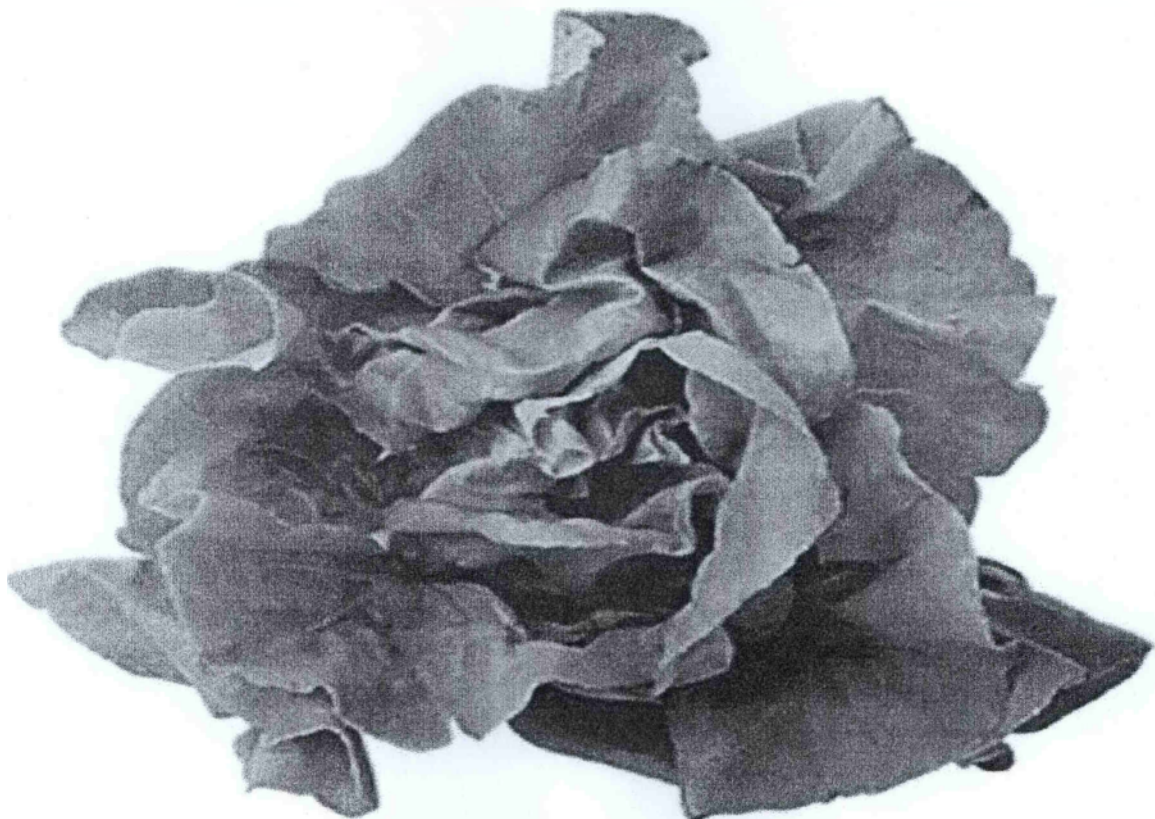


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

**ΘΕΜΑ:**

**«ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΝΑΤΟΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΥΤΩΝ  
ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ  
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ»**



**Της σπουδάστριας: Λιακάκου Ευτυχία**

**Καλαμάτα, Ιούνιος 2009**

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

**ΘΕΜΑ:**

**«ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΝΑΤΟΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΥΤΩΝ  
ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΜΕΝΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ  
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ»**

**Της σπουδάστριας: Λιακάκου Ευτυχία**

**Επιβλέπων καθηγητής: Κάρτσωνας Επαμεινώνδας**

**Καλαμάτα, Ιούνιος 2009**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ. 4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 5

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

#### ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	σελ. 6
1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΑ-ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	σελ. 6
1.3. ΚΑΤΑΓΩΓΗ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	σελ. 8
1.4. ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	σελ. 9
1.5. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	σελ. 10
1.6. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	σελ. 11
1.7. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	σελ. 12
1.8. ΒΟΤΑΝΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.....	σελ. 13
1.9. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ-ΛΗΘΑΡΓΟΣ ΣΠΟΡΟΥ-ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΣΠΟΡΟΥ.....	σελ. 15
1.10. ΣΠΟΡΑ-ΦΥΤΕΥΣΗ.....	σελ. 15
1.11. ΚΛΙΜΑ ΕΔΑΦΟΣ.....	σελ. 17
1.12. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ- ΛΙΠΑΝΣΗ.....	σελ. 18
1.13. ΑΡΔΕΥΣΗ.....	σελ. 19
1.14. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ-ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ.....	σελ. 20
1.15. ΕΧΘΡΟΙ-ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	σελ. 21
1.15.1. ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	σελ. 21
1.15.2. ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	σελ. 22
1.15.3. ΙΩΣΕΙΣ.....	σελ. 22
1.15.4. ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	σελ. 23
1.15.5. ΖΩΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ.....	σελ. 24

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	σελ. 26
------------------	---------

2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	σελ. 29
2.2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	σελ. 30
2.3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	σελ. 31
2.4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	σελ. 33
2.4.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	σελ. 34
2.4.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	σελ. 34
2.4.3. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	σελ. 35
2.4.4. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ.....	σελ. 37
2.5. ΑΡΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	σελ. 38
2.6. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	σελ. 39
2.7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	σελ. 40
2.7.1. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	σελ. 40
2.7.2. ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	σελ. 41
2.7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.....	σελ. 42
2.7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.....	σελ. 43
2.8. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	σελ. 43
2.8.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	σελ. 44
2.8.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	σελ. 45
2.8.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΕΡΛΙΤΗ.....	σελ. 46
2.8.4. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ.....	σελ. 47
2.8.5. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ (DTF Η FLOATING).....	σελ. 49
2.9. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	σελ. 51
2.9.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ.....	σελ. 52
2.9.1.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	σελ. 52
2.9.1.2. ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ.....	σελ. 53
2.10. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	σελ. 53
2.11. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	σελ. 55
2.11.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	σελ. 55
2.11.1.1. ΦΩΣ.....	σελ. 55

2.11.1.2. CO <sub>2</sub> .....	σελ. 55
2.11.2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	σελ. 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ  
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ  
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	σελ. 58
3.2. ΥΛΙΚΑ.....	σελ. 58
3.2.1. ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....	σελ. 58
3.2.2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ.....	σελ. 59
3.2.3. ΥΛΙΚΑ ΧΡΩΣΗΣ ΤΟΜΩΝ.....	σελ. 61
3.2.4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	σελ. 61
3.2.5. ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	σελ. 62
3.3. ΜΕΘΟΔΟΙ.....	σελ. 63
3.3.1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	σελ. 63
3.3.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΦΥΤΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ.....	σελ. 63
3.3.3. ΚΟΠΗ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΑΙΜΟΥ.....	σελ. 63
3.3.4. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ.....	σελ. 64
3.3.5. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΡΙΖΩΝ.....	σελ. 65
3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	σελ. 66
3.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΤΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΑΝ ΣΤΑ ΤΡΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ... ..	σελ. 66
3.4.2. ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	σελ. 68
3.4.3. ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΚΑΙ ΛΑΙΜΟΥ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	σελ. 71
3.5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ. 78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 80

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο « Παρατηρήσεις σε ανατομικό επίπεδο φυτών μαρουλιού καλλιεργημένων σε διαφορετικά υποστρώματα υδροπονίας» αφορά την παρατήρηση φυτών μαρουλιού της ποικιλίας Merlin τα οποία καλλιεργήθηκαν σε τρία διαφορετικά υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας (περλίτη, πετροβάμβακα και επιπλέουσα υδροπονία).

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των υδροπονικών αυτών συστημάτων καλλιέργειας στα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος και του βλαστού (στην περιοχή του λαιμού) των φυτών, στην απόδοση και τη φυσιολογική τους ανάπτυξη. Συγκρίθηκαν επίσης τα ανωτέρω ανατομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά, που αναπτύσσονταν στα διαφορετικά υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας και εξετάστηκε η παρουσία αερεγχύματος.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Καλαμάτας κατά το χρονικό διάστημα από 1-5-08 έως και 3-7-08.

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Επαμεινώνδα Κάρτσωνα για τη συνεχή του βοήθεια, καθοδήγηση και παρότρυνση καθώς και όσους με βοήθησαν στη συλλογή των στοιχείων που απαιτήθηκαν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με υποστήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και χάρη σε αυτούς βρίσκομαι στην ευχάριστη στιγμή περάτωσης των σπουδών μου.

Καλαμάτα, Ιούνιος 2009

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι σημαντική για την Ελλάδα όπου καλλιεργούνται περίπου 39.000 στρεμ. με μια μέση ετήσια παραγωγή 69.000 τόνους. Από την έκταση αυτή πολλά στρέμματα είναι θερμοκηπιακές καλλιέργειες (χειμερινές), των οποίων η παραγωγή είναι και μεγαλύτερη κατά μονάδα επιφάνειας αλλά και καλύτερης ποιότητας από εκείνη των υπαίθριων καλλιεργειών. Η κύρια καλλιέργεια έχει επεκταθεί σχεδόν όλο το χρόνο, με τη χρήση μεταφυτευμένων φυτών από νέες ποικιλίες.

Το μαρούλι είναι λαχανικό που καλλιεργείται εύκολα σε όλα τα εδάφη μαζί με άλλα φυτά (συγκαλλιέργεια). Είναι φυτό γρήγορης ανάπτυξης και παράγει άφθονο και τρυφερό φύλλωμα σε εδάφη πλούσια σε θρεπτικές ουσίες. Είναι ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, γεγονός που συντελεί στην επιτυχή καλλιέργεια του στην ύπαιθρο αργά το φθινόπωρο, νωρίς την άνοιξη και στις νότιες περιοχές της χώρας μας και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η καλλιέργεια του μαρουλιού στα θερμοκήπια είναι από τις παλαιότερες και σημαντικότερες, ιδιαίτερα στις βόρειες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Αυτό οφείλεται στη γρήγορη ανάπτυξη του, και την καλύτερη ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος σε συνθήκες θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Στις συνθήκες που παρέχουν τα πλαστικά θερμοκήπια στη χώρα μας η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι από τις πιο προσαρμοσμένες και πιο κερδοφόρες επιχειρηματικές γεωργικές απασχολήσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το μαρούλι αποτελεί ίσως το περισσότερο χρησιμοποιούμενο στη χώρα μας φυτό για σαλάτα την εποχή του χειμώνα και της ανοίξεως. Αυτό οφείλεται στο ότι καταναλώνεται νωπό και είναι μια καλή πηγή βιταμινών, κυρίως της βιταμίνης Α. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή διαφόρων μαγειρεμένων φαγητών.

#### 1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

##### **ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ**

Άθροισμα: Σπερματόφυτα

Υποάθροισμα: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Σύνθετα

Υπόταξη: Liguliflorae

Οικογένεια: Compositae

Γένος: *Lactuca*

Είδος: *Sativa*

Συνώνυμα: Μαρούλιον, Λακτούκι, Θρίδαξ, Σαλάτα.

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι εδάδιμο, ή ήμερο είναι διπλοειδές και έχει εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων ( $2n = 18$ ). Τα περισσότερα από τα άλλα είδη του γένους *Lactuca* έχουν είτε οκτώ είτε εννέα ζεύγη χρωμοσωμάτων.

Υπό κανονικές συνθήκες είναι φυτό «μακράς ημέρας» που σημαίνει ότι αν η διάρκεια έκθεσης του φυτού στο φως (φυσικό + τεχνητό) δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες, δεν θα παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη.



- ΦΥΤΟ

Το μαρούλι είναι φυτό μονοετές, ποώδες.

- ΒΛΑΣΤΟΣ

Κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης είναι πολύ κοντός και φέρει πυκνά φύλλα ενώ κατά την αναπαραγωγική φάση αναπτύσσεται σημαντικά φτάνοντας 1-1,5 m ύψος.

- ΡΙΖΑ

Σχηματίζει ρίζα πασσαλώδη, η οποία κατά την μεταφύτευση του εν μέρει καταστρέφεται με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται αργότερα ένα επιπόλαιο θυσσανώδες ριζικό σύστημα.

- ΦΥΛΛΑ

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

- ΑΝΘΙΚΟ ΣΤΕΛΕΧΟΣ

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής το στέλεχος του φυτού επιμηκύνεται, φθάνοντας το ύψος των 0.80-1.20 m και πλέον και σχηματίζει διακλαδώσεις, οι οποίες καταλήγουν σε ταξιανθίες κεφαλής με 15-25 ερμαφρόδιτα φυτά κάθε μια.

Τα άνθη είναι μικρά, κίτρινα, με στεφάνη από πέντε ενωμένα πέταλα και πέντε στήμονες σχηματίζοντας σωλήνα περί τον στύλο, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με λεπτές τρίχες και φέρει δίλοβο στίγμα.

Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όλα τα ανθίδια σε ένα άνθος ανοίγουν σχεδόν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεικτικά επικονίασης μόνο μερικές ώρες

το πρωί. Ο στύλος μεγαλώνει και ταυτόχρονα οι ανθήρες ανοίγουν αφήνοντας τη γύρη να πέσει μέσα στο κώνο των ανθέρων και επάνω στο στίγμα, το οποίο επίσης ανοίγει, επιτρέποντας έτσι τη γονιμοποίηση.

Η σταυρεποικονίαση είναι δύσκολο να γίνει και αφενός τα έντομα δεν ελκύονται από τα άνθη του μαρουλιού αφετέρου λόγω της ιδιαίζουσας κατασκευής και λειτουργίας του άνθους.

Η παραγωγή υβριδισμένου σπόρου στο μαρούλι δεν είναι εύκολη κυρίως λόγω αυτογονιμοποίησης γι' αυτό και δεν κυκλοφορούν πολλά υβρίδια στην αγορά.

#### • ΚΑΡΠΙΟΣ

Ο ονομαζόμενος σπόρος είναι στην πραγματικότητα αχάινιο μικρό (μήκους 3-4 mm), επίμηκες, χρώματος ποικίλου (πρασινωπού ή λευκοπού ή γκριζοπού) ανάλογα την ποικιλία και εφοδιασμένο με πάππον με λευκές τρίχες (χαρακτηριστικό των Σύνθετων).

#### • ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Η σύσταση του μαρουλιού είναι (κατά μία ανάλυση κεφαλωτής ποικιλίας): 92,8% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 1,7% υδατάνθρακες, 0,9% τέφρα κ.λ.π.

### 1.3. ΚΑΤΑΓΩΓΗ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι αναφέρεται ότι προήλθε από το άγριο είδος *Lactuca scariola* ή *serriola*, το οποίο αυτοφύεται στην Ελλάδα, στην Ευρώπη στη Δυτική Ασία, στην Ανατολική και Βόρεια Αφρική. Πιθανόν όμως να προήλθε από διασταυρώσεις των επίσης άγριων ειδών μαρουλιού *L. Saligna L.* και *L. Virosa L.*

Στο γένος *Lactuca* υπάρχουν πάνω από 100 είδη εκ των οποίων στην Ελλάδα απαντώνται ως αυτοφυή 9, συμπεριλαμβανομένου και του καλλιεργούμενου μαρουλιού. Κοινό χαρακτηριστικό των ειδών του γένους *Lactuca* είναι το γαλακτώδες υγρό που περιέχεται στο βλαστό και τα φύλλα και το σχήμα των ανθιδίων.

Τουλάχιστον ένας βοτανικός τύπος μαρουλιού (*Cos*) κατάγεται από το ελληνικό νησί Κως και διαδόθηκε αργότερα σ'όλο τον κόσμο. Όμως ως τόποι καταγωγής του μαρουλιού θεωρούνται οι χώρες της Ανατολικής Μεσογείου, του Καυκάσου, η Περσία και το Τουρκιστάν. Αναφέρεται ότι στην Περσία καλλιεργείτο από το 550 π.Χ. ενώ στην Αίγυπτο υπάρχουν απεικονίσεις μαρουλιού τύπου *Cos* σε πλάκες που χρονολογούνται γύρω στο 4.500 π.Χ.

Στην αρχαία Ελλάδα το μαρούλι εκκαλλιεργείτο και αναφέρεται από το Θεόφραστο, τον Ηρόδοτο και το Διοσκουρίδη ως «θρίαξ» η ήμερος, η οποία από τους Ρωμαίους εκαλείτο «Λακτούκα». Κατά τον Καββαδά μερικοί συσχετίζουν τη «λακτούκα» των ρωμαίων με τη «θρिकाδίνη» του Θεόφραστου, η οποία είχε ακανθωτό το βλαστό και τα φύλλα της. Ο Θεόφραστος αναφέρει το μαρούλι ως επίσπορο λαχανικό και ότι υπήρχε σε 4 διαφορετικά είδη. Στους αρχαίους χρόνους ονομαζόταν στην Κύπρο ως «βρενθής» (Κανάκης, 1998).

#### 1.4. ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σήμερα το μαρούλι καλλιεργείται σε ανοιχτούς αγρούς ή σε θερμοκήπια σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη της υφηλίου. Στις αναπτυγμένες χώρες κυριαρχεί η υδροπονική καλλιέργεια (NTF) σε θερμοκήπια όλες τις εποχές, είτε ως μονοκαλλιέργεια (πολλοί κύκλοι ανά έτος) ή ως επίσπορη καλλιέργεια, είτε ως συγκαλλιέργεια με άλλα κύρια λαχανικά (τομάτα, αγγούρι, φασολάκι κ.λ.π.). Η επιτυχία της καλλιέργειας ακόμα και τους θερινούς μήνες, εκτός των άλλων, είναι σήμερα δυνατή χάρη στη δημιουργία ποικιλιών που σχηματίζουν τον ανθοφόρο βλαστό τους σε όλο και υψηλότερες θερμοκρασίες.

Το μαρούλι ως φρέσκο επιτραπέζιο λαχανικό καταναλώνεται αποκλειστικά και μόνο τους ψυχρούς μήνες του έτους. Τα τελευταία όμως χρόνια, τόσο στις προϊγμένες χώρες της Δύσης όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, όλο και περισσότεροι καταναλωτές έστρεψαν σταδιακά την προτίμησή τους στο μαρούλι και κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου.

Αυτό παρότρυνε τους παραγωγούς στην καλλιέργεια του μαρουλιού και κατά τη διάρκεια θερμότερων εποχών απ'ότι το συνήθιζαν παλαιότερα. Στην Ελλάδα, τα τελευταία είκοσι χρόνια, σημειώθηκε μια σταδιακή αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με αντίστοιχη αύξηση της ολικής παραγωγής, αλλά και ταυτόχρονη

αύξηση της μέσης στρεμματικής απόδοσης. Την ίδια περίοδο η έκταση της θερμοκηπιακής καλλιέργειας μαρουλιού σχεδόν διπλασιάστηκε (Κανάκης, 1998).

### 1.5. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι ως νωπό λαχανικό είναι μια από τις υγιεινότερες τροφές που μπορεί να αποτελέσει μέρος του καθημερινού διαιτολογίου του ανθρώπου. Προσφέρει αρκετές ποσότητες βιταμίνης Α, σιδήρου, ασβεστίου, καλίου και φωσφόρου, ενώ ταυτόχρονα η περιεκτικότητά του σε λίπη, υδατάνθρακες και ενέργεια είναι σχεδόν ασήμαντη. Υστερεί σε οργανοληπτικές ιδιότητες έναντι του άλλου ωμού φυλλώδους κηπευτικού του λάχανου, του οποίου όμως η περιεκτικότητά σε βιταμίνη Α είναι σχεδόν υποδεκαπλάσια. Με εξαίρεση και την περιεκτικότητά της βιταμίνης C στην οποία το λάχανο είναι πλουσιότερο κατά πέντε περίπου φορές, τα δύο λαχανικά (μαρούλι και λάχανο) είναι σχεδόν ισοδύναμα διαιτητικά. Όμως στο μαρούλι αποδίδονται και φαρμακευτικές ιδιότητες, στις οποίες ενδόμυχα πολύ υπολογίζουν οι καταναλωτές.

Από τους διάφορους τύπους του μαρουλιού, η Ρωμάνα είναι η πλουσιότερη σε βιταμίνη Α (διπλάσια περιεκτικότητα απ'ότι το Κεφαλωτό Buttehead και οκταπλάσια περιεκτικότητα απ'ότι το Κατσαρό κεφαλωτό -Crisphead και η Σαλάτα-Looseleaf). Η διαφορά αυτή συσχετίζεται άμεσα με το εντονότερο πράσινο χρώμα των φύλλων του τύπου Ρωμάνα, το σχετικό πράσινο χρώμα του τύπου Buttehead και σχεδόν το λευκό ή το πρασινόλευκο χρώμα των άλλων τύπων του μαρουλιού.

Στη χώρα μας στην προτίμηση των καταναλωτών βρίσκεται ο τύπος του μαρουλιού Ρωμάνα και τα τελευταία χρόνια υπάρχει κάποια στροφή και προς τον τύπο του Κεφαλωτού (Buttehead). Η κατανάλωση των άλλων τύπων μαρουλιού είναι ελάχιστη και για την κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα των αλλοδαπών που ζουν ή παραθερίζουν στη χώρα μας, γίνονται εισαγωγές από τις άλλες χώρες της Ε.Ε. (Κανάκης, 1998)

Η περιεκτικότητα των διαφόρων τύπων μαρουλιού σε διάφορα στοιχεία παρουσιάζεται στον πίνακα 1.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

Κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε 100 gr φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα)

ΤΥΠΟΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ			
	ΚΕΦΑΛΩΤΟ (Buttehead)	ΡΩΜΑΝΑ (Romaine ή Cos)	ΚΑΤΣΑΡΟ ΚΕΦΑΛΩΤ Ο (Crisphead,
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΕΡΜΙΔΕΣ	11	16	11
ΝΕΡΟ (g.)	99	94	95
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ (g.)	1,2	1,6	0,8
ΛΙΠΗ (g.)	0,2	0,2	0,1
ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ (g.)	1,2	2,1	2,3
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α	1200	2600	300
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β1	0,07	0,1	0,07
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Β2	0,07	0,1	0,03
ΒΙΤΑΜΙΝΗ C	9	24	5
ΝΙΑΣΙΝΗ	0,4	0,5	0,3
ΑΛΑΤΑ Ca	40	36	13
ΑΛΑΤΑ FE	1,1	1,1	1,5
ΑΛΑΤΑ Mg	16	6	7
ΑΛΑΤΑ P	31	45	25

(Πηγή: Howard *et al.*, 1962)

#### 1.6. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Ένα από τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του μαρουλιού είναι η περιεκτικότητα των φύλλων του σε νιτρικά ιόντα. Τα νιτρικά ιόντα προσλαμβάνονται από το έδαφος ως κύρια πηγή αζώτου και ανιχνεύονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα πράσινα μέρη του φυτού. Η αύξηση των επιπέδων αζώτου οφείλεται σε υπερλιπάνσεις με άζωτο τόσο σε καλλιέργειες που γίνονται στο έδαφος όσο και σε υδροπονικές καλλιέργειες.

Τα νιτρικά ιόντα είναι πιθανόν να ευθύνονται για καρκινογένεσεις στον ανθρώπινο οργανισμό γιατί μετατρέπονται σε νιτρώδη ιόντα τα οποία μπορούν να αντιδράσουν με τις αμίνες προς σχηματισμό νιτροσαμινών, οι οποίες θεωρούνται καρκινογόνες ουσίες. Μετά τη διεξαγωγή σχετικών πειραμάτων (Ολύμπιος, 1994) κατά τη χειμερινή περίοδο έδειξαν ότι αυξημένη ένταση φωτισμού στην Ελλάδα, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα του μαρουλιού συγκρινόμενη με τις συγκεντρώσεις την αντίστοιχη περίοδο σε καλλιέργειες στην Κεντρική και Βόρεια

Ευρώπη. Σύμφωνα με αρκετά πειραματικά δεδομένα φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των φύλλων του μαρουλιού σε νιτρικά ιόντα επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Ένταση φωτισμού: η χαμηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς
- Θερμοκρασία: υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με αυξημένη ένταση φωτισμού μειώνει τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς
- Γενετικούς παράγοντες: αφού παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ποικιλιών
- Τη χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών (Dunkun *et al.* 1997)

Όσο αναφορά των ανθρώπινο παράγοντα θα ήταν πιο συνετό να αποφεύγεται η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την τεράστια αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια.

Η κατάσταση στην Ελλάδα δε δείχνει να είναι ακόμα τόσο σοβαρή, όσο στη Β. Ευρώπη. Σε μελέτη που έγινε για τη συγκέντρωση των νιτρικών σε λαχανοκομικά είδη που καλλιεργούνται στη χώρα μας, διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων βρίσκονται σε συγκριτικά χαμηλά επίπεδα (Siomos and Dogras, 1999). Η μελέτη αυτή αφορούσε 23 λαχανοκομικά είδη, που εξετάστηκαν μετά την αγορά τους από την κεντρική λαχαναγορά της Θεσσαλονίκης.

## 1.7. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται νωπό σε σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη.

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται όπως αναφέρθηκε κυρίως σαν υπαίθρια καλλιέργεια, σχεδόν καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι νωρίς 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).

Τα τελευταία χρόνια το μαρούλι καλλιεργείται σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Καλλιεργείται σε όλες τις χώρες της Ελλάδας, αλλά ειδικά σε

εκτάσεις γύρω από μεγάλα αστικά κέντρα όπου υπάρχει και μεγαλύτερη κατανάλωση. Εξαγωγές δε γίνονται, θα μπορούσε όμως να καλλιεργηθεί και για εξαγωγές στις χώρες τις Β, Ευρώπης κατά τον χειμώνα λόγω πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η χώρα (κλίμα κ.λ.π.) (Κοσμίδης, 2004).

## 1.8. ΒΟΤΑΝΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Τα καλλιεργούμενα μαρούλια ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων του παράρριζου ρόδακα διακρίνονται στις εξής βοτανικές ποικιλίες:

### 1) Ρωμάνα ή Κώς (Romaine ή Cos): *Lactuca sativa var. romana D.C.*

Το φυτό είναι όρθιο με φύλλα προμήκη και με παχύ το μεσαίο νεύρο σε αραιά συνήθως διάταξη ή επάλληλη τοποθέτηση ώστε να σχηματίζουν χαλαρή επιμήκη κεφαλή. Τα εξωτερικά φύλλα είναι σκούρα πράσινα, ενώ στα εσωτερικά το χρώμα σταδιακά αλλάζει από το πράσινο έως το κιτρινοπράσινο στα φύλλα της καρδιάς της κεφαλής. Ο τύπος αυτός του μαρουλιού είναι ο πιο διαδεδομένος και προτιμότερος από το ελληνικό καταναλωτικό κοινό



Εικόνα 1: Μαρούλι τύπου "Ρωμάνα"

### 2) Λειό κεφαλωτό (Butthead): *Lactuca sativa var. Capitata D.C.*

Τα φύλλα αυτού του τύπου είναι λεία, στρογγυλά, θολωτά, επάλληλα έτσι που σχηματίζουν χαλαρή, σφαιρική και πεπιεσμένη κεφαλή παρόμοια με εκείνη του λάχανου. Το χρώμα των φύλλων διαφέρει από βαθύ μέχρι ανοιχτό πράσινο. Είναι ο συνηθέστερος τύπος μαρουλιού στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη. Τα τελευταία χρόνια άρχισε να καταναλώνεται και στη χώρα μας.



Εικόνα 2: Μαρούλι τύπου "Κεφαλωτό"

**3) Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead, Iceberg, Curly): *Lactuca sativa* var. *Crispa***

Τα φύλλα είναι κατσαρά (κυματοειδή), τραγανά και εύθραυστα, σχηματίζοντας περίπου σφαιρική κεφαλή. Το χρώμα τους ποικίλει από βαθύ πράσινο έως ανοιχτό. Ο τύπος αυτός του μαρουλιού καταναλώνεται ευρέως στις Η.Π.Α. και τον Καναδά.

**4) Σαλάτα (looseleaf)**

Τα φύλλα είναι εντόνως κυματοειδή-κατσαρά και μοιάζουν με φύλλα αντιδιού. Βρίσκονται σε χαλαρή και αραιή διάταξη, σχεδόν ελεύθερα έτσι που δεν σχηματίζουν κεφαλή. Το χρώμα τους ποικίλει από ανοιχτό μέχρι σκούρο πράσινο και πολλές φορές, ιδιαίτερα τα εξωτερικά φύλλα, έχουν κοκκινωπή απόχρωση. Είναι ο λιγότερο διαδεδομένος απ' όλους τους τύπους μαρουλιού.

Υπάρχουν και άλλοι τύποι μαρουλιού, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν σε άλλα είδη του γένους *Lactuca*. Τέτοιοι είναι :

- Το κινέζικο μαρούλι (*Lactuca angustana* All)
  - Το ινδικό μαρούλι (*Lactuca indica*)
- (Κανάκης, 1998).



## 1.9. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ-ΛΗΘΑΡΓΟΣ ΣΠΟΡΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΣΠΟΡΟΥ

Το μαρούλι πολλαπλασιάζεται σχεδόν αποκλειστικά με σπόρο. Σε σύγκριση με άλλα λαχανικά οι σπόροι του μαρουλιού διατηρούν τη βλαστική τους ικανότητα σχετικά λίγα χρόνια. Διατηρούμενοι σε θερμοκρασία δωματίου χάνουν τη ζωτικότητα τους σε 2 ή 3 έτη και μερικές φορές σε ένα έτος. Όταν αποθηκευτούν σε θερμοκρασία 10 °C και σχετική υγρασία 50% μπορούν να διατηρούν τη βλαστική τους ικανότητα σε αρκετά υψηλά επίπεδα ακόμη και δέκα έτη. Τέτοιοι σπόροι παράγουν φυτάρια με μειωμένη ζωτικότητα. Αυτοί οι σπόροι όμως βλαστάνουν σε μεγαλύτερο ποσοστό και παράγουν φυτάρια με αυξημένη ζωηρότητα όταν υποστούν για 16 ώρες την ημέρα και για τέσσερις διαδοχικές ημέρες την επίδραση της ερυθρής ακτινοβολίας.

Τα προβλήματα στη βλάστηση των σπόρων του μαρουλιού μπορεί να οφείλονται στην ευαισθησία τους στο φως, στο λήθαργο του φρέσκου σπόρου και στο λήθαργο λόγω υψηλών θερμοκρασιών (Κανάκης, 1998).

## 1.10. ΣΠΟΡΑ ΚΑΙ ΦΥΤΕΥΣΗ

Η σπορά γίνεται συνήθως από τον Αύγουστο ή Σεπτέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο, για συγκομιδή κατά την περίοδο Οκτωβρίου μέχρι Μαΐου ή Ιουνίου, όταν φυσικά οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν. Εννοείται ότι είναι δυνατό να γίνονται σπορές καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, εφόσον χρησιμοποιούνται κατάλληλες ποικιλίες για τις διάφορες εποχές. Περνούν 3-5 μήνες από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή, αναλόγως της χρησιμοποιούμενης ποικιλίας και της εποχής καλλιέργειας.

Η σπορά γίνεται συνήθως σε ψυχρά σπορεία ή και σε θερμαινόμενα κατά τη χειμερινή περίοδο στις ψυχρές περιοχές. Σχεδόν δεν συνηθίζεται να σπέρνουν απευθείας στον αγρό, όπως σε άλλες χώρες που χρησιμοποιούν πολύ μεγάλες εκτάσεις για την καλλιέργεια αυτή. Ως σπορείο χρησιμοποιείται έδαφος καλής φυσικής σύστασης, προφυλαγμένο από ψυχρούς ανέμους, λιπασμένο με κοπριά και χημικά λιπάσματα και αν είναι δυνατό απολυμασμένο, όπως απολυμαίνονται τα σπορεία των σολανωδών. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν και διάφορα έτοιμα

υποστρώματα του εμπορίου, η σύνθεση των οποίων μπορεί να ποικίλει όσον αφορά τα κύρια χαρακτηριστικά (φυτόχωμα, τύρφη, περλίτης, άμμος κ.α.).

Ο χρησιμοποιούμενος σπόρος είναι φρόνιμο να μην έχει συγκομιστεί πρόσφατα, γιατί συνήθως λόγω λήθαργου δεν έχει καλή βλαστική ικανότητα. Το ποσοστό των σπόρων που ληθαργούν μειώνεται αρκετά μετά 2-3 μήνες από τη συγκομιδή τους.

Η σπορά στο σπορείο γίνεται αραιά, είτε στα πεταχτά είτε καλύτερα κατά γραμμές και καλύπτεται σε βάθος 0,5-1 cm. Εάν γίνει σε έδαφος ξηρό, ακολουθεί πότισμα. Για την απόκτηση 10.000 φυτών, όσων περίπου χρειάζονται για την κάλυψη ενός στρέμματος, απαιτείται έκταση σπορείου 20 τουλάχιστον m<sup>2</sup> και σπόρος ποσότητας 20-30 g.

Μετά το φύτεμα που ακολουθεί σε 5-10 ημέρες από της σποράς αναλόγως των συνθηκών, συνεχίζονται τα ποτίσματα και γίνονται βοτανίσματα και αραιώμα φυταρίων, όπου αυτά εμφανίζονται πυκνά. Η εφαρμογή ψεκασμών για την πρόληψη ασθενειών πιθανός επίσης να είναι αναγκαία εάν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη τους (Δημητράκης, 1983).

Οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση και ανάπτυξη των φυτών στα σπορεία διαφέρουν για κάθε λαχανικό. Όταν η θερμοκρασία στο σπορείο υπερβεί την άριστη, ιδίως όταν επικρατεί φτωχός φωτισμός τότε τα φυτά επιμηκύνονται και γίνονται αδύνατα. Εάν επικρατούν θερμοκρασίες πιο χαμηλές από την άριστη, τότε μειώνεται η βλάστηση, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ανάπτυξης των φυτών. Οι θερμοκρασίες στο σπορείο κατά τη διάρκεια της ημέρας ρυθμίζονται με κατάλληλο εξαερισμό.

Η υγρασία του αέρα στο σπορείο πρέπει να βρίσκεται και αυτή σε ορισμένα επίπεδα. Μια μέση τιμή μπορεί να θεωρηθεί το επίπεδο του 60-75% σχετική υγρασία. Ακραίες τιμές υγρασίας πρέπει να αποφεύγονται για να περιορίζονται οι δυσάρεστες επιδράσεις στο ελάχιστο. Υψηλές τιμές υγρασίας αποφεύγονται με κατάλληλο εξαερισμό.

Στη απευθείας σπορά στον αγρό χρησιμοποιούνται πολύ μεγάλες ποσότητες σπόρου 300-400 g ανά στρέμμα, μετά δε το φύτεμα γίνεται αραιώμα ώστε να διατηρηθούν φυτά στις επιθυμητές αποστάσεις.

Η μεταφύτευση των φυτών από το σπορείο στη μόνιμη θέση τους γίνεται 1-1,5 μήνα μετά τη σπορά, όταν αυτά έχουν αποκτήσει 4-6 φύλλα. Οι αποστάσεις

φύτευσης είναι γενικώς 30-50 cm μεταξύ των γραμμών και 25-30 επί των γραμμών (Δημητράκης, 1983).

### 1.11. ΚΛΙΜΑ-ΕΔΑΦΟΣ

Το μαρούλι ευδοκίμει καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμη και κάτω των  $-5^{\circ}\text{C}$ , ενώ υπό συνθήκες θερμές έχει την τάση να αναπτύσσει πρώιμα ανθοφόρο βλαστό, ιδιαίτερος δε όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται και με μεγάλη φωτοπερίοδο. Καλλιέργειες που γίνονται νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη αποτυγχάνουν πολλές φορές, για αυτόν ακριβώς το λόγο. Δεν προφταίνουν να σχηματίσουν κεφαλή γιατί εκπτύσσουν γρήγορα ανθοφόρο βλαστό.

Γενικώς τα μαρούλια και ιδιαίτερος τα κεφαλωτά απαιτούν κατά την περίοδο κυρίως σχηματισμού της κεφαλής χαμηλές θερμοκρασίες. Αλλιώς, και αν σχηματίσουν κεφαλή, αυτή θα είναι μάλλον χαλαρή και η γεύση των φύλλων υπόπικρη. Αλλά και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δεν είναι ευνοϊκές για την καλή ανάπτυξη του φυτού. Κατά τη χειμερινή περίοδο και για καλλιέργειες κεφαλωτών μαρουλιών μέσα σε θερμοκήπιο, θα ήταν ευνοϊκές θερμοκρασίες  $15-20^{\circ}\text{C}$ , κατά την ημέρα και  $10-15^{\circ}\text{C}$  κατά τη νύχτα.

Πολλές ποικιλίες έχουν ευρεία προσαρμογή στις διάφορες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού και άλλες διακρίνονται για την ιδιαιτερότητα τους να ευδοκιμούν υπό ακραίες εποχικές συνθήκες.

Οι βροχές υπό συνθήκες μέτριων θερμοκρασιών ευνοούν την ανάπτυξη του περονόσπορου, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει μεγάλες ζημιές στην καλλιέργεια (Δημητράκης, 1983).

Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Οι περισσότεροι τύποι εδαφών είναι κατάλληλοι για την ανάπτυξη του μαρουλιού, όμως τα αμμοπηλώδη και πλούσια σε οργανική ύλη εδάφη θεωρούνται από τα πλέον κατάλληλα, ιδιαίτερα στις μεταφυτεύσεις νωρίς το φθινόπωρο ή αργά την άνοιξη, επειδή διατηρούν τη θερμοκρασία σε χαμηλά επίπεδα, ενώ τα αμμοαργιλώδη εδάφη προτιμώνται για τις χειμερινές φυτεύσεις επειδή θερμαίνονται ευκολότερα. Σε κάθε περίπτωση το έδαφος πρέπει να είναι γόνιμο, στραγγερό με pH κυμαινόμενο μεταξύ 6-7. Τα νεαρά φυτά δείχνουν κάποια ευαισθησία στις ελαφρά αυξημένες

συγκεντρώσεις αλάτων, ενώ τα μεγαλύτερης ηλικίας φυτά είναι πιο ανθεκτικά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, αμέσως μετά την εγκατάστασή τους στο έδαφος.

Εάν διαπιστωθεί ότι έχει σχηματιστεί συμπίεση του εδάφους σε βάθος 20-25 cm λόγω της συνεχούς καλλιέργειας σε σταθερό βάθος, επιβάλλεται χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή για ανασήκωμα του εδάφους. Ακολουθεί η διασπορά της οργανικής ύλης και των λιπασμάτων της βασικής λίπανσης και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος με βαθιά άροση. Επόμενη εργασία είναι το φρεζάρισμα ώστε να ετοιμασθεί για την απολύμανσή του με υδρατμό.

Το έδαφος οργώνεται όσο το δυνατόν συντομότερα πριν τη σπορά του μαρουλιού, ποτέ όμως δεν οργώνεται όταν είναι πολύ υγρό. Τα σπορεία ετοιμάζονται σε έδαφος δισκοσβαρτισμένο ή φρεζαρισμένο, ισοπεδωμένο και κυλινδρισμένο (Κανάκης, 1998).

Τέλος καλλιέργεια μαρουλιού συνεχής στο ίδιο έδαφος ή και μετά από καλλιέργεια συγγενών φυτών δεν συνίσταται, κυρίως για την αποφυγή ζημιών από ασθένειες ή άλλα ζωικά παράσιτα. Στην αμειψισπορά μπορεί να ακολουθεί τα την τομάτα, τα κολοκυνθώδη, το κρεμμύδι κ.λ.π. (Δημητράκης, 1983).

## 1.12. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ- ΛΙΠΑΝΣΗ

Επειδή η γρήγορη ανάπτυξη σχετίζεται με την υψηλή ποιότητα, το μαρούλι θα πρέπει να καλλιεργείται σε έδαφος που διαθέτει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Όταν υπάρχει κοπριά ζώων, συνίσταται ποσότητα 5-6 τόνων/στρέμμα, η οποία εφαρμόζεται 4 εβδομάδες πριν το φύτεμα. Σε περίπτωση χλωρής λίπανσης κατάλληλα είναι τα χλωρά μπιζέλια, τα κουκιά και το τριφύλλι. Από τα χημικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται το 8-8-8 και 12-12-12 και σε ποσότητα 125-150 κιλά/στρέμμα, ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους. Μετά τη φύτευση του μαρουλιού, χρησιμοποιούνται επιφανειακά λιπάσματα και ως τέτοιο συνιστάται η νιτρική αμμωνία σε αναλογία 10-15 κιλά/στρέμμα. Όταν το έδαφος που καλλιεργούνται τα μαρούλια είναι όξινο, χρησιμοποιείται ασβέστιο (Κανάκης, 1998).

Τα λιπάσματα και η κόπρος παραχώνονται πριν την εγκατάστασή τους στην καλλιέργεια στο χωράφι με μια άροση, την οποία ακολουθεί ισοπέδωση του εδάφους και κατασκευή πρασιών ή αναχωμάτων, αναλόγως του επιθυμητού τρόπου

καλλιέργειας. Στα εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά ή υπό συνθήκη πολλών βροχών (χειμώνα) ενδείκνυται η φύτευση επί των αναχωμάτων.

### 1.13. ΑΡΔΕΥΣΗ

Για μια άριστη παραγωγή το μαρούλι απαιτεί ένα σταθερό και πλούσιο εφοδιασμό με νερό καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Απότομες μεταβολές της υγρασίας στο έδαφος, ειδικά στα αρχικά ή στα τελευταία στάδια της ανάπτυξης του φυτού, έχουν ως συνέπεια ανεπανόρθωτες ζημιές που εκδηλώνονται με πίκραση των φύλλων και με μείωση της παραγωγής. Όμως και υπερβολική υγρασία στο έδαφος, ιδιαίτερα την εποχή σχηματισμού της κεφαλής, είναι ανεπιθύμητη επειδή συντελεί στην παραγωγή χαλαρών κεφαλών.

Η φύτευση γίνεται όταν το έδαφος είναι στο ρώγο του. Ακολουθεί το πρώτο πότισμα, κατά προτίμηση με καταιονισμό, μέχρι όπου η επιφανειακή στρώση εδάφους φθάσει στο σημείο της υδατοικανότητάς του. Τις αμέσως επόμενες ημέρες από τη φύτευση τα φυτά αντλούν νερό από βάθος 3-4 cm του εδάφους, συνεπώς οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για το πρώτο πότισμα είναι μικρές.

Το μαρούλι αναπτύσσει ριζικό σύστημα που μπορεί να φθάσει σε βάθος εδάφους μέχρι τα 60 cm. Όμως το πλείστο της θυσσανώδους ρίζας περιορίζεται στα πρώτα 30 cm του εδάφους. Γι'αυτό το λόγω όλες οι φροντίδες πρέπει να κατατείνουν στη διατήρηση ή τη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους σε αυτό το βάθος.

Ο χρόνος εφαρμογής των ποτισμάτων καθορίζεται από το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας. Η ποσότητα του νερού άρδευσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τον τύπο του εδάφους, το βλαστικό στάδιο του φυτού, την ηλιοφάνεια, την εποχή του έτους.

Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή του ποτίσματος στο μαρούλι γίνεται με σύστημα καταιονισμού ή και στάγδην, το οποίο σχεδόν αντικατέστησε το πότισμα με αυλάκια (Κανάκης, 1998).

#### 1.14. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ-ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ

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

Στον τύπο «ρωμάνα» γίνεται όταν έχει σχηματιστεί καλά η κεφαλή, όταν δηλαδή έχει κλείσει. Συνήθως τα μαρούλια κόβονται κοντά ή λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους με μαχαίρι ή ειδικό εργαλείο και στη συνέχεια αφαιρούνται τα εξωτερικά κατεστραμμένα φύλλα. Τοποθετούνται σε πλαστικά ή ξύλινα κιβώτια, όταν προορίζονται για την ντόπια αγορά ή σε χάρτινα κιβώτια, για τη ντόπια και για εξαγωγή.

Τα «κεφαλωτά» μαρούλια, τα οποία είναι κατάλληλα και για εξαγωγή, συγκομίζονται όταν έχει σχηματιστεί πλήρως η κεφαλή με κοπή λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες όταν ακολουθείται η διαδικασία της μεταφύτευσης σε κύβους εδάφους ή σε υποστρώματα σε δίσκους, η ανάπτυξη του φυτού είναι ομοιόμορφη και η συγκομιδή γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα φυτά, και μάλιστα σε κάποιες ώρες όπως στην Ολλανδία εφαρμόζεται και μηχανική συγκομιδή.

Ο χρόνος που παραμένουν τα φυτά στο έδαφος του θερμοκηπίου (μεταφύτευση-συγκομιδή) και η εποχή συγκομιδής εξαρτάται από την εποχή μεταφύτευσης, την ποικιλία, την εποχή (τον χειμώνα παραμένουν περισσότερο στο έδαφος). Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι στην Ελλάδα απαιτούνται 1,5-3 μήνες. Καθυστερήση στη συγκομιδή προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητας.

Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και τα φυτά στεγνά. Αμέσως μετά τα φυτά θα πρέπει να τοποθετούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες (ψυγεία) μέχρι να μεταφερθούν στην αγορά, αφού η διατήρησή τους σε συνθήκες δωματίου είναι πολύ σύντομη ενώ σε συνθήκες ψυγείου μπορούν να διατηρηθούν για 20 περίπου ημέρες με θερμοκρασία 0 °C και σχετική υγρασία 90-95%.

Η ποιότητα στο μαρούλι καθορίζεται από την εμφάνιση, απουσία συμπτωμάτων από εχθρούς, ασθένειες και φυσιολογικές ανωμαλίες, απουσία ξένων ουσιών (χώμα, υπολείμματα φυτοφαρμάκων κ.α.) την γεύση (γλυκιά όχι πικρή) και τα φύλλα πρέπει να είναι τρυφερά και τραγανά (Δημητράκης, 1983).

## 1.15. ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ

### 1.15.1. ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

#### **A) Περνόσπορος (*Bremia lactuca*)**

Τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας είναι ακανόνιστες και οξύληκτες γωνιώδεις χλωρωτικές κηλίδες στην κάτω επιφάνεια των εξωτερικών φύλλων, σε περιοχές μεταξύ των νεύρων. Όταν οι συνθήκες ευνοούν την εξάπλωση της ασθένειας οι ανωτέρω κηλίδες καλύπτονται από λευκές εξανθήσεις που μπορούν να προκαλέσουν από μικρές μέχρι και μεγάλες ζημιές σε καλλιέργειες μαρουλιού, ανάλογα με τις συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες. Αντιμετωπίζονται με γενικά μέτρα προστασίας τα οποία λαμβάνονται για την καταπολέμηση των σοβαρών μυκητολογικών ασθενειών (Κανάκης, 1998).

#### **B) Βοτρύτης (ΦΑΙΑ ΣΗΨΗ) (*Botrytis cinerea*)**

Ο μύκητας προσβάλλει το μαρούλι σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης του και προκαλεί σοβαρές ζημιές, ιδιαίτερα στις καλλιέργειες του φθινοπώρου και της άνοιξης. Στην αρχή η προσβολή εμφανίζεται σαν στίγματα σκούρου χρώματος (καφέ). Στα κάτω φύλλα εξελίσσεται σε μαλακή σήψη και στη συνέχεια εμφανίζεται η γκριζοκαφέ καρποφορία του μύκητα και το φυτό μαραίνεται και καταστρέφεται. Η ασθένεια προσλαμβάνεται ή περιορίζεται με τον καλό εξαερισμό του θερμοκηπίου και με χημική κάλυψη με φυτοφάρμακα.

#### **Γ) Τήξη σπορείων (*Rhizium sp., Rhizoctonia solani*)**

Οι μύκητες αυτοί προσβάλλουν τα πολύ νεαρά φυτά στο σπορείο και προκαλούν σημαντικές ζημιές. Οι μύκητες αναπτύσσονται στο λαιμό των φυταρίων με αποτέλεσμα τη σήψη, το μαρασμό και την καταστροφή τους. Για την πρόληψη συνιστάται πάντα η χρήση νέου υποστρώματος στο σπορείο, η απολύμανση τόσο του υποστρώματος όσο και των μέσων που χρησιμοποιούνται στο σπορείο, η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου, η αποφυγή υπερβολικής υγρασίας και σχετικά αραιή σπορά (Δημητράκης, 1983).

Η ασθένεια μπορεί να προσβάλει τα φυτά και στο χωράφι. Η προσβολή εμφανίζεται αρχικά στα κατώτερα φύλλα υπό μορφή καστανών κηλίδων και στη συνέχεια το φυτό ξηραίνεται (Κοσμίδης, 2004).

#### **Δ) Ωίδιο (*Erysiphe cichoracearum*)**

Ο μύκητας εμφανίζεται υπό μορφή κηλίδων στα φύλλα με το χαρακτηριστικό λευκό επάνθισμα των ωιδίων και ευνοείται από υψηλή υγρασία και θερμοκρασία. Θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια αποφυγής των συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη του μύκητα. Συνιστάται η χρησιμοποίηση ωιδιοκτόνων φαρμάκων μόλις εμφανιστούν τα συμπτώματα (Κοσμίδης, 2004).

#### **Ε) Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiniorum*)**

Η προσβολή αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους στον κορμό του φυτού και τα κατώτερα φύλλα. Όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας η προσβολή εμφανίζεται σαν υγρή σήψη, στη συνέχεια αναπτύσσεται το άσπρο μυκήλιο του μύκητα και ακολουθεί η εμφάνιση των μαύρων σκληριτινίων του μύκητα. Αποτέλεσμα της προσβολής είναι η μάρανση και η καταστροφή των φυτών. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται ο περιορισμός της υγρασίας της ατμόσφαιρας με αποτελεσματικό εξαερισμό των θερμοκηπίων. Το έδαφος να στραγγίζει καλά και να αποφεύγεται η άμεση επαφή του νερού ποτίσματος με το λαιμό του φυτού. Με την εμφάνιση της προσβολής γίνεται ψεκάσμος με φυτοφάρμακα. (Κοσμίδης, 2004).

### **1.15.2. ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ**

Οφείλονται στα βακτήρια (*Pseudomonas sp.* και *Xanthomonaa sp.*) και προκαλούν είτε σήψεις, είτε στιγμάτωση στα φύλλα.

### **1.15.3. ΙΩΣΕΙΣ**

#### **Α) Μωσαικό του μαρουλιού**

Είναι η σημαντικότερη ίωση που προσβάλει το μαρούλι. Προκαλεί στικτή μωσαϊκή εμφάνιση των φύλλων με χλωρωτικές κηλίδες, νανισμό στα φυτά και



πτυχωτή επιφάνεια στα φύλλα. Μεταδίδεται με τις αφίδες και μπορεί να προκαλέσει μεγάλες ζημιές. Για την πρόληψη συνιστάται η χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου απαλλαγμένου ιώσεων, έγκαιρη απομάκρυνση των ύποπτων φυτών, απολύμανση χειρών και εργαλείων, αποτελεσματική καταπολέμηση των αφίδων.

### **B) Μεγάλο νεύρο του μαρουλιού**

Η μόλυνση των φυτών από αυτή την ασθένεια μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε βλαστικό στάδιο. Τα συμπτώματα συνήθως δεν εμφανίζονται πριν από την έκπτυξη του 5<sup>ου</sup> ή 6<sup>ου</sup> φύλλου. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται ως ελαφρό κίτρινο ή λευκοκίτρινο χρώμα κατά το μήκος των νεύρων, τα οποία σταδιακά γίνονται περισσότερο φανερά καθώς προκαλείται πάχυνση και πτύχωση στα φύλλα. Τα φύλλα που προσβάλλονται σε μικρή ηλικία αδυνατούν να σχηματίσουν σφιχτή κεφαλή.

Η ασθένεια θεωρείται ότι οφείλεται στο μύκητα *Olpidium brassicae*. Σήμερα πιστεύεται ότι οφείλεται σε ιό, ο οποίος μεταφέρεται με τον *Olpidium brassicae* και με τα υπολείμματα των ριζών των μολυσμένων φυτών.

### **Γ) Άλλες ιώσεις**

Επίσης άλλες ιώσεις που προκαλούν ζημιές στο μαρούλι είναι η «δακτυλιωτή νέκρωση» και «Lettuce big vein» (Κανάκης, 1998).

## **1.15.4. ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ**

Στο μαρούλι έχουν αναφερθεί πολλές μη παρασιτικής αιτιολογίας ασθένειες οι οποίες σχετίζονται με ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, τοξικότητες ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και τη δυσμενή επίδραση του περιβάλλοντος (χαμηλές θερμοκρασίες) και ρύποι της ατμόσφαιρας. Εδώ θα αναφερθεί η πιο κύρια μη παρασιτική ασθένεια του μαρουλιού η οποία σχετίζεται με την έλλειψη αζώτου.

### **Κάψιμο της κορυφής (Tip burn)**

Η ασθένεια εμφανίζεται συνήθως στα φύλλα της κορυφής του φυτού με τη μορφή νεκρώσεων στην κορυφή των φύλλων. Η ασθένεια αυτή προκαλείται από την μη ισορροπημένη θρέψη των φυτών με ασβέστιο και επηρεάζεται από πολλούς

παράγοντες όπως υπερβολική αζωτούχα λίπανση, έλλειψη ασβεστίου, συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν την ομαλή τροφοδοσία των φυτών με νερό (Ε.Φ.Ε. 1998, Grogan, Fink, 1956).

#### 1.15.5. ΖΩΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ

**A) Νηματώδεις σκώληκες** όπως: *Meloidogyne sp. Platylenchus sp. Naccobus batatiformis*

Προσβάλουν το ριζικό σύστημα του μαρουλιού, αλλά στα θερμοκήπια δεν δημιουργούν προβλήματα επειδή καταπολεμούνται ολοσχερώς με την απολύμανση του εδάφους (Κανάκης, 1998).

#### **B) Έντομα**

- I. Οι αφίδες και ειδικά η πράσινη (*Myzus persicae*), ο θρίπας (*Frankliniella occidentalis*), ο λύγος (*Lygus sp*) και άλλα μυζητικά έντομα προκαλούν τόσο άμεσες ζημιές στο μαρούλι, που επιφέρουν μείωση της ανάπτυξης των φυτών και συνεπώς της παραγωγής και επικάλυψη των φύλλων με μελιτώματα όσο και έμμεσες ζημιές επειδή μεταφέρουν ιώσεις.
- II. Ο αλευρώδεις (*Trialeuroides vaporariorum*) στην τέλεια μορφή του αλλά και οι προνύμφες του εγκαθίστανται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και απομυζούν. Έτσι υποβαθμίζεται η εμπορική αξία του μαρουλιού ενώ η παρουσία μεγάλου αριθμού αυγών στα φύλλα προκαλούν την αποτροπή του αγοραστή.
- III. Τα έντομα του εδάφους (*Gryllotalpa, Agrotis* κ.α.) ενώ προκαλούν ζημιές στις υπαίθριες καλλιέργειες, δε συνιστούν πρόβλημα στα θερμοκήπια επειδή καταπολεμούνται με την απολύμανση του εδάφους.
- IV) Τα λεπιδόπτερα (*Trichoplusia ni, Spodoptera exigua* και *Heliothis zea*) προκαλούν μεγάλες ζημιές επειδή οι προνύμφες τους κατατρώγουν τα φύλλα του μαρουλιού. Για την καταπολέμηση ή τον περιορισμό των προσβολών από τα έντομα διενεργούνται προληπτικοί, δολωματικοί και εξοντωτικοί

ψεκασμοί με διάφορα εντομοκτόνα ή αναρτώνται παγίδες ή χρησιμοποιείται πρόγραμμα βιολογικής καταπολέμησης. (Κανάκης, 1998).

### **Γ) Κοχλίες και σαλιγκάρια**

Μεγάλοι πληθυσμοί τους απειλούν την καλλιέργεια του μαρουλιού επειδή κατατρώγουν τα φύλλα. Καταπολεμούνται σχετικά εύκολα με δολώματα μεταλδεύδης (Κανάκης, 1998).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

#### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Σήμερα η ανάγκη για παραγωγή ποιοτικών προϊόντων γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Ο καταναλωτής ζητάει πλέον νόστιμα προϊόντα, με καλό άρωμα και γεύση, καλό χρωματισμό και ομοιομορφία σχήματος. Το σημαντικό είναι να παράγονται ποιοτικά και ασφαλή προϊόντα με παράλληλη εξασφάλιση υψηλών ποσοτήτων. Όλα τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν με την υδροπονική καλλιέργεια. Τι εννοούμε όμως με τον όρο υδροπονία.

Με την έννοια του όρου υδροπονία ή ανέδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μείγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως χημική καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Με τη μέθοδο της υδροπονίας τα φυτά καλλιεργούνται είτε πάνω σε αδρανή υποστρώματα στα οποία προστίθεται θρεπτικό διάλυμα ή σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα.

Γενικά για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και ταυτόχρονα άφθονο νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία. Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους, είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο περισσότερο νερό υπάρχει τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα πότε το ένα και πότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος επίσης σημαντικό είναι και το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στη ρίζα, γιατί δεσμεύονται στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στη περιοχή της ρίζας. Με τις υδροπονικές καλλιέργειες πολλά από τα προβλήματα αυτά λύνονται με τη ρύθμιση της τροφοδοσίας του

θρεπτικού διαλύματος και τη χρησιμοποίηση (σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στερεό υπόστρωμα) υλικών με πολύ υψηλό πορώδες και χημικά αδρανών.

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Ακόμα παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κ.λ.π.) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Εκτός αυτών όμως υπάρχουν και πολλά άλλα πλεονεκτήματα για να ασχοληθεί κάποιος με την υδροπονία:

1. Με την υδροπονική καλλιέργεια αποφεύγουμε τα ζιζάνια, προσβολές από νηματώδεις και ελαχιστοποιούνται προβλήματα από έντομα και μύκητες του εδάφους. Συγχρόνως μειώνεται και το κόστος από τη χρήση φυτοφαρμάκων για τον έλεγχο των παραπάνω (απολύμανση εδάφους, ριζοπότισμα).
2. Η θρέψη των φυτών στην υδροπονία είναι απόλυτα ελεγχόμενη. Τα θρεπτικά διαλύματα είναι ισορροπημένα με αποτέλεσμα τα φυτά να είναι περισσότερο εύρωστα. Η σωστή θρέψη (ακριβής αναλογία στοιχείων) έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και αύξηση της απόδοσης παραγόμενου προϊόντος.
3. Ο έλεγχος της αγωγιμότητας (EC) και του pH μπορεί να γίνει με ακρίβεια, και σε περιπτώσεις αποκλίσεων από το επιθυμητό οι διορθώσεις γίνονται άμεσα. Είναι γνωστά τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα φυτά που καλλιεργούνται στο χώμα λόγω αδυναμίας ελέγχου των δυο αυτών σημαντικών παραμέτρων. Στις περισσότερες των περιπτώσεων το εδαφικό pH είναι πολύ υψηλότερο με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφοπενιών στα φυτά (τροφοπενία σιδήρου κ.α.)
4. Προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν στα φυτά είτε λόγω έλλειψης κάποιου στοιχείου είτε κάποιας ασθένειας μπορούν να αντιμετωπιστούν άμεσα και αυτό γιατί το θρεπτικό διάλυμα ή οι χημικές επεμβάσεις που γίνονται είναι άμεσα προσλήψιμες από τα φυτά.

5. Με την καλλιέργεια σε συστήματα υδροπονίας αποφεύγονται χρονοβόρες και κουραστικές εργασίες όπως σκαλίσματα, ξεχορταριάσματα που γίνονται στο χώμα.
6. Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης είναι ένα ακόμη από τα πλεονεκτήματα της υδροπονίας.
7. Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθιά διείσδυση του νερού στο έδαφος.
8. Τέλος η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης, καθώς και η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών εδαφικών μιγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών (Πηγή, Διαδίκτυο 1).

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονίας είναι:

1. Απαιτούνται αρκετά μεγάλες δαπάνες επένδυσης.
2. Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας, χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών.
3. Απαιτούνται περισσότερες και εξειδικευμένες γνώσεις από τον καλλιεργητή.

Η υδροπονική καλλιέργεια ιδιαίτερα όταν γίνεται στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών.

Οι περιποιήσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά διαφέρουν από αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας, είναι όμως ίδιες ως προς τη δημιουργία περιβάλλοντος της κόμης, καθώς και στις καλλιεργητικές εργασίες όπως το κλάδεμα, τη γονιμοποίηση και τις καταπολεμήσεις παρασίτων της κόμης.

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας, δεν διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με τον συνηθισμένο τρόπο στο έδαφος, μάλιστα περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με υψηλής ποιότητα προϊόντα εδάφους (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψιν όλα τα παραπάνω καταλαβαίνει κανείς ότι η υδροπονία μπορεί να δώσει λύσεις στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον που

διαμορφώνεται. Δεν θα πρέπει όμως να δημιουργηθεί η εντύπωση ότι η υδροπονία από μόνη της θα δώσει στον παραγωγό το επιθυμητό. Χρειάζεται και η επιμέλεια του παραγωγού-επιχειρηματία, η εξοικείωσή του με διάφορα συστήματα και η πιστή εφαρμογή των κανόνων που πρέπει να εφαρμόζονται, όπως επίσης και η καλή συνεργασία με τους ειδικούς που γνωρίζουν και έχουν την κατάλληλη τεχνογνωσία (Πηγή, Διαδίκτυο 1).

## 2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η προσπάθεια ανάπτυξης των φυτών εκτός εδάφους αρχικά προωθήθηκε λόγω των δυνατοτήτων που παρέχει αυτό το σύστημα για τη μελέτη της θρέψης των φυτών και έχει μια ιστορία πολλών χρόνων σημαδεμένη από πολλές ημερομηνίες.

Η αρχή της υδροπονικής καλλιέργειας εντοπίζεται στον 17<sup>ο</sup> αιώνα, με πρώτη γνωστή εμπειρία αυτή του Van Helmont στα 1620, που κατόρθωσε να διατηρήσει ένα κλάδο ιτιάς μέσα σε νερό, βγάζοντας μάλιστα το συμπέρασμα ότι το νερό δημιούργησε όλη τη φυτική ύλη που παράχθηκε, σε αυτό το διάστημα, από τον κλάδο ιτιάς. Η δοκιμασία επαναλήφθηκε το 1666 από τον Woodward. Το 1758 ο Duhamel Monceau συνέχισε την ιδέα της εκτός εδάφους καλλιέργειας (Μπάνη, 2001).

Το 19<sup>ο</sup> αιώνα, εξαιτίας του Γάλλου Boyssingault, που συνέλαβε ένα σύστημα καλλιέργειας στην άμμο, χρησιμοποιώντας και διάλυμα ανόργανων στοιχείων, τα μεγάλα ονόματα της φυσιολογίας φυτών και της γεωπονίας, κατόρθωσαν να εξερευνήσουν σε βάθος τον τομέα της θρέψης των φυτών. Οι Γερμανοί Knor και Sach, μελέτησαν την επίδραση των διαφόρων στοιχείων στη θρέψη των φυτών.

Ενώ η νέα αυτή μέθοδος καλλιέργειας χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για επιστημονικές εργασίες, οι Αμερικάνοι ερευνητές αρχίζουν πολύ νωρίς να τη βελτιώνουν τεχνικά, ώστε να μπορέσουν να τη μεταφέρουν σε πρακτικό επίπεδο.

Το 1921 οι Pender και Adams εκτελούν δοκιμές καλλιέργειας γαριφάλου σε θερμοκήπιο πάνω σε πάγκους.

Το 1928 στο σταθμό New Jersey έφτασαν να γίνουν εμπορεύσιμα τα πρώτα ανθοκομικά προϊόντα που προέρχονταν από καλλιέργειες σε υποστρώματα χωρίς χώμα.

Το 1920 ο Gericke επιχειρεί στην Καλιφόρνια να καλλιεργήσει φυτά μέσα σε νερό και δίνει σ' αυτό το είδος καλλιέργειας την ονομασία «υδροπονική».

Οι πρώτες επιχειρηματικές καλλιέργειες, πάνω σε άμμο και χαλίκια, πραγματοποιείται το 1936 στο Ohio και στο νησί Wake στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του Β παγκόσμιου πολέμου οι Αμερικάνοι χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές καλλιεργειών για τη διατροφή των στρατευμάτων τους στα νησιά του Ειρηνικού.

Στις αρχές της δεκαετία του 1960 παρατηρείται στη Γαλλία μια υπερβολική αισιοδοξία γι'αυτές τις καλλιέργειες. Η έκδοση του βιβλίου «καλλιέργειες χωρίς χώμα» σημείωσε πολύ μεγάλη επιτυχία. Την ίδια περίοδο επίσης το INVUFLEC κάνει τις πρώτες του μελέτες πάνω σ'αυτό το αντικείμενο και κυρίως στην πραγματοποίηση μιας εγκατάστασης φθηνής και απλής σε λειτουργία. Αυτό έγινε δυνατό χάρη στην έναρξη χρησιμοποίησης του πλαστικού, σε αντικατάσταση των δοχείων από τσιμέντο, ξύλο, ασφαλτο, τούβλα, κ.λ.π. που χρησιμοποιούσαν μέχρι τότε και που ήταν δαπανηρή (Μπάνη, 2001).

Παράλληλα με τις ανωτέρω εξελίξεις στη Γαλλία σημαντικές προσπάθειες γίνονταν στη Γερμανία, στις Σκανδιναβικές χώρες και στις ΗΠΑ, τελειοποιώντας όλο και περισσότερο τα συστήματα, χρησιμοποιώντας για την παρασκευή υπόστρωμα των κυρίως την τύρφη, τον περλίτη και τον βερμικουλίτη.

Το 1955 με την ευκαιρία του 19<sup>ου</sup> συνεδρίου φυτολογίας στο Scheveningen, όλοι οι ερευνητές που ασχολούνταν με την υδροπονία συμφώνησαν για την ίδρυση του International Working Group on Soiless Culture (I.W.G.S.C.), έδρα του οποίου ορίστηκε το Naaldwijk και έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των ερωτημάτων της υδροπονίας σε διεθνή κλίμακα και την επίσπευση της διαδικασίας για την εφαρμογή των ως τότε αποκτηθέντων γνώσεων, με την αμοιβαία ανταλλαγή πειραματικών αποτελεσμάτων και τη συναρμογή των δοκιμαστικών προγραμμάτων (Μπάνη, 2001).

### 2.2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Από τον Μεσαίωνα μέχρι τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρεφόντουσαν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο στήριξη.

Η υδροπονία ξεκίνησε μετά το 18<sup>ο</sup> αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα και πολύ αργότερα (20<sup>ο</sup> αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο αναπαραγωγής.

Στη Γερμανία, κατά την περίοδο 1860 έως 1900 η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας. Η πυκνότητα των διαλυμάτων



κυμαινόταν από 0,1-0,6%. Την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν επίσης 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Μετά το 1990, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος αναπτύξεως και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (οσμωτική πίεση, θερμοκρασία, pH).

Ο Tottingham (1914), υποστηρίζει μια θεωρία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 atm οσμωτική πίεση, με βάση το διάλυμα Knops). Το 1919-1920 ο Hoagland βρήκε ότι τα διαλύματα με οσμωτική πίεση, από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεώνονταν συχνά. Κατά την περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1923 από εργασίες των Bakke και Erdman αποδείχθηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτή του εδάφους.

Το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση της υδροπονικής καλλιέργειας στις ΗΠΑ και τη Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα την εγκατέλειψαν όμως, λόγω διαφόρων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούσαν.

Κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά γίνονται στις ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας σε φίλμ θρεπτικού διαλύματος (NTF), που πήρε γρήγορα σημαντική εξάπλωση. Το 1976 πρωτοξεκίνησε πάλι στη Μ. Βρετανία η τεχνική καλλιέργειας με αδρανές υλικό τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη σήμερα.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σ'όλο τον κόσμο, πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Culture (ISOSC), με έδρα το Wageningen της Ολλανδίας, ασχολείται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και σε συνεργασία με τι Ινστιτούτο Υδροπονίας των Κανάριων Νήσων, προωθεί την έρευνα στον τομέα αυτόν (Μαυρογιαννόπουλος, 1994).

### 2.3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Προοπτικές υδροπονικών καλλιεργειών:

- Η επιτυχία από την εφαρμογή της υδροπονίας που σημειώνεται σήμερα σε πολλές χώρες, καθώς και η τάση για την περαιτέρω εξάπλωσή της αποτελούν στοιχεία που αποδεικνύουν τη σημασία της μεθόδου αυτής, παράλληλα η μέθοδος εισάγει την εξελιγμένη μορφή ελεγχόμενης καλλιέργειας, αφού το περιβάλλον, στο σύνολο του, μπορεί να ρυθμιστεί. Οι υδροπονικές καλλιέργειες γίνονται κατά συνέπεια κάτω από συνθήκες θερμοκηπίου.
- Η μορφή της καθαρής υδροπονίας όπου το ριζικό σύστημα βρίσκεται μερικώς ή εξολοκλήρου μέσα στο νερό, παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία στη ρύθμιση των θρεπτικών στοιχείων, στην ομαλή τροφοδότηση των φυτών και στη απομόνωση τυχών προσβολής από ασθένειες. Η εφαρμογή της επομένως απαιτεί εξοπλισμό με πολύ υψηλή τεχνολογία, γεγονός που θα πού θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν από κάθε σκέψη για τη χρησιμοποίηση αυτής της μορφής υδροπονίας. Η αεροπονία αποτελεί σήμερα μια τεχνική που μόνο πειραματικά εφαρμόζεται.

Αντίθετα η υδροπονική καλλιέργεια σε υποστρώματα παρουσιάζει τις λιγότερες απαιτήσεις και εφαρμόζεται πιο εύκολα απ τους καλλιεργητές (Μπάνη, 2001).

- Για την χώρα μας η εφαρμογή της υδροπονίας σε υποστρώματα μπορεί ανεπιφύλακτα να θεωρηθεί σκόπιμη και ορισμένες περιπτώσεις αναγκαία, ενώ παράλληλα προβλέπεται να δώσει νέα ώθηση στην εξελισσόμενη καλλιεργητική τεχνική των εντατικών υπό κάλυψη καλλιεργειών.

Οι λόγοι που δικαιολογούν τη σκοπιμότητα εφαρμογής υδροπονίας στη χώρα μας είναι πολλοί. Η υποβάθμιση και ακαταλληλότητα των εδαφών στις καλλιέργειες θερμοκηπίου λόγω πολύχρονης και εντατικής εκμετάλλευσης τους και παράλληλα η αδυναμία του καλλιεργητή να εφαρμόσει σύστημα αμειψισποράς στο θερμοκήπιο, αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς λόγους, αφού η υδροπονία αποτελεί τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος στην περίπτωση αυτή.

- Η σωρεία ασθενειών, που εμφανίζονται και ενδημούν στο έδαφος μετά τις πρώτες καλλιέργειες, αποτελούν πρόσθετο σοβαρό λόγο, αφού δεν είναι εύκολη η καταπολέμηση τους.

- Στη χώρα μας ειδικότερα στις περιοχές με κατάλληλο μικροκλίμα για εκτός εποχής καλλιέργειες, συμβαίνει συχνά να υπάρχουν ακατάλληλα εδάφη, με αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται το ευνοϊκό κλίμα της περιοχής αφού δεν μπορεί να διενεργηθεί καλλιέργεια. Μπορεί όμως να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, αν η καλλιέργεια ανεξαρτητοποιηθεί από το έδαφος, δυνατότητα που παρέχεται με τη νέα τεχνική της υδροπονίας.
- Η ύπαρξη κατάλληλων υποστρωμάτων είναι επίσης προϋπόθεση της τεχνικής αυτής, καθώς και η ύπαρξη πειραματικών αποτελεσμάτων, για την εξακρίβωση του πιο κατάλληλου και του πιο φθηνού υλικού. Υποστρώματα κατάλληλα για άλλες χώρες, μπορεί για τη χώρα μας να κρίνονται οικονομικά ασύμφορα. Επίσης υποστρώματα κατάλληλα, αλλά με υψηλό κόστος, μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα πιο φθηνά, που υπάρχουν άφθονα στην αγορά.
- Υδροπονική καλλιέργεια χωρίς την κατάλληλη τεχνολογία για αυτοματοποίηση του όλου συστήματος, δε θα πρέπει να εφαρμόζεται. Επίσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί σωστά, χωρίς επιστημονική βάση, που θα ελέγχει και θα κατευθύνει την καλλιέργεια, με ελέγχους, της θρεπτικής κατάστασης του φυτού και της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος. Έτσι χωρίς εργαστηριακούς ελέγχους δεν μπορεί να αναμένονται ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Τέλος, προκειμένου ένας καλλιεργητής να διενεργήσει υδροπονική καλλιέργεια, απαιτείται πέρα από τα παραπάνω να είναι ικανός και κατάλληλα εκπαιδευμένος για τη σωστή εφαρμογή αυτής της υδροπονίας στην καλλιέργεια φυτών υπό κάλυψη (Μπάνη, 2001).

#### 2.4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο εξοπλισμός μιας υδροπονικής εγκατάστασης αποτελείται από τέσσερα επιμέρους τμήματα:

- A) το σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος
- B) το σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά
- Γ) τους υποδοχείς των φυτών και των υποστρωμάτων που είναι τοποθετημένα μέσα στο θερμοκήπιο και
- Δ) το υπόστρωμα καλλιέργειας

#### 2.4.1. Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος

Περιλαμβάνει:

- Εγκατάσταση παροχής νερού
- Συσκευές καθαρισμού νερού (φίλτρα)
- Δοχεία πυκνών ή μητρικών διαλυμάτων
- Μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων
- Σύστημα αυτόματου ελέγχου αραιώσης των μητρικών διαλυμάτων και της παροχής του αραιωμένου διαλύματος στα φυτά (Σάββας, 1995).

#### 2.4.2. Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος

Για την μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά είναι κατ'αρχήν απαραίτητα μια αντλία κατάλληλης παροχής, η οποία συνήθως βρίσκεται ενσωματωμένη πάνω στο μεικτή λιπασμάτων και είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του αραιού διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης. Κατά κανόνα για τη ταυτόχρονη τροφοδότηση ενός στρέμματος με διάλυμα αρκεί μια αντλία 5-8 m<sup>3</sup> /h (ανάλογα με τον αριθμό των φυτών και επομένως των σταλακτών ανά στρέμμα, καθώς και την παροχή των σταλακτών). Αν λοιπόν το θερμοκήπιο χωριστεί σε επιμέρους τομείς του ενός περίπου στρέμματος που θα ποτίζονται διαδοχικά σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν πιο πάνω, μπορούμε να καλύψουμε αρκετά στρέμματα καλλιέργειας με μία αντλία τέτοιας δυναμικότητας.

Το σύστημα της μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος από τον μεικτή των λιπασμάτων μέχρι τα φυτά, της διανομής του σ'αυτά και ενδεχομένως της

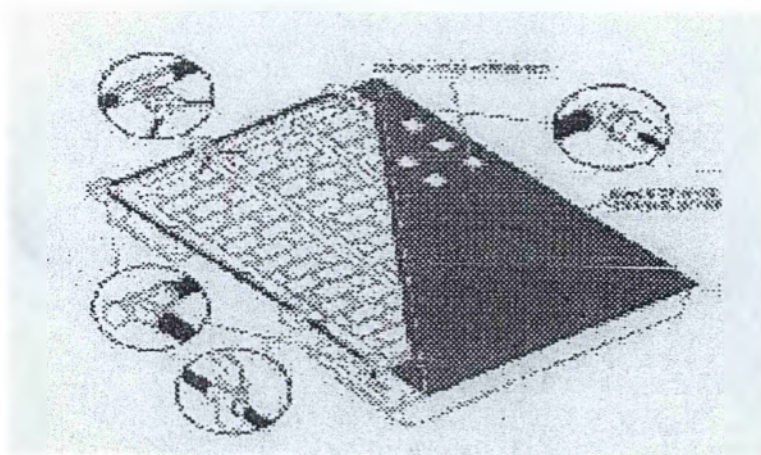
επιστροφής του από τα φυτά πίσω στο μεικτή αν το σύστημα είναι κλειστό, μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το είδος του υδροπονικού συστήματος και το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα καλλιέργειας.

Σε κάθε περίπτωση σημαντικό είναι, πριν την τοποθέτηση μιας υδροπονικής εγκατάστασης σε ένα θερμοκήπιο να γίνεται πλήρης μελέτη για τον υπολογισμό των διατομών και το μήκος όλων των πλαστικών σωλήνων που θα τοποθετηθούν λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες πίεσης κ.λ.π., ώστε η παροχή του διαλύματος να είναι επαρκής και ομοιόμορφη σε όλο το θερμοκήπιο (Σάββας, 1995).

Συνήθως χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικές αντλίες. Αναρροφητικές ή καταθλιπτικές αντλίες χρησιμοποιούνται για μικρές εκμεταλλεύσεις (δεξαμενές χωρητικότητας μέχρι 1000 λίτρα). Η παροχή της αντλίας πρέπει να είναι τέτοια ώστε όλες οι κλίνες να αρδεύονται εντός 10-15 min. Ο χρόνος άρδευσης είναι συνήθως μισή ώρα. Η παροχή της αντλίας και η ιπποδύναμη του κινητήρα καθορίζονται από το μέγεθος της αρδευόμενης επιφάνειας και από το μανομετρικό ύψος, το οποίο καθορίζεται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ του χαμηλότερου σημείου άντλησης μέχρι το ανώτατο επίπεδο ανύψωσης του θρεπτικού διαλύματος και από τις τριβές στους σωλήνες μεταφοράς. Γενικά ισχύς του κινητήρα 2-3 ίππων (HP) είναι αρκετή για κάλυψη αναγκών άρδευσης μιας κλίνης 250-300 m<sup>2</sup>. Ασφαλώς όταν υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης ηλεκτρικού ρεύματος συνιστάται η χρήση ηλεκτροκινητήρων για την λειτουργία των αντλιών, επειδή οι κινητήρες αυτοί είναι φθηνότεροι των ισοδύναμων πετρελαιοκινητήρων και είναι εύκολο να εγκατασταθεί σ' αυτούς ένα πρόγραμμα αυτοματισμών (Κανάκης, 1998).

#### 2.4.3. Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων

Κατ' αρχήν το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδώνεται πλήρως. Η κλίση του εδάφους δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1% όταν το διάλυμα διανέμεται στα φυτά μέσω συστήματος στάγδην άρδευσης, ενώ μπορεί να φτάσει μέχρι και 1,5% όταν το διάλυμα φτάνει στα φυτά μέσω ελεύθερης ροής με τη βοήθεια της βαρύτητας (π.χ. NTF).



Εικόνα 3: Κλίση φυτών (Πηγή: Σάββας, 1995).

Πάνω στο ισοπεδωμένο έδαφος του θερμοκηπίου στρώνονται φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου, τα οποία καλύπτουν είτε όλη την καλλιεργούμενη επιφάνεια είτε μόνο τις γραμμές φύτευσης. Τα πλαστικά φύλλα είναι συνήθως πάχους 3 mm και έχουν μαύρο χρώμα στην κάτω επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος και λευκό γαλακτώδες στην πάνω επιφάνεια. Έτσι, αφενός μεν η ανάπτυξη ριζανίων στο έδαφος παρεμποδίζεται και αφετέρου η ηλιακή ακτινοβολία αντανακλάται πάνω στη λευκή άνω επιφάνεια του πλαστικού και διαχέεται μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνοντας την φωτεινότητα στα κατώτερα τμήματα των φυτών, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο τους φτωχούς μήνες σε ηλιοφάνεια.

Εναλλακτικά, σε θερμοκήπια, τα οποία επί μόνιμου βάσεως χρησιμοποιούνται για υδροπονικές καλλιέργειες, το έδαφος μπορεί να στρωθεί με μπετόν, ώστε να μην υπάρχουν ανομοιομορφίες στην κλίση.

Πάνω στο πλαστικό τοποθετούνται τα υπόλοιπα υλικά εγκατάστασης, από τα οποία το σπουδαιότερο είναι το υπόστρωμα. Αν δεν υπάρχει υπόστρωμα τοποθετούνται τα υλικά, εντός των οποίων θα περιέχεται το θρεπτικό διάλυμα και τα φυτά που θα καλλιεργηθούν (π.χ. φυτοδοχεία, υδρορροές κ.λ.π.) (Σάββας, 1995).

Οι υποδοχείς προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό.

- Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός και έτσι αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και παρεμποδίζεται η ανάπτυξη αλγών.
- Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος.

Οι υποδοχείς που σήμερα χρησιμοποιούνται στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υποστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση από πλαστικό
- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών
- Δοχεία σταθερού σχήματος (γλάστρες, γούρνες πολυστερίνης)
- Κατασκευές υποδοχής πετροβάμβακα

#### 2.4.4. Υποστρώματα Υδροπονίας

Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων

Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα καλό υπόστρωμα είναι:

- Να διατηρεί και να αποδίδει μεγάλες ποσότητες νερού, ώστε να είναι δυνατή η άρδευση σε μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Να έχει σταθερή δομή, γνωστή και ομοιόμορφη μηχανική σύσταση, τέτοια που να μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλους όγκους αέρα ακόμα και σε ακραίες περιπτώσεις άρδευσης.
- Να είναι χημικά και βιολογικά αδρανές.

Από τα φυσικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος θα πρέπει να είναι γνωστά:

- Η μηχανική του σύσταση, το μέγεθος και η αναλογία των συστατικών του με διάφορο μέγεθος.

- Το ειδικό του βάρος, δηλαδή η σχέση του βάρους του προς τον όγκο του, συμπεριλαμβανομένου και του όγκου των πόρων.
- Η μέση πυκνότητα των συστατικών, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι πόροι.
- Το ολικό πορώδες, δηλαδή το ποσοστό (%) του όγκου των πόρων που είναι γεμάτοι με αέρα ή νερό, σε σχέση με τον ολικό όγκο.
- Τα στερεά υλικά (εκφρασμένα % όγκου) ως διαφορά του 100%, αφού αφαιρεθεί το ολικό πορώδες.
- Η περιεκτικότητα του αέρα (% του όγκου) ως διαφορά του ολικού πορώδους και όγκου νερού, που μετρείται σε πίεση 10 atm.
- Η ποσότητα του νερού που μπορούν τα φυτά να απορροφήσουν εύκολα, ως διαφορά του όγκου του νερού που απορροφούν σε πίεση 10 atm και 50 atm.
- Το αποθηκευμένο νερό, ως διαφορά του νερού που παίρνεται σε 50 atm και 100 atm πίεση.

Από τα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος, εκείνα που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι: το pH, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) και η περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα (Σάββας, 1995).

## 2.5. ΑΡΔΕΥΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η άρδευση των υδροπονικών καλλιεργειών γίνεται μέσω του θρεπτικού διαλύματος, δεδομένου ότι η παροχή του νερού συνδέεται άμεσα με τη χορήγηση λιπασμάτων. Για το λόγο αυτό ποτέ δεν αρδεύουμε με καθαρό νερό. Σκοπός, μέσα από τη χορήγηση του θρεπτικού διαλύματος, είναι να καλύψουμε τις ανάγκες των φυτών σε νερό.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες ο όγκος του υποστρώματος και συνεπώς του θρεπτικού διαλύματος, που αντιστοιχεί σε κάθε φυτό είναι μειωμένος σε σύγκριση με το έδαφος. Έτσι, στην υδροπονία για να έχουμε ικανοποιητική άρδευση θα πρέπει



να χορηγούμε πολύ πιο συχνά θρεπτικό διάλυμα, ενώ παράλληλα η αρδευτική δόση κάθε φορά είναι αναλόγως μειωμένη. Εάν εφαρμοστεί μεγάλη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος και ιδίως όταν το υδροπονικό σύστημα είναι ανοιχτό, οδηγεί σε κατασπατάληση νερού και λιπάσματος με βλαπτικές επιδράσεις στο περιβάλλον (Κοσμίδης, 2004).

Στην υδροπονία η συχνότητα άρδευσης εξαρτάται και από την ηλιοφάνεια, τον ζεστό καιρό, την ηλικία του φυτού, από το στάδιο ανάπτυξης, ανάλογα με το είδος του υποστρώματος και τον όγκο του ριζοστρώματος κάθε φυτού.

Συχνότερη εφαρμογή άρδευσης δε συνεπάγεται και κατανάλωση σε θρεπτικό διάλυμα, γιατί η δόση άρδευσης είναι μικρότερη σε σχέση με τις καλλιέργειες εδάφους. Η ανάγκη τόσο συχνής χορήγησης νερού στα φυτά που αναπτύσσονται υδροπονικά απαιτεί ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού, ώστε να είναι δυνατή η αυτοματοποίηση της άρδευσης διαφορετικά το κόστος σε εργατικά είναι μεγάλο (Κοσμίδης, 2004).

## 2.6. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Τα λιπάσματα, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων επιλέγονται με βάση τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, όπως διαλυτότητα και καθαρότητα καθώς και το κόστος τους. Έτσι, ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά, υδατοδιαλυτά καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χημικές ουσίες σιδήρου).

Σύνθετα πλήρη υδατοδιαλυτά λιπάσματα, που περιέχουν μίγμα απλών λιπασμάτων δε συνίσταται να χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα, δε μπορούν να περιέχουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία π.χ. εάν περιέχουν φώσφορο και θείο δεν είναι δυνατό να περιέχουν ταυτόχρονα και ασβέστιο. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα την κατακρήμιση αλάτων φωσφορικού ασβεστίου και θεικού ασβεστίου, που θα δημιουργούσαν προβλήματα στην τροφοδοσία του φυτού με τα παραπάνω θρεπτικά στοιχεία. Επίσης, η χρήση ενός σύνθετου λιπάσματος κάνει δύσκολη την προσαρμογή της θρέψης στις εκάστοτε καλλιεργητικές απαιτήσεις και δυσκολεύει την πραγματοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο για την αποκατάσταση της θρέψης.

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

## 2.7. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Τα διάφορα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά, ανάλογα με το αν το θρεπτικό διάλυμα που περισσεύει και εκπλύνεται από το χώρο του ριζοστρώματος, συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται, ή όχι.

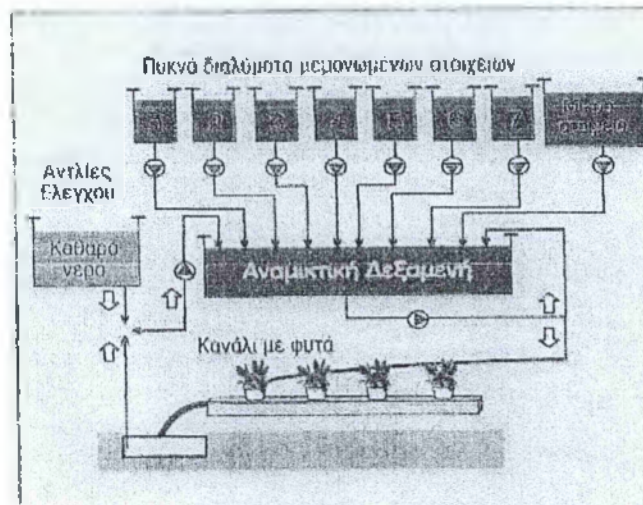
### 2.7.1. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα κλειστά υδροπονικά συστήματα αναπτύχθηκαν εξαιτίας της περιβαλλοντικής ρύπανσης έτσι ώστε να επιτραπεί η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος αποστράγγισης στις μακροπρόθεσμες συγκομιδές. Σ' αυτά τα συστήματα το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από το χώρο του ριζοστρώματος, συλλέγεται και ανακυκλώνεται έτσι δεν υπάρχει επιβάρυνση του περιβάλλοντος με λιπάσματα αφού το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει επαναχρησιμοποιείται (εικ. 4). Εκτός αυτού χάρη στην ανακύκλωση του απορρέοντος διαλύματος γίνεται σημαντική εξοικονόμηση τόσο στο νερό όσο και στα λιπάσματα.

Απέναντι σε αυτά τα πλεονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων υπάρχουν και ορισμένα βασικά μειονεκτήματα, τα οποία κάνουν δύσκολη την εφαρμογή και παράλληλα αυξάνουν τους κινδύνους για την καλλιέργεια. Πρώτον υπάρχει κίνδυνος, μέσω της ανακύκλωσης του διαλύματος να μολυνθεί όλη η

καλλιέργεια με διάφορες ασθένειες, εάν προσβληθεί έστω και ένα φυτό. Εκτός αυτού με τη συμπλήρωση μόνο του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει και ανακυκλώνεται με καινούριο διάλυμα σε αντικατάσταση των ποσοτήτων που καταναλώνονται από τα φυτά, οδηγεί αναγκαστικά στη συσσώρευση ορισμένων ανόργανων ιόντων που δεν προσλαμβάνονται ευχερώς από τα φυτά.

Ένα ακόμη πρόβλημα που δημιουργείται όταν γίνεται ανακύκλωση του διαλύματος είναι η βαθμιαία αλλαγή της σύστασης του, δεδομένου ότι τα φυτά διακρίνονται από εκλεκτικότητα κατά την απορρόφηση των ιόντων με συνέπεια η αναλογία απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων να μη συμπίπτει με την αναλογία που υφίσταται στο διάλυμα. Για αυτούς τους λόγους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα δε χρησιμοποιούνται συνήθως (Αναστασιάδου, 2003).



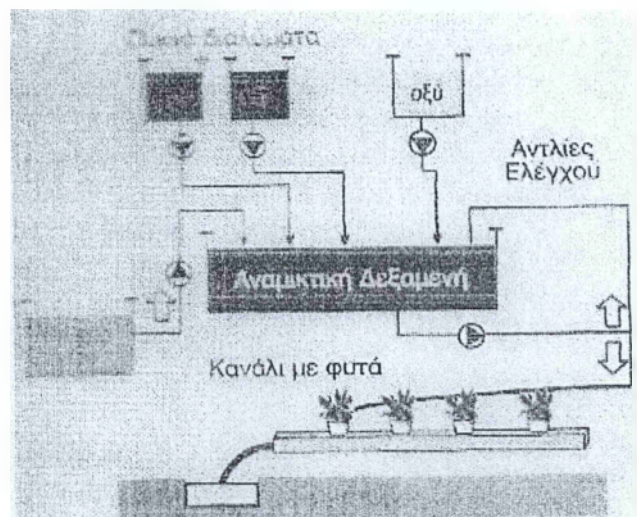
Εικόνα 4: Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής. (Πηγή: Σάββας, 1995).

## 2.7.2. ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στα ανοιχτά συστήματα, το ποσοστό του όγκου του διαλύματος της αποστράγγισης εξαρτάται από τη διαμόρφωση συστημάτων άρδευσης, τον τύπο ελέγχου και το υπόστρωμα (εικ. 5). Το ποσοστό διήθησης του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος αποστράγγισης μπορεί να κυμανθεί από χαμηλό επίπεδο 0-10% μέχρι

υψηλό όπως 90% ανάλογα το βαθμό προσοχής που δίνεται κατά τη διαδικασία της άρδευσης. Χαρακτηριστικά, προτείνεται διήθηση σε ποσοστό 25-35% ώστε να διατηρηθεί η EC στο υπόστρωμα σε συνιστώμενα επίπεδα (Αναστασιάδου, 2003).

Το δεύτερο χαρακτηριστικό, με βάση το οποίο ταξινομούνται οι υδροπονικές καλλιέργειες, είναι η παρουσία ή όχι υποστρώματος. Έτσι οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να χωριστούν σε αυτές που καλλιεργούνται πάνω σε υπόστρωμα και σε εκείνες που καλλιεργούνται πάνω σε στάσιμο ή ρέον θρεπτικό διάλυμα.



Εικόνα 5: Σχεδιάγραμμα ανοιχτού (χωρίς ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος A/B με χρήση αναμικτικής δεξαμενής (Πηγή: Σάββας, 1995).

### 2.7.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

Στα συστήματα αυτά οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε κανάλια συνεχούς ή μη συνεχούς ροής θρεπτικού διαλύματος. Τα πιο γνωστά συστήματα αυτής της μορφής είναι το NTF και η επιπλέον υδροπονία.

Στο NTF (nutrient film technique) οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται σε κανάλια μεγάλου μήκους από όπου διέρχεται το θρεπτικό διάλυμα, το οποίο στη συνέχεια επιστρέφει στη δεξαμενή εκκίνησης, εμπλουτίζεται με τα απαραίτητα

θρεπτικά συστατικά και ξανά επιστρέφει στα φυτά. Τα κανάλια NTF είναι συνήθως επενδεδυμένα με ειδικό πλαστικό, με άσπρο χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά.

Τα υδροπονικά συστήματα επίπλευσης αποτελούν μια μορφή καλλιέργειας στο νερό. Εδώ δεν έχουμε συνεχή ροή θρεπτικού διαλύματος, αλλά το θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται μέσα σε μεγάλες λεκάνες-δεξαμενές, μέσα στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Στο σύστημα αυτό η οξυγόνωση του διαλύματος είναι απαραίτητη. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε καλλιέργειες χαμηλών λαχανικών όπως τα μαρούλια. Τα φυτά τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένες οπές που έχουν ανοιχτεί σε δίσκους φελιζόλ. Τα φελιζόλ επιπλέουν πάνω στο θρεπτικό διάλυμα και έτσι οι ρίζες των φυτών βρίσκονται συνεχώς μέσα στο διάλυμα αυτό.

Σ'αυτή την κατηγορία μπορεί να ενταχθεί και η αεροπονία όπου ολόκληρο το ριζικό σύστημα βρίσκεται στον αέρα, σε περιβάλλον σκοτεινό και κορεσμένο από υδρατμούς. Το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται στις ρίζες υπό μορφή λεπτών σταγονιδίων (Αναστασιάδου, 2003).

#### 2.7.4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

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

#### 2.8. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Μόνο όταν πληρείται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμα η χρήση υποστρώματος, αντί της καλλιέργειας στο έδαφος.

Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στην παροχή μηχανικής υποστήριξης στα φυτά. Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες,

στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος, μιας και τα χαμηλής ανάπτυξης φυτά, όπως π.χ. το μαρούλι στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα. Η βασική λειτουργία που καλούνται επομένως να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης.

Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως ένα καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα θα πρέπει να έχουν καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα να μπορούν άμεσα να απελευθερώσουν αξιόλογες ποσότητες από αυτά όταν στο χώρο του ριζοστρώματος δημιουργούνται συνθήκες ανεπάρκειας (Σάββας, 1995).

#### 2.8.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Οι παράγοντες οι οποίοι παίζουν μεγάλο ρόλο στην επιλογή του υποστρώματος υδροπονίας είναι οι εξής:

- ✓ Το κόστος εγκατάστασης και επαναφύτευσης του υποστρώματος
- ✓ Η δυνατότητα επαναδιαβροχής του υποστρώματος
- ✓ Η απόδοση του υποστρώματος όταν χρησιμοποιούνται αλατούχα νερά
- ✓ Η υδατοικανότητα του υποστρώματος
- ✓ Η δυνατότητα σχηματισμού αποθήκης θρεπτικού διαλύματος
- ✓ Η αναλογία αέρα και νερού στο υπόστρωμα
- ✓ Οι χημικές ιδιότητες του υποστρώματος
- ✓ Η ικανότητά του για επαναφύτευση, για άμεση στράγγιση-έκπλυση και ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος
- ✓ Η αποτροπή ρύπανσης του περιβάλλοντος μετά από τη χρήση του υποστρώματος
- ✓ Η προέλευση του υποστρώματος

- ✓ Η τεχνική υποστήριξη από την εταιρία που προμηθεύει το υπόστρωμα (Μπάνη, 2001).

## 2.8.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σαν στερεό υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες, αυτούσια ή σε μίγματα μεταξύ τους, μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά. Η κατάταξη των υποστρωμάτων φαίνεται στον πίνακα 2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.**

Ταξινόμηση υλικών με βάση την προέλευση τους

	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΤΥΠΟΙ
Α Ν Ο Ρ Γ Α Ν Α	Ορυκτά	Υλικά φυσικά  Υλικά κατεργασμένα  Απόβλητα εργοστασίων	Χαλίκια, άμμος, ελαφρόπετρα Περλίτης, βερμικουλίτης, διογκωμένη άργιλος, πετροβάμβακας Τεμάχια τούβλων, σκωρίες, απόβλητα σιδηροβιομηχανιών
	Συνθετικά	Πλαστικά διογκωμένα	Πολυστερίνη, πολυουρεθάνη
Ο Ρ Γ Α Ν Ι Κ Α	Φυτικά	Φυσικά προϊόντα Απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών	Τύρφη, άχυρα, φύλλα ελιάς, φλοιοί δέντρων, σπόροι και στέμφυλα σταφυλιών, απόβλητα ελαιουργιών, διάφορα κυτταρικά απόβλητα, χωνεμένη κοπριά.

(Πηγή: Παναγιωτόπουλος και Σπυρόπουλος, 2004).

Με την εξέλιξη των υδροπονικών καλλιεργειών, άρχισε να υποχωρεί η χρήση οργανικών υλικών σαν υπόστρωμα και επεκτάθηκε η χρήση ανόργανω υλικών, είτε αυτούσιων, είτε με την πρόσμιξη οργανικών υλικών και κυρίως τύρφης σε μικρές ποσότητες.

Η στροφή αυτή προς τα ανόργανα υλικά, οφείλεται στο γεγονός ότι είναι απαλλαγμένα από ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνα εδάφους, και λόγω της χημικής τους αδράνειας επιτρέπουν τον πλήρη έλεγχο της θρέψης των καλλιεργειών. Επίσης οι καλές υδατικές ιδιότητες αυτών τα καθιστούν άριστα υλικά υποστρωμάτων για τις υδροπονικές καλλιέργειες.

Τα κυριότερα από αυτά τα ανόργανα υλικά είναι ο περλίτης και ο πετροβάμβακας και τα δυο χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο, με εξαιρετική επιτυχία στην παραγωγή λαχανοκομιών και ανθοκομικών προϊόντων.

Πιο κάτω θα αναφέρουμε αναλυτικά αυτά τα ανόργανα υλικά υποστρωμάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στην πειραματική διαδικασία.

### 2.8.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΕΡΛΙΤΗ

Ο φυτοκομικός περλίτης έχει ένα μακροχρόνιο και αξιοζήλευτο αρχείο απόδοσης ως μέσο διάδοσης και αύξησης σε όλο τον κόσμο. Είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το πρωτογενές ορυκτό όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 200-1500 βαθμούς Κελσίου διογκώνεται και σχηματίζει αφρώδη μάζα δεκαπλάσιου ως εκατονταπλάσιου όγκου από τον αρχικό.

Τα πλεονεκτήματα του είναι: η μεγάλη του ικανότητα συγκράτησης νερού λόγω του πορώδους του, η χημική αδράνεια, το φθινό κόστος του και ότι είναι λόγω της θερμικής του επεξεργασίας αποστειρωμένο υλικό.

Μειονέκτημα του περλίτη είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη καλλιέργεια γιατί οι κόκκοι του θρυμματίζονται εύκολα. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υποβαθμίζεται το πορώδες του και να μειώνεται έτσι η υδατοχωρικότητα και η αεροπερατότητα του (Μπάνη, 2001).

Ο περλίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε σύστημα σάκων είτε σε σύστημα αυλακιών.

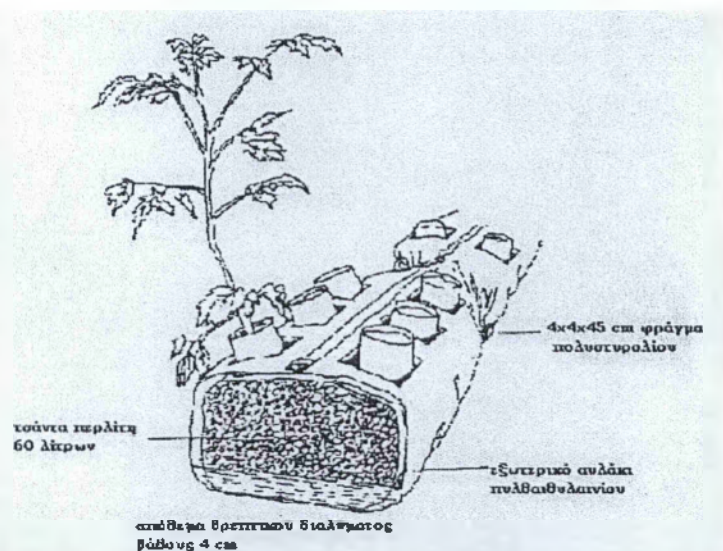
Σε σύστημα σάκων, οι σάκοι του περλίτη τοποθετούνται στο πάτωμα του θερμοκηπίου σε διπλές σειρές. Οι οριζόντιες σχισμές γίνονται, 3-4 cm επάνω από το επίπεδο του πατώματος και οι τρύπες για τα φυτά γίνονται στην κορυφή των σάκων. Οι βάσεις των δοχείων, που περιέχουν τα νέα φυτά στον περλίτη, τοποθετούνται



πάνω από αυτές τις τρύπες και τοποθετούνται υδροροές για να ποτίσουν κάθε δοχείο. Μια μόνιμη δεξαμενή του θρεπτικού διαλύματος (3-4 cm βάθους) βρίσκεται στο κατώτατο σημείο των σάκων και ποτίζει 3-4 φορές την ημέρα έως ότου τρέξει μια μικρή ποσότητα διαλύματος στα απόβλητα. Το μέγεθος των κόκκων του συνηθέστερα χρησιμοποιούμενου περλίτη είναι 3-5 mm.

Το σύστημα με αυλάκια περιέχει μεγαλύτερη δεξαμενή με θρεπτικό διάλυμα ανά φυτό και οι σάκοι είναι επίσης μεγαλύτεροι. Αντί του ποτίσματος από την κορυφή, στους σάκους τοποθετείται εγκάρσιως κάτω από αυτούς πολυστυρόλιο, δημιουργώντας κατά συνέπεια μια σειρά χωριστής περιοχής άρδευσης του υποστρώματος, με βάθος 4 cm (εικ. 6).

Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Κώ, Νίσυρο. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο.



Εικόνα 6: Καλλιέργεια σε σάκο από περλίτη (Πηγή: Wilson *et al.*, 1984).

#### 2.8.4. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ

Ο πετροβάμβακας είναι ένα κατασκευασμένο από τον άνθρωπο ανόργανο υλικό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αδρανές υπόστρωμα για την παραγωγή καλλιεργειών, είτε σε ανοικτά, είτε σε κλειστά υδροπονικά συστήματα (FAO, 1990).

Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό που παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από βαλσάτη, 20% από ασβεστόλιθο και 20%

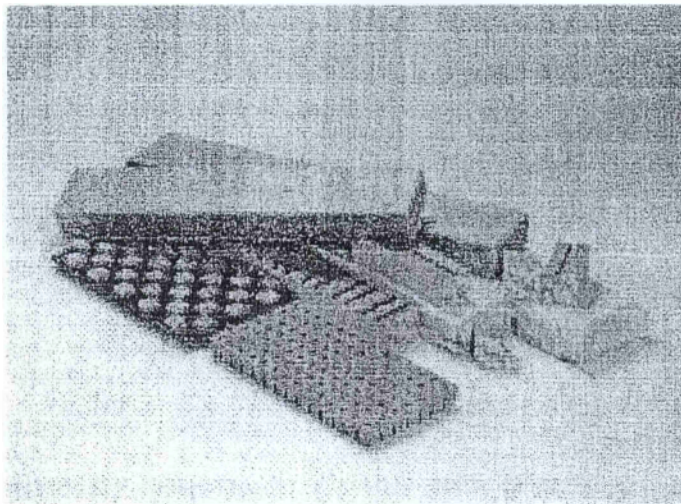
από άνθρακα. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600 βαθμούς Κελσίου, το οποίο ρευστοποιείται και στη συνέχεια υπόκειται σε επεξεργασία που δίνει ένα προϊόν πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Για χρήση στη γεωργία σαν υπόστρωμα καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιούνται είτε κύβοι είτε ορθογώνιες πλάκες. Το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται ανάλογα με τη διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον όγκο υποστρώματος ανά φυτό που επιδιώκεται για κάθε καλλιεργούμενο είδος (Μπάνη, 2001).

Τα πλεονεκτήματα του είναι: η υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού που διαθέτει, σε συνδυασμό με την επίτευξη άριστης αναλογίας μεταξύ αέρα και νερού στο πορώδες του, η χημική αδράνεια που δίνει τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να καθορίζει και να ελέγχει πλήρως τη θρέψη των φυτών, η πλήρης απουσία παθογόνων, ζωικών εχθρών και ζιζανίων σε οποιαδήποτε μορφή μέσα στη μάζα του. Ακόμα η δυνατότητα που υπάρχει να καθορίζεται εύκολα όχι μόνο ο όγκος που θα χρησιμοποιηθεί αλλά και το σχήμα του (πλάκες, κύβοι κ.λ.π.).

Τα μειονεκτήματα του είναι το υψηλό κόστος του καθώς και ο μικρός χρόνος ζωής του.

Στις Σκανδιναβικές χώρες ο πετροβάμβακας χρησιμοποιήθηκε σε καλλιέργειες στις αρχές της δεκαετίας του '70. Από το 1975 έχει χρησιμοποιηθεί και από τους καλλιεργητές της Ολλανδίας (Sonneveld, 1989).

Μια καλλιέργεια φυτών σε πετροβάμβακα αποτελείται από σειρές πλακών του, που εσωκλείουν καλυμμένους με επίστρωμα πολυαιθυλαινίου σάκους, που τοποθετούνται πάνω από φύλλα πολυστυρολιού πάχους 2,5 cm, οι οποίοι τοποθετούνται έτσι ώστε να διαμορφώσουν μια κλίση στο θερμοκήπιο. Το πολυστυρόλιο χρησιμοποιείται για λόγους μόνωσης καθώς και για την κατασκευή των καναλιών, που τοποθετούνται οι σωλήνες θέρμανσης της ριζικής ζώνης. Η θέρμανση της ρίζας μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη θέρμανση του θρεπτικού διαλύματος σε 20 °C το πολύ πριν εφαρμοστεί στη συγκομιδή (FAO, 1990).



Εικόνα 7: Πλάκες πετροβάμβακα

#### 2.8.5. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ (DFT ή floating)

Αποτελεί ένα από τα πλέον εξελιγμένα συστήματα υδατοκαλλιεργειών χαμηλού κόστους και είναι κατάλληλο κυρίως για την καλλιέργεια φυλλωδών λαχανικών υπό κάλυψη. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε το 1976 στην Ιταλία (Massantini, 1976) και το 1980 στην Αριζόνα των ΗΠΑ (Jensen, 1980) με σκοπό την καλλιέργεια μαρουλιού και γενικότερα φυλλωδών λαχανικών. Τα τελευταία χρόνια το σύστημα αυτό εξελίχθηκε μέσω ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στο πανεπιστήμιο Cornell των ΗΠΑ το 1998. Το πανεπιστήμιο αυτό κατέχει και τα δικαιώματα της συγκεκριμένης τεχνογνωσίας. Σήμερα, η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δημοφιλής σε χώρες όπως η Ολλανδία, Ιαπωνία, ΗΠΑ, 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 floating σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο από τα υπάρχοντα υδροπονικά συστήματα. Για παράδειγμα, το σύστημα αυτό μπορεί να παράγει 945 μαρούλια την ημέρα 7 ημέρες την εβδομάδα. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή είναι περίπου 35 ημέρες (μέσο βάρος μαρουλιού κατά τη συγκομιδή 150 g).

Η ετήσια παραγωγή του συστήματος αυτού ανά μονάδα επιφάνειας είναι 11,5 lbs/ft<sup>2</sup> (περίπου 56kg/m<sup>2</sup>). Η παραγωγή αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα (παραγωγές/ έτος 10,4 μαρούλια/m<sup>2</sup> περίπου 35).

Επιπρόσθετα, πέραν της υψηλότερης παραγωγής και καλύτερης ποιότητας, το σύστημα αυτό έχει και πολλά άλλα πλεονεκτήματα όπως:

- μειωμένη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων,
- μειωμένη κατανάλωση νερού,
- αποτελεσματικότερη αξιοποίηση θρεπτικών στοιχείων,
- καλύτερος έλεγχος της αναπτύξεως του φυτού,
- καλύτερη απόδοση εργασίας,
- το σύστημα αυτό είναι φιλικό προς το περιβάλλον καθώς εξαλείφει την απορροή νερού και λιπασμάτων προς περιβάλλον.

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. Οι σύγχρονες τάσεις στη γεωργία απαιτούν την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, οι καταναλωτές προτιμούν τα νωπά λαχανοκομικά προϊόντα και είναι έτοιμοι να εμπιστευθούν λαχανικά που παράγονται σε μικρές τοπικές μονάδες με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους. Αντίθετα, μειώνεται η προτίμηση για τα εισαγόμενα προϊόντα.

Τα φυτά ουσιαστικά καλλιεργούνται σε επιπλέουσες «σχεδίες» που είναι κατασκευασμένες από ελαφρά συνθετικά υλικά (πχ φελιζόλ). Οι σχεδίες αυτές επιπλέουν στο θρεπτικό διάλυμα μέσα σε ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές. Οι δεξαμενές στεγανοποιούνται μέσω της επίστρωσης φύλλων πολυαιθυλενίου και γεμίζονται με θρεπτικό διάλυμα.

Τα σπορόφυτα αναπτύσσονται με τους κλασσικούς τρόπους σε δίσκους με διάφορα υποστρώματα (περλίτης, βερμικουλίτης, ή οργανικά υποστρώματα).

Όταν τα φυτά φθάσουν το στάδιο της μεταφύτευσης, τοποθετούνται σε ειδικά φύλλα πολυστυρενίου (Styrofoam) στα οποία έχουν δημιουργηθεί οι αντίστοιχες υποδοχές. Το πολυστυρένιο αποτελεί ουσιαστικά το μέσο στήριξης των φυτών.

## 2.9. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Η λίπανση και η ανόργανη θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά, γίνεται αποκλειστικά και μόνο μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερης σημασίας η επιλογή της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων, της διαδικασίας παρασκευής τους και του τρόπου χορήγησής τους στα φυτά. Σήμερα γνωρίζουμε 16 στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, 3 από τα οποία (C, H, O) δεν τα προσθέτουμε στα θρεπτικά διαλύματα γιατί λαμβάνονται από τα φυτά από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Τα υπόλοιπα 13 στοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών διακρίνονται σε δύο ομάδες:

- Στα μακροστοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα στα φυτά σε μεγάλες ποσότητες και είναι τα N, P, K, Ca, Mg, και S
- Στα μικροστοιχεία τα οποία τα φυτά τα χρειάζονται σε μικρές δόσεις και είναι τα Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl ( η αναλογία μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων είναι περίπου 1:500 ως 1:2000).

Η συγκέντρωση των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα διαφέρει ανάλογα με το καλλιεργούμενο είδος, την εποχή, τις κλιματικές συνθήκες του θερμοκηπίου και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Η μορφή των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δεν διαφέρει από εκείνη που έχουν υπό φυσικές συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα (Στεργίου, 2002).

Για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

α) Η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε θρεπτικά στοιχεία (Ca, Mg, Cl, NO<sub>3</sub>) καθώς και το pH του τα οποία προσδιορίζονται έπειτα από ανάλυση του.

β) Η επιλογή λιπασμάτων ολικής διαλυτότητας για να μην σχηματίζουν ιζήματα.

γ) Η αποφυγή ανάμιξης λιπασμάτων που προκαλούν ιζήματα, όπως τα φωσφορικά, θειικά και αμμωνιακά, με λιπάσματα που έχουν σαν βάση το ασβέστιο.

Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η χρήση δύο διαφορετικών δοχείων για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων.

δ) Να λαμβάνεται υπόψη ο ανταγωνισμός των ιόντων, δεδομένου ότι το πλεόνασμα ενός στοιχείου είναι ικανό να επηρεάσει αρνητικά την απορρόφηση άλλων στοιχείων. Για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σχέση – αναλογία μεταξύ των παρακάτω στοιχείων:

- κάλιο με ασβέστιο
- κάλιο με μαγνήσιο
- ασβέστιο με μαγνήσιο
- ασβέστιο με ιχνοστοιχεία ( B, Cu, Mn, Fe )
- φώσφορος με ψευδάργυρο
- σίδηρος με μολυβδαίνιο

όπου το πλεόνασμα του πρώτου στοιχείου περιορίζει την απορρόφηση του δεύτερου.

### 2.9.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

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

#### 2.9.1.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Στην περίπτωση του νερού άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα. Ως μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το ds/m. Από την ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν παίρνουμε καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για τη συνολική τους συγκέντρωση.

Χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Αντίθετα υψηλές τιμές δηλώνουν αλατούχο διάλυμα που προκαλεί καταπόνηση στα

φυτά. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός θρεπτικού διαλύματος για υδροπονικές καλλιέργειες κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 2 έως 3 και σπανιότερα 4 ds/m.

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

#### 2.9.1.2. ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ – pH

Το pH του θρεπτικού διαλύματος είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητα του. Ως pH ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης κατιόντων υδρογόνου  $[H^+]$  είναι το μέτρο της περιεκτικότητας του θρεπτικού διαλύματος σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή είναι ένδειξη της ενεργούς οξύτητας του.

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

### 2.10. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της υδροπονίας, εντοπίζονται κυρίως σε δύο σημεία.

Το πρώτο αφορά τα ανοιχτά συστήματα υδροπονίας, δηλαδή τα συστήματα στα οποία το θρεπτικό διάλυμα μετά τη χρήση του στην καλλιέργεια δεν συλλέγεται και απορρέει στη φύση. Δεδομένου ότι το διάλυμα αυτό είναι επιβαρημένο με

διάφορα στοιχεία όπως π.χ. τα νιτρικά, είναι δυνατό να φθάσει στον υδροφόρο ορίζοντα και συνεπώς να επηρεάσει αρνητικά την υγεία του ανθρώπου. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, δηλαδή με τη χρήση κλειστών υδροπονικών συστημάτων. Αυτό άλλωστε είναι και η τάση στις χώρες της Β. Ευρώπης. Συγκεκριμένα, στην Ολλανδία σήμερα, πάνω από το 50% των συστημάτων υδροπονίας είναι κλειστά και όπως φαίνεται στόχος είναι το ποσοστό να φθάσει το 100%. Στην Ελλάδα τα συστήματα αυτά επεκτείνονται με αργούς ρυθμούς.

Το δεύτερο πρόβλημα που μπορεί να προκληθεί στο περιβάλλον από τη χρήση της υδροπονίας, αφορά το χειρισμό των υποστρωμάτων μετά την παρέλευση του χρόνου χρήσης τους. Η λύση σ' αυτό το πρόβλημα έγκειται στην ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών στην κατασκευή του νέου υποστρώματος. Αξίζει να αναφερθεί εδώ το παράδειγμα της Ολλανδίας, όπου η κάθε εταιρία παρασκευής υποστρωμάτων είναι υποχρεωμένη μετά το τέλος της διάρκειας ζωής τους, να τα παραλαμβάνει από του παραγωγούς για ανακύκλωση, να ενσωματώνει δηλαδή αυτά τα υλικά στα νέα υποστρώματα. Με τον τρόπο αυτό, το 30% περίπου του νέου υποστρώματος προέρχεται από ανακυκλωμένα υλικά. Το κέρδος έτσι είναι διπλό γιατί και το περιβάλλον δε ρυπαίνεται και το κόστος παραγωγής μειώνεται.

Επομένως, τα οποιαδήποτε περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν από την υδροπονία, μπορούν να ξεπεραστούν με λογικό κόστος (Λαμπροπούλου, 2003).



## 2.11. ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

### 2.11.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

#### 2.11.1.1. ΦΩΣ

Το φως είναι ένας από τους παράγοντες που επιδρούν στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού και επομένως και στο ρυθμό ανάπτυξής του. Επηρεάζει τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα η οποία προσδίδει στο μαρούλι το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του (Καραμπέτσος, 2001). Το άζωτο είναι ένα από σημαντικότερα στοιχεία για τη θρέψη του μαρουλιού και πιο συγκεκριμένα η απορρόφησή του επηρεάζεται άμεσα τόσο από το φωτισμό όσο και από τη σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Σύμφωνα με τον Wheeler (1994), όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός τόσο αυξάνεται η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά.

Οι ανάγκες του μαρουλιού διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, γενικά όμως το μαρούλι έχει ανάγκη από μία φωτεινή ακτινοβολία της τάξης των 1000-1200 lux. Ωστόσο καλή ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί και σε μία ένταση φωτός 500 lux (Walls, 1993). Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει η κατασκευή του θερμοκηπίου να είναι τέτοια ώστε να μην εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας.

#### 2.11.1.2. CO<sub>2</sub>

Έχει αποδειχτεί ότι η τεχνητή αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στο θερμοκηπιακό περιβάλλον σε υψηλότερα επίπεδα (1000-1500 ppm) από τα φυσιολογικά (320-340 ppm) επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του μαρουλιού με τις διάφορες ποικιλίες να διαφέρουν σημαντικά ως προς την αντίδραση τους στην ανθρακολίπανση (Walls, 1993).

Πιο συγκεκριμένα εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου με CO<sub>2</sub> μπορεί να αποφέρει:

- Επιτάχυνση της ωρίμανσης από 19 ημέρες ως και μερικές εβδομάδες.

- Αύξηση της ποιότητας αλλά και της απόδοσης της καλλιέργειας.
- Υποκατάσταση της μειωμένης έντασης φωτός κατά τις χειμερινές ημέρες με συννεφιά.
- Αύξηση της ξηράς ουσίας του μαρουλιού.

### 2.11.2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται διάφορα υποστρώματα για την ανάπτυξη των φυτών στο σπορείο, τα οποία είτε εισάγονται από το εξωτερικό ή παρασκευάζονται από ντόπες εταιρίες. Η σύνθεση των υποστρωμάτων αυτών ποικίλει όσον αφορά τα κύρια συστατικά (τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, έδαφος, άμμος κ.α.) και επίσης όσον αφορά τα κύρια θρεπτικά στοιχεία, τα ιχνοστοιχεία, το pH και την αγωγιμότητα (Σάββας, 1995).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν η ένταση του φωτισμού είναι χαμηλή, η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε άζωτο πρέπει να είναι χαμηλή, γιατί τα βλαστάνοντα φυτάρια του μαρουλιού μπορούν να αντέξουν μόνο χαμηλά επίπεδα αζώτου την περίοδο αυτή. Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, η πιο συνηθισμένη τροφοπενία προκαλείται από έλλειψη βορίου. Σημαντική επίσης είναι και η παρουσία άλλων ιχνοστοιχείων Fe, Cu, Mo, Mn και Zn.

Αντίθετα αυξημένη συγκέντρωση βορίου, 2-3 φορές πιο υψηλή από την κανονική, προκαλεί τοξικότητα ιδιαίτερα όταν προτίθενται στο υπόστρωμα υπό μορφή βόρακα.

Παράδειγμα σύνθεσης υποστρωμάτων που παρασκευάζονται στην Ελλάδα και κυκλοφορούν με τα ονόματα HY-POT και HY-BRID και χρησιμοποιούνται για την αγορά και ανάπτυξη φυτωρίων μαρουλιού παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 3.

Περιεκτικότητα υποστρωμάτων εμπορίου σε τύρφη, περλίτη και διάφορα άλλα λιπάσματα και υλικά/ανά m<sup>3</sup> υποστρώματος

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΗΥ-ΠΟΤ	ΗΥ-ΒΡΙD
ΥΛΙΚΑ		
ΤΥΡΦΗ ΧΟΥΜΩΔΗΣ	30%	25%
ΤΥΡΦΗ ΞΑΝΘΙΑ	60%	55%
ΠΕΡΛΙΤΗΣ	8%	15%
N-P-K (14-16-18)	1,75% ΚΙΛΑ	2,00 ΚΙΛΑ
ΔΟΔΟΜΙΤΗΣ	10,00 ΚΙΛΑ	10,00 ΚΙΛΑ
ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ pH	5-5,5	5-5,5

Πηγή: (Σάββας, 1995).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της πειραματικής αυτής εργασίας είναι η παρατήρηση φυτών μαρουλιού καλλιεργημένων σε διαφορετικά υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας, και η μελέτη της επίδρασης των υδροπονικών αυτών συστημάτων στα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά των φυτών, της απόδοσης τους και την φυσιολογική αναπτυξή τους. Τα υποστρώματα στα οποία καλλιεργήθηκαν τα φυτά που εξετάστηκαν είναι τα εξής:

- α) περλίτης
- β) πετροβάμβακας
- γ) επιπλέουσα υδροπονία

Η παρούσα μελέτη διεξήχθη σε ναλόφρακτο θερμαινόμενο θερμοκήπιο στο ΤΕΙ Καλαμάτας και τα φυτά καλλιεργήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα από 1-5-08 έως και 3-7-08.

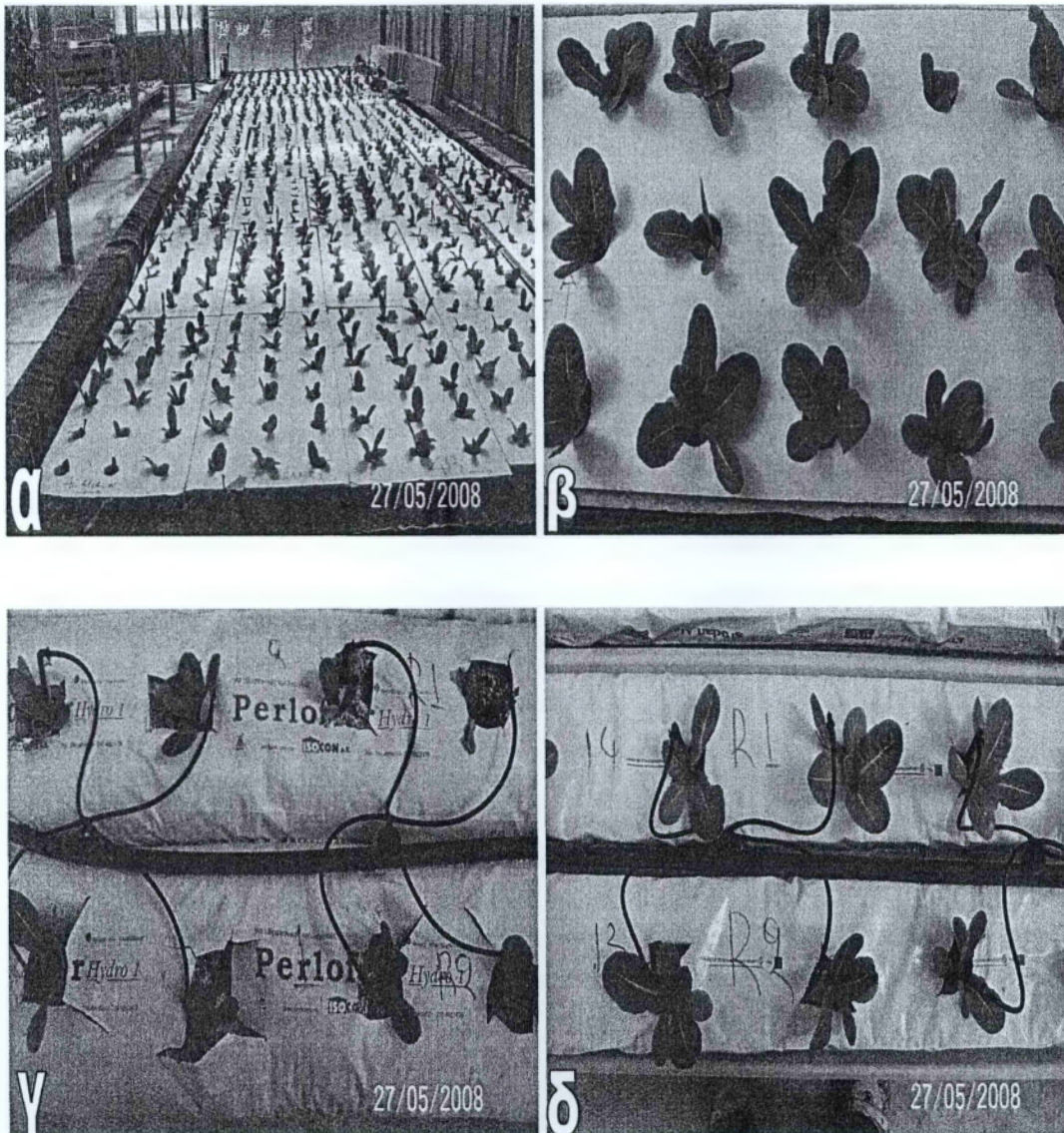
#### 3.2. ΥΛΙΚΑ

##### 3.2.1. ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ)

Για την πειραματική αυτή μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μαρούλια της ποικιλίας Merlin. Η ποικιλία αυτή ανήκει στο είδος *Lactuca sativa* και στην οικογένεια των Σύνθετων (Compositae). Τα μαρούλια αυτού του τύπου διακρίνονται για τα εξής χαρακτηριστικά: φύλλα λεία, πλατιά χρώματος πράσινου σε πυκνή διάταξη.

### 3.2.2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Τα υποστρώματα που επιλέχθηκαν ήταν ο περλίτης, ο πετροβάμβακας και η επιπλέουσα υδροπονία (floating), οι ιδιότητες τους αναφέρονται στις παραγράφους 2.8.3 2.8.4 και 2.8.5. Στην εικόνα 8 παρατηρούνται φυτά μαρουλιού που αναπτύσσονται στα ανώτερα υποστρώματα, καθώς και γενική άποψη του θερμοκηπίου.



Εικόνα 8. α. φυτά μαρουλιού στα υδροπονικά υποστρώματα, β. φυτά μαρουλιού σε επιπλέουσα υδροπονία, γ. φυτά μαρουλιού σε περλίτη, δ. φυτά μαρουλιού σε πετροβάμβακα.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

### 1. Δεξαμενή

Χαρακτηριστικά δεξαμενής:

- Υλικό στεγανοποίησης : μαύρη γεωμεμβράνη κατάλληλη για τρόφιμα πάχους 0,5 mm.
- Υλικό σκελετού δεξαμενής: κύβιοι αλφα μπλοκ (δομικό υλικό)
- Διαστάσεις δεξαμενής: 3,17 m X 12,70 m x 0,33 m (Πλάτος\*Μήκος\*Βάθος)
- Σωληνώσεις πολυπροπυλενίου (διάτρητες) εντός της δεξαμενής για επαρκή ανάδευση του διαλύματος.
- 1 βαλβίδα πλήρωσης για αυτόματη πλήρωση.
- Κάλυψη δεξαμενής με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης (STYROFOAM DOW) με διαστάσεις 125 X 60 X 5 cm (μήκος\*πλάτος\*πάχος), με κατάλληλες οπές διαμέτρου 5 εκ για την τοποθέτηση των σποροφύτων.

### 2. Κεφαλή

Η κεφαλή περιλαμβάνει:

- **Αυτόνομο ρυθμιστή pH και EC:**
  - 3 περισταλτικές αντλίες παροχής 5 λίτρων την ώρα (για 2 λιπάσματα και 1 οξύ) με ρυθμιζόμενη αναλογία μεταξύ των 2 λιπασμάτων.
  - Αισθητήρες pH, EC και θερμοκρασίας με ακρίβεια +/- 0.01 pH, +/- 0.01 mS/cm, +/- 0.2C, με temperature compensation σε pH και EC
  - Ρολόι πραγματικού χρόνου, καταγραφές pH, EC και θερμοκρασίας.
  - Οθόνη LCD και πληκτρολόγιο.
  - Σειριακή σύνδεση με H/Y μέσω καταλλήλου προγράμματος επικοινωνίας, alarms από pH και EC και διακοπή λειτουργίας από διακοπή ροής.

- **Αντλίες επανακυκλοφορίας:**
  - 2 αντλίες επανακυκλοφορίας παροχής 4.8 m<sup>3</sup>/h και πίεσης 1,8 atm, ανοξειδωτες.
  - Αισθητήρας ροής στην αντλία επανακυκλοφορίας

### 3. Δεξαμενές πυκνών διαλυμάτων

- 1 δεξαμενή 200 λίτρων με 2 ψηφιακές στάθμες (συλλογή, έλεγχος και αναπροσαρμογή του θρεπτικού διαλύματος)
- 2 δεξαμενές των 100 λίτρων για τα πυκνά λιπάσματα και 1 δεξαμενή 50 λίτρων για το οξύ.

#### 3.2.3. ΥΛΙΚΑ ΧΡΩΣΗΣ ΤΟΜΩΝ

Για τη χρώση των ανατομικών τομών των φυτών χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- Ερυθρό του ρουθηνίου
- Κυανό του μεθυλενίου

ενώ για την παρατήρησή τους χρησιμοποιήθηκε γλυκερίνη.

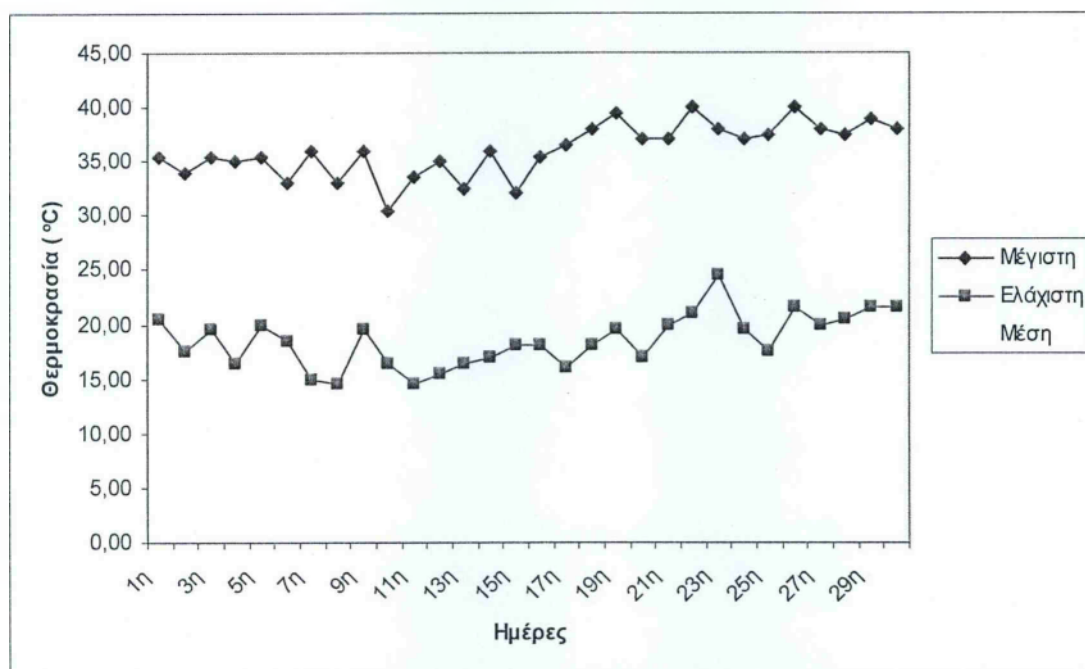
#### 3.2.4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η καλλιέργεια των μαρουλιών έγινε σε θερμαινόμενο γυάλινο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Λαχανοκομίας. Τα φυτά εγκαταστάθηκαν στα τρία υποστρώματα υδροπονίας την 1-5-08 και κόπηκαν στις 3-7-08.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν την περίοδο της καλλιέργειας αναγράφονται στον πίνακα 4.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4.

Θερμοκρασίες (ελάχιστη, μέση και μέγιστη) που μετρήθηκαν εντός του γυάλινου θερμοκηπίου κατά το μήνα Ιούνιο.



#### 3.2.5. ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

##### Θρεπτικά διαλύματα

Η σύσταση των θρεπτικών διαλυμάτων που εφαρμόστηκαν (μετά την ανάλογη προσαρμογή στο νερό αρδεύσεως) σε όλα τα υποστρώματα ήταν: (σε meq/l για τα μακροστοιχεία και μmol/l για τα μικροστοιχεία):

- Ca: 7,47 Mg: 3,23 K: 6,54 NH<sub>4</sub>: 0,84 SO<sub>4</sub>: 5,19 NO<sub>3</sub>: 9,62 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 1,92
- Fe: 35, Mn: 8, Zn: 6, Cu: 0,75, B: 30, Mo 0,5

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διατηρήθηκε στο 2,1 mS/cm και το pH στο 6,0 με την ανάλογη προσθήκη νιτρικού οξέος.



### 3.3. ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.3.1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε στα προαναφερόμενα 3 υποστρώματα καλλιέργειας και στα διαλύματα καλλιέργειας που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.5.

#### 3.3.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΦΥΤΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

Φυτά που αναπτύσσονταν στα υποστρώματα καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκαν για την παρατήρηση των μορφολογικών και ανατομικών στοιχείων ανάπτυξης. Μετά από 40 και 47 ημερών από την εγκατάσταση των φυτών στα υποστρώματα εξετάστηκε η μορφολογία και η ανατομία του ριζικού συστήματος καθώς και του βλαστού τους, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση του υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας σε αυτά.

#### 3.3.3. ΚΟΠΗ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΑΙΜΟΥ

Αρχικά ολόκληρα τα φυτά μαρουλιού μετά την εξαγωγή τους από τα υποστρώματα καλλιέργειας ξεπλύθηκαν με άφθονο καθαρό νερό από τα υπολείμματα των υδροπονικών υποστρωμάτων.

Στη συνέχεια ολόκληρα τα φυτά φωτογραφήθηκαν και παρατηρήθηκε η ανάπτυξη και η μορφολογία τους ριζικού του συστήματος και οι διαφορές ανάμεσα στα 3 υποστρώματα.

Για τις ανατομικές παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκαν:

Α) ακραία τμήματα των ριζών (2 cm από το ακρορίζιο). Εξετάστηκαν οι εγκάρσιες τομές των ριζών σε απόσταση 2 cm από το ακρορίζιο, καθώς και οι επιμήκειες τομές ολόκληρου του ακρορίζιου. Οι εγκάρσιες τομές ριζών

περιελάμβαναν τον κεντρικό κύλινδρο και το φλοιώδες παρέγχυμα και εξετάστηκε ο σχηματισμός ή όχι αερεγχύματος στο φλοιώδες παρέγχυμα της ρίζας.

B) Εγκάρσιες τομές του λαιμού του φυτού όπου εξετάστηκε ο σχηματισμός αερεγχύματος λόγω της ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικά υποστώματα.

Ελήφθησαν 10 δείγματα από κάθε φυτό που καλλιεργήθηκε σε διαφορετικό υπόστρωμα (περλίτη, πετροβάμβακα και floating).

### 3.3.4. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ

Σε κάποιες από τις τομές πραγματοποιήθηκε διπλή χρώση με ερυθρό του ρουθηνίου και κυανό του μεθυλενίου ενώ οι υπόλοιπες παρατηρήθηκαν χωρίς χρώση. Η χρώση των τομών πραγματοποιήθηκε ως εξής:

- Τοποθετήθηκαν οι τομές σε ερυθρό του ρουθηνίου επί 10 min
- Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε κυανό του μεθυλενίου επί 10 min
- Παρατήρηση σε σταγόνα γλυκερίνης

Χρησιμοποιούμε απιονισμένο νερό ως υγρό παρατήρησης για τις άχρωμες τομές, ενώ γλυκερίνη ως υγρό στις τομές που έχει γίνει χρώση.

#### Διαδικασία που ακολουθούμε:

- Με τη βοήθεια του σταγονόμετρου βάζουμε στο κέντρο μιας αντικειμενοφόρου πλάκας μια σταγόνα υγρού παρατήρησης
- Τοποθετούμε το παρασκεύασμα στη σταγόνα του υγρού
- Ύστερα καλύπτουμε το παρασκεύασμα με καλυπτρίδα ώστε να το καλύψει χωρίς να εγκλωβιστούν φυσαλίδες αέρα
- Απορροφούμε με διηθητικό χαρτί την περίσσεια υγρού που βγαίνει έξω από την καλυπτρίδα
- Αν έχουν εγκλωβιστεί φυσαλίδες αέρα, στάζουμε μια-δυο σταγόνες υγρού παρατήρησης στη μια άκρη της καλυπτρίδας για να παρασύρει τις φυσαλίδες

### 3.3.5. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΒΛΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΡΙΖΩΝ

Σε στερεοσκόπιο LEICA εξετάστηκε η μορφολογία των λαιμού των φυτών και των ριζών. Στη συνέχεια σε οπτικό μικροσκόπιο CETI, μελετήθηκε η ανατομία του λαιμού των φυτών καθώς και των ριζών τους. Συγκρίθηκαν επίσης τα ανωτέρω ανατομικά χαρακτηριστικά, που αναπτύσσονταν στα διαφορετικά υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας (περλίτη, πετροβάμβακα και floating). Στις εγκάρσιες τομές παρατηρήθηκαν η ανατομία των ηθμαγγειωδών δεσμίδων του βλαστού και εξετάστηκε η παρουσία αερεγχύματος.

Ρίζες φυτών από την κάθε επέμβαση εξετάστηκαν ως προς τη μορφολογία και την ανατομία τους. Σε στερεοσκόπιο LEICA, εξετάστηκε η μορφολογία των ριζών και ιδιαίτερα η παρουσία δευτερογενών ριζών και ριζικών τριχιδίων. Στη συνέχεια σε οπτικό μικροσκόπιο CETI, μελετήθηκε η ανατομία των ριζών στα διάφορα υποστρώματα υδροπονικής καλλιέργειας και συγκρίθηκε με αυτήν ριζών από φυτά που αναπτύσσονταν σε εδαφικό υπόστρωμα. Παρατηρήθηκε η ανατομία της ρίζας (η ανατομία του κεντρικού κυλίνδρου και των εξωτερικών ιστών, η πυκνότητα των ριζικών τριχιδίων) και εξετάστηκε η παρουσία ή όχι αερεγχύματος.

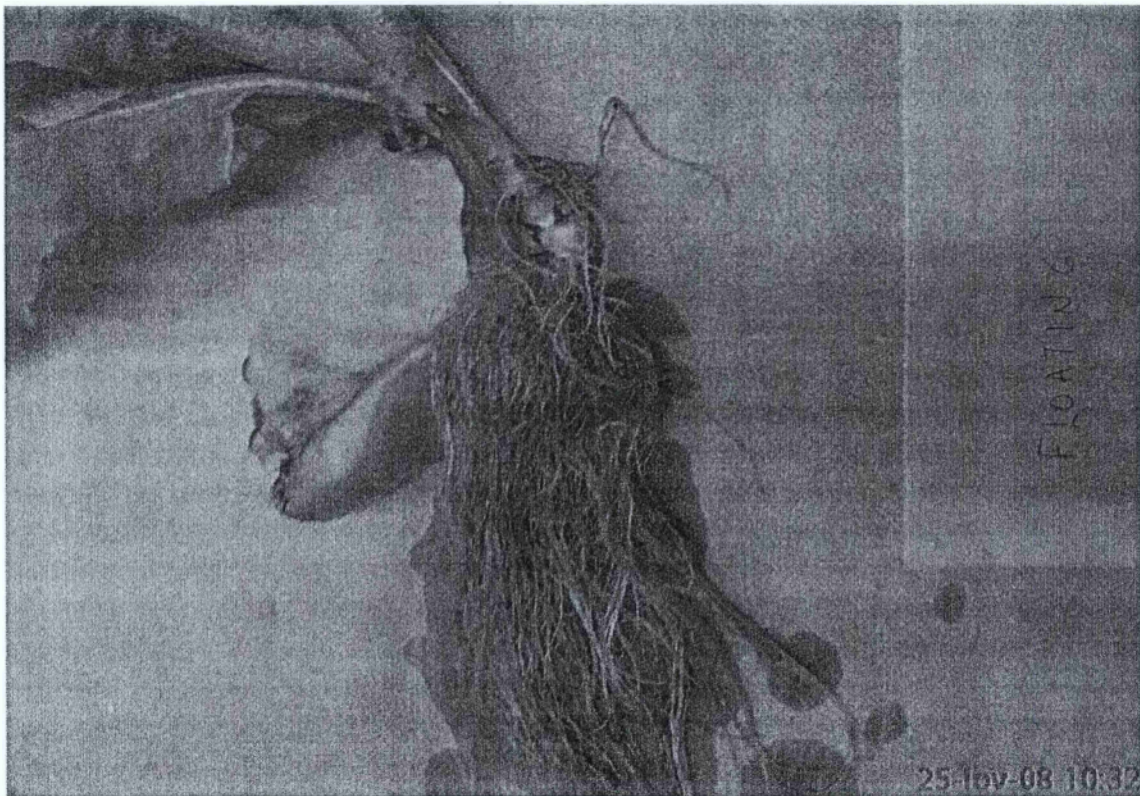
Οι παρατηρήσεις στο οπτικό μικροσκόπιο πραγματοποιήθηκαν σε μεγεθύνσεις 40X, και 100X.

Η καταγραφή των μικροσκοπικών παρατηρήσεων έγινε με τη μορφή ψηφιακής εικόνας, με τη χρήση ψηφιακής κάμερας Moticom 1000 και λογισμικού Motic Images 2.0 ML (Motic China CO., LTD). Με το ανωτέρω πρόγραμμα επίσης μετρήθηκαν και οι προαναφερθείσες παρατηρήσεις. Για τη βαθμονόμηση του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε ειδική διαβαθμισμένη αντικειμενοφόρος.

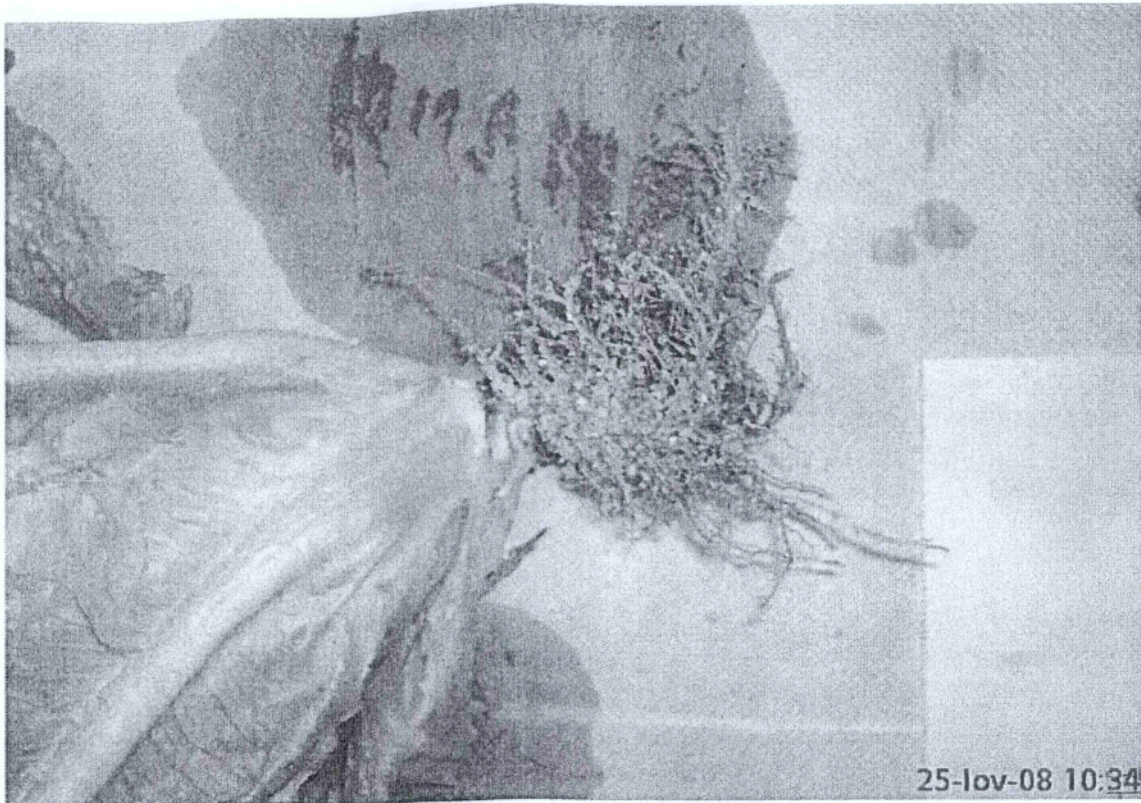
### 3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΤΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΧΘΗΚΑΝ ΣΤΑ ΤΡΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

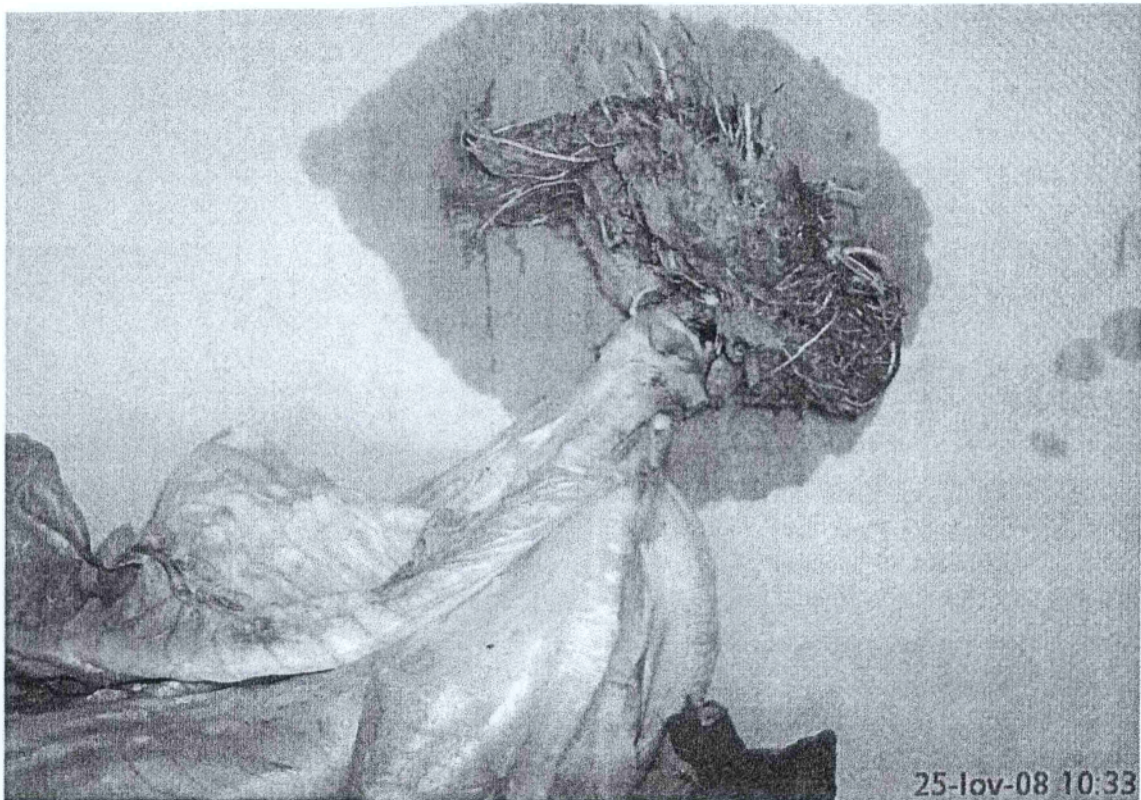
Συγκρίνοντας την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος φυτών που αναπτύχθηκαν στα τρία υδροπονικά υποστρώματα φαίνεται ότι το ριζικό σύστημα αυτών που αναπτύχθηκαν στο υδροπονικό σύστημα της επιπλέουσας υδροπονίας (εικ. 9) ήταν σημαντικά μεγαλύτερο (μεγαλύτερος αριθμός ριζών και μεγαλύτερο μήκος ριζών) σε σύγκριση με αυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και πετροβάμβακα (εικ. 10, 11).



Εικόνα 9. Ριζικό σύστημα φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας (Floating system).



Εικόνα 10. Ριζικό σύστημα φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό σύστημα περλίτη.



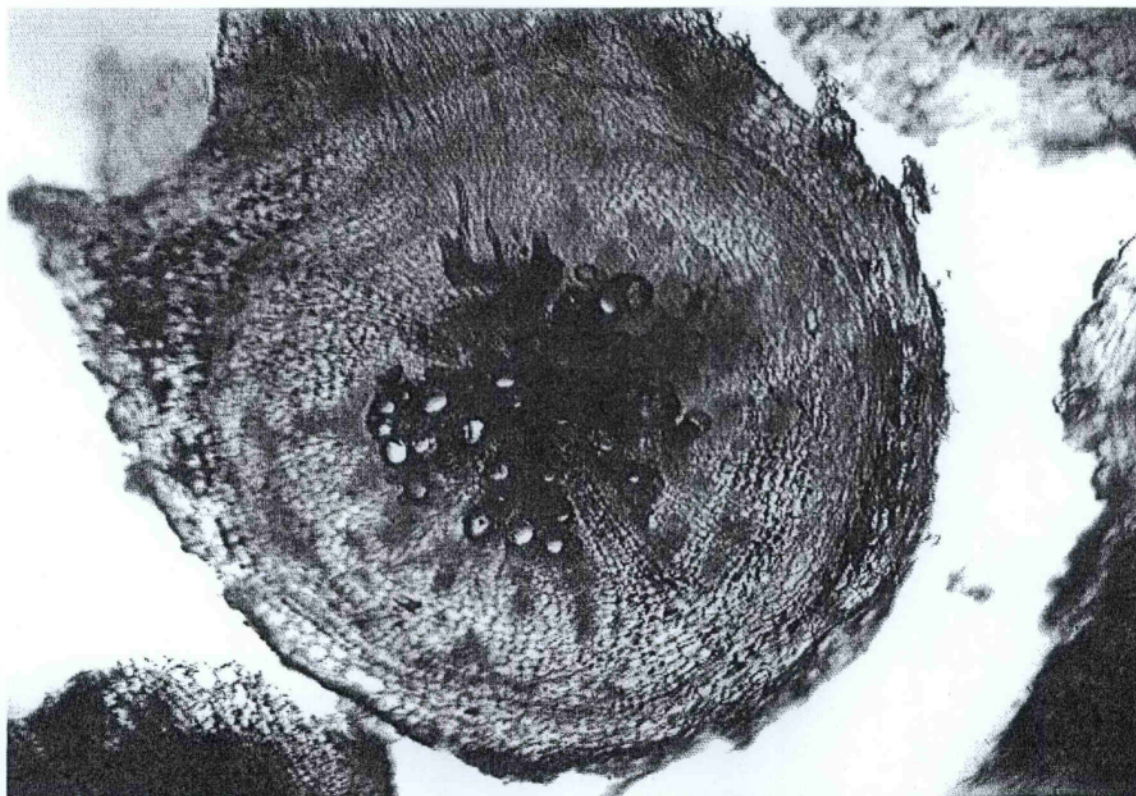
Εικόνα 11. Ριζικό σύστημα φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό σύστημα πετροβάμβακα.

### 3.4.2. ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΡΙΖΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

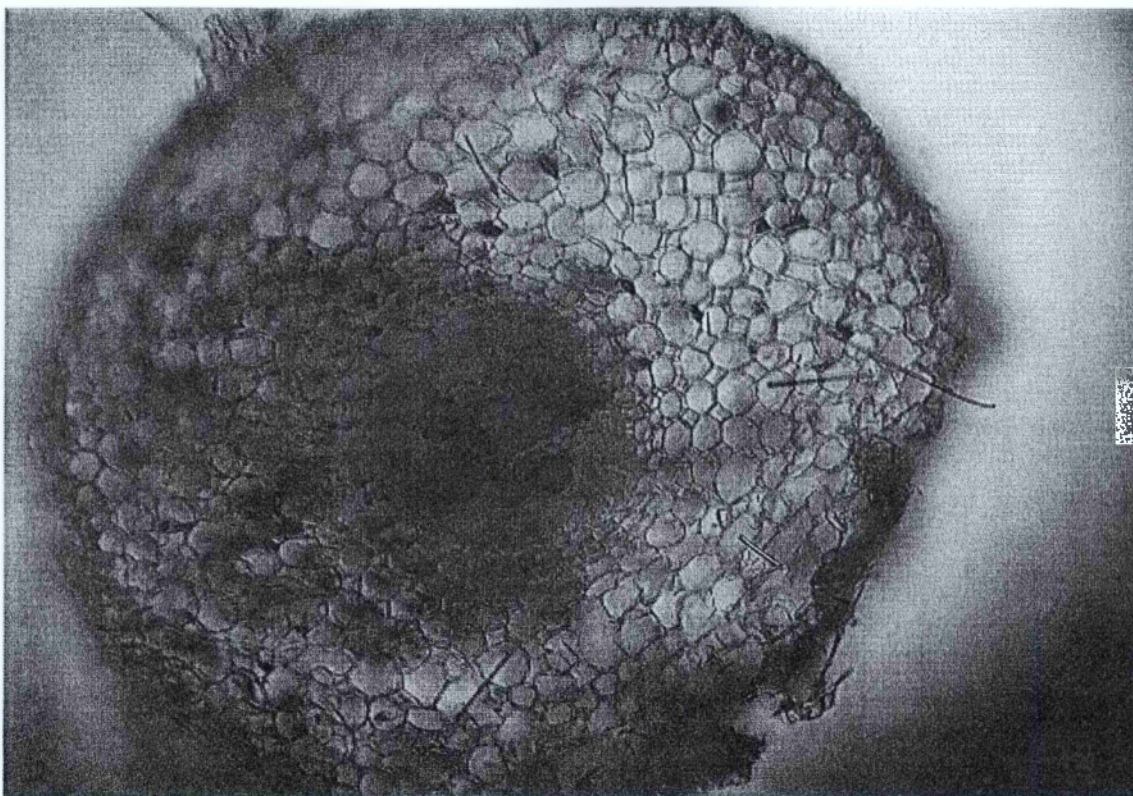
Στη συνέχεια εξετάστηκε η επίδραση του υδροπονικού υποστρώματος καλλιέργειας των φυτών στην ανατομία του ριζικού συστήματος. Κόπηκαν εγκάρσιες τομές των σχηματιζόμενων ριζών (3.3.3.) και παρατηρήθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο και σε μεγέθυνση 40X και 100X.

Σε εγκάρσιες τομές ριζών οι οποίες σχηματίστηκαν στο σύστημα της επιπλεύουσας υδροπονίας (floating), παρατηρήθηκε ο σχηματισμός αερεγχύματος στην περιοχή του φλοιώδους παρεγχύματος εξωτερικά του κεντρικού κυλίνδρου της ρίζας (όπως φαίνεται στις εικόνες 14 και 15). Τα κύτταρα του παρεγχύματος αυτού διασπάστηκαν και σχηματίστηκε αερέγχυμα με σκοπό την καλύτερη μεταφορά οξυγόνου στις ρίζες.

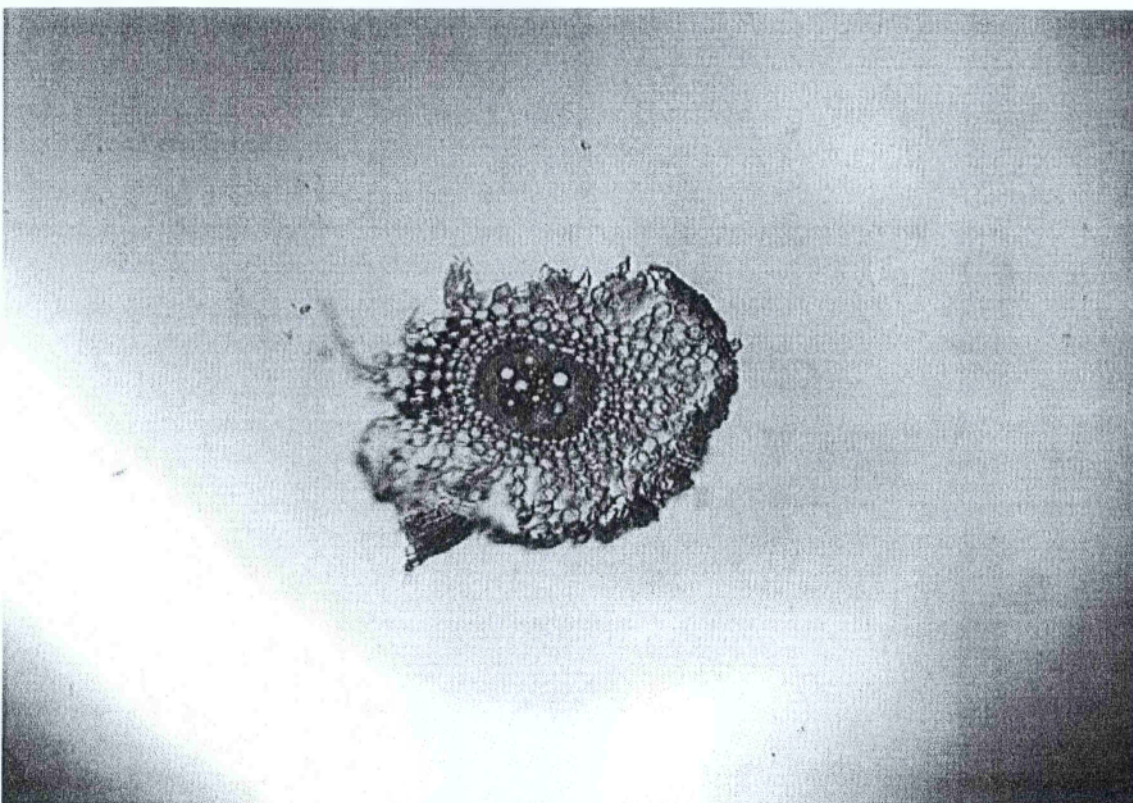
Αντίθετα σε φυτά που αναπτύχθηκαν στα άλλα δυο υδροπονικά υποστρώματα δεν παρατηρήθηκε σχηματισμός αερεγχύματος στην ίδια περιοχή του ριζικού τους συστήματος (εικ. 12 και 13).



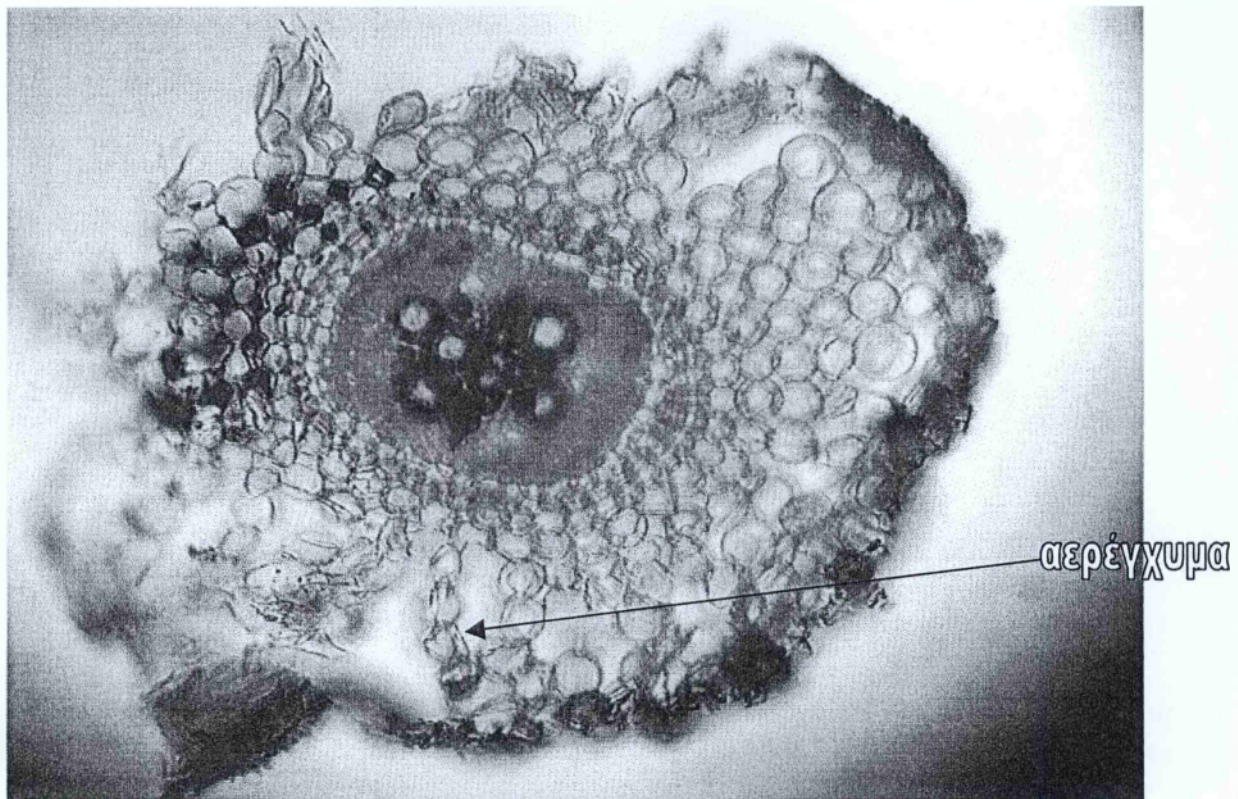
Εικόνα 12. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής ρίζας φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε περλίτη. (Μεγέθυνση 100X).



Εικόνα 13. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής ρίζας φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε πετροβάμβακα. (Μεγέθυνση 100X).



Εικόνα 14. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής ρίζας φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε επιπλέοντα υδροπονία (Μεγέθυνση 40X).



Εικόνα 15. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής ρίζας φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε στο σύστημα επιπέουσας υδροπονίας. Παρατηρείται (βέλος) ο σχηματισμός αερεγγύματος στο φλοιώδες παρέγχυμα (Μεγέθυνση 100X).



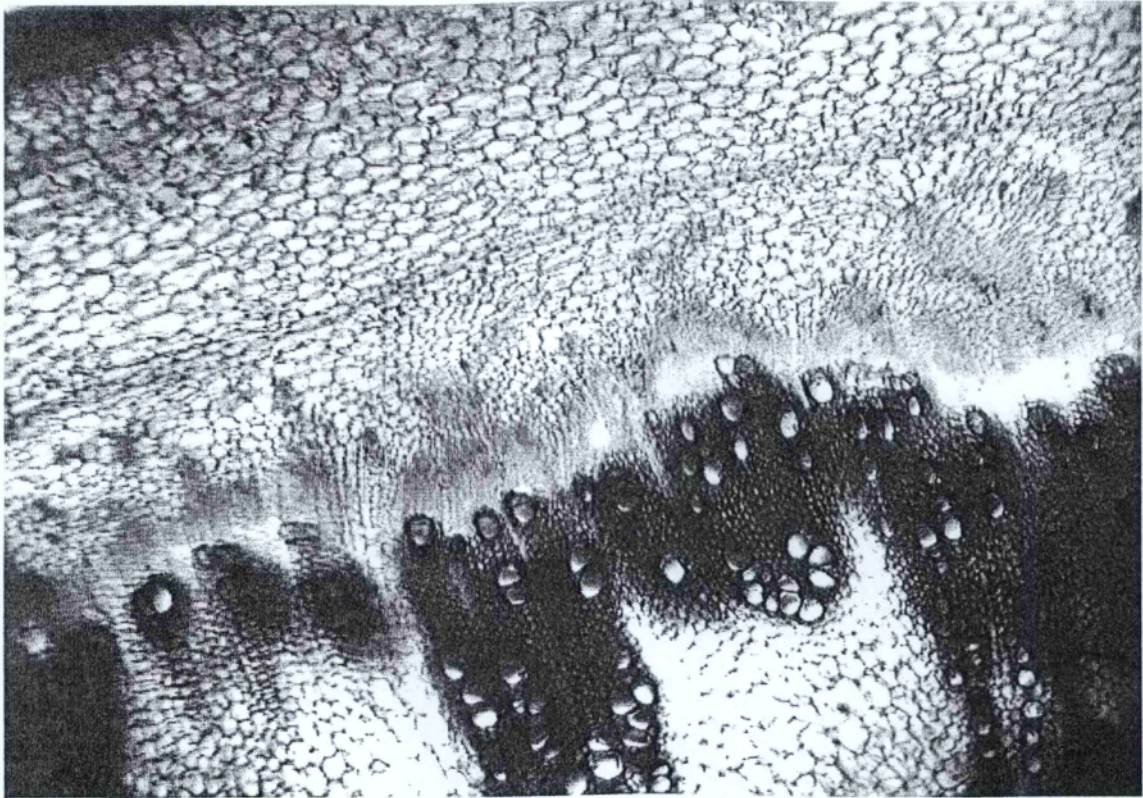
### 3.4.3. ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΚΑΙ ΛΑΙΜΟΥ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

Στη συνέχεια εξετάστηκε η επίδραση του υδροπονικού υποστρώματος καλλιέργειας των φυτών στην ανατομία του βλαστού των φυταρίων στην περιοχή του λαιμού. Κόπηκαν εγκάρσιες τομές των βλαστών (3.3.3.) και παρατηρήθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο και σε μεγέθυνση 40X και 100X.

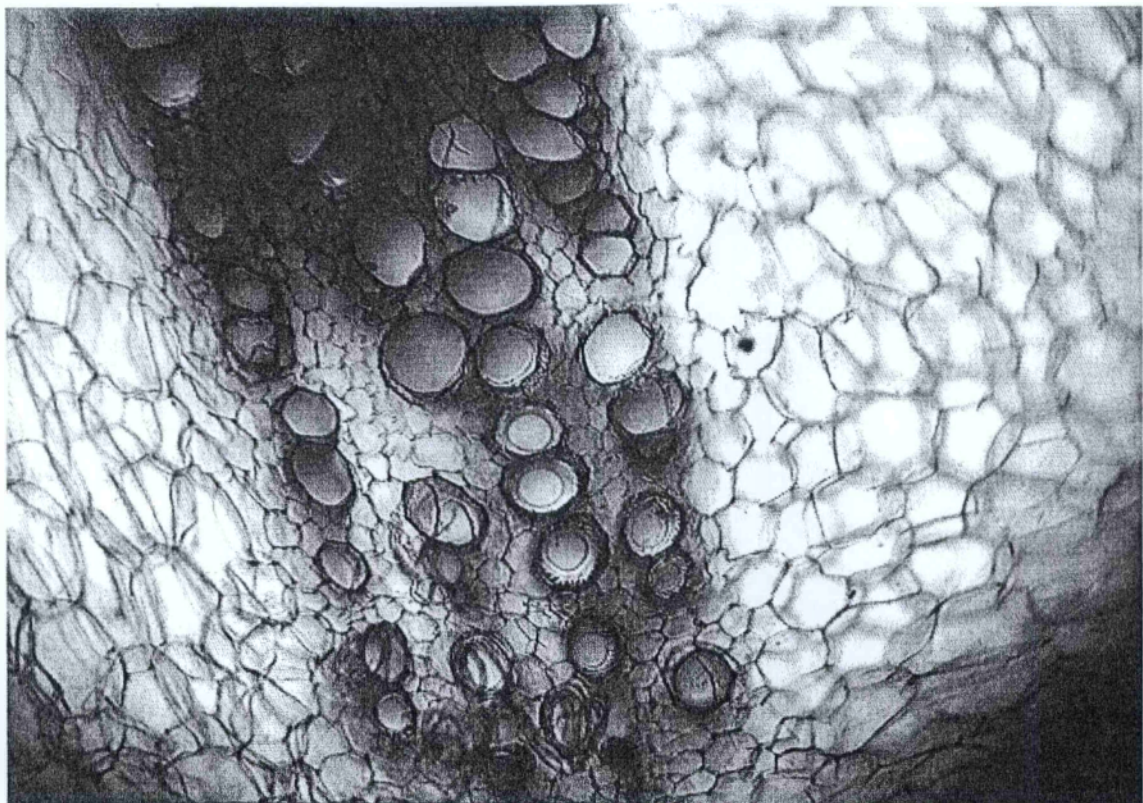
Σε εγκάρσιες τομές βλαστών οι οποίες σχηματίστηκαν στο σύστημα της επιπλέουσας υδροπονίας (floating), παρατηρήθηκε ο σχηματισμός (σε λίγα μόνο φυτά) αερεγχύματος στην περιοχή κάτω από την επιδερμίδα του βλαστού, εξωτερικά από τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες (εικ. 16). Τα κύτταρα του παρεγχύματος αυτού διασπάστηκαν και σχηματίστηκε αερέγχυμα με σκοπό την καλύτερη μεταφορά οξυγόνου στις ρίζες διαμέσου του βλαστού. Αντίθετα σε φυτά που αναπτύχθηκαν στα άλλα δυο υδροπονικά υποστρώματα δεν παρατηρήθηκε σχηματισμός αερεγχύματος στην περιοχή του λαιμού του βλαστού τους (εικ. 19, 22 και 26).



Εικόνα 16. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε στο σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας (Μεγέθυνση 40X).



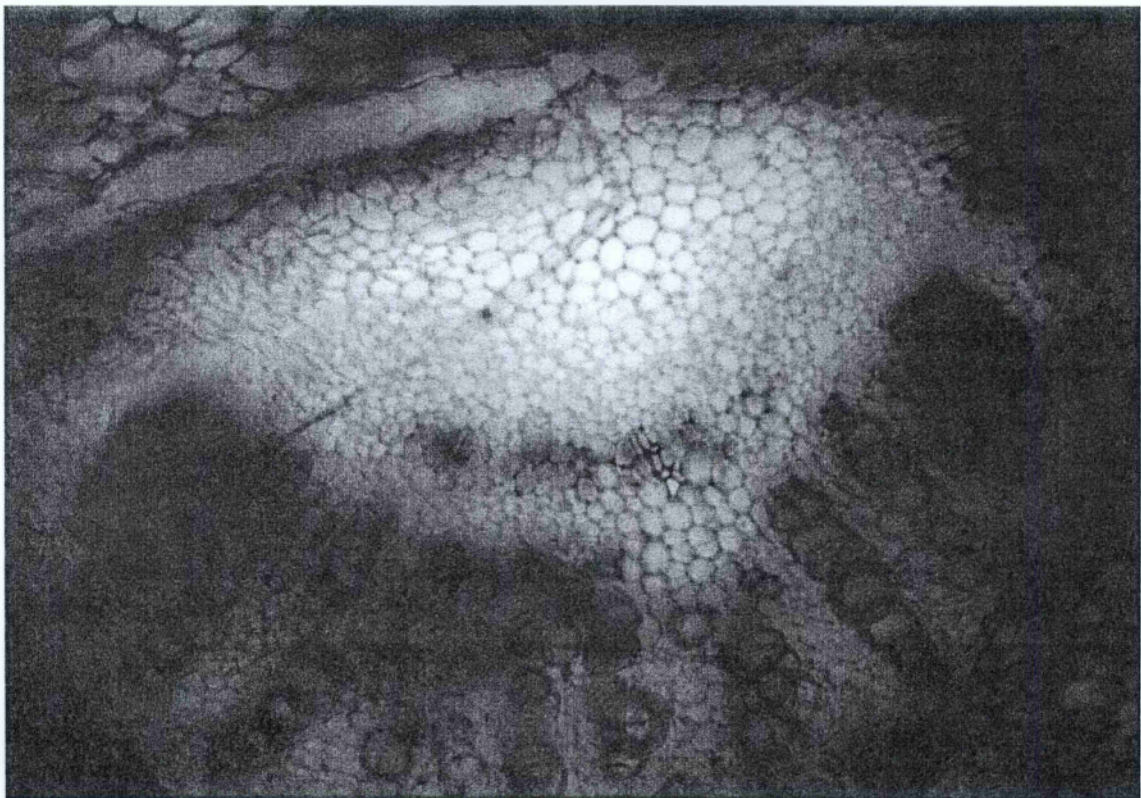
Εικόνα 17. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε στο σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας (Μεγέθυνση 40X).



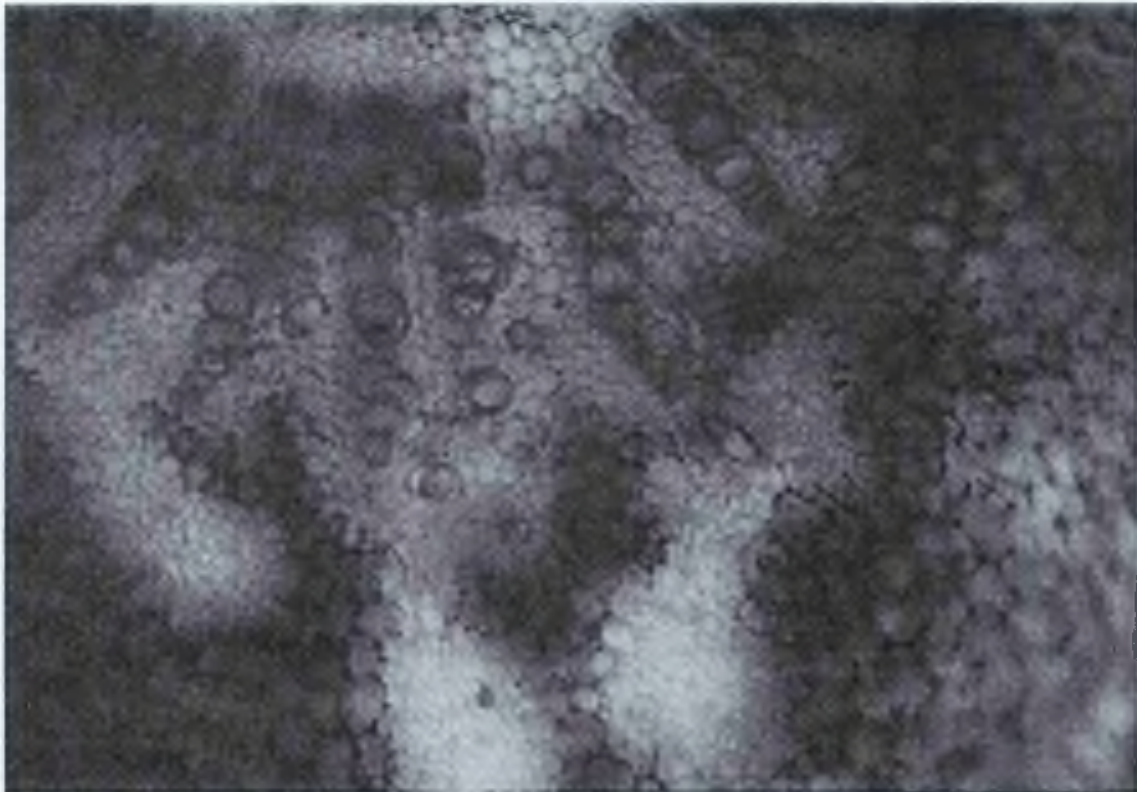
Εικόνα 18. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε στο σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας (Μεγέθυνση 100X).



Εικόνα 19. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 40X).



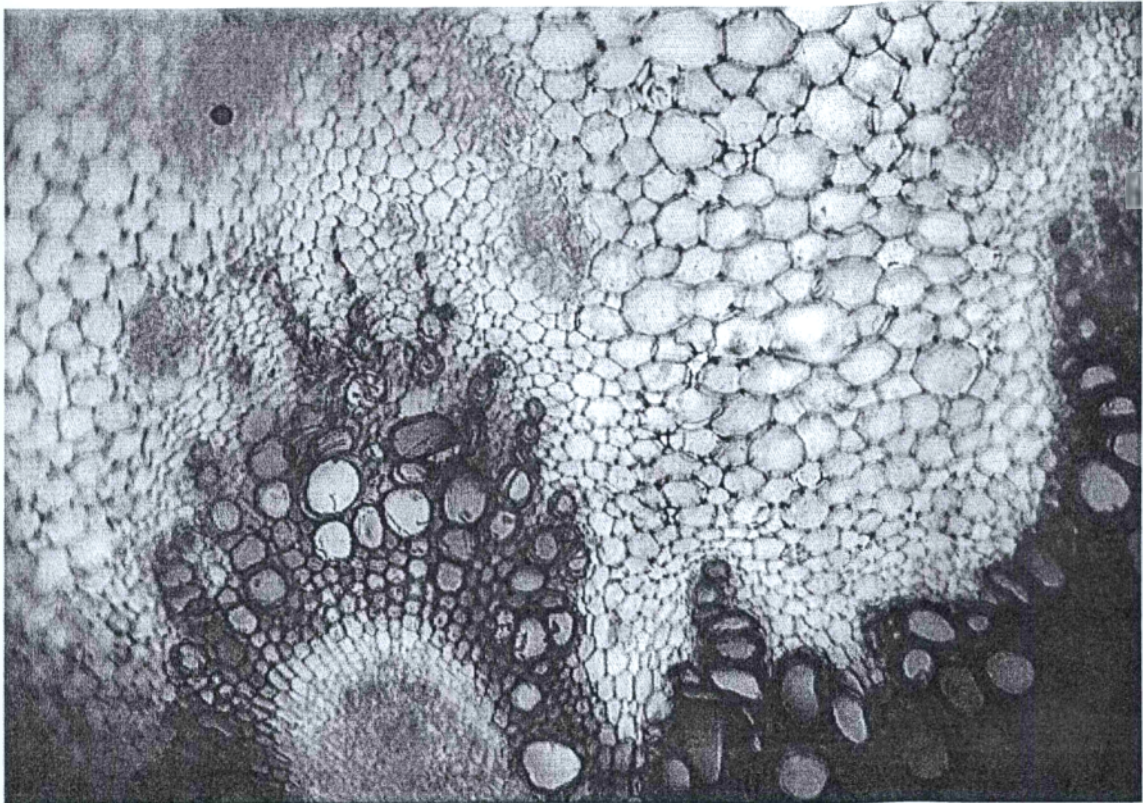
Εικόνα 20. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 100X).



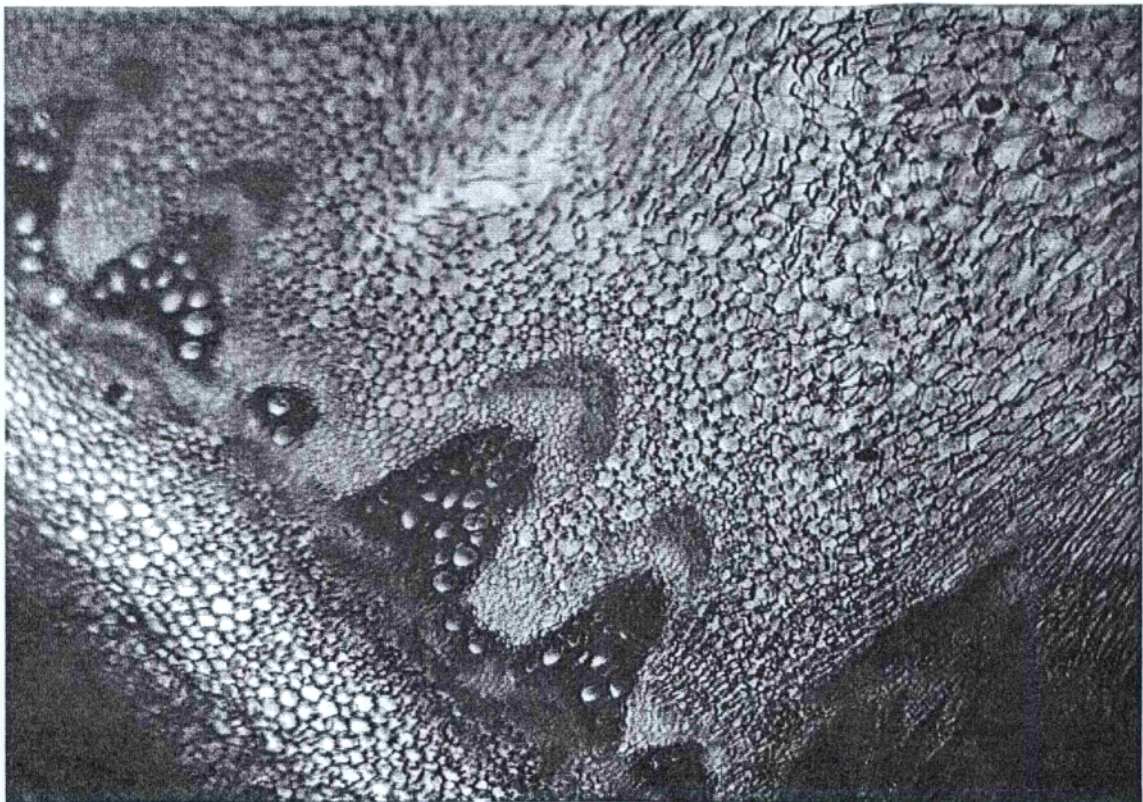
Εικόνα 21. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 100X).



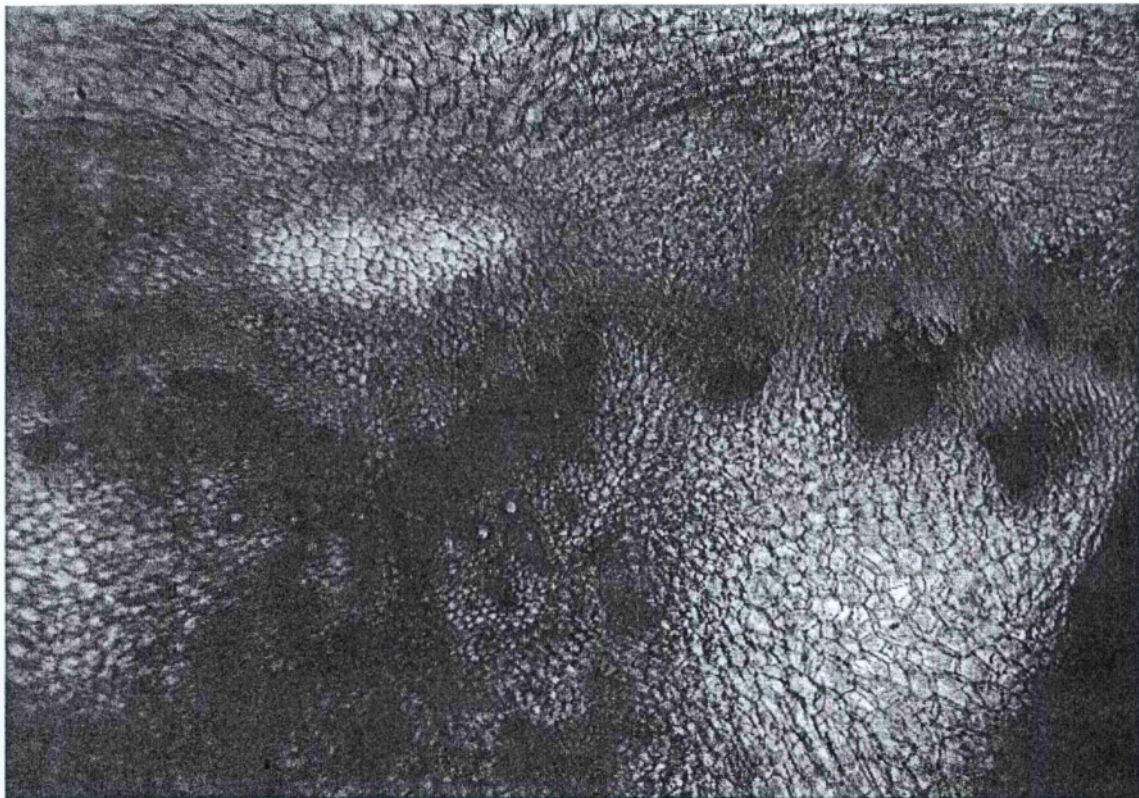
Εικόνα 22. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 40X).



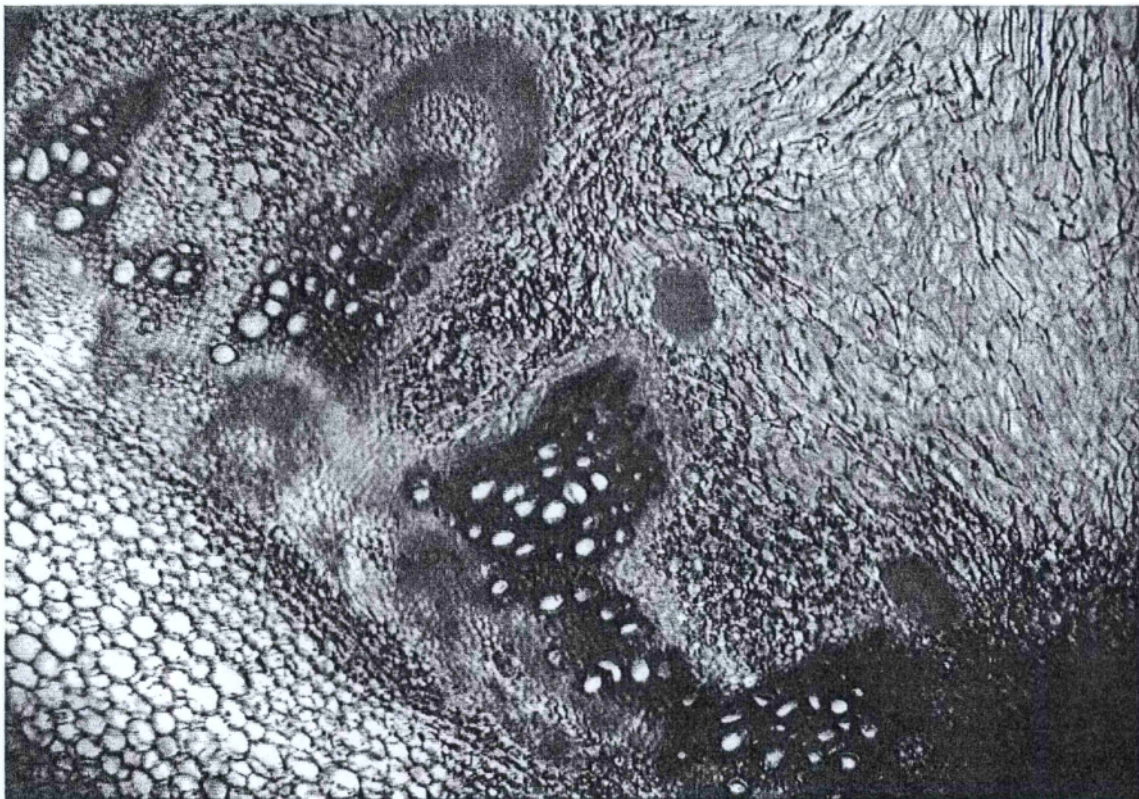
Εικόνα 23. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 100X).



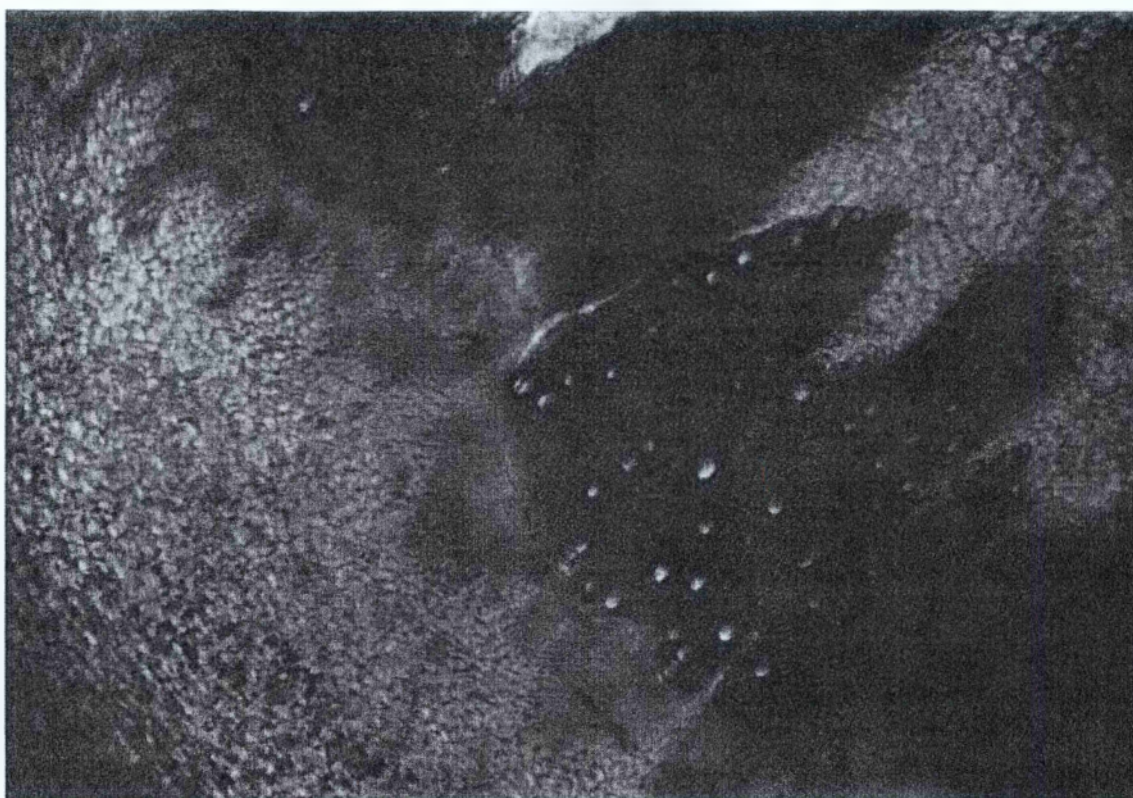
Εικόνα 24. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα περλίτη (Μεγέθυνση 40X).



Εικόνα 25. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα πετροβάμβακα (Μεγέθυνση 100X).



Εικόνα 26. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα πετροβάμβακα (Μεγέθυνση 40X)



Εικόνα 27. Ανατομική παρατήρηση εγκάρσιας τομής βλαστού φυτού μαρουλιού που αναπτύχθηκε σε υδροπονικό υπόστρωμα πετροβάμβακα (Μεγέθυνση 40X).

Επίσης το σχήμα της ηθμαγγειώδους δεσμίδας καθώς και η έκταση και η μορφή των αγγείων του ξύλου που παρατηρήθηκαν σε βλαστούς φυτών που αναπτύχθηκαν στην επιπλέουσα υδροπονία, ήταν διαφορετικά από αυτά φυτών στα άλλα δύο υποστρώματα υδροπονίας. Τα αγγεία λοιπόν του ξύλου που αναπτύχθηκαν σε φυτά στην επιπλέουσα υδροπονία ήταν μακρύτερα και σχημάτιζαν μακρύτερες ακτίνες και λιγότερες σε αριθμό. Οι χαρακτηριστικότερες ηθμαγγειώδεις δεσμίδες παρατηρήθηκαν σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (εικ. 19, 20, 21, 22, 23, και 24).

### 3.5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σχηματισμός αερεγχυματικού ιστού τόσο στο βλαστό, όσο και στη ρίζα των φυτών, αποτελεί μια προσαρμογή αυτών με την οποία έχουν τη δυνατότητα να αντεπεξέρχονται σε συνθήκες έλλειψης  $O_2$  στη περιοχή του ριζικού τους συστήματος. Ο σχηματισμός άλλωστε του αερεγχύματος αποτελεί κυρίως χαρακτηριστικό των υδροχαρών και υδρόβιων φυτών.

Όπως αναφέρθηκε σκοπός της εργασίας ήταν η εξέταση του ριζικού συστήματος καθώς και του βλαστού (στην περιοχή του λαιμού) φυτών μαρουλιού που αναπτύχθηκαν στα υδροπονικά υποστρώματα της επιπλέουσας υδροπονίας, του περλίτη, και του πετροβάμβακα, για τη παρουσία αερεγχύματος.

Η παρουσία αερεγχύματος, θα καταδεικνύει τόσο την καταπόνηση των φυτών από την ανάπτυξη τους σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, αλλά ταυτόχρονα και την ικανότητα ενός είδους να αντεπεξέρχεται στην καταπόνηση αυτή, μιας και σχηματίζοντας αερέγχυμα μπορεί να συνεχίζει απρόσκοπτα την ανάπτυξή του και σε συνθήκες χαμηλού  $O_2$  χωρίς μείωση της απόδοσής του.

Ο σχηματισμός αερεγχύματος όταν τα φυτά αναπτύσσονται για κάποιο χρονικό διάστημα σε εδαφικές συνθήκες χαμηλού  $O_2$  αναφέρεται από πολλούς συγγραφείς. Οι Shiba and Daimon, (2003) και Shimamura *et al.*, (2003), αναφέρουν για τα είδη *Sesbania cannabina* και *Glycine max* αντίστοιχα ότι η παραμονή φυταρίων τους σε συνθήκες πλημμύρας προκάλεσε το σχηματισμό αερεγχύματος στη ρίζα τους, αλλά και σε άλλα όργανά τους. Όταν φυτάρια των ειδών *Paspalum modestum* και *P. Wrightii*, αναπτύχθηκαν σε συνθήκες πλημμύρας σχημάτισαν και αυτά αερέγχυμα τόσο στη ρίζα τους όσο και στο βλαστό και στα φύλλα τους (Fabbri *et al.*, 2005).

Τα φυτά λοιπόν του μαρουλιού που αναπτύχθηκαν στην επιπλέουσα υδροπονία, σχημάτισαν αερέγχυμα πρωτίστως στη ρίζα τους αλλά και δευτερευόντως στο βλαστό τους (στην περιοχή του λαιμού). Το ποσοστό του αερεγχύματος που σχηματίστηκε σε σύγκριση με τον υπόλοιπο χώρο τόσο της ρίζας όσο και του βλαστού ήταν μικρό, αποτέλεσμα που δείχνει την μικρή καταπόνηση που υπέστησαν τα φυτά κατά την ανάπτυξη τους στο παραπάνω υπόστρωμα. Η παρουσία άλλωστε του  $O_2$  στη δεξαμενή ανάπτυξης των φυτών ελέγχονταν τακτικά και δεν αφέθηκε να πέσει σε τοξικά επίπεδα. Η δυνατότητα πάντως των φυτών του μαρουλιού της



ποικιλίας αυτής (πιθανόν να έχουν και άλλες ποικιλίες αυτή τη δυνατότητα) να σχηματίζουν αερέγχυμα είναι ένα ενδιαφέρον στοιχείο για την καλλιέργεια της σε υδροπονικά συστήματα όπως αυτό της επιπλέουσας υδροπονίας, αφού μπορούν να αντεπεξέλθουν σε καταπόνηση μειωμένου  $O_2$  οπότε να καλλιεργούνται με μικρότερη πιθανότητα καταστροφής και μεγαλύτερες αποδόσεις.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αποτελούν μια πρώτη ένδειξη ότι τα φυτά του μαρουλιού που καλλιεργούνται στο υδροπονικό σύστημα της επιπλέουσας υδροπονίας σχηματίζουν αερέγχυμα στο ριζικό τους σύστημα και στο λαιμό τους. Αντίθετα όταν καλλιεργούνται σε περλίτη ή πετροβάμβακα δεν σχηματίζουν αερέγχυμα.

Χρειάζεται βέβαια περαιτέρω έρευνα και πειραματισμός για την διερεύνηση της ικανότητάς τους αυτής, καθώς και για το ποσοστό του σχηματιζόμενου αερεγγύματος σε σύγκριση με τους υπόλοιπους ιστούς της ρίζας και του βλαστού, για τη χρονική στιγμή που ξεκινά ο σχηματισμός του αλλά και επίσης για τα οριακά επίπεδα του κάτω από τα οποία θα ξεκινήσει ο σχηματισμός του αερεγγύματος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστασιάδου Α. Ρ. , 2003. Υδροπονία και Περιβάλλον. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Δημητράκης Κ. Γ. , 1983. Πρακτική Λαχανοκομία
- Δημήτρης Σάββας, Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV, ΤΕΙ Καλαμάτας, 1995
- 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 instake, oral nitrate reduction and enter salivary nitrate circulation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 118A.
- E.Φ.E. 1998 Grogan, Fink, 1956.
- Howard et at . ,1962.
- Κανάκης Α. ,1998., Λαχανοκομία IV. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Καραμπέτσος Ι., 2001. Φυσιολογία Σημειώσεις, ΤΕΙ Καλαμάτας , Καλαμάτα.
- Κοσμίδης Κ. Η. , 2004. Επίδραση της αλατότητας από NaCl και της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση και στη χημική σύσταση του μαρουλιού. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Λαμπρόπουλου Α. Α. , 2003. Υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς σε θερμοκήπιο 5 στρεμμάτων. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Μαυρογιαννόπουλος Ν. Γ. , 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά Διαλύματα. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς.
- Μπακαλούρης Μ. Α. , 2007. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv White Boston και Grand Rapids σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Μπάνη Μ. Μ. , 2001. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας και πιπεριάς σε στερεά υποστρώματα και τεχνοοικονομική ανάλυση. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Ολόμπιος Χ. , 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Εκδόσεις Γ.Π.Α.
- Παναγιωτόπουλος Π .Α. και Σπυρόπουλος Σ. Β. , 2004. Επίδραση υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και παραγωγή μαρουλιού cv. Paris Island και Great Lakes σε υδροπονική καλλιέργεια. Πτυχιακή μελέτη. ΤΕΙ Καλαμάτας.

- Nualdwijk-P.B.G. Aalsmeer, the Netherland Sonneveld C and N. Straver, 1994. Nutrient Solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. 10<sup>th</sup> Edition. Serie: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, NO 8, Sonneveld C and W. Vaagt, 1985. Studies on the application of iron to some glasshouse vegetables grown in soil less culture. Plant Soil.
- Στεργίου Β. , 2002. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην περιεκτικότητα νιτρικών στα φύλλα τεσσάρων ποικιλιών μαρουλιού. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γ.Π.Α.
- Siomos A. S. and Dorgas C.C., 1999. Nitrates in vegetables produced in Greece. Journal of Vegetable Crop Production.
- Walls I.G., 1993. The Green house. Edition Ward lock, London, pp.
- Wheeler E.F., 1994. Plant growth and nitrogen uptake. Asae paper No. 947506, USA.
- Wilson G.C.S. , 1983. The physicochemical and physical properties of horticultural substrates. Acta Horticulturae.

## **ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTERNET**

1. Πηγή διαδικτυο 1 και 2 <http://smet.gr/index>