

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΘΕΜΑ:

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ cv PARIS ISLAND ΚΑΙ
GREAT LAKES ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»**

Του σπουδαστή: Γεωργακίλα Π. Γεώργιου

Καλαμάτα, Μάιος 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 PARIS ISLAND ΚΑΙ
GREAT LAKES ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
ΕΛΕΝΗ ΜΑΝΩΛΟΠΟΥΛΟΥ**

Του σπουδαστή: Γεωργακίλα Π. Γεώργιου

Καλαμάτα, Μάιος 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.1
1.1 Βοτανική ταξινόμηση.....	σελ.1
1.2 Ιστορικό- Καταγωγή	σελ.1
1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	σελ.3
1.4 Τύποι και ποικιλίες	σελ.4
1.5 Οικονομική σημασία	σελ.7
1.6 Χημική σύσταση και θρεπτική αξία.....	σελ.9
1.7 Το πρόβλημά των νιτρικών	σελ.10
1.8 Εδαφικές Απαιτήσεις.....	σελ.11
1.9 Κλιματικές απαιτήσεις	σελ.12
1.9.1 Φως.....	σελ.12
1.9.2 Θερμοκρασία.....	σελ.12
1.10 Συγκομιδή.....	σελ.13
1.11 Συντήρηση.....	σελ.14
1.12 Εχθροί και ασθένειες.....	σελ.15
1.12.1 Τήξη σπορείων.....	σελ.15
1.12.2 Περονόσπορος.....	σελ.15
1.12.3 Βοτρύτης (φαιά σήψη)	σελ.15
1.12.4 Σκληροτίνια.....	σελ.16
1.12.5 Ωίδιο	σελ.16
1.12.6 Ιώσεις	σελ.16
1.12.7Αφίδες	σελ.16
1.12.8 Αλευρώδεις.....	σελ.17
1.12.9 Θρίπας	σελ.17
1.12.10 Κοχλίες- Σαλιγκάρια	σελ.17
1.13 Φυσιολογικές ανωμαλίες – Μη παρασιτικές ασθένειες.....	σελ.17
2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	σελ.18
2.1 Γενικά.....	σελ.18
2.2 Ιστορική αναδρομή	σελ.19
2.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα	σελ.21
2.4 Υδροπονικά συστήματα	σελ.22
2.5 Υποστρώματα.....	σελ.23
2.5.1 Περλίτης.....	σελ.23
2.5.2 Ελαφρόπετρα	σελ.24
2.5.3 Cocosoi ή ίνες καρύδας.....	σελ.25
2.5.4 Άμμος.....	σελ.27
2.5.5 Άργιλος.....	σελ.27
2.5.6 Βερμικουλίτης.....	σελ.27
2.5.7 Ζεόλιθοι.....	σελ.28

2.5.8 Πετροβάμβακας.....	σελ.28
2.6 Υποδοχείς υποστρωμάτων	σελ.28
2.7 Θρεπτικά διαλύματα.....	σελ.29
2.7.1 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	σελ.30
2.7.2 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων.....	σελ.30
2.7.2.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	σελ.31
2.7.2.2 Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων	σελ.31
3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	σελ.32
3.1 Συνθήκες στο θερμοκήπιο.....	σελ.32
3.1.1 Φως.....	σελ.32
3.1.2 CO ₂	σελ.32
3.2 Χρησιμοποιούμενα υποστρώματα στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού	σελ.32
3.3 Διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο	σελ.33
3.4 Αποστάσεις φύτευσης	σελ.34
3.5 Θρεπτικό διάλυμα	σελ.35
3.6 Ερευνητικές μελέτες υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού..	σελ.38
3.7 Σκοπός της εργασίας	σελ.40
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	σελ.41
4.1 Εισαγωγή.....	σελ.41
4.2 Σπορά.....	σελ.41
4.3 Μεταφύτευση	σελ.42
4.4 Λίπανση.....	σελ.43
4.5 Λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες.....	σελ.45
4.6 Συνοπτικός πίνακας καλλιεργητικών εργασιών.....	σελ.46
4.7 Μετρήσεις.....	σελ.46
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.50
5.1 Μεταβολή αριθμού φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.....	σελ.50
5.2 Αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων κατά τη συγκομιδή.....	σελ.52
5.3 Παράμετροι χρώματος (L*, a, b, -a/b)	σελ.54
5.4 Νωπό βάρος υπέργειου μέρους του φυτού	σελ.58
5.5 Περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε ξηρά ουσία	σελ.59
5.6 Περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία.....	σελ.62
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.63
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.66

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Άθροισμα: Σπερματοφύτα

Υποάθροισμα: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Σύνθετα

Υπόταξη: Liguliflorae

Οικογένεια: Compositae

Γένος: *Lactuca*

Είδος: *sativa*

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΚΑΤΑΓΩΓΗ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι προέρχεται από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή από διασταυρώσεις μεταξύ των άγριων ειδών *Lactuca saligna* L. και *Lactuca virosa* L. Το μαρούλι τύπου *Cos* ή *Romaine* πιστεύεται ότι έγινε γνωστό από την Ελλάδα και το όνομά του προέρχεται από τη νήσο Κω, ενώ σύμφωνα με άλλες έρευνες, περιοχές προέλευσής του θεωρούνται και η Ανατολική Μεσόγειος, η Μικρά Ασία, ο Καύκασος, η Περσία και το Τουρκιστάν.

Ειδικότερα, στην Περσία το μαρούλι καλλιεργείτο τον 6^ο αιώνα π.Χ., ενώ στην Αίγυπτο επιτύμβιες πλάκες που χρονολογούνται από το 4.500 π.Χ. απεικονίζουν το μαρούλι τύπου *Cos*. Σε τόσο πρόωρες εποχές το μαρούλι πιστεύεται ότι χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (ναρκωτικές και παυσίπονες) (Κουσουρή, 2004).

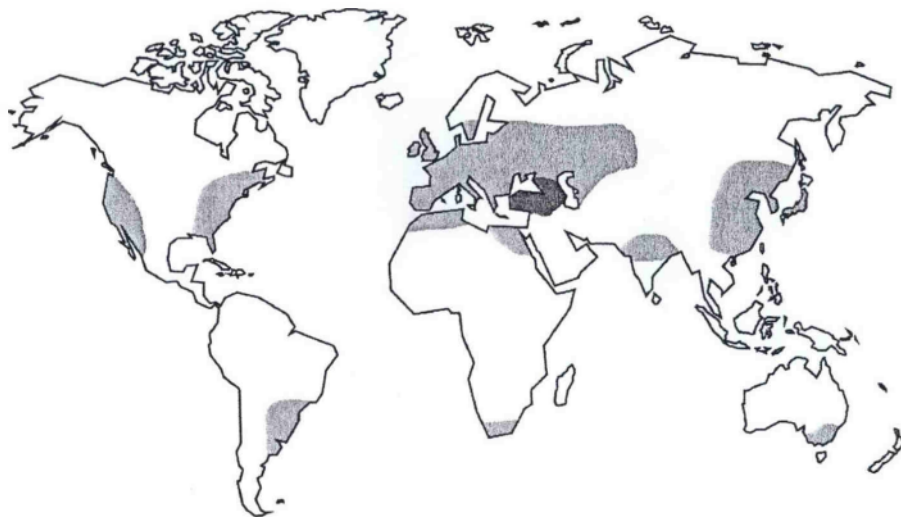
Στην αρχαία Ελλάδα το μαρούλι υπήρξε λαχανευόμενο είδος και αναφέρεται τόσο από τον Θεόφραστο και τον Ηρόδοτο ως «θρίδαξ» όσο και από τον Διοσκουρίδη ως «θρίδαξ η ήμερος», ενώ από τους Ρωμαίους καλούνταν Λακτούκα.

Σήμερα το μαρούλι είναι διαδεδομένο και καλλιεργείται σε όλη την υφήλιο. Θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα φυλλώδη λαχανικά που καταναλώνονται νωπά τόσο στην Ελλάδα όσο και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στη Ν. Ζηλανδία και στην Ιαπωνία.

Η καλλιέργειά του κατά κανόνα είναι υπαίθρια, ωστόσο ενδείκνυται και σε θερμοκήπια κυρίως σε χώρες με βαρύ χειμώνα όπως ο Καναδάς και η Αγγλία (Δημητράκης, 1983). Στην Ελλάδα από τις αρχές φθινοπώρου ως τα τέλη της άνοιξης το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως στην ύπαιθρο. Ειδικότερα, το καλοκαίρι η

παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες και τη μεγάλη διάρκεια της ημέρας (σχηματισμός ανθικών στελεχών και έντονα πικρή γεύση). Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται και σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε όλη την Ελλάδα και κυρίως σε περιοχές κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Το μαρούλι ως φρέσκο επιτραπέζιο λαχανικό καταναλώνεται κυρίως τους ψυχρούς μήνες του έτους. Τις τελευταίες δεκαετίες, όμως, τόσο στις προηγμένες χώρες της Δύσης όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, όλο και περισσότεροι καταναλωτές έστρεψαν σταδιακά την προτίμησή τους στο μαρούλι κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου. Αυτό οδήγησε τους παραγωγούς στην καλλιέργεια του μαρουλιού και τις θερμότερες εποχές του έτους, με αποτέλεσμα την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και τον χαρακτηρισμό της καλλιέργειάς του ως δυναμική (Δημητράκης, 1983).



ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Ο χάρτης παρουσιάζει τις περιοχές καλλιέργειας (πράσινο χρώμα) και καταγωγής του μαρουλιού (κόκκινο χρώμα).

(Πηγή: www.floridata.com, 2003)

1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδώδιμο είναι διπλοειδές και έχει εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων ($2n=18$), ενώ τα περισσότερα από τα άλλα είδη του γένους *Lactuca* έχουν οκτώ ή εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων. Είναι φυτό μεγάλης ημέρας συνεπώς αν η διάρκεια έκθεσής του στο φως (φυσικό ή τεχνητό) δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες δεν παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη.

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές και ποώδες. Κατά την διάρκεια της βλαστικής φάσης ο βλαστός του είναι πολύ κοντός και φέρει πυκνά φύλλα, ενώ κατά την αναπαραγωγική φάση αναπτύσσεται σημαντικά φτάνοντας σε ύψος το 1-1,5 m. Πιο συγκεκριμένα, τα φύλλα του αναπτύσσονται πάνω σε βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, διαφορετικού μεγέθους και σχήματος, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, πράσινου ή πρασινοκίτρινου χρώματος και σε μερικές ποικιλίες με ερυθρή απόχρωση. Γειτνιάζουν μεταξύ τους σχηματίζοντας σφαιροειδή ή προμήκη κεφαλή σε ορισμένους τύπους μαρουλιού.

Το ανθικό στέλεχος έχει ύψος 60-120 cm, είναι όρθιο, χωρίς άκανθες διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο, φέρει γύρω του ταξιανθίες υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρου ή φόβη. Κάθε άνθος είναι σύνθετο και φέρει 15-24 ανθίδια που έχουν κίτρινο χρώμα με στεφάνη που αποτελείται το καθένα από 5 πέταλα, 5 στήμονες και μια ωοθήκη.

Το μαρούλι είναι φυτό αυτογονιμοποιούμενο. Όλα τα ανθίδια σε ένα άνθος ανοίγουν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης για λίγες ώρες το πρωί. Ο στύλος μεγαλώνει και ταυτόχρονα οι ανθήρες ανοίγουν αφήνοντας τη γύρη να πέσει μέσα στον κώνο των ανθέρων και επάνω στο στίγμα, το οποίο με τη σειρά του ανοίγει και επιτρέπει με αυτό τον τρόπο τη γονιμοποίηση.

Ο καρπός είναι αχάινιο, μικρός (μήκους 3-4 mm) επιμήκης χρώματος πρασινωπού ή λευκωπού ή γκριζωπού, λείος με 5-6 ραβδώσεις σε κάθε επιφάνεια και φέρει πάμπο από λεπτές λευκές τρίχες.

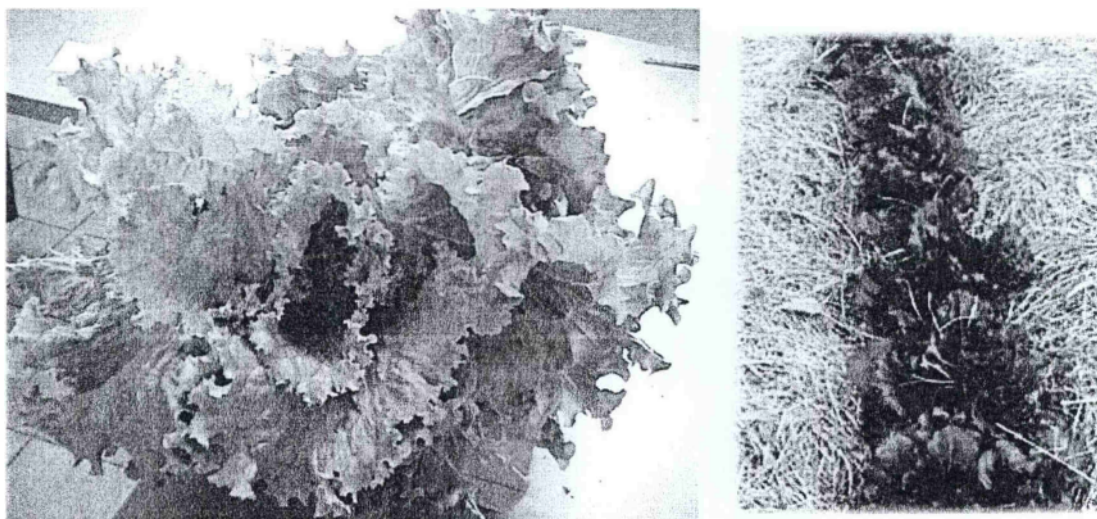
Η ρίζα του μαρουλιού είναι πασσαλώδης αλλά λόγω των μεταφυτεύσεων που συνήθως γίνονται, μετατρέπεται σε θυσσανώδη. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της καταστροφής της κεντρικής ρίζας που συμβάλλει στην ανάπτυξη επιφανειακού ριζικού συστήματος (Δημητράκης, 1983).

1.4 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Ανάλογα με την μορφή, τη διάταξη των φύλλων τους στον βλαστό και τον σχηματισμό ή μη κεφαλής διακρίνονται τέσσερεις βασικές κατηγορίες ή τύπους μαρουλιού. Αρχικά, τα φυτά του μαρουλιού ήταν περισσότερο ανοιχτά - τύπου σαλάτα - σε αντίθεση με τα σημερινά που σχηματίζουν κεφαλή. Οι πρώτες βελτιώσεις στο μαρούλι πραγματοποιήθηκαν από τους Ρωμαίους, οι οποίοι δημιούργησαν φυτά με μεγαλύτερα φύλλα, μη κεφαλωτά, μη ακανθώδη, που παρουσίαζαν ανθεκτικότητα στο σχηματισμό ανθικού στελέχους (Nonnecke, 1989).

A) Τύπος 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 κυρίως στη Β. Αμερική και θεωρείται αρκετά ανθεκτικός και πιο ζωηρός από όλους τους τύπους, με μικρότερη διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου. Γνωστές ποικιλίες είναι οι Grand Rapids, Salad Bowl και Simpson's Curled (Ολύμπιος, 2001).



ΕΙΚΟΝΑ 1.2: Τύπος μαρουλιού Looseleaf με πράσινη και κόκκινη απόχρωση φύλλων.

Β) Τύπος Butterhead (Λείο κεφαλωτό):

Στις ποικιλίες αυτές σχηματίζονται σχετικά μικρές, χαλαρές και σχεδόν σφαιρικές κεφαλές, ενώ τα φύλλα τους είναι μαλακά, τρυφερά, λεία και το χρώμα τους κυμαίνεται από απαλό έως βαθύ πράσινο. Ιδιαίτερη ευαισθησία υπάρχει στους μηχανικούς τραυματισμούς. Ο τύπος αυτός καλλιεργείται κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική και θεωρείται γευστικότερος και ποιοτικότερος από τον κατσαρό. Οι γνωστότερες ποικιλίες του τύπου αυτού είναι οι White Boston, Optima, Vista και Boston (Ολύμπιος, 2001).

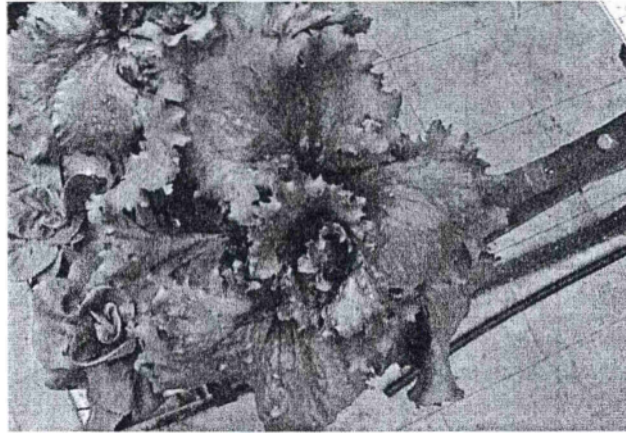


ΕΙΚΟΝΑ 1.3: Τύπος μαρουλιού Butterhead.

Γ) Τύπος Crisphead ή Iceberg (Κατσαρό κεφαλωτό):

Στον τύπο αυτό τα φύλλα σχηματίζουν σφιχτή συμπαγή κεφαλή και είναι φαρδιά, κυματοειδή, κατσαρά με σκληρή υφή, γεγονός που τα καθιστά ανθεκτικά στις μεταφορές, ενώ το χρώμα τους κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο.

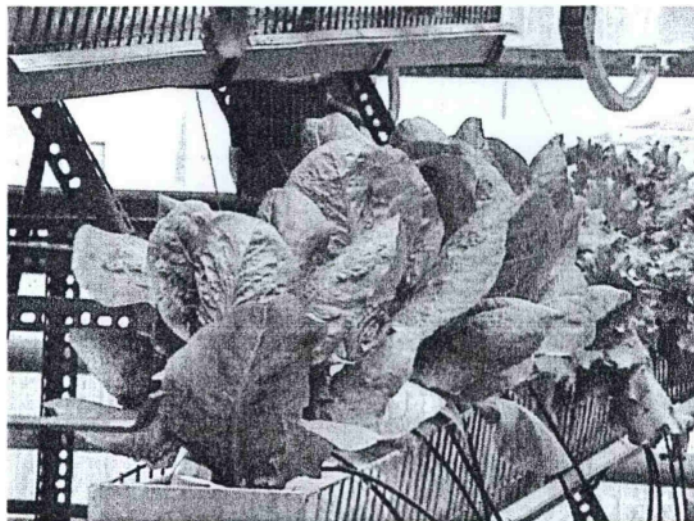
Είναι ο πιο όψιμος και ο πιο ευαίσθητος τύπος μαρουλιού στις υψηλές θερμοκρασίες, γι' αυτό η καλλιέργειά του δεν είναι διαδεδομένη στην χώρα μας. Αντιθέτως, είναι ευρύτατα διαδεδομένος στις Η.Π.Α και τον Καναδά. Γνωστές ποικιλίες του είναι οι Salinas, Diamond Head και Great Lakes (Ολύμπιος, 2001).



ΕΙΚΟΝΑ 1.4: Τύπος μαρουλιού Crisphead.

Δ) Τύπος Cos ή Romaine (Κως ή Ρομάνα):

Είναι ο τύπος μαρουλιού που καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και τη Β. Αφρική. Τα φυτά είναι όρθια, ψηλότερα από των άλλων τύπων 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).



ΕΙΚΟΝΑ 1.5: Τύπος μαρουλιού Romaine.

Υπάρχουν και άλλοι τύποι μαρουλιού όπως το Stem ή Asparagus Lettuce, γνωστό ως κινέζικο μαρούλι. Αυτό σχηματίζει ένα επιμηκες, αρκετά χονδρό και σαρκώδες ανθικό στέλεχος με τρυφερά φύλλα, το οποίο καταναλώνεται είτε ωμό είτε μαγειρεμένο. Άλλος είδος μαρουλιού, του οποίου καταναλώνονται τα σαρκώδη

φύλλα είναι το ινδικό μαρούλι *Lactuca indica*, το οποίο καλλιεργείται σαν πολυετές.



Steve Christman © 2003 Floridata.com

Εικόνα 1.6: Το κινέζικο μαρούλι. (Πηγή: www.floridata.com, 2003)

1.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το μαρούλι είναι ίσως το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που καταναλώνεται νωπό σε σαλάτες στην Ελλάδα από το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παραγωγή μαρουλιού περιορίζεται σημαντικά το καλοκαίρι λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και του μεγάλου μήκους της ημέρας. Για το λόγο αυτό τους καλοκαιρινούς μήνες χρησιμοποιούνται ποικιλίες ανθεκτικές στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση στην καλλιέργεια του μαρουλιού στα θερμοκήπια τη χειμερινή περίοδο, επειδή η ανάπτυξη γίνεται γρηγορότερα και το παραγόμενο προϊόν είναι πολύ καλής ποιότητας (Ολύμπιος, 1994).

Η καλλιέργεια του μαρουλιού παρουσιάζει συνεχή αύξηση, τόσο σε στρεμματική έκταση, όσο και σε παραγωγή σε όλη την Ελλάδα. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει αναλυτικά την έκταση, καθώς και την παραγωγή του μαρουλιού στη χώρα μας από το 1984 έως και το 2003.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1984-2003.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρεμ.)	ΤΙΜΗ (δρχ./κιλό)	ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλ. δρχ.)
1984	28272	57963	2050,191002	25,7	1489649,1
1985	27151	57733	2126,367353	36,45	2104367,85
1986	29373	59971	2041,704967	44,3	2656715,3
1987	32099	68263	2126,639459	73,71	5031665,73
1988	29704	73646	2479,329383	81,29	5986683,34
1989	28867	74592	2583,988638	80,71	6020320,32
1990	31678	62131	1961,329629	78,18	4857401,58
1991	32732	63774	1948,368569	132,78	8467911,72
1992	34690	70212	2023,983857	141,96	9967295,52
1993	34640	69215	1998,123557	133	9205595
1994	36460	75443	2069,199122	130,71	9861154,53
1995	33670	65580	1947,727948	134,73	8835593,4
1996	36080	69450	1924,889135	197,59	13722625,5
1997	35133	67020	1907,608232	160,4	10750008
1998	33196	63080	1900,228943	154,33	9735136,4
1999	39390	75960	1928,408225	195,36	14839545,6
2000	44900	81366	1812,160356	229,8	18697906,8
2001	41341	77106	1865,121792	218,08	16815276
2002	41710	80620	1932,869815	0,69	55628
2003	38850	68520	1763,706564	1,05	71946

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

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

ΕΤΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)	ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)	ΣΥΝΟΛΟ
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.

ΕΤΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ)	ΣΥΝΟΛΟ
1980	210	54910	55020
1990	1110	60770	61880
2000	3791	7215	74000

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας)

1.6 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Στο καθημερινό διαιτολόγιο του ανθρώπου το μαρούλι ως νωπό λαχανικό αποτελεί μία από τις υγιεινότερες τροφές, πλούσιο σε βιταμίνη Α, σίδηρο, ασβέστιο, κάλιο και φώσφορο, ενώ η περιεκτικότητά του σε λίπη και υδατάνθρακες είναι σχεδόν μηδαμινή. Συγκριτικά με το λάχανο, το μαρούλι υστερεί σε οργανοληπτικές ιδιότητες και η περιεκτικότητά του σε βιταμίνη Α είναι σχεδόν υποδεκαπλάσια. Με εξαίρεση την περιεκτικότητα της βιταμίνης C όπου το λάχανο είναι πέντε φορές πλουσιότερο, τα δύο λαχανικά είναι διαιτητικά σχεδόν ισοδύναμα, ενώ στο μαρούλι αποδίδονται και φαρμακευτικές ιδιότητες. Από τους διάφορους τύπους μαρουλιού, ο τύπος Romaine είναι ο πλουσιότερος σε βιταμίνη Α, γεγονός που οφείλεται στο έντονο πράσινο χρώμα των φύλλων .

Στη χώρα μας πρώτος στην προτίμηση των καταναλωτών βρίσκεται ο τύπος μαρουλιού Romaine, ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρείται κάποια στροφή και προς τους τύπους Crisphead και Butterhead. Η κατανάλωση των άλλων τύπων μαρουλιού είναι μηδαμινή, για το λόγο αυτό για την κάλυψη των αναγκών εισάγονται από άλλες χώρες της Ε.Ε. (Κανάκης, 1998).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία σε 100 g φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα).

	ΔΕΙΓΜΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ	ΚΕΦΑΛΩΤΟ	ΡΩΜΑΝΑ	ΚΑΤΣΑΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΔΕΣ (kj)	14.00	11.00	16.00	11.00
ΝΕΡΟ (g)	95.00	96.00	94.00	95.00
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ (g)	1.20	1.20	1.60	0.80
ΛΙΠΗ (g)	0.20	0.20	0.20	0.10
ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (g)	2.50	1.20	2.10	2.30
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α(mg)	0.97	1.20	0.26	3.00
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β1 (mg)	0.06	0.07	0.10	0.07
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β2 (mg)	0.30	0.07	0.10	0.03
ΒΙΤΑΜΙΝΗ C	8.00	9.00	24.00	5.00
ΝΙΑΣΙΝΗ (mg)	0.06	0.04	0.05	0.03
ΑΛΑΤΑ Ca (mg)	35.00	40.00	36.00	13.00
ΑΛΑΤΑ Fe (mg)	2.00	1.10	1.10	1.50
ΑΛΑΤΑ Mg (mg)	-	16.00	6.00	7.00
ΑΛΑΤΑ P (mg)	26.00	31.00	45.00	25.00
ΑΛΑΤΑ K (mg)	264.00	-	-	-
ΑΛΑΤΑ Na (mg)	9.00	-	-	-

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004)

1.7 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ

Τα νιτρικά ιόντα προσλαμβάνονται από το έδαφος ως κύρια πηγή αζώτου. Το άζωτο βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα πράσινα μέρη των φυτών (όπως τα φύλλα του μαρουλιού) (Duncan *et al*, 1997). Τα τελευταία 20 χρόνια τα νιτρικά, κυρίως μέσω της διατροφής, ενοχοποιούνται για τη διέγερση σχηματισμού καρκινικών όγκων στον ανθρώπινο οργανισμό. Το γεγονός αυτό οδήγησε στον περιορισμό των επιτρεπτών επιπέδων νιτρικών και νιτρωδών στα τρόφιμα και στο πόσιμο νερό (Duncan *et al*, 1997).

Πιστεύεται ότι υπάρχει αρνητική επίδραση των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία μέσω του σχηματισμού καρκινογενών νιτροαμινών στο στομάχι. Το 80-90% των νιτρικών που εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα προέρχεται από τα λαχανικά και κυρίως από τα φυλλώδη λαχανικά (Duncan *et al*, 1997).

Η υπερβολική συγκέντρωση νιτρικών τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στους ιστούς των φυτών οφείλεται στην υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων από τον άνθρωπο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την τεράστια αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του FAO, το 1959-1960 η παγκόσμια παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων ανερχόταν στους 9,5 εκατ. τόνους, ενώ το 1979-1980 στους 57,2 εκατ. τόνους. Τις χρονιές 1989-1990 και 1999-2000 η παραγωγή κυμάνθηκε 79,2 εκατ. τόνους και 90,9 εκατ. τόνους, αντίστοιχα.

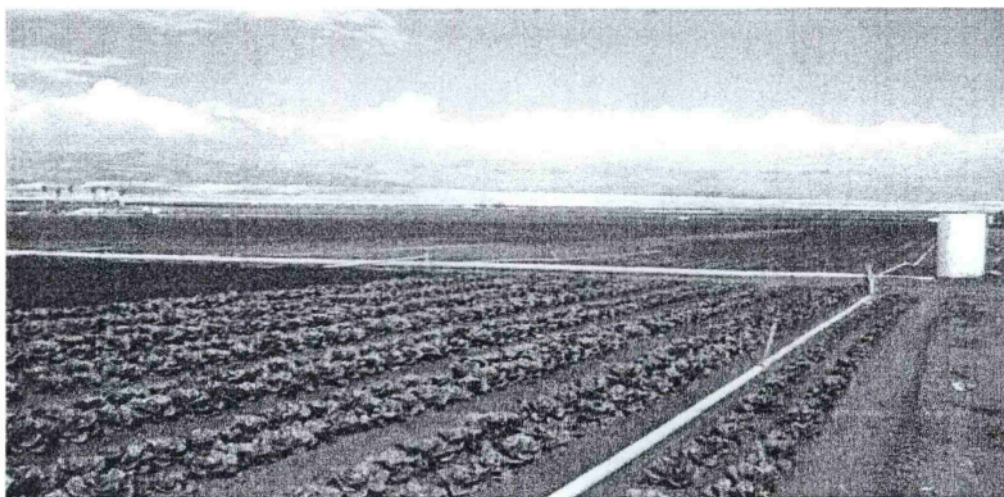
Η κατάσταση στην Ελλάδα δεν είναι τόσο ανησυχητική, όσο στη Β. Ευρώπη. Σε μελέτη που έγινε για τη συγκέντρωση των νιτρικών σε λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται στη χώρα μας, διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση βρίσκεται σε αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο (Siomos and Dogras, 1999). Η μελέτη αφορούσε 23 λαχανοκομικά είδη, που εξετάστηκαν μετά την αγορά τους από την κεντρική λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης.

1.8 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Το μαρούλι θεωρείται πολύ ευαίσθητο στις εδαφικές συνθήκες, για το λόγο αυτό το έδαφος είναι αναγκαίο να είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία, γόνιμο, με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας και να στραγγίζει καλά. Τα αμμοπηλώδη εδάφη προτιμώνται καθώς είναι πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ τα ελαφρά αμμώδη εδάφη προτιμώνται για πρωίμηση της παραγωγής. Το ιδανικό pH κυμαίνεται στο 6-7.

Το μαρούλι παρουσιάζει ευαισθησία σε πολύ όξινα εδάφη και για το λόγο αυτό απαιτείται η προσθήκη ασβεστίου. Επιπλέον, ευαισθησία παρατηρείται στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων που προκαλεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη, ενώ το χρώμα των φύλλων γίνεται σκούρο πράσινο με δερματώδη υφή (Ολύμπιος, 2001).

Ειδικότερα, στη βασική λίπανση με οργανική ουσία - στην περίπτωση της χωνεμένης κοπριάς - η προσθήκη 10 τόνων / στρέμμα σε ελαφρά αμμώδη εδάφη έχει άριστη 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.



ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Συμβατική υπαίθρια καλλιέργεια μαρουλιού στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. (Πηγή: www.floridata.com, 2003)

1.9 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

1.9.1 ΦΩΣ

Το φως είναι βασικός κλιματικός παράγοντας που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην καλλιέργεια θερμοκηπίου. 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. Τις εποχές που έχουμε υψηλής έντασης φωτισμό απαιτούνται και υψηλές θερμοκρασίες. Όταν σκοπός της καλλιέργειας είναι η παραγωγή κεφαλών η μεγάλη φωτοπερίοδος είναι ανεπιθύμητος παράγοντας. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η καλλιέργεια προορίζεται για σποροπαραγωγή, οι συνθήκες αυτές είναι επιθυμητές.

Οι ποικιλίες του μαρουλιού με βάση τη φωτοπερίοδο για την ανθική επαγωγή διακρίνονται σε ποικιλίες που είναι ουδέτερες ως προς τη φωτοπερίοδο και ποικιλίες μεγάλης φωτοπεριόδου.

Επιπρόσθετα, το φως διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στη βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού. Έτσι ο φρέσκος σπόρος χρειάζεται την παρουσία φωτός για ομοιόμορφη βλάστηση αλλά και για την αποφυγή αδύναμων και λεπτών φυταρίων (Στεργίου, 2002).

1.9.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Το μαρούλι αναπτύσσεται κυρίως σε χαμηλές θερμοκρασίες και χαρακτηρίζεται σαν λαχανικό ψυχρής εποχής. Τα μαρούλια και ιδιαίτερα τα κεφαλωτά, χρειάζονται, ειδικά την εποχή που σχηματίζουν την κεφαλή, χαμηλές θερμοκρασίες. Σε αντίθετη περίπτωση ενθαρρύνεται ο σχηματισμός ανθοφόρων βλαστών πριν από το σχηματισμό της κεφαλής, ενώ στην περίπτωση σχηματισμού κεφαλής, αυτή είναι χαλαρή και τα φύλλα αποκτούν υπόπικρη γεύση (Ολύμπιος, 1994). Η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης κεφαλωτού μαρουλιού κυμαίνεται μεταξύ 15-21°C (Walls, 1993), ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται ποικίλα προβλήματα, όπως για παράδειγμα ο μη σχηματισμός κεφαλής, η πρόωρη εμφάνιση ανθικού στελέχους και η απόκτηση πικρής γεύσης στα φύλλα. Ο τύπος Crisphead (κατσαρό κεφαλωτό μαρούλι) θεωρείται ο πιο ευαίσθητος στις υψηλές θερμοκρασίες, αντιθέτως ανθεκτικότητα παρουσιάζουν οι τύποι Butterhead (λείο κεφαλωτό) και Looseleaf (σαλάτα).

Είναι σημαντικό να υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας της τάξης των 5-7 °C (Ολύμπιος, 2001). Ειδικότερα για τα μαρούλια τύπου Crisphead συνιστάται θερμοκρασία μεταξύ 17-19°C σε συννεφιασμένες ημέρες και θερμοκρασία μεταξύ των 15-21°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 17-19°C σε συννεφιασμένες ημέρες και 21-24°C σε ηλιόλουστες. Για όλους τους τύπους μαρουλιού η θερμοκρασία νύχτας πρέπει να κυμαίνεται 12-15 °C (Howard and Resh, 1995).

Το μαρούλι είναι φυτό που αναπτύσσεται εμπορικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και είναι ανθεκτικό σε θερμοκρασίες μέχρι και -5 °C. Οι ιδανικές θερμοκρασίες ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία του μαρουλιού, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση φωτισμού και τα επίπεδα CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Οι υψηλές θερμοκρασίες στα πρώτα στάδια ανάπτυξης προκαλούν μικρότερη ζημιά, ωστόσο μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή αδύνατων φυτών με μικρό βάρος. Υψηλές θερμοκρασίες κατά τα μεγαλύτερα στάδια ανάπτυξης μπορεί να προκαλέσουν κάψιμο των φύλλων.

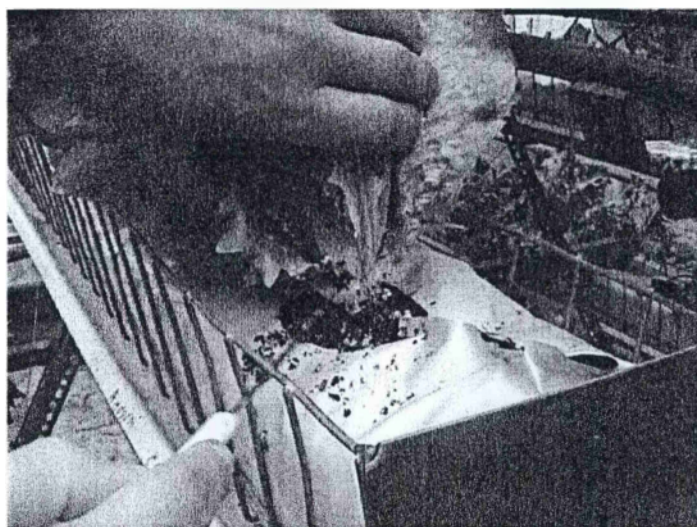
1.10 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μία διαδικασία που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς λανθασμένοι χειρισμοί μπορούν να προκαλέσουν άμεση υποβάθμιση των μαρουλιών (Walls, 1993). Τα μαρούλια την περίοδο της συγκομιδής πρέπει να είναι υγιή, απαλλαγμένα από ασθένειες και νεκρώσεις φύλλων, όχι προχωρημένης αναπτύξεως (στάδιο έκπτυξης ανθοφόρου στελέχους), ενώ πρέπει να έχουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας (Ciuffolini, 1986). Τα «κεφαλωτά» μαρούλια πρέπει να έχουν καλοσχηματισμένη, σφιχτή κεφαλή, με διάμετρο μεγαλύτερη από 15 cm (Valenzouella *et al*, 2003). Τα μαρούλια κατά τη συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος περίπου 150 g. Τα μαρούλια με βάρος μεγαλύτερο από 200-300 g δεν είναι ανεπιθύμητα, αρκεί να φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω (Ciuffolini, 1986). Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι και η τομή πρέπει να γίνεται στη βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος (Ciuffolini, 1986; Walls, 1993). Τα φυτά μπαίνουν σε πλαστικά κιβώτια (τελάρια) και τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης (Walls, 1993).

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν το χρόνο που μεσολαβεί από τη σπορά ως τη συγκομιδή και συνοψίζονται στην εποχή του έτους που λαμβάνει χώρα η

καλλιέργεια (Albright, 1997), στην ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργείται και τη 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 τη σπορά, τα μαρούλια τύπου Crisphead 80-85 ημέρες μετά τη σπορά και τα μαρούλια τύπου Looseleaf 45 ημέρες μετά τη σπορά (Howard and Resh, 1995). Σε έρευνες που αφορούν την ώρα της ημέρας που πρέπει να γίνεται η συγκομιδή, έχει διαπιστωθεί ότι τα μαρούλια πρέπει να συγκομίζονται το απόγευμα (3 μ.μ.), λόγω της μικρότερης συσσώρευσης νιτρικών στα φύλλα (Siomos, 2000).



ΕΙΚΟΝΑ 1.8: Συγκομιδή μαρουλιού.

1.11 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Το μαρούλι δεν μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και 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 μετασυσπαστική 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, 2001a).

Πολλές μελέτες πάνω στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά έχουν δείξει ότι τα πιο ώριμα φύλλα είναι αυτά που συντηρούνται καλύτερα. Ωστόσο, έχει μελετηθεί ελάχιστα η φυσιολογία της γήρανσης των ιστών των λαχανικών, όπως το μαρούλι, τα οποία βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη κατά τη συγκομιδή. Στη διάρκεια της συγκομιδής οι ιστοί του μαρουλιού υπόκεινται σε ισχυρό «σοκ», λόγω της απότομης διακοπής της παροχής νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Εξαιτίας του «σοκ» οι ιστοί του μαρουλιού αδυνατούν να διατηρήσουν τη μεταβολική τους δραστηριότητα με αποτέλεσμα σύντομα να επέρχεται η ποιοτική υποβάθμιση των φύλλων (Siomos *et al*, 2001a).

1.12 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ

1.12.1 ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ

Οφείλεται σε μύκητες του γένους *Pythium* sp., που προσβάλλουν τα πολύ νεαρά φυτά στο σπορείο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Οι μύκητες αναπτύσσονται στα λαιμό των φυταρίων με αποτέλεσμα τη σήψη, το μαρασμό και την καταστροφή τους.

1.12.2 ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

Οφείλεται στο μύκητα *Rgemia lactuca*. Ο μύκητας αυτός προκαλεί στο μαρούλι χλωρωτικές κηλίδες στα κάτω φύλλα την περίοδο που επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας και έπειτα προκαλείται σήψη των φύλλων.

1.12.3 ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ)

Οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea*. Ο μύκητας προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του και προκαλεί σημαντικές ζημιές κυρίως στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται με τη μορφή στιγμάτων σκούρου χρώματος. Στα κάτω φύλλα εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στη συνέχεια εμφανίζεται η γκριζοκαφέ καρποφορία του μύκητα, όπου το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται.



ΕΙΚΟΝΑ 1.9: Προσβολή από βοτρυτή.

1.12.4 ΣΚΛΗΡΟΤΙΝΙΑ

Οφείλεται στο μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, στον κορμό του φυτού και τα κατώτερα φύλλα. Στη διάρκεια συνθηκών υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται ως υγρή σήψη, στη συνέχεια αναπτύσσεται το άσπρο μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληροτίων του μύκητα. Η προσβολή των φυτών από αυτό το μύκητα έχει ως αποτέλεσμα αρχικά τη μόρανσή τους και στη συνέχεια τη πλήρη καταστροφή τους.

1.12.5 ΩΙΔΙΟ

Οφείλεται στο μύκητα *Erysiphe cichoracearum*, που εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με χαρακτηριστικό λευκό επάνθησμα των ωιδίων. Η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας.

1.12.6 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.

1.12.7 ΑΦΙΔΕΣ

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

1.12.8 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ

Σημαντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στα θερμοκήπια δημιουργεί και ο αλευρώδης (*Trialeuroides vaporariorum*), του οποίου οι προνύμφες και τα τέλεια εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων όπου και τρέφονται. Η παρουσία τους, ιδιαίτερα κατά τη συγκομιδή υποβαθμίζει σημαντικά την ποιότητα του προϊόντος.

1.12.9 ΘΡΙΠΑΣ

Τελευταία παρατηρείται έξαρση της προσβολής των φυτών μαρουλιού από τον θρίπα *Frankliniella occidentalis* με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της παραγωγής.

1.12.10 ΚΟΧΛΙΕΣ – ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΑ

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

1.13 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ-ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Στα μαρούλια προκαλούνται ζημιές από φυσιολογικές ανωμαλίες στις οποίες περιλαμβάνονται το φυσιολογικό κάψιμο, το περιθωριακό κάψιμο των φύλλων και η υάλωση. Το φυσιολογικό κάψιμο των φύλλων, όπως και το περιθωριακό κάψιμο των φύλλων, οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ελλιπή τροφοδοσία των φύλλων με νερό. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο όταν οι συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία, χαμηλή σχετική υγρασία) ευνοούν την έντονη εξατμισοδιαπνοή.

Η υάλωση παρατηρείται συνήθως όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και παράλληλα η σχετική υγρασία είναι πολύ υψηλή με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η απομάκρυνση νερού από τους ιστούς των φυτών (Ολύμπιος, 2001).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται με επιτυχία και σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, διότι η ανάπτυξή του είναι γρηγορότερη και η ποιότητά του είναι πολύ καλή. Σε ένα μέρος των θερμοκηπιακών καλλιεργειών μαρουλιού εφαρμόζεται το σύστημα της υδροπονίας. Με την ευρεία έννοια του όρου υδροπονία ή ανεδάφιος καλλιέργεια εννοούμε τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με τα ειδικά μίγματα εδάφους. Αναφέρεται επίσης και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανεδάφιος γεωργία και υδροκαλλιέργεια, ενώ ο πιο γνωστός όρος είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα (Benton and Jones, 2000). Για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών απαιτείται η ύπαρξη άφθονου οξυγόνου και νερού, στο οποίο διαλύονται τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, στις κατάλληλες συγκεντρώσεις. Στην καλλιέργεια εδάφους είναι δύσκολο να πετύχουμε ένα τέτοιο συνδυασμό, όπου συνήθως όσο περισσότερο νερό περιέχεται στους πόρους του εδάφους τόσο περισσότερο μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου. Επιπλέον, η καλλιέργεια στο έδαφος παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι τα ανόργανα στοιχεία δεσμεύονται, σε ορισμένες περιπτώσεις αρκετά ισχυρά, ώστε είναι δύσκολο να απορροφηθούν από το ριζικό σύστημα των φυτών (Benton and Jones, 2000).

Οι υδροπονικές καλλιέργειες συμβάλλουν ώστε τα προβλήματα αυτά να μην υπάρχουν λόγω της ρύθμισης της παροχής του θρεπτικού διαλύματος και της χρησιμοποίησης υλικών με πολύ υψηλό πορώδες (Πετροπούλου, 2003). Ειδικότερα, στις ημέρες μας η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη τεχνική καλλιέργειας των φυτών που αυξάνει τις αποδόσεις και βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων χωρίς πάντως να μεταβάλλεται η γεύση και το άρωμα σε σύγκριση με αυτά που παράγονται με τον συνηθισμένο τρόπο καλλιέργειας στο έδαφος (Στεργίου, 2002). Η εφαρμογή υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας των φυτών απαιτεί πολύ καλή γνώση της θρέψης των φυτών και σημαντική εξειδίκευση.

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. Ήδη από τον 17^ο αιώνα αναφέρονται πειραματικές εφαρμογές υδροπονίας στη Γαλλία και την Αγγλία. Το 1699 ο Woodward ήταν ο πρώτος που καλλιέργησε φυτά μέντας χωρίς έδαφος στην Αγγλία. Οι βασικές εργαστηριακές τεχνικές της καλλιέργειας σε θρεπτικά διαλύματα, αναπτύχθηκαν, από τους Sacks & Κλορ στη Γερμανία γύρω στα 1800. Ακολουθεί 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. Στη συνέχεια της εξέλιξης των υδροπονικών συστημάτων ως τη σημερινή εποχή έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές και διάφορες παραλλαγές τους. Επομένως, υπάρχουν συστήματα με χρήση αδρανών υλικών καθώς και συστήματα χωρίς αδρανή υλικά όπου οι ρίζες των φυτών βρίσκονται μέσα σε θρεπτικό διάλυμα ποικίλου βάθους. Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου οι Αμερικάνοι ανέπτυξαν υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιώντας χαλίκια για υπόστρωμα και ανακυκλούμενα θρεπτικά διαλύματα με σκοπό να τροφοδοτήσουν με νωπά προϊόντα τα στρατεύματά τους στον Ειρηνικό (Χαρίτος, 1989).

Τα τελευταία χρόνια και συγκεκριμένα στα τέλη της δεκαετίας του '60 ο Allen Cooper εκπόνησε στην Αγγλία ένα σύστημα καλλιέργειας σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα μικρού πάχους που το ονόμασε Nutrient Film Technique (NFT) (Wilson, 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: Στοιχεία της εξέλιξης 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
	Γαλλία	500 στρ. ανθοκαλλιέργειες εκτός εδάφους
	Βέλγιο	Πρώτη καλλιέργεια σε ανακυκλώμενη 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., Ρουζολανε (Ηφαιστιογενές χώμα) 500 στρ., NFT 200 στρ., Πολυουρεθάνη 15 στρ., Φλοιοί δένδρων 15 στρ.
1985	Γαλλία	Λαχανοκομικές καλλιέργειες 4000 στρ., Τύρφη 1000 στρ., Πετροβάμβακας 2000 στρ., Ρουζολανε και τύρφη 700 στρ., NFT 300 στρ., Ανθοκαλλιέργειες 480 στρ.
1986	Γαλλία	4.000 στρ.
	Ολλανδία	Επιπλέον 25.000 στρ.
	Ιαπωνία	5.000 στρ.
	Αγγλία	4.000 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: Γεωργία και Κτηνοτροφία, 1998)

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η καλλιέργεια των φυτών σε υδροπονικά συστήματα παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως η δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές όπου τα εδάφη είναι πολύ κακής ποιότητας ή σε περιοχές χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος, η απαλλαγή από τις ασθένειες του εδάφους και το κόστος απολύμανσης του εδάφους που είναι υψηλό, ενώ σημαντικό είναι να υπογραμμιστεί ότι δεν απαιτείται κατεργασία του εδάφους για την καταπολέμηση των ζιζανίων.

Σημαντικά χαρακτηριστικά των υδροπονικών καλλιεργειών αποτελούν η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης, η πλήρως ελεγχόμενη και σταθερή τροφοδοσία των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία, καθώς και η εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων με τον περιορισμό των απωλειών από επιφανειακές διαρροές.

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης νερού με υψηλή αλατότητα, η ευκολία στην μεταφύτευση αφού δεν ταλαιπωρούνται τα νεαρά φυτάρια, η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης είναι πλεονεκτήματα που σε συνδυασμό με τον περιορισμό της χειρωνακτικής εργασίας, τη δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο και την εξάλειψη του κινδύνου μεταφοράς στο βρώσιμο τμήμα του φυτού παθογόνων για τον άνθρωπο μικροβίων, τα οποία μπορεί να προέρχονται από την κοπριά και άλλα οργανικά υλικά, μαρτυρούν το σπουδαίο ρόλο της υδροπονίας (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Από την άλλη πλευρά, η μικρότερη ικανότητα προσαρμογής σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος, όπου η έλλειψη νερού ή θρεπτικών στοιχείων δεν μπορεί να αναπληρωθεί, καθώς και οι μεταβολές του pH και της αγωγιμότητας όταν είναι απότομες έχουν σαν συνέπεια τη σημαντική μείωση της παραγωγής ή ακόμη και την καταστροφή των φυτών.

Επίσης, η μεγάλη ακρίβεια που απαιτείται στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος, όπου αρκετά δύσκολη είναι η προσθήκη ιχνοστοιχείων λόγω των μικρών ποσοτήτων που απαιτείται να προστεθούν καθώς και η ανάγκη ύπαρξης προηγμένης τεχνολογίας (αυτόματο πότισμα, μηχανισμοί κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος) αποτελούν και αυτά με τη σειρά τους μειονεκτήματα της υδροπονίας.

Τέλος, η ανάγκη ύπαρξης της σχετικής υποδομής εργαστηριακού εξοπλισμού για την ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος, του υποστρώματος και των φυτών, η απαίτηση γνώσεων από τον καλλιεργητή σε θέματα θρέψης των φυτών και το υψηλό κόστος για την αγορά υποστρωμάτων (περλίτης, ελαφρόπετρα κ.λ.π) συγκαταλέγονται επίσης στα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.4 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας των φυτών διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά. Ο όρος κλειστό σύστημα χαρακτηρίζει εκείνες τις περιπτώσεις στις οποίες το νερό αποστράγγισης συγκεντρώνεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή θρεπτικού διαλύματος. Από την άλλη, στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα το νερό της απορροής δε χρησιμοποιείται.

Στην υδροπονία τα συστήματα στα οποία δεν υπάρχει υπόστρωμα είναι κλειστά. Τα συστήματα όπου το νερό αποστράγγισης συγκεντρώνεται μπορεί να είναι είτε ανοιχτά είτε κλειστά ανάλογα με το αν ο καλλιεργητής μπορεί να καθαρίσει και να επαναχρησιμοποιήσει το νερό αποστράγγισης (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Πιο συγκεκριμένα στα ανοιχτά συστήματα το ποσοστό του όγκου του διαλύματος της αποστράγγισης εξαρτάται από τη διαμόρφωση συστημάτων άρδευσης, τον τύπο ελέγχου 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. Προτείνεται διήθηση σε ποσοστό 25-35% ώστε να διατηρηθεί η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα σε συνιστώμενα επίπεδα. Τα προβλήματα σχετικά με τα υψηλά ποσοστά διήθησης είναι : α) το διάλυμα αποστράγγισης που θα διηθηθεί μολύνει το πόσιμο νερό και β) το απορριπτόμενο διάλυμα άρδευσης αντιπροσωπεύει μια ισοδύναμη απόρριψη ποσοστού του αγορασμένου λιπάσματος και του νερού (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Από την άλλη, τα κλειστά συστήματα αναπτύχθηκαν λόγω της περιβαλλοντικής ρύπανσης έτσι ώστε να επιτραπεί η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος αποστράγγισης στις μακροπρόθεσμες καλλιέργειες. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού αποστράγγισης οδηγεί σε συσώρευση θρεπτικών ουσιών και ιόντων και κατά συνέπεια σε αλλαγές των θρεπτικών αναλογιών. Για να αποτραπεί το πρόβλημα αυτό απαιτούνται ακριβά συστήματα που χρησιμοποιούν υγρό λίπασμα και ευαίσθητους ιονικούς αισθητήρες καθώς και μονάδες ελέγχου. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η αυξημένη πιθανότητα διάδοσης των ασθενειών ρίζας μέσα στο υδροπονικό σύστημα επειδή το ανακυκλωμένο διάλυμα που περιέχει μόλυσμα από οποιαδήποτε ασθένεια μπορεί να επηρεάσει ένα ή περισσότερα φυτά, γι' αυτό η απολύμανση του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος είναι απαραίτητη (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.5 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται διάφορα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών στο σπορείο ή σε υδροπονικές καλλιέργειες τα οποία είτε εισάγονται από το εξωτερικό ή παρασκευάζονται από ντόπιες εταιρίες. Η σύνθεση των υποστρωμάτων αυτών ποικίλλει όσον αφορά τα κύρια συστατικά (τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, άμμος, cocosoil) καθώς και τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, τα 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 και επεκτάθηκε η χρήση ανόργανων υλικών. Η στροφή αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι είναι απαλλαγμένα από ασθένειες που προκαλούνται 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. Επίσης οι καλές υδατικές ιδιότητες των υλικών αυτών τα καθιστούν άριστα υλικά υποστρωμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες (Μανιός και Κεφάκη, 1995).

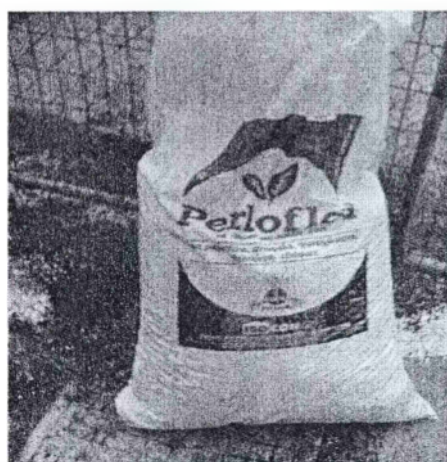
Ανάλογα με την προέλευση τους τα στερεά υλικά για υδροπονικές καλλιέργειες διακρίνονται σε ανόργανα και οργανικά. Τα ανόργανα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τα ορυκτά και τα συνθετικά. Τα ορυκτά προέρχονται από φυσικά υλικά (χαλίκια, άμμος, ελαφρόπετρα), κατεργασμένα υλικά (περλίτης, βερμικουλίτης, πετροβαμβακας, διογκωμένη άργιλος) και απόβλητα εργοστασίων (τεμάχια τούβλων, σκωριές, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών). Επίσης, τα συνθετικά προέρχονται από διογκωμένα πλαστικά (πολυστερίνη, πολυουρεθάνη). Στα οργανικά υποστρώματα ανήκουν υλικά τα οποία προέρχονται από φυσικά προϊόντα και απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών (τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δένδρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κυτταρικά απόβλητα).

2.5.1 ΠΕΡΛΙΤΗΣ

Είναι πυριτικό ορυκτό ηφαιστειογενούς προέλευσης το οποίο βρίσκεται στις Η.Π.Α, στη Νέα Ζηλανδία και στην Ελλάδα. Κατά την επεξεργασία του το ορυκτό θρυμματίζεται και θερμαίνεται για 1 min στους 1000°C. Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησής του δεν επιτρέπουν το σχηματισμό κρυσταλλικού πλέγματος, κάτι το οποίο δίνει τον υαλώδη ιστό σε αυτό το ορυκτό. Στο υαλώδες αυτό πέτρωμα

δόθηκε το όνομα περλίτης λόγω της λάμψης του που είναι όμοια με του μαργαρίτη.

Κατά την διάρκεια της θέρμανσης το κρυσταλλικό νερό που περιέχεται στο ορυκτό διογκώνεται και δημιουργεί την αφρώδη μάζα που είναι 10-12 φορές μεγαλύτερη του όγκου του αρχικού ορυκτού. Ζυγίζει $40-150 \text{ kg/m}^3$, δηλαδή είναι κατά 10-20 φορές ελαφρύτερος του αρχικού υλικού. 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 θρεπτικό διάλυμα. Διαχωρίζεται σε διάφορες κοκκομετρίες από 0,5-5,0 mm. Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων ο περλίτης είναι υλικό με ουδέτερο pH και πολύ χαμηλή EC (Μανιός, 1993).



ΕΙΚΟΝΑ 2.1: Περλίτης σε εμπορική συσκευασία.

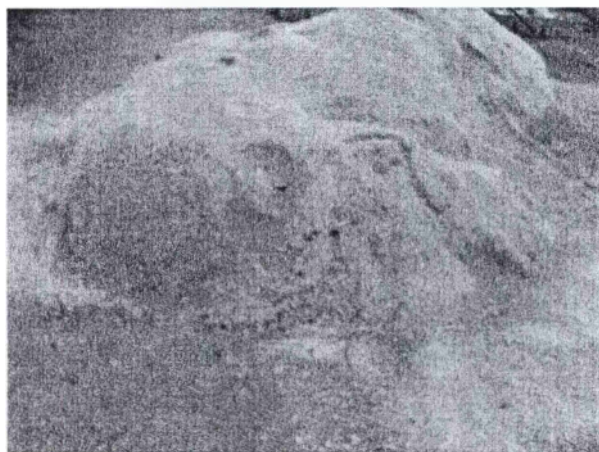
2.5.2 ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ

Η ελαφρόπετρα είναι ένα προϊόν ηφαιστειακής δραστηριότητας και των συνηθισμένων μορφών της πυριτικής λάβας, η οποία είναι πλούσια σε αέρια και πτητικές ουσίες. Οι ταχύτερες απελευθερώσεις πίεσης κατά τη διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων οδηγούν στην εξάπλωση αερίων και τον σχηματισμό υλικών μικρής πυκνότητας που συντίθεται από κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί. Η ελαφρόπετρα βρίσκεται 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 εξαρτώνται από το συνολικό

μέγεθός της. Η ελαφρόπετρα έχει χρησιμοποιηθεί από τα ρωμαϊκά χρόνια ως ελαφρύ αμμοχάλικο για την κατασκευή κτηρίων, για πετρόπλυση στη βιομηχανία ενδυμάτων και ως υλικό στις βιομηχανίες χαρτιού και πλαστικού.

Η ελαφρόπετρα είναι ένα ελαφρύ αμμοχάλικο, που έχει χαμηλή πυκνότητα και πορώδες 70-85%, ανάλογα με την προέλευση και τη διαδικασία κοσκίνισματος. Έχει μεγάλους πόρους και συνεπώς το ογκομετρούμενο νερό της μειώνεται αισθητά καθώς η ένταση της άρδευσης αυξάνεται. Η υδατοϊκανότητα της ελαφρόπετρας είναι σχετικά χαμηλή και συγκρίνεται με αυτή του πετροβάμβακα και του περλίτη.

Η ελαφρόπετρα είναι ένα αδρανές αλουμινοπυριτικό υλικό που συντίθεται από πυρίτιο και οξειδίο του αργιλίου, αλλά μπορεί επίσης να περιέχει οξείδια μετάλλων, ασβεστίου ή αλάτων. 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 (Μάνιος, 1993).



ΕΙΚΟΝΑ 2.2: Ελαφρόπετρα.

2.5.3 COCOSOIL ή ΙΝΕΣ ΚΑΡΥΔΑΣ

Η καρύδα καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα στη Σρι Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, τη νότια Ινδία και την Λατινική Αμερική. Οι χώρες αυτές είναι η κύρια πηγή των ινών καρύδας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία. Ανατομικά οι ίνες καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό ή το φλοιό των καρύδων ο οποίος περιέχει 60-70 % ιστό εντεριώνης και το υπόλοιπο αποτελείται κυρίως από ίνες. Το υλικό αυτό 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 αύξεσης. 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) κάτι το οποίο διευκολύνει τη 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 των λαχανικών και των δρεπτών λουλουδιών, καθώς επίσης και για τα γλαστρικά φυτά, δενδρύλλια και νεαρά φυλλώδη φυτά. Επίσης οι ίνες καρύδας είναι ευρέως αποδεκτές ως υποκατάστατο της τύρφης παρουσιάζοντας αποτελέσματα αύξησης συγκρίσιμα με αυτά του βρύου τύρφης. Οι ίνες καρύδας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως μέσο ριζοβολίας για τα μοσχεύματα κάτω από την υδρονέφωση.

Οι ακατέργαστες ίνες καρύδας είναι πλούσιες σε 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 διευκολύνουν την αφαίρεση Na και να παρέχουν θρεπτικές ουσίες. Επιπλέον η περιεκτικότητα σε P και K είναι πολύ υψηλή και πρέπει αυτό να ληφθεί υπόψη σε οποιοδήποτε πρόγραμμα λίπανσης. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων κυμαίνεται από 320 έως 950 mpol/Kg και η αναλογία C/N κυμαίνεται κατά προσέγγιση σε 117.

Πάντως οι ίνες καρύδας λόγω του γεγονότος ότι είναι ένα οργανικό μέσο, υπάρχει κίνδυνος να επιτρέψει τη γρήγορη ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων μετά από την αποστείρωση. Σε γενικές γραμμές οι ίνες καρύδας μπορούν να χρησιμοποιούνται χωρίς πρόβλημα γιατί είναι βιοδιασπάσιμες, φυσικές και μη τοξικές (Μάνιος, 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 μειγμάτων στα οποία συμμετέχει (Μανιός, 1993). Χρησιμοποιείται κυρίως ως βάση για κομπόστες με τύρφη και σπανιότερα μόνη της. Για να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υπόστρωμα, δεν πρέπει να αναμειχθεί με τύρφη, επειδή θα χάσει τον υψηλό βαθμό στράγγισης (Μαλούπα, 1995).

2.5.5 ΑΡΓΙΛΟΣ

Η άργιλος έχει μεγάλο βαθμό εναλλακτικής ικανότητας κατιόντων και η χρησιμοποίησή της στα διάφορα μείγματα ρυθμίζει την απορρόφηση του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων. Έχει γενικά χαμηλό ειδικό βάρος $0,3-0,7 \text{ g/cm}^3$ και εσωτερικό πορώδες που κυμαίνεται στο 40-50% (Bunt, 1988; Γαρεφαλάκη, 1992). Στη διογκωμένη της μορφή, που είναι στρογγυλεμένα τεμάχια αργίλου τα οποία 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 η χρήση του σε αυτές τις χώρες είναι πιο διαδεδομένη απ' ό τι στην Ευρώπη. Για να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα πρέπει να αποφυλλωθεί θερμαινόμενο για 1 πίν στους 1000 °C. Στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας διογκώνεται 15-20 φορές και αποκτά υψηλό βαθμό πορώδους. Ο μέσος όρος πυκνότητάς του (ειδικό βάρος) είναι 80 Kg/m^3 . Κατατάσσεται σε δύο τύπους, τον όξινο (pH 6,0-6,8) και τον ουδέτερο τύπο. Έχει υψηλή εναλλακτική ικανότητα ιόντων. Περιέχει 5-8% διαθέσιμο κάλιο και 9-12% μαγνήσιο (Boodley and Sheldrake, 1972 ; Μαλούπα 1995). Όταν ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του ως υπόστρωμα, για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, έχει μια τάση για κερηθροποίηση της δομής του που μπορεί να οδηγήσει στην ολοκληρωτική καταστροφή της, με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο αερισμός και η αποστράγγιση. Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να

χρησιμοποιείται σε ανάμιξη με περλίτη ή με τύρφη για καλύτερο αερισμό και στράγγιση (Boodley and Sheldruke, 1972).

2.5.7 ΖΕΟΛΙΘΟΙ

Είναι ηφαισιογενή ορυκτά αλκαλίων και αλκαλικών γαιών. Περιέχουν κυρίως ζεόλιθο, κλινοπτιλόλιθο, ελανδίτη και ίχνη μορδεμίτη και εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές της Θράκης και της Μήλου. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο εδάφους, μόνο του ή σε μίγμα και τα αποτελέσματα ως σήμερα δείχνουν ότι είναι πολύ αξιόλογο υπόστρωμα, λόγω της υψηλής εναλλακτικής του ικανότητας και της μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό που είναι εύκολα διαθέσιμο στα 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) που λειτουργεί ως 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% περιεκτικότητα σε αέρα, 75% συγκράτηση νερού). Είναι χημικά αδρανές και διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρήση 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 υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν

μια σειρά από υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών. Αρχικά, συγκρατούν το υπόστρωμα συμβάλλοντας στη διευκόλυνση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός, κατά συνέπεια αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών ενώ παράλληλα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών. Επίσης, εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό απαιτείται και απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο (Μανιός, 1994).

Οι υποδοχείς που σήμερα χρησιμοποιούνται στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα ταξινομούνται ως εξής (Μανιός, 1994):

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

2.7 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά γίνεται αποκλειστικά μέσω θρεπτικού διαλύματος. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερης σημασίας η επιλογή της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, της διαδικασίας παρασκευής τους καθώς και του τρόπου χορήγησής τους στα φυτά.

Σημαντική είναι η εποπτεία και ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζοστρώματος. Με τον τρόπο αυτό γίνεται ευκολότερη η έγκαιρη διάγνωση κάθε προβλήματος που πιθανόν υπάρξει.

Όπως γνωρίζουμε όλα τα καλλιεργούμενα φυτά για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο έχουν την ανάγκη 16 χημικών στοιχείων. Από αυτά τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία, ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα μόνο σε μικρές ποσότητες και ονομάζονται ιχνοστοιχεία (η αναλογία μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων είναι περίπου 1:500 ως 1:2000).

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα θρεπτικά στοιχεία, που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο προσλαμβάνουν τα φυτά από την ατμόσφαιρα. Το οξυγόνο προσλαμβάνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το χλώριο από το χρησιμοποιούμενο νερό, ενώ η μορφή των θρεπτικών στοιχείων

στο θρεπτικό διάλυμα δε διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό φυσικές συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου, 2002).

2.7.1 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Η επιλογή των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων γίνεται με βάση τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, όπως η διαλυτότητα και η καθαρότητα καθώς και το κόστος τους. Επομένως, ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά, υδατοδιαλυτά αλλά και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων.

Δε συνιστάται η χρήση σύνθετων πλήρων υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που περιέχουν μίγμα απλών λιπασμάτων. Συγκεκριμένα δεν μπορούν να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, για παράδειγμα αν περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατόν να περιέχουν ταυτόχρονα και ασβέστιο αφού κάτι τέτοιο θα συνέβαλλε στην κατακρήμνιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θειϊκού ασβεστίου. Επίσης, η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος δυσκολεύει την προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις, καθώς και την πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, κάθε φορά που αυτό κρίνεται απαραίτητο για την αποκατάσταση της θρέψης (Στεργίου, 2002).

Τα λιπάσματα που συνιστώνται στην υδροπονία είναι απλά υδατοδιαλυτά και αποτελούνται από μια χημική ένωση, που συνοδεύεται και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή, είτε σε διαλυτή. Όλα σχεδόν τα λιπάσματα ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δυο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν και ένα ανιόν. Τα υδατοδιαλυτά άλατα αυτών, παρόλο που το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο και το άλλο όχι, δε χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία, καθώς 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).

2.7.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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

2.7.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Ειδικότερα, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα. Ως μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το ds/m . Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε δίνει 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 και συνεπώς καταπόνηση των φυτών. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός διαλύματος κυμαίνονται συνήθως σε 2 - 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 ενδείκνυνται 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, ώστε οι μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.7.2.2 ΤΟ pH ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Το pH του θρεπτικού διαλύματος είναι σημαντικό κριτήριο για την καταλληλότητά του. Το pH εκφράζει τον αρνητικό λογάριθμο της συγκέντρωσης υδρογονοκατιόντων 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 ρυθμούς από τους συνήθεις. Κατά συνέπεια, εμφανίζονται διαταραχές στη θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες). Για τα περισσότερα είδη λαχανικών το pH του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται από 5,5 - 6,5 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1.1 ΦΩΣ

Το φως επιδρά στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού κατά συνέπεια επιδρά και στο ρυθμό ανάπτυξης του φυτού. Επίσης, το φως επιδρά στη δημιουργία της χλωροφύλλης που προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος, 2001). Η απορρόφηση αζώτου στο μαρούλι επηρεάζεται από το φωτισμό και τη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τους (Wheeler, 1998) όσο μεγαλώνει η ένταση του φωτός τόσο αυξάνεται η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά.

Οι ανάγκες του μαρουλιού διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, ωστόσο για το μαρούλι είναι απαραίτητη μια φωτεινή ακτινοβολία της τάξης των 1000-1200 lux. Βέβαια, καλή ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί και σε μια ένταση φωτός 500 lux (Walls, 1993).

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 κανονικά (320-340 ppm) επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του μαρουλιού (Walls, 1993).

Ειδικότερα, ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ μπορεί να αποφέρει πρωίμηση στη συγκομιδή από 10 ημέρες ως και μερικές εβδομάδες, καθώς επίσης και αύξηση της ποιότητας και της απόδοσης της καλλιέργειας. Ακόμα, συμβάλλει στην υποκατάσταση της μειωμένης έντασης φωτός κατά της χειμερινές ημέρες με συννεφιά και στην αύξηση της ξηράς ουσίας του μαρουλιού (Walls, 1993).

3.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιούνται τα περισσότερα υποστρώματα που εφαρμόζονται στην υδροπονική καλλιέργεια (περλίτης,

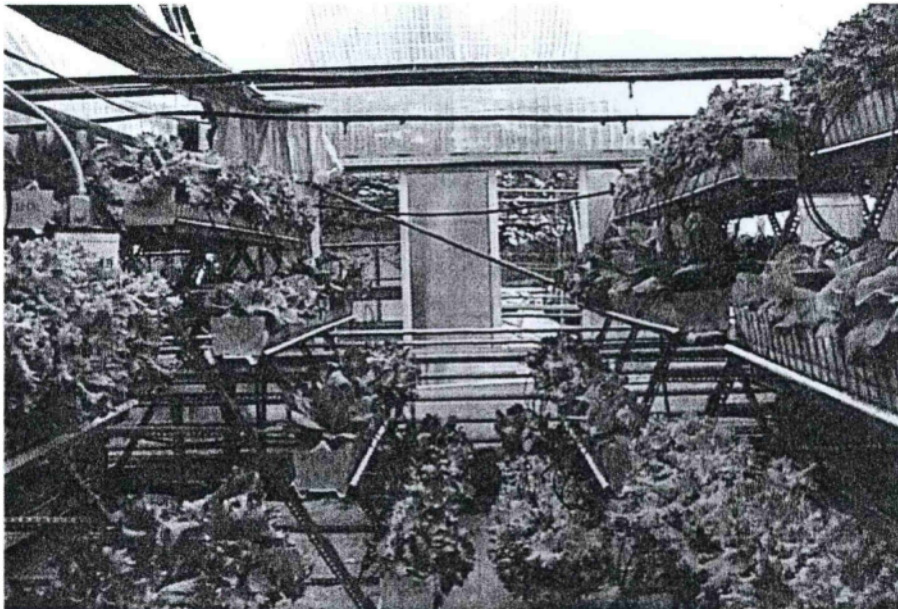
ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, βερμικουλίτης κτλ.) με αρκετά καλά αποτελέσματα. Ωστόσο, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης και λιγότερο ο πετροβάμβακας και η ελαφρόπετρα, η οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει μια αυξητική τάση στη χρήση της (Siomos *et al*, 2001b). Το σημαντικότερο μειονέκτημά της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

Το 1999 σε πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο τμήμα λαχανοκομίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης η ελαφρόπετρα απέδωσε το ίδιο ικανοποιητικά αποτελέσματα με τον περλίτη αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μαρουλιών (χρώμα, ογκομετρούμενη οξύτητα, χλωροφύλλη α και β και ολική χλωροφύλλη), ενώ υστέρησε ελαφρώς σε σχέση με τον περλίτη στον τομέα της απόδοσης της καλλιέργειας (Siomos *et al*, 2001b).

3.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

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

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται συστήματα φύτευσης σε γραμμές, σε βαθμίδες και το σύστημα της αψίδας. Το σύστημα φύτευσης σε γραμμές έχει το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα. Από την άλλη, το σύστημα φύτευσης σε βαθμίδες συμβάλλει στη μέγιστη αξιοποίηση του χώρου, αλλά υστερεί λόγω της μη ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών ανάμεσα στις διάφορες βαθμίδες (Οικονομάκης, 2002). Τέλος, με το σύστημα της αψίδας επιτυγχάνεται η κατακόρυφη εκμετάλλευση του χώρου του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα αυξάνεται ο αριθμός των καλλιεργούμενων φυτών ανά στρέμμα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι προσφέρει στα φυτά ιδανικές συνθήκες αερισμού συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην πρόληψη μυκητολογικών ασθενειών (Οικονομάκης, 2002). Πάντως στις υπαίθριες καλλιέργειες δεν είναι τόσο πιεστική η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του χώρου και η εφαρμογή σύνθετων συστημάτων φύτευσης (βαθμίδες ή αψίδες) δεν κρίνεται πάντοτε απαραίτητη. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις επιλέγεται η καλλιέργεια των φυτών να γίνεται σε κανάλια που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους (καλυμμένη με πλαστικό) ή λίγο πιο ψηλά (π.χ. 50 cm).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα φύτευσης αψίδα.

3.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Μια από τις βασικότερες παραμέτρους σε μια καλλιέργεια είναι οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών, διότι οι αποστάσεις φύτευσης πρέπει να είναι τέτοιες που να εξασφαλίζουν την ομαλή ανάπτυξη τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού.

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιούνται μικρότερες αποστάσεις φύτευσης από τη συμβατική καλλιέργεια (30-40cm) (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, όπου τα μη κεφαλωτά μαρούλια που έχουν την ιδιότητα να «απλώνουν» το φύλλωμά τους πρέπει να φυτεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Επίσης, το σύστημα φύτευσης, το οποίο σε γραμμές δεν επιτρέπει μικρές αποστάσεις φύτευσης λόγω της δημιουργίας συνθηκών κακού αερισμού και υπερβολικής υγρασίας οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (βοτρύτης). Αντίθετα στο σύστημα πυραμίδας όπου οι συνθήκες αερισμού των φυτών είναι σίγουρα καλύτερες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μικρότερες αποστάσεις (Howard and Resh, 1995).

3.5 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Στον 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 κατάλληλες αναλόγως της ποικιλίας του καλλιεργούμενου φυτού το στάδιο ανάπτυξής του και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες που επικρατούν. Κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού 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, επειδή δρα τοξικά στα νεαρά ριζίδια και περιορίζει το ρυθμό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Αργότερα, με την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, μπορεί να προστίθεται μικρή ποσότητα αμμωνίας για να σταθεροποιηθεί καλύτερα το pH του θρεπτικού διαλύματος. Είκοσι μέρες πριν τη συγκομιδή των μαρουλιών διακόπτεται η χορήγηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ώστε να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό η συγκέντρωση των νιτρικών στο φύλλωμα, που είναι το εδωδιμο μέρος του φυτού, διότι τα νιτρικά είναι επικίνδυνα για την υγεία του καταναλωτή (Στεργίου, 2002).

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Προτεινόμενη σύσταση θρεπτικού διαλύματος.

	Μαυρογιαννόπουλος (1994)	Albright (1997)	Σιώμος (1999α,β)	Sonneveld and Straver (1994)
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	1,12 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 στα φυτά.

	Αρχική μορφή υπό την οποία απορροφάται από το φυτό	Συνήθης συγκέντρωση σε υγιή φυτά	Συμπτώματα έλλειψης
Μακροστοιχεία			
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
Μικροστοιχεία			
Σίδηρος	Fe^{2+} ή Fe^{3+}	25- 300 ppm	Εμφάνιση μεσονεύριας χλώρωσης στα νεαρά φύλλα
Χαλκός	Cu^{2+}	4-30 ppm	Τα φύλλα παρουσιάζουν περιορισμένη αύξηση, χλώρωση, νέκρωση
Μαγγάνιο	Mn^{2+}	15- 800 ppm	Χλωρωτικά στίγματα στα νεότερα φύλλα, χλώρωση, νέκρωση,
Βόριο	$\text{B}(\text{OH})_3$ ή $\text{B}(\text{OH})_4$		Εύθραυστοι μίσχοι και κεντρικές νευρώσεις, κίτρινο ή καφέ χρώμα
Μολυβδαινιο	MoO_4^{2-}	0,1- 5%	Μεσονεύρια χλωρωτικά στίγματα ακολουθούμενα από νέκρωση
Ψευδάργυρος	Zn^{2+}	15- 100 ppm	Μεσονεύρια χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, σμίκρυνση φύλλων

(Πηγή: Καραμπέτσας, 2001)

3.6 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα πάνω στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού (Siomos *et al.*, 2002b). 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.

Οι Siomos *et al.* (2002b) 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 και ελαφρόπετρα και οι αποστάσεις φύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 20 cm. Η συγκομιδή έγινε 81 ημέρες από τη μεταφύτευση και τα φυτά είχαν μέσο νωπό βάρος 155, 154 και 141 στον περλίτη, την ελαφρόπετρα και το έδαφος αντίστοιχα, ωστόσο στατιστικά σημαντική ήταν η διαφορά του περλίτη με το έδαφος. 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 είχε την παρακάτω σύσταση: (mmol/l) NO_3^- 18,18- NH_4^+ 0,96- H_2PO_4^- 2- K 11,13- Ca 7,66- Mg 1- SO_4^{2-} 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.* (2002b) 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 δε 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.* (2002b) μελέτησαν επίσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά 2 ποικιλιών μαρουλιού κατά τη συγκομιδή τους και κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους. Καλλιεργήθηκαν σε αμμώδες έδαφος, οι ποικιλίες Paris island (τύπος: Romaine) και Atraxion (τύπος: Looseleaf) και χρησιμοποιήθηκαν αποστάσεις φύτευσης, μεταξύ των φυτών, της τάξης των 25 cm. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε 97 ημέρες μετά τη μεταφύτευση και η ποιότητα των μαρουλιών υπολογίστηκε 3, 6, 9, 12, και 15 ημέρες μετά τη συγκομιδή. Η συντήρηση των μαρουλιών έγινε σε μια θερμοκρασία 1°C. Κατά τη 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 αναφορικά με την ξηρά ουσία, την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά και την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ. Σημαντική απώλεια βάρους κατά τη συγκομιδή παρατηρήθηκε και στις 2 ποικιλίες αλλά μετά την ένατη μέρα συντήρησης η ποικιλία Atraxion παρουσίασε μεγαλύτερη απώλεια βάρους από την ποικιλία 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 ιδιαίτερη 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.*, 2001b).

Το 1993 σε πείραμα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο της Λουμπλιάνα μελετήθηκε η επίδραση τεσσάρων υποστρωμάτων στον νωπό 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 στην καλλιέργεια σε compost ήταν 129,3 g, στην καλλιέργεια σε πετροβάμβακα 72,1 g και στην καλλιέργεια σε βερμικουλίτη 64,4 g (Osvald, 1998).

Οι Ciolkosz *et al.* (1998) μελέτησαν 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 υπήρχαν (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 φωτός ενώ χορηγήθηκαν τρία διαφορετικά σε συγκέντρωση αζώτου θρεπτικά διαλύματα. Βρέθηκε ότι υψηλά επίπεδα φωτός 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 προκάλούσε αύξηση της απορρόφησης του αζώτου από το φυτό (Albright, 1997).

3.7 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 *Romana* και *Crisphead* σε υπαίθρια καλλιέργεια στην περιοχή της Καλαμάτας κατά τους μήνες Φεβρουάριο - Μάιο.

Τα υποστρώματα που επιλέχθηκαν ήταν ο περλίτης και η ελαφρόπετρα που σύμφωνα με τους Ολύμπιο (2001) και Siomos *et al.* (2002b) είναι τα πλέον κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε και μίγμα *cocosoil* - περλίτη λόγω της ιδιότητας του *cocosoil* να είναι ένα μη τοξικό υλικό (Μάνιος, 1997).

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

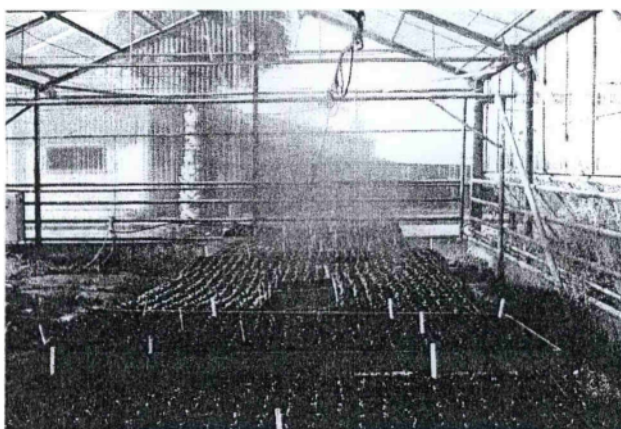
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΤΕΙ Καλαμάτας, και πιο συγκεκριμένα στον υπαίθριο χώρο του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας. Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα Ιανουάριο- Μάιο 2004. Στο πείραμα μελετήθηκαν οι ποικιλίες μαρουλιού Paris Island (τύπος Romaine) και Great Lakes (τύπος Crisphead).

Στο παρόν πείραμα μελετήθηκε η επίδραση του υποστρώματος στην ποιότητα 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 l υποστρώματος.

4.2 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά έγινε στις 22/01/04 στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Λαχανοκομίας του ΤΕΙ. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία μαζικής σποράς που είχαν πλυθεί και γεμιστεί με φυτόχωμα. Οι σπόροι προέρχονταν από την εταιρία Γεωρονικό Spiti. Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν 5 σειρές σπόρων με 10 σπόρους ανά σειρά. Συνολικά τοποθετήθηκαν 800 σπόροι από κάθε ποικιλία. Στη συνέχεια οι σπόροι καλύφθηκαν με ελαφριά στρώση φυτοχώματος και τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση για 10 min για να ποτιστούν καλά. Έπειτα, μεταφέρθηκαν σε προβλαστήρια με θερμοκρασία ημέρας 20°C, θερμοκρασία νύχτας 13°C και διάρκεια φωτισμού 10h την ημέρα. Την επόμενη ημέρα οι σπόροι ξαναποτίστηκαν με ψεκασμό. Οι σπόροι φύτρωσαν σε 4 μέρες από την σπορά τους. Την τέταρτη μέρα έγινε αλλαγή στη διάρκεια της φωτοπεριόδου από 10h σε 12 h την ημέρα.



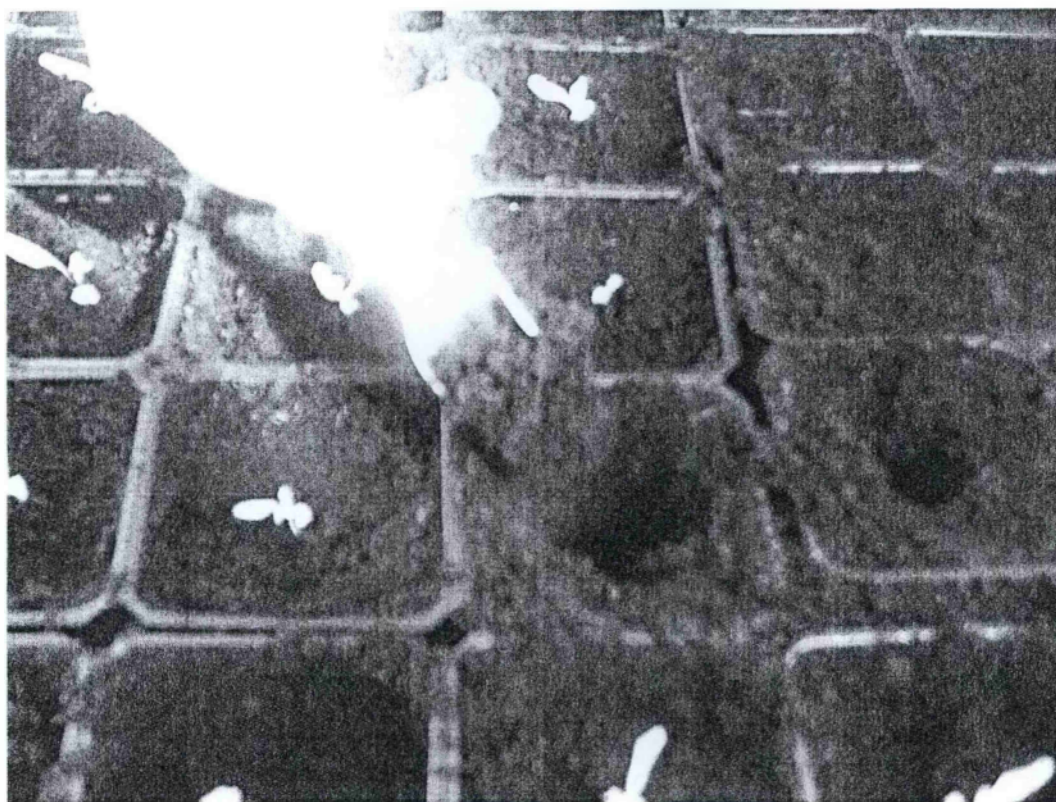
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Πότισμα των νεαρών φυτών με το σύστημα της υδρονέφωσης.

4.3 ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των φυτών από τις ομαδικές στις ατομικές θέσεις έγινε 8 μέρες μετά τη σπορά. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε δίσκους που έφεραν 20 ατομικές θέσεις, οι οποίοι γεμίστηκαν με τύρφη και τα φυτά μεταφέρθηκαν στην ατομική θέση τους. Όταν το σύνολο των φυτών μεταφυτεύτηκε οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε πάγκους εντός του θερμοκηπίου, το οποίο δε θερμαινόταν. Το πότισμα των νεαρών φυτών γινόταν με το σύστημα της υδρονέφωσης. Οι απώλειες κατά τη μεταφύτευση ήταν ασήμαντες. Ο έλεγχος και το πότισμα των φυτών ήταν καθημερινός. Πέντε μέρες από τη μεταφύτευση στις ατομικές θέσεις εμφανίστηκε το πρώτο πραγματικό φύλλο. Το πρόβλημα των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν αντιμετωπίστηκε με το άνοιγμα των πλαϊνών παραθύρων του θερμοκηπίου.

Η μεταφύτευση στις τελικές θέσεις στον υπαίθριο χώρο του εργαστηρίου της Γεωργικής Μηχανολογίας έγινε 21 μέρες μετά την πρώτη μεταφύτευση, στις 20/2/04 και αφού τα φυτά βρίσκονταν στο 3-4 πραγματικό φύλλο. Τα κανάλια-υποδοχείς των φυτών γεμίστηκαν με τα υποστρώματα, ώστε σε κάθε φυτό να αντιστοιχούν 2,4 λίτρα υποστρώματος. Τα κανάλια τοποθετήθηκαν στην τελική τους θέση και ποτίστηκαν καλά με θρεπτικό διάλυμα από την προηγούμενη μέρα. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν με μπάλα χώματος και σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό του δίσκου. Μετά την τοποθέτηση του φυταρίου στην τελική του θέση πιέστηκε το υπόστρωμα γύρω από το φυτό προκειμένου να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα. Ακολούθησε πότισμα των νεαρών φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Ανάμεσα στο κανάλι και το υπόστρωμα είχε τοποθετηθεί λευκό πολυαιθυλένιο (νάιλον) το οποίο συγκρατούσε το υπόστρωμα. Το νάιλον ήταν κλειστό στο πάνω μέρος (ανοιχτό μόνο στο σημείο όπου βρισκόταν το φυτό) για την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης του θρεπτικού διαλύματος και έφερε τρύπες για την απορροή του θρεπτικού διαλύματος.

Μετά τη μεταφύτευση τα κανάλια τοποθετήθηκαν στον υπαίθριο χώρο του εργαστηρίου, με βάση το εντελώς τυχαιοποιημένο 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. Κατά μήκος ενός καναλιού το υπόστρωμα ήταν το ίδιο. Κάθε κανάλι έφερε σήμανση στην οποία αναγραφόταν η ποικιλία, το υπόστρωμα, και ο αριθμός της επανάληψης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2: Πρώτη μεταφύτευση

4.4 ΛΙΠΑΝΣΗ

Η κύρια καλλιεργητική φροντίδα που γινόταν κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ήταν το πότισμα των φυτών με το θρεπτικό διάλυμα. Το πότισμα άρχισε αμέσως μετά τη 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 μ.μ). Η συχνότητα ποτίσματος ήταν 6 ποτίσματα / ημέρα και η διάρκεια ποτίσματος ήταν 1,5 λεπτά. Σε κάθε πότισμα χορηγούνταν η ίδια ποσότητα θρεπτικού διαλύματος σε όλα τα φυτά (0.05 l).

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα, όπως το νιτρικό ασβέστιο, θειϊκό μαγνήσιο, θειϊκό κάλιο νιτρικό κάλιο, φωσφορικό μονοκάλιο, νιτρική αμμωνία, χηλικός σίδηρος, θειϊκό μαγγάνιο, θειϊκός χαλκός, βόρακας, μολυβδαινική αμμωνία.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Σύσταση νερού άρδευσης και θρεπτικού διαλύματος.

	Σύσταση νερού άρδευσης	Σύσταση θρεπτικού διαλύματος (19-2-2004 έως 5-3-2004)	Σύσταση θρεπτικού διαλύματος (5-3-2004 έως 17-4-2004)
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 λιπασμάτων των μακροστοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσω της μετατροπής των συγκεντρώσεων (meq/l) σε συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων, σε κιλά για τα στερεά και σε λίτρα για τα υγρά. Τα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάστηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των Savas and Adamides (1999).

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ακολουθούνταν η διαδικασία του προσδιορισμού των επιθυμητών συγκεντρώσεων του κάθε στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα, του υπολογισμού των ποσοτήτων που θα προσθέσουμε στο νερό από κάθε λίπασμα για την επίτευξη των επιθυμητών συγκεντρώσεων, την παρασκευή μητρικών διαλυμάτων, παρασκευή θρεπτικού διαλύματος και τον έλεγχο χαρακτηριστικών θρεπτικού διαλύματος (αγωγιμότητα, pH).

Τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών προσάγονταν 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. Η αραίωση γινόταν με το νερό 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.

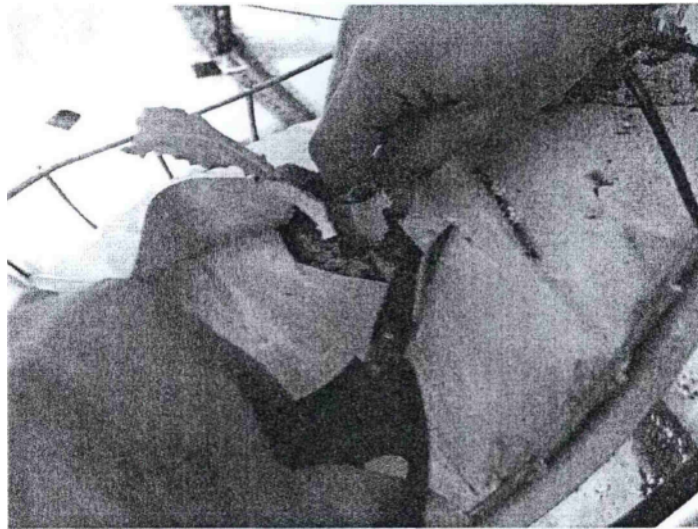
Η ανάμιξη και αραίωση του διαλύματος γίνονταν μέσω υπολογιστή (πρόγραμμα Autonet 2000) ωστόσο το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με πεχόμετρο και αγωγιμόμετρο αντίστοιχα, για να διασφαλιστεί ότι βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

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

4.5 ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν διάφορες εργασίες που σκοπό είχαν την αντιμετώπιση διάφορων εχθρών και ασθενειών (πητιά, βοτρυτής) και τη 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 στις 25-2-2004 έγινε κόψιμο του πλαστικού γύρω από το λαιμό των φυτών και αλλαγή της θέσης των σωλήνων άρδευσης όπου αυτά εμπόδιζαν την ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Στις 10-3-2004 κρεμάστηκαν πλαστικές σακούλες στο άνοιγμα στο συρματοπλέγμα περιμετρικά του χώρου, όπου βρισκόταν η υπαίθρια καλλιέργεια, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των πτηνών. Στη συνέχεια στις 12-3-2004 έγινε προληπτικός ψεκασμός των φυτών με το χαλκούχο μυκητοκτόνο Copergil, ενώ κατά τις 18-3-2004 πραγματοποιήθηκε θεραπευτικός και προληπτικός ψεκασμός των φυτών με το μυκητοκτόνο σκεύασμα Switch ώστε να αντιμετωπιστεί η προσβολή από βοτρυτή. Τέλος, στις 26-3-2004 έγινε επανάληψη του ψεκασμού για την αντιμετώπιση του βοτρυτή.



ΕΙΚΟΝΑ 4.3: Κόψιμο πλαστικού γύρω από το λαιμό του φυτού.

4.6 ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

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	20/2/2004
Κόψιμο απορροών	20/2/2004
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 Paris island	15/4/2004
Συγκομιδή ποικιλίας Great lakes	16/4/2004

4.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η συγκομιδή των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes έγινε στις 15/4/04 και 16/4/04 αντίστοιχα, δηλαδή 55 ημέρες μετά τη μεταφύτευση στην τελική τους θέση για τα φυτά της Paris Island και 56 ημέρες από τη μεταφύτευση στην τελική

τους θέση για τα φυτά της Great Lakes. Η συγκομιδή των δύο ποικιλιών έγινε κατά τον ίδιο τρόπο.

Μετρήθηκαν: α) ο αριθμός των φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας β) το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού γ) ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων δ) η περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εσωτερικών, μεσαίων, εξωτερικών φύλλων ε) οι παράμετροι L, a, b, - a/b του χρώματος στ) η περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία.

Στη διάρκεια της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις αριθμού των φύλλων ανά φυτό. Συγκεκριμένα μετρήθηκε 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 φύλλων έγινε 17 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, 24 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, 31 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, 38 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση και 52 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

Οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό βάρος είχαν ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου, ενώ οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό και το ξηρό βάρος των φύλλων και του βλαστού 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 και την ένταση του χρώματος των φύλλων, αντίστοιχα. Ο λόγος -a/b σύμφωνα με τον (Gold and Weckel, 1959) συνδέεται με τα επίπεδα της χλωροφύλλης στα φύλλα.

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



ΕΙΚΟΝΑ 4.4: Μέτρηση ύψους μαρουλιού.

Η συλλογή των φυτών άρχιζε νωρίς το πρωί. Τα φυτά κόβονταν με κοφτερό μαχαίρι στο σημείο επαφής τους με το υπόστρωμα. Συγκομίστηκαν 8 φυτά από κάθε κανάλι. Τα τρία από αυτά ζυγίστηκαν νωπά και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργικών Βιομηχανιών του ΤΕΙ Καλαμάτας 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 5 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 το βλαστό (κοτσάνι). Έπειτα, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρια όπου ξηράνθηκαν 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.

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



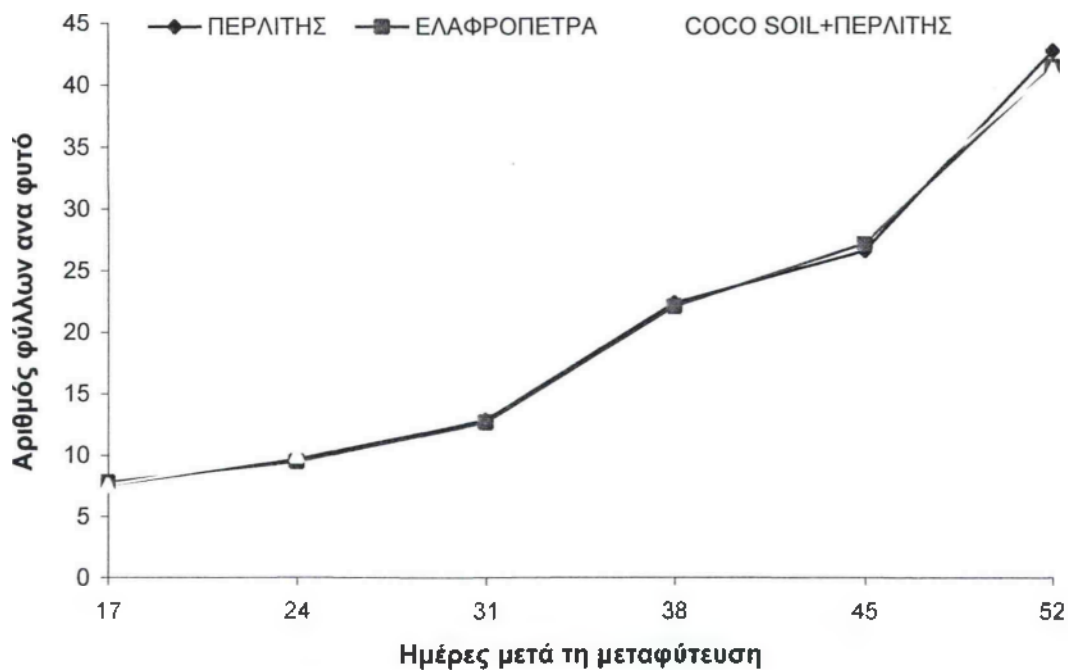
ΕΙΚΟΝΑ 4.5: Μέτρηση νωπού βάρους

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών εκτιμήθηκε μέσω της αύξησης του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Μέτρηση φύλλων πραγματοποιήθηκε 17, 24, 31, 38, 45 και 52 ημέρες μετά τη μεταφύτευση των φυτών στη τελική τους θέση. Η τελευταία μέτρηση έγινε κατά τη συγκομιδή 55 και 56 μετά τη μεταφύτευση στην τελική θέση για τη Paris Island και την Great Lakes αντίστοιχα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η μεταβολή του αριθμού των φύλλων στην ποικιλία Paris Island κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Μεταβολή του μέσου αριθμού φύλλων για την ποικιλία Paris Island κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση για κάθε ημέρα μέτρησης.

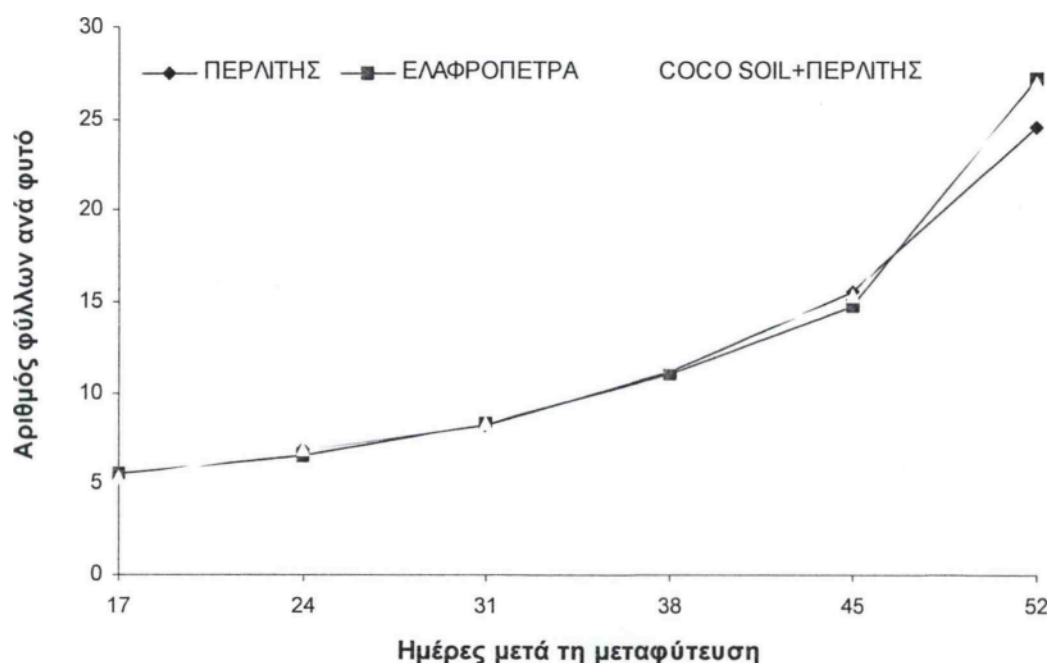
Πίνακας 5.1: Μέσος αριθμός φύλλων στην ποικιλία Paris Island.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ					
	17	24	31	38	45	52
ΠΕΡΛΙΤΗΣ	7,6a	9,7a	12,9a	22,4a	26,6a	42,7a
ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	7,8a	9,5a	12,7a	22,1a	27,2a	41,4a
COCO SOIL+ΠΕΡΛΙΤΗΣ	7,6a	10,0a	14,6a	24,3a	28,4a	41,2a
Ε.Σ.Δ.	0,71	1,31	2,92	3,35	3,44	3,88

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

Από τον παραπάνω πίνακα (5.1) φαίνεται ότι στην ποικιλία Paris Island δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική επίδραση του υποστρώματος στον ρυθμό με τον οποίο σχηματίζονται τα φύλλα στα φυτά.

Στην εικόνα 5.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο ρυθμός σχηματισμού των φύλλων στα φυτά της ποικιλίας Great Lakes.



ΕΙΚΟΝΑ 5.2: Μεταβολή αριθμού φύλλων για την ποικιλία Great Lakes κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα 5.2 παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση για κάθε ημέρα μέτρησης.

Πίνακας 5.2: Μέσος αριθμός φύλλων της ποικιλίας Great Lakes.

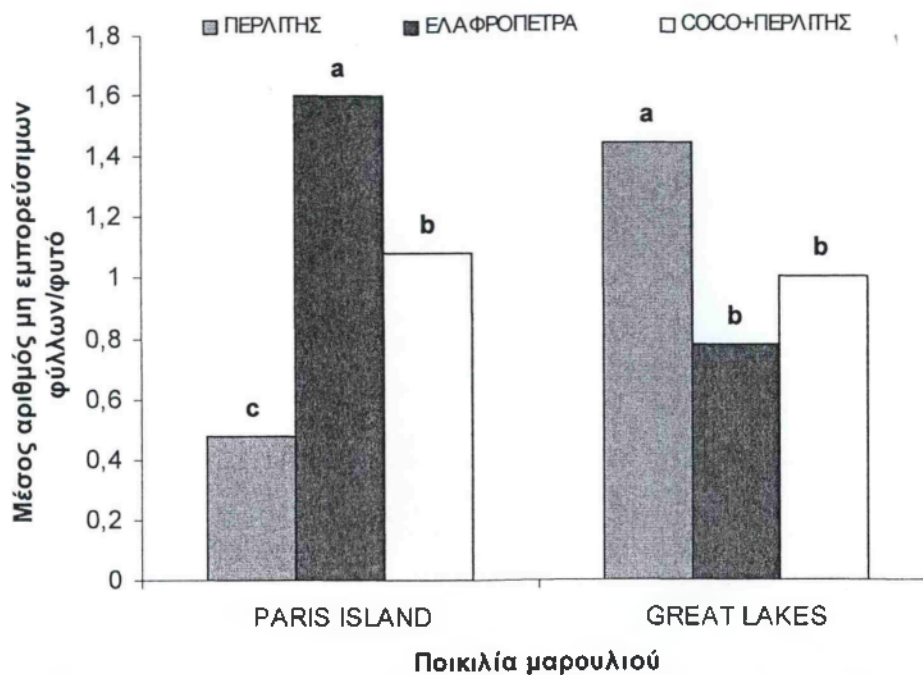
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ					
	17	24	31	38	45	52
ΠΕΡΛΙΤΗΣ	5,3a	6,9a	8,3a	11,2a	15,6a	24,5a
ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ	5,6a	6,5a	8,3a	11,1a	14,8a	27,2a
COCOSOIL+ΠΕΡΛΙΤΗΣ	5,4a	6,9a	8,4a	11,7a	15,3a	27,0a
Ε.Σ.Δ.	0,47	0,51	1,55	1,89	2,06	2,94

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

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι για την ποικιλία Great Lakes δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική επίδραση του υποστρώματος στον ρυθμό εμφάνισης των φύλλων στα φυτά.

5.2 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Τα μη εμπορεύσιμα φύλλα μετρήθηκαν την ημέρα της συγκομιδής των φυτών και στην εικόνα που ακολουθεί (5.3) παρουσιάζονται για κάθε ποικιλία και ανά υπόστρωμα χωριστά.



ΕΙΚΟΝΑ 5.3: Μέσος αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων στις ποικιλίες Paris Island και Great Lakes.

Για κάθε ποικιλία χωριστά, οι ράβδοι που φέρουν στο επάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island:Ε.Σ.Δ. = 0,44 και Great Lakes:Ε.Σ.Δ. = 0,25) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

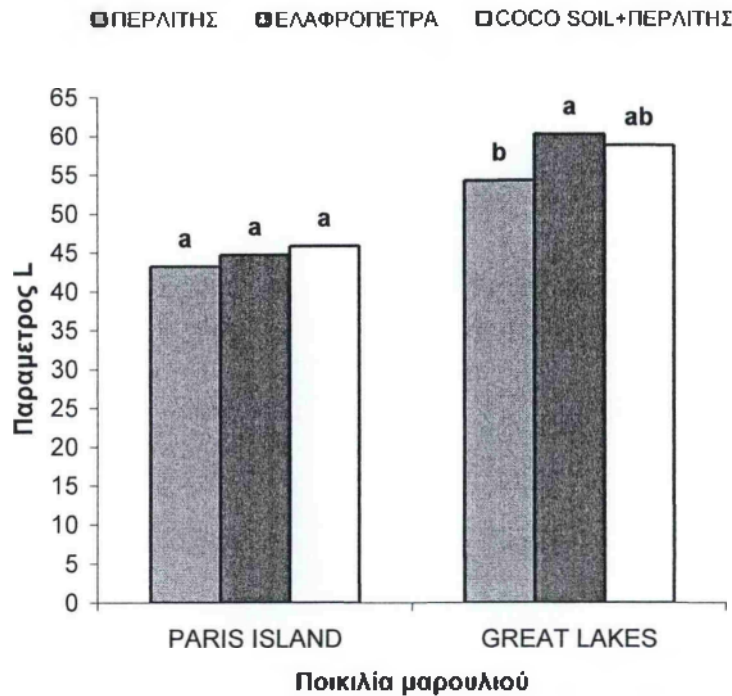
Από την παραπάνω εικόνα βάση της στατιστικής ανάλυσης που έγινε με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ., παρατηρούμε τα παρακάτω:

- Στην ποικιλία Paris Island ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του περλίτη είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερος από ότι στα υποστρώματα της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη. Επιπλέον το υπόστρωμα cocosoil-περλίτης υπολείπεται στατιστικά σημαντικά της ελαφρόπετρας που παρουσιάζει το μεγαλύτερο αριθμό μη εμπορεύσιμων φύλλων.
- Στην ποικιλία Great Lakes ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του περλίτη είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από αυτόν στα υποστρώματα της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη.

Πάντως και στις δύο ποικιλίες ανεξάρτητα από το υπόστρωμα στο οποίο καλλιεργήθηκαν, ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα.

5.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ(L, a, b, -a/b)

Η παράμετρος L του χρώματος σχετίζεται με τη φωτεινότητα του χρώματος των φύλλων και μετρήθηκε κατά την ημέρα της συγκομιδής των φυτών με χρωματόμετρο Minolta CR 300. Οι μέσες τιμές για κάθε ποικιλία και υπόστρωμα παρουσιάζονται στην εικόνα 5.4 που ακολουθεί.

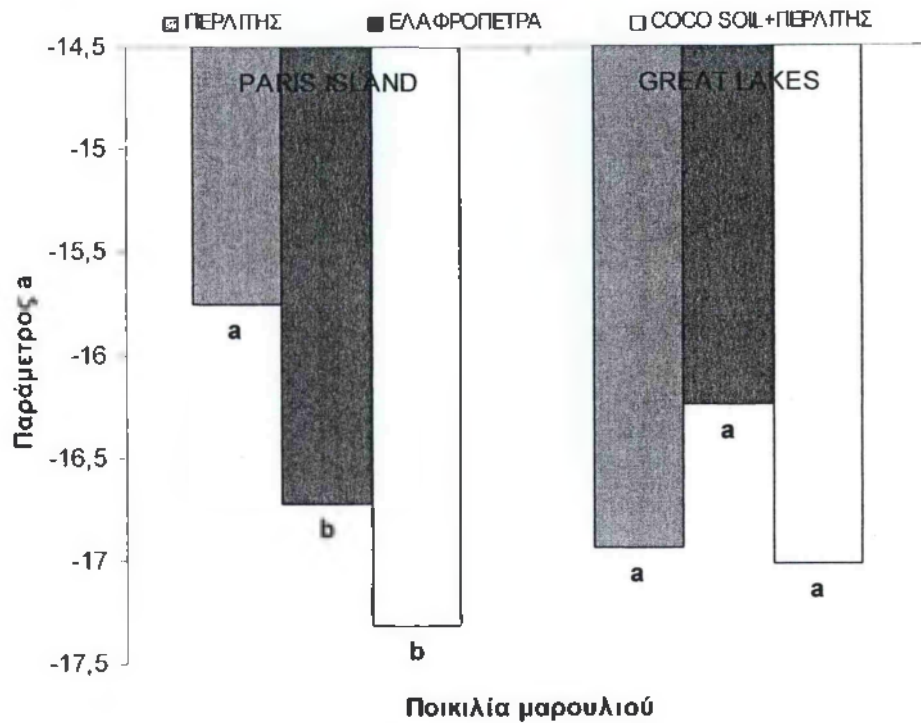


ΕΙΚΟΝΑ 5.4: Επίδραση των υποστρωμάτων στην παράμετρο L του χρώματος των φύλλων των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes.

Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο επάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island:Ε.Σ.Δ.= 2,77 και Great Lakes:Ε.Σ.Δ.= 5,95) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εικόνα 5.4 παρατηρούμε ότι:

- Στην ποικιλία Paris Island η τιμή του L δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών υποστρωμάτων.
- Στην ποικιλία Great Lakes η τιμή του L είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στην ελαφρόπετρα από ότι στον περλίτη, ενώ το cocosoil-περλίτης δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τα άλλα δυο υποστρώματα.

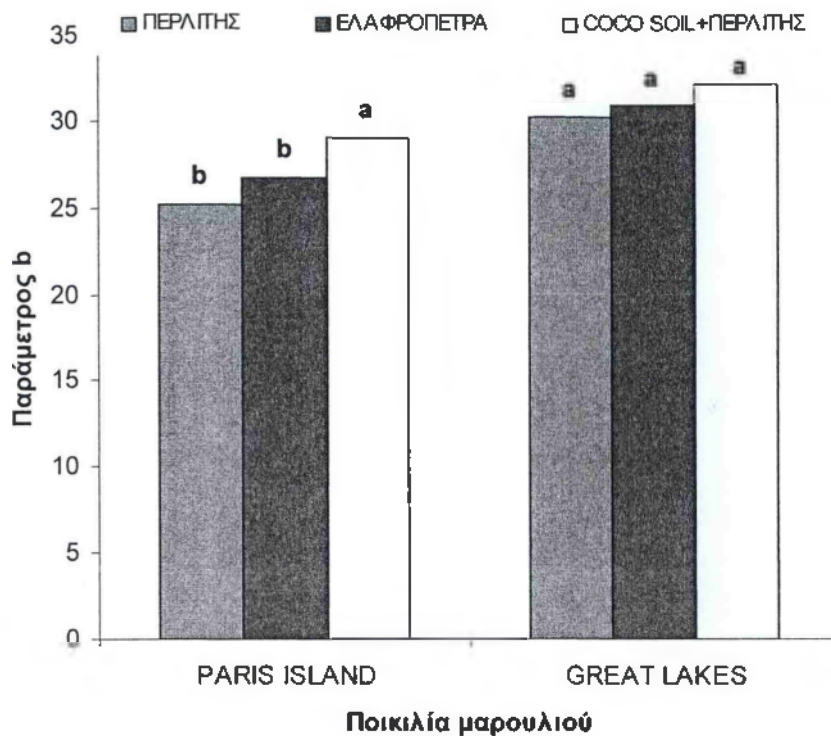


ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Επίδραση των υποστρωμάτων στην παράμετρο a του χρώματος των φύλλων των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes.

Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο κάτω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.:0,96 και Great Lakes Ε.Σ.Δ.:1,33) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε ότι:

- Στην ποικιλία Paris Island η τιμή της παραμέτρου του χρώματος a είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη στο cocosoil-περλίτης και στην ελαφρόπετρα από ότι στον περλίτη ενώ μεταξύ τους τα δύο πρώτα υποστρώματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Στην ποικιλία Great Lakes η τιμή της παραμέτρου του χρώματος a των φύλλων των φυτών δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τα υποστρώματα.



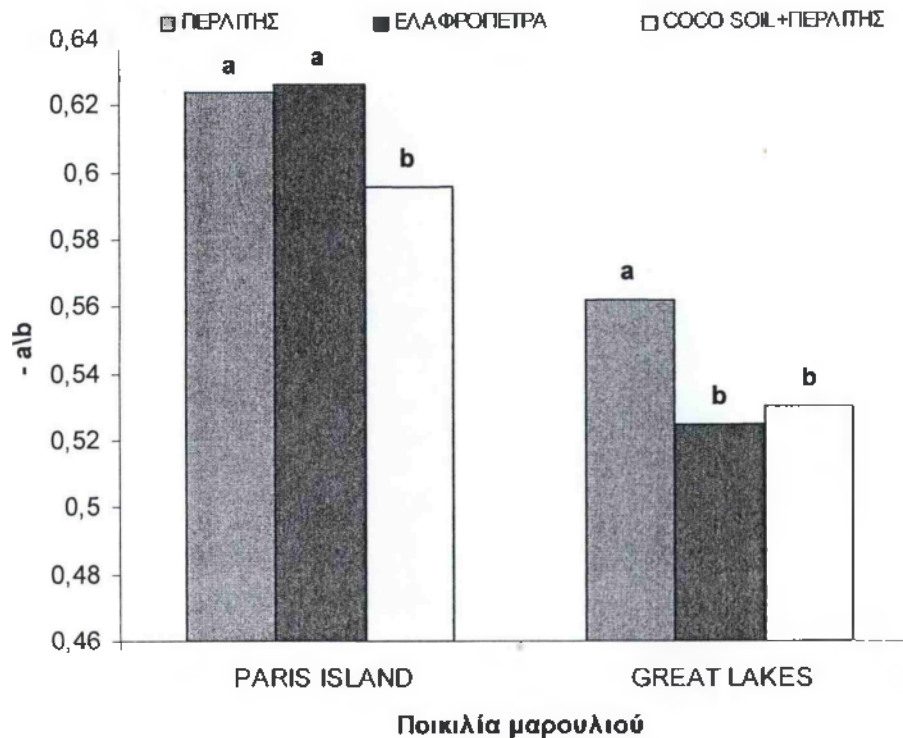
ΕΙΚΟΝΑ 5.6: Επίδραση των υποστρωμάτων στην παράμετρο b των φύλλων των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes.

Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.: 1,78 και Great Lakes Ε.Σ.Δ.: 3,62) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από την εικόνα 5.6 βλέπουμε ότι :

- Στην ποικιλία Paris Island η τιμή της παραμέτρου b του χρώματος είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στο cocosoil-περλίτης από ότι στην ελαφρόπετρα και τον περλίτη, που δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους.
- Στην ποικιλία Great Lakes δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων.

Από την μέτρηση των παραμέτρων a και b του χρώματος, μπορούμε μέσω του λόγου (-a/b) να εκτιμήσουμε τη περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη (Gold and Weckel, 1959). Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (5.7).



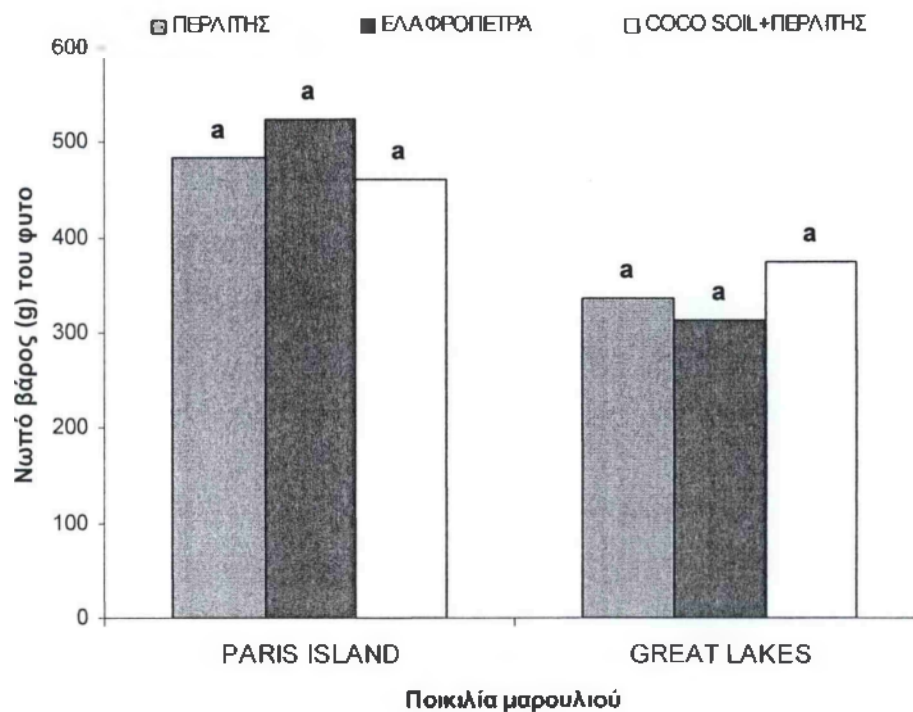
ΕΙΚΟΝΑ 5.7: Επίδραση των υποστρωμάτων στο λόγο $-a/b$ των φύλλων για τις ποικιλίες Paris Island και Great Lakes. Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 0,018, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 0,031) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από την παραπάνω εικόνα φαίνονται τα εξής:

- Στην ποικιλία Paris Island ο λόγος $-a/b$ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα cocosoil-περλίτη είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερος από ότι στον περλίτη και στην ελαφρόπετρα τα οποία δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.
- Στην ποικιλία Great Lakes ο λόγος $-a/b$ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από ότι στα υποστρώματα ελαφρόπετρας και cocosoil-περλίτης τα οποία δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

5.4 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Την ημέρα της συγκομιδής έγινε μέτρηση του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους (κεφαλή) των φυτών αφού πρώτα είχαν αφαιρεθεί τα μη εμπορεύσιμα φύλλα τους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί (5.8).



ΕΙΚΟΝΑ 5.8: Επίδραση του υποστρώματος στο νωπό βάρος (g) του υπέργειου μέρους του φυτού για τις ποικιλίες Paris Island και Great Lakes.

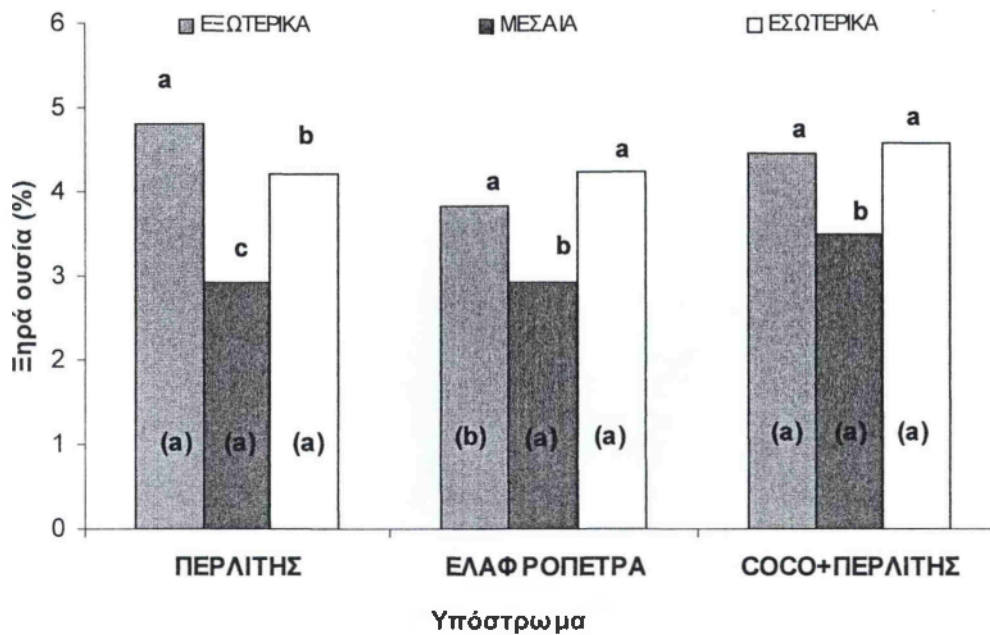
Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.: 96,32 και Great Lakes Ε.Σ.Δ.: 99,76) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από την εικόνα 5.8 παρατηρούμε ότι η ποικιλία Paris Island σχημάτισε μεγαλύτερο βάρος κεφαλής (περίπου 500g) από ότι η ποικιλία Great Lakes (περίπου 350g) αλλά δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων στο βάρος των κεφαλών κάθε ποικιλίας.

5.5 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ

Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας (%) των φύλλων σε ξηρά ουσία πραγματοποιήθηκε χωριστά για τα εξωτερικά, τα μεσαία και τα εσωτερικά φύλλα κάθε ποικιλίας. Συγκεκριμένα αφού μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των φύλλων κάθε φυτού στη συνέχεια διαιρέθηκε στα τρία.

Στην εικόνα 5.9 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της περιεκτικότητας (%) των φύλλων σε ξηρά ουσία ανάλογα με τη θέση τους στο φυτό και το υπόστρωμα ανάπτυξης του φυτού της ποικιλίας Paris Island.



ΕΙΚΟΝΑ 5.9: Επίδραση των υποστρωμάτων στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε ξηρά ουσία, ανάλογα με τη θέση τους στο φυτό για την ποικιλία Paris Island.

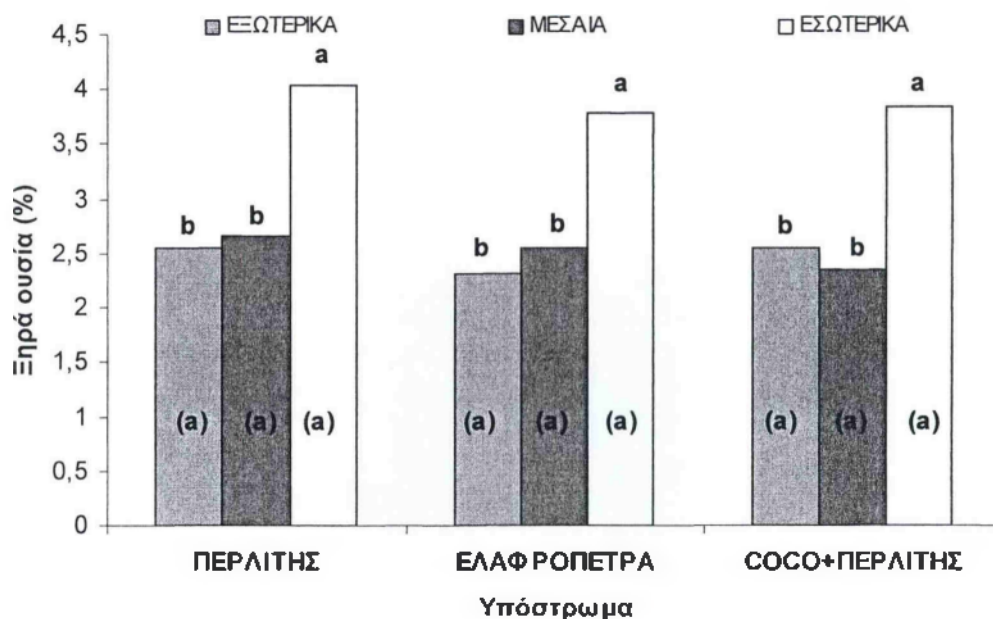
Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων στο ξηρό βάρος των φύλλων που βρίσκονται στην ίδια θέση στο φυτό. Ράβδοι με το ίδιο χρώμα που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Εξωτερικά φύλλα Ε.Σ.Δ.: 0,50 και Μεσαία φύλλα Ε.Σ.Δ.: 0,62 και Εσωτερικά φύλλα Ε.Σ.Δ.: 0,36) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ως προς τις τρεις επεμβάσεις (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτη).

Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων που βρίσκονται στο επάνω μέρος των στηλών αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά, μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Ράβδοι που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Περλίτης Ε.Σ.Δ.: 0,58 και Ελαφρόπετρα Ε.Σ.Δ.: 0,42 και cocosoil-περλίτη Ε.Σ.Δ.: 0,49) σε επίπεδο

σημαντικότητας $p=0,05$ για τις τρεις διαφορετικές θέσεις των φύλλων, για το ίδιο υπόστρωμα.

Από την παραπάνω εικόνα συμπεραίνονται τα εξής:

- Στην ποικιλία Paris Island στα εξωτερικά φύλλα η περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη στην ελαφρόπετρα από ότι στα άλλα δυο υποστρώματα που δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Στα μεσαία και στα εσωτερικά φύλλα δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Στον περλίτη τα εξωτερικά φύλλα έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία από τα εσωτερικά και τα μεσαία φύλλα, με τα εσωτερικά να υπερέχουν στατιστικά σημαντικά των μεσαίων φύλλων.
- Στην ελαφρόπετρα και το cocosoil-περλίτη η περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία στα εξωτερικά και τα εσωτερικά φύλλα δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές, όμως και στις 2 περιπτώσεις υπερέχουν στατιστικά σημαντικά της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων.



ΕΙΚΟΝΑ 5.10: Επίδραση των υποστρωμάτων στην περιεκτικότητα (%) των φύλλων σε ξηρά ουσία, ανάλογα με τη θέση τους στο φυτό, για την ποικιλία Great Lakes.

Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων στο ξηρό βάρος των φύλλων που βρίσκονται στην ίδια θέση στο φυτό. Ράβδοι με το ίδιο χρώμα που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα μέσο σε

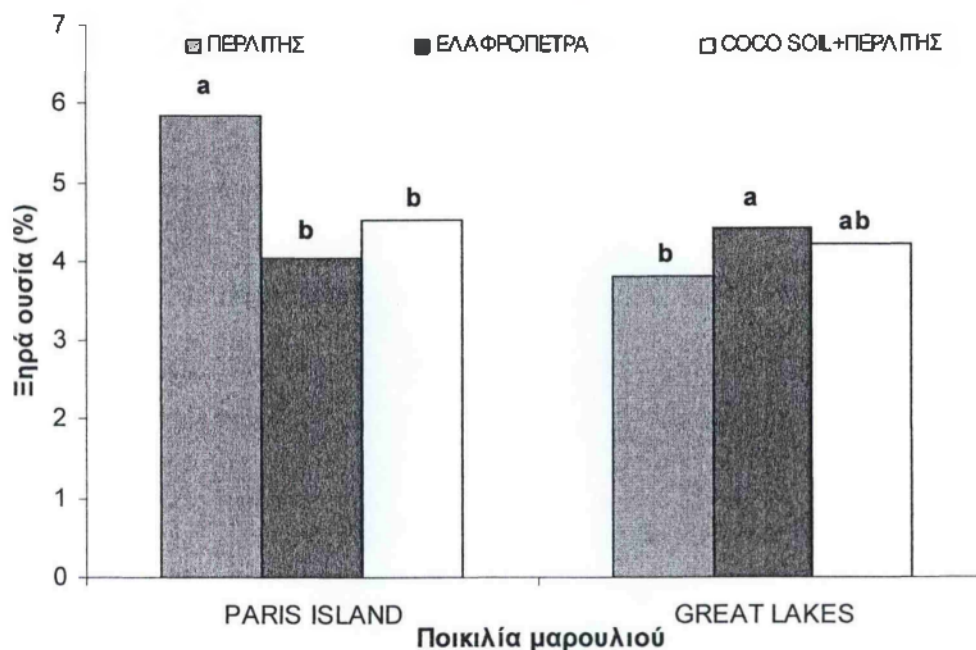
παρενθέσεις δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Εξωτερικά Ε.Σ.Δ.: 0,60 και Μεσαία Ε.Σ.Δ.: 0,66 και Εσωτερικά Ε.Σ.Δ.:0,73) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ως προς τις τρεις επεμβάσεις (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτης). Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων που βρίσκονται στο επάνω μέρος των στηλών αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά, μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Ράβδοι που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Περλίτης Ε.Σ.Δ.: 0,86 και Ελαφρόπετρα Ε.Σ.Δ.: 0,55 και Cocosoil-περλίτης Ε.Σ.Δ.: 0,52) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ για τις τρεις διαφορετικές θέσεις των φύλλων, για το ίδιο υπόστρωμα.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παραπάνω εικόνα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Στην ποικιλία Great Lakes δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων τόσο στα εξωτερικά όσο και στα μεσαία και εσωτερικά φύλλα. Επίσης παρατηρείται ότι ανεξάρτητα του υποστρώματος τα εσωτερικά φύλλα έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία από τα μεσαία και τα εξωτερικά, τα οποία δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

5.6 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ

Ο βλαστός των φυτών του μαρουλιού παρουσιάζει μικρή ανάπτυξη και μετά την αφαίρεση των φύλλων μετρήθηκε η περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία.



ΕΙΚΟΝΑ 5.11: Επίδραση των υποστρωμάτων στην περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία.

Για κάθε ποικιλία χωριστά, ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.: 0,57 και Great Lakes Ε.Σ.Δ.: 1,18) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εικόνα 5.11 παρατηρούμε ότι:

- Στην ποικιλία Paris Island η περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στον περλίτη από ότι στην ελαφρόπετρα και το cocosoil- περλίτης που δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.
- Στην ποικιλία Great Lakes η περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στην ελαφρόπετρα από ότι στον περλίτη, ενώ το cocosoil-περλίτης δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά τόσο από τον περλίτη όσο και από την ελαφρόπετρα.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα όπου οι συνθήκες (θερμοκρασία, ηλιοφάνεια κλπ.) είναι πολύ ευνοϊκές για την καλλιέργεια πολλών λαχανικών η απόδοση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων δεν είναι ανάλογη. Αυτό ίσως 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 (υδροπονία, αεροπονία, κτλ.). Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια μη συμβατική μέθοδος καλλιέργειας η οποία ενδείκνυται για παράγωγή λαχανοκομικών ειδών (πιπεριά, τομάτα, μαρούλι κλπ.).

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

- Στην έλλειψη ενημέρωσης των παραγωγών όσο αφορά 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.

Έτσι, πραγματοποιήθηκε υδροπονική καλλιέργεια σε υπαίθριο χώρο όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν σε πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους (15 cm) ώστε να επιτευχθούν μεγάλες πυκνότητες ανά στρέμμα.

Η επίδραση των τριών υποστρωμάτων δεν ήταν η ίδια και για τις δύο ποικιλίες (Paris Island και Great Lakes) που μελετήθηκαν, ιδιαίτερα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Αυτό σε κάποιο βαθμό θα μπορούσε να θεωρηθεί αναμενόμενο αφού πρόκειται για δυο διαφορετικούς τύπους μαρουλιού με την Great Lakes να σχηματίζει ιδιαίτερα σφιχτή κεφαλή.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών δεν διέφερε ανάμεσα στα τρία υποστρώματα όσον αφορά τις δύο ποικιλίες (εικόνα 5.1 και εικόνα 5.2). Ωστόσο παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός εμφάνισης των φύλλων παρουσίαζε αύξηση μετά την 31^η ημέρα και αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι αυξήθηκαν σημαντικά οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες αφού η καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε από τις 20 Φεβρουαρίου μέχρι τις 15 Απριλίου. Ο μικρός ρυθμός εμφάνισης φύλλων κατά το διάστημα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μεταφύτευση των φυτών έως και την 31^η ημέρα ίσως να οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούσαν κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ποικιλία Paris Island παρουσίασε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων

από αυτόν που αναφέρουν οι Siomos *et al.* (2002b) και που δικαιολογείται από το γεγονός ότι το πείραμα τους έλαβε χώρα σε διαφορετικές συνθήκες (Σεπτέμβριος – Δεκέμβριος στη Θεσσαλονίκη) και η συγκομιδή έγινε 123 ημέρες από τη μεταφύτευση υποδηλώνοντας τον αργότερο ρυθμό ανάπτυξης των φυτών.

Η επίδραση των υποστρωμάτων στον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων ήταν διαφορετική για κάθε ποικιλία. Στην ποικιλία Paris Island τα λιγότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρήθηκαν στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη στο οποίο η ποικιλία Great Lakes παρουσίασε τα περισσότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα. Στην ποικιλία Great Lakes τα λιγότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρήθηκαν στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας στο οποίο η ποικιλία Paris Island παρουσίασε τα περισσότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα (εικόνα 5.3). 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.

Σημαντικός παράγοντας στην ποιότητα των μαρουλιών είναι οι διάφοροι παράμετροι του χρώματος. Η παράμετρος L εκφράζει τη φωτεινότητα, η παράμετρος a εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το πράσινο(-) έως το κόκκινο(+) και η παράμετρος b εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το μπλε(-) έως το κίτρινο(+) χρώμα. Για την ποικιλία Paris Island τα υποστρώματα δεν επηρεάζουν τη φωτεινότητα των φύλλων των φυτών αλλά τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη παρουσίασαν «λιγότερο» πράσινο χρώμα (εικόνα 5.5). Η τιμή της παραμέτρου b ήταν μεγαλύτερη στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα του cocosoil-περλίτη (εικόνα 5.6). Τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν απόλυτα με τους Siomos *et al.* (1999) κάτι που δικαιολογείται από το γεγονός ότι το πείραμά τους διεξήχθη κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

Στην ποικιλία Great Lakes περισσότερο φωτεινό χρώμα είχαν τα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας (εικόνα 5.5). Παρόλα αυτά οι διαφορές είναι μικρές ενώ δεν παρατηρήθηκε επίδραση των υποστρωμάτων στις παραμέτρους a και b. Τα στοιχεία αυτά υποδηλώνουν ότι όσο αφορά την επίδραση των υποστρωμάτων σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών, αυτά δεν είναι σημαντικά για την ποικιλία Great Lakes αλλά στην ποικιλία Paris Island φαίνεται πως υποστρώματα που συγκρατούν περισσότερο νερό, όπως η ελαφρόπετρα ή το μίγμα cocosoil και περλίτη επηρεάζουν θετικά την ανάπτυξη του πράσινου χρώματος στα φύλλα των φυτών. Παρόλα αυτά τα φύλλα της ποικιλίας Paris Island που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη είχαν αρκετά καλά ανεπτυγμένο πράσινο χρώμα ώστε να είναι αποδεκτά από τους καταναλωτές.

Αυτό μάλιστα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι τιμές του λόγου $-a/b$ που αποδίδει την συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα (Gold and Weckel 1959)

είναι υψηλότερες όταν τα φυτά της ποικιλίας Paris Island καλλιεργούνται σε υπόστρωμα περλίτη ή ελαφρόπετρας υποδηλώνει ότι η τελική εικόνα του προϊόντος είναι περισσότερο αποδεκτή από τον καταναλωτή, αφού το πράσινο χρώμα των φυτών του μαρουλιού αποτελεί σημαντικό κριτήριο. Η καταλληλότητα τόσο του περλίτη όσο και της ελαφρόπετρας για την καλλιέργεια μαρουλιού αναφέρεται και από τους Siomos *et al.* (2002b) και Ολύμπιος (2001), όμως για την ποικιλία Great Lakes που σχηματίζει πιο ανοιχτόχρωμα φαίνεται ότι ο περλίτης αυξάνοντας την τιμή του λόγου $-a/b$ επηρεάζει λίγο αρνητικά αυτό το ποιοτικό χαρακτηριστικό της.

Πάντως όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας (νωπό βάρος κεφαλής) δεν φάνηκε να υπάρχει σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων και στις δύο ποικιλίες. Τα φυτά της ποικιλίας Paris Island είχαν μεγαλύτερο βάρος από τα φυτά της ποικιλίας Great Lakes (εικόνα 5.8) αποτελέσματα τα οποία συμφωνούν με αυτά των Siomos *et al.* (2002b).

Διαφορές, όσο αφορά την περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των ιστών της ποικιλίας Paris Island ανάμεσα στα τρία υποστρώματα παρατηρήθηκαν μόνο στα εξωτερικά φύλλα (εικόνα 5.10) και τα αποτελέσματα αυτά δε συμφωνούν με τους Siomos *et al.* (2002b). Οι διαφορές αυτές είναι πιθανόν να οφείλονται στις περιοριστικές συνθήκες ανάπτυξης (θερμοκρασία, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας) που επικράτησαν κατά την πραγματοποίηση των πειραμάτων τους το μήνα Δεκέμβριο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και δεν επέτρεψαν την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών, όπως συνέβει με τα φυτά της δικής μας καλλιέργειας.

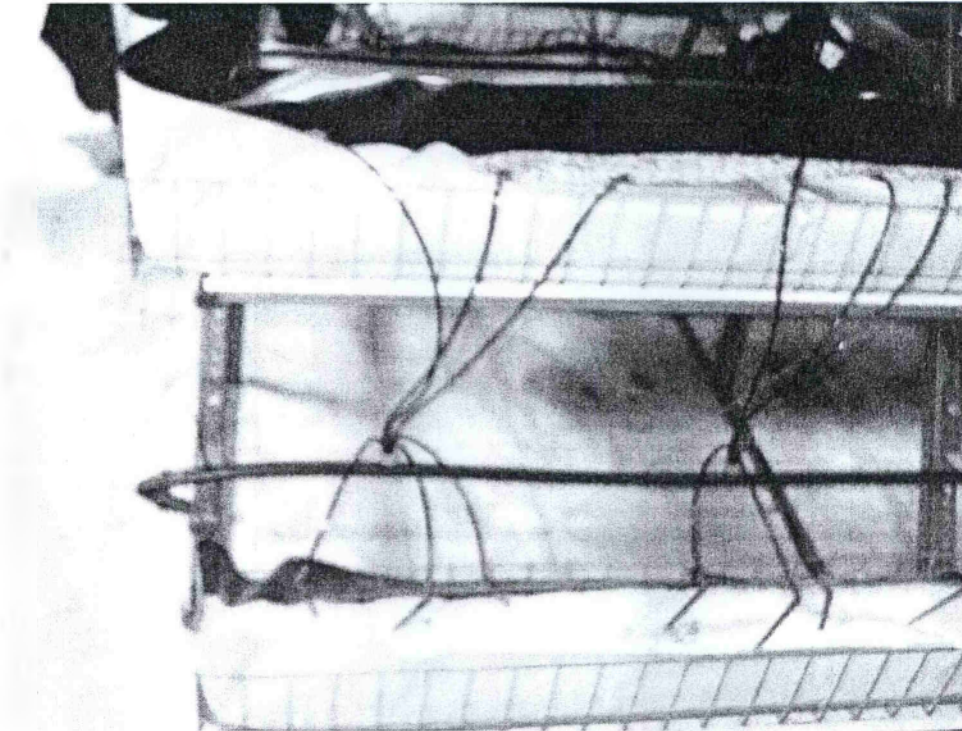
Διαφορές, όσο αφορά το ποσοστό της ξηράς ουσία των εξωτερικών, των μεσαίων και των εσωτερικών φύλλων παρατηρήθηκαν και στις δύο ποικιλίες. Στην ποικιλία Paris Island το μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά και στα εσωτερικά φύλλα (εικόνα 5.9) αποτέλεσμα που δε συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (2002b) που βρήκαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία μόνο στα εσωτερικά φύλλα. Αυτή η διαφορά ίσως να εξηγείται από τον διαφορετικό χρόνο συγκομιδής και τη διαφορετική εποχή της καλλιέργειας. Έτσι, τα φυτά αυτού του πειράματος που αναπτύχθηκαν μέχρι και τον Απρίλιο σχετικά με υψηλές θερμοκρασίες είναι πιθανό να παρουσίασαν εντονότερη εξατμισοδιαπνοή με αποτέλεσμα να μειώνεται η περιεκτικότητα κυρίως των εξωτερικών φύλλων σε νερό και επομένως να αυξάνεται η (%) περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Στην ποικιλία Great Lakes το μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εσωτερικά φύλλα, όπως ανέφεραν οι Siomos *et al.* (2002b) για αυτόν τον τύπο μαρουλιού (εικόνα 5.10). Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι τα εσωτερικά φύλλα είναι τα μικρότερης ηλικίας.

Αναφορικά με την ξηρά ουσία των βλαστών παρατηρήθηκε ότι στην ποικιλία Paris Island το μικρότερο ποσοστό ξηράς ουσίας είχαν οι βλαστοί των

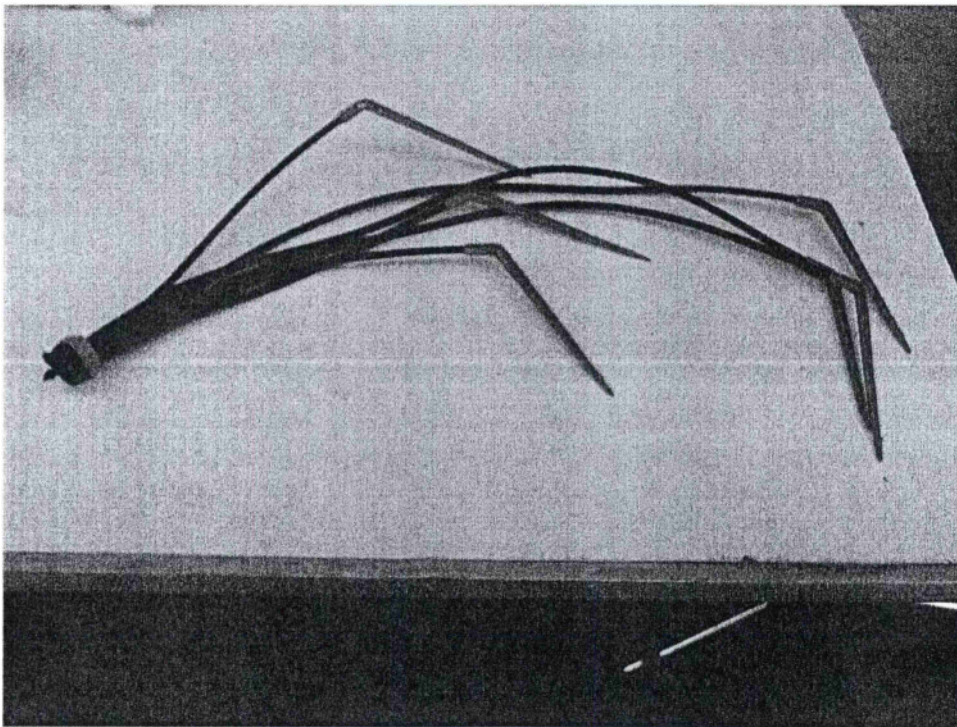
- Μαλούπα Ε., 1995. Τα υποκατάστατα εδάφους και η εφαρμογή τους σε υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών υπό κάλυψη. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών 4: 41-54.
- Μανιός Β., 1993. Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός Β., 1994. Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός Β., 1997. Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γιαλί- Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών λαχανοκομικών καλλιεργειών. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου σελ. 4-11 .
- Μανιός Β. και Κεφάκη Μ., 1995. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 10-16
- Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς, σελ. 80-111.
- 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, σελ. 72-74.
- Ολύμπιος Χ., 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Εκδόσεις Γ.Π.Α.
- Ολύμπιος Χ., 2001. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στο Θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα σελ. 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, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Πετροπούλου Ι., 2003. Η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως στην αύξηση των φυτών μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- 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 σελ. 493-509.
- Savas S. and Adamides M., 1999. Automated Management of Nutrient Solutions Based on Target Electrical Conductivity, pH and Concentration Rations. Journal of Plant Nutrition, 22 (9): 1415-1432.
- 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. and Dogras C. C., 1999. Nitrates in vegetables produced in Greece. Journal of Vegetable Crop Production, 5: 3-13.

- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 2001a. Aerial biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. *Acta Horticulturae* 548: 437-443.
- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 2001b. Quality and composition of lettuce grown in soil and soilless culture. *Acta Horticulturae* 548: 445-448.
- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 2002a. Quality of lettuce (cv. Paris Island) grown in soil and soilless culture. *Acta Horticulturae* 579: 635-640.
- Siomos A.S., Papadopoulou P.P. and Dogras C.C., 2002b. Quality of Romaine and Leaf Lettuce at Harvest and during Storage. *Acta Horticulturae* 579: 641-646.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Μπαρμπαγιάννης Ν., 1999α. Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο, σελ. 238-241.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Πέτκου Δ., 1999β. Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο σελ. 283-285.
- Smith L. D., 1997. *Rochwool in Horticulturae*. Grower Books, London.
- Soneveld C. and Straver N., 1994. *Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates*. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.
- Στεργίου Β., 2002. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γ.Π.Α.
- 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 και 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 Horticulturae* 150: 19-32.
- Χαρίτος Ν.Κ., 1989. Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. *Γεωργική Τεχνολογία* 4: 10-20.

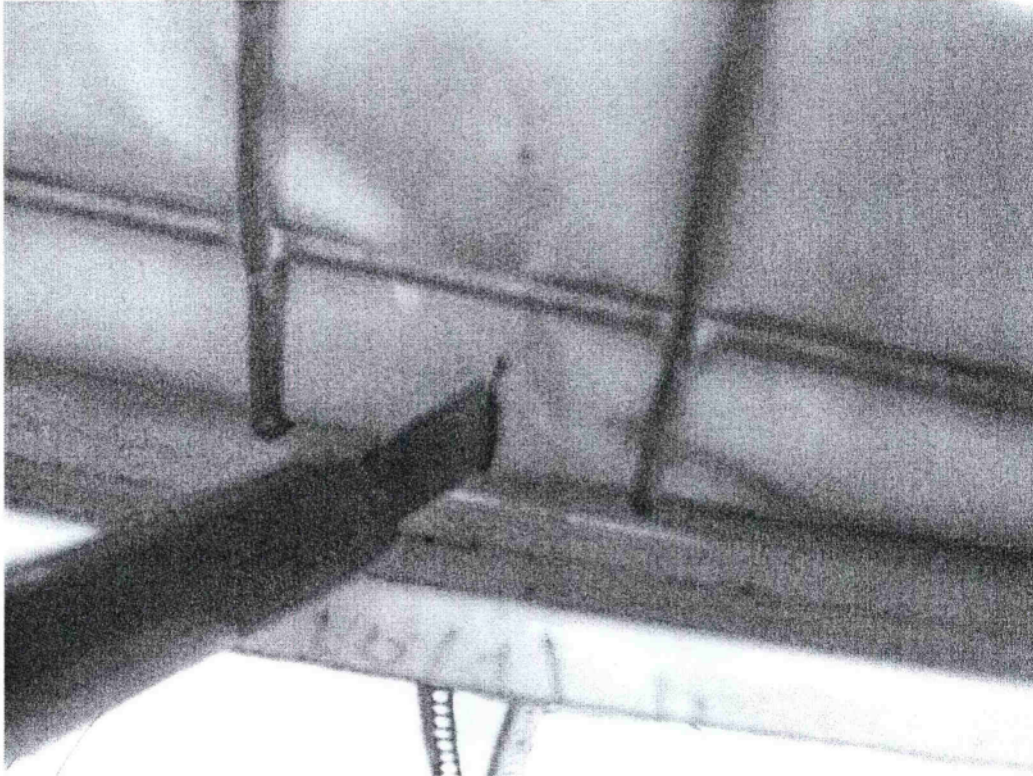
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Γέμισμα των σάκων με διάλυμα.



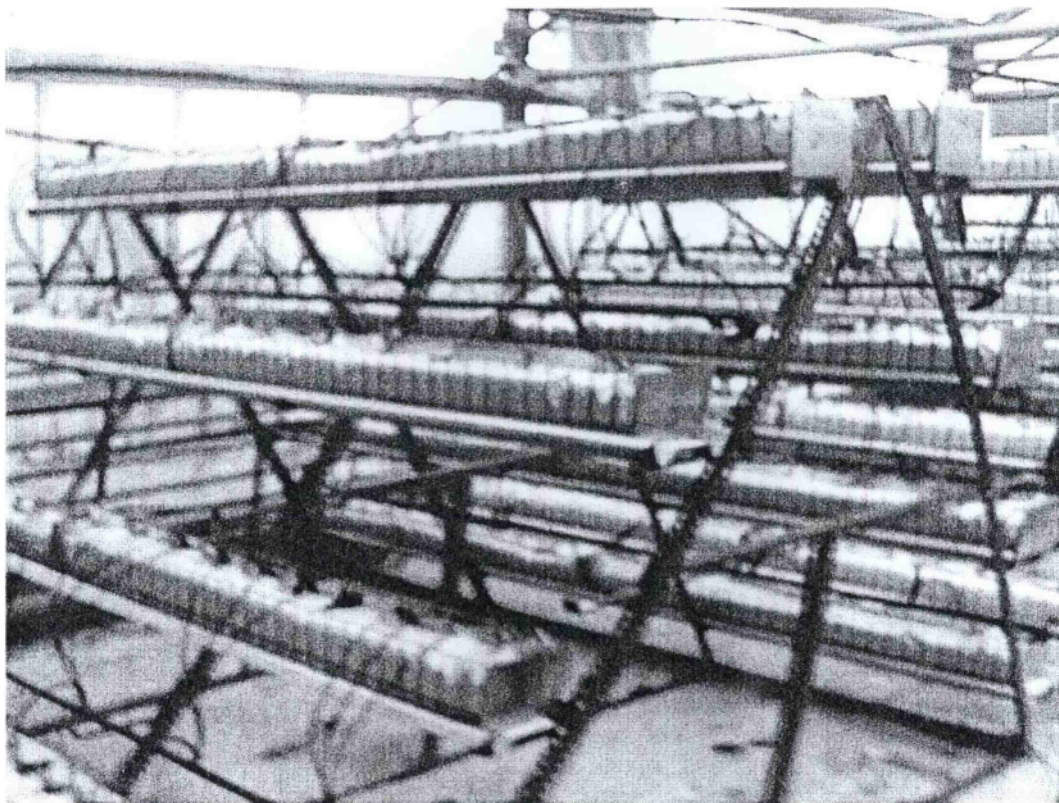
Εικόνα 2: «Χταπόδι» άρδευσης.



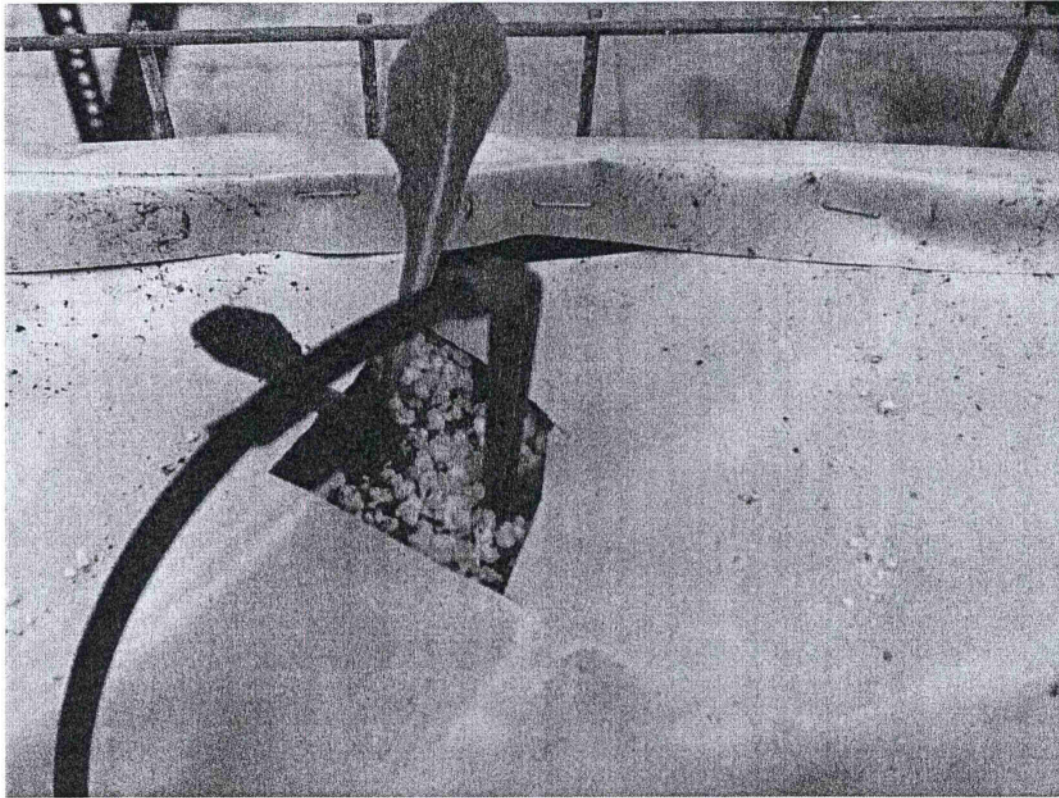
Εικόνα 3: Άνοιγμα οπής απορροής.



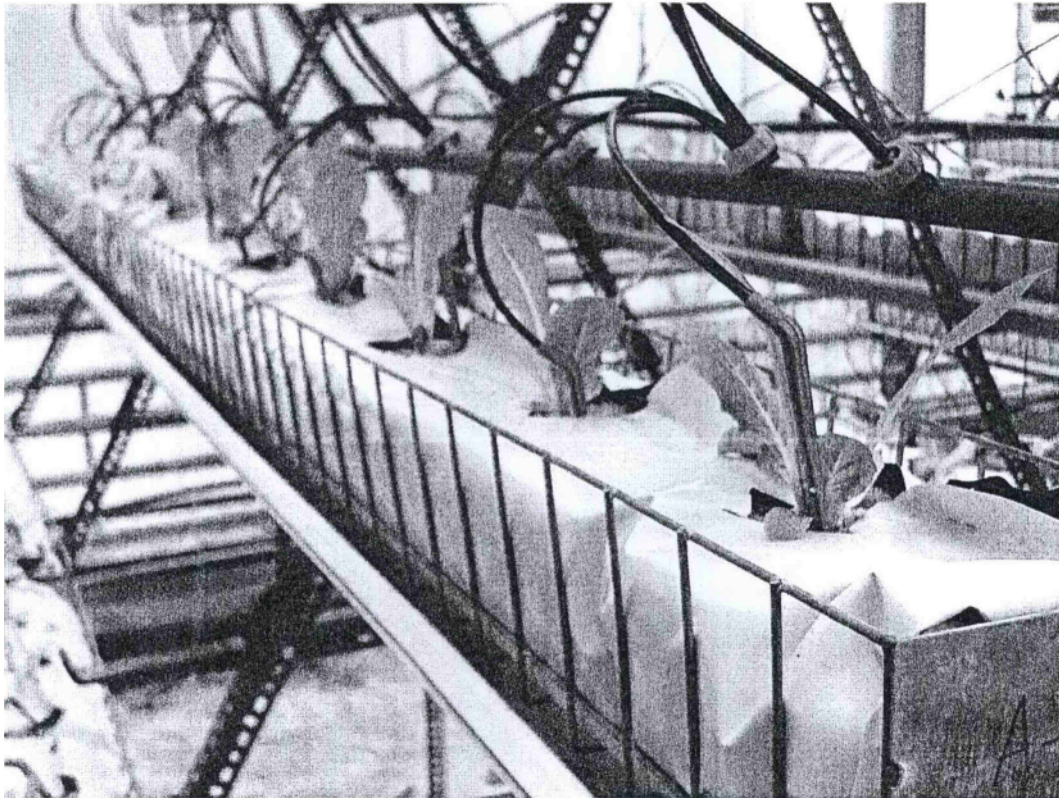
Εικόνα 4: Τελική μεταφύτευση.



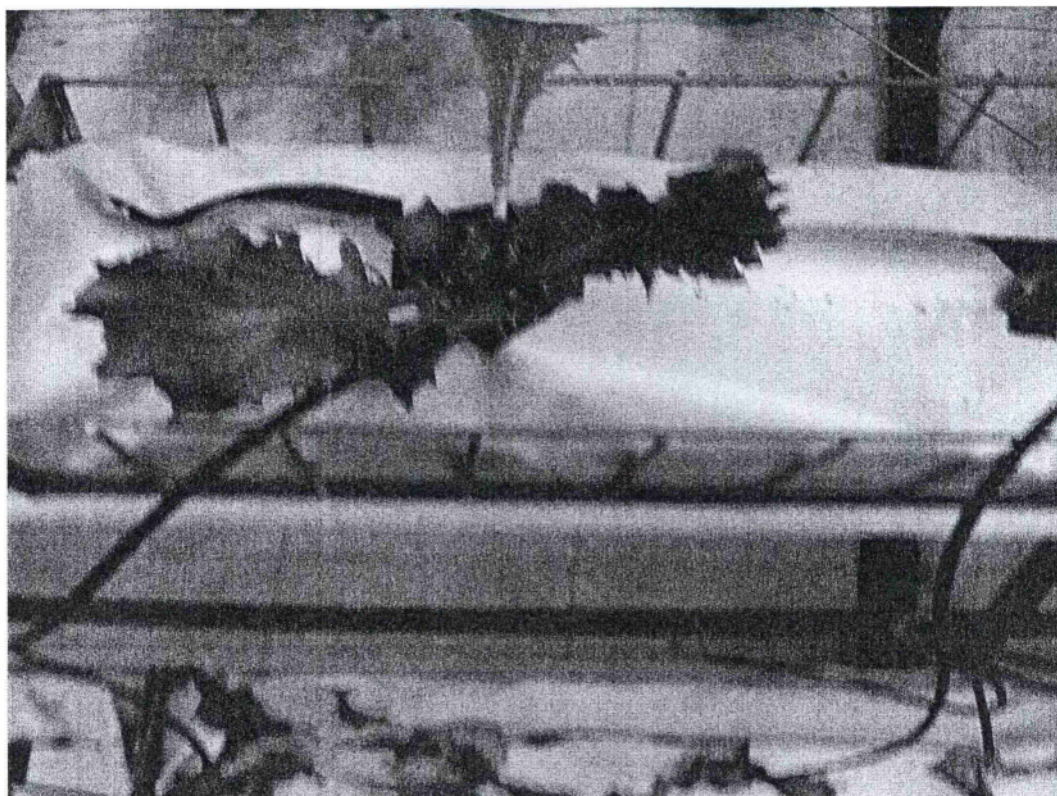
Εικόνα 5: Άποψη του θερμοκηπίου αμέσως μετά τη μεταφύτευση.



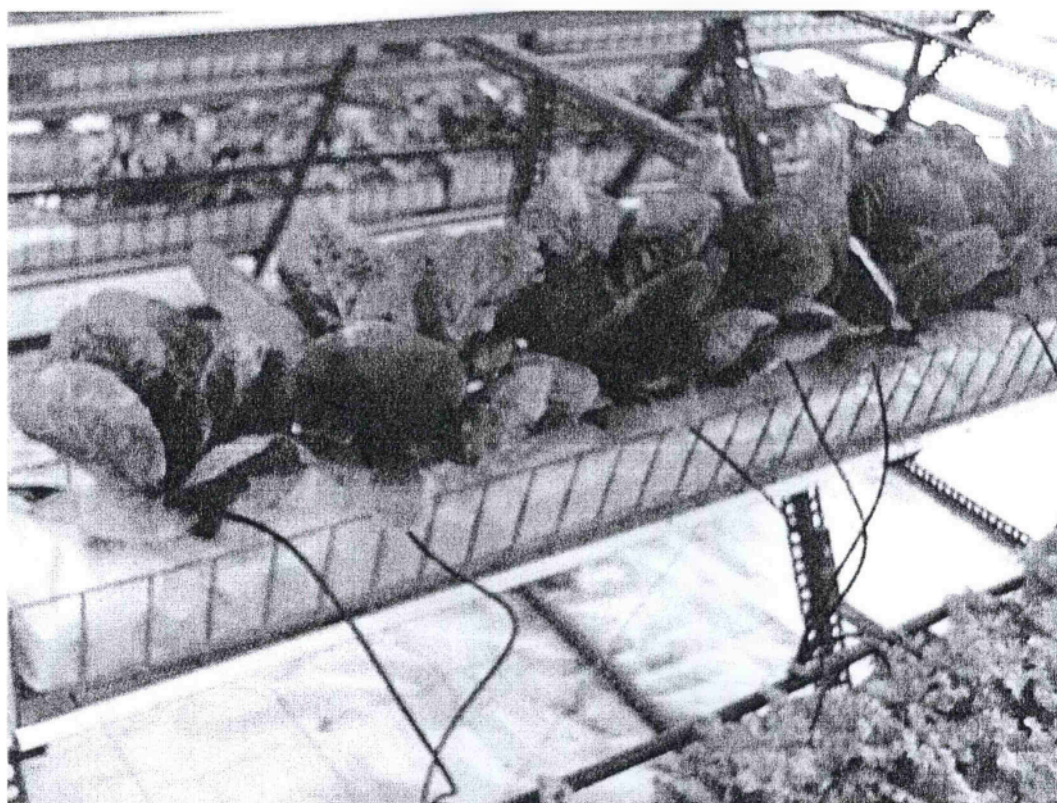
Εικόνα 6: Σε κάθε φυτό κατέληγε μία λόγχη.



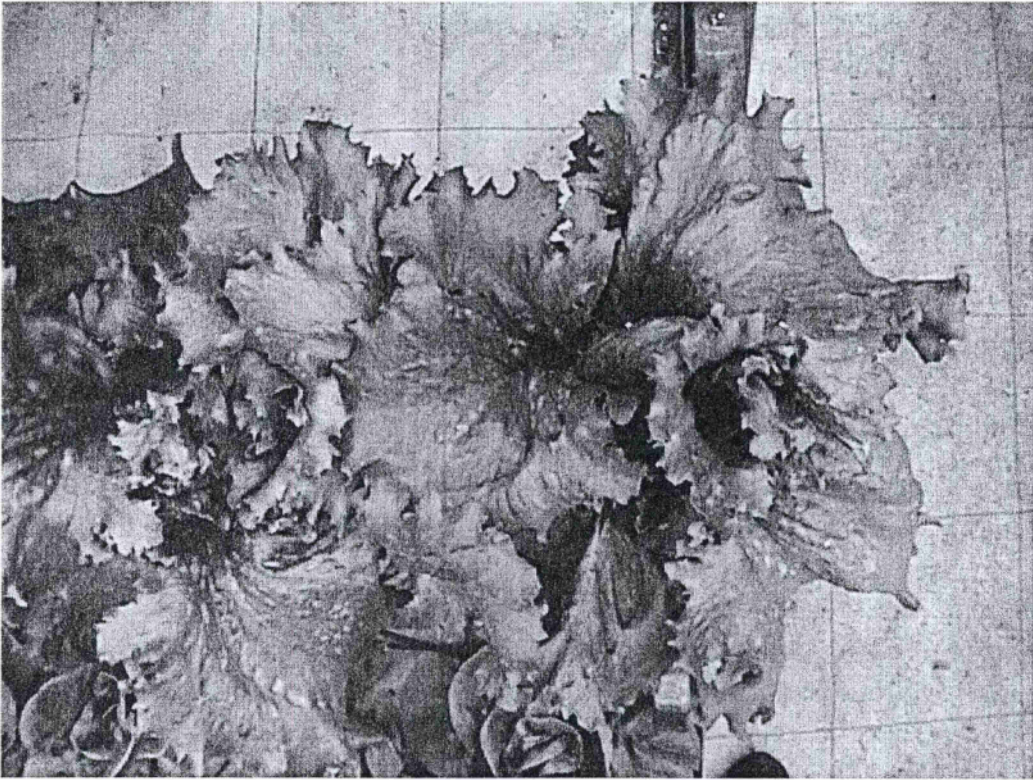
Εικόνα 7: Φυτά της ποικιλίας Paris Island μια εβδομάδα μετά την τελική μεταφύτευση.



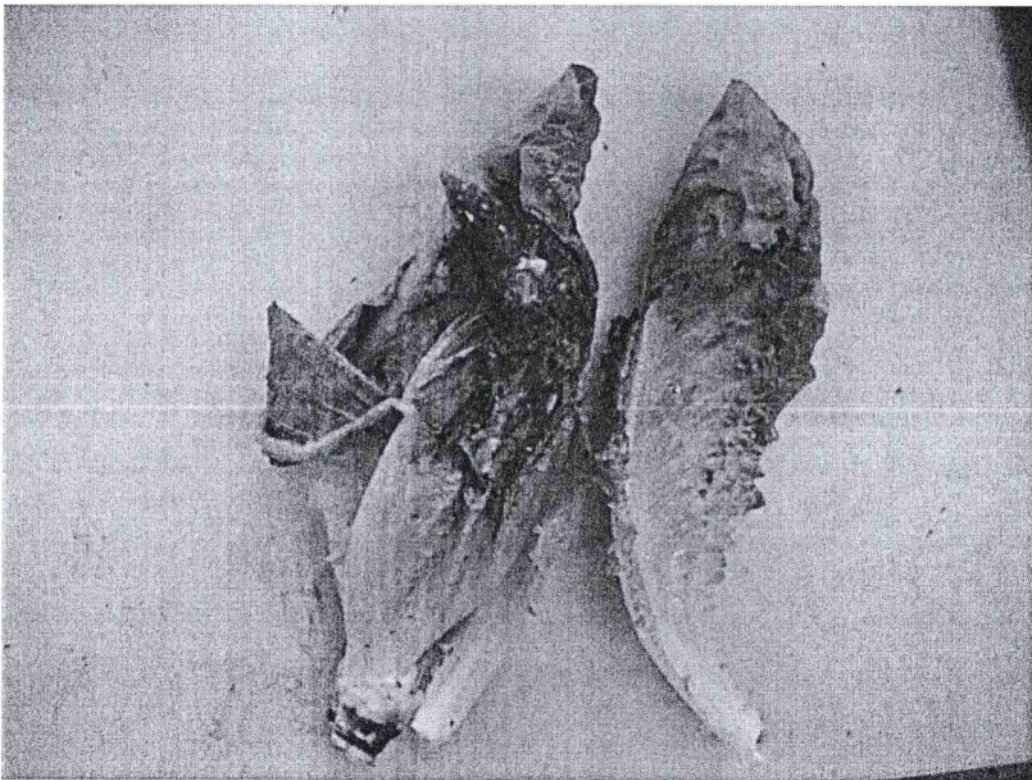
Εικόνα 8: Φυτό της ποικιλίας Great Lakes μια εβδομάδα μετά την τελική μεταφύτευση στο θερμοκήπιο.



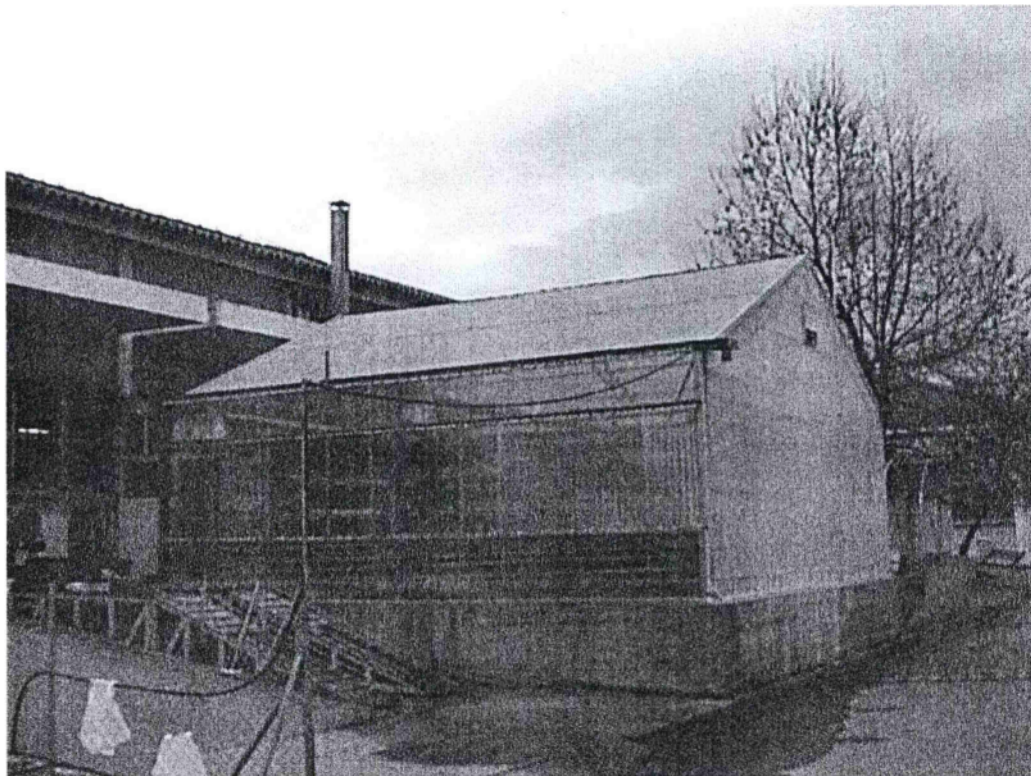
Εικόνα 9: Φυτά της ποικιλίας Paris Island τριάντα ημέρες μετά την τελική μεταφύτευση.



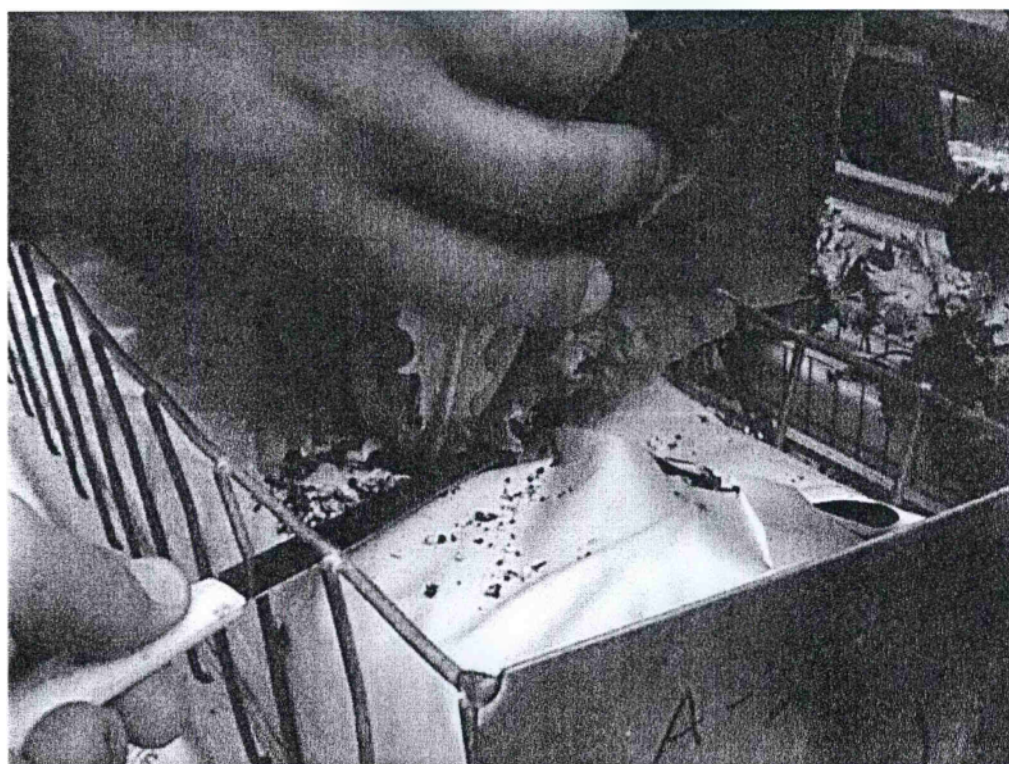
Εικόνα 10: Φυτά της ποικιλίας Great Lakes σαράντα ημέρες μετά την τελική μεταφύτευση.



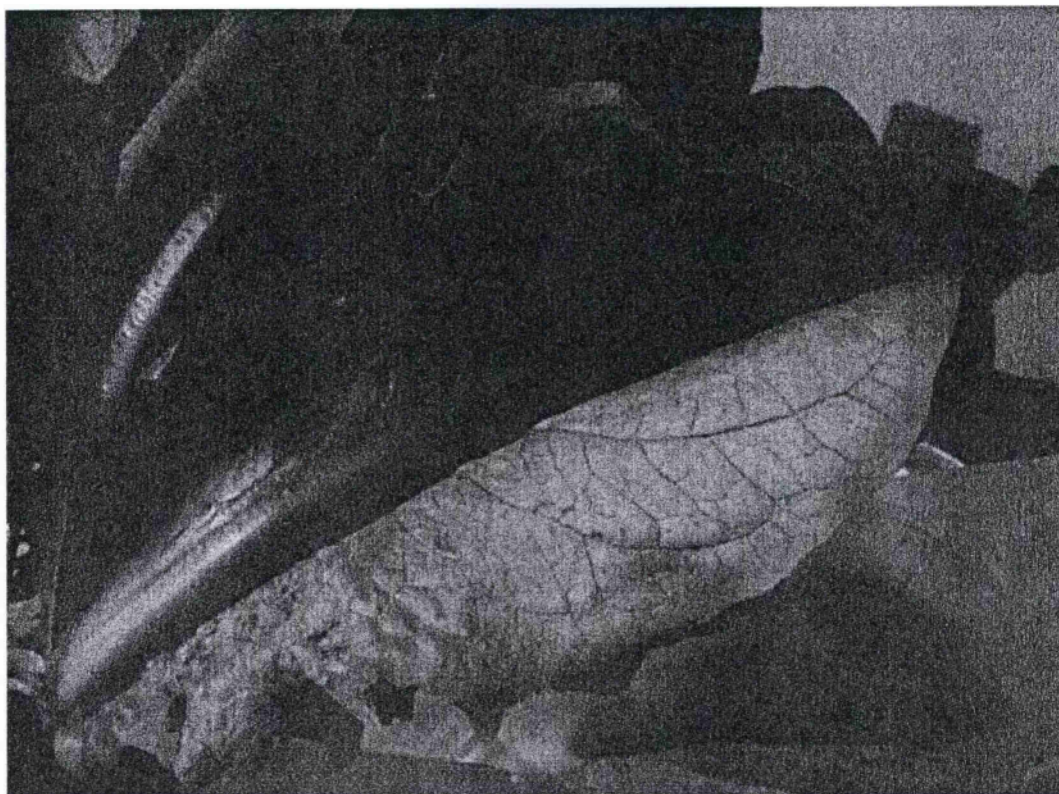
Εικόνα 11: Προσβολή από βοτρυτή.



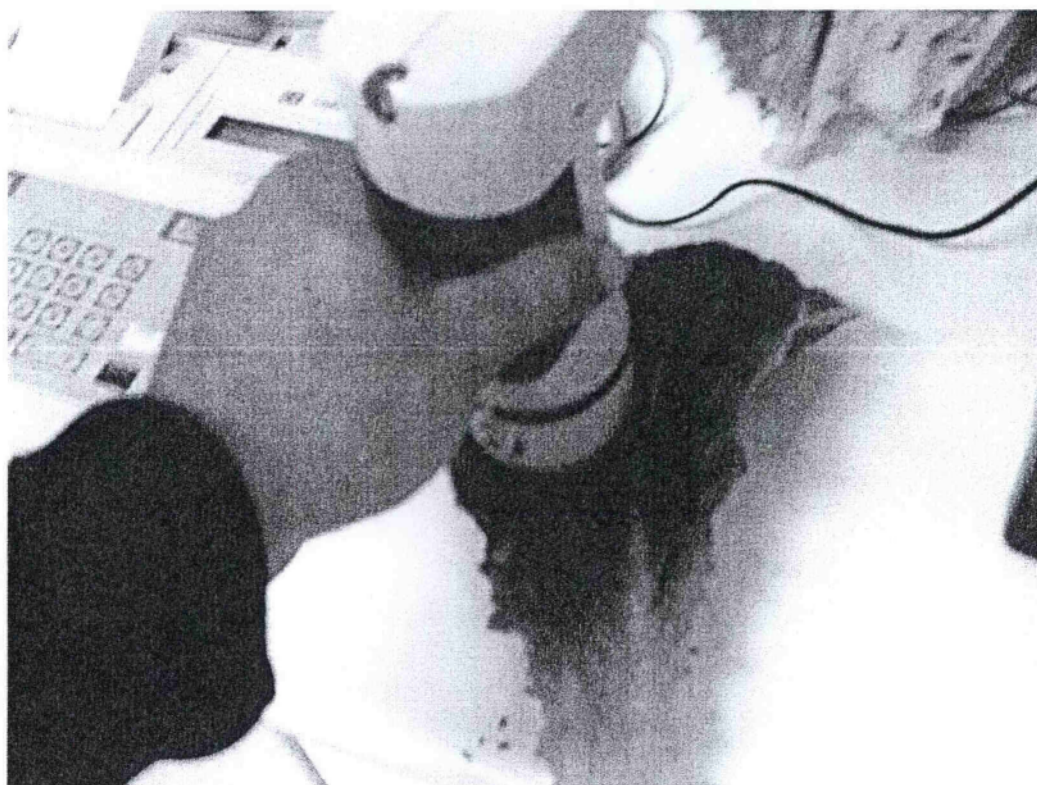
Εικόνα 12: Εξωτερική άποψη του θερμοκηπίου γεωργικής μηχανολογίας.



Εικόνα 13: Συγκομιδή.



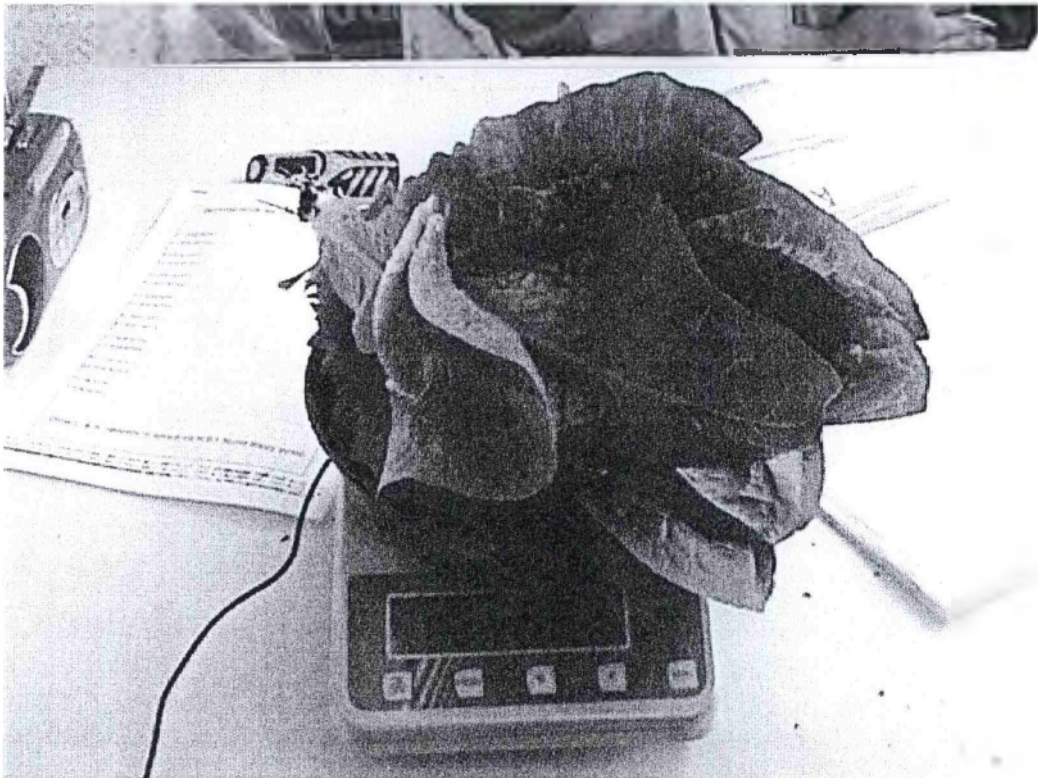
Εικόνα 14: Μη εμπορεύσιμο φύλλο.



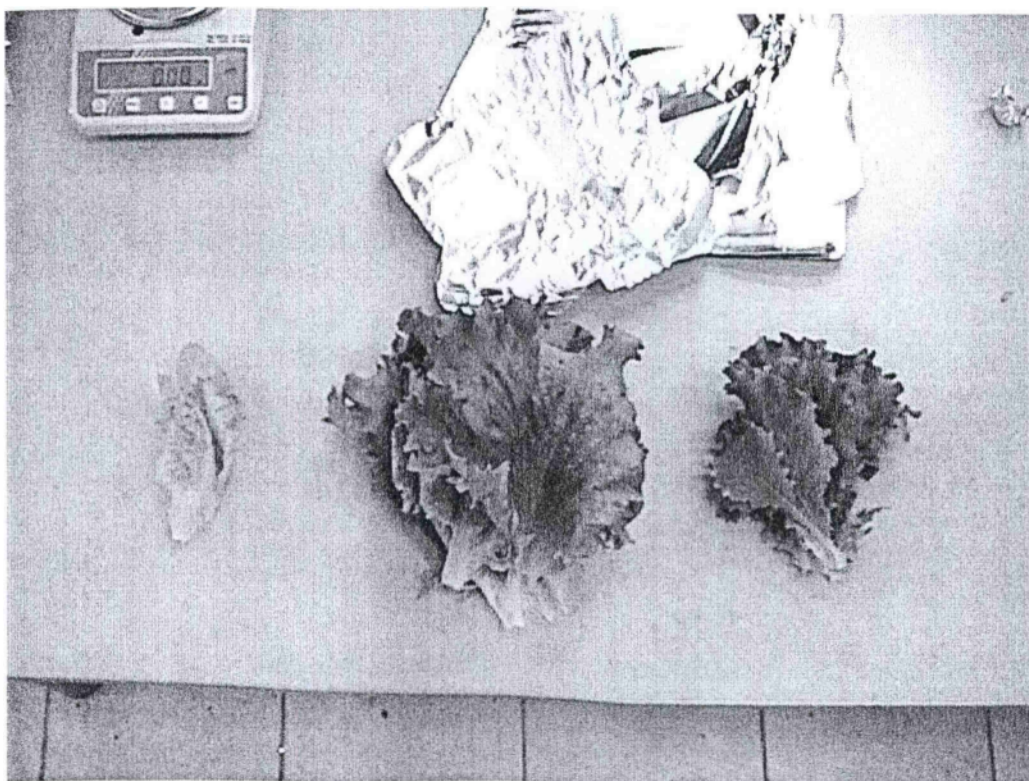
Εικόνα 15: Μέτρηση χρώματος.



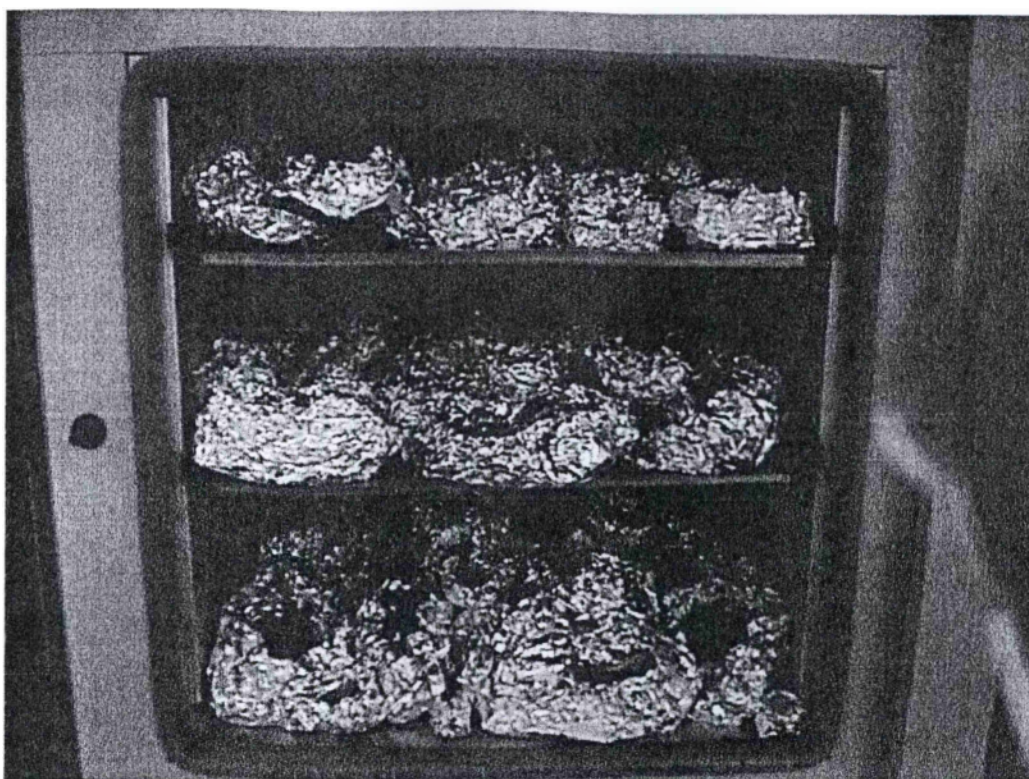
Εικόνα 16: Χρωματόμετρο Minolta CR-300.



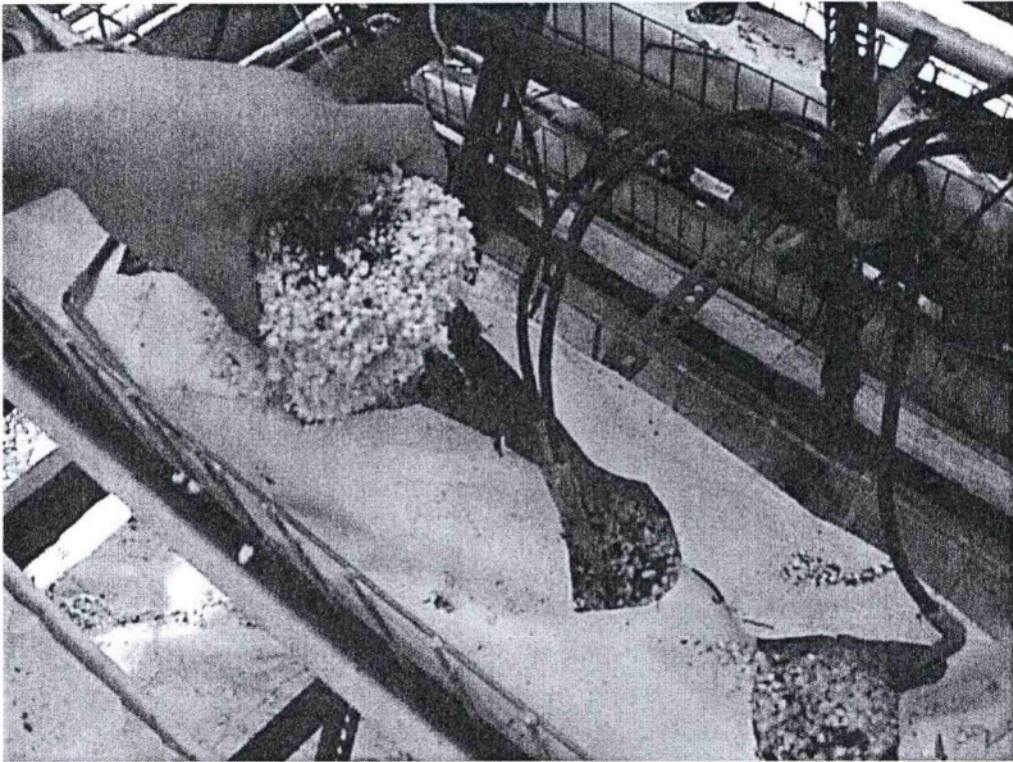
Εικόνα 17: Ζύγιση φυτού.



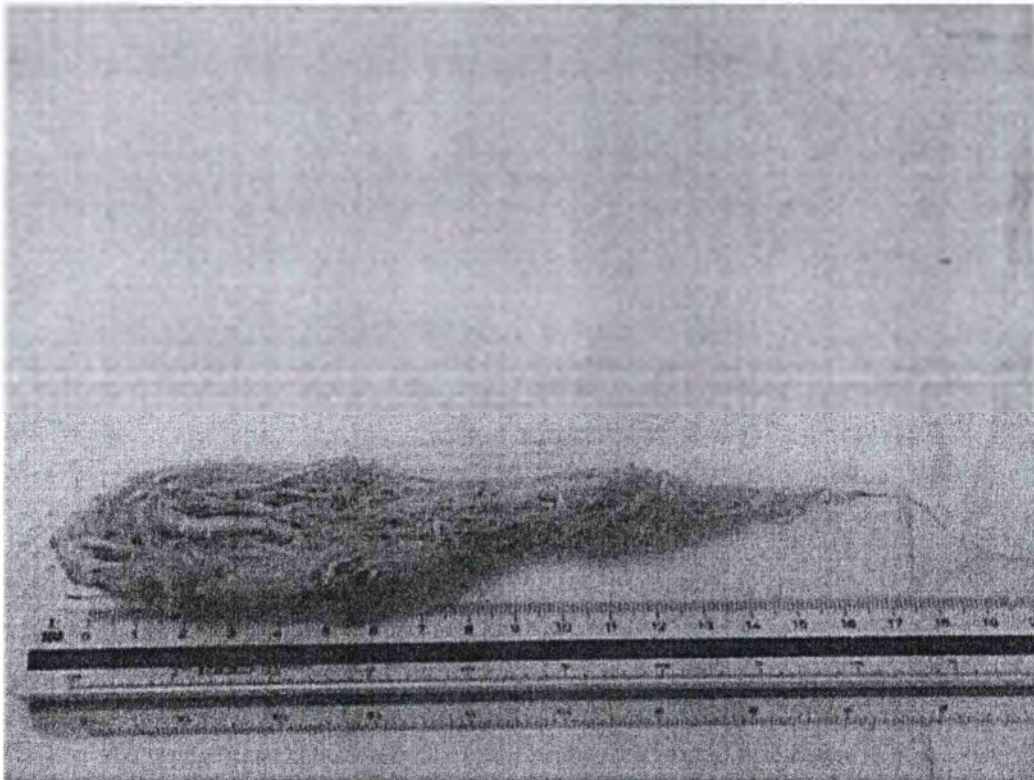
Εικόνα 18: Αφού ζυγίζόταν ολόκληρο το υπέργειο μέρος διαχωριζόταν σε εσωτερικά, μεσαία και εξωτερικά φύλλα.



Εικόνα 19: Αμέσως μετά την τοποθέτησή τους σε αλουμινόχαρτο οι ιστοί έμπαιναν στο ξηραντήριο.



Εικόνα 20: Εξαγωγή ρίζας.



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