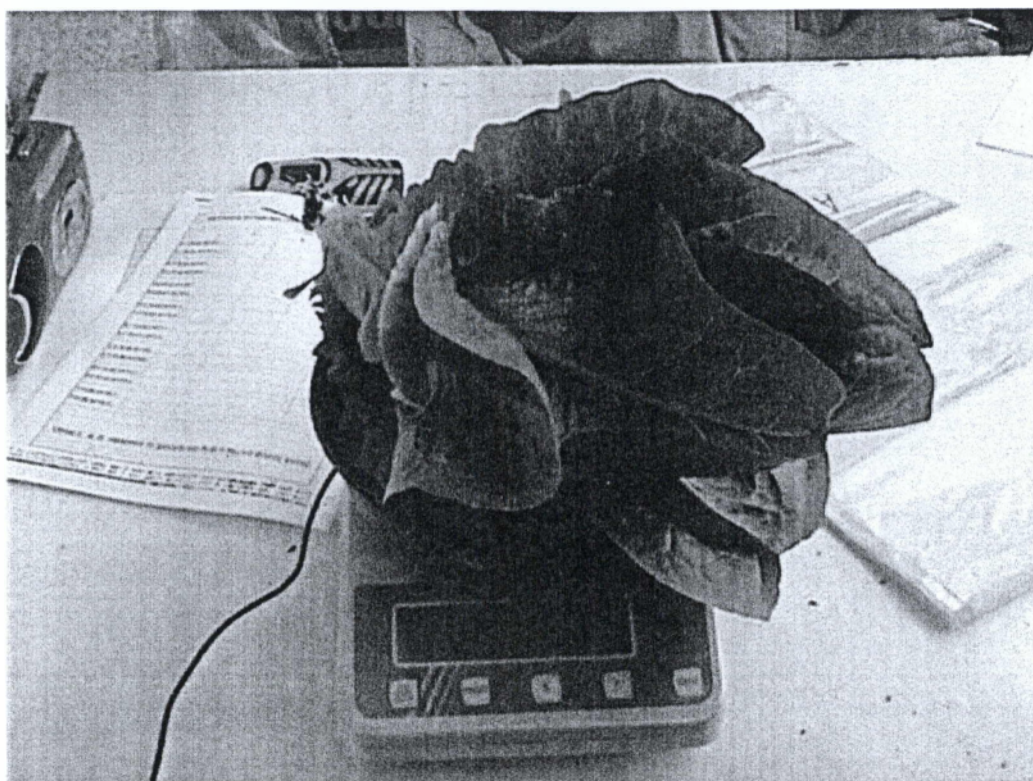
Εικόνα 14: Μη εμπορεύσιμο φύλλο.



Εικόνα 15: Μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος των φύλλων των φυτών.



Εικόνα 16: Χρωματόμετρο Minolta CR-300.



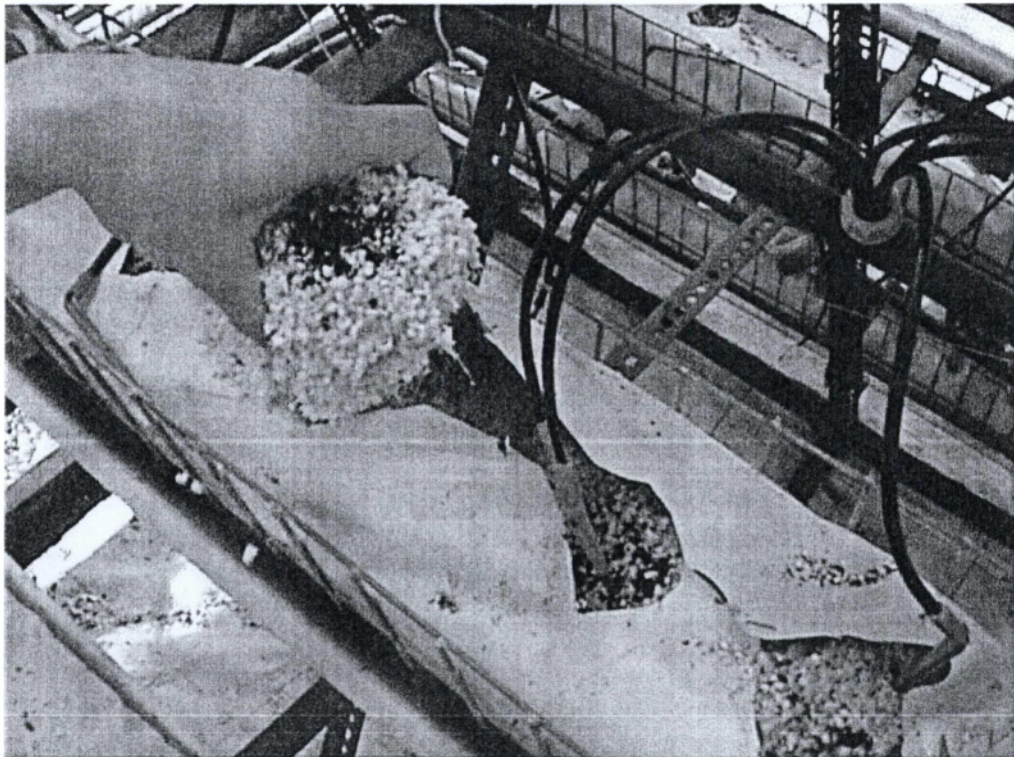
Εικόνα 17: Ζύγιση φυτού.



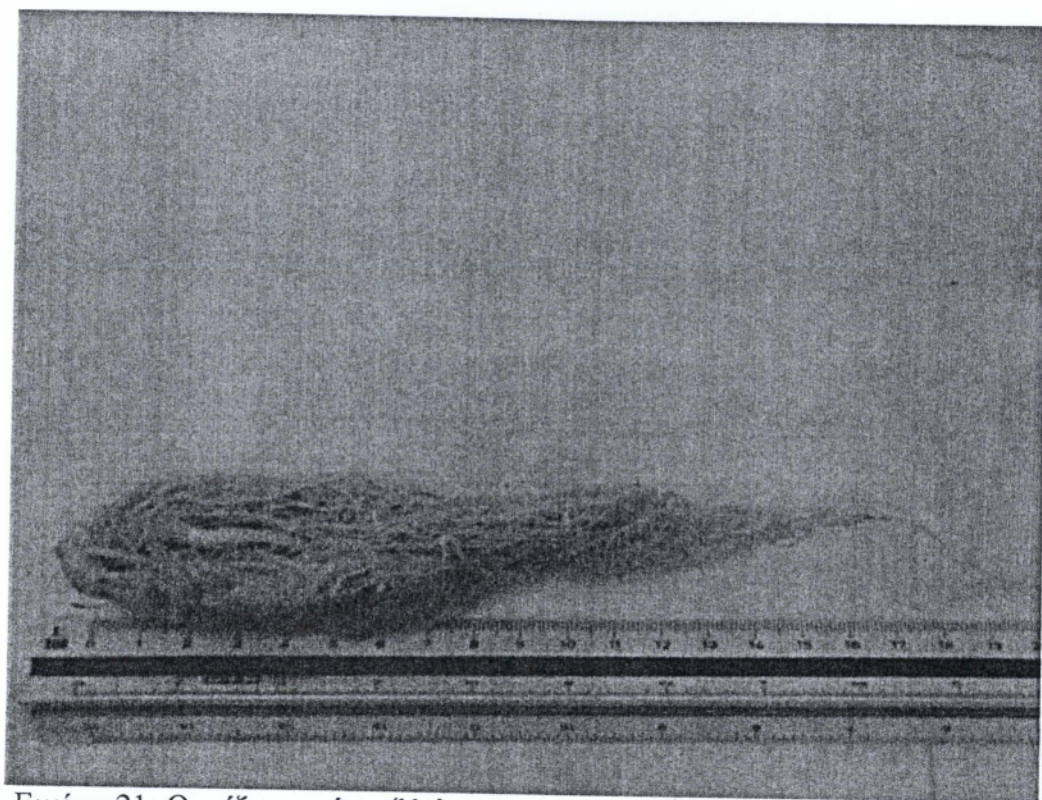
Εικόνα 18: Αφού ζυγίζοταν ολόκληρο το υπέργειο μέρος διαχωριζόταν σε εσωτερικά, μεσαία και εξωτερικά φύλλα.



Εικόνα 19: Αμέσως μετά την τοποθέτησή τους σε αλουμινόχαρτο οι ιστοί τοποθετούνταν σε ξηραντήριο (72° C).



Εικόνα 20: Εξαγωγή ρίζας από το υπόστρωμα.



Εικόνα 21: Οι ρίζες μετά το ξέπλυμά τους τοποθετούνταν σε απορροφητικό χαρτί για να στεγνώσουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albright L.D., 1997. Controlled Environment Agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook/Lettuce%20Main.htm.
- Βασιλάκης Δ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Μπορούν να δώσουν λύσεις. Γεωργική Τεχνολογία 9: 65-68
- Benton J. and Jones J., 2000. A practical Guide for the Soilless Grower. Edition Boca Raton , Florida : 23-26
- Boodley J.W. and Sheldrue 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.
- Boodt M., Verdonck O. and Vleeschauer D., 1989. Argex, a valuable growing medium for plants. Acta Horticulturae 126: 65-68.
- Γαρεφαλάκη Ε., 1992. Παρασκευή και αξιολόγηση υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων με τη χρήση ελαφρόπετρας Νισύρου και υδροζελατίνης. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Ciufolini C., 1986. Λαχανοκομία Κηπευτική Γενική και Ειδική. Εκδόσεις Ψύχαλου. Αθήνα.
- Δημητράκης Κ. Γ., 1983. Πρακτική Λαχανοκομία: 55-56 και 133-135.
- Δημητράκης Κ. Γ., 1998. Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος ΑΕ.
- Dunkun C., H. Li, Dykhuizen R., Frazer R., Johnston P., MacKnight G., Smith L., Lamza K., McKenzie H., Batt L., Kelly D., Golden M., Benjamin N. and Leifert C., 1997. Protection oral and gastrointestinal diseases: importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. Comp. Biochem. Physiol., 118A (4): 939-948.
- Gold H. J. and Weckel K. G., 1959. Degradation in chlorophyll to pheophytin during sterilization of canned green peas by heat. Food Technology, 13: 281-286
- Howard M. and Resh Ph. D., 1995. Hydroponic Food Production. Woodridge, London, pp 193-210, 304-322, 471-474.
- Κανάκης Α., 1998. Λαχανοκομία IV. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Καραμπέτσος Ι., 2001. Φυσιολογία φυτών. Σημειώσεις, ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Κουσούρη Ε., 2004. Υδροπονική Καλλιέργεια Μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Lipton, W.J., 1987. Senescence of leafy vegetable. HortScience 22: 854-859

- 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
- Μανιός Β., 1997. Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γιαλί- Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών λαχανοκομικών καλλιεργειών. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς, σελ. 80-111.
- Morgan L., 2002. Hydroponic Production for Lettuces and Specialty Greens. www.mayhillpress.com/hydro.html.
- Nonnecke L. I., 1989. Vegetable production. Edition Van Nostrand Reinhold (AVI), New York, pp 450-466.
- Οικονομακης Γ., 2002. Καλλιέργεια φράουλας με το σύστημα NFT. Υδροπονικές καλλιέργειες 1. Εκδόσεις Ζεύς, Αθήνα: 72-74.
- Ολύμπιος Χ., 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Εκδόσεις Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Ολύμπιος Χ., 2001. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στο Θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα: 667-737.
- Osvald G., 1998. Journal of plant physiology 152 (4/5): 387-391.
- Παναγιωτόπουλος Π.Α. και Σπυρόπουλος Σ.Β. , 2004. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή Μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Πετροπούλου Ι., 2003. Η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως στην αύξηση των φυτών μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Salunke D.K., Bolin H.R. and Reddy N.R., 1991. Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Edition CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

- Salunkhe D.K. and Kadam S.S., 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology (production, composition, storage and processing). Edition: Marcel Dekker, Inc., New York, pp 493-509
- Savas S. and Adamides M., 1999. Automated Management of Nutrient Solutions Based on Target Electrical Conductivity, pH and Concentration Ratios. Journal of Plant Nutrition, 22 (9): 1415-1432.
- 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. and Kaberidou I., 1999a. Aerial biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace .
- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P. and Kaberidou I., 1999b. Quality and composition of lettuce grown in soil and soilless culture. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace .
- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P. and Kaberidou I., 1999c. Quality of lettuce (cv. Paris Island) grown in soil and soilless culture. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace .
- Siomos A.S., Papadopoulou P.P. and Dogras C.C., 1999d. Quality of Romaine and Leaf Lettuce at Harvest and during Storage. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace .
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι. και Μπαρμπαγιάννης Ν., 1999α. Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι. και Πέτκου Δ., 1999β. Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο: 283-285.
- Smith L. D., 1997. Rochwool in Horticulturae. Edition Grower Books, London .

- Soneveld C. and Straver N., 1994. Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw order glas te Naaldwijk.
- Στεργίου Β., 2002. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, 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.
- Wheeler E.F., 1994. Plant growth and nitrogen uptake. Asae paper No. 947506, USA .
- Wilson G.C.S., 1983. The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticultrae* 150: 19-32
- Χαρίτος Ν.Κ., 1989. Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. *Γεωργική Τεχνολογία* 4: 10-20.