

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Επίδραση του υποστρώματος και της πυκνότητας φύτευσης στην παραγωγή
μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) cv. Paris Island σε υδροπονική καλλιέργεια-
Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.

ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΑΚΟΣ

Καλαμάτα, 2011

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Επίδραση του υποστρώματος και της πυκνότητας φύτευσης στην παραγωγή
μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.) cv. Paris Island σε υδροπονική καλλιέργεια-
Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.

ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΑΚΟΣ

Επβλέποντες καθηγητές:

Δ. Καραμουσαντάς

Χ. Μουρούτογλου

Α. Αλεξόπουλος

Καλαμάτα, 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
1. ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ.....	3
1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	3
1.2. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	3
1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	4
1.4. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	4
1.5. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ.....	4
1.6. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	6
1.7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ.....	7
1.7.1. Αυτόματη σπορά καλυμμένων σπόρων σε κύβους εδάφους.....	7
1.7.2. Με το χέρι σπορά κανονικού σπόρου σε κύβους εδάφους.....	8
1.7.3. Σπορά καλυμμένων σπόρων σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ.....	8
1.7.4. Σπορά σε κιβώτια και μεταφύτευση σε κύβους εδάφους ή δίσκους.....	9
1.7.5. Σπορά σε κιβώτια, αλίες ή θερμοσπορεία και μεταφύτευση απευθείας στο έδαφος.....	9
1.7.6. Συνθήκες στο σπορείο.....	10
1.8. ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ.....	10
1.9. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	11
1.10. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ.....	11
1.11. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	12
1.12. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ – ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ.....	12
1.13. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	12
1.14. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	13
1.15. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ.....	13
2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	14
2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	14
2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	14
2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	15
2.4. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	16
2.5. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	17

2.5.1. Περλίτης.....	18
2.5.2. Ελαφρόπετρα.....	19
2.5.3. Cocosoil ή ίνες καρύδας.....	19
2.6. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	20
2.7. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	21
2.8. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	23
3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	26
3.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ- ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	26
3.2. ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	26
3.3. ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	26
3.4. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	27
4. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	29
4.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	29
4.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	30
5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	33
6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	34
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	34
6.2. ΣΠΟΡΑ.....	34
6.3. ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ.....	34
6.4. ΛΙΠΑΝΣΗ.....	35
6.5. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	37
6.6. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	37
6.7. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	37
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
7.1. ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ.....	39
7.2 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	40
7.3. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ.....	41
7.4. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	42
8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αυτή η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας, από το Νοέμβριο του 2008 έως και τον Απρίλιο του 2009. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκπόνηση της Πτυχιακής μου Μελέτης για την απόκτηση πτυχίου του τμήματος Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΑΤΕΙ Καλαμάτας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Α. Αλεξόπουλο, Δ. Καραμουσαντά, Χ. Μουρούτογλου και Α. Κώτσιρα, για την πολύτιμη βοήθεια τους, καθώς και τις συναδέλφους μου Λιβαθυνοπούλου Χριστίνα και Φραγκισκάκη Παρασκευή, για τη συμμετοχή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτή η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Καλαμάτας από το Νοέμβριο 2008 έως και τον Απρίλιο 2009. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης φυτών μαρουλιού σε υδροπονική καλλιέργεια. Για το λόγο αυτό καλλιεργήθηκαν φυτά μαρουλιού του τύπου κατσαρό κεφαλωτό και πιο συγκεκριμένα της ποικιλίας Paris Island. Η καλλιέργεια έγινε σε τρία διαφορετικά υποστρώματα (περλίτη, ελαφρόπετρα, περλίτη + cocosoil) και σε δύο διαφορετικές αποστάσεις φύτευσης (15, 20 cm).

Από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο περλίτης ευνοεί περισσότερο την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών αυτής της ποικιλίας και στις δύο αποστάσεις φύτευσης. Σε αυτό το υπόστρωμα η υψηλότερη παραγωγή επιτυγχάνεται όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20x 20 cm.

1. ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ

1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Το μαρούλι ανήκει στη μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια των φυτών, τα σύνθετα (Compositae). Το μαρούλι τύπου *Cos* πιστεύεται ότι έχει διαδοθεί από την Ελλάδα και το όνομα του τύπου προέρχεται από την νήσο Κω, που βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος. Επίσης, χώροι προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται οι περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, Μικρής Ασίας, Καυκάσου, Περσίας και Τουρκιστάν. Στην Ελλάδα, όπως αναφέρει ο Καββαδάς (1956), αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca*.

1.2. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα το μαρούλι έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφηλίου. Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως στην ύπαιθρο σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, κυρίως όμως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή μειώνεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών (Ολύμπιος, 2001).

Η ζήτηση μαρουλιού εξακολουθεί να είναι μεγάλη και το καλοκαίρι. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται μαρούλι και στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ανάπτυξη γίνεται πιο γρήγορα, παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας και παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες.

Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα όπου βρίσκονται και οι περισσότεροι καταναλωτές. Το παραγόμενο μαρούλι καταναλώνεται αποκλειστικά στην ντόπια αγορά (Δημητράκης, 1998).

1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Σημαντικά κέντρα παραγωγής μαρουλιού είναι οι Η.Π.Α, οι χώρες της Κ. Ευρώπης, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και η Ιαπωνία. Αν και κατά κύριο λόγο υπαίθρια καλλιέργεια, καλλιεργείται σε θερμοκήπια, σε χώρες όπου ο χειμώνας είναι παρα πολύ ψυχρός, όπως στις Βόρειες χώρες της Ευρώπης, στον Καναδά, στη Β. Αμερική κ.λ.π. (Κανάκης, 2007).

1.4. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

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

1.5. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδάδιμο ή ήμερο είναι διπλοειδές και έχει δεκαοχτώ (18) χρωμοσώματα $2n=18$. Σε κανονικές συνθήκες είναι φυτό «μακράς ημέρας» που σημαίνει ότι δεν θα παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη, εφόσον η διάρκεια της ημέρας δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες φωτός.

Φυτό

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ποώδες.

Βλαστός

Πολύ κοντός κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης και φέρει τα φύλλα πολύ πυκνά και αναπτύσσεται σημαντικά κατά τη φάση της αναπαραγωγής, δηλ. όταν σχηματίζεται ανθοφόρος βλαστός.

Φύλλα

Τα φύλλα που είναι λεία, πλατιά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωοειδή, καρδιοειδή, επιμήκη, εμφανίζονται πάνω στον κοντό βλαστό κατά σπειροειδή διάταξη, είναι ακέραια ή κυματοειδή ή ακανόνιστα οδοντωτά. Τα πρώτα φύλλα είναι σχεδόν επίπεδα, ενώ τα επόμενα φύλλα εμφανίζουν διαφόρου είδους κύρτωση, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία, και καλύπτει το ένα το άλλο σχηματίζοντας κεφάλι. Το χρώμα, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία κυμαίνεται από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο ως με μια κοκκινωπή απόχρωση. Οι ποικιλίες που μπορούν να μεταχρωματίζονται σε κοκκινωπές όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές περιέχουν τη χρωστική ουσία ανθοκυανίνη (Ολύμπιος, 2001).

Ανθικό στέλεχος – Άνθη

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής σχηματίζεται ανθικό στέλεχος (ανθοφόρος βλαστός) ύψους 60- 120 εκ. , όρθιο, λείο, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο.

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες – κεφαλές γύρω από τον ανθοφόρο βλαστό σε διακλαδώσεις, υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρου ή φόβης και κάθε κεφαλή φέρει 15-25 άνθη. Τα άνθη (ανθίδια) είναι μικρά, κίτρινα, με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα ενωμένα μεταξύ τους, 5 στήμονες επίσης ενωμένους που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο, ο οποίος φέρει λεπτές τρίχες και καταλήγει σε δίβολο στίγμα. Τα άνθη επί της ταξιανθίας ανοίγουν σχεδόν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεικτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όταν το άνθος είναι ώριμο και έτοιμο να ανοίξει, ο στύλος μεγαλώνει, οι ανθήρες ανοίγουν και ελευθερώνουν τη γύρη, η οποία πέφτει μέσα στον κώνο που σχηματίζουν και που βρίσκεται το στίγμα, με αποτέλεσμα να λάβει χώρα αυτεπικονίαση μόλις ανοίξει το άνθος. Η σταυρεπικονίαση είναι δύσκολο να γίνει, αφενός γιατί τα έντομα δεν ελκύονται από τα άνθη του μαρουλιού, αφετέρου λόγω της ιδιαίτερης κατασκευής και λειτουργίας του άνθους (Ολύμπιος, 2001).

Καρπός

Ο καρπός (σπόρος) είναι αχαίνιο, μικρός, επιμήκης (3-4χιλ), χρώματος πρασινωπού ή λευκωπού, λείος με 5-7 ραβδώσεις και φέρει πάππο από λεπτές λευκές τρίχες, το χαρακτηριστικό των συνθέσεων (Δημητράκης, 1998). Παλαιότερα, από τα σπέρματα γινόταν εξαγωγή λαδιού μόνο από συμπύεση, το οποίο χρησιμοποιείτο για διατροφή και για φωτιστικούς σκοπούς (Αίγυπτος).

Ρίζα

Το μαρούλι σχηματίζει ρίζα πασσαλώδη, όμως με τη διαδικασία της μιας ή περισσοτέρων μεταφυτεύσεων που ακολουθούνται, η κεντρική ρίζα του φυτού καταστρέφεται και αναπτύσσει θυссανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα.

1.6. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Απαιτήσεις σε έδαφος. Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο φυτό όσον αφορά τις εδαφικές συνθήκες και απαιτεί έδαφος πολύ πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, γόνιμο, με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας και το οποίο να σφραγίζει καλά. Το μαρούλι, επίσης, είναι ευαίσθητο στην παρουσία υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος.

Θερμοκρασία. Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (αντέχει μέχρι -5°C). Οι άριστες θερμοκρασίες στο θερμοκήπιο τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και την ποικιλία, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση του φωτισμού και το επίπεδο του CO_2 .

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

Όταν, επομένως το φως, το χειμώνα είναι περιορισμένο δεν χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες, γιατί δεν μπορεί να τις αξιοποιήσει η καλλιέργεια. Επιπλέον, η απορρόφηση αζώτου στο μαρούλι επηρεάζεται από το φωτισμό και τη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τους (Wheeler, 1998) όσο μεγαλώνει η ένταση του φωτός τόσο αυξάνεται η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά.

Το φως επιδρά στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού κατά συνέπεια επιδρά και στο ρυθμό ανάπτυξης του φυτού. Επίσης, το φως επιδρά στη δημιουργία της χλωροφύλλης που προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος, 2001) το οποίο αποτελεί σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό στο μαρούλι.

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

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Αναφέρεται ότι το μαρούλι είναι από τα φυτά που αντιδρούν περισσότερο στην αύξηση του CO₂ στο θερμοκήπιο. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO₂ σε εμπορική κλίμακα έχουν δείξει ότι το μαρούλι είναι ιδανικό φυτό για μια τέτοια τεχνική. Έχει καλή ανάπτυξη το χειμώνα και με χαμηλό φωτισμό και με χαμηλές θερμοκρασίες.

Έχει αποδειχτεί ότι η τεχνητή αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στο θερμοκηπιακό περιβάλλον σε υψηλότερα επίπεδα (1000- 1500 ppm) από τα κανονικά (320-340 ppm) επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του μαρουλιού (Walls, 1993).

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

1.7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ

Όπως είναι γνωστό στη καλλιέργεια μαρουλιού, εφαρμόζονται διάφοροι μέθοδοι παραγωγής φυταρίων, οι οποίες παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, που έχουν σχέση με το κόστος εφαρμογής τους και την εποχή εφαρμογής τους, μια και ο πολλαπλασιασμός γίνεται σε περιόδους από τον Αύγουστο έως και το Μάρτιο, που διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τις κλιματολογικές συνθήκες (Ολύμπιος, 2001).

1.7.1. Αυτόματη σπορά καλυμμένων σπόρων σε κύβους εδάφους

Η μέθοδος αυτή θεωρείται περισσότερο κατάλληλη για μεγάλες επιχειρήσεις, όπου απαιτείται μεγάλος αριθμός φυταρίων, ή για τα εξειδικευμένα επαγγελματικά ή συνεταιριστικά φυτώρια παραγωγής και διάθεσης (έναντι αμοιβής) φυταρίων στους

καλλιεργητές. Απαραίτητη η ύπαρξη αυτόματης μηχανής παραγωγής κύβων και τοποθέτησης του καλυμμένου σπόρου.

Η μέθοδος που έχει περιγραφεί αναφέρεται στην παραγωγή μεγάλου αριθμού φυταρίων και προϋποθέτει επενδύσεις σε μηχανήματα και θερμοκήπια- φυτώρια. Για μικρούς καλλιεργητές είναι δύσκολο και ασύμφορο να εφαρμοστεί η πιο πάνω μέθοδος. Μπορούν όμως αυτοί να χρησιμοποιήσουν χειροκίνητα εργαλεία παρασκευής κύβων και η τοποθέτηση των καλυμμένων σπόρων να γίνεται με το χέρι στη μικρή τρύπα που σχηματίζεται στο κέντρο του κύβου κατά την κατασκευή του.

1.7.2. Με το χέρι σπορά κανονικού σπόρου σε κύβους εδάφους

Ο κανονικός σπόρος έχει το πλεονέκτημα του πολύ χαμηλότερου κόστους σε σύγκριση με τον καλυμμένο, παρουσιάζει όμως μειονεκτήματα, όπως ο μεγαλύτερος χρόνος που απαιτεί για τη σπορά του, λόγω του μικρού μεγέθους, και το μικρότερο ποσοστό βλαστικότητας που παρουσιάζει σε σύγκριση με τους καλυμμένους σπόρους. Ένα ακόμα μειονέκτημα του κανονικού σπόρου μπορεί να ξεπεραστεί με τη σπορά 2 σπόρων ανά κύβο και την αραιώση σε ένα φυτό, του πιο δυνατού, αργότερα.

Η διαδικασία που ακολουθείται με τη μέθοδο αυτή, όσον αφορά την κατασκευή και το μέγεθος των κύβων και την ανάπτυξη των φυταρίων στο σπορείο είναι παρόμοια με την προηγούμενη.

1.7.3. Σπορά καλυμμένων σπόρων σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ

Τα τελευταία χρόνια συνηθίζεται η σπορά και ανάπτυξη των φυταρίων κηπευτικών να γίνεται σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ που φέρουν κυψελίδες διαφόρων διαστάσεων και οι οποίοι γεμίζουν με υπόστρωμα ειδικής σύνθεσης, κατάλληλο για τα διάφορα είδη των κηπευτικών. Η σπορά των σπόρων στις κυψελίδες γίνεται είτε αυτόματα, με μηχανές οι οποίες ταυτόχρονα γεμίζουν τους δίσκους με το υπόστρωμα, τοποθετούν τους σπόρους, τους καλύπτουν και εφαρμόζουν και το πρώτο πότισμα, είτε αφού γεμίσουν οι δίσκοι με το υπόστρωμα, στη συνέχεια οι σπόροι τοποθετούνται με το χέρι, καλύπτονται και ποτίζονται. Η μέθοδος αυτή τείνει σταδιακά να αντικαταστήσει τη μέθοδο των κύβων εδάφους.

1.7.4. Σπορά σε κιβώτια και μεταφύτευση σε κύβους εδάφους ή δίσκους

Η μέθοδος αυτή ξεκινά με πυκνή σχετικά σπορά σε κιβώτια σποράς και με μεταφύτευση στη συνέχεια των πολύ νεαρών φυταρίων στους κύβους εδάφους ή δίσκους. Η μέθοδος έχει σαν πλεονέκτημα ότι κατά τη μεταφύτευση επιλέγονται μόνο τα δυνατά και υγιή φυτάρια, έχει όμως σαν μειονέκτημα το υψηλό κόστος των εργατικών που απαιτούνται για τη μεταφύτευση, ενώ απαιτεί την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού.

1.7.5. Σπορά σε κιβώτια, αλίες ή θερμοσπορεία και μεταφύτευση απευθείας στο έδαφος

Με τη μέθοδο αυτή η σπορά γίνεται με στόχο την παραγωγή φυταρίων έτοιμων για μεταφύτευση απευθείας στο έδαφος του θερμοκηπίου.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το χαμηλότερο κόστος των υλικών και της εργασίας, απαιτεί όμως εξειδικευμένους εργάτες κατά τη μεταφύτευση, για να αποφεύγονται τυχόν ζημιές στο ριζικό σύστημα των φυτών, γιατί μεταφυτεύονται γυμνόριζα.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι αφενός ο κίνδυνος πρόκλησης ζημιών στο ριζικό σύστημα των φυτών κατά τη μεταφύτευση, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση στην ανάπτυξη και την επέκταση του χρόνου παραμονής της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο, αφετέρου η μείωση του βαθμού της ομοιομορφίας στην ανάπτυξη των φυτών, με αποτέλεσμα την επέκταση του χρόνου συγκομιδής, σε αντίθεση με τα φυτά που αναπτύσσονται και μεταφυτεύονται στους κύβους εδάφους ή στους διάφορους δίσκους. Τέλος, ο κίνδυνος απωλειών από βοτρυτή είναι μεγαλύτερος.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται περισσότερο κατά τις φθινοπωρινές καλλιέργειες, όπου οι επικρατούσες για την εποχή υψηλές θερμοκρασίες βοηθούν στο γρήγορο πιάσιμο των φυτών μετά την μεταφύτευση, και τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω περιορίζονται στο ελάχιστο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η απολύμανση των σπορείων, των υλικών και όλων των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται είναι απαραίτητη (Ολύμπιος, 2001).

1.7.6. Συνθήκες στο σπορείο

Θερμοκρασία. Η ιδανική θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού κυμαίνεται μεταξύ 15-21°C. Οι απαιτήσεις βέβαια των διαφόρων ποικιλιών ποικίλλουν και κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των νεαρών φυταρίων στο φυτώριο (Δημητράκης, 1998).

Φωτισμός. Όταν χρησιμοποιείται φρέσκος σπόρος, η παρουσία φωτός μετά τη σπορά είναι σημαντική για την ομοιόμορφη βλάστηση (Ολύμπιος, 2001). Ο Τεχνητός φωτισμός στο σπορείο στο σπορείο εφαρμόζεται όταν ο φυσικός φωτισμός την περίοδο της σποράς και ανάπτυξης των νεαρών φυτών στο φυτώριο είναι πολύ περιορισμένος. Οι κατάλληλοι λαμπτήρες για τον τεχνητό φωτισμό στο σπορείο είναι λαμπτήρες φθορισμού, λαμπτήρες υδραργύρου φθορισμού (401000watts), λαμπτήρες υψηλής πίεσεως νατρίου HPS/U και λαμπτήρες χαμηλής πίεσεως νατρίου (SOX180 Watts).

Υποστρώματα σποράς και ανάπτυξης των φυτών. 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, βερμικουλίτης, έδαφος, άμμος κ.α.) και, επίσης, όσον αφορά τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, τα ιχνοστοιχεία, το pH και την αγωγιμότητα (Ολύμπιος, 2001).

1.8. ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Διακρίνουμε τη μηχανική και με τα χέρια μεταφύτευση. Επίσης, υφίσταται διαχωρισμός, υπό άλλη έννοια, μεταφύτευσης γυμνάριζων φυτών ή μεταφύτευση φυτών σε κύβους εδάφους, ατομικά γλαστράκια ή δίσκους. Τα φυτάρια μεταφυτεύονται όταν αποκτήσουν 3-5 φύλλα

Εάν η ανάπτυξη των φυτών γίνεται σε μικρότερους κύβους ή σε μικρού όγκου υπόστρωμα, η μεταφύτευση γίνεται πιο νωρίς, όταν τα φυτά έχουν 2-3 φύλλα.

Ο αριθμός των φυτών στο στρέμμα ή στο m² εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης που θα εφαρμοστούν. Οι αποστάσεις πάλι επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη του ο καλλιεργητής, οι κυριότερες των οποίων είναι: η εποχή φύτευσης, η ποικιλία, ο τύπος του θερμοκηπίου, το μέγεθος

του φυτού που προτιμά η αγορά, την τιμή που εξασφαλίζει το μεγαλύτερο μέγεθος ή βάρος και εάν θα εφαρμοστεί εμπλουτισμός με CO₂ ή όχι (Ολύμπιος, 2001).

1.9. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Εφαρμόζεται βασική λίπανση που περιλαμβάνει οργανικά και ανόργανα λιπάσματα.

Οργανικά λιπάσματα. Το μαρούλι αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε γόνιμο έδαφος, πλούσιο σε οργανική ουσία, γι' αυτό απαιτείται γενναιόδωρη λίπανση με καλά χωνεμένη κοπριά, η οποία πρέπει να προστεθεί στο έδαφος αρκετά νωρίς, πριν από την απολύμανση και πριν από τη μεταφύτευση, ώστε να ενσωματωθεί στο έδαφος και να αποκτήσει μια ομοιόμορφη δομή.

Ανόργανα λιπάσματα. Η βασική ανόργανη λίπανση πρέπει να γίνεται με βάση τη διαθεσιμότητα των στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος και που προσδιορίζονται μετά από χημική ανάλυση. Έχει προσδιοριστεί ότι μια καλλιέργεια μαρουλιού αφαιρεί από το έδαφος 8- 10 kg N, 3 kg P και 9- 10 kg K ανά στρέμμα (Δημητράκης, 1998).

1.10. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Πότισμα. Η απόφαση πότε θα εφαρμοστεί πότισμα και πόσο νερό θα δοθεί αποτελεί ένα από τα διαρκή προβλήματα της καλλιέργειας του μαρουλιού. Το έδαφος θα πρέπει να θεωρηθεί σαν μια αποθήκη νερού από όπου το φυτό απορροφά νερό, το οποίο αναπληρώνεται κατά καιρούς με το πότισμα.

Επιφανειακή λίπανση. Όταν η βασική λίπανση εφαρμόζεται σωστά, ίσως δεν θα χρειαστεί να προστεθεί λίπανση κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού, γιατί η ολοκλήρωση της ανάπτυξης του φυτού γίνεται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Εκτός από την παραδοσιακή μέθοδο λίπανσης, δηλ. τη βασική λίπανση, κατά την προετοιμασία του εδάφους και στις επιφανειακές λιπάνσεις μπορεί να δοθούν τα κύρια θρεπτικά στοιχεία N, P, K, μαζί με το νερό ποτίσματος σε συγκεντρώσεις 100 ppm N, 30-50 ppm P και 150-200 ppm K, καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού στο θερμοκήπιο, μέχρι τουλάχιστον μια εβδομάδα πριν από τη συγκομιδή (Ολύμπιος, 2001).

Προστασία από εχθρούς και ασθένειες Προληπτικοί και θεραπευτικοί ψεκασμοί κατά των εχθρών και ασθενειών που προσβάλλουν την καλλιέργεια.

1.11. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα τελευταία χρόνια άρχισε και στην Ελλάδα η καλλιέργεια του μαρουλιού σε υδροπονικά συστήματα με κυρίαρχο το NFT (Nutrient Film Technique). Το μαρούλι θεωρείται μια σχετικά «εύκολη» καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα.

1.12. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ

Η συγκομιδή γίνεται όταν τα φυτά αποκτήσουν εμπορεύσιμο μέγεθος, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς και ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και της ποικιλίας.

Οι αποδόσεις ανάλογα με τις αποστάσεις φύτευσης, την εποχή καλλιέργειας, την γονιμότητα του εδάφους, τον τύπο, την ποικιλία, το μέγεθος /κεφαλή κατά τη στιγμή της συγκομιδής, από 2-4 τον/στρ. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να είναι και μεγαλύτερες (Δημητράκης, 1998).

1.13. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Parris Island Cos. Είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία μαρουλιού τύπου "Ρωμάνο" που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Τα φυτά είναι όρθια, ύψους 20-25 cm. Τα εσωτερικά νεαρά φύλλα σχηματίζουν κεφαλή, ενώ τα εξωτερικά έχουν ελαφρά κυματοειδές σχήμα. Το χρώμα των φύλλων είναι ελαφρά γκριζοπράσινο. Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία κατάλληλη για φθινοπωρινή και χειμερινή καλλιέργεια και απαιτεί περίπου 70 ημέρες μέχρι τη συγκομιδή. Είναι ανεκτική στο μωσαϊκό του μαρουλιού.

Great Lakes 659-700. Ποικιλία τύπου Iceberg σχηματίζει κεφαλή μετρίου μεγέθους, χρώματος σκούρου πράσινου και με επιφάνεια κεφαλής ελαφρά κυματοειδής εμφάνισης. Είναι πολύ ανθεκτική στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων (tipburn).

White Boston. Ποικιλία «κεφαλωτού» μαρουλιού τύπου Butterhead. Το μέγεθος του φυτού είναι μέτριο, τα φύλλα είναι λεία και κυματοειδή και το χρώμα ελαφρύ πράσινο. Απαιτεί 70 ημέρες μέχρι τη συγκομιδή.

1.14. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

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

1. Τις προτιμήσεις της αγοράς.
2. Ανάλογα με την εποχή φύτευσης.
3. Ανάλογα με τους υπόλοιπους κλιματικούς παράγοντες και το έδαφος.
4. Ανάλογα με τα ιδιαίτερα προβλήματα παθογόνων που συναντώνται στην περιοχή.

1.15. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ

Στις φυσιολογικές ανωμαλίες του μαρουλιού περιλαμβάνονται το «φυσιολογικό κάψιμο των φύλλων», το «περιθωριακό κάψιμο των φύλλων» και η «υάλωση» ή το «κάψιμο των νεύρων των φύλλων», ανωμαλίες οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος και βοηθούν στην ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών που επισπεύδουν την καταστροφή των φυτών (Ολύμπιος, 2001).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται με επιτυχία και σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, διότι η ανάπτυξή του είναι γρηγορότερη και η ποιότητά του είναι πολύ καλή. Σε ένα μέρος από αυτές τις καλλιεργούμενες εκτάσεις εφαρμόζεται το σύστημα της υδροπονίας. Με την ευρεία έννοια του όρου υδροπονία ή ανεδάφιος καλλιέργεια εννοούμε τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με τα ειδικά μίγματα εδάφους. Αναφέρεται επίσης και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανεδάφιος γεωργία και υδροκαλλιέργεια, ενώ ο πιο γνωστός όρος είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (Γεωργακίλας, 2007).

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα (Benton and Jones, 2000). Για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών απαιτείται η ύπαρξη άφθονου οξυγόνου και νερού, στο οποίο διαλύονται τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, στις κατάλληλες συγκεντρώσεις.

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη τεχνική καλλιέργειας των φυτών που αυξάνει τις αποδόσεις και βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων χωρίς πάντως να μεταβάλλεται η γεύση και το άρωμα σε σύγκριση με αυτά που παράγονται με τον συνηθισμένο τρόπο καλλιέργειας στο έδαφος (Στεργίου, 2002). Η εφαρμογή υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας των φυτών απαιτεί πολύ καλή γνώση της θρέψης των φυτών και σημαντική εξειδίκευση.

2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο όρος υδροπονία καθιερώθηκε το 1930 από τον ερευνητή Gericke του πανεπιστημίου της Καλιφόρνια που διέδωσε πλατιά την τεχνική ανάπτυξης των φυτών χωρίς έδαφος. Στη συνέχεια της εξέλιξης των υδροπονικών συστημάτων ως τη σημερινή εποχή έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές και διάφορες παραλλαγές τους. Επομένως, υπάρχουν συστήματα με χρήση αδρανών υλικών καθώς και συστήματα

χωρίς αδρανή υλικά όπου οι ρίζες των φυτών βρίσκονται μέσα σε θρεπτικό διάλυμα ποικίλου βάθους.

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

2.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

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

2.4. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

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

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

Πιο συγκεκριμένα στα ανοιχτά συστήματα το ποσοστό του όγκου του διαλύματος της αποστράγγισης εξαρτάται από τη διαμόρφωση συστημάτων άρδευσης, τον τύπο ελέγχου και τα υποστρώματα. Το ποσοστό διήθησης του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος αποστράγγισης μπορεί να κυμαθεί από χαμηλό επίπεδο (0-10%) μέχρι πολύ υψηλό (90%), ανάλογα με το βαθμό προσοχής που δίνεται στην διαδικασία άρδευσης. Προτείνεται διήθηση σε ποσοστό 25-35% ώστε να

διατηρηθεί η αγωγιμότητα στο υπόστρωμα σε συνιστώμενα επίπεδα. Τα προβλήματα σχετικά με τα υψηλά ποσοστά διήθησης είναι : α) το διάλυμα αποστράγγισης που θα διηθηθεί μολύνει το πόσιμο νερό και β) το απορριπτόμενο διάλυμα άρδευσης αντιπροσωπεύει μια ισοδύναμη απόρριψη ποσοστού του αγορασμένου λιπάσματος και του νερού (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

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

2.5. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

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

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

καλλιέργεια είναι η ιδιότητα που σχετίζεται με την συγκράτηση νερού. Επίσης οι καλές υδατικές ιδιότητες των υλικών αυτών τα καθιστούν άριστα υλικά υποστρωμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες (Μανιός και Κεφάκη, 1995).

Ανάλογα με την προέλευση τους τα στερεά υλικά για υδροπονικές καλλιέργειες διακρίνονται σε ανόργανα και οργανικά. Τα ανόργανα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τα ορυκτά και τα συνθετικά. Τα ορυκτά προέρχονται από φυσικά υλικά (χαλίκια, άμμος, ελαφρόπετρα), κατεργασμένα υλικά (περλίτης, βερμικουλίτης, πετροβαμβακάς, διογκωμένη άργιλος) και απόβλητα εργοστασίων (τεμάχια τούβλων, σκωριές, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών).

Επίσης, τα συνθετικά προέρχονται από διογκωμένα πλαστικά (πολυστερίνη, πολυουρεθάνη). Στα οργανικά υποστρώματα ανήκουν υλικά τα οποία προέρχονται από φυσικά προϊόντα και απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών (τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δένδρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροκανίδια, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κυτταρικά απόβλητα).

2.5.1. Περλίτης

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

Κατά την διάρκεια της θέρμανσης το κρυσταλλικό νερό που περιέχεται στο ορυκτό διογκώνεται και δημιουργεί την αφρώδη μάζα που είναι 10-12 φορές μεγαλύτερη του όγκου του αρχικού ορυκτού. Ζυγίζει $40-150 \text{ kg/m}^3$, δηλαδή είναι κατά 10-20 φορές ελαφρύτερος του αρχικού υλικού. Είναι κλειστή μοριακή κατασκευή και το νερό συγκρατείται μόνο στην επιφάνεια των συσσωματωμάτων του με αποτέλεσμα την πολύ καλή στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος και την ευκολία απομάκρυνσης του νερού, κάτι που καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή συχνών ποτισμάτων με θρεπτικό διάλυμα.

2.5.2. Ελαφρόπετρα

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 τη διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων οδηγούν στην εξάπλωση αερίων και τον σχηματισμό υλικών μικρής πυκνότητας που συντίθεται από κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί. Η ελαφρόπετρα βρίσκεται σε περιοχές με πλούσια ηφαιστειακή δράση, όπως οι Πορτογαλικές Αζόρες, τα Ελληνικά νησιά, η Ισλανδία, η Ιαπωνία, η Ρωσία, η Σικελία, η Τουρκία και άλλες περιοχές. Το ακατέργαστο υλικό εξάγεται από τα λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται σύμφωνα με την απαίτηση των πελατών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της ελαφρόπετρας εξαρτώνται από το συνολικό μέγεθός της.

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

2.5.3. Cocosoil ή ίνες καρύδας

Η καρύδα καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα στη Σρι Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, τη νότια Ινδία και την Λατινική Αμερική. Οι χώρες αυτές είναι η κύρια πηγή των ινών καρύδας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία. Ανατομικά οι ίνες καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό ή το φλοιό των καρύδων ο οποίος περιέχει 60-70 % ιστό εντεριώνης και το υπόλοιπο αποτελείται κυρίως από ίνες. Το υλικό αυτό μπορεί να τεμαχιστεί και να χωριστεί σε ένα χονδροειδές μέρος και ένα λεπτό. Από αυτά η σκόνη είναι σταθερότερη ενώ οι ίνες τείνουν να υποβληθούν σε δευτεροβάθμια αποσύνθεση στο μέσο αύξησης. Η παραγωγή και των δύο μερών περιλαμβάνει μια περίοδο αποθήκευσης σε σωρούς όπου λαμβάνει χώρα αεροβική λιπασματοποίηση. Κατά την διάρκεια της λιπασματοποίησης μέρος της ημικυτταρίνης, της κυτταρίνης και σε μικρότερη έκταση της λιγνίνης αποσυντίθεται, προκαλώντας μείωση στην αναλογία C/N. Μετά την λιπασματοποίηση το σταθερό

υλικό είναι αφυδατωμένο και συμπιεσμένο σε συμπαγή μορφή (τούβλα) κάτι το οποίο διευκολύνει τη μεταφορά του. Με την προσθήκη του νερού οι ίνες καρύδας διογκώνονται 5 έως 9 φορές σε σχέση με τον αρχικό όγκο τους.

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

Πάντως οι ίνες καρύδας λόγω του γεγονότος ότι είναι ένα οργανικό μέσο, υπάρχει κίνδυνος να επιτρέψει τη γρήγορη ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων μετά από την αποστείρωση.

Σε γενικές γραμμές οι ίνες καρύδας μπορούν να χρησιμοποιούνται χωρίς πρόβλημα γιατί είναι βιοδιασπάσιμες, φυσικές και μη τοξικές (Μάνιος, 1998).

2.6. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν μια σειρά από υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών. Αρχικά, συγκρατούν το υπόστρωμα συμβάλλοντας στη διευκόλυνση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός, κατά συνέπεια αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών ενώ παράλληλα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών. Επίσης, εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό απαιτείται και απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο (Μανιός, 1994).

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

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

2.7. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά γίνεται αποκλειστικά μέσω θρεπτικού διαλύματος. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερης σημασίας η επιλογή της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, της διαδικασίας παρασκευής τους καθώς και του τρόπου χορήγησής τους στα φυτά. Σημαντική είναι η εποπτεία και ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζοστρώματος. Με τον τρόπο αυτό γίνεται ευκολότερη η έγκαιρη διάγνωση κάθε προβλήματος που μπορεί να παρουσιαστεί.

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

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα θρεπτικά στοιχεία, που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο προσλαμβάνουν τα φυτά από την ατμόσφαιρα. Το οξυγόνο προσλαμβάνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το χλώριο από το χρησιμοποιούμενο νερό, ενώ η μορφή των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δε διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό φυσικές συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου, 2002).

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

Δε συνιστάται η χρήση σύνθετων πλήρων υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που περιέχουν μίγμα απλών λιπασμάτων. Συγκεκριμένα δεν μπορούν να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, για παράδειγμα αν περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατόν να περιέχουν ταυτόχρονα και ασβέστιο αφού κάτι τέτοιο θα συνέβαλλε στην κατακρήμνιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θεικού ασβεστίου. Επίσης,

η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος δυσκολεύει την προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις, καθώς και την πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, κάθε φορά που αυτό κρίνεται απαραίτητο για την αποκατάσταση της θρέψης (Στεργίου, 2002).

Τα λιπάσματα που συνιστώνται στην υδροπονία είναι απλά υδατοδιαλυτά και αποτελούνται από μια χημική ένωση, που συνοδεύεται και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή, είτε σε διαλυτή. Όλα σχεδόν τα λιπάσματα ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δυο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν και ένα ανιόν. Τα υδατοδιαλυτά άλατα αυτών, παρόλο που το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο και το άλλο όχι, δε χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος της επιβάρυνσης του θρεπτικού διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις με επιβλαβή αποτελέσματα στα φυτά στα οποία θα χορηγηθεί ένα τέτοιο θρεπτικό διάλυμα (Στεργίου, 2002).

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

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Ειδικότερα, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα. Ως μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το ds/m. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δε δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση.

Χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Αντίθετα υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας δηλώνουν αλατούχο διάλυμα και συνεπώς καταπόνηση των φυτών. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός διαλύματος κυμαίνονται συνήθως σε 2- 3 και σπανιότερα 4 ds/m.

Σε περιόδους που επικρατεί ζεστός καιρός και ηλιοφάνεια οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θα πρέπει να τείνουν στα κατώτερα όρια, αντίθετα κάτω από συνθήκες χαμηλών ρυθμών διαπνοής ενδείκνυνται τιμές κοντά στα ανώτερα όρια. Μικρές αυξήσεις στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούν να πετύχουν ομοιόμορφη ανύψωση της συγκέντρωσης όλων των θρεπτικών στοιχείων που

περιέχονται στο διάλυμα, ώστε οι μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Το **pH** του θρεπτικού διαλύματος είναι σημαντικό κριτήριο για την καταλληλότητά του. Το pH εκφράζει τον αρνητικό λογάριθμο της συγκέντρωσης υδρογονοκατιόντων και είναι το μέτρο της περιεκτικότητας του θρεπτικού διαλύματος σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή είναι ένδειξη της ενεργούς οξύτητάς του.

Όταν το pH είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα, οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ κάποια στοιχεία απορροφώνται με ταχύτερους ρυθμούς από τους συνήθεις. Κατά συνέπεια, εμφανίζονται διαταραχές στη θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες). Για τα περισσότερα είδη λαχανικών το pH του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να κυμαίνεται από 5,5 - 6,5 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.8. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

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

Η **διάταξη των φυτών** στο θερμοκήπιο παίζει σπουδαίο ρόλο σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού και πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η όσο το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του χώρου του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικό και ποιοτικό αποτέλεσμα. Ο μικρός σχετικά όγκος που καταλαμβάνει το μαρούλι επιτρέπει στον παραγωγό να έχει πολλές λύσεις στο σύστημα φύτευσης που θα χρησιμοποιήσει.

Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα φύτευσης των φυτών μαρουλιού στο θερμοκήπιο, όπου το καθένα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται συστήματα φύτευσης σε γραμμές, σε βαθμίδες και το σύστημα της αψίδας. Το σύστημα φύτευσης σε γραμμές έχει το

πλεονέκτημα της ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα. Από την άλλη, το σύστημα φύτευσης σε βαθμίδες συμβάλλει στη μέγιστη αξιοποίηση του χώρου, αλλά υστερεί λόγω της μη ομοιόμορφης ανάπτυξης των φυτών ανάμεσα στις διάφορες βαθμίδες (Οικονομάκης, 2002). Τέλος, με το σύστημα της αψίδας επιτυγχάνεται η κατακόρυφη εκμετάλλευση του χώρου του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα αυξάνεται ο αριθμός των καλλιεργούμενων φυτών ανά στρέμμα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι προσφέρει στα φυτά ιδανικές συνθήκες αερισμού συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην πρόληψη μυκητολογικών ασθενειών (Οικονομάκης, 2002).

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

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού χρησιμοποιούνται μικρότερες αποστάσεις φύτευσης από τη συμβατική καλλιέργεια (30-40cm) (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Σήμερα χρησιμοποιούνται αποστάσεις φύτευσης 20-25 cm μεταξύ των φυτών, ενώ ενθαρρυντικά αποτελέσματα έχει αποφέρει και η φύτευση σε μικρότερες αποστάσεις (15 cm) (Howard and Resh, 1995).

Οι αποστάσεις φύτευσης εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία του καλλιεργούμενου μαρουλιού, όπου τα μη κεφαλωτά μαρούλια που έχουν την ιδιότητα να «απλώνουν» το φύλλωμά τους πρέπει να φυτεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Επίσης, το σύστημα φύτευσης, το οποίο σε γραμμές δεν επιτρέπει μικρές αποστάσεις φύτευσης λόγω της δημιουργίας συνθηκών κακού αερισμού και υπερβολικής υγρασίας οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (βοτρύτης).

Στον καθορισμό της **σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος** κατάλληλου για την υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε η συνολική συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα των ανόργανων ιόντων, οι μεταξύ τους αναλογίες και η τιμή του pH να είναι κατάλληλες αναλόγως της ποικιλίας του καλλιεργούμενου φυτού το στάδιο ανάπτυξής του και τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες που επικρατούν. Κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα (Κουσούρη, 2004).

Η σύσταση, η αγωγιμότητα και το pH του χρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού ποικίλλουν. Γενικά όμως οι επιθυμητές τιμές για την ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνονται από 1,2 - 2,7 και για το pH από 5,5-6,5 με άριστη τιμή το 5,8 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται 4 προτάσεις (Μαυρογιαννόπουλος, 1994; Sonneveld and Straver, 1994; Albright, 1997; Σιώμος, 1999α,β) για την επιθυμητή σύσταση του θρεπτικού διαλύματος.

Πίνακας 2.1. Προτεινόμενα θρεπτικά διαλύματα για την υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.

	Μαυρογιαννόπουλος (1994)	Albright (1997)	Σιώμος (1999α,β)	Sonneveld and Straver (1994)
NO₃	9,5 mmol/l	8,9 mmol/l	18,18 mmol/l	19,0 mmol/l
H₂PO₄	1,0 mmol/l	1 mmol/l	2,0 mmol/l	2,0 mmol/l
SO₄	0.5 mmol/l	1,1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,12 mmol/l
NH₄⁺	0,5 mmol/l	-	0,96 mmol/l	1,25 mmol/l
Ca⁺⁺	2,25 mmol/l	2,1 mmol/l	7,66 mmol/l	4,5 mmol/l
K⁺	5,0 mmol/l	5,5 mmol/l	11,13 mmol/l	11,0 mmol/l
Mg⁺⁺	0,75 mmol/l	1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l
Fe	35,0 μmol/l	16,8 μmol/l	40,07 μmol/l	40,0 mmol/l
Mn	5,0 μmol/l	2,5 μmol/l	5,01 μmol/l	5,0 mmol/l
Zn	3,0 μmol/l	2 μmol/l	4,01 μmol/l	4,0 mmol/l
B	20,0 μmol/l	15 μmol/l	30,0 μmol/l	30,0 mmol/l
Cu	0,5 μmol/l	0,4 μmol/l	0,75 μmol/l	0,75 mmol/l

3. ΕΞΟΠΑΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

3.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ- ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ

Αρχικά τα διαλύματα παρασκευάζονται ως πυκνά και αποθηκεύονται σε δοχεία, ξεχωριστά τα ασβεστούχα από τα φωσφορικά προς αποφυγή σχηματισμού ιζημάτων. Από τα πυκνά διαλύματα τα θρεπτικά στοιχεία με τη βοήθεια δοσομετρικών αντλιών, εισέρχονται στον κύριο αγωγό άρδευσης όπου και αραιώνονται με το νερό. Για το λόγο αυτό απαιτείται σύστημα άρδευσης αποτελούμενο από σωλήνες καθώς και δοσομετρικές αντλίες που μέσω Η/Υ ρυθμίζουν τις απαραίτητες ποσότητες πυκνών διαλυμάτων που μεταφέρονται στη δεξαμενή από την οποία λαμβάνεται με αντλίες η απαραίτητη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που θα παρασχεθεί στα φυτά κάθε φορά (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

3.2. ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Αερισμός είναι η ανάδευση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Εξαερισμός είναι η ανταλλαγή του θερμού αέρα του θερμοκηπίου με τον ψυχρό εξωτερικό αέρα. Ο εξαερισμός διακρίνεται στο φυσικό που γίνεται μέσω των ανοιγμάτων του θερμοκηπίου, των παραθύρων που βρίσκονται στις πλευρές ή στην οροφή ή στις πλευρές και στην οροφή. Δυναμικός που επιτυγχάνεται με την χρήση ανεμιστήρων αναρρόφησης του αέρα όπου τοποθετούνται στην απέναντι πλευρά των ανοιγμάτων και ανεμιστήρες που ανανεώνουν τον αέρα με υπερπίεση (Μαυρογιαννόπουλος, 2001).

3.3. ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ο δροσισμός χρησιμοποιείται όταν ο εξαερισμός δε μπορεί να βοηθήσει, σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών. Ως μέσο μείωσης της θερμοκρασίας χρησιμοποιείται η εξάτμιση νερού η οποία πραγματοποιείται με την διαβροχή του εδάφους είτε με τον καταιονισμό λεπτών σταγόνων νερού είτε με την διαβροχή νερού

στην μια πλευρά του θερμοκηπίου μέσω του οποίου περνά ο αέρας ανανέωσης με την χρήση εξαεριστήρων (Μαυρογιαννόπουλος, 2001)

3.4. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η θέρμανση του θερμοκηπίου κατά τους ψυχρούς μήνες είναι πολύ σημαντική και ευνοεί την ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών ακόμη και όταν πρόκειται για φυτά όπως το μαρούλι που έχουν μικρές απαιτήσεις. Οι διάφορες μορφές ενέργειας ποικίλουν αναλόγως την ποικιλία και τις ανάγκες αυτής σε θερμότητα, τις καιρικές συνθήκες (βαρύνει χειμώνας) και την οικονομική ευχέρεια του αγρότη. Οι κυριότερες πηγές είναι:

- Τα υγρά καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο)
- Ο ήλιος (φωτοβολταϊκά, θέρμανση νερού δεξαμενής)
- Τα αέρια καύσιμα (φυσικό αέριο, υγραέριο)
- Τα στερεά καύσιμα των οποίων η τροφοδοσία αυτοματοποιείται (πυρηνόξυλο της ελιάς, παραφίνη)

- Το ηλεκτρικό ρεύμα

Κατά την διάρκεια της νύχτας και των πολύ ψυχρών ημερών χρησιμοποιούνται:

- Θερμάστρες παραφίνης, ηλεκτρικές θερμάστρες
- Θερμάστρες υγραερίων η στερεών
- Αερόθερμα

Τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης λειτουργούν είτε με την κυκλοφορία υδρατμού, είτε με κυκλοφορία ζεστού νερού.

Το κόστος εφαρμογής της θέρμανσης στα θερμοκήπια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες καθώς τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται ως κύριες πηγές ενέργειας στα θερμοκήπια έχουν υψηλό κόστος, με αποτέλεσμα να επιβαρύνονται τα προϊόντα. Σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (2001) τρόποι για τον περιορισμό του κόστους θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι:

- Ο σωστός προσανατολισμός του θερμοκηπίου από ανατολή προς δύση
- Η κάλυψη του θερμοκηπίου με διπλή στρώση υλικού
- Η κάλυψη των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο με χαμηλά σκέπαστρα

- Η απομάκρυνση της σκόνης και των ξένων σωμάτων από το υλικό κάλυψης
- Η κατασκευή πολύρρικτων αντί των θερμοκηπίων απλής γραμμής.

4. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ

Το σύστημα άρδευσης και υδρολίπανσης που είναι εγκατεστημένο στο θερμοκήπιο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η πειραματική εργασία περιλαμβάνει αναλυτικά τα εξής:

- 3 αντλίες μονοφασικές 0,5 HP 1,5 m³ / h
- 3 δεξαμενές 300 L κυλινδρικές – κάθετες
- 3 βαλβίδες 1'' στην απορρόφηση των αντλιών
- 3 βαλβίδες στην έξοδο των αντλιών
- 3 φίλτρα δίσκων
- Module επεκτάσεως του υπάρχοντος PLC
- Ηλεκτρικός πίνακας με 7 relays ισχύος, 7 ασφαλειοδιακόπτες για

τις αντλίες και 1 ασφαλειοδιακόπτη κεντρικής παροχής.

Η παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων γινόταν με την προσθήκη προδιαλυμένων λιπασμάτων στα δοχεία και συμπλήρωση του όγκου στα 300 L με νερό.

Το κεντρικό αρδευτικό δίκτυο (σχεδιάγραμμα διάταξης των φυτών στο θερμοκήπιο και θέσης του συστήματος άρδευσης) αποτελείτο από 3 σωλήνες αρδεύσεως διαμέτρου 20 mm (Φ20) με μήκος 12 m ο καθένας.

Κατά μήκος του κάθε σωλήνα τοποθετήθηκαν λήψεις, κατανεμητές 4 εξόδων, 4 σωληνίσκοι τύπου spaghetti και λόγχες. Η ημερήσια συχνότητα των υδρολίπανσεων κυμάνθηκε από 4-6 αναλόγως της διακύμανσης της θερμοκρασίας. Η συνολική ημερήσια παροχή θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό ήταν 300-350 ml.

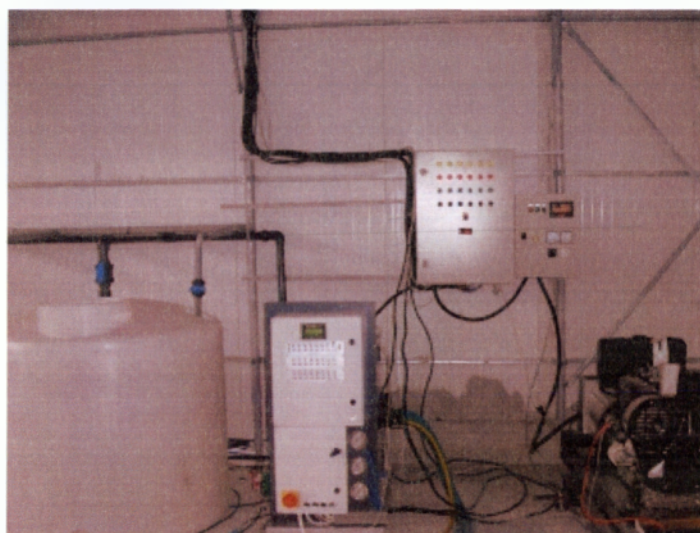
4.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος περιλαμβάνει:

- i. την εγκατάσταση παροχής νερού (γεώτρηση, σύνδεση με αρδευτικό δίκτυο)
- ii. τα φίλτρα καθαρισμού νερού
- iii. τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων.

Τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων είναι δοχεία χωρητικότητας 100 L στα οποία περιέχονται τα πυκνά θρεπτικά διαλύματα σε συγκέντρωση 50 –100 φορές μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζονται τα φυτά. Τα δοχεία αυτά είναι δύο (**δοχεία Α και Β**), ώστε να διαχωρίζονται τα θειικά και τα φωσφορικά από το ασβέστιο και το χυλικό σίδηρο προς αποφυγή δημιουργίας ιζημάτων. Χρησιμοποιήθηκε και τρίτο δοχείο στο οποίο περιέχεται οξύ που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του pH..

Μονάδας άντλησης – δοσομέτρησης - αραιώσης πυκνών διαλυμάτων μπορεί να είναι απλά Ventouri, αναλογικές δοσομετρικές αντλίες, ή εξελιγμένα ηλεκτρονικά συστήματα αυτόματης διαχείρισης υδροπονίας.



Εικόνα 4.1. Μονάδας άντλησης πυκνών διαλυμάτων (πηγή: <http://www.agrek.gr/>).

Χαρακτηριστικά σάκων για όλα τα υποστρώματα (περλίτης, ελαφρόπετρα, cocosoil περλίτης 1/1) που χρησιμοποιήθηκαν:

- ✓ Συνολικός όγκος περιεχομένου υποστρώματος: 10 L
- ✓ Υλικό: πολυαιθυλένιο διπλής όψεως (η λευκή όψη εξωτερικά)
- ✓ Μήκος: 1 m
- ✓ Πλάτος : 15 cm

Οι σάκοι τοποθετήθηκαν σε μεταλλικούς υποδοχείς (κανάλια) μήκους 3 μέτρων οι οποίοι εφάπτονταν σε βάσεις με τα ακόλουθα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά:

- ❖ Μήκος: 3m
- ❖ Ύψος: 30cm
- ❖ Πλάτος: 20 cm
- ❖ Υλικό κατασκευής: Σωλήνες (στραντζαριστό-γαλβανιζέ) τετραγωνικής διατομής (πλευρά 3 cm).



Εικόνα 4.2. Η μονάδα άντλησης και αραίωσης πυκνών διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.



Εικόνα 4.3. Διάταξη των φυτών στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού που πραγματοποιήθηκε. Φαίνεται ο τρόπος παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.



Εικόνα 4.4. Φυτά μαρουλιού σε πλήρη ανάπτυξη στην υδροπονική καλλιέργεια που πραγματοποιήθηκε σε αυτή την πειραματική εργασία.

5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της πειραματικής μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση τριών διαφορετικών υποστρωμάτων, αλλά και η πυκνότητα φύτευσης στη παραγωγή μαρουλιού (*Lactuca sativa*) cv. Paris Island σε υδροπονική καλλιέργεια. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο υδροπονίας 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.* (2002) είναι τα πλέον κατάλληλα για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε και μίγμα cocosoil – περλίτη λόγω της ιδιότητας του cocosoil να είναι ένα μη τοξικό υλικό (Μάνιος, 1997).

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΤΕΙ Καλαματας. Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα από το Νοέμβριο 2008 έως τον Απρίλιο 2009.

Στο παρόν πείραμα μελετήθηκε η επίδραση του υποστρώματος στην ποιότητα και την απόδοση του μαρουλιού τύπου κατσαρό κεφαλωτό (ποικιλία Great lakes) σε υδροπονική καλλιέργεια. Χρησιμοποιήθηκαν τα υποστρώματα: α) περλίτης, β) ελαφρόπετρα και γ) cocosoil-περλίτης (50% περλίτης, 50% cocosoil) και πληρώθηκαν συνολικά 8 σάκοι όγκου 10 L με καθένα από τα υποστρώματα.

6.2. ΣΠΟΡΑ

Η σπορά έγινε στις 21/11/08 στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Λαχανοκαμίας του ΤΕΙ. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε δίσκους ομαδικής σποράς οι οποίοι είχαν πλυθεί και γεμιστεί με φυτόχωμα. Στη συνέχεια οι σπόροι καλύφθηκαν με ελαφριά στρώση φυτοχώματος και τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση για 10 λεπτά της ώρας για να ποτιστούν καλά. Έπειτα, μεταφέρθηκαν σε προβλαστήρια με θερμοκρασία ημέρας 20°C, θερμοκρασία νύχτας 13°C και διάρκεια φωτισμού 10 ώρες την ημέρα. Την επόμενη ημέρα οι σπόροι ξαναποτίστηκαν με ψεκασμό. Οι σπόροι φύτρωσαν σε 4 μέρες από την σπορά τους.

6.3. ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των φυτών από τις ομαδικές στις ατομικές θέσεις έγινε στις 06/02/08 (45 ημέρες μετά τη σπορά). Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε δίσκους που έφεραν 20 ατομικές θέσεις, οι οποίοι γεμίστηκαν με τύρφη. Τα φυτά παρέμειναν σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο και το πότισμα των νεαρών φυτών γινόταν με το σύστημα της υδρονέφωσης.

Η μεταφύτευση στις τελικές θέσεις έγινε στις 27/02/08, δηλ. 21 ημέρες μετά την πρώτη μεταφύτευση και 66 ημέρες μετά τη σπορά. Πριν τη φύτευση των φυτών στους σάκους πραγματοποιήθηκε καλό πότισμα των υποστρωμάτων με θρεπτικό

διάλυμα. Τα φυτά μεταφυτεύτηκαν με μπάλα χώματος και σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό που βρίσκονταν στους δίσκους σποράς. Μετά την τοποθέτηση του φυταρίου στην τελική του θέση πέστηκε το υπόστρωμα γύρω από το φυτό προκειμένου να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα.

Η φύτευση πραγματοποιήθηκε σε δυο αποστάσεις επί της γραμμής φύτευσης, 15 και 20 cm, με το μήκος κάθε καναλιού να είναι σταθερό και ίσο με 1 m. Κάθε κανάλι έφερε σήμανση στην οποία αναγραφόταν το υπόστρωμα και ο αριθμός της επανάληψης. Για κάθε επέμβαση το πειράματος (τρία διαφορετικά υποστρώματα x δύο αποστάσεις φύτευσης) χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις των 5 ή 7 φυτών ανά επανάληψη, ανάλογα με την απόσταση φύτευσης, δηλ. 5 φυτά σε κανάλια με αποστάσεις φύτευσης 20 cm και 7 φυτά σε κανάλια με αποστάσεις φύτευσης 15 cm.

6.4. ΛΙΠΑΝΣΗ

Η κύρια καλλιεργητική φροντίδα που γινόταν κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ήταν το πότισμα των φυτών με το θρεπτικό διάλυμα. Το πότισμα άρχισε αμέσως μετά τη μεταφύτευση των φυταρίων στην τελική τους θέση. Η χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος γινόταν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00 π.μ. έως 6 μ.μ). Η συχνότητα ποτίσματος ήταν 6 ποτίσματα / ημέρα και η διάρκεια ποτίσματος ήταν 1,5 min. Σε κάθε πότισμα χορηγούνταν η ίδια ποσότητα θρεπτικού διαλύματος σε όλα τα φυτά (0,05 L).

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

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος αποφασίστηκε αφού λήφθηκε υπόψη η σύσταση του νερού άρδευσης. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος μεταβλήθηκε στις 03/03/09. Η σύσταση του νερού άρδευσης καθώς και του θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1. Σύσταση των πυκνών διαλυμάτων.

ΠΥΚΝΟ ΔΙΑΛΥΜΑ Α	ΠΥΚΝΟ ΔΙΑΛΥΜΑ Β	ΠΥΚΝΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΟΞΕΩΣ
Νιτρικό ασβέστιο 5,099 kg	Θευκό μαγνήσιο 1,467 kg	Νιτρικό οξύ 5,229 L
Νιτρικό κάλιο 4,295 kg	Φωσφορικό μονοκάλιο 5,239 kg	
Νιτρική αμμωνία 0,962 kg	Θευκό κάλιο 3,651 kg	
Χηλικός σιδηρός 0,652 kg	Νιτρικό κάλιο 0,651 kg	

- Αναλογία πυκνού διαλύματος Α: 100:1
- Αναλογία πυκνού διαλύματος Β: 100:1
- Όγκος πυκνού διαλύματος Α: 200 L
- Όγκος πυκνού διαλύματος Β: 200 L
- Όγκος πυκνού διαλύματος Γ(οξέως): 200 L
- Αγωγιμότητα διαλύματος τροφοδοσίας: 2,10 ms/cm
- pH διαλύματος τροφοδοσίας: 5,50

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 σεL για τα υγρά.

Τα μητρικά διαλύματα παρασκευάζονταν έτσι ώστε, τα διάφορα ιόντα που απαιτούνταν για την ανάπτυξη των φυτών να βρίσκονται στην απαιτούμενη αναλογία μεταξύ τους. Η αραίωση γινόταν με το νερό της δεξαμενής.

Η ανάμιξη και αραίωση του διαλύματος γινόταν από εμάς, ωστόσο το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με pH-μετρο και αγωγιμόμετρο αντίστοιχα, για να διασφαλιστεί ότι βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

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

6.5. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των φυτών έγινε στις 13-4-2009, δηλ. 45 ημέρες μετά την τελική μεταφύτευση.

6.6. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

1. Αριθμός φύλλων ανά φυτό (45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
2. Νωπό βάρος υπέργειου μέρους κατά τη συγκομιδή (45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
3. Αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό
4. Νωπό βάρος εμπορεύσιμων φύλλων
5. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εξωτερικών φύλλων του φυτού
6. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων του φυτού
7. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων του φυτού.

Η μέτρηση της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών σε ξηρά ουσία έγινε ύστερα από ξήρανση αυτών σε θερμοκρασία 72°C, όπου οι φυτικοί ιστοί παρέμειναν έως ότου σταθεροποιηθεί το βάρος τους οπότε και είχε απομακρυνθεί όλη η περιεχόμενη υγρασία. Το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για την πλήρη ξήρανση των φυτικών ιστών ήταν περίπου μια εβδομάδα.

6.7. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το πείραμα είναι διπαραγοντικό (παράγοντας A: υπόστρωμα, παράγοντας B: απόσταση φύτευσης) και ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο και για κάθε επέμβαση. Σε κάθε επέμβαση χρησιμοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις των 7 φυτών η καθεμία όταν οι αποστάσεις φύτευσης είναι 15 cm και 4 επαναλήψεις των 5 φυτών η καθεμία όταν οι αποστάσεις φύτευσης είναι 20 cm. Λόγω της στατιστικά σημαντικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε χωριστά για κάθε παράγοντα. Η στατιστική ανάλυση έγινε με

τη βοήθεια του προγράμματος StatGraphics 5.1. Η σημαντικότητα των διαφορών των μέσων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς όταν πρόκειται για συγκρίσεις μεταξύ των υποστρωμάτων και με το κριτήριο του T-test όταν πρόκειται για συγκρίσεις μεταξύ των αποστάσεων φύτευσης.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ

Πίνακας 7.1. Μέσος αριθμός φύλλων 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	27,8 a (b)	30,3 a (a)
Ελαφρόπετρα	24,9 a (b)	30,0 a (a)
Cocosoil + περλίτης	25,6 a (b)	31,0 a (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Ανεξάρτητα από την απόσταση φύτευσης, το υπόστρωμα δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των φύλλων που έχουν σχηματιστεί στο φυτό την ημέρα της συγκομιδής, δηλ. 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση (πίνακας 7.1).

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Ανεξάρτητα από το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των φυτών, η απόσταση φύτευσης των 20 cm μεταξύ των φυτών προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση του αριθμού των φύλλων που σχηματίζονται στο φυτό (πίνακας 7.1).

7.2 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Πίνακας 7.2. Νωπό βάρος (g) υπέργειου μέρους κατά την συγκομιδή.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	316,66 a (b)	397,04 a (a)
Ελαφρόπετρα	210,75 b (b)	279,23 b (a)
Cocosoil + περλίτης	307,52 ab (a)	331,26 ab (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Τόσο στην απόσταση φύτευσης των 20 cm όσο και στην απόσταση φύτευσης των 15 cm, παρατηρείται ότι τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος υπέργειου τμήματος, σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα (πίνακας 7.2). Τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά στο νωπό βάρος του υπέργειου μέρους τους, τόσο σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη όσο και σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους του φυτού σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους τους (πίνακας 7.2).

7.3. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

Πίνακας 7.3. Αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	4,3 a (b)	5,2 a (a)
Ελαφρόπετρα	4,8 a (a)	4,7 a (a)
Cocosoil + περλίτης	4,5 a (a)	4,8 a (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Ανεξάρτητα από την απόσταση φύτευσης, το υπόστρωμα δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων στο φυτό (πίνακας 7.3).

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε περλίτη τότε η απόσταση των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση του αριθμού των μη εμπορεύσιμων φύλλων σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα ή cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων (πίνακας 7.3).

7.4. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

Πίνακας 7.4. Νωπό βάρος (g) εμπορεύσιμων φύλλων.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	296,24 a (b)	362,74 a (a)
Ελαφρόπετρα	194,91 b (b)	259,73 b (a)
Cocosoil + περλίτης	288,37 a (a)	299,09 ab (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm, ο περλίτης ή το cocosoil και περλίτης προκαλούν στατιστικά σημαντική αύξηση του νωπού βάρους των εμπορεύσιμων φύλλων σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα (πίνακας 7.4). Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm, ο περλίτης προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση του νωπού βάρους των εμπορεύσιμων φύλλων σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα. Τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά όσον αφορά στο νωπό βάρος του των εμπορεύσιμων φύλλων τους, τόσο σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη όσο και σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση του νωπού βάρους του υπέργειου μέρους του φυτού σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους τους (πίνακας 7.4).

Πίνακας 7.5. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων του φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	5,88 b (a)	6,17 b (a)
Ελαφρόπετρα	6,59 a (a)	6,65 ab (a)
Cocosoil + περλίτης	5,62 b (b)	7,08 a (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm, η ελαφρόπετρα προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εσωτερικών φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή cocosoil και περλίτη (πίνακας 7.5). Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm, το cocosoil και περλίτης προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εσωτερικών φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη. Η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων των φυτών που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτή των φυτών που αναπτύσσονται περλίτη ή cocosoil και περλίτη.

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εσωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα, η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα των εσωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία (πίνακας 7.5).

Πίνακας 7.6. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων του φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	4,10 b (a)	3,85 b (a)
Ελαφρόπετρα	4,65 a (a)	4,64 b (a)
Cocosoil + περλίτης	3,59 c (b)	5,54 a (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm, η ελαφρόπετρα προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των μεσαίων φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη, ο οποίος προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των μεσαίων φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται cocosoil και περλίτη (πίνακας 7.6). Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm, το cocosoil και περλίτης προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των μεσαίων φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα.

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των μεσαίων φύλλων σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα, η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα των μεσαίων φύλλων σε ξηρά ουσία (πίνακας 7.6).

Πίνακας 7.7. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εξωτερικών φύλλων του φυτού.

Υπόστρωμα	15 cm	20 cm
Περλίτης	4,22 a (a)	3,66 b (b)
Ελαφρόπετρα	4,68 a (a)	4,56 a (a)
Cocosoil + περλίτης	3,65 b (b)	5,07 a (a)

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

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

Επίδραση του υποστρώματος. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm, ο περλίτης ή η ελαφρόπετρα προκαλούν στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εξωτερικών φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη (πίνακας 7.7). Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20cm, το cocosoil και περλίτης και η ελαφρόπετρα προκαλούν στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εξωτερικών φύλλων του φυτού σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη.

Επίδραση της απόστασης φύτευσης. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική μείωση της περιεκτικότητας των εξωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm. Στα φυτά σε ελαφρόπετρα η απόσταση φύτευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα των εξωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία. Στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη, η απόσταση φύτευσης των 20 cm προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των εξωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με την απόσταση των 15 cm (πίνακας 7.7).

8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο αριθμός των φύλλων των φυτών δεν επηρεάστηκε από το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και στις δύο αποστάσεις φύτευσης, κάτι το οποίο παρατήρησε και ο Γεωργακίλας (2007) σε υδροπονική υπαίθρια καλλιέργεια μαρουλιού τόσο της ποικιλίας Paris Island όσο και της ποικιλίας Great Lakes. Πάντως όπως αναμενόταν, η μεγαλύτερες αποστάσεις φύτευσης των φυτών επέτρεψαν το σχηματισμό μεγαλύτερου αριθμού φύλλων και στα τρία υποστρώματα.

Παρόλα αυτά, τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη, ανεξάρτητα από την απόσταση φύτευσης, έχουν υπέργειο μέρος (κεφαλή) με μεγαλύτερο βάρος από αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα, κάτι που παρατήρησε και η Λιβαθυνοπούλου (2010) στην ποικιλία Great Lakes. Αντίθετα, ο Γεωργακίλας (2007) αναφέρει ότι δεν παρατήρησε διαφορές στο βάρος των κεφαλών των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes, κατά την καλλιέργειά τους στα ίδια υποστρώματα.

Επιπλέον, φαίνεται ότι το νωπό βάρος των κεφαλών των φυτών που αναπτύσσονται σε περλίτη ή ελαφρόπετρα είναι μεγαλύτερο όταν οι αποστάσεις φύτευσης είναι 20 cm, σε αντίθεση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη όπου η απόσταση φύτευσης δεν έχει επίδραση.

Ο αριθμός των μη εμπορεύσιμων φύλλων δεν επηρεάζεται από το υπόστρωμα και στις δύο αποστάσεις φύτευσης και κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, όπως αναφέρει και ο Γεωργακίλας (2007), ο οποίος όμως αναφέρει ότι στην ποικιλία Paris Island παρατηρείται μικρότερος αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων όταν αναπτύσσεται σε περλίτη. Σε αυτή πάντως την εργασία παρατηρήθηκε ότι τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη έχουν μεγαλύτερο αριθμό μη εμπορεύσιμων φύλλων όταν οι αποστάσεις φύτευσης είναι 20 cm, αλλά αυτό μάλλον αντισταθμίζεται από το μεγαλύτερο συνολικό αριθμό φύλλων που έχουν αυτά τα φυτά.

Το νωπό βάρος των εμπορεύσιμων φύλλων που αποτελεί σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των κεφαλών, αφού αυτά αποτελούν το τμήμα του φυτού που καταναλώνεται, είναι μεγαλύτερο όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε περλίτη ή cocosoil και περλίτη, και οι αποστάσεις φύτευσης είναι 15 cm. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm τότε μόνο ο περλίτης οδηγεί σε μεγαλύτερο νωπό βάρος των εμπορεύσιμων φύλλων.

Αν και η απόσταση φύτευσης των 20 cm ευνοεί την αύξηση του νωπού βάρους των εμπορεύσιμων φύλλων στα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη και

ελαφρόπετρα, πρέπει να σημειωθεί ότι σε cocosoil και περλίτη δεν έχει καμία επίδραση η απόσταση φύτευσης.

Εκτός όμως από το ύψος της παραγωγής, σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των φύλλων είναι η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία γιατί μπορεί να επηρεάσει θετικά τη διάρκεια συντήρησής τους (Πάσσαμ και Τσαντίλη, 1994). Έτσι, η περιεκτικότητα φύλλων (εσωτερικών, μεσαίων και εξωτερικών) είναι υψηλότερη στα φυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα και σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm καθώς και στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil και περλίτη όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας δε συμφωνούν με αυτά του Γεωργακίλα (2007) που παρατήρησε διαφορές μόνο στα εξωτερικά φύλλα των φυτών της ποικιλίας Paris Island η οποία καλλιεργήθηκε σε υδροπονικό σύστημα στην ύπαιθρο.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι πιο κατάλληλο για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων υπόστρωμα θεωρείται ο περλίτης και για τις δύο αποστάσεις φύτευσης. Όσον αφορά στις αποστάσεις φύτευσης, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις 20 x 20 cm. Πάντως η συμπεριφορά των φυτών είναι διαφορετική ανάλογα με το υπόστρωμα και την απόσταση φύτευσης και για το λόγο αυτό θα πρέπει και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά να λαμβάνονται υπόψη ώστε να επιλέγεται ο καταλληλότερος συνδυασμός για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων σε υδροπονικές καλλιέργειες μαρουλιού.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albright L.D. (1997). Controlled Environment Agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook/Lettuce%20Main.htm.
- Benton J. and Jones J. (2000). *A practical Guide for the Soilless Grower*. Edition Boca Raton, Florida pp. 23-26.
- Γεωργακίλας Γ. (2007). *Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υπαίθρια υδροπονική καλλιέργεια*. Πτυχιακή Μελέτη, Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Δημητράκης Κ.Γ. (1998). *Λαχανοκομία*. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- Howard M. and Resh Ph. D. (1995). *Hydroponic Food Production*. Edition Woodridge, London.
- Κανάκης Α. (2007). *Μαθήματα Λαχανοκομίας II*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Καραμπέτσος Ι. (2001). *Φυσιολογία φυτών*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Κουσούρη Ε. (2004). *Υδροπονική Καλλιέργεια Μαρουλιού*. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Λιβαθνοπούλου Χ. (2010). *Επίδραση του υποστρώματος και της πυκνότητας φύτευσης στην παραγωγή μαρουλιού (Lactuca sativa L.) cv. Great Lakes σε υδροπονική καλλιέργεια-Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε*. Πτυχιακή μελέτη, Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Μανιός Β. (1993). *Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους*. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός Β. (1994). *Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους*. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός Β. (1997). *Αξιολόγηση ελαφρόπετρας της νήσου Γιαλί Νισύρου ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών λαχανοκομικών καλλιεργειών*. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Μανιός Β. και Κεφάκη Μ. (1995). *Υδροπονικές Καλλιέργειες. Γεωργία-Κτηνοτροφία* 1: 10-16.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν.Γ. (1994). *Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν.Γ. (2001). *Θερμοκήπια*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς.

- Οικονομάκης Γ. (2002). Καλλιέργεια φράουλας με το σύστημα NFT. Υδροπονικές καλλιέργειες 1. Εκδόσεις Ζεύς, Αθήνα, σελ. 72-74.
- Ολύμπιος Χ.Μ. (2001). *Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στο Θερμοκήπια*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Πάσσαμ Χ.Κ. και Τσαντίλη Ε. (1994). *Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών*. Εκδόσεις Γ.Π.Α. σελ. 258.
- Siomos A.S., Papadopoulou P.P. and Dogras C.C. (2002). Quality of romaine and leaf lettuce at harvest and during storage. *Acta Horticulturae* **579**: 641-646.
- Siomos A. S., Beis G., Papadopoulou P.P., Nasi P. and Kaberidou I. (2001). Quality and composition of lettuce grown in soil and soilless culture. *Acta Horticulturae* **548**: 445-448.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι. και Μπαρμπαγιάννης Ν. (1999α). Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο, σελ. 238-241.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι. και Πέτκου Δ. (1999β). Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο σελ. 283-285.
- Soneveld C. and Straver N. (1994). Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.
- Στεργίου Β. (2002). *Η επίδραση της αζωτοχον λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού*. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γ.Π.Α.
- Walls I.G. (1993). *The Greenhouse*. Edition Wardlock, London
- 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.

Διαδύκτιο:

www.floridata.com, 2003

<http://www.agrek.gr>

<http://smet.gr/index.gr.php>