

**ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ**  
**ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ΤΡΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ Ν»**



**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ**  
**ΧΑΤΖΗΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ ΕΛΕΝΗ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ**  
**ΠΑΡΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2011**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b><u>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u></b> .....	<b>3</b>
1.1.	ΜΑΡΟΥΛΙ – ΡΟΚΑ .....	3
1.1.1.	<i>Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ</i> .....	3
1.1.2.	<i>Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ</i> .....	6
1.2.	ΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ .....	8
1.2.1.	<i>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</i> .....	8
1.2.2.	<i>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</i> .....	9
1.2.3.	<i>ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ</i> .....	11
1.3.	ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΑ .....	13
1.3.1.	<i>ΓΕΝΙΚΑ</i> .....	13
1.3.2.	<i>Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ</i> .....	14
1.3.3.	<i>ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ</i> .....	16
<b>2.</b>	<b><u>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u></b> .....	<b>20</b>
2.1.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	20
2.2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	20
2.3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	25
2.4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	34
<b>3.</b>	<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b> .....	<b>36</b>

# 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## 1.1. ΜΑΡΟΥΛΙ – ΡΟΚΑ

### 1.1.1. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι (*Lactuca sativa* L.) είναι ετήσιο, ποώδες φυτό γρήγορης ανάπτυξης και ανήκει στη μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια των φυτών, τα σύνθετα (Compositae). Το καλλιεργούμενο μαρούλι θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή *scariola* L., το οποίο συναντάται ως



ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης (Ολύμπιος, 2001). Καλλιεργείται από τους Ρωμαϊκούς χρόνους και η προέλευση του είναι η Ασία. Αναφέρεται από τον Ηρόδοτο, τον Θεόφραστο και τον Διοσκουρίδη με το όνομα "θριδακίνη" και "θρίδαξ" (Ολύμπιος, 2001).

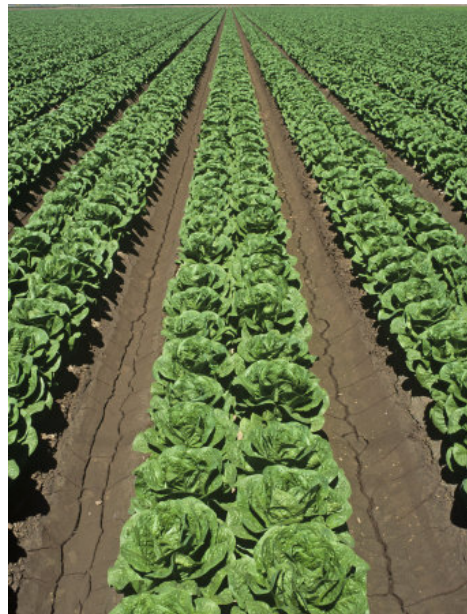
Σήμερα το μαρούλι, σε αντίθεση με πολλά άλλα λαχανικά που καλλιεργούνται σε εξειδικευμένες περιοχές, έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη της υφηλίου ως ετήσιο λαχανικό. Στην Ασία παράγεται το 50% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ το 27% και 20% στη Β. και Κ. Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα. Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως ως υπαίθρια καλλιέργεια σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια καλλιεργείται και στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τόσο στο έδαφος, όσο και σε υδροπονικά συστήματα. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 19.000 στρέμματα περίπου και η ετήσια παραγωγή φτάνει τους 25.000 τόνους.

Η ρίζα του είναι πασσαλώδης και τα φύλλα του βγαίνουν (πυκνά) από το βλαστό που είναι κοντός, χρώματος ανοικτοπράσινου ή βαθυπράσινου. Η άνθηση του μαρουλιού

γίνεται σταδιακά και τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες-κεφαλές γύρω από τον ανθοφόρο βλαστό (15-25 άνθη). Τα μαρούλια διακρίνονται ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στον κοντό βλαστό σε: α) Κως ή Ρωμάννα, β) λεία κεφαλωτά, γ) κατσαρά κεφαλωτά και δ) με «χαλαρό ανοικτό φύλλωμα» (Ολύμπιος, 2001).

Το μαρούλι περιέχει διάφορες βιταμίνες (Α, Β, C και Ε), αλλά και υψηλά ποσοστά ασβεστίου και φωσφόρου που είναι απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ακόμα, θεωρείται ότι τα φύλλα και οι βλαστοί του μαρουλιού περιέχουν ένα γαλακτώδη χυμό που έχει φαρμακευτικές ιδιότητες ( παυσίπονες αλλά και ναρκωτικές).

Τα μαρούλια πολλαπλασιάζονται με σπόρο. Η σπορά γίνεται συνήθως σε σπορεία (με διάφορες μεθόδους) και όταν τα σπορόφυτα αποκτήσουν 3-5 φύλλα είναι έτοιμα για μεταφύτευση. Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στην Ελλάδα καλλιεργείται από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη, και το καλοκαίρι σε περιοχές με ψυχρότερα κλίματα. Για την επιτυχία στην καλλιέργεια πρέπει να υπάρχει ικανοποιητική υγρασία, καλός φωτισμός και όχι υψηλές θερμοκρασίες.



#### **Θερμοκρασία - Φωτισμός**

Η άριστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπόρων είναι μεταξύ 15 – 21°C. Το μαρούλι γενικά είναι φυτό ψυχρής εποχής και μπορεί να αντέξει και σε χαμηλές θερμοκρασίες, δηλαδή έως -5 °C. Ο φωτισμός είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη του. Στην Ελλάδα, ο φωτισμός δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης του φυτού λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, γι' αυτό και δεν χρειάζεται επιπλέον τεχνητός φωτισμός.

### **Έδαφος – Πότισμα**

Το μαρούλι έχει υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά το έδαφος. Χρειάζεται εδάφη πολύ γόνιμα, πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, με καλή στράγγιση και πλούσια σε οργανική ουσία. Τα πιο κατάλληλα εδάφη για την καλλιέργεια του μαρουλιού είναι τα αμμοπηλώδη. Το μαρούλι είναι πολύ ευαίσθητο σε εδάφη με μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων γιατί προκαλείται καθυστέρηση στην ανάπτυξη του φυτού και υποβάθμιση της ποιότητας των φύλλων. Λόγω του επιφανειακού του ριζώματος η συχνότητα των ποτισμάτων πρέπει να είναι τακτική με μικρές ποσότητες νερού. Με αυτό τον τρόπο παραμένει συνεχώς υγρό το επιφανειακό έδαφος που είναι αναγκαίο για την καλύτερη ανάπτυξη του φυτού.

### **Λίπανση**

Το μαρούλι έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία. Εάν το έδαφος είναι γόνιμο, πιθανό να μη χρειάζεται η προσθήκη οργανικής ουσίας κάθε χρόνο. Εάν όμως δεν είναι αρκετά γόνιμο, απαιτείται γενναιόδωρη οργανική λίπανση με καλά χωνεμένη κοπριά (10 τον./στρ), η οποία πρέπει να προστεθεί στο έδαφος αρκετά



νωρίς, πριν από την απολύμανση και πριν από τη μεταφύτευση. Η βασική ανόργανη λίπανση πρέπει να γίνεται με βάση τη διαθεσιμότητα των στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος και που προσδιορίζονται μετά από χημική ανάλυση. Έχει προσδιοριστεί ότι μια καλλιέργεια μαρουλιού αφαιρεί από το έδαφος 8-10 κιλά N, 3 κιλά P και 9-10 κιλά K ανά στρέμμα (Ολύμπιος, 2001). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο N, καθώς η υπερβολική χρήση του δημιουργεί υδαρή φυτά, ευπαθή σε ασθένειες και αυξάνει την περιεκτικότητα των φύλλων σε νιτρικά, τα οποία σε μεγάλες ποσότητες είναι επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

### **Εχθροί – Ασθένειες**

Οι σημαντικότερες ασθένειες που προσβάλουν το μαρούλι είναι περονόσπορος, ωίδιο, αλτερναρίωση και σήψεις λαιμού, ενώ τα κυριότερα έντομα που προκαλούν προβλήματα στην καλλιέργεια είναι οι αφίδες, ο αλευρώδης, οι θρίπες, τα σαλιγκάρια κ.α.

### **1.1.2. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΡΟΚΑΣ**

Η ρόκα (*Eruca sativa*) είναι μονοετές, ποώδες φυτό και ανήκει στην οικογένεια των σταυρανθών.

Η καταγωγή της είναι από τη νοτιοανατολική Ασία. Μπορεί να βρεθεί ως αυτοφυής (άγρια ρόκα) στις περιοχές της Μεσογείου ή καλλιεργείται σε διάφορες περιοχές.



Η ρόκα είναι χειμωνιάτικο φυτό και ανθίζει από το Μάρτιο έως τον Ιούνιο. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 80 χιλιοστά με βλαστούς που διακλαδίζονται. Τα άνθη της είναι λευκά με πορφυρές περιοχές ή κιτρινωπά διατεταγμένα και σχηματίζουν ταξιανθίες. Τα φύλλα της είναι πτερωτά και τα σπόρια ωοειδή, κίτρινου χρώματος.

Ο βλαστός και τα φύλλα της ρόκας καταναλώνονται νωπά, ενώ σε ορισμένες περιοχές μαγειρεύεται. Η γεύση της είναι πιπεράτη, αρωματική και ελαφρώς πικρή. Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση έχει αυξηθεί και υπάρχουν καλλιέργειες σε πολλές περιοχές. Η άγρια ρόκα έχει πιο πιπεράτη γεύση και πιο έντονο άρωμα από τη καλλιεργούμενη. Από τα σπόρια του φυτού λαμβάνεται ένα ελαφρώς καυστικό έλαιο που χρησιμοποιείται στη φαρμακευτική. Έχει χωνευτική και διουρητική επίδραση στον οργανισμό, τονωτικές και καθαρτικές δράσεις.

**Εποχή σποράς - Θερμοκρασία βλάστησης:** Φυτεύεται την άνοιξη ή νωρίς το φθινόπωρο όταν οι θερμοκρασίες είναι 5-30 °C.

**Προτεινόμενη εποχή σποράς για υπαίθρια καλλιέργεια:** Φεβρουάριο-Σεπτέμβριο.

**Βάθος φύτευσης:** 0.5-1.0 εκατοστά.

**Ημέρες βλάστησης:** 5-15

**Μεταφύτευση:** Συνήθως πραγματοποιείται απευθείας σπορά.

**Συγκομιδή:** 65-70 ημέρες μετά την σπορά ανάλογα με την ποικιλία.

## 1.2.ΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

### 1.2.1.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η δεκαετία του 90 ήταν μια δεκαετία αλλαγών στην παραγωγή των σποροφύτων καπνού. Πολύ μεγάλος αριθμός σποροφύτων καπνού άρχισε να παράγεται σε ένα νέο σύστημα, το «Υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (Float system)» το οποίο έδωσε φυτά με άριστα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Έτσι, η χρήση του συστήματος αυτού αυξήθηκε από το 1 % το 1990 σε περίπου 80 % το 1999. Η αύξηση αυτή οφείλεται στα πλεονεκτήματά του έναντι ενός συμβατικού σπορείου. Εδώ και χρόνια όμως, το σύστημα επίπλευσης χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια φυτών (κυρίως φυλλωδών) με πολύ καλά αποτελέσματα.

Στο υδροπονικό σύστημα επίπλευσης, το οποίο είναι ένα κλειστού τύπου υδροπονικό σύστημα, τα φυτά τοποθετούνται σε διάτρητους δίσκους από ελαφρύ-αδρανές υλικό (με τρόπο ώστε οι ρίζες να κρέμονται από το κάτω μέρος του δίσκου). Ο δίσκος με τα φυτά αφήνεται να επιπλέει σε μία λεκάνη γεμάτη



με νερό στο οποίο έχουν διαλυθεί σε ιδανική ποσότητα και σύσταση όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την θρέψη των φυτών. Με αυτό τον τρόπο οι ρίζες βρίσκονται σε ένα περιβάλλον ιδανικής σύνθεσης και επομένως το φυτό παρουσιάζει αλματώδη ανάπτυξη. Η σύσταση του διαλύματος σε θρεπτικά στοιχεία ελέγχεται συνεχώς και διορθώνεται κατάλληλα, έτσι ώστε το φυτό να δέχεται την ιδανική θρέψη σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του.

Με συχνές εγχύσεις αέρα στην λεκάνη καλλιέργειας επιτυγχάνεται ο επαρκής αερισμός του διαλύματος και του ριζικού συστήματος του φυτών, γεγονός που προκαλεί την μέγιστη δυνατή επιτάχυνση του μεταβολικού τους ρυθμού. Τα φυτά λόγω της



ευρωστίας που αποκτούν, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε ασθένειες και αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη υποστρώματος, μειώνει την ανάγκη χρήσης φυτοπροστατευτικών ουσιών - φυτοφαρμάκων.

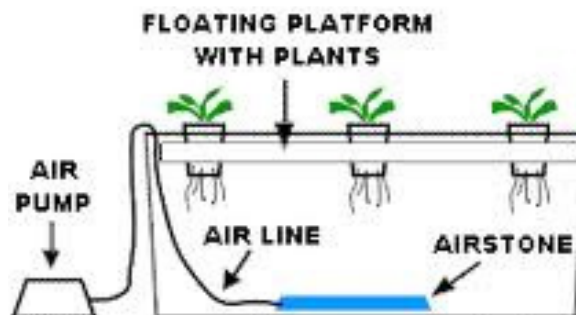
Το αποτέλεσμα είναι να λαμβάνονται ποσοτικά μεγαλύτερες, ποιοτικά καλύτερες και αριθμητικά περισσότερες καλλιέργειες ανά έτος, από οποιοδήποτε άλλο γνωστό σύστημα καλλιέργειας.

### **1.2.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

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

- ❖ Παρουσιάζει υψηλό κόστος εγκατάστασης, αλλά χαμηλό κόστος λειτουργίας (γρήγορα αποσβέσιμο).
- ❖ Ευκολία στην συντήρηση και στις καλλιεργητικές εργασίες.
- ❖ Δυνατότητα αυτοματοποίησης πολλών διαδικασιών (σποράς, μεταφύτευσης, συλλογής) και επομένως παραπέρα μείωση του λειτουργικού κόστους.
- ❖ Δίνει την δυνατότητα επίτευξης υψηλών πυκνοτήτων φύτευσης και επομένως καλύτερης εκμετάλλευσης της καλλιεργούμενης επιφάνειας. Σε ένα θερμοκήπιο τύπου "floating" η εκμετάλλευση της επιφάνειας ξεπερνά το 90% έναντι του 60% που μπορεί να επιτευχθεί με τις υπόλοιπες μεθόδους καλλιέργειας, υδροπονικές ή μη.
- ❖ Δίνει την δυνατότητα πλήρους ελέγχου της σύστασης και της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος.
- ❖ Ως καλλιέργεια κλειστού τύπου (ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος) δεν παράγει απόβλητα και δεν ρυπαίνει με κανένα τρόπο το περιβάλλον, σε αντιπαράθεση με την καλλιέργεια σε χώμα ή την καλλιέργεια σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα, που μολύνουν το περιβάλλον με εκπομπές μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων και ειδικά νιτρικών (μόλυνση υδροφόρου ορίζοντα).
- ❖ Χρησιμοποιεί ελάχιστο νερό, το απόλυτα απαραίτητο για τις βιολογικές ανάγκες του φυτού. Λόγω της κάλυψης της επιφάνειας καλλιέργειας, η απώλεια νερού

- λόγω εξάτμισης είναι μηδενική, ενώ παράλληλα λόγω του κλειστού κυκλώματος καλλιέργειας, δεν υπάρχουν απώλειες προς το υπέδαφος
- ❖ Δεν χρησιμοποιεί κανένα είδος υποστρώματος φύτευσης και επομένως δεν παρουσιάζει κανένα είδος παθογένειας, λόγω της έλλειψης υποστρώματος όπου θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Επομένως δεν απαιτεί αλλαγή του υποστρώματος ή περιοδικές απολυμάνσεις (όπως σε καλλιέργεια στο έδαφος - υδροπονική καλλιέργεια σε περλίτη) περιορίζοντας έτσι την ανάγκη χρήσεων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.
  - ❖ Σε μία σωστά οργανωμένη και εξοπλισμένη μονάδα με πλήρη δυνατότητα ελέγχου και βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξης η ανάγκη χρήσεων φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι ελάχιστη, με αποτέλεσμα τα παραγόμενα φυτά να είναι ελάχιστα επιβαρυνόμενα.
  - ❖ Τέλος λόγω του απόλυτα ελεγχόμενου περιβάλλοντος καλλιέργειας και ανάπτυξης των φυτών, καθώς και του απόλυτου ελέγχου των εισροών - εκροών του συστήματος, η διαπίστευση τέτοιου τύπου μονάδων είναι σχεδόν δεδομένη.



Η μέθοδος της επίπλευσης παρέχει την δυνατότητα να παραχθούν άριστης ποιότητας φυτά με μικρότερο εργατικό κόστος και σε χρόνο που μπορεί να καθοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια εκ των προτέρων. Επιπλέον, δίνει μεγαλύτερη ευελιξία στις δραστηριότητες του παραγωγού, αφήνοντας περιθώρια για καλύτερο καταμερισμό του χρόνου απασχόλησης, αφού τον απαλλάσσει από φροντίδες που το σύστημα αυτό δεν χρειάζεται. Αυτό σε καμιά περίπτωση δεν σημαίνει εγκατάλειψη του συστήματος. Αντίθετα, η καθημερινή και σχολαστική επιθεώρηση και εφαρμογή των κατάλληλων φροντίδων είναι επιβεβλημένη, γιατί μικρά προβλήματα μπορεί να εξελιχτούν σε μεγάλα.

### 1.2.3. ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Στο υδροπονικό σύστημα επίπλευσης χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα, τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού, ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος, καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo πρέπει να προστίθενται στο νερό από τον παρασκευαστή του θρεπτικού διαλύματος.

**Πίνακας 1.1.** Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος.

ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ	ΑΓΓΛΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ
<b>Νιτρικό αμμόνιο</b>	Ammonium nitrate	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
<b>Νιτρικό ασβέστιο</b>	Calcium nitrate	5[Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O]NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
<b>Νιτρικό κάλιο</b>	Potassium nitrate	KNO <sub>3</sub>
<b>Θεικό μαγνήσιο</b>	Magnesium sulphate	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
<b>Θεικό κάλιο</b>	Potassium sulphate	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Νιτρικό μαγνήσιο</b>	Magnesium nitrate	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
<b>Φωσφορικό μονοκάλιο</b>	Monopotassium phosphate	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
<b>Νιτρικό οξύ</b>	Nitric Acid	HNO <sub>3</sub>
<b>Χηλικός σίδηρος</b>	Iron chelate	
<b>Θεικό μαγγάνιο</b>	Manganese sulphate	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O
<b>Θεικός χαλκός</b>	Copper sulphate	CuSO <sub>4</sub>
<b>Θεικός ψευδάργυρος</b>	Zinc sulphate	ZnSO <sub>4</sub>
<b>solubor</b>	Sodium octaborate	Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub> ·4H <sub>2</sub> O
<b>Μολυβδαινικό αμμόνιο</b>	Ammonium heptamolybdate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>8</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>

Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα, καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες παρατίθενται στον παραπάνω πίνακα 1.1.

## 1.3. ΑΖΩΤΟ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΑ

### 1.3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το άζωτο (N) είναι το στοιχείο κλειδί στη λίπανση, για τον έλεγχο της βλάστησης και της καρποφορίας των φυτών. Πράγματι από όλα τα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία εφαρμόζονται στο έδαφος, το άζωτο είναι αυτό που επιφέρει την πλέον σημαντική επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών στις καλλιέργειες και αυτό το οποίο αποτελεί τον πιο σπουδαίο περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης και απόδοσης των καλλιεργειών.

Ο ζωτικότητα ρόλος του αζώτου σε ότι αφορά τα φυτά οφείλεται στο ότι:

- ❖ Αποτελεί δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης.
- ❖ Είναι απαραίτητος παράγοντας για την αξιοποίηση των υδατανθράκων.
- ❖ Είναι συστατικό των ενζύμων.
- ❖ Είναι διεγερτικός παράγοντας της ανάπτυξης και λειτουργίας των φυτών.
- ❖ Είναι συστατικό των αμινοξέων, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών.
- ❖ Τέλος το N ευνοεί την πρόσληψη και αξιοποίηση άλλων θρεπτικών στοιχείων.

Η χλωροφύλλη, η οποία περιλαμβάνει 4 άτομα N στο μόριο της και η οποία προσδίδει στα φυτά το πράσινο χρώμα τους, αποτελεί το φορέα της φωτοσύνθεσης όπου βασίζεται η όλη παραγωγή φυτικής βιομάζας. Είναι υπεύθυνη για τη δέσμευση ενεργείας από την ηλιακή ακτινοβολία και χωρίς αυτή οι βασικές πρώτες ύλες, όπως νερό, CO<sub>2</sub> και ηλιακή ενέργεια δε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υδατανθράκων.

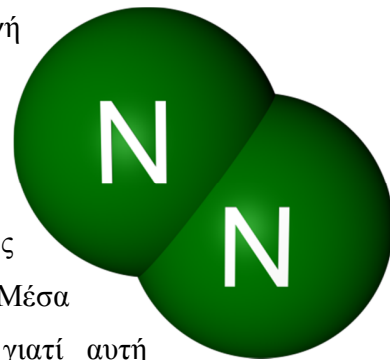
Το άζωτο είναι βασικό συστατικό των πρωτεϊνών, που αποτελούν το κύριο μέρος του πρωτοπλάσματος και τα νουκλεϊκών οξέων, που περιέχουν την κωδικοποιημένη γενετική πληροφορία. Οι δύο αυτές μεγάλης σημασίας αζωτούχες ουσίες (πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα) αποτελούν τα κλειδιά της ζωής κάθε έμβιου οργανισμού (Καράταγλης, 1999). Αν και το ελεύθερο άζωτο αποτελεί το 78% του ατμοσφαιρικού αέρα, τα φυτά δεν είναι σε θέση να το χρησιμοποιήσουν. Κύριες πηγές αζώτου για τα φυτά είναι οι νιτρικές

ενώσεις  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  και  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , καθώς και μερικά αμμωνιακά άλατα (Καράταγλης, 1999). Τα φυτά ως αυτότροφοι οργανισμοί, μετατρέπουν το ανόργανο άζωτο (νιτρικό και αμμωνιακό) σε οργανικό (αμινοξέα, πρωτεΐνες) και τα ζώα (ετερότροφα), το προσλαμβάνουν έτοιμο στην οργανική του μορφή.

### 1.3.2. Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΦΥΤΟ

#### Πρόσληψη

Υπό φυσικές συνθήκες η κατ' αρχήν πηγή εφοδιασμού των εδαφών σε N είναι η περιεχόμενη οργανική ουσία. Η ανοργανοποίηση (αποδόμηση) της οργανικής ύλης του εδάφους απελευθερώνει το αμμωνιακό N, τα δε φυτά μέσω των ριζών τους απορροφούν το άζωτο υπό μορφή νιτρική ή αμμωνιακή. Μέσα στο έδαφος η αμμωνιακή μορφή είναι μεταβατική γιατί αυτή οξειδώνεται και μετατρέπεται σε νιτρώδη (από τα βακτήρια *Nitrosomonas*), η δε νιτρώδης μορφή οξειδώνεται σε νιτρική (από τα βακτήρια *Nitrobacter*). Η νιτρική μορφή είναι πολύ διαλυτή και κατά συνέπεια πολύ ευκίνητη μορφή. Δεν συγκρατείται από τα εδαφικά κolloειδή και ακολουθεί την πορεία του εδαφικού νερού.



Τα νιτρικά είναι η κύρια μορφή αζώτου που απορροφάται από τα φυτά επειδή το ιόν αμμωνίου μετατρέπεται γρήγορα σε νιτρικό στο έδαφος. Τα νιτρικά και τα αμμωνιακά είναι δύο διαφορετικές μορφές αζώτου για το φυτό λόγω της διαφορετικής δράσης τους μέσα στο φυτό.

Τα αμμωνιακά είναι, στις περισσότερες των περιπτώσεων, τοξικά για το φυτό. Η πρώτη επίδραση των υψηλών επιπέδων αμμωνίου γίνεται αντιληπτή από τη μειωμένη αύξηση της ρίζας των φυτών και τη μετέπειτα μεταφορά του στο ανώτερο τμήμα του φυτού. Η πρόσληψη του αμμωνίου είναι άριστη σε ουδέτερο pH.

Τα νιτρικά προσλαμβάνονται από τα φυτά, τόσο με παθητική όσο και με ενεργή απορρόφηση σε μεγάλες ποσότητες. Τα νιτρικά απορροφώνται συνεχώς από τα φυτά όσο υπάρχουν στο έδαφος και η πρόσληψη τους μειώνεται σε επίπεδα pH πάνω από 6 ή κάτω από 4,5.

### **Μεταφορά**

Τα νιτρικά μεταφέρονται προς τα πάνω στα φυτά μέσω των αγγείων του ξύλου. Μετά την απορρόφηση, τα νιτρικά μπορεί να αποθηκευτούν στα μιτοχόνδρια ή να αναχθούν σε  $\text{NH}_3$ . Τα νιτρικά ανάγονται και ενσωματώνονται σε οργανικά μόρια με τη συμμετοχή του ενζύμου νιτρική ρεδοουκτάση, που ενεργοποιείται από το φως, και του οποίου η δραστηριότητα ελέγχεται γενετικά.

Το νιτρικό άζωτο μετατρέπεται σε οργανικό άζωτο των φυτικών ιστών αφού πρώτα αναχθεί, γι' αυτό και υπερβολική απορρόφηση του αν δεν αναχθεί έγκαιρα, οδηγεί στη συσσώρευση των νιτρικών στους ιστούς. Το αμμωνιακό άζωτο απ' την άλλη είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμο.

### **Τροφοπενία - Τοξικότητα αζώτου**

Η έλλειψη ή ανεπάρκεια του ανοργάνου αζώτου σ' όλα τα στάδια της ζωής των φυτών, έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη και την απόδοση τους. Όλες οι μορφές αζώτου είναι ευκίνητες στα φυτά. Επομένως, τα συμπτώματα έλλειψης αζώτου πρώτα φαίνονται στα παλαιότερα φύλλα. Κάτω από περιορισμό του αζώτου, τα φυτά μεγαλώνουν αργά και είναι ασθενικά. Τα φύλλα είναι μικρά, το χρώμα του φυλλώματος είναι ελαφρά πράσινο προς κίτρινο και τα παλαιότερα φύλλα συχνά πέφτουν πρόωρα. Νέκρωση των φύλλων ή μέρους των φύλλων συμβαίνει σε ένα μεταγενέστερο και έντονο στάδιο της έλλειψης. Τέλος, συνήθως παρατηρείται αύξηση στον λόγο ρίζας/βλαστού.

Όμως και περίσσεια αζώτου, ιδιαίτερα του αμμωνιακού κατά τις φάσεις της καρποφορίας, της ωρίμανσης των σπερμάτων, των καρπών ή αποθησαυριστικών οργάνων (υπόγειων ριζών ή βλαστών κλπ. όπως τεύτλα, γεώμηλα κ.ά.) δημιουργεί ανεπιθύμητες καταστάσεις για την παραγωγή και την αντοχή των φυτών. Τα φυτά μπορούν να ανεχθούν την περίσσεια νιτρικών σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι την περίσσεια αμμωνίου. Τα επίπεδα αμμωνίου μπορεί να είναι τοξικά για τα φυτά αν δεν ενσωματωθούν σε αζωτούχες οργανικές ενώσεις μετά την απορρόφηση και να περιορίσουν την πρόσληψη Κ. Η τοξικότητα των ιόντων αμμωνίου χαρακτηρίζεται από περιορισμένη αύξηση της ρίζας, η οποία συχνά αποχρωματίζεται και οδηγεί σε κατάρρευση του αγωγού ιστού περιορίζοντας έτσι την πρόσληψη του νερού. Τα

συμπτώματα στα φύλλα περιλαμβάνουν νέκρωση των φύλλων, επιναστία και βλάβη των βλαστών.

### 1.3.3. ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Η συσσώρευση των νιτρικών στα φυτά με τη προϋπόθεση ότι τα νιτρικά αποτελούν τη κύρια μορφή του απορροφούμενου αζώτου, εξαρτάται απ' το αν ο ρυθμός απορρόφησης, είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αφομοίωσής τους από τον φυτικό οργανισμό και την ενεργότητα του ενζύμου της νιτρικής ρεδουκτάσης (Maynard et al., 1976).

Η συσσώρευση των νιτρικών εξαρτάται και σχετίζεται με τη γενετική σύσταση του φυτού (Subramanya, 1980), την τροφοδοσία του εδάφους σε νιτρικά, το όργανο και τη θέση του ιστού, την ηλικία του φυτού, την ενεργότητα της νιτρικής ρεδουκτάσης (Corre and Breimer, 1979) και την κατάσταση του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό.

Έχει παρατηρηθεί υψηλή περιεκτικότητα νιτρικών σε φυτικά είδη συγκεκριμένων οικογενειών. Συγκεκριμένα, μέλη των οικογενειών Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Cruciferae, Compositae, Graminae και Solanaceae αναφέρονται ιδιαίτερα συχνά σαν είδη που τείνουν να συσσωρεύουν νιτρικά (Wright and Davison, 1964).

Η συσσώρευση  $\text{NO}_3^-$  στα φυτά οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων (Cantliffe, 1973, Πασπάτης, 1990). Ανεξάρτητα από το είδος της αζωτούχου λίπανσης λόγω της νιτροποίησης έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φυτά. Από τα αζωτούχα λιπάσματα ουρία,  $\text{KNO}_3$  και  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , το  $\text{KNO}_3$  προκαλεί τη μεγαλύτερη αύξηση νιτρικών.

Η χρήση λιπασμάτων δεν είναι ο μόνος παράγοντας που σχετίζεται με αυτό το πρόβλημα. Άλλοι παράγοντες, όπως το περιβάλλον, συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα, ζημιές από έντομα και γενικές πρακτικές λίπανσης, όλα μπορούν να οδηγήσουν σε συσσώρευση νιτρικών στο φυτό. Η συσσώρευση νιτρικών στα φυτά εξαρτάται γενικά από τη διαθεσιμότητα νιτρικών του εδάφους. Το φως φαίνεται να επιδρά στην περιεκτικότητα νιτρικών σε πολλά φυτά και έχει σχετιστεί με τη δραστηριότητα της ρεδουκτάσης των νιτρικών (Cantliffe, 1972).



Σύμφωνα με τον Cantliffe (1973), κάθε παράγοντας που αυξάνει τη συσσώρευση ολικού N σε έναν φυτικό ιστό έχει σαν αποτέλεσμα μια αντίστοιχη αύξηση στην περιεκτικότητα νιτρικών. Πιθανώς υπάρχουν κρίσιμα επίπεδα ολικού N, πάνω από τα οποία οποιαδήποτε αύξηση στο ολικό N, οδηγεί στη συσσώρευση κυρίως νιτρικού N και κάτω από τα οποία το νιτρικό N δεν συσσωρεύεται, άσχετα από το ποιοι εξωτερικοί παράγοντες επικρατούν.

Οι διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες που θεωρείται ότι σχετίζονται με τη συσσώρευση νιτρικών στους φυτικούς ιστούς είναι η θερμοκρασία, το φως (ένταση, διάρκεια και ποιότητα του φωτός) και η υγρασία. Τέλος, άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με τη θρέψη και την ανάπτυξη του φυτού και θεωρείται ότι επιδρούν στην ύπαρξη υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών στο φυτικό ιστό, είναι το έδαφος και τα θρεπτικά στοιχεία όπως το κάλιο και το μολυβδαίνιο (Wolff and Wasserman 1972).

#### **Σημεία συσσώρευσης νιτρικών στα φυτά**

Οι δεξαμενές αποθήκευσης νιτρικών θεωρείται γενικά ότι βρίσκονται στα χυμοτόπια (Martinoia et al, 1981). Σύμφωνα με τους Grandstedt and Huffaker (1982), χυμοτόπια από φυτά καλλιεργημένα παρουσία νιτρικών περιέχουν το 58% των ολικών νιτρικών των κυττάρων και αποτελούν αποθήκη συγκέντρωσης νιτρικών.

Σε επίπεδο φυτικών ιστών, τα στελέχη περιέχουν περισσότερα νιτρικά από ότι τα φύλλα και τα φύλλα έχουν περισσότερα νιτρικά από ότι τα άνθη. Τα χαμηλότερα τμήματα των στελεχών τείνουν να έχουν μεγαλύτερη συσσώρευση νιτρικών από τα ανώτερα τμήματα (Wright and Davison, 1964). Τα γηραιότερα, εξωτερικά φύλλα ζαχαρότευτλων βρέθηκε ότι είχαν λιγότερο ολικό άζωτο αλλά περισσότερο νιτρικό άζωτο ( $\text{NO}_3 - \text{N}$ ), ενώ οι μίσχοι συγκέντρωναν αρκετές φορές, τόσα νιτρικά, όσο τα ελάσματα (Wright and Davison, 1964). Γενικά τα διάφορα μέρη των φυτών μπορούν να ταξινομηθούν κατά φθίνουσα σειρά ως προς τη συσσώρευση των νιτρικών ως εξής : μίσχος φύλλου > φύλλο > βλαστός > ρίζα > άνθη > κόνδυλος > βολβός > καρπός > σπόρος (Sandamaria et al.2001).

Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, ο βαθμός πρόσληψης νιτρικών ποικίλει δραματικά. Έχει παρατηρηθεί ότι ο βαθμός πρόσληψης του νιτρικού άλατος αυξάνει σε όλη τη βλαστική ανάπτυξη και κυρίως κατά το πρώιμο αναπαραγωγικό στάδιο, και σε

μικρότερο βαθμό κατά την καρπόδεση και την ανάπτυξη του σπόρου. Με την καρπόδεση ο βαθμός πρόσληψης νιτρικών μπορεί να είναι μικρότερος από το μέσο του μέγιστου βαθμού που παρατηρείται κατά το στάδιο της πλήρους άνθισης. Τέλος, από πειραματικά δεδομένα των Wright και Davison (1964), έχει βρεθεί ότι τα νιτρικά, ως φυσικά συστατικά των φυτών, είναι παρόντα σε μικρότερες ποσότητες στα φρούτα, από ότι στα φυλλώδη λαχανικά.

Τα λαχανικά ειδικά τα φυλλώδη είναι η κύρια πηγή νιτρικών και νιτρωδών στην ανθρώπινη διατροφή. Εξαιτίας πιθανών κινδύνων στην υγεία ως αποτέλεσμα της υψηλής λήψης νιτρικών και νιτρωδών, ο καθορισμός της περιεκτικότητας τους στα λαχανικά έχει μελετηθεί και έχει μετρηθεί σε πολλές χώρες. Τα λαχανικά παίζουν ένα σπουδαίο ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή καθώς είναι μία εξαιρετική πηγή βιταμινών, μεταλλικών στοιχείων και βιολογικά ενεργών συστατικών (Kmieccik et al., 2004). Θεωρείται ότι περίπου το 87% της συνολικής συγκέντρωσης νιτρικών σε μία κανονική διαίτα οφείλεται άμεσα στην λήψη λαχανικών (Huarte-Mendicoa et al., 1997).

Έχει διαπιστωθεί ότι τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (όπως μαρούλι, σπανάκι, παντζάρι, ρεπάνι, σέλινο κτλ.) περιέχουν τα υψηλότερα ποσοστά νιτρικών (MAFF, 1998; Wolff & Wasserman, 1972), σε αντίθεση με λαχανικά όπως το καρότο, κουνουπίδι, φασολάκι, αρακάς και πατάτα τα οποία σπάνια συσσωρεύουν. Η περιεκτικότητα νιτρικών στα λαχανικά μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 10.000 mg kg<sup>-1</sup> (Ximenas et al., 2001).

### **Επιτρεπτά όρια νιτρικών**

Για τη συνολική ποσότητα νιτρικών που προσλαμβάνονται καθημερινά, η Ευρωπαϊκή Ένωση δια της αρμόδιας επιτροπής τροφίμων, εισηγήθηκε το 1995, ως Επιτρεπτή Ημερήσια Δόση (Acceptable Daily Intake) (ADI) :

$$\text{ADI} = 3.65 \text{ mg NO}_3^- / \text{kg σωματικού βάρους}$$

Η αντίστοιχη ποσότητα για τις Η.Π.Α είναι :

$$\text{ADI} = 3.2 \text{ mg NO}_3^- / \text{kg σωματικού βάρους}$$

Στον παρακάτω πίνακα 1.2. παρουσιάζονται τα όρια που έχουν προταθεί για πολλά είδη λαχανικών με την οδηγία της Ε.Ε. (VI / 3080 / 93 Rev.7) . Η κατώτερη τιμή

του ορίου αναφέρεται σε συγκομιδή το καλοκαίρι (Απρίλιος – Οκτώβριος) και η μεγαλύτερη αφορά συγκομιδή το χειμώνα (Νοέμβριος- Μάρτιος). Οι τιμές εκφράζονται σε  $\text{mg NO}_3^- / \text{kg}$  φρέσκου βάρους ( $\text{ppm NO}_3^- \text{ F.W}$ ).

**Πίνακας 1.2.** Ανώτερα όρια νιτρικών ιόντων σε λαχανικά κατά την οδηγία VI / 3080 / 93 Rev.7 της Ε. Ένωσης.

<b>Είδος</b>	<b>Ανώτερα Όρια (<math>\text{mg NO}_3^- / \text{kg F.W}</math>)</b>
Μαρούλι	2500 - 4500
Σπανάκι	2500 - 3000
Καλαμπόκι	2500 - 3500
Παντζάρι	3500 - 4500
Λάχανο	1500
Καρότο	1500
Παιδικές τροφές	250

## **2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **2.1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Εδώ και χρόνια ένας πολύ μεγάλος αριθμός σποροφύτων παράγεται στο υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (Float system), το οποίο αποδεδειγμένα δίνει φυτά με άριστα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά και μάλιστα σε συντομότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με ένα συμβατικό σπορείο. Τα τελευταία όμως χρόνια, το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια φυτών (κυρίως φυλλωδών) με πολύ καλά αποτελέσματα. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, καθώς και τη συζήτηση που γίνεται εδώ και χρόνια για την επίδραση των νιτρικών στον άνθρωπο, στην παρούσα εργασία, έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η δυνατότητα καλλιέργειας μαρουλιού και ρόκας σε σύστημα επίπλευσης, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζώτου.

### **2.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πλαστικό, μερικώς αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο του Τμήματος Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, το οποίο περιελάμβανε παράθυρα οροφής, πλευρικά παράθυρα και σύστημα δυναμικού εξαερισμού.

Η πειραματική εγκατάσταση αποτελείτο από 9 κλειστά, ανεξάρτητα μεταξύ τους υδροπονικά συστήματα (πειραματικές μονάδες) (εικόνα 2.1.). Κάθε πειραματική μονάδα αποτελούνταν από μια λεκάνη επίπλευσης διαστάσεων 1,2X1,1X0,2 m (εικόνα 2.1.). Οι λεκάνες καλλιέργειας, οι οποίες ήταν ξύλινες, καλύφθηκαν με



**Εικόνα 2.1. Λεκάνες επίπλευσης  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)**

διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου μαύρου χρώματος και τοποθετήθηκαν πάνω σε παχύ στρώμα πολυστερίνης για αποφυγή σχισίματος του πολυαιθυλενίου. Σε κάθε λεκάνη ήταν τοποθετημένες δύο αντλίες αέρα για την σωστή οξυγόνωση των ριζών των φυτών.

Κάθε λεκάνη τροφοδοτούνταν με θρεπτικό διάλυμα, ανάλογης περιεκτικότητας σε N, από ένα βαρέλι 60 lit, το οποίο ήταν τοποθετημένο πάνω σε μια μεταλλική βάση (εικόνα 2.2.). Το θρεπτικό διάλυμα έφευγε από το βαρέλι και έρεε (λόγω της βαρύτητας) στην λεκάνη μέσω ενός λάστιχου φ20, το οποίο ήταν συνδεδεμένο με ένα φλοτέρ, ώστε να συμπληρώνεται αυτόματα με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα η ποσότητα που απομακρυνόταν από τη λεκάνη, λόγω της απορρόφησης των φυτών.



**Εικόνα 2.2. Λεκάνες επίπλευσης**  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Τα 9 βαρέλια τροφοδοσίας των λεκανών γεμίζονταν κάθε 2-3 ημέρες χειροκίνητα, μέχρι τελικού όγκου 50 lit, από 3 μεγάλα βαρέλια των 120 lit, ένα για την κάθε μεταχείριση N. Τα βαρέλια αυτά ήταν τοποθετημένα δίπλα στην πειραματική εγκατάσταση και το καθένα συνδεόταν με αντλία 1.5 hp για την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.



**Εικόνα 2.3. Φυτά ρόκας**  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν φυτά ρόκας (*ErUCA sativa*, Φυτοτεχνική) και μαρουλιού (τύπου Ρωμάνα, Φυτοτεχνική). Η σπορά έγινε στις 24/03/2009 για την ρόκα και στις 23/03/2009 για το μαρούλι. Η βλάστηση των σπόρων έγινε σε 2 ημέρες για την ρόκα και σε 3 ημέρες για το μαρούλι. Η μεταφύτευση έγινε σε δίσκους



**Εικόνα 2.3. Φυτά μαρουλιού**  
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

πολυστερίνης, οι όποιοι είχαν υπόστρωμα τύρφης και περλίτη, στο στάδιο των δυο κοτυληδόνων. Ακολούθησε η είσοδος των φυτών στις λεκάνες επίπλευσης όταν τα φυτά βρίσκονταν στο 2<sup>ο</sup> με 3<sup>ο</sup> πραγματικό φύλλο.

Για τους σκοπούς του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δίσκοι πολυστερίνης 60 θέσεων, με 46 φυτά ανά δίσκο (23 μαρούλι και 23 ρόκα) και αποστάσεις 15cm x 15 cm μεταξύ των φυτών. Συνολικά τοποθετήθηκαν 6 δίσκοι σε κάθε λεκάνη καλλιέργειας.

Στο πείραμα εγκαταστάθηκαν 3 επίπεδα N 100, 150 και 200 ppm. Στο πειραματικό σχέδιο, οι 3 πειραματικές επεμβάσεις (μεταχειρίσεις) επαναλαμβανόταν τρεις φορές η κάθε μία και ήταν τυχαία κατανεμημένες σε τρεις ομάδες στο χώρο του θερμοκηπίου (σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων). Στον παρακάτω πίνακα 2.1. παρουσιάζεται η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος για τα 3 επίπεδα N.

**Πίνακας 2.1.** Συγκεντρώσεις θρεπτικού διαλύματος με τρία διαφορετικά επίπεδα N.

100 ppm N			150 ppm N			200 ppm N		
$E_t^*$	2,00	dS/m	$E_t^*$	2,00	dS/m	$E_t^*$	2,00	dS/m
pH opt.	5,6		pH opt.	5,6		pH opt.	5,6	
[K]	6,000	mmol/l	[K]	6,000	mmol/l	[K]	6,000	mmol/l
[Ca]	3,500	mmol/l	[Ca]	3,500	mmol/l	[Ca]	3,500	mmol/l
[Mg]	2,000	mmol/l	[Mg]	2,000	mmol/l	[Mg]	2,000	mmol/l
[NO <sub>3</sub> ]	6,143	mmol/l	[NO <sub>3</sub> ]	9,714	mmol/l	[NO <sub>3</sub> ]	13,286	mmol/l
[NH <sub>4</sub> ]	1,000	mmol/l	[NH <sub>4</sub> ]	1,000	mmol/l	[NH <sub>4</sub> ]	1,000	mmol/l
[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]	1,200	mmol/l	[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]	1,200	mmol/l	[H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ]	1,200	mmol/l
[Fe] <sub>t</sub>	25,00	μmol/l	[Fe] <sub>t</sub>	25,00	μmol/l	[Fe] <sub>t</sub>	25,00	μmol/l
[Mn] <sub>t</sub>	10,00	μmol/l	[Mn] <sub>t</sub>	10,00	μmol/l	[Mn] <sub>t</sub>	10,00	μmol/l
[Zn] <sub>t</sub>	4,00	μmol/l	[Zn] <sub>t</sub>	4,00	μmol/l	[Zn] <sub>t</sub>	4,00	μmol/l
[Cu] <sub>t</sub>	0,70	μmol/l	[Cu] <sub>t</sub>	0,70	μmol/l	[Cu] <sub>t</sub>	0,70	μmol/l
[B] <sub>t</sub>	30,00	μmol/l	[B] <sub>t</sub>	30,00	μmol/l	[B] <sub>t</sub>	30,00	μmol/l
[Mo] <sub>t</sub>	0,50	μmol/l	[Mo] <sub>t</sub>	0,50	μmol/l	[Mo] <sub>t</sub>	0,50	μmol/l
[S]	0,00	mmol/l	[S]	0,00	mmol/l	[S]	0,00	mmol/l
Fe σε χηλικόFe	6	(% w/w)	Fe σε χηλικό Fe	6	(% w/w)	Fe σε χηλικό Fe	6	(% w/w)

Μετά την έναρξη των μεταχειρίσεων πραγματοποιήθηκαν ορισμένοι προληπτικοί ψεκασμοί με Alliete και Confidor, ενώ για τον έλεγχο μυκήτων εφαρμόστηκαν δύο φορές μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, τα μυκητοκτόνα Previcur και Carezim. Επίσης, μετά την έναρξη



του πειράματος πραγματοποιούνταν κάθε δύο μέρες μέτρηση και καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του διαλύματος της κάθε λεκάνης με φορητό αγωγιμόμετρο και ρύθμιση του pH στο 5,6, με προσθήκη αραιού HNO<sub>3</sub>, μέσω του φορητού pH-μέτρου.

Τέλος, κάθε τρεις μέρες γινόταν μέτρηση και καταγραφή του όγκου του εκάστοτε δοχείου τροφοδοσίας και σύμφωνα με τον αρχικό όγκο των 50 l, υπολογιζόταν και καταγραφόταν η κατανάλωση νερού από τα φυτά κάθε λεκάνης. Με βάση τον όγκο της κατανάλωσης, κάθε δοχείο συμπληρωνόταν με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα μέχρι τα 50 l.



Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις που αφορούσαν στην βλαστική ανάπτυξη των φυτών (νωπό - ξηρό βάρος, αριθμός φύλλων). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τη συλλογή του υπέργειου μέρους δύο φυτών από κάθε κανάλι καλλιέργειας και τη ζύγισή τους για τον προσδιορισμό του νωπού τους



βάρους. Για τη μέτρηση του ξηρού βάρους, τα υπέργεια τμήματα των φυτών τοποθετούνταν σε φούρνο ξήρανσης στους 65° C μέχρι τη σταθεροποίηση του βάρους τους, το οποίο και καταγραφόταν.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις των φυσιολογικών παραμέτρων με χρήση της φορητής συσκευής ADC BioScientific (U.K.), η οποία παρείχε τη δυνατότητα της ταυτόχρονης μέτρησης του ρυθμού φωτοσύνθεσης (Pn σε  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), της

αγωγιμότητας των στοματίων ( $g_s$  σε  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) και του ρυθμού διαπνοής (E σε  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ).

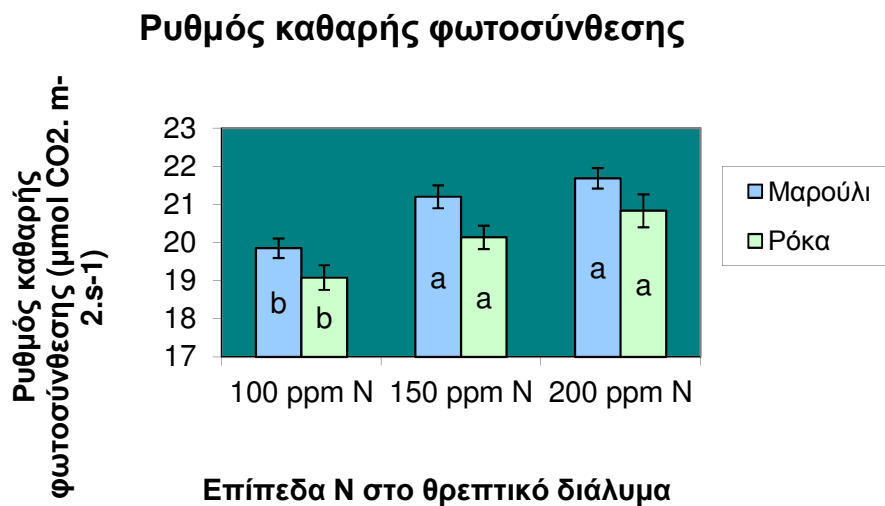
Τέλος, πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις της συγκέντρωσης των νιτρικών στα φύλλα και τις ρίζες των φυτών μαρουλιού και ρόκας. Για τη μέτρηση των νιτρικών χρησιμοποιήθηκε η φασματοφωτομετρική μέθοδος προσδιορισμού του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς, με νιτροποίηση του σαλικυλικού οξέος (Cataldo *et al.* 1975). Σύμφωνα με τη μέθοδο, κάθε ξηρό δείγμα λειοτριβήθηκε σε τεμάχια διαμέτρου 0,25 mm με την βοήθεια του μύλου και ακολούθως ελήφθησαν 100 mg και τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα μαζί με 10 ml απιονισμένο νερό. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετήθηκαν για επώαση σε υδατόλουτρο για 1h και σε θερμοκρασία 45 °C. Μετά το πέρας της 1h, έγινε φυγοκέντρηση στις 3000 στροφές για 3min και ακολούθησε διήθηση των δειγμάτων με ηθμούς, ενώ το διήθημα συγκεντρώθηκε σε πλαστικά μπουκαλάκια των 100 ml. Από το κάθε μπουκαλάκι, τοποθετήθηκε ποσότητα 0,2 ml σε κωνική φιάλη μαζί με 0,8 ml σαλικυλικό οξύ 5% (w/v) σε πυκνό θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) και ταυτόχρονη ανάδευση. Τα δείγματα αφέθηκαν για 20-25min προκειμένου να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου. Στην συνέχεια σε κάθε κωνική προστέθηκαν 19 ml 2N NaOH, με αργό ρυθμό και ταυτόχρονη ανάδευση. Τα δείγματα αφέθηκαν για άλλα 20-25min, προκειμένου να κρυσώσουν και στη συνέχεια έγινε η μέτρηση της απορρόφησης των νιτρικών με το φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 410 nm.

Η στατιστική επεξεργασία και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του πειράματος πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα PlotIT 3.2. και το Excell.



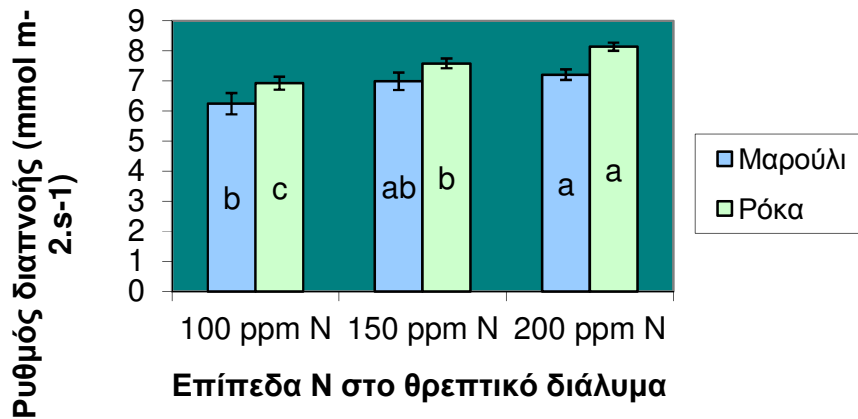
### 2.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα διαγράμματα 2.1. και 2.2. παρουσιάζεται ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης και διαπνοής των φυτών, στις τρεις επεμβάσεις του πειράματος. Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι, τόσο η φωτοσύνθεση, όσο και η διαπνοή των φυτών του μαρουλιού και της ρόκας, αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα. Επίσης, στο διάγραμμα 2.1 φαίνεται ότι ο ρυθμός της καθαρής φωτοσύνθεσης στα φυτά μαρουλιού ήταν μεγαλύτερη από αυτήν που μετρήθηκε στα φυτά ρόκας. Αντίθετα, ο ρυθμός της διαπνοής των φυτών μαρουλιού ήταν μικρότερος από αυτόν που μετρήθηκε στα φυτά της ρόκας. Οι τιμές φωτοσύνθεσης που μετρήθηκαν στη μεταχείριση 100 ppm N, διέφεραν σημαντικά στατιστικά με τις τιμές των άλλων δυο επεμβάσεων, τόσο για το μαρούλι, όσο και για τη ρόκα. Αντίθετα, όσον αφορά τη διαπνοή, παρουσιάστηκαν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε όλες τις μεταχειρίσεις για τη ρόκα, ενώ στο μαρούλι διέφεραν σημαντικά μόνο οι μεταχειρίσεις των 100 και 200 ppm.



**Διάγραμμα 2.1.** Ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης φυτών μαρουλιού και ρόκας στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

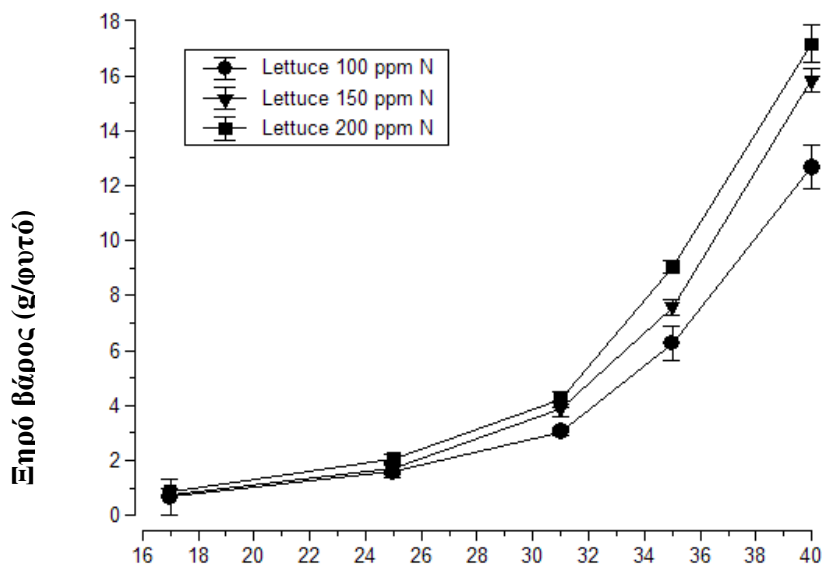
## Ρυθμός διαπνοής



**Διάγραμμα 2.2.** Ρυθμός διαπνοής φυτών μαρουλιού και ρόκας στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

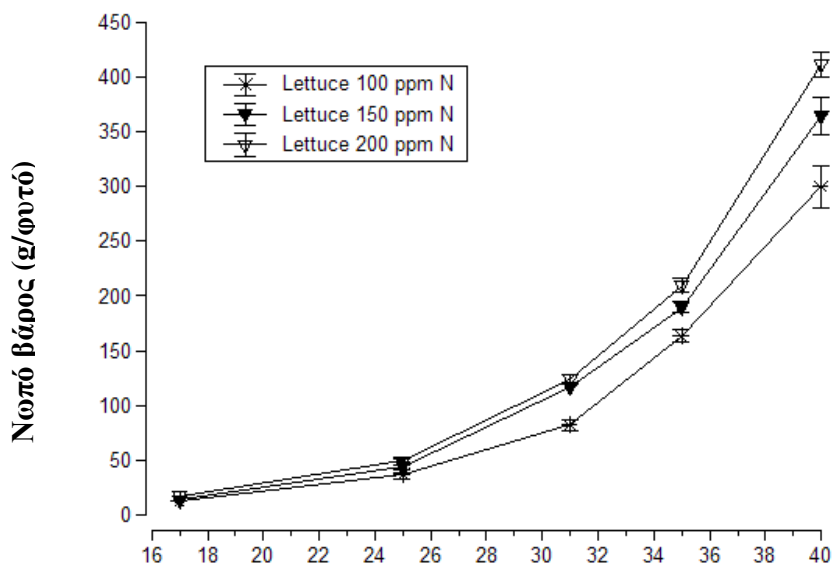
Η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα, προκάλεσε τη διαφοροποίηση της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών μαρουλιού και ρόκας μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων. Η πορεία της αύξησης του ξηρού και νωπού βάρους των υπέργειων τμημάτων των φυτών μαρουλιού και ρόκας, στα τρία επίπεδα N, παρουσιάζεται στα διαγράμματα 2.3, 2.4, 2.5 και 2.6.

Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα, η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε την αύξηση του ξηρού και νωπού βάρους των φυτών μαρουλιού και ρόκας κατά τέτοιο τρόπο ώστε, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του N (200 ppm) να αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τιμές τόσο του νωπού, όσο και του ξηρού βάρους. Επίσης, σύμφωνα με τα διαγράμματα 2.3, 2.4, 2.5 και 2.6, η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων, ως προς την αύξηση τόσο του ξηρού, όσο και του νωπού βάρους των φυτών μαρουλιού και ρόκας, εμφανίστηκε μετά την 25<sup>η</sup> ημέρα από την έναρξη των επεμβάσεων και αυξήθηκε με το πέρασμα του χρόνου.



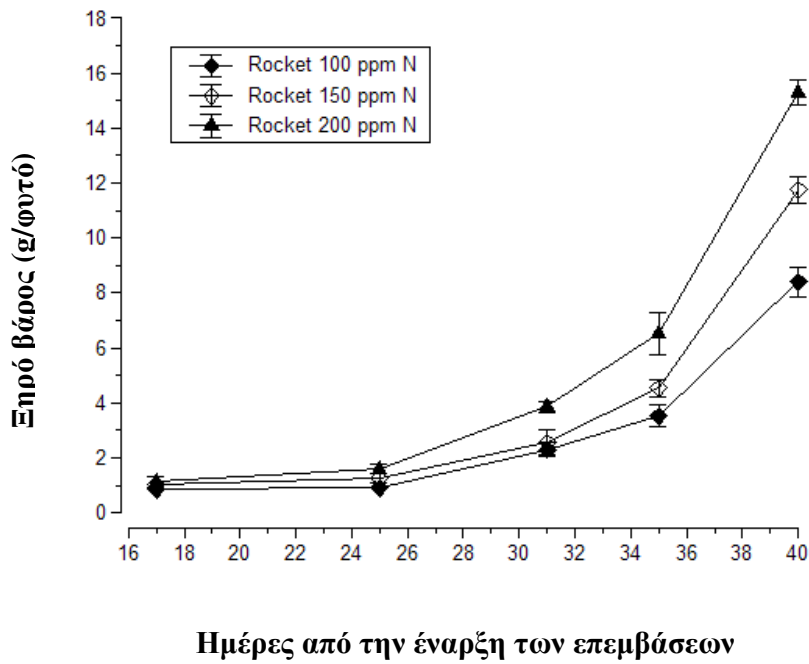
### Ημέρες από την έναρξη των επεμβάσεων

**Διάγραμμα 2.3.** Ξηρό βάρος φυτών μαρουλιού σε τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα. Οι γραφικές παραστάσεις αντιστοιχούν στα τρία επίπεδα N, τα οποία παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα.

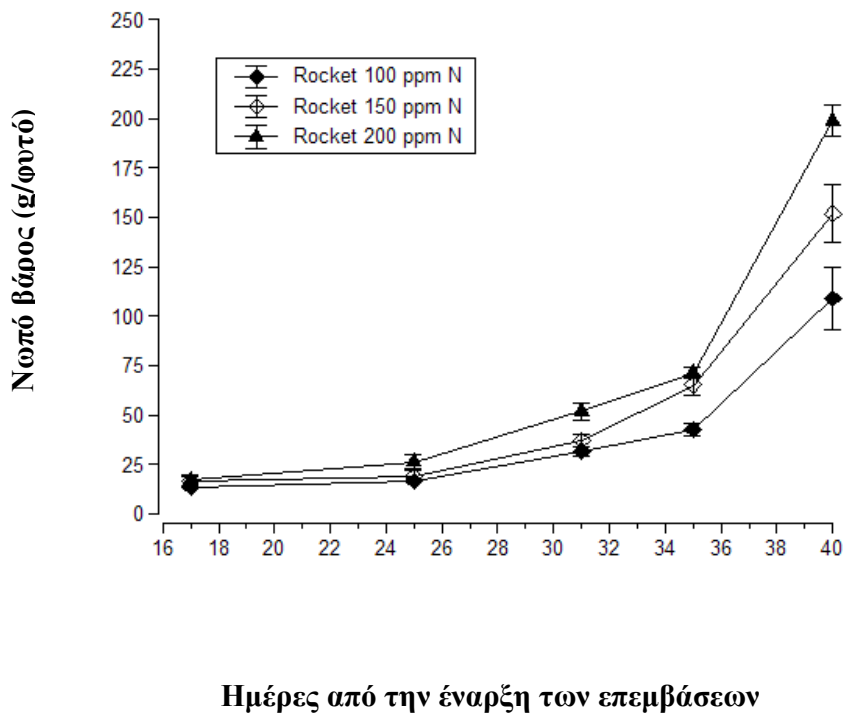


### Ημέρες από την έναρξη των επεμβάσεων

**Διάγραμμα 2.4.** Νωπό βάρος φυτών μαρουλιού σε τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα. Οι γραφικές παραστάσεις αντιστοιχούν στα τρία επίπεδα N, τα οποία παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα.



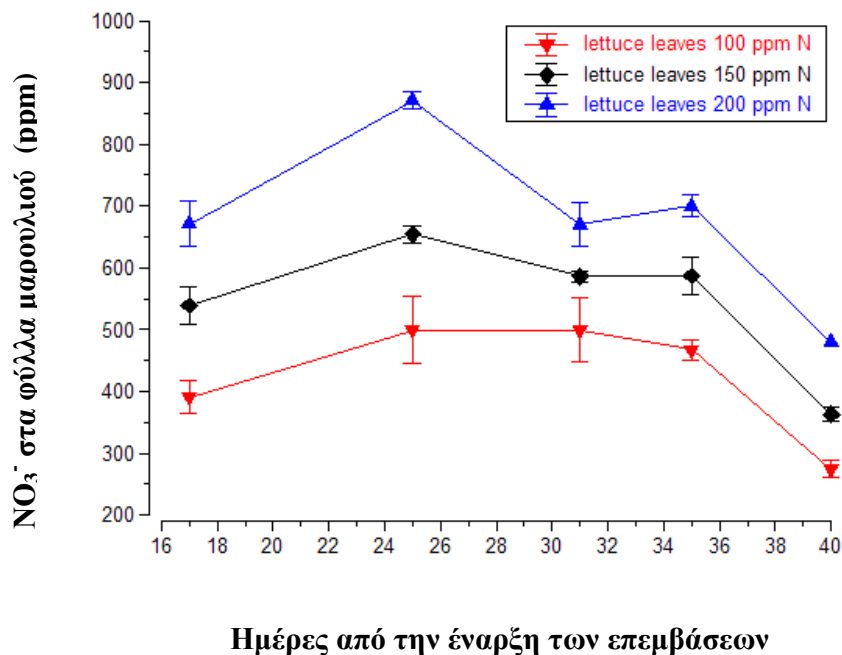
**Διάγραμμα 2.5.** Ξηρό βάρος φυτών ρόκας σε τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα. Οι γραφικές παραστάσεις αντιστοιχούν στα τρία επίπεδα N, τα οποία παρουσιάζονται με αφορετικά σύμβολα.



**Διάγραμμα 2.6.** Νωπό βάρος φυτών ρόκας σε τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα. Οι γραφικές παραστάσεις αντιστοιχούν στα τρία επίπεδα N, τα οποία παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα.

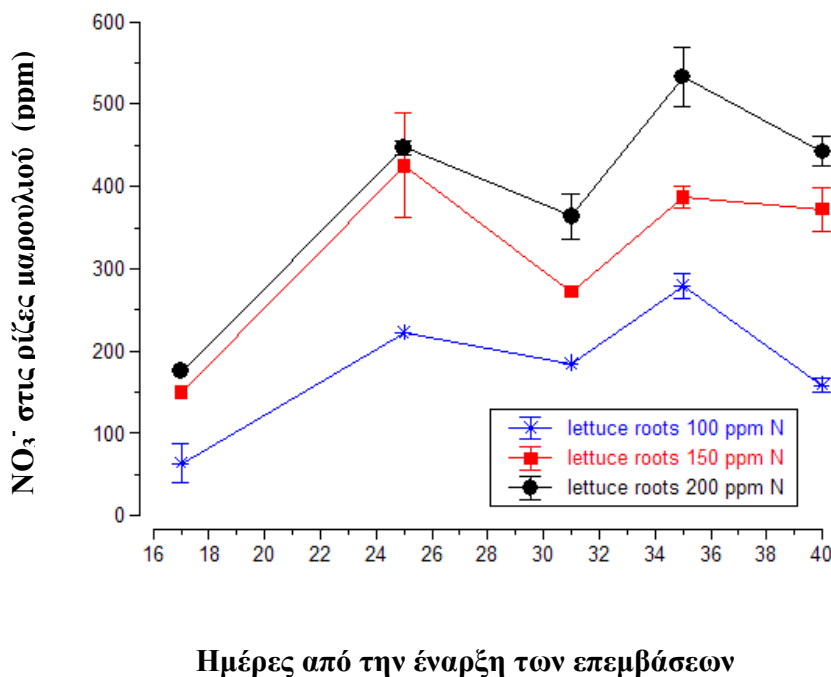
Στα διαγράμματα 2.7 και 2.8 παρουσιάζεται αντίστοιχα η συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα και τις ρίζες του μαρουλιού στις τρεις επεμβάσεις του πειράματος. Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα, η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε την αύξηση των νιτρικών τόσο στα φύλλα, όσο και στις ρίζες του μαρουλιού κατά τέτοιο τρόπο ώστε, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του N (200 ppm) στο θρεπτικό διάλυμα να αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τιμές των νιτρικών.

Επιπρόσθετα, από το διάγραμμα 2.7 προκύπτει ότι η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα, παρουσίασε αύξηση από την αρχή του πειράματος έως την 25<sup>η</sup> μέρα για όλες τις επεμβάσεις. Μετά την 25<sup>η</sup> μέρα η συγκέντρωση των νιτρικών παρουσίασε μείωση έως την 31<sup>η</sup> μέρα για τις επεμβάσεις των 150 και 200 ppm και παρέμεινε σχεδόν σταθερή για τη μεταχείριση των 100 ppm N. Από την 31<sup>η</sup> μέρα έως την 35<sup>η</sup> η συγκέντρωση των νιτρικών στη μεταχείριση των 100 ppm N παρουσίασε μικρή μείωση, στη μεταχείριση των 150 ppm N παρέμεινε σταθερή και στη μεταχείριση των 200 ppm παρουσίασε αύξηση. Από την 35<sup>η</sup> μέρα έως το τέλος του πειράματος όλες οι μεταχειρίσεις παρουσίασαν μεγάλη μείωση.



**Διάγραμμα 2.7.** Συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στα φύλλα μαρουλιού (ppm) στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

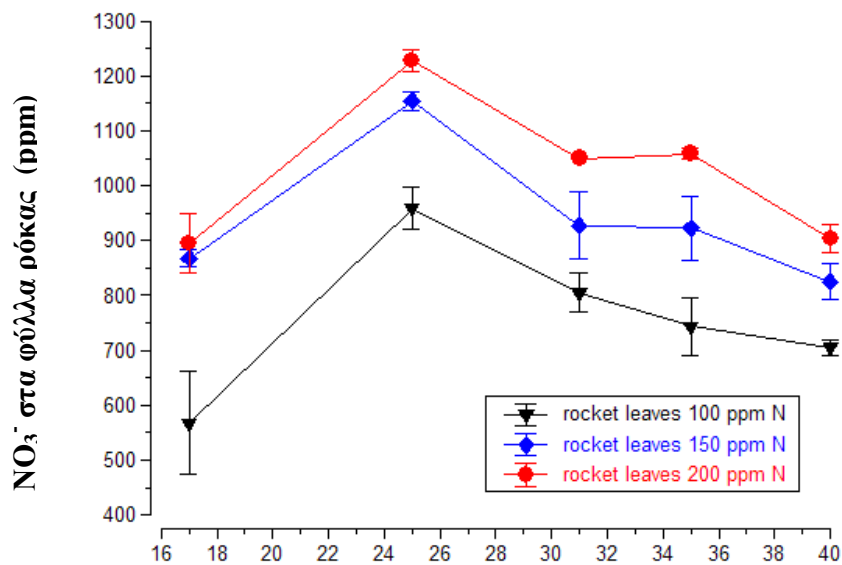
Σύμφωνα με το διάγραμμα 2.8, η συγκέντρωση των νιτρικών στις ρίζες των φυτών μαρουλιού αυξήθηκε από την έναρξη του πειράματος έως την 25<sup>η</sup> μέρα για όλες τις μεταχειρίσεις. Από την 25<sup>η</sup> μέρα έως την 31<sup>η</sup> μέρα παρατηρήθηκε μια μείωση της συγκέντρωσής τους στις ρίζες και στην συνέχεια από την 31<sup>η</sup> έως την 35<sup>η</sup> μέρα παρουσιάστηκε αύξηση για όλες τις επεμβάσεις, για να μειωθεί τελικά από την 35<sup>η</sup> μέρα έως το τέλος των επεμβάσεων.



**Διάγραμμα 2.8.** Συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στις ρίζες μαρουλιού (ppm) στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

Στα διαγράμματα 2.9 και 2.10 παρουσιάζεται αντίστοιχα η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και τις ρίζες φυτών ρόκας στις τρεις επεμβάσεις του πειράματος. Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα, η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε την αύξηση των νιτρικών τόσο στα φύλλα, όσο και στις ρίζες του μαρουλιού κατά τέτοιο τρόπο ώστε, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του N (200 ppm) στο θρεπτικό διάλυμα να αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τιμές των νιτρικών.

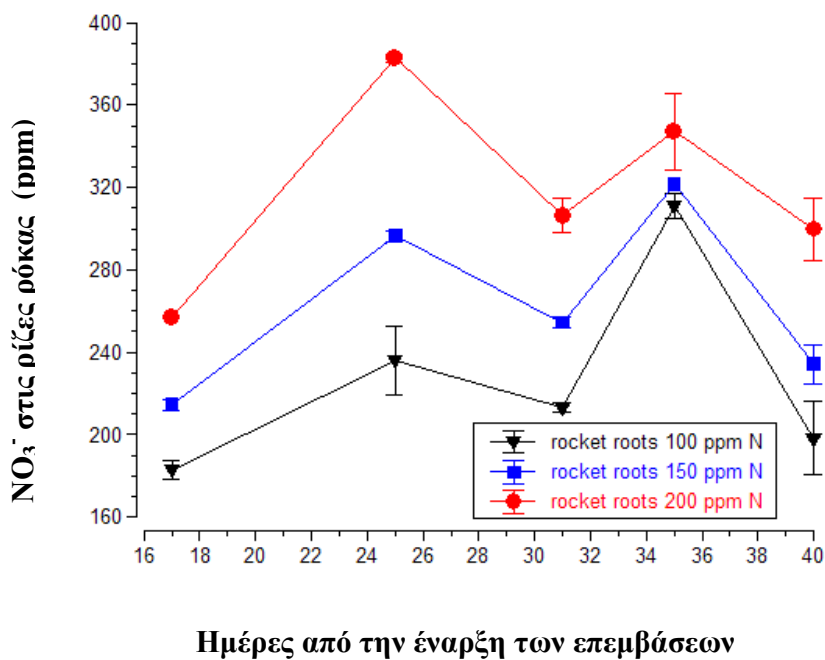
Σύμφωνα με το διάγραμμα 2.9 η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα ρόκας παρουσίασε έντονη αύξηση από την έναρξη των επεμβάσεων έως την 25<sup>η</sup> μέρα για όλες τις μεταχειρίσεις. Από την 25<sup>η</sup> μέρα όμως και έως το τέλος των επεμβάσεων καταγράφηκε σταδιακή μείωση των νιτρικών σε όλες τις επεμβάσεις.



### Ημέρες από την έναρξη των επεμβάσεων

**Διάγραμμα 2.9.** Συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στα φύλλα ρόκας (ppm) στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 2.10, η συγκέντρωση των νιτρικών στις ρίζες των φυτών ρόκας παρουσίασε αρκετές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος. Συγκεκριμένα, για όλες τις μεταχειρίσεις παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών από την έναρξη των επεμβάσεων έως και την 25<sup>η</sup> μέρα, μείωση από την 25<sup>η</sup> έως την 31<sup>η</sup> μέρα, έντονη αύξηση από την 31<sup>η</sup> ως την 35<sup>η</sup> μέρα και τέλος έντονη μείωση της συγκέντρωσης από την 35<sup>η</sup> μέρα έως το τέλος των επεμβάσεων.



**Διάγραμμα 2.10.** Συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  στις ρίζες ρόκας (ppm) στα τρία διαφορετικά επίπεδα N στο θρεπτικό διάλυμα.

Στον πίνακα 2.2. παρουσιάζεται η επίδραση των τριών επιπέδων N στο τελικό βάρος και αριθμό φύλλων φυτών μαρουλιού και ρόκας. Όπως προκύπτει από τον πίνακα η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε την αύξηση του τελικού βάρους και αριθμού φύλλων τόσο των φυτών μαρουλιού, όσο και της ρόκας, κατά τέτοιο τρόπο ώστε, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του N (200 ppm) στο θρεπτικό διάλυμα να αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τιμές βάρους και αριθμού φύλλων.

Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο τελικό βάρος στο μαρούλι μετρήθηκε στη μεταχείριση των 200 ppm N (411,42g) και το μικρότερο στη μεταχείριση των 100 ppm N (299,5g). Ομοίως ο μεγαλύτερος αριθμός φύλλων στο μαρούλι μετρήθηκε στη μεταχείριση των 200 ppm N (18,9) και ο μικρότερος στη μεταχείριση των 100 ppm N (16,1). Από τα αποτελέσματα που αφορούν στο τελικό μέσο βάρος του μαρουλιού, φαίνεται ότι σημαντικές στατιστικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ της μεταχείρισης των 100 ppm N και των άλλων δύο μεταχειρίσεων, ενώ σε σχέση με τον αριθμό φύλλων δεν προκύπτουν σημαντικές στατιστικές διαφορές.



Τέλος, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, το μεγαλύτερο τελικό βάρος στη ρόκα μετρήθηκε στη μεταχείριση των 200 ppm N (199,14g) και το μικρότερο στη μεταχείριση των 100 ppm N (108,95g). Ομοίως ο μεγαλύτερος αριθμός φύλλων στη ρόκα μετρήθηκε στη μεταχείριση των 200 ppm N (11,2) και ο μικρότερος στη μεταχείριση των 100 ppm N (10,2). Από τα αποτελέσματα που αφορούν στο τελικό μέσο βάρος της ρόκας, φαίνεται ότι μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων του πειράματος παρουσιάστηκαν σημαντικές στατιστικές διαφορές, ενώ σε σχέση με τον αριθμό φύλλων δεν προκύπτουν σημαντικές στατιστικές διαφορές.

**Πίνακας 2.2.** Επίδραση τριών επιπέδων αζώτου στο μέσο τελικό βάρος (g/φυτό) και τον αριθμό φύλλων μαρουλιού και ρόκας. Οι τιμές είναι μέσοι 3 επαναλήψεων. Σε κάθε στήλη, τιμές που συνοδεύονται από διαφορετικό λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

<b>Μεταχείριση</b>	<b>Μέσο βάρος μαρουλιού (g/φυτό)</b>	<b>Αριθμός φύλλων ανά φυτό μαρουλιού</b>	<b>Μέσο βάρος ρόκας (g/φυτό)</b>	<b>Αριθμός φύλλων ανά φυτό ρόκας</b>
<b>100 ppm N</b>	<b>299,5 b</b>	<b>16,1 ab</b>	<b>108,95 c</b>	<b>10,2 ab</b>
<b>150 ppm N</b>	<b>364,44 a</b>	<b>17,2 a</b>	<b>152,02 b</b>	<b>10,4 a</b>
<b>200 ppm N</b>	<b>411,42 a</b>	<b>18,9 a</b>	<b>199,14 a</b>	<b>11,2 a</b>

## 2.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις μετρήσεις και παρατηρήσεις που καταγράφηκαν και που παρατίθενται στα σχετικά διαγράμματα και πίνακες προκύπτουν τα παρακάτω:

- Η καλλιέργεια φυτών μαρουλιού και ρόκας με το σύστημα επίπλευσης (float system) είναι απολύτως εφικτή με άριστα αποτελέσματα από πλευράς ανάπτυξης και παραγωγής.
- Το χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε ώστε να φθάσουν τα φυτά στο τελικό στάδιο παραγωγής ήταν πολύ σύντομο (40 ημέρες από τη σπορά στη συγκεκριμένη εποχή), γεγονός που δείχνει τη σημαντικότητα και καταλληλότητα του υδροπονικού συστήματος επίπλευσης και για την καλλιέργεια φυτών, εκτός της χρήσης του για την παραγωγή σποροφύτων.
- Τα φυτά μαρουλιού και ρόκας ήταν απολύτως υγιή, κανονικά σε ανάπτυξη και με καλά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις φυσιολογικές παραμέτρους (φωτοσύνθεση - διαπνοή), σε όλες τις πειραματικές επεμβάσεις.
- Λόγω της έγχυσης αέρα στις λεκάνες καλλιέργειας επιτεύχθηκε ο επαρκής αερισμός του διαλύματος και του ριζικού συστήματος του φυτών, γεγονός που προκάλεσε τη μέγιστη δυνατή επιτάχυνση του μεταβολικού τους ρυθμού.
- Η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα, από τα 100 στα 200 ppm N, προκάλεσε την αύξηση του ξηρού και νωπού βάρους των φυτών μαρουλιού και ρόκας κατά τέτοιο τρόπο ώστε, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του N (200 ppm) να αντιστοιχεί στις μεγαλύτερες τιμές του νωπού και ξηρού βάρους, τόσο στο μαρούλι, όσο και στη ρόκα. Η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων, ως προς την αύξηση τόσο του ξηρού, όσο και του νωπού βάρους εμφανίστηκε και για τα δύο φυτά μετά την 25<sup>η</sup> ημέρα από την έναρξη των επεμβάσεων και αυξήθηκε έντονα με το πέρασμα του χρόνου.
- Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα, τόσο του μαρουλιού, όσο και της ρόκας, ήταν πολύ χαμηλότερη από τα ανώτερα όρια νιτρικών ιόντων σε λαχανικά σύμφωνα με την οδηγία VI / 3080 / 93 Rev.7 της Ε. Ένωσης.
- Ειδικότερα, η αύξηση της συγκέντρωσης του N στο θρεπτικό διάλυμα προκάλεσε την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών τόσο στα φύλλα,

όσο και στις ρίζες και των δύο φυτών. Η συγκέντρωση των νιτρικών στα φύλλα και των δύο φυτών παρουσίασε έντονη αύξηση για όλες τις μεταχειρίσεις, από την έναρξη των επεμβάσεων έως την 25<sup>η</sup> μέρα και σταδιακή μείωση των νιτρικών από την 25<sup>η</sup> μέρα έως το τέλος του πειράματος. Το γεγονός αυτό οφείλεται μάλλον στην αφομοίωση και χρήση των νιτρικών αλάτων από τα φυτά για την ανάπτυξή τους (έντονη ανάπτυξη μετά την 25<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος) και στην εποχή καλλιέργειας (αποτροπή συσσώρευσης λόγω των συνθηκών φωτισμού).

Από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού προκύπτει το συμπέρασμα ότι το υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (Float system) μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την καλλιέργεια μαρουλιού και ρόκας σε ευρεία κλίμακα, αρκεί να τηρηθούν με σχολαστικότητα οι συνθήκες υγιεινής, παρθούν τα κατάλληλα μέτρα φυτοπροστασίας και εφαρμοστούν οι κατάλληλες φροντίδες περιποίησης των φυτών.

### **3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

#### **ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Καράταγλης Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Χάρις ΕΠΕ.

Ντζάνης, Η., 2003. Παραγωγή καπνοφυταρίων Βιρτζίνια με το υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (float system). Περιοδικό Γεωργία – Κτηνοτροφία, 2: 16-38

Ολυμπίος, Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης

Πασπάτης Ε. Α., 1990., Επίδραση εξωγενούς εφαρμογής γιββερελικού οξέως ( $GA_3$ ) στην παραγωγή σπανακιού και την περιεκτικότητά του σε νιτρικά ( $NO_3^-$ ). Ζιζανιολογία 2(3): 161 – 166

Χριστοδούλου, Χ., 2003. Παρακολούθηση επιπέδων συγκέντρωσης νιτρικών σε μαρούλι «σαλάτα» που παράγεται σε υδροπονική καλλιέργεια στην περιοχή Αχαρνών Αττικής. Πτυχιακή εργασία

#### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Cantliffe D. J., 1972. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. J. Amer. Soc. Hort. Sci 97(2): 152 – 154

Cantliffe D.J., 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by Nitrogen, Phosphorus and Potassium, Nutrition and Light intensity, Agronomy Journal 65: 563 – 565

Cataldo DA, Haroon LE, Schrader LE, Youngs VL, 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Communications in Soil Science and Plant Analysis 6: 71–80.

Corre W.J. and Breimer T., 1979. Literary Survey 39 BUDOC, Wageningen, The Netherlands.

Granstedt R. C., Huffaker R. C., 1982. Identification on the leaf vacuole as a major Nitrate storage pool. Plant physiol 70: 410 – 413

Huarte- Mendicoa, J. C., Astiasaran, I., & Bello, J., 1997. Nitrate and nitrite levels in frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food Chemistry*, 58: 39- 42.

Kmiecik, W., Lisiewska, Z., & Slupski, J., 2004. Effect of freezing and storage of frozen products on the content of nitrate, nitrites, and oxalates in dill. *Food Chemistry*, 86: 105- 111.

MAFF: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food., 1998. 1997/98 UK monitoring programme for nitrate in lettuce and spinach, food surveillance information sheet no. 154, August 1998. London.

Martinoia E., Heck U., Wiemken A., 1981. Vacuoles as storage compartments for nitrate in barley leaves. *Nature (Lond)*. 289: 292 – 293

Maynard D.N., Barker A.V., Minotti P.L., & Peck N.H., 1976. Nitrate Accumulation in Vegetables, *Adv.Agron*. 28: 71-118.

Sandamaria P, Elia A, Serio F., 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. *Acta Horticulturae*, 548, 529- 537.

Subramanya R., Vest G. and Honma S., 1980. Inheritance of nitrate accumulation in lettuce. *Hortscience* 15(4): 525 – 526

Wolff I.A., Wasserman A.E., 1972. Nitrates, Nitrites and Nitrosamines. *Science* 177(4043): 15 – 19

Wright M. J., Davison K. L., 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Adv. Agron*. 16: 197 – 247

Ximenas, M. I. N., Rath, S., & Reyes, F. G. R., 2001. Polarographic determination of nitrate in vegetables. *Talanta*, 51: 49- 56.

## **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

<http://el.wikipedia.org/wiki/>

[http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site\\_Biotech/gewp\\_biot/Phys\\_Elem/An/AN\\_left.htm](http://biotech.aua.gr/EPEAEK/site_Biotech/gewp_biot/Phys_Elem/An/AN_left.htm)

<http://www.ekk.aua.gr/seminar/seminar11.pdf>

<http://users.forthnet.gr/xan/lkilint/plhrofories/nitrika.htm>

<http://www.neo.gr/website/xristian/nitrate.htm>

<http://www.agrool.gr/files/physiol.pdf>

<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/el.pdf>

<http://tobaccoinfo.utk.edu/PDFs/2003BurleyProdGuide/Chapter5.a-2003.pdf>

