

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
& ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : “ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΣΤΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΣΚΟΡΒΙΚΟΥ ΟΞΕΩΣ, ΚΑΛΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ ΣΕ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ (FLOAT SYSTEM)”

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

ΚΑΖΑΝΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (ΑΜ: 9602)

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ

ΨΑΘΑ ΕΛΕΝΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	2
Κεφάλαιο 1 –Γενικά για το μαρούλι	3
1.1 Καταγωγή –Ιστορικό του φυτού	3
1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας του μαρουλιού	5
1.3 Οικονομική σημασία μαρουλιού	6
1.4 Θρεπτική αξία μαρουλιού	6
1.5 Βοτανικοί χαρακτήρες	7
1.5.1 Φυτό	7
1.5.2. Βλαστός	7
1.5.3. Φύλλα	7
1.5.4. Ανθικό στέλεχος	7
1.5.5. Καρπός	9
1.5.6. Ρίζα	9
1.6 Βοτανικές και εμπορικές ποικιλίες	10
1.6.1. Κως ή Ρωμάνα (Cos ή Romaine): <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>longifolia</i> D.C.	10
1.6.2. Λείο, κεφαλωτό (Butterhead) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>Capitata</i> D.C.	10
1.6.3. Κατσαρό κεφαλωτό (Crisp head, Iceberg ή Curly) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i> D.C.	11
1.6.4. Χαλαρό ανοικτό φύλλωμα (Loose leaf) <i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>capitata</i> D.C.	12
1.7 Συνθήκες ανάπτυξης	12
1.7.1. Έδαφος	12
1.7.2. Εδαφική υγρασία	13
1.7.3. Θερμοκρασία	13
1.7.4. Φωτισμός	14
1.7.5. Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	14
1.8 Ρόκα	15
1.9 FLOAT SYSTEM	17
1.9.1 Γενικά για το FLOAT SYSTEM	17
1.9.2 Επιλογή του νερού	18

1.10 Η φυσιολογία του καλίου	18
1.11 Η φυσιολογία του μαγνησίου	19
1.12 Η φυσιολογία του αζώτου	20
1.12.1 Επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον	22
1.12.2 Επιπτώσεις του αζώτου στην ανθρώπινη υγεία	23
1.13 Χλωροφύλλες	24
Κεφάλαιο 2-Υλικά και μέθοδοι	26
2.1 Γενικές πληροφορίες	26
2.2 Πειραματικό σχέδιο	26
2.3 Χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν	27
2.3.1 Προσδιορισμός του μέσου βάρους	27
2.3.2 Προσδιορισμός χλωροφυλλών	27
2.3.3 Προσδιορισμός των ιόντων K^+ και Mg^{+2}	28
2.3.4 Προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων	29
2.4 Επεξεργασία Δεδομένων	30
Κεφάλαιο 3- Αποτελέσματα-Συζήτηση αποτελεσμάτων	31
3.1 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο μέσο βάρος και τον αριθμό των φύλλων των φυτών μαρουλιού και ρόκας	..31
3.2 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση της συνολικής χλωροφύλλης των φύλλων φυτών μαρουλιού και ρόκας	..32
3.3 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση K^+ στα φύλλα και τη ρίζα φυτών μαρουλιού και ρόκας	..35
3.4 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση Mg^{+2} στα φύλλα και τη ρίζα φυτών μαρουλιού και ρόκας	..41
3.5 Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς φυτών μαρουλιού και ρόκας	..46
Συμπεράσματα	51
Βιβλιογραφία	52

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στο μέσο βάρος των φυτών μαρουλιού και ρόκας, καθώς επίσης και στη συγκέντρωση χλωροφυλλών, ιόντων K^+ , Mg^{+2} και στη συσσώρευση των νιτρικών ιόντων στα φύλλα και τις ρίζες φυτών μαρουλιού και ρόκας που καλλιεργήθηκαν σε υδροπονικό σύστημα λεκανών, float system. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τρεις μεταχειρίσεις με διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (100, 150 και 200 ppm N). Για τη μελέτη της επίδρασης του αζώτου στους παραπάνω παράγοντες πραγματοποιήθηκαν διάφορες μετρήσεις, κατά την 7η, 15η, 26^η, 41η και 48^η ημέρα (συγκομιδή) από την έναρξη των μεταχειρίσεων τόσο του μαρουλιού όσο και της ρόκας. Σε κάθε συγκομιδή προσδιορίστηκε και μια σειρά παραγόντων. Συγκεκριμένα το νωπό μέσο βάρος των φυτών προσδιορίστηκε την 48^η ημέρα, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης και των ιόντων K^+ , Mg^{+2} στα φύλλα του μαρουλιού και της ρόκας κατά την διάρκεια από την 7^η έως και την 41^η ημέρα, ενώ οι ίδιοι παράγοντες στις ρίζες των δύο φυτών προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια από την 26^η έως και την 48^η ημέρα. Τέλος η συσσώρευση των νιτρικών στα φύλλα προσδιορίστηκε κατά το χρονικό διάστημα από την 15^η έως την 48^η ημέρα, ενώ στις ρίζες των φυτών από την 15^η έως την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.

Η αύξηση του χορηγούμενου αζώτου στα φυτά του μαρουλιού και της ρόκας είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής τους, (περισσότερα φύλλα, αυξημένο μέσο βάρος φυτών), αλλά και αύξηση στη συγκέντρωση των ιόντων K^+ , Mg^{+2} και στη συσσώρευση των νιτρικών τόσο στα φύλλα, όσο και στις ρίζες των φυτών. Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση στη συνολική χλωροφύλλη καθώς η ποσότητα του χορηγούμενου αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα αυξάνονταν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ

1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ-ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Λατινική ονομασία : *Lactuca sativa* L.

Οικογένεια: Compositae (κοιν. Σύνθετα)

Συνώνυμα: Λακτούκη, Μαρούλιον, Μαιούνιον (Βυζάντιο), Θρίδαξ, Σαλάτα.

Αγγλικά: Lettuce, Γαλλικά: Laitue, Γερμανικά: Kopfsalat, Ιταλικά: Lattuga.



Εικόνα 1. Συμβατική καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.)

Το καλλιεργούμενο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.) θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε είτε από το άγριο μαρούλι (*Lactuca serriola* L. ή *L. scariola* L.), το οποίο συναντάται ως ζιζάνιο στην Κρήτη και σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, είτε από διασταυρώσεις με τα άγρια είδη *L. saligna* L. και *L. virosa* L. Υπάρχουν πάνω από εκατό είδη στο γένος *Lactuca*. Το μαρούλι ανήκει στην μεγαλύτερη βοτανική οικογένεια, τα Σύνθετα, και στην υποδιαίρεση *Liguliflorae*. Συγγενικά είδη με το μαρούλι είναι το ραδίκι, το αντίδι κ.ά. (Ryder and Whitaker, 1976)

Το μαρούλι τύπου *Cos* πιστεύεται ότι έχει διαδοθεί από την Ελλάδα (το όνομα του προέρχεται από την νήσο Κω της Δωδεκανήσου). Επίσης χώροι προέλευσης του μαρουλιού θεωρούνται οι περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, Μικράς Ασίας, Καυκάσου, Περσίας και Τουρκιστάν. Στην Ελλάδα, αυτοφύονται 9 είδη του γένους *Lactuca*.



Εικόνα 2. Το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* L.

Απεικονίσεις του μαρουλιού τύπου *Cos* έχουν βρεθεί σε επιτύμβιες πλάκες στην Αίγυπτο από το 4500 π.Χ. και είναι γνωστό ότι το μαρούλι χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη διατροφή του ανθρώπου πάνω από 2000 χρόνια. Όμως, πριν από τη χρήση του ως τροφή του ανθρώπου χρησιμοποιήθηκε για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες, ως ναρκωτικό και παυσίπονο.

Ο χυμός του ήμερου μαρουλιού *L. sativa* καθώς και των *L. Virosa* (λακτούκη η τοξική) και *L. capitata*, είναι φαρμακευτικός, λαμβάνεται δε από τομές που γίνονται στον ανθοφόρο βλαστό του φυτού. Φαρμακευτικό είναι επίσης και το “θριδάκινον ύδωρ,” το οποίο λαμβάνεται μετά από απόσταξη των φύλλων του μαρουλιού. Τέλος, με σύνθλιψη του ανθοφόρου βλαστού λαμβάνεται η “θριδακία” (γαλλ. *Tridace*), “*tridace*.” Αναφέρεται ότι οι Πέρσες καλλιεργούσαν το μαρούλι τον 6ο π.Χ. αιώνα. Επίσης, ήταν γνωστό στους Αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους και αναφέρεται από τον Ηρόδοτο, Θεόφραστο, Διοσκουρίδη κ.ά. με το όνομα “θρίδαξ” ή “θριδακίνη,” ενώ οι Κύπριοι το ονόμαζαν “Βρένθις.” Ο Θεόφραστος το περιγράφει ως λαχανικό “επίσπορο”, ότι δηλαδή μπορεί να σπαρθεί πολλές φορές μέσα σε ένα έτος και μάλιστα περιγράφει τέσσερα διαφορετικά είδη. Στην Κίνα μεταφέρθηκε το 900 μ.Χ. Στην Αγγλία αναφέρεται για πρώτη φορά το κεφαλωτό μαρούλι, το 1543. Στη Γαλλία (ιδιαίτερα στην περιοχή του Παρισιού) για εκατοντάδες χρόνια εφαρμοζόταν μια ειδική μέθοδος καλλιέργειας μαρουλιού σε “τζάκια” με θερμοστρωμένες από ζυμωμένη κοπριά (Ολύμπιος, 2001).

1.2. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Σήμερα το μαρούλι, σε αντίθεση με πολλά άλλα είδη λαχανικών που καλλιεργούνται σε ορισμένες 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 μαρουλιού ενώ το 27% και 20% στη Β. & Κ. Αμερική και στην Ευρώπη, αντίστοιχα. Η Κίνα και οι Η.Π.Α. είναι οι κυριότερες χώρες παραγωγής σε διεθνές επίπεδο, ενώ η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Όσον αφορά τη διακίνηση (εισαγωγές-εξαγωγές) μαρουλιού στην Ευρώπη, Β. Αφρική και Μέση Ανατολή, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγουν μεγάλες ποσότητες ενώ η Ισπανία και η Ολλανδία εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες.

Στην Ελλάδα, το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως ως υπαίθρια καλλιέργεια καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα (όπου βρίσκονται περισσότεροι καταναλωτές). Το καλοκαίρι η παραγωγή μαρουλιού περιορίζεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σχηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μεγάλο μήκος ημέρας. Το πρόβλημα αυτό επιχειρείται σήμερα να αντιμετωπισθεί με την επιλογή ποικιλιών ανθεκτικών στον πρώιμο σχηματισμό ανθικών στελεχών. Σημειωτέον ότι η ζήτηση μαρουλιού είναι πολύ μεγάλη την καλοκαιρινή περίοδο. Εκτός από τις υπαίθριες καλλιέργειες, τα τελευταία χρόνια καλλιεργούνται μαρούλια και σε θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, επειδή η ανάπτυξη των φυτών γίνεται ταχύτερα και παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας. Στα θερμοκήπια το μαρούλι καλλιεργείται και υδροπονικά, κυρίως με το σύστημα Nutrient Film Technique (NFT).

Το παραγόμενο μαρούλι καταναλίσκεται αποκλειστικά στη ντόπια αγορά. Εξαγωγές δεν γίνονται όμως θα μπορούσε να καλλιεργηθούν τη χειμερινή περίοδο ορισμένες ποικιλίες μαρουλιών για εξαγωγές στις χώρες της Β. Ευρώπης (Ολύμπιος, 2001).

1.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι είναι το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό που χρησιμοποιείται ως σαλάτα στην Ελλάδα, κυρίως από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Σημαντικό επίσης είναι σε πάρα πολλές χώρες του κόσμου όπως: οι Η.Π.Α., οι χώρες της Κ. Ευρώπης, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και η Ιαπωνία. Είναι κατά κανόνα υπαίθρια καλλιέργεια, αλλά καλλιεργείται και σε θερμοκήπια σε χώρες όπου ο χειμώνας είναι πάρα πολύ ψυχρός, όπως στις Β. χώρες της Ευρώπης, στον Καναδά, στην Β. Αμερική κ.τ.λ (Ολύμπιος, 2001).

1.4. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Το μαρούλι τύπου Κως ή Ρωμάνα είναι πιο θρεπτικό από τον κεφαλωτό τύπο μαρουλιού, γιατί έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες Α και C. Το μαρούλι επίσης είναι μια καλή πηγή Ca και P. Η χημική σύσταση των διαφόρων τύπων μαρουλιού παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Στοιχεία	ΤΥΠΟΣ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ		
	Κεφαλωτό (Butterhead)	Ρωμάνα (Cos or Romaine)	Κατσαρό Κεφαλωτό (Crisphead)
Ενέργεια (θερμίδες)	11	16	11
Νερό (g)	96	94	95
Πρωτεΐνες (g)	1,2	1,6	0,8
Λίπη (g)	0,2	0,2	0,1
Υδατάνθρακες (g)	1,2	2,1	2,3
Βιταμίνη Α (IU)	1200	2600	300
Βιταμίνη Α (mg)	0,07	0,1	0,07
Βιταμίνη Α (mg)	0,07	0,1	0,03
Βιταμίνη Α (mg)	9	24	5
Νιασίνη (mg)	0,4	0,5	0,3
Αλατα Ca (mg)	40	36	13
Αλατα Fe (mg)	1,1	1,1	1,5
Αλατα Mg (mg)	16	6	7
Αλατα P (mg)	31	45	25

Πίνακας 1.1. Χημική σύσταση 100 gr φύλλων διαφόρων τύπων μαρουλιού (Howard *et al.*, 1962).

1.5. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ

Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδώδιμο ή ήμερο είναι διπλοειδές και έχει 18 χρωμοσώματα. Σε κανονικές συνθήκες είναι φυτό “μακράς ημέρας”, που σημαίνει ότι δεν παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη όταν η διάρκεια της ημέρας δεν υπερβαίνει κατά πολύ τις 12 ώρες φωτός (Ολύμπιος, 2001).

1.5.1 Φυτό

Το μαρούλι είναι φυτό μικρού βιολογικού κύκλου, ποώδες.

1.5.2. Βλαστός

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

1.5.3. Φύλλα

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

1.5.4. Ανθικό στέλεχος

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής σχηματίζεται ανθικό στέλεχος (ανθοφόρος βλαστός) ύψους 60–120 εκ., όρθιο, λείο, χωρίς άκανθες, διακλαδιζόμενο και πολύφυλλο (Εικόνα 3).



Εικόνα 3α. Μαρούλι με ανθικό στέλεχος. 3β. Λεπτομέρεια άνθους μαρουλιού

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και φέρονται σε ταξιανθίες - κεφαλές γύρω από τον ανθοφόρο βλαστό σε διακλαδώσεις, υπό μορφή κορυμβόμορφου βότρου ή φόβης και κάθε κεφαλή φέρει 15–25 άνθη. Τα άνθη (ανθίδια) είναι μικρά, κίτρινα, με στεφάνη που αποτελείται από 5 πέταλα ενωμένα μεταξύ τους, 5 στήμονες επίσης ενωμένους που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο, ο οποίος φέρει λεπτές τρίχες και καταλήγει σε δίλοβο στίγμα (Εικόνα 3). Τα άνθη πάνω στην ταξιανθία ανοίγουν σχεδόν ταυτόχρονα και τα στίγματα είναι επιδεκτικά επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Το μαρούλι αυτογονιμοποιείται. Όταν το άνθος είναι ώριμο και έτοιμο να ανοίξει, ο στύλος μεγαλώνει, οι ανθήρες ανοίγουν και ελευθερώνουν τη γύρη, η οποία πέφτει μέσα στον κώνο που σχηματίζουν στον οποίο βρίσκεται το στίγμα, με αποτέλεσμα να λάβει χώρα αυτοεπικονίαση μόλις ανοίξει το άνθος. Η σταυρεπικονίαση είναι δύσκολο και πολύ σπάνιο να γίνει στο μαρούλι αφενός γιατί τα έντομα δεν ελκύονται από τα άνθη του και αφετέρου της ιδιαίτερης κατασκευής και λειτουργίας του άνθους του. Η παραγωγή υβριδισμένου σπόρου στο μαρούλι δεν είναι εύκολη και γι' αυτό δεν κυκλοφορούν πολλά υβρίδια στην αγορά. Οι δυσκολίες για παραγωγή σπόρου υβριδίων οφείλεται στην αυτογονιμοποίηση του μαρουλιού, στη δυσκολία τεχνητής επικονίασης λόγω της κατασκευής του άνθους και στη δυσκολία πρόκλησης αρρενοστεριότητας με χημικά ή γενετικά μέσα.

1.5.5. Καρπός

Ο καρπός (σπόρος) είναι αχάινιο, μικρός, επιμήκης (3-4 χλστ.), χρώματος πρασινωπού ή λευκωπού ή γκριζωπού, λείος, με 5-7 ραβδώσεις και φέρει πάππο (pappus) από λεπτές λευκές τρίχες που είναι χαρακτηριστικό των Συνθέτων. Παλαιότερα, από τη συμπίεση των σπόρων γινόταν εξαγωγή λαδιού το οποίο χρησιμοποιείτο για διατροφή και ως φωτιστικό (Αίγυπτος).

1.5.6. Ρίζα

Το μαρούλι σχηματίζει ρίζα πασσαλώδη, όμως με τη διαδικασία της μιας ή περισσοτέρων μεταφυτεύσεων που ακολουθούνται, η κεντρική ρίζα του φυτού καταστρέφεται και αναπτύσσει θυσσανώδες επιφανειακό ριζικό σύστημα (Ολύμπιος, 2001), (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Ρίζες μαρουλιού σε υδροκαλλιέργεια

1.6 ΒΟΤΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Τα μαρούλια που καλλιεργούνται σήμερα, ανάλογα με τη μορφή και τη διάταξη των φύλλων τους στον κοντό βλαστό και το σχηματισμό ή απουσία κεφαλής, διακρίνονται στις ακόλουθες ομάδες (Δημητράκης, 1998):

1.6.1. Κως ή Ρωμάνα (Cos ή Romaine): *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* D.C.

Ονομάζεται Κως λόγω της καλλιέργειας του στη νήσο Κω και Ρωμάνα λόγω καλλιέργειας του από τη Ρωμαϊκή εποχή. Φυτό όρθιο, υψηλό, με λεπτή μικρή επιμήκη κεφαλή στο εσωτερικό και λεπτά μακριά φύλλα στο εξωτερικό με χρώμα συνήθως σκούρο πράσινο. Υπάρχουν καλλιεργούμενες ποικιλίες σε διάφορες αποχρώσεις του πράσινου χρώματος. Είναι το μαρούλι που προτιμάται σε Ελλάδα, Μέση Ανατολή και Β. Αφρική.



Εικόνα 5. Μαρούλι τύπου Κως ή Ρωμάνα.

1.6.2. Λείο, κεφαλωτό (Butterhead) *Lactuca sativa* L. var. *Capitata* D.C.

Το φυτό σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι μαλακά, το χρώμα ποικίλει από ελαφρύ έως βαθύ πράσινο. Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μαρουλιού σε Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη.



Εικόνα 6. Μαρούλι λείο κεφαλωτό τύπου Butterhead.

1.6.3. Κατσαρό κεφαλωτό (Crisp head, Iceberg ή Curly) *Lactuca sativa* L. var. *capitata* D.C.

Σχηματίζει σφαιρική περίπου κεφαλή, τα φύλλα είναι κυματοειδή (σγουρά) τραγανά και εύθραυστα. Το χρώμα ποικίλει από ελαφρύ μέχρι βαθύτερο πράσινο. Είναι ποικιλία που καλλιεργείται κυρίως στις Η.Π.Α. και στον Καναδά.



Εικόνα 7. Μαρούλια τύπου κατσαρό κεφαλωτό Iceberg.

1.6.4. Χαλαρό ανοικτό φύλλωμα (Loose leaf) *Lactuca sativa* L. var. *capitata* D.C.

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



Εικόνα 8. Μαρούλια τύπου Looseleaf (χαλαρό ανοικτό φύλλωμα).

1.7 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

1.7.1. Έδαφος

Το μαρούλι έχει υψηλές απαιτήσεις εδάφους. Απαιτεί εδάφη πολύ γόνιμα, πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, με καλή αποστράγγιση και πλούσια σε οργανική ουσία. Τα πιο κατάλληλα εδάφη για την καλλιέργεια του μαρουλιού είναι τα αμμοπηλώδη. Τα ελαφρά αμώδη εδάφη προτιμώνται για πρώιμη παραγωγή. Το άριστο pH κυμαίνεται μεταξύ 6,0 και 7,0. Το μαρούλι δεν ανέχεται τα εδάφη με μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων, γιατί προκαλούν καθυστέρηση στην ανάπτυξη του φυτού και υποβάθμιση της ποιότητας των φύλλων του, τα οποία αποκτούν σκούρο πράσινο χρώμα και δερματώδη υφή (Ολύμπιος, 1994).

1.7.2. Εδαφική υγρασία

Λόγω του επιφανειακού ριζικού συστήματος του μαρουλιού, η συχνότητα των ποτισμάτων του 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. Αντίθετα, μεγάλες διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους λόγω ακανόνιστων ποτισμάτων μπορεί να προκαλέσουν πίκρισμα των φύλλων. Η υπερβολική υγρασία του εδάφους δεν είναι επιθυμητή, ιδιαίτερα κατά την εποχή που σχηματίζεται η κεφαλή, γιατί μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό χαλαρών κεφαλών. Η απόφαση πότε θα εφαρμοστεί πότισμα και πόσο νερό θα δοθεί με κάθε πότισμα αποτελεί ένα από τα διαρκή και σοβαρά προβλήματα της καλλιέργειας του μαρουλιού (Ολύμπιος, 1994).

1.7.3. Θερμοκρασία

Το μαρούλι είναι φυτό ψυχρής εποχής και αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε χαμηλές θερμοκρασίες (μπορεί να αντέξει έως -5°C). Οι άριστες θερμοκρασίες τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού και την ποικιλία, την ηλικία του φυτού, την εποχή, την ένταση του φωτισμού και το επίπεδο CO_2 . Γενικά, συνιστάται η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας να κυμαίνεται από $5-7^{\circ}\text{C}$ χαμηλότερα από την αντίστοιχη θερμοκρασία της ημέρας και η θερμοκρασία στο σπορείο που τα φυτά είναι μικρά, να κυμαίνεται μεταξύ $2-3^{\circ}\text{C}$ υψηλότερα από τη θερμοκρασία στον κύριο χώρο ανάπτυξης της καλλιέργειας που τα φυτά είναι μεγαλύτερα. Η άριστη θερμοκρασία για την βλάστηση των σπόρων είναι μεταξύ $15-21^{\circ}\text{C}$.

- Για τα κεφαλωτά μαρούλια συνιστώνται οι εξής θερμοκρασίες:

Θερμοκρασία νύκτας: 15°C

Θερμοκρασία ημέρας με συννεφιά: $17-20^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία ημέρας ηλιόλουστης: $21-24^{\circ}\text{C}$

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

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

Θερμοκρασία ημέρας: 13-21 °C

Η διακύμανση της θερμοκρασίας που παρατηρείται παραπάνω, συνδέεται με την ένταση του φωτισμού. Πολλές ποικιλίες που ανήκουν σε διάφορους τύπους μαρουλιού έχουν την ικανότητα ευρείας προσαρμογής σε διάφορες θερμοκρασίες γι' αυτό μπορούν να καλλιεργηθούν διάφορες εποχές του χρόνου.

1.7.4. Φωτισμός

Ο φωτισμός είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τη βλάστηση των σπόρων καθώς και για την περαιτέρω ανάπτυξή του. Στην Ελλάδα, ο φωτισμός δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης του μαρουλιού λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια του χρόνου γι' αυτό δεν χρειάζεται επιπλέον τεχνητός φωτισμός της καλλιέργειάς του.

1.7.5. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Αναφέρεται ότι το μαρούλι είναι από τα φυτικά είδη που αντιδρούν περισσότερο στην αύξηση του CO₂ στο θερμοκήπιο (ανθρακολίπανση).

Η περιεκτικότητα σε CO₂ της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου το χειμώνα, κατά την διάρκεια της ημέρας, που παραμένει κλειστό, παρουσιάζεται χαμηλότερη από το κανονικό. Έχει αποδειχθεί ότι τεχνητή αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στα 1.000-2.000 ppm:

α) επιταχύνει το ρυθμό ανάπτυξης

β) προωρίζει την παραγωγή

γ) αυξάνει την παραγωγή

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του CO₂ στην καλλιέργεια του μαρουλιού μπορούν να συνοψιστούν στα εξής: Επιταχύνεται η ωρίμαση από 10 ημέρες μέχρι μερικές εβδομάδες. Αυξάνονται οι αποδόσεις κατά 40-100%, εφόσον όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της καλλιέργειας βρίσκονται σε άριστα επίπεδα. Υποκαθίσταται από το CO₂ η δυσμενής επίδραση της μειωμένης έντασης φωτισμού. Αυξάνεται η περιεκτικότητα του μαρουλιού σε ξηρή ουσία.

Οι διάφορες ποικιλίες μαρουλιού διαφέρουν στην αντίδραση τους στην ανθρακολίπανση

1.8 ΡΟΚΑ

Το Εύζωμον το ήμερον (*Eruca sativa*), της οικογένειας των σταυρανθών (Brassicaceae ή Cruciferae), είναι ετήσιο φυτό, ιθαγενές της Ευρώπης κοινό στην Ελλάδα και τις παραμεσόγειες χώρες, γνωστό με την κοινή ονομασία ρόκα, ή αρώματος (στην Κρήτη). Είναι λαχανικό γνωστό μεταξύ εκείνων που ονομάζονταν «επίσπορα» από τον Θεόφραστο, δηλαδή αυτών που μπορούν να σπαρθούν πολλές φορές κατά την διάρκεια του έτους. Είναι συγγενές με το φυτό *Eruca langirostra* δηλαδή την άγρια ρόκα ή αζούματο που παλαιότερα φύτρωνε σε μεγάλες εκτάσεις, σαν σπαρτό, και θεωρείτο φυτό με μελισσοκομική αξία (Γεννάδιος, 1959).



Εικόνα 9. Άνθος φυτού ρόκας

Η ρόκα είναι χειμωνιάτικο φυτό, ενώ ανθίζει από το Μάρτιο έως τον Ιούνιο. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 20 - 100 χιλιοστά με βλαστούς που διακλαδίζονται. Τα άνθη του φυτού είναι μπεζ με διάμετρο δύο έως τέσσερα εκατοστά και σχηματίζουν ταξιανθία κόρυμβο, με την τυπική δομή του άνθους των σταυρανθών. Τα πέταλα είναι μπεζ, με μωβ πορφυρές νευρώσεις και οι στήμονες κίτρινοι (Εικόνα 9). Το φυτό αποβάλλει τα σέπαλά του, αμέσως μετά την άνθιση. Τα φύλλα του είναι πτεροειδή, έλοβα με τέσσερις έως δέκα μικρούς, πλευρικούς λοβούς και ένα μεγάλο, ακραίο λοβό. Ο καρπός είναι μικρός, κωνικός, ραμφοειδής και περιέχει αρκετούς ωσειδής

σπόρους κίτρινου χρώματος. Ο βλαστός και τα φύλλα της ρόκας τρώγονται σε διάφορες σαλάτες, ενώ σε ορισμένες περιοχές μαγειρεύεται. Η ρίζα του φυτού είναι πασσαλώδης. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Η σπορά γίνεται με το χέρι (στα πεταχτά), από την Άνοιξη μέχρι το Φθινόπωρο. Σε μεγάλες καλλιέργειες η σπορά γίνεται με σπαρτικές μηχανές. Ευδοκμεί στα περισσότερα εδάφη με μικρή αντοχή στο pH (6-7). Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής σε διάφορες χώρες του κόσμου. Καλλιεργείται για τα μικρά της φύλλα και καταναλώνεται ως σαλάτα από μόνη της, ή σε ανάμειξη με άλλες σαλάτες. Στην περίπτωση αυτή, συγκομίζεται περίπου δεκαοχτώ ημέρες από την σπορά. Τα ώριμα φυτά συγκομίζονται τριάντα με πενήντα ημέρες από την σπορά και πωλούνται σε ματσάκια και συνήθως τρώγεται μαγειρεμένη. Η γεύση της είναι πιπεράτη, αρωματική και ελαφρώς πικρή. Η άγρια ρόκα έχει πιο πιπεράτη γεύση και πιο έντονο άρωμα από την καλλιεργούμενη (Εικόνα 10). Από τα σπόρια του φυτού λαμβάνεται ένα ελαφρώς καυστικό έλαιο που χρησιμοποιείται στην φαρμακευτική. Η ρόκα που χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς σκοπούς, πρέπει να συγκομίζεται κατά την ανθοφορία του φυτού.



Εικόνα 10. Φυτό άγριας ρόκας

1.9 FLOAT SYSTEM

1.9.1 Γενικά για το FLOAT SYSTEM

Η μέθοδος αυτή αφορά την παραγωγή φυταρίων σε θερμοκήπια με υψηλή ή χαμηλή κάλυψη μέσα σε λεκάνες με νερό, όπου έχουν προστεθεί θρεπτικά στοιχεία και φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Στο νερό επιπλέουν δίσκοι πολυουρεθανίου ή πολυστερόλης με κυψελίδες, που είναι τρυπημένες στο κάτω μέρος, έτσι ώστε να επιτρέπουν στις ρίζες να έρχονται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα. Η κάθε κυψελίδα γεμίζεται με ειδική τύρφη και τοποθετείται από την αρχή ένας σπόρος (κατά προτίμηση κουφετοποιημένος). Το μήκος καθώς και το πλάτος των λεκανών εξαρτάται από τον αριθμό των δίσκων και πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να εφαρμόζουν μεταξύ τους και να μην αφήνουν κενά τα οποία θα ευνοήσουν την ανάπτυξη αλγών στο νερό. Τα πλευρικά τοιχώματα των λεκανών πρέπει να γίνονται κατά προτίμηση με ξύλινες τάβλες ύψους 20 cm, η δε επικάλυψη με ειδικό, μαύρο πλαστικό (Ζαχοκώστας, 2003).

Συνήθως οι λεκάνες γεμίζονται σε ύψος 14-15 cm. Το ύψος αυτό για τα Ελληνικά δεδομένα με την έντονη ηλιοφάνεια και τις σχετικά μεγάλες τιμές εξατμισοδιαπνοής είναι ιδανικό για να εξασφαλίσει σταθερότερες συνθήκες θερμοκρασίας στο νερό των λεκανών και λιγότερες επεμβάσεις για τη συμπλήρωση της στάθμης του νερού.

Το γέμισμα των λεκανών ανάπτυξης με νερό είναι καλό να γίνεται την ίδια ημέρα που τοποθετούνται οι δίσκοι και γίνεται η σπορά. Αν το γέμισμα των λεκανών με νερό γίνει πολύ νωρίτερα από την τοποθέτηση των δίσκων, αυτό θα είχε ως συνέπεια τη θέρμανση του νερού, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη αλγών και μετέπειτα των τήξεων.

Βασικής σημασίας για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών είναι και η επάρκεια οξυγόνου στο νερό που βρίσκεται στη λεκάνη ανάπτυξης των ριζών. Ανεπάρκεια οξυγόνου στη ζώνη της ρίζας μπορεί να προκαλέσει μια σειρά αντιδράσεων στα φυτά, όπως μαρανση, φτωγή ανάπτυξη ή ακόμη και θάνατο των ριζών. Οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε ανεπάρκεια οξυγόνου, η οποία οφείλεται στη μείωση της διαλυτότητάς του και τη γρηγορότερη χρήση του από τους μικροοργανισμούς και τις ρίζες.

Επιπλέον στα υδροπονικά συστήματα float system πρέπει να επικρατούν άριστες συνθήκες υγιεινής για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών. Επειδή τα φυτά

αναπτύσσονται με τις ρίζες τους συνεχώς μέσα στο νερό, από τη στιγμή που θα εγκατασταθεί μια ασθένεια, η μετάδοσή της είναι πολύ εύκολη και γρήγορη.

1.9.2 Επιλογή του νερού

Το νερό που χρησιμοποιείται κάθε φορά για το γέμισμα των λεκανών πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας, καθαρό και να αποφεύγεται το στάσιμο και μολυσμένο νερό. Πρέπει επίσης να ελέγχεται το pH και η αλατότητα η οποία εκφράζεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και με το σύνολο των διαλυμένων αλάτων. Κατάλληλο νερό θεωρείται εκείνο που η ηλεκτρική αγωγιμότητα του δεν ξεπερνά τα 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ και το pH το 6-7. Σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό παρουσιάζει προβλήματα τότε πρέπει να χρησιμοποιείται νερό ύδρευσης, γιατί η ποσότητα του χλωρίου του είναι μικρή και δεν δημιουργεί προβλήματα (Ζαχοκώστας, 2003).

1.10 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΙΟΥ

Το κάλιο απορροφάται ως K^+ σε ποσότητες μεγαλύτερες από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο μετά το άζωτο. Στα μη ψυχανθή, η πρόσληψη του καλίου είναι παρόμοια με την πρόσληψη του N. Τα φυτά συνήθως απορροφούν το περισσότερο από το κάλιο που χρειάζονται κατά την διάρκεια του πρώτου μισού του κύκλου αύξησής τους. Υπάρχουν περιόδοι αιχμής όσον αφορά την απαίτηση για απορρόφηση καλίου στις περισσότερες καλλιέργειες και έντονη απαίτηση για κάλιο κατά την διάρκεια της άνθησης και της ανάπτυξης των καρπών. Αυτές τις περιόδους πρέπει να υπάρχει κάλιο διαθέσιμο για απορρόφηση (Wringley *et al.*, 1980).

Η πρόσληψη του καλίου επηρεάζεται από την στάθμη οξυγόνου στο έδαφος, περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Η σταθερή και εντατική πρόσληψη καλίου από τις ρίζες έχει αποδοθεί στην παρουσία ιονοφόρων, δηλαδή μορίων που αναλαμβάνουν ρόλο 'μεσάζοντα' και επιτρέπουν την διευκολυνόμενη διάχυση μέσα στα κύτταρα των ριζών. Το κάλιο μπορεί επίσης να απορροφηθεί με την βοήθεια ενός συστήματος ενεργής ATPασης. Οι περισσότερες κυτταρικές μεμβράνες χαρακτηρίζονται από υψηλή διαπερατότητα σε κάλιο, γεγονός το οποίο εξηγεί την πολύ μεγάλη κινητικότητα του καλίου σε ολόκληρο το φυτό.

Σύμφωνα με τους Sánchez-Chávez *et al.* (2010) τα ένζυμα της κινάσης και ATPασης παίρνουν μέρος στην αφομοίωση του αζώτου, στοιχείο το οποίο είναι βασικό για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Παράλληλα όμως τα δύο παραπάνω

ένζυμα απεικονίζουν το επίπεδο κατιόντων K^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} στις ρίζες και τα φύλλα των φυτών και για το λόγο αυτό θεωρούνται ως φυσιολογικοί δείκτες αυτών των κατιόντων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Sánchez -Chávez *et al.*, (2010) σε συνθήκες ανεπάρκειας αζώτου σε καλλιέργεια φυτών φασολιάς, τα φύλλα και οι ρίζες των φυτών χαρακτηρίστηκαν από τη χαμηλότερη συσσώρευση συνολικών και διαλυτών μορφών K^+ , Mg^{2+} και Ca^{2+} καθώς επίσης και τις ελάχιστες δραστηριότητες της κινάσης και ΑΤΡασης συγκριτικά με το άριστο επίπεδο, που προκλήθηκαν από τη μείωση της συγκέντρωσης K^+ , Mg^{2+} και Ca^{2+} . Αντίθετα, στην περίπτωση περίσσειας προσθήκης αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα παρατηρήθηκε μειωμένη συγκέντρωση σε συνολικά και διαλυτά ιόντα K^+ , Mg^{2+} και Ca^{2+} στις ρίζες και τα φύλλα των φυτών φασολιάς, ενώ οι δραστηριότητες της κινάσης και ΑΤΡασης αυξήθηκαν φθάνοντας στη μέγιστη δραστηριότητά τους σε σχέση με τα άριστα επίπεδα. Μέγιστη συγκέντρωση των συνολικών και διαλυτών μορφών K^+ , Mg^{2+} και Ca^{2+} στα φύλλα και τις ρίζες φασολιάς σημειώθηκε κατά την optimum συγκέντρωση αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα που παρεχόταν στα φυτά (Sánchez -Chávez *et al.*, 2010).

Μέσα στο φυτό η κύρια κατεύθυνση της μεταφοράς καλίου είναι προς τα πάνω μέσω των αγγείων του ξύλου προς τους νεαρούς ιστούς. Συχνά συμβαίνει αναδιανομή από τα γηραιότερα προς τα νεότερα φύλλα. Η μετακίνηση του καλίου προς τα κάτω πιστεύεται ότι σχετίζεται με το μηλικό ανιόν (Mills and Jones, 1996).

1.11 Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

Το μαγνήσιο κινείται προς τις ρίζες με μαζική ροή. Η πρόσληψη του δισθενούς ιόντος μαγνησίου (Mg^{2+}) είναι παθητική και πιθανώς να διευκολύνεται από ιονοφόρα με τα οποία το ιόν Mg^{2+} μετακινείται αντίθετα προς μια ηλεκτροχημική διαβάθμιση.

Η εμπλοκή των ιονοφόρων μπορεί να εξηγεί την επίδραση του ανταγωνισμού κατιόντων (αμμωνίου, καλίου, ασβεστίου και νατρίου) κατά την πρόσληψη μαγνησίου. Η πρόσληψη του μαγνησίου επηρεάζεται πολύ από το ΡΗ και η διαθεσιμότητα του μειώνεται αξιοσημείωτα όταν το ΡΗ του εδάφους είναι χαμηλότερο από 5,5 (Robson and Pitman, 1983).

Το μαγνήσιο είναι ευκίνητο στον φλοιό και μπορεί να μεταφερθεί από τα παλαιότερα προς τα νεότερα φύλλα ή προς το ακραίο μερίστωμα του βλαστού. Οι καρποί και οι αποθηκευτικοί ιστοί εξαρτώνται από τον φλοιό για τον εφοδιασμό τους

σε θρεπτικά και έτσι έχουν περισσότερο κάλιο και μαγνήσιο από ότι ασβέστιο. Σε μερικές περιπτώσεις, η πικρή κηλίδωση μπορεί να οφείλεται σε μια εντοπισμένη τοξικότητα μαγνησίου παρά σε μια έλλειψη ασβεστίου (Mills and Jones, 1996).

Το μαγνήσιο είναι βασικό συστατικό της χλωροφύλλης και αυτό που βρίσκεται στο κέντρο του τετραπυρρολικού δακτυλίου του μορίου της χλωροφύλλης αποτελεί το 15-20% του ολικού μαγνησίου των φυτών. Το 70% του υπόλοιπου από το ολικό μαγνήσιο συναρμόζεται με διάφορα ανιόντα κυρίως οργανικά, όπως είναι το μηλικό και το κιτρικό ανιόν.

Επιπλέον το μαγνήσιο είναι συμπάροντας κινασών (όπως π.χ. η φωσφοφρουκτοκινάση) που απαιτούν ένα δισθενές κατιόν (όπως π.χ. το ιόν του Mg^{2+} ή του Mn^{2+}) για να δράσουν. Αυτά τα ένζυμα καταλύουν την μεταφορά φωσφορικών ομάδων μεταξύ ATP και ADP.

Το μαγνήσιο είναι βασικό για την δραστικότητα της καρβοξυλάσης της φωσφοροριβουλόζης και της καρβοξυλάσης του φωσφορο-ενολο-πυροσταφυλικού, δύο θεμελιωδών ενζύμων της αφομοίωσης του CO_2 . Το φως ενεργοποιεί την εισαγωγή Mg^{2+} στο στρώμα της χλωροφύλλης με ανταλλαγή H^+ και στη συνέχεια το ιόν μαγνησίου ενεργοποιεί την καρβοξυλάση της φωσφοροριβουλόζης στις φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης στους χλωροπλάστες.

Όπως και στην περίπτωση του K^+ , και το επίπεδο της συγκέντρωσης του Mg^{2+} στις ρίζες και τα φύλλα των φυτών απεικονίζεται μέσω των ενζύμων της κινάσης και ΑΤΡασης, ενώ επηρεάζεται από την ποσότητα του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα που αναπτύσσονται τα φυτά με τρόπο ανάλογο με αυτόν του K^+ (Sánchez-Chávez *et al.*, 2010).

1.12 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο ως γνωστό είναι από τα βασικότερα στοιχεία που ελέγχουν την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Συμμετέχει σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες και αποτελεί συστατικό των αμινοξέων, των πρωτεϊνών, της χλωροφύλλης και άλλων συστατικών του φυτού. Η επάρκειά του στο εδαφικό διάλυμα σε ποσότητες που χρειάζεται το φυτό, εξασφαλίζει την ομαλή ανάπτυξή του. Το άζωτο στο έδαφος σε νιτρική μορφή είναι από τα πιο ευκίνητα στοιχεία. Κατά την προσθήκη του σε αυτό, εκτός από την ποσότητα που απορροφάται από τα φυτά για τις ανάγκες τους, οι

επιπλέον ποσότητες γρήγορα απομακρύνονται με έκπλυση ή χάνονται στην ατμόσφαιρα με τις διεργασίες της απονιτροποίησης και της εξαέρωσης.

Για το λόγο αυτό έχει τεράστια σημασία η τμηματική εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων, την κατάλληλη στιγμή, με την κατάλληλη ποσότητα που έχει εκτιμηθεί βάση των αναγκών της καλλιέργειας και τη διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος.

Η κυριότερη πηγή αζώτου για τα φυτά είναι τα νιτρικά άλατα. Το άζωτο αφομοιώνεται κυρίως υπό μορφή νιτρικών ιόντων, ενώ το ποσοστό λήψης των νιτρικών ιόντων από τις ρίζες των φυτών είναι αυξανόμενο με την αύξηση του διαθέσιμου αζώτου στο εδαφικό ή υδατικό διάλυμα στη ριζόσφαιρα (Taghavi and Babalar, 2007, Boroujerdnia *et al.* 2007).

Μετά την αφομοίωση των νιτρικών ιόντων από τα φυτά ακολουθεί αναγωγή σε νιτρώδη, σε πρώτη φάση και στη συνέχεια αναγωγή των νιτρωδών σε αμμωνία. Η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη λαμβάνει χώρα στο κυτόπλασμα των μεριστωματικών κυττάρων των φυτών, με τη βοήθεια του ενζύμου της νιτρικής ρεδουκτάσης. Αυξημένη συγκέντρωση νιτρικής ρεδουκτάσης έχει παρατηρηθεί σε νεαρά φύλλα και ακρορίζια (Καράταγλης, 1999). Σύμφωνα με τους Taghavi and Babalar (2007) όσο το μέγεθος φυτών φράουλας αυξανόταν, τόσο η δραστηριότητα της νιτρικής ρεδουκτάσης μειωνόταν και κατ' επέκταση η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη.

Έχει διαπιστωθεί ότι η λήψη και συσσώρευση των νιτρικών ιόντων στους ιστούς των φυτών, εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα της αζωτούχου λίπανσης (Darnell and Stutte 2001, Seginer *et al.* 2004, Taghavi and Babalar, 2007, Chen *et al.* 2004, Mantovani *et al.* 2005, Cavarianni *et al.*, 2008, Konstantopoulou *et al.*, 2010).

Διαφορετική συσσώρευση νιτρικών ιόντων παρατηρείται μεταξύ των ποικιλιών ή τύπων στο ίδιο φυτικό είδος (Schröder *et al.* 2001, Siomos *et al.* 2002, Boroujerdnia *et al.* 2007, Cavarianni *et al.*, 2008).

Επίσης ο Breimer (1982), διαπίστωσε ότι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων μειώνεται όσο προχωρά η ηλικία των φυτών.

Τα νιτρικά ιόντα ταυτόχρονα ασκούν μια ωσμωρυθμιστική δράση στο φυτό. Συνήθως τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται αποθηκευμένα σε δύο σημεία. Το πρώτο είναι το κυτόπλασμα των κυττάρων, όπου το ένζυμο της νιτρικής ρεδουκτάσης τα

μετατρέπει σε νιτρώδη ιόντα και σχηματίζονται στη συνέχεια τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες. Το δεύτερο σημείο αποθήκευσης είναι τα χυμοτόπια και η ποσότητα των νιτρικών ιόντων που υπάρχει εκεί, αποτελεί εφεδρική πηγή αζώτου, αλλά ταυτόχρονα συμμετέχει και στη ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού των φυτών, αφού μπορεί να αντικατασταθεί από άλλα οργανικά συστατικά (Blom-Zandstra and Lampe, 1985).

1.12.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το άζωτο είναι γνωστό ότι αποτελεί ένα από τα κυριότερα θρεπτικά στοιχεία, απαραίτητο για την ομαλή ανάπτυξη και καρποφορία των καλλιεργειών. Ταυτόχρονα όμως ευθύνεται για την μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Τα νιτρικά ιόντα είναι πολύ ευδιάλυτα και ευκίνητα μέσα στο εδαφικό διάλυμα σε αντίθεση με άλλα θρεπτικά ιόντα (π.χ. φώσφορος κ.λ.π.), παρασύρονται εύκολα με την βοήθεια βροχοπτώσεων και καταλήγουν σε επιφανειακά νερά ή μετακινούνται προς βαθύτερα στρώματα του εδάφους καταλήγοντας στα υπόγεια νερά.

Η κύρια πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος από τα νιτρικά ιόντα, προέρχεται από τη γεωργική δραστηριότητα. Τόσο η γεωργία με την υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, όσο και η κτηνοτροφία με την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ζωικών αποβλήτων ετησίως, τα οποία είναι πλούσια σε αζωτούχες ενώσεις, συντελούν στην όξυνση του προβλήματος της νιτρορύπανσης και της υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων.

Είναι γεγονός ότι όταν το άζωτο και ο φώσφορος φτάσουν στα επιφανειακά νερά, πιθανόν να προκαλέσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού. Δηλαδή φυτά και άλγη αναπτύσσονται γρήγορα, απορροφώντας οξυγόνο, με αποτέλεσμα τη μείωση του διαθέσιμου οξυγόνου. Αυτό έχει ως συνέπεια ψάρια και φυτά να μην μπορούν να επιβιώσουν σε τέτοιες συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.

1.12.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Εδώ και πολλά χρόνια τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, θεωρούνται επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία και ενοχοποιούνται για πρόκληση σοβαρών ασθενειών (Bruning-Fann and Kannene, 1993). Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση ο κίνδυνος από τη συσσώρευση των νιτρικών ιόντων αυξάνει συνεχώς, διότι τα ιόντα αυτά διαλύονται εύκολα στο νερό και απορροφούνται από τα φυτά, για να καταλήξουν μέσω της τροφικής αλυσίδας στον ανθρώπινο οργανισμό.

Τα νιτρικά ιόντα απαντώνται στο έδαφος, στο νερό, στα τρόφιμα μεταξύ των οποίων πρώτη θέση έχουν τα λαχανικά, ενώ παράγονται και στο ανθρώπινο σώμα (Walker, 1990). Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησαν οι Chilvers *et al.* (1984) το νερό έχει τη σημαντικότερη συμβολή στη συνολική εισαγωγή των εν λόγω ιόντων στον ανθρώπινο οργανισμό.

Τα νιτρικά ενοχοποιούνται για σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και κάποιες έρευνες έδειξαν θετική συσχέτισή τους με την πρόκληση διαφόρων μορφών καρκίνου (Morton, 1971, Cuello *et al.* 1976, Malberg *et al.* 1978, Kostraba *et al.* 1992).

Είναι γεγονός, ότι η αυξημένη συγκέντρωσή τους σε βρέφη προκαλεί την νεογνική μεθαιμοσφαιριναιμία ή κυάνωση των βρεφών (blue baby syndrome) (Bouchard *et al.* 1992, Bruning-Fann and Kannene, 1993, Addiscott and Benjamin, 2004, Fewtrell, 2004). Η επιπλοκή αυτή οφείλεται στην αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, τα οποία οξειδώνουν τον Fe^{+2} της αιμοσφαιρίνης σε Fe^{+3} . Η καινούργια ένωση που προκύπτει από την αιμοσφαιρίνη, είναι η μεθαιμοσφαιρίνη, και δεν μπορεί να δεσμεύσει και να μεταφέρει οξυγόνο στο αίμα.

Παράλληλα τα νιτρώδη που παράγονται από τα νιτρικά, είναι δυνατόν να αντιδράσουν στο στομάχι με δευτεροταγείς αμίνες, σχηματίζοντας N- νιτροζαμίνες που είναι καρκινογόνες και ισχυρά μεταλλαξιογόνες ουσίες.

Για τους δύο προαναφερθέντες λόγους, υποψιάζεται κανείς ότι η κατανάλωση νιτρικών μπορεί να βοηθάει στην πρόκληση καρκίνου του στομάχου (Joossens *et al.*

1996, Bruning-Fann and Kannene, 1993), του εντέρου και άλλων σημείων του ανθρώπινου οργανισμού (Steinmetz and Potter, 1996).

Για την διασφάλιση όμως της υγείας των καταναλωτών, η EU θέσπισε για τα φρούτα και τα λαχανικά, ανώτερα επιτρεπτά όρια για τη συγκέντρωσή τους σε νιτρικά ιόντα, με ειδικό κανονισμό των (EU) Νο 563/2002, τα οποία παρέμειναν αμετάβλητα και μετά την τελευταία τροποποίησή του το 2006 (EU) Νο 1881/2006.

1.13 ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ

Η χλωροφύλλη είναι ένα μόριο ή ακριβέστερα μια οικογένεια παρόμοιων μορίων, που βρίσκονται κυρίως στα φυτά, αλλά και σε ορισμένα βακτήρια και φύκια. Είναι μία χρωστική ουσία με αντιοξειδωτική δράση που υποβαθμίζεται από το οξυγόνο, το φως, τη θερμότητα και τη ταυτόχρονη δράση κάποιων ενζύμων. Τη συναντάμε στα φρούτα και τα λαχανικά, καθώς και σε όλους τους φυτικούς οργανισμούς που έχουν πράσινο χρώμα. Σκοπός της είναι να απορροφάει το φως και να χρησιμοποιεί αυτή την ενέργεια ως καύσιμο για την διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Τα κύτταρα των οργανισμών που έχουν χλωροφύλλη περιέχουν ειδικές κατασκευές που ονομάζονται χλωροπλάστες. Αυτές είναι μικρότερες εκδόσεις των κυττάρων, με τις δικές τους μεμβράνες και εσωτερικά όργανα. Ένα φυτικό κύτταρο συνήθως έχει πολλούς χλωροπλάστες.

Γενικά η χλωροφύλλη περιέχει μαγνήσιο σε διάφορες αλυσίδες, δημιουργώντας έτσι διάφορες κατηγορίες όπως: χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, χλωροφύλλη γ και χλωροφύλλη δ. Τυπικά, οι χλωροφύλλες α και β ανευρίσκονται στα ανώτερα φυτά. Οι χλωροφύλλες γ και δ ανευρίσκονται, επιπρόσθετα, στις άλγες.

Η διαθεσιμότητα του αζώτου είναι ο πιο σημαντικός μεταξύ των περιβαλλοντικών και φυσιολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τα επίπεδα των χλωροφυλλών. Φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες έλλειψης αζώτου εμφανίζουν χαμηλότερη συγκέντρωση των χλωροφυλλών α και β, μειωμένη ανάπτυξη και χαρακτηριστική χλόρωση στα φύλλα (Broadley *et al.* 2001). Η θετική σχέση μεταξύ

του χορηγούμενου αζώτου και της αύξησης των χλωροφυλλών έχει αναφερθεί για ένα μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών (Tam and Magistad, 1935, Horst *et al.* 2001, Fritschi and Ray, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο 2010 στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας της σχολής Θερμοκηπιακών καλλιεργειών και Ανθοκομίας, στο Μεσολόγγι.

Καλλιεργήθηκαν δύο φυτά, ρόκα και μαρούλι και πραγματοποιήθηκαν τρεις μεταχειρίσεις με διαφορετική συγκέντρωση αζώτου (100 ppm, 150ppm, 200ppm N) για κάθε λαχανικό. Συνολικά έγιναν τρεις επαναλήψεις για την κάθε συγκέντρωση αζώτου τόσο για το μαρούλι, όσο και για τη ρόκα.

2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το πείραμα περιελάμβανε μετρήσεις στα φύλλα και τις ρίζες φυτών μαρουλιού και ρόκας τα οποία ήταν τοποθετημένα σε 9 κλειστά, ανεξάρτητα μεταξύ τους υδροπονικά συστήματα (πειραματικές μονάδες). Κάθε πειραματική μονάδα αποτελούνταν από μια λεκάνη επίπλευσης διαστάσεων 1,2X1,1X0,2 m. Οι λεκάνες καλλιέργειας, οι οποίες ήταν ξύλινες, καλύφθηκαν με 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. Το θρεπτικό διάλυμα έφευγε από το βαρέλι και έρεε (λόγω της βαρύτητας) στην λεκάνη μέσω ενός πλαστικού σωλήνα 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.

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΘΗΚΑΝ

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων και προσδιορίστηκε και για τα δύο είδη φυτών (μαρούλι και ρόκα) το μέσο βάρος τους, καθώς και η συγκέντρωση χλωροφυλλών στα φύλλα τους, στο στάδιο εμπορικής ωριμότητάς τους.

Επιπλέον προσδιορίστηκε η συγκέντρωση των ιόντων K^+ , Mg^{+2} , αλλά και των νιτρικών ιόντων τόσο στα φύλλα, όσο και στις ρίζες των φυτών του μαρουλιού και της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειάς τους.

Οι προσδιορισμοί άρχισαν από την 7^η ημέρα και ολοκληρώθηκαν κατά την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα μετρήσεις έγιναν κατά την 7^η, 15^η, 26^η, 41^η και 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, προσδιορίζοντας την κάθε φορά (ημέρα μετρήσεων) μια σειρά παραμέτρων.

2.3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Η μέτρηση του μέσου βάρους των φυτών έγινε σε στάδιο εμπορικής ωριμότητας αυτών κατά την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων με τα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης, σε τυχαία φυτά που συγκομιζόταν από κάθε λεκάνη επίπλευσης και στη συνέχεια φύλλα αυτών χρησιμοποιούνταν για τις μετρήσεις των υπόλοιπων παραμέτρων. Αμέσως μετά τη συγκομιδή των φυτών μετρούνταν ο αριθμός των φύλλων και στη συνέχεια κοβόταν τα φυτά στο ύψος του λαιμού, ενώ ακολουθούσε ζύγισμα σε ζυγαριά ακριβείας για τον προσδιορισμό του νωπού μέσου βάρους των φύλλων.

2.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΩΝ

Αμέσως μετά την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό των χλωροφυλλών. Συγκεκριμένα συγκομίζαμε τυχαία 4 φυτά από κάθε μεταχείριση και κάθε επανάληψη για τον συγκεκριμένο προσδιορισμό. Ο προσδιορισμός της συνολικής χλωροφύλλης (total chlorophyll) έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Arnon (1949). Ποσότητα 1 g νωπού δείγματος φύλλων μαρουλιού και ρόκας μεταφερόταν σε blender και εκχυλιζόταν με

25 ml ακετόνης 80%. Ακολουθούσε φιλτράρισμα του δείγματος με φίλτρο Whatman No 1, ενώ το εκχύλισμα μεταφερόταν για φυγοκέντρωση. Το υπόλειμμα της φυγοκέντρωσης εκχειλιζόταν πάλι με την ίδια διαδικασία με 25 ml ακετόνης 80% και φυγοκεντρούταν. Το υπόλειμμα της φυγοκέντρωσης εκχειλιζόταν πάλι με την ίδια διαδικασία μέχρι το εκχύλισμα να είναι άχρωμο. Όλα τα εκχυλίσματα μεταφερόταν σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml και συμπληρωνόταν με ακετόνη 80% μέχρι τελικού όγκου 100 ml. Στη συνέχεια μετρούνταν η απορρόφηση του εκχυλίσματος σε φασματοφωτόμετρο (UV –1601 Visible Spectrophotometer SHIMADZU, Kyoto, Japan) με μάρτυρα την ακετόνη.

Από την απορρόφηση του άγνωστου δείγματος σε μήκος κύματος 645 και 663 nm, προσδιοριζόταν οι τιμές των χλωροφυλλών a και b (σε mg/ g) με τη βοήθεια των παρακάτω σχέσεων, ενώ στη συνέχεια προσδιοριζόταν η συνολική χλωροφύλλη C σαν άθροισμα των χλωροφυλλών a και b ($C = Ca + Cb$).

$$\text{Χλωροφύλλη a (Ca)} = (12,7 \times A^{663} - 2,69 \times A^{645}) \times X / (1000 \times n)$$

$$\text{Χλωροφύλλη b (Cb)} = (22,9 \times A^{645} - 4,68 \times A^{663}) \times X / (1000 \times n)$$

όπου A^{663} και A^{645} : η απορρόφηση στα 663 και 645 nm αντίστοιχα

X είναι ο όγκος στον οποίο έγινε η αραίωση του δείγματος και

n είναι το νωπό βάρος του δείγματος.

Οι τιμές των χλωροφυλλών εκφράστηκαν σε mg/g νωπού βάρους.

2.3.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΙΟΝΤΩΝ K^+ ΚΑΙ Mg^{+2} .

Οι προσδιορισμοί των κατιόντων K^+ , Mg^{+2} έλαβαν χώρα και για τα δύο φυτά κατά τη διάρκεια από την 7^η έως και την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων όσον αφορούσε τα φύλλα των φυτών και από την 26^η έως και την 48^η ημέρα όσον αφορούσε τις ρίζες των φυτών που καλλιεργήθηκαν.

Τμήματα των φυτών του μαρουλιού και της ρόκας χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των ιόντων K^+ , Mg^{+2} . Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής : Οι

φυτικοί ιστοί αμέσως μετά τη συλλογή τους, πλένονταν με άφθονο νερό βρύσης και στη συνέχεια δύο φορές με απιονισμένο νερό. Ακολουθούσε η τοποθέτησή τους σε φούρνο ξήρανσης, στους 65 °C μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. Στη συνέχεια τα δείγματα αλέθονταν σε ειδικό μύλο άλεσης φυτικών ιστών και τοποθετούνταν σε ειδικά πλαστικά δοχεία που έκλειναν αεροστεγώς.

Για τον προσδιορισμό των στοιχείων K^+ , Mg^{+2} στους φυτικούς ιστούς, ακολουθήθηκε η μέθοδος της ξηρής καύσης, σύμφωνα με την οποία, 500 mg του αλεσμένου ξηρού δείγματος, καίγονταν σε ειδικό πυριαντήριο στους 550 °C για 5 ώρες και η στάχτη που προέκυπτε, εκχυλίζονταν με 10 ml διαλύματος HCl 1M. Το εκχύλισμα διηθούνταν μέσω φίλτρου Wattman 42 και το διάλυμα αραιωνόταν με απιονισμένο νερό μέχρι τον όγκο των 50 ml (Campbell and Plank, 1998). Οι προσδιορισμοί των στοιχείων έγιναν με χρήση του φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης.

2.3.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων έγινε στα φυτά της ρόκας και του μαρουλιού κατά τη διάρκεια από την 15^η έως και την 48^η ημέρα των μετρήσεων στα φύλλα και από την 15^η έως και την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων στις ρίζες των φυτών που καλλιεργήθηκαν.

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). Το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Perkin Elmer 1 A λ, με κυψελίδα 103 UV 4,5 cm³, ενώ τα φίλτρα διήθησης ήταν της εταιρίας Filtrak (Rundfilter, d=11 cm, 80 g m⁻², sorte 289). Το υδατόλουτρο ήταν της εταιρείας ELBEM (ελληνικής κατασκευής), ενώ ο ζυγός ακριβείας ήταν της εταιρείας Mettler (type PM 100).

Κάθε δείγμα (το οποίο είχε αποξηρανθεί στους 72 °C για 72 h) λειοτριβήθηκε σε τεμάχια διαμέτρου 0,25 mm με την βοήθεια του μύλου MF 10 Basic (IKA-WERKE, GMBH & Co KG, Germany) 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 φυγοκέντρωση 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, δεδομένου ότι η προηγούμενη αντίδραση είναι εξώθερμη και προκαλεί έκλυση θερμότητας. Στην συνέχεια σε κάθε κωνική προστέθηκαν 19 ml 2N NaOH, με αργό ρυθμό και ταυτόχρονη ανάδευση. Επειδή και αυτή η αντίδραση είναι εξώθερμη, τα δείγματα αφέθηκαν για άλλα 20-25min, προκειμένου να κρυώσουν. Στη συνέχεια έγινε η μέτρηση της απορρόφησης των νιτρικών με το φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 410 nm, όπου 4,5 ml από κάθε δείγμα τοποθετούνται σε κυβέτα η οποία και εισάγεται στο φασματοφωτόμετρο προκειμένου να γίνει η μέτρηση. Οι τιμές που ελήφθησαν αφορούν στην απορρόφηση της ακτινοβολίας του συγκεκριμένου μήκους κύματος λ από το δείγμα. Μετά από 6-8 μετρήσεις δειγμάτων γίνεται Rezero στο μηχάνημα με τα blank διαλύματα (αντί για 0,2ml δείγματος βάζουμε απεσταγμένο νερό και 0,8ml σαλικυλικό οξύ 5%)

Βάση διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης νιτρικών (0, 2,5, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200 και 300 ppm N υπό μορφή NO_3-N) έγινε η βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου και υπολογίστηκε η καμπύλη αναφοράς (για κάθε 6-8 μετρήσεις κάνουμε και εδώ rezero στο φασματοφωτόμετρο με τα blank). Για κάθε συγκέντρωση παίρνουμε τρεις μετρήσεις και από τη μέση τιμή φτιάχνουμε στο Excel την καμπύλη που είναι της μορφής $y=ax+b$. Εν συνεχεία, με την βοήθεια της συγκεκριμένης καμπύλης έγινε η αντιστοίχιση των ενδείξεων των δειγμάτων.

2.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η στατιστική επεξεργασία και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του πειράματος πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα PlotIT 3.2. και το Excell, μέσω της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA) με τη δοκιμασία Duncan's Multiple Range test για επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ

Μεταχείριση	Μέσο βάρος μαρουλιού (g/φυτό)*	Αριθμός φύλλων ανά φυτό μαρουλιού*	Μέσο βάρος ρόκας (g/φυτό)*	Αριθμός φύλλων ανά φυτό ρόκας*
100 ppm N	159,38 c	16,6 c	53,13 c	10,9 c
150 ppm N	236,72 b	19,1 b	79,31 b	12,7 b
200 ppm N	339,96 a	22,5 a	110,00 a	15,1 a

Πίνακας 1. Επίδραση τριών επιπέδων αζώτου στο μέσο 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.

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώνεται γενικά ότι τόσο ο αριθμός των φύλλων, όσο και το νωπό μέσο βάρος ανά φυτό μαρουλιού και ρόκας αυξάνονται, καθώς το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης αυξανόταν από το χαμηλό επίπεδο των 100 ppm έως αυτό των 200 ppm αζώτου (πίνακας 1). Οι διαφορές στις τιμές του μέσου βάρους αλλά και του αριθμού των φύλλων τόσο του μαρουλιού, όσο και της ρόκας ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές.

Δεδομένου ότι το άζωτο είναι ένα από τα πλέον βασικά θρεπτικά στοιχεία και εντελώς απαραίτητα για την αύξηση όλων των φυτών είναι αυτονόητη η θετική επίδραση της προσθήκης αζώτου στην ανάπτυξή τους (Dev and Bhardway, 1995, Zhao *et al.* 2003, Lefsrud *et al.* 2007). Είναι από διάφορους ερευνητές διαπιστωμένο ότι καθώς αυξάνει η χορήγηση του αζώτου, αυξάνει η ανάπτυξη των φύλλων και το

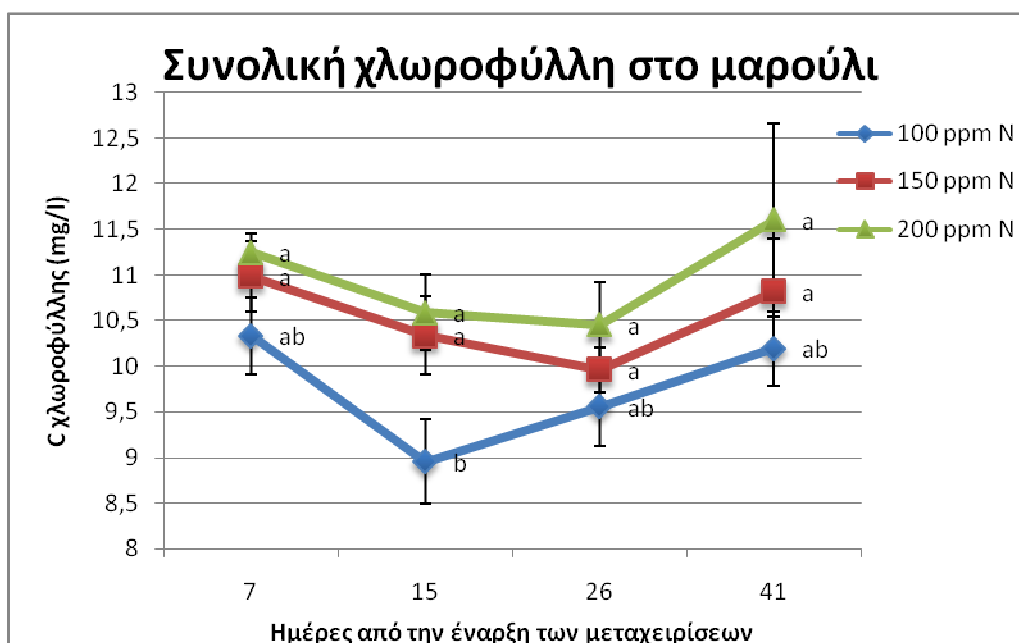
βάρος των φυτών του μαρουλιού (Walker *et al.*, 1997, Dapoigny *et al.*, 2000, Konstantopoulou *et al.*, 2012), καθώς και της ρόκας (Hanafy *et al.* 2000, Santamaria *et al.* 2002). Η έλλειψη του αζώτου σε φυτά μαρουλιού προκαλεί αργή ανάπτυξη ή και διακοπή της ανάπτυξης σε περιπτώσεις παντελούς έλλειψης αζώτου σύμφωνα με άλλους ερευνητές (Seginer, 2003, Seginer, 2004, Burns *et al.* 1997, Roorda van Eysinga, 1984, Broadley *et al.* 2000).

Σύμφωνα με τους Palmer *et al.* (1996) η αύξηση του βάρους των φυτών κατά την ολοένα και μεγαλύτερη προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η αυξανόμενη ποσότητα χορηγούμενων αζωτούχων λιπασμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών στα φυτά (Cardenas-Navarro *et al.* 1999, Dapoigny *et al.* 2000), τα οποία νιτρικά με τη σειρά τους επηρεάζουν τη δραστηριότητα βασικών ενζύμων στο κυτταρικό τοίχωμα και προκαλούν χαλάρωση αυτού. Η χαλάρωση του κυτταρικού τοιχώματος οδηγεί σε μείωση του υδατικού δυναμικού και αναγκάζει το φυτό στην πρόσληψη νερού με συνέπεια την αύξηση του βάρους του. Στην αντίθετη περίπτωση που η διαθέσιμη στα φυτά ποσότητα αζώτου είναι πολύ μικρή, παρατηρείται μείωση της απορρόφησης του νερού από τα φυτά και κατ' επέκταση μείωση του βάρους των φυτών, ενώ παράλληλα μειωμένη εμφανίζεται και η στοματική αγωγιμότητα, με αποτέλεσμα μικρότερη απώλεια νερού από τα κλειστά στομάτια (Radin and Boyer, 1982).

3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ

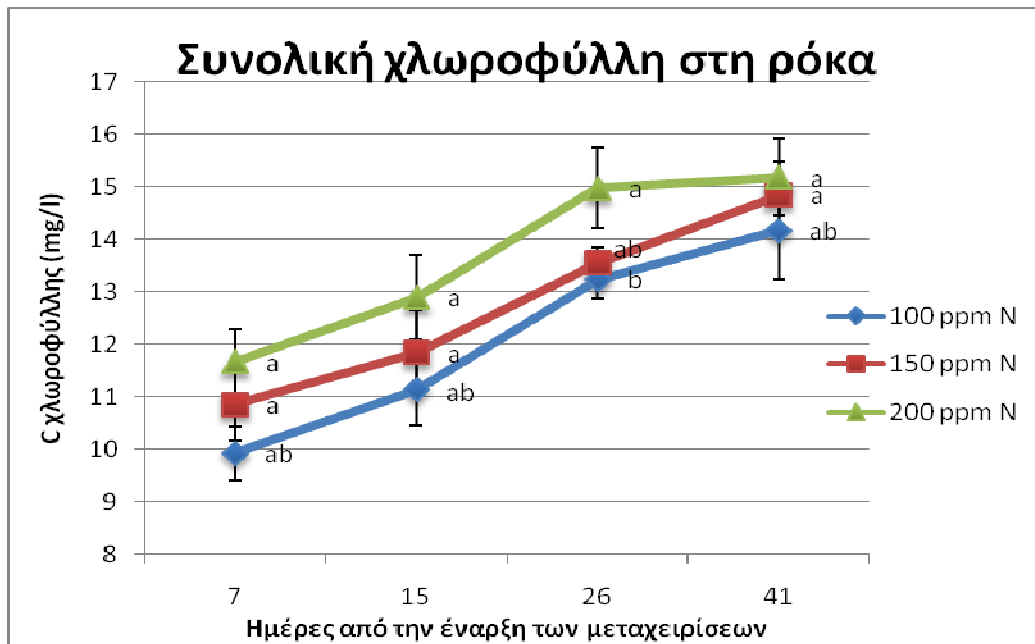
Η περιεκτικότητα της συνολικής χλωροφύλλης των φύλλων των φυτών του μαρουλιού, αλλά και της ρόκας παρατηρήθηκε να αυξάνεται με την αύξηση των επιπέδων αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, ενώ οι τιμές της συνολικής χλωροφύλλης δεν ήταν στατιστικά σημαντικά διαφορετικές, μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων με άζωτο (100, 150, 200 ppm αζώτου) για όλες τις συγκομιδές με ελάχιστες μόνο εξαιρέσεις (Διάγραμματα 1, 2). Εξαιρέση παρατηρήθηκε στην περίπτωση του μαρουλιού (Διάγραμμα 1) όπου κατά την 15^η ημέρα από την έναρξη των

μεταχειρίσεων, οι τιμές της συνολικής χλωροφύλλης των φυτών που λιπάνθηκαν με 100 ppmN ήταν σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές των άλλων μεταχειρίσεων (150, 200 ppmN). Επίσης στην περίπτωση της ρόκας (Διάγραμμα 2) οι τιμές της συνολικής χλωροφύλλης των φυτών που δέχτηκαν 200 ppm N ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές των φυτών που λιπάνθηκαν με 100 ppm N, κατά την 26^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 1. Συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)



Διάγραμμα 2. Συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης*

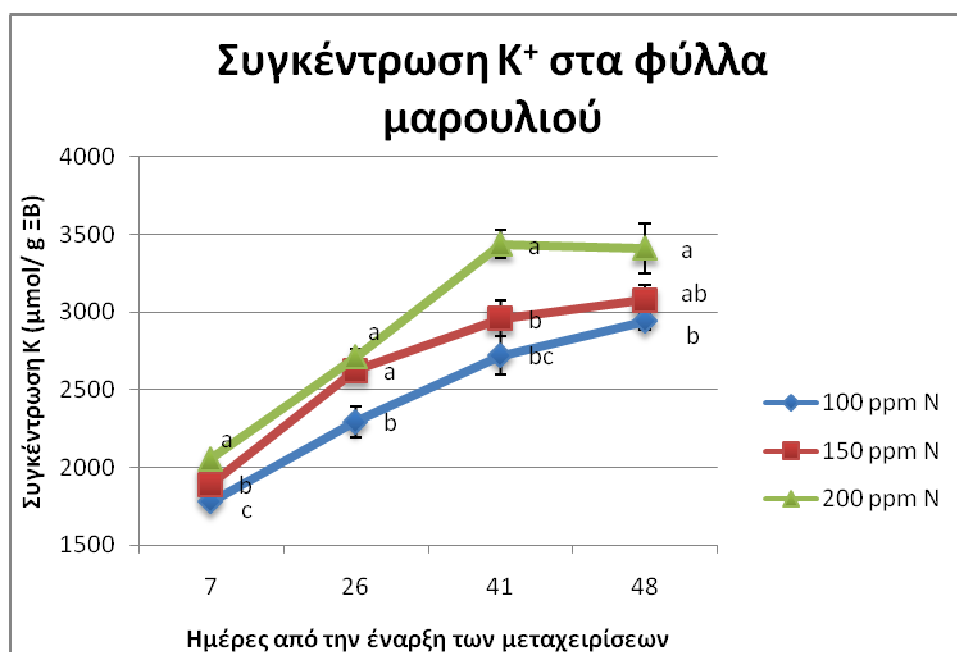
*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Τα φυτά χρησιμοποιούν το άζωτο κυρίως για την παραγωγή και την ανάπτυξη των φύλλων, με σκοπό να μεγιστοποιήσουν την αφομοίωση του CO_2 (Van der Werf, 1996). Πρωταρχικό ρόλο σε αυτό παίζει η παραγωγή των χλωροφυλλών και υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του χορηγούμενου αζώτου και της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών στα φύλλα, που έχει επιβεβαιωθεί στο πείραμά μας. Η θετική επίδραση του αζώτου στη συγκέντρωση των χλωροφυλλών, έχει ερευνηθεί αρκετά έως σήμερα για μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών, όπως στο μαρούλι (Leon *et al.* 2007, Konstantopoulou *et al.*, 2012), στη σόγια (Fritschi and Ray, 2007) και σε άλλα φυτά.

3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ K^+ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΤΗ ΡΙΖΑ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα προσδιορισμού της συγκέντρωσης K^+ στα φύλλα των φυτών του μαρουλιού (Διάγραμμα 3) παρατηρήθηκε γενικά αύξηση της συγκέντρωσης του K^+ με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, ενώ οι τιμές της κυμάνθηκαν από 1780 έως 3410 $\mu\text{mol/g}$ ΞΒ.

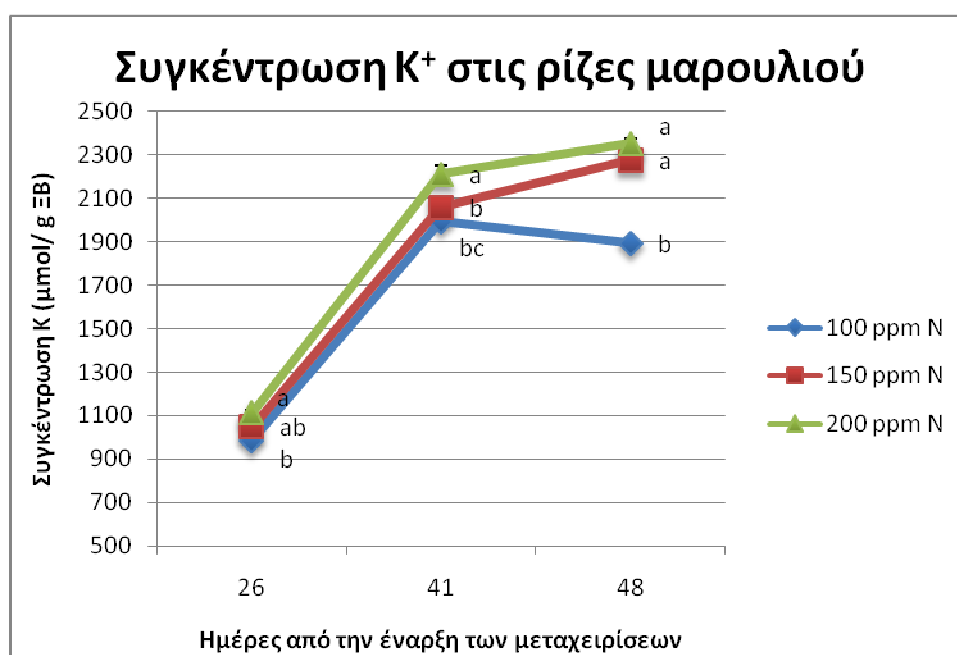
Οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στα φύλλα μαρουλιού των φυτών που λιπάνθηκαν με το χαμηλότερο επίπεδο αζώτου (100 ppm N) ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερες από τις τιμές της μεταχείρισης με τα 200 ppm N για όλο το διάστημα των μετρήσεων (7^η, 26^η, 41^η, 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων), ενώ παρόλο που ήταν πάντα μικρότερες, ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερες από τις τιμές της μεταχείρισης των 150 ppm N μόνο κατά την 7^η και 26^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων. Οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στα φύλλα που μεταχειρίστηκαν με 200 ppm N παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκριτικά με αυτές των φυτών που εφοδιάστηκαν με χαμηλότερες ποσότητες αζώτου (100, 150 ppm N), αλλά οι διαφορές στα φύλλα που μεταχειρίστηκαν με 150 ppm N δεν ήταν πάντα σημαντικές, με εξαίρεση κατά την 7^η και 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 3. Συγκέντρωση K^+ στα φύλλα του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Επίσης, οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στα φύλλα του μαρουλιού για όσα φυτά μεταχειρίστηκαν με 100 και 150 ppm N ήταν σταθερά αυξανόμενες με την ηλικία του φυτού, από την 7^η έως την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων. Για τα φυτά που δέχτηκαν 200 ppm N, οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στα φύλλα, ήταν αυξανόμενες με την ηλικία των φυτών από την 7^η έως την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, ενώ στη συνέχεια και μέχρι την 48^η ημέρα ακολουθούσαν ελαφρά πτωτική πορεία.



Διάγραμμα 4. Συγκέντρωση K^+ στις ρίζες του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

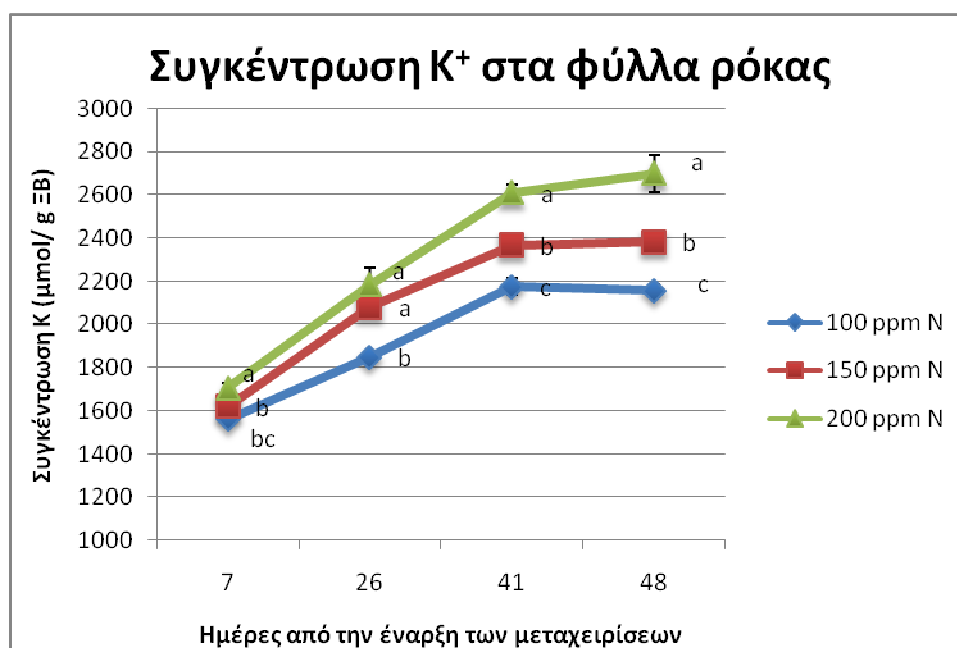
*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Διάγραμμα 4 προσδιορισμού της συγκέντρωσης K^+ στις ρίζες των φυτών μαρουλιού παρατηρήθηκε γενικά αύξηση της συγκέντρωσης του K^+ με την αύξηση του ποσού της αζωτούχου λίπανσης, η οποία ήταν πιο έντονη από την 26^η έως την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων και οι τιμές της κυμάνθηκαν από 985 έως 2353 $\mu\text{mol/g DW}$.

Οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στις ρίζες του μαρουλιού παρόλο που σημείωσαν αύξηση καθώς και με ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου εφοδιαζόταν τα φυτά του μαρουλιού, οι διαφορές μεταξύ τους δεν ήταν πάντα

σημαντικές. Εξαίρεση παρατηρήθηκε στην περίπτωση των φυτών που δέχτηκαν 200 ppm N, όπου η τιμή της συγκέντρωσης K^+ διέφερε σημαντικά κατά την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων από τις αντίστοιχες τιμές των φυτών που μεταχειρίστηκαν με άλλες λιπάνσεις (100, 150 ppm N), καθώς και η τιμή της συγκέντρωσης K^+ της ρίζας μαρουλιού που μεταχειρίστηκε με 100 ppm N, όπου μόνο την 48^η ημέρα παρατηρήθηκε σημαντικά χαμηλότερη έναντι των αντίστοιχων τιμών των άλλων μεταχειρίσεων (150, 200 ppmN).

Επίσης οι τιμές της συγκέντρωσης K^+ στις ρίζες των φυτών μαρουλιού ήταν αυξανόμενες κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας από την 26^η έως την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων για όλες ανεξαρτήτως τις μεταχειρίσεις (100,150, 200 ppm N), ενώ μετά την 41^η έως και την 48^η ημέρα ο ρυθμός αύξησης ήταν μειωμένος για την συγκέντρωση K^+ στις μεταχειρίσεις με 150 και 200 ppm N και για τη μεταχείριση των 100 ppm N οι τιμές της συγκέντρωσης του K^+ σημείωσαν ελαφρά πτωτική πορεία με την αύξηση της ηλικίας των φυτών.



Διάγραμμα 5. Συγκέντρωση K^+ στα φύλλα της ρόκα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Παρόμοια με τα φύλλα του μαρουλιού ήταν και η συγκέντρωση K^+ και στα φύλλα του φυτού της ρόκας. Οι τιμές της συγκέντρωσης του K^+ στα φύλλα της ρόκας κυμάνθηκε από 1560 έως 2700 $\mu\text{mol/g}$ ΞΒ.

Όπως διαπιστώνεται στο Διάγραμμα 5 σημειώθηκε θετική επίδραση της αύξησης της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση K^+ στα φύλλα της ρόκας.

Οι διαφορές στις τιμές της συγκέντρωσης του K^+ ήταν στατιστικά σημαντικές σε όλες σχεδόν τις μεταχειρίσεις, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων (7^η, 26^η, 41^η, 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων). Εξαίρεση παρατηρήθηκε την 7^η ημέρα μεταξύ των τιμών της συγκέντρωσης του K^+ στα φυτά που μεταχειρίστηκαν με 100 και 150 ppm N, καθώς και την 26^η ημέρα μεταξύ των τιμών της αντίστοιχης συγκέντρωσης των φυτών της ρόκας που λιπάνθηκαν με 150 και 200 ppm N, όπου τα φύλλα που δέχτηκαν υψηλότερη συγκέντρωση αζώτου είχαν και υψηλότερες συγκεντρώσεις K^+ αλλά οι διαφορές μεταξύ των τιμών δεν ήταν σημαντικές.

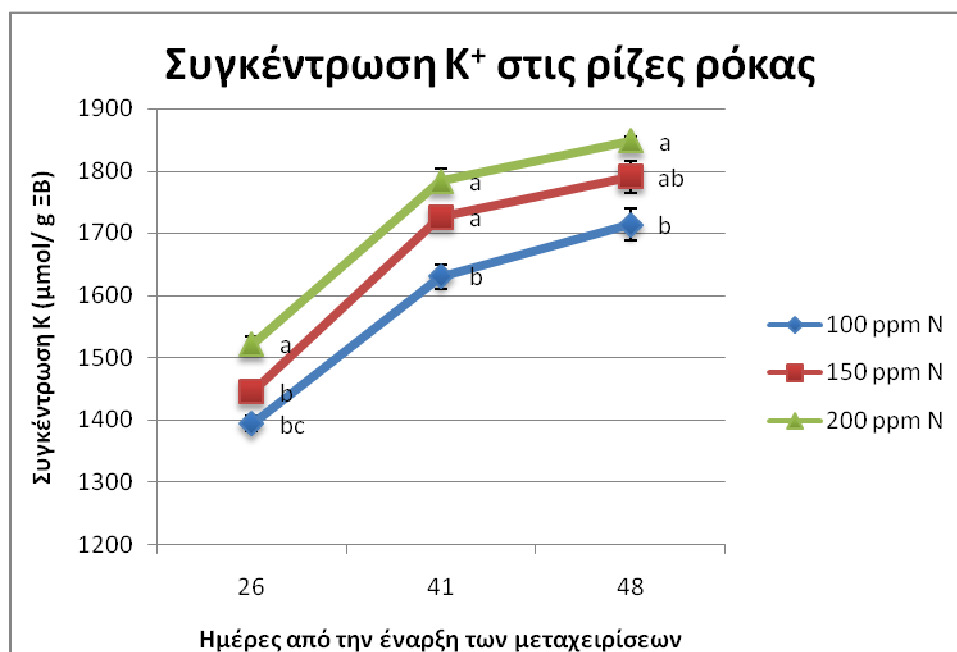
Συγκρίνοντας τις τιμές της συγκέντρωσης του K^+ στα φύλλα της ρόκας μεταξύ φυτών διαφορετικής ηλικίας (7^η, 26^η, 41^η, 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων) διαπιστώθηκε μια αυξητική τάση των επιπέδων της συγκέντρωσης του K^+ ανάλογα με την ηλικία των φυτών και μάλιστα σχετικά έντονη από την 7^η έως και την 41^η ημέρα, ενώ στη συνέχεια και μέχρι την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων παρατηρήθηκε μειωμένος ρυθμός αύξησης (200 ppm N) ή σταθερή πορεία (150 ppm N), αλλά και ελαφρά πτωτική πορεία (100 ppm N) των αντίστοιχων επιπέδων της συγκέντρωσης του K^+ .

Τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης του K^+ στη ρίζα των φυτών της ρόκας, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζουν γενικά αύξηση της αντίστοιχης συγκέντρωσης καθώς με ολοένα και αυξανόμενες ποσότητες αζώτου εφοδιαζόταν το θρεπτικό διάλυμα (100, 150 200 ppm N), αλλά οι διαφορές στις τιμές της συγκέντρωσης του K^+ δεν ήταν πάντα στατιστικά σημαντικές. Οι συγκεκριμένες τιμές κυμάνθηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων από 1394 έως 1848 $\mu\text{mol/g}$ ΞΒ.

Οι τιμές λοιπόν της συγκέντρωσης του K^+ στη ρίζα των φυτών της ρόκας που λιπάνθηκαν με 200 ppm N, παρόλο που ήταν πάντα μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των φυτών που δέχτηκαν 100 και 150 ppm N, ήταν πάντα στατιστικά σημαντικά υψηλότερες μόνο από τις αντίστοιχες τιμές των φυτών που λιπάνθηκαν με 100 ppm N.

Επιπλέον συγκρίνοντας τις τιμές της συγκέντρωσης του K^+ στη ρίζα μεταξύ των φυτών της ρόκας διαφορετικής ηλικίας, διαπιστώθηκε μια συνεχή αυξητική τάση

της συγκεκριμένης συγκέντρωσης με την αύξηση της ηλικίας των φυτών από την 26^η έως την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων για όλες τις μεταχειρίσεις με άζωτο (100, 150 200 ppm N).



Διάγραμμα 6. Συγκέντρωση K⁺ στις ρίζες της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (p=0,5)

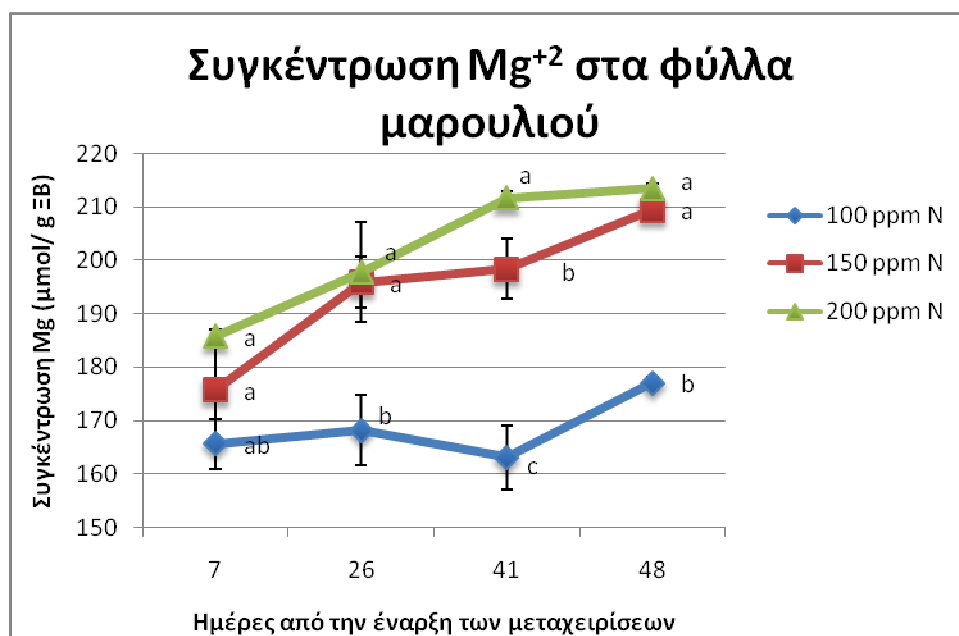
Τέλος συγκρίνοντας τις τιμές της συγκέντρωσης του K⁺ στα φύλλα αντίστοιχα του μαρουλιού και της ρόκας (Διαγράμματα 3, 5) παρατηρούμε ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση στα φύλλα του μαρουλιού ήταν συγκριτικά υψηλότερη (1780 έως 3410 μmol/g ΞΒ) από αυτή της ρόκας (1560 έως 2700 μmol/g ΞΒ).

Αντίστοιχα ευρήματα διαπιστώθηκαν για τη συγκέντρωση του K⁺ στη ρίζα (Διαγράμματα 4, 6), όπου οι τιμές της συγκεκριμένης συγκέντρωσης στις ρίζες του μαρουλιού παρόλο που ξεκίνησαν από χαμηλότερα επίπεδα έφτασαν τελικά σε υψηλότερα (985 έως 2353 μmol/g ΞΒ) από αυτά της ρόκας (1394 έως 1848 μmol/g ΞΒ).

Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στο πείραμά μας ως προς τη συγκέντρωση του K^+ στα φύλλα και τη ρίζα των φυτών μαρουλιού και ρόκας έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξαν οι Sánchez-Chávez *et al.* (2010).

Σύμφωνα λοιπόν με τους Sánchez-Chávez *et al.* (2010) η αύξηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, από τα πολύ χαμηλά έως τα συνιστώμενα για το κάθε φυτικό είδος επίπεδα αζώτου, προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης του K^+ στους ιστούς των φυτών. Είναι γεγονός ότι στα δικά μας πειράματα δεν χορηγήθηκαν πολύ υψηλότερες ποσότητες αζώτου από αυτές που ενδείκνυται για την άριστη ανάπτυξη των συγκεκριμένων φυτών και ως εκ' τούτου ήταν αναμενόμενη η αύξηση της συγκέντρωσης του K^+ στα φύλλα και τις ρίζες του μαρουλιού και της ρόκας. Η χορήγηση πολύ υψηλών ποσοτήτων αζώτου, πέρα από τις συνιστώμενες δόσεις για το κάθε φυτικό είδος, οδηγεί στη μείωση της συγκέντρωσης του K^+ στους ιστούς των φυτών (Sánchez-Chávez *et al.*, 2010, Cavarianni *et al.*, 2008).

3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Mg^{+2} ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΙ ΤΗ ΡΙΖΑ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ



Διάγραμμα 7. Συγκέντρωση Mg^{+2} στα φύλλα του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

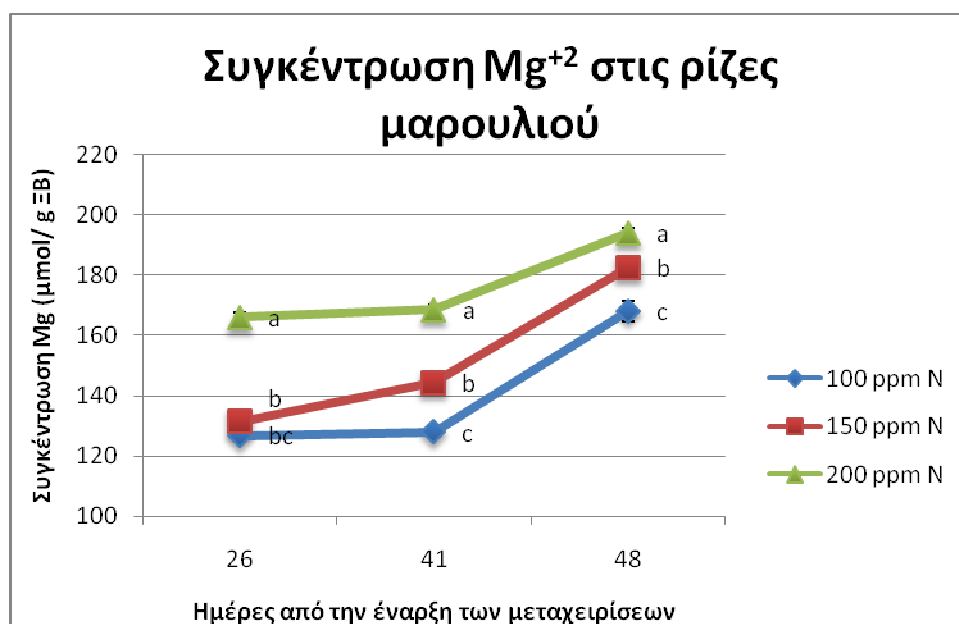
Η συγκέντρωση του Mg^{+2} στα φύλλα των φυτών του μαρουλιού γενικά σημείωσε αύξηση καθώς ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες αζώτου δεχόταν τα φυτά (100, 150, 200 ppm N), ενώ οι τιμές της κυμαίνονταν από 165 έως 213 $\mu\text{mol/g DW}$ (Διάγραμμα 7).

Επιπλέον οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} ήταν σημαντικά μικρότερες στα φύλλα των φυτών του μαρουλιού που λιπάνθηκαν με το χαμηλότερο επίπεδο αζώτου (100 ppm N), έναντι αυτών που μεταχειρίστηκαν με τα υψηλότερα επίπεδα αζώτου (150, 200 ppm N) σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, εκτός από την πρώτη μέτρηση (7^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων).

Συγκρίνοντας τις τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα του μαρουλιού μεταξύ των φυτών που δέχτηκαν 150 και 200 ppm αζώτου, παρόλο που εκείνες των φυτών που δέχτηκαν τα μεγαλύτερα ποσά αζώτου ήταν πάντα

υψηλότερες, οι διαφορές τους δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, εκτός από την περίπτωση κατά την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, όπου η τιμή της συγκέντρωσης του Mg⁺² των φυτών που δέχτηκαν 200 ppm N ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη έναντι αυτής των φυτών που λιπάνθηκαν με 150 ppm N.

Ακόμη διαπιστώθηκε γενικά αυξητική τάση των επιπέδων της συγκέντρωσης του Mg⁺² στα φύλλα του μαρουλιού με την αύξηση της ηλικίας των φυτών (Διάγραμμα 7) από την 7^η έως την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων σε όλα γενικά τα φυτά που λιπάνθηκαν με διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (100, 150, 200 ppm N).



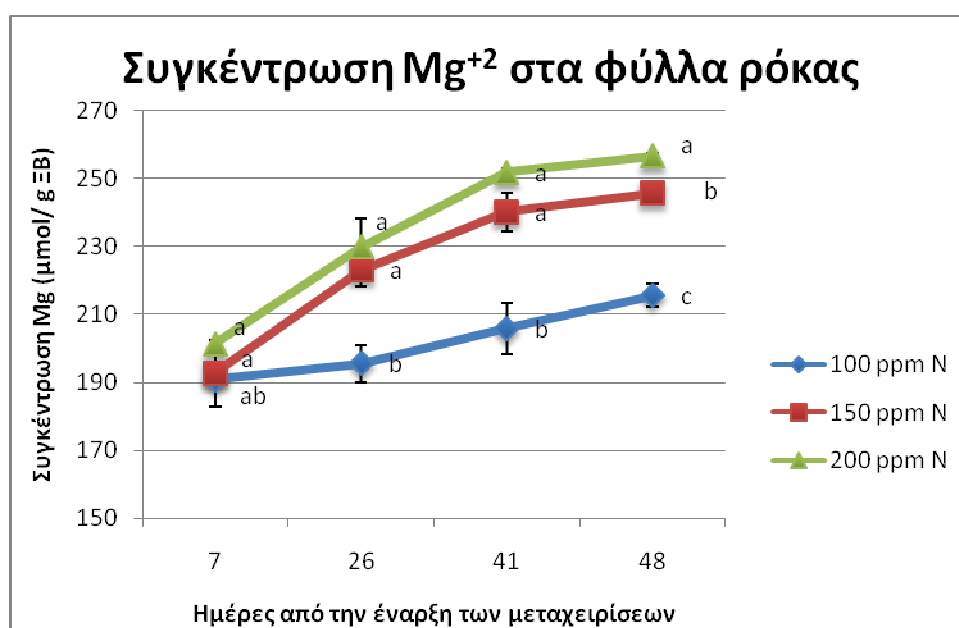
Διάγραμμα 8. Συγκέντρωση Mg⁺² στις ρίζες του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (p=0,5)

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 8 η συγκέντρωση του Mg⁺² στις ρίζες του μαρουλιού ήταν πάντα αυξανόμενη με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης στο θρεπτικό διάλυμα που εφοδιαζόταν τα φυτά (100, 150, 200 ppm N), ενώ οι τιμές της συγκεκριμένης συγκέντρωσης κυμάνθηκαν από 127 έως 194 μmol/g EB.

Μάλιστα σε όλες τις περιπτώσεις των μεταχειρίσεων με διαφορετικό επίπεδο αζωτούχου λίπανσης, οι διαφορές στις τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στις ρίζες του μαρουλιού ήταν στατιστικά σημαντικές καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, με εξαίρεση τις τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στις ρίζες των φυτών που δέχτηκαν 100 ppm N κατά την 26^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, οι οποίες δεν ήταν σημαντικά χαμηλότερες από αυτές των φυτών που εφοδιάστηκαν με 150 ppm N.

Επίσης οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στις ρίζες των φυτών του μαρουλιού ήταν αυξανόμενες με την ηλικία των φυτών από την 26^η έως την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, με εντονότερο ρυθμό αύξησης μεταξύ 41^η και 48^η ημέρας συγκριτικά με αυτόν της περιόδου μεταξύ 26^η και 41^η ημέρας (Διάγραμμα 8).



Διάγραμμα 9. Συγκέντρωση Mg^{+2} στα φύλλα της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά του μαρουλιού, ως προς την συγκέντρωση του Mg^{+2} στα φύλλα, προκύπτουν και για το φυτό της ρόκας όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9.

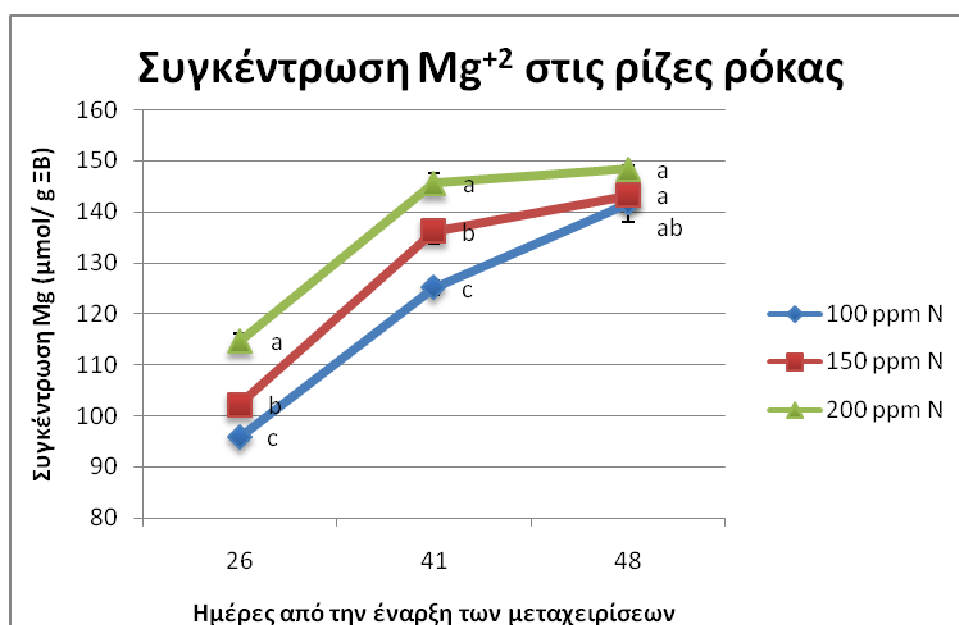
Οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα της ρόκας κυμάνθηκαν από 191 έως 257 $\mu\text{mol/g } \Xi\text{B}$ κατά τη διάρκεια των πειραμάτων και ήταν γενικά

αυξανόμενες καθώς ολοένα αυξανόμενες ήταν οι ποσότητες του αζώτου που παρεχόταν στα φυτά (100, 150, 200 ppm N).

Συγκεκριμένα οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα των φυτών της ρόκας ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερες στα φυτά που εφοδιάστηκαν με το χαμηλότερο επίπεδο αζώτου (100 ppm N), έναντι αυτών που δέχτηκαν 150 και 200 ppm αζώτου σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, εκτός από την πρώτη μέτρηση (7^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων), όπου οι τιμές της εν λόγω συγκέντρωσης δεν διέφεραν σημαντικά για κανένα από τα φυτά που δέχτηκαν διαφορετικά επίπεδα αζώτου (100, 150, 200 ppm N).

Οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα των φυτών της ρόκας που δέχτηκαν 200 ppm αζώτου ήταν πάντα υψηλότερες αυτών που δέχτηκαν 150 ppm, αλλά οι διαφορές τους δεν ήταν σημαντικές, παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση, την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.

Σταθερά αυξητική τάση παρατηρήθηκε στις τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα των φυτών της ρόκας με την αύξηση της ηλικίας των φυτών από την 7^η έως την 48^η ημέρα για όλες ανεξαρτήτως τις μεταχειρίσεις με άζωτο (Διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 10. Συγκέντρωση Mg^{+2} στις ρίζες της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Σχετική πορεία με αυτή του μαρουλιού, ακολούθησε η συγκέντρωση του Mg^{+2} στις ρίζες των φυτών της ρόκας, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 10.

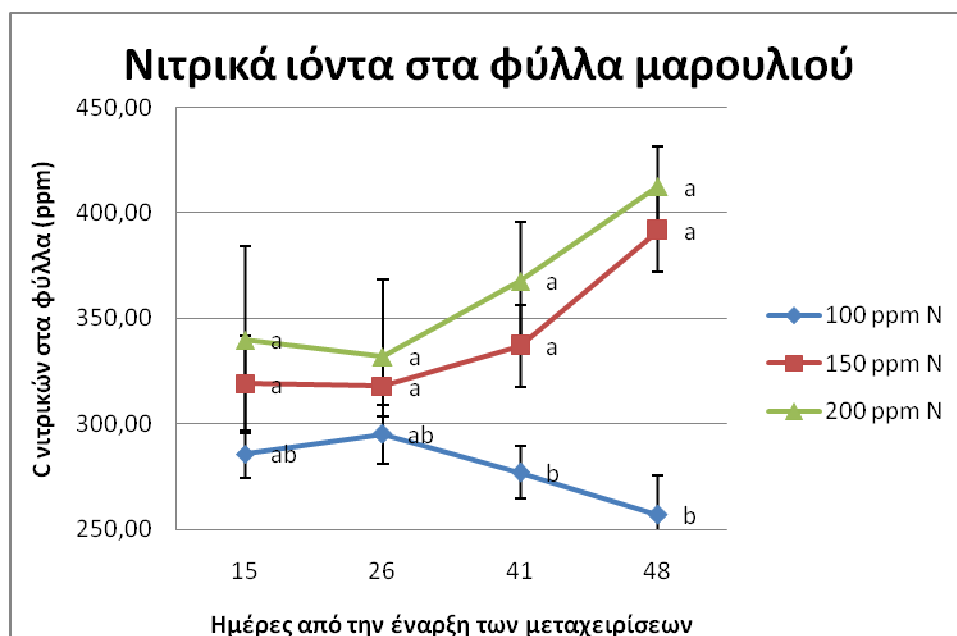
Οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στις ρίζες της ρόκας κυμάνθηκαν από 96 έως 149 $\mu\text{mol/g}$ ΞΒ και ήταν πάντα αυξανόμενες με την αύξηση του αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα που παρεχόταν στα φυτά της ρόκας (100, 150, 200 ppm N) και οι διαφορές τους ήταν πάντα στατιστικά σημαντικές, με εξαίρεση την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, όπου οι τιμές της συγκέντρωσης του Mg^{+2} δεν διέφεραν σημαντικά για κανένα από τα φυτά, ανεξαρτήτως του επιπέδου αζώτου που μεταχειρίστηκαν.

Σταθερά αυξητική ήταν γενικά και η τάση της εν λόγω συγκέντρωσης στη ρίζα με την αύξηση της ηλικίας των φυτών της ρόκας από την 26^η έως την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 10).

Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στο πείραμά μας, όσον αφορά την συγκέντρωση Mg^{+2} , τόσο στα φύλλα, όσο και στις ρίζες των φυτών που καλλιεργήθηκαν (μαρούλι, ρόκα) έρχονται σε συμφωνία με αυτά που σημειώθηκαν από τους Sánchez-Chávez *et al.*, (2010). Δεδομένου ότι η χορήγηση αζώτου στο πείραμά μας άρχισε από τις χαμηλές σχετικά ποσότητες αζώτου (100 ppm N) και δεν ξεπέρασε σημαντικά τις optimum για την ανάπτυξη ποσότητες των συγκεκριμένων ειδών (μαρούλι, ρόκα), η αύξηση του χορηγούμενου αζώτου μέχρι το επίπεδο των 200 ppm N προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης Mg^{+2} , όπως έχει αναφερθεί και από τους Sánchez-Chávez *et al.*, (2010).

Αντίθετα όπως διαπιστώθηκε από τους Sánchez-Chávez *et al.*, (2010) και Cavarianni *et al.*, (2008) αύξηση της ποσότητας αζώτου που χορηγείται στα φυτά πέραν των συνιστώμενων για την ανάπτυξή τους ποσοτήτων προκαλεί μείωση της συγκέντρωσης του Mg^{+2} στα φύλλα και τις ρίζες των φυτών.

3.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΡΟΚΑΣ



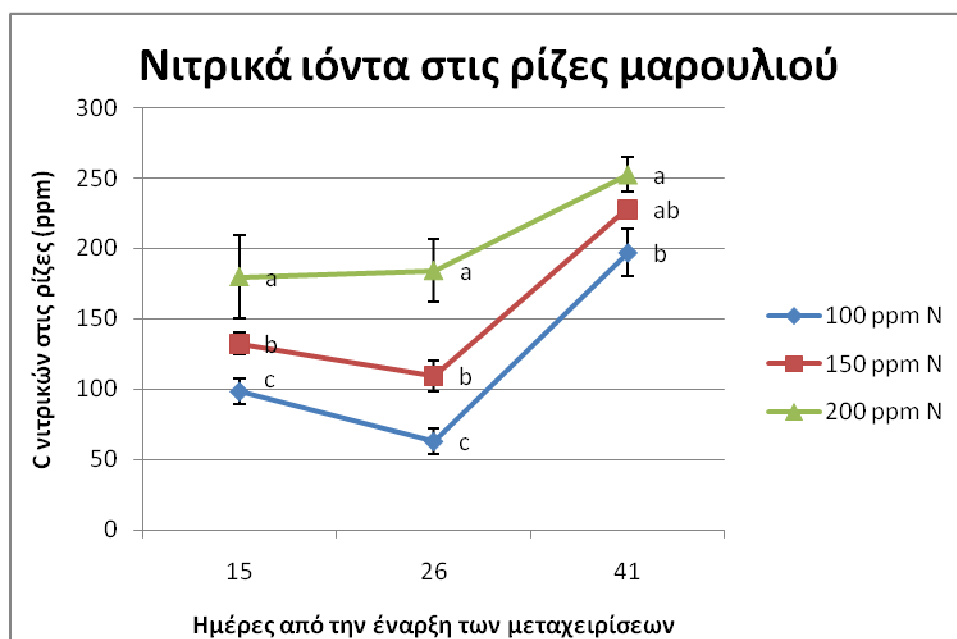
Διάγραμμα 11. Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα φύλλα του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης*

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Από το διάγραμμα 11 φαίνεται ότι η αύξηση των επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης, ξεκινώντας από τις χαμηλές συγκεντρώσεις (100 ppm N), προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα του μαρουλιού. Οι διαφορές όμως στις τιμές των συσσωρευμένων νιτρικών στα φύλλα των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα αζώτου (100, 150, 200 ppm N) δεν ήταν πάντα στατιστικά σημαντικές. Εξαίρεση παρατηρήθηκε μόνο στις τιμές των νιτρικών ιόντων των φυτών που δέχτηκαν το χαμηλό επίπεδο αζώτου (100 ppm N) κατά την 41^η και 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, οι οποίες διέφεραν σημαντικά από τις τιμές των άλλων μεταχειρίσεων (150, 200 ppm N).

Γενικά οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα του μαρουλιού κυμάνθηκαν από 257 έως 413 $\mu\text{gNO}_3/\text{g}$ νωπού βάρους ή ppm NO_3 .

Αξιοσημείωτη είναι η πτωτική τάση που παρουσίασε η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων μετά την 20^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων στα φύλλα του μαρουλιού που λιπάνθηκαν με τη χαμηλότερη συγκέντρωση των 100 ppm αζώτου. Αντίθετα σημειώθηκε αυξητική τάση της συγκέντρωσης των εν λόγω νιτρικών ιόντων στα φύλλα των φυτών του μαρουλιού που μεταχειρίστηκαν με 150 και 200 ppm αζώτου από την 15^η έως την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 11).



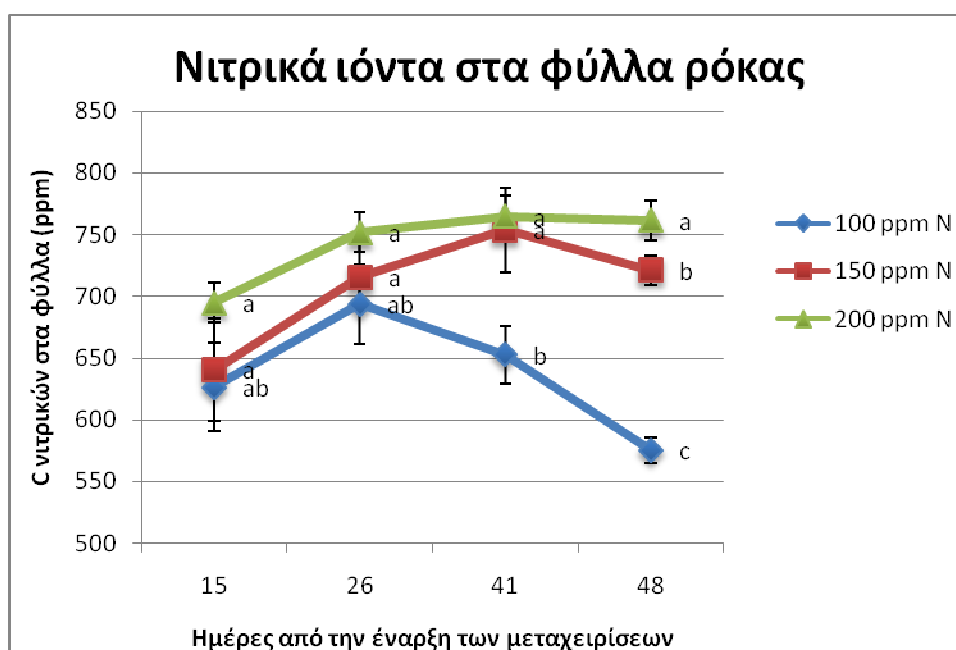
Διάγραμμα 12. Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στις ρίζες του μαρουλιού κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Διάγραμμα 12 η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στις ρίζες των φυτών του μαρουλιού κυμάνθηκε από 63 έως 253 $\mu\text{g NO}_3/\text{g}$ νωπού βάρους ή ppm NO_3 και ήταν πάντα αυξανόμενη με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης στο θρεπτικό διάλυμα που εφοδίαζε τα φυτά. Οι διαφορές μάλιστα στις τιμές των νιτρικών ιόντων μεταξύ των φυτών που δέχτηκαν διαφορετικές ποσότητες αζώτου μέσω του θρεπτικού διαλύματος (100, 150, 200 ppm N) ήταν στατιστικά σημαντικές καθόλη τη διάρκεια των μεταχειρίσεων (15^η έως 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων), με εξαίρεση την 41^η ημέρα, όπου οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στις ρίζες των φυτών μαρουλιού που

δέχτηκαν 150 ppm αζώτου δεν διέφεραν σημαντικά έναντι αυτών που λιπάνθηκαν με 100 και 200 ppm αζώτου.

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας από την 15^η έως την 41^η ημέρα, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στις ρίζες των φυτών του μαρουλιού αρχικά σημείωσε σταθερή (200 ppm N) ή πτωτική τάση (100, 150 ppm N) έως και την 26^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, ενώ στη συνέχεια εμφάνισε αυξητική τάση για όλα τα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 13. Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα φύλλα της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης*

*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

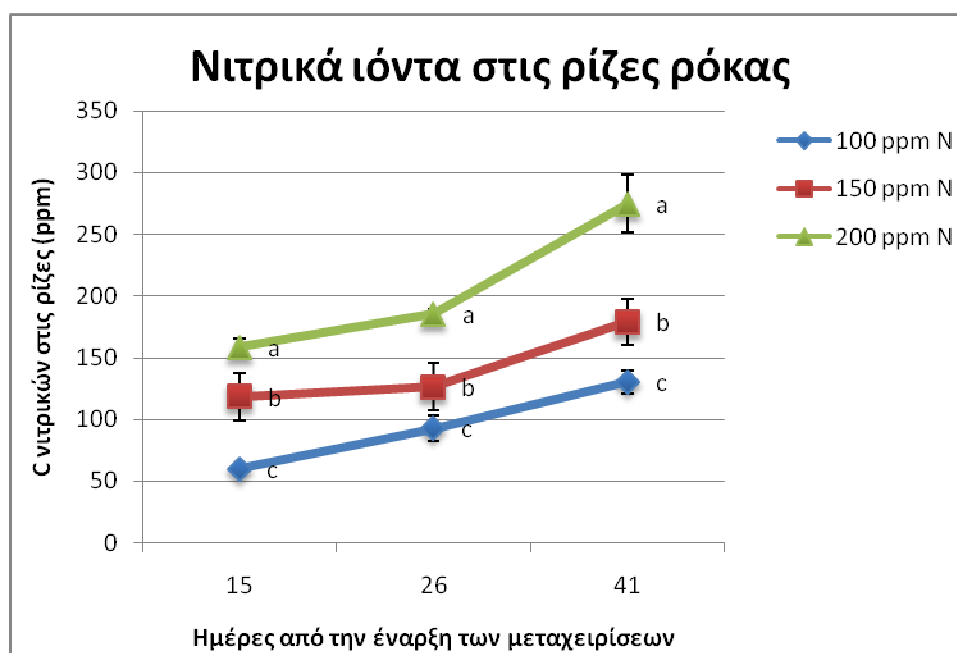
Αντίστοιχη γενικά πορεία με αυτή των φύλλων του μαρουλιού ακολούθησε η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων και στα φύλλα του φυτού της ρόκας. Οι τιμές της συγκεκριμένης συγκέντρωσης στα φύλλα της ρόκας κυμάνθηκαν από 575 έως 765 $\mu\text{gNO}_3/\text{g}$ νωπού βάρους ή ppm NO_3 (Διάγραμμα 13).

Ξεκινώντας από την χαμηλή συγκέντρωση των 100 ppm αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, καθώς αυξανόταν τα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης, αυξανόταν και η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στα φύλλα των φυτών της ρόκας, ενώ οι διαφορές μεταξύ των τιμών της εν λόγω συγκέντρωσης δεν ήταν σημαντικές, παρά μόνο για

την περίπτωση των φυτών που δέχτηκαν την χαμηλή συγκέντρωση αζωτούχου λίπανσης (100 ppm N), όπου κατά την 41^η και 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων οι τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων διέφεραν σημαντικά έναντι αυτών των φυτών που λιπάνθηκαν με υψηλότερες ποσότητες αζώτου (150, 200 ppm N).

Επιπλέον σημαντικά υψηλότερες παρατηρήθηκαν και οι τιμές των νιτρικών ιόντων των φυτών που λιπάνθηκαν με 200 ppm N έναντι αυτών που δέχτηκαν 150 ppm N, μόνο κατά την 48^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.

Αυξητική φαίνεται να είναι η τάση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα της ρόκας, των φυτών που εφοδιάζονταν με 150 και 200 ppm αζώτου μέχρι και την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων, ενώ στη συνέχεια η τάση παρέμεινε σταθερή ή ελαφρώς πτωτική (150 ppm N). Αντίθετα, παρατηρήθηκε έντονα πτωτική τάση, μετά την 26^η ημέρα, στη συγκέντρωση των συγκεκριμένων ιόντων στα φύλλα των φυτών της ρόκας που μεταχειρίστηκαν με την χαμηλότερη συγκέντρωση των 100 ppm αζώτου (Διαγραμμα 13).



Διάγραμμα 14. Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στις ρίζες της ρόκας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, σε τρία διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης *
*Οι τιμές που φέρουν το ίδιο γράμμα σε κάθε μπάρα για την κάθε συγκομιδή δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p=0,5$)

Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 14, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στις ρίζες των φυτών της ρόκας ήταν σε συμφωνία με αυτή των φυτών του μαρουλιού και πάντα αυξανόμενη με την αύξηση των ποσοτήτων αζώτου που προστίθονταν στο θρεπτικό διάλυμα (100, 150, 200 ppm N). Μάλιστα οι διαφορές στις τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές.

Οι τιμές της συγκεκριμένης συγκέντρωσης στις ρίζες των φυτών της ρόκας κυμάνθηκαν από 60 έως 275 $\mu\text{gNO}_3/\text{g}$ νωπού βάρους ή ppm NO_3 .

Επιπλέον αυξητική ήταν και η τάση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στις ρίζες των φυτών της ρόκας με την αύξηση της ηλικίας των φυτών από την 15^η έως και την 41^η ημέρα από την έναρξη των μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 14).

Η σταδιακή αύξηση των νιτρικών ιόντων σε συνδυασμό με την αυξανόμενη χορήγηση αζώτου έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές για διάφορα λαχανικά (Breimer, 1982, Σιώμος, 1993, Darnell and Stutte, 2001, Chen *et al.* 2004, Taghavi and Babalar, 2007), καθώς επίσης για το μαρούλι (McCall and Willumsen, 1999, Byrne *et al.*, 2001, Mun and Lee, 2002, Boroujerdnia *et al.* 2007, Sorensen *et al.* 1994, Mantovani *et al.* 2005, Konstantopoulou *et al.*, 2010) και για τη ρόκα (Hanafy *et al.* 2000, Santamaria *et al.*, 2002, Cavarianni *et al.*, 2008). Η αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα και τις ρίζες των φυτών, πιθανόν να είναι αποτέλεσμα της αποθήκευσης της πλεονάζουσας ποσότητας των εν λόγω ιόντων στα χυμοτόπια των φυτικών ιστών (Granstedt and Huffaker, 1982), σημεία από τα οποία δύσκολα και μόνο σε μεγάλη ανάγκη χρησιμοποιούνται από το φυτό για παραγωγή οργανικών ενώσεων.

Όσον αφορά το μέσο όρο των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων που βρέθηκαν στα φύλλα των φυτών που καλλιεργήθηκαν, αυτός δεν φαίνεται να ξεπερνά το μέγιστο όριο της E.E, έτσι ώστε να μπορεί να ειπωθεί ότι τα φυλλώδη λαχανικά που καλλιεργούνται στη χώρα μας και δέχονται ανάλογες λιπάνσεις είναι πιο υγιεινά και ακίνδυνα από εκείνα των βορειοευρωπαϊκών χωρών, όπου συχνά διαπιστώνονται υπερβάσεις στις τιμές νιτρικών ιόντων στα φύλλα, από το όριο της E.E. (Escobar – Gutierrez *et al.* 2002).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων συμπεραίνουμε ότι:

Η αύξηση του χορηγούμενου αζώτου στα φυτά του μαρουλιού και της ρόκας είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του μέσου βάρους τους, αλλά και του αριθμού των φύλλων ανά φυτό και για τα δύο είδη φυτών.

Με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης παρατηρήθηκε γενικά αύξηση των τιμών της συνολικής χλωροφύλλης σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Η συγκέντρωση των ιόντων K^+ και Mg^{+2} στα φύλλα και τις ρίζες των φυτών μαρουλιού και ρόκας σημείωσε αύξηση με την αύξηση της χορηγούμενης ποσότητας αζώτου, σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Η αύξηση των επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στα φύλλα και τις ρίζες του μαρουλιού και της ρόκας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Addiscott, T.M., Benjamin, N., 2004. Nitrate and human health. *Soil Use and Management*, 20(2): 98-104.
- Arnon, D., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1):3-4.
- Blom-Zandstra, M., Lampe, E.M.J., 1985. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *Journal of Experimental Botany*, 36: 1043-1052.
- Boroujerdnia, M., Ansari, N.A., Dehcordie, F.S., 2007. Effect of cultivars, harvesting time and level of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in romaine lettuce. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(3): 550-553.
- Bouchard, D.C., Williams, M.K., Surampalli, R.Y., 1992. Nitrate contamination of groundwater: sources and potential health. *Journal of the American Water Works Association*, 84 (9): 85-90.
- Breimer, T., 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 3(3): 191-292.
- Broadley, M. R., Escobar-Gutierrez, A. J., Burns, A., Burns, I. G., 2000. What are the effects of nitrogen deficiency on growth components of lettuce? *New Phytologist*, 147 (3): 519-526.
- Broadley, M. R., Escobar-Gutierrez, A. J., Burns, A., Burns, I. G., 2001. Nitrogen-limited growth of lettuce is associated with lower stomatal conductance. *New Phytologist*, 152 (1): 97-106.
- Bruning-Fann, C. S., Kannene, J. B., 1993. The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on human health: a review. *Veterinary and Human Toxicology* 35(6): 521-538.
- Burns, I. G., Walker, R. L., Moorby, J., 1997. How do nutrients drive growth? *Plant and Soil*, 196(2): 321-325.
- Byrne, C., Maher, M.J., Hennerty, M. J., Mahon, M. J., Walshe, P. A., 2001. Reducing the nitrate content of protected lettuce. *Horticulture and Farm Forestry Series*, Kinsealy Research Centre, Dublin, 23: 24 p.
- Γεννάδιος Π.Γ. 1959. Λεξικόν Φυτολογικόν, Εκδόσεις Μόσχου.

- Campbell, C.R. and C.O. Plank, 1998. Preparation of Plant Tissue for Laboratory Analysis. In: Handbook of Reference Method for Plant Analysis, Kalra, Y.P. (Ed). CRC Press, Boca Raton, FL., pp: 37-150.
- Cataldo, D. A., Harnon, M., Schrader, L. E. and Yougs, V. L., 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6:71-80.
- Cardenas-Navarro, R., Adamowicz, S., Robin, P., 1999. Nitrate accumulation in plants: a role for water. *Journal of Experimental Botany*, 50(334): 613-624.
- Cavarianni, R. L., Cecilio Filho, A. B., Cazetta, J. O., May, A., Corradi, M. M., 2008. Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen concentrations in the nutritive solution. *Scientia Agricola*, 65(6):652-658.
- Chen, B.M., Wang, Z.W., Li, S.X., Wang, G.X., Song, H.X. and Wang, X.N., 2004. Effect of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science*, 167(3): 635-643.
- Chilvers, C., Inskip, H., Caygill, C., Bartholomew, B., Fraser, P., Hill, M., 1984. A survey of dietary nitrate in well-water users. *International Journal of Epidemiology*, 13(3): 324-331.
- Cuello, C, Correa, P, Haenszel, W, Gordillo, G, Brown, C, Archer, M, Tannenbaum, S., 1976. Gastric cancer in Colombia. I. Cancer risk and suspect environmental agents. *Journal of the National Cancer Institute*, 57(5): 1015-1020.
- Δημητράκης Κ. Γ. 1998. Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.
- Dapigny, L., De Tourdonnet, S., Roger-Estrade, J., Jeuffroy, M.H., Fleury, A., 2000. Effect of nitrogen nutrition on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) under various conditions of radiation and temperature. *Agronomie*, 20: 843-855.
- Darnell, R.L. Stutte, G.W., 2001. Nitrate concentration effects on NO₃-N uptake and reduction, growth and fruit yield in strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(5): 560-563.
- Dev, S. P., Bhardway, K. K. R., 1995. Effect of crop wastes and nitrogen levels on biomass production and nitrogen uptake in wheat-maize sequence. *Annals of Agricultural Research*, 16: 264-267.

- Escobar-Gutierrez, A. J., Burns, I. G., Lee, A., Edmondson, R. N., 2002. Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(2): 232-237
- E.U. (European Commission), Commission Regulation (EC) No 563/2002 of the 2nd April 2002 amending Regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Community* L86: 5-6.
- E.U. (European Commission), Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of the 19th December 2006 amending Regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Community* L364/ 5.
- Fewtrell, L., 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia and global burden of disease: a discussion. *Environmental Health Perspectives*, 112(14): 1371-1374.
- Fritschi, F. B., Ray, J. D., 2007, Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica*, 45 (1): 92-98.
- Granstedt, C.R., Huffaker, C. R., 1982. Identification of the Leaf Vacuole as a Major Nitrate Storage Pool, *Plant Physiology*, 70: 410-413
- Hanafy A. H. A., Khalil, M.K., Farrag, A.M., 2000. Nitrate Accumulation, Growth, Yield and chemical composition of Rocke (*Eruca vesicaria* subsp. *Sativa*) plant as affected by NPK fertilization, Kinetin and Salicylic Acid, ICEHM,, pp 495- 508.
- Horst, J. W., Schenk, K. M., Bürkert, A., Claassen, N., Flessa, H., Frommer, B. W., Goldbach, H., Olf, W. H., Römheld, V., Sattelmacher, B., Schmidhalter, U, Schubert, S., Wirén, N., Wittenmayer, L., 2001. Chlorophyll content distribution in leaves, stems, and ears in winter wheat. *Developments in Plant and Soil Sciences*, 92: 720-721.
- Joossens, J.V., Hill, M.J., Elliott, P., Stanler, R., Lesaffre, E., Dyer, A., Nichols, R., Kesteloot, H., 1996. Dietary salt, nitrate and stomach cancer mortality in 24 countries. European Cancer Prevention (ECP) and the intersalt cooperative research group. *International Epidemiology*, 25(3): 494-504.
- Καράταγλης, Σ., 1999. Φυσιολογία φυτών (3^η έκδοση). Εκδόσεις Art of text, Θεσσαλονίκη, σελ. 203-272.

- Konstantopoulou, E., Kapotis, G., Salachas, G., Petropoulos, A. S., Passam., C. H., 2010. Nutritional quality of greenhouse grown lettuce at harvest and after storage in relation to N application and cultivation season. *Scientia Horticulturae*, 125(2):93-108.
- Konstantopoulou, E., Kapotis, G., Salachas, G., Petropoulos, A. S., Chatzieustratiou, E., Karapanos, C. I., Passam, C. H., 2012. Effect of nitrogen application on growth parameters, yield and leaf nitrate content of greenhouse lettuce cultivated during three seasons, *Journal of Plant Nutrition*, 35:8, 1246-1254.
- Kostraba, J.N., Gay, E.C., Rewers, M., Hamman, R.F., 1992. Nitrate levels in community drinking waters and risk of IDDM. An ecological analysis. *Diabetes Care*, 15(11): 1505-1508.
- Lefsrud, M. G., Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., 2007. Nitrogen levels influence biomass, elemental accumulations, and pigment concentrations in spinach. *Journal of Plant Nutrition*, 30 (2): 171-185.
- Leon, A. P., Vina, S. Z., Frezza, D., Chaves, A., Chiesa, A., 2007. Estimation of chlorophyll contents by correlation between SPAD-502 meter and chroma meter in butterhead lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (19-20): 2877-2885.
- Malberg, J.W., Savage, E.P., Osteryoung, J., 1978. Nitrates in drinking water and the early onset of hypertension. *Environmental Pollution*, 15: 155-160.
- Mantovani, J.R., Ferreira, M.E., Da Cruz, M.C.P., 2005. Lettuce growth and nitrate accumulation in relation to nitrogen fertilization. *Horticultura Brasileira*, 23(3) : 758-762.
- McCall, D., Willumsen, J., 1999. Effects of nitrogen availability and supplementary light on the nitrate content of soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(4): 458-463.
- Morton, W.E., 1971. Hypertension and drinking water constituents in Colorado. *American Journal of Public Health*, 61: 1371-1378.
- Mun, B. H., Lee, B. Y., 2002. Fluctuations of nitrate and ascorbic acid in leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in hydroponics as affected by concentrations of nutrient solution. *Korean Society for Horticultural Science*, 43(4): 425-428.
- Ολύμπιος, Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα σελ. 667-737.

- Ολύμπιος, Χ. Μ. 1994. Στοιχεία Γενικής Λαχανοκομίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Palmer, S., Berridge, D., McDonald, A, Davies, W., 1996. Control of leaf expansion in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by nitrogen nutrition. *Journal of Experimental Botany*, 47:359-368.
- Radin, W. J., Boyer, S. J., 1982. Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants. *Plant Physiology*, 69: 771-775.
- Roorda van Eysinga, J.P.N.L., 1984. Nitrate and glasshouse vegetables. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 5(2):149-156.
- Ryder, E.J. and T.W. Whitaker. 1976. Lettuce. In *Evolution of Crop Plants*, N.W. Simmonds (Editor). Longmans-Green, London.
- Sánchez-Chávez, E. Muñoz-Marquez, E., Garcia-Bañuelos, L.M., Anchondo-Najera, A., Guerrero-Prieto, M. V., Nuñez-Barrios, A., Ruiz-Saez, M. J., Romero-Monreal, M. L., 2010. Influence of nitrogen fertilization on K⁺, Mg²⁺ and Ca²⁺ concentrations and on its bioindicators in roots and leaves of green bean plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), 1137-1146.
- Santamaria, P., Elia, A., Serio, F., 2002. Effect of solution nitrogen concentration on yield, leaf element content and water and nitrogen use efficiency of three hydroponically –grown rocket salad genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 25(2): 245-258.
- Schröder, G.F., Bero, H., Maloupa, E., Gerasopoulos, D., 2001. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system (plant plan hydroponic). *Acta Horticulturae*, 548:551-555.
- Seginer, I., 2003. A dynamic model for nitrogen-stressed lettuce. *Annals of Botany*, 91:623-635.
- Seginer, I., Bleyaert, P., Breugelmans, M., 2004. Modelling ontogenetic changes of nitrogen and water content in lettuce. *Annals of Botany*, 94(3):393-404.
- Siomos, S. A., Papadopoulou, P. P., Dogras, C. C., Vasiliadis, E., Docas, A., Georgiou, N., 2002. Lettuce composition as affected by genotype and leaf position. *Acta Horticulturae*, 579: 635-639.
- Sorensen, J. N., Johansen, A. S., Poulsen, N., 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce: 1. Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46(1): 1-11.

- Steinmetz, A.K., Potter, D. J., 1996. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(10): 1027-1039.
- Σιώμος, Α., 1993. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και διατηρησιμότητα του σπαραγγιού. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, σελ. 8-103.
- Taghavi, T.S., Babalar, M., 2007. The effect of nitrate and plant size on nitrate uptake and *in vitro* nitrate reductase activity in strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Selva). *Scientia Horticulture*, 112 (4): 393-398.
- Tam, K. R., Magistad, C. O., 1935. Relationship between nitrogen fertilization and chlorophyll content in pineapple plants. *Plant Physiology*, 10(1): 159–168.
- Van der Werf, A., 1996. Growth analysis and photoassimilate partitioning. In: Zamski, E., Schaffer, AA., eds. *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source-sink Relationship*. New York, USA: Marcel Dekker, pp. 501-518.
- Walker, R., 1990. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additive Contamination*, 7: 717-768.
- Walker RL, Burns IG, Moorby J.1997. Variations in the form of relative growth rate (RGR) and nitrogen concentration relationships. Fertilizer for sustainable plant production and soil fertility, Vol. II. Proceedings of the 11th International World Fertilizer Congress, September 7–13, 1997, Gent, Belgium, 382–388.
- Zhao, D. K, Reddyl, R., Kakani, V. G., Read, J. J., Carter, G. A., 2003. Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil*, 257: 205–217.