

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

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

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΛΙΒΑΘΥΝΟΠΟΥΛΟΥ

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

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

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΛΙΒΑΘΥΝΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέποντες καθηγητές:
Δ. Καραμουσαντάς
Χ. Μουρούτογλου
Α. Αλεξόπουλος

Καλαμάτα, 2010

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ).....	2
1.1 ΚΑΤΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	2
1.2 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	2
1.3 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ.....	3
1.4 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	4
1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ.....	4
1.5.1 ΦΥΤΟ.....	5
1.5.2 ΒΛΑΣΤΟΣ	5
1.5.3 ΦΥΛΛΑ	5
1.5.5 ΚΑΡΠΟΣ.....	6
1.5.6 ΡΙΖΑ.....	6
1.6 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	6
1.6.1 ΤΥΠΟΣ Cos - Romaine (ΚΩΣ - ΡΟΜΑΝΑ).....	7
1.6.2 ΤΥΠΟΣ ΛΕΙΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ (BUTTERHEAD).....	7
1.6.3 ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΣΑΡΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ (ICEBERG).....	8
1.6.4 ΤΥΠΟΣ ΣΑΛΑΤΑ (LOOSELEAF)	8
1.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ.....	9
1.7.1. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	9
1.7.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΑΝΣΗ.....	10
1.7.3 ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	10
1.7.4 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	12
1.8 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ.....	12
1.9 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ.....	13
1.9.1 ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ).....	13
1.9.2 ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ.....	14

1.9.3 ΣΚΛΗΡΩΤΕΝΙΑΣΗ.....	14
1.9.4 ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ	14
1.9.5 ΙΩΣΕΙΣ	14
1.9.6 ΩΙΔΙΟ.....	15
1.9.7 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ.....	15
1.9.8 ΑΦΙΔΕΣ	15
1.9.9 ΘΡΠΠΑΣ	15
1.9.10 ΕΝΤΟΜΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	15
1.9.11 ΚΟΧΛΙΕΣ - ΣΑΛΠΓΚΑΡΙΑ.....	16
1.9.12 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ - ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	16
2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	17
2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	17
2.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	18
2.1.2 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	19
2.1.3 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ	19
2.2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	21
2.2.1. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	21
2.2.2 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ.....	22
3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	24
3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ- ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	24
3.2 ΑΕΡΓΣΜΟΣ-ΕΞΑΕΡΓΣΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟΥ.....	24
3.3 ΔΡΟΣΙΜΟΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟΥ.....	24
3.4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟΥ.....	25
4. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙ-ΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΑΥΤΗ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ	27
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗΣ	27
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	27
5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	31

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	32
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
6.2 ΣΠΟΡΑ.....	32
6.3 ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ.....	32
6.4 ΛΙΠΑΝΣΗ	33
6.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	35
6.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	35
6.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	35
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
7.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΑΝΑ ΦΥΤΟ	37
7.2 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	40
7.3 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΒΛΑΣΤΟΥ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ	40
7.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	42
7.5 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	43
8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	51

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 Great Lakes. 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 όταν αυτά καλλιεργούνται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm. Μάλιστα φαίνεται ότι σε αυτό το υπόστρωμα τα φυτά αναπτύσσονται περίπου με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από τις αποστάσεις φύτευσης. Όταν η καλλιέργεια των φυτών γίνεται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm, τόσο ο περλίτης όσο και το μίγμα περλίτης + cocosoil δίνουν την υψηλότερη παραγωγή αλλά στο δεύτερο υπόστρωμα τα φύλλα φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, στοιχείο που είναι σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό για φυτικούς ιστούς που τους επιτρέπει να συντηρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ)

1.1 ΚΑΤΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.) θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή *scariola* L., το οποίο συναντάται ως ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, ή κατόπιν διασταυρώσεων με τα άγρια είδη *L. saligna* και *L. virosa*. Υπάρχουν πάνω από εκατό είδη στο γένος *Lactuca*. Το μαρούλι ανήκει στη μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια των φυτών, τα σύνθετα (*Compositae*) και στην υποδιαίρεση *Liguliflorae*, στην οποία τα ανθίδια έχουν χαρακτηριστικό σχήμα που μοιάζει σαν λουρί, και στους βλαστούς και τα φύλλα σχηματίζεται ένας γαλακτώδης χυμός (*latex*). Συγγενικά είδη με το μαρούλι είναι το κичώριο (*chicory*), το αντίδι, κ.α.

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 Καββάδας (1956), αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca*. Στην αρχαία Ελλάδα το μαρούλι υπήρξε λαχανούμενο είδος και αναφέρεται τόσο από τον Θεόφραστο και τον Ηρόδοτο ως «θρίδαξ» όσο και από τον Διοσκουρίδη ως «θρίδαξ η ήμερος», ενώ από τους Ρωμαίους καλούνταν Λακτούκα.

Σήμερα το μαρούλι είναι διαδεδομένο και καλλιεργείται σε όλη την υφήλιο. Θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα φυλλώδη λαχανικά που καταναλώνονται ενώ τόσο στην Ελλάδα όσο και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στη Ν. Ζηλανδία και στην Ιαπωνία. (Δημητράκης, 1998).

1.2 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα το μαρούλι, σε αντίθεση με πολλά άλλα λαχανικά που καλλιεργούνται σε εξειδικευμένες περιοχές, έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφηλίου ως ετήσιο λαχανικό. Στην Ασία παράγεται το 50% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ το 27% και 20% στη Β. & Κ. Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα. Η Κίνα και οι Η.Π.Α είναι οι κυριότερες χώρες

παραγωγής σε διεθνές επίπεδο, ενώ η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως στην ύπαιθρο σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σχηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας, πρόβλημα που γίνονται προσπάθειες να ξεπεραστεί με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Η ζήτηση μαρουλιού 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 των φυτών 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 (Ολύμπιος, 2001).

Το παραγόμενο μαρούλι καταναλώνεται κυρίως στην ντόπια αγορά, εξαγωγές δεν γίνονται, θα μπορούσε όμως να καλλιεργηθεί και για εξαγωγές στις χώρες της Β. Ευρώπης κατά τον χειμώνα (Ολύμπιος, 2001).

1.3 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ

Το μαρούλι ευδοκimei καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμη και κάτω των -5°C , ενώ υπό συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών έχει την τάση να αναπτύσσει πρώιμα ανθοφόρο βλαστό, κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο. Έτσι, καλλιέργειες που γίνονται νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη αποτυγχάνουν πολλές φορές, γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο.

Πολλές ποικιλίες έχουν ευρεία προσαρμογή στις διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού ενώ άλλες διακρίνονται για την ιδιαιτερότητα τους να ευδοκimeούν κάτω από κάποιες ακραίες εποχικές συνθήκες.

Το μαρούλι ως προς το έδαφος είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει σε διάφορους τύπους εδαφών, όμως ευδοκimei καλύτερα σε γόνιμα εδάφη, μέσης σύστασης πλούσια σε οργανική ουσία (Δημητράκης, 1998).

1.4 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι καταναλώνεται είτε νωπό σε σαλάτες είτε μαγειρεμένο. Το μαρούλι τύπου Cos ή Romaine είναι πιο θρεπτικό από τους κεφαλωτούς τύπους μαρουλιού, γιατί έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες A και C (Ολύμπιος, 2001). Το μαρούλι είναι επίσης μια καλή πηγή Ca και P. Η περιεκτικότητά των διαφόρων τύπων μαρουλιού σε διάφορα θρεπτικά στοιχεία παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Μέση σύνθεση 100 g φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα).

	Κεφαλωτό (<i>Butterhead</i>)	Ρωμάνα (<i>Cos</i> ή <i>Romaine</i>)	Κατσαρό κεφαλωτό (<i>Crisphead</i>)
Ενέργεια (θερμίδες)	11	16	11
Νερό (g)	96	94	95
Πρωτεΐνες (g)	1,2	1,6	0,8
Λίπη (g)	0,2	0,2	0,1
Υδατάνθρακες (g)	1,2	2,1	2,3
Βιταμίνη A (IU)	1.200	2.600	300
Βιταμίνη B1 (mg)	0,07	0,10	0,07
Βιταμίνη B2 (mg)	0,07	0,10	0,03
Βιταμίνη C (mg)	9	24	5
Νιασίνη (mg)	0,4	0,5	0,3
Άλατα Ca (mg)	40	36	13
Άλατα Fe (mg)	1,1	1,1	1,5
Άλατα Mg (mg)	16	6	7
Άλατα P (mg)	31	45	25

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004).

1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδώδιμο 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 (Δημητράκης, 1983).

1.5.1 ΦΥΤΟ

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ποώδες.

1.5.2 ΒΛΑΣΤΟΣ

Ο βλαστός του φυτού είναι πολύ κοντός κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης και φέρει τα φύλλα πολύ πυκνά. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης αναπτύσσεται σημαντικά και σχηματίζεται ο ανθοφόρος βλαστός (Κανάκης, 2007).

1.5.3 ΦΥΛΛΑ

Τα φύλλα που είναι λεία, πλατειά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωσειδή, 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).

1.5.4 ΑΝΘΙΚΟ ΣΤΕΛΕΧΟΣ - ΑΝΘΗ

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής σχηματίζεται ανθικό στέλεχος (ανθοφόρος βλαστός) ύψους 60-120 cm., όρθιο, λείο, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο (Κανάκης, 2007).

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες – κεφαλές γύρω από τον ανθοφόρο βλαστό σε διακλαδώσεις, υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρυ 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; Κανάκης, 2007).

1.5.5 ΚΑΡΠΟΣ

Ο καρπός (σπόρος) είναι αχαίνιο, μικρός, επιμήκης (3-4 mm), χρώματος πράσινου ή λευκού, λείος με 5-7 ραβδώσεις και φέρει πάλλο από λεπτές λευκές τρίχες, το χαρακτηριστικό των συνθέσεων. Παλαιότερα, από τα σπέρματα γινόταν εξαγωγή λαδιού μόνο από συμπίεση, το οποίο χρησιμοποιείτο για διατροφή και για φωτιστικούς σκοπούς (Αίγυπτος)(Ολύμπιος, 2001).

1.5.6 ΡΙΖΑ

Το μαρούλι σχηματίζει ρίζα πασσαλώδη, όμως με τη διαδικασία της μιας ή περισσότερων μεταφυτεύσεων που ακολουθούνται, η κεντρική ρίζα του φυτού καταστρέφεται και αναπτύσσει θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα (Ολύμπιος, 2001).

1.6 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Οι διάφορες ποικιλίες μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το χρώμα , ως προς την πρωιμότητα, ως προς την αντοχή στο σχηματισμό ανθοφόρου βλαστού σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλης ημέρας ως προς την ανθεκτικότητα σε ασθένειες και ως προς την εποχή καλλιέργειας.

1.6.1 ΤΥΠΟΣ Cos - Romaine (ΚΩΣ - POMANA)

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



ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Τύπος μαρουλιού Romaine.

1.6.2 ΤΥΠΟΣ ΛΕΙΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ (BUTTERHEAD)

Πρόκειται για τύπο μαρουλιού που σχηματίζει κλειστή κεφαλή με λεία ή ελαφρώς κυματοειδή φύλλα. Το μέγεθος του φυτού είναι μέτριο και τα φύλλα έχουν χρώμα ανοιχτό πράσινο. Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου μαρουλιού είναι οι White Boston και Boston που απαιτούν περίπου 70 ημέρες από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή. Άλλες γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Italica, Citation, Artemis (Ολύμπιος, 2001).



ΕΙΚΟΝΑ 1.2 : Τύπος μαρουλιού λείο κεφαλωτό (πηγή: www.farmgirlfare.com).

1.6.3 ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΣΑΡΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ (ICEBERG)

Είναι κεφαλωτό, κατσαρό μαρούλι κατάλληλο για φθινοπωρινή, χειμερινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Το φυτό σχηματίζει κεφαλή σχεδόν σφαιρική που είναι συνεκτική, μεγάλη και κλειστή. Τα φύλλα έχουν χρώμα ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Ποικιλίες αυτού του τύπου καλλιεργούνται κυρίως στις Η.Π.Α. και στον Καναδά. Ποικιλία μεσοπρώιμη και ανθεκτική στην έκπτυξη ανθοφόρου βλαστού. Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι Empire, Brogan, Great Lakes, Salinas, Italica, Brogan (Δημητράκης, 1998; Κανάκης, 2007). Ιδιαίτερα η Great Lakes είναι μια ποικιλία που σχηματίζει κεφαλή μετρίου μεγέθους και έχει χρώμα πράσινο σκούρο και επιφάνεια ελαφρά κυματοειδούς εμφάνισης. Είναι πολύ ανθεκτική στο περιφερειακό κάψιμο των φύλλων (Κανάκης, 2007)

1.6.4 ΤΥΠΟΣ ΣΑΛΑΤΑ (LOOSELEAF)

Τα φυτά αναπτύσσουν τα φύλλα τους ελεύθερα και δεν σχηματίζουν κεφαλή. Τα φύλλα είναι κυματοειδή-κατσαρά και το χρώμα τους ποικίλει στις διάφορες αποχρώσεις του πράσινου και πολλές φορές τα εξωτερικά κυρίως φύλλα φέρουν κοκκινωπή απόχρωση (Ολύμπιος, 2001).

Υπάρχουν και άλλοι τύποι μαρουλιού όπως το *Stem* ή *Asparagus Lettuce*, γνωστό ως κινέζικο μαρούλι. Αυτό σχηματίζει ένα επίμηκες, αρκετά χονδρό και σαρκώδες ανθικό στέλεχος με τρυφερά φύλλα, το οποίο καταναλώνεται είτε ωμό είτε μαγειρεμένο. Άλλος είδος μαρουλιού, του οποίου καταναλώνονται τα σαρκώδη φύλλα είναι το ινδικό μαρούλι *Lactuca indica*, το οποίο καλλιεργείται σαν πολυετές (Ολύμπιος, 2001).

1.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

1.7.1. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Ο πολλαπλασιασμός του μαρουλιού γίνεται με σπόρο και υπάρχουν δύο τρόποι εγκατάστασης μιας καλλιέργειας στον αγρό: (1) απευθείας σπορά στο χωράφι, και (2) σπορά σε σπορεία, ανάπτυξη φυταρίων και μεταφύτευση. Η δεύτερη αυτή μέθοδος εφαρμόζεται στα θερμοκήπια. Τα φυτάρια πρέπει να είναι υγιή και δυνατά και κατά τη μεταφύτευση επιλέγονται αυτά με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με τον Ολύμπιο (2001), όταν ακολουθείται η τεχνική της μεταφύτευσης μπορεί να γίνει:

1. Αυτόματη σπορά καλυμμένων σπόρων σε κύβους.
2. Με το χέρι σπορά κανονικού σπόρου σε κύβους εδάφους.
3. Σπορά καλυμμένων σπόρων σε πλαστικούς δίσκους ή δίσκους από φελιζόλ.
4. Σπορά σε κιβώτια και μεταφύτευση σε κύβους εδάφους ή δίσκους.
5. Σπορά σε κιβώτια, αλίες ή θερμοσπορεία και μεταφύτευση απευθείας στο έδαφος του θερμοκηπίου.

Η μεταφύτευση γίνεται είτε μηχανικά είτε με τα χέρια και τα φυτάρια μεταφυτεύονται όταν αποκτήσουν 3-5 φύλλα, ένα μήνα περίπου από τη σπορά στο σπορείο (Κανάκης, 2007).

Κατά τη μηχανική μεταφύτευση χρησιμοποιούνται μηχανήματα διαφόρων τύπων, τα οποία δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένα και τα οποία έλκονται από γεωργικούς ελκυστήρες. Ο αριθμός των φυτών μαρουλιού ανά στρέμμα ή ανά m^2 εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης που θα επιλεγούν. Οι αποστάσεις φύτευσης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που πρέπει να λάβει υπόψη του ο καλλιεργητής, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι: η εποχή φύτευσης, η ποικιλία, η τοποθεσία φύτευσης (αγρός ή θερμοκήπιο), το μέγεθος της παραγωγής του φυτού (τελικού προϊόντος) που προτιμά η αγορά, η τιμή (έσοδα) που εξασφαλίζει το μεγαλύτερο μέγεθος ή βάρος κεφαλής, ο εμπλουτισμός του αέρα του θερμοκηπίου με CO_2 (ανθρακολίπανση) κ.ά. (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια μαρουλιού στο θερμοκήπιο γίνεται ακολουθώντας συστήματα με σχετικά μεγάλες αποστάσεις φύτευσης και επομένως καλλιεργείται μικρότερος αριθμός φυτών στο στρέμμα. Γενικά, οι αποστάσεις

φύτευσης είναι 30-40 cm και προς τις δυο κατευθύνσεις ή 25-35 cm επί της γραμμής και 30-50 cm μεταξύ των γραμμών (Ολύμπιος, 2001; Κανάκης, 2007).

1.7.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ

Το μαρούλι αναπτύσσει θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να ποτίζεται με συχνά και μικρή ποσότητα νερού παρά με μεγάλες ποσότητες νερού και αραιά. Οι ανάγκες σε νερό μίας καλλιέργειας μαρουλιού ανέρχονται για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο υπολογίζονται περίπου σε 336 m³/στρ.

Τα φυτά απορροφούν ένα σημαντικό αριθμό θρεπτικών στοιχείων, ορισμένα από τα οποία είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες (μικροστοιχεία) και άλλα σε περιορισμένες (ιχνοστοιχεία). Τα κύρια μικροστοιχεία και ιχνοστοιχεία για ισορροπημένη ανάπτυξη των φυτών μαρουλιού είναι Άζωτο (N), Κάλιο (K), Φώσφορος (P), Μαγνήσιο (Mg), Θείο (S), Βόριο (B), Ψευδάργυρος (Zn), Μαγνήσιο (Mn), Σίδηρος (Fe) και Χαλκός (Cu) (Ολύμπιος, 2001). Έτσι, έχει υπολογιστεί ότι η καλλιέργεια μαρουλιού αφαιρεί ανά στρέμμα εδάφους 8-10 kg αζώτου (N), 3 kg φωσφόρου (P) και 9-10 kg καλίου (K) (Ζούμη, 2009).

1.7.3 ΕΛΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το φως επιδρά στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού κατά συνέπεια επιδρά και στο ρυθμό ανάπτυξης του φυτού. Επίσης, το φως επιδρά στη δημιουργία της χλωροφύλλης που προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος, 2001). Η απορρόφηση αζώτου στο μαρούλι επηρεάζεται από το φωτισμό και τη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. 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).

Η **θερμοκρασία** επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη του φυτού καθώς πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο ανάπτυξης οδηγούν σε σχηματισμό χαλαρής κεφαλής, ανάπτυξη ανθοφόρου βλαστού και υπόπικρη γεύση των φύλλων. Η υγρασία

μαζί με τις μέτριες θερμοκρασίες ευνοεί την ανάπτυξη περονόσπορου και καλό είναι να αποφεύγεται κάτι τέτοιο (Κανάκης, 2007).

Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής αντέχει και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε χαμηλές θερμοκρασίες (μπορεί να αντέξει έως -5°C). ενώ υπό συνθήκες θερμές έχει την τάση να αναπτύσσει πρώιμα ανθοφόρο βλαστό, ιδιαιτέρως όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται και με μεγάλη **φωτοπερίοδο**.

Γενικά, συνιστάται η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας να κυμαίνεται από $5-7^{\circ}\text{C}$ χαμηλότερα από την αντίστοιχη θερμοκρασία της ημέρας Η άριστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπόρων είναι μεταξύ $15-21^{\circ}\text{C}$ (Κανάκης, 2007).

Για τα κεφαλωτά μαρούλια συνιστώνται οι εξής θερμοκρασίες:

- Θερμοκρασία νύκτας: 15°C
- Θερμοκρασία ημέρας με συννεφιά: $17-20^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία ημέρας ηλιόλουστης: $21-24^{\circ}\text{C}$

Για τα κατσαρά κεφαλωτά μαρούλια (Iceberg) συνιστώνται οι εξής θερμοκρασίες:

- Θερμοκρασία νύκτας: $10-15^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία ημέρας: $13-21^{\circ}\text{C}$

Η διακύμανση της θερμοκρασίας που παρατηρείται παραπάνω, συνδέεται με την ένταση του φωτισμού.

Πολλές ποικιλίες που ανήκουν σε διάφορους τύπους μαρουλιού έχουν την ικανότητα ευρείας προσαρμογής σε διάφορες θερμοκρασίες. γι' αυτό μπορούν να καλλιεργηθούν διάφορες εποχές του χρόνου (Κανάκης, 2007).

Το **διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)** ευνοεί την πρωίμηση της παραγωγής κατά 10 ημέρες ως και μερικές εβδομάδες και παράλληλα οδηγεί σε 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). Για το λόγο αυτό προτείνεται ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO_2 με την προϋπόθεση ότι ο χώρος του θερμοκηπίου μπορεί να παραμείνει κλειστός.

1.7.4 ΣΥΓΚΟΜΙΑΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μία διαδικασία που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς λανθασμένοι χειρισμοί μπορούν να προκαλέσουν άμεση υποβάθμιση του προϊόντος (Walls, 1993). Τα «κεφαλωτά» μαρούλια πρέπει να έχουν καλοσχηματισμένη, σφιχτή κεφαλή, με διάμετρο μεγαλύτερη από 15 cm (Valenzuela et al., 2003). Τα κεφαλωτά μαρούλια συγκομίζονται όταν αποκτήσουν το κανονικό μέγεθος και είναι συνεκτικά. Τα μαρούλια κατά τη συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος περίπου 150 g. Τα μαρούλια με βάρος μεγαλύτερο από 200-300 g είναι ανεπιθύμητα, αρκεί να φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω και σε κάθε περίπτωση το αποδεκτό βάρος τους εξαρτάται από τον τύπο του μαρουλιού και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι και η τομή πρέπει να γίνεται στη βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος. Τα φυτά μπαίνουν σε πλαστικά κιβώτια (τελάρα) και τοποθετούνται αμέσως σε συνθήκες συντήρησης (Walls, 1993).

Γενικά, τα μαρούλια τύπου Romaine συγκομίζονται 70- 75 ημέρες μετά τη σπορά, τα μαρούλια τύπου Butterhead 60 ημέρες μετά τη σπορά, τα μαρούλια τύπου Crisphead 80-85 ημέρες μετά τη σπορά και τα μαρούλια τύπου Looseleaf 45 ημέρες μετά τη σπορά. Τα φυλλώδη μαρούλια συγκομίζονται μόλις τα φύλλα τους μεγαλώσουν και υπάρχει ζήτηση στην αγορά (Howard and Resh, 1995).

Όταν συγκομίζονται ανώριμα καθίστανται χαλαρά και ακατάλληλα για μεταφορά και εμπορία.

Η χρονική διάρκεια από τη μεταφύτευση του μαρουλιού έως την ωρίμαση του εξαρτάται από την ηλιοφάνεια και τις θερμοκρασίες που επικρατούν στη περιοχή. Ο χρόνος συγκομιδής εξαρτάται από τον τύπο του μαρουλιού και τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας και κυμαίνεται στις 30 ημέρες περίπου από την ημέρα μεταφύτευσης (Ολύμπιος, 2001).

1.8 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ

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) (Dunkun et al., 1997). Τα τελευταία 20 χρόνια τα νιτρικά, κυρίως μέσω της διατροφής, ενοχοποιούνται για τη διέγερση σχηματισμού

καρκινικών όγκων στον ανθρώπινο οργανισμό. Το 80-90% των νιτρικών που εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα προέρχεται από τα λαχανικά και κυρίως από τα φυλλώδη λαχανικά (Dunkun et al., 1997). Το γεγονός αυτό οδήγησε στον περιορισμό των επιτρεπτών επιπέδων νιτρικών και νιτρωδών στα τρόφιμα και στο πόσιμο νερό (Dunkun 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. Η κατάσταση στην Ελλάδα δεν είναι τόσο ανησυχητική, όσο στη Β. Ευρώπη. Σε μελέτη που έγινε για τη συγκέντρωση των νιτρικών σε λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται στη χώρα μας, διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση βρίσκεται σε αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο (Siomos and Dogras, 1999).

1.9 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ

1.9.1 ΒΟΤΡΥΤΗΣ (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ)

Οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea*. Ο μύκητας προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του και προκαλεί σημαντικές ζημιές κυρίως στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται με τη μορφή στιγμάτων σκούρου χρώματος. Στα κάτω φύλλα εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στη συνέχεια εμφανίζεται η γκριζοκαφέ καρποφορία του μύκητα, όπου το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται. Η ασθένεια περιορίζεται με τον καλό εξαερισμό του θερμοκηπίου, την αποφυγή διαβροχής των φυτών για μεγάλο χρονικό διάστημα και με προσεκτικές κινήσεις κατά την διάρκεια των καλλιεργητικών περιποιήσεων (Παναγόπουλος, 1995).



ΕΙΚΟΝΑ 1.3 : Προσβολή φυτού από βοτρυτή.

1.9.2 ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

Οφείλεται στο μύκητα *Rgemia lactuca*. Ο μύκητας αυτός προκαλεί στο μαρούλι χλωρωτικές κηλίδες στα κάτω φύλλα την περίοδο που επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας και έπειτα προκαλείται σήψη των φύλλων. Η ασθένεια περιορίζεται με αραιή φύτευση, αερισμό των θερμοκηπίων και ψεκασμούς με καρβαμιδικά ή χαλκούχα μυκητοκτόνα (Παναγόπουλος, 1995).

1.9.3 ΣΚΛΗΡΩΤΙΝΙΑΣΗ

Οφείλεται στο μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, στον κορμό του φυτού και τα κατώτερα φύλλα. Στη διάρκεια συνθηκών υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται ως υγρή σήψη, στη συνέχεια αναπτύσσεται το άσπρο μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληρωτίων του μύκητα. Η προσβολή των φυτών από αυτό το μύκητα έχει ως αποτέλεσμα αρχικά τη μάρανσή τους και στη συνέχεια τη πλήρη καταστροφή τους (Παναγόπουλος, 1995).

1.9.4 ΤΗΞΗ ΣΠΟΡΕΙΩΝ

Οφείλεται σε μύκητες του γένους *Pythium* sp., που 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 (Παναγόπουλος, 1995).

1.9.5 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 μωσαϊκό πράσινου και κίτρινου χρώματος στα φύλλα, η παραμόρφωση των φύλλων και η καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών. Με την έγκαιρη απομάκρυνση των μολυσμένων φυταρίων καθώς με την χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού αντιμετωπίζεται η εξάπλωση της ίωσης (Παναγόπουλος, 1995).

1.9.6 ΩΙΔΙΟ

Οφείλεται στο μύκητα *Erysiphe cichoracearum*, που εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με χαρακτηριστικό λευκό επάνθισμα των ωιδίων. Η πιθανότητα προσβολής εντείνεται όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας (Παναγόπουλος, 1995).

1.9.7 ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ

Σημαντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στα θερμοκήπια δημιουργεί και ο αλευρώδης (*Trialeuroides vaporariorum*), του οποίου οι προνύμφες και στη συνέχεια τα τέλεια έντομα εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων όπου και τρέφονται. Η παρουσία τους, ιδιαίτερα κατά τη συγκομιδή υποβαθμίζει σημαντικά την ποιότητα του προϊόντος. Η καταπολέμηση του συνίσταται με βιολογική καταπολέμηση ή με κίτρινες παγίδες (Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004).

1.9.8 ΑΦΙΔΕΣ

Οι αφίδες (*Myzus persicae*) εμφανίζονται και πολλαπλασιάζονται κυρίως πάνω στα νεαρά φύλλα του μαρουλιού. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκαλούν είναι η μετάδοση των ιώσεων (Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004).

1.9.9 ΘΡΙΠΑΣ

Τελευταία παρατηρείται έξαρση της προσβολής των φυτών μαρουλιού από τον θρίπα *Frankliniella occidentalis* με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της παραγωγής (Κανάκης, 2007).

1.9.10 ΕΝΤΟΜΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Προκαλούν ζημιές στο ριζικό σύστημα και καταπολεμούνται με εντομοκτόνα εδάφους (Κανάκης, 2007).

1.9.11 ΚΟΧΛΙΕΣ – ΣΑΛΙΓΚΑΡΙΑ

Προκαλούν ζημιές τρώγοντας τα φύλλα των φυτών. Για την καταπολέμηση τους χρησιμοποιούνται δολώματα μεταλδεύδης (Δημητράκης, 1998).

1.9.12 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ - ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Στα μαρούλια προκαλούνται ζημιές από φυσιολογικές ανωμαλίες στις οποίες περιλαμβάνονται το φυσιολογικό κάψιμο, το περιθωριακό κάψιμο των φύλλων και η υάλωση. Το **φυσιολογικό κάψιμο των φύλλων**, όπως και το περιθωριακό κάψιμο των φύλλων, οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ελλιπή τροφοδοσία των φύλλων με νερό. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο όταν οι συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία, χαμηλή σχετική υγρασία) ευνοούν την έντονη εξατμισοδιαπνοή. **Υάλωση** παρατηρείται όταν η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού από υγρασία. Συνήθως εμφανίζεται σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Τα συμπτώματα εμφανίζονται στα άκρα κυρίως των φύλλων σαν κάψιμο, καθώς η ασθένεια λέγεται αλλιώς κάψιμο των νεύρων των φύλλων (Ολύμπιος, 2001).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Η υδροπονία είναι η μέθοδος όπου τα φυτά μεγαλώνουν μέσα στο νερό. Η λέξη προέρχεται από το "Υδωρ = Νερό" και το "Πόνος = Εργασία". Αρκετοί πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν την υδροπονία ως μέθοδο καλλιέργειας εδώ και αρκετές χιλιάδες χρόνια με γνωστά παραδείγματα τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας και τους πλεούμενους κήπους των Ατζέκων στο Μεξικό (Howard and Resh, 1995). Από το Β΄ παγκόσμιο πόλεμο και μετά έγιναν πολλά σημαντικά βήματα στην ανάπτυξη αυτού του τρόπου καλλιέργειας των φυτών (Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί παραλλαγές της καλλιέργειας των φυτών σε υδροπονικά συστήματα, όπως είναι η αεροπονία και η καλλιέργεια σε σύστημα επίπλευσης (floating system).

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της υδροπονίας σύμφωνα με τον Μαυρογιαννόπουλο (1994) είναι:

- μέγιστη εκμετάλλευση της γενετικής δυνατότητας των φυτών.
- ορατή βελτίωση στην ποσότητα και στις συγκομιδές.
- σημαντική μείωση του διαστήματος μεταξύ σταδίου ανάπτυξης και σταδίου άνθισης και καρποφορίας για μια μεγάλη ποικιλία φυτών.
- αποδοτικότερη χρήση του διαθέσιμου χώρου.
- συνολική απουσία ζιζανιοκτόνων.
- περιορισμός των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού και λιπασμάτων,
- χρησιμοποίηση σε ερευνητικούς σκοπούς.

Παρόλα αυτά, η υδροπονική καλλιέργεια των φυτών παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα (Μαυρογιαννόπουλος, 1994), όπως:

- απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος και είναι αρκετά δύσκολη η προσθήκη ιχνοστοιχείων λόγω των μικρών ποσοτήτων που απαιτείται να προστεθούν,
- απαιτείται η ύπαρξη προηγμένης τεχνολογίας (αυτόματο πότισμα, μηχανισμοί κυκλοφορίας θρεπτικού διαλύματος),

- ο απαιτείται η ύπαρξη 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).
- ο λάθη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας όπως 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.

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 ξαναχρησιμοποιείται 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 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.1.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα υποστρώματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να είναι τεχνητά υλικά τα οποία να προέρχονται από την επεξεργασία πετρωμάτων ή φυσικές πρώτες ύλες οι οποίες υπόκεινται σε ειδική επεξεργασία. Τα πιο διαδεδομένα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι τα ακόλουθα:

- ο πετροβάμβακας (rockwool, stonewool) που έχει το πλεονέκτημά να συγκρατεί πολύ μεγάλες ποσότητες θρεπτικού διαλύματος μιας και οι πόροι του καταλαμβάνουν περίπου το 96% του όγκου του με αποτέλεσμα την κατανάλωση πολύ μικρότερων ποσοτήτων νερού από οποιοδήποτε άλλο υπόστρωμα,
- ο ελαφρόπετρα που χρησιμοποιείται συνήθως σε σάκους φύτευσης ή σε κανάλια καλλιέργειας και έχει πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά στην ανάπτυξη των φυτών ενώ παράλληλα έχει και χαμηλό κόστος αγοράς,
- ο περλίτης που συνήθως χρησιμοποιείται σε σάκους ή σε κανάλια καλλιέργειας και επιτρέπει τόσο τη συγκράτηση μεγάλων θρεπτικού διαλύματος όσο και τον ικανοποιητικό αερισμό των ριζών των φυτών,

- κοκοφοίνικας (cocosoil, cocopeat) που προέρχεται από το παχύ μεσοκάρπιο του καρπού της καρύδας και είναι υλικό απαλλαγμένο από ασθένειες,
- ζεόλιθοι,
- βερμικουλίτης,
- άργιλος,
- άμμος.

2.1.2 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί ουσιαστικά προσφέρουν μια σειρά από υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών. Αρχικά, συγκρατούν το υπόστρωμα συμβάλλοντας στη διευκόλυνση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός, κατά συνέπεια αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών ενώ παράλληλα παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των ανεπιθύμητων αλγών.

Επίσης, εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό απαιτείται και απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος, όπου αυτό δεν εξασφαλίζεται με άλλο τρόπο (Μανιός, 1994).

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

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

2.1.3 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

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

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

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

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).

2.2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

2.2.1. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

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

Οι αποστάσεις φύτευσης εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία του καλλιεργούμενου μαρουλιού, 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 (βοτρυτής). Αντίθετα στο σύστημα πυραμίδας όπου οι συνθήκες αερισμού των φυτών είναι σίγουρα καλύτερες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μικρότερες αποστάσεις (Howard and Resh, 1995).

Σε μια υδροπονική θερμοκηπιακή καλλιέργεια μαρουλιού διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο η κατά το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του χώρου του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικό και ποιοτικό αποτέλεσμα. Ο μικρός σχετικά όγκος που καταλαμβάνει το μαρούλι επιτρέπει στον παραγωγό να έχει πολλές λύσεις στο σύστημα φύτευσης που θα χρησιμοποιήσει.

Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά συστήματα φύτευσης των φυτών μαρουλιού στο θερμοκήπιο, 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).

2.2.2 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού διαφέρει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Έτσι κατά το στάδιο της ανάπτυξης των νεαρών φυτών στο θρεπτικό διάλυμα δεν προστίθεται αμμωνία,

επειδή δρα τοξικά στα νεαρά ριζίδια και περιορίζει το ρυθμό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος.

Αργότερα, με την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, μπορεί να προστίθεται μικρή ποσότητα αμμωνίας για να σταθεροποιηθεί καλύτερα το pH του θρεπτικού διαλύματος. Είκοσι ημέρες πριν τη συγκομιδή των μαρουλιών διακόπτεται η χορήγηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ώστε να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό η συγκέντρωση των νιτρικών στο φύλλωμα, που είναι το εδάδιμο μέρος του φυτού, διότι τα νιτρικά είναι επικίνδυνα για την υγεία του καταναλωτή (Στεργίου, 2002).

Η σύσταση, η αγωγιμότητα και το pH του χρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού ποικίλλουν. Γενικά όμως οι επιθυμητές τιμές για την ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνονται από 1,2 - 2,7 και για το pH από 5,5-6,5 με άριστη τιμή το 5,8 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Πίνακας 2.1. Προτεινόμενη σύσταση θρεπτικού διαλύματος για υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.

	Μαυρογιαννόπουλος (1994)	Albright (1997)	Σιώμος κ.α. (1999α, β)	Soneveld and Straver (1994)
NO_3^-	9,5 mmol/l	8,9 mmol/l	18,18 mmol/l	19,0 mmol/l
H_2PO_4^-	1,0 mmol/l	1 mmol/l	2,0 mmol/l	2,0 mmol/l
SO_4^{2-}	0,5 mmol/l	1,1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,12 mmol/l
NH_4^+	0,5 mmol/l	-	0,96 mmol/l	1,25 mmol/l
Ca^{2+}	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^{2+}	0,75 mmol/l	1 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l
Fe^{2+}	35,0 $\mu\text{mol/l}$	16,8 $\mu\text{mol/l}$	40,07 $\mu\text{mol/l}$	40,0 mmol/l
Mn^{3+}	5,0 $\mu\text{mol/l}$	2,5 $\mu\text{mol/l}$	5,01 $\mu\text{mol/l}$	5,0 mmol/l
Zn^{2+}	3,0 $\mu\text{mol/l}$	2 $\mu\text{mol/l}$	4,01 $\mu\text{mol/l}$	4,0 mmol/l
B^{3+}	20,0 $\mu\text{mol/l}$	15 $\mu\text{mol/l}$	30,0 $\mu\text{mol/l}$	30,0 mmol/l
Cu^{2+}	0,5 $\mu\text{mol/l}$	0,4 $\mu\text{mol/l}$	0,75 $\mu\text{mol/l}$	0,75 mmol/l

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ 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, 1994).

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, 1994).

3.3 ΔΡΟΣΙΜΟΣ 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, 1994).

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 (βαρύς χειμώνας) και την οικονομική ευχέρεια του αγρότη. Οι κυριότερες πηγές είναι:

- Τα υγρά καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο)
- Ο ήλιος (φωτοβολταικά, 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 (1994) τρόποι για τον περιορισμό του κόστους θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι:

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

4. Η απομάκρυνση της σκόνης και των ξένων σωμάτων από το υλικό κάλυψης
5. 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:

1. 3 αντλίες μονοφασικές 0,5 HP 1,5 m³/h
2. 3 δεξαμενές 300 L κυλινδρικές – κάθετες
3. 3 βαλβίδες 1'' στην απορρόφηση των αντλιών
4. 3 βαλβίδες στην έξοδο των αντλιών
5. 3 φίλτρα δίσκων
6. Module επεκτάσεως του υπάρχοντος PLC
7. 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 αρδύσεως 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

1. την εγκατάσταση παροχής νερού (γεώτρηση, σύνδεση με αρδευτικό δίκτυο κ.τ.λ.)

2. τα φίλτρα καθαρισμού νερού
3. 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 χηλικό σίδηρο προς αποφυγή δημιουργίας ιζημάτων. Χρησιμοποιήθηκε και τρίτο δοχείο στο οποίο περιέχεται οξύ που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του pH.

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



ΕΙΚΟΝΑ 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).



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



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



ΕΙΚΟΝΑ 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 υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Great lakes (τύπος λείο κατσαρό κεφαλωτό) στην περιοχή της Καλαμάτας κατά τους μήνες Νοέμβριο – 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 (Μανιός, 1997).

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΤΕΙ Καλαμάτας. 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 Λαχανοκομίας 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 μεταφύτεύτηκαν με μπάλα χώματος και σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό που βρίσκονταν στους δίσκους σποράς. Μετά την τοποθέτηση του φυταρίου στην τελική του θέση πιέστηκε το υπόστρωμα γύρω από το φυτό προκειμένου να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα.

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 λεπτά. 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, θειικός 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	Θεικό μαγνήσιο 1,467 kg	Νιτρικό οξύ 5,229 L
Νιτρικό κάλιο 4,295 kg	Φωσφορικό μονοκάλιο 5,239 kg	
Νιτρική αμμωνία 0,962 kg	Θεικό κάλιο 3,651 kg	
Χηλικός σίδηρος 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 (meq/l) σε συγκεκριμένες ποσότητες λιπασμάτων, σε Kg για τα στερεά και σε L 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 αραιώση γινόταν με το νερό της δεξαμενής.

Η ανάμιξη και αραιώση 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 (7, 17, 27 και 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
2. Νωπό βάρος υπέργειου μέρους κατά τη συγκομιδή (45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
3. Νωπό βάρος βλαστού του φυτού κατά τη συγκομιδή (45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
4. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία του βλαστού κάθε φυτού (45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση)
5. Αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό
6. Νωπό βάρος εμπορεύσιμων φύλλων
7. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εξωτερικών φύλλων του φυτού
8. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων του φυτού
9. 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 Α: υπόστρωμα, παράγοντας Β: 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 ΑΝΑ ΦΥΤΟ

Πίνακας 7.1. Μέσος αριθμός φύλλων 7 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	5,2 a (a)	5,5 b (a)
Ελαφρόπετρα	5,1 a (a)	5,6 b (a)
Cocosoil + περλίτης	4,9 a (b)	6,3 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.1 παρατηρούμε ότι 7 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm το υπόστρωμα δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των φύλλων των φυτών, αλλά όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil + περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από τα φυτά που αναπτύσσονται στα άλλα δύο υποστρώματα.

Οι αποστάσεις φύτευσης επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των φύλλων των φυτών μόνο στο υπόστρωμα cocosoil + περλίτη, όπου στα 20 cm υπάρχει στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός φύλλων από ότι στα 15 cm.

Από τον πίνακα 7.2 παρατηρούμε ότι 17 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm τα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil + περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μικρότερο αριθμό φύλλων από αυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη. Όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm τα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του υποστρώματος στο οποίο αναπτύσσονται.

Οι αποστάσεις φύτευσης δεν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των φύλλων των φυτών εκτός από το υπόστρωμα cocosoil + περλίτη, όπου στα 20 cm υπάρχει στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός φύλλων από ότι στα 15 cm.

Πίνακας 7.2. Μέσος αριθμός φύλλων 17 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	8,9 a (a)	8,6 a (a)
Ελαφρόπετρα	8,3 ab (a)	8,1 a (a)
Cocosoil + περλίτης	8,0 b (b)	9,1 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 $p=0,05$.

Πίνακας 7.3. Μέσος αριθμός φύλλων 27 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	11,7 a (a)	12,1 a (a)
Ελαφρόπετρα	11,4 ab(b)	12,7 a (a)
Cocosoil + περλίτης	10,6 b (b)	12,6 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.3 παρατηρούμε ότι 27 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm ο αριθμός των φύλλων των φυτών είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος όταν αυτά αναπτύσσονται σε υπόστρωμα cocosoil+περλίτης σε σύγκριση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη. Αντίθετα όταν η απόσταση φύτευσης των φυτών είναι 20 cm τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό.

Η απόσταση φύτευσης επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των φύλλων των φυτών μόνο στα υποστρώματα ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης όπου

όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος από ότι όταν η απόσταση είναι φύτευσης στα 15 cm.

Πίνακας 7.4. Μέσος αριθμός φύλλων 45 ημέρες μετά τη μεταφύτευση.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	18,3 a (a)	18,1 b (a)
Ελαφρόπετρα	14,2 b (b)	16,4 c (a)
Cocosoil + περλίτης	14,6 b (b)	20,3 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.4 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm τα φυτά που αναπτύσσονται στον περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από αυτά που αναπτύσσονται στα δύο άλλα υποστρώματα. Αντίθετα, όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις 20 cm, αυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil+περλίτης έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από αυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη, τα οποία με τη σειρά τους έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό από αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Όσον αφορά στην επίδραση της απόστασης φύτευσης, αυτή είναι στατιστικά σημαντική στα υποστρώματα ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης όπου ο αριθμός των φύλλων είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος σε αυτά που αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm από ότι σε αυτά που αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm.

7.2 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Πίνακας 7.5. Νωπό βάρος (g) υπέργειου μέρους κατά την συγκομιδή.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	439,33 a (a)	497,88 a (a)
Ελαφρόπετρα	222,93 b (b)	282,41 b (a)
Cocosoil + περλίτης	285,78 b (b)	433,23 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.5 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm το υπόστρωμα τα φυτά που αναπτύσσονται στον περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος υπέργειου μέρους από τα φυτά που αναπτύσσονται στα άλλα δύο υποστρώματα. Όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm τότε τα φυτά που αναπτύσσονται στον περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος υπέργειου μέρους μόνο από αυτά που αναπτύσσονται στην ελαφρόπετρα.

Όσον αφορά στην επίδραση της απόστασης φύτευσης, αυτή είναι στατιστικά σημαντική στα υποστρώματα ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης όπου το βάρος του υπέργειου μέρους είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm από ότι σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm.

7.3 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΒΛΑΣΤΟΥ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Από τον πίνακα 7.6 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος βλαστού από αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε απόσταση φύτευσης 20 cm, το νωπό βάρος του βλαστού είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε αυτά που

αναπτύσσονται σε περλίτη και cocosoil+περλίτης από ότι σε αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Οι αποστάσεις φύτευσης επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το νωπό βάρος του υπέργειου μέρους του φυτού το οποίο είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο όταν αυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm από ότι σε αυτά που αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm, ανεξάρτητα από το υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσονται.

Πίνακας 7.6. Νωπό βάρος (g) βλαστού του φυτού κατά την συγκομιδή.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	15,10 a (a)	17,62 a (a)
Ελαφρόπετρα	7,99 b (b)	9,99 b (a)
Cocosoil + περλίτης	9,77 b (b)	17,42 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 $p=0,05$.

Πίνακας 7.7. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία του βλαστού κάθε φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	5,79 a (a)	4,79 b (b)
Ελαφρόπετρα	6,15 a (a)	6,07 b (a)
Cocosoil + περλίτης	4,70 a (b)	7,43 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.7 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm το υπόστρωμα δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα των βλαστών σε ξηρά ουσία αλλά σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm τα φυτά που αναπτύσσονται σε υπόστρωμα cocosoil+περλίτης έχουν βλαστούς με στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη

περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία από ότι τα φυτά που αναπτύσσονται στα δύο άλλα υποστρώματα.

Όσον αφορά στην επίδραση της απόστασης φύτευσης των φυτών παρατηρείται στατιστικά σημαντική επίδραση στο υπόστρωμα περλίτης όπου η περιεκτικότητα των βλαστών σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη όταν αυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm και στο υπόστρωμα cocosoil+περλίτης όπου η περιεκτικότητα των βλαστών σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη όταν αυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm.

7.4 ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

Πίνακας 7.8. Αριθμός μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	3,13 a (a)	3,81 a (a)
Ελαφρόπετρα	3,34 a (a)	4,04 a (a)
Cocosoil + περλίτης	2,84 a (a)	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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.8 παρατηρούμε ότι τόσο το υπόστρωμα όσο και οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών δεν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό.

7.5 ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΣΙΜΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

Πίνακας 7.9. Νωπό βάρος (g) εμπορεύσιμων φύλλων.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	402,92 a (a)	443,49 a (a)
Ελαφρόπετρα	212,65 b (b)	263,64 b (a)
Cocosoil + περλίτης	263,80 b (b)	381,01 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.9 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 15 cm τα φυτά που αναπτύσσονται στον περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος εμπορεύσιμων φύλλων από ότι αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης. Όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm τα φυτά που αναπτύσσονται σε περλίτη έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό βάρος εμπορεύσιμων φύλλων από ότι αυτά που αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Οι αποστάσεις φύτευσης επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το νωπό βάρος των εμπορεύσιμων φύλλων στα υποστρώματα ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτης όπου στα 20 cm είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο από ότι στα 15 cm.

Πίνακας 7.10. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εξωτερικών φύλλων του φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	4,33 a (a)	4,23 b (a)
Ελαφρόπετρα	4,66 a (a)	5,25 a (a)
Cocosoil + περλίτης	4,24 a (a)	4,77 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.10 παρατηρούμε ότι περιεκτικότητα των εξωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη στα φυτά που αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm και σε υπόστρωμα περλίτη σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται στα άλλα δύο υποστρώματα.

Πίνακας 7. 11. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των μεσαίων φύλλων του φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	3,01 a (a)	3,52 b (a)
Ελαφρόπετρα	3,09 a (a)	3,33 b (a)
Cocosoil + περλίτης	2,81 a (a)	4,53 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.11 παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα των μεσαίων φύλλων των φυτών είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη όταν αυτά αναπτύσσονται σε cocosoil+περλίτη και σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm σε σύγκριση με τα άλλα δύο υποστρώματα.

Πίνακας 7.12. Περιεκτικότητα (%) σε ξηρά ουσία των εσωτερικών φύλλων του φυτού.

<i>Υπόστρωμα</i>	15 cm	20 cm
Περλίτης	3,91 a (a)	4,04 ab (a)
Ελαφρόπετρα	3,83 a (a)	2,07 b (b)
Cocosoil + περλίτης	3,91 a (b)	6,07 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 $p=0,05$.

Από τον πίνακα 7.12 παρατηρούμε ότι όταν η απόσταση φύτευσης είναι 20 cm η περιεκτικότητα των εσωτερικών φύλλων σε ξηρά ουσία είναι στατιστικά σημαντικά

μεγαλύτερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε cocosoil+περλίτη από ότι όταν αναπτύσσονται σε ελαφρόπετρα.

Όσον αφορά στην επίδραση της απόστασης φύτευσης των φυτών, αυτή είναι στατιστικά σημαντική στα υποστρώματα ελαφρόπετρα και cocosoil+περλίτη. Συγκεκριμένα, στην ελαφρόπετρα τα εσωτερικά φύλλα των φυτών έχουν στατιστικά σημαντικά μικρότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία όταν αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm από ότι όταν αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm ενώ ακριβώς το αντίθετο παρατηρείται στα φυτά που αναπτύσσονται σε cocosoil+περλίτη.

8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι πειραματικές μελέτες που αφορούν στην υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού έχουν επικεντρωθεί 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.

Από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης φαίνεται ότι ο ρυθμός εμφάνισης των φύλλων ευνοείται από τον περλίτη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm και από το cocosoil + περλίτη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm. Αυτή η διαφορά είναι πιθανό να σχετίζεται με τον τρόπο κατά τον οποίο ανταγωνίζονται τα φυτά μεταξύ τους όσον αφορά στην απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και νερού όταν καλλιεργούνται σε μικρές ή μεγαλύτερες αποστάσεις. Πρέπει πάντως εδώ να επισημανθεί ότι οι Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος (2004) που καλλιέργησαν την ίδια ποικιλία δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών των υποστρωμάτων όσον αφορά στο ρυθμό εμφάνισης των φύλλων αλλά η καλλιέργειά τους έγινε σε αψίδες και όχι στο ίδιο επίπεδο.

Όσον αφορά στο νωπό βάρος της κεφαλής αυτό ευνοείται και πάλι από τον περλίτη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm ενώ σε αποστάσεις 20 cm είναι μεγαλύτερο τόσο στον περλίτη όσο και στο cocosoil + περλίτη. Αυτό δηλώνει ότι αυτά τα υποστρώματα ευνοούν σε γενικές γραμμές την ανάπτυξη των φυτών κάτι το οποίο φαίνεται και από την ευνοϊκή τους επίδραση στο νωπό βάρος του βλαστού. Παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι στην απόσταση των 20 cm στο cocosoil + περλίτη ο βλαστός των φυτών έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Αν και ο βλαστός του φυτού δεν καταναλώνεται η αύξηση του βάρους του δεν μπορεί να αποτελέσει άμεσο ποιοτικό χαρακτηριστικό αυτή η αντίδραση υποδηλώνει ότι τα φυτά σε αυτά τα υποστρώματα έχουν καλύτερη ανάπτυξη πιθανόν λόγω της καλύτερης εκμετάλλευσης των θρεπτικών στοιχείων και του νερού άρδευσης.

Είναι πολύ σημαντικό επίσης να επισημανθεί ότι το βάρος της κεφαλής των φυτών όταν αυτά αναπτύσσονται στον περλίτη δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις αποστάσεις φύτευσης και αυτό σε συνδυασμό με το ότι το βάρος της κεφαλής είναι πολύ μεγαλύτερο από τα 300 g που θεωρείται ότι τα μαρούλια έχουν καλή ποιότητα επιτρέπει την καλλιέργεια του φυτού σε αποστάσεις 15 x 15 cm αυξάνοντας την πυκνότητα φύτευσης κατά 75% περίπου. Αυτό μάλιστα αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα γιατί το μαρούλι ως γνωστό πωλείται με το τεμάχιο και όχι με το κλό.

Το παραπάνω πλεονέκτημα σε συνδυασμό με το ότι κανένα από τα υποστρώματα και τις αποστάσεις φύτευσης των φυτών δεν επηρεάζει τον αριθμό των μη εμπορεύσιμων φύλλων ανά φυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η χρήση του περλίτη μόνο του (τόσο σε αποστάσεις φύτευσης 15 cm όσο και σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm) ή σε συνδυασμό με cocosoil (μόνο σε αποστάσεις φύτευσης 20 cm) αποτελεί τον καλύτερο από τους 3 αυτούς τρόπους υδροπονικής καλλιέργειας του μαρουλιού.

Πάντως θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο περλίτης αν και έχει τα καλύτερα αποτελέσματα και στις δύο αποστάσεις φύτευσης όσον αφορά στην παραγωγή, οδηγεί, ιδιαίτερα όταν η καλλιέργεια γίνεται σε απόσταση 20 cm, σε παραγωγή κεφαλών με φύλλα που έχουν μικρή περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Αυτό το χαρακτηριστικό αποτελεί μειονέκτημα όταν το μαρούλι πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είτε σε έτοιμες σαλάτες είτε προορίζεται για να συντηρηθεί για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα γιατί η μεγάλη επιφάνεια των φύλλων οδηγεί σε μεγαλύτερη ένταση εξατμισοδιαπνοής και επομένως μεγαλύτερες απώλειες σε βάρος και σε σπαργή των κυττάρων.

Οι Siomos et al. (2002) σε μελέτη που πραγματοποίησαν καλλιεργώντας την ποικιλία Paris island (τύπος Romaine) δεν παρατήρησαν διαφορές σε ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και αυτών που αναπτύχθηκαν σε ελαφρόπετρα. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη και οι διαφορετική αντίδραση των φυτών εκτός από το ότι πρόκειται για διαφορετική ποικιλία και πολύ περισσότερο για διαφορετικό τύπο μαρουλιού είναι πιθανό να συνδέεται και με τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι για την ποικιλία Great Lakes και υπό τις συνθήκες καλλιέργειας που επικράτησαν σε αυτή την πειραματική εργασία ο περλίτης σε συνδυασμό με την καλλιέργεια των φυτών σε αποστάσεις 15 cm μπορεί να οδηγήσει σε πολύ καλές στρεμματικές αποδόσεις. Παρόλα αυτά, υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για τον ακριβή προσδιορισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων

νερού και της σύστασης των θρεπτικών διαλυμάτων, στοιχεία τα οποία μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των υποστρωμάτων και των διαφόρων τύπων και ποικιλιών μαρουλιού, ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα σε υδροπονικές καλλιέργειες μαρουλιού .

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albright, L. D. (1997). Controlled Environment Agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook/Lettuce%20Main.htm
- Dunkun C., Li H., 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.
- Howard M. and Resh Ph. D. (1995). *Hydroponic Food Production*. Edition Woodridge, London.
- Nonnecke L. I. (1989). *Vegetable production*. Edition Van Nostrand Reinhold (AVI), New York
- 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., Papadopoulou P. P. and Dogras C. C., 2002. Quality of Romaine and Leaf Lettuce at Harvest and during Storage. *Acta Horticulturae* 579: 641-646.
- Soneveld C. and Straver N. (1994). *Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates*. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.
- Valenzuela H., Kratky B. and Cho J. (2003). *Lettuce Production Guidelines for Hawaii*. www.extento.hawaii.edu/kbase/reports/lettuce_prod.htm.
- Walls I. G. (1993). *The Greenhouse*. Edition Wardlock, London
- Δημητράκης Κ. Γ. (1983). *Πρακτική Λαχανοκομία*. Αθήνα.
- Δημητράκης Κ. Γ. (1998). *Λαχανοκομία*. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- Ζούμη Μ. (2009). *Βιολογική καλλιέργεια μαρουλιού στην Κρήτη*. Πτυχιακή Μελέτη, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου, Κρήτης.
- Καββάδας Δ. (1956). *Βοτανικό Φυτολογικό Λεξικό*. Αθήνα.
- Κανάκης Α. (2007). *Μαθήματα Λαχανοκομίας II*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Καραμπέτσος Ι. (2001). *Φυσιολογία φυτών*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- 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.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ. (1994). Θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ. (1994). Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα. 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 Θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Παναγιωτόπουλος Π. Α. και Σπυρόπουλος Σ. Β. (2004). Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Παναγόπουλος Χ. Γ. (1995). Ασθένειες Κηπευτικών Καλλιεργειών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Αθήνα.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Μπαρμπαγιάννης Ν. (1999^α). Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο, σελ. 238-241.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Πέτκου Δ. (1999^β). Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19ου συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο., Ηράκλειο σελ. 283-285.
- Στεργίου Β. (2002). Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γ.Π.Α.

Διαδίκτυο:

www.floridata.com, 2003

<http://www.agrek.gr>

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

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΕΙΚΟΝΑ 1: Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού σε Great lakes, Paris island και White boston



ΕΙΚΟΝΑ 2: Great Lakes πριν τη συγκομιδή των φυτών