

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΘΕΜΑ:

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

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΚΩΤΣΙΡΑΣ, ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΕΛΕΝΗ ΜΑΝΩΛΟΠΟΥΛΟΥ
ΑΛΕΞΗΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ**

**Των σπουδαστών: Παναγιωτόπουλου Π. Αναστάσιου
Σπυρόπουλου Σ. Βασίλειου**

Καλαμάτα, Ιούνιος 2004

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την υλοποίηση αυτής της μελέτης και την ολοκλήρωση των σπουδών μας στο ΤΕΙ Καλαμάτας θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους αυτούς που μας βοήθησαν στην επιτυχή περάτωση των υποχρεώσεών μας. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Α. Κώτσιρα για την αδιάλειπτη καθοδήγηση και τη συνολική συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Α. Αλεξόπουλο για την καθοδήγηση του σε θέματα λαχανοκομίας καθώς και για την βοήθειά του κατά την συγγραφή της παρούσας μελέτης. Τέλος, πολύτιμή ήταν η βοήθεια της καθηγήτριάς μας κα Ε. Μανωλοπούλου και του κ. Κ. Νηφάκου σε θέματα που αφορούσαν την μέτρηση του χρώματος και την μεταφύτευση των φυτών.

Ακόμη θα πρέπει να ευχαριστήσουμε τους σπουδαστές κ.κ. Γ. Γεωργακίλα, Ν. Μοσχόπουλο και Α. Μπακουλούρη για την άριστη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της παρούσας μελέτης.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1.1 Βοτανική ταξινόμηση | 1 |
| 1.2 Ιστορικό- Καταγωγή | 1 |
| 1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά | 3 |
| 1.4 Τύποι και ποικιλίες | 4 |
| 1.5 Οικονομική σημασία | 7 |
| 1.6 Χημική σύσταση και θρεπτική αξία | 8 |
| 1.7 Το πρόβλημά των νιτρικών | 9 |
| 1.8 Η καλλιέργεια του μαρουλιού | 10 |
| 1.9 Εδαφικές Απαιτήσεις | 11 |
| 1.10 Κλιματικές απαιτήσεις | 12 |
| 1.10.1 Φως | 12 |
| 1.10.2 Θερμοκρασία | 12 |
| 1.11 Συγκομιδή | 13 |
| 1.12 Συντήρηση | 14 |
| 1.13 Εχθροί και ασθένειες | 15 |
| 1.13.1 Τήξη σπορείων | 15 |
| 1.13.2 Περονόσπορος | 15 |
| 1.13.3 Βοτρύτης (φαιά σήψη) | 15 |
| 1.13.4 Σκληροτίνια | 15 |
| 1.13.5 Ωίδιο | 16 |
| 1.13.6 Ιώσεις | 16 |
| 1.13.7 Αφίδες | 16 |
| 1.13.8 Αλευρώδεις | 16 |
| 1.13.9 Θρίπας | 16 |
| 1.13.10 Κοχλίες- Σαλιγκάρια | 16 |
| 2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ | 17 |
| 2.1 Γενικά | 17 |
| 2.2 Ιστορική αναδρομή | 18 |
| 2.3 Πλεονεκτήματα | 20 |
| 2.4 Μειονεκτήματα | 21 |
| 2.5 Υδροπονικά συστήματα | 21 |
| 2.6 Υποστρώματα | 22 |
| 2.6.1 Περλίτης | 23 |
| 2.6.2 Ελαφρόπετρα | 24 |
| 2.6.3 Cocosoil ή ίνες καρύδας | 25 |
| 2.6.4 Άμμος | 26 |
| 2.6.5 Άργιλος | 27 |

| | |
|--|----|
| 2.6.6 Βερμικουλίτης | 27 |
| 2.6.7 Ζεόλιθοι | 27 |
| 2.6.8 Πετροβάμβακας | 28 |
| 2.7 Υποδοχείς υποστρωμάτων | 28 |
| 2.8 Θρεπτικά διαλύματα | 29 |
| 2.8.1 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα | 29 |
| 2.8.2 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων | 30 |
| 2.8.2.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα | 30 |
| 2.8.2.2 Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων | 31 |
| 3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ | 32 |
| 3.1 Συνθήκες στο θερμοκήπιο | 32 |
| 3.1.1 Φως | 32 |
| 3.1.2 CO ₂ | 32 |
| 3.2 Χρησιμοποιούμενα υποστρώματα στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού | 32 |
| 3.3 Διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο | 33 |
| 3.4 Αποστάσεις φύτευσης | 34 |
| 3.5 Θρεπτικό διάλυμα | 35 |
| 3.6 Ερευνητικές μελέτες υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού | 38 |
| 3.7 Σκοπός της εργασίας | 40 |
| 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | 41 |
| 4.1 Εισαγωγή | 41 |
| 4.2 Σπορά | 41 |
| 4.3 Μεταφύτευση | 42 |
| 4.4 Λίπανση | 43 |
| 4.5 Λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες | 45 |
| 4.6 Συνοπτικός πίνακας καλλιεργητικών εργασιών | 46 |
| 4.7 Μετρήσεις | 46 |
| 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 50 |
| 5.1 Μεταβολή αριθμού φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας | 50 |
| 5.2 Αποτελέσματα μετρήσεων ύψους | 52 |
| 5.3 Αποτελέσματα μέτρησης των μη εμπορεύσιμων φύλλων κατά τη συγκομιδή | 53 |
| 5.4 Αποτελέσματα μετρήσεων χρώματος | 55 |
| 5.5 Νωπό βάρος κατά τη συγκομιδή | 59 |
| 5.6 Μετρήσεις ξηράς ουσίας | 60 |
| 5.7 Ποσοστό ξηράς ουσίας βλαστών | 63 |
| 5.8 Μετρήσεις ξηρού βάρους βλαστών | 65 |
| 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 67 |
| 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 71 |

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Άθροισμα: Σπερματόφυτα

Υποάθροισμα: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Σύνθετα

Υπόταξη: *Liguliflorae*

Οικογένεια: *Cichoriaceae*

Γένος: *Lactuca*

Είδος: *Sativa*

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

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΚΑΤΑΓΩΓΗ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι έχει προέλθει από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή ύστερα από διασταυρώσεις μεταξύ των άγριων ειδών *Lactuca saligna* L. και *Lactuca virosa* L.

Το μαρούλι τύπου Cos ή Romaine πιστεύεται πως έχει διαδοθεί από την Ελλάδα και το όνομα του τύπου προέρχεται από την νήσο Κω. Επίσης περιοχές προέλευσης θεωρούνται η Ανατολική Μεσόγειος, η Μικρά Ασία, ο Καύκασος, η Περσία και το Τουρκιστάν. Αναφέρεται ότι στην Περσία το μαρούλι καλλιεργούνταν τον 6^ο αιώνα π.Χ., ενώ σε επιτύμβιες πλάκες στην Αίγυπτο χρονολογούμενες από 4.500 έτη π.Χ., υπάρχουν απεικονίσεις του μαρουλιού τύπου Cos. Πιστεύεται ότι σε τόσο πρόωρες εποχές το μαρούλι χρησιμοποιούνταν κυρίως για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (ναρκωτικές και παυσίπονες) (Κουσούρη 2004).

Ως λαχανικό για την διατροφή του ανθρώπου το μαρούλι χρησιμοποιήθηκε αργότερα, αλλά πάντως πολύ πριν από 2.000 έτη από σήμερα. Στην αρχαία Ελλάδα το μαρούλι υπήρξε λαχανεύομενο και αναφέρεται τόσο από τον Θεόφραστο και τον Ηρόδοτο ως «θρίδαξ» όσο και από τον Διοσκουρίδη ως «θρίδαξ η ήμερος», η οποία από τους Ρωμαίους καλούνταν Λακτούκα.

Σήμερα το μαρούλι έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφηλίου σαν ετήσιο φυτό. Είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα και αλλού. Μεγάλη σημασία έχει επίσης στις χώρες της

Κεντρικής Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στη Ν. Ζηλανδία και στην Ιαπωνία.

Κατά κανόνα η καλλιέργειά του είναι υπαίθρια αλλά υπάρχουν και θερμοκηπιακές καλλιέργειες, κυρίως σε χώρες με βαρύ χειμώνα π.χ. Καναδάς, Αγγλία (Δημητράκης 1983).

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια, από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και του μεγάλου μήκους ημέρας (σχηματισμός ανθικών στελεχών και λήθαργος σπόρων καθώς και έντονα πικρή γεύση).

Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται σε θερμοκήπια κατά την διάρκεια του χειμώνα, με διάφορους τρόπους. Καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, αλλά κυρίως γύρω από μεγάλα αστικά κέντρα λόγω της εύκολης διάθεσής του.

Το μαρούλι ως φρέσκο επιτραπέζιο λαχανικό καταναλώνεται αποκλειστικά και μόνο τους ψυχρούς μήνες του έτους. Τα τελευταία όμως χρόνια, 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 κατά τις θερμότερες εποχές του έτους, με αποτέλεσμα την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων μαρουλιού και τον χαρακτηρισμό της καλλιέργειας του μαρουλιού ως δυναμική καλλιέργεια (Δημητράκης 1983).



ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Χάρτης στον οποίο φαίνονται οι 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 ($2n=18$). Τα περισσότερα από τα άλλα είδη του γένους *Lactuca* έχουν ή οκτώ ή εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων. Υπό κανονικές συνθήκες είναι φυτό μακράς ημέρας που σημαίνει πως αν η διάρκεια έκθεσης του φυτού στο φως (φυσικό ή τεχνητό) δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 h, δεν παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη.

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, 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 1-1,5 m σε ύψος.

Τα φύλλα του αναπτύσσονται πάνω σε βραχύ στέλεχος και είναι πλατειά, διαφορετικού μεγέθους και σχήματος με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με ερυθρή απόχρωση, γειτονεύουν δε μεταξύ τους σχηματίζοντας, κατά την ωρίμανση του φυτού, 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 βότρη ή φόβη. Κάθε άνθος είναι σύνθετο και φέρει 15-24 ανθίδια που έχουν κίτρινο χρώμα με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα, 5 στήμονες και μια ωοθήκη το κάθε ένα.

Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όλα τα ανθίδια σε ένα άνθος ανοίγουν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης μόνο για μερικές 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 επίσης ανοίγει, επιτρέποντας έτσι την γονιμοποίηση.

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

Η ρίζα του μαρουλιού είναι πασσαλώδης, λόγω όμως των μεταφυτεύσεων που συνήθως γίνονται μετατρέπεται σε θυσσανώδης εξαιτίας της καταστροφής της κεντρικής ρίζας με αποτέλεσμα να αναπτύσσει επιφανειακό ριζικό σύστημα (Δημητράκης 1983).

1.4 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Υπάρχουν πέντε βασικές κατηγορίες ή τύποι μαρουλιού ανάλογα με την μορφή και την διάταξη των φύλλων τους στον βλαστό και τον σχηματισμό ή μη κεφαλής. Αρχικά, τα φυτά μαρουλιού ήταν περισσότερο ανοιχτά, τύπου σαλάτα, σε αντίθεση με τα σημερινά που σχηματίζουν κεφαλή. Οι Ρωμαίοι έκαναν τις πρώτες βελτιώσεις στο μαρούλι και δημιούργησαν φυτά με μεγαλύτερα φύλλα, μη κεφαλωτά, μη ακανθώδη και τα οποία παρουσίαζαν ανθεκτικότητα στο σχηματισμό ανθικού στελέχους και αύξησαν την παραγωγή και την βλαστικότητα των σπόρων (Nonnecke 1989).

A) Τύπος Looseleaf:

Ο τύπος αυτός του μαρουλιού δεν σχηματίζει κεφαλή αλλά τα φύλλα αναπτύσσονται ελεύθερα γύρω από την καρδιά. Είναι κυματοειδή και κατσαρά και το χρώμα τους συνήθως ποικίλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου, ενώ παρατηρούνται και φύλλα με κοκκινωπή απόχρωση. Καλλιέργεια του συγκεκριμένου τύπου έχουμε στην Β. Αμερική. Θεωρείται ο πιο ανθεκτικός και πιο ζωντανός από όλους τους τύπους. Ωριμάζει νωρίτερα από όλους τους άλλους τύπους. Γνωστές ποικιλίες του είναι οι Grand Rapid, Salad Bowl και Simpson's Curled (Ολύμπιος 2001).



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

B) Τύπος Butterhead (Λείο κεφαλωτό):

Στις ποικιλίες αυτές έχουμε το σχηματισμό σχετικά μικρών, χαλαρών και σχεδόν σφαιρικών κεφαλών. Τα φύλλα είναι μαλακά, τρυφερά, λεία και το χρώμα τους κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Υπάρχει ιδιαίτερη ευαισθησία στους μηχανικούς τραυματισμούς. Ο τύπος αυτός είναι ο πιο συνηθισμένος στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική. Θεωρείται καλύτερης γεύσης και ποιότητας από το κατσαρό. Γνωστές 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. Είναι φαρδιά, κυματοειδή, κατσαρά με σκληρή υφή, γεγονός που τα καθιστά ανθεκτικά στις μεταφορές. Το χρώμα κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Είναι ο πιο όψιμος τύπος και ο πιο ευαίσθητος στις υψηλές θερμοκρασίες, για το λόγο αυτό δεν καλλιεργείται στην χώρα μας. 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 κατεξοχήν στην Ελλάδα, τη Μέση Ανατολή και την Β. Αφρική. Τα φυτά είναι όρθια, ψηλά και φέρουν φύλλα λεπτά, στενά, επιμήκη, με χρώμα βαθύ πράσινο στο εξωτερικό και ανοιχτό πράσινο στο εσωτερικό. Η κεφαλή που σχηματίζεται είναι μικρή και όχι ιδιαίτερα σφιχτή και επιμήκης. Σε μερικές ποικιλίες τα φύλλα στρέφονται προς τα μέσα και τα εσωτερικά φύλλα σχηματίζουν την κεφαλή, κάπως επιμήκη σχήματος καρβελιού. Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Paris Island, White Paris και Dark Green (Ολύμπιος 2001, Nonnecke 1989).



ΕΙΚΟΝΑ 1.5: Τύπος μαρουλιού Romaine.

Υπάρχουν και άλλοι τύποι μαρουλιού όπως το Stem ή Asparagus Lettuce που είναι γνωστό ως κινέζικο μαρούλι. Σχηματίζει ένα επίμηκες, αρκετά χονδρό και σαρκώδες ανθικό στέλεχος με τρυφερά φύλλα το οποίο καταναλώνεται ωμό ή μαγειρεμένο. Επίσης υπάρχει και το ινδικό μαρούλι *Lactuca indica*. Είναι πολυετής τύπος μαρουλιού που καλλιεργείται για τα σαρκώδη φύλλα του.



Εικόνα 1.6: Το κινέζικο μαρούλι.

1.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Το μαρούλι αποτελεί το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Όταν ο καιρός είναι καλός παρατηρείται αύξηση της ζήτησης, ενώ αντίθετα, κατά τις χρονικές περιόδους όπου ο καιρός είναι κρύος έχουμε πτώση της ζήτησης.

Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος της ημέρας. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες χρησιμοποιούνται ποικιλίες ανθεκτικές στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών.

Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια σημαντική αύξηση στην καλλιέργεια του μαρουλιού στα θερμοκήπια κατά την διάρκεια του χειμώνα, διότι η ανάπτυξη γίνεται πολύ γρήγορα και παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας (Ολύμπιος 1994).

Το μαρούλι είναι μια συνεχώς αυξανόμενη καλλιέργεια, τόσο από άποψη στρεμματικών εκτάσεων, όσο και από πλευράς παραγωγής σε ολόκληρη την Ελλάδα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1981-2000. (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας.)

| ΕΤΟΣ | ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ) | ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΝΟΙ) | ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΙΛΑ/ΣΤΡΕΜ | ΤΙΜΗ ΔΡΧ/ΚΙΛΟ | ΑΚΑΘ. ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΡΧ. |
|------|-----------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
| 2000 | 37300 | 69340 | 1859 | 154,33 | 11115720 |
| 1999 | 37700 | 69300 | 1838 | 160,4 | 13722626 |
| 1998 | 36080 | 69450 | 1925 | 197,59 | 8835593 |
| 1997 | 33670 | 65580 | 1948 | 134,73 | 9861155 |
| 1996 | 36460 | 75443 | 2069 | 130,71 | 9205595 |
| 1995 | 34460 | 69215 | 1998 | 133 | 9967296 |
| 1994 | 34690 | 70212 | 2024 | 141,76 | 8467912 |
| 1993 | 32732 | 63774 | 1948 | 132,78 | 4857402 |
| 1992 | 31678 | 62131 | 1961 | 78,18 | 6020320 |
| 1991 | 28867 | 74572 | 2584 | 80,71 | 5986683 |
| 1990 | 29704 | 73646 | 2479 | 73,71 | 5031666 |
| 1989 | 32099 | 68263 | 2127 | 44,3 | 2656715 |
| 1988 | 29373 | 59971 | 2042 | 36,45 | 2104368 |
| 1987 | 27151 | 57733 | 2126 | 25,7 | 1489649 |
| 1986 | 28272 | 57963 | 2050 | 32,28 | 1861168 |
| 1985 | 27927 | 57657 | 2065 | 23,9 | 1337922 |
| 1984 | 26520 | 55980 | 2111 | 16,23 | 887294 |
| 1983 | 26370 | 54670 | 2073 | 16,52 | 908930 |
| 1982 | 27300 | 55020 | 2015 | 13,24 | 680801 |
| 1981 | 26000 | 51420 | 1978 | 9,11 | 468710 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Έκταση υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1980 – 2000. (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας.)

| ΕΤΟΣ | ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ) | ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ) | ΣΥΝΟΛΟ |
|------|----------------------------------|-------------------------------|--------|
| 1980 | 100 | 27200 | 27300 |
| 1990 | 450 | 30960 | 31410 |
| 2000 | 1894 | 42360 | 44254 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: Παραγωγή υπαίθριας και θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1980 – 2000. (Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας.)

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

1.6 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το μαρούλι ως νωπό λαχανικό είναι μία από τις υγιεινότερες τροφές που μπορεί να αποτελέσει μέρος του καθημερινού διατροφολογίου του ανθρώπου. Προσφέρει αρκετές ποσότητες βιταμίνης Α, σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και φωσφόρου, ενώ ταυτόχρονα η περιεκτικότητά του σε λίπη, υδατάνθρακες είναι σχεδόν ασήμαντη. Υστερεί σε οργανοληπτικές ιδιότητες έναντι του άλλου φυλλώδους κηπευτικού του λάχανου, του οποίου όμως η περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α είναι σχεδόν υποδεκαπλάσια. Με εξαίρεση την περιεκτικότητα της βιταμίνης C στην οποία το λάχανο είναι πλουσιότερο κατά πέντε περίπου φορές, τα δύο λαχανικά είναι σχεδόν ισοδύναμα διαιτητικά. Όμως στο μαρούλι αποδίδονται και φαρμακευτικές ιδιότητες. Από τους διάφορους τύπους μαρουλιού, η Romaine είναι η πλουσιότερη σε βιταμίνη Α. Αυτό οφείλεται στο έντονο πράσινο χρώμα των φύλλων του τύπου Romaine.

Στην χώρα μας πρώτος στην προτίμηση των καταναλωτών βρίσκεται ο τύπος μαρουλιού Romaine και τα τελευταία χρόνια υπάρχει κάποια στροφή και προς τους τύπους Crisphead και Butterhead. Η κατανάλωση των άλλων τύπων μαρουλιού είναι ελάχιστη και για την κάλυψη των αναγκών γίνονται εισαγωγές από άλλες χώρες της Ε.Ε. (Κανάκης 1998).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία σε 100 gr φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα). (Πηγή: Watt and Merill 1963, Howard *et al.* 1962.)

| ΣΤΟΙΧΕΙΑ | ΔΕΙΓΜΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ | ΚΕΦΑΛΩΤΟ | ΡΩΜΑΝΑ | ΚΑΤΣΑΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ |
|-------------------|-----------------------|----------|--------|--------------------|
| ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΔΕΣ | 14.00 | 11.00 | 16.00 | 11.00 |
| ΝΕΡΟ (gr) | 95.00 | 96.00 | 94.00 | 95.00 |
| ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ (gr) | 1.20 | 1.20 | 1.60 | 0.80 |
| ΛΙΠΗ | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.10 |
| ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (gr) | 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 | - | - | - |

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 διαμέσου 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 φαίνεται και από την τεράστια αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια (Πίνακας 1.5).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: Παγκόσμια παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων. (Πηγή: FAO 2001.)

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

Η κατάσταση στην Ελλάδα φαίνεται να μην είναι ακόμα τόσο σοβαρή, όσο στη Β. Ευρώπη. Σε μελέτη που έγινε για τη συγκέντρωση των νιτρικών σε λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται στην χώρα μας, διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση ακόμα βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο (Siomos and Dogras 1999). Η μελέτη αφορούσε 23 λαχανοκομικά είδη, τα οποία εξετάστηκαν αφού αγοράστηκαν από την κεντρική λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης.

1.8 Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι θεωρείται πολύ ευαίσθητο όσον αφορά τις εδαφικές συνθήκες. Το έδαφος πρέπει να είναι πολύ πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, να είναι γόνιμο με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας και να στραγγίζει καλά. Προτιμά τα αμμοπηλώδη εδάφη, πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ τα ελαφρά αμμώδη εδάφη προτιμώνται για πρωίμηση. Το ιδανικό pH κυμαίνεται στο 6-7. Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο στην παρουσία υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος, η οποία προκαλεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη και το χρώμα των φύλλων (τα φύλλα αποκτούν σκούρο πράσινο χρώμα και δερματώδη εμφάνιση).

Το μαρούλι αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, είναι δηλαδή λαχανικό ψυχρής εποχής. Γενικά τα μαρούλια, κυρίως τα κεφαλωτά, απαιτούν, ειδικά την εποχή που σχηματίζουν την κεφαλή, χαμηλές θερμοκρασίες. Σε αντίθετη περίπτωση ενθαρρύνεται ο σχηματισμός ανθοφόρων βλαστών πριν από το σχηματισμό της κεφαλής, ενώ ακόμη και αν σχηματιστεί κεφαλή, αυτή είναι χαλαρή και τα φύλλα αποκτούν υπόπικρη γεύση (Ολύμπιος 1994). Η ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης κεφαλωτού μαρουλιού κυμαίνεται μεταξύ 15-21°C (Walls 1993). Σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται διάφορα προβλήματα όπως ο μη σχηματισμός κεφαλής, η πρόωρη εμφάνιση ανθικού στελέχους και η απόκτηση πικρής γεύσης στα φύλλα. Ο τύπος Crisphead θεωρείται ο πιο ευαίσθητος στις υψηλές

θερμοκρασίες ενώ πολύ καλή ανθεκτικότητα παρουσιάζουν οι τύποι Butterhead και Looseleaf.



ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Συμβατική υπαίθρια καλλιέργεια μαρουλιού στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α.

(Πηγή: www.floridata.com.)

1.9 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Το μαρούλι απαιτεί έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία, με υψηλά επίπεδα θρεπτικών στοιχείων, μέχρι το βάθος των 25-30 cm. Τα φυτά μαρουλιού έχουν επιφανειακό ριζικό σύστημα, το οποίο συγκεντρώνεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Το έδαφος που απαιτείται κυμαίνεται από ελαφρό αμμώδες, αμμοπηλώδες έως πλούσιο σε οργανική ουσία. Στα αμμώδη εδάφη εξαιτίας της πιο εύκολης θέρμανσής τους επιτυγχάνεται πρωίμιση της παραγωγής. Το μαρούλι παρουσιάζει ευαισθησία στην οξύτητα για αυτό στην περίπτωση όξινων εδαφών απαιτείται η προσθήκη ασβεστίου. Επίσης ευαισθησία παρουσιάζει στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων η οποία προκαλεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη και το χρώμα των φύλλων γίνεται σκούρο πράσινο με δερματώδη υφή (Ολύμπιος 2001).

Όσον αφορά τη βασική λίπανση με οργανική ουσία, στην περίπτωση της χωνεμένης κοπριάς, η προσθήκη 10 τόννων/στρέμμα σε ελαφρά αμμώδη εδάφη έχει άριστη επίδραση, γιατί εκτός από τον εμπλουτισμό με θρεπτικά στοιχεία βελτιώνει την υδατοϊκανότητα του εδάφους και συγκρατεί το νερό ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμο στο φυτό.

1.10 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

1.10.1 ΦΩΣ

Το φως είναι ένας σημαντικός κλιματικός παράγοντας και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε καλλιέργεια θερμοκηπίου. Σε χειμερινές καλλιέργειες όπου ο φωτισμός είναι περιορισμένος, πρέπει να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες γιατί οι δύο αυτοί παράγοντες πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία. Για τις εποχές που έχουμε υψηλής έντασης φωτισμό τότε απαιτούνται και υψηλές θερμοκρασίες. Όταν ο σκοπός της καλλιέργειας είναι η παραγωγή κεφαλών η μεγάλη φωτοπερίοδος είναι ανεπιθύμητος παράγοντας. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν η καλλιέργεια προορίζεται για σποροπαραγωγή, αυτές οι συνθήκες είναι επιθυμητές.

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

Επιπρόσθετα το φως παίζει σημαντικό ρόλο στην βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού. Όταν ο σπόρος είναι φρέσκος, απαιτείται η παρουσία του φωτός για ομοιόμορφη βλάστηση αλλά και για την αποφυγή αδύναμων και λεπτών φυταρίων (Στεργίου 2002).

1.10.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Το μαρούλι είναι φυτό που αναπτύσσεται, εμπορικά, σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ αντέχει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-5°C). Οι άριστες θερμοκρασίες ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία του μαρουλιού, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση φωτισμού και τα επίπεδα CO_2 στην ατμόσφαιρα.

Τα κεφαλωτά μαρούλια απαιτούν κατά το στάδιο του σχηματισμού κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες, διαφορετικά, έχουμε σχηματισμό ανθοφόρων βλαστών πριν το σχηματισμό της κεφαλής ή αποκτούν χαλαρή κεφαλή και φύλλα με υπόπικρη γεύση. Πάντως, υψηλές θερμοκρασίες κατά τα 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.

Είναι σημαντικό να υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας ημέρας και της θερμοκρασίας νύχτας της τάξης των $5-7^{\circ}\text{C}$ (Ολύμπιος 2001).

Ειδικότερα για τα μαρούλια τύπου Crisphead συνίσταται μια θερμοκρασία μεταξύ $17-19^{\circ}\text{C}$ σε συνεφιασμένες ημέρες και μια

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 συνεφιασμένες ημέρες και 21-24°C σε ηλιόλουστες ημέρες. Για όλους τους τύπους μαρουλιού θεωρείται επιθυμητή μια θερμοκρασία νύχτας της τάξης των 12-15°C (Howard and Resh 1995).

1.11 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μία εργασία που πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, αφού λανθασμένοι χειρισμοί κατά τη διαδικασία αυτή μπορούν να προκαλέσουν άμεση υποβάθμιση των μαρουλιών (Walls 1993). Τα μαρούλια κατά την συγκομιδή 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 καλώς σχηματισμένη, σφιχτή κεφαλή. Η διάμετρος κάθε κεφαλής πρέπει να υπερβαίνει τα 15 cm. (Valenzouella *et al.* 2003). Τα μαρούλια κατά την συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος περίπου 150 g. Μεγαλύτερα βάρη (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 επιτυγχάνεται στην βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος (Ciuffolini 1986, Walls 1993). Τα φυτά μπαίνουν σε πλαστικά τελάρα και τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης (Walls 1993).

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν το χρόνο που μεσολαβεί από την σπορά ως τη συγκομιδή σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Αυτοί συνοψίζονται στους εξής:

- Στην εποχή του έτους που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια (Albright 1997)
- Τη ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργείται
- 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 την σπορά, τα μαρούλια τύπου Crisphead 80-85 ημέρες μετά την σπορά και τα μαρούλια τύπου Looseleaf 45 ημέρες μετά την σπορά (Howard *et al.* 1995).

Σε έρευνες που έχουν γίνει όσο αφορά τη διάρκεια της ημέρας που πρέπει να γίνεται η συγκομιδή, έχει διαπιστωθεί ότι τα μαρούλια πρέπει να συγκομίζονται το απόγευμα (3 μ.μ.). Κατά την ώρα αυτή έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει μικρότερη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα του μαρουλιού (Siomos 2000).



ΕΙΚΟΝΑ 1.8: Συγκομιδή μαρουλιού.

1.12 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Παρόλο που, γενικά, το μαρούλι δεν μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, η ποιότητά του μπορεί να διατηρηθεί ικανοποιητικά για περίπου 15 ημέρες στους 0 °C και σε σχετική υγρασία ίση ή και μεγαλύτερη του 95% (Salunkhe and Kadam 1998).

Η ποιότητα του μαρουλιού κατά την συντήρησή του, αλλά και η μετασυλλεκτική του ζωή εξαρτώνται από τις καλλιεργητικές τεχνικές, αλλά και από την θερμοκρασία κατά την συντήρηση (Lipton 1987, Salunkhe *et al.* 1991). Ωστόσο οι αλλαγές στην σύνθεση των ιστών του μαρουλιού κατά την συντήρηση δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως (Siomos *et al.* 1999).

Πολλές μελέτες πάνω στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των φυτών έχουν δείξει πως τα πιο ώριμα φύλλα είναι αυτά που συντηρούνται καλύτερα. Ωστόσο, έχει μελετηθεί ελάχιστα η φυσιολογία της παρακμής των ιστών των λαχανικών, όπως το μαρούλι, τα οποία βρίσκονται σε πολύ γρήγορη ανάπτυξη κατά τη συγκομιδή. Κατά τη συγκομιδή οι ιστοί του μαρουλιού υπόκεινται σε ισχυρό σοκ, αφού σταματά απότομα η παροχή νερού και θρεπτικών στοιχείων. Εξαιτίας αυτού του σοκ οι ιστοί του μαρουλιού αδυνατούν να διατηρήσουν τη

μεταβολική τους δράση με αποτέλεσμα πολύ γρήγορα να επέρχεται η ποιοτική υποβάθμιση του φυτού (Siomos *et al.* 1999).

1.13 ΕΧΘΡΟΙ & ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

1.13.1 ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ

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

1.13.2 ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

Οφείλεται στο μύκητα *Rgemia lactuca*. Ο μύκητας αυτός προκαλεί στο μαρούλι χλωρωτικές κηλίδες στα κάτω φύλλα, όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας, και στην συνέχεια προκαλείται σήψη των φύλλων.

1.13.3 ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ)

Οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea*. Ο μύκητας προσβάλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του και προκαλεί σοβαρές ζημιές, ιδιαίτερα στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται σαν στίγματα σκούρου χρώματος. Στα κάτω φύλλα εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στην συνέχεια εμφανίζεται η γκριζοκαφέ καρποφορία του μύκητα και το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται.



ΕΙΚΟΝΑ 1.9: Προσβολή από βοτρυτή.

1.13.4 ΣΚΛΗΡΟΤΙΝΙΑ

Οφείλεται στο μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους στον κορμό του φυτού και τα κατώτερα φύλλα. Όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται σαν υγρή σήψη, στην συνέχεια αναπτύσσεται το άσπρο μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληροτίων του μύκητα. Αποτέλεσμα της προσβολής είναι η μάρανση και καταστροφή των φυτών.

1.13.5 ΩΙΔΙΟ

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

1.13.6 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.

1.13.7 ΑΦΙΔΕΣ.

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

1.13.8 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ.

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

1.13.9 ΘΡΙΠΑΣ

Τελευταία παρατηρείται μια έξαρση προσβολής φυτών μαρουλιού από τον θρίπα *Frankliniella occidentalis*.

1.13.10 ΚΟΧΛΙΕΣ – ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΑ.

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

Ακόμη στα μαρούλια προκαλούνται ζημιές από φυσιολογικές ανωμαλίες στις οποίες περιλαμβάνονται το φυσιολογικό κάψιμο, το περιθωριακό κάψιμο των φύλλων και η υάλωση, ανωμαλίες οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος.

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως έχει αναφερθεί τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται μαρούλι και σε θερμοκήπια κατά την διάρκεια του χειμώνα με μεγάλη επιτυχία, διότι η ανάπτυξή του είναι γρηγορότερη και η ποιότητά του είναι πολύ καλή. Ένα μέρος των θερμοκηπιακών καλλιεργειών μαρουλιού αναπτύσσονται σε υδροπονία. 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 και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανεδάφιος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όρος είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Με την 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).

Η σωστή ανάπτυξη των φυτών απαιτεί την 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).

Με τις υδροπονικές καλλιέργειες τα προβλήματα αυτά παύουν να υπάρχουν λόγω της ρύθμισης της παροχής του θρεπτικού διαλύματος και της χρησιμοποίησης υλικών με πολύ υψηλό πορώδες (Πετροπούλου 2003).

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα η οποία αυξάνει τις αποδόσεις των φυτών και βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων. Αυτό το είδος καλλιέργειας απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών. Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δεν διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με τον συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος (Στεργίου 2002).

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η υδροπονική καλλιέργεια ξεκίνησε πριν από πολλά χρόνια σαν μια εργαστηριακή τεχνική για την μελέτη των αναγκών των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Ήδη από τον 17^ο αναφέρονται πειραματικές εφαρμογές υδροπονίας στην Γαλλία και την Αγγλία. Ο Woodward ήταν ο πρώτος που καλλιέργησε φυτά μέντας χωρίς έδαφος στην Αγγλία το 1699. Οι βασικές εργαστηριακές τεχνικές της καλλιέργειας σε θρεπτικά διαλύματα, αναπτύχθηκαν, από τους Sacks & Kpor στη Γερμανία γύρω στα 1800. Ακολουθεί μια συνεχής βελτίωση της παρασκευής των θρεπτικών διαλυμάτων μέχρι 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 Καλιφόρνιας που διέδωσε πλατιά την τεχνική ανάπτυξης των φυτών χωρίς έδαφος. Στην συνέχεια της εξέλιξης των υδροπονικών συστημάτων μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές και διάφορες παραλλαγές τους. Έτσι υπάρχουν συστήματα με χρήση αδρανών υλικών, είτε συστήματα χωρίς αδρανή υλικά, αλλά με φυτά αναπτυσσόμενα με τις ρίζες μέσα σε θρεπτικό διάλυμα ποικίλου βάθους (Χαρίτος 1989).

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου οι Αμερικάνοι αναπτύσσουν υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιώντας χαλίκια σαν υπόστρωμα και ανακυκλούμενα θρεπτικά διαλύματα για 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 στην Αγγλία εκτόνησε ένα σύστημα καλλιέργειας σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα μικρού πάχους που το ονόμασε Nutrient Film Technique (NFT) (Winson 1983). Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε όλο τον κόσμο, 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: Στατιστικά στοιχεία επέκτασης υδροπονικών καλλιέργειών. (Πηγή: Γεωργία και Κτηνοτροφία, 1998.)

| | | |
|------|----------|---|
| 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, Rouzolane (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, Rouzolane 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. |

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε εδάφη πολύ κακής ποιότητας ή σε περιοχές χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.
- Η απαλλαγή από τις ασθένειες του εδάφους και το κόστος απολύμανσης του εδάφους που έχει υψηλό κόστος.
- Δεν απαιτείται κατεργασία του εδάφους και την καταπολέμηση των ζιζανίων.
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης.
- Η πλήρως ελεγχόμενη και σταθερή τροφοδοσία των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία.
- Η εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων με τον περιορισμό των απωλειών από επιφανειακές διαρροές.
- 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.
- Ο περιορισμός της χειρωνακτικής εργασίας.
- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο.
- Η 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.

(Μαυρογιαννόπουλος 1994)

2.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η μικρότερη ικανότητα προσαρμογής σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος. Η έλλειψη νερού ή θρεπτικών στοιχείων δεν μπορεί να αναπληρωθεί, ενώ οι μεταβολές του pH και τις αγωγιμότητας είναι απότομες, και οποιαδήποτε απόκλιση των συντελεστών αυτών μπορεί να έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια.
 - Η μεγάλη ακρίβεια που απαιτείται στην σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος. Αρκετά δύσκολη είναι η προσθήκη ιχνοστοιχείων λόγω των μικρών ποσοτήτων που απαιτείτε να προστεθούν.
 - Η ανάγκη ύπαρξης προηγμένης τεχνολογίας (αυτόματο πότισμα, μηχανισμοί κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος).
 - 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.
 - Το υψηλό κόστος για την αγορά υποστρωμάτων (περλίτης, ελαφρόπετρα κ.λ.π.).
- (Μαυρογιαννόπουλος 1994)

2.5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας των φυτών μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανοιχτά ή κλειστά συστήματα. Στα κλειστά συστήματα όλο το νερό αποστράγγισης συγκεντρώνεται και επαναχρησιμοποιείται, ενώ στα ανοιχτά συστήματα το νερό αποστράγγισης απορρίπτεται. 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 εάν ο καλλιεργητής μπορεί να καθαρίσει και να επαναχρησιμοποιήσει το νερό αποστράγγισης (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

i. ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

Στα ανοικτά 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 EC στο υπόστρωμα σε συνιστώμενα επίπεδα. Υπάρχουν δύο λόγοι ανησυχίας σχετικά με τα υψηλά ποσοστά διήθησης 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).

ii. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

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

2.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται διάφορα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών στο σπορείο, 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).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευση τους. (Πηγή Γεωργία και Κτηνοτροφία, 1998.)

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

2.6.1 ΠΕΡΛΙΤΗΣ

Είναι πυριτικό ορυκτό ηφαιστειογενούς προέλευσης που υπάρχει στις Η.Π.Α, στη Νέα Ζηλανδία και στην Ελλάδα. Κατά την επεξεργασία του το ορυκτό σπάζεται και θερμαίνεται για ένα λεπτό στους 1000 βαθμούς Κελσίου. Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησής του δεν επιτρέπουν το σχηματισμό κρυσταλλικού πλέγματος, γεγονός που έδωσε τον υαλώδη ιστό στο ορυκτό αυτό. Στο υαλώδες αυτό πέτρωμα δόθηκε το όνομα περλίτης, από την λάμψη 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 η οποία είναι 10-12 φορές μεγαλύτερη του όγκου του αρχικού ορυκτού. Ζυγίζει 40-150 kg/m³, 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 τι 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.

2.6.2 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 ταχύτατες απελευθερώσεις πίεσης κατά την διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων οδηγούν στην εξάπλωση αερίων και τον σχηματισμό υλικών μικρής πυκνότητας που συντίθεται από κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί. Η ελαφρόπετρα είναι κοινή σε περιοχές με πλούσια ηφαιστειακή δράση, όπως οι Πορτογαλικές Αζόρες, τα Ελληνικά νησιά, η Ισλανδία, η Ιαπωνία, η Ρωσία, η Σικελία, η Τουρκία και άλλες περιοχές. Το ακατέργαστο υλικό εξάγεται από τα λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται σύμφωνα με την απαίτηση των πελατών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητές της επηρεάζονται από το συνολικό μέγεθός της. Η ελαφρόπετρα έχει χρησιμοποιηθεί από τα ρωμαϊκά χρόνια ως ελαφρύ αμμοχάλικο για την κατασκευή κτηρίων, για πετρόπλυση στην βιομηχανία ενδυμάτων και ως υλικό στις βιομηχανίες χαρτιού και πλαστικού.

Η ελαφρόπετρα είναι ένα ελαφρύ αμμοχάλικο, που έχει χαμηλή πυκνότητα και διάστημα πόρων 70-85%, ανάλογα με την προέλευση και την διαδικασία κοσκινίσματος. Η ελαφρόπετρα περιέχει μεγάλους πόρους και συνεπώς το ογκομετρικό νερό της μειώνεται αισθητά καθώς η ένταση του νερού αυξάνεται. Η υδατοϊκανότητα της ελαφρόπετρας είναι σχετικά χαμηλή και συγκρίνεται με του πετροβάμβακα, του περλίτη και των άλλων υποστρωμάτων.

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

Η ελαφρόπετρα 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).



EIKONA 2.2: Ελαφρόπετρα.

2.6.3 COCOSOIL ή ΙΝΕΣ ΚΑΡΥΔΑΣ

Η καρύδα αναπτύσσεται εμπορικά στη Σρί Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, τη νότια Ινδία και την Λατινική Αμερική. Οι χώρες αυτές είναι η κύρια πηγή των ινών καρύδας για την χρήση τους στην υδροπονία. Ανατομικά οι ίνες καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό ή το φλοιό των καρύδων. Ο φλοιός περιέχει 60-70 % ιστό εντεριώνης και ο υπόλοιπος αποτελείται κυρίως από ίνα. Το υπόλοιπο υλικό μπορεί να τεμαχιστεί και να χωριστεί σε ένα χονδροειδές μέρος και ένα λεπτό. Από αυτά η σκόνη είναι σταθερότερη ενώ οι ίνες τείνουν να υποβληθούν σε δευτεροβάθμια αποσύνθεση στο μέσο 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) για την εύκολη μεταφορά του. Με την προσθήκη του νερού οι ίνες καρύδας διογκώνονται 5 έως 9 φορές σε σχέση με τον αρχικό όγκο τους.

Οι ίνες καρύδας μπορεί να χρησιμοποιηθούν είτε ως αυτόνομο μέσο είτε ως συστατικό σε μείγματα για την καλλιέργεια 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 & Cl τα οποία μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Κατά την διαδικασία παραγωγής πρέπει να πλυθούν και συνήθως προστίθεται Ca & Mg για να διευκολύνουν την αφαίρεση Na και να παρέχουν θρεπτικές ουσίες. Αφ' ετέρου η περιεκτικότητα σε P & K είναι πολύ υψηλή και πρέπει αυτό να ληφθεί υπόψη σε οποιοδήποτε πρόγραμμα λίπανσης. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων κυμάνθηκε από 320 έως 950 mmol/Kg και η αναλογία C/N υπολογίστηκε κατά προσέγγιση σε 117.

Οι ίνες καρύδας όντας ένα οργανικό γόνιμο μέσο υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί ένα βιολογικό κενό που μπορεί να επιτρέψει τη γρήγορη ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων μετά από την αποστείρωση. Δεδομένου ότι είναι βιοδιασπάσιμες, φυσικές και μη τοξικές, οι ίνες καρύδας μπορούν να διατεθούν χωρίς πρόβλημα (Μάνιος 1993).



ΕΙΚΟΝΑ 2.3: Cocosoil μετά την προσθήκη νερού.

2.6.4 ΑΜΜΟΣ

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

2.6.5 ΑΡΓΙΛΛΟΣ

Έχει μεγάλο βαθμό εναλλακτικής ικανότητας κατιόντων και η χρησιμοποίησή της στα διάφορα μείγματα ρυθμίζει την απορόφηση του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων, έχει γενικά χαμηλό ειδικό βάρος 0,3-0,7 g/cm³ και εσωτερικό πορώδες 40-50% (Bunt 1988, Γαρεφαλάκη 1992). Στη διογκωμένη της μορφή, που είναι στρογγυλεμένα τεμάχια αργίλλου που έχουν πυρακτωθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιείται ως αδρανές υπόστρωμα (Μαλούπα 1995). Ενδύκνεται η έκπλυσή της με νερό για τη μείωση της περιεκτικότητας της σε άλατα Boodt *et all.* 1989).

2.6.6 ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ

Είναι πυριτικές ενώσεις του αλουμινίου, του σιδήρου και του μαγνησίου που στη φυσική τους κατάσταση είναι λεπτά στρώματα και μοιάζει με σχιστόλιθο. Αποθέματα της πρώτης ύλης έχουν βρεθεί στις ΗΠΑ και στη Νότιο Αφρική και γι' αυτό είναι περισσότερο διαδεδομένος σε χρήση σ' αυτές τις χώρες απ' ότι στην Ευρώπη. Για να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα πρέπει να αποφυλλωθεί θερμαινόμενο για ένα λεπτό στους 1000 °C. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας διογκώνεται 15-20 φορές και αποκτά υψηλό βαθμό πορώδους. Ο μέσος όρος πυκνότητάς του (ειδικό βάρος) είναι 80 Kg/m³. Κατατάσσεται σε δύο τύπους, τον όξινο τύπο (pH 6,0-6,8) και τον ουδέτερο τύπο. Έχει υψηλή εναλλακτική ικανότητα ιόντων. Περιέχει 5-8% διαθέσιμο κάλιο και 9-12% μαγνήσιο (Boodley and Sheldruke 1972, Μαλούπα 1995). Όταν ο Βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του ως υπόστρωμα, για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, έχει μια τάση για κερηθροποίηση της δομής του μέχρι και την πλήρη καταστροφή της, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αέρισμός 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).

2.6.7 ΖΕΟΛΙΘΟΙ

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

2.6.8 ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ

Είναι πυριτικό αλουμίνιο με κάποιες ποσότητες ασβεστίου και μαγνήσιου. Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι διάφοροι τύποι πετρωμάτων κυρίως diabasea και βασάλτης που λιώνουν στους 1500-1600 °C. Στη συνέχεια σε υγρή μορφή περνούν μέσα από περιστρεφόμενα τύμπανα με ελεγχόμενη ταχύτητα περιστροφής και παίρνουν ινώδη μορφή (σχηματισμός ινών των 0,005 mm) σαν μαλλί. Ακολουθεί ψύξη των ινών, ενώ ταυτόχρονα προστίθεται μια φαινολική ρητίνη (βακελίτης) η οποία λειτουργεί σαν σύνδεσμος μεταξύ των ινών (Βασιλάκης 1994, Smith 1997). Με συμπίεση διαμορφώνεται σε πλάκες με ειδικό βάρος γύρω στα 70 Kg/m³. Η προσθήκη φαινολικών ρητινών δίνει στο τελικό προϊόν τη σταθερότητα του σχήματος και την ικανότητα να απορροφά νερό. Το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο και έχει καλές φυσικές ιδιότητες (95% ολικό πορώδες, 20% περιεκτικότητα σε αέρα, 75% συγκράτηση νερού). Είναι χημικά αδρανές και διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρησιμοποίησή του (κύβοι, πλάκες, κοκκώδης μορφή) (Βασιλάκης 1994, Μαλούπα 1995, Μανιός 1993, Smith 1997).

2.7 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών:

- I. Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό.
 - II. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός και έτσι αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών.
 - III. Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.
 - IV. 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:

- I. Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού.
 - II. Πλαστικοί σάκκοι διαφόρων μεγεθών.
 - III. Δοχεία σταθερού σχήματος (γλάστρες).
 - IV. Κατασκευές υποδοχείς του πετροβάμβακα.
- (Μανιός 1994)

2.8 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά, γίνεται αποκλειστικά και μόνο μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερης σημασίας η επιλογή της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, της διαδικασίας παρασκευής τους και του τρόπου χορήγησής τους στα φυτά. Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι η εποπτεία και ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζοστρώματος. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εύκολη η έγκαιρη διάγνωση κάθε προβλήματος που πιθανόν να 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 στοιχεία 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, τα οποία 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. Η μορφή των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δεν διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό φυσικές συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου 2002).

2.8.1 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων επιλέγονται με βάση τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, όπως διαλυτότητα και καθαρότητα καθώς και το κόστος τους. Έτσι ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά, υδατοδιαλυτά

καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων.

Σύνθετα πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα που περιέχουν μίγμα απλών λιπασμάτων δεν συνιστάται να χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα δεν μπορούν να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία π.χ. εάν περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατόν να περιέχουν ταυτόχρονα και ασβέστιο αφού κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα την κατακρήμνιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θειικού ασβεστίου. Επίσης η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος κάνει δύσκολη την προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις και δυσκολεύει την πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, οπότε αυτό κρίνεται απαραίτητο για την αποκατάσταση της θρέψης (Στεργίου 2002).

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται λοιπόν 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, ενώ το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο και το άλλο όχι, δεν χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία, επειδή 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).

2.8.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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

2.8.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Έτσι 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 δεν 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 άρα καταπόνηση των φυτών. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός διαλύματος κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 2 έως 3 και σπανιότερα 4 ds/m.

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

2.8.2.2 ΤΟ pH ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Το pH του θρεπτικού διαλύματος είναι καθοριστικής σημασίας 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 από τους συνήθεις ρυθμούς. Τα αποτελέσματα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες). Για τα περισσότερα είδη λαχανικών το pH του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5 (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1.1 ΦΩΣ

Το φως επιδρά στην φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού και επομένως επιδρά και στον ρυθμό ανάπτυξης του φυτού. Επίσης το φως επιδρά στην δημιουργία της χλωροφύλλης η οποία προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος 2001).

Η απορρόφηση αζώτου στο μαρούλι επηρεάζεται από το φωτισμό και από την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τους Wheeler *et al.* (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, γενικά όμως το μαρούλι έχει ανάγκη από μία φωτεινή ακτινοβολία της τάξης των 1000-1200 lux. Ωστόσο καλή ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί και σε μία ένταση φωτός 500 lux (Walls 1993).

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 ppm) επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του μαρουλιού (Walls 1993).

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

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

(Walls 1993)

3.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού έχουν χρησιμοποιηθεί τα περισσότερα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται γενικά στην

υδροπονική καλλιέργεια (περλίτης, ελαφρόπετρα, πετροβάμβακας, βερμικουλίτης κ.α.) με αρκετά καλά αποτελέσματα, παρόλα αυτά, σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης και λιγότερο ο πετροβάμβακας και η ελαφρόπετρα (Siomos *et al.* 1999).

Τα τελευταία χρόνια στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο η ελαφρόπετρα (Siomos *et al.* 1999).

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 εξίσου καλά αποτελέσματα σε σχέση με τον περλίτη όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μαρουλιών (χρώμα, ογκομετρούμενη οξύτητα, χλωροφύλλη α και β και ολική χλωροφύλλη), ενώ υστέρησε σε σχέση με τον περλίτη αναφορικά με την απόδοση της καλλιέργειας η διαφορά όμως δεν ήταν σημαντική (Siomos *et al.* 1999).

3.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Σε μια υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια μαρουλιού ενδιαφέρει πάρα πολύ η όσο το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του χώρου του θερμοκηπίου ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικό και ποιοτικό αποτέλεσμα. Ο μικρός σχετικά όγκος που καταλαμβάνει το μαρούλι επιτρέπει στον παραγωγό να έχει πολλές λύσεις όσον αφορά το σύστημα φύτευσης που θα χρησιμοποιήσει.

Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα φύτευσης των φυτών μαρουλιού στο θερμοκήπιο, με το καθένα να έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ειδικότερα, σήμερα 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.

Το σύστημα φύτευσης σε βαθμίδες έχει το πλεονέκτημα της μέγιστης αξιοποίησης του χώρου, μειονεκτεί όμως λόγω της μη ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών ανάμεσα στις διάφορες βαθμίδες (Οικονομάκης 2002).

Με το σύστημα της αψίδας επιτυγχάνεται και η κατακόρυφη εκμετάλλευση του χώρου του θερμοκηπίου ενώ αυξάνεται ο αριθμός των καλλιεργούμενων φυτών ανά στρέμμα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι προσφέρει στα φυτά πολύ καλές

συνθήκες αερισμού βοηθώντας έτσι την πρόληψη μυκητολογικών ασθενειών (Οικονομάκης 2002).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα φύτευσης αψίδα.

3.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μία καλλιέργεια. 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 (30-40 cm) (Μαυρογιαννόπουλος 1994).

Σήμερα χρησιμοποιούνται αποστάσεις φύτευσης 20-25 cm μεταξύ των φυτών ενώ ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχει αποφέρει και η φύτευση σε μικρότερες αποστάσεις (15 cm) (Howard *et al.* 1995).

Οι αποστάσεις φύτευσης εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Η ποικιλία του καλλιεργούμενου μαρουλιού. Τα μη κεφαλωτά μαρούλια που έχουν την ιδιότητα να «απλώνουν» το φύλλωμά τους πρέπει να φυτεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Το σύστημα φύτευσης. Το σύστημα φύτευσης σε γραμμές δεν επιτρέπει μικρές αποστάσεις φύτευσης λόγω της δημιουργίας συνθηκών κακού αερισμού και υπερβολικής υγρασίας οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη μυκητολογικών

ασθενειών (βοτρύτης). Αντίθετα στο σύστημα πυραμίδας όπου οι συνθήκες αερισμού των φυτών είναι σίγουρα καλύτερες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μικρότερες αποστάσεις.

(Howard *et al.* 1995)

3.5 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός διαλύματος κατάλληλου για την υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η συνολική συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα των ανόργανων ιόντων, οι μεταξύ τους αναλογίες και η τιμή του pH να είναι οι κατάλληλες, ανάλογα με την ποικιλία του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξης 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 (Κουσούρη 2004).

Σχετικά με τη μεταβολή των απαιτήσεων του μαρουλιού στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων της ανάπτυξης του πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά το στάδιο της ανάπτυξης των νεαρών φυτών στο θρεπτικό διάλυμα δεν προστίθεται αμμωνία γιατί δρα τοξικά στα νεαρά ριζίδια και περιορίζει το ρυθμό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Αργότερα, όταν αναπτυχθεί το ριζικό σύστημα, μπορεί να προστίθεται μικρή ποσότητα αμμωνίας για να σταθεροποιηθεί καλύτερα το pH του θρεπτικού διαλύματος. Είκοσι μέρες πριν τη συγκομιδή των μαρουλιών διακόπτεται η χορήγηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ώστε να μειωθεί σημαντικά η συγκέντρωση των νιτρωδών στο φύλλωμα, που είναι το εδώδιμο μέρος του φυτού, γιατί τα νιτρώδη 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 ως 2,7 και για το pH από 5,5 ως 6,5 με άριστη τιμή το 5,8 (Μαυρογιαννόπουλος 1994). Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται 4 προτάσεις (Σιώμος 1999, Albright 1997, Μαυρογιαννόπουλος 1994 και Sonneveld and Straver 1994) για την επιθυμητή σύσταση του θρεπτικού διαλύματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Προτεινόμενη σύσταση θρεπτικού διαλύματος.

| | Μαυρογιαννόπουλος (1994) | Albright (1997) | Σιώμος (1999) | 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 | 1,125 mmol/l |
| NH₄⁺ | 0,5 mmol/l | - | 0,96 mmol/l | 1,25 mmol/l |
| Ca⁺⁺ | 2,25 mmol/l | 2,1 mmol/l | 7,66 mmol/l | 4,5 mmol/l |
| K⁺ | 5,0 mmol/l | 5,5 mmol/l | 11,13 mmol/l | 11,0 mmol/l |
| Mg⁺⁺ | 0,75 mmol/l | 1 mmol/l | 1,0 mmol/l | 1,0 mmol/l |
| Fe | 35,0 μmol/l | 16,8 μmol/l | 40,07 μmol/l | 40,0 mmol/l |
| Mn | 5,0 μmol/l | 2,5 μmol/l | 5,01 μmol/l | 5,0 mmol/l |
| Zn | 3,0 μmol/l | 2 μmol/l | 4,01 μmol/l | 4,0 mmol/l |
| B | 20,0 μmol/l | 15 μmol/l | 30,0 μmol/l | 30,0 mmol/l |
| Cu | 0,5 μmol/l | 0,4 μmol/l | 0,75 μmol/l | 0,75 mmol/l |

Η επιλογή της κατάλληλης σύστασης για το χρησιμοποιούμενο διάλυμα σε μία υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και εμπειρία από την πλευρά του καλλιεργητή. Ο καλλιεργητής πρέπει επίσης, να είναι σε θέση να διακρίνει αμέσως συμπτώματα τροφοπενιών ώστε να γίνεται άμεσα η διόρθωσή τους. Στον πίνακα 3.2 φαίνονται τα συμπτώματα τροφοπενίας που παρουσιάζει το φυτό στην

έλλειψη των διάφορων στοιχείων και ιχνοστοιχείων (Καραμπέτσος 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: Συμπτώματα έλλειψης θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα. (Πηγή: Καραμπέτσος 2001.)

| Στοιχείο | 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 |
| Μολυβδαίνιο | MoO_4^{2-} | 0,1- 5% | Μεσονεύρια χλωρωτικά στίγματα ακολουθούμενα από νέκρωση |
| Ψευδάργυρος | Zn^{2+} | 15- 100 ppm | Μεσονεύρια χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, σμίκρυνση φύλλων |

3.6 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα πάνω στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού (Siomos *et al.* 1999). 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.* (1999) 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. Οι αποστάσεις φύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 20 cm. Η συγκομιδή έγινε 81 ημέρες από την μεταφύτευση και τα φυτά είχαν νωπό βάρος 155 (+-)3g, 154 (+-)13g και 141 (+-)6g 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 σγκομετρούμενη 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) NO₃ 18,18- NH₄ 0,96- H₂PO₄ 2- K 11,13- Ca 7,66- Mg 1- SO₄ 1 και (μmol/l) Fe 40,07- Mn 5,01- B 30- Cu 0,75- Zn 4,01- Mo 0,50.

Οι Siomos *et al.* (1999) μελέτησαν την ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης των νιτρικών και της φωτοσύνθεσης σε φυτά μαρουλιού ποικιλίας Paris island που καλλιεργήθηκε σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με υπόστρωμα ελαφρόπετρα σε μη θερμαινόμενο γυάλινο θερμοκήπιο. Μικρή αλλά σημαντική συσσώρευση νιτρικών στα φυτά παρατηρήθηκε στη διάρκεια μιας ημέρας με χαμηλή θερμοκρασία και ένταση φωτός, που οφείλονταν στη συσσώρευση νιτρικών στα εξωτερικά φύλλα, καθώς η συσσώρευση νιτρικών στα μεσαία και στα εσωτερικά

φύλλα δεν μεταβλήθηκε ιδιαίτερα. Η φωτοσύνθεση αυξάνονταν προοδευτικά με την αύξηση της έντασης του φωτός και της θερμοκρασίας, το μέγιστο της οποίας παρατηρήθηκε στη μέγιστη θερμοκρασία, δυο ώρες περίπου μετά τη μέγιστη ένταση φωτός, ενώ στη συνέχεια μειώνονταν προοδευτικά και μηδενίστηκε κατά τη δύση του ηλίου.

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

Σε άλλη μελέτη εξετάστηκε η επίδραση τριών υποστρωμάτων (περλίτης, ελαφρόπετρα με μέγεθος κόκκων 0-8 mm και ελαφρόπετρα με μέγεθος κόκκων 5-8 mm) στην οπτική ποιότητα και την ξηρά ουσία υπέργειου και υπόγειου μέρους μαρουλιών των ποικιλιών: Frisby (τύπος: Looseleaf), Plenty (τύπος: Butterhead) Roli (τύπος: Romaine) και Paris island (τύπος: Romaine). Δεν παρατηρήθηκε 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.* 2001).

Το 1993 σε πείραμα που διεξήχθη στο πανεπιστήμιο της Λουμπλιάννα 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 1998).

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 προκαλούσε αύξηση της απορρόφησης του αζώτου από το φυτό (Albright 1995).

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 θερμοκηπιακή καλλιέργεια σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην περιοχή της Καλαμάτας κατά τους μήνες Φεβρουάριο – Απρίλιο.

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

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

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

Στο παρόν πείραμα μελετήθηκε το πώς το υπόστρωμα επηρεάζει την 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 22/1/04 στο θερμοκήπιο λαχανοκομίας του ΤΕΙ. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία μαζικής σποράς τα οποία είχαν πλυθεί και είχαν γεμιστεί με φυτόχωμα. Οι σπόροι προέρχονταν από την εταιρία Georoniko Spiti. Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν 5 σειρές σπόρων με 10 σπόρους σε κάθε σειρά. Συνολικά τοποθετήθηκαν 800 σπόροι από κάθε ποικιλία. Στη συνέχεια οι σπόροι καλύφθηκαν με ελαφριά στρώση φυτοχώματος και τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση για 10 λεπτά ώστε να ποτιστούν καλά, εν συνεχεία μεταφέρθηκαν σε προβλαστήρια με θερμοκρασία ημέρας 20 °C, θερμοκρασία νύχτας 13 °C και διάρκεια φωτισμού 10h/ημέρα. Την επόμενη ημέρα οι σπόροι ποτίστηκαν ξανά με ψεκάσμό. Οι σπόροι φύτρωσαν σε 4 μέρες από την σπορά τους. Την τέταρτη μέρα έγινε αλλαγή στην διάρκεια της φωτοπεριόδου από 10h σε 12 h/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 την σπορά. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε δίσκους που έφεραν 20 ατομικές θέσεις. Οι δίσκοι 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 θερμοκήπιο δεν θερμαινόταν. Το πότισμα των νεαρών φυτών γινόταν με το σύστημα της υδρονέφωσης. Οι απώλειες κατά την μεταφύτευση ήταν ασήμαντες. Ο έλεγχος και το πότισμα των φυτών ήταν καθημερινός. Πέντε μέρες από την 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 εντός του θερμοκηπίου της γεωργικής μηχανολογίας έγινε 20 μέρες μετά την πρώτη μεταφύτευση, στις 19/2/04 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 ώστε να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα. Ακολούθησε πότισμα των νεαρών φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Ανάμεσα στο κανάλι και το υπόστρωμα είχε τοποθετηθεί 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. Φέρει τρύπες για την απορροή του θρεπτικού διαλύματος.

Μετά την μεταφύτευση τα κανάλια τοποθετήθηκαν στις ασίδες του θερμοκηπίου, 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 φαινόταν η ποικιλία, το υπόστρωμα, οι αποστάσεις φύτευσης και ο αριθμός της επανάληψης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2: Πρώτη μεταφύτευση

4.4 ΛΙΠΑΝΣΗ

Η κύρια καλλιεργητική φροντίδα που γινόταν κατά την διάρκεια της καλλιέργειας ήταν το πότισμα των φυτών με το θρεπτικό διάλυμα. Το πότισμα άρχισε αμέσως μετά την μεταφύτευση των φυταρίων στην τελική τους θέση. Η χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος γινόταν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00 π.μ. έως 6μ.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 lt).

Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα λιπάσματα: Νιτρικό ασβέστιο, θεικό μαγνήσιο, θεικό κάλιο νιτρικό κάλιο, φωσφορικό μονοκάλιο, νιτρική αμμωνία, χηλικός σίδηρος, θεικό μαγγάνιο, θεικός 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 4-4-2004) |
|--------------------------------|------------------------|---|--|
| NO ₃ | 0,054 mmol/l | 9,62 mmol/l | 13,9 mmol/l |
| H ₂ PO ₄ | - | 1,95 mmol/l | 2,08 mmol/l |
| SO ₄ | 1 mmol/l | 2,68 mmol/l | 1,97 mmol/l |
| NH ₄ ⁺ | - | 0,84 mmol/l | 1,12 mmol/l |
| Ca ⁺⁺ | 2,2 mmol/l | 3,73 mmol/l | 4,1 mmol/l |
| K ⁺ | - | 6,53 mmol/l | 7,17 mmol/l |
| Mg ⁺⁺ | 1,17 μmol/l | 1,61 μmol/l | 1,77 μmol/l |
| Fe | - | 35 μmol/l | 35 μmol/l |
| Na ⁺ | 1,10 mmol/l | - | - |
| Cl ⁻ | 1,60 mmol/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 (mg/l) σε συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων, σε kg για τα στερεά και σε l για τα υγρά. Τα θρεπτικά διαλύματα παρασκευάστηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των Savas and Adamides (1999).

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ακολουθούνταν η εξής διαδικασία:

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

Το θρεπτικά στοιχεία που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών 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 αραιώση 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 αραιώση του διαλύματος γίνονταν μέσω υπολογιστή (πρόγραμμα Autonet 2000) ωστόσο το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο αντίστοιχα, για να διασφαλιστεί ότι βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

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

4.5 ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

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

Αναλυτικά:

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



ΕΙΚΟΝΑ 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 | 19/2/2004 |
| Κόψιμο απορροών | 19/2/2004 |
| Αλλαγή σύστασης θρεπτικού διαλύματος | 5/3/2004 |
| Ψεκασμός με οξυχλωριούχο χαλκό (Copergil) | 12/3/2004 |
| Ψεκασμός με βοτρυτοκτόνο (Switch) | 18/3/2004 |
| Ψεκασμός με βοτρυτοκτόνο (Switch) | 26/3/2004 |
| Συγκομιδή της ποικιλίας Paris island | 1/4/2004 |
| Συγκομιδή ποικιλίας Great lakes | 4/4/2004 |

4.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η συγκομιδή των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes έγινε στις 1/4/04 και 4/4/04 αντίστοιχα, δηλαδή 42 ημέρες μετά την μεταφύτευση στην τελική τους θέση για τα φυτά της Paris Island και 45 ημέρες από

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

Μετρήθηκαν: α) το νωπό βάρος των φυτών β) το ύψος των φυτών γ) ο αριθμός των φύλλων δ) τα μη εμπορεύσιμα φύλλα στ) το νωπό και το ξηρό βάρος των εσωτερικών φύλλων, των μεσαίων φύλλων, των εξωτερικών φύλλων, του βλαστού και της ρίζας ξεχωριστά.

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, του βλαστού και των ριζών είχαν ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Όλες οι μετρήσεις που αφορούσαν βάρος έγιναν με ζυγούς ακριβείας. Οι μετρήσεις που αφορούσαν τις παραμέτρους του χρώματος έγιναν με χρωματόμετρο Minolta CR300. Κατά τις μετρήσεις χρώματος υπολογίστηκαν οι παράμετροι L,a,b, οι οποίες αφορούν την φωτεινότητα και την ένταση του χρώματος των φύλλων, αντίστοιχα. Ο υπολογισμός των επιπέδων της χλωροφύλλης έγινε διαιρώντας τις τιμές των παραμέτρων a και b για κάθε φυτό.

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

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



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 7 φυτά από κάθε κανάλι. Τα δύο από αυτά ζυγίστηκαν νωπά και συσκευάστηκαν σε σακουλές προκειμένου να μεταφερθούν στο εργαστήριο Λαχανοκομίας του ΓΠΑ ώστε να μετρηθούν οι παράμετροι (L, a, b) του χρώματός τους. Μετρήθηκαν οι παράμετροι του χρώματος σε 5 φύλλα από κάθε φυτό και υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων για κάθε φυτό. Η μέτρηση γινόταν σε εξωτερικά φύλλα σε σημείο δίπλα στο κεντρικό νεύρο. Από τα υπόλοιπα 5 φυτά το ένα ζυγίστηκε, αφού αφαιρέθηκαν τα μη εμπορεύσιμα φύλλα του, τοποθετήθηκε σε πλαστική συσκευασία και μεταφέρθηκε σε θερμοκρασία συντήρησης. Τα άλλα 4 φυτά ζυγίστηκαν αφού μετρήθηκαν και αφαιρέθηκαν τα μη εμπορεύσιμα φύλλα τους. Ύστερα μετρήθηκαν τα εμπορεύσιμα φύλλα και διαχωρίστηκαν σε εξωτερικά, μεσαία και εσωτερικά. Τοποθετήθηκαν σε αλουμινόχαρτο, που προηγουμένως είχε ζυγιστεί και έφερε ετικέτα με πληροφορίες σχετικά με την ποικιλία, το υπόστρωμα και τη θέση του φυτού, και ζυγίστηκαν. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον βλαστίο (κοτσάνι). Εν συνεχεία τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρια όπου ξηράθηκαν στους 72 °C έως ότου σταθεροποιήθηκε το βάρος τους και έχασαν όλη την υγρασία τους. Το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για την πλήρη ξήρανση των φυτών ήταν περίπου μια εβδομάδα.

Την ίδια μέρα της συγκομιδής του υπέργειου τμήματος του φυτού έγινε και εξαγωγή των ριζών, οι οποίες αφού ξεπλύθηκαν καλά και στεγνώσαν, ζυγίστηκαν και πέρασαν στην διαδικασία ξήρανσης όπως και το υπέργειο τμήμα.

Τα δείγματα ζυγίστηκαν αμέσως μετά την εξαγωγή τους από τα ξηραντήρια.

Το πείραμα ακολούθησε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και η στατιστικότητα των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD).

Η ανάλυση έγινε με την βοήθεια του προγράμματος STATGRAPHICS 2.1.



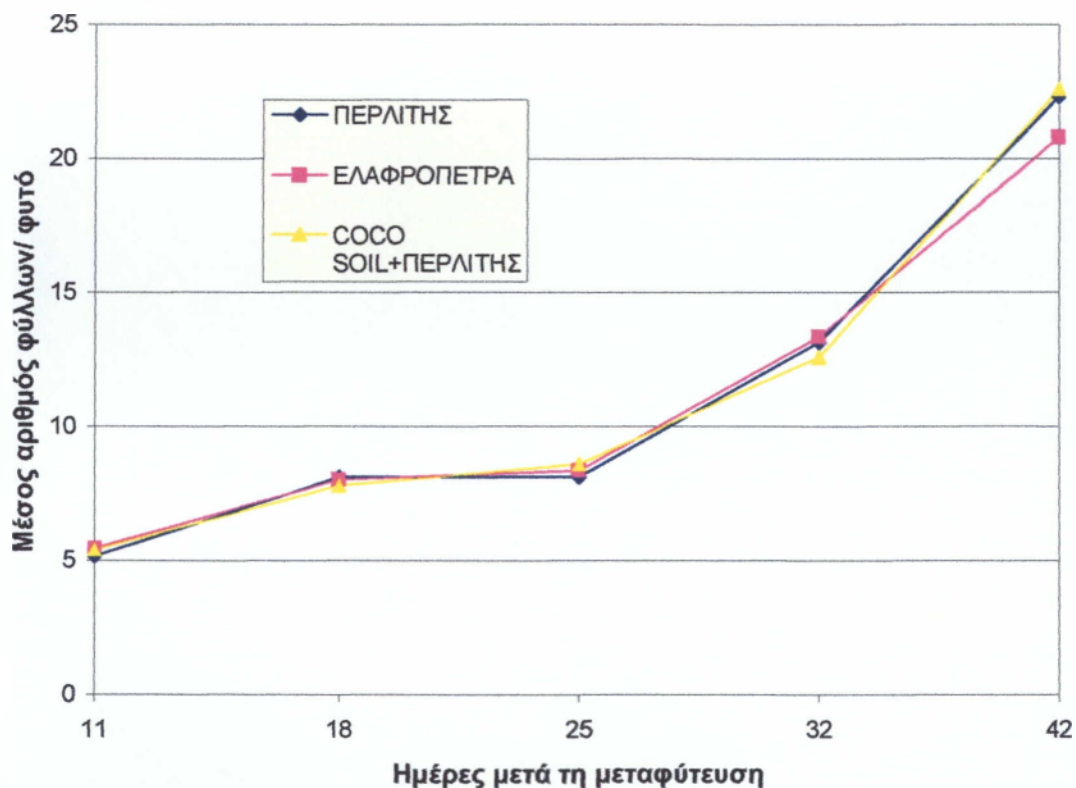
ΕΙΚΟΝΑ 4.5: Μέτρηση νωπού βάρους.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Οι πρώτες παρατηρήσεις αφορούσαν το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών, ο οποίος προκύπτει από τη μεταβολή του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Μέτρηση φύλλων πραγματοποιήθηκε 11, 18, 25 και 32 ημέρες μετά τη μεταφύτευση των φυτών στη τελική τους θέση. Η τελευταία μέτρηση έγινε κατά τη συγκομιδή 42 και 45 μετά τη μεταφύτευση στην τελική θέση για τη Paris Island και την Great Lakes αντίστοιχα.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η μεταβολή του αριθμού των φύλλων για την ποικιλία Paris Island κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.



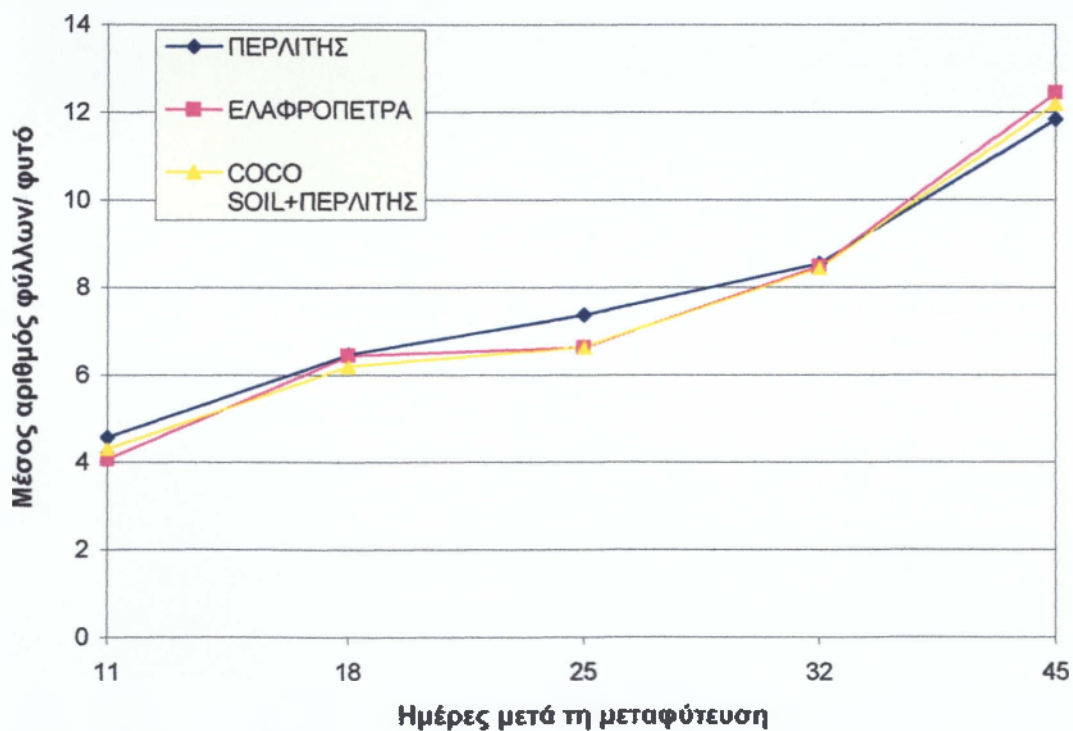
ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Μεταβολή του μέσου αριθμού φύλλων για την ποικιλία Paris Island κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Πίνακας 5.1: Μέσος αριθμός φύλλων της ποικιλίας Paris Island.

| ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ | ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ | | | | |
|--------------------|----------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | 11 | 18 | 25 | 32 | 42 |
| ΠΕΡΛΙΤΗΣ | 5,16a | 8,10a | 8,12a | 13,14a | 22,30a |
| ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ | 5,16a | 8,04a | 8,34a | 13,32a | 20,80a |
| COCO SOIL+ΠΕΡΛΙΤΗΣ | 5,16a | 7,80a | 8,58a | 12,58a | 22,55a |
| Ε.Σ.Δ. | 1,38 | 1,44 | 1,10 | 2,68 | 3,88 |

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

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται, με βάση τη στατιστική ανάλυση που έγινε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD), ότι οι τιμές του αριθμού των φύλλων της ποικιλίας Paris Island, για τις 3 επεμβάσεις, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.



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

Πίνακας 5.2: Μέσος αριθμός φύλλων της ποικιλίας Great Lakes.

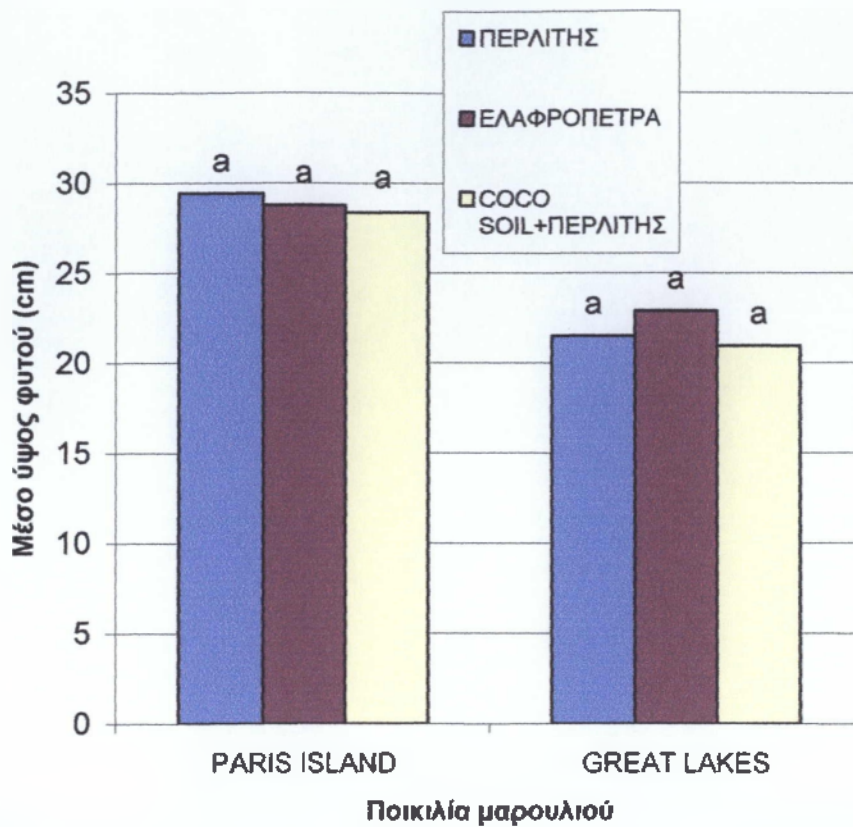
| ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ | ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ | | | | |
|--------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | 11 | 18 | 25 | 32 | 45 |
| ΠΕΡΛΙΤΗΣ | 4,56a | 6,46a | 7,36a | 8,54a | 11,85a |
| ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ | 4,06a | 6,44a | 6,62a | 8,48a | 12,45a |
| COCO SOIL+ΠΕΡΛΙΤΗΣ | 4,30a | 6,20a | 6,64a | 8,44a | 12,20a |
| Ε.Σ.Δ. | 0,69 | 1,25 | 1,18 | 1,34 | 1,87 |

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

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται, με βάση τη στατιστική ανάλυση που έγινε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD), ότι οι τιμές του αριθμού των φύλλων της ποικιλίας Great Lakes, για τις 3 επεμβάσεις, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΨΟΥΣ

Η μέτρηση ύψους έγινε πριν τη συγκομιδή των φυτών. Μετρήθηκαν τα ύψη των φυτών κάθε καναλιού και υπολογίστηκε ο μέσος όρος ύψους των φυτών ανά κανάλι. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα αποτελέσματα.



ΕΙΚΟΝΑ 5.3: Μέσο ύψος φυτών των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes την ημέρα της συγκομιδής.

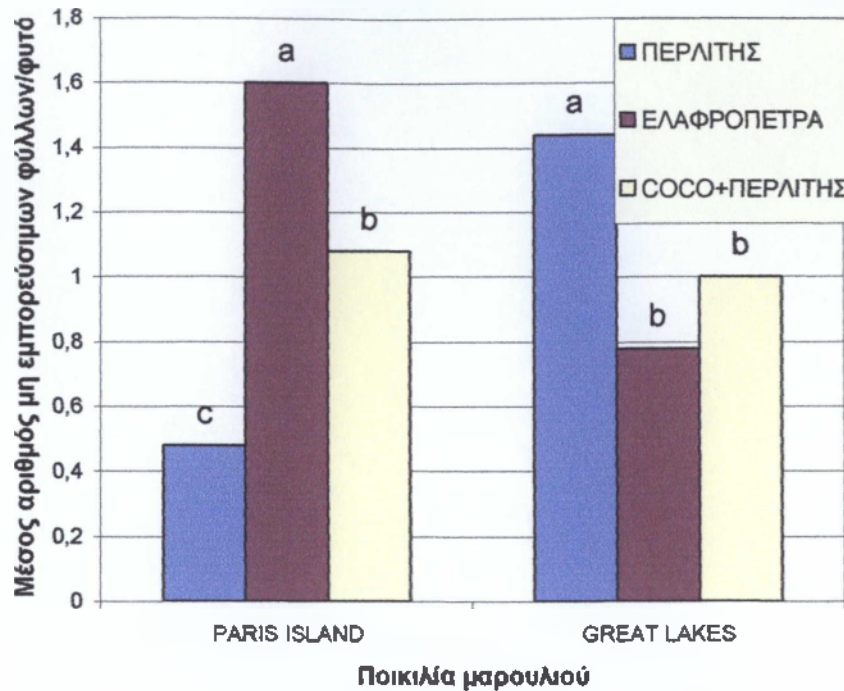
Τα λατινικά γράμματα αφορούν στη σύγκριση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο επάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 1,95cm, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 2,03 cm) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται, με βάση τη στατιστική ανάλυση που έγινε με το κριτήριο LSD, ότι το ύψος των φυτών δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ για τις 3 επεμβάσεις (Περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτης).

5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Τα μη εμπορεύσιμα φύλλα μετρήθηκαν μετά την συγκομιδή των φυτών, αφού αφαιρέθηκαν.

Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



ΕΙΚΟΝΑ 5.4: Μέσος αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων στις ποικιλίες Paris Island και Great Lakes.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο επάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 0,42, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 0,23) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από την παραπάνω εικόνα συμπεραίνουμε, βάση της στατιστικής ανάλυσης που έγινε με με το κριτήριο LSD, παρατηρούμε τα παρακάτω:

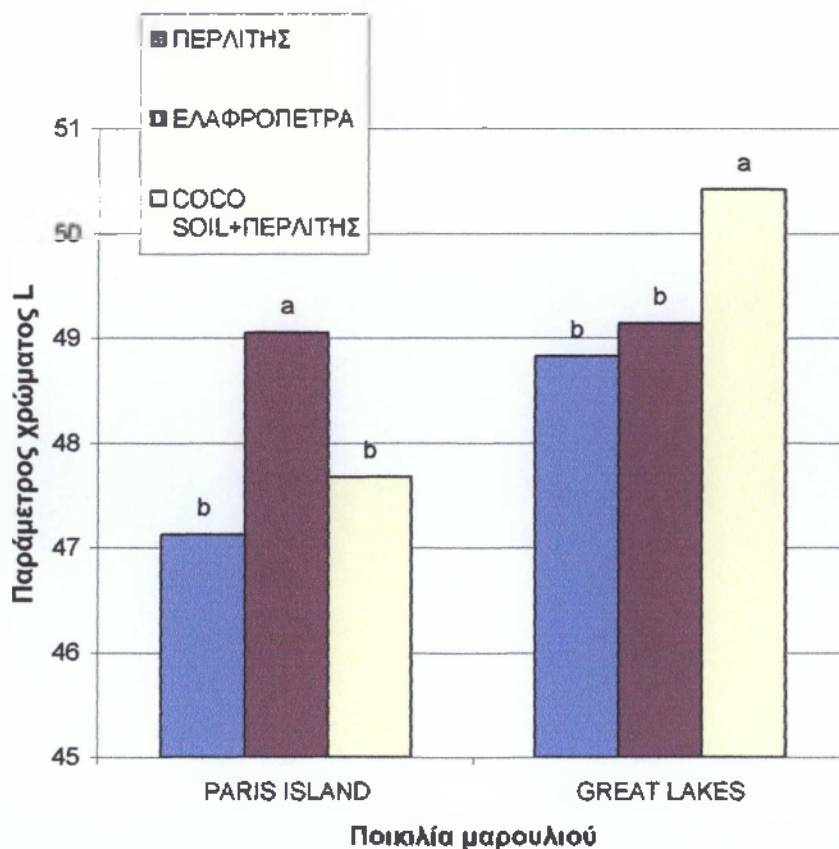
- Στην ποικιλία Paris Island ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του περλίτη διαφέρει στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη. Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά υπάρχει και ανάμεσα στα υποστρώματα cocosoil-περλίτη και ελαφρόπετρα. Τα λιγότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρήθηκαν στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στον περλίτη και τα περισσότερα στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στην ελαφρόπετρα.
- Στην ποικιλία Great Lakes ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του περλίτη διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων στα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υποστρώματα της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη. Στατιστικά σημαντική διαφορά δεν υπάρχει ανάμεσα στα υποστρώματα της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη. Τα

περισσότερα μη εμπορεύσιμα φύλλα παρατηρήθηκαν στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε περλίτη.

Πάντως και στις δύο ποικιλίες ανεξάρτητα από το υπόστρωμα στο οποίο καλλιεργήθηκαν, ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων ήταν μικρός.

5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος πραγματοποιήθηκε τη μέρα της συγκομιδής των φυτών με χρωματόμετρο Minolta CR-300. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.



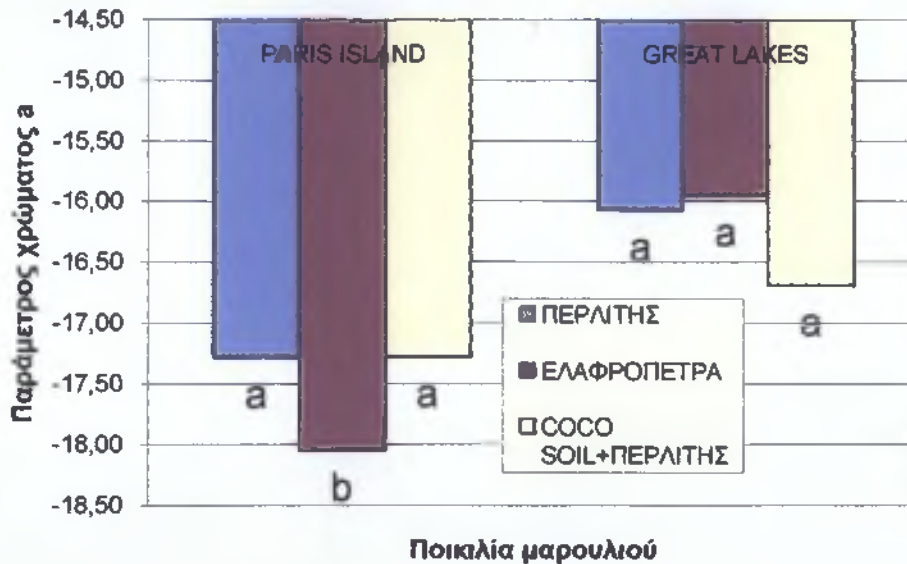
ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Παράμετρος χρώματος L. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο επάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ= 1,12, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 1,16) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στην ποικιλία Paris Island η τιμή της σταθεράς L παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας και των υποστρωμάτων περλίτη και cocosoil-περλίτη. Αντίθετα δεν παρουσιάστηκαν διαφορές ανάμεσα στο υπόστρωμα του

περλίτη και σε αυτό του cocosoil-περλίτη. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο L είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας.

Στην ποικιλία Great Lakes παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για την σταθερά L ανάμεσα στο υπόστρωμα του cocosoil-περλίτη και στα άλλα δύο υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο L είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα του cocosoil-περλίτη

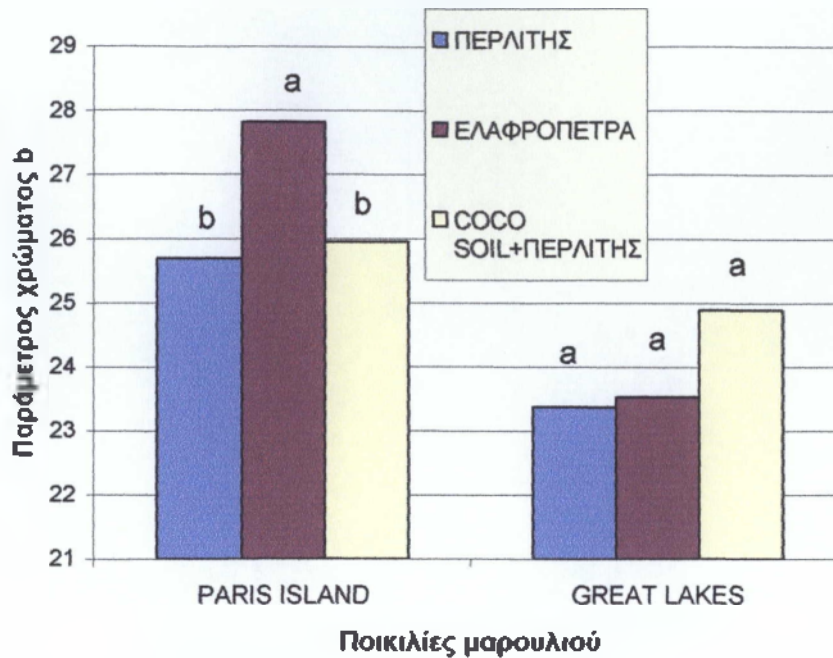


ΕΙΚΟΝΑ 5.6: Παράμετρος χρώματος a. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο κάτω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 0,68, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 0,75) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Για την ποικιλία Paris Island η τιμή της σταθεράς a παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας και των υποστρωμάτων περλίτη και cocosoil-περλίτη. Τη μικρότερη τιμή για την παράμετρο a είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας.

Στην ποικιλία Great Lakes η τιμή της σταθεράς του χρώματος a των φυτών που αναπτύχθηκαν στα τρία υποστρώματα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.



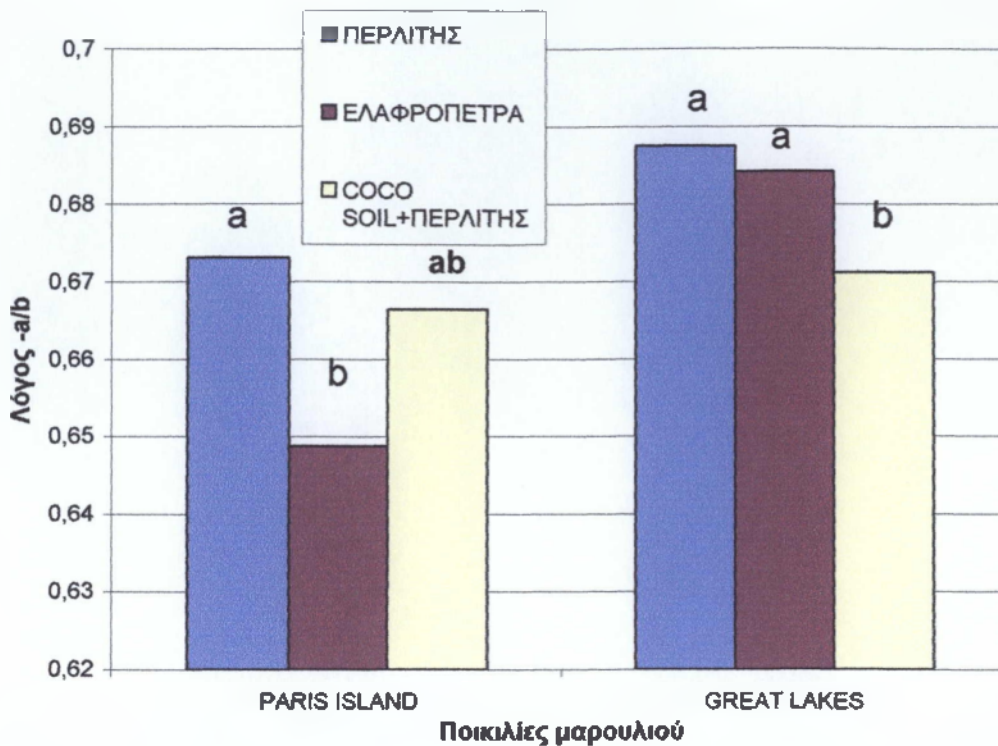
ΕΙΚΟΝΑ 5.7: Παράμετρος χρώματος b. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 0,68, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 0,75) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Για την ποικιλία Paris Island τιμή της σταθεράς b παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο υποστρώμα της ελαφρόπετρας και των υποστρωμάτων περλίτη και cocosoil-περλίτη. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο b είχαν τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας.

Στην ποικιλία Great Lakes η τιμή της σταθεράς του χρώματος b των φυτών που αναπτύχθηκαν στα τρία υποστρώματα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

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



ΕΙΚΟΝΑ 5.8: Ο λόγος $-a/b$ στα φύλλα των φυτών. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 0,019, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 0,013) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

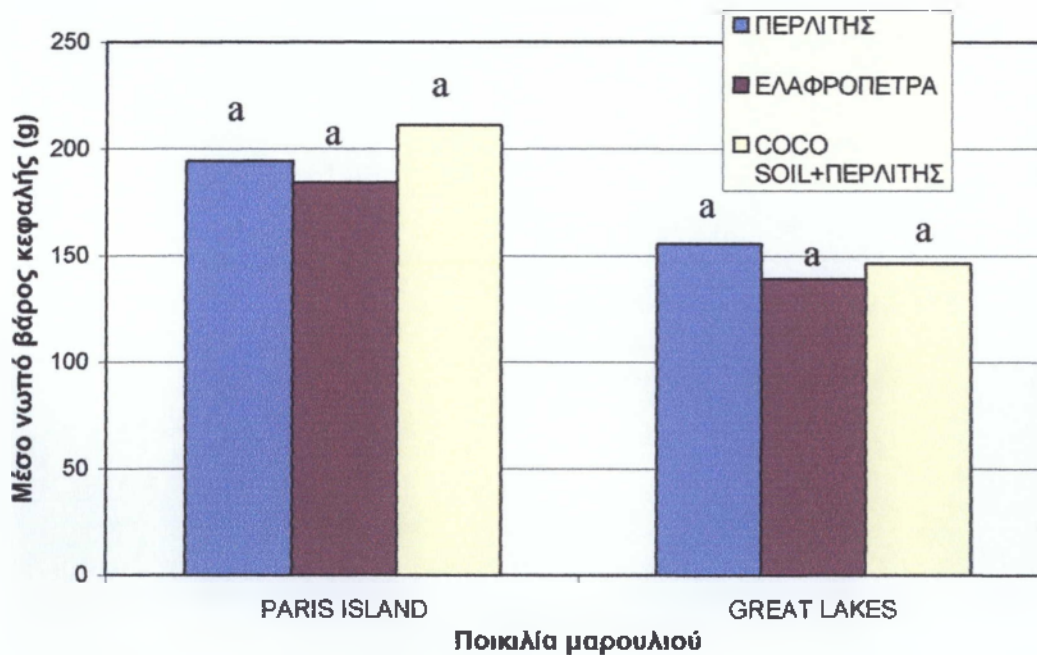
Από την παραπάνω εικόνα φαίνονται τα εξής:

- Στην ποικιλία Paris Island ο λόγος $-a/b$ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα perlite διέφερε στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$, από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας. Επίσης ο λόγος $-a/b$ που αφορούσε φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα cocosoil-perlite δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα άλλα δύο υποστρώματα. Τα υψηλότερα επίπεδα του λόγου $-a/b$ παρατηρήθηκαν στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα perlite και τα μικρότερα στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας.
- Στην ποικιλία Great Lakes ο λόγος $-a/b$ στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα cocosoil-perlite διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ από τα άλλα δύο υποστρώματα. Διαφορές στατιστικά σημαντικές δεν παρατηρήθηκαν ανάμεσα στα υποστρώματα του perlite και της ελαφρόπετρας. Τα χαμηλότερα επίπεδα

του λόγου $-a/b$ παρατηρήθηκαν στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα cocosoil-περλίτη.

5.5 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Κατά τη συγκομιδή έγινε μέτρηση του νωπού βάρους των φυτών αφού πρώτα είχαν αφαιρεθεί τα μη εμπορεύσιμα φύλλα τους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



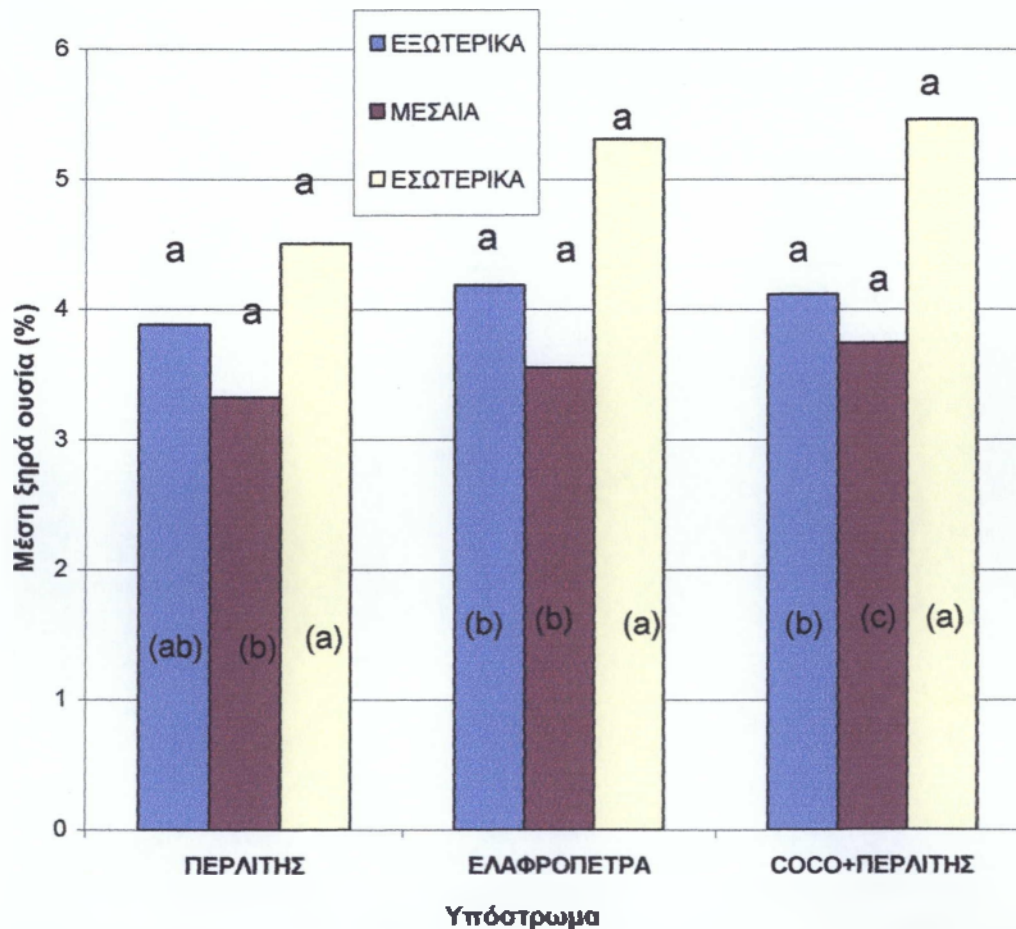
ΕΙΚΟΝΑ 5.9: Νωπό βάρος ανά φυτό. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.= 52,02, Great Lakes Ε.Σ.Δ.= 38,43) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται, με βάση τη στατιστική ανάλυση που έγινε στις τιμές του νωπού βάρους με το κριτήριο LSD, ότι το νωπό βάρος των φυτών και των δύο ποικιλιών δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά για τις 3 επεμβάσεις (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτης) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

5.6 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ

Μετά την ξήρανση των δειγμάτων υπολογίστηκε το ποσοστό της ξηράς ουσίας των εξωτερικών, μεσαίων και εσωτερικών φύλλων. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τις στατιστικής ανάλυσης που αφορούν την περιεχόμενη ξηρά ουσία των ιστών του υπέργειου μέρους.



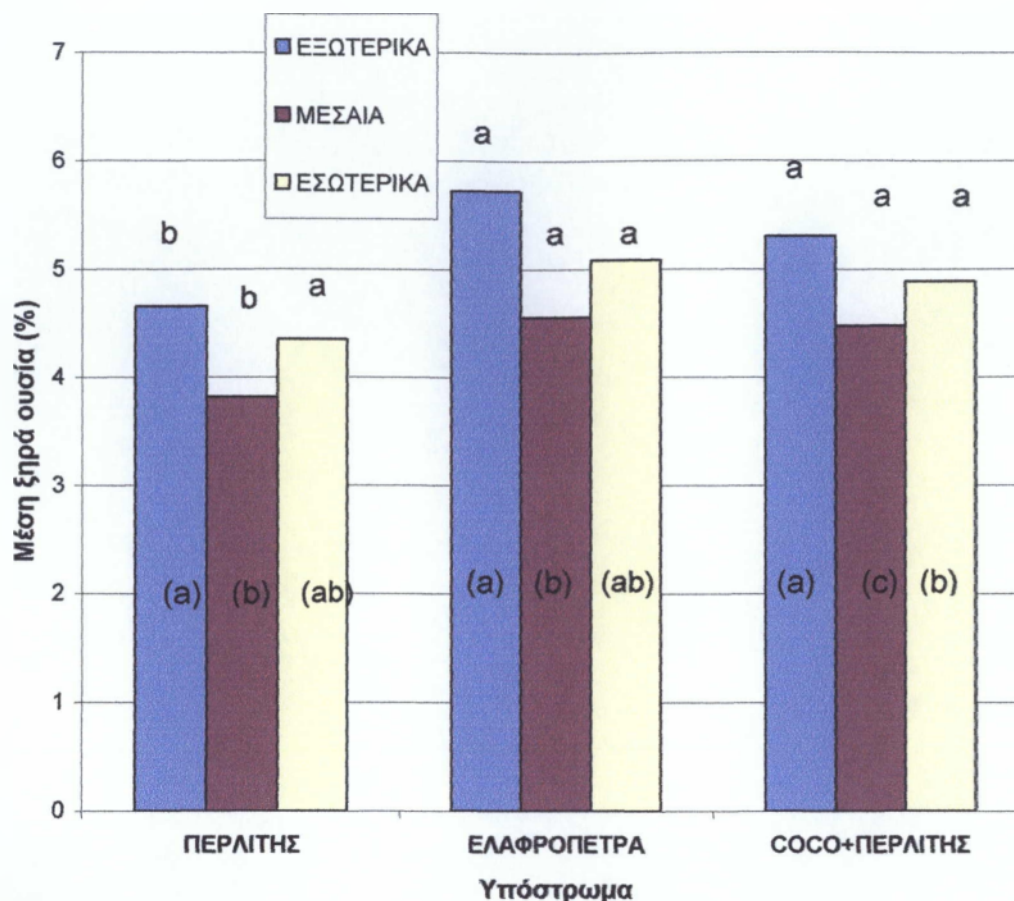
ΕΙΚΟΝΑ 5.10: Ξηρά ουσία (%) των ιστών των φύλλων της ποικιλίας Paris Island.

Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των υποστρωμάτων. Ράβδοι με το ίδιο χρώμα που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα στο πάνω μέρος δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Εξωτερικά φύλλα $E\sigma\Delta=0,44$, Μεσαία φύλλα $E\sigma\Delta=0,83$, Εσωτερικά φύλλα $E\sigma\Delta=0,87$) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ως προς τις τρεις επεμβάσεις (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτης).

Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά, μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Ράβδοι που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Περλίτης $E\sigma\Delta=0,33$, Ελαφρόπετρα $E\sigma\Delta=0,93$, Cocosoil-περλίτης $E\sigma\Delta=0,29$) 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 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στα τρία υποστρώματα για τους ιστούς του φυτού που βρίσκονται στην ίδια θέση.
 - ❖ Στο υπόστρωμα του περλίτη παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων και στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας περιείχαν τα εσωτερικά φύλλα και το μικρότερο ποσοστό τα μεσαία φύλλα χωρίς να υπολείπονται στατιστικά σημαντικά των εξωτερικών φύλλων.
 - ❖ Στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων και στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εξωτερικών και μεσαίων φύλλων. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εσωτερικά φύλλα.
 - ❖ Στο υπόστρωμα του cocosoil-περλίτη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εξωτερικών, μεσαίων και εσωτερικών φύλλων. Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία είχαν τα εσωτερικά φύλλα και την μικρότερη είχαν τα μεσαία φύλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 5.11: Ξηρα ουσία (%) των ιστών των φύλλων της ποικιλίας Great Lakes.

Τα λατινικά γράμματα εκτός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των υποστρωμάτων. Ράβδοι με το ίδιο χρώμα που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα στο πάνω μέρος δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Εξωτερικά ΕΣΔ=0,66, Μεσαία ΕΣΔ=0,53, Εσωτερικά ΕΣΔ=0,84) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ως προς τις τρεις επεμβάσεις (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil-περλίτης).

Τα λατινικά γράμματα εντός παρενθέσεων αφορούν στη σύγκριση των διαφορετικών θέσεων των φύλλων (εξωτερικά, μεσαία, εσωτερικά) για το ίδιο υπόστρωμα. Ράβδοι που φέρουν το ίδιο λατινικό γράμμα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Περλίτης ΕΣΔ=0,54, Ελαφρόπετρα ΕΣΔ=0,86, Cocosoil-περλίτης ΕΣΔ=0,29) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ για τις τρεις διαφορετικές θέσεις των φύλλων, για το ίδιο υπόστρωμα.

Από τη μελέτη της παραπάνω εικόνας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

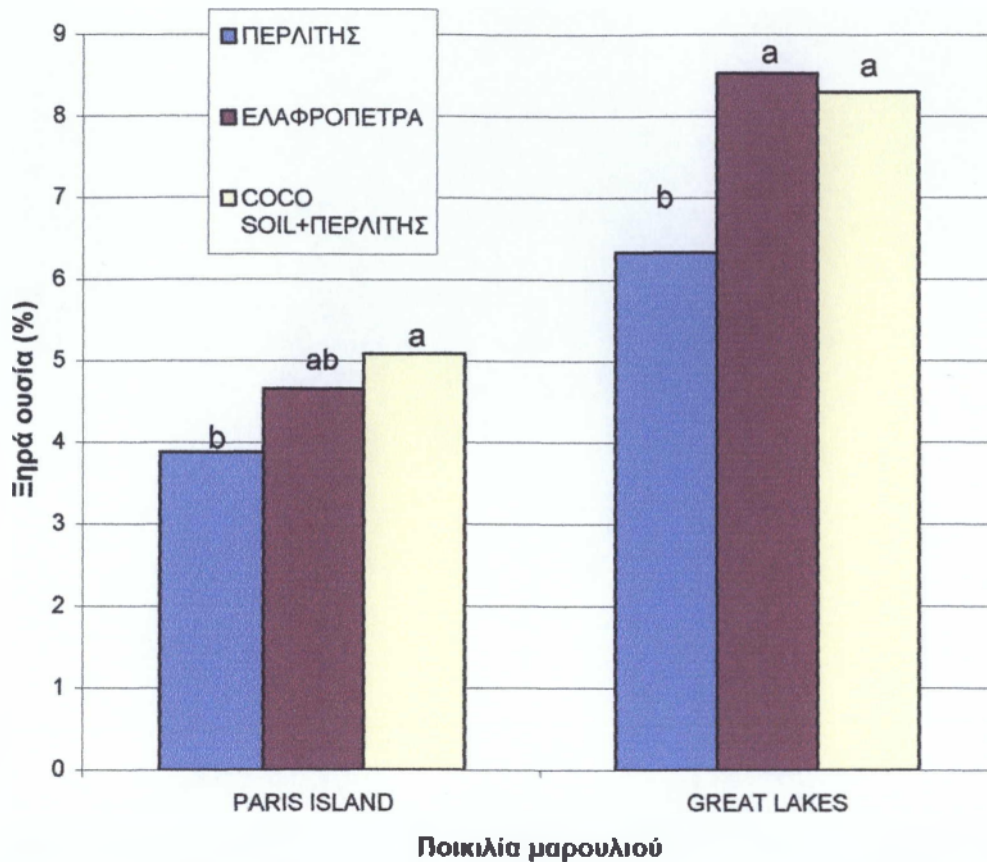
- Στην ποικιλία Great Lakes, βάση της στατιστικής ανάλυσης σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$, παρατηρούνται διαφορές στα εξωτερικά φύλλα ανάμεσα στο υπόστρωμα του περλίτη και στα άλλα δύο υποστρώματα. Η μικρότερη τιμή παρατηρείται στο υπόστρωμα του περλίτη. Το ίδιο παρατηρείται και στα μεσαία φύλλα. Αντίθετα δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές όσο αφορά

το ποσοστό της ξηράς ουσίας των εσωτερικών φύλλων ανάμεσα στα τρία υποστρώματα.

- ❖ Στο υπόστρωμα του περλίτη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εξωτερικών και μεσαίων φύλλων. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά φύλλα και η μικρότερη στα μεσαία φύλλα.
- ❖ Στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των εξωτερικών και μεσαίων φύλλων. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά φύλλα και η μικρότερη στα μεσαία φύλλα.
- ❖ Στο υπόστρωμα cocosoil-περλίτη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ ανάμεσα στα εξωτερικά, στα μεσαία και τα εσωτερικά φύλλα. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά φύλλα και η μικρότερη στα μεσαία φύλλα.

5.7 ΠΟΣΟΣΤΟ ΞΗΡΑΣ ΟΥΣΙΑΣ ΒΛΑΣΤΩΝ

Η ξηρά ουσία των βλαστών υπολογίστηκε ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με αυτή που ακολουθήθηκε στον υπολογισμό της ξηράς ουσίας των υπολοίπων ιστών. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



ΕΙΚΟΝΑ 5.12: Μέση περιεκτικότητα (%) των βλαστών σε ξηρά ουσία. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.=0,84, Great Lakes Ε.Σ.Δ.=1,41) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

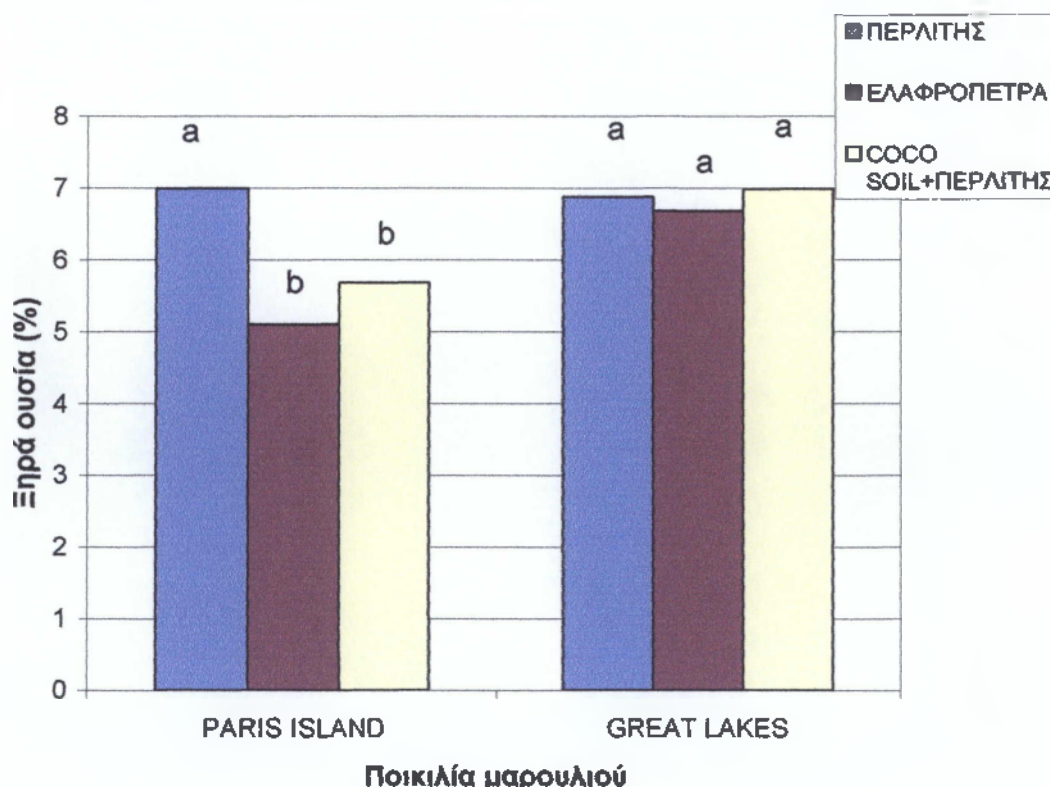
Από την στατιστική ανάλυση των τιμών του ποσοστού της ξηράς ουσίας, βάση της μεθόδου LSD και σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Στην ποικιλία Paris Island υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα υποστρώματα του perlite και του cocosoil-perlite, ενώ τα αποτελέσματα που αφορούσαν το υπόστρωμα της ελαφρόπετρας δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τα αποτελέσματα που αφορούσαν τα άλλα δύο υποστρώματα. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στους βλαστούς των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα cocosoil-perlite και η μικρότερη στους βλαστούς των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα perlite.
- Στην ποικιλία Great Lakes υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στον perlite και στα άλλα δύο

υποστρώματα. Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των υποστρωμάτων της ελαφρόπετρας και του cocosoil-περλίτη. Η μικρότερη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στους βλαστούς των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα περλίτη.

5.8 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΡΙΖΩΝ

Μετά την συγκομιδή και επεξεργασία των δειγμάτων του υπέργειου μέρους των φυτών, υπολογίστηκε με τον ίδιο τρόπο το ποσοστό της ξηράς ουσίας των ριζών. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στην παρακάτω εικόνα.



ΕΙΚΟΝΑ 5.13: Μέση περιεκτικότητα (%) ριζών σε ξηρά ουσία. Οι συγκρίσεις αφορούν την επίδραση του υποστρώματος σε κάθε ποικιλία χωριστά.

Τα λατινικά γράμματα αφορούν στην επίδραση των υποστρωμάτων για κάθε ποικιλία χωριστά. Ράβδοι που φέρουν στο πάνω μέρος το ίδιο λατινικό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Paris Island Ε.Σ.Δ.=0,59, Great Lakes Ε.Σ.Δ.=0,41) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από την στατιστική ανάλυση των τιμών του ποσοστού της ξηράς ουσίας σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$ παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Στην ποικιλία Paris Island υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην περιεχόμενη ξηρά ουσία των ριζών ανάμεσα στο υπόστρωμα περλίτη και στα άλλα δύο υποστρώματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης ξηράς ουσίας στη ρίζα παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα περλίτη.
- Στην ποικιλία Great Lakes δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την % περιεχόμενη ξηρά ουσία των ριζών ανάμεσα στα τρία υποστρώματα.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα όπου μεγάλο μέρος του πληθυσμού ασχολείται με την γεωργία, η απόδοση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων δεν κρίνεται 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 παράγωγη 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.

Η επίδραση των τριών υποστρωμάτων δεν ήταν η ίδια και για τις δύο ποικιλίες που μελετήθηκαν, ιδιαίτερα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών δεν διέφερε ανάμεσα στα τρία υποστρώματα όσον αφορά τις δύο ποικιλίες (εικόνα 5.1 και εικόνα 5.2). Ωστόσο φαίνεται ότι ο ρυθμός εμφάνισης φύλλων ήταν μεγαλύτερος από την 11^η ως την 18^η μέρα μετά την μεταφύτευση και από την 25^η ως την μέρα της συγκομιδής. Ο μικρός ρυθμός εμφάνισης φύλλων κατά το διάστημα από την 18^η ως την 25^η μέρα μετά την μεταφύτευση ίσως να οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούσαν κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ποικιλία Paris Island παρουσίασε μεγαλύτερο αριθμό φύλλων αποτέλεσμα που δεν συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (1999). Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το πείραμα των Siomos *et al.* έλαβε χώρα σε διαφορετικές συνθήκες (Δεκέμβριος-Θεσσαλονίκη) και η συγκομιδή έγινε στις 123 ημέρες από την μεταφύτευση.

Όσο αφορά το ύψος των φυτών δεν βρέθηκε σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων, τόσο στην ποικιλία Paris Island όσο και στην ποικιλία Great Lakes (εικόνα 5.3). Τα φυτά της ποικιλίας Paris Island

παρουσίασαν μεγαλύτερα ύψη από τα φυτά της ποικιλίας Great Lakes, κάτι αναμενόμενο αφού τα φύλλα στην ποικιλία Great Lakes συστρέφονται για να σχηματίσουν κεφαλή.

Η επίδραση των υποστρωμάτων στον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων ήταν διαφορετική ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. 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 5.4). 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 (L που εκφράζει φωτεινότητα, a που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το πράσινο(-) έως το κόκκινο(+), b που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το μπλε(-) έως το κίτρινο(+) χρώμα). Για την ποικιλία Paris Island περισσότερο φωτεινό χρώμα είχαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας (εικόνα 5.5). Περισσότερο πράσινο χρώμα είχαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας (εικόνα 5.6). Η τιμή της παραμέτρου b ήταν μεγαλύτερη στα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα της ελαφρόπετρας (εικόνα 5.7). 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 φυτά που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα cocosoil-περλίτη (εικόνα 5.6). Όσο αφορά τις παραμέτρους a και b δεν φάνηκε να υπάρχει σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων (εικόνα 5.6 και εικόνα 5.7).

Ο λόγος $-a/b$ ήταν υψηλότερος και για τις δύο ποικιλίες στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη, μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι το υπόστρωμα περλίτη σχετίζεται θετικά με την συγκέντρωση χλωροφύλλης και την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών (Gold and Weckel 1959).

Όσο αφορά την απόδοση της καλλιέργειας (νωπό βάρος κεφαλής) δεν φάνηκε να υπάρχει σημαντική επίδραση των υποστρωμάτων και στις δύο ποικιλίες. Τα φυτά της ποικιλίας Paris Island είχαν μεγαλύτερο βάρος από τα φυτά της ποικιλίας Great Lakes (εικόνα 5.9). Αποτέλεσμα που συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (1999).

Διαφορές, όσο αφορά το ποσοστό της ξηράς ουσίας των ιστών της ποικιλίας Paris Island ανάμεσα στα τρία υποστρώματα δεν παρατηρήθηκαν (εικόνα 5.10), αποτέλεσμα που συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (1999). Αντίθετα, στην ποικιλία Great Lakes παρουσιάστηκαν διαφορές στην περιεχόμενη ξηρά ουσία ανάμεσα στον περλίτη και τα άλλα δύο υποστρώματα στα εξωτερικά και μεσαία φύλλα (εικόνα 5.11). Πιο συγκεκριμένα μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά και μεσαία φύλλα των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε ελαφρόπετρα και cocosoil-περλίτη. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι για την ποικιλία Great Lakes ο περλίτης επηρέασε την ποσότητα του νερού που απορροφούσε το φυτό. Δηλαδή είχαμε μεγαλύτερη απορρόφηση νερού από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη (περισσότερο διαθέσιμο νερό στο υπόστρωμα).

Διαφορές, όσο αφορά το ποσοστό της ξηράς ουσίας των εξωτερικών, των μεσαίων και των εσωτερικών φύλλων παρατηρήθηκαν και στις δύο ποικιλίες. Στην ποικιλία Paris Island το μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εσωτερικά φύλλα (εικόνα 5.10) αποτέλεσμα που συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (1999). Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι τα εσωτερικά φύλλα είναι τα μικρότερης ηλικίας. Στην ποικιλία Great Lakes το μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας παρατηρήθηκε στα εξωτερικά φύλλα (εικόνα 5.11). Το αποτέλεσμα αυτό δεν συμφωνεί με τους Siomos *et al.* (1999) που υπολόγισαν την ξηρά ουσία σε τύπο μαρουλιού Crisphead (ποικιλία C/S L16). Αυτή η διαφορά ίσως να εξηγείται από τον διαφορετικό χρόνο συγκομιδής (123 ημέρες από την μεταφύτευση και για τις δύο ποικιλίες).

Αναφορικά με την ξηρά ουσία των βλαστών παρατηρήθηκε και στις δύο ποικιλίες ότι το μικρότερο ποσοστό ξηράς ουσίας είχαν οι βλαστοί των φυτών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα του περλίτη (εικόνα 5.12). Αυτό σημαίνει πως το υπόστρωμα του περλίτη επηρεάζει αρνητικά την συσσώρευση των στοιχείων (άλατα, βιταμίνες, λίπη, κτλ.) που αποτελούν την ξηρά ουσία στο βλαστό ή ότι ευνοεί την πρόσληψη νερού από τα φυτά.

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας των ριζών της ποικιλίας Paris Island παρουσιάζει διαφορές ανάμεσα στο υπόστρωμα του περλίτη και των άλλων δύο υποστρωμάτων. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία παρουσιάζεται στις ρίζες των φυτών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη. Στην ποικιλία Great Lakes δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στην ξηρά ουσία των ριζών ανάμεσα στα τρία υποστρώματα.

Συνοπτικά η απόδοση και των δύο καλλιεργειών, για τα τρία υποστρώματα κρίνεται ικανοποιητική. Επομένως και τα τρία υποστρώματα θεωρούνται κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιών ποικιλίας Paris Island και Great Lakes.

Μαρούλια της ποικιλίας Paris Island που προορίζονται για αγορές που προτιμάται το ανοιχτό πράσινο χρώμα προτείνεται να καλλιεργούνται σε υπόστρωμα περλίτη ή cocosoil-περλίτη, αντίθετα μαρούλια της ποικιλίας Paris Island που προορίζονται για αγορές που προτιμάται το σκούρο πράσινο χρώμα προτείνεται το υπόστρωμα της ελαφρόπετρας. Μαρούλια της ποικιλίας Great Lakes που προορίζονται για αγορές που προτιμάται το ανοιχτό πράσινο χρώμα προτείνεται να καλλιεργούνται σε υπόστρωμα περλίτη ή ελαφρόπετρας, αντίθετα μαρούλια της ποικιλίας Great Lakes που προορίζονται για αγορές που προτιμάται το σκούρο πράσινο χρώμα προτείνεται να καλλιεργούνται σε υπόστρωμα cocosoil-περλίτη.

Όσο αφορά την περιεχόμενη ξηρά ουσία του φυτού για την ποικιλία Paris Island εξίσου καλά αποτελέσματα παρουσίασαν και τα τρία υποστρώματα, ενώ για την ποικιλία Great Lakes καλύτερα αποτελέσματα παρουσίασαν τα υποστρώματα ελαφρόπετρας και cocosoil-περλίτη.

Οι διαφορές των δύο ποικιλιών όσο αφορά την επίδραση του υποστρώματος υποδηλώνουν πιθανή διαφορετική συμπεριφορά των φυτών που συνδέεται με τις ιδιαιτερότητες των δύο ποικιλιών.

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

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Benton J. and Jones J., 2000.** A practical Guide for the Soilless Grower. Edition Boca Raton, Florida: 23-26
- Boodley J.W. and Sheldrake R., 1972.** Cornell Peat-Life. Mixes for commercial plant growing. New York State. College of Agriculturae and Life Sciences. Cornell Univercity, Plant Sciences Information Bulletin 43: 8.
- Boodt M., Verdonck O., Vleeschauwer D., 1989.** Argex, a valuable growing medium for plants. Acta Horticulturae 126: 65-68.
- Bunt A.C., 1988.** Media and mixes for container growth plants. Edition Unwin Hyman, London.
- Ciufolini C., 1986.** Λαχανοκομία Κηπευτική Γενική και Ειδική. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.
- Dunkun C., H. Li, Dykhuizen R., Frazer R., Johnston P., MacKnight G., Smith L., Lamza K., McKenzie H., Batt L., Kelly D., Golden M., Benjamin N. and Leifert C., 1997.** Protection oral and gastrointestinal diseases: importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. Comp. Biochem. Physiol., 118A (4): 939-948.
- Gold H. J., and Weckel K. G., 1959.** Degradation in chlorophyll to pheophytin during sterilization of canned green peas by heat. Food Technology, 13: 281-286
- Howard M., Resh. Ph. D., 1995.** Hydroponic Food Production. Edition Woodridge, London: 193-210, 304-322, 471-474.
- Lipton, W.J., 1987.** Senescence of leafy vegetable. HortScience 22: 854-859
- Nonnecke L. I., 1989.** Vegetable production. Edition Van Nostrand Reinhold (AVI), New York: 450-466.
- Osvald G., 1998.** Journal of plant physiology 152 (4/5): 387-391.
- Salunke D.K., Bolin H.R. and Reddy N.R., 1991.** Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Edition CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Salunkhe D.K. and Kadam S.S., 1998.** Handbook of Vegetable Science and Technology (production, composition, storage and processing). Edition: Marcel Dekker, Inc., New York: 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. and Dogras C. C., 1999.** Nitrates in vegetables produced in Greece. Journal of Vegetable Crop Production, 5: 3-13.
- Siomos A. S., 2000.** Nitrate levels in lettuce at three times during a diurnal period. Journal of Vegetable Crop production, 6(2): 37-42

Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 1999. Aerial biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace.

Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 1999. Quality and composition of lettuce grown in soil and soilless culture. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace.

Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P., Kaberidou I., 1999. Quality of lettuce (cv. Paris Island) grown in soil and soilless culture. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace.

Siomos A.S., Papadopoulou P.P. and Dogras C.C., 1999. Quality of Romaine and Leaf Lettuce at Harvest and during Storage. Proceedings of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural Research Center of Macedonia and Thrace.

Smith L. D., 1997. Rochwool in Horticulturae. Edition Grower Books, London.

Soneveld C. and Straver N., 1994. Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.

Walls I. G., 1993. The Greenhouse. Edition Wardlock, London: 175-182, 188-202.

Wheeler E.F., 1994. Plant growth and nitrogen uptake. Asae paper No. 947506, USA.

Wilson G.C.S., 1983. The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. Acta Horticulturae 150: 19-32

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βασιλάκης Δ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Μπορούν να δώσουν λύσεις. Γεωργική Τεχνολογία 9: 65-68

Γαρεφαλάκη Ε., 1992. Παρασκευή και αξιολόγηση υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων με τη χρήση ελαφρόπετρας Νισύρου και υδροζελατίνης. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Ηρακλείου.

Δημητράκης Κ. Γ. 1983. Πρακτική Λαχανοκομία: 55-56 και 133-135.

Κανάκης Α., 1998. Λαχανοκομία IV. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.

Καραμπέτσος Ι., 2001. Φυσιολογία φυτών. Σημειώσεις, ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.

Κουσούρη Ε., 2004. Υδροπονική Καλλιέργεια Μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.

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. και Κεφάκη Μ., 1995. Υδροπονικές Καλλιέργειες. Γεωργία-Κτηνοτροφία 1: 10-16

Μανιός Β., 1993. Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. ΤΕΙ Ηρακλείου.

Μανιός Β., 1994. Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. ΤΕΙ Ηρακλείου.

Μανιός Β., 1997. Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γιαλί- Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών λαχανοκομικών καλλιεργειών. ΤΕΙ Ηρακλείου: 4-11 .

Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς: 80-111.

Οικονομακης Γ., 2002. Καλλιέργεια φράουλας με το σύστημα NFT. Υδροπονικές καλλιέργειες Ι. Εκδόσεις Ζεύς, Αθήνα: 72-74.

Ολύμπιος Χ., 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

Ολύμπιος Χ., 2001. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στο Θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα: 667-737.

Πετροπούλου Ι., 2003. Η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως στην αύξηση των φυτών μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.

Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Μπαρμπαγιάννης Ν., 1999. Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο.

Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Πέτκου Δ., 1999. Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο: 283-285.

Στεργίου Β., 2002. Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Αθήνα.

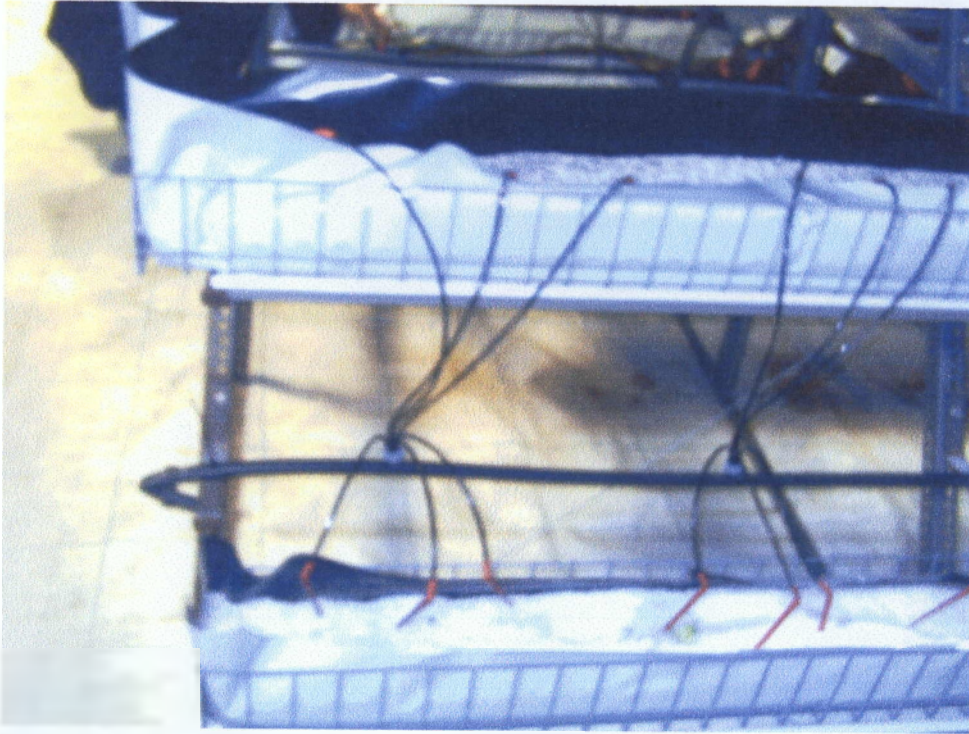
Χαρίτος Ν.Κ., 1989. Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. Γεωργική Τεχνολογία 4: 10-20

ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

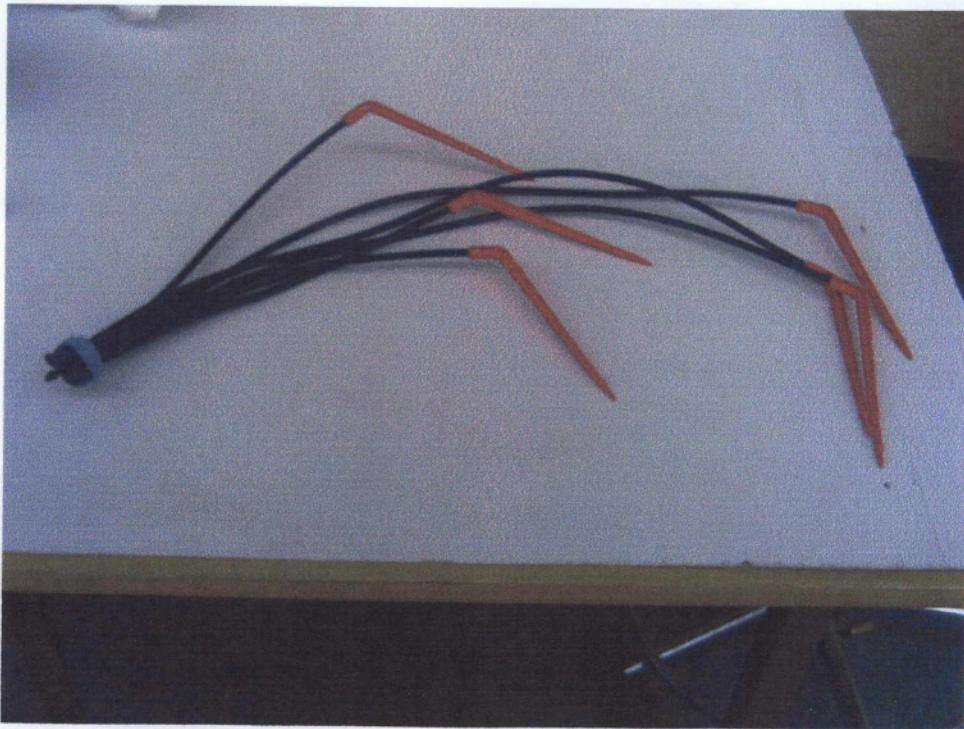
Albright, L.D., 1997. Controlled Environment Agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook/Lettuce%20Main.htm.

Morgan L., 2002. Hydroponic Production for Lettuces and Specialty Greens. www.mayhillpress.com/hydro.html.

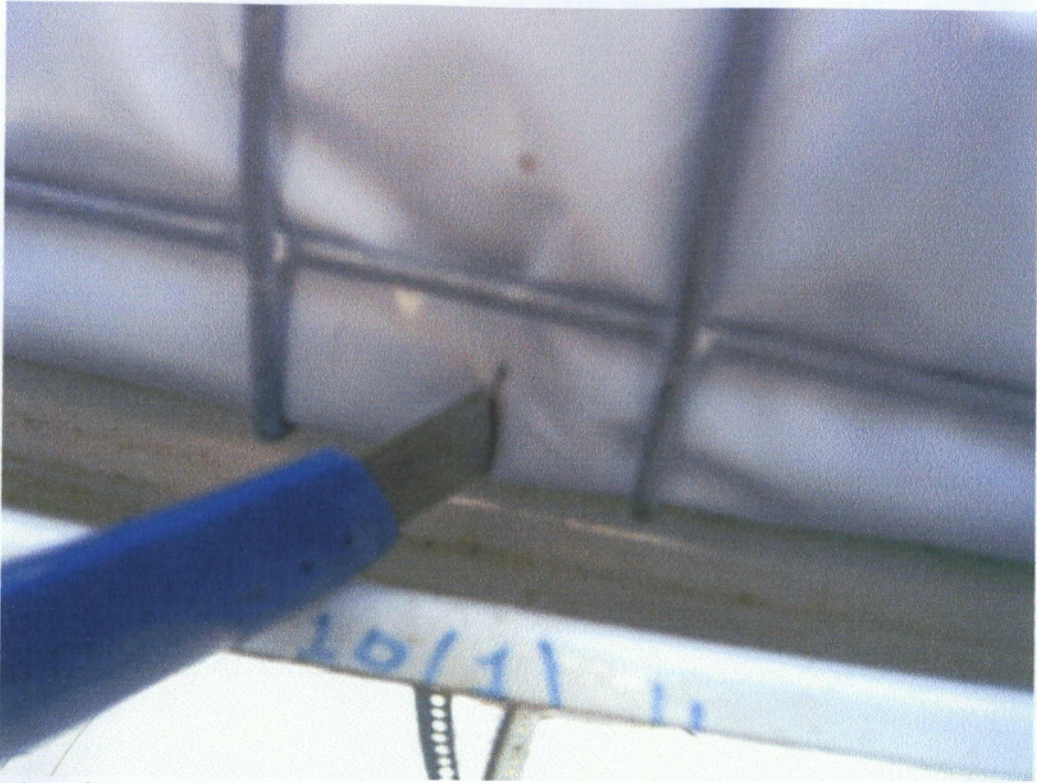
Valenzuela H., Kratky B., Cho J., 2003. Lettuce Production Guidelines for Hawaii. www.extento.hawaii.edu/kbase/reports/lettuce_prod.htm.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Εικόνα 1: Γέμισμα των σακων 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.



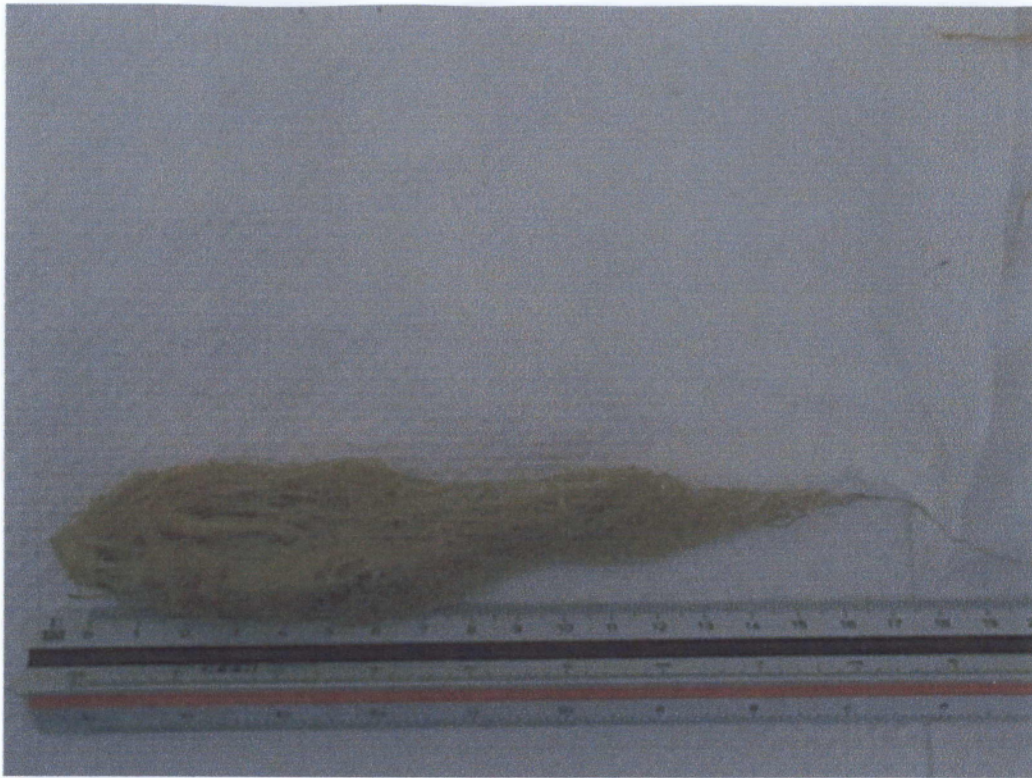
Εικόνα 18: Αφού ζυγίζοταν ολόκληρο το υπέργειο μέρος διαχωριζόταν σε εσωτερικά, μεσαία και εξωτερικά φύλλα.



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