

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Τίτλος: «ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ  
ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΘΡΕΨΗ ΤΟΥ ΜΠΡΟΚΟΛΟΥ»**



**Φοιτήτρια: Μιχοπούλου Βασιλική  
Επιβλέπουσα: Ασημακοπούλου Άννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια**

**Καλαμάτα, Νοέμβριος 2017**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου κατά την περίοδο Ιανουαρίου 2016 – Φεβρουάριο 2017. Σε αυτή την εργασία μελετήθηκε η αλληλεπίδραση διαφόρων μορφών αζώτου στην αύξηση, ανάπτυξη και περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στο μπρόκολο.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στη Δρα Άννα Ασημακοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε τόσο κατά την διάρκεια του πειραματικού μέρους όσο και κατά την συγγραφή της πτυχιακής εργασίας. Ακόμα νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Σάλμα για τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε στην διάρκεια των πειραματικών εργασιών.

Θερμές ευχαριστίες αποδίδω στους συμφοιτητές μου κ. Ιάσωνα Αλέξανδρο Μπάστα, κ. Νικόλαο Κουνάβη και κ. Κωνσταντίνο Μιχαλόπουλο για την σημαντική συνεργασία μας στην επίτευξη της πτυχιακής εργασίας.

Ακόμη, θέλω να ευχαριστήσω τη Διοίκηση του Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω αυτήν την πειραματική εργασία στις εγκαταστάσεις του Ιδρύματος.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου και όλους εκείνους που ήταν δίπλα μου και πίστεψαν στις δυνατότητές μου καθ'όλη την φοιτητική μου πορεία.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΡΟΚΟΛΟΥ.....	5
1.1.1. Βοτανική ταξινόμηση μπρόκολου.....	5
1.1.2. Καταγωγή – Εξάπλωση του φυτού.....	6
1.1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	6
1.1.4. Διατροφικά οφέλη.....	7
1.2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗ.....	8
1.2.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	9
1.2.2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	9
1.2.2.1. Άζωτο.....	9
1.2.2.2. Φώσφορος.....	10
1.2.2.3. Κάλιο.....	11
1.2.2.4. Μαγνήσιο.....	12
1.2.2.5. Ασβέστιο.....	12
1.2.2.6. Θείο.....	13
1.2.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	13
1.2.3.1. Σίδηρος.....	13
1.2.3.2. Μαγγάνιο.....	14
1.2.3.3. Ψευδάργυρος.....	15
1.2.3.4. Χαλκός.....	15
1.2.3.5. Μολυβδαίνιο.....	15
1.2.3.6. Βόριο.....	16
1.2.4. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ.....	17
1.2.4.1. Πρόσληψη αζώτου από το φυτό.....	17
1.2.4.2. Δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου.....	19
1.2.5. ΧΡΗΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ.....	22
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	23
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	29
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	52
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία απέβλεπε στη μελέτη της επίδρασης της μορφής του χορηγούμενου αζώτου στην αύξηση και ανόργανη θρέψη φυτών μπρόκολου (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) και συγκεκριμένα του υβριδίου 'Gringo'. Τα φυτά αναπτύχθηκαν την άνοιξη 2016, σε θερμοκήπιο του ΤΕΙ Πελοποννήσου, με τη μέθοδο της υδροπονίας, σε φυτοδοχεία χωρητικότητας 4,0 λίτρων που περιείχαν μίγμα χαλαζιακής άμμου και περλίτη 1:1 (v/v) και στα οποία εφαρμόστηκαν τέσσερις επεμβάσεις ως προς τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου του θρεπτικού διαλύματος, E0: 100% N-NO<sub>3</sub>, E25: 75% N-NO<sub>3</sub>+25% N-NH<sub>4</sub>, E50: 50% N-NO<sub>3</sub>+50% N-NH<sub>4</sub> και E75: 25% N-NO<sub>3</sub>+75%N-NH<sub>4</sub>. Με βάση τα αποτελέσματα της επίδρασης της μορφής του χορηγούμενου αζώτου σε διάφορες παραμέτρους αύξησης φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo είδαμε ότι το νβ φυτού, το νβ φύλλων και το νβ υπέργειο τμήματος των φυτών που αναπτύχθηκαν με 25% αμμωνιακό άζωτο, ακολουθούμενα από τις αντίστοιχες παραμέτρους των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% αμμωνιακό άζωτο (δηλ. με 100% νιτρικό άζωτο) ήταν σημαντικά υψηλότερα από ό,τι των φυτών με 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο. Όσον αφορά στη σχέση ρίζας προς υπέργειο τμήμα, τα φυτά μπρόκολου που αναπτύχθηκαν με 75% αμμωνιακό άζωτο παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη σχέση από αυτή των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% και 50% αμμωνιακό άζωτο. Αντίθετα, η επίδραση της μορφής του χορηγούμενου αζώτου στο μήκος βλαστού, στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό και στην υδατοπεριεκτικότητα των φύλλων των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα ήταν η μη σημαντική διαφοροποίησή τους. Όσον αφορά στα αποτελέσματα της ανόργανης θρέψης, η επίδραση της μορφής του χορηγούμενου αζώτου στις συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου των φύλλων των φυτών ήταν η μη σημαντική διαφοροποίησή τους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα. Αντίθετα, τα φυτά που αναπτύχθηκαν με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα παρουσίασαν αυξημένες συγκεντρώσεις K και Ca και μειωμένες συγκεντρώσεις Mg στα φύλλα τους. Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων, η επίδραση της μορφής του χορηγούμενου αζώτου ήταν ότι τα φυτά μπρόκολου που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασαν σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις Zn και Cu στα φύλλα τους καθώς και μειωμένες συγκεντρώσεις Fe. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Mn και B δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά εξαιτίας της μορφής του χορηγούμενου αζώτου.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΡΟΚΟΛΟΥ

Το όνομα *broccoli*, προέρχεται από τον πληθυντικό της Ιταλικής λέξης *broccolo*, που σημαίνει «η ανθισμένη κορυφή ενός λάχανου». Το μπρόκολο θεωρείται ετήσιο χειμερινό λαχανικό. Η ανάπτυξη των βλαστών και των φύλλων ευνοείται από θερμοκρασίες κοντά στους 21 - 28°C και η ανάπτυξη της ανθοκεφαλής από 15-20°C. Αν και είναι ανθεκτικό στο κρύο, μπορεί να προκληθούν σημαντικές ζημιές αν σημειωθεί παγετός κατά την περίοδο σχηματισμού των ανθοταξιών. Ανάλογα με την ποικιλία που θα διαλέξουμε υπάρχουν διαφοροποιήσεις όσον αφορά την ανάγκη έκθεσής τους σε χαμηλές θερμοκρασίες για τον σχηματισμό των ανθικών στελεχών. Το εδώδιμο τμήμα του μπρόκολου είναι ο τρυφερός βλαστός, τα φύλλα και οι φυσιολογικά ανώριμες ταξιανθίες του φυτού, οι οποίες καταναλώνονται ως νωπές ή μαγειρεμένες. Η κορυφή του κεντρικού βλαστού διακλαδίζεται σχηματίζοντας έτσι πολλούς βλαστούς. Οι κορυφές των βλαστών του μπρόκολου διογκώνονται και μας δίνουν ταξιανθίες με πολλούς υποανάπτυκτους ανθοφόρους οφθαλμούς. Κάπως έτσι σχηματίζεται η ανθοκεφαλή του μπρόκολου που αγοράζουμε όλοι από το εμπόριο και καταναλώνεται αφού πρώτα βραστεί.

### **Βοτανική ταξινόμηση μπρόκολου**

1.1.1. Το μπρόκολο *Brassica oleracea* είναι ετήσιο φυτό και ανήκει στην οικογένεια των Κραμβοειδών (Σταυρανθών) του γένους *Brassica*. Κατάγεται από την Ιταλία εξ ου και η επιστημονική του ονομασία Κράμβη η λαχανώδης (*Brassica oleracea* var. *italica*). Υπάγεται στην οικογένεια των *Cruciferae* ενώ ανήκει στην ίδια οικογένεια λαχανικών με το λάχανο και το κουνουπίδι. Ουσιαστικά είναι ένα είδος λάχανου και προήλθε από το άγριο λάχανο μετά από συνεχείς καλλιέργειες που είχαν σκοπό την εξέλιξη των ταξιανθιών. Το καλλιεργούμενο μπρόκολο διακρίνεται σε τρεις βοτανικές ποικιλίες:

- Το Καλαμπρέζε μπρόκολο (*Brassica oleracea* convar. *botrytis* (L.) Alef. Var. *italica* Plenck) είναι ο πιο γνωστός τύπος μπρόκολου με συμπαγείς, πράσινου χρώματος κεφαλές και χονδρούς μίσχους.

- Το μπρόκολο Ρομανέσκο (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *botrytis* f. *botrytis* cv. Romanesco) σχηματίζει κιτρινοπράσινες κεφαλές με τους ανθικούς οφθαλμούς να είναι διαχωρισμένοι και να έχουν χαλαρή δομή.
- Το ιώδες μπρόκολο (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *botrytis* f. *erytrobotrys*). Σε αυτόν τον τύπο μπρόκολου η κεφαλή αποτελείται από μικρούς ανθικούς οφθαλμούς, οι οποίοι φέρουν μια ιώδη απόχρωση.

1.1.2. **Καταγωγή – Εξάπλωση του φυτού** Η καταγωγή του φυτού θεωρείται ότι κατάγεται από τις χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Σύμφωνα με ιστορικές πηγές, καλλιεργήθηκε αρχικά από τους Ρωμαίους και εισήχθη στην Αγγλία στις αρχές του 16ου αιώνα όπου από εκεί μεταφέρθηκε στις Ινδίες μέσω των αποικιών. Το μπρόκολο έφτασε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 1920 παράλληλα με την άφιξη των Ιταλών μεταναστών. Από τις Η.Π.Α εξαπλώθηκε στον υπόλοιπο κόσμο κατά τα τελευταία 50 χρόνια.

Στην Ευρώπη, κύριες χώρες παραγωγής είναι η Ισπανία, η Ιταλία, η Γαλλία και ακολουθεί η Πολωνία. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του μπρόκολου δεν είναι πολύ μεγάλη, όμως τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση λόγω της ζήτησής του από τους καταναλωτές. Μια καλλιέργεια με λιγότερο από 20 χρόνια ζωής στα δρώμενα της ελληνικής γεωργίας, έχει καταφέρει να κερδίσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, αλλά και των παραγωγών, με αποτέλεσμα να αυξάνει σταθερά τις καλλιεργούμενες εκτάσεις του. Φαίνεται πως η πολύχρονη οικονομική κρίση ανέδειξε την καλλιέργεια των σταυρανθών, και δη του μπρόκολου, με τους παραγωγούς να προσπαθούν να καλύψουν την εγχώρια ζήτηση. Όχι όμως αποτελεσματικά μέχρι στιγμής, αφού η χώρα μας συνεχίζει να εισάγει ποσότητες κυρίως από τη γειτονική Ιταλία, ορισμένες φορές, μάλιστα, και από τη Γαλλία.

1.1.3. **Βοτανικά χαρακτηριστικά** Το μπρόκολο σχηματίζει μια κεντρική και πολλές πλευρικές ρίζες. Το πάχος των ριζών κυμαίνεται από 0,5 χιλ. έως 1 εκ. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης το φυτό είναι επιπολαιόρριζο. Ο κύριος όγκος των ριζών βρίσκεται 20 εκ. με 30 εκ. κάτω από την επιφάνεια του

εδάφους. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος επηρεάζεται από την παρουσία υγρασίας αλλά και από τις καλλιεργητικές τεχνικές.

Ο βλαστός του φυτού είναι λείος και αποτελεί στηρικτικό μέσο για τα φύλλα και για την ανθοταξία. Στα στάδια της πλήρους βλαστικής ανάπτυξης μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 80 εκ. Τα φύλλα είναι απλά, εναλλασσόμενα και όρθιας ανάπτυξης, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό ανάλογα με την ποικιλία. Οι μίσχοι των φύλλων είναι σχετικά μικροί. Έχουν επίμηκες έλασμα με ωοειδές σχήμα σε διαστάσεις 80 εκ. x 40 εκ. και κυματοειδής μορφή με ακανόνιστες εγκολπώσεις. Το χρώμα του ελάσματος είναι πρασινωπό με άσπρες νευρώσεις ενώ είναι καλυμμένο με κηρώδες επίχρισμα.

Το ανθικό στέλεχος σχηματίζεται στο κέντρο του φυτού και φτάνει σε ύψος τα 70 εκ. Η ανθοκεφαλή σχηματίζεται στο άκρο του ανθικού στελέχους σε νεαρή ηλικία, η οποία αποτελείται από λιγότερο η περισσότερο πυκνές ομάδες ανθικών οφθαλμών. Τα χρώματα των ανθοκεφαλών ποικίλουν και μπορούμε να τις συναντήσουμε σε αποχρώσεις του πρασίνου και του ερυθροϊώδους.

- 1.1.4. **Διατροφικά οφέλη** Η αύξηση της ζήτησης του μπρόκολου αποτελεί ένα παγκόσμιο φαινόμενο, αφού όλο και περισσότερες επιστημονικές έρευνες φέρνουν στο προσκήνιο τις πλούσιες αντιοξειδωτικές ιδιότητες του. Τα τελευταία χρόνια είναι αρκετά δημοφιλής η αγορά του σε κατεψυγμένη μορφή τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Η.Π.Α. Μπορούμε ακόμα να το βρούμε και σε μείγματα αποξηραμένων ή κατεψυγμένων λαχανικών. Το μπρόκολο ανήκει στα πλέον πλούσια σε θρεπτικά συστατικά λαχανικά καθώς περιέχει πολλές φυτικές ίνες, βιταμίνες Α και C, κάλιο, σελήνιο, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Ακόμη είναι πολύ καλό σε δίαιτες αδυνατίσματος λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας του σε θερμίδες. Επίσης είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικά και σε καροτενοειδή.

Η πλούσια σε μπρόκολο διατροφή φαίνεται ότι έχει αξιοσημείωτη αντικαρκινική δράση. Οι κυριότερες αντικαρκινικές ουσίες του μπρόκολου ότι είναι η I3C και η σουλφοραφάνη. Έχει διαπιστωθεί, μάλιστα, ότι η I3C μεταβάλλει τα επίπεδα των οιστρογόνων στον οργανισμό και σταματά τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων του μαστού.

Ακόμη έχει παρατηρηθεί ότι παρέχει προστασία ενάντια στα καρδιαγγειακά νοσήματα.

Επίσης χάρη στην ουσία σουλφοραφάνη, θεωρείται ότι προστατεύει τα κύτταρα του ματιού από την υπεριώδη ακτινοβολία. Όσο περισσότερη σουλφοραφάνη αφομοιώσουν τα κύτταρα του αμφιβληστροειδή πριν από την έκθεση στον ήλιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η άμυνά τους απέναντι στην υπεριώδη ακτινοβολία.

## **1.2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗ**

Οι βασικές αρχές της ορθολογικής λίπανσης, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόδοση στην καλλιέργεια συνδέονται με την πραγματοποίηση χημικής ανάλυσης του εδάφους καθώς και με ιδιαίτερες γνώσεις τόσο των αναγκών της καλλιέργειας, όσο και του ρυθμού πρόσληψης των θρεπτικών από αυτήν, την εφαρμογή χημικών αναλύσεων στους φυτικούς ιστούς, κ.ά.

Η λίπανση του μπρόκολου διακρίνεται σε βασική και επιφανειακή. Η βασική λίπανση γίνεται κατά το στάδιο της προετοιμασίας του εδάφους και πριν την εγκατάσταση των φυτών σε αυτό. Χορηγείται η μισή περίπου ποσότητα N, όλη η απαιτούμενη ποσότητα P και η μέγιστη ποσότητα K και Mg, S και ιχνοστοιχείων, εφόσον απαιτούνται. Μπορεί να χορηγηθεί, επίσης καλά χωνεμένη κοπριά ή χλωρή λίπανση. Η επιφανειακή λίπανση γίνεται στο έδαφος, κατά προτίμηση με υδρολίπανση, ξεκινώντας από το στάδιο των 4 φύλλων, που πραγματοποιείται και η μεταφύτευση, και επαναλαμβάνεται 2-3 φορές ανά 12-15 μέρες έως τη συγκομιδή, με διαφυλλικούς ψεκασμούς. Χορηγείται η άλλη μισή ποσότητα N, συμπληρώνονται οι απαιτούμενες μονάδες K, Mg, S, Ca και χορηγείται και B. Διαφυλλικά χορηγούνται B, Mo, Fe, Mn, Zn, P, Mg, Ca συχνά μαζί με αμινοξέα, βιταμίνες, πολυσακχαρίτες, βασικά στην περίοδο από το στάδιο των 4 φύλλων μέχρι και το σχηματισμό της κεφαλής.

Απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, πλέον του άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου, είναι το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το θείο, το βόριο, ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο, ο χαλκός, το μολυβδαίνιο, χλώριο και νικέλιο που βρίσκονται συνήθως στο



έδαφος και στην εδαφική ζώνη σε βάθος 0-60 εκ. Ο ρόλος των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, η πρόσληψη, η μεταχείριση και η συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων στο φυτό, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων είναι πολύ σημαντικά στην ανάπτυξη των φυτών.

### 1.2.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για την ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο να υπάρχουν θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος. Αυτά χωρίζονται κυρίως σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά. Στη πρώτη ομάδα, πλέον του άνθρακα (C), υδρογόνου (H) και οξυγόνου (O), ανήκουν το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P), το Κάλιο (K), Μαγνήσιο (Mg), το Ασβέστιο (Ca) και το Θείο (S). Στη δεύτερη κατηγορία το Μαγγάνιο (Mn), ο Ψευδάργυρος (Zn), ο Σίδηρος (Fe), ο Χαλκός (Cu), το Βόριο (B), το Μολυβδαίνιο (Mo), το Χλώριο (Cl) και το νικέλιο (Ni). Υπάρχει και μια ακόμα κατηγορία που ονομάζεται «ωφέλιμα στοιχεία». Σ' αυτήν ανήκουν το Νάτριο (Na), το Πυρίτιο (Si) και το Κοβάλτιο (Co). Ο ρόλος των προαναφερθέντων θρεπτικών στοιχείων είναι σημαντικός διότι μέσω των βιοχημικών αντιδράσεων που δημιουργούνται στα φυτά, παράγονται ένζυμα απολύτως ωφέλιμα για την αύξησή τους (Κουκουλάκης και Παπαδόπουλος, 2003).

### 1.2.2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1.2.2.1. Το **άζωτο** συναντάται σε οργανική και σε ανόργανη μορφή. Βρίσκεται κυρίως στα φύλλα και στα αγγεία του ξύλου. Η τυχόν έλλειψή του δημιουργεί προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών καθώς αναστέλλεται την φωτοσυνθετική δραστηριότητα και μειώνεται η παραγωγή της χλωροφύλλης. Παράλληλα συμμετέχει στη δημιουργία αμινοξέων οι οποίες παράγουν τις πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες είναι πολύ σημαντικές για το φυτό καθώς αποτελούν το κύριο υλικό των κυττάρων και του πρωτοπλάσματος.

Το άζωτο βρίσκεται σε συγκεντρώσεις 1,5 - 6% της ξηρής ουσίας των φυτικών ιστών και κατά μέσο όρο θεωρείται ότι βρίσκεται σε επάρκεια όταν η συγκέντρωσή του κυμαίνεται στα 2,5 - 3,5%. Πάντως παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των καλλιεργούμενων φυτών.

Η πρόσληψη του αζώτου πραγματοποιείται κυρίως υπό νιτρική μορφή ( $\text{NO}_3$ ) και λιγότερο υπό την αμμωνιακή μορφή ( $\text{NH}_4$ ), ανάλογα βέβαια και με το pH του εδάφους, τη θερμοκρασία κ.ά.

Όταν το άζωτο χορηγείται υπό την αμμωνιακή του μορφή ( $\text{NH}_4$ ) τότε παρατηρούνται αλληλεπιδράσεις με άλλα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία όπως είναι το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), και το μαγνήσιο (Mg) και σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε τροφοπενίες των παραπάνω στοιχείων. Όταν το άζωτο χορηγείται υπό τη νιτρική του μορφή, τότε παρατηρείται ανταγωνισμός με το θείο (S) και το φώσφορο (P).

Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου συνήθως εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών. Παρατηρείται διάχυτη χλώρωση και τα πρώτα συμπτώματα της τροφοπενίας φαίνονται στα παλαιά φύλλα (φύλλα της βάσης βλαστών) και προχωράει σταδιακά προς τα ανώτερα. Με την πάροδο του χρόνου ξεραίνεται όλο το έλασμα και μερικές φορές τα φύλλα πέφτουν ενώ παρατηρείται και μείωση της παραγωγής. Στην περίπτωση που η τροφοπενία προχωρήσει τότε έχουμε αναστολή σ' όλες τις λειτουργίες του φυτού δηλαδή στην ανάπτυξη της ρίζας, στο σχηματισμό νέων βλαστών, ανθέων και καρπών.

1.2.2.2. Ο **φώσφορος** είναι συστατικό των ενώσεων υψηλής ενέργειας όπως είναι ATP, φωσφολιπιδίων, νουκλεϊκών οξέων, νουκλεοτιδίων, συνενζύμων, μυοϊνοσιτόλης και φυτικού οξέος (φυτίνη), όπου είναι άλας της μυοϊνοσιτόλης με Ca και Mg. Ακόμη είναι ρυθμιστής του pH του κυττάρου καθώς επηρεάζει την καταβολή των αναπαραγωγικών οργάνων και την αύξηση της ρίζας.

Ο φώσφορος βρίσκεται σε μικρότερες συγκεντρώσεις στους φυτικούς ιστούς σε σύγκριση με το άζωτο και οι οποίες κυμαίνονται στο 0,15 -1,00% της ξηράς ουσίας τους (συνήθως 0,20 - 0,40%).

Ο φώσφορος αλληλεπιδρά με άλλα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία παρουσιάζοντας είτε συνεργιστική είτε ανταγωνιστική δράση. Για παράδειγμα όταν το άζωτο προστίθεται σε αμμωνιακή μορφή τότε ο φώσφορος δρα συνεργιστικά. Αντίθετα, ο φώσφορος ενεργεί ανταγωνιστικά με τον άργιλο και το σίδηρο.

Η τροφοπενία εμφανίζεται αρχικά στα κατώτερα φύλλα και προχωράει σταδιακά προς τα ανώτερα. Τα φύλλα αποκτούν έντονο σκούρο πράσινο χρώμα ενώ αργότερα εμφανίζονται ερυθροί, πορφυροί ή και μωβ μεταχρωματισμοί στην κάτω επιφάνεια των φύλλων ή ακόμα και στους μίσχους (συσσώρευση ανθοκυανών). Η εικόνα του φυτού είναι καχεκτική ενώ η ανάπτυξη είναι μικρή. Εμφανίζεται κυρίως σε όξινα και κρύα υποστρώματα που κατακρατούν πολύ υγρασία. Μερικές φορές, όταν υπάρχουν χαμηλές θερμοκρασίες τα συμπτώματα έλλειψης φωσφόρου είναι πιο έντονα ενώ όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τα συμπτώματα υποχωρούν.

1.2.2.3. Το **κάλιο** διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και στην σύνθεση του αμύλου. Επίσης είναι ενεργοποιητής ενζύμων (ιμβερτάσης, πυρουβικής κινάσης κ.ά.). Έχει την δυνατότητα να βελτιώνει την ποιότητα των καρπών και αυξάνει την αντοχή σε ασθένειες. Ακόμη συμμετέχει στη ρύθμιση της υδατικής ισορροπίας στους φυτικούς ιστούς γιατί παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της λειτουργίας των στομάτων στα φύλλα. Ο ρόλος του λοιπόν είναι σημαντικός καθώς επηρεάζει τη συγκράτηση νερού, ιδιαίτερα σε περιόδους ξηρασίας.

Η συγκέντρωση του καλίου κυμαίνεται στα 1,0 – 5,0% της ξηράς ουσίας (συνήθως 1,5 – 3,0%) των φυτικών ιστών αλλά σε ορισμένα φυτικά όργανα μπορεί να φτάσει μέχρι και το 10,0%. Η πρόσληψη του καλίου εξαρτάται από την περατότητα των κυτταρικών μεμβρανών και συνήθως προσλαμβάνεται με υψηλούς ρυθμούς από του φυτικούς ιστούς.

Το κάλιο παρουσιάζει αλληλεπίδραση με το μαγνήσιο και το άζωτο. Πιο συγκεκριμένα δρα ανταγωνιστικά με το μαγνήσιο για αυτό και η αναλογία της παρεχόμενης συγκέντρωσης αυτών των στοιχείων στο έδαφος κυμαίνεται συνήθως σε 3:1 για πολλά λαχανικά. Όταν το άζωτο προστίθεται υπό νιτρική μορφή ευνοείται η συσσώρευση καλίου στα φύλλα ενώ δρα ανταγωνιστικά όταν βρίσκεται υπό αμμωνιακή μορφή. Ανάλογη ανταγωνιστική δράση έχει παρατηρείται και για το ασβέστιο.

Η τροφοπενία καλίου εμφανίζεται στα κατώτερα και παλαιότερα φύλλα και μόνο σε πολύ προχωρημένο στάδιο προσβάλλει τα υπόλοιπα φύλλα. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρούνται περιφερειακές χλωρώσεις των φύλλων με παράλληλη συστροφή τους. Οι χλωρώσεις στη συνέχεια

νεκρώνονται και προχωρούν προς το εσωτερικό του ελάσματος. Τα φύλλα τελικά πέφτουν και οι ρίζες αποκτούν έντονο καστανό χρώμα. Η εικόνα των φύλλων που παρουσιάζουν έλλειψη καλίου είναι αυτή της έλλειψης νερού.

1.2.2.4. Το **μαγνήσιο** είναι απαραίτητο συστατικό της χλωροφύλλης και συνδέεται άμεσα με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού ενώ επηρεάζει και τη δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων συμμετέχοντας στη μεταβολική δραστηριότητα των φυτικών ιστών.

Το μαγνήσιο δρα ανταγωνιστικά με το κάλιο και το ασβέστιο καθώς επίσης και με το μαγγάνιο και το αργίλιο. Συνήθως οι σχέσεις  $Ca:Mg= 2:1$  και  $K:Mg = 8:1$  θεωρούνται οι πιο κατάλληλες αλλά αυτό εξαρτάται σημαντικά από το φυτικό είδος.

Τα συμπτώματα τροφοπενίας μαγνησίου εμφανίζονται στα κατώτερα και παλιότερα φύλλα ενώ σε προχωρημένο στάδιο προσβάλλει και τα υπόλοιπα φύλλα. Αρχικά εμφανίζεται χλώρωση στην περιφέρεια των φύλλων που σταδιακά επεκτείνεται μεταξύ των κύριων νεύρων. Σπάνια τα φύλλα νεκρώνονται, αλλά συχνά το σύνολο των φύλλων του φυτού μπορούν να αποχρωματιστούν. Επίσης, σε κυτταρικό επίπεδο, η έλλειψή του επηρεάζει τα μιτοχόνδρια και τα ριβοσώματα.

1.2.2.5. Το **ασβέστιο** είναι δυσκίνητο στοιχείο και βρίσκεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα φύλλα. Παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων και στη σύνθεση πρωτεΐνης. Είναι ενεργοποιητής ενζύμων, ασκεί σημαντική επίδραση στη διαίρεση των κυττάρων, το σχηματισμό της μιτωτικής ατράκτου και την ανάπτυξη των μεριστωμάτων. Επίσης συμβάλει στη γονιμοποίηση των ανθέων και συμμετέχει ενεργά στην επιμήκυνση των κυττάρων και ιδιαίτερα των βλαστών.

Η συγκέντρωση του ασβεστίου στου φυτικούς ιστούς και κυρίως στα φύλλα, κυμαίνεται στα 0,2-5,0% της ξηράς ουσίας τους (συνήθως για πολλά φυτά 0,3-3,0%). Τα λαχανικά θεωρούνται γενικά από τα πιο πλούσια μεταξύ των φυτικών ειδών σε συγκέντρωση ασβεστίου.

Το ασβέστιο ανταγωνίζεται το μαγνήσιο, το κάλιο και το νάτριο στους φυτικούς ιστούς. Από την άλλη πλευρά δρα συνεργιστικά με το βόριο καθώς

και με το φώσφορο σε συνθήκες χαμηλών τιμών του pH. Το ίδιο συμβαίνει και με το άζωτο όταν βρίσκεται σε ανόργανη μορφή. Αντίθετα, δρα ανταγωνιστικά με τον ψευδάργυρο, τον σίδηρο και τον χαλκό.

Η έλλειψη ασβεστίου παρατηρείται συνήθως στα ανώτερα και νεότερα φύλλα. Η παραμόρφωση και κάμψη των νεαρών φύλλων στο άκρο του βλαστού είναι ένα από σύνηθες φαινόμενο. Τα νεαρά φύλλα εμφανίζουν χλώρωση και νέκρωση στην κορυφή ή την περιφέρεια του ελάσματος. Συνήθως συνοδεύεται με νέκρωση των οφθαλμών της κορυφής καθώς και ελαφρά διόγκωση στα άκρα των ριζών.

1.2.2.6. Το **θείο** αποτελεί συστατικό των αμινοξέων (κυστίνη, θειαμίνη, μεθειονίνη), του συνενζύμου A, της Βιταμίνης B1 και της φερρεδοξίνης καθώς και γλυκοζιδίων στα οποία οφείλεται η ξεχωριστή οσμή και γεύση σε ορισμένα φυτά, όπως είναι τα Σταυρανθή.

Το Θείο δρα συνεργιστικά με το άζωτο και συμμετέχει στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Αντίθετα, το θείο ανταγωνίζεται το βόριο, το μολυβδαίνιο και το σίδηρο.

Η έλλειψη θείου προκαλεί την εμφάνιση συμπτωμάτων που μοιάζουν με εκείνα της έλλειψης αζώτου λόγω του ρόλου που έχουν και τα δύο αυτά θρεπτικά στοιχεία στη σύνθεση πρωτεϊνών και χλωροφύλλης. Σε συνθήκες έλλειψης θείου τα συμπτώματα εμφανίζονται αρχικά στα παλαιότερα και ώριμα φύλλα. Η τροφοπενία θείου δημιουργεί αρχικά ένα κιτρίνισμα ενώ αργότερα μπορεί να εμφανίσει κοκκινωπά στίγματα ή ιώδη.

### 1.2.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1.2.3.1. Ο **σίδηρος** δρα καταλυτικά στη σύνθεση της χλωροφύλλης και είναι συστατικό των σιδηροπρωτεϊνών, των κυτοχρωμάτων, της φερρεδοξίνης, της καταλάσης και της περοξειδάσης. Επίσης είναι συστατικό της νιτρικής και νιτρώδους αναγωγής.

Ο σίδηρος περιέχεται στα φύλλα των καλλιεργούμενων φυτών κυμαίνεται στα 10 - 1000 ppm της ξηράς ουσίας τους (συνήθως 50 – 70 ppm). Ο σίδηρος δεν είναι ευκίνητος κάτι που ευνοεί την εμφάνιση συμπτωμάτων τροφοπενίας.

Ο σίδηρος δρα ανταγωνιστικά με το άζωτο κάτι που παρατηρείται και όταν προστίθενται στο έδαφος υλικά ασβέστωσης και φώσφορος. Η άριστη αναλογία μεταξύ φωσφόρου και σιδήρου κυμαίνεται περίπου στο 29:1. Αντίθετα, η σχέση του σιδήρου με το κάλιο και το χλώριο είναι συνεργιστική και η πρόσληψή του ευνοείται παρουσία αυτών των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων.

Τα συμπτώματα έλλειψης σιδήρου μοιάζουν με αυτά της έλλειψης μαγνησίου γιατί και τα δύο στοιχεία σχετίζονται με τη παραγωγή της χλωροφύλλης. Επειδή όμως ο σίδηρος είναι δυσκίνητος η τροφοπενία εμφανίζεται στα νεαρά φύλλα, ενώ το μαγνήσιο είναι ευκίνητο και η τροφοπενία εμφανίζεται στα παλαιότερα φύλλα. Τα συμπτώματα τροφοπενίας σιδήρου παρατηρούνται με μεσονεύρια χλώρωση η οποία εκτείνεται σε όλη την επιφάνεια του ελάσματος.

1.2.3.2. Το **μαγγάνιο** είναι ενεργοποιητής των ενζύμων του κύκλου του τρικαρβοξυλικών οξέων, της αργινάσης και των οξειδοαναγωγικών ενζύμων. Επίσης παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση.

Το μαγγάνιο βρίσκεται σε συγκέντρωση που κυμαίνεται στα 10- 1380 ppm (συνήθως 10-50 ppm) επί της ξηράς ουσίας των φύλλων των φυτών. Το μαγγάνιο, κινείται μέσα στο φυτό με τη δισθενή του μορφή και μεταφέρεται συνήθως στους μεριστωματικούς ιστούς.

Το μαγγάνιο έχει συνεργιστική δράση με το άζωτο ανάλογα με τη μορφή του, και η απορρόφησή του ευνοείται από τη νιτρική μορφή του αζώτου. Συνεργιστική επίσης είναι η σχέση του μαγγανίου με το φώσφορο ενώ ανταγωνιστική είναι η σχέση του με το μαγνήσιο. Επιπρόσθετα, όταν το pH κυμαίνεται σε υψηλές τιμές (αλκαλικό περιβάλλον), η πρόσληψη του μαγγανίου παρεμποδίζεται.

Η έλλειψη μαγγανίου δημιουργεί μεσονεύρια χλώρωση η οποία δεν είναι τόσο έντονη όσο στην τροφοπενία σιδήρου, ούτε εντοπίζεται σε όλα τα φυτικά είδη στα κορυφαία φύλλα. Σε προχωρημένο στάδιο οι χλωρωτικοί ιστοί αποκτούν καστανωπή απόχρωση και εμφανίζουν διάσπαρτες νεκρωτικές κηλίδες.

1.2.3.3. Ο **ψευδάργυρος** σχετίζεται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και του RNA των φυτών, ενώ παίζει σημαντικό ρόλο ως μεταλλικό συστατικό ενζύμων ή σαν ρυθμιστικός παράγοντας της δραστηριότητάς τους, αφού λαμβάνει μέρος στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Η έλλειψή του οδηγεί σε έλλειψη αμύλου στο φυτό.

Ο ψευδάργυρος αλληλεπιδρά με το φώσφορο και η σχέση τους είναι ανταγωνιστική, καθώς ο τελευταίος επηρεάζει το μεταβολισμό του ψευδάργυρου. Επίσης, ανταγωνιστική αλληλεπίδραση σημειώνεται μεταξύ του ψευδάργυρου και του σιδήρου που ορισμένες φορές μπορεί να δημιουργήσει συμπτώματα τροφопενίας στα φυτά.

Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα έλλειψης του ψευδαργύρου είναι η μικροφυλλία, μικρανθία και μικροκαρπία. Συνήθως εμφανίζονται στα ανώτερα φύλλα.

1.2.3.4. Ο **χαλκός** έχει την δυνατότητα να αναστέλλει την αντίδραση Hill καθώς επίσης και την φωτοφωσφοριλίωση. Ακόμη αναστέλλει την δράση του ενζύμου PEP καρβοξυλάσης. Επίσης διακόπτει την σύνθεση της χλωροφύλλης και μειώνει την σύνθεση πρωτεΐνης.

Ο χαλκός δρα ανταγωνιστικά με το φώσφορο, όπου δηλαδή έχουμε υψηλά επίπεδα φωσφόρου, σημειώνεται μείωση στη συγκέντρωση του χαλκού. Ανάλογο γεγονός μπορεί να συμβεί σε υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μολυβδαίνιου και αργιλίου οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν έλλειψη του χαλκού ιδιαίτερα τα φυτά που ανήκουν στη κατηγορία των ψυχανθών. Αντίθετα, ο χαλκός δρα συνεργιστικά με το κάλιο και το μαγγάνιο που ευνοούν την πρόσληψή του.

Αν και οι τροφопενία χαλκού είναι σπάνια, τα συμπτώματα τροφопενίας εμφανίζονται στα φύλλα, στους νεαρούς βλαστούς και στις κορυφές όπου παρατηρείται στρέβλωση, παραμόρφωση, νέκρωση και αναστολή όλων των λειτουργιών με τις ανάλογες επιπτώσεις στη παραγωγή.

1.2.3.5. Το **μολυβδαίνιο** είναι απαραίτητο για την αφομοίωση του N στα φυτά. Είναι συστατικό των ενζύμων οξειδάση αλδεΐδης, οξειδάση ξανθίνης, νιτρογενάση και νιτρική αναγωγή. Η χημεία του Mo σε αντίθεση με άλλα μέταλλα είναι χημεία ανιόντος.

Εξαιτίας των μικρών αναγκών του φυτού σε μολυβδαίνιο η συγκέντρωσή του στα φύλλα κυμαίνεται στο 1,0 ppm (συνήθως 0,35-0,50 ppm) της ξηράς ουσίας τους. Σε περίπτωση που η ποσότητα σε Μολυβδαίνιο ξεπεράσει κατά πολύ την παραπάνω τιμή τότε μπορούν να προκληθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο φυτό (Κουκουλάκης και Παπαδόπουλος, 2003).

Τα συμπτώματα της έλλειψης μολυβδαινίου μπορεί να είναι η χλώρωση, η νέκρωση και το καρούλιασμα των φύλλων. Στην αρχή, τα νεαρά φύλλα είναι πράσινα, αλλά εμφανίζουν χλωρωτικές κηλίδες όταν εκπτυχθούν πλήρως.

1.2.3.6. Το **βόριο** είναι το μοναδικό μη μέταλλο από τα ιχνοστοιχεία. Διευκολύνει την μεταφορά των σακχάρων μέσω των μεμβρανών και λαμβάνει μέρος στο μεταβολισμό IAA και νουκλεϊκών οξέων. Θεωρείται πολύ σημαντικό για τη δημιουργία των αζωτούχων βάσεων και την σύνθεση των πρωτεϊνών μέσω του RNA. Επιπρόσθετα, συμβάλλει στις κυτταροδιαιρέσεις και στην αύξηση.

Η συγκέντρωση του βορίου κυμαίνεται στα 1-6 ppm της ξηράς ουσίας των φύλλων. Στα δικοτυλήδονα, μπορεί να φτάσει σε υψηλότερα επίπεδα (10- 20 ppm). Εκτός από τα φύλλα, το βόριο εντοπίζεται στους ανθήρες, στο στέλεχος και στις ωοθήκες όπου η περιεκτικότητά του είναι πολύ υψηλή.

Προσλαμβάνεται απ' τα φυτά είτε παθητικά είτε ενεργητικά. Αναφορικά με το βαθμό της κινητικότητάς του χαρακτηρίζεται ως δυσκίνητο.

Το βόριο δρα συνεργιστικά με το φώσφορο διότι συμβάλει στη συσσώρευση του στα νουκλεϊκά οξέα. Μερικές φορές η έλλειψη βορίου συνδέεται με μειωμένη πρόσληψη φωσφόρου. Η σχέση του βορίου με το κάλιο είναι ανταγωνιστική, διότι κάθε φορά που εφαρμόζονται υψηλές δόσεις καλίου προκαλείται μείωση της συγκέντρωσης του βορίου.

Η έλλειψη του βορίου είναι πολύ συνηθισμένη, παρά το ότι το στοιχείο αυτό είναι δυσκίνητο και συνήθως εμφανίζεται στα νεαρά φύλλα και στις κορυφές. Μικροφυλλία, παραμόρφωση και βραχυγονάτωση στο ανώτερο τμήμα των βλαστών είναι μερικά από τα συμπτώματα της τροφοπενίας βορίου. Ακόμη παρατηρείται νέκρωση (μαύρισμα) του κορυφαίου οφθαλμού και έκπτυξη πλαγίων. Επίσης οι βλαστοί και μίσχοι γίνονται εύθρυπτοι ενώ το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται περιορισμένα και είναι καστανής απόχρωσης.



#### 1.2.4. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά του πλανήτη μας. Η μέση περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε άζωτο είναι περίπου 78% (v/v), ενώ στο έδαφος συναντάται άζωτο το οποίο προέρχεται από την αποσύνθεση διαφόρων οργανισμών, καθώς και από την δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου από τα βακτήρια. Έτσι διαμορφώνεται ο κύκλος του αζώτου στο οικοσύστημα με αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ αέρα, εδάφους και οργανισμών.

Οι διεργασίες που συμμετέχουν στον βιογεωχημικό κύκλο του αζώτου είναι η βιομηχανική δέσμευση, η ατμοσφαιρική δέσμευση, η βιολογική δέσμευση, η πρόσληψη από τα φυτά, η ακινητοποίηση στο έδαφος, η αμμωνιοποίηση, η νιτροποίηση, η μετατροπή του σε ορυκτή μορφή, η εξαέρωση, η δέσμευση των αμμωνιακών ιόντων από εδαφικά σωματίδια, η απονιτροποίηση και τέλος η απόπλυση του από το έδαφος με αντίστοιχη μεταφορά σε υπόγειους υδροφορείς ή στην θάλασσα.

Το ανόργανο άζωτο μετατρέπεται σε οργανικά βιομόρια, όπως πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κτλ και αυτό μπορεί να γίνει μόνο με την βοήθεια των φυτών. Κατά αυτόν τον τρόπο, το ανόργανο άζωτο εισέρχεται διαμέσου των φυτών στην τροφική αλυσίδα και στους οργανισμούς, με σκοπό να επιστρέψει πάλι στο περιβάλλον με την αποδόμησή τους.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η αφομοίωση του ανόργανου αζώτου από τα φυτά, μαζί με την φωτοσύνθεση είναι οι δυο κορυφαίες φυσιολογικές διεργασίες, που μόνο τα φυτά μπορούν να επιτελέσουν, και από τις οποίες εξαρτάται η συνέχιση της ζωής στον πλανήτη.

**1.2.4.1. Πρόσληψη αζώτου από το φυτό** Τα φυτά χρησιμοποιούν σε μεγάλες ποσότητες το άζωτο. Το συναντάμε στο έδαφος υπό την μορφή νιτρικών ιόντων και πολύ λιγότερο υπό μορφή αμμωνιακών ιόντων. Τα αμμωνιακά ιόντα προέρχονται κυρίως από την αποδόμηση φυτικών ή ζωικών υπολειμμάτων. Γρήγορα όμως μετατρέπονται σε νιτρικά καθώς οξειδώνονται από τα βακτήρια νιτροποίησης. Στα εδάφη που είναι πλούσια σε αμμωνιακά ιόντα συναντάμε συνήθως προβλήματα πτωχού αερισμού λόγω κακής αποστράγγισης. Σε αυτά τα εδάφη δεν επιβιώνουν τα βακτήρια νιτροποίησης.

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο κυρίως με την μορφή νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) ή αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ) ιόντων. Η πρόσληψη εξαρτάται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, ενώ τα φυτά έχουν αναπτύξει εναλλακτικούς μηχανισμούς πρόσληψης και χρησιμοποίησής του.

Τα **νιτρικά ιόντα** είναι η κύρια μορφή υπό την οποία προσλαμβάνεται το άζωτο από τα φυτά. Είναι απαραίτητο στην θρέψη των φυτών και επηρεάζει σοβαρά την πορεία αύξησης και ανάπτυξης των φυτών. Τα νιτρικά ιόντα διαχέονται από το εδαφικό διάλυμα στον αποπλάστη της ρίζας και προσλαμβάνονται από τα επιδερμικά κύτταρα και τα κύτταρα του φλοιού δια μέσου ειδικών πρωτεϊνών-μεταφορέων νιτρικών.

Στα κύτταρα της ρίζας, τα νιτρικά ιόντα μπορούν να έχουν την ακόλουθη χρήση:

- Να αναχθούν σε αμμωνία και να ενσωματωθούν σε οργανικά αζωτούχα βιομόρια που θα χρησιμοποιηθούν στην ρίζα.
- Να αναχθούν σε αμμωνία και να ενσωματωθούν σε οργανικά αζωτούχα βιομόρια που θα μεταφερθούν στο υπέργειο τμήμα του φυτού, συνήθως ως αμίδια ή αμινοξέα, όπου θα χρησιμοποιηθούν ή θα αποταμιευτούν στα χυμοτόπια.
- Να μεταφερθούν ως νιτρικά στο υπέργειο τμήμα του φυτού, δια μέσου των αγγείων του ξύλου, όπου θα αναχθούν.
- Να αποταμιευθούν προσωρινά ως νιτρικά στα χυμοτόπια των ριζικών κυττάρων.

Τα **αμμωνιακά ιόντα** είναι η δεύτερη, μετά τα νιτρικά, σημαντική πηγή αζώτου για τα φυτά. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στα όξινα εδάφη καθώς η ταχύτητα νιτροποίησης και επομένως η διαθεσιμότητα νιτρικών ιόντων είναι μικρή. Για την πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων είναι απαραίτητη η συμμετοχή πολλών συστημάτων μεταφοράς. Η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων γίνεται με την μεσολάβηση μιας υδρόφοβης μεμβρανικής πρωτεΐνης-μεταφορέα περίπου 500 αμινοξέων. Η ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από την κινητήρια δύναμη πρωτονίων (proton motive force).

Στα είδη όπου υπάρχει βιολογική συμβιωτική σχέση δέσμευσης του αζώτου, η μεμβράνη που περιβάλλει το συμβιώσωμα ρυθμίζει την είσοδο και την έξοδο μορίων του φυτού και βακτηριδίων αντίστοιχα

1.2.4.2. **Δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου** Αν και η ατμόσφαιρα αποτελείται από περίπου 78% άζωτο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τους φυτικούς οργανισμούς λόγω ότι φυτά απορροφούν το άζωτο υπό μορφή νιτρικού οξυ (HNO<sub>3</sub>) νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ή αμμωνιακών ιόντων (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Σε αυτό το σημείο μας βοηθάει η **δέσμευση του αζώτου** (nitrogen fixation) όπου μπορεί να επιτευχθεί με φυσικούς και ανθρωπογενείς τρόπους. Τα οξειδωτικά φορτία των αζωτούχων ενώσεων κυμαίνονται από +5 (νιτρικά) έως -3 (αμμωνία). Έτσι στην βιόσφαιρα συντελούνται διάφορες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις μετατροπής των ενώσεων αζώτου.

- i) Η βιομηχανική παραγωγή αμμωνίας γίνεται με τη μέθοδο Haber-Bosch που αναπτύχθηκε το 1913. Η μέθοδος απαιτεί θερμοκρασία 400-600°C υπό 100-200 atm πίεση με την παρουσία σιδήρου ως καταλύτη και κατανάλωση ενέργειας. Αν και η αντίδραση είναι εξώεργη, δεν έχει βρεθεί κατάλληλος καταλύτης που να επιτρέπει την εκτέλεση της αντίδρασης σε συνθήκες δωματίου. Έτσι, η βιομηχανική δέσμευση αζώτου θεωρείται αρκετά δαπανηρή.
- ii) Το άζωτο που βρίσκεται στην βιόσφαιρα υπό αέρια ή διαλυτή μορφή και αγγίζει το ποσοστό 99,95%. Η ατμοσφαιρική δέσμευση μπορεί πραγματοποιηθεί με τις **φωτοχημικές αντιδράσεις** όπου το οξείδιο του αζώτου (NO) αντιδρά με το όζον (O<sub>3</sub>) και παράγεται νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>) και είναι υπεύθυνο για τη δέσμευση του 2% του συνολικά δεσμευόμενου αζώτου. Ένας άλλος τρόπος είναι οι **ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές)** όπου κατά την διάρκειά τους το νερό που βρίσκεται σε αέρια μορφή αντιδρά με το οξυγόνο και παράγονται ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου (OH), ιόντα υδρογόνου και άτομα οξυγόνου. Τα άτομα οξυγόνου αντιδρούν με το μοριακό άζωτο (N<sub>2</sub>) και σχηματίζεται νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>) το οποίο με την βροχή μεταφέρεται στην γη. Αυτός ο τρόπος είναι υπεύθυνος για την

δέσμευση του 8% του συνολικού δεσμευόμενου ατμοσφαιρικού αζώτου.

- iii) Η **βιολογική δέσμευση του αζώτου** απαιτεί την συμμετοχή ενζύμων, τα οποία υπάρχουν μόνο στα βιολογικά συστήματα. Ορισμένα από αυτά τα συστήματα είναι τα κυανοβακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα α-πρωτεοβακτήρια, τα οποία ζουν συμβιωτικά με ορισμένα φυτικά είδη ή ζουν ελεύθερα στο έδαφος. Έχει υπολογιστεί ότι η βιολογική δέσμευση του αζώτου προσδίδει το 50% του συνολικού αζώτου που απαιτεί η παγκόσμια γεωργική παραγωγή. Κατά την βιολογική δέσμευση το άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία, η οποία σε αυτήν την μορφή εισέρχεται στα βιολογικά συστήματα και στον γενικότερο βιογεωχημικό κύκλο. Η αμμωνία, η οποία προκύπτει από την βιολογική δέσμευση του αζώτου από βακτήρια που διαβιούν ελεύθερα στο έδαφος, συνεισφέρει σημαντικά στη θρέψη με άζωτο των φυτών που καλλιεργούνται στα συγκεκριμένα εδάφη.

Η βιολογική δέσμευση είναι εξώεργη αντίδραση και απαιτεί την υδρόλυση 16 μορίων ATP/μόριο ανοιγμένου μορίου. Η κατάλυση της αντίδρασης γίνεται από το ένζυμο της νιτρογενάση (nitrogenase). Το συγκεκριμένο ένζυμο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στο οξυγόνο, γι' αυτό κατά την κατάλυση της αντίδρασης θα πρέπει να εξασφαλίζονται αναερόβιες συνθήκες, προκειμένου η νιτρογενάση να καθίσταται ενεργή, και να έχουν αζωτοδεσμευτική ικανότητα. Έτσι τα ελευθέρως διαβιούντα βακτήρια διακρίνονται σε **αερόβια** και σε **αναερόβια**.

Τα **αερόβια βακτήρια** προστατεύουν τη νιτρογενάση από το οξυγόνο, μειώνοντας τη συγκέντρωσή του με διάφορους τρόπους. Κάποια από αυτά τα είδη βακτηρίων είναι τα: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia* και το *Derxia*. Για παράδειγμα τα *Azotobacter* δημιουργούν συνθήκες χαμηλού οξυγόνου με αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα. Ορισμένα βακτήρια των ειδών των κυανοβακτηρίων δημιουργούν ειδικές κατασκευές τις επονομαζόμενες ετεροκύστες. Οι ετεροκύστες διαμορφώνονται μόλις μειωθεί η ενδοκυτταρική συγκέντρωση αμμωνίας, και επομένως ενεργοποιείται η νιτρογενάση για την εκ νέου δέσμευση αζώτου και παραγωγής αμμωνίας. Οι ετεροκύστες είναι ειδικά

κύτταρα με πολύ παχιά κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία στερούνται του φωτοσυστήματος II, δηλαδή του τμήματος της φωτοσυνθετικής μεταφοράς ηλεκτρονίων όπου διασπάται το νερό και παράγεται οξυγόνο.

Τα αναερόβια βακτήρια εξασφαλίζουν την απουσία οξυγόνου διαβιώνοντας σε αναερόβιες συνθήκες, όπως σε εδάφη καλυμμένα με νερό. Υπό τέτοιες συνθήκες τα βακτήρια είναι ικανά να δεσμεύσουν μεγάλες ποσότητες αζώτου, ενώ αμέσως μετά την στράγγιση του εδάφους τα βακτήρια πεθαίνουν και απελευθερώνουν το άζωτο. Τέτοιου είδους βακτήρια είναι τα: *Cromatium*, *Rhodospirillum*, *Clostridium*, *Methanococcus*, *Bacillus* και *Klebsiella*.

- iv) Κατά την συμβιωτική βιολογική αζωτοδέσμευση τα βακτήρια βρίσκονται σε συμβίωση με τα φυτά. Από αυτήν την συμβίωση προκύπτουν πολλά οφέλη τόσο για τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, καθώς παρέχονται σε αυτά υδατάνθρακες μέσω των φυτών, όσο και για τα φυτά όπου τα βακτήρια προσφέρουν σε εκείνα το άζωτο που χρειάζονται. Η αμμωνία που παράγεται από την δράση της νιτρογενάσης, αποδίδεται αμέσως στα φυτά είτε ως αμμωνία είτε ως άλλο αζωτούχο βιομόριο.

Τα βακτήρια του είδους *Rhizobium* και *Bradyrhizobium* δείχνουν μεγάλη εξειδίκευση ως προς τα φυτικά είδη με τα οποία μπορούν να συμβιώσουν. Τα κυριότερα φυτικά είδη που συμβιώνουν με τα βακτήρια αυτά ανήκουν στα ψυχανθή (οικογένεια Fabaceae).

Η συμβίωση φυτών-βακτηρίων δεν είναι υποχρεωτική. Παρόλα αυτά, όταν οι συμβιώτες (φυτά και βακτήρια) βρεθούν σε συνθήκες χαμηλού εδαφικού αζώτου, τότε αρχίζουν οι διεργασίες για την έναρξη της συμβιωτικής διαδικασίας. Κατά την συμβιωτική σχέση φυτών-ξενιστών δημιουργούνται ειδικές κατασκευές όπου καλούνται **φυμάτια**, πλην ορισμένων περιπτώσεων όπου δεν δημιουργούνται φυμάτια, αλλά τα βακτήρια εγκαθίστανται στην εξωτερική επιφάνεια της ζώνης επιμήκυνσης και των ριζικών τριχιδίων της ρίζας, αυτό κυρίως συμβαίνει κατά την συμβίωση με αγρωστώδη.

Η συμβίωση φυτών-βακτηρίων περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

- Την αλληλοαναγνώριση των δύο συμβιωτών.
- Την είσοδο των βακτηρίων στην ρίζα του φυτού, όπου πολλαπλασιάζονται και εγκαθίστανται στα ριζικά κύτταρα.
- Την δημιουργία φυματίων τα οποία περιβάλλουν τα ριζικά κύτταρα με τα βακτήρια αποτελώντας την βιολογική «μηχανή» για την αναγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου σε αμμωνία από τα βακτήρια, και η ενσωμάτωσή της σε οργανικά βιομόρια και την μεταφορά της εκτός των φυματίων για χρήση από το φυτό, καθώς και την μεταφορά υδατανθράκων από το φυτό στα βακτήρια.

#### 1.2.5. ΧΡΗΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Το άζωτο χορηγείται στα φυτά υπό την μορφή διαφόρων τύπων λιπασμάτων. Τα νιτρικά και τα αμμωνιακά είναι οι συνηθέστεροι τύποι. Αν και τα αμμωνιακά ιόντα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αζωτούχα θρέψη των φυτών, τα γεωργικά εδάφη περιέχουν 10-1000 φορές λιγότερα αμμωνιακά ιόντα από νιτρικά. Επίσης συνεισφέρουν σημαντικά στην διατήρηση της κυτταρικής ομοιοστασίας του pH και στην ισορροπία κατιόντων και ανιόντων κατά την πρόσληψη των στοιχείων.

Παρόλο που τα φυτά χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα τα αμμωνιακά ιόντα, σε περιπτώσεις συνεχούς αμμωνιακής θρέψης μπορούν πολύ συχνά να παρουσιάσουν τοξικότητες. Τα αμμωνιακά ιόντα στο έδαφος μπορεί να κινηθούν από το νερό, να προσροφηθούν σε αρνητικά φορτισμένα σωματίδια, να εξαερωθούν σε αλκαλικές συνθήκες σε αέρια αμμωνία, να νιτροποιηθούν ή να δεσμευτούν από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά. Περίπου το 66-92% των αμμωνιακών ιόντων μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα μέσα σε 4 εβδομάδες και το 90% από το σύνολο των ιόντων της θειικής αμμωνίας ή της ουρίας αποπλένεται από τα εδαφικά στρώματα της ριζόσφαιρας μέσα σε 40 ημέρες. Τα νιτρικά ιόντα αποπλένονται πολύ πιο εύκολα καθώς δεν συγκρατούνται από τα κολλοειδή του εδάφους και παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα με αποτέλεσμα να εκπλένονται, καταλήγοντας στα βαθύτερα στρώματα ρυπαίνοντας τους υπόγειους υδροφορείς. Εξαρτάται βέβαια από την ποσότητα των ιόντων, το ύψος της εκάστοτε βροχόπτωσης, την ταχύτητα διήθησης, το ποσοστό εδαφικής υγρασίας, την ταχύτητα εξατμισοδιαπνοής, τη φυτική κάλυψη, τη συγκέντρωση κατιόντων και τη θερμοκρασία. Επίσης, η θειϊκή αμμωνία είναι τοξική

για τα φυτά σε όξινα εδάφη και παρατηρείται ανταγωνισμός αμμωνιακών ιόντων και καλίου με αποτέλεσμα τη μείωση του καλίου στα φυτά καθώς και τη μείωση του pH και της κινητικότητας του αζώτου μέσα στα φυτά.

Το φυτικό είδος αλλά και το αναπτυξιακό στάδιο το οποίο βρίσκεται το φυτό επηρεάζουν την ταχύτητα και την εκλεκτικότητα πρόσληψης αζώτου από τα φυτά. Έχει παρατηρηθεί ότι σε pH μεγαλύτερο του 6, η πρόσληψη νιτρικών μειώνεται. Επηρεάζεται επίσης από την ένταση του φωτός, ενώ η επάρκεια υδατανθράκων διατηρεί την ταχύτητα πρόσληψης υψηλή. Η πρόσληψη αμμωνιακών ιόντων εξαρτάται από τη συγκέντρωση, το pH, τους διαθέσιμους υδατάνθρακες και την ηλικία των φυτών.

## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Από τη μια μεριά είναι γνωστό ότι η αύξηση της ζήτησης του μπρόκολου συνδέεται με τις πλούσιες αντιοξειδωτικές ιδιότητες του, καθώς ανήκει στα πλέον πλούσια σε θρεπτικά συστατικά λαχανικά περιέχοντας πολλές φυτικές ίνες, βιταμίνες Α και C, κάλιο, σελήνιο, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Από την άλλη, όπως και προαναφέρθηκε, το άζωτο, ως δομικό στοιχείο, παίζει βασικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών και ως εκ τούτου στην τους. Η δε σχέση αμμωνιακών προς νιτρικών ιόντων επηρεάζει την πρόσληψη των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων του φυτού ανάλογα με το φυτικό είδος, και κατά συνέπεια επηρεάζεται η αύξηση και ανάπτυξη του φυτού.

Όμως, η ευνοϊκή επίδραση του  $\text{NH}_4\text{-N}$  σε συνδυασμό με το  $\text{NO}_3\text{-N}$  είναι ακόμα θέμα μελέτης για πολλά καλλιεργούμενα φυτά, μεταξύ αυτών και του μπρόκολου.

Έτσι, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η μελέτη της επίδρασης της μορφής του χορηγούμενου αζώτου στην αύξηση και την ανόργανη θρέψη του μπρόκολου (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*), και συγκεκριμένα του υβριδίου 'Gringo'. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση της χορήγησης τεσσάρων σχέσεων αμμωνιακού προς νιτρικό άζωτο στα φυτά, όπως α) 100% N- $\text{NO}_3$ , β) 75% N- $\text{NO}_3$ +25% N- $\text{NH}_4$ , γ) 50% N- $\text{NO}_3$ +50% N- $\text{NH}_4$  και δ) 25% N- $\text{NO}_3$ +75%N- $\text{NH}_4$  σε φυτά μπρόκολου υβριδίου 'Gringo'.

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### *Φυτικό υλικό - Προκαλλιέργεια*

Στις 28-01-2016 έγινε η σπορά μπρόκολου υβριδίου 'Gringo'. Ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε ο περλίτης και στην συνέχεια οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε πάγκο υδρονέφωσης. Στις 9-02-16 παρατηρήθηκε η βλάστηση των φυτών. Την εβδομάδα που ακολούθησε εφαρμόστηκε λίπανση των φυτών με το σύνθετο λίπασμα 15-30-15 (μία κουταλιά της σούπας λιπάσματος σε 10 L νερό) ενώ κατά την δεύτερη εβδομάδα εφαρμόσαμε λίπανση με δύο κουταλιές της σούπας λιπάσματος ανά 10 L νερό.

Τον επόμενο μήνα, συγκεκριμένα στις 03-03-16, παρασκευάσαμε το υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών με αναλογία περλίτη προς χαλαζιακή άμμο 1:1, το οποίο στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε πλαστικές γλάστρες τεσσάρων λίτρων, όπου αυτές με την σειρά τους τοποθετήθηκαν στις οριστικές τους θέσεις στον χώρο του πειράματος σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε.

Τα φυτά αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της υδροπονίας, σε θερμοκήπιο του ΤΕΙ Πελοποννήσου, για χρονικό διάστημα δύο μηνών, την άνοιξη 2016, μέσα σε φυτοδοχεία χωρητικότητας 4,0 λίτρων που περιείχαν μίγμα χαλαζιακής άμμου και περλίτη 1:1 (v/v), όπως προαναφέρθηκε.

Εφαρμόστηκαν τέσσερις επεμβάσεις στα φυτά,

E0: 100% N-NO<sub>3</sub>,

E25: 25% N-NH<sub>4</sub> + 75% N-NO<sub>3</sub>

E50: 50% N-NH<sub>4</sub> + 50% N-NO<sub>3</sub>

E75: 75% N-NH<sub>4</sub> + 25% N-NO<sub>3</sub>

Ο αυτόματος ρυθμιστής παροχής του θρεπτικού διαλύματος κάθε επέμβασης ρυθμίστηκε ώστε να παρέχει στα νεαρά φυτά 40 ml Θ.Δ./λεπτό, 3 φορές την ημέρα και για δύο λεπτά. Συνολικά 6 λεπτά x 40 ml Θ.Δ.=240 ml Θ.Δ. ημερησίως.

#### **Πειραματικό σχέδιο**

Το σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν αυτό του πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 6 επαναλήψεις. Εφαρμόστηκαν τέσσερις διαφορετικές επεμβάσεις ως προς την



αναλογία νιτρικού προς αμμωνιακού αζώτου που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα. Συνολικά αναπτύξαμε 24 φυτά (1 γονότυπος x 6 επαναλήψεις x 4 επεμβάσεις = 24 φυτά).

### Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων

Για την παρασκευή όλων των θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε τροποποιημένο το πρότυπο θρεπτικό διάλυμα Hoagland and Arnon 1938.

Η παρασκευή των τεσσάρων θρεπτικών διαλυμάτων των τεσσάρων επεμβάσεων, με τις επιθυμητές σχέσεις νιτρικού προς αμμωνιακού αζώτου, είχε ως ακολούθως:

	mM	mM	mM	mM
	NH4 0	NH4 25	NH4 50	NH4 75
NO3	10	7,5	5	2,5
NH4	0	2,5	5	7,5
Ca	2	2	2	2
K	6	6	6	6
Mg	1	1	1	1
P	1	1	1	1
S	1	1	1	2

Στην διάθεσή μας είχαμε τα παρακάτω λιπάσματα όπου στην συνέχεια υπολογίζαμε το μοριακό βάρος τους, το οποίο χρησιμοποιήσαμε στους υπόλοιπους υπολογισμούς. Επιπλέον ο συμβολισμός A και B μας δείχνει σε ποια δεξαμενή πυκνών μητρικών διαλυμάτων θα πρέπει να μπει κάθε ένα από τα δύο πυκνά διαλύματα ώστε να μην δημιουργηθούν δυσδιάλυτες ενώσεις στα πυκνά διαλύματα.

	Tank	NH4 0	NH4 25	NH4 50	NH4 75
KCl	B	1	4	6	6
(NH4)2SO4	B			1	2
Ca(NO3)2 4H2O	A	2	2	1	
NaNO3	A	2		1	
KNO3	A	4	1		
NH4NO3	A		2,5	2	2,5
NH4H2PO4	B			1	1
CaCl2	A			1	2
MgSO4 7H2O	B	1	1		
MgCl2	B			1	1
KH2PO4	B	1	1		

Η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων παρέμεινε ίδια σε όλες τις επεμβάσεις.

MICRONUTRIENT	g/1 tn NS	g/4 tn NS
Fe-chelate 7%	27.95	111.8
Manganese sulphate	1.35	5.4
Zinc sulphate	1.42	5.7
Copper sulphate	0.19	0.7
Boric acid	1.51	6.0
Ammonium heptamolybdate	0.09	0.4

Επίσης καθόλη την καλλιεργητική περίοδο τοποθετήθηκε καταγραφική συσκευή για τη μέτρηση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο.

Η συγκομιδή ξεκίνησε αφού πρώτα μετρήθηκαν τα φύλλα του κάθε φυτού. Στην συνέχεια αποκόψαμε τα φύλλα και τα ζυγίσαμε, ζυγίστηκε ο βλαστός και μετρήθηκε το μήκος αυτού.

Οι ρίζες αφαιρέθηκαν από το μίγμα χαλαζιακής άμμου-περλίτη αφού πλύθηκαν επιμελώς και στεγνώθηκαν με απορροφητικό χαρτί, και ζυγίστηκαν.

Όλα τα δείγματα φυτικών ιστών πλύθηκαν με απιονισμένο νερό για να απομακρυνθούν πιθανές ξένες προσμίξεις οι οποίες θα μπορούσαν να μας αλλοιώσουν τα αποτελέσματα. Αφού τα στεγνώσαμε με απορροφητικό χαρτί, τοποθετήσαμε τον

βλαστό και τα φύλλα σε χάρτινες σακούλες και τις ρίζες σε σκεύη αλουμινίου. Σε κάθε δείγμα αναγράψαμε την ποικιλία, την επέμβαση και την επανάληψη.

Αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα δείγματα, τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο στους 80°C έως ότου αφαιρέθηκε από αυτά η υγρασία. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας ζυγίσθηκε κάθε δείγμα των υπέργειων τμημάτων αλλά και της ρίζας, και καταγράφηκε το ξηρό τους βάρος ενώ στο τέλος υπολογίστηκε το ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού, καθώς και η σχέση βάρους (ν.β. και ξ.β.) του υπέργειου τμήματος προς τη ρίζα.

Ακολούθησε η άλεση των φυτικών ιστών στον μύλο, όπου με ιδιαίτερη επιμέλεια γινόταν η συλλογή της ομοιόμορφης πλέον ξηρής ουσίας από την οποία στην συνέχεια προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων μετά από υγρή και ξηρή καύση των φυτικών ιστών για να επιτευχθεί πλήρης καταστροφή ξηρής ουσίας καθώς τα περισσότερα θρεπτικά στοιχεία προσδιορίζονται και με τις δυο καύσεις, όμως στην περίπτωση του αζώτου και του βορίου δεν μπορούν να προσδιοριστούν και από τις δύο καύσεις. Συγκεκριμένα το άζωτο δεν προσδιορίζεται από την ξηρή καύση και το βόριο από την υγρή.

Για την υγρή καύση τοποθετήσαμε στη συσκευή υγρής καύσης τις φιάλες Kjeldahl που περιείχαν 250 mg ξηρής ουσίας και 5 ml πυκνούθειϊκού οξέος και μια ταμπλέτα με τον καταλύτη η οποία περιείχε σελήνιο καιθειϊκό κάλι. Μετά το πέρας της καύσης και εφόσον είχαν κρυώσει τα δείγματά μας, κάναμε τις εκχυλίσεις σε φιάλες με απιονισμένο νερό και στη συνέχεια προσδιορίσαμε το ολικό άζωτο χρωματομετρικά με την μέθοδο του μπλε της ινδοφαινόλης, επίσης χρωματομετρικά προσδιορίστηκε και ο φώσφορος (P) με τη μέθοδο του φωσφο-βαναδο-μολυβδαινικού συμπλόκου. Ακολούθησε η καταστροφή της οργανικής ουσίας με ξηρή καύση, δηλαδή τοποθετούνταν 250 mg ξηρής ουσίας σε χωνευτήρια πορσελάνης, στο πυραντήριο στους 550°C για πέντε ώρες. Αφού η τέφρα είχε κρυώσει προστίθενταν 5 ml 0,1 N HCl, διηθούνταν και το εκχύλισμα μεταφερόταν ογκομετρικά σε φιάλες των 50ml με απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια, οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn και Cu προσδιορίστηκαν με φασματοόμετρο ατομικής απορρόφησης, η δε συγκέντρωση του βορίου χρωματομετρικά με τη μέθοδο της αζωμεθίνης,



**Φωτογραφία 1Α, Β, Γ.** Φυτά μπρόκολου που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75%  $\text{NH}_4\text{-N}$  στο θρεπτικό διάλυμα (φωτ. Α: από αριστερά στα δεξιά φυτά με 0% και 25%, φωτ. Β: φυτά με 25% και 50%, φωτ. Γ: φυτά με 50% και 75%  $\text{NH}_4\text{-N}$ ).

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα διαφόρων παραμέτρων αύξησης και θρέψης (συγκεντρώσεις των φύλλων στα θρεπτικά στοιχεία N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu και B ) φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N που αναπτύχθηκαν με διαφορετικής μορφής και επίπεδα αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα παρουσιάζονται στους Πίνακες 1-18 και στα Γραφήματα 1-18 που ακολουθούν.

### 4<sup>A</sup>. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

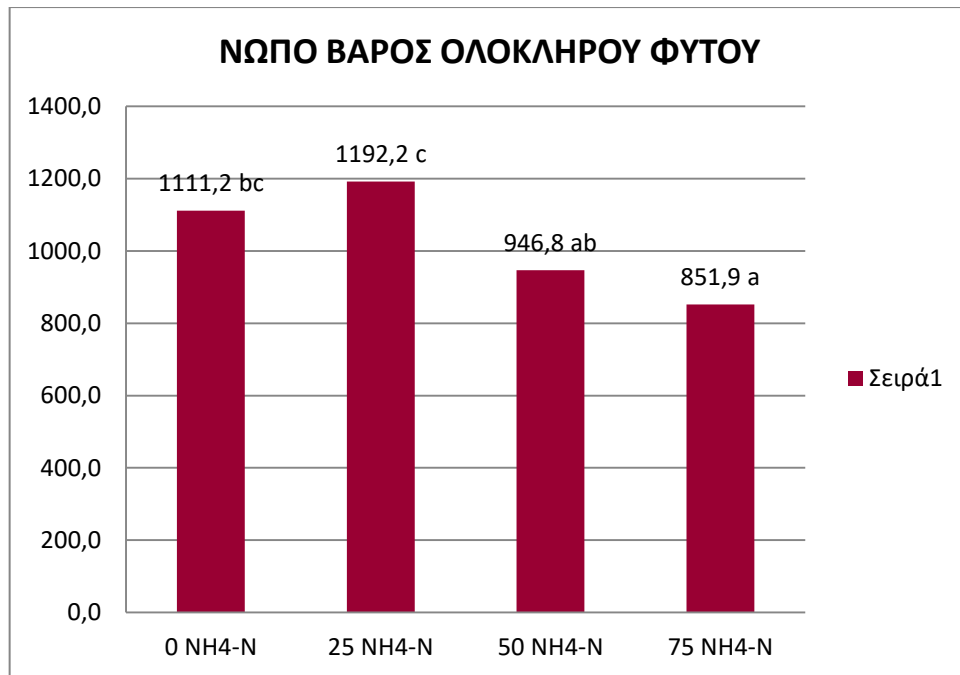
#### *Νωπό βάρος φυτού*

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του νβ φυτού έδειξε ότι το νωπό βάρος των φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασε σημαντική μείωση σε σύγκριση με το νωπό βάρος των φυτών που αναπτύχθηκαν είτε με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) ή με 25% NH<sub>4</sub>-N ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με το νβ των φυτών που αναπτύχθηκαν με 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Νωπό βάρος φυτού μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	NB φυτού	
0 NH <sub>4</sub> -N	1111,2	bc
25 NH <sub>4</sub> -N	1192,2	c
50 NH <sub>4</sub> -N	946,8	ab
75 NH <sub>4</sub> -N	851,9	a

Στο Γράφημα 1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών του νβ ολόκληρου φυτού μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου.



**Γράφημα 1.** Νωπό βάρος φυτού μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

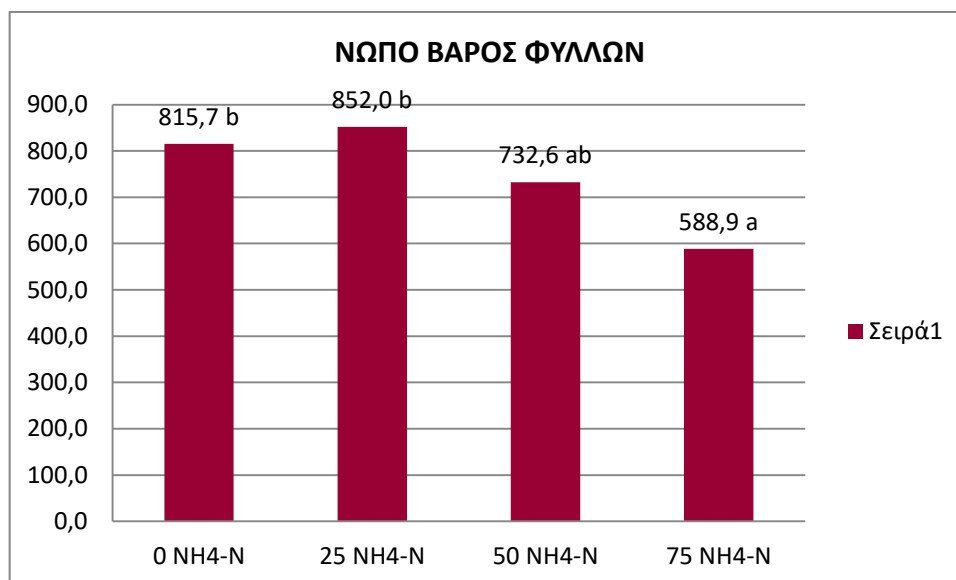
### *Νωπό βάρος φύλλων*

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του νβ φύλλων έδειξε ότι το νωπό βάρος των φύλλων μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασε σημαντική μείωση σε σύγκριση με το νωπό βάρος των φύλλων που αναπτύχθηκαν είτε με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) ή με 25% NH<sub>4</sub>-N ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με το νβ των φύλλων που αναπτύχθηκαν με 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 2).

**Πίνακας 2.** Νωπό βάρος φύλλων μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H2 NB Φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	815,7	b
25 NH <sub>4</sub> -N	852,0	b
50 NH <sub>4</sub> -N	732,6	ab
75 NH <sub>4</sub> -N	588,9	a

Στο Γράφημα 2 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών του νβ των φύλλων μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγουμένου αζώτου.



**Γράφημα 2.** Νωπό βάρος των φύλλων μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

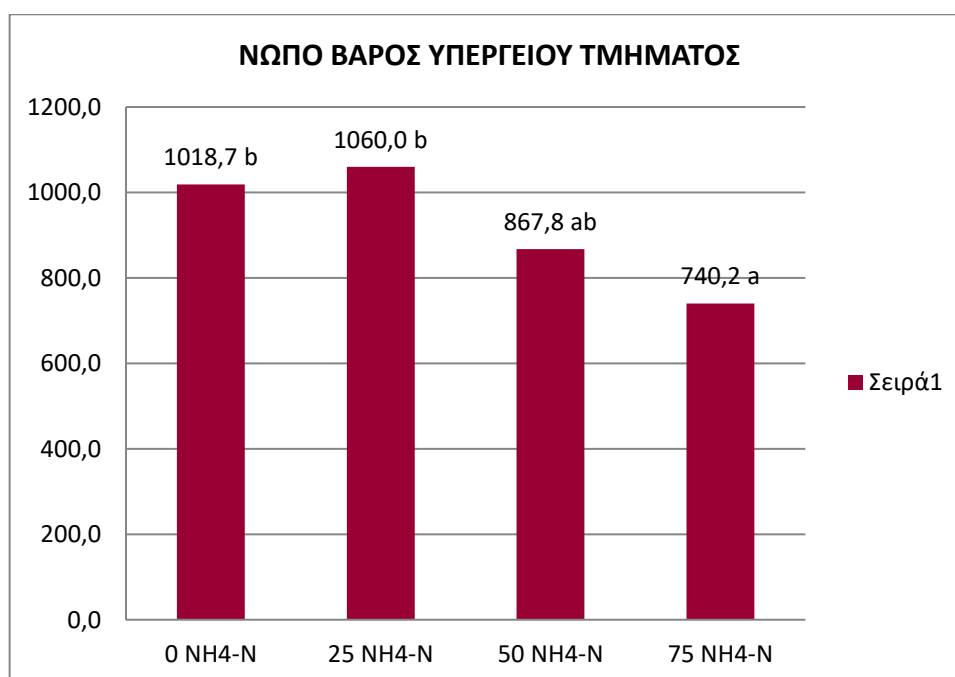
### *Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος*

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του νβ υπέργειου τμήματος έδειξε ότι το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασε σημαντική μείωση σε σύγκριση με το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος που αναπτύχθηκαν είτε με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) ή με 25% NH<sub>4</sub>-N ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με το νβ των φύλλων που αναπτύχθηκαν με 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3.** Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H2 NB Υπέργ. Τμήματος	
0 NH <sub>4</sub> -N	1018,7	b
25 NH <sub>4</sub> -N	1060,0	b
50 NH <sub>4</sub> -N	867,8	ab
75 NH <sub>4</sub> -N	740,2	a

Στο Γράφημα 3 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών του νβ του υπέργειου τμήματος του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγουμένου αζώτου.



**Γράφημα 3.** Νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



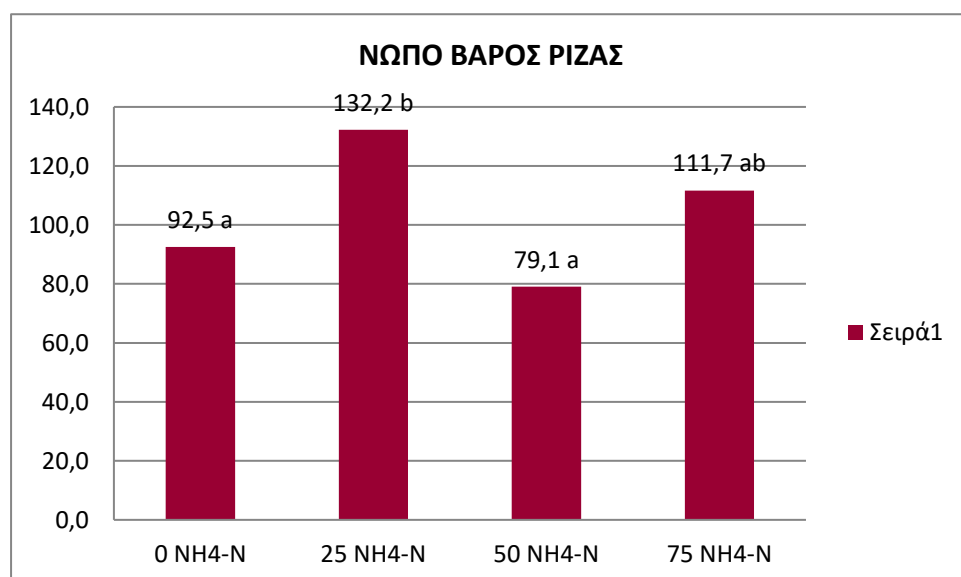
## Νωπό βάρος ρίζας

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του νβ ρίζας έδειξε ότι το νωπό βάρος της ρίζας του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 25% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασε σημαντική αύξηση σε σύγκριση με το νωπό βάρος υπέργειου τμήματος που αναπτύχθηκαν είτε με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) ή με 50% NH<sub>4</sub>-N ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με το νβ των φύλλων που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 4).

**Πίνακας 4.** Νωπό βάρος της ρίζας του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H2 NB ΡΙΖΑΣ	
0 NH <sub>4</sub> -N	92,5	a
25 NH <sub>4</sub> -N	132,2	b
50 NH <sub>4</sub> -N	79,1	a
75 NH <sub>4</sub> -N	111,7	ab

Στο Γράφημα 4 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών του νβ της ρίζας του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου.



**Γράφημα 4.** Νωπό βάρος της ρίζας του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

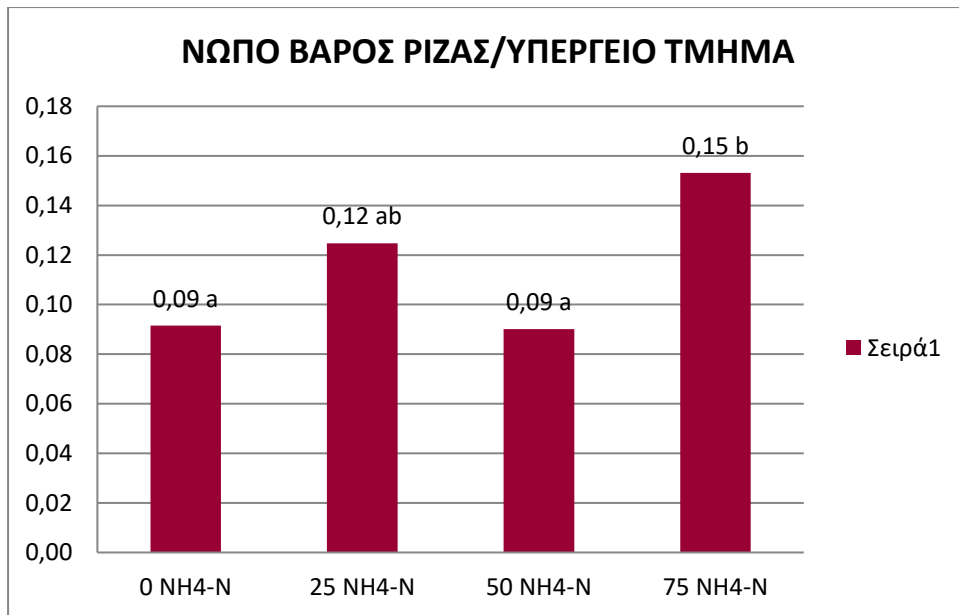
### ***Νωπό βάρος ρίζας/υπέργειο τμήμα***

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του νβ ρίζας/υπέργειο τμήμα του φυτού έδειξε ότι το νωπό βάρος της ρίζας/υπέργειο τμήμα φυτών του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N παρουσίασε σημαντική μείωση σε σύγκριση με το νωπό βάρος υπέργειο τμήματος που αναπτύχθηκαν είτε με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) ή με 50% NH<sub>4</sub>-N ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με το νβ της ρίζας/υπέργειο τμήμα που αναπτύχθηκαν με 25% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 5).

**Πίνακας 5.** Νωπό βάρος της ρίζας/υπέργειο τμήμα του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

<b>Επέμβαση</b>	<b>H2 NB</b>	
	<b>Ρίζας/Υπέργ.</b>	
	<b>Τμήμα</b>	
<b>0 NH4-N</b>	<b>0,09</b>	<b>a</b>
<b>25 NH4-N</b>	<b>0,12</b>	<b>ab</b>
<b>50 NH4-N</b>	<b>0,09</b>	<b>a</b>
<b>75 NH4-N</b>	<b>0,15</b>	<b>b</b>

Στο Γράφημα 5 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών του νβ της ρίζας/υπέργειο τμήμα του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου.



**Γράφημα 5.** Νωπό βάρος της ρίζας/υπέργειο τμήμα του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

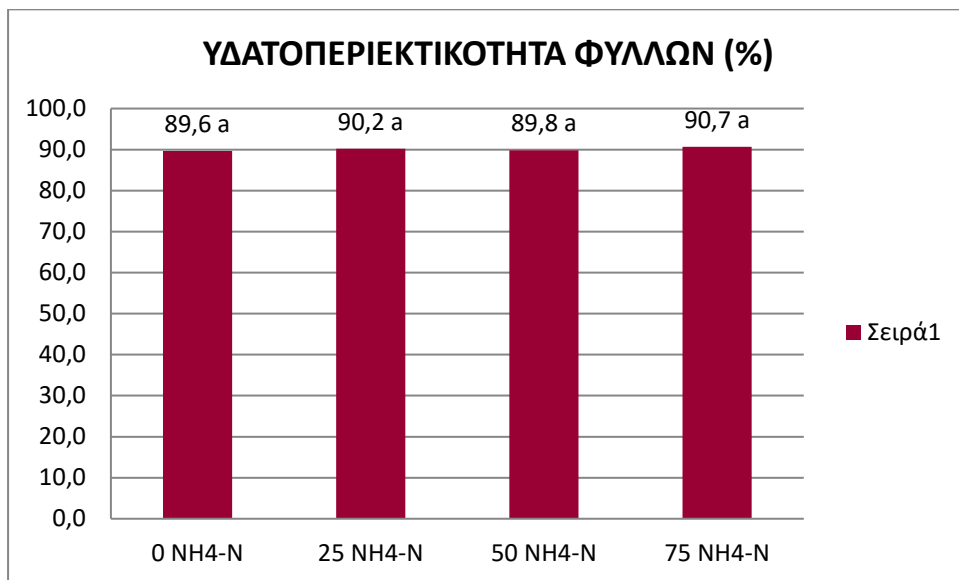
### **Υδατοπεριεκτικότητα φύλλων**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της υδατοπεριεκτικότητας του φυτού έδειξε ότι η υδατοπεριεκτικότητα του μπρόκολου υβριδίου Gringo δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε όλες τις επεμβάσεις (Πίνακας 6).

**Πίνακας 6.** Υδατοπεριεκτικότητα του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H <sub>2</sub> Υδατο- περιεκτικότητα (%)	
0 NH <sub>4</sub> -N	89,6	a
25 NH <sub>4</sub> -N	90,2	a
50 NH <sub>4</sub> -N	89,8	a
75 NH <sub>4</sub> -N	90,7	a

Στο Γράφημα 6 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών υδατοπεριεκτικότητας του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου.



**Γράφημα 6.** Υδατοπεριεκτικότητα του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

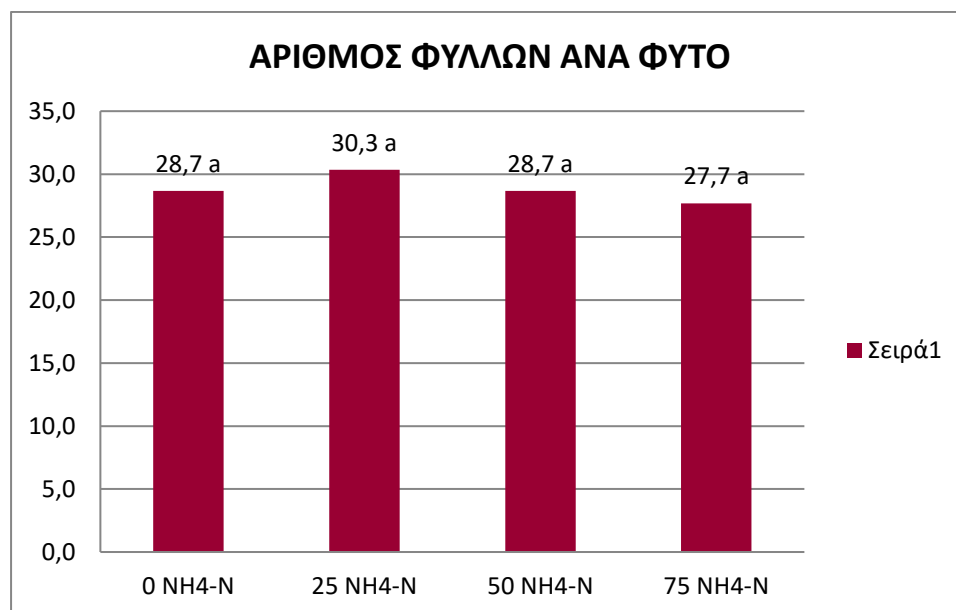
### *Αριθμός φύλλων φυτού*

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι ο αριθμός των φύλλων του μπρόκολου υβριδίου Gringo δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε όλες τις επεμβάσεις (Πίνακας 7).

**Πίνακας 7.** Αριθμός των φύλλων του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H2 αριθμός φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	28,7	a
25 NH <sub>4</sub> -N	30,3	a
50 NH <sub>4</sub> -N	28,7	a
75 NH <sub>4</sub> -N	27,7	a

Στο Γράφημα 7 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών στον αριθμό των φύλλων του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγούμενου αζώτου.



**Γράφημα 7.** Αριθμός των φύλλων του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

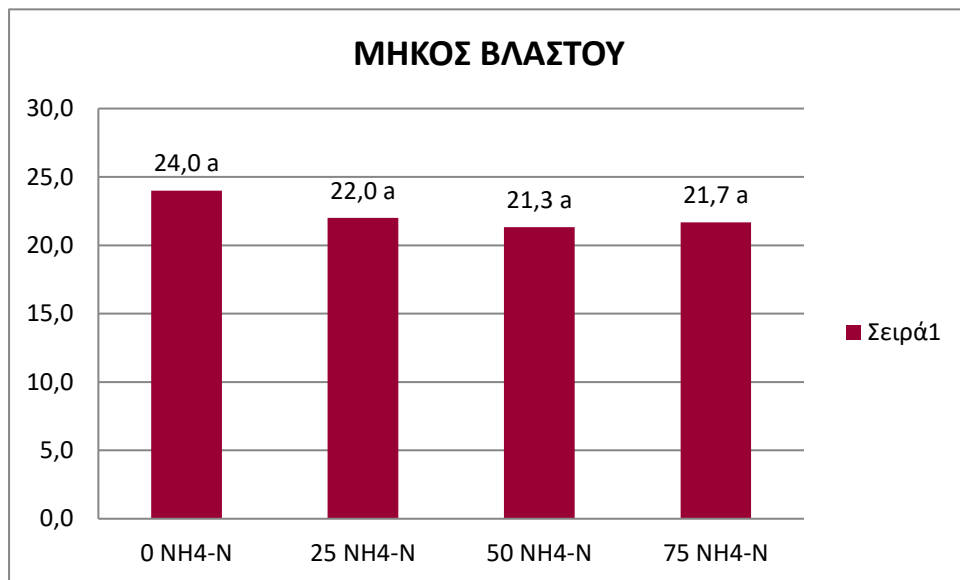
### **Μήκος βλαστού**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με το μήκος του βλαστού του φυτού έδειξε ότι το μήκος βλαστού του μπρόκολου υβριδίου Gringo δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε όλες τις επεμβάσεις (Πίνακας 8).

**Πίνακας 8.** Μήκος του βλαστού του υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	H2 ΜΗΚΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ	
0 NH <sub>4</sub> -N	24,0	a
25 NH <sub>4</sub> -N	22,0	a
50 NH <sub>4</sub> -N	21,3	a
75 NH <sub>4</sub> -N	21,7	a

Στο Γράφημα 8 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών στο μήκος του βλαστού του μπρόκολου υβριδίου Gringo σε σχέση με τη μορφή του χορηγουμένου αζώτου.



**Γράφημα 8.** Μήκος του βλαστού του μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

#### **4<sup>B</sup>. ΣΥΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΣΕ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

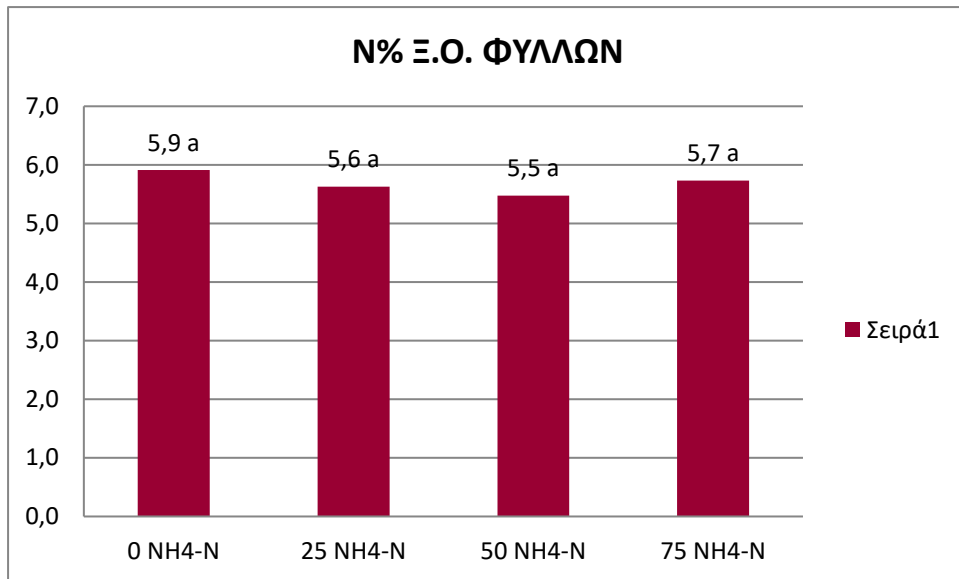
##### **Συγκέντρωση ολικού αζώτου (N) στα φύλλα των φυτών**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης ολικού αζώτου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση N δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9.** Συγκέντρωση ολικού αζώτου (N) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

<b>Επέμβαση</b>	<b>N%</b>	
	<b>ξ.ο.</b>	
	<b>φύλλων</b>	
<b>0 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>5,9</b>	<b>a</b>
<b>25 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>5,6</b>	<b>a</b>
<b>50 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>5,5</b>	<b>a</b>
<b>75 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>5,7</b>	<b>a</b>

Στο Γράφημα 9 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών ολικού αζώτου (N) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 9.** Συγκέντρωση ολικού αζώτου (N) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

### *Συγκέντρωση φωσφόρου (P) στα φύλλα των φυτών*

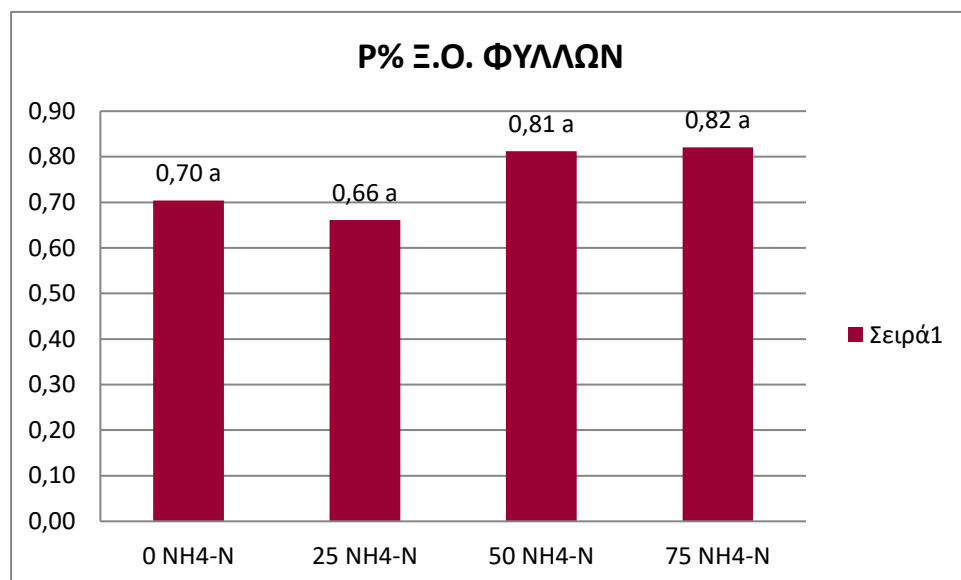
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης φωσφόρου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση P δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων (Πίνακας 10).

**Πίνακας 10.** Συγκέντρωση φωσφόρου (P) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	P% ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	0,70	a
25 NH <sub>4</sub> -N	0,66	a
50 NH <sub>4</sub> -N	0,81	a
75 NH <sub>4</sub> -N	0,82	a



Στο Γράφημα 10 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών φωσφόρου (P) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 10.** Συγκέντρωση φωσφόρου (P) στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

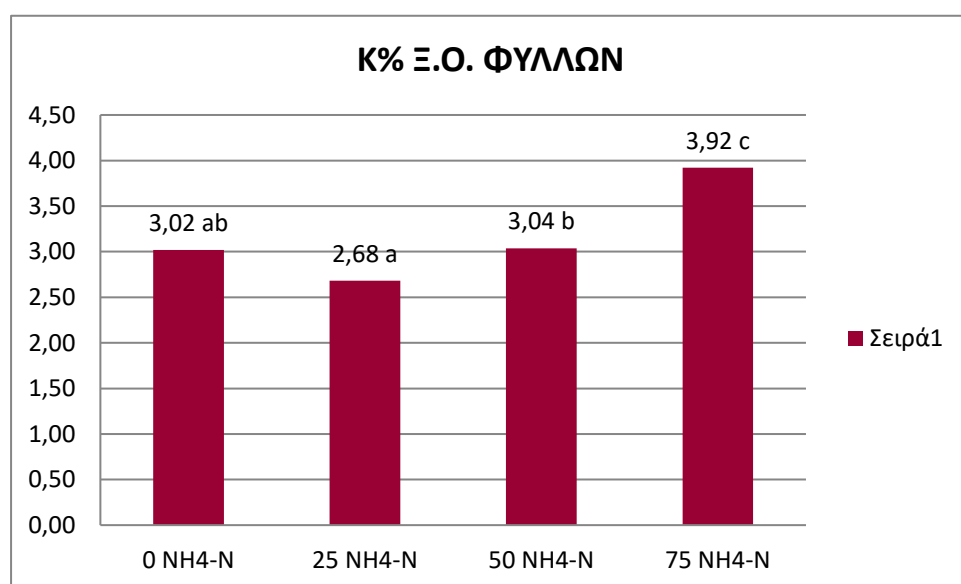
### ***Συγκέντρωση καλίου (K) στα φύλλα των φυτών***

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης καλίου των φύλλων φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση K στην επέμβαση με 75% NH<sub>4</sub>-N βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση K στις επεμβάσεις με 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα. Η συγκέντρωση K των φυτών στην επέμβαση με 50% NH<sub>4</sub>-N ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση K των φυτών που αναπτύχθηκαν με 25% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ η συγκέντρωση του στοιχείου στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% NH<sub>4</sub>-N έλαβε ενδιάμεσες τιμές σε σύγκριση με τη συγκέντρωση K στις επεμβάσεις με 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα, μη διαφοροποιούμενη σημαντικά από αυτές (Πίνακας 11)

**Πίνακας 11.** Συγκέντρωση Κ στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	Κ% ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	3,02	ab
25 NH <sub>4</sub> -N	2,68	a
50 NH <sub>4</sub> -N	3,04	b
75 NH <sub>4</sub> -N	3,92	c

Στο Γράφημα 11 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Κ στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 11.** Συγκέντρωση Κ στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

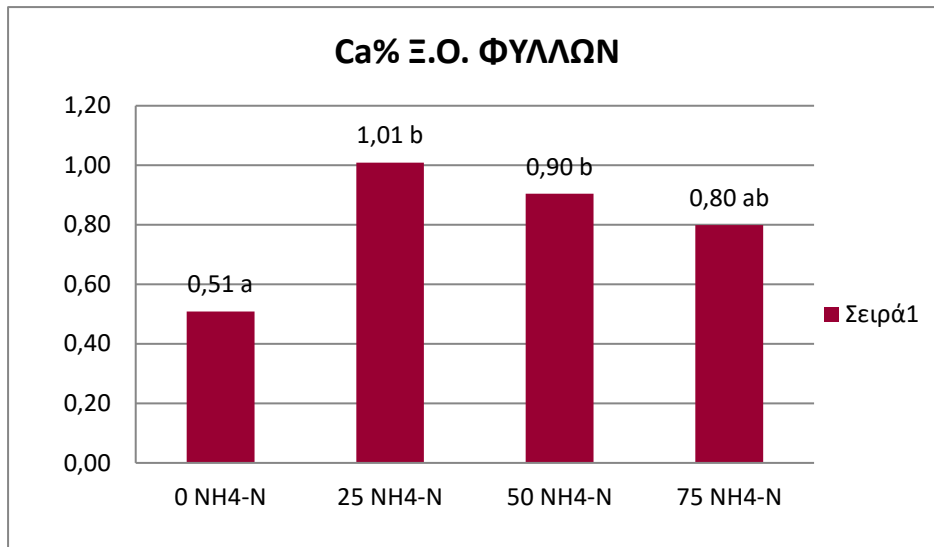
### **Συγκέντρωση ασβεστίου (Ca) στα φύλλα των φυτών**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του της συγκέντρωσης ασβεστίου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Ca στην επέμβαση με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση Ca στις επεμβάσεις με 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με την συγκέντρωση Ca των φυτών που αναπτύχθηκαν με 75% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 12).

**Πίνακας 12.** Συγκέντρωση Ca στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

<b>Επέμβαση</b>	<b>Ca%</b>	
	<b>ξ.ο.</b>	
	<b>φύλλων</b>	
<b>0 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>0,51</b>	<b>a</b>
<b>25 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>1,01</b>	<b>b</b>
<b>50 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>0,90</b>	<b>b</b>
<b>75 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>0,80</b>	<b>ab</b>

Στο Γράφημα 12 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Ca στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 12.** Συγκέντρωση Ca στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

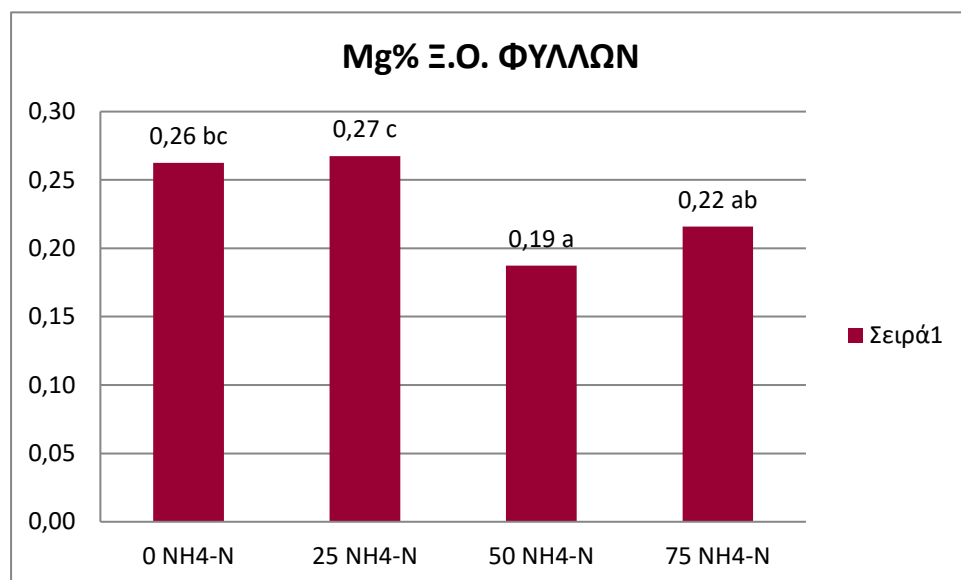
### **Συγκέντρωση μαγνησίου (Mg) στα φύλλα των φυτών**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης μαγνησίου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Mg στην επέμβαση με 25% NH<sub>4</sub>-N βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση Mg στις επεμβάσεις με 75% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με τη συγκέντρωση Mg των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα (Πίνακας 13).

**Πίνακας 13.** Συγκέντρωση Mg στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	Mg% ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	0,26	bc
25 NH <sub>4</sub> -N	0,27	c
50 NH <sub>4</sub> -N	0,19	a
75 NH <sub>4</sub> -N	0,22	ab

Στο Γράφημα 13 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Mg στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 13.** Συγκέντρωση Mg στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

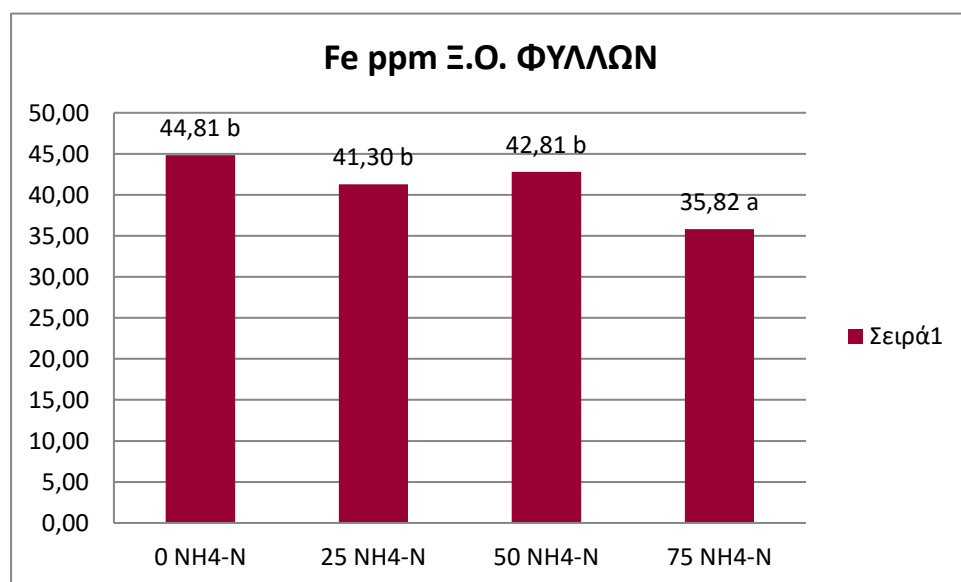
### ***Συγκέντρωση σιδήρου (Fe) στα φύλλα των φυτών***

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης σιδήρου των φύλλων φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Fe στην επέμβαση με 75% NH<sub>4</sub>-N βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση Fe στις επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ οι επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις. (Πίνακας 14).

**Πίνακας 14.** Συγκέντρωση Fe στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	Fe ppm ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	44,81	b
25 NH <sub>4</sub> -N	41,30	b
50 NH <sub>4</sub> -N	42,81	b
75 NH <sub>4</sub> -N	35,82	a

Στο Γράφημα 14 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Fe στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 14.** Συγκέντρωση Fe στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

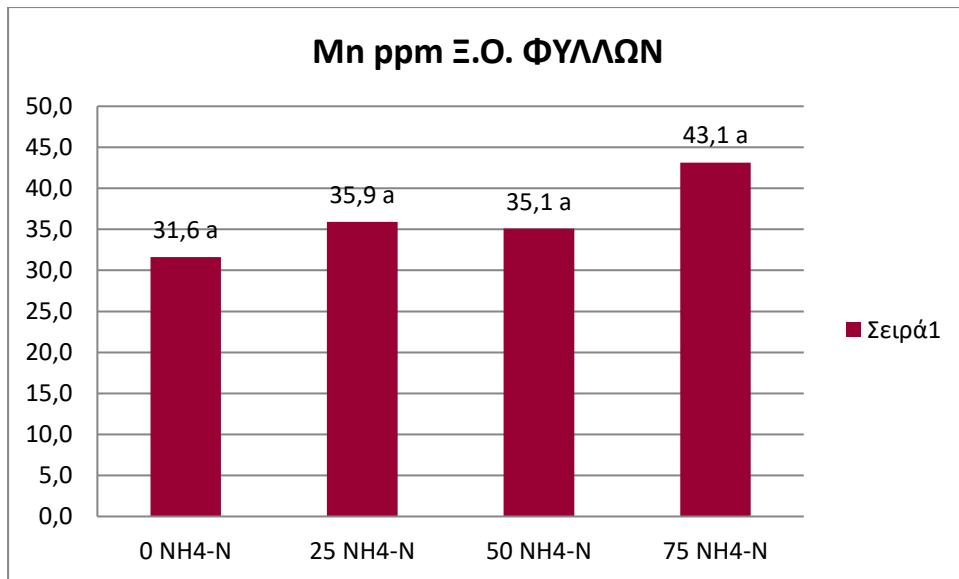
### *Συγκέντρωση μαγγανίου (Mn) στα φύλλα των φυτών*

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης μαγγανίου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Mn δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων (Πίνακας 15).

**Πίνακας 15.** Συγκέντρωση Mn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

<b>Επέμβαση</b>	<b>Mn ppm ξ.ο. φύλλων</b>	
<b>0 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>31,6</b>	<b>a</b>
<b>25 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>35,9</b>	<b>a</b>
<b>50 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>35,1</b>	<b>a</b>
<b>75 NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>43,1</b>	<b>a</b>

Στο Γράφημα 15 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Mn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 15.** Συγκέντρωση Mn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

### **Συγκέντρωση ψευδαργύρου (Zn) στα φύλλα των φυτών**

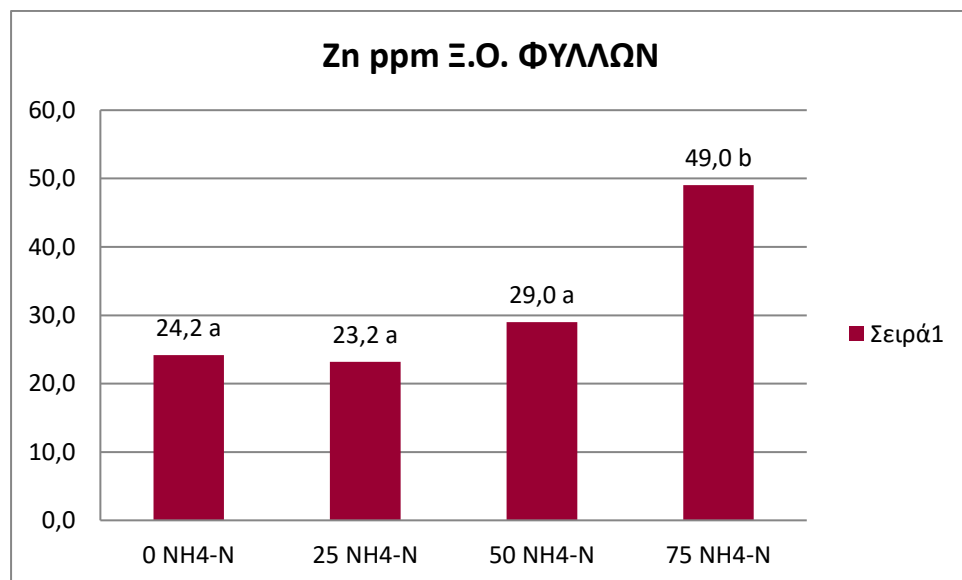
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης ψευδαργύρου των φύλλων φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Zn στην επέμβαση με 75% NH<sub>4</sub>-N βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση Zn στις επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ οι επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις. (Πίνακας 16).

**Πίνακας 16.** Συγκέντρωση Zn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγουμένου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	Zn ppm ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	24,2	a
25 NH <sub>4</sub> -N	23,2	a
50 NH <sub>4</sub> -N	29,0	a
75 NH <sub>4</sub> -N	49,0	b



Στο Γράφημα 16 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Zn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 16.** Συγκέντρωση Zn στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

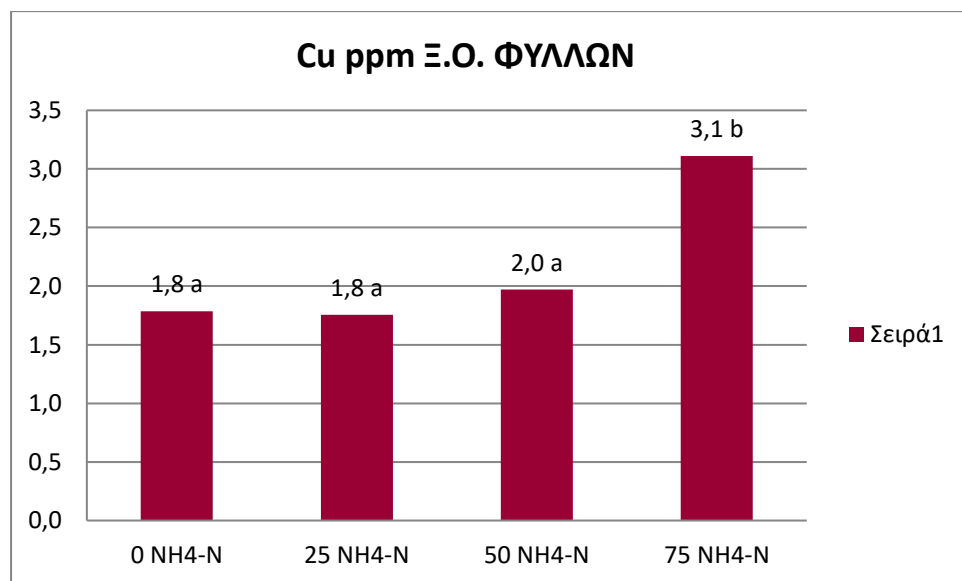
### ***Συγκέντρωση χαλκού (Cu) στα φύλλα των φυτών***

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης χαλκού των φύλλων φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση Cu στην επέμβαση με 75% NH<sub>4</sub>-N βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση Zn στις επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N στο θρεπτικό διάλυμα ενώ οι επεμβάσεις με 0% NH<sub>4</sub>-N (ή 100% NO<sub>3</sub>-N), 25% και 50% NH<sub>4</sub>-N δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις. (Πίνακας 17).

**Πίνακας 17.** Συγκέντρωση Cu στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	Cu ppm ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	1,8	a
25 NH <sub>4</sub> -N	1,8	a
50 NH <sub>4</sub> -N	2,0	a
75 NH <sub>4</sub> -N	3,1	b

Στο Γράφημα 17 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης Cu στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 17.** Συγκέντρωση Cu στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

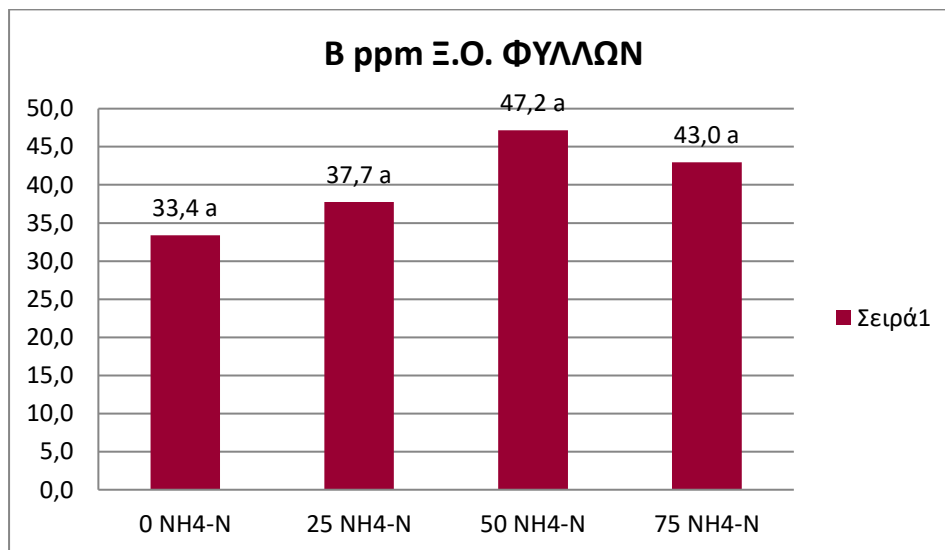
## Συγκέντρωση βορίου (B) στα φύλλα των φυτών

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της συγκέντρωσης βορίου στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκε με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου έδειξε ότι η συγκέντρωση N δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων (Πίνακας 18).

**Πίνακας 18.** Συγκέντρωση B στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

Επέμβαση	B ppm ξ.ο. φύλλων	
0 NH <sub>4</sub> -N	33,4	a
25 NH <sub>4</sub> -N	37,7	a
50 NH <sub>4</sub> -N	47,2	a
75 NH <sub>4</sub> -N	43,0	a

Στο Γράφημα 18 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών συγκέντρωσης B στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.



**Γράφημα 18.** Συγκέντρωση B στα φύλλα φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με διαφορετική μορφή χορηγούμενου αζώτου ολικού αζώτου (N) (0%, 25%, 50% και 75% NH<sub>4</sub>-N) στο θρεπτικό διάλυμα.

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα της επίδρασης της μορφής του χορηγουμένου αζώτου σε διάφορες παραμέτρους αύξησης φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo είδαμε ότι το νβ ολόκληρου του φυτού, το νβ των φύλλων και το νβ υπέργειου τμήματος των φυτών που αναπτύχθηκαν με 25% αμμωνιακό άζωτο, ακολουθούμενα από τις αντίστοιχες παραμέτρους των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% αμμωνιακό άζωτο, δηλαδή με 100% νιτρικό άζωτο, ήταν σημαντικά υψηλότερα από ό,τι των φυτών με 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το υβρίδιο Gringo παρουσίασε σημαντικά αυξημένες τις περισσότερες παραμέτρους αύξησης που προσδιορίστηκαν στην παρούσα εργασία όταν τα φυτά αναπτύσσονταν σε θρεπτικό διάλυμα που περιέχει μέχρι και 25% αμμωνιακό άζωτο. Όσον αφορά στη σχέση ρίζας προς υπέργειο τμήμα, τα φυτά μπρόκολου που αναπτύχθηκαν με 75% αμμωνιακό άζωτο παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη σχέση από αυτή των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0% και 50% αμμωνιακό άζωτο. Το γεγονός ότι η σχέση ρίζας προς υπέργειο τμήμα ήταν αυξημένη στα φυτά που αναπτύχθηκαν με 75% αμμωνιακό άζωτο πιθανόν να συνδέεται με τη μείωση του υπέργειου τμήματός τους ως προσαρμογή των φυτών στην πολύ υψηλή παρουσία των αμμωνιακών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα.

Αντίθετα, η επίδραση της μορφής του χορηγουμένου αζώτου στο μήκος βλαστού, στον αριθμό των φύλλων ανά φυτό και στην υδατοπεριεκτικότητα των φύλλων των φυτών μπρόκολου υβριδίου Gringo που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα ήταν η μη σημαντική διαφοροποίησή τους.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα της ανόργανης θρέψης, η επίδραση της μορφής του χορηγουμένου αζώτου στις συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου των φύλλων των φυτών ήταν η μη σημαντική διαφοροποίησή τους μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν με 0%, 25%, 50% και 75% αμμωνιακό άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα. Αντίθετα, τα φυτά που αναπτύχθηκαν με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών ιόντων στο θρεπτικό διάλυμα παρουσίασαν αυξημένες συγκεντρώσεις K και Ca και μειωμένες συγκεντρώσεις Mg στα φύλλα τους. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις K και Ca στα

φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν με υψηλό αμμωνιακό άζωτο και οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις Mg στα φύλλα των ίδιων φυτών θα πρέπει να αποδοθούν στις ανταγωνιστικές σχέσεις των τριών αυτών στοιχείων μεταξύ τους (K-Ca -Mg).

Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων που προσδιορίστηκαν, η επίδραση της μορφής του χορηγουμένου αζώτου ήταν ότι τα φυτά μπρόκολου που αναπτύχθηκαν με 75%  $\text{NH}_4\text{-N}$  παρουσίασαν σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις Zn και Cu στα φύλλα τους καθώς και μειωμένες συγκεντρώσεις Fe. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις Zn και Cu στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών στο θρεπτικό διάλυμα πρέπει να συνδέεται με το γεγονός ότι κατά τη νιτροποίηση των αμμωνιακών ιόντων παράγονται  $\text{H}^+$  τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα την οξίνιση του διαλύματος και κατά συνέπεια την αύξηση της διαθεσιμότητας των ιχνοστοιχείων αυτών στα χαμηλότερα pH των θρεπτικών διαλυμάτων. Οι δε μειωμένες συγκεντρώσεις Fe σε σύγκριση με τις αυξημένες συγκεντρώσεις Zn και Cu στα φύλλα των φυτών που αναπτύχθηκαν με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών στο θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να αποδοθούν στις ανταγωνιστικές σχέσεις των τριών αυτών ιχνοστοιχείων μεταξύ τους (Fe-Zn-Cu). Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Mn και B δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά εξαιτίας της μορφής του χορηγουμένου αζώτου.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### A. Ελληνική Βιβλιογραφία

Θεριός, Ι. 1996. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς, Ε.Ε.

Θεριός, Ι. 2005. Ελαιοκομία, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς, Ε.Ε.

Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, Σπύρος Πετρόπουλος. 2014. Γενική λαχανοκομία και υπαίθρια καλλιέργεια λαχανικών. Εκδόσεις Έμβρυο.

Κουκουλάκης, Π. Χ., Α. Η. Παπαδόπουλος. 2003. Η ερμηνεία της φυλλοδιαγνωστικής. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.

Ολύμπιος Χ. 1996. Ειδική λαχανοκομία - Λαχανικά υπαίθρου, Καθηγητή Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

Ρουμπελάκη-Αγγελάκη Καλλιόπη. 2009. Φυσιολογία Φυτών. Ίδρυμα Τεχνολογίας & Έρευνας-Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

### B. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Hawkesford Malcolm, Barraclough Peter. 2014. Θρέψη των Καλλιεργούμενων Φυτών, UTOPIA ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΠΕ

Allen, S.E. 1989. Chemical Analysis of Ecological Materials. 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne.  
Jones, Jr., J.B.

Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishers, Athens, GA, USA.

Karla, Y. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press. New York.

Marschner, H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press. London.

Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1986. Plant analysis: an interpretation manual, Brunswick, Victoria.

### **Γ. ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%80%CF%81%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF>

<http://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/1185-kalliergo-stavranthi-laxanika>

<http://frontistesgis.gr/%CE%BC%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%B4%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1/>

<http://www.newsbeast.gr/health/arthro/551206/to-brokolo-prosferei-pollapla-ofeliston-anthropino-organismo>

<http://www.iatronet.gr/diatrofi/trofima-rofimata/article/1228/mprokolo-to-vary-pyrovoliko-toy-fytikoy-vasileioy-sti-maxi-kata-toy-karkinoy.html>

<http://www.vita.gr/diatrofi/eating-healthy/article/1429/sto-mikroskopio-mprokolo/>

<http://www.clickatlife.gr/your-life/story/41775/ta-polla-kai-polutima-ofeli-tou-pareksigimenou-mprokolou>

<http://www.ypaithros.gr/mprokolo-kerdizei-edafos-arkadia/>

<http://www.agroepirus.gr/eagro/farmers/articles/article.jsp?context=9104&articleid=5833>

<https://bioximikos.gr/topics/genetics-evolution/227-laxanika-me-istoria>

<http://www.ypaithros.gr/ekdoseis/mprokolo-kounoupidi-kallierghtikes-praktikes/>