

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ**

**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ
ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ”**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
Γερακάρη Ανδρομάχη**

Καλαμάτα 2013

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ**

**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ
ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ”**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
Γερακάρη Ανδρομάχη**

Επιβλέπουσες:

Μανωλοπούλου Ελένη (Ομότιμος Καθηγήτρια)

Ρεκούμη Κωνσταντίνα (Επιστημονικός Συνεργάτης)

Καλαμάτα 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων, της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας Πελοποννήσου.

Με την περάτωση αυτής της μελέτης θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους αυτούς που με βοήθησαν στην επιτυχή ολοκλήρωση των υποχρεώσεών μου. Τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στην καθηγήτριά μου κα. Κ. Ρεκούμη για το ενδιαφέρον και την υπομονή που έδειξε για την επίβλεψη της εργασίας αυτής καθώς και για την προσοχή και την πολύτιμη βοήθειά της για την ολοκλήρωσή της. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου κα. Ε. Μανωλοπούλου για την καθοδήγησή μου σε θέματα λαχανοκομίας καθώς και για την εργαστηριακή βοήθεια. Επίσης ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Α. Κώτσιρα για τη βοήθειά του, παρέχοντάς μου στοιχεία και πληροφορίες αναγκαίες για την εργασία μου.

Ένα μεγάλο όμως ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου και στον αδερφό μου για την έμπρακτη συμπαράστασή τους και για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Και τέλος ευχαριστώ τον άντρα μου για την ψυχολογική στήριξη, την υπομονή και την πίστη του σε μένα. Χωρίς αυτούς τους ανθρώπους, τους τόσο σημαντικούς για μένα, δε θα κατάφερνα να φτάσω έως εδώ!

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ	Σελ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1 Ιστορική εξέλιξη - Καταγωγή	2
1.2 Οικονομική σημασία	3
1.3 Χημική σύσταση και θρεπτική αξία	5
1.4 Βοτανική ταξινόμηση	6
1.5 Βοτανικά χαρακτηριστικά	6
1.6 Τύποι και Ποικιλίες	7
1.7 Η καλλιέργεια του μαρουλιού	9
1.8 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις του μαρουλιού	10
1.9 Συγκομιδή	12
1.10 Συντήρηση	13
1.11 Εχθροί και Ασθένειες	13
1.11.1 Ασθένειες	13
1.11.2 Εχθροί	14
1.12 Το πρόβλημα των νιτρικών	15
2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	16
2.1 Γενικά	16
2.2 Ιστορική αναδρομή υδροπονίας	16
2.3 Πλεονεκτήματα υδροπονίας	17
2.4 Μειονεκτήματα υδροπονίας	18
2.5 Υδροπονικά συστήματα	19
2.5.1 Ανοιχτά Συστήματα	19
2.5.2 Κλειστά Συστήματα	20
2.6 Υποστρώματα	20
2.6.1 Στερεά υποστρώματα	21
2.7 Υποδοχείς υποστρωμάτων	24
2.8 Θρεπτικά διαλύματα	25
2.8.1 Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα	25
2.8.2 Χαρακτηριστικά θρεπτικών διαλυμάτων	26
2.9 Υγρό υπόστρωμα (Σύστημα Floating)	27
2.9.1 Πλεονεκτήματα συστήματος Floating	28
3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	30
3.1 Συνθήκες στο θερμοκήπιο	30
3.2 Χρησιμοποιούμενα υποστρώματα στην υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού	31
3.3 Διάταξη φυτών στο θερμοκήπιο	31
3.4 Αποστάσεις φύτευσης	32
3.5 Θρεπτικό διάλυμα	32
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	35
5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	36
6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
6.1 Προμήθεια φυτικού υλικού	37
6.1.1 Σπορά	37
6.1.2 Μεταφύτευση	37
6.2 Λίπανση	39

6.3	Περιγραφή μερών συστήματος Floating	41
6.4	Λοιπές καλλιεργητικές φροντίδες	43
6.5	Πειραματική διαδικασία	43
6.6	Παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτέλεση του πειράματος	44
6.7	Πειραματικό σχέδιο – Στατιστική ανάλυση	44
6.8	Μετρήσεις	45
6.9	Μέθοδοι	45
6.9.1	Προσδιορισμός νωπού βάρους	45
6.9.2	Προσδιορισμός χρώματος	45
6.9.3	Προσδιορισμός χλωροφύλλης	46
7.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
7.1	Απώλεια βάρους	48
7.2	Χλωροφύλλη	51
7.3	Χρώμα	54
7.3.1	Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος	54
7.3.2	Μεταβολή του πράσινου χρωματισμού (παράμετρος a^*)	57
7.3.3	Μεταβολή του κίτρινου χρωματισμού (παράμετρος b^*)	60
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	63
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η μετασυλλεκτική συμπεριφορά τριών ποικιλιών μαρουλιού (Paris Island Gigant, Paris Island και Great Lakes) σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών (floating, περλίτη, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρα) τη θερμοκρασία αποθήκευσης (0° και 5°C) και τη διάρκεια αποθήκευσης (7 και 14 ημέρες). Ο κύριος στόχος ήταν η επιμήκυνση της διάρκειας αποθήκευσης των κεφαλών μαρουλιού με αποδεκτή εμπορική ποιότητα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα την καλύτερη συντηρησιμότητα επέδειξαν οι κεφαλές μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant και Paris Island όταν αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C. Η ποικιλία Paris Island Gigant είχε καλύτερη ποιότητα όταν οι κεφαλές της αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating, ενώ η Paris Island στον περλίτη. Σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερη διάρκεια αποθήκευσης είχαν οι κεφαλές μαρουλιού που αποθηκεύθηκαν στους 0°C για 7 ημέρες χωρίς να υποβαθμιστεί σημαντικά η ποιότητά τους.

Έτσι λόγω της περιορισμένης μέχρι σήμερα έρευνας προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση της συντήρησης των ποικιλιών Paris Island Gigant και Paris Island (ή και άλλων) σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και κυρίως με το υγρό υπόστρωμα floating στο οποίο έχει παρατηρηθεί από τη βιβλιογραφία σημαντική μείωση της καλλιεργητικής περιόδου του μαρουλιού και σημαντική αύξηση της παραγωγής του.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΚΑΤΑΓΩΓΗ

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

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

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

Σήμερα το μαρούλι έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφελίου σαν ετήσιο φυτό. Είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείτε νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα και αλλού. Μεγάλη σημασία έχει επίσης στις χώρες της κεντρικής Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στην Νέα Ζηλανδία και στην Ιαπωνία.

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

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

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

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

Εικόνα 1.1: Χάρτης στον οποίο φαίνονται οι περιοχές καλλιέργειας (πράσινο χρώμα) και καταγωγής του μαρουλιού (κόκκινο χρώμα)



Πηγή: www.floridata.com, (2003)

1.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

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

Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος της ημέρας. Κατά

τους καλοκαιρινούς μήνες χρησιμοποιούνται ποικιλίες ανθεκτικές στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών.

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

Πίνακας 1.2: Έκταση και παραγωγή καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα 1981 – 2009.

ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ..)	ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά / στρεμ.)
2009	39.270	75.964	1.934
2008	38.500	71.837	1.866
2007	45.650	94.794	2.077
2006	44.730	94.280	2.108
2005	43.510	86.677	1.992
2004	40.932	74.935	1.831
2003	38.850	68.520	1.764
2002	41.710	80.620	1.933
2001	41.341	77.106	1.865
2000	44.900	81.366	1.812
1999	37.700	69.300	1.838
1998	36.080	69.450	1.925
1997	33.670	65.580	1.948
1996	36.460	75.443	2.069
1995	34.460	69.215	1.998
1994	34.690	70.212	2.024
1993	32.732	63.774	1.948
1992	31.678	62.131	1.961
1991	28.867	74.572	2.584
1990	29.704	73.646	2.479
1989	32.099	68.263	2.127

Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, (2011).

Το μαρούλι είναι μια συνεχώς αυξανόμενη καλλιέργεια, τόσο από την άποψη στρεμματικών εκτάσεων, όσο και από πλευράς παραγωγής σε ολόκληρη την Ελλάδα, με εξαίρεση τα δύο τελευταία χρόνια (2008 και 2009) όπου παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση στην καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή (πίνακας 1.2).

1.3. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το μαρούλι είναι ένα λαχανικό τα φύλλα του οποίου έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Προσφέρει αρκετές ποσότητες βιταμίνης Α και C, σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και φωσφόρου, ενώ ταυτόχρονα η περιεκτικότητά του σε λίπη, υδατάνθρακες είναι σχεδόν ασήμαντη (πίνακας 1.3). Αυτό το καθιστά σε ένα από τα καλύτερα λαχανεύόμενα για τη διατροφή του ανθρώπου.

Υπάρχει μια ιδιότυπη σύγκριση μεταξύ του μαρουλιού και του λάχανου. Τα δύο λαχανικά είναι σχεδόν ισοδύναμα διαιτητικά. Το λάχανο υπερτερεί του μαρουλιού σε ορισμένους τομείς όπως οι οργανοληπτικές ιδιότητες και η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Από την άλλη πλευρά το μαρούλι υπερτερεί του λάχανου σε βιταμίνη Α ενώ έχει και φαρμακευτικές ιδιότητες.

Πίνακας 1.3: Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία σε 100g φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα).

ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ ΟΛΩΝ	ΚΕΦΑΛΩΤΟ	ΡΟΜΑΝΑ	ΚΑΤΣΑΡΟ ΚΕΦΑΛΩΤΟ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΔΕΣ	14,00	11,00	16,00	11,00
ΝΕΡΟ (g)	95,00	96,00	94,00	95,00
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ (g)	1,20	1,20	1,60	0,80
ΛΙΠΗ	0,20	0,20	0,20	0,10
ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (g)	2,50	1,20	2,10	2,30
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α (mg)	0,97	1,20	0,26	3,00
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β1 (mg)	0,06	0,07	0,10	0,07
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β2 (mg)	0,30	0,07	0,10	0,03
ΒΙΤΑΜΙΝΗ C	8,00	9,00	24,00	5,00
ΝΙΑΣΙΝΗ (mg)	0,06	0,04	0,05	0,03
ΑΛΑΤΑ Ca (mg)	35,00	40,00	36,00	13,00
ΑΛΑΤΑ Fe (mg)	2,00	1,10	1,10	1,50
ΑΛΑΤΑ Mg (mg)	-	16,00	6,00	7,00
ΑΛΑΤΑ P (mg)	26,00	31,00	45,00	25,00
ΑΛΑΤΑ K (mg)	264,00	-	-	-
ΑΛΑΤΑ Na (mg)	9,00	-	-	-

Πηγή: Watt and Merrill, 1963; Howard et al., 1962

Στη χώρα μας, ο τύπος Romaine είναι ο κατεξοχήν τύπος μαρουλιού που καταναλώνεται. Η εγχώρια παραγωγή καλύπτει οριακά τις ανάγκες της αγοράς. Οι ποικιλίες Butterhead και Crisphead είναι αυτές που ακολουθούν σε κατανάλωση, με αυξημένη ζήτηση κάθε χρονιά και λόγω του μικρού παραγωγικού όγκου γίνονται και εισαγωγές από άλλες χώρες της Ε.Ε (Κανάκης, 1998).

1.4. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Άθροισμα: Σπερματόφυτα

Υπόαθροισμα: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Σύνθετα

Υποτάξη: Liguliflorae

Οικογένεια: Compositae

Γένος: *Lactuca* sp.

Είδος: *Lactuca sativa*

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδάδιμο είναι διπλοειδές και έχει εννέα ζεύγη χρωματοσωμάτων ($2n=18$). Τα περισσότερα από τα άλλα είδη του γένους *Lactuca* έχουν ή οκτώ ή εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων. Υπό κανονικές συνθήκες είναι φυτό μακράς ημέρας που σημαίνει πως αν η διάρκεια έκθεσης του φυτού στο φως (φυσικό ή τεχνητό) δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες, δεν παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη.

1.5. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές ποώδες. Κατά την διάρκεια της βλαστικής φάσης ο βλαστός του είναι πολύ κοντός και φέρει πυκνά φύλλα ενώ κατά την αναπαραγωγική φάση αναπτύσσεται σημαντικά φτάνοντας 1-1,5m σε ύψος.

Τα φύλλα του αναπτύσσονται πάνω σε βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, διαφορετικού μεγέθους και σχήματος με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με ερυθρή απόχρωση, γειτονεύουν δε μεταξύ τους σχηματίζοντας, κατά την ωρίμανση του φυτού, σφαιροειδή ή προμήκη κεφαλή, σε ορισμένους τύπους μαρουλιού.

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

Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όλα τα ανθίδια σε ένα άνθος ανοίγουν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Ο στύλος μεγαλώνει και ταυτόχρονα οι ανθήρες ανοίγουν αφήνοντας τη γύρη να πέσει μέσα στον κώνο των ανθέρων και επάνω στο στίγμα, το οποίο επίσης ανοίγει, επιτρέποντας έτσι την γονιμοποίηση.

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

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

1.6. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

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

1) Τύπος Cos ή Romaine (Κως ή Ρομάνα)

Τα μαρούλια αυτού του τύπου καλλιεργούνται κατεξοχήν στην ανατολική μεσόγειο (Ελλάδα, Β. Αφρική) και στη Μέση Ανατολή. Είναι φυτά που έχουν λεπτά φύλλα, επιμήκη, στενά και σχηματίζουν μικρή κεφαλή. Εξωτερικά έχουν χρώμα σκούρο πράσινο και εσωτερικά ανοικτό πράσινο. Σε μερικές ποικιλίες τα φύλλα στρέφονται προς τα μέσα και τα εσωτερικά φύλλα σχηματίζουν την κεφαλή, κάπως

επιμήκη σχήματος καρβελιού. Μερικές από τις ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Paris Island, White Paris και Dark Green (Nonnecke, 1989; Ολύμπιος, 2001).



Εικόνα 1.6.1: Τύπος μαρουλιού Romaine



Εικόνα 1.6.2: Τύπος μαρουλιού Romaine

2) Τύπος Looseleaf

Τα μαρούλια του τύπου Looseleaf δεν σχηματίζουν κεφαλή αλλά τα φύλλα αναπτύσσονται ελεύθερα γύρω από την καρδιά. Είναι κυματοειδή και κατσαρά και το χρώμα τους συνήθως ποικίλει από σκούρο πράσινο έως ανοικτό πράσινο αλλά υπάρχουν και ποικιλίες με κόκκινα φύλλα. Οι ποικιλίες του τύπου αυτού παρουσιάζουν σημαντική αντοχή σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες (πχ. χαμηλή θερμοκρασία), είναι πολύ ζωηρές και ωριμάζει νωρίτερα από όλους τους άλλους τύπους. Μερικές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Grand Rapid, Salad Bowl και Simpson's Curled (Ολύμπιος, 2001).



Εικόνα 1.6.3: Τύπος μαρουλιού Looseleaf

3) Τύπος Butterhead (Λείο κεφαλωτό)

Στις ποικιλίες αυτές έχουμε το σχηματισμό σχετικά μικρών, χαλαρών και σχεδόν σφαιρικών κεφαλών. Τα φύλλα είναι μαλακά, τρυφερά, λεία και το χρώμα τους κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Υπάρχει ιδιαίτερη ευαισθησία στους μηχανικούς τραυματισμούς. Ο τύπος αυτός είναι ο πιο συνηθισμένος στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική.



Εικόνα 1.6.4: Τύπος μαρουλιού

Θεωρείται καλύτερης γεύσης και ποιότητας από το Κατσαρό. Γνωστές ποικιλίες του τύπου αυτού είναι οι White Boston, Optima, Vista και Boston (Ολύμπιος, 2001).

4) Τύπος Crisphead ή Iceberg (Κατσαρό κεφαλωτό)

Τα μαρούλια αυτού του τύπου είναι φυτά που έχουν φαρδιά φύλλα, κυματοειδή, κατσαρά, με σκληρή υφή και σχηματίζουν μια συμπαγή σφιχτή κεφαλή γεγονός που τα καθιστά ανθεκτικά στις μεταφορές. Το χρώμα κυμαίνεται από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Είναι ο πιο όψιμος τύπος και ο πιο ευαίσθητος στις υψηλές θερμοκρασίες, για το λόγο αυτό δεν καλλιεργείται στην χώρα μας. Είναι ευρύτατα διαδεδομένος στις Η.Π.Α και τον Καναδά. Γνωστές ποικιλίες αυτού του τύπου είναι οι Salinas, Diamond Head και Great Lakes (Ολύμπιος, 2001).

5) Τύπος Celtuce (*L. Sativa* var. *angustana*) (Κινέζικο μαρούλι)

Τα μαρούλια αυτού του τύπου είναι φυτά που έχουν τρυφερά φύλλα και δεν σχηματίζουν κεφαλή, αλλά αναπτύσσουν ένα σαρκώδες στέλεχος, επιμήκης. Αυτός ο τύπος μαρουλιού καλλιεργείται κυρίως στην Κίνα και στην Ταϊβάν όπου καταναλώνονται νωπά ή μαγειρεμένα τόσο τα φύλλα όσο και το στέλεχος του φυτού (Ολύμπιος, 2001).

1.7. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι θεωρείται πολύ ευαίσθητο όσον αφορά τις εδαφικές συνθήκες. Το έδαφος πρέπει να είναι πολύ πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, να είναι γόνιμο με υψηλό βαθμό υδατοϊκανότητας και να στραγγίζει καλά. Προτιμά τα αμμοπηλώδη εδάφη,

πλούσια σε οργανική ουσία, ενώ τα ελαφρά αμμώδη εδάφη προτιμώνται για πρωίμηση. Το ιδανικό pH κυμαίνεται στο 6–7. Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο στην παρουσία υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος, η οποία προκαλεί καθυστέρηση στην ανάπτυξη και το χρώμα των φύλλων (τα φύλλα αποκτούν σκούρο πράσινο χρώμα και δερματώδη εμφάνιση).

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

1.8. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Οι εδαφικές απαιτήσεις του μαρουλιού πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεγμένες για μια αποδοτική καλλιέργεια. Το μαρούλι απαιτεί έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία, με υψηλά επίπεδα θρεπτικών στοιχείων μέχρι το βάθος των 25-30 cm λόγω του επιφανειακού ριζικού συστήματος που αναπτύσσουν. Το έδαφος πρέπει να είναι ελαφρώς αμμώδη έως αμμοπηλώδη, πλούσιο σε οργανική ουσία, με υψηλό δείκτη υδατοϊκανότητας και καλά στραγγιζόμενο. Ιδανικό pH θεωρείται το 6-7. (Ολύμπιος, 2001)

Το μαρούλι παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων η οποία καθυστερεί την ανάπτυξη και οδηγεί στο σχηματισμό φύλων με σκούρο πράσινο χρώμα ενώ τους προσθέτει και δερματώδη υφή. (Ολύμπιος, 2001)

Για τη βασική λίπανση του μαρουλιού θεωρείται κατάλληλη η προσθήκη χωνεμένης κοπριάς. Για ελαφρώς αμμώδη εδάφη η ποσότητα που θεωρείται ιδανική είναι 10 τόνοι ανά στρέμμα, γιατί εκτός από τον εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία βελτιώνει την υδατοϊκανότητα του εδάφους. Η ποσότητα μπορεί να

είναι μικρότερη σε εδάφη πιο πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία. Κι επίσης θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην προσθήκη ασβεστίου που ενδείκνυται σε όξινα εδάφη για τη διόρθωση του pH.

Το μαρούλι είναι φυτό που αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες ενώ αντέχει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες έως και -5°C . Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες εκτός του ότι δίνουν στο μαρούλι τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά (γεύση, χρώμα, κ.α.) βοηθούν και στο σχηματισμό συμπαγούς κεφαλής. Εν αντιθέσει οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν στο σχηματισμό ανθοφόρων στελεχών με το μειονέκτημα ότι τα φύλλα αποκτούν πικρή γεύση, ωστόσο μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή αδύνατων φυτών με μικρό βάρος κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης, ενώ κατά το μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης μπορούν να προκαλέσουν μέχρι και κάψιμο των φύλλων.

Οι άριστες θερμοκρασίες διαφοροποιούνται ανάλογα με την ποικιλία, την ηλικία του φυτού, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, το φωτισμό καθώς και την εποχή της καλλιέργειας. Για μια σωστή καλλιέργεια είναι σημαντικό να υπάρχει μεταξύ ημέρας και νύχτας μια διαφορά θερμοκρασίας της τάξεως $5-7^{\circ}\text{C}$. (Ολύμπιος, 2001).

Ειδικότερα για τα μαρούλια τύπου Butter head (White Boston) ιδανικές θεωρούνται οι θερμοκρασίες $17-19^{\circ}\text{C}$ σε συνεφιασμένες μέρες και $21-24^{\circ}\text{C}$ σε ηλιόλουστες ημέρες. Για τα μαρούλια τύπου Crisp head (Great Lakes) συνιστώμενες θερμοκρασίες είναι $17-19^{\circ}\text{C}$ σε συνεφιασμένες ημέρες και $15-21^{\circ}\text{C}$ σε ηλιόλουστες ημέρες. Επίσης ιδανική θερμοκρασία νύχτας για όλους τους τύπους μαρουλιού είναι αυτή που κυμαίνεται μεταξύ $12-15^{\circ}\text{C}$ κατά μέσο όρο. (Howard and Resh, 1995).

Το φως είναι ένας σημαντικός παράγοντας ιδιαίτερα για την καλλιέργεια σε θερμοκήπια. Όταν το φως δεν είναι μεγάλης εντάσεως τότε η θερμοκρασία πρέπει να συνδυάζεται ώστε να παραμένει σε χαμηλά σχετικά επίπεδα. Αντίθετα όταν ο φωτισμός κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τότε και η θερμοκρασία πρέπει να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Όταν σκοπός της καλλιέργειας είναι η παραγωγή σπόρων τότε η μεγάλη φωτοπερίοδος είναι ιδανική ενώ αντίθετα όταν σκοπός της καλλιέργειας είναι η παραγωγή κεφαλών (φύλλων) για κατανάλωση η μικρή φωτοπερίοδος είναι επιθυμητή.

Οι ποικιλίες του μαρουλιού με βάση την φωτοπερίοδο για την ανθική επαγωγή διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) Ποικιλίες που είναι ουδέτερες ως προς την φωτοπερίοδο και

β) Ποικιλίες μεγάλης φωτοπεριόδου.

Ο φωτισμός που δέχονται τα φυτά έχει ρυθμιστικό χαρακτήρα στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και αποτελεί σημαντικό ρυθμιστή της ταχύτητας ανάπτυξής τους. Εκτός αυτού το φως είναι αυτό που ευθύνεται για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, η οποία δίνει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος, 2001). Τον σημαντικότερο όμως ρόλο στην αντίδραση των φυτών στην ένταση του φωτισμού παίζει το είδος και η ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργούνται. Απουσία φωτός κατά τη σπορά έχουμε τη δημιουργία φυτών ανομοιομόρφων, αδύναμων και λεπτών (Στεργίου, 2002).

1.9. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή των μαρουλιών είναι μια εργασία που πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, αφού λανθασμένοι χειρισμοί κατά τη διάρκεια συλλογής μπορούν να προκαλέσουν άμεση υποβάθμιση των μαρουλιών (Walls, 1993). Κατά το στάδιο της συγκομιδής πρέπει τα μαρούλια να είναι υγιή, απαλλαγμένα από ασθένειες και νεκρώσεις φύλλων, να μην έχει εκπτυχθεί ανθοφόρος βλαστός καθώς επίσης να φέρουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας (Ciuffolini, 1986).

Τα μαρούλια κατά τη συγκομιδή πρέπει να έχουν βάρος περίπου 150g. Μεγαλύτερα βάρη (200-300g) δεν είναι ανεπιθύμητα αρκεί να φέρουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι και η τομή επιτυγχάνεται στη βάση των τελευταίων φύλλων πάνω από το έδαφος. Τα φυτά στη συνέχεια τοποθετούνται σε πλαστικά τελάρα σε συνθήκες συντήρησης (Ciuffolini, 1986; Walls, 1993).

Πολύ παράγοντες επηρεάζουν το χρόνο που μεσολαβεί από τη σπορά έως τη συγκομιδή σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι οι εξής:

- i. Στην εποχή του έτους που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια (Albright, 1997).
- ii. Την ποικιλία του μαρουλιού που καλλιεργείται
- iii. Τη σύσταση της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου (κυρίως της συγκέντρωσης CO₂) (Howard and Resh, 1995).

Σε έρευνες που έχουν γίνει όσον αφορά τη διάρκεια της ημέρας που πρέπει να γίνεται η συλλογή, έχει διαπιστωθεί ότι τα μαρούλια πρέπει να συγκομίζονται το

απόγευμα (15:00μμ) γιατί κατά την ώρα αυτή έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει μικρότερη συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα του φυτού (Siomos, 2000).

1.10. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

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

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

Πολλές μελέτες πάνω στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των φυτών έχουν δείξει πως τα πιο ώριμα φύλλα είναι αυτά που συντηρούνται καλύτερα. Ωστόσο, έχει μελετηθεί ελάχιστα η φυσιολογία της παρακμής των ιστών των λαχανικών, όπως το μαρούλι, τα οποία βρίσκονται σε πολύ γρήγορη ανάπτυξη κατά τη συγκομιδή. Κατά τη συγκομιδή οι ιστοί του μαρουλιού υπόκεινται σε ισχυρό σοκ, αφού σταματά απότομα η παροχή νερού και θρεπτικών στοιχείων. Εξαιτίας αυτού του σοκ οι ιστοί του μαρουλιού αδυνατούν να διατηρήσουν τη μεταβολική τους δράση με αποτέλεσμα πολύ γρήγορα να επέρχεται η ποιοτική υποβάθμιση του φυτού (Siomos et al., 1999).

1.11. ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

1.11.1.ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

A. ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ

Περονόσπορος: Η ασθένεια οφείλεται στο μύκητα *Rgemia lactuca*. Ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη της ασθένειας είναι όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας. Αποτέλεσμα της προσβολής των φυτών είναι η σήψη των φύλλων. Νωρίτερα μπορούμε να διαπιστώσουμε την προσβολή από τις χλωρωτικές κηλίδες που παρατηρούνται στα κάτω φύλλα.

Βοτρύτης (Φαιά ή τεφρή σήψη): Η ασθένεια οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea* που μπορεί να προσβάλει το φυτό καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του. Σαν αποτέλεσμα έχει αρχικά την εμφάνιση στιγμάτων σκούρου χρώματος καθώς και γκριζοκαφέ κηλίδων που στη συνέχεια εξελίσσονται σε μαλακή σήψη των φύλλων και οδηγούν τελικά σε μαρασμό του φυτού.

Ωίδιο: Η ασθένεια οφείλεται στο μύκητα *Erysiphe cichoracearum*. Χαρακτηριστικό του μύκητα είναι η επάνθιση των ωιδίων και εμφανίζεται με την μορφή κηλίδων στα φύλλα. Ευνοϊκές συνθήκες θεωρούνται το υψηλό επίπεδο σχετικής υγρασίας και η υψηλή θερμοκρασία.

Τήξη σπορείων: Η ασθένεια προκαλείται από μύκητες του γένους *Pythium sp.* οι οποίοι προσβάλλουν τα νεαρά φυτά στο λαιμό και δημιουργούν σήψη με αποτέλεσμα το μαρασμό και την καταστροφή τους.

Σκληροτία: Η ασθένεια προκαλείται από το μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Ο μύκητας εμφανίζεται αρχικά στη βάση του φυτού και στη συνέχεια εκτός του λαιμού, προσβάλλει και τα εξωτερικά φύλλα. Ευνοϊκή συνθήκη για την εμφάνισή του θεωρείται η υψηλή σχετική υγρασία όπου παρουσιάζεται ως υγρή σήψη αρχικά, στην οποία αναπτύσσεται το λευκό μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των σκληροτίων του. Η εξέλιξη της ασθένειας οδηγεί σε μάρανση και καταστροφή του φυτού.

B. ΙΩΣΕΙΣ

Η σημαντικότερη ίωση από την οποία προσβάλλονται τα μαρούλια είναι αυτή του μωσαϊκού του μαρουλιού (LMV: Lettuce Mosaic Virus). Η ίωση αυτή μεταφέρεται με το σπόρο και εξαπλώνεται από τις αφίδες (*Myzus persicae*). Συμπτώματα της ίωσης είναι η εμφάνιση εναλλαγής χρωμάτων πράσινου και κίτρινου στα φύλλα και σαν αποτέλεσμα έχει την παραμόρφωσή τους, την καθυστέρηση στην ανάπτυξή τους καθώς και την ποιοτική τους υποβάθμιση.

1.11.2. ΕΧΘΡΟΙ

Αλευρώδης: Ο Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*) παρουσιάζει προβλήματα κυρίως στα θερμοκήπια. Η προνύμφες και τα τέλεια του αλευρώδη εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και μυζούν από το φυτό. Η παρουσία τους κατά τη συγκομιδή υποβαθμίζει την ποιότητα των μαρουλιών.

Αφίδες: Οι αφίδες (*Myzus persicae*) παρουσιάζονται και πολλαπλασιάζονται στα φύλλα του μαρουλιού. Το σημαντικότερο πρόβλημα που δημιουργούν είναι η μεταφορά των ιώσεων στα υγιές φυτά.

Θρίπας: Ο θρίπας (*Frankliniella occidentalis*) προσβάλλει τα φυτά προκαλώντας τραυματισμό των φύλλων με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη ανάπτυξή τους και την υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

Στα μαρούλια παρουσιάζονται και φυσιολογικές ανωμαλίες όπως το φυσιολογικό κάψιμο, η υάλωση, το περιφερειακό κάψιμο των φύλλων, οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (Ολύμπιος, 2001).

1.12. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ

Κύρια πηγή αζώτου για τα φυτά είναι το έδαφος απ' όπου προσλαμβάνεται υπό μορφή νιτρικών ιόντων. Στα πράσινα μέρη των φυτών, όπως τα φύλλα του μαρουλιού, βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις το άζωτο (Duncan et al., 1997). Τα νιτρικά ιόντα όμως, θεωρούνται ότι συνδέονται με τη διέγερση σχηματισμού καρκινογόνων όγκων στον άνθρωπο. Ένα ποσοστό της τάξης του 80-90% εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό διαμέσου επιστροφής και κυρίως από τα φυλλώδη λαχανικά. Γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο να περιοριστεί η πρόσληψή τους από τα φυτά και από το πόσιμο νερό (Duncan et al., 1997).

Ο λόγος που τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται σε τόσο μεγάλα ποσοστά στα λαχανικά και στο πόσιμο νερό είναι η λίπανση με τεράστιες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων. Απόδειξη αυτού είναι η μεγάλη παραγωγή των λιπασμάτων που αυξάνεται με το πέρασμα των χρόνων.

Παρόλα αυτά στην Ελλάδα μέσω μελετών που έγιναν δεν βρέθηκαν υψηλά επίπεδα των νιτρικών στα λαχανικά που εξετάστηκαν σε τυχαία δείγματα που προορίζονταν σε καταναλωτές και πάρθηκαν από την λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης (Siomos and Dogras, 1999).

2. ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο υδροπονία ή εκτός εδάφους καλλιέργεια εννοούμε τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας των φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με μίγματα εδάφους. Εκτός από τον όρο υδροπονία αναφέρεται και με την ορολογία χημική καλλιέργεια, τεχνική καλλιέργεια, ανεδάφιος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα (Benton and Jones, 2000).

Για να επιτύχουμε σωστή ανάπτυξη των φυτών μιας καλλιέργειας πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο οξυγόνο και νερό, στο οποίο διαλύονται τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στις κατάλληλες συγκεντρώσεις. Στην καλλιέργεια εδάφους είναι δύσκολο να πετύχουμε έναν τέτοιον συνδυασμό καθώς όσο περισσότερο νερό περιέχεται στους πόρους του εδάφους τόσο περισσότερο μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου. Επίσης αρκετές φορές είναι δύσκολο να δεσμευτούν και να απορροφηθούν κάποια ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται στο έδαφος λόγω του μεγάλου κορεσμού που παρουσιάζουν (Benton and Jones, 2000).

Με την υδροπονική καλλιέργεια τα προβλήματα αυτά παύουν να υπάρχουν λόγω της ρύθμισης της παροχής του θρεπτικού διαλύματος και της χρησιμοποίησης υλικών με πολύ υψηλό πορώδες (Πετροπούλου, 2003).

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη μέθοδος η οποία αυξάνει τις αποδόσεις των φυτών και βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων. Βέβαια για να πραγματοποιηθεί μια τέτοιου είδους καλλιέργεια χρειάζεται γνώση των συστημάτων.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Η υδροπονική καλλιέργεια ξεκίνησε πριν από πολλά χρόνια σαν μια εργαστηριακή τεχνική για τη μελέτη των αναγκών των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Η υδροπονία έτσι όπως τη γνωρίζουμε σήμερα ξεκίνησε στα τέλη του 17^{ου} αιώνα, όπου υπάρχουν αναφορές για πειραματικές εργασίες από τον Woodward στην Αγγλία με την καλλιέργεια φυτών μέντας το 1699, καθώς επίσης και στη Γαλλία από κάποιους άλλους ερευνητές την ίδια περίοδο. Οι βασικές εργαστηριακές τεχνικές της

καλλιέργειας σε θρεπτικά διαλύματα, αναπτύχθηκαν από τους Sacks & Knor στη Γερμανία γύρω στα 1800. Διάφοροι γενικά ερευνητές εξέλιξαν τις τεχνικές αυτές με το πέρασμα των χρόνων ώσπου το 1940, οι Arnon & Hoagland παρασκεύασαν ένα διάλυμα που η σύστασή του ήταν η πιο πετυχημένη μέχρι τότε (Χαρίτος, 1989).

Ο όρος υδροπονία θεσπίστηκε από τον Gericke το 1930. Στη συνέχεια της εξέλιξης των υδροπονικών συστημάτων μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές και διάφορες παραλλαγές τους. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου οι Αμερικανοί ανέπτυξαν υδροπονικές καλλιέργειες χρησιμοποιώντας χαλίκια σαν υπόστρωμα και ανακυκλούμενα θρεπτικά διαλύματα για να τροφοδοτήσουν με νωπά προϊόντα τα στρατεύματά τους στον Ειρηνικό (Χαρίτος, 1989).

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα σε όλο τον κόσμο πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας. Υπάρχει δε, θεσπισμένος ο διεθνής οργανισμός ISOSC (International Society for Soilles Culture) με έδρα την Wageningen της Ολλανδίας, οποίος ασχολείται ενεργά με τις υδροπονικές καλλιέργειες και σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Υδροπονίας των Κανάριων Νήσων προσπαθούν να εξελίσουν την έρευνα παραπάνω (Wilson, 1983).

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Σημαντικό πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η καλλιέργεια φυτών σε πολύ κακής ποιότητας εδάφη όπως πετρώδη, αμμώδη κ.α., αφού δεν έχει καμία ανάμιξη με αυτό. Επίσης η υδροπονική καλλιέργεια μπορεί να γίνει και σε μέρη όπου δεν υπάρχει φυσικό έδαφος ή υπάρχει σε μικρή ποσότητα (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Το έδαφος μπορεί να φέρει μαζί του διαφόρων ειδών ασθένειες και ζιζάνια επιβλαβή για τις καλλιέργειες, ενώ το κόστος απολύμανσής του είναι πολύ υψηλό και για τα ζιζάνια επαναλαμβανόμενο. Επιπλέον στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται να γίνεται και κατεργασία του εδάφους πριν τη σπορά. Σε μια υδροπονική καλλιέργεια το υλικό που έχει τη θέση του εδάφους είναι καθαρό και ελεγχόμενο (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Στην υδροπονία υπάρχουν συστήματα τα οποία η άρδευση και η λίπανση γίνονται αυτόματα με τις ρυθμίσεις που εμείς επιθυμούμε. Έτσι μπορούμε να έχουμε ελεγχόμενη άρδευση και τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, συνθήκες οι οποίες παραμένουν σε σταθερά επίπεδα για όσο χρονικό διάστημα εμείς επιθυμούμε.

Επιπλέον, έχουμε και τη δυνατότητα να αυξάνουμε ή να μειώνουμε τη λίπανση ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Σημαντικό πλεονέκτημα είναι η εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων περιορίζοντας τις απώλειες. Επίσης, το νερό που χρησιμοποιείται μπορεί να έχει υψηλή συγκέντρωση αλάτων, κάτι που είναι απαγορευτικό σε μια συμβατική καλλιέργεια (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Τα νεαρά φυτά δεν ταλαιπωρούνται τόσο κατά τη μεταφύτευσή τους όπως γίνεται στο έδαφος. Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας οι εργασίες είναι απλές κι έτσι υπάρχει εξοικονόμηση χρόνου και κόπου, ενώ και το περιβάλλον είναι πιο ευχάριστο σε σχέση με τον αγρό (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Τέλος ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι η εξάλειψη του κινδύνου μεταφοράς διαφόρων μικροβίων παθογόνων για τον καταναλωτή, τα οποία μπορεί να προέρχονται από υπολείμματα στην κοπριά και σε άλλα οργανικά υλικά (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Αρχικά ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι οι γνώσεις του αντικειμένου. Η υδροπονία για να μπορέσει να εφαρμοστεί με επιτυχία απαιτείται από τον καλλιεργητή να έχει έστω στοιχειώδεις γνώσεις επάνω στην θρέψη των φυτών και κατανόηση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων που γίνονται (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Ένα εκ των μειονεκτημάτων της υδροπονίας είναι η μικρότερη ικανότητα προσαρμογής σε σχέση με την καλλιέργεια στο έδαφος. Η έλλειψη νερού ή θρεπτικών στοιχείων είναι κάτι που δεν μπορεί να αναπληρωθεί και είναι πολύ σημαντική. Το pH και η αγωγιμότητα πρέπει να παρακολουθούνται συνέχεια ενώ αν οι μεταβολές τους είναι απότομες, η παραμικρή απόκλιση μπορεί να είναι καταστροφική για τα φυτά (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Για τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, αφού το παραμικρό λάθος οδηγεί σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Τα ιχνοστοιχεία είναι επίσης ένα μικρό πρόβλημα λόγω της μικρής ποσότητας που χρειάζεται να προστίθενται στο θρεπτικό διάλυμα (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Για να μπορέσει να εφαρμοστεί η υδροπονική καλλιέργεια φυτών χρειάζεται προηγμένη τεχνολογία. Δηλαδή το αυτόματο πότισμα, οι μηχανισμοί κυκλοφορίας

του νερού και κάποια άλλα συστήματα τα οποία είναι λίγο περίπλοκα. Επιπλέον απαιτείται και η γνώση κάποιων τεχνικών στοιχείων των συστημάτων αυτών για την άμεση αντιμετώπιση κάποιας βλάβης. Επίσης πρέπει να υπάρχει και στοιχειώδεις εργαστηριακός εξοπλισμός για την ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος του υποστρώματος, των απορροών, και των φυτικών ιστών (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Από τα παραπάνω φαίνεται να αποτελεί μειονέκτημα της υδροπονίας το γενικό υψηλό κόστος. Τα διάφορα υποστρώματα (Περλίτης, Ελαφρόπετρα, κ.α) είναι ακριβά σαν υλικά, ενώ το κόστος εγκατάστασης του αναγκαίου εξοπλισμού για την υδροπονική καλλιέργεια των φυτών είναι αρκετά υψηλό (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας των φυτών μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανοιχτά ή κλειστά συστήματα ανάλογα με το αν επαναχρησιμοποιείται ή όχι το νερό της αποστράγγισης. Στα κλειστά συστήματα όλο το νερό αποστράγγισης συγκεντρώνεται και επαναχρησιμοποιείται. Ενώ στα ανοιχτά συστήματα το νερό αποστράγγισης απορρίπτεται (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.5.1 ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στα ανοιχτά συστήματα το ποσοστό του όγκου του αποστραγγιζόμενου νερού εξαρτάται κυρίως από το είδος του συστήματος άρδευσης, το είδος του υποστρώματος καθώς επίσης από τον έλεγχο που πραγματοποιείται. Το επιθυμητό ποσοστό διήθησης του αποστραγγιζόμενου νερού για να έχουμε την κατάλληλη αγωγιμότητα είναι περίπου 25-30%. Βέβαια το ποσοστό διήθησης μπορεί να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα 0-10% μέχρι πολύ υψηλά 90% αυτό όμως δημιουργεί προβλήματα διότι όταν το ποσοστό είναι μεγάλο χάνεται και μεγάλη ποσότητα λιπάσματος με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης του πόσιμου νερού λόγω της απόρριψης του θρεπτικού διαλύματος στο περιβάλλον (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.5.2 ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα κλειστά συστήματα αναπτύχθηκαν εξαιτίας της περιβαλλοντικής ρύπανσης έτσι ώστε να επιτραπεί η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος αποστράγγισης στις μακροπρόθεσμες καλλιέργειες. Για ένα τέτοιο σύστημα απαιτείται εγκατάσταση ειδικών συστημάτων με ειδικό κόστος. Σε αυτού του είδους τα συστήματα η επαναχρησιμοποίηση του νερού αποστράγγισης οδηγεί σε συσσώρευση θρεπτικών ουσιών και ιόντων και κατά συνέπεια σε απαλλαγή των θρεπτικών αναλογιών. Για να αποτραπεί αυτό το πρόβλημα απαιτούνται συστήματα που χρησιμοποιούν υγρό λίπασμα και ευαίσθητους ιονικούς αισθητήρες καθώς και μονάδες ελέγχου. Άλλο πρόβλημα επίσης 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).

2.6 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα είδη των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πάρα πολλά σε όλο τον κόσμο. Για να χαρακτηριστεί ένα υλικό ως υπόστρωμα κατάλληλο για την υδροπονία πρέπει να φέρει ορισμένες ιδιότητες. Τέτοιες ιδιότητες είναι: να μπορεί να προσφέρει στα φυτά καλή στήριξη, να συγκρατεί το νερό, να έχει καλή αποστράγγιση, να μη φέρει παθογόνα στοιχεία που έχει το έδαφος, να είναι ουδέτερο όσον αφορά την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και άλλα. Στην ελληνική επικράτεια υπάρχουν εταιρείες παρασκευής υποστρωμάτων, ενώ πάρα πολλά υποστρώματα εισάγονται από το εξωτερικό.

Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται ποικίλουν όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, στο pH και στην αγωγιμότητα. Διαχωρίζονται σε οργανικά και ανόργανα (πίνακας 2.6), με τα δεύτερα να επικρατούν τα τελευταία χρόνια, λόγω της χημικής τους αδράνειας και της απαλλαγής τους από ασθένειες (Μανιός και Κεφάκη, 1995).

Πίνακας 2.6 : Ταξινόμηση στερεών υλικών για υδροπονικές καλλιέργειες με βάση την προέλευσή τους.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΤΥΠΟΙ
ΑΝΟΡΓΑΝΑ		
Ορυκτά	Υλικά φυσικά	Χαλίκια, άμμος, Ελαφρόπετρα
	Υλικά κατεργασμένα	Περλίτης, Βερμικουλίτης, Πετροβάμβακας, Διογκωμένη άργιλος
	Απόβλητα εργοστασίων	Τεμάχια τούβλων, σκωριές, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών
	Πλαστικά διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουρεθάνη
ΟΡΓΑΝΙΚΑ		
Φυτικά	Φυσικά προϊόντα, απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δέντρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, ροδάκινα, απόβλητα ελαιουργείων, διάφορα κυτταρικά απόβλητα.

Πηγή: Γεωργία και Κτηνοτροφία, 1998.

2.6.1 ΣΤΕΡΕΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

1. Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι ένα υλικό το οποίο προέρχεται από ηφαιστειακή δραστηριότητα και πιο συγκεκριμένα από την πυριτική λάβα η οποία κάτω από έντονες πιέσεις δημιουργεί υλικά μικρής πυκνότητας με αποτέλεσμα να σχηματίζεται κυστοειδές ηφαιστειακό γυαλί.

Η ελαφρόπετρα είναι κοινή σε περιοχές με πλούσια ηφαιστειακή δράση, όπως Νότια Ιταλία (Σικελία), στις Πορτογαλικές Αζόρες, στην Ισλανδία, στην Ιαπωνία, στην Τουρκία, στη Ρωσία, στα Ελληνικά Νησιά και σε άλλες περιοχές. Το ακατέργαστο υλικό εξάγεται από τα λατομεία, αλέθεται και κοσκινίζεται σύμφωνα με την απαίτηση των πελατών.

Εκτός της υδροπονίας η ελαφρόπετρα έχει χρήση στη βιομηχανία πλαστικού και χαρτιού, στη βιομηχανία ενδυμάτων (χρησιμοποιείται για πετρόπλυση) καθώς και στην κατασκευή κτιρίων ως ελαφρύ αμμοχάλικο. Η ελαφρόπετρα είναι ένα αδρανές αλουμινοπυριτικό υλικό το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλή πυκνότητα και διάστημα πόρων 70-85%, ανάλογα με την προέλευση και τη διαδικασία κοσκινίσματος. Η υδατοϊκανότητα της ελαφρόπετρας είναι σχετικά χαμηλή και γενικά σαν υλικό είναι σταθερό με χαμηλό pH περίπου 2,5 (Μανιός, 1993).

2. Περλίτη

Ο περλίτης είναι πυριτικό ορυκτό ηφαιστειογενούς προέλευσης. Υπάρχει στις Η.Π.Α, στην Ελλάδα και στην Νέα Ζηλανδία. Κατά την επεξεργασία του το ορυκτό σπάζεται και θερμαίνεται για ένα λεπτό στους 1000°C. Σαν υλικό είναι πολύ ελαφρύ σε σχέση με τον όγκο του, αλλά έχει τη δυνατότητα με την προσθήκη νερού να αυξάνει τον όγκο του μέχρι και 10 φορές.

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 το θρεπτικό διάλυμα. Ο περλίτης σαν υδροπονικό στερεό υπόστρωμα έχει πολύ καλά χαρακτηριστικά αφού έχει ουδέτερο pH και χαμηλή αγωγιμότητα (Μανιός, 1993).

3. Πετροβάμβακας

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

Το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο και έχει καλές φυσικές ιδιότητες (95% ολικό πορώδες, 20% περιεκτικότητα σε αέρα, 75% συγκράτηση νερού)/ Είναι χημικά αδρανές και διατίθεται σε διάφορες μορφές και συσκευασίες ανάλογα με τη χρήση του (κύβοι, πλάκες, κοκκώδης μορφή) (Μανιός, 1993; Βασιλακάκης, 1994; Μαλούπα, 1995; Smith, 1997).

4. Ίνες καρύδας (coco soil)

Η καρύδα καλλιεργείται ευρέως στις χώρες της Νοτίου Αμερικής, στη Σρι Λάνκα, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία και στην Ινδία. Από εκεί προέρχεται το μεγαλύτερο ποσοστό του εμπορίου της καρύδας και των ινών της. Οι ίνες καρύδας χρησιμοποιούνται ευρέως στις υδροπονικές καλλιέργειες λαχανικών, ανθέων και

δενδρυλλίων. Επίσης χρησιμοποιούνται στη ριζοβολία μοσχευμάτων και ως υποκατάστατο της τύρφης.

Ανατομικά οι ίνες καρύδας προέρχονται από το μεσοκάρπιο ιστό ή το φλοιό των καρύδων. Ο φλοιός περιέχει 60-70% ιστό εντεριώνης και ο υπόλοιπος αποτελείται κυρίως από ίνα. Οι ίνες διαχωρίζονται σε δύο μέρη, το χοντρό και το λεπτό. Το χοντρό μέρος των ινών αφήνεται σε δευτεροβάθμια αποσύνθεση. Στη συνέχεια λαμβάνονται και τα δύο μέρη και αποθηκεύονται για ένα χρονικό διάστημα όπου γίνεται αεροβική λιπασματοποίηση. Κατά τη διάρκεια της λιπασματοποίησης μέρος της ημικυτταρίνης, της κυτταρίνης και σε μικρότερη έκταση της λιγνίνης αποσυντίθεται προκαλώντας μείωση στην αναλογία C/N. Μετά από αυτή τη διαδικασία και αφού αφυδατωθούν λαμβάνεται το επιθυμητό προϊόν και συμπαγή μορφή και έτοιμο για εμπορική χρήση. Με τη προσθήκη νερού οι ίνες καρύδας διογκώνονται 5 έως 9 φορές σε σχέση με τον αρχικό τους όγκο.

Οι ακατέργαστες ίνες καρύδας είναι πλούσιες σε Na και Cl τα οποία μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Κατά τη διαδικασία παραγωγής πρέπει να πλυθούν και συνήθως προστίθεται Ca και Mg για να διευκολύνουν την αφαίρεση Na και να παρέχουν θρεπτικές ουσίες. Αφ' ετέρου η περιεκτικότητα σε P και K είναι πολύ υψηλή και πρέπει αυτό να ληφθεί υπόψη σε οποιοδήποτε πρόγραμμα λίπανσης. Βέβαια σαν οργανικό υλικό έχει το μειονέκτημα της μεταφοράς ασθενειών και βοηθάει στην γρήγορη εξάπλωση μυκήτων. Πάντως οι ίνες καρύδας δεν είναι τοξικές για τα φυτά και διατίθενται ελεύθερα στην αγορά (Μανιός, 1993)

5. Άμμος

Η άμμος χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με άλλα υλικά στην υδροπονία και σε ελάχιστες περιπτώσεις μόνη της. Δεν ενδείκνυται η χρήση της με τύρφη λόγω της μείωσης του ποσοστού αποστράγγισης που παρουσιάζει (Μαλούπα, 1995). Πριν από τη χρήση της απαιτείται η απομάκρυνση αργίλου, χλωριούχων αλάτων και ανθρακικού ασβεστίου.(Μανιός, 1993).

6. Άργιλος

Η χρησιμοποίηση του σε διάφορα μίγματα ρυθμίζει την απορρόφηση του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων, έχει γενικά χαμηλό ειδικό βάρος 0,3-0,7 g/cm³, εσωτερικό πορώδες 40-50% και υψηλό βαθμό εναλλακτικής ικανότητας κατιόντων. (Bunt, 1988; Γαρεφαλάκη, 1992). Ως αδρανές υπόστρωμα χρησιμοποιείται στη διογκωμένη του μορφή, που είναι στρογγυλεμένα τεμάχια αργίλου που έχουν πυρακτωθεί σε υψηλές θερμοκρασίες (Μαλούπα, 1995). Συνίσταται να

χρησιμοποιείται ύστερα από ξέπλυμα με νερό για να μειώνεται η περιεκτικότητα σε άλατα (Boodt et al., 1989).

7. Βερμικουλίτης

Είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται κυρίως στη Νότια Αφρική και τις Η.Π.Α λόγω της όρυξής ου από τις χώρες αυτές. Είναι πυριτικές ενώσεις μαγνησίου, σιδήρου και αλουμινίου

8. Ζεόλιθοι

Είναι ηφαιστιογενή ορυκτά αλκαλίων και αλκαλικών γαιών και περιέχουν κυρίως ζεόλιθο, κλινοπτιλόλιθο, ελανδίτη και ίχνη μορδενίτη. Είναι υλικά που εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές της Μήλου και της Θράκης. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο εδάφους, μόνο του ή σε μίγμα και τα μέχρι τώρα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι πολύ αξιόλογο, λόγω των ορισμένων ευνοϊκών χαρακτηριστικών του για την ανάπτυξη των φυτών, όπως μεγάλη εναλλακτικότητα και δυνατότητα εύκολης διάθεσης του νερού στα φυτά. (Μαλούπα, 1995).

2.7 ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε όλες σχεδόν τις υδροπονικές καλλιέργειες που χρησιμοποιείται κάποιο στερεό υπόστρωμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υποδοχέα στον οποίο θα τοποθετηθεί το στερεό υπόστρωμα. Οι υποδοχείς αυτοί είναι απλή στην κατασκευή και με σχετικά μικρό κόστος. Ουσιαστικά προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες στην πραγματοποίηση υδροπονικών καλλιεργειών:

- i. Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό.
- ii. Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός με σκοπό να αναπτύσσεται φυσιολογικά το ριζικό σύστημα χωρίς να υπάρχει ανάπτυξη ανεπιθύμητων αλγών.
- iii. Εξασφαλίζουν την συλλογή και ανακύκλωση του περιττού θρεπτικού διαλύματος όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- iv. Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή με το έδαφος.

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται σήμερα στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα ταξινομούνται ως εξής:

- i. πλαστικούς σάκους διαφόρων μεγεθών,
- ii. γλάστρες ή δοχεία σταθερού σχήματος,

- iii. κανάλια επενδυμένα με πλαστικός το έδαφος ή σε ειδικές κατασκευές πάνω από το έδαφος,
- iv. κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα.

2.8 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά, γίνεται αποκλειστικά και μόνο μέσω του θρεπτικού διαλύματος, σε αντίθεση με τη συμβατική καλλιέργεια στο έδαφος όπου τα λιπάσματα είναι κυρίως σε στερεά μορφή. Η σύνθεση των θρεπτικών διαλυμάτων είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα, καθώς επίσης και η διαδικασία παρασκευής τους και ο τρόπος χορήγησής τους. Με την παρακολούθηση των θρεπτικών διαλυμάτων στις ρίζες έχουμε τη δυνατότητα έγκαιρης πρόβλεψης κάποιου προβλήματος και συγχρόνως γρήγορης και σωστής παρέμβασης.

Τα χημικά στοιχεία που έχουν ανάγκη τα φυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα μακροστοιχεία και τα ιχνοστοιχεία. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με βάση την ποσοτική τους αναγκαιότητα. Τα μακροστοιχεία είναι 9 και είναι αναγκαία σε μεγάλες ποσότητες, ενώ αντίθετα τα ιχνοστοιχεία είναι 7 και είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες. Η αναλογία αυτών μπορεί να κυμανθεί από 1:500 έως 1:2000. Τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι πλήρη σε στοιχεία εκτός ορισμένων που λαμβάνονται από την ατμόσφαιρα και το νερό. Πιο συγκεκριμένα το οξυγόνο και ο άνθρακας λαμβάνεται από την ατμόσφαιρα, ενώ το χλώριο από το νερό. Η μορφή των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δεν διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου, 2002).

2.8.1 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα στην υδροπονία πρέπει να έχουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως: υψηλή διαλυτότητα και καθαρότητα καθώς επίσης και χαμηλό κόστος. Έτσι ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά, υδατοδιαλυτά καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων. Δεν χρησιμοποιούνται τα υδατοδιαλυτά άλατα των λιπασμάτων σαν μακροστοιχεία λόγω του φόβου επιβάρυνσης του

θρεπτικού διαλύματος με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ενός ιόντος, κάτι που θα ήταν καταστροφικό για την καλλιέργεια (Στεργίου, 2002).

Τα σύνθετα πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα δεν χρησιμοποιούνται στην υδροπονία γιατί δεν έχουν τη δυνατότητα να έχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στις συγκεντρώσεις που κάθε φορά απαιτούνται. Τέλος με τα σύνθετα λιπάσματα είναι δύσκολες οι επιπλέον επεμβάσεις για διορθώσεις τυχόν λαθών (Στεργίου, 2002).

2.8.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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

1. Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων

Το pH εκφράζει τον αρνητικό λογάριθμο των υδρογονοκατιόντων, δηλαδή μας δείχνει την περιεκτικότητα του θρεπτικού μας διαλύματος σε ιόντα υδρογόνου. Το πόσο κατάλληλο είναι το θρεπτικό διάλυμα για την εκάστοτε καλλιέργεια φανερώνεται μέσω του pH.

Όταν το pH είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα, οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ κάποια στοιχεία απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφопενίας ή τοξικότητας στα φυτά. Για τα περισσότερα λαχανικά το pH του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 έως 6,5 (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός θρεπτικού διαλύματος αντικατοπτρίζει την ποσότητα (συγκέντρωση) των θρεπτικών στοιχείων και των ανόργανων αλάτων που περιέχονται σε αυτό, χωρίς να μας φανερώνει το είδος τους. Γενικότερα, ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι διεθνώς το ds/m.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος έχει ανώτερες και κατώτερες τιμές για κάθε φυτό που καλλιεργείται. Όταν οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος είναι χαμηλές, αυτό σημαίνει ότι ορισμένα θρεπτικά στοιχεία δεν είναι σε επαρκή επίπεδα. Όταν με τις μετρήσεις που γίνονται, παρατηρούνται υψηλές τιμές τότε το διάλυμα είναι αλατούχο και η καλλιέργεια καταπονείται. Σε περίοδο όμως που ο ρυθμός διαπνοής είναι χαμηλός τότε αποζητούμε υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας πάντοτε βέβαια μέσα στα επιθυμητά όρια για κάθε φυτό. Σε περιόδους όμως που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και έντονη ηλιοφάνεια επιθυμούνται οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας να τείνουν προς τα κατώτερα όρια. Σε ορισμένες περιπτώσεις επιλέγεται μικρή αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κάτι που συνεπάγεται την ομοιόμορφη ανύψωση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, με τις μεταξύ τους αναλογίες να παραμένουν σταθερές (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

2.9 ΥΓΡΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ (ΣΥΣΤΗΜΑ FLOATING)

Το υδροπονικό σύστημα Floating αναπτύχθηκε το 1976 στην Ιταλία από τον Massantini και το 1980 στην Αριζόνα των Η.Π.Α από τον Jensen με σκοπό την καλλιέργεια μαρουλιού και γενικότερα φυλλωδών λαχανικών. Τα τελευταία χρόνια αυτού του είδους το υδροπονικό σύστημα είναι από τα πλέον εξελιγμένα λόγω των ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο πανεπιστήμιο Cornell των Η.Π.Α από το 1998. Το πανεπιστήμιο αυτό κατέχει και τα δικαιώματα της συγκεκριμένης τεχνογνωσίας. Οι χώρες όπου διεξάγεται περισσότερο αυτή η μέθοδος είναι η Ολλανδία, Ιαπωνία, Η.Π.Α και Ταϊβάν.

Η πλέον ευδιάκριτη διαφορά του συστήματος αυτού είναι ότι ο ακριβής έλεγχος του κλίματος και η ενσωμάτωση του συμπληρωματικού φωτισμού, εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή του συστήματος αυτού σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο από τα υπάρχοντα υδροπονικά συστήματα. Για παράδειγμα το σύστημα floating μπορεί να παράγει 945 μαρούλια την ημέρα, για μια εβδομάδα. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη σπορά μέχρι την πρώτη συγκομιδή είναι μονάχα 35 ημέρες, όπου τα μαρούλια που θα συγκομιστούν θα έχουν ένα μέσο βάρος 150 g. Η ετήσια παραγωγή του συστήματος αυτού ανά μονάδα επιφάνειας είναι 11,5 lbs/ft², δηλαδή περίπου 56 kg/m².

2.9.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ FLOATING

Η συγκεκριμένη μέθοδος υπερτερεί έναντι της παραδοσιακής καλλιέργειας στο έδαφος, αλλά και των υπολοίπων υδροπονικών μεθόδων γιατί:

1. Παρουσιάζει υψηλό κόστος εγκατάστασης αλλά χαμηλό κόστος λειτουργίας (δηλαδή θεωρείται γρήγορα αποσβέσιμο).

2. Υπάρχει ευκολία στη συντήρηση και στις καλλιεργητικές εργασίες.

3. Έχουμε δυνατότητα αυτοματοποίησης πολλών διαδικασιών, όπως σπορά, μεταφύτευση, συλλογή, και επομένως παραπέρα μείωση του λειτουργικού κόστους.

4. Δίνει τη δυνατότητα επίτευξης υψηλής πυκνότητας φύτευσης και επομένως καλύτερης εκμετάλλευσης της καλλιεργούμενης επιφάνειας. Δηλαδή σε ένα θερμοκήπιο με σύστημα floating η εκμετάλλευση μπορεί να ξεπερνά το 90% έναντι του 60% που μπορεί να επιτευχθεί με τις υπόλοιπες μεθόδους καλλιέργειας, υδροπονικές ή μη.

5. Επιπλέον δίνει τη δυνατότητα πλήρους ελέγχου της σύστασης και της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος, πράγμα αδύνατον για τις καλλιέργειες στο έδαφος αλλά και για τις υπόλοιπες υδροπονικές μεθόδους που εμφανίζουν συχνά προβλήματα υπερθέρμανσης ή κακής οξυγόνωσης του διαλύματος.

6. Σαν καλλιέργεια κλειστού τύπου, ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, δεν παράγει απόβλητα και δεν ρυπαίνει με κανέναν τρόπο το περιβάλλον σε αντιπαράθεση με την καλλιέργεια στο έδαφος ή την καλλιέργεια σε ανοιχτό υδροπονικό κύκλωμα, που μολύνουν το περιβάλλον με εκπομπές μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων και ειδικότερα νιτρικών (μόλυνση υδροφόρου ορίζοντα). Οι σύγχρονες τάσεις στη γεωργία απαιτούν την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντα με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

7. Επιπροσθέτως χρησιμοποιεί ελάχιστο νερό, το απόλυτα απαραίτητο για τις βιολογικές ανάγκες του φυτού και αυτό γιατί λόγω της κάλυψης της επιφάνειας της καλλιέργειας, η απώλεια νερού λόγω εξάτμισης είναι μηδενική ενώ παράλληλα λόγω του κλειστού κυκλώματος, δεν υπάρχουν απώλειες προς το υπέδαφος.

8. Δεν χρησιμοποιεί κανένα είδος υποστρώματος φύτευσης και επομένως δεν παρουσιάζει κανένα είδος παθογένειας, εξαιτίας της έλλειψης υποστρώματος όπου θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Δεν απαιτεί αλλαγή υποστρώματος ή περιοδικές απολυμάνσεις περιορίζοντας έτσι την ανάγκη χρήσεων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

9. Σε μια σωστή, οργανωμένη και εξοπλισμένη μονάδα με πλήρη δυνατότητα ελέγχου και βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξης, η ανάγκη χρήσεως φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι ελάχιστη ή και μηδενική. με αποτέλεσμα τα παραγόμενα φυτά να είναι ελάχιστα ή καθόλου επιβαρυνμένα, και ίσως να μπορούμε να πούμε λιγότερο και από εκείνα της βιολογικής καλλιέργειας.

10. Λόγω του απόλυτα ελεγχόμενου περιβάλλοντος καλλιέργειας και ανάπτυξης των φυτών, καθώς και του απόλυτου ελέγχου των εισροών – εκροών του συστήματος, η διαπίστευση τέτοιου τύπου μονάδων είναι δεδομένη και απόλυτα οικολογική.

11. Τέλος θα πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερος ότι η χρήση του floating αποτελεί μια εξαιρετική εναλλακτική λύση ενός παραγωγικού συστήματος το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην επιβίωση της γεωργίας σε ένα ταχύτατα μεταβαλλόμενο περιβάλλον, ειδικότερα κοντά σε μεγάλες πόλεις.

3. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

3.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

- **Φως**

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

Η απορρόφηση αζώτου στο μαρούλι επηρεάζεται από το φωτισμό και από την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τους Wheeler *et al.* (1998) όσο μεγαλώνει η ένταση του φωτός τόσο αυξάνεται η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά.

Οι ανάγκες του μαρουλιού διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, γενικά όμως το μαρούλι έχει ανάγκη από μία φωτεινή ακτινοβολία της τάξης των 1000-1200 lux. Ωστόσο καλή ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί και σε μια ένταση φωτός 500 lux (Walls, 1993).

- **CO₂**

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

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

- i) Επιτάχυνση της ωρίμανσης από 10 ημέρες ως και μερικές βδομάδες.
 - ii) Αύξηση της ποιότητας και της απόδοσης της καλλιέργειας.
 - iii) Υποκατάσταση της μειωμένης έντασης φωτός κατά της χειμερινές ημέρες με συννεφιά.
 - iv) Αύξηση της ξηράς ουσίας του μαρουλιού.
- (Walls, 1993)

3.2. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού έχουν χρησιμοποιηθεί τα περισσότερα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται γενικά όπως περλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα κ.α. με εξίσου θετικά αποτελέσματα. Εντούτοις σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως ο περλίτης (Siomos et al. 1999). Σε μικρότερη κλίμακα χρησιμοποιείται η ελαφρόπετρα, η οποία τα τελευταία χρόνια αρχίζει να καθιερώνεται, λόγω του μικρού κόστους και παρά το γεγονός ότι ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι το μεγάλο ειδικό βάρος της (Μανιός, 1994).

Το 1999 σε πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο τμήμα λαχανοκομίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης η ελαφρόπετρα απέδωσε εξίσου καλά αποτελέσματα σε σχέση με τον περλίτη όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μαρουλιών (χρώμα, ογκομετρούμενη οξύτητα, χλωροφύλλη α και b και ολική χλωροφύλλη), ενώ υστέρησε αναφορικά με την απόδοση της καλλιέργειας, η διαφορά όμως δεν ήταν σημαντική (Siomos et al. 1999).

3.3. ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Η διάταξη των φυτών μαρουλιού σε μια υδροπονική καλλιέργεια είναι ένα εύκολο συγκριτικά με άλλα φυτά ζήτημα, λόγω του μικρού όγκου που έχουν τα φυτά.

Οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές φύτευσης είναι:

i. Σε γραμμές

Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών. Μειονέκτημα σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές είναι ο μικρός αριθμός των φυτών που καλλιεργούνται ανά στρέμμα.

ii. Σε βαθμίδες

Πλεονεκτεί σε σχέση με την τεχνική σε γραμμές λόγω του μεγαλύτερου αριθμού φυτών που καλλιεργούνται ανά στρέμμα, αλλά μειονεκτεί στην ομοιομορφία της ανάπτυξης των φυτών στην καλλιέργεια (Οικονομάκης, 2002).

iii. Σε αψίδες

Στη συγκεκριμένη τεχνική το πλεονέκτημα που παρουσιάζεται είναι η αξιοποίηση της καλλιεργούμενης έκτασης οριζοντίως αλλά και κατακόρυφα. Έτσι αυξάνεται ακόμα περισσότερο ο αριθμός των καλλιεργούμενων φυτών ανά στρέμμα. Επιπλέον

παρέχεται το πλεονέκτημα του καλύτερου αερισμού των φυτών σε σχέση με τις άλλες δύο τεχνικές (Οικονομάκης, 2002).

3.4. ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μια καλλιέργεια. Οι αποστάσεις αυτές πρέπει να είναι τέτοιες που να εξασφαλίζουν την ομαλή ανάπτυξη τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος του φυτού.

Σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού εφαρμόζονται μικρότερες αποστάσεις φύτευσης (20-25 cm) εν συγκρίσει με μια συμβατική καλλιέργεια μαρουλιού (30-40 cm) (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Σε ορισμένες μελέτες που έγιναν, η φύτευση μαρουλιών σε υδροπονική καλλιέργεια σε απόσταση των 15 cm είχε επίσης θετικά αποτελέσματα (Howard and Resh, 1995).

Οι αποστάσεις φύτευσης εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες:

- Την ποικιλία του καλλιεργούμενου μαρουλιού. Τα μη κεφαλωτά μαρούλια που έχουν την ιδιότητα να «απλώνουν» το φύλλωμά τους πρέπει να φυτεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Το σύστημα φύτευσης. Το σύστημα φύτευσης σε γραμμές δεν επιτρέπει μικρές αποστάσεις φύτευσης λόγω της δημιουργίας συνθηκών κακού αερισμού και υπερβολικής υγρασίας οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (βοτρύτης). Αντίθετα στο σύστημα αψίδας όπου οι συνθήκες αερισμού των φυτών είναι σίγουρα καλύτερες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μικρότερες αποστάσεις. (Howard et al. 1995).

3.5. ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός διαλύματος κατάλληλου για την υδροπονική καλλιέργεια του μαρουλιού θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η συνολική συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα των ανόργανων ιόντων, οι μεταξύ τους αναλογίες και η τιμή του pH να είναι οι κατάλληλες, ανάλογα με την ποικιλία του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Κατά την παρασκευή του θρεπτικού

διαλύματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η σύσταση του χρησιμοποιούμενου νερού σε ανόργανα ιόντα (Κουσουρή, 2004).

Κατά την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος στα νεαρά φυτά δεν χρησιμοποιούμε καθόλου αμμωνία, λόγω της τοξικότητας που παρουσιάζεται στα ριζίδια και του περιορισμού στην ανάπτυξή τους. Αργότερα εφαρμόζεται μικρή ποσότητας αμμωνίας για σταθεροποίηση του pH του θρεπτικού διαλύματος. Όταν τα φυτά βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης και είκοσι μέρες πριν τη συγκομιδή καλό είναι να διακόπτεται η εφαρμογή αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ώστε να μειωθεί η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο φύλλωμα των φυτών. (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 έως 2,7 και για το pH από 5,5 έως 6,5 με άριστη τιμή το 5,8. (Μαυρογιαννόπουλος, 1994). Στον **πίνακα 3.5.1** παραθέτονται τέσσερις προτάσεις με την επιθυμητή σύσταση του θρεπτικού διαλύματος (Σιώμος 1999, Albright 1997, Μαυρογιαννόπουλος 1994 και Sonneveld and Straver 1994).

Πίνακας 3.5.1 : Προτεινόμενη σύσταση θρεπτικού διαλύματος

	Μαυρογιαννόπουλος (1994)	Sonneveld and Straver (1994)	Albright (1997)	Σιώμος (1999)
NO₃	9,5 mmol/l	19,0 mmol/l	8,9 mmol/l	18,18 mmol/l
H₂PO₄	1,0 mmol/l	2,0 mmol/l	1,0 mmol/l	2,0 mmol/l
SO₄	0,5 mmol/l	1,125 mmol/l	1,1 mmol/l	1,0 mmol/l
NH₄⁺	0,5 mmol/l	1,25 mmol/l	-	0,96 mmol/l
Ca⁺⁺	2,25 mmol/l	4,5 mmol/l	2,1 mmol/l	7,66 mmol/l
K⁺	5,0 mmol/l	11,0 mmol/l	5,5 mmol/l	11,13 mmol/l
Mg⁺⁺	0,75 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l
Fe	35,0 μmol/l	40,0 mmol/l	16,8 μmol/l	40,07 mmol/l
Mn	5,0 μmol/l	5,0 mmol/l	2,5 μmol/l	5,01 μmol/l
Zn	3,0 μmol/l	4,0 mmol/l	2,0 μmol/l	4,01 μmol/l
B	20,0 μmol/l	30,0 mmol/l	15,0 μmol/l	30,0 μmol/l
Cu	0,5 μmol/l	0,75 mmol/l	0,4 μmol/l	0,75 μmol/l

Η επιλογή της κατάλληλης σύστασης για το χρησιμοποιούμενο διάλυμα σε μια υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και εμπειρία από την πλευρά του καλλιεργητή λόγω της επικινδυνότητας που υπάρχει για εμφάνιση τροφοπενίας, η οποία χρίζει άμεσης αντιμετώπισης. Στον **πίνακα 3.5.2** εμφανίζονται τα συμπτώματα που παρουσιάζουν τα φυτά από την έλλειψη διαφόρων στοιχείων και ιχνοστοιχείων (Καραμπέτσος, 2001).

Πίνακας 3.5.2: Συμπτώματα έλλειψης θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα

Στοιχείο	Αρχική μορφή υπό την οποία απορροφάται από το φυτό	Συνήθης συγκέντρωση σε υγιή φυτά	Συμπτώματα έλλειψης
Μακροστοιχεία			
Άζωτο	NO_3^- ή NH_4^+	1 – 4 %	Αναστολή αύξησης ή περιορισμένη αύξηση, κυανέρυθρος χρωματισμός σε μίσχους και κατά μήκος των νεύρων του ελάσματος
Κάλιο	K^+	0,5 – 6 %	Χλώρωση στα στίγματα, νέκρωση, αδύναμο στέλεχος
Ασβέστιο	Ca^{2+}	0,2 – 3,5 %	Παρεμπόδιση της ανάπτυξης της ρίζας, βαθμιαία νέκρωση της κορυφής του βλαστού
Φώσφορος	H_2PO_4^- ή PO_4^{2-}	0,1 – 0,8 %	Νάνα φυτά σκούρου χρώματος
Μαγνήσιο	Mg^{2+}	0,1 – 0,8 %	Φύλλα με στίγματα ή χλωρωτικά που μπορεί να κοκκινίζουν
Θείο	SO_4^{2-}	0,05 – 1,0 %	Χλώρωση των νεαρών φύλλων
Μικροστοιχεία			
Σίδηρος	Fe^{2+} ή Fe^{3+}	25 – 300 ppm	Εμφάνιση μεσονεύριας χλώρωσης στα νεαρά φύλλα
Χαλκός	Cu^{2+}	4 – 30 ppm	Τα φύλλα παρουσιάζουν περιορισμένη αύξηση, χλώρωση, νέκρωση
Μαγγάνιο	Mn^{2+}	15 – 800 ppm	Χλωρωτικά στίγματα στα νεότερα φύλλα, χλώρωση, νέκρωση
Βόριο	B(OH)_3 ή B(OH)_4		Εύθραυστοι μίσχοι και κεντρικές νευρώσεις, κίτρινο ή καφέ χρώμα
Μολυβδαίνιο	MoO_4^{2-}	0,1 – 5,0 %	Μεσονεύρια χλωρωτικά στίγματα ακολουθούμενα από νέκρωση
Ψευδάργυρος	Zn^{2+}	15 – 100 ppm	Μεσονεύρια χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, σμίκρυνση φύλλων

Πηγή: Καραμπέτσος, (2001)

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα πάνω στην υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού (Siomos et al., 2002b). Οι πειραματικές μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως στην επίδραση των υποστρωμάτων, της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος, των αποστάσεων φύτευσης και της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου στο νωπό βάρος, στο ξηρό βάρος, στο ρυθμό ανάπτυξης (ρυθμός εμφάνισης φύλλων), σε παραμέτρους του χρώματος των φυτικών ιστών (L, a, b), στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στο φύλλωμα και στη σύσταση των ιστών των παραγόμενων υδροπονικά μαρουλιών.

Ελάχιστες όμως μελέτες έχουν διεξαχθεί που να συσχετίζουν το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών μαρουλιού, την ποικιλία και τη συντήρησή τους.

Οι Siomos *et al.* (1999 d) μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών Paris Island (τύπος Romaine) και Atraxion (τύπος Looseleaf), κατά τη συγκομιδή και την περίοδο συντήρησής τους. Η καλλιέργεια των φυτών έγινε σε αμμώδες έδαφος με αποστάσεις φύτευσης 25x25 cm και η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε 97 ημέρες μετά τη φύτευσή τους. Η ποιότητα των μαρουλιών υπολογίστηκε 3, 6, 9, 12 και 15 ημέρες μετά τη συγκομιδή και σε θερμοκρασία συντήρησης 1°C. Τα μαρούλια της ποικιλίας Paris Island είχαν μικρότερη συγκέντρωση νιτρικών από τα μαρούλια της ποικιλίας Atraxion κατά τη συγκομιδή. Η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ήταν περίπου ίδια και στις δύο ποικιλίες. Την ένατη μέρα συντήρησης τα μαρούλια της ποικιλίας Paris Island είχαν μικρότερη απώλεια βάρους από τα μαρούλια της ποικιλίας Atraxion (Siomos et al. , 2002b).

5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που παρουσιάζεται παραπάνω, η κεφαλή του μαρουλιού είναι ιδιαίτερα φθαρτή και η ποιότητά της υποβαθμίζεται ταχύτατα μετά τη συγκομιδή. Οι μέχρι σήμερα προσπάθειες να επιμηκύνουν τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής των κεφαλών εστιάζονται κυρίως στη μείωση του ρυθμού απώλειας νερού και του ρυθμού αναπνοής με τη διαμόρφωση των συνθηκών αποθήκευσης (π.χ. θερμοκρασία, Σ.Υ., ατμόσφαιρα) και τη χρήση ειδικών συσκευασιών για αυτό το σκοπό, χωρίς όμως να πετύχουν αύξηση της μετασυλλεκτικής ζωής και τη διατήρηση της ποιότητας των νωπών κεφαλών για περισσότερα από μερικές ημέρες. Επίσης ελάχιστη έρευνα έχει πραγματοποιηθεί που να αφορά τη συντήρηση του μαρουλιού σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών.

Γι' αυτό το λόγο στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η μετασυλλεκτική συμπεριφορά των κεφαλών μαρουλιού τριών ποικιλιών (Paris Island Gigant, Paris Island και Great Lakes) που αναπτύχθηκαν σε τέσσερα διαφορετικά υποστρώματα (floating, περλίτη, πετροβάμβακα, ελαφρόπετρα) με σκοπό την επιμήκυνση της διάρκειας αποθήκευσης και τη διατήρηση της ποιότητάς τους ώστε να είναι εμπορεύσιμοι.

Οι παράγοντες που μελετήθηκαν προκειμένου να επιμηκυνθεί η διάρκεια ζωής των κεφαλών ήταν η θερμοκρασία αποθήκευσης, η διάρκεια αποθήκευσης (μετασυλλεκτικοί παράγοντες) και το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών (προσυλλεκτικός παράγοντας).

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης διεξήχθη στο ΑΤΕΙ Καλαμάτας, και πιο συγκεκριμένα στο θερμοκήπιο υδροπονικών καλλιεργειών του εργαστηρίου Λαχανοκομίας. Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουάριος – Απρίλιος 2008.

6.1.1. ΣΠΟΡΑ

Η σπορά έγινε στις 20-02-2008 στο θερμοκήπιο λαχανοκομίας του ΤΕΙ. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν ομαδικά σε πλαστικά δοχεία σποράς σε υπόστρωμα εμπλουτισμένης τύρφης (KTS2 Klasman-Deilmann GmbH, Geeste, Germany) τα χαρακτηριστικά της οποίας δίνονται στον **πίνακα 6.1**. Οι σπόροι προέρχονταν από την εταιρεία Georponiko spiti. Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν 5 σειρές σπόρων με 10 σπόρους σε κάθε σειρά. Συνολικά τοποθετήθηκαν 800 σπόροι από κάθε ποικιλία. Στη συνέχεια τα δοχεία μεταφέρθηκαν σε προβλαστήρια με θερμοκρασία ημέρας 20°C, θερμοκρασία νύχτας 13°C και διάρκεια φωτισμού 10 ώρες/ημέρα. Επίσης γινόταν καθημερινό πότισμα. Οι σπόροι φύτρωσαν σε 4 ημέρες από τη σπορά τους. Την τέταρτη μέρα έγινε αλλαγή στην διάρκεια της φωτοπεριόδου από 10 ώρες/ημέρα σε 12 ώρες/ημέρα.

Πίνακας 6.1. Χαρακτηριστικά της εμπλουτισμένης τύρφης KTS2.

pH=5,5-6,0
Οργανική Ουσία: 16-20Kg/300L
Άλατα: 2000 mg/L
N: 280-360 mg/L
P ₂ O ₅ : 320-410 mg/L
K ₂ O: 370-460 mg/L

6.1.2. ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ

Η μεταφύτευση των φυτών από τις ομαδικές στις ατομικές θέσεις έγινε 8 ημέρες μετά τη σπορά. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε δίσκους που έφεραν είκοσι ατομικές θέσεις. Οι δίσκοι γεμίστηκαν με τύρφη και τα φυτά μεταφέρθηκαν στην ατομική θέση τους. Όταν το σύνολο των φυτών μεταφυτεύθηκε οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε πάγκους εντός του θερμοκηπίου. Το θερμοκήπιο δεν θερμαινόταν. Το πότισμα των

νεαρών φυτών γινόταν με το σύστημα της υδρονέφωσης. Οι απώλειες κατά την μεταφύτευση ήταν ασήμαντες. Ο έλεγχος και το πότισμα των φυτών ήταν καθημερινός. Πέντε ημέρες από την μεταφύτευση στις ατομικές θέσεις εμφανίστηκε το πρώτο πραγματικό φύλλο.



Εικόνα 6.1.1: Πρώτη μεταφύτευση.

Η μεταφύτευση στις τελικές θέσεις εντός του θερμοκηπίου της υδροπονίας έγινε 20 ημέρες μετά την πρώτη μεταφύτευση και αφού τα φυτά βρισκόταν στο 3-4 πραγματικό φύλλο. Τα κανάλια – υποδοχής των φυτών γεμίστηκαν με τα υποστρώματα, ώστε σε κάθε φυτό να αντιστοιχούν 2,4 L υποστρώματος. Τα κανάλια τοποθετήθηκαν στην τελική τους θέση και ποτίστηκαν καλά με θρεπτικό διάλυμα από την προηγούμενη μέρα. Τα φυτά μεταφυτεύθηκαν με μπάλα χώματος και σε βάθος λίγο μεγαλύτερο από αυτό του δίσκου. Μετά την τοποθέτηση του φυταρίου στην τελική του θέση πιέστηκε το υπόστρωμα γύρω από το φυτό ώστε να έχουμε καλύτερη σταθεροποίηση του φυτού και καλύτερη επαφή του ριζικού συστήματος με το νέο υπόστρωμα. Ακολούθησε πότισμα των νεαρών φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Ανάμεσα στο κανάλι και στο υπόστρωμα είχε τοποθετηθεί πλαστικό φύλλο το οποίο συγκρατούσε το υπόστρωμα. Το πλαστικό ήταν κλειστό στο πάνω μέρος (ανοιχτό



Εικόνα 6.1.2: Πότισμα των νεαρών φυτών με το σύστημα της υδρονέφωσης.

μόνο στο σημείο όπου βρισκόταν το φυτό) για την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης του θρεπτικού διαλύματος. Φέρει τρύπες για την απορροή του θρεπτικού διαλύματος.

Στο υδροπονικό σύστημα επίπλευσης, τα φυτά ουσιαστικά καλλιεργούνται σε επιπλέουσες “σχεδίες” που είναι κατασκευασμένες από ελαφρά συνθετικά υλικά (πχ. Φελιζόλ) με τρόπο ώστε οι ρίζες να κρέμονται από το κάτω μέρος του δίσκου. Τα σπορόφυτα τοποθετήθηκαν σε ειδικά φύλλα πολυστυρενίου (Styrofoam) στα οποία έχουν δημιουργηθεί οι αντίστοιχες υποδοχές. Το πολυστυρένιο ουσιαστικά αποτελεί το μέσο στήριξης των φυτών. Οι σχεδίες αυτές αφήνονται να επιπλέουν σε ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές, όπου στεγανοποιούνται μέσω της επίστρωσης φύλλων πολυαιθυλενίου και γεμίζονται με νερό στο οποίο έχουν διαλυθεί σε ιδανική ποσότητα και σύσταση όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη των φυτών. Με αυτόν τον τρόπο οι ρίζες βρίσκονται σε ένα περιβάλλον ιδανικής σύνθεσης και επομένως τα φυτά παρουσιάζουν μια αλματώδη ανάπτυξη, που μόνο περιορισμό έχει την γενετική ταχύτητα μεταβολισμού του ίδιου του φυτού.

Η σύσταση του διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία ελέγχεται συνεχώς και διορθώνεται κατάλληλα ώστε το φυτό να δέχεται την ιδανική θρέψη σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Επίσης με συχνές εκχύσεις αέρα στη δεξαμενή καλλιέργειας επιτυγχάνεται ο επαρκής αερισμός του διαλύματος και του ριζικού συστήματος των φυτών, γεγονός που προκαλεί την μέγιστη δυνατή επιτάχυνση του μεταβολικού τους ρυθμού.

6.2. 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 την μεταφύτευση των φυταρίων στην τελική τους θέση. Η χορήγηση θρεπτικού διαλύματος γινόταν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (9:00 π.μ. έως 18:00 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 (0,05L).

Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα λιπάσματα: νιτρικό ασβέστιο, θειικό μαγνήσιο, θειικό κάλιο, νιτρικό κάλιο, φωσφορικό μονοκάλιο, νιτρική αμμωνία, χηλικός σίδηρος, θειικό μαγγάνιο, θειικός χαλκός, βόρακας, μολυβδαινική αμμωνία.

Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος αποφασίστηκε αφού λήφθηκε υπόψη η σύσταση του νερού άρδευσης. Η σύσταση του νερού άρδευσης καθώς και του θρεπτικού διαλύματος φαίνεται στον **πίνακα 6.2**.

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 θρεπτικά διαλύματα παρασκευάστηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο των Savas and Adamides (1999).

Πίνακας 6.2: Σύσταση νερού άρδευσης και θρεπτικού διαλύματος

Στοιχεία	Σύσταση νερού άρδευσης	Αρχική σύσταση θρεπτικού διαλύματος	Μεταβολή της σύστασης θρεπτικού διαλύματος
NO ₃	0,054 mmol/l	9,62 mmol/l	13,9 mmol/l
H ₂ PO ₄	-	1,95 mmol/l	2,08 mmol/l
SO ₄	1 mmol/l	2,68 mmol/l	1,97 mmol/l
NH ₄ ⁺	-	0,84 mmol/l	1,12 mmol/l
Ca ⁺⁺	2,2 mmol/l	3,73 mmol/l	4,1 mmol/l
K ⁺	-	6,53 mmol/l	7,17 mmol/l
Mg ⁺⁺	1,17 μmol/l	1,61 μmol/l	1,77 μmol/l
Fe	-	35 μmol/l	35 μmol/l
Na ⁺	1,10 mmol/l	-	-
Cl ⁻	1,60 mmol/l	-	-
Mn	-	8 μmol/l	8 μmol/l
Zn	3 μmol/l	6 μmol/l	6 μmol/l
B	5,37 μmol/l	30 μmol/l	30 μmol/l
Cu	-	0,75 μmol/l	0,75 μmol/l
Mo	-	0,50 μmol/l	0,50 μmol/l
HCO ₃ ⁻	4,2 μmol/l	-	-
Αγωγιμότητα	0,67 dS/m	2,1 dS/m	2,3 dS/m
pH	7,37	5,5	5,5

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ακολουθούνταν η εξής διαδικασία:

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

Τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών προσάγονταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 3 τόνων, από άλλα δοχεία, στα οποία βρίσκονταν υπό μορφή πυκνών διαλυμάτων (νιτρικά διαλύματα). Τα νιτρικά διαλύματα παρασκευάζονταν έτσι ώστε, τα διάφορα ιόντα που απαιτούνταν για την ανάπτυξη των φυτών να βρίσκονται στην απαιτούμενη αναλογία μεταξύ τους. Η αραίωση γινόταν με το νερό της δεξαμενής.

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

Η ανάμιξη και αραίωση του διαλύματος γίνονταν μέσω υπολογιστή (πρόγραμμα Autonet 2000) ωστόσο το pH και η αγωγιμότητα ελέγχονταν περιοδικά με πεχάμετρο 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 την αντλία.

6.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ FLOATING

- **ΔΕΞΑΜΕΝΗ:** Ο σκελετός της δεξαμενής είναι φτιαγμένος από δομικό υλικό κύβου άλφα μπλοκ και σε διαστάσεις πλάτος 4 m, μήκος 10 m και ύψους 30 cm. Για την κάλυψη της δεξαμενής χρησιμοποιείται ένα υλικό στεγανοποίησης και συγκεκριμένα μαύρη γεωμεμβράνη κατάλληλη για τρόφιμα με πάχος 0,5 mm. Οι σωληνώσεις εντός της δεξαμενής που χρησιμοποιούνται για επαρκή ανάδευση του διαλύματος είναι από πολυπροπυλένιο καθώς επίσης υπάρχει και μια βαλβίδα για αυτόματη πλήρωση. Για την τοποθέτηση των σποροφύτων για ανάπτυξη στο σύστημα floating χρησιμοποιήθηκαν πλάκες κάλυψης δεξαμενής Styrofoam (Dow) με διαστάσεις 1,25x60x5 cm, με κατάλληλες οπές διαμέτρου 5 cm.

- **ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ:** Ο πίνακας έχει έναν λογικό ελεγκτή τροφοδοσίας για Floating, υδρονέφωση και ανεμιστήρες.

- **ΚΕΦΑΛΗ FLOATING:** Η κεφαλή περιλαμβάνει:

- 1 Αυτόνομο ρυθμιστή pH και αγωγιμότητας (EC): Υπάρχουν τρεις περισταλτικές αντλίες παροχής 5 L/h (για 2 λιπάσματα και 1 οξύ) με ρυθμιζόμενη αναλογία μεταξύ των δύο λιπασμάτων. Επίσης έχει αισθητήρες pH, αγωγιμότητας και θερμοκρασίας με ακρίβεια $\pm 0,01$ pH, $\pm 0,01$ mS/cm, $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, με αποζημίωση σε θερμοκρασία σε pH και αγωγιμότητα. Καθώς επίσης και ρολόι πραγματικού χρόνου για καταγραφές του pH, αγωγιμότητας και θερμοκρασίας. Περιλαμβάνει επίσης οθόνη LCD και πληκτρολόγιο και σειριακή σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω κατάλληλου προγράμματος επικοινωνίας, ειδοποίησης από pH και EC και διακοπή λειτουργίας από ειδικό διακόπτη ροής.
- 2 Αντλίες επανακυκλοφορίας: Δύο αντλίες ανοξείδωτες με αισθητήρα επανακυκλοφορίας παροχής $4.8 \text{ m}^3/\text{h}$ και πίεσης 1,8 atm.

- **ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ:** Υπάρχει μια δεξαμενή των 200 L με δύο ψηφιακές στάθμες για συλλογή, έλεγχο και αναπροσαρμογή του θρεπτικού διαλύματος καθώς επίσης και δύο δεξαμενές των 100 L για τα πυκνά λιπάσματα και μία δεξαμενή των 50 L για το οξύ.

- **ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΔΕΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ:** Η μέτρηση του διαλελυμένου οξυγόνου πραγματοποιήθηκε με φορητή συσκευή μέτρησης εντός διαλυμάτων (οξυγονομέτρου)

- **ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ ΑΕΡΑ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ:**

- 1 Πιεστικό σύστημα 4,5 bars με δοχείο 200 L και πρεσσοστάτη, δυνατότητας απευθείας ρύθμισης Δp από 0.3 bar με ένδειξη ρύθμισης.
- 2 32 τετραπλά μπεκ υδρονέφωσης, πίεσης λειτουργίας 4 bars, παροχής 30 L/h και σταγόνες μικρότερης των 100 μ .
- 3 Ηλεκτροβαλβίδα λειτουργίας με φίλτρο δίσκων
- 4 Αυτόματη πλήρωση δεξαμενής για το fog.
- 5 Έλεγχος fog και φυτοπροστασίας μέσω του λογικού ελεγκτή του Floating.
- 6 Ανεμιστήρες οροφής 65 W για ανάδευση αέρα με λειτουργία μέσω του λογικού ελεγκτή Floating.

- 7 Αισθητήρας θερμοκρασίας & υγρασίας 24 Vdc, με προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, εύρους -20/+80°C και 0-100% RH με έξοδο 4-20 mA, με ένδειξη θερμοκρασίας και υγρασίας σε οθόνη LCD.

6.4. ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν διάφορες εργασίες που σκοπό είχαν την αντιμετώπιση διάφορων εχθρών και τη διευκόλυνση της ανάπτυξης των φυτών. Αναλυτικά έγινε κόψιμο του πλαστικού γύρω από το λαιμό των φυτών και αλλαγή της θέσης των σωλήνων άρδευσης όπου αυτά εμποδίζαν την ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Επίσης κρεμάστηκαν πλαστικές σακούλες στο άνοιγμα του πλευρικού παραθύρου του θερμοκηπίου ώστε να αντιμετωπιστεί η προσβολή από πουλιά. Σε αντίθεση δεν πραγματοποιήθηκε κανένας ψεκασμός με χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων για την αντιμετώπιση διαφόρων μυκητολογικών προσβολών (πχ. βοτρυτής).

6.5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η συγκομιδή των φυτών άρχισε νωρίς το πρωί. Συγκομίστηκαν αρκετά δείγματα από τις τρεις ποικιλίες μαρουλιών που εξετάστηκαν και από τα στερεά υποστρώματα και από το υγρό υπόστρωμα φύτευσης. Μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μετασυλλεκτικών και μετασυγκομιστικών χειρισμών του ΤΕΙ Καλαμάτας, όπου με κοφτερό μαχαίρι απομακρύνθηκαν οι ρίζες και τοποθετήθηκε το υπέργειο μέρος επάνω σε διηθητικό χαρτί ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια νερού.

Αρχικά μετρήθηκε και καταγράφηκε το νωπό βάρος όλων των δειγμάτων και ακολούθησε μέτρηση του χρώματος. Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων ακολούθησε η αποθήκευση των κεφαλών του μαρουλιού. Τα δείγματα λοιπόν, συσκευάστηκαν το καθένα χωριστά σε σακουλάκια πολυαιθυλενίου όχι για τη δημιουργία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, αλλά για την προστασία αυτών από την αφυδάτωση, γι' αυτό το λόγο η συσκευασία παρέμεινε ανοιχτή. Στο κάθε σακουλάκι στην εξωτερική επιφάνεια αναγράφηκε η ποικιλία, το υπόστρωμα φύτευσης, ο αριθμός του δείγματος και η θερμοκρασία συντήρησης. Τα σακουλάκια χωρίστηκαν και τοποθετήθηκαν μέσα σε τελάρα ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης. Η συντήρηση πραγματοποιήθηκε σε ψυκτικούς θαλάμους θερμοκρασίας 0° C και 5° C. Τα δείγματα παρέμειναν στους θαλάμους συντήρησης για 15 ημέρες.

Μετά την έξοδο των δειγμάτων από τους θαλάμους συντήρησης επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση του νωπού βάρους καθώς και του χρώματος. Τέλος ολοκληρώναμε τις μετρήσεις μας με τη μέθοδο προσδιορισμού της χλωροφύλλης.

6.6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης καθώς επίσης και η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην μετασυλλεκτική συμπεριφορά 3 ποικιλιών μαρουλιού.

A. Τα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών ήταν:

- 1 Το υγρό υπόστρωμα (σύστημα floating) και
- 2 Τα στερεά υποστρώματα: α) περλίτης, β) ελαφρόπετρα, γ) πετροβάμβακας για κάθε φυτό.

B. Οι ποικιλίες μαρουλιού που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: Paris Island (τύπος Romaine), Paris Island Gigant, Great Lakes (τύπος Crisphead, Κατσαρό).

Γ. Η θερμοκρασία αποθήκευσης ήταν 0°C και 5°C.

6.7. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ-ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

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

Επίσης το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο ακολουθήθηκε και κατά την αποθήκευση και η σημαντικότητα των διαφορών των μέσων εκτιμήθηκε με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας ($p=0,05$). Η στατιστική ανάλυση έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος STATGRAPHICS..

6.8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις που ελήφθησαν ήταν την 0, 7^η και 14^η ημέρα μετά τη συγκομιδή των φυτών και αφορούσαν:

- Το νωπό βάρος
- Το χρώμα
- Τη χλωροφύλλη

6.9. ΜΕΘΟΔΟΙ

6.9.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΩΠΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό βάρος των φυτών είχαν ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου και πραγματοποιήθηκαν με ζυγό ακριβείας (Model Kern 440-45, Kern & Sohn GmbH, Germany).

6.9.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Οι μετρήσεις που αφορούσαν τις παραμέτρους του χρώματος έγιναν με χρωματόμετρο Minolta (Model CR-300, Minolta Co. Ltd., Osaka). Το όργανο αποδίδει το χρώμα με τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* . Η παράμετρος L^* εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος, η παράμετρος a^* εκφράζει τη διαβάθμιση του χρώματος από το πράσινο (αρνητικές τιμές) στο κόκκινο (θετικές τιμές) και η παράμετρος b^* εκφράζει τη διαβάθμιση του χρώματος από το μπλε (αρνητικές τιμές) στο κίτρινο (θετικές τιμές). Το χρώμα εκφράζεται από τις παραμέτρους L^* , H^* (hue angle) και C^* (chroma) οι οποίες σχετίζονται με την οπτική ποιότητα (McGuire, 1992). Στο πείραμά μας μετρήθηκαν οι παράμετροι (L^* , a^* , b^*) του χρώματος σε 4 φύλλα από το κάθε φυτό και υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων. Πήραμε 8 μετρήσεις από τα εξωτερικά φύλλα. Τέσσερις μετρήσεις στην μπροστινή πλευρά και τέσσερις μετρήσεις στην οπίσθια πλευρά των φύλλων σε σημεία δίπλα στο κεντρικό νεύρο.

6.9.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη ακολουθήθηκαν δύο μέθοδοι.

Η πρώτη μέθοδος αφορούσε τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης με την εκχύλιση των φυτικών ιστών με οργανικούς διαλύτες εν συνεχεία καθαρισμό του εκχυλίσματος με φυγοκέντριση και φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό των χρωστικών με τη χρήση πρότυπης καμπύλης. Αυτή η μέθοδος προσδιορισμού της χλωροφύλλης είναι και η πιο διαδεδομένη. Χρησιμοποιήθηκε ακετόνη 80% (80 mL ακετόνης και 20 mL απιονισμένο νερό). Η μέθοδος της ακετόνης προτάθηκε από τον Arnon (Arnon, 1949) και κατά καιρούς έχουν προκύψει διάφορες παραλλαγές της μεθόδου. Η εκχύλιση περιλαμβάνει 1 g φυτικού ιστού από το κάθε φύλλο και μαζί με 20 mL ακετόνης 80% πολτοποιείται σε μίξερ με χαμηλή ταχύτητα για 60 sec στο σκοτάδι. Μετά το πέρας του χρόνου διηθούμε το διάλυμα του μίξερ σε διηθητικό χαρτί. Ξεπλένετε το υλικό από το διηθητικό χαρτί πάλι στο μίξερ και προστίθενται 20 mL ακετόνης 80% και ακολουθεί ανάδευση για 60 sec με το μίξερ. Η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται 5 φορές ώστε η ακετόνη να βγαίνει διάφανη. Στην 5^η και τελευταία επανάληψη αντί για 20 mL προστίθενται 15mL ακετόνης 80%.

Η δεύτερη μέθοδος που ακολουθήθηκε για την εκχύλιση της χλωροφύλλης είναι με τη βοήθεια της ένωσης διμεθυλσουλφοξειδίου (DMSO) (Hiscox & Israelstam, 1979; Barnet et al., 1992). Από το κεντρικό τμήμα του ελάσματος του τρίτου και τέταρτου φύλλου από την κορυφή του βλαστού λαμβάνονται τμήματα φύλλου, τα οποία τεμαχίζονται σε λωρίδες κάθετες προς την κεντρική νεύρωση, πλάτους 2,0 mm. Στη συνέχεια 100 mg φυλλικού ιστού τοποθετούνται σε δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν 10 mL του εκχυλιστικού Dimethylsulfoxide 100% (DMSO). Οι σωλήνες, χαλαρά πωματισμένοι, τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60°C, επί 40 min, μέχρι πλήρους αποχρωματισμού των τεμαχίων του φυλλικού ιστού (ένδειξη πλήρους εκχύλισης της χλωροφύλλης). Ο χρόνος των 40 min βρέθηκε ότι ήταν αρκετός για τον αποχρωματισμό των φύλλων. Αφού το εκχύλισμα αποκτούσε θερμοκρασία δωματίου, γινόταν η μέτρηση της απορρόφησης του διαλύματος, με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου, στα μήκη κύματος 665nm (A^{665}) και 648nm (A^{648}). Ο μηδενισμός του οργάνου (blank) πραγματοποιείται με μόνο το εκχυλιστικό Dimethylsulfoxide 100%.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης a (C_a), της χλωροφύλλης b (C_b) και της ολικής χλωροφύλλης (C_{a+b}), ως mg/g νωπού βάρους δείγματος, υπολογιζόταν βάσει των εξισώσεων:

$$C_a = 14,85 A^{665} - 5,14 A^{648}$$

$$C_b = 25,48 A^{648} - 7,36 A^{665}$$

$$C_{a+b} = 7,49 A^{665} + 20,34 A^{648}$$

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

Η απώλεια βάρους των κεφαλών μαρουλιού και των τριών ποικιλιών ήταν σημαντική κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους (7 και 14 ημέρες) και στις δυο θερμοκρασίες αποθήκευσης (0° και 5°C) για όλα τα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών. Μεταξύ των θερμοκρασιών αποθήκευσης τη μικρότερη απώλεια βάρους παρουσίασαν οι κεφαλές που αποθηκεύθηκαν στους 0°C σε όλους τους χειρισμούς (διάγραμμα 7.1). Παρατηρείται λοιπόν από τα δεδομένα του πίνακα 7.1 ότι κατά τις 7 ημέρες αποθήκευσης των κεφαλών μαρουλιού η απώλεια βάρους ήταν 9,18-12,87% για αυτές που αποθηκεύθηκαν στους 5°C ενώ, αυτές που αποθηκεύθηκαν στους 0°C παρουσίασαν απώλεια βάρους μεταξύ 2,37 και 9,69%.

Πίνακας 7.1. Απώλεια βάρους (%) κεφαλών μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant (PIG), Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) μετά την αποθήκευσή τους, σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

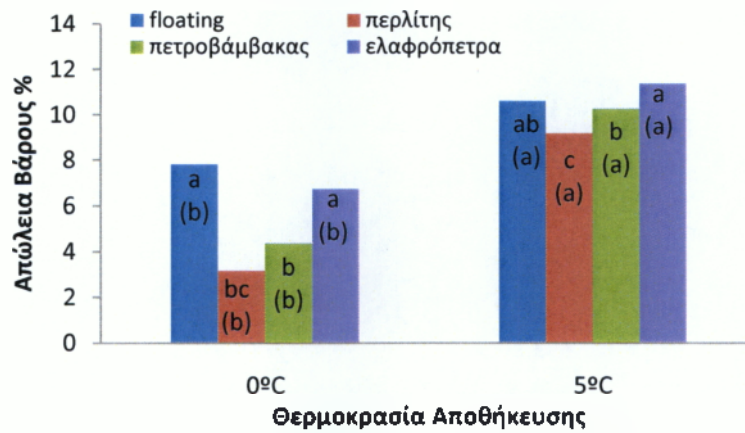
Ποικιλία	Θερμοκρασία Αποθήκευσης			
	0°C		5°C	
	Ημέρες Αποθήκευσης			
	7	14	7	14
Floating				
PIG	07,80 a (b)	15,01 ab (a)	10,60 a (b)	14,41 b (a)
PI	06,91 a (b)	13,23 b (a)	12,04 a (a)	13,60 b (a)
GL	07,09 a (b)	17,01 a (a)	11,42 a (b)	17,49 a (a)
Περλίτης				
PIG	03,18 a		09,18 a (b)	14,22 b (a)
PI	03,87 a		09,87 a (b)	15,77 b (a)
GL	03,37 a		10,37 a (b)	17,09 a (a)
Πετροβάμβακας				
PIG	04,37 a		10,27 a (b)	13,85 c (a)
PI	05,37 a		11,31 a (b)	17,05 b (a)
GL	05,67 a		12,32 a (b)	21,79 a (a)
Ελαφρόπετρα				
PIG	06,75 b		11,37 a (b)	18,69 b (a)
PI	06,44 b		12,37 a (b)	23,40 a (a)
GL	09,69 a		12,87 a (b)	22,40 a (a)

- Τιμές της ίδιας στήλης (χωριστά για κάθε υπόστρωμα) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.
- Τιμές της ίδιας γραμμής (χωριστά σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

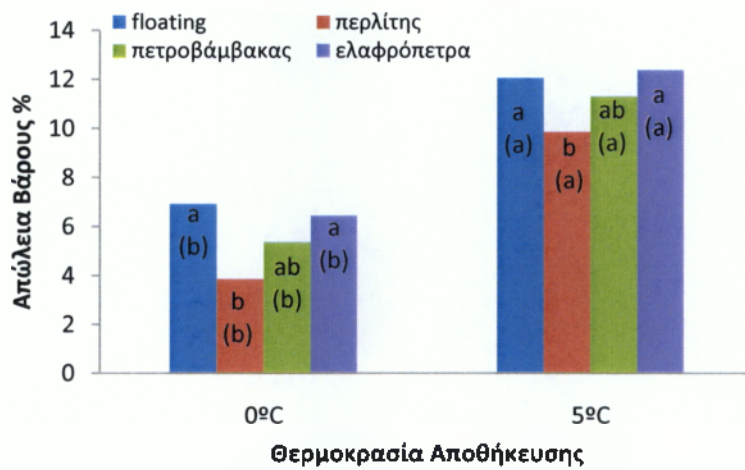
Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την 14^η ημέρα αποθήκευσης των κεφαλών στους 0°C που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρας δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν μετρήσεις λόγω ακαταλληλότητας του προϊόντος που προήλθε από βλάβη του θαλάμου συντήρησης (κενά κελιά πίνακα 7.1).

Μεταξύ των ποικιλιών μαρουλιού κατά την αποθήκευση στους 0°C σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια βάρους (9,69%) κατά την 7^η ημέρα αποθήκευσης είχαν οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Great Lakes που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας, ενώ την αποθήκευση στους 5°C τη 14^η ημέρα η ίδια ποικιλία παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια βάρους και στα τέσσερα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών (17,49% στο floating, 17,09% στον περλίτη, 21,79% στον πετροβάμβακα και 22,40% στην ελαφρόπετρα) (πίνακας 7.1).

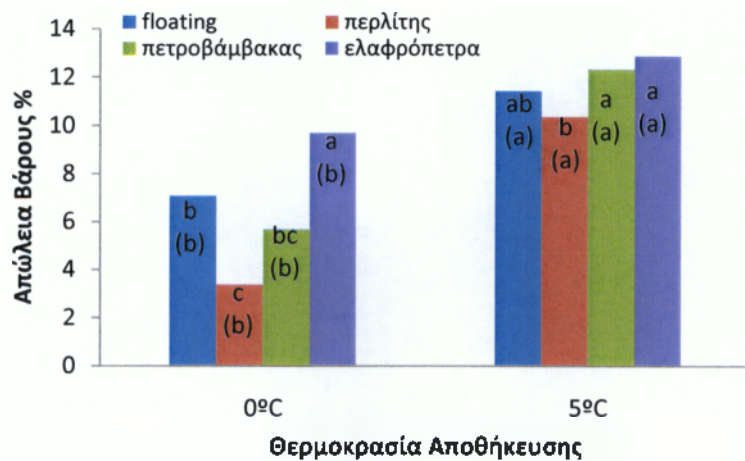
Μεταξύ των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών σημαντικά μικρότερη απώλεια βάρους κατά τις 7 ημέρες αποθήκευσης παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού που αναπτύχθηκαν στον περλίτη και για τις τρεις ποικιλίες Paris Island Gigant, Paris Island και Great Lakes (3,18 3,87 και 3,37% αντίστοιχα) (πίνακας 7,1, διάγραμμα 7.1).



(α)



(β)



(γ)

Διάγραμμα 7.1. Απώλεια βάρους (%) κατά την αποθήκευση κεφαλών μαρουλιού στους 0° και 5°C μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης των ποικιλιών: α) Paris Island Gigant, β) Paris Island και γ) Great Lakes.

7.2. ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ

Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης έγινε με χρήση διμεθυλσουλφοξειδίου (DMSO) (Hiscox & Israelstam, 1979; Barnet et al., 1992) έτσι, προσδιορίστηκε η χλωροφύλλη a, b και a+b. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την total (a+b) χλωροφύλλη. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την 14^η ημέρα αποθήκευσης τα μαρούλια που ήταν στους 0°C είχαν υποστεί τέτοια φθορά λόγω βλάβης του θαλάμου συντήρησης που ήταν αδύνατον να μετρηθούν και επομένως ακατάλληλα για εμπορία.

Πίνακας 7.2. Χλωροφύλλη ($\text{mg } 100\text{mg}^{-1}$) φύλλων μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant (PIG), Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) πριν και μετά την αποθήκευσή τους, σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Ποικιλία	Θερμοκρασία Αποθήκευσης					
	0°C			5°C		
	Ημέρες Αποθήκευσης					
	Αρχικό	7	14	Αρχικό	7	14
Floating						
PIG	20,19 a (a)	16,59 a (b)	16,28 a (b)	19,96 b (a)	15,59 a (b)	15,28 a (b)
PI	21,03 a (a)	17,54 a (b)	16,17 a (b)	24,75 a (a)	16,54 a (b)	14,15 a (b)
GL	20,19 a (a)	17,89 a (b)	14,22 a (c)	19,37 b (a)	17,22 a (b)	14,85 a (c)
Περλίτης						
PIG	19,10 a (a)	20,06 a (a)		21,06 a (a)	15,50 a (b)	15,54 a (b)
PI	20,14 a (a)	19,99 a (a)		19,99 a (a)	18,54 a (b)	17,34 a (b)
GL	21,06 a (a)	19,41 a (b)		19,41 a (a)	17,31 a (b)	16,31 a (b)
Πετροβάμβακας						
PIG	20,38 a (a)	14,50 a (b)		21,38 a (a)	15,60 a (b)	14,54 a (b)
PI	20,39 a (a)	16,54 a (b)		21,39 a (a)	16,54 a (b)	14,77 a (b)
GL	17,86 b (a)	15,31 a (b)		18,86 b (a)	15,04 a (b)	14,31 a (b)
Ελαφρόπετρα						
PIG	24,24 a (a)	19,50 a (b)		24,44 a (a)	15,50 a (b)	15,04 a (b)
PI	19,86 b (a)	16,34 b (b)		19,86 a (a)	16,34 a (b)	13,39 b (c)
GL	20,12 b (a)	17,21 b (b)		21,12 a (a)	15,21 a (b)	15,91 a (b)

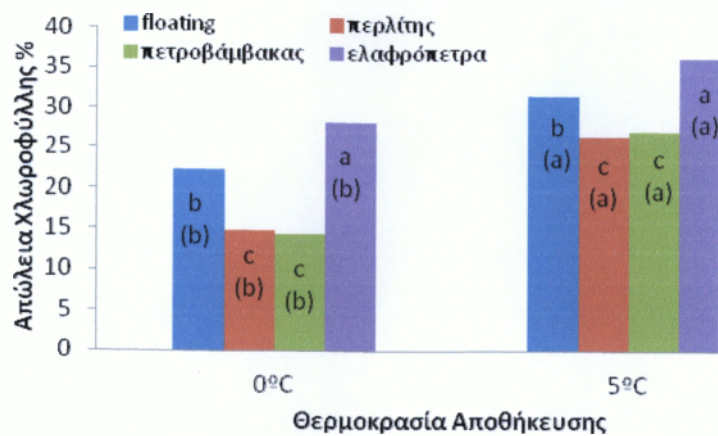
- Τιμές της ίδιας στήλης (χωριστά για κάθε υπόστρωμα) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.
- Τιμές της ίδιας γραμμής (χωριστά σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τα δεδομένα του πίνακα 7.2 παρατηρείται σημαντική μείωση της χλωροφύλλης των φύλλων μαρουλιού στους 5°C κατά την 7^η ημέρα αποθήκευσης η

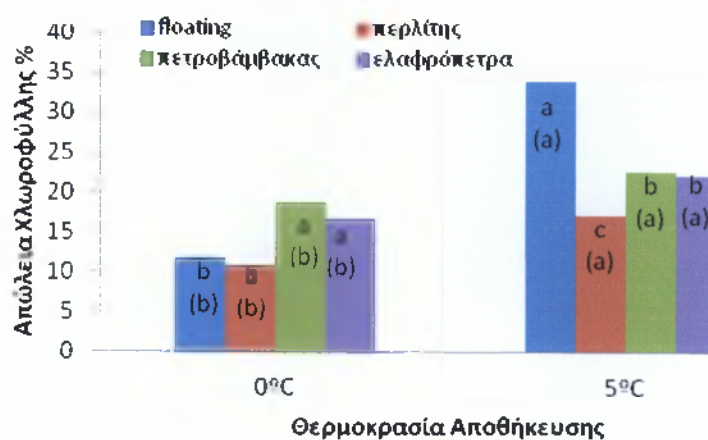
οποία στη συνέχεια παραμένει σταθερή έως την 14^η ημέρα σε όλα τα υποστρώματα για τις ποικιλίες PIG και PI. Η χλωροφύλλη στα μαρούλια της ποικιλίας GL παρουσίασε σημαντικά σταδιακή μείωση έως την 14^η ημέρα αποθήκευσης σε όλα σχεδόν τα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών.

Από το διάγραμμα 7.2 (α) παρατηρούμε ότι τα φυτά της ποικιλίας Paris Island Gigant εμφάνισαν σημαντικά μικρότερη απώλεια χλωροφύλλης όταν αποθηκεύθηκαν στους 0°C για 7 ημέρες και στα τέσσερα υποστρώματα ανάπτυξής τους. Επίσης από τα διαγράμματα 7.2 (β) και (γ) φαίνεται ότι τα φυτά των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes είχαν σημαντικά μικρότερη απώλεια χλωροφύλλης όταν αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και είχαν αναπτυχθεί στα υποστρώματα floating, περλίτη και πετροβάμβακα.

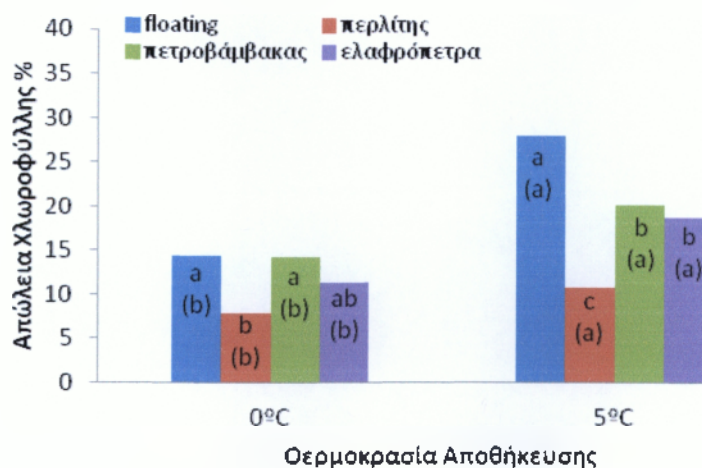
Μεταξύ των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών σημαντικά μικρότερη απώλεια χλωροφύλλης παρατηρήθηκε στις κεφαλές μαρουλιών που αναπτύχθηκαν στον περλίτη και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C (διάγραμμα 7.2 α,β,γ).



(α)



(β)



(γ)

Διάγραμμα 7.2. Απώλεια χλωροφύλλης (%) κατά την αποθήκευση κεφαλών μαρουλιού στους 0° και 5°C μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης των ποικυλίων: α) Paris Island Gigant, β) Paris Island και γ) Great Lakes.

7.3. ΧΡΩΜΑ

7.3.1. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι τιμές του L^* έχουν εκφραστεί ως μεταβολή της τιμής της φωτεινότητας ($\Delta L^* = L^*_{\text{αρχική}} - L^*_{\text{τελική}}$). Σε όλες τις περιπτώσεις το ΔL^* έχει θετικές τιμές που σημαίνει ότι παρατηρήθηκε μείωση της φωτεινότητας των κεφαλών μαρουλιού κατά την αποθήκευση.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την 14^η ημέρα αποθήκευσης στους 0°C των κεφαλών που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρας δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν μετρήσεις λόγω ακαταλληλότητας του προϊόντος (κενά κελιά πίνακα 7.3).

Πίνακας 7.3. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος κεφαλών μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant (PIG), Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) μετά την αποθήκευσή τους, σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Ποικιλία	Θερμοκρασία Αποθήκευσης			
	0°C		5°C	
	Ημέρες Αποθήκευσης			
	7	14	7	14
Floating				
PIG	0,76 b (b)	15,25 a (a)	0,62 b (b)	9,45 a (a)
PI	2,39 a (b)	12,45 a (a)	2,41 a (b)	7,99 a (a)
GL	2,39 a (b)	14,54 a (a)	3,08 a (b)	7,01 a (a)
Περλίτης				
PIG	1,68 b		1,69 b (a)	1,90 b (a)
PI	2,32 a		2,55 a (b)	8,32 a (a)
GL	2,39 a		2,32 a (b)	2,39 b (a)
Πετροβάμβακας				
PIG	1,70 b		1,59 b (a)	2,92 c (a)
PI	1,58 b		1,46 b (b)	9,13 b (a)
(a)GL	4,80 a		4,88 a (b)	15,27 a (a)
Ελαφρόπετρα				
PIG	2,52 b		2,59 c (b)	2,52 c (a)
PI	4,48 b		4,45 b (b)	6,11 b (a)
GL	17,00 a		12,28 a (b)	16,96 a (a)

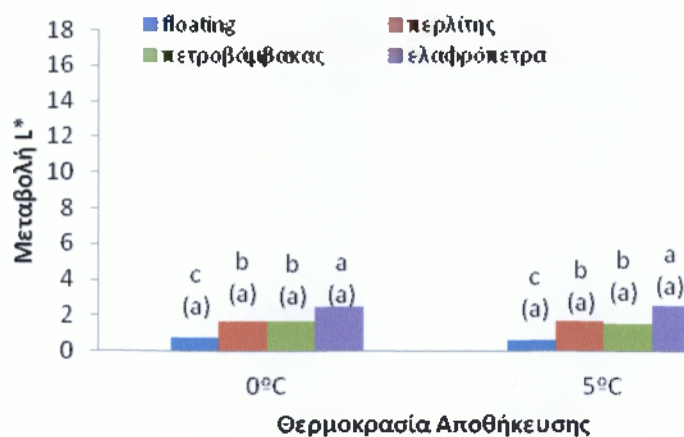
- Τιμές της ίδιας στήλης (χωριστά για κάθε υπόστρωμα) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.
- Τιμές της ίδιας γραμμής (χωριστά σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Οι αρχικές τιμές της φωτεινότητας L^* των κεφαλών μαρουλιού κυμάνθηκαν μεταξύ 54,2 και 47,6 για την ποικιλία Paris Island Gigant, 53,7 έως 46,9 για την ποικιλία Paris Island και 53,8 έως 47,2 για την ποικιλία Great Lakes σε όλα τα υποστρώματα ανάπτυξης των φυτών.

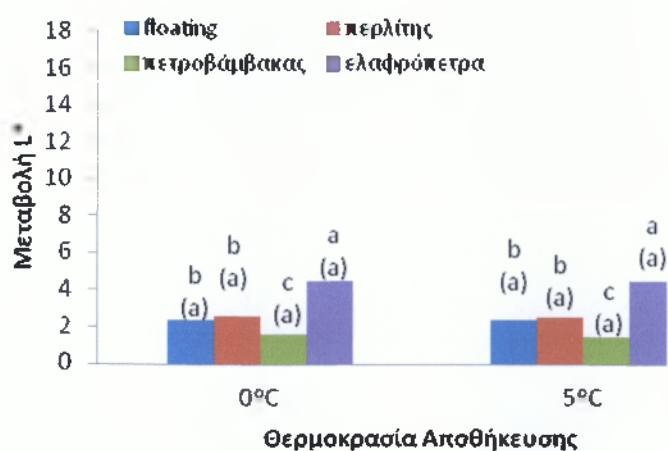
Μεταξύ των ποικιλιών σημαντικά μικρότερη μείωση στη φωτεινότητα L^* παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν και στα υποστρώματα floating, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρας και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 5°C και για 7 ημέρες στους 0°C (πίνακας 7.3).

Μεταξύ των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών σημαντικά μεγαλύτερη μείωση στη φωτεινότητα L^* παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού και των τριών ποικιλιών που αναπτύχθηκαν στην ελαφρόπετρα και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0° και 5°C (διαγράμματα 7.3 α, β, γ).

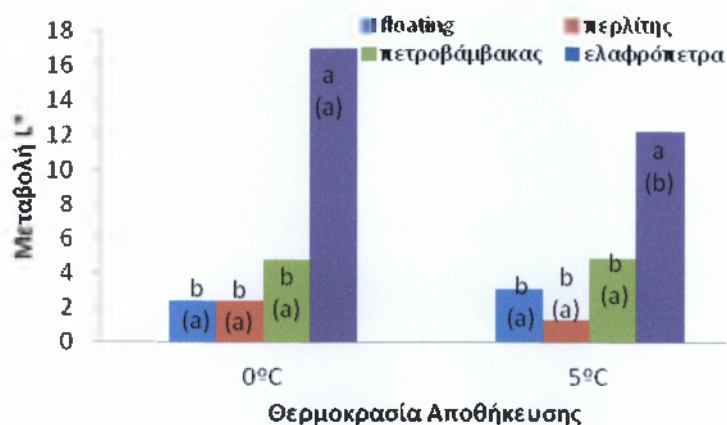
Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης δεν παρουσιάστηκε σημαντική μεταβολή στη φωτεινότητα L^* των κεφαλών παρά μόνο σε αυτές της ποικιλίας Great Lakes που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας και αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0° και 5°C . Οι κεφαλές αυτές είχαν σημαντικά μικρότερη μείωση της φωτεινότητας L^* όταν αποθηκεύθηκαν στους 5°C (διαγράμματα 7.3 α, β, γ).



(α)



(β)



(γ)

Διάγραμμα 7.3. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος κατά την αποθήκευση κεφαλών μαρουλιού στους 0° και 5°C μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης των ποικυλίων: α) Paris Island Gigant, β) Paris Island και γ) Great Lakes.

7.3.2. Μεταβολή του πράσινου χρωματισμού (παράμετρος a^*)

Επειδή η περιεκτικότητα των κεφαλών μαρουλιού σε χλωροφύλλη μειώνεται σταδιακά μετά τη συγκομιδή η μεταβολή της παραμέτρου a^* [$\Delta(a^*) = (a^*)_{\text{τελική}} - (a^*)_{\text{αρχική}}$] εμφανίζει σε όλες τις περιπτώσεις θετική τιμή, υποδεικνύοντας μείωση του πράσινου χρωματισμού με την αποθήκευση των κεφαλών.

Οι αρχικές τιμές του πράσινου χρώματος (a^*) των κεφαλών κυμάνθηκαν μεταξύ -17,3 έως -18,0 για την ποικιλία Paris Island Gigant, -16,9 έως -18,2 για την ποικιλία Paris Island και -18,3 έως -20,9 για την ποικιλία Great Lakes χαρακτηριστικό του ανοιχτού πράσινου χρώματός τους. Με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης στους 0°C και 5°C παρατηρήθηκε αυξανόμενη αύξηση των τιμών του a^* , δηλαδή μείωση του πράσινου χρώματος (Πίνακας 7.4).

Πίνακας 7.4. Μεταβολή της παραμέτρου a^* του χρώματος κεφαλών μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant (PIG), Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) μετά την αποθήκευσή τους, σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

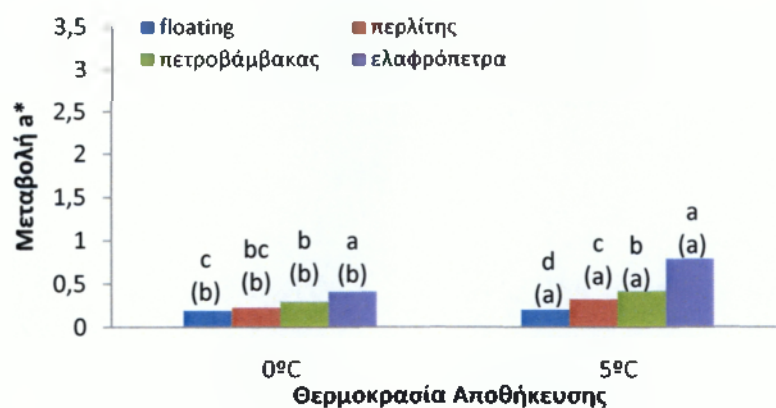
Ποικιλία	Θερμοκρασία Αποθήκευσης			
	0°C		5°C	
	Ημέρες Αποθήκευσης			
	7	14	7	14
Floating				
PIG	0,20 b (b)	1,93 b (a)	0,19 b (b)	1,76 c (a)
PI	0,93 a (b)	2,18 b (a)	1,06 a (b)	2,12 b (a)
GL	1,01 a (b)	3,24 a (a)	1,23 a (b)	2,42 a (a)
Περλίτης				
PIG	0,23 b		0,33 b (b)	0,80 c (a)
PI	0,15 b		0,23 b (b)	1,43 b (a)
GL	0,65 a		1,00 a (b)	2,05 a (a)
(a)Πετροβάμβακας				
PIG	0,30 c		0,42 c (b)	1,03 b (a)
PI	1,03 b		1,30 b (a)	1,40 b (a)
GL	1,88 a		2,19 a (a)	2,39 a (a)
Ελαφρόπετρα				
PIG	0,41 b		0,79 b (a)	0,85 c (a)
PI	0,99 b		1,17 b (a)	1,76 b (a)
GL	2,61 a		2,41 a (b)	4,02 a (a)

- Τιμές της ίδιας στήλης (χωριστά για κάθε υπόστρωμα) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.
- Τιμές της ίδιας γραμμής (χωριστά σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

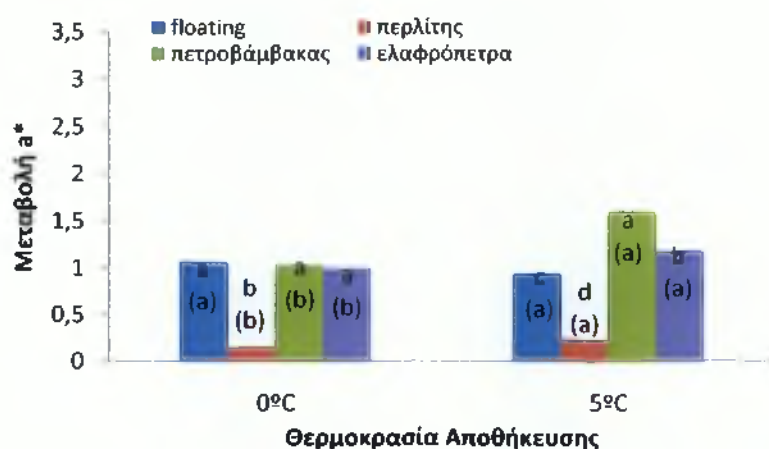
Μεταξύ των ποικιλιών σημαντικά μικρότερη αύξηση της παραμέτρου a^* (μείωση πράσινου χρωματισμού) παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν και στα τέσσερα υποστρώματα (floating, περλίτη, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρα) και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 5°C και για 7 ημέρες στους 0°C, ενώ την μεγαλύτερη οι κεφαλές της ποικιλίας Great Lakes (πίνακας 7.4).

Μεταξύ των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών σημαντικά μικρότερη αύξηση της παραμέτρου a^* (μείωση πράσινου χρωματισμού) παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) που αναπτύχθηκαν στον περλίτη και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0° και 5°C, ενώ οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant είχαν μικρότερη απώλεια πράσινου χρώματος όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating (διαγράμματα 7.4 α, β, γ).

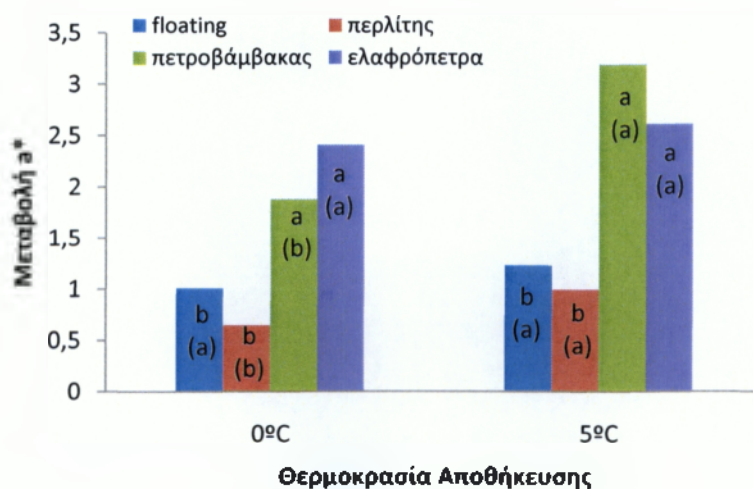
Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν σε όλα τα στερεά υποστρώματα (περλίτη, πετροβάμβακα, ελαφρόπετρα) και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C παρουσίασαν σημαντικά μικρότερη μείωση του πράσινου χρωματισμού (διαγράμματα 7.4 α, β, γ).



(α)



(β)



(γ)

Διάγραμμα 7.4. Μεταβολή της παραμέτρου a^* του χρώματος κατά την αποθήκευση κεφαλών μαρουλιού στους 0° και 5°C μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης των ποικυλίων: α) Paris Island Gigant, β) Paris Island και γ) Great Lakes.

7.3.3. Μεταβολή του κίτρινου χρωματισμού (παράμετρος b*)

Η μεταβολή της παραμέτρου b* [$\Delta(b^*) = (b^*)_{\text{τελική}} - (b^*)_{\text{αρχική}}$] κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 0° και 5°C εμφανίζει σε όλες τις περιπτώσεις θετική τιμή, υποδεικνύοντας αύξηση της τιμής b* και επομένως του κίτρινου χρωματισμού με την αποθήκευση των κεφαλών (πίνακας 7.5).

Πίνακας 7.5. Μεταβολή της παραμέτρου b* του χρώματος κεφαλών μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island Gigant (PIG), Paris Island (PI) και Great Lakes (GL) μετά την αποθήκευσή τους, σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Ποικιλία	Θερμοκρασία Αποθήκευσης			
	0°C		5°C	
	Ημέρες Αποθήκευσης			
	7	14	7	14
Floating				
PIG	0,27 b (b)	1,18 b (a)	1,64 c (b)	8,50 a (a)
PI	1,74 a (b)	2,31 a (a)	2,01 b (b)	7,46 a (a)
GL	1,90 a (b)	2,53 a (a)	2,52 a (b)	6,95 a (a)
Περλίτης				
PIG	1,22 b		1,78 b (b)	2,84 b (a)
PI	1,74 c		1,67 b (b)	2,15 b (a)
GL	2,33 a		3,25 a (b)	8,67 a (a)
(α)Πετροβάμβακας				
PIG	0,89 b		0,51 c (b)	1,58 c (a)
PI	1,87 b		3,13 b (b)	7,16 b (a)
GL	2,49 a		6,02 a (b)	14,70 a (a)
Ελαφρόπετρα				
PIG	2,04 b		1,96 b (a)	2,38 b (a)
PI	2,09 b		2,09 b (b)	4,34 b (a)
GL	4,98 a		9,53 a (b)	16,71 a (a)

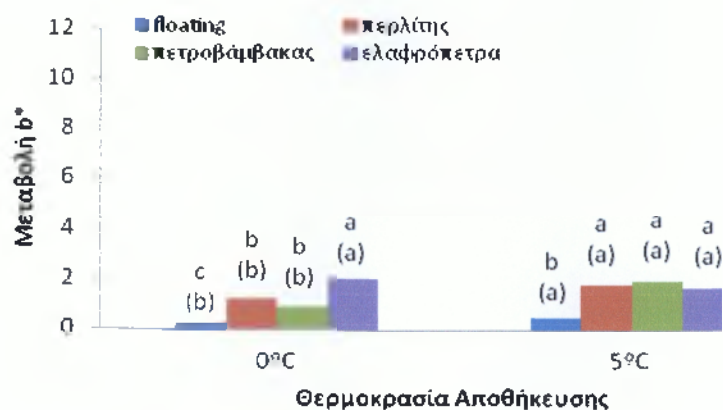
- Τιμές της ίδιας στήλης (χωριστά για κάθε υπόστρωμα) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.
- Τιμές της ίδιας γραμμής (χωριστά σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης) που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Μεταξύ των ποικιλιών σημαντικά μικρότερη αύξηση της παραμέτρου b* (αύξηση κίτρινου χρωματισμού) παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν και στα τέσσερα υποστρώματα (floating, περλίτη, πετροβάμβακα και ελαφρόπετρα) και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C. Οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν και στα τέσσερα υποστρώματα (floating, περλίτη, πετροβάμβακα και

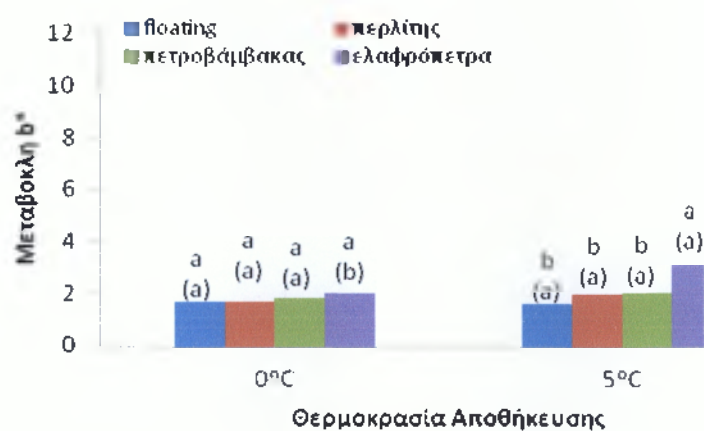
ελαφρόπετρα) και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 5°C παρουσίασαν σημαντικά μικρότερη αύξηση της τιμής του b^* (αύξηση κίτρινου χρωματισμού), ενώ την μεγαλύτερη οι κεφαλές της ποικιλίας Great Lakes (πίνακας 7.5).

Μεταξύ των υποστρωμάτων ανάπτυξης των φυτών σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση της παραμέτρου b^* (αύξηση κίτρινου χρωματισμού) παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού και των τριών ποικιλιών που αναπτύχθηκαν στην ελαφρόπετρα και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0° και 5°C, ενώ οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant είχαν μικρότερη αύξηση κίτρινου χρώματος όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating (διαγράμματα 7.5 α, β, γ).

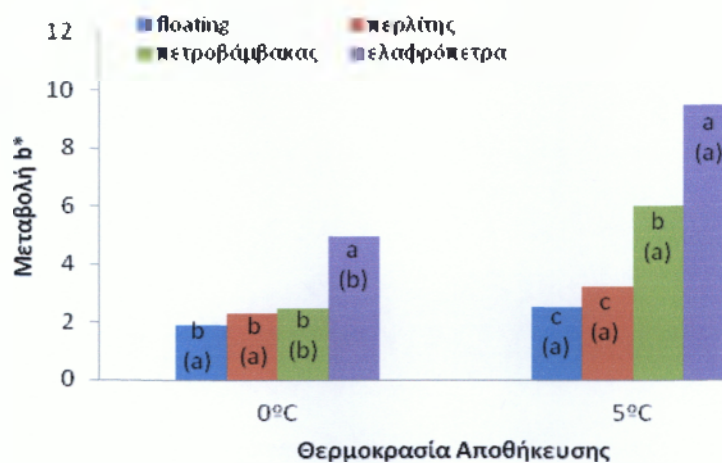
Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις οι κεφαλές που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 5°C παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση του κίτρινου χρωματισμού (διαγράμματα 7.5 α, β, γ).



(α)



(β)



(γ)

Διάγραμμα 7.5. Μεταβολή της παραμέτρου b^* του χρώματος κατά την αποθήκευση κεφαλών μαρουλιού στους 0° και 5°C μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης των ποικιλιών: α) Paris Island Gigant, β) Paris Island και γ) Great Lakes.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

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

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

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

Τα τελευταία χρόνια στο εξωτερικό (ΗΠΑ, Ισραήλ κ.ά.) έχει αναπτυχθεί η καλλιέργεια λαχανοκομικών φυτών σε υγρό υπόστρωμα (floating) όπου, τα αποτελέσματα ερευνών δείχνουν συντόμευση της καλλιεργητικής περιόδου κατά τουλάχιστον 10 ημέρες και σημαντική αύξηση της παραγωγής.

Επιπλέον τα φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι, είναι πολύ φθαρτά και χάνουν ταχύτατα την ποιότητά τους μετά τη συγκομιδή και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η αποθήκευση και συντήρησή τους έως ότου φθάσουν στον καταναλωτή. Η υποβάθμιση της ποιότητας του μαρουλιού μετά τη συγκομιδή του εκδηλώνεται αρχικά με ταχύτατη απώλεια βάρους και στη συνέχεια με αποχρωματισμό (κιτρίνισμα) των φύλων του. Μελέτες που έχουν διεξαχθεί καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι κεφαλές μαρουλιού μπορούν να συντηρηθούν για 7 έως 14 ημέρες στους 0- 2°C χωρίς να υποβαθμιστεί σημαντικά η ποιότητά τους (Salunkhe and Kadam, 1998).

Για τους παραπάνω λόγους στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε μια προσπάθεια ώστε να κατανοηθεί η επίδραση τεσσάρων υποστρώματων ανάπτυξης των φυτών στην συντηρησιμότητα τριών ποικιλιών μαρουλιού. Μέχρι σήμερα ελάχιστες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί που να συσχετίζουν το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και τη συντηρησιμότητα του μαρουλιού.

Η απώλεια βάρους και για τις τρεις ποικιλίες των οποίων τα φυτά αναπτύχθηκαν στα τέσσερα υποστρώματα κυμάνθηκε από 3,18 έως 9,69% όταν οι κεφαλές αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και 9,18 έως 12,87% στους 5°C, ενώ όταν αποθηκεύθηκαν για 14 ημέρες στους 0° και 5°C η απώλεια βάρους ανήλθε στο 23% περίπου (πίνακας 7.1). Μεταξύ των υποστρώματων την μικρότερη απώλεια βάρους είχαν οι κεφαλές και των τριών ποικιλιών που αναπτύχθηκαν στον περλίτη και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και 5°C (3,18 έως 3,87% και 9,18 έως 10,37% αντίστοιχα). Μεταξύ των ποικιλιών δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην απώλεια βάρους σε όλες τις επεμβάσεις παρά μόνο για τις κεφαλές της ποικιλίας Great Lakes που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα ελαφρόπετρας και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C (9,69%). Επίσης οι κεφαλές της ποικιλίας Great Lakes που αποθηκεύθηκαν για 14 ημέρες στους 5°C παρουσίασαν την μεγαλύτερη απώλεια βάρους και στα τέσσερα υποστρώματα με μεγαλύτερη 23,40% όταν αναπτύχθηκαν στην ελαφρόπετρα (πίνακας 7.1).

Όπως είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία (Ολύμπιος, 2000) τα περισσότερα λαχανικά άρα και το μαρούλι χάνουν την εμπορική τους αξία όταν η απώλεια βάρους είναι μεγαλύτερη από 10%.

Η απώλεια χλωροφύλλης ήταν σημαντικά μικρότερη στις κεφαλές μαρουλιού που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C σε όλες τις επεμβάσεις (πίνακας 7.2). μεταξύ των ποικιλιών την μικρότερη απώλεια χλωροφύλλης παρουσίασε η ποικιλία Great Lakes σε όλες σχεδόν τις επεμβάσεις (διαγράμματα 7.2 α, β, γ). Επίσης μεταξύ των υποστρώματων την μικρότερη απώλεια σε χλωροφύλλη είχαν οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Great Lakes που αναπτύχθηκαν στον περλίτη και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως τα φυτά που ανεπτύχθημεν στον περλίτη εμφάνισαν την μικρότερη απώλεια σε χλωροφύλλη (πίνακας 7.2, διαγράμματα 7.2 α, β, γ).

Σημαντικός παράγοντας στην ποιότητα των μαρουλιών είναι το χρώμα των φύλλων του που εκφράζεται με τις παράμετρους του χρώματος (L^* που εκφράζει φωτεινότητα, a^* που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το πράσινο(-) έως το

κόκκινο(+), b^* που εκφράζει την απόχρωση του χρώματος από το μπλε(-) έως το κίτρινο(+) χρώμα). Οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant παρουσίασαν την μικρότερη μεταβολή στη φωτεινότητα L^* του χρώματός τους όταν αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στο υγρό υπόστρωμα floating (πίνακας 7.3, διαγράμματα 7.3 α, β, γ). Μεταξύ των υποστρωμάτων την μικρότερη μείωση στην τιμή του L^* είχαν οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating, ενώ οι κεφαλές μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes εμφάνισαν μικρότερη μεταβολή του L^* όταν προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στον περλίτη. Σε όλες τις περιπτώσεις την μικρότερη μεταβολή στην φωτεινότητα L^* παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C (πίνακας 7.3, διαγράμματα 7.3 α, β, γ).

Σε ότι αφορά την ένταση του πράσινου χρωματισμού (παράμετρος a^*) οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant παρουσίασαν την μικρότερη μείωση στη τιμή a^* του χρώματός τους όταν αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στο υγρό υπόστρωμα floating (πίνακας 7.4, διαγράμματα 7.4 α, β, γ). Μεταξύ των υποστρωμάτων την μικρότερη μείωση στην τιμή του a^* (πράσινος χρωματισμός) είχαν οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating, ενώ οι κεφαλές μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes εμφάνισαν μικρότερη μεταβολή του L^* όταν προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στον περλίτη. Σε όλες τις περιπτώσεις την μικρότερη μείωση στην ένταση του πράσινου χρώματος παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C (πίνακας 7.4, διαγράμματα 7.4 α, β, γ).

Σε ότι αφορά την ένταση του κίτρινου χρωματισμού (παράμετρος b^*) οι κεφαλές μαρουλιού της ποικιλίας Paris Island Gigant παρουσίασαν την μικρότερη αύξηση στη τιμή b^* (κίτρινος χρωματισμός) του χρώματός τους όταν αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C και προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στο υγρό υπόστρωμα floating (πίνακας 7.5, διαγράμματα 7.5 α, β, γ). Μεταξύ των υποστρωμάτων την μικρότερη αύξηση στην τιμή b^* είχαν οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant που αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating, ενώ οι κεφαλές μαρουλιού των ποικιλιών Paris Island και Great Lakes εμφάνισαν μικρότερη αύξηση του b^* όταν προηγουμένως είχαν αναπτυχθεί στον περλίτη και το υγρό υπόστρωμα floating. Σε όλες τις περιπτώσεις την μικρότερη αύξηση στην ένταση του κίτρινου χρώματος

παρουσίασαν οι κεφαλές μαρουλιού που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C (πίνακας 7.5, διαγράμματα 7.5 α, β, γ).

Συμπερασματικά λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω οι κεφαλές της ποικιλίας Paris Island Gigant εμφάνισαν καλύτερη ποιότητα κεφάλων όταν αναπτύχθηκαν στο υγρό υπόστρωμα floating και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C. Επίσης οι κεφαλές των ποικιλιών Paris Island εμφάνισαν καλύτερη ποιότητα όταν αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C. Έχοντας ως δεδομένο ότι δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν μετρήσεις κατά την 14^η ημέρα αποθήκευσης των κεφαλών στους 0°C (βλάβη θαλάμου συντήρησης) οι κεφαλές που αποθηκεύθηκαν για 7 ημέρες στους 0°C είχαν καλύτερη ποιότητα και ήταν εμπορεύσιμοι.

Τέλος λόγω της περιορισμένης μέχρι σήμερα έρευνας προτείνεται η περεταίρω διερεύνηση της συντήρησης των ποικιλιών Paris Island Gigant και Paris Island (ή και άλλων) σε σχέση με το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και κυρίως με το υγρό υπόστρωμα floating στο οποίο έχει παρατηρηθεί (Κώτσιρας, κ.α. 2009) σημαντική μείωση της καλλιεργητικής περιόδου του μαρουλιού και σημαντική αύξηση της παραγωγής του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βασιλακάκης Δ., 1994.** Υδροπονικές καλλιέργειες. Μπορούν να δώσουν λύσεις. Γεωργική Τεχνολογία 9: 65-68.
- Benton J. and Jones J., 2000.** A practical guide for the soilless grower. Edition Boca Raton, Florida: 23-26.
- Boodt M., Verdonck O., Vleeschauwer D., 1989.** Argex, a valuable growing medium for plants. Acta Horticulturae 126: 65-68
- Bunt A.C., 1988.** Media and mixes for container growth plants. Edition Unwin Hyman, London.
- Γαρεφαλάκη Ε., 1992.** Παρασκευή και αξιολόγηση υποστρωμάτων ανάπτυξης σποροφύτων με τη χρήση ελαφρόπετρας Νισύρου και υδροζελατίνης. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.
- Γεωργία και Κτηνοτροφία Περιοδικό, 1998.** Υδροπονικές καλλιέργειες: 24-28.
- Γεωργακίλας Γ., 2007.** Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υπαίθρια υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή Μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Ciufolini C., 1986.** Λαχανοκομία Κηπευτική γενική και ειδική. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.
- Δημητράκης Κ.Γ., 1983.** Πρακτική Λαχανοκομία: 55-56, 133-135.
- Dunkun C., H. Li, Dykhuizen R., Frazer R., Johnston P., MacKnight G., Smith L., Lamza K., McKenzie H., Batt L., Kelly D., Golden M., Benjamin N. and Leifert C., 1997.** Protection oral and gastrointestinal diseases: importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. Comp. Biochem. Physiol., 118A (4): 939-948.
- Howard M., Resh. Ph. D., 1995.** Hydroponic food production Edition Woodridge, London: 193-210, 304-322, 471-474.
- Κανάκης Α., 1998.** Λαχανοκομία IV. Σημειώσεις Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Καραμπέτσος Ι., 2001.** Φυσιολογία φυτών. Σημειώσεις Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Κουσουρή Ε., 2004.** Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.
- Lipton W.J., 1987.** Senescence of leafy vegetable. HortScience 22: 854-859.

- Μαλούπα Ε., 1995.** Τα υποκατάστατα εδάφους και η εφαρμογή τους σε υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών υπό κάλυψη. Πρακτικά Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών 4: 41-54.
- Μανιός Β., 1993.** Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Τ.Ε.Ι Ηρακλείου.
- Μανιός Β., 1994.** Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους. Τ.Ε.Ι 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: 80-111.
- Μοσχόπουλος Ν., 2007.** Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv Grand Rapids και White Boston σε υπαίθρια υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.
- Οικονομάκης Γ., 2002.** Καλλιέργεια φράουλας με το σύστημα NFT. Υδροπονικές καλλιέργειες 1. Εκδόσεις Ζευς, Αθήνα: 72-74.
- Ολύμπιος Χ., 1994.** Στοιχεία γενικής λαχανοκομίας. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Ολύμπιος Χ., 2001.** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στο θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα: 667-737.
- Osvald G., 1998.** Journal of plant physiology 152 (4/5): 387-391.
- Παναγιωτοπούλου Α. και Σπυροπούλου Β., 2004.** Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας.
- Πετροπούλου Ι., 2003.** Η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως στην αύξηση των φυτών μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Μπαρμπαγιάννης Ν., 1999.** Ποιότητα μαρουλιού που καλλιεργήθηκε στο έδαφος και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Πρακτικά 19^{ου} συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο.
- Σιώμος Α., Παπαδοπούλου Π., Μπέης Γ., Νάση Π., Καμπερίδου Ι., Πέτκου Δ., 1999.** Ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης νιτρικών και της φωτοσύνθεσης. Πρακτικά 19^{ου} συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο. Ηράκλειο: 283-285.

- Στεργίου Β., 2002.** Η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Αθήνα.
- Siomos A.S. and Dogras C.C., 1999.** Nitrates in vegetables produced in Greece. *Journal of vegetable crop production*, 5: 3-13.
- Siomos A.S., Beis G., Papadopoulou P.P, Nasi P., Kaberidou I., 1999.** Aerial biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. Proceeding of the international symposium on growing media and hydroponics. Agricultural research center of Macedonia and Thrace.
- Siomos A.S., 2000.** Nitrate levels in lettuce at three times during a diurnal period. *Journal of vegetable crop production*, 6(2): 37-45.
- Siomos A.S., Beis G., Papadopoulou P.P, Nasi P., Kaberidou I., 2002a.** Quality of lettuce (cv. Paris Island) grown in soil and soilless cululture. *Acta Horticulturae* 579: 635-640.
- Siomos A.S., Papadopoulou P.P. and Dogras C.C., 2002b.** Quality of Romaine and leaf lettuce at harvest and during storage, *Acta Horticulturae* 579: 641-646.
- Smith L.D., 1997.** Rochwool in horticulturae. Edition Grower Books, London.
- Soneveld C. and Straver N., 1994.** Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor tuinbouw order glas te Naaldwijk.
- Walls I.G., 1993.** The Greenhouse. Edition Wardlock, London: 175-182, 188-202.
- Wilson G.C.S., 1983.** The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulturae* 150: 19-32.
- Χαρίτος Ν.Κ., 1989.** Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο. Γεωργική Τεχνολογία 4: 10-20.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Albright, L.D., 1997.** Controlled environment agriculture. www.bee.cornell.edu/extension/CEA/LettuceHandbook?Lettuce%20Main.htm
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.** www.minagric.gr. Στατιστικά στοιχεία.