



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
& ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση διαφορετικών αναλογιών αμμωνιακού ( $\text{NH}_4^+$ ) προς νιτρικού ( $\text{NO}_3^-$ ) αζώτου και διαφορετικών βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη, παραγωγή και θρεπτική κατάσταση των λαχανευόμενων ειδών αντράκλα (*Portulaca oleracea*), βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta*) και δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) καλλιεργούμενων υδροπονικά

**Θεόνη Π. Καραβίτη**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:  
Ντάτση Γεωργία, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2023**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση διαφορετικών αναλογιών αμμωνιακού ( $\text{NH}_4^+$ ) προς νιτρικού ( $\text{NO}_3^-$ ) αζώτου και διαφορετικών βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη, παραγωγή και θρεπτική κατάσταση των λαχανευόμενων ειδών αντράκλα (*Portulaca oleracea*), βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta*) και δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) καλλιεργούμενων υδροπονικά

“Effect of different ratios of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) to nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) nitrogen and different biostimulants on growth, production and nutritional status of common purslane (*Portulaca oleracea*), corn salad (*Valerianella locusta*) and ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*) grown hydroponically”

**Θεόνη Π. Καραβίτη**

Εξεταστική επιτροπή

Ντάτση Γεωργία, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ (Επιβλέπουσα)

Τραυλός Ηλίας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Καρκάνης Ανέστης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΑΠΘ

**Επίδραση διαφορετικών αναλογιών αμμωνιακού (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) προς νιτρικού (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) αζώτου και διαφορετικών βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη, παραγωγή και θρεπτική κατάσταση των λαχανοειδών ειδών αντράκλα (*Portulaca oleracea*), βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta*) και δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) καλλιεργούμενων υδροπονικά**

ΠΜΣ Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση  
Οπωροκηπευτικών & Ανθοκομικών Ειδών  
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών

## Περίληψη

Σε πείραμα θερμοκηπίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (08/04/2022 – 19/05/2022) μελετήθηκαν οι επιδράσεις διαφορετικών αναλογιών και βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη, παραγωγή και θρεπτική κατάσταση τριών φυλλωδών λαχανικών καλλιεργούμενων σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα σε σάκους με υπόστρωμα περλίτη. Τα φυτικά είδη που μελετήθηκαν ήταν ο δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), η βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.) και η γλιστρίδα (*Portulaca oleracea* L.). Εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικά θρεπτικά διαλύματα ως προς την αναλογία NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/Total-N: ένα θρεπτικό διάλυμα με την υψηλή αναλογία NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N= 0,12 και ένα με χαμηλότερη αναλογία NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N = 0,04. Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: ο βιοδιεγέρτης ALGASTAR<sup>®</sup> (υγρό θαλάσσιο εκχύλισμα *Ascophyllum nodosum*) και ο φυτικής προέλευσης βιοδιεγέρτης TYSON<sup>®</sup> (ενζυματική υδρόλυση βιομάζας ψυχανθών). Εφαρμόστηκαν δύο δόσεις ALGASTAR<sup>®</sup>, 0 (μάρτυρας) ή 2 mL L<sup>-1</sup> (τυπική δόση) και δύο δόσεις TYSON<sup>®</sup>, 0 (μάρτυρας) ή 3 mL L<sup>-1</sup> (τυπική δόση). Και οι δύο βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν δύο φορές μέσω διαφυλλικού ψεκασμού. Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N στο δροσουλίτη αύξησε το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια κατά 31,39%, 5,17% και 24,18% αντίστοιχα και την συγκέντρωση ολικού αζώτου κατά 4,15%, ενώ η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N αύξησε το νωπό βάρος και την συνολική φυλλική επιφάνεια της βαλεριανέλλας κατά 18,18% και 18,35%, αντίστοιχα. Στα φυτά γλιστρίδας, η εφαρμογή υψηλής αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N αύξησε την συγκέντρωση ολικού αζώτου κατά 14,1%, ενώ η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N αύξησε την συγκέντρωση του ασβεστίου κατά 30%. Η υψηλή αναλογία NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N αύξησε σημαντικά την συγκέντρωση του ψευδραργύρου κατά 28,54%, 15,41% και 23,61% στους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη, της βαλεριανέλλας και της γλιστρίδας αντίστοιχα, την συγκέντρωση του σιδήρου κατά 52,12% και 7,13% στο δροσουλίτη και την βαλεριανέλλα αντίστοιχα και την συγκέντρωση του μαγγανίου κατά 8,79% στους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας. Όσον αφορά τους βιοδιεγέρτες σημαντική ήταν η επίδραση τους μόνο στο δροσουλίτη. Η εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Algastar αύξησε το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια του δροσουλίτη κατά 9,99%, 14,95% και 16,36%, αντίστοιχα, ενώ η εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Tyson αύξησε τα ίδια χαρακτηριστικά κατά 8,62%, 9,3% και 12,64% αντίστοιχα. Στην περίπτωση του ολικού αζώτου, το είδος του βιοδιεγέρτη επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα, με την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Tyson να αυξάνει κατά 9,92% και 6,48% την συγκέντρωση ολικού αζώτου σε σχέση με τη συγκέντρωση ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών όπου εφαρμόστηκε βιοδιεγέρτης Algastar και των φυτών όπου δεν εφαρμόστηκε καθόλου βιοδιεγέρτης αντίστοιχα. Τέλος η

αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ήταν σημαντική στο νωπό βάρος του δροσουλίτη και της βαλεριανέλλας και στην συνολική φυλλική επιφάνεια της βαλεριανέλλας.

**Επιστημονική περιοχή:** Υδροπονία

**Λέξεις κλειδιά:** φυλλώδη λαχανικά, βιοδιεγέρτες, υδροπονία, αβιοτικό στρες, αμμωνιακό άζωτο

**Effect of different ratios of ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) to nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) nitrogen and different biostimulants on growth, production and nutritional status of common purslane (*Portulaca oleracea*), corn salad (*Valerianella locusta*) and ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*) grown hydroponically**

*MSc Top Sectors & Innovative Applications in Production & Maintenance of Fruit,  
Vegetable & Floricultural Species  
Department of Crop Science  
Laboratory of Vegetable Production*

## **Abstract**

In a greenhouse experiment of the Agricultural University of Athens (08/04/2022 – 19/05/2022) the effects of different NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratios and biostimulants on the growth, production and nutritional status of three cruciferous leafy vegetables grown in open hydroponic system using perlite packed in bags as substrate were studied. The plant species studied were ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.) and common purslane (*Portulaca oleracea* L.). Two different nutrient solutions were applied in terms of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio: a nutrient solution with a high NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio = 0,12 and a nutrient solution with a lower (low) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio = 0,04. The biostimulants used were: the biostimulant ALGASTAR® (marine extract of *Ascophyllum nodosum*) and the plant-derived biostimulant TYSON® (enzymatic hydrolysis of Fabaceae biomass). Two doses of ALGASTAR®, 0 (control) or 2 mL L<sup>-1</sup> (standard dose) and two doses of TYSON®, 0 (control) or 3 mL L<sup>-1</sup> (standard dose) were applied. Both biostimulants were applied twice by foliar spraying. The application of low NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio increased fresh weight, leaf number and total leaf area of ice plant by 31.39%, 5.17% and 24.18%, respectively, and total nitrogen concentration by 4.15%, while the application of low NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio increased fresh weight and total leaf area of corn salad by 18.18% and 18.35%, respectively. In common purslane, high NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio application increased total nitrogen concentration by 14.1%, while low NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio application increased calcium concentration by 30%. The high NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N ratio significantly increased the concentration of zinc by 28.54%, 15.41% and 23.61% in the plant tissues of ice-plant, corn salad and purslane respectively, the concentration of iron by 52.12 % and 7.13% in ice plant and corn salad above-ground tissues, respectively and the concentration of manganese by 8.79% in plant tissues of corn salad. As for biostimulant application, significant was their effect only on ice plant. Application of Algastar biostimulant increased fresh weight, number of leaves and total leaf area of ice plant by 9.99%, 14.95% and 16.36%, respectively, while application of Tyson biostimulant increased the same characteristics by 8.62 %, 9.3% and 12.64% respectively. In the case of total nitrogen, the type of biostimulant had a statistically significant effect on the results, with the application of the Tyson biostimulant increasing by 9.92% and 6.48% the concentration of total nitrogen in relation to the concentration of total nitrogen in the above-ground part of the plants where Algastar biostimulant was applied and the plants where no biostimulant was applied respectively. Finally, the interaction of the two factors was significant on the fresh weight of ice plant and corn salad and in the total leaf area of corn salad.

**Scientific area:** Hydroponics

**Keywords:** leafy vegetables; biostimulants; hydroponics; abiotic stress; ammonium nitrogen

## Ευχαριστίες

Έχοντας ολοκληρώσει την εκπόνηση αυτής της πειραματικής μεταπτυχιακής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την κάρδια μου όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωσή της. Πρωταρχικά οφείλω να ευχαριστήσω προσωπικά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια μου κα. Ντάτση Γεωργία για την ανάθεση της μελέτης ενός σημαντικού θέματος με ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, για την ομαλή καθοδήγηση και την εξαιρετική συνεργασία τόσο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή αυτής της μελέτης.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών κ. Σάββα Δημήτριο για τις άψογες συνθήκες για εργασία τόσο στον πειραματικό αγρό, όσο και στο θερμοκήπιο καθώς και στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών γενικότερα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αναπληρωτές Καθηγητές κ. Τραυλό Ηλία και κ. Καρκάνη Ανέστη ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής.

Ευχαριστώ ακόμα θερμά τους συναδέλφους και φίλους, κ. Βουτσίνο Ορφέα και κ. Ντανάση Θεοδώρα για την καθοριστική βοήθεια που μου προσέφεραν σε οποιοδήποτε τεχνικό θέμα χρειάστηκα υποστήριξη κατά τη διεξαγωγή αυτής της πειραματικής μελέτης.

Ευχαριστώ επιπλέον, όλους όσους βρίσκονται στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών για το ευχάριστο κλίμα και την αρμονική συνύπαρξη. Ευχαριστώ ,τέλος, συνολικά την κοινότητα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και κάθε Καθηγητή και συνάδελφο που συνέβαλε στην παιδαγωγική μου όλα αυτά τα χρόνια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για όλη την αγάπη και έμπρακτη στήριξη καθώς και τους αγαπημένους μου φίλους για την υποστήριξη που μου παρέχουν κάθε στιγμή και σε κάθε βήμα στη ζωή μου.

---

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract .....	5
Ευχαριστίες.....	6
Κατάλογος Πινάκων.....	12
Κατάλογος Γραφημάτων .....	13
Κατάλογος Εικόνων .....	20
Κατάλογος Εξιιώσεων.....	21
1. Εισαγωγή.....	22
1.1 Δροσουλίτης ( <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.).....	22
1.1.1 Ιστορική αναδρομή – Καταγωγή & Εξάπλωση.....	22
1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	23
1.1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	23
1.1.4 Οικολογικές απαιτήσεις.....	24
1.1.5 Καλλιεργητική τεχνική.....	25
1.1.6 Χρήσεις και οικονομική σημασία - θρεπτική αξία.....	26
1.2 Γλιστρίδα ( <i>Portulaca oleracea</i> L.).....	27
1.2.1 Ιστορική αναδρομή - Καταγωγή & Εξάπλωση .....	27
1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	27
1.2.3 Βοτανική περιγραφή.....	28
1.2.4 Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητική τεχνική .....	29
1.2.5 Οικονομική σημασία – χρήσεις – θρεπτική αξία.....	30
1.3 Βαλεριανέλλα ( <i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterr.) .....	32
1.3.1 Ιστορική αναδρομή – Καταγωγή & Εξάπλωση.....	32
1.3.2 Βοτανική ταξινόμηση.....	33
1.3.3 Βοτανική περιγραφή.....	33
1.3.4 Οικολογικές απαιτήσεις.....	34
1.3.5 Καλλιεργητική τεχνική.....	34
1.3.6 Οικονομική σημασία – Χρήσεις – Θρεπτική αξία .....	35
1.4 Τα συστήματα καλλιέργειας.....	36
1.4.1 Γενικά για την υδροπονία.....	36
1.4.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών .....	37
1.4.2.1 Ταξινόμηση με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών.....	37
1.4.2.2 Ταξινόμηση με βάση το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος.....	41
1.5 Συσσώρευση νιτρικών ιόντων σε φυλλώδη λαχανικά.....	47
1.5.1 Ο κύκλος του αζώτου .....	47



1.5.2 Το πρόβλημα της συσσώρευσης νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά .....	48
1.6 Η αντιμετώπιση του προβλήματος της συσσώρευσης των νιτρικών .....	52
1.6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την συσσώρευση νιτρικών ιόντων στα φυτά.....	52
1.6.2 Τρόποι μείωσης της συσσώρευσης των νιτρικών ιόντων στα φυτά.....	54
2. Σκοπός μελέτης .....	60
3. Υλικά και μέθοδοι.....	61
3.1 Τοποθεσία και χρόνος πειραματικής μελέτης .....	61
3.2 Φυτικό υλικό .....	61
3.3 Εγκατάσταση πειράματος.....	64
3.3.1 Πειραματικό σχέδιο.....	64
3.3.2 Σύνθεση και χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων .....	70
3.3.3 Εφαρμογή βιοδιεγερτών .....	71
3.3.4 Καλλιεργητικές Φροντίδες .....	72
3.4 Λήξη πειραματικής διαδικασίας στο θερμοκήπιο – Συγκομιδή φυτών.....	72
3.5 Μετρήσεις κατά την συγκομιδή των φυτών .....	74
3.5.1 Υπολογισμός νωπού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών.....	74
3.5.2 Μέτρηση αριθμού φύλλων και εμβαδού φυλλικής επιφάνειας.....	74
3.6 Ξήρανση φυτικού ιστού .....	74
3.7 Υπολογισμός ξηρού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών .....	74
3.8 Άλεση φυτικού ιστού.....	74
3.9 Εκχύλιση φυτικού ιστού.....	75
3.10 Αναλύσεις φυτικού ιστού .....	76
3.10.1 Προσδιορισμός Στοιχείων $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Mn^{2+}$ και $Zn^{2+}$ .....	76
3.10.2 Προσδιορισμός Καλίου ( $K^+$ ) και Νατρίου ( $Na^+$ ).....	78
3.10.3 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου ( $NH_4^+$ και $NO_3^-$ ) .....	79
3.11 Στατιστική ανάλυση .....	81
4. Αποτελέσματα .....	82
4.1 Νωπό βάρος (fw).....	82
4.1.1 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους δροσουλίτη.....	82
4.1.2 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους βαλεριανέλλας.....	85
4.1.3 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους γλιστρίδας .....	87
4.2 Αριθμός φύλλων.....	89
4.2.1 Αριθμός φύλλων δροσουλίτη .....	89
4.2.2 Αριθμός φύλλων βαλεριανέλλας.....	91
4.3. Συνολική φυλλική επιφάνεια.....	93
4.3.1 Συνολική φυλλική επιφάνεια δροσουλίτη .....	93

4.3.2	Συνολική φυλλική επιφάνεια βαλεριανέλλας.....	95
4.4	Μέση φυλλική επιφάνεια .....	97
4.4.1	Μέση φυλλική επιφάνεια δροσουλίτη.....	97
4.4.2	Μέση φυλλική επιφάνεια βαλεριανέλλας.....	99
4.5	Ολικό άζωτο .....	101
4.5.1	Ολικό άζωτο δροσουλίτη .....	101
4.5.2	Ολικό άζωτο βαλεριανέλλας .....	103
4.5.3	Ολικό άζωτο γλιστρίδας.....	105
4.6	Συγκέντρωση Καλίου ( $K^+$ ).....	107
4.6.1	Συγκέντρωση καλίου δροσουλίτη .....	107
4.6.2	Συγκέντρωση καλίου βαλεριανέλλας.....	109
4.6.3	Συγκέντρωση καλίου γλιστρίδας.....	111
4.7	Συγκέντρωση Νατρίου ( $Na^+$ ).....	113
4.7.1	Συγκέντρωση νατρίου δροσουλίτη.....	113
4.7.2	Συγκέντρωση νατρίου βαλεριανέλλας.....	115
4.7.3	Συγκέντρωση νατρίου γλιστρίδας .....	117
4.8	Συγκέντρωση Ασβεστίου ( $Ca^{2+}$ ).....	119
4.8.1	Συγκέντρωση ασβεστίου δροσουλίτη.....	119
4.8.2	Συγκέντρωση ασβεστίου βαλεριανέλλας .....	121
4.8.3	Συγκέντρωση ασβεστίου γλιστρίδας.....	123
4.9	Συγκέντρωση Μαγνησίου ( $Mg^{2+}$ ).....	125
4.9.1	Συγκέντρωση μαγνησίου δροσουλίτη .....	125
4.9.2	Συγκέντρωση μαγνησίου βαλεριανέλλας.....	127
4.9.3	Συγκέντρωση μαγνησίου γλιστρίδας.....	129
4.10	Συγκέντρωση Σιδήρου ( $Fe^{2+}$ ) .....	131
4.10.1	Συγκέντρωση σιδήρου δροσουλίτη .....	131
4.10.2	Συγκέντρωση σιδήρου βαλεριανέλλας.....	133
4.10.3	Συγκέντρωση σιδήρου γλιστρίδας.....	135
4.11	Συγκέντρωση Ψευδαργύρου ( $Zn^{2+}$ ).....	137
4.11.1	Συγκέντρωση ψευδαργύρου δροσουλίτη.....	137
4.11.2	Συγκέντρωση ψευδαργύρου βαλεριανέλλας .....	139
4.11.3	Συγκέντρωση ψευδαργύρου γλιστρίδας.....	141
4.12	Συγκέντρωση Μαγγανίου ( $Mn^{2+}$ ) .....	143
4.12.1	Συγκέντρωση μαγγανίου δροσουλίτη.....	143
4.12.2	Συγκέντρωση μαγγανίου βαλεριανέλλας .....	145
4.12.3	Συγκέντρωση μαγγανίου γλιστρίδας.....	147

5. Συζήτηση και συμπεράσματα.....	149
5.1 Νωπό βάρος, αριθμός φύλλων και συνολική φυλλική επιφάνεια .....	149
5.2 Ολικό άζωτο .....	151
5.3 Συγκέντρωση μακροστοιχείων $K^+$ , $Ca^{2+}$ και $Mg^{2+}$ .....	152
5.4 Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων $Na^+$ , $Fe^{2+}$ , $Zn^{2+}$ και $Mn^{2+}$ .....	153
5.5 Συμπεράσματα.....	154
6. Βιβλιογραφία.....	156
6.1 Ελληνική.....	156
6.2 Ξενόγλωσση .....	156
6.3 Διαδικτυακή .....	164

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1</b> Σύσταση διαλύματος διαβροχής.....	67
<b>Πίνακας 2</b> Σύσταση θρεπτικού διαλύματος επέμβασης High $\text{NH}_4^+\text{-N}$ /Total-N.....	68
<b>Πίνακας 3</b> Σύσταση θρεπτικού διαλύματος επέμβασης Low $\text{NH}_4^+\text{-N}$ /Total-N.....	69
<b>Πίνακας 4</b> Ημερομηνίες εφαρμογής βιοδιεγερτών για κάθε φυτικό είδος.....	72

## Κατάλογος Γραφημάτων

**Γράφημα 4.1.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.1 Γ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διάφορες μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....82

**Γράφημα 4.1.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.2 Γ) ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διάφορες μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....85

**Γράφημα 4.1.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.3 Γ) ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διάφορες μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....87

**Γράφημα 4.2.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.3 Γ) στον αριθμό φύλλων του *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διάφορες μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....89

**Γράφημα 4.2.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.2.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.2.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.2.2 Γ) στον αριθμό φύλλων των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά

γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....91

**Γράφημα 4.3.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.3.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.3.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.3.1 Γ) στην συνολική φυλλική επιφάνεια των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....93

**Γράφημα 4.3.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.3.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.3.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.3.2 Γ) στην συνολική φυλλική επιφάνεια των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....95

**Γράφημα 4.4.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.4.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.4.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.4.1 Γ) στην μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....97

**Γράφημα 4.4.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.4.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.4.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.4.1 Γ) στην μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....99

**Γράφημα 4.5.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.1 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου

στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....101

**Γράφημα 4.5.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.2 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...103

**Γράφημα 4.5.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.3 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου στο υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleraceae* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....105

**Γράφημα 4.6.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.6.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.1 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...107

**Γράφημα 4.6.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.6.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.2 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....109

**Γράφημα 4.6.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON)

(Γράφημα 4.6.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.3 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....111

**Γράφημα 4.7.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.1 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...113

**Γράφημα 4.7.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.2 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....115

**Γράφημα 4.7.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.3 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....117

**Γράφημα 4.8.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.1 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...119

**Γράφημα 4.8.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.2 Α) και των δύο



διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.2 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....121

**Γράφημα 4.8.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.3 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....123

**Γράφημα 4.9.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.1 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...125

**Γράφημα 4.9.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.2 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....127

**Γράφημα 4.9.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.3 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.3 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.3 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....129

**Γράφημα 4.10.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.1 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...131

**Γράφημα 4.10.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.2 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....133

**Γράφημα 4.10.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.3 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P.oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....135

**Γράφημα 4.11.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.1 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....137

**Γράφημα 4.11.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.2 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις

σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...139

**Γράφημα 4.11.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.3 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...141

**Γράφημα 4.12.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.1 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test...143

**Γράφημα 4.12.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.2 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....145

**Γράφημα 4.12.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.3 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.....147

## Κατάλογος Εικόνων

<b>Εικόνα 1</b> Η σπορά (Α) φυτών γλιστρίδας σε δίσκους στο πλαστικό θερμοκήπιο, δίσκοι με σπορόφυτα γλιστρίδας (Β) και δροσουλίτη (Γ) λίγες μέρες πριν την μεταφύτευση.....	63
<b>Εικόνα 2</b> Φυτά γλιστρίδας (Α) και βαλεριανέλλας (Β).....	63
<b>Εικόνα 3</b> Απεικόνιση πειραματικού σχεδίου.....	65
<b>Εικόνα 4</b> Τα φυτά γλιστρίδας (Α), βαλεριανέλλας (Β) και δροσουλίτη (Γ) κατά τη συγκομιδή.....	73
<b>Εικόνα 5</b> Πυραντήριο LM-112 (Linn High Therm, Hirschbach, Germany).....	75
<b>Εικόνα 6</b> Τοποθέτηση 0,5 g αλεσμένου δείγματος στις κάψες και τοποθέτηση των καψών στο πυραντήριο.....	76
<b>Εικόνα 7</b> Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Shimadzu AA-7000 (Kyoto, Japan).....	77
<b>Εικόνα 8</b> Φλογοφωτόμετρο Sherwood Flame Photometer 410 (Cambridge, UK)...	78
<b>Εικόνα 9</b> Α. Tecator Kjeltac 8200, Β. Scrubber Labtec SR 210, Γ. Labtec DT 220 (FOSS A/S Hillerød, Denmark) (Fossanalytics.com).....	79

## Κατάλογος Εξισώσεων

**Εξίσωση 1** Προσδιορισμός συγκεντρώσεων στοιχείων ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  και  $\text{Zn}^{2+}$ ) σύμφωνα με τον νόμο Lambert-Beer.....77

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum* L.)

#### 1.1.1 Ιστορική αναδρομή – Καταγωγή & Εξάπλωση

Το *Mesembryanthemum crystallinum* L., γνωστό και ως δροσουλίτης, ice plant ή crystalline ice plant, είναι ιθαγενές στη Βόρεια Αφρική, τη Νοτιοδυτική Αφρική, τη Δυτική Ασία και τη Νότια Ευρώπη. Έχει εισαχθεί σκόπιμα (ως καλλωπιστικό) αλλά και τυχαία σε χώρες της Αυστραλίας και της Βόρειας και Νότιας Αμερικής. Έχει αναφερθεί ωστόσο ότι η κατανομή του δροσουλίτη στην Αίγυπτο μειώνεται και απειλείται λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Abd El-Gawad & Shehata, 2014). Ο δροσουλίτης εισήχθη στις ΗΠΑ στις αρχές του 1500 μέσω άμμου που αποτέθηκε από πλοία, ιδιαίτερα στην Πενσυλβάνια (Flora of North America Editorial Committee, 2015; Water Shed Health, 2015). Το 1881, στις ΗΠΑ, ο δροσουλίτης διαφημίστηκε σε καταλόγους σπόρων και εισήχθη σκόπιμα στην Αυστραλία ως καλλωπιστικό φυτό (Kloot, 1987). Εισήχθη επίσης για τον έλεγχο της διάβρωσης, αλλά σύντομα διαπιστώθηκε ότι ήταν αναποτελεσματικό (FloraBase, 2015). Το *Mesembryanthemum* δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά ως *Mesembrianthemum* από τον Breyne, το 1684. Αυτό το όνομα προήλθε από το ελληνικό *mesembria*, που σημαίνει «μεσημέρι» και *anthemum*, που σημαίνει «λουλούδι», και προήλθε από την πεποίθηση ότι τα φυτά ανθίζουν μόνο το μεσημέρι. Μετά από λίγο καιρό, ανακαλύφθηκαν είδη νυχτερινής ανθοφορίας και το όνομα φάνηκε ακατάλληλο και στη συνέχεια άλλαξε έτσι ώστε να υποδηλώνει ένα λουλούδι με τον καρπό του στη μέση, δηλαδή μεσός, που σημαίνει «μέσο», «έμβρυο» ή «φρούτο», και άνθεμο, «λουλούδι». Έκτοτε, η ομάδα έχει χωριστεί σε 127 γένη, όπου το 95% αναπτύσσεται στις χειμερινές περιοχές βροχοπτώσεων της Νότιας Αφρικής. Το όνομα του είδους *crystallinum*, που σημαίνει «με κρυστάλλους», αναφέρεται στις φυσαλίδες που μοιάζουν με πάγο και βρίσκονται στα φύλλα και τα στελέχη. Η κοινή ονομασία του φυτού πιστεύεται ότι είναι εμπνευσμένη από τις αστραφτερές φυσαλίδες που μοιάζουν με πάγο στα φύλλα και τους μίσχους, αλλά αναφέρεται επίσης ότι προέκυψε επειδή υποστηρίζεται ότι ακόμη και την πιο ζεστή μέρα, τα φύλλα είναι δροσερά στην αφή (Voigt, 2005). Άλλες ονομασίες ανά τον κόσμο περιλαμβάνουν: *rosa de jericho* (Αγγλ.); *brakslaaai*, *brakvny*, *noeta*, *olifantslaai*, *slaai*, *volstruisslaai*, *slaaiibos*, *slaaiibossie*, *soutslaai*, (Αφρ.).

### 1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Ο δροσουλίτης ταξινομείται σύμφωνα με την συστηματική βοτανική ως εξής:

Φυτικό Βασίλειο: Plantae

Φύλο: Σπερματοφύτα

Υπόφυλο: Αγγειόσπερμα

Κλάση: Δικοτυλήδονα

Τάξη: Caryophyllales

Οικογένεια: Aizoaceae

Γένος: *Mesembryanthemum*

Είδος: *Mesembryanthemum crystallinum* L.

### 1.1.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Ο δροσουλίτης μπορεί να είναι ετήσιο, διετές ή πολυετές φυτό, αλλά ο κύκλος ζωής του ολοκληρώνεται συνήθως μέσα σε μερικούς μήνες, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Το είδος καλύπτεται με διευρυμένα επιδερμικά κύτταρα, που ονομάζονται «κύτταρα κύστης», η κύρια λειτουργία των οποίων είναι η αποθήκευση νερού.

Ο δροσουλίτης αναπτύσσει έρποντα στελέχη μήκους 20–60 cm. Τα φύλλα έχουν μήκος 2–10 cm και είναι ωοειδή έως σπατουλόμορφα, σχηματίζοντας σχήμα σταγόνας δακρύου, με κυματιστά περιθώρια και τα παλαιότερα φύλλα αρχίζουν να ξηραίνονται από την κορυφή. Η διάταξή τους είναι απλή, αντίθετη ή κατ' εναλλαγή και μπορούν να βρεθούν σε αραιές ή πυκνές συστάδες. Τα κάτω φύλλα είναι μεγαλύτερα και πυκνότερα. Τα φύλλα και οι μίσχοι καλύπτονται με πολλές, μικροσκοπικές μεμβράνες που σχηματίζουν θηλώματα γεμάτα με χυμό, που μοιάζουν με κρυστάλλους πάγου από απόσταση και δίνουν στο φύλλο μια χυμώδη υφή.

Κάθε άνθος εμφανίζεται μεμονωμένα και έχει πολλά λεπτά πέταλα, 5 σέπαλα και πολλούς μικρούς σε μήκος στήμονες. Τα άνθη έχουν πλάτος 30–50 mm και το χρώμα τους κυμαίνεται από λευκό έως ροζ ή μωβ. Οι μίσχοι των ανθέων είναι επίσης

χυμώδεις, με τους κρυστάλλους να κυμαίνονται σε χρώμα από πράσινο έως κόκκινο, ωστόσο αυτό διαφέρει από τοποθεσία σε τοποθεσία. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και γονιμοποιούνται από έντομα, συμπεριλαμβανομένων των μελισσών. Τα λουλούδια ανοίγουν την ημέρα και κλείνουν τη νύχτα (CSIRO, 2004).

Οι καρποί του δροσουλίτη σχηματίζονται μεμονωμένα, με πολλούς σπόρους ανά καρπό. Τα φυτά αυτά βλασταίνουν με τις πρώτες βροχές, από τα τέλη του καλοκαιριού έως το φθινόπωρο (Μάρτιος), αναπτύσσονται και ανθίζουν το χειμώνα και την άνοιξη (Μάιος–Σεπτέμβριος) και συνεχίζουν να ανθίζουν μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού (Νοέμβριος–Δεκέμβριος). Τα κουνέλια και τα ποντίκια τρώνε τους καρπούς και βοηθούν στη διασπορά των σπόρων. Οι σπόροι στην κορυφή της κάψουλας γενικά βλασταίνουν αμέσως, ενώ οι σπόροι στη βάση μπορεί να παραμείνουν σε λήθαργο για περισσότερο από τέσσερις εβδομάδες. Υπό εργαστηριακές συνθήκες το *M. crystallinum* μπορεί να παράγει περίπου 15.000 σπόρους ανά φυτό. Οι σπόροι μπορούν να διατηρήσουν την βλαστική ικανότητα για έως και δύο χρόνια (Plant Right, 2015).

Το *M. crystallinum* μπορεί μερικές φορές να συγχέεται με το *M. nodiflorum*, αυτή η δυσκολία διάκρισης των δύο είναι δικαιολογημένη καθώς τα 2 είδη έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Η μόνη διαφορά είναι ότι το *M. nodiflorum* είναι μικρότερο σε ύψος από το *M. crystallinum*.

#### 1.1.4 Οικολογικές απαιτήσεις

Βρίσκεται σε ένα ευρύ φάσμα τύπων εδάφους, από καλά στραγγιζόμενα αμμώδη εδάφη (συμπεριλαμβανομένων των αμμοθινών) έως αργιλώδη εδάφη. Μπορεί να ανεχθεί θρεπτικά φτωχά ή αλατούχα εδάφη (αλόφιλα) και αναπτύσσεται καλά σε υποβαθμισμένα εδάφη.

Έχει ευρεία περιβαλλοντική ανοχή και μπορεί να αναπτυχθεί σε εύκρατα κλίματα και ψυχρές και ζεστές ερήμους, αλλά είναι μη ανεκτικό στη σκιά. Μπορεί να επιβιώσει σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες είναι τόσο χαμηλές όσο 10°C το χειμώνα με μέγιστη υγρασία 81%, με ανοχή 91,6 έως 175,2 mm βροχοπτώσεων. Το φυτό αυτό μπορεί να ανεχθεί διαφορετικούς βιότοπους, ωστόσο είναι πολύ ευαίσθητο στον παγετό.



Ο δροσουλίτης έχει εξαιρετική ανοχή σε υψηλά αλατούχα εδάφη και συσσωρεύει το αλάτι κατά το στάδιο της ανάπτυξής του. Το αλάτι αργότερα διοχετεύεται στο έδαφος μετά το θάνατο του φυτού, καταστέλλοντας την ανάπτυξη άλλων ειδών, τα οποία δεν ανέχονται τα αλατούχα εδάφη. Είναι επίσης εξαιρετικά ανθεκτικό στο στρες και σε περίοδο ξηρασίας μπορεί να αλλάξει από τη φωτοσύνθεση C<sub>3</sub> στον μεταβολισμό του Crassulacean Acid (CAM). Σε όλη την διάρκεια του βιολογικού του κύκλου το *M. crystallinum* συσσωρεύει αλάτι το οποίο εκπλένεται από τα φυτά μετά το θάνατο. Η αύξηση της συγκέντρωσης του αλατιού εμποδίζει την εγκατάσταση ιθαγενών φυτικών ειδών επιτρέποντας στους σπόρους του *M. crystallinum* να βλαστήσουν και να αναπτυχθούν και να κυριαρχήσουν στον οικότοπο των αλυκών.

### 1.1.5 Καλλιεργητική τεχνική

Ο δροσουλίτης, όπως προαναφέρθηκε, βρίσκεται σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με υψηλή αλατότητα, με ποικίλη περιεκτικότητα υγρασίας και pH, αν και έχει βρεθεί ότι δεν αναπτύσσεται σε περιοχές σκιάς (Plants for a Future, 2015). Έχει προταθεί ότι η βέλτιστη ανάπτυξη του δροσουλίτη επιτυγχάνεται με μέτρια αλατότητα, μεταξύ 0,1–0,2 M NaCl. Υψηλότερες συγκεντρώσεις έως και 0,5 M είναι επίσης ανεκτές, αλλά αυτό το επίπεδο συχνά επιταχύνει την αναπαραγωγική ανάπτυξη (CSIRO, 2004). Ο δροσουλίτης δεν είναι ανεκτικός στον παγετό και τα φυτά θανατώνονται.

Τα φυτά δροσουλίτη καλλιεργούνται καλύτερα σε ηλιόλουστες θέσεις. Τα νεαρά φυτά χρειάζονται νερό, αλλά τα μεγαλύτερα σε ηλικία φυτά απαιτούν ελάχιστο έως καθόλου πότισμα, καθώς οι ρίζες περιορίζουν την κατανάλωση νερού όταν το φυτό έχει συγκεντρώσει αρκετό νερό. Πολλαπλασιάζεται μόνο με σπόρο, οι σπόροι αρχίζουν να φυτρώνουν μετά από 14–21 ημέρες, ανάλογα με τις συνθήκες. Ακολουθεί μεταφύτευση όταν τα σπορόφυτα αναπτυχθούν σε ύψος 2–3 εκ.

### 1.1.6 Χρήσεις και οικονομική σημασία - θρεπτική αξία

Τα φύλλα και οι καρποί του δροσουλίτη είναι βρώσιμα. Τα φύλλα του δροσουλίτη μπορούν να μαγειρευτούν ή να καταναλωθούν ωμά ως υποκατάστατο του σπανακιού. Ωστόσο, η διαφορά τους είναι ότι έχουν όξινη και αλμυρή γεύση. Τα φύλλα μπορούν επίσης να γίνουν τουρσί ή να χρησιμοποιηθούν ως γαρνιτούρα σε πιάτα. Ο σπόρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή λιμού όταν δεν υπάρχει άλλη κατάλληλη πηγή τροφής (Sturtevant, 1888; Plants for a Future, 2015). Το *M. crystallinum* έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο σε πολλές φυτοφυσιολογικές έρευνες. Έχει καλλιεργηθεί για τα αστραφτερά φύλλα και τα εντυπωσιακά λουλούδια του σε κήπους. Τα φύλλα μπορούν να θρυμματιστούν και να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο σαπουνιού. Ο δροσουλίτης έχει επίσης μια σειρά από φαρμακευτικές ιδιότητες καθώς χρησιμοποιείται για τη θεραπεία της δυσεντερίας, των ηπατικών και νεφρικών παθήσεων και για την καταπράυνση του πόνου και του κνησμού. Έρευνες έχουν δείξει ότι αυτό το φυτό αποτελείται από εξαιρετικά υψηλά επίπεδα ισοφλαβονών καθώς και φλαβονοειδή και ισοφλαβονοειδή που είναι φυτικοί μεταβολίτες και έχουν σημαντική επίδραση στον ανθρώπινο μεταβολισμό (Kang et al., 2016). Ο δροσουλίτης είναι πλούσιος σε θρεπτικά συστατικά και μέταλλα. Επιπλέον, περιέχει υψηλό επίπεδο μυο-ινοσιτόλης, που σπάνια βρίσκεται σε άλλα πράσινα φυλλώδη λαχανικά. Τέλος, λόγω της ικανότητας συσσώρευσης αλάτων, έχει χρησιμοποιηθεί για την αφαλάτωση του εδάφους και έχει προταθεί ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη βιοεξυγίανση (Abd El-Gawad & Shehata, 2014).

## 1.2 Γλιστρίδα (*Portulaca oleracea* L.)

### 1.2.1 Ιστορική αναδρομή - Καταγωγή & Εξάπλωση

Το *Portulaca oleracea* L. γνωστό και ως Αντράκλα ή ανδράχλη ή γλιστρίδα είναι ετήσιο παχύφυτο της οικογένειας Portulacaceae που φύεται άφθονα, χωρίς ιδιαίτερη καλλιέργεια κυρίως σε λαχανόκηπους. Άλλες ονομασίες που επικρατούν για την γλιστρίδα σε πολλά μέρη της Ελλάδας είναι αντραχλίδα ή σκλιμίτσα ή χοιροβότανο ή τρευλό ή και γλυστιρίδα. Η περιοχή προέλευσης του είναι άγνωστη, αν και πιθανώς να προέρχεται από ένα άνυδρο και ξηρό κλίμα όπως η Βόρεια Αφρική (Charman et al., 1974). Παρόλο που πιστεύεται ότι η εξάπλωση στον Νέο Κόσμο οφειλόταν στους μετακολομβιανούς ανθρώπους (Matthews et al., 1993), τα αρχαιολογικά στοιχεία (ανάλυση γύρης) υποδηλώνουν ότι η γλιστρίδα έφτασε στον Νέο Κόσμο στην προκολομβιανή εποχή. Η γλιστρίδα έχει εκτεταμένη κατανομή, η οποία θεωρείται ως επί το πλείστον ανθρωπογενής, που εκτείνεται από τη Βόρεια Αφρική και τη Νότια Ευρώπη μέσω της Μέσης Ανατολής και της Ινδικής υποήπειρου έως τη Μαλαισία και την Αυστραλασία.

Το *P. oleracea* καταγράφηκε το 1753 από τον Carl Linnaeus στο Species Plantarum (Carl, 1753). Το είδος έχει μεγάλη βιοποικιλότητα με μεγάλο αριθμό ειδών, υποειδών και ποικιλιών να έχουν καταγραφεί, μεταξύ των οποίων το *P. oleracea* subsp. *Sativa*. Αυτή τη στιγμή καλλιεργούνται περίπου 40 ποικιλίες *P. Oleracea* (Marlena Spieler, 2006). Το συγκεκριμένο επίθετο «*oleracea*» σημαίνει «λαχανικό/βότανο» στα λατινικά.

### 1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση

Η γλιστρίδα ταξινομείται σύμφωνα με την συστηματική βοτανική ως εξής:

Βασίλειο: Plantae

Φύλο: Spermatophyta

Υπόφυλο: Angiospermae

Κλάση: Dicotyledonae

Τάξη: Caryophyllales

Οικογένεια: Portulacaceae

Γένος: *Portulaca*

Είδος: *Portulaca oleracea* L.

### 1.2.3 Βοτανική περιγραφή

Η γλιστρίδα είναι ετήσιο φυτό, με εξαίρεση τις τροπικές περιοχές όπου μπορεί να εμφανίζεται και ως πολυετές. Το φυτό φτάνει έως 40 cm σε ύψος. Τα στελέχη είναι λεία, σαρκώδη, μωβ-κόκκινα έως πράσινα, που προκύπτουν από μια ρίζα. Το σχήμα των φύλλων (επίσης σαρκώδη) είναι ωοειδές έως σπατουλόμορφο με αμβλεία ή κολοβωμένη κορυφή και η διάταξή τους είναι αντίθετη ή κατ' εναλλαγή. Το μέγεθος των φύλλων κυμαίνεται από 40 mm × 15 mm έως 60 mm × 25 mm σε γόνιμα εδάφη. Οι συστάδες φύλλων αποτελούνται από 2–5 φύλλα, συνήθως 4 και συγκεντρώνονται στους κόμβους και στα άκρα του στελέχους.

Τα άνθη εμφανίζονται σε επάκριες ταξιανθίες. Οι ταξιανθίες αποτελούνται από 4 έως 6 (συνήθως 5) κίτρινα πέταλα μήκους 3 έως 10 mm και πλάτους 2 έως 8 mm με 6–15 (3–20) στήμονες. Τα άνθη ανοίγουν μεμονωμένα στο κέντρο της συστάδας των φύλλων για λίγες μόνο ώρες τα ηλιόλουστα πρωινά. Όταν ανοίξουν, παραμένουν ανοιχτά για τέσσερις ώρες. Τα άνθη είναι αυτογόνιμα και δεν παρουσιάζουν απόμιξη. Η κάψουλα κυμαίνεται από 4 έως 9 mm, ανοίγοντας στη μέση ή ακριβώς κάτω από τη μέση. Οι σπόροι είναι μαύροι όταν είναι ώριμοι, αλλά μπορεί να είναι κόκκινοι ή καφέ όταν είναι ανώριμοι. Οι σπόροι έχουν μήκος 0,6–1 mm, συνήθως με κοκκώδεις έως επίπεδες αστερώδεις επιφάνειες. Παράγει μεγάλη ποσότητα σπόρων. Ένα φυτό μπορεί να αναπτύξει έως και 193.000 σπόρους.

#### 1.2.4 Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητική τεχνική

Η γλιστρίδα είναι κοινή σε χωράφια, κήπους, αμπελώνες, χλοοτάπητες, μονοπάτια, αμμόλοφους, παραλίες, αλυκές, περιοχές απορριμμάτων, διαβρωμένες πλαγιές, μπλόφες και όχθες ποταμών. Ανταγωνίζεται για πόρους με πολλές καλλιέργειες αγρού, ιδιαίτερα ποώδη είδη που βλασταίνουν ή αναπτύσσονται ανταγωνιστικά. Οι καλλιέργειες που επηρεάζονται περιλαμβάνουν: σπαράγγια, κόκκινα τεύτλα, σέλινο, σταυρανθή, βαμβάκι, καλαμπόκι, κρεμμύδια, πατάτες, ρύζι, σόγια, ζαχαροκάλαμο και σιτάρι.

Η γλιστρίδα αναπτύσσεται γρήγορα, παράγοντας άνθη, καρπούς και σπόρους εντός 6 εβδομάδων από τη βλάστηση. Έχει μεγάλη ανοχή στη φωτοπερίοδο, την ένταση του φωτός, τη θερμοκρασία, την υγρασία και τον τύπο του εδάφους. Οι σπόροι βλασταίνουν κάτω από συνθήκες που ενισχύουν την επιβίωση των φυταρίων.

Η γλιστρίδα αναπαράγεται κυρίως από σπόρους. Πάνω από 6.000 σπόροι μπορούν να παραχθούν σε 5–6 εβδομάδες ανάπτυξης. Ένα φυτό μπορεί να παράγει από 100.000 έως 242.000 σπόρους σε μια ολόκληρη εποχή. Ένα ποσοστό βλάστησης άνω του 90% έχει καταγραφεί μετά από 2,5 χρόνια και άλλες μελέτες βλαστικότητας έχουν δείξει 39% βλάστηση μετά από 2 χρόνια, 78% μετά από 1 έτος, 59% μετά από 7 χρόνια και 59% μετά από 14 χρόνια. Οι σπόροι 40 ετών ήταν βιώσιμοι.

Απαιτείται φως για τη βλάστηση, αλλά η απαίτηση θερμοκρασίας είναι μεταβλητή. Οι σπόροι μπορούν να βλαστήσουν στους 10°C στις βόρειες ΗΠΑ και στην Ινδία, οι σπόροι βλασταίνουν στην περιοχή σε θερμοκρασία 10–40°C, αλλά όχι πάνω από 50°C. Η απόκριση βλάστησης στο φως και τη θερμοκρασία ποικίλλει ανάλογα με την τοποθεσία προέλευσης και τον χρόνο ωρίμανσης του σπόρου. Στην ξηρή περίοδο, οι σπόροι που αναπτύχθηκαν στο ανώτερο 20% του φυτού ήταν λιγότερο αδρανείς από τους σπόρους από το κατώτερο 20%.

Το *P. oleracea* είναι ένα επιθετικό ζιζάνιο στα περισσότερα γεωργικά περιβάλλοντα. Οι σπόροι πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους βλασταίνουν γρήγορα μετά το όργωμα (οι σπόροι απαιτούν φως για τη βλάστηση), επομένως υπάρχει άμεσος ανταγωνισμός με τις νεοσπαρμένες καλλιέργειες. Αυτή η γρήγορη ανάπτυξη είναι συνήθως οριζόντια, καλύπτοντας την επιφάνεια του εδάφους. Οι αποδόσεις μπορούν να μειωθούν κατά 20–40%, ανάλογα με την καλλιέργεια. Η γλιστρίδα αναπτύσσεται

καλύτερα σε θερμές συνθήκες, επομένως οι καλλιέργειες σε υποτροπικές περιοχές επηρεάζονται περισσότερο από αυτές στις εύκρατες περιοχές

Ο μεταβολισμός του C<sub>4</sub> επιτρέπει στη γλιστρίδα να βελτιστοποιεί τη φωτοσύνθεση σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και έντονου ηλιακού φωτός, ενώ αντέχει σε περιόδους περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού (Koch & Kennedy, 1982). Οι Lara et al. (2003) πρότειναν ότι υπάρχει επαγωγή ενός μεταβολισμού που μοιάζει με CAM μετά από 21–23 ημέρες στρες ξηρασίας στο *P. oleracea*.

### 1.2.5 Οικονομική σημασία – χρήσεις – θρεπτική αξία

Η ακατέργαστη γλιστρίδα αποτελείται από 93% νερό, 3% υδατάνθρακες, 2% πρωτεΐνη και περιέχει αμελητέα λιπαρά. Σε ποσότητα αναφοράς 100 γραμμαρίων, η γλιστρίδα παρέχει 20 θερμίδες και πλούσιες ποσότητες (20% ή περισσότερες της Συνιστώμενης Ημερήσιας Ποσότητας, ΣΗΠ), βιταμίνης Α (44% ΣΗΠ), βιταμίνης Ε (81% ΣΗΠ) και βιταμίνης C (35% ΣΗΠ), σιδήρου (25% ΣΗΠ) με μέτρια περιεκτικότητα (11–19% ΣΗΠ) πολλών διαιτητικών μετάλλων. Η γλιστρίδα είναι μια πλούσια πηγή του απαραίτητου για τον ανθρώπινο οργανισμό άλφα-λινολενικού οξέος, ενός Ωμέγα -3 λιπαρού οξέος (Simopoulos et al., 1992).

Όλα τα μέρη της γλιστρίδας είναι βρώσιμα ωμά ή μαγειρεμένα. Οι σπόροι μπορούν να καταναλωθούν ωμοί ή να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή αλευριού. Έχει ελαφρώς ξινή και αλμυρή γεύση και τρώγεται σε μεγάλο μέρος της Ευρώπης, της Βόρειας Αφρικής, της Μέσης Ανατολής, της Ασίας και του Μεξικού. Οι μίσχοι, τα φύλλα και τα μπουμπούκια των ανθέων είναι όλα βρώσιμα ωμά ή μαγειρεμένα (Nyerges, 2017). Η γλιστρίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί φρέσκια ως σαλάτα, τηγανητή ή μαγειρεμένη όπως είναι το σπανάκι και λόγω της βλεννώδους ποιότητάς της είναι επίσης κατάλληλη για σούπες και μαγειρευτά. Η ξινή γεύση οφείλεται στο οξαλικό και μηλικό οξύ, το τελευταίο από τα οποία παράγεται μέσω της οδού του μεταβολισμού CAM που εμφανίζεται σε πολλά ξηρόφυτα (φυτά που ζουν σε ξηρές συνθήκες) και είναι στο υψηλότερο σημείο κατά τη συγκομιδή του φυτού.

Ακόμη, θεωρείται, ως βότανο, κατάλληλο καθαρτικό του αίματος, καθώς επίσης και διουρητικό. Πολλές φορές αντιμετωπίζεται ως ζιζάνιο σε καλλιέργειες και λαχανόκηπους, λόγω της κυριαρχίας του. Η εκρίζωση των φυτών γλιστρίδας θα πρέπει

να γίνει πριν εισέλθουν τα φυτά στην περίοδο της άνθησης, πριν δηλαδή "σποριάσει" καθώς παράγει άφθονους μικροσκοπικούς σπόρους. Ένα είδος γλιστρίδας καλλιεργείται ιδιαίτερα ως καλλωπιστικό φυτό λόγω των ανθών που παράγει καθ' όλη την διάρκεια του καλοκαιριού. Στην Ινδία ένα είδος γλιστρίδας χρησιμοποιείται για επούλωση επίπονων πληγών. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καταπραϋντικό, αντιφλεγμονώδες και αντιβιοτικό (Cowper, 1996)

Η γλιστρίδα φαίνεται να είναι εξαιρετική σε συστήματα επαναχρησιμοποίησης αλατούχου νερού (Grieve & Suarez, 1997). Είναι ιδιαίτερα ανεκτική και στα επίπεδα αλατότητας που κυριαρχούν τόσο σε χλωριούχα όσο και σε θειικά εδάφη. Είναι επίσης ένας μέτριος συσσωρευτής σεληνίου και μια πολύτιμη καλλιέργεια λαχανικών για ανθρώπινη κατανάλωση (Bianco et al., 1998) και για ζωοτροφές. Είναι επίσης μια πηγή κόμμεος με ιδιότητες γαλακτωματοποίησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία τροφίμων (Garti et al., 1999).

### 1.3 Βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.)

#### 1.3.1 Ιστορική αναδρομή – Καταγωγή & Εξάπλωση

Η *Valerianella locusta* (L.) Laterr. είναι ένα μικρό, ποώδες, ετήσιο ανθοφόρο φυτό της οικογένειας *Carpifoliaceae*. Η βαλεριανέλλα, ή αλλιώς γνωστή και ως λυκοτρίβολο, είναι ιθαγενής στην Ευρώπη, τη δυτική Ασία και τη βόρεια Αφρική όπου καταναλώνεται ως φυλλώδες λαχανικό (USDA, 2017). Έχει εισαχθεί στην Κίνα, την Κορέα, τις ΗΠΑ, τη Νότια Αμερική (νότια της Βολιβίας). Στην Ευρώπη και την Ασία είναι κοινό ζιζάνιο σε καλλιεργούμενες εκτάσεις και σε υποβαθμισμένα εδάφη. Στη Βόρεια Αμερική έχει ξεφύγει από την καλλιέργεια και έχει εξαπλωθεί τόσο στις ανατολικές όσο και στις δυτικές ακτές. Ως καλλιεργούμενη καλλιέργεια, το 75% της παγκόσμιας παραγωγής σήμερα φιλοξενείται στη Γαλλία, με το 90% της να συγκεντρώνεται στην περιοχή της Νάντης, έχοντας σχετικά σημαντική οικονομική θέση σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες. Άλλες ονομασίες περιλαμβάνουν «corn salad», «lamb's lettuce», «field salad», «nut salad», «mâché». Η κοινή ονομασία «σαλάτα καλαμποκιού» προέρχεται από το γεγονός ότι εμφανίζεται συχνά ως ζιζάνιο στα χωράφια με σιτάρι (το καλαμπόκι χρησιμοποιείται με την σημασία του «δημητριακού», όχι με την σημασία του καλαμποκιού στις ΗΠΑ). Το όνομα mâche πιθανότατα προέρχεται από το γαλλικό «mâcher», που σημαίνει μάσημα.

Η βαλεριανέλλα καλλιεργήθηκε αρχικά από Ευρωπαίους αγρότες. Ο Jean-Baptiste de La Quintinie, βασιλικός κηπουρός του βασιλιά Λουδοβίκου XIV, το εισήγαγε στην κουζίνα. Τρώγεται στη Βρετανία εδώ και αιώνες και εμφανίζεται στο Herbal του John Gerard του 1597. Καλλιεργήθηκε εμπορικά στο Λονδίνο από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> με αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα και εμφανίστηκε στις αγορές ως χειμωνιάτικο λαχανικό, αλλά έγινε διαθέσιμο μόνο στα σύγχρονα σούπερ μάρκετ εκεί τη δεκαετία του 1980.



### 1.3.2 Βοτανική ταξινόμηση

Η βαλεριανέλλα ταξινομείται σύμφωνα με την συστηματική βοτανική ως εξής:

Βασίλειο: Plantae

Φύλο: Spermatophyta

Υπόφυλο: Angiospermae

Τάξη: Dipsacales

Οικογένεια: Caprifoliaceae

Γένος: *Valerianella*

Είδος: *Valerianella locusta* (L.) Laterr

### 1.3.3 Βοτανική περιγραφή

Η βαλεριανέλλα είναι ετήσιο, δικοτυλήδονο φυτό με ροζέτες, που φθάνει σε ύψος από 15 έως 30 cm. Τα φύλλα, μήκους έως 15,2 cm, έχουν σκούρο πράσινο χρώμα με απαλή υφή και είναι πλατιά σε σχήμα κουταλιού (σπατουλωτά) και ελαφρώς σαρκώδη. Υπό θερμές συνθήκες τείνει να παράγει σπόρους και σχηματίζει διακλαδισμένους βλαστούς με τα μικρότερα φύλλα να βρίσκονται στο πάνω μέρος. Η γεύση τους είναι ιδιαιτέρως γλυκιά και θυμίζουν γεύση καρυδιού. Φύλλα καλύτερης ποιότητας παράγονται Μάιο με Νοέμβριο, καθώς κατά την διάρκεια κρύων και σκληρών χειμώνων, τα φύλλα σκληραίνουν και η γεύση γίνεται πιο πικρή. Το ριζικό σύστημα είναι πυκνό και χαρακτηρίζεται από την έντονη οσμή του μετά την αποξήρανση. Τα άνθη σχηματίζονται τον Απρίλιο και είναι ερμαφρόδιτα, χρώματος μπλε με βιολετί με πέντε άσπρα πέταλα στρογγυλού σχήματος, μήκους και πλάτους 1,5–2 mm και 3 στήμονες. Στην βάση της στεφάνης υπάρχουν βράκτια. Τα γονιμοποιημένα άνθη παράγουν αχαίνια με 2 στείρους θαλάμους και έναν γόνιμο. Ο καρπός είναι αχαίνιο κίτρινου χρώματος, στρογγυλός και ελαφρώς πεπλατυσμένος μήκους 1,5–2,5 mm. Οι σπόροι έχουν μικρό μέγεθος (περίπου 1600 σπόροι ζυγίζουν 1 g).

### 1.3.4 Οικολογικές απαιτήσεις

Η βαλεριανέλλα έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα και μπορεί να καλλιεργηθεί σε εύκρατα αλλά και ηπειρωτικά κλίματα. Οι συνηθέστερες θερμοκρασίες που επικρατούν σε καλλιέργεια βαλεριανέλλας είναι 0–32°C. Η επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας των φύλλων καθώς αποκτούν μια δυσάρεστη γεύση και παράλληλα μπορεί να οδηγήσουν σε ανάπτυξη ανθικού στελέχους. Η βαλεριανέλλα είναι ανεκτική στο κρύο καθώς μπορεί να αντέξει τον παγετό. Σε θερμοκρασία 25°C οι σπόροι βλαστάνουν εντός 24 ωρών. Η βαλεριανέλλα έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στην ξηρασία καθώς και στην αυξημένη υγρασία.

Αναπτύσσεται καλά σε όλα τα εδάφη και δεν έχει ιδιαίτερες προτιμήσεις ως προς το είδος του εδάφους και το pH. Ωστόσο, αναπτύσσεται καλύτερα σε γόνιμα και υγρά εδάφη, ελαφρά ως μέτριας μηχανικής σύστασης ώστε να ευνοείται η συγκομιδή των ριζών. Είναι σημαντικό να αναπτύσσεται στο φως, καθώς ο μειωμένος φωτισμός οδηγεί στο σχηματισμό λεπτών φύλλων, ανοιχτού χρώματος, αυξημένης συγκέντρωσης νιτρικών και μειωμένη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής.

### 1.3.5 Καλλιεργητική τεχνική

Κατά την προετοιμασία του εδάφους, στα μέσης σύστασης και αργιλώδη εδάφη γίνεται όργωμα σε βάθος 30–35 cm, ενώ σε αμμώδη εδάφη πραγματοποιείται κατεργασία με φρέζα σε βάθος 25–30 cm. Η κατεργασία εδάφους πραγματοποιείται μετά την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. Ακολουθεί ισοπέδωση του εδάφους για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφο βάθος για την σπορά. Η σπορά γίνεται με απευθείας σπορά στο έδαφος (στα πεταχτά), ή σε γραμμές σε βάθος 0,6 cm ή ακόμα και με μεταφύτευση. Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών είναι 7 cm επί της γραμμής και 15 cm μεταξύ των γραμμών. Η σπορά γίνεται από τον Αύγουστο μέχρι το φθινόπωρο και πάλι νωρίς την άνοιξη. Η βαλεριανέλλα αναπτύσσεται εύκολα από σπόρο λόγω της σκληρής φύσης της. Αν εφαρμοσθεί μεταφύτευση οι σπόροι αρχικά σπέρνονται σε δίσκους σποράς σε εμπλουτισμένη ή σκέτη τύρφη ή σε συνδυασμό με περλίτη. Για καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή συνίσταται αμειψισπορά.

Αν και η βαλεριανέλλα προσαρμόζεται σε άνυδρα περιβάλλοντα, για βελτίωση ποιότητας παραγωγής είναι απαραίτητη η άρδευση της καλλιέργειας. Τα συνηθέστερα συστήματα άρδευσης είναι ο καταιονισμός και η στάγδην άρδευση, με τον καταιονισμό να είναι πιο διαδεδομένος. Μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό έχει μετά την πλήρη έκπτυξη των φυταρίων.

Η συγκομιδή των φύλλων ξεκινάει 20–60 ημέρες μετά την εμφάνιση των πρώτων πραγματικών φύλλων ή την μεταφύτευση. Η συγκομιδή πραγματοποιείται με το χέρι με την βοήθεια ενός μαχαιριού ή δρεπανιού στο οποίο είναι προσαρτημένο δίσκος συγκέντρωσης των φύλλων για διευκόλυνση της διαδικασίας. Χρησιμοποιούνται επίσης και μηχανικά ψαλίδια – κοπτήρες, στην περίπτωση αυτή όμως τίθεται σε κίνδυνο η ποιότητα και η διάρκεια του προϊόντος καθώς ο ιστός του φύλλου υπόκειται σε μια ελαφριά σύνθλιψη. Μεταξύ της πρώτης και της επόμενης συγκομιδής συνίσταται υδρολίπανση.

### **1.3.6 Οικονομική σημασία – Χρήσεις – Θρεπτική αξία**

Η βαλεριανέλλα είναι ένα δημοφιλές συστατικό σαλάτας. Τρώγεται και βραστή ως ζεστό λαχανικό αντικαθιστώντας άλλα φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι και το σπανάκι. Η βαλεριανέλλα προσδίδει 14 φορές περισσότερη προβιταμίνη Α, 3 φορές περισσότερη βιταμίνη C, παρέχοντας στον οργανισμό αντιοξειδωτική δράση και τόνωση του ανοσοποιητικού σε σχέση με το μαρούλι. Είναι πλούσια σε β-καροτίνη, κάλιο, βιταμίνες του συμπλέγματος Β κυρίως Β6, βιταμίνη C ευνοώντας το δέρμα, τον μεταβολισμό, την γνωστική ανάπτυξη και την ανοσοποιητική λειτουργία (Bender & David, 2005). Είναι τόσο πλούσια σε σίδηρο (προσφέρει 30% περισσότερο σίδηρο στον οργανισμό σε σχέση με το σπανάκι) που συνιστάται σε άτομα με σιδηροπενική αναιμία. Η πλούσια χημική σύσταση και η υψηλή θρεπτική αξία βοηθάει στη μείωση των τριγλυκεριδίων, στην φλεγμονή, στις καρδιακές και πεπτικές παθήσεις και στον καρκίνο. Βοηθάει επίσης στην καταπολέμηση του στρες, της κατάθλιψης και της κούρασης. Επίσης είναι ιδιαίτερα περιεκτική σε ασβέστιο, φώσφορο, νάτριο, μαγνήσιο και περιέχει μεγάλο ποσοστό αμινοξέων ενώ η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι μηδαμινή.

## 1.4 Τα συστήματα καλλιέργειας

### 1.4.1 Γενικά για την υδροπονία

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε πορώδη στερεά υλικά τα οποία καλούνται υποστρώματα και διαβρέχονται τακτικά με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα είτε απευθείας στο υδατικό διάλυμα ανόργανων αλάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από τα φυτά ως θρεπτικά στοιχεία (θρεπτικό διάλυμα). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Το θρεπτικό διάλυμα είναι ένα αραιό θρεπτικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων, είτε ως ευδιάλυτες οργανικές ή ανόργανες χημικές ενώσεις.

Τα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών συνήθως είναι πορώδη υλικά τα οποία είτε είναι φυσικά είτε προέρχονται από βιομηχανική επεξεργασία και λόγω της πορώδους φύσης τους, έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε αναλογίες κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών. Συνεπώς, όταν το θρεπτικό διάλυμα που τροφοδοτείται στα φυτά περιλαμβάνει τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξή τους, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας, στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας, συμπεριφέρονται χημικά ως αδρανή υλικά, καθώς πρακτικά δεν αποδίδουν νέα θρεπτικά ιόντα στο θρεπτικό διάλυμα ούτε δεσμεύουν τα ήδη υπάρχοντα.

## **1.4.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών**

Ανά διαστήματα, έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί διάφορα συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους, πολλά από τα οποία διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι και κριτήρια ταξινόμησης των καλλιεργειών εκτός εδάφους σε κατηγορίες. Ένα πρώτο κριτήριο κατάταξης των υδροπονικών συστημάτων είναι ο τρόπος διαχείρισης των απορροών, ο οποίος καθορίζει αν το σύστημα είναι ανοιχτό ή κλειστό. Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας βασίζεται στο μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών, καθώς και στα χαρακτηριστικά κατασκευής του συστήματος. Το μέσο ανάπτυξης του ριζικού θεωρείται δευτερεύον κριτήριο κατηγοριοποίησης και χρησιμοποιείται για περαιτέρω ταξινόμηση σε υποκατηγορίες κάθε κατηγορίας καλλιεργειών εκτός εδάφους.

### **1.4.2.1 Ταξινόμηση με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών**

#### **1.4.2.1.1 Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους**

Στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας, η ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά είναι περισσότερη από την ποσότητα που απορροφούν τα φυτά, ώστε αφενός να δημιουργείται απορροή για να ξεπλένονται τα άλατα και αφετέρου να διασφαλίζεται επαρκής παροχή διαλύματος και στα φυτά των οποίων οι σταλάκτες έχουν μικρότερη παροχή από την κανονική. Η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά πρέπει να ξεπερνά τουλάχιστον κατά 20% τις ανάγκες των καλλιεργούμενων φυτών, ώστε να καλύπτονται ακόμα και οι ανάγκες των φυτών που τροφοδοτούνται μέσω των σταλακτών με την πιο χαμηλή παροχή (Sonneveld, 1989). Το επιπλέον θρεπτικό διάλυμα που δεν συγκρατείται από το υπόστρωμα απορρέει και απομακρύνεται από την περιοχή των ριζών λόγω της επίδρασης της βαρύτητας. Δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει και απομακρύνεται από τον χώρο των ριζών καθώς δεν συλλέγεται και δεν επιστρέφει πίσω στην κεφαλή υδρολίπανσης, συνεπώς δεν ανακυκλώνεται, το σύστημα καλλιέργειας θεωρείται ανοικτό.

Ο λόγος του όγκου θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από μια καλλιέργεια και του συνολικού όγκου που της χορηγείται καλείται κλάσμα απορροής. Το ύψος του

κλάσματος απορροής που απαιτείται για να υπάρχει ικανοποιητική έκπλυση των αλάτων από το ριζόστρωμα των φυτών εξαρτάται από την περιεκτικότητα του θρεπτικού διαλύματος σε θρεπτικά μακροστοιχεία και σε άλατα. Όσο περισσότερο άλατα και θρεπτικά ιόντα περιέχει το θρεπτικό διάλυμα, τόσο υψηλότερο πρέπει να είναι το κλάσμα απορροής (Lieth & Oki, 2008). Ένα κλάσμα απορροής της τάξεως του 0,25–0,35 είναι αρκετό για να θεωρηθεί η παροχή θρεπτικού διαλύματος ως επαρκή για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των φυτών (Schroder & Lieth, 2002).

Η απόρριψη της περίσσειας του θρεπτικού διαλύματος στο περιβάλλον αποτελεί το βασικότερο μειονέκτημα των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας. Η σπατάλη νερού και λιπασμάτων αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα των ανοιχτών συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους, ιδιαίτερα λόγω της ανεπάρκειας νερού άρδευσης καλής ποιότητας που επικρατεί διεθνώς ιδιαίτερα σε περιοχές με ημίξηρο κλίμα, όπως είναι στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης (Pardossi et al., 2006). Η απόρριψη των λιπασμάτων στο περιβάλλον επιφέρει αρνητικές οικολογικές συνέπειες μέσω της αύξησης των νιτρικών και φωσφορικών ιόντων στον υδροφόρο ορίζοντα. Πέρα όμως από την περιβαλλοντική διάσταση, η απόρριψη του κλάσματος απορροής έχει και οικονομική επίπτωση καθώς ο παραγωγός αναγκάζεται να αγοράζει συνεχώς νέα λιπάσματα με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος της καλλιέργειας (Savvas, 2002b).

Το κυριότερο πλεονέκτημα των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων είναι η εξασφάλιση σταθερών συνθηκών θρέψης, καθώς το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά με γνωστή και σταθερή σύνθεση που μεταβάλλεται μόνον όταν το επιθυμεί ο καλλιεργητής. Αυτός είναι ο βασικός λόγος προτίμησης των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων από τους περισσότερους παραγωγούς, παρά την σπατάλη λιπασμάτων και νερού που προκαλεί. Ένα άλλο πλεονέκτημα των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων είναι η ευκολία εφαρμογής τους και η απλότητα που τα χαρακτηρίζει, καθώς η διαχείριση των απορροών είναι απλή και περιορίζεται στη διοχέτευσή τους εκτός του θερμοκηπίου χωρίς να επηρεάζει τη θρέψη και την ανάπτυξη των φυτών.

#### 1.4.2.1.2 Κλειστά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας

Για την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών, απαιτείται τοποθέτηση ενός κατάλληλου δικτύου συλλογής, το οποίο αποτελείται από ανοιχτούς και κλειστούς αγωγούς. Μέσω αυτού του δικτύου, το συλλεγόμενο διάλυμα επιστρέφει πίσω στην κεφαλή του συστήματος παροχής θρεπτικού διαλύματος, έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί. Καθώς η διαδικασία ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος απαιτεί την παρουσία ενός δικτύου αγωγών που κλείνουν σε έναν κύκλο, τα υδροπονικά συστήματα στα οποία αυτή εφαρμόζεται συχνά αποκαλούνται κλειστά υδροπονικά συστήματα. Όταν το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται, δεν διαφεύγουν υπολείμματα λιπασμάτων στο περιβάλλον, συνεπώς δεν ρυπαίνονται οι υδάτινοι πόροι με φωσφορικά και νιτρικά ιόντα. Επιπλέον, το κόστος των λιπασμάτων που απαιτούνται για την καλλιέργεια μειώνεται σε σημαντικό βαθμό, χωρίς παράλληλη μείωση των αποδόσεων καθώς το θρεπτικό διάλυμα, πριν ξαναχρησιμοποιηθεί, συμπληρώνεται με τις κατάλληλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Ravin et al., 1998; Savvas & Gizas, 2002). Για τους παραπάνω λόγους, τα τελευταία χρόνια, τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στηρίζονται μέσω διαφόρων κινήτρων σε όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως η Ολλανδία, η εφαρμογή τους καθίσταται υποχρεωτική από τον νόμο (Van Os et al., 2002; Pardossi et al., 2006).

Παρ' όλα τα σημαντικά πλεονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών καλλιεργειών που παρουσιάστηκαν παραπάνω, η διάδοσή τους σε πολλές χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, καθώς η λειτουργία τους στην πράξη, συνδέεται με την ύπαρξη προκλήσεων και δυσκολιών. Ένα βασικό μειονέκτημα των συγκεκριμένων συστημάτων καλλιέργειας είναι η ανάγκη απολύμανσης του διαλύματος απορροής πριν αυτό χρησιμοποιηθεί ξανά. Η απολύμανση του διαλύματος απορροής είναι απαραίτητη ώστε να αντιμετωπισθεί ο κίνδυνος διάδοσης ασθενειών σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλωμένου διαλύματος. Επιπλέον, η σύνθεση του διαλύματος απορροής με τις κατάλληλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, ώστε να καλύπτει ικανοποιητικά τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών, παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες.

Ο πλέον απλός τρόπος επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος που πλεονάζει και απορρέει από το ριζόστρωμα των φυτών σε μια υδροπονική καλλιέργεια συνίσταται στη συλλογή του και στη χορήγησή του σε άλλες παρακείμενες καλλιέργειες που

αναπτύσσονται στο έδαφος. Η μέθοδος αυτή, η οποία δεν μπορεί να θεωρηθεί πραγματική ανακύκλωση, είναι απλή, δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και μπορεί να εφαρμοστεί από οποιονδήποτε παραγωγό, εφόσον όμως διαθέτει επαρκείς εκτάσεις με καλλιέργειες στο έδαφος σε περιοχή κοντινή με το υδροπονικό θερμοκήπιο.

Επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος απορροής στην ίδια υδροπονική καλλιέργεια από την οποία προέρχεται είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με δυο διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος συνίσταται στη συνεχή τροφοδοσία και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, όπως στο σύστημα NFT (Cooper, 1979; Graves, 1983). Η δεύτερη μέθοδος επαναχρησιμοποίησης του θρεπτικού διαλύματος αφορά καλλιέργειες σε υποστρώματα οι οποίες ποτίζονται συχνά αλλά για μικρό χρόνο. Σε αυτού του τύπου τα υδροπονικά συστήματα, τα οποία είναι και τα πλέον συνηθισμένα στην πράξη, το διάλυμα απορροής που συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα συμπληρώνεται με νερό και τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και επαναχρησιμοποιείται ως θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας των φυτών (Pardossi et al., 2006; Σάββας, 2012). Στις καλλιέργειες σε υποστρώματα η συλλογή του διαλύματος απορροής επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των υποστρωμάτων μέσα σε ειδικούς ανοιχτούς αγωγούς, οι οποίοι είναι γνωστοί ως υδρορροές ή κανάλια υδροπονίας. Στο τέλος κάθε καναλιού υπάρχει ένας συλλέκτης του διαλύματος απορροής. Οι συλλέκτες από όλα τα κανάλια είναι συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο σωληνώσεων το οποίο καταλήγει σε μια κεντρική δεξαμενή συλλογής του διαλύματος απορροής.

Οι δυο προαναφερόμενες τεχνικές διαφέρουν σημαντικά στον τρόπο συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής με θρεπτικά στοιχεία και νερό. Επομένως, ο εξοπλισμός που απαιτείται σε καθεμία από αυτές είναι διαφορετικός.



## 1.4.2.2 Ταξινόμηση με βάση το μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος

### 1.4.2.2.1 Συστήματα υδροκαλλιέργειας

Κοινό χαρακτηριστικό των συστημάτων υδροκαλλιέργειας είναι η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος μέσα σε θρεπτικό διάλυμα, χωρίς την παρουσία κάποιου πορώδους μέσου. Το θρεπτικό διάλυμα ρέει, παραμένει στάσιμο, ή ψεκάζεται πάνω στη ρίζα. Όμως η καλλιέργεια σε στάσιμο θρεπτικό διάλυμα δεν βρίσκει εφαρμογή στη γεωργική πράξη, γιατί παρουσιάζει αρκετά προβλήματα με τον αερισμό και την οξυγόνωση των ριζών.

#### 1.4.2.2.1.1 Σύστημα επίπλευσης (floating system)

Στις καλλιέργειες σε συστήματα επίπλευσης, τα φυτά τοποθετούνται πάνω σε πλάκες από πολύ ελαφρύ υλικό, συνήθως πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης. Αυτές οι πλάκες έχουν οπές κατάλληλου μεγέθους σε προκαθορισμένες αποστάσεις, μέσα από τις οποίες διέρχονται και αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών. Το υπέργειο μέρος των φυτών αναπτύσσεται πάνω από τις πλάκες. Στο σύστημα επίπλευσης η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιείται μέσα σε μεγάλες ειδικές λεκάνες, μήκους και πλάτους ανάλογων των διαστάσεων του θερμοκηπίου, στις οποίες περιέχεται το θρεπτικό διάλυμα, πάνω στο οποίο τοποθετούνται οι πλάκες και στην συνέχεια επιπλέουν πάνω σε αυτό εξαιτίας του πολύ μικρού ειδικού βάρους τους. Το εσωτερικό των λεκανών καλλιέργειας που έρχεται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα πρέπει να είναι υπενδεδυμένο με κάποιο αδιάβροχο και μη τοξικό για τα φυτά υλικό (συνήθως πλαστικό). Το ύψος του θρεπτικού διαλύματος μέσα στη λεκάνη καλλιέργειας ανέρχεται σε 15–20 cm τουλάχιστον (Resh, 1997), ενώ μπορεί να φτάνει και τα 80–100 cm ώστε να ελαχιστοποιείται ο ρυθμός μεταβολής της χημικής σύνθεσης του διαλύματος. Η ρυθμιστική ικανότητα του συστήματος να διατηρεί την θερμοκρασία σε σχετικά σταθερά επίπεδα αυξάνεται μέσω της διατήρησης του θρεπτικού διαλύματος σε μεγάλο ύψος, ικανότητα σημαντική σε εποχές και περιοχές όπου έχουμε επικράτηση υψηλών εξωτερικών θερμοκρασιών.

Υπάρχουν αρκετές ειδικές τεχνικές τροφοδότησης των λεκανών καλλιέργειας με καινούριο θρεπτικό διάλυμα, αντικαθιστώντας το διάλυμα που απορροφάται από την

καλλιέργεια σε ένα σύστημα επίπλευσης. Μια από αυτές τις τεχνικές περιλαμβάνει διάτρητους σωλήνες στον πυθμένα των λεκανών καλλιέργειας, μέσω των οποίων αναρροφάται θρεπτικό διάλυμα με την βοήθεια μιας εξωτερικής αντλίας. Μέσω της αντλίας, το αναρροφώμενο θρεπτικό διάλυμα μετακινείται στην κεντρική κεφαλή υδρολίπανσης και αυτόματα διορθώνεται το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με την έγχυση οξέος και πυκνών διαλυμάτων. Στη συνέχεια, το διορθωμένο διάλυμα μεταφέρεται και εγχέεται ξανά στη λεκάνη καλλιέργειας με πρόσπτωση από κάποιο ύψος, ώστε να δημιουργείται παφλασμός, ο οποίος αποσκοπεί στην καλή οξυγόνωση του διαλύματος τροφοδοσίας. Το θρεπτικό διάλυμα που ανακυκλώνεται μέσω της αντλίας μπορεί να οξυγονώνεται επιπλέον και ενεργά, μέσω έγχυσης φυσαλίδων αέρα ή καθαρού οξυγόνου, με στόχο την διατήρηση της συγκέντρωσης  $O_2$  σε επίπεδα πάνω από  $4 \text{ mg L}^{-1}$  (Σάββας, 2012). Όλες οι λεκάνες καλλιέργειας είναι εφοδιασμένες με κατάλληλο σύστημα όπου διατηρεί την στάθμη σε ένα σταθερό επίπεδο. Το σύστημα ελέγχου της στάθμης βασίζεται στην ελεγχόμενη είσοδο νερού ή θρεπτικού διαλύματος μέσω ενός μηχανικού πλωτήρα ή άλλου μηχανισμού με αντίστοιχη ικανότητα.

#### 1.4.2.2.1.2 Καλλιέργεια σε ρηχό ρεύμα θρεπτικού διαλύματος (NFT)

Μια υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας, όπου απουσιάζει πλήρως το στερεό υπόστρωμα είναι η καλλιέργεια σε ρηχό ρεύμα θρεπτικού διαλύματος (NFT). Στο συγκεκριμένο σύστημα καλλιέργειας, τα φυτά αναπτύσσουν τις ρίζες τους απευθείας μέσα σε ένα ρεύμα θρεπτικού διαλύματος, το οποίο σε αντίθεση με το σύστημα επίπλευσης, ρέει στα κανάλια διαρκώς, με το βάθος του διαλύματος στα κανάλια να μην υπερβαίνει τα 2–4 χιλιοστά για βέλτιστη οξυγόνωση των ριζών. Τα κανάλια δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 20 μέτρα σε μήκος για να αποφευχθούν προβλήματα με την οξυγόνωση των ριζών, ενώ έχουν κλίση 1–2% για να διευκολύνεται η ροή του θρεπτικού διαλύματος. Το NFT παρέχει ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών, διασφαλίζοντας την κατάλληλη παροχή θρεπτικού διαλύματος και οξυγόνου (Σάββας, 2012).

#### 1.4.2.2.1.3 Αεροπονία

Η αεροπονία είναι μια υδροπονική τεχνική καλλιέργειας που διαφοροποιείται από άλλες μεθόδους υδροπονίας καθώς δεν απαιτεί τη χρήση στερεού υποστρώματος, όπως αντίστοιχα και στο σύστημα NFT. Στην αεροπονία, το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται στα φυτά μέσω ψεκασμού του ριζικού συστήματος των φυτών μέσω ακροφυσίων. Οι ρίζες των φυτών παραμένουν υγρές και απορροφούν τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, καθώς βρίσκονται μέσα σε κλειστά φυτοδοχεία ή κενά κιβώτια, τα οποία είναι διαρκώς κορεσμένα σε υγρασία. Το ανώτερο τμήμα των φυτοδοχείων αποτελείται από οπές ώστε οι ρίζες να διέρχονται μέσα από τις οπές και να αιωρούνται στο εσωτερικό τους. Η σταγόνα ψεκασμού αποτελεί σημαντική παράμετρο για την εξασφάλιση ενός επιτυχημένου ψεκασμού και δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40–50  $\mu\text{m}$ , χρησιμοποιώντας κατάλληλα ακροφύσια. Ο ψεκασμός διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα και επαναλαμβάνεται κάθε 2–3. Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου συστήματος υδροπονικής καλλιέργειας περιλαμβάνουν τον αποτελεσματικό αερισμό των ριζών, την μείωση του κόστους καλλιέργειας καθώς δεν απαιτείται η αγορά υποστρώματος, την απομόνωση του ριζικού συστήματος από εξωτερικά παθογόνα και την ευκολία στον έλεγχο της θερμοκρασίας της ριζόσφαιρας μέσω της ρύθμισης της θερμοκρασίας του χορηγούμενου διαλύματος (Σάββας, 2012).

#### 1.4.2.2.2 Σύστημα καλλιέργειας σε υποστρώματα

##### 1.4.2.2.2.1 Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε σάκους

Στην καλλιέργεια σε σάκους, το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται σε υπόστρωμα που τοποθετείται μέσα σε σάκους. Οι σάκοι είναι παρασκευασμένοι από μαλακό πολυαιθυλένιο λευκού χρώματος και μαύρης εσωτερικής επιφάνειας για να αποτρέπεται η διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό τους. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για το γέμισμα των σάκων μπορεί να αποτελείται είτε από ασύνδετους κόκκους (άμμος, περλίτης, τύρφη, κόκκος, ελαφρόπετρα) είτε από μια πλέξη ινωδών επιμηκών τεμαχιδίων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μια σταθερού σχήματος πορώδη πλάκα (πετροβάμβακας, πολυουρεθάνη). Το μήκος τους είναι συνήθως 1 m, ενώ το πλάτος τους κυμαίνεται μεταξύ 15–20 cm για μονή σειρά

φύτευσης ή μεγαλύτερο όταν γίνεται φύτευση σε διπλή σειρά. Το ύψος των σακών εξαρτάται από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος που περιέχουν και κυμαίνεται από 5 cm μέχρι 20–25 cm (Σάββας, 2012). Τα σπορόφυτα που πρόκειται να φυτευτούν στους σάκους συνήθως αναπτύσσονται σε κύβους πετροβάμβακα, τύρφης ή μείγματος υποστρωμάτων. Για την εγκατάσταση καλλιέργειας σε σάκους το θερμοκήπιο ισοπεδώνεται πλήρως και καλύπτεται με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Πάνω στο δάπεδο του θερμοκηπίου απλώνονται πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης ή κανάλια συλλογής της απορροής αν πρόκειται η εγκατάσταση να λειτουργήσει ως κλειστό υδροπονικό σύστημα. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι σάκοι και γίνονται ανοίγματα με ειδικά εργαλεία ώστε να τοποθετηθούν οι κύβοι με τα σπορόφυτα. Σε κάθε σάκο γίνονται ανοίγματα φύτευσης τόσα όσα ο αριθμός των φυτών που πρόκειται να φυτευτούν στο σάκο, η έκταση τους είναι περίπου ίση με την επιφάνεια της βάσης του κύβου. Οι σταλάκτες που διανέμουν το θρεπτικό διάλυμα στερεώνονται μέσω ειδικών πλαστικών λογχών που τοποθετούνται πάνω στο υπόστρωμα. Έπειτα, η κεφαλή υδρολίπανσης τίθεται σε λειτουργία, και το υπόστρωμα διαβρέχεται με θρεπτικό διάλυμα έως πλήρους κορεσμού. Η καλλιέργεια σε σάκους αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους παραγωγής κηπευτικών σε υπόστρωμα διεθνώς, λόγω του χαμηλού κόστους και της διευκόλυνσης της παραγωγής (Σάββας, 2011).

#### 1.4.2.2.1.1 Καλλιέργεια σε υπόστρωμα περλίτη

Ο περλίτης είναι ένα λευκό, αργιλοπυριτικό, υαλώδες, ηφαιστειακό πέτρωμα που περιέχει 2–6% κρυσταλλικό νερό. Έχει ουδέτερο pH και είναι χημικά αδρανής. Ο περλίτης, όταν θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες (περίπου 1200–1300°C) για μικρό χρονικό διάστημα, διογκώνεται και δημιουργεί μια αφρώδη μάζα που είναι περίπου δέκα φορές μεγαλύτερη από τον αρχικό όγκο. Η βιομηχανία χρησιμοποιεί αυτήν την ιδιότητα για να δημιουργήσει κοκκώδες υλικό με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται στους μικρούς πόρους κυρίως, ενώ οι μεγαλύτεροι πόροι που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του περλίτη περιέχουν αέρα ακόμα και μετά την διαβροχή του υλικού. Η Μήλος αποτελεί την κύρια περιοχή για την παραγωγή του ελληνικού περλίτη. Ο κατάλληλος περλίτης για υδροπονία έχει κόκκους διαμέτρου 4–6 χιλιοστών. Το ολικό πορώδες του περλίτη

ανέρχεται στο 95%, και μπορεί να συγκρατήσει νερό σε ποσοστό 200–450% του βάρους του, ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων, ενώ το ειδικό βάρος κυμαίνεται από 40 έως 150 κιλά ανά κυβικό μέτρο.

#### 1.4.2.2.2 Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες ή άλλου είδους φυτοδοχεία

Τα φυτοδοχεία που συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες εκτός εδάφους κατασκευάζονται συνήθως από υλικά όπως πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο ή πολυστερίνη (Van Os et al., 2002). Μπορεί να είναι διαφόρων μεγεθών φυτοδοχεία, όπως πλαστικοί κυλινδρικοί σάκοι ανοιχτοί στο επάνω μέρος, γλάστρες σε σχήμα κόλουρου κώνου, ορθογώνια πλαίσια κ.λπ., με τις γλάστρες διαφόρων διαστάσεων να είναι τα πιο συνηθισμένα. Τα φυτοδοχεία είναι αναγκαίο να διαθέτουν αποστραγγιστικές οπές στο κάτω μέρος τους. Για την καλλιέργεια σε φυτοδοχεία, χρειάζεται να χρησιμοποιούνται υποστρώματα που έχουν κοκκώδη υφή, όπως η ελαφρόπετρα, ο περλίτης, ο κόκκος κ.λπ. Μια εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση των επιμηκών φυτοδοχείων, που χρησιμοποιούνται ως πολλά μικρά κανάλια που τοποθετούνται σε σειρά πάνω σε μια γραμμή φύτευσης. Αν και μπορούν να φιλοξενήσουν υποστρώματα σε μορφή πλακών, σπανίως χρησιμοποιούνται στην πράξη λόγω αυξημένων εργατικών. Τα υποστρώματα κοκκώδης υφής τοποθετούνται εντός των φυτοδοχείων σε ύψος που καθορίζεται από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των πρώτων, καθώς και από τις διαστάσεις των δεύτερων. Συχνά, τα φυτοδοχεία τοποθετούνται εντός υδρορροών, με σκοπό τη συλλογή και την απομάκρυνση του θρεπτικού διαλύματος απορροής, είτε εκτός θερμοκηπίου, είτε πίσω στην κεφαλή του συστήματος υδρολίπανσης για περαιτέρω χρήση (Σάββας, 2012). Σημαντικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος καλλιέργειας είναι τα αυξημένα εργατικά, λόγω ανάγκης γεμίσματος των φυτοδοχείων με υπόστρωμα. Το μειονέκτημα αυτό αντισταθμίζεται μόνο όταν η αγορά του υποστρώματος σε χύδην μορφή είναι σημαντικά οικονομικότερη από την αγορά του σε τυποποιημένη μορφή σε σάκους έτοιμους για φύτευση.

#### 1.4.2.2.3 Καλλιέργεια εκτός εδάφους σε κανάλια γεμισμένα με υπόστρωμα

Σε αυτό το σύστημα, το μήκος των καναλιών δεν υπόκειται σε περιορισμούς, όπως στην περίπτωση του NFT, για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον, η παροχή του θρεπτικού διαλύματος γίνεται μέσω σταλακτών στις θέσεις των φυτών, και δεύτερον, η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος δεν ρέει κατά μήκος των καναλιών, αλλά μέσω οπών στον πυθμένα των καναλιών. Οι υδρορροές τοποθετούνται είτε επάνω στο έδαφος του θερμοκηπίου είτε σε υψωμένες βάσεις και γεμίζονται με υπόστρωμα. Το πλάτος των καναλιών διαφοροποιείται ανάλογα με το αν η φύτευση γίνεται σε μονή ή διπλή σειρά, και κυμαίνεται από 15 έως 40 cm, ενώ το ύψος τους ανάλογα με το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από 10 έως 35 cm (Σάββας, 2012). Πριν τη φύτευση, το κανάλι που περιέχει το υπόστρωμα είναι απαραίτητο να καλύπτεται από ένα φύλλο μαλακού πλαστικού, το οποίο έχει την εξωτερική πλευρά του λευκή για να επιτρέπει τη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο θερμοκήπιο, και την εσωτερική πλευρά του μαύρη, προκειμένου να προστατεύει το υπόστρωμα από το φως. Επιπλέον, η κάλυψη του υποστρώματος είναι κυρίως για τον έλεγχο της εξάτμισης του νερού που περιέχεται στο υπόστρωμα. Αυτό το μέτρο βοηθά στην αποφυγή της διαρροής αλάτων στο περιβάλλον των ριζών, αλλά και για να μην αναπτύσσονται ζιζάνια και άλγη. Η καλλιέργεια σε κανάλια γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα είναι αρκετά συχνή στην Ελλάδα και σε πολλές άλλες μεσογειακές χώρες. Όπως και στις καλλιέργειες σε φυτοδοχεία, η τοποθέτηση του υποστρώματος μέσα στα κανάλια αυξάνει το κόστος της καλλιέργειας. Στην Ελλάδα το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται λόγω χαμηλού κόστους και πολλή καλής καλλιεργητικής συμπεριφοράς είναι η ελαφρόπερα (Οικονομάκης, 1995). Ένα πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί κατά την καλλιέργεια φυτών σε κοκκώδη υποστρώματα που τοποθετούνται χύδην μέσα στα κανάλια είναι η ανομοιόμορφη υγρασία λόγω της κλίσης, κατά μήκος των γραμμών φύτευσης. Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος, είτε χρησιμοποιούνται κανάλια με διπλό πυθμένα, είτε τοποθετείται μία στρώση χονδρόκοκκου υλικού στον πυθμένα των καναλιών για αποστράγγιση (Σάββας, 2012).

## 1.5 Συσσώρευση νιτρικών ιόντων σε φυλλώδη λαχανικά

### 1.5.1 Ο κύκλος του αζώτου

Το άζωτο αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της ατμόσφαιρας, ανέρχεται σε περίπου 78% της συνολικής σύνθεσής της, και είναι ουσιώδες για τη ζωή, καθώς αποτελεί θεμέλιο στοιχείο των δομικών συστατικών (πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα) καθώς και του μορίου της χλωροφύλλης και ορισμένων συνενζύμων. Επομένως, το άζωτο είναι ένα απολύτως αναγκαίο θρεπτικό στοιχείο για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Το άζωτο διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στους φυτικούς οργανισμούς καθώς:

- Συμμετέχει ως δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης
- Είναι ζωτικός παράγοντας για την αξιοποίηση των υδατανθράκων
- Αποτελεί συστατικό των ενζύμων
- Είναι κρίσιμος παράγοντας λειτουργίας και ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών
- Συμβάλει στην πρόσληψη και αξιοποίηση άλλων θρεπτικών στοιχείων.

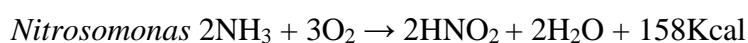
Αν και βρίσκεται πλούσιο στον ατμοσφαιρικό αέρα, τα φυτά δεν μπορούν να το αξιοποιήσουν απευθείας, πέρα από ένα μικρό ποσοστό του, το οποίο δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανικό, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί από τα φυτά. Τα φυτά κατά κανόνα προσλαμβάνουν το άζωτο από το έδαφος σε μορφή νιτρικού ιόντος ( $\text{NO}_3^-$ ). Η πρόσληψη του αζώτου κυρίως πραγματοποιείται από βακτήρια που διαθέτουν το εξειδικευμένο ένζυμο νιτρογενάση και συμβιώνουν με τα ψυχανθή, στις ρίζες των οποίων σχηματίζουν τα φυμάτια (τα βακτήρια αυτά ανήκουν στο είδος *Rhizobium*) είτε διαβιούν ελεύθερα στο έδαφος. Η διαδικασία της μετατροπής του ατμοσφαιρικού αζώτου σε αμμωνιακό άζωτο μέσω της νιτρογενάσης είναι γνωστή ως βιολογική αζωτοδέσμευση.

Φυσικά, το άζωτο δεσμεύεται και από μη συμβιωτικούς οργανισμούς στους οποίους ανήκουν τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και τα κυανοπράσινα φύκια. Επιπλέον, εκτός από τη βιολογική δέσμευση, ένα μέρος του ατμοσφαιρικού αζώτου μπορεί να δεσμευτεί και από ηλεκτρικές εκκενώσεις. Μετά την διαδικασία της βιολογικής αζωτοδέσμευσης, το άζωτο μέσω της διαδικασίας της αμμωνιοποίησης μετατρέπεται σε απλές αμμωνιακές ενώσεις ώστε να μπορεί να αφομοιωθεί από τα φυτά, μέσω κάποιων φυτοχημικών

διεργασιών στις οποίες συμμετέχουν ετερότροφοι μικροοργανισμοί του εδάφους όπως είναι οι μύκητες και τα βακτήρια.

Έπειτα, η αμμωνία οξειδώνεται σε νιτρώδη και στη συνέχεια τα νιτρώδη μετατρέπονται σε νιτρικά μέσω βακτηρίων που ανήκουν στα γένη *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* αντίστοιχα. Συνεπώς, το αρχικό άζωτο μετατρέπεται σε νιτρικά ιόντα και η διαδικασία ονομάζεται νιτροποίηση. Η νιτροποίηση περιλαμβάνει τη μετατροπή των νιτρωδών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ), που παράγονται κατά την νιτρωδοποίηση, σε νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) με τη δράση του ενζύμου νιτρώδης οξειδοαναγωγή (NOR) (Zifa et al., 2011). Η οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό είναι εντονότερη σε ακαλλιέργητα παρά σε καλλιεργημένα εδάφη.

Νιτροβακτήρια:



Μέσω αυτής της διαδικασίας, το ατμοσφαιρικό άζωτο μεταφέρεται στα φυτά, και έπειτα, μέσω της τροφικής αλυσίδας του οικοσυστήματος, μεταφέρεται στους ζωικούς ιστούς. Μέσω αυτής της κυκλικής διαδικασίας, το άζωτο μεταφέρεται ως αμμωνιακό και νιτρικό άζωτο στους φυτικούς οργανισμούς αρχικά και στους ζωικούς οργανισμούς στην συνέχεια, για να αποβληθεί ως ουρία ή ουρικό οξύ από αυτούς και εν τέλη να επιστρέψει πίσω στο έδαφος. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται κύκλος του αζώτου.

### 1.5.2 Το πρόβλημα της συσσώρευσης νιτρικών στα φυλλώδη λαχανικά

Τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε λαχανικά και ως συντηρητικά σε διάφορες τροφές όπως ψάρια, αλλαντικά αλλά και σε χυμούς, με αποτέλεσμα να καταλήγουν πολύ συχνά στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα νιτρικά ιόντα ανάγονται σε νιτρώδη μέσω της νιτρικής ρεδουκτάσης, ένα ένζυμο που βρίσκεται σε πολλά σαπροφυτικά και παρασιτικά βακτήρια. Τα νιτρικά ανάγονται σε νιτρώδη μέσω της παρατεταμένης αποθήκευσης νωπών και μη λαχανικών που περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση σε νιτρικά και μέσω άλλων λανθασμένων χειρισμών όπως είναι η αποθήκευση τους σε συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών υπεύθυνων για την αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη. Επιπλέον, τα νιτρικά είναι



δυνατόν να αναχθούν σε νιτρώδη στο πεπτικό σύστημα, ιδιαίτερα των ανθρώπων με μη υγιή πεπτικό σύστημα, λόγω της επιβραδυμένης απορρόφησής τους. Τέλος, βρέφη ηλικίας έως τεσσάρων μηνών μπορεί να αντιμετωπίσουν παρόμοιο πρόβλημα, λόγω της χαμηλότερης οξύτητας του πεπτικού σωλήνα τους συγκριτικά με τους ενήλικες, που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών (βακτηρίων) που ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη. Για τους παραπάνω λόγους, η Διεθνής Νομοθεσία, σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EK έχει επιβάλει τον έλεγχο της συνολικής συγκέντρωσης νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα τρόφιμα προς κατανάλωση. Φυσικά, η παρουσία νιτρικών δεν συνδέεται με την παρουσία νιτρωδών, ή αντίστροφα, γι' αυτό απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την μείωση των συγκεκριμένων συγκεντρώσεων. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι ακόμα και τα νιτρικά ιόντα, χωρίς την παρουσία νιτρωδών, σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις οδηγούν σε οξεία ή και χρόνια τοξικότητα. Με τον όρο «τοξικότητα» ορίζεται η δόση σε μιλιγραμμάρια ανά κιλό σωματικού βάρους ικανή για να σκοτώσει το 50% των πειραματόζωων σε ένα πείραμα. Για τον λόγο αυτό η Ε.Ε. το 1995 θέσπισε ανώτατο επιτρεπτό όριο ημερήσιας κατανάλωσης νιτρικών ίσο με 3,65 mg/Kg σωματικού βάρους του λήπτη, το οποίο αντιστοιχεί σε 255,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/N την ημέρα για ένα άτομο του οποίου το βάρος είναι 70 Kg. Σύμφωνα με αποτελέσματα πειραμάτων, η θανατηφόρος δόση νιτρικού αζώτου που έχει οριστεί για έναν ενήλικα άνθρωπο κυμαίνεται μεταξύ 15–70 mg ανά κιλό σωματικού βάρους, ενώ η θανατηφόρος δόση των νιτρωδών είναι περίπου 20 mg νιτρώδους αζώτου ανά κιλό σωματικού βάρους.

### 1.5.2.1 Μεθαιμοσφαιριναιμία

Η αιμοσφαιρίνη (Hb) είναι μια πρωτεΐνη που αποτελεί βασικό συστατικό των ερυθρών αιμοσφαιρίων και περιέχει δισθενή σίδηρο (Fe<sup>2+</sup>). Η αιμοσφαιρίνη λειτουργεί ως μεταφορέας οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς. Η αιμοσφαιρίνη συνδέεται προσωρινά με οξυγόνο στους πνεύμονες και σχηματίζει την οξυαιμοσφαιρίνη (HbO). Με αυτό τον τρόπο μεταφέρεται οξυγόνο, μέσω της αναπνευστικής οδού, ενώ παράλληλα, ο σίδηρος οξειδώνεται σε τρισθενή σίδηρο (Fe<sup>3+</sup>). Όταν καταναλώνονται τροφές με μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών, κατά την πέψη, τα νιτρικά μετατρέπονται σε νιτρώδη τα οποία απορροφούνται στο αίμα, με αποτέλεσμα ο δισθενής σίδηρος να οξειδώνεται σε τρισθενή σίδηρο. Ο τρισθενής σίδηρος παράγει μια καστανόχρωμη

σύνθετη ουσία, την μεθαιμοσφαιρίνη, η οποία δεν μπορεί να μεταφέρει οξυγόνο. Επιπλέον, η μεθαιμοσφαιρίνη είναι πολύ σταθερή ένωση και δεν διασπάται στους ιστούς. Η αυξημένη συγκέντρωση της μεθαιμοσφαιρίνης στο αίμα (>70%), οδηγεί στην εκδήλωση μιας δηλητηρίασης γνωστής ως «μεθαιμοσφαιριναιμία». Στην μεθαιμοσφαιριναιμία παρουσιάζονται συμπτώματα ανοξίας (έλλειψη οξυγόνου) τα οποία μπορούν να οδηγήσουν στο θάνατο. Στην εμφάνιση μεθαιμοσφαιριναιμίας είναι ιδιαίτερος ευάλωτα τα παιδιά και ειδικότερα βρέφη μικρότερα των 6 μηνών, στα οποία, τα ενζυμικά συστήματα (έλλειψη ή κακή λειτουργία της ρεδοκτάσης) που μετατρέπουν την MetHb πίσω σε Hb είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικά, με αποτέλεσμα η διαδικασία να ολοκληρώνεται πιο αργά. Επιπλέον, τα βρέφη μέσω της τροφής καταναλώνουν μικροοργανισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται στο στομάχι των βρεφών λόγω της χαμηλότερης οξύτητας σε σχέση με το στομάχι ενός ενήλικα και ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη, τα οποία στην συνέχεια οξειδώνουν την αιμοσφαιρίνη. Πολλά βρέφη τα οποία κατανάλωναν νιτρικά έχουν συνδεθεί με την εμφάνιση της μεθαιμοσφαιριναιμίας, μια ιδιοπαθή κύανωση γνωστή και ως φαινόμενο «μπλε παιδιών» και χαρακτηρίζεται από κυανό χρώμα γύρω από το στόμα, τα χέρια και τα πόδια. Φυσικά υπάρχουν και ομάδες ενηλίκων που διατρέχουν τον κίνδυνο εμφάνισης συμπτωμάτων (επίδραση ορισμένων φαρμάκων, κληρονομικότητα, αναιμία). Μεταξύ των συμπτωμάτων αναφέρονται η κυανή απόχρωση, αδυναμία, ζάλη, πονοκέφαλος, κόπωση, ταχυκαρδίες, δύσπνοια, αρρυθμία.

### 1.5.2.2 Νιτροζαμίνες

Τα νιτρώδη ιόντα αντιδρούν στο στομάχι και δημιουργούν ενώσεις με τις δευτεροταγείς αμίνες καθώς και με μεταβολικά προϊόντα που προκύπτουν από την υδρόλυση των πρωτεϊνών, όμοια με τις δευτεροταγείς αμίνες. Οι δευτεροταγείς αμίνες είναι οι πρόδρομες ουσίες των νιτροζαμινών, προϊόντα της αντίδρασης μεταξύ νιτρικών ιόντων και αμινών.

Οι αμίνες είναι οργανικές αζωτούχες ενώσεις που περιέχουν ως κύρια χαρακτηριστική ομάδα τουλάχιστον μια αμινομάδα ( $\text{NH}_2$  ή  $-\text{NH}^-$  ή  $\text{N}^-$ ). Μετά από πολυετείς έρευνες με πειραματόζωα στο εργαστήριο, καθώς και μέσα από περιστατικά στην καθημερινή ζωή είναι γνωστό ότι οι νιτροζαμίνες είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία

προκαλώντας διάφορα προβλήματα, μεταξύ άλλων και καρκίνο. Όπως έχει αποδειχθεί, οι νιτροζαμίνες αυξάνουν την συχνότητα μεταλλάξεων στα ανθρώπινα λεμφοκύτταρα, προκαλούν αποβολές βρεφών και αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Η ανακάλυψη αυτή υπογραμμίζει τη σημασία της περιβαλλοντικής προστασίας και της πρόληψης για τη μείωση της έκθεσης του ανθρώπου και των άλλων θηλαστικών σε αυτές τις επιβλαβείς ουσίες. Η επιδείνωση της ποιότητας του νερού λόγω της υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών και νιτρωδών είναι ένα σοβαρό πρόβλημα που επηρεάζει τόσο την υγεία του ανθρώπου όσο και το περιβάλλον. Είναι σημαντικό να λαμβάνουμε μέτρα για την προστασία της ποιότητας του ύδατος και τη μείωση των νιτρικών στο περιβάλλον. Οι πηγές νιτρικών συμπεριλαμβάνουν τη γεωργία, τη βιομηχανία, τη χρήση λιπασμάτων και την απορροή από αποχέτευση. Οι πρακτικές βελτίωσης της γεωργίας, όπως η ελαχιστοποίηση της χρήσης λιπασμάτων και η προσεκτική διαχείριση των αγροτικών εκτάσεων, είναι σημαντικές για τη μείωση της ρύπανσης από νιτρικά. Άλλες τεχνικές μείωσης των νιτρικών στα λαχανικά είναι η καλλιέργεια ποικιλιών που συσσωρεύουν χαμηλότερες ποσότητες νιτρικών, η καλλιέργεια εκτός εδάφους, η βιολογική καλλιέργεια καθώς και η καλλιέργεια και συγκομιδή την κατάλληλη εποχή. Επιπρόσθετα, οι κυβερνήσεις και οι περιβαλλοντικές οργανώσεις πρέπει να επιβάλουν κανονισμούς και πρότυπα για τα επίπεδα νιτρικών στο πόσιμο νερό και να προωθήσουν την αειφόρο διαχείριση των υδάτων. Η ενημέρωση του κοινού είναι επίσης σημαντική, ώστε οι άνθρωποι να κατανοήσουν την ανάγκη της προστασίας των υδάτων και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και όλοι να συμβάλουν στην επίλυση αυτού του προβλήματος.

## 1.6 Η αντιμετώπιση του προβλήματος της συσσώρευσης των νιτρικών

### 1.6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την συσσώρευση νιτρικών ιόντων στα φυτά

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την συσσώρευση των νιτρικών μπορεί να είναι τόσο ενδογενείς, όσο και εξωγενείς:

#### 1.6.1.1 Ενδογενείς παράγοντες

1. Τα φυτά που ανήκουν σε οικογένειες όπως οι *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Compositae*, *Graminae*, *Solanaceae* θεωρούνται περισσότερο επιρρεπείς στη συσσώρευση νιτρικών. Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες διαφορές ακόμη και μεταξύ των φυτών του ίδιου είδους.
2. Η θέση στο φυτό επηρεάζει τις συγκεντρώσεις νιτρικών, με πιο υψηλές συγκεντρώσεις να ανιχνεύονται συνήθως στους βλαστούς, ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις στις ρίζες. Τα φύλλα και τα άνθη συνήθως περιέχουν μικρές ποσότητες νιτρικών.
3. Η ηλικία των φυτών επηρεάζει τη συσσώρευση νιτρικών, με αυξανόμενες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, φθίνοντας προς την ωρίμανση. Καρποί και σπέρματα περιέχουν συνήθως λιγότερα νιτρικά.
4. Η δραστηριότητα του ενζυμικού συστήματος της ρεδοκτάσης των νιτρικών (NR) επηρεάζει τη συσσώρευση νιτρικών. Η αναστολή αυτού του ενζύμου οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών στα φυτά, αλλά έχουν παρατηρηθεί και περιπτώσεις όπου φυτά με φυσιολογική δραστηριότητα της NR είχαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στον ρυθμό απορρόφησης, αφομοίωσης και μετατροπής των νιτρικών.

#### 1.6.1.2 Εξωγενείς παράγοντες

1. Εξωτερική πηγή αζώτου: Τα αποτελέσματα πολλών πειραμάτων έχουν αποδείξει ότι η πρόσθεση εξωτερικού αζώτου στο έδαφος μπορεί να οδηγήσει στην αυξημένη συσσώρευση νιτρικών ιόντων στα φυτά. Η επιλογή του κατάλληλου χρονικού σημείου για τη λίπανση αζώτου φαίνεται να επηρεάζει την περιεκτικότητα των φυτών σε νιτρικά. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί ότι υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών συσχετίζονται με την εφαρμογή  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  και

$\text{NH}_4\text{NO}_3$  σε αντίθεση με την ουρία και τη θειική αμμωνία σε ισοδύναμες αναλογίες.

2. Άλλα θρεπτικά στοιχεία: Το κάλιο (K) φαίνεται να είναι εύκολα διαθέσιμο για τη διατήρηση της ηλεκτρικής ισορροπίας όταν τα νιτρικά είναι παρόντα σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, υψηλές συγκεντρώσεις καλίου (K) μπορεί να οδηγήσουν στη συσσώρευση των νιτρικών όταν αυτά είναι σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον, η έλλειψη μολυβδαινίου (Mo) και μαγγανίου (Mn) μπορεί να ευνοήσει τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά.
3. Εδαφική υγρασία: Η παρουσία νερού στο έδαφος επηρεάζει τη διαδικασία συσσώρευσης νιτρικών στα φυτά. Σε περιοχές με ημιάνυδρες και υπόυγρες συνθήκες, όπου η υγρασία είναι μειωμένη, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος νιτρικής δηλητηρίασης στα φυτά. Αν η βροχόπτωση διεγείρει τη μικροβιακή απελευθέρωση και τη διαδικασία μεταφοράς νιτρικών, τότε μπορούν να συσσωρευθούν υψηλές ποσότητες νιτρικών στα φυτά. Η υγρασία είναι απαραίτητη για την μικροβιακή δραστηριότητα που ελευθερώνει το άζωτο από τις οργανικές ενώσεις του εδάφους και το διαθέτει για απορρόφηση από τις ρίζες των φυτών.
4. Θερμοκρασία - περιβαλλοντικοί παράγοντες: Η θερμοκρασία επηρεάζει επίσης τη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών στα φυτά. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με την δυσλειτουργία του ενζυμικού συστήματος που εμπλέκεται στη μετατροπή των νιτρικών. Επιπλέον, η χαμηλή ένταση φωτισμού και η μικρή φωτοπερίοδο μπορεί να επιδράσουν στη συσσώρευση νιτρικών στα φυτά. Σε πολύ σκοτεινές συνθήκες, η συσσώρευση των νιτρικών μπορεί να είναι υψηλότερη σε σύγκριση με φωτεινές συνθήκες, καθώς τα νιτρικά ενδέχεται να κυκλοφορούν από τα σημεία αποθήκευσης προς τα σημεία μεταβολισμού, ενώ τα νιτρικά που δεν μετατρέπονται εν τέλει μπορεί να συσσωρεύονται σε κενोटόπια.

## 1.6.2 Τρόποι μείωσης της συσσώρευσης των νιτρικών ιόντων στα φυτά

Μείωση της περιεκτικότητας των λαχανικών σε νιτρικά μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός συνδυασμού μέτρων, από τα οποία τα πιο σημαντικά είναι τα εξής:

- Μείωση της αζωτούχου λίπανσης στα κατώτερα δυνατά επίπεδα που δεν προκαλούν σημαντική πτώση στην παραγωγή.
- Τερματισμός της χορήγησης νιτρικών λιπασμάτων αρκετές ημέρες πριν την συγκομιδή.
- Μερική υποκατάσταση νιτρικών με αμμωνιακά αζωτούχα λιπάσματα.
- Μερική υποκατάσταση των  $\text{NO}_3^-$  από τα χλωριόντα ( $\text{Cl}^-$ ) στον ρόλο τους ως μέσον ρύθμισης του ωσμωτικού δυναμικού του χυμοτοπίου.
- Αποφυγή παραγωγής και συγκομιδής λαχανικών όταν επικρατεί χαμηλή ηλιοφάνεια.
- Δημιουργία ποικιλιών που συσσωρεύουν χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών μέσω γενετικής βελτίωσης.

Διάφορες μέθοδοι έχουν αναφερθεί κατά καιρούς, οι οποίες ασχολούνται με τη μείωση της περιεκτικότητας των νιτρικών σε φυλλώδη λαχανικά, με ή χωρίς επιπτώσεις στην παραγωγή. Ορισμένες από αυτές βασίζονται στην αρνητική συσχέτιση μεταξύ  $\text{NO}_3^-$  και φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (Steingrover et al., 1993) ή της θερμοκρασίας (Santamaria et al., 1996). Άλλες μέθοδοι σχετίζονται με αλλαγές στην περιεκτικότητα του θρεπτικού διαλύματος, για παράδειγμα με χρήση αμινοξέων ή αλλαγές στην σχέση  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (Boon et al, 1990, Santamaria et al, 1996) ή την ελάττωση του χορηγούμενου  $\text{NO}_3^-$ -N προ της συγκομιδής (Boon et al, 1990; Carrasco, 1992). Επίσης έχει εφαρμοσθεί η αλλαγή στην ισορροπία των ανιόντων στο θρεπτικό διάλυμα με την μερική αντικατάσταση των νιτρικών ανιόντων με ιόντα  $\text{Cl}^-$  κατά το τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών του μαρουλιού (Steingrover et al., 1993; et al, 1998). Οι παραπάνω μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή σε ελεγχόμενες συνθήκες και κυρίως σε υδροπονικές καλλιέργειες. Στον αγρό η χρήση των ανωτέρω μεθόδων κρίνεται μη εφαρμόσιμη (αδυναμία ελέγχου της ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και της σχέσης  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ , υποβάθμιση του εδάφους από υπολείμματα  $\text{Cl}^-$ , ή υψηλού κόστους όπως είναι η μέθοδος μείωσης των  $\text{NO}_3^-$  με τη χρήση αμινοξέων).

### 1.6.2.1 Ρύθμιση της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης

Το είδος της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης θεωρείται ότι επηρεάζει την συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα. αναφέρεται ότι η οργανική λίπανση είχε μικρότερη επιβάρυνση με νιτρικά ανιόντα στο μαρούλι σε σύγκριση με την ανόργανη λίπανση. Το τελευταίο έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί εκτός από την δυνατότητα της εύκολης εφαρμογής στον αγρό έχει ξεχωριστή σημασία στα πλαίσια της Βιολογικής Γεωργίας, όπου δεν αρκεί η μείωση των νιτρικών για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, αλλά θα πρέπει και το ύψος της παραγωγής να είναι τέτοιο ώστε να ανταγωνίζεται τα παραγόμενα με συμβατικό τρόπο προϊόντα (μέσο βάρος κεφαλής και συνολικά παραγόμενη ποσότητα νωπού προϊόντος). Δυνατότητα εφαρμογής στον αγρό φαίνεται να έχει και η ρύθμιση της ισορροπίας των ανιόντων στο ριζόστρωμα των φυτών με την χορήγηση  $\text{SO}_4^-$  τα οποία πιθανά μπορούν να υποκαταστήσουν τα  $\text{Cl}^-$  στον ανταγωνισμό με τα  $\text{NO}_3^-$  και στην ελάττωση της συγκέντρωσης των τελευταίων στα φυτικά χυμοτόπια. Τα  $\text{SO}_4^-$  αντίθετα με τα  $\text{Cl}^-$  δεν φαίνεται να υποβαθμίζουν το έδαφος ενώ παράλληλα πιστεύεται ότι μπορεί να έχουν ανάλογη επίδραση (Urrestarazu et al, 1998). Ειδικά για τα  $\text{SO}_4^{2-}$  αναφέρεται η αλληλεπίδραση του θείου με το άζωτο στην πρόσληψή τους από διάφορα φυτά (Paparozzi et al, 1994; Macz et al, 2001), ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης θείου στα κύτταρα θεωρείται ότι ενισχύει και διεγείρει την δράση του συστήματος της ρεδοκτάσης των νιτρικών και κατ' επέκταση περιορίζει την συσσώρευση των νιτρικών στα κυτταρικά χυμοτόπια. Με άλλα λόγια είναι πιθανό η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων θειικών ανιόντων να μπορεί να επιδρά στην απορρόφηση των νιτρικών και να περιορίζει την συσσώρευσή τους στα κυτταρικά χυμοτόπια.

### 1.6.2.2 Ρύθμιση της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης μέσω μείωσης της αναλογίας $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$

Η αντικατάσταση μέρους του  $\text{NO}_3\text{-N}$  στο θρεπτικό διάλυμα με  $\text{NH}_4\text{-N}$  μπορεί να μειώσει τη συγκέντρωση νιτρικών στα λαχανικά χωρίς μείωση της απόδοσης (Saigusa & Kumazaki, 2014). Σε γενικές γραμμές, τα λαχανικά που καλλιεργούνται στο χωράφι, όπως το μαρούλι, το σπανάκι, η ρόκα, το ραδίκι και το αντίδι, προτιμούν το  $\text{NO}_3\text{-N}$

έναντι του  $\text{NH}_4\text{-N}$  και η χορήγηση θρεπτικού διαλύματος με  $\text{NH}_4\text{-N}$  θεωρείται ότι προκαλεί παρεμπόδιση ανάπτυξης. Ωστόσο, ορισμένα από αυτά τα είδη φυτών που απορροφούν κατά προτίμηση  $\text{NO}_3\text{-N}$ , συμπεριλαμβανομένου του μαρουλιού, μπορούν να αναπτυχθούν έντονα σε θρεπτικό διάλυμα στο οποίο η κύρια πηγή αζώτου είναι το  $\text{NH}_4\text{-N}$ , υπό την προϋπόθεση ότι το pH διατηρείται αυστηρά στο 5,5. Όταν τα φυτά προσλαμβάνουν ιόντα αμμωνίου, εκκρίνουν πρωτόνια στο θρεπτικό διάλυμα για να διατηρήσουν την εσωτερική ηλεκτρική τους ισορροπία. Αυτό μειώνει το pH του θρεπτικού διαλύματος (Tsukagoshi, 2002) και τα φυτά ευαίσθητα σε όξινες συνθήκες τραυματίζονται (Troelstra et al., 1990). Ωστόσο, το σπανάκι και το κινέζικο λάχανο όταν καλλιεργούνται σε ένα διάλυμα στο οποίο η κύρια πηγή αζώτου είναι το  $\text{NH}_4\text{-N}$  παρουσιάζουν ανεπάρκεια ακόμη και όταν το pH διατηρείται σταθερό και φαίνεται να είναι ευαίσθητα τόσο στο αμμώνιο όσο και στο pH (Moritugu & Kawasaki, 1983). Στο μαρούλι, η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα ήταν αξιοσημείωτα χαμηλή χωρίς μείωση της απόδοσης όταν το διαθέσιμο N στο θρεπτικό διάλυμα μειώθηκε κατά το ένα πέμπτο (1375 έναντι 6450 ppm για τα φυτά που τρέφονται με το συμβατικό θρεπτικό διάλυμα), με τη μοριακή αναλογία  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$  να διατηρείται στο 1 από τη μεταφύτευση έως τη συγκομιδή (Saigusa & Kumazaki, 2014). Όταν τα φυτά ραδικιού μεταφέρθηκαν από 4 mM  $\text{NO}_3\text{-N}$  σε 1 mM  $\text{NO}_3\text{-N}$  συν 3 mM  $\text{NH}_4\text{-N}$  6 ημέρες πριν από τη συγκομιδή, η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα στα φύλλα μειώθηκε κατά 58% χωρίς μείωση στη νωπή μάζα σε σύγκριση με ανάπτυξη χωρίς αλλαγή στο θρεπτικό διάλυμα (Santa - Maria et al., 1998).

### 1.6.2.3 Μείωση νιτρικών μέσω εφαρμογής βιοδιεγερτικών ουσιών

Η συσσώρευση νιτρικών αλάτων μπορεί επίσης να επηρεαστεί από την εφαρμογή των αποκαλούμενων «φυτικών βιοδιεγερτών» που περιλαμβάνουν φυσικές ουσίες (π.χ. χουμικά οξέα, υδρολύματα πρωτεϊνών, εκχυλίσματα φυκιών) και μικροβιακά εμβόλια (π.χ., μυκόρριζοι μύκητες, ριζοβακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών) (Colla & Roupheal, 2015; Colla et al., 2014, 2017a, 2017b; De Pascale et al., 2017). Αρκετές αναφορές έδειξαν ότι η εφαρμογή βιοδιεγερτικών ουσιών μπορεί να μειώσει τη συσσώρευση νιτρικών ανάλογα με την καλλιέργεια, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το βιοδιεγερτικό που εφαρμόζεται. Για παράδειγμα, η εφαρμογή πρωτεϊνικών υδρολυμάτων μείωσε τα νιτρικά άλατα σε φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι, τη



ρόκα, το ραπανάκι, το σέσκουλο και το σπανάκι (Colla et al., 2013a, 2013b, 2015). Οι Tsouvaltzis et al. (2014) ανέφεραν μείωση νιτρικών κατά 29% στο μαρούλι θερμοκηπίου μετά από εφαρμογή υδρολυμένης πρωτεΐνης. Τα παραπάνω ευρήματα συνδέθηκαν με βιοδιεγερτικές επιδράσεις στη μείωση της έκφρασης των γονιδίων που κωδικοποιούν μεταφορείς που εμπλέκονται στην πρόσληψη νιτρικών ριζών ή με την αύξηση της ρύθμισης των κύριων γονιδίων αφομοίωσης του N (π.χ. γονίδια νιτρικής αναγωγής) που οδηγεί σε πιο αποτελεσματική αφομοίωση των νιτρικών σε αμινοξέα. Ομοίως, ο ψεκασμός του φυλλώματος με εκχύλισμα φυκιών αύξησε τη δραστηριότητα της νιτρικής αναγωγής και επομένως την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα φύλλα της μελιτζάνας (Ramya et al., 2015). Επιπλέον, ο εμβολιασμός φυτών μαρουλιού με ριζοβακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών και μυκορριζικούς μύκητες (*Glomus intraradices*), μόνοι ή σε συνδυασμό, διέγειρε σημαντικά τη δραστηριότητα της αναγωγής νιτρικών (Kohler et al., 2008) μειώνοντας τη συσσώρευση νιτρικών στο φυτό. Αντίθετα, αύξηση της συσσώρευσης νιτρικών παρατηρήθηκε σε φυτά μαρουλιού που εμβολιάστηκαν με *G. intraradices* και λιπάνθηκαν με ουρία (Mítova et al., 2017). Αυτό υπογραμμίζει την πιθανή αλληλεπίδραση μεταξύ της εφαρμογής βιοδιεγέρτη και της αζωτούχου λίπανσης που είναι αναγκαίο να ληφθεί υπόψη κατά την ανάπτυξη στρατηγικών για τη μείωση της συσσώρευσης νιτρικών στα βρώσιμα μέρη των καλλιεργειών.

#### 1.6.2.3.1 Ορισμός βιοδιεγέρτη

Ως βιοδιεγέρτες ορίζονται φυσικές ενώσεις, ουσίες, μικροοργανισμοί, ένζυμα που μπορούν να βελτιώσουν την ανοχή των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις ενώ παράλληλα ενισχύουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα των καλλιεργειών. Στην πραγματικότητα, η εφαρμογή τους στις καλλιέργειες καθιστά δυνατή την ενεργοποίηση φυσιολογικών και μοριακών διεργασιών που μπορούν να επηρεάσουν θετικά την απόδοση και την ποιότητα του προϊόντος. Ο ορισμός των βιοδιεγερτών έχει συζητηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και πρόσφατα, ο κανονισμός της ΕΕ (2019/1009) όρισε τον βιοδιεγέρτη ως «προϊόν λίπανσης του οποίου η λειτουργία είναι να διεγείρει τις διαδικασίες διατροφής των φυτών ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα του προϊόντος σε θρεπτικά συστατικά με μοναδικό στόχο τη βελτίωση ενός ή περισσότερων από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του φυτού ή/και της ριζόσφαιρας του

φυτού: (1) αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών στοιχείων, (2) αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις (3) ποιοτικά χαρακτηριστικά ή (4) διαθεσιμότητα περιορισμένων θρεπτικών στοιχείων που συγκρατούνται στο έδαφος ή τη ριζόσφαιρα».

#### 1.6.2.3.2 Κατηγορίες βιοδιεγερτών

Οι πρώτες ύλες, από τις οποίες λαμβάνονται οι βιοδιεγέρτες μπορεί να είναι διαφορετικής προέλευσης και σύνθεσης, ως εκ τούτου οι βιοδιεγέρτες ομαδοποιούνται σε διαφορετικές κατηγορίες: χουμικές και φουλβικές ουσίες (χουμικά και φουλβικά οξέα), ανόργανα άλατα, υδρολύματα πρωτεϊνών και αμινοξέων, σύνθετα οργανικά υλικά, εκχυλίσματα φυκιών και φυτών, χιτίνη και παράγωγα χιτοζάνης, οργανικά οξέα, ζωική/φυτική πρωτεΐνη και ωφέλιμοι μικροοργανισμοί (βακτήρια όπως *Bacillus* και *Azotobacter* spp., ζυμομύκητες, νηματώδεις μύκητες και μικροφύκη).

Ο τρόπος δράσης των βιοδιεγερτών είναι ακόμα άγνωστος. Ως εκ τούτου, ένας βιοδιεγέρτης θεωρείται ως τέτοιος, μόνο όταν αποδεικνύεται η θετική του επίδραση στην αύξηση της απόδοσης και της αντοχής των φυτών σε αβιοτικές καταπονήσεις.

##### 1.6.2.3.2.1 Εκχυλίσματα φυκιών και φυτικών μερών

Τα εκχυλίσματα φυκιών αποτελούν μια σημαντική κατηγορία βιοδιεγερτών καθώς τα φυσικά εκχυλίσματα φυκιών χρησιμοποιούνται με επιτυχία στη γεωργία ως βιοδιεγερτικά. Τα φύκια είναι μια πηγή πολυμερών που χαρακτηρίζονται από την παρουσία βιολογικά ενεργών συστατικών, που δρουν ως γεωργικά βιοδιεγερτικά, τα οποία μπορούν να εμπλέκονται στη διαχείριση αβιοτικών και βιοτικών καταπονήσεων στα φυτά. Οι βιοδραστικές ενώσεις που υπάρχουν στα εκχυλίσματα φυκιών είναι ευεργετικές για τα φυτά προάγοντας την ανάπτυξη των ριζών και των φυταρίων στις καλλιέργειες και ενισχύοντας την ανθοφορία και την παραγωγή καρπών. Τα εκχυλίσματα φυκιών που χρησιμοποιούνται ευρέως ως βιοδιεγέρτες αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 33% της παγκόσμιας αγοράς βιοδιεγερτικών. Τα κυρίαρχα είδη που χρησιμοποιούνται επί τω πλείστων ως πηγή για την παραγωγή βιοδιεγερτών είναι τα κόκκινα και πράσινα είδη φυκιών, τα φύκια *Ascophyllum*, *Fucus* και *Laminaria*.

Τα εκχυλίσματα φυκών διατίθενται σε στερεή ή υγρή μορφή και εφαρμόζονται είτε στη ριζόσφαιρα με προσοχή στο χρόνο και την εποχή εφαρμογή τους ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, λόγω αξιοποίησής τους από τους μικροοργανισμούς, είτε στο φύλλωμα των φυτών, δρώντας ως πηγή θρεπτικών ουσιών αλλά και συμβάλλοντας θετικά στον αερισμό και στην βελτίωση της δομής του εδάφους καθώς και στην διατήρηση της υγρασίας του, μέσω της αύξησης της μικροβιακής δραστηριότητας που προάγουν.

#### 1.6.2.3.2.2 Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα

Οι βιοδιεγέρτες που βασίζονται σε προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών αποτελούνται από ένα μείγμα αμινοξέων, πεπτιδίων, πολυπεπτιδίων και μετουσιωμένων πρωτεϊνών που προέρχονται από ενζυματική, χημική ή θερμική υδρόλυση πρώτων υλών, τα οποία μπορεί να προέρχονται είτε από βιομηχανικά απόβλητα είτε από φυτικά (υπολείμματα) ή ζωικά υποπροϊόντα (ζωικό κολλαγόνο, ελαστίνη). Οι βιοδιεγέρτες αυτής της κατηγορίας αποτελούνται κυρίως από τα αμινοξέα αλανίνη, αργινίνη, γλυκίνη, προλίνη, γλουταμικό, γλουταμίνη, βαλίνη και λευκίνη. Ωστόσο, μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν μη πρωτεϊνικά συστατικά, όπως λίπη, υδατάνθρακες ή μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά, τα οποία παρουσιάζουν βιοδιεγερτικές δράσεις. Μεταξύ των θετικών επιδράσεων των συγκεκριμένων βιοδιεγερτικών ουσιών αναφέρονται η βελτίωση της μικροβιακής και ενζυμικής δραστηριότητας του εδάφους, η αύξηση της κινητικότητας και διαλυτότητας των μικροστοιχείων στα εδάφη που έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη πρόσληψή τους από τα φυτά, η αύξηση ριζικής ανάπτυξης και γονιμότητας του εδάφους καθώς και η αύξηση του μεταβολισμού του άνθρακα και του αζώτου από τα φυτά με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών. Εφαρμόζονται είτε με ριζοπότισμα είτε με διαφυλλικό ψεκασμό.

## 2. Σκοπός μελέτης

Πρόσφατες έρευνες έχουν αναδείξει τα φυλλώδη αυτοφυή φυτικά είδη της Μεσογειακής λεκάνης ως τρόφιμα με υψηλή διατροφική αξία καθώς διακρίνονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό θρεπτικά συστατικά καθώς περιέχουν βιταμίνες, μέταλλα και πολλά αντιοξειδωτικά όπως αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, ταννίνες και φαινολικά παράγωγα. Η μεγάλη περιεκτικότητα τους σε αντιοξειδωτικά τους προσδίδουν αντικαρκινικές, αντιδιαβητικές, αντισταμινικές ιδιότητες και γι' αυτό το λόγο πολλές φορές αποκαλούνται με τον χαρακτηρισμό «υπερ-τροφές». Τα τελευταία χρόνια ολοένα και αυξάνεται η τάση για υιοθέτηση ενός υγιεινού πρότυπου ζωής, όπου περιλαμβάνει και την προσθήκη της Μεσογειακής διατροφής, καθώς ολοένα και πιο συχνά τονίζονται τα οφέλη της στην ανθρώπινη υγεία. Η σύνδεση της Μεσογειακής διατροφής με τα λαχανικά, αύξησε την κατανάλωση και συνεπώς την ζήτηση των άγριων φυλλωδών λαχανικών καθιστώντας επιτακτική ανάγκη την ένταξη τους σε εντατικά συστήματα καλλιέργειας. Τα υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας αποτελούν μια υποσχόμενη επιλογή σε εμπορική κλίμακα για την καλλιέργεια των φυλλωδών λαχανικών, καθώς μέσω της αξιοποίησής τους μεγιστοποιείται η παραγωγή και ο αριθμός καλλιεργειών ανά έτος, μειώνεται η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων και βελτιώνεται η ποιότητα των προϊόντων. Παράλληλα, τα φυλλώδη λαχανικά έχουν συνδεθεί με πρόβλημα της συσσώρευσης νιτρικών, καθώς αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων συσσωρεύονται στους βρώσιμους φυτικούς ιστούς τους (φύλλα, βλαστοί). Τα νιτρικά στον ανθρώπινο οργανισμό μετατρέπονται σε νιτρώδη και αντιδρούν με αμίνες και αμίδες σχηματίζοντας νιτροζαμίνες και νιτροσαμίδες, οι οποίες είναι εν δυνάμει καρκινογόνες. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητο να ερευνηθούν και να αναπτυχθούν τρόποι μείωσης της συσσώρευσης των νιτρικών τόσο κατά την καλλιεργητική περίοδο τους όσο και μετασυλλεκτικά. Μεταξύ των μεθόδων που παρουσιάζουν μείωση της συγκέντρωσης των νιτρικών είναι η ρύθμιση της χορηγούμενης αζωτούχου λίπανσης μέσω μείωσης της αναλογίας αμμωνιακού προς ολικού αζώτου όπως επίσης και η χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών.

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης ήταν να εξετασθούν οι επιδράσεις δύο διαφορετικών αναλογιών αμμωνιακού προς ολικού αζώτου ( $\text{NH}_4^+ \text{-N/Total-N}$ ) και δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη, παραγωγή και θρεπτική κατάσταση των

λαχανευόμενων ειδών αντράκλα (*Portulaca oleracea*), βαλεριανέλλα (*Valerianella locusta*) και δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) καλλιεργούμενων υδροπονικά.

### 3. Υλικά και μέθοδοι

#### 3.1 Τοποθεσία και χρόνος πειραματικής μελέτης

Την χρονική περίοδο μεταξύ Απριλίου–Μαΐου 2022 (08/04/2022–19/05/2022), διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Γεωπονικού Πανεπιστήμιου Αθηνών το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης όπου καλλιεργήθηκαν φυτά γλιστρίδας (*P. oleracea*), βαλεριανέλλας (*V. locusta*) και δροσουλίτη (*M. crystallinum*) σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας σε σάκους με υπόστρωμα περλίτη. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο υαλόφρακτο αμφικλινές θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών (γεωγραφικό πλάτος 37.98° / γεωγραφικό μήκος 23.70° / υψόμετρο 38 m), υπό φυσικές συνθήκες φωτισμού. Εναέριοι σωλήνες ζεστού νερού εξασφαλίζουν την θέρμανση του θερμοκηπίου, ενώ ο εξαερισμός πραγματοποιείται μέσω των εντομοστεγή δικτύων τα οποία είναι τοποθετημένα στα ανοίγματα στην οροφή και στις πλευρές του θερμοκηπίου. Οι απαραίτητες αναλύσεις, στα πλαίσια των αναγκών της παρούσας μελέτης, πραγματοποιήθηκαν στον ειδικά εξοπλισμένο εργαστηριακό χώρο.

#### 3.2 Φυτικό υλικό

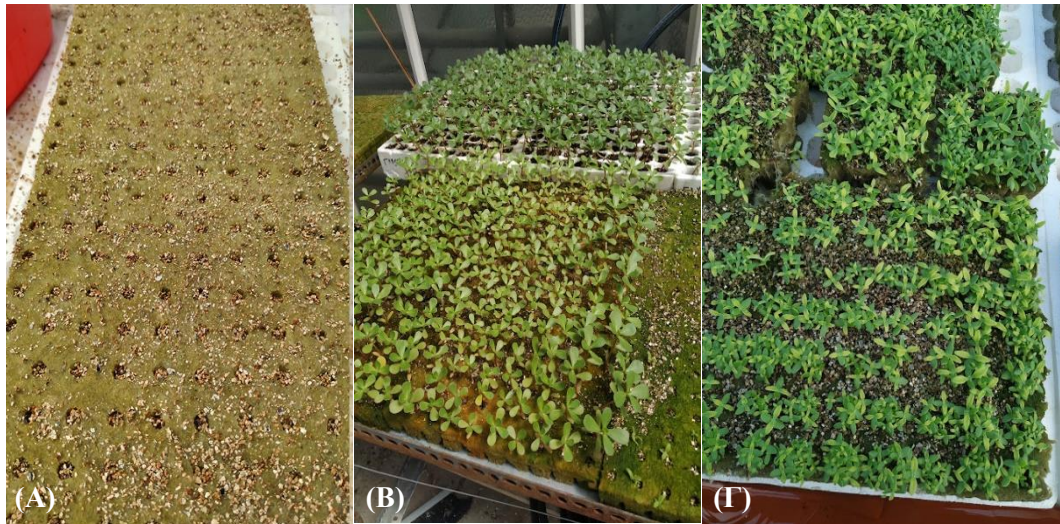
Για την διεξαγωγή της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν σπόροι βαλεριανέλλας, γλιστρίδας και δροσουλίτη οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε τρυβλία Petri για προβλάστηση. Τα τρυβλία έφεραν απορροφητικό χαρτί για την εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών υγρασίας και μεταφέρθηκαν σε θάλαμο επώασης με ελεγχόμενη θερμοκρασία (23–26°C) προκειμένου οι σπόροι να βλαστήσουν. Η απολύμανση των σπόρων είναι σημαντική διαδικασία για τη μείωση του κινδύνου μόλυνσης και τη διατήρηση της υγιεινής κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Το πρωτόκολλο απολύμανσης των σπόρων που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Τοποθέτηση των σπόρων σε διάλυμα 15% w/v φωσφορικού νατρίου  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  με απεσταγμένο νερό για 20 min στους 25 °C (θερμοκρασία δωματίου).
- Τοποθέτηση του διαλύματος σε ποτήρι ζέσεως ή άλλο δοχείο το οποίο θα βρίσκεται υπό συνεχή ανάδευση.
- Κατά την διάρκεια της απολύμανσης οι σπόροι πρέπει να βρίσκονται μέσα στο νερό και να μην επιπλέουν.
- Στο τέλος της απολύμανσης, οι σπόροι ξεπλένονται πολύ καλά με απεσταγμένο νερό και απλώνονται σε απορροφητικό χαρτί ή άλλο μέσο για να στεγνώσουν.

Οι επιφάνειες και τα γυαλικά, πριν και μετά τους χειρισμούς ή μεταξύ διαφορετικών φυτικών ειδών (αν χρησιμοποιείται κοινή επιφάνεια ή γυαλικό), να έχουν πλυθεί με διάλυμα χλωρίνης τουλάχιστον 10% και στη συνέχεια με διάλυμα 3% w/v φωσφορικού νατρίου  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  και ξέπλυμα με νερό.

Όταν εμφανίστηκαν τα πρώτα ριζίδια των σπόρων έγινε μεταφορά των σπόρων με ριζίδια σε δίσκους πετροβάμβακα AO PLUG (Grodan, Roermond, Netherlands) που είχαν 200 θέσεις διαστάσεων 25 mm × 25 mm × 40 mm. Στην συνέχεια οι δίσκοι σκεπάστηκαν με λεπτό στρώμα βερμικουλίτη όπως φαίνεται στην εικόνα 1. Η μεταφορά έγινε με την χρήση λαβίδας η οποία απολυμανόταν σε αραιωμένο διάλυμα χλωρίνης μεταξύ των τρυβλίων. Οι δίσκοι σποράς τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο για περαιτέρω βλάστηση των σπόρων. Προκειμένου να διατηρηθεί η απαιτούμενη υγρασία του υποστρώματος, οι δίσκοι ποτίζονταν ανά δύο μέρες, αφού είχε προηγηθεί έλεγχος της υγρασίας του υποστρώματος. Η μεταφύτευση πραγματοποιήθηκε όταν τα φυτά είχαν αναπτύξει από 2 έως 6 πραγματικά φύλλα. Ειδικότερα, η μεταφύτευση για τα νεαρά φυτά της γλιστρίδας και της βαλεριανέλλας στις 10/04/2022, ενώ η μεταφύτευση του των φυτών δροσουλίτη έγινε στις 30/04/2022.



Εικόνα 1 Η σπορά (Α) φυτών γλιστρίδας σε δίσκους στο πλαστικό θερμοκήπιο, δίσκοι με σπορόφυτα γλιστρίδας (Β) και δροσουλίτη (Γ) λίγες μέρες πριν την μεταφύτευση.



Εικόνα 2 Φυτά γλιστρίδας (Α) και βαλεριανέλλας (Β)

### 3.3 Εγκατάσταση πειράματος

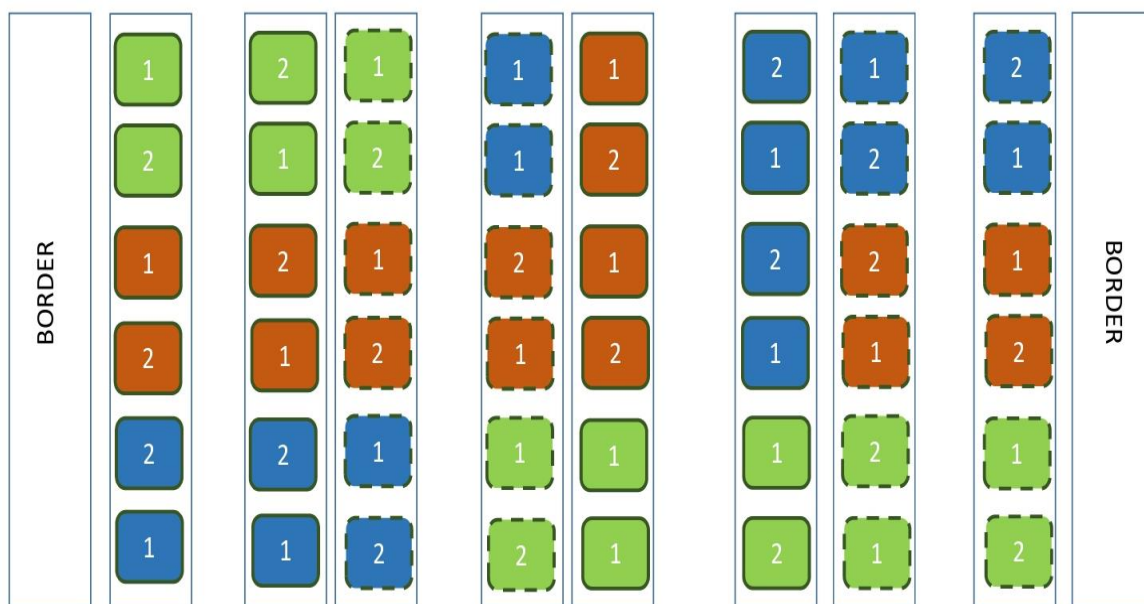
#### 3.3.1 Πειραματικό σχέδιο

Το υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας που επιλέχθηκε ήταν το ανοιχτό σύστημα καλλιέργειας σε σάκους με υπόστρωμα περλίτη. Το συγκεκριμένο σύστημα καλλιέργειας επιλέχθηκε καθώς πέρα από την εύκολη εγκατάστασή του, επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της σύστασης του θρεπτικού διαλύματος και εξασφαλίζεται η ομοιομορφία του τελικού προϊόντος. Η καλλιέργεια των τριών φυλλωδών λαχανικών πραγματοποιήθηκε σε 10 (8+2 κανάλια ως borders) κανάλια διαστάσεων  $6,0 \times 0,02 \times 0,03$  m (μήκος  $\times$  πλάτος  $\times$  ύψος). Κάθε κανάλι αποτελούταν από 6 σάκους, διαστάσεων  $1 \times 0,2 \times 0,2$  m (μήκος  $\times$  πλάτος  $\times$  ύψος) γεμισμένους με υπόστρωμα περλίτη (0–8 mm), 33 λίτρων (Geoflor Hydro 1, 33 L). Μία μέρα πριν πραγματοποιηθεί η μεταφύτευση, έγινε πότισμα όλων των σάκων με διάλυμα διαβροχής (starter solution) έως πλήρους κορεσμού, η σύσταση του οποίου φαίνεται στον πίνακα 1. Σε κάθε σάκο περλίτη έγιναν τα κατάλληλα ανοίγματα φύτευσης και έπειτα τοποθετήθηκαν 5 φυτά του ίδιου φυτικού είδους. Κάθε φυτικό είδος για κάθε μία μεταχείριση είχε 4 επαναλήψεις. Επομένως ο συνολικός αριθμός των σάκων ήταν 48. Τα φυτά του ίδιου σάκου τοποθετήθηκαν σε απόσταση 20 cm μεταξύ τους. Τα φυτά γλιστρίδας και βαλεριανέλλας μεταφυτεύθηκαν στους σάκους περλίτη στις 10/04/2022 και τα φυτά δροσουλίτη μεταφυτεύθηκαν στις 30/04/2022 (έναρξη καλλιέργειας στο θερμοκήπιο). Από τα υπόλοιπα νεαρά φυτά που δεν μεταφυτεύθηκαν, έγινε τυχαία επιλογή κάποιων σποροφύτων προκειμένου να ακολουθήσει η ξήρανσή τους με σκοπό τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων όλων των θρεπτικών στοιχείων, ιχνοστοιχείων και μακροστοιχείων, στους φυτικούς ιστούς των σποροφύτων. Το πείραμα ολοκληρώθηκε στις 27/04/2022, 06/05/2022, 18/05/2022 αντίστοιχα για τα φυτά της Γλιστρίδας, Βαλεριανέλλας και Δροσουλίτη (λήξη καλλιέργειας στο θερμοκήπιο), μόλις απέκτησαν εμπορεύσιμο μέγεθος, όπου έγινε συγκομιδή δύο φυτών ανά σάκο. Κάθε κανάλι τροφοδοτήθηκε με θρεπτικό διάλυμα μέσω της ειδικής δεξαμενής τροφοδοσίας μέσω μιας αντλίας και ενός συστήματος στάγδην άρδευσης. Ο πυθμένας κάθε σάκου έφερε σχισμή ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη αποστράγγιση του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται πέρα από την ανάγκη των φυτών. Τα κανάλια εγκαταστάθηκαν με κλίση 2% και έτσι το θρεπτικό διάλυμα που αποστραγγιζόταν από τους σάκους έρρεε κατά μήκος κάθε



καναλιού μέχρι το κάτω άκρο του όπου οδηγούταν σε κατάλληλο συλλέκτη και στην συνέχεια απομακρυνόταν από το σύστημα (διάλυμα απορροής). Καταγραφή των τιμών pH και EC των απορροών των καναλιών από κάθε μεταχείριση πραγματοποιούνταν ανά δύο ημέρες.

*Leafy greens\* different application experimental design*



Εικόνα 3 Απεικόνιση πειραματικού σχεδίου.

Στο πείραμα εκτελέστηκε a x b διπαραγοντικό πείραμα, με τους εξής παράγοντες: την συνολική αναλογία αμμωνιακού ( $\text{NH}_4^+$ ) προς ολικού αζώτου ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ ) του θρεπτικού διαλύματος [χαμηλή (Low) ή υψηλή (High)] και την επίδραση δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών. Στην θέση 1 τοποθετήθηκαν τα φυτά γλιστρίδας και στην θέση 2 τα φυτά βαλεριανέλλας. Όταν τα φυτά γλιστρίδας συγκομίστηκαν στην θέση τους, στην θέση 1 μεταφυτεύθηκαν τα φυτά δροσουλίτη. Κάθε φυτικό είδος αναλύθηκε ξεχωριστά σαν ένα διπαραγοντικό πείραμα  $2 \times 3$  και δεν έγινε σύγκριση των φυτικών ειδών μεταξύ τους. Τα δυο διαφορετικά επίπεδα του παράγοντα a ήταν η διαφορετική σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος ως προς την συνολική αναλογία αμμωνιακού ( $\text{NH}_4^+$ ) προς ολικού αζώτου ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ ) του θρεπτικού διαλύματος: χαμηλή (Low) όπου στο πειραματικό σχέδιο εμφανίζεται ως συνεχές περίγραμμα σάκου περλίτη, ή υψηλή (High) όπου στο πειραματικό σχέδιο εμφανίζεται ως διακεκομμένο περίγραμμα του σάκου περλίτη. Τα τρία διαφορετικά

επίπεδα του παράγοντα b αφορούν την μεταχείριση ή όχι με βιοδιεγέρτες και συγκεκριμένα: μάρτυρας/control (μη προσθήκη βιοδιεγέρτη) - σάκοι με πράσινο χρώμα, μεταχείριση με βιοδιεγέρτη που προέρχεται από εκχύλισμα φυκιών (Algastar) – σάκοι με πορτοκαλί χρώμα και μεταχείριση με βιοδιεγέρτη που προέρχεται από υδρολυμένες πρωτεΐνες και αμινοξέα (Tyson) – σάκοι με μπλε χρώμα.

Αυτοί οι παράγοντες αντιστοιχούσαν σε έξι αλληλεπιδράσεις: High  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (High-Control), Low  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (Low-Control), High  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  - Algastar (High-Algastar), Low  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  - Algastar (Low-Algastar), High  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  - Tyson (High-Tyson) και Low  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  - Tyson (Low-Tyson). Η κατανομή των επεμβάσεων έγινε σε τυχαιοποιημένο σχέδιο πλήρων ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις ανά μεταχείριση (Εικόνα 3). Επομένως, τέσσερις σάκοι χρησιμοποιήθηκαν ανά επέμβαση. Συνεπώς ο συνολικός αριθμός των σάκων περλίτη που χρησιμοποιήθηκε για κάθε φυτό ανέρχεται στους 24 (30 μαζί με τα borders). Σε κάθε σάκο τοποθετήθηκαν 5 φυτά, συνεπώς μεταφυτεύθηκαν 120 φυτά από κάθε φυτικό είδος (ή 150 μαζί με τα φυτά που μεταφυτεύθηκαν στα κανάλια-borders). Οι επεμβάσεις αναλύονται στην Εικόνα 3. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας για κάθε επέμβαση φαίνεται στους πίνακες 2 και 3, ενώ η σύσταση του διαλύματος διαβροχής περιγράφεται στον πίνακα 1. Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε για την τροφοδοσία των φυτών ανά επέμβαση ήταν ίδια για κάθε φυτικό είδος καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Πίνακας 1 Σύσταση διαλύματος διαβροχής.

Διάλυμα διαβροχής			
Χαρακτηριστικό	Μονάδα μέτρησης	Σύσταση νερού άρδευσης	Σύσταση διαλύματος τροφοδοσίας (διάλυμα σταλάκτη)
EC	dS m <sup>-1</sup>	0.32	3.00
pH	-	7.30	5.60
K <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	8.72
Ca <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.90	5.25
Mg <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.30	3.42
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.89
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.20	5.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	15.05
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	1.65
Fe	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	40.00
Mn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	5.00
Zn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	2.15	7.00
Cu <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.80
B	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	40.00
Bo	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.70
Si	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.00
Cl <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.40	0.40
Na <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.60	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	2.20	0.40
K/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.50
Ca/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.30
Mg/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.20
N/K	mol mol <sup>-1</sup>	-	1.83
NH <sub>4</sub> -N/Total-N	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.06

Πίνακας 2 Σύσταση θρεπτικού διαλύματος επέμβασης HIGH NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N

Διάλυμα τροφοδοσίας HIGH NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/Total-N			
Χαρακτηριστικό	Μονάδα μέτρησης	Σύσταση νερού άρδευσης	Σύσταση διαλύματος τροφοδοσίας (διάλυμα σταλάκτη)
EC	dS m <sup>-1</sup>	0.32	2.40
pH	-	7.30	5.60
K <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	7.43
Ca <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.90	4.10
Mg <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.30	2.29
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	1.79
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.20	3.88
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	12.63
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	1.40
Fe	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	25.00
Mn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	8.00
Zn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	2.15	5.00
Cu <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.75
B	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	30.00
Bo	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.70
Si	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.00
Cl <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.40	0.40
Na <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.60	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	2.20	0.40
K/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.54
Ca/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.30
Mg/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.17
N/K	mol mol <sup>-1</sup>	-	1.94
NH <sub>4</sub> -N/Total-N	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.12

**Πίνακας 3** Σύσταση θρεπτικού διαλύματος επέμβασης LOW NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N

<b>Διάλυμα τροφοδοσίας LOW NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N</b>			
<b>Χαρακτηριστικό</b>	<b>Μονάδα μέτρησης</b>	<b>Σύσταση νερού άρδευσης</b>	<b>Σύσταση διαλύματος τροφοδοσίας (διάλυμα σταλάκτη)</b>
EC	dS m <sup>-1</sup>	0.32	2.30
pH	-	7.30	5.60
K <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	7.43
Ca <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.90	4.10
Mg <sup>2+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.30	2.29
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.64
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.20	2.73
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	13.78
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	1.40
Fe	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	25.00
Mn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	8.00
Zn <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	2.15	5.00
Cu <sup>++</sup>	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.75
B	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	30.00
Bo	μmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.70
Si	mmol L <sup>-1</sup>	0.00	0.00
Cl <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.40	0.40
Na <sup>+</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.60	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	2.20	0.40
K/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.54
Ca/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.30
Mg/(K:Ca:Mg)	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.17
N/K	mol mol <sup>-1</sup>	-	1.94
NH <sub>4</sub> -N/Total-N	mol mol <sup>-1</sup>	-	0.04

### 3.3.2 Σύνθεση και χορήγηση θρεπτικών διαλυμάτων

Για να καθοριστεί η σύσταση και οι απαιτούμενες ποσότητες λιπασμάτων για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό πρόγραμμα NUTRISENSE (Εργαστήριο Κηπευτικών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα). Πρόκειται για ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support System – DSS) για σύνθεση θρεπτικών διαλυμάτων (ως kg κάθε λιπάσματος για κάθε μητρικό διάλυμα συστήματος δύο δεξαμενών, η ως ποσοστά έγχυσης σε συστήματα πολλαπλών δεξαμενών), χρησιμοποιώντας δεδομένα που αφορούν την καλλιέργεια (είδος, στάδιο ανάπτυξης, εποχή, υπόστρωμα), εγκαταστάσεις (σύστημα υδρολίπανσης, ανοικτό ή κλειστό σύστημα κλπ.), τα διαθέσιμα λιπάσματα και τη σύσταση του νερού άρδευσης (Savvas et al., 2021a, 2021b). Τα κύρια δεδομένα που εισάγονται στο λογισμικό αυτό περιλαμβάνουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, συγκεντρώσεις ή αναλογίες μακροστοιχείων και συγκεντρώσεις P και μικροστοιχείων (NutriSense, n.d.).

Για να αποφευχθεί η συχνή παρασκευή θρεπτικού διαλύματος, παρασκευάστηκε διάλυμα 100 φορές πυκνότερο του τελικού (πυκνό διάλυμα), το οποίο ακολούθως αραιώθηκε με αρδευτικό νερό αναλογίας αραιώσεως 1:100, δίνοντας έτσι το τελικό διάλυμα τροφοδοσίας για παροχή στα φυτά. Για αυτό το σκοπό, χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικά δοχεία πυκνού διαλύματος, το Α και το Β, καθώς το νιτρικό ασβέστιο δεν τοποθετείται σε τόσο υψηλές συγκεντρώσεις μαζί με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα, λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  και  $\text{CaSO}_4$ , με αποτέλεσμα την κατακρήμνιση τους. Εκτός των δοχείων Α και Β, χρησιμοποιούταν και τρίτο δοχείο, το οποίο περιείχε το πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος και χρησιμοποιούταν ούτως ώστε το pH του αραιού θρεπτικού διαλύματος να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5.

### 3.3.3 Εφαρμογή βιοδιεγερτών

Ο βιοδιεγέρτης Algastar (ALGASTAR<sup>®</sup>, Mugavero fertilizers, Palermo, Italy) είναι ένα απόλυτα φυσικό συμπυκνωμένο υγρό θαλάσσιο εκχύλισμα του *Ascophyllum Nodosum* με υψηλή δράση φορέα που λαμβάνεται μέσω μιας αποκλειστικής διαδικασίας εκχύλισης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι φυτοορμόνες που περιέχονται σε αυτό προάγουν την κυτταρική διαίρεση και χαλάρωση και βελτιώνουν την ικανότητα του φυτού να αντέχει στα αβιοτικά στρες. Συγκεκριμένα αποτελείται από άζωτο (1%), κάλιο (18%) αλγινικό οξύ περισσότερο από 10%, θείο 1,3%, ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών και οργανική ουσία 45%. Εφαρμόστηκαν δύο δόσεις ALGASTAR<sup>®</sup>, 0 (μάρτυρας) ή 2 mL L<sup>-1</sup> (τυπική δόση) και εφαρμόστηκαν μέσω ψεκασμού φυλλώματος. Οι ψεκασμοί με βιοδιεγέρτη ALGASTAR<sup>®</sup> εφαρμόστηκαν δύο φορές για κάθε φυτικό είδος τις ημερομηνίες που αναγράφονται στον πίνακα 4. Για την εφαρμογή του, αραιώθηκε η κατάλληλη ποσότητα σε δύο λίτρα νερού.

Ο βιοδιεγέρτης Tyson (TYSON<sup>®</sup>, Mugavero fertilizers, Palermo, Italy) είναι ένα οργανικός φυτικής προέλευσης βιοδιεγέρτης πλούσιος σε αζωτούχα στοιχεία που προέρχονται εξ' ολοκλήρου από αμινοξέα και φυτικά πεπτίδια, που λαμβάνεται με την ενζυματική υδρόλυση της βιομάζας Fabaceae σε χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι ένα προϊόν που περιέχει ένα μείγμα από συστατικά πλούσια σε άζωτο πολύ διαλυτά και εύκολα αφομοιώσιμα από τα φυτά. Συγκεκριμένα η σύστασή του αποτελείται από: ολικό άζωτο (5%), οργανικό άζωτο (4,5%), οργανικό άνθρακα (25%) και αμινοξέα σε ποσοστό 31%. Εφαρμόστηκαν δύο δόσεις TYSON<sup>®</sup>, 0 (μάρτυρας) ή 3 mL L<sup>-1</sup> (τυπική δόση) και εφαρμόστηκαν μέσω διαφυλλικού ψεκασμού. Οι ψεκασμοί με βιοδιεγέρτη TYSON<sup>®</sup> εφαρμόστηκαν δύο φορές για κάθε φυτικό είδος τις ημερομηνίες που αναγράφονται στον πίνακα 4. Για την εφαρμογή του, αραιώθηκε η κατάλληλη ποσότητα σε δύο λίτρα νερού. Οι δύο βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν τις ίδιες ημερομηνίες.

**Πίνακας 4** Ημερομηνίες εφαρμογής βιοδιεγερτών για κάθε φυτικό είδος.

<b>Φυτικό είδος</b>	<b>Ημερομηνία 1<sup>ης</sup> εφαρμογής βιοδιεγερτών</b>	<b>Ημερομηνία 2<sup>ης</sup> εφαρμογής βιοδιεγερτών</b>
Γλιστρίδα	14/04/2022	20/04/2022
Βαλεριανέλλα	14/04/2022	26/04/2022
Δροσουλίτης	03/05/2022	10/05/2022

### **3.3.4 Καλλιεργητικές Φροντίδες**

Τα τρία είδη φυλλωδών λαχανικών (γλιστρίδα, βαλεριανέλλα, δροσουλίτης) που καλλιεργήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα λόγω της ταχείας ανάπτυξής τους δεν είχαν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε καλλιεργητικές περιποιήσεις πέρα από την θρέψη τους. Η παρουσία εντομοστεγών διχτύων στα παράθυρα και στην είσοδο του θερμοκηπιακού θαλάμου, ήταν ικανά για τον αποτελεσματικό έλεγχο κατά των εντομολογικών εχθρών, οπότε δεν χρειάστηκε να γίνει επέμβαση με φυτοπροστατευτικά σκευάσματα.

### **3.4 Λήξη πειραματικής διαδικασίας στο θερμοκήπιο – Συγκομιδή φυτών**

Το πείραμα ολοκληρώθηκε στις 27/04/2022, 06/05/2022, 18/05/2022 αντίστοιχα για τα φυτά της Γλιστρίδας, Βαλεριανέλλας και Δροσουλίτη (λήξη καλλιέργειας στο θερμοκήπιο), μόλις απέκτησαν εμπορική αξία (Εικόνα 4). Επιλέχθηκαν δύο φυτά ανά σάκο, τα οποία αφαιρέθηκαν μαζί με τις ρίζες τους.





Εικόνα 4 Τα φυτά γλιστρίδας (Α), βαλεριανέλλας (Β) και δροσουλίτη (Γ) κατά τη συγκομιδή.

### **3.5 Μετρήσεις κατά την συγκομιδή των φυτών**

#### **3.5.1 Υπολογισμός νωπού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών**

Κατά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας, αμέσως μετά την συγκομιδή των φυτών, υπολογίστηκε το νωπό βάρος υπέργειου μέρους και ριζών (αφού αφαιρέθηκαν προσεκτικά υπολείμματα υποστρώματος περλίτη με απεσταγμένο νερό) ξεχωριστά για κάθε φυτό με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων.

#### **3.5.2 Μέτρηση αριθμού φύλλων και εμβαδού φυλλικής επιφάνειας**

Μετά τον υπολογισμό του νωπού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών, μετρήθηκε ο αριθμός των φύλλων, όπως το εμβαδόν της φυλλικής επιφάνειας (cm<sup>2</sup>) ανά φυτό, με την χρήση οργάνου μέτρησης φυλλικής επιφάνειας του εργαστηρίου κηπευτικών του ΓΠΑ.

### **3.6 Ξήρανση φυτικού ιστού**

Αμέσως μετά την μέτρηση και της φυλλικής επιφάνειας τα φύλλα και οι ρίζες κάθε φυτού τοποθετήθηκαν ξεχωριστά για ξήρανση στο ξηραντήριο στους 80°C για 7 ημέρες μέχρι την πλήρη αφαίρεση της υγρασίας τους.

#### **3.7 Υπολογισμός ξηρού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών**

Μετά την ξήρανση των φυτικών δειγμάτων ακολούθησε υπολογισμός του ξηρού βάρους υπέργειου μέρους και ριζών με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων για τον υπολογισμό του ποσοστού υγρασίας και το ποσοστό ξηρής ουσίας.

#### **3.8 Άλεση φυτικού ιστού**

Τα φυτικά δείγματα που συλλέχθηκαν κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας και κατά την συγκομιδή ξηράθηκαν και αλέσθηκαν με την χρήση του μύλου MF 10

(IKA Werke, Staufen, Germany), με στροφές να κυμαίνονται στο εύρος 3.000 - 6.500 rpm. Τα δείγματα εισήχθησαν στο μηχάνημα από το πάνω μέρος, όπου η άλεση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση περιστροφικών μεταλλικών λεπίδων στο κέντρο του μηχανήματος. Τέλος, έγινε το κοσκίνισμα και εξαγωγή του δείγματος από το μηχάνημα σε μορφή σκόνης.

### 3.9 Εκχύλιση φυτικού ιστού

Η προετοιμασία των φυτικών δειγμάτων προκειμένου να αναλυθούν απαιτεί προηγουμένως την εκχύλισή τους. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την μετατροπή των δειγμάτων σε τέφρα. Αυτό πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το πυραντήριο LM-112 (Linn High Therm, Hirschbach, Germany), με χωρητικότητα 1,5 L και μέγιστη θερμοκρασία 1200 °C (Εικόνα 5). Αρχικά ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε 0,5 g αλεσμένου δείγματος σε αριθμημένες πορσελάνινες κάψες (εικόνα 6), οι οποίες στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στο πυραντήριο (εικόνα 5), για 8 ώρες στους 500 °C.



Εικόνα 5 Πυραντήριο LM-112 (Linn High Therm, Hirschbach, Germany)

Μετά το πέρας των 8 ωρών, οι κάψες με τα φυτικά δείγματα έμειναν στο πυραντήριο για διάστημα 24 ωρών προκειμένου να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου.

Έπειτα ακολούθησε η εξαγωγή τους και η τοποθέτηση 10 ml HCl 1:50 σε κάθε κάψα. Στην συνέχεια το περιεχόμενο κάθε κάψας (τέφρα + υδροχλωρικό οξύ) μεταφέρθηκε

σε ογκομετρική φλάσκα περιεκτικότητας 100 ml, προκειμένου να γίνει διήθηση του κάθε δείγματος. Η διήθηση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας διηθητικό φίλτρο που περιείχε σπές πολύ μικρής διατομής (ashless), ξεπλένοντας τις κάψες με απεσταγμένο νερό. Έπειτα, συμπληρώθηκαν οι φλάσκες έως τα 100 ml με απεσταγμένο νερό. Μετά από ανάδευση των φλασκών το περιεχόμενό τους μεταφέρθηκε σε πλαστικά φιαλίδια, τα οποία αποθηκεύτηκαν στο ψυγείο και χρησιμοποιήθηκαν για περαιτέρω ανάλυση.



**Εικόνα 6** Τοποθέτηση 0.5 g αλεσμένου δείγματος στις κάψες και τοποθέτηση των καψών στο πυραντήριο

### 3.10 Αναλύσεις φυτικού ιστού

#### 3.10.1 Προσδιορισμός Στοιχείων $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ και $\text{Zn}^{2+}$

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  και  $\text{Zn}^{2+}$  στα φυτικά εκχυλίσματα πραγματοποιήθηκε με την χρήση του φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης Shimadzu AA-7000 (Kyoto, Japan, Εικόνα 7). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας ελευθέρων ατόμων ενός στοιχείου, τα οποία βρίσκονται σε θεμελιώδη κατάσταση. Τα ελεύθερα άτομα διεγείρονται με την απορρόφηση ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος, και τείνουν να απελευθερώσουν την ενέργεια που απορροφούν προκειμένου να επιστρέψουν στη θεμελιώδη τους κατάσταση. Η ακτινοβολία που χρησιμοποιείται είναι αυτή που παράγεται από τη μετάπτωση του αναλυόμενου στοιχείου από την κατάσταση διέγερσης.



Εικόνα 7 Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Shimadzu AA-7000 (Kyoto, Japan)

Έτσι, το φάσμα εκπομπής διεγερμένων ατόμων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων στους υπό ανάλυση φυτικούς ιστούς (Καρκαλούσος et al., 2015; Σαριδάκης & Κουβαράκης, 2020). Η ποσοτική ανάλυση βασίζεται στον νόμο του Lambert-Beer, όπως περιγράφεται στην εξίσωση 1.

**Εξίσωση 1** Προσδιορισμός συγκεντρώσεων στοιχείων ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  και  $\text{Zn}^{2+}$  σύμφωνα με τον νόμο Lambert-Beer

$$A = -\log_{10}(I_0/I) = k \times L \times C$$

Όπου:

A: Απορρόφηση

$I_0$ : Ένταση αρχικής ακτινοβολίας (nm)

I: Ένταση τελικής ακτινοβολίας (nm)

K: Συντελεστής απορρόφησης ( $\text{M}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ )

L: Μήκος πορείας (πάχος) διέλευσης της ακτίνας φωτός (cm)

C: Συγκέντρωση μετάλλου (M)

### 3.10.2 Προσδιορισμός Καλίου ( $K^+$ ) και Νατρίου ( $Na^+$ )

Η ποσότητα των ιόντων  $K^+$  και  $Na^+$  στους εκχυλισμένους φυτικούς ιστούς καθορίστηκε χρησιμοποιώντας ένα φλογοφωτόμετρο Sherwood Flame Photometer 410 (Cambridge, UK, Εικόνα 8). Πριν από τη χρήση, το φλογοφωτόμετρο ρυθμίστηκε χρησιμοποιώντας διαλύματα που περιείχαν ιόντα Καλίου και Νατρίου συγκέντρωσης 0,5 και 10 ppm. Προκειμένου οι τιμές των συγκεντρώσεων να βρίσκονται στο επιθυμητό εύρος τιμών, έγινε αραίωση των δειγμάτων. Η λειτουργία του φλογοφωτομέτρου



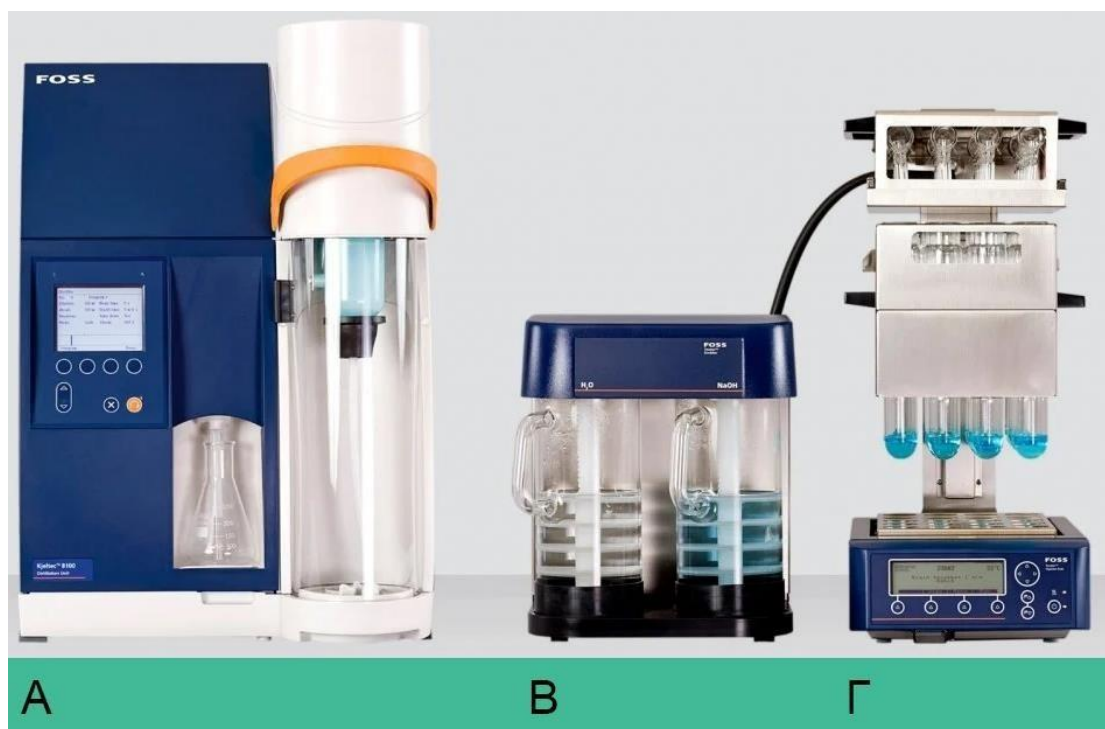
Εικόνα 8 Φλογοφωτόμετρο Sherwood Flame Photometer 410 (Cambridge, UK)

ακολουθεί τις αρχές της μεθόδου Φασματομετρίας Ατομικής Εκπομπής, η οποία βασίζεται στο φάσμα εκπομπής διεγερμένων ατόμων, για τον προσδιορισμό συγκεντρώσεων χημικών στοιχείων. Το φλογοφωτόμετρο είναι ικανό να αναλύει μόνο τα αλκάλια  $K$  και  $Na$ , καθώς οι θερμοκρασίες που παράγονται δεν επαρκούν για τη διέγερση των ατόμων των μη αλκαλικών μετάλλων.

### 3.10.3 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου ( $\text{NH}_4^+$ και $\text{NO}_3^-$ )

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των φυτικών δειγμάτων σε οργανικό άζωτο πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Kjeldahl (Mills & Jones, 1997). Αυτή η μέθοδος βασίζεται στη διαδικασία υγρής πέψης και καύσης του αζώτου, μετατρέποντάς τον σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4^-$ ) μέσω της επεξεργασίας με πυκνό θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) σε υψηλές θερμοκρασίες. Η παραγόμενη μέσω απόσταξης  $\text{NH}_3$ , δεσμεύεται με βορικό οξύ και προσδιορίζεται με τιτλοδότηση. Για την εφαρμογή της μεθόδου Kjeldahl, χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα:

- Σύστημα πέψης Labtec DT 220 (FOSS A/S, Hillerød, Denmark) αποτελούμενο από μπλοκ πέψης και μονάδα απαγωγής σωλήνων πέψης (20 θέσεων) (Εικόνα 9, Γ).
- Μονάδα Scrubber Labtec SR 210 (FOSS A/S, Hillerød, Denmark), για εξουδετέρωση διαβρωτικών αερίων (Εικόνα 9, Β).
- Μονάδα απόσταξης Tecator Kjeltex 8200 (FOSS A/S, Hillerød, Denmark) με λειτουργία αυτόματης ανάλυσης (Εικόνα 9, Α).



Εικόνα 9 Α. Tecator Kjeltex 8200, Β. Scrubber Labtec SR 210, Γ. Labtec DT 220 (FOSS A/S Hillerød, Denmark) (Fossanalytics.com)

### 3.10.3.1 Υγρή καύση – πέψη

Για να την εφαρμογή της διαδικασίας της υγρής καύσης – πέψης, ζυγίστηκαν 0,25 g δείγματος αλεσμένου φυτικού ιστού, τα οποία τοποθετήθηκαν σε ειδικούς σωλήνες πέψης. Στην συνέχεια έγινε προσθήκη δύο ταμπλετών Kjeldahl (Kjeltabs) 3,5 g (99,9%  $K_2SO_4$  και 0,1% Se) (PanReac AppliChem – ITW Reagents, Illinois, USA) και 20 ml  $H_2SO_4$ , ώστε να πραγματοποιηθεί η πέψη του δείγματος και ακολούθησε η προσεκτική ανάδευση του περιεχομένου των σωλήνων. Στην συνέχεια ακολούθησε η τοποθέτηση των σωλήνων πέψης μαζί με το περιεχόμενο του στη μονάδα απαγωγής, μαζί με ένα τυφλό δείγμα (2 Kjeltabs και 20 ml  $H_2SO_4$ ) και ένα δείγμα γλυκίνης (0,1 g). Μετέπειτα, η μονάδα απαγωγής τοποθετήθηκε στη συσκευή DT 220 η οποία είχε προθερμανθεί στους 420 °C. Η υγρή καύση διήρκεσε για 1 ώρα, μέχρι το υγρό στους σωλήνες να γίνει διαυγές. Επακόλουθα, η μονάδα απαγωγής τοποθετήθηκε πλησίον της συσκευής σε ειδική θέση, ούτως ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία, για 1 ώρα και στην συνέχεια να πραγματοποιηθεί η απόσταξη.

### 3.10.3.2 Απόσταξη

Για τη διαδικασία της απόσταξης, προστέθηκαν 25–30 ml βορικού οξέος στη μονάδα Kjeltec 8200. Εφοδιασμός της μονάδας με NaOH 40% και απεσταγμένο νερό πραγματοποιούνταν μέσω δοχείων. Αρχικά έγινε προσθήκη 80 ml απεσταγμένου νερού και καλή ανάδευση του περιεχομένου. Η λειτουργία του προγράμματος για την απόσταξη των δειγμάτων γινόταν αυτόματα και είχε διάρκεια 5 λεπτών. Το αποσταγμένο δείγμα κατατίθετο σε κωνική φιάλη.

### 3.10.3.3 Τιτλοδότηση

Τα αποστάγματα τιτλοδοτήθηκαν με την χρήση διαλύματος HCl 0,1 M. Πρώτα ογκομετρήθηκε το τυφλό διάλυμα και σημειώθηκαν τα απαιτούμενα ml οξέος που καταναλώθηκαν για μέχρι το δείγμα να μεταχρωματιστεί από πράσινο σε ερυθρό. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα δείγματα των σωλήνων.



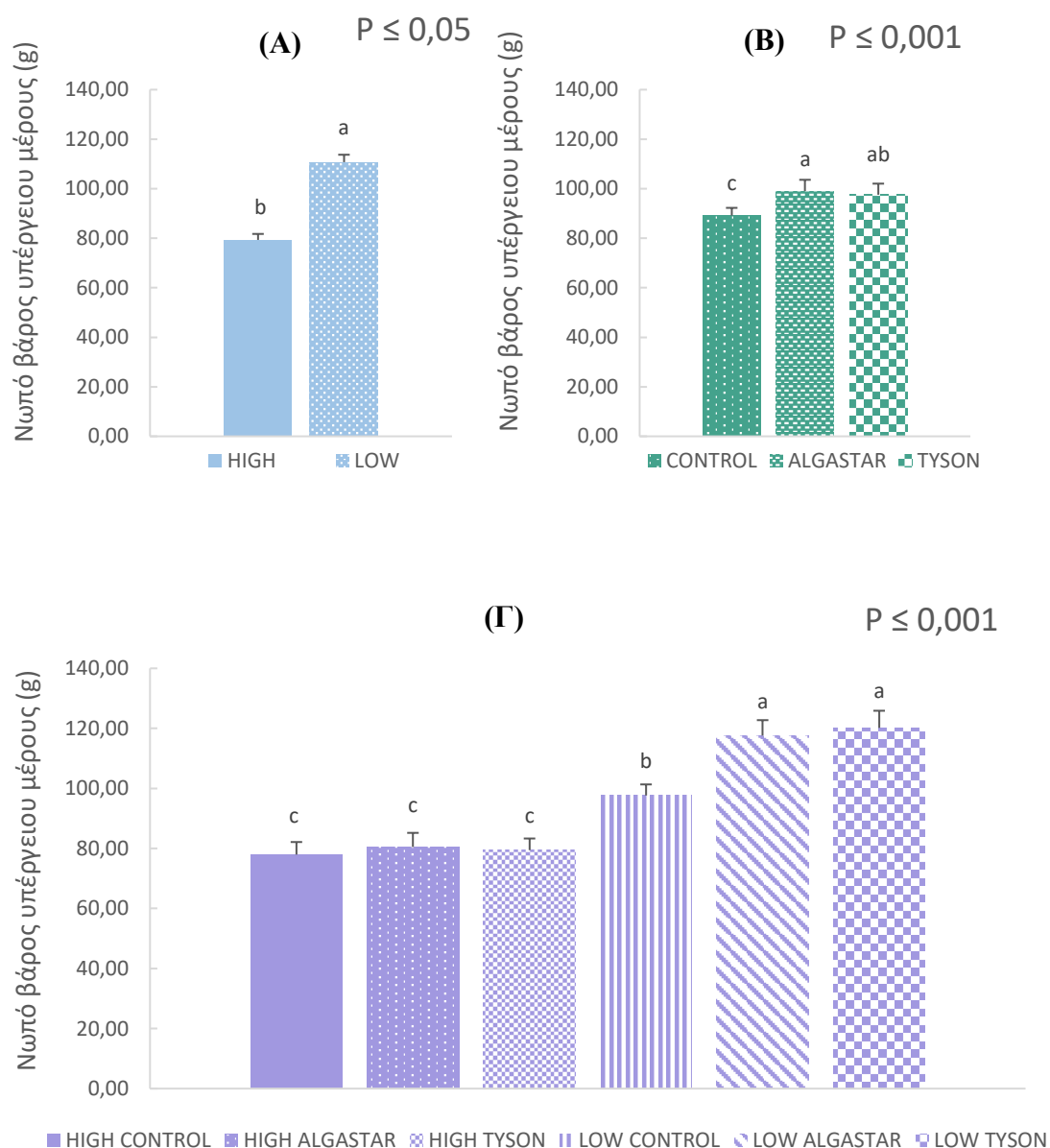
### 3.11 Στατιστική ανάλυση

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα «STATGRAPHICS Centurion XVI» όπου πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA), για την εύρεση της πιθανής στατιστικά σημαντικής διαφοράς, όπως και του εύρους σφάλματος. Τα δεδομένα αναλύθηκαν μέσω της εφαρμογής ανάλυσης διασποράς (ANOVA) εφαρμόστηκε για τον έλεγχο της κύριας επίδρασης των παραγόντων αναλογία αμμωνιακού ( $\text{NH}_4^+$ ) προς νιτρικού ( $\text{NO}_3^-$ ) αζώτου ( $\text{NH}_4^+\text{-N/TOTAL-N}$ ) του θρεπτικού διαλύματος (χαμηλή (low), ή υψηλή (high) και επίδραση δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών, όπως και την αλληλεπίδραση αυτών των δύο παραγόντων. Η Post-hoc ανάλυση για σύγκριση των μέσων έγινε σύμφωνα με το Duncan's Multiple-Range Test. Όλοι οι στατιστικοί έλεγχοι είχαν επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 5\%$ . Τα γραφήματα κατασκευάστηκαν με το πρόγραμμα Excel (Version 365, Microsoft, Washington, USA). Στους πίνακες περιλαμβάνονται τα τυπικά σφάλματα, και γράμματα (a, b, c...) που χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν πιθανή στατιστικά σημαντική διαφορά βάση των αποτελεσμάτων του Duncan's Multiple-Range test.

## 4. Αποτελέσματα

### 4.1 Νωπό βάρος (fw)

#### 4.1.1 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους δροσουλίτη



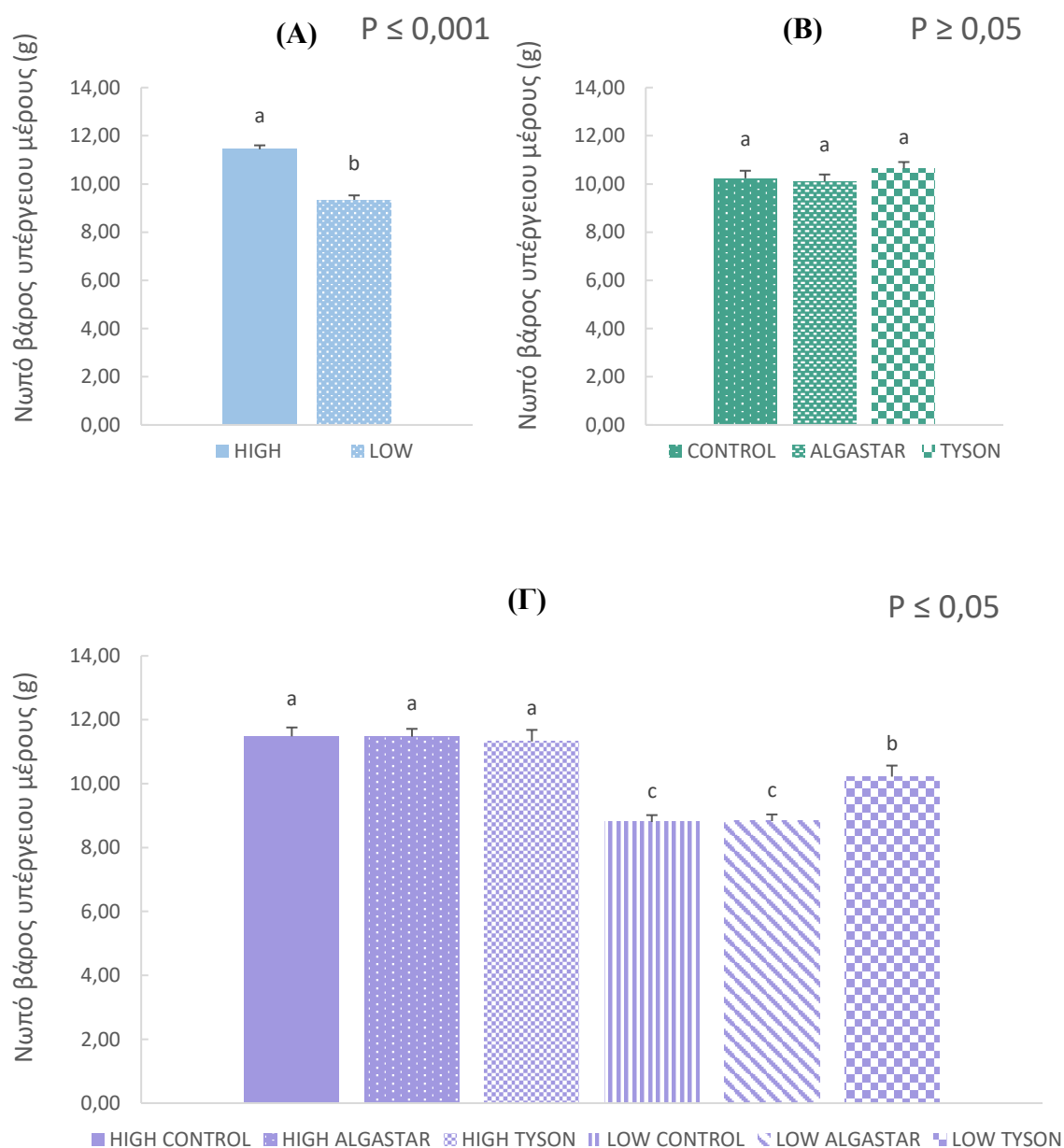
**Γράφημα 4.1.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.1 Γ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης της παραλλακτικότητας (ANOVA) βρέθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή του νωπού βάρους καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.1.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη τιμή νωπού βάρους ενώ οι αμεταχείριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με το χαμηλότερο νωπό βάρος (Γράφημα 4.1.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.1.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή νωπού βάρους προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) αύξησε κατά 31,39% το νωπό βάρος σε σχέση με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.1.1. Α). Η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) και η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) αύξησε κατά 9,99% και 8,62% αντίστοιχα, το νωπό βάρος των φυτών δροσουλίτη σε σχέση με το νωπό βάρος των φυτών όπου δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.1.1 Β). Ειδικότερα, η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) αύξησε το νωπό βάρος των φυτών κατά 35,12%, 33,88%, 33,02% και 18,74 σε σχέση με το νωπό βάρος των φυτών όπου είχε εφαρμοστεί υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς την εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), όπου το νωπό βάρος των

φυτών αυξήθηκε κατά 33,72%, 32,44%, 31,56% και 16,97% σε σχέση με το νωπό βάρος των φυτών όπου είχε εφαρμοστεί υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς την εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL) αντίστοιχα. Τέλος, η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς παρουσία βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL) αύξησε κατά 20,16%, 18,63% και 17,57% το νωπό βάρος των φυτών σε σχέση με το νωπό βάρος των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON) και υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR) αντίστοιχα (Γράφημα 4.1.1 Γ).

#### 4.1.2 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους βαλεριανέλλας



**Γράφημα 4.1.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγέρτων (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.2 Γ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

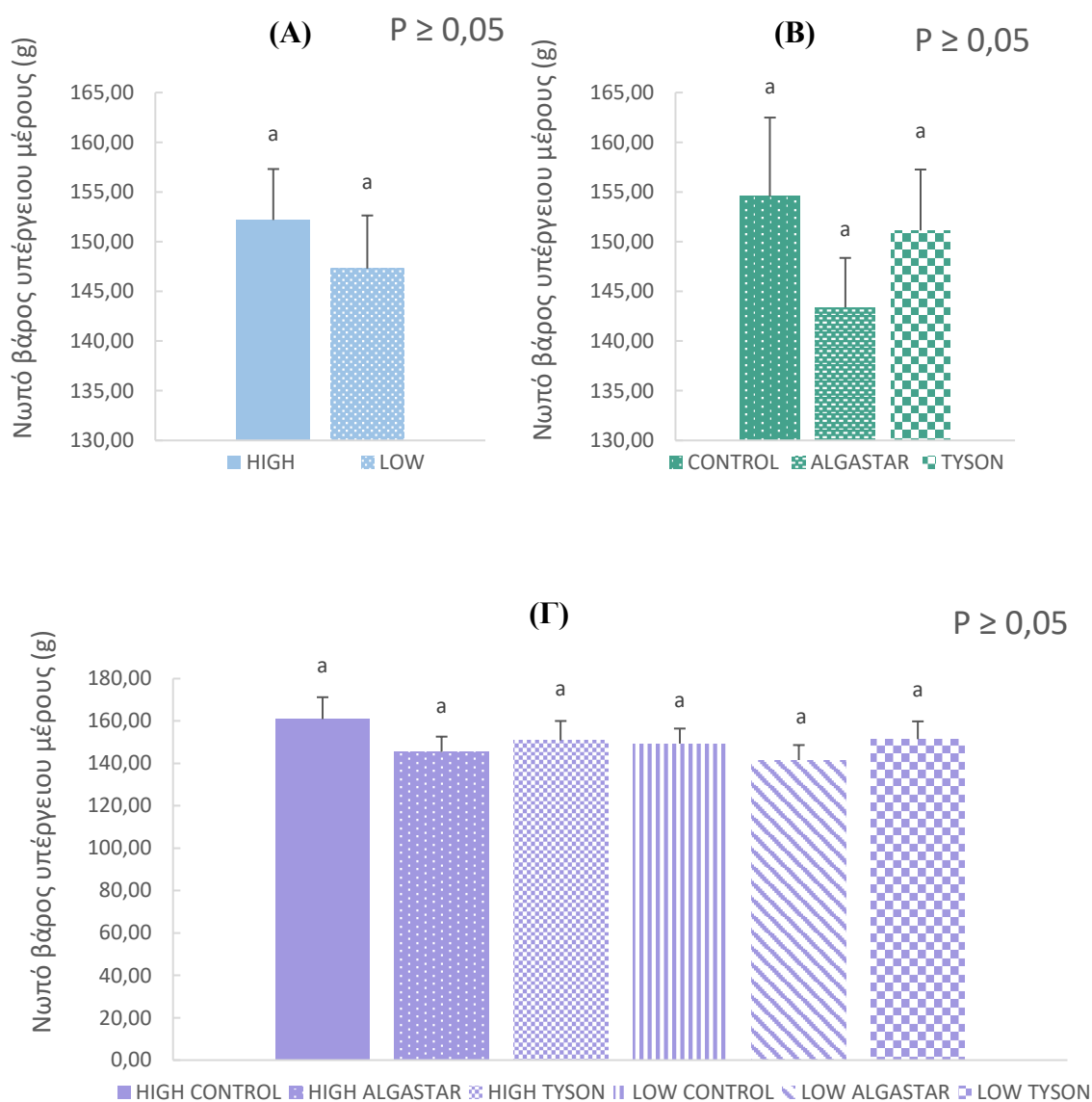
Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η χαμηλότερη τιμή του νωπού βάρους καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με

χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , ενώ η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.1.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη τιμή νωπού βάρους ενώ η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) οδήγησε σε φυτικούς ιστούς με το υψηλότερο νωπό βάρος (Γράφημα 4.1.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.1.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή νωπού βάρους προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  αύξησε κατά 18,18% το νωπό βάρος σε σχέση με την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ . Ειδικότερα η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL) αύξησε κατά 23,34%, 23,1% και 10,97% το νωπό βάρος σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL), χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) αντίστοιχα. Αναλόγως η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR) αύξησε κατά 23,07%, 22,81 και 10,66% το νωπό βάρος σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL), χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) αντίστοιχα. Παρόμοια αύξηση του νωπού βάρους παρατηρήθηκε και με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson όπου το νωπό βάρος αυξήθηκε κατά 22,26%, 21,99 και 9,71% σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL), χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) αντίστοιχα. Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson αύξησε το νωπό βάρος κατά 13,89% και 13,6% σε σχέση

με τους πειραματικούς σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

#### 4.1.3 Νωπό βάρος (fw) υπέργειου μέρους γλιστρίδας



**Γράφημα 4.1.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) Γράφημα 4.1.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.3 Γ) στο νωπό βάρος (fw) των υπέργειων φυτικών ιστών του *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

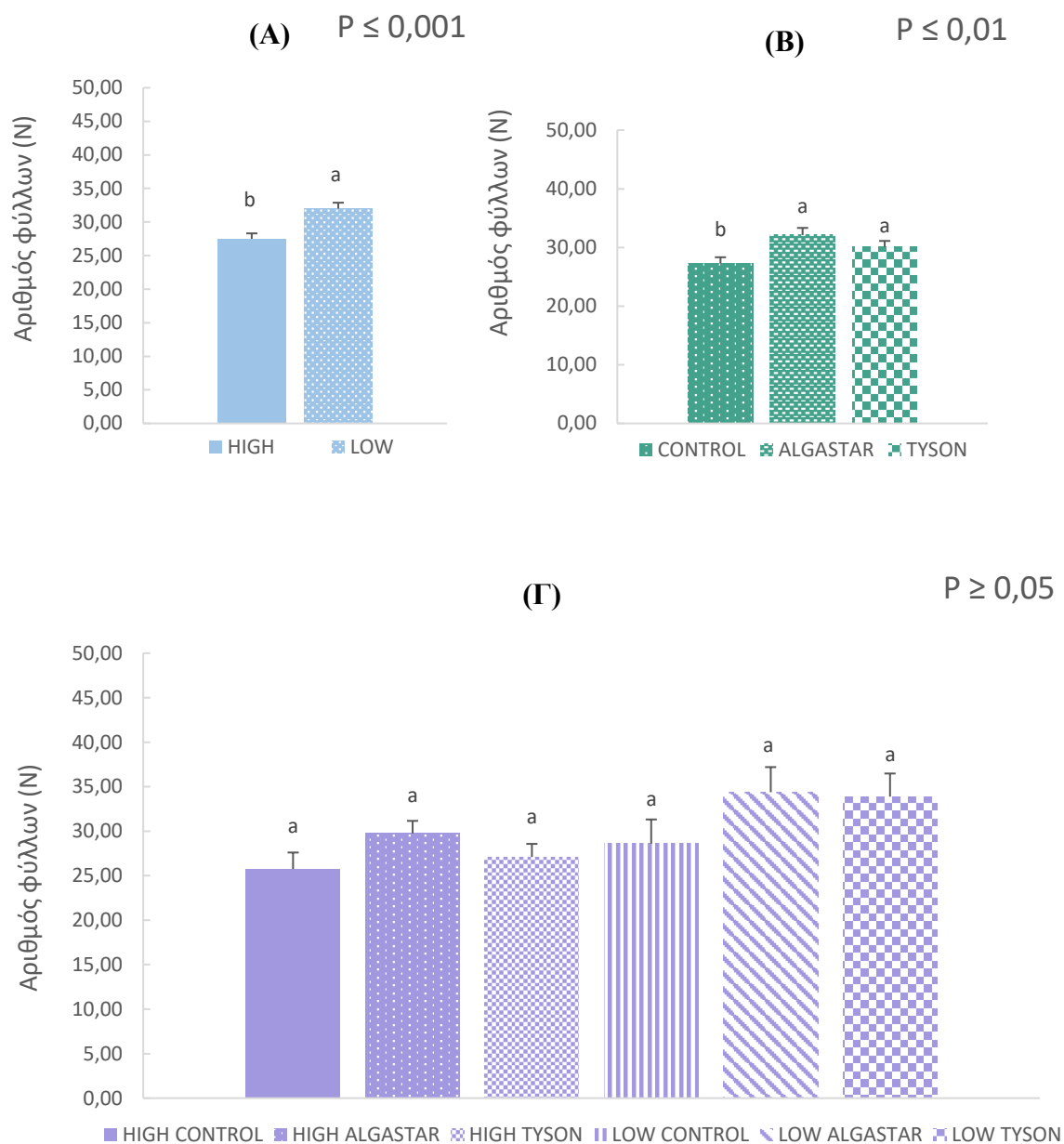
Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η χαμηλότερη τιμή του νωπού βάρους καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.1.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη τιμή νωπού βάρους ενώ οι αμεταχειριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με το χαμηλότερο νωπό βάρος (Γράφημα 4.1.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.1.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή νωπού βάρους προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψε ότι ο παράγοντας αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (Γράφημα 4.1.3 Α), ο παράγοντας βιοδιεγέρτης (Γράφημα 4.1.3 Β) και συνεπώς και η αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.1.3 Γ) δεν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα του νωπού βάρους για την γλιστρίδα.



## 4.2 Αριθμός φύλλων

### 4.2.1 Αριθμός φύλλων δροσουλίτη

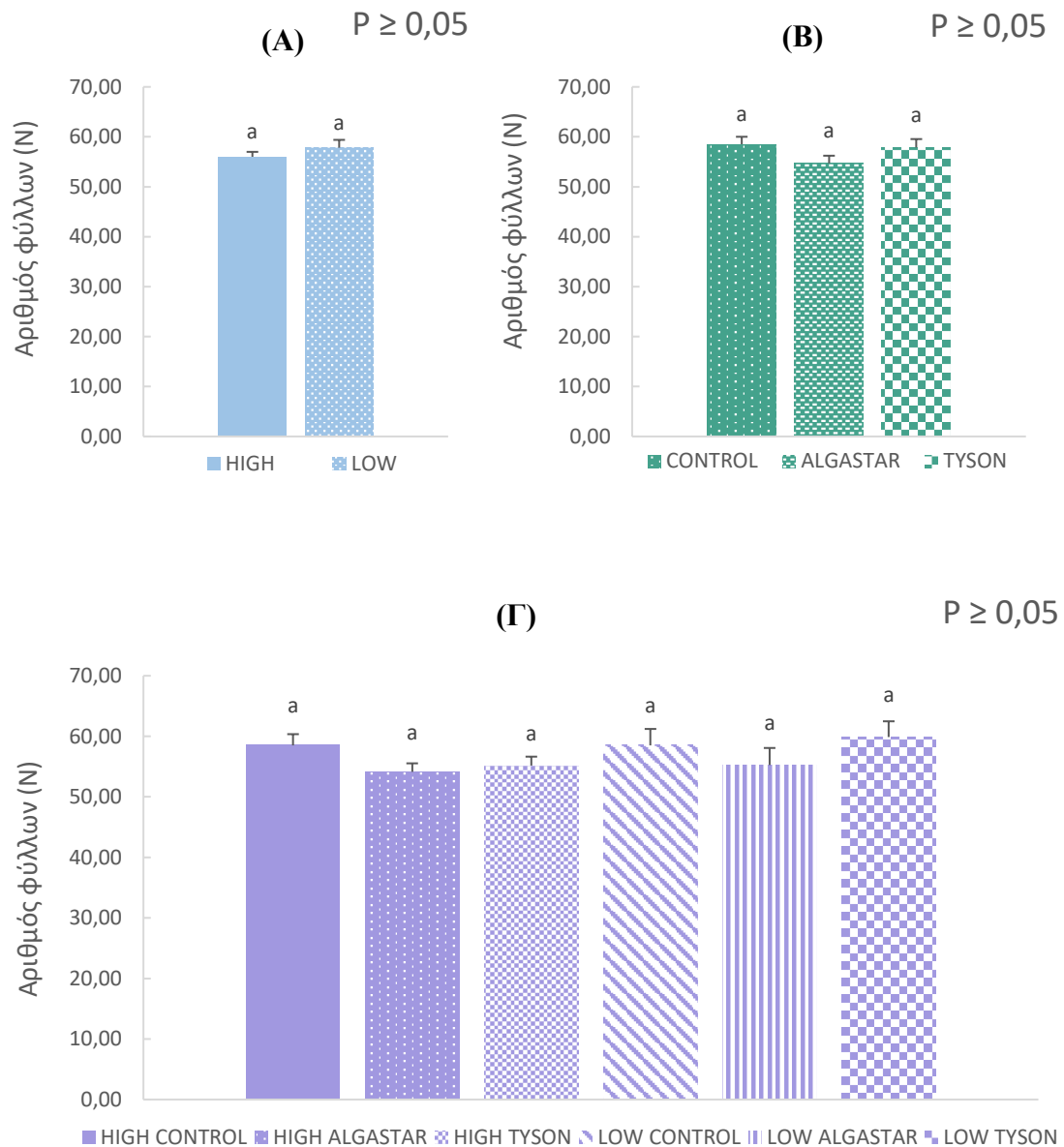


**Γράφημα 4.2.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.1.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.1.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.1.3 Γ) στον αριθμό φύλλων του *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα δεδομένα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή του αριθμού φύλλων καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.2.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη τιμή αριθμού φύλλων ενώ οι αμεταχείριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με το μικρότερο αριθμό φύλλων (Γράφημα 4.2.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.2.1 Γ) παρατηρούμε πως ο χαμηλότερος αριθμός φύλλων προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η υψηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) αύξησε κατά 14,1% τον αριθμό φύλλων σε σχέση με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH). Η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) και η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) αύξησε κατά 14,95% και 9,3% αντίστοιχα, τον αριθμό των φύλλων σε σχέση με τον αριθμό φύλλων των φυτών όπου δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL).

#### 4.2.2 Αριθμός φύλλων βαλεριανέλλας



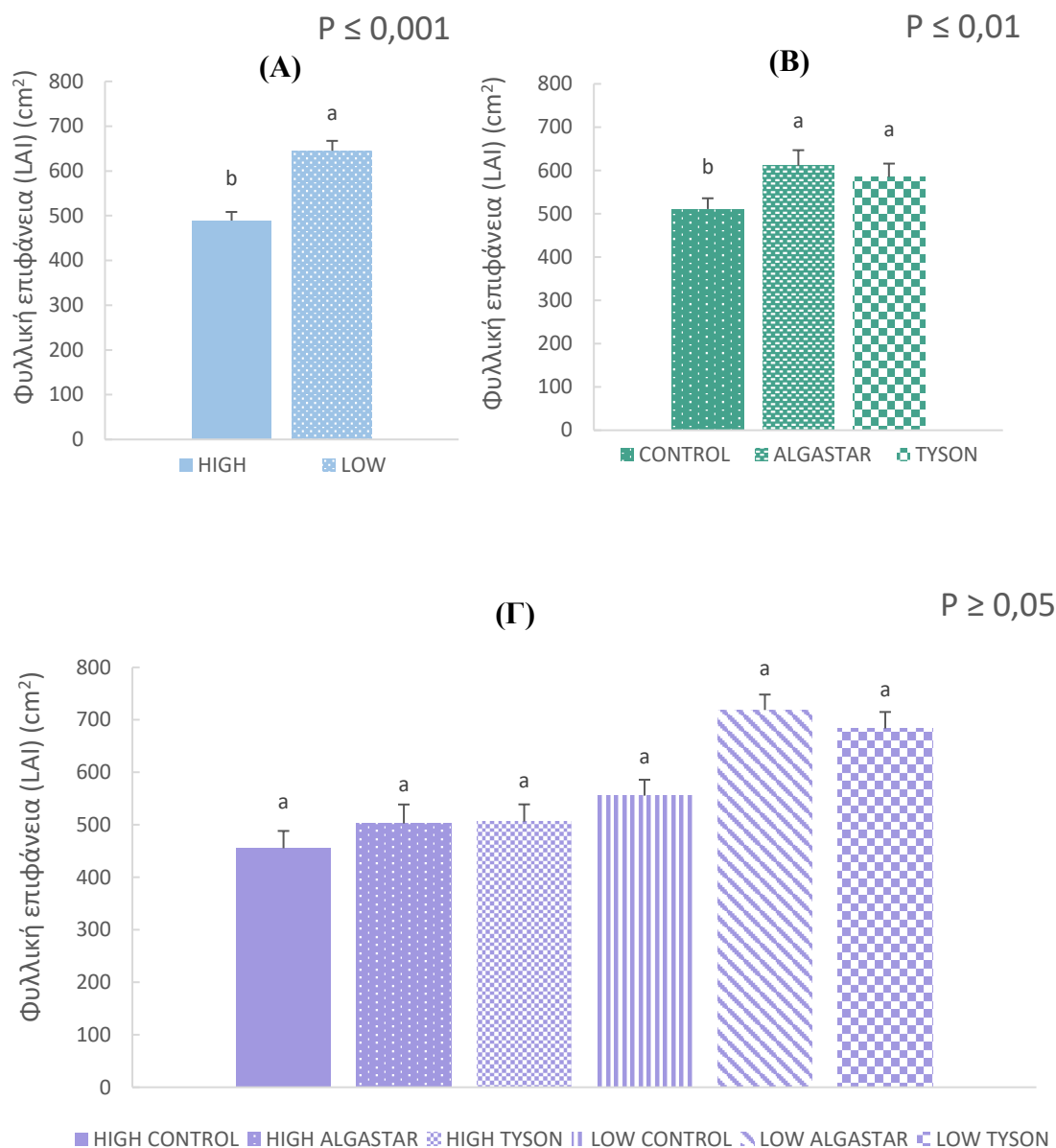
**Γράφημα 4.2.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.2.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.2.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.2.2 Γ) στον αριθμό φύλλων των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα δεδομένα της ANOVA προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή του αριθμού φύλλων καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.2.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη τιμή αριθμού φύλλων ενώ οι αμεταχειριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με το μεγαλύτερο αριθμό φύλλων (Γράφημα 4.2.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.2.2 Γ) παρατηρούμε πως ο χαμηλότερος αριθμός φύλλων προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η υψηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων, προέκυψε ότι ο παράγοντας αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (Γράφημα 4.2.2 Α), ο παράγοντας βιοδιεγέρτης (Γράφημα 4.2.2 Β) και συνεπώς και η αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.2.2 Γ) δεν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα του αριθμού φύλλων για την βαλεριανέλλα.

### 4.3. Συνολική φυλλική επιφάνεια

#### 4.3.1 Συνολική φυλλική επιφάνεια δροσουλίτη

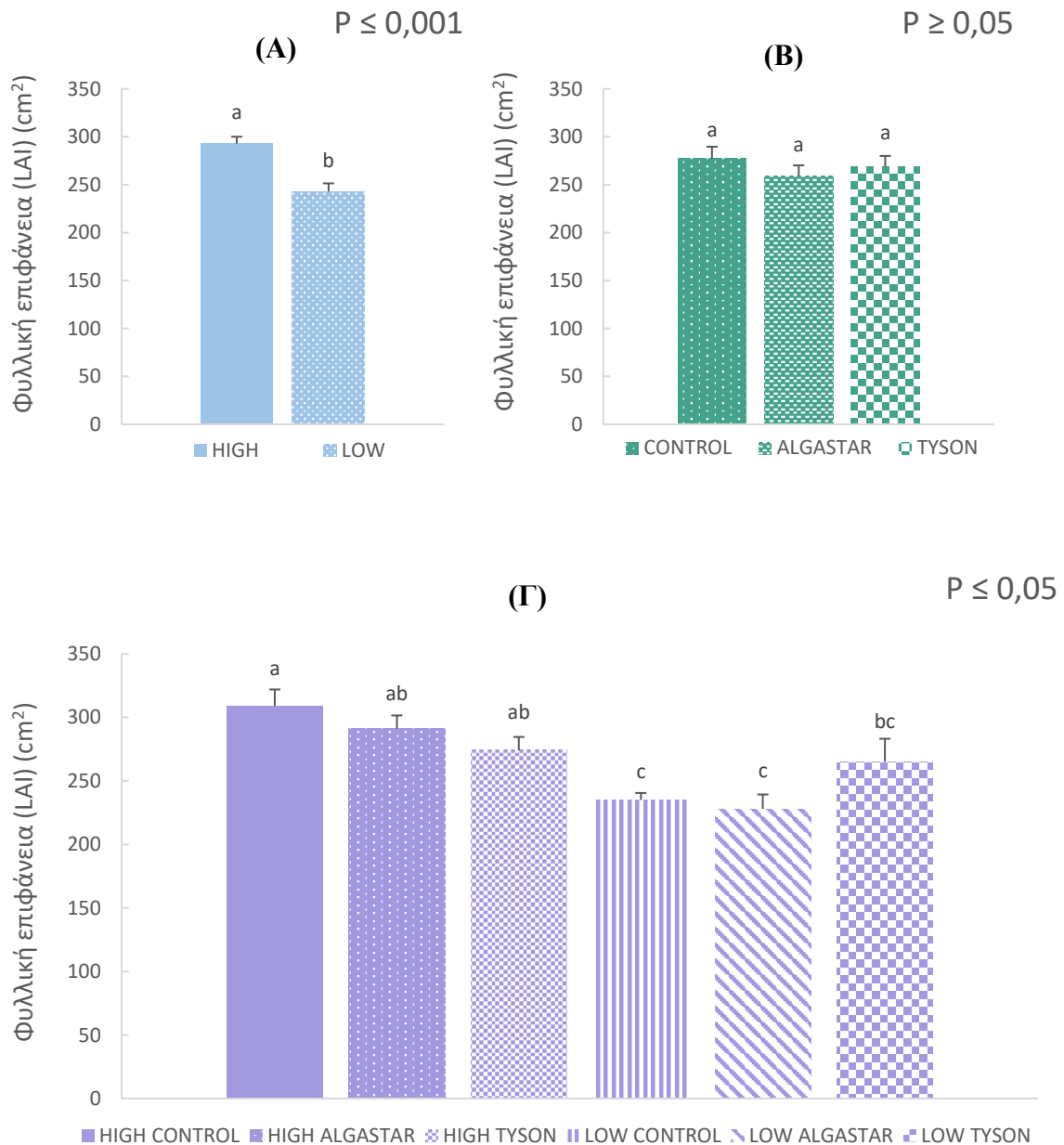


**Γράφημα 4.3.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.3.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.3.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.3.1 Γ) στην συνολική φυλλική επιφάνεια των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συνολικής φυλλικής επιφάνειας καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.3.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συνολική φυλλική επιφάνεια, ενώ τα φυτά που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) είχαν την χαμηλότερη συνολική φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.3.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.3.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή της συνολικής φυλλικής επιφάνειας προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Από τις συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) αύξησε κατά 24,18% την συνολική φυλλική επιφάνεια σε σχέση με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH). Η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) και η εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) αύξησε κατά 16,36% και 12,64% αντίστοιχα, την συνολική φυλλική επιφάνεια σε σχέση με την συνολική φυλλική επιφάνεια των φυτών δροσουλίτη όπου δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL).

### 4.3.2 Συνολική φυλλική επιφάνεια βαλεριανέλλας



**Γράφημα 4.3.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.3.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγέρτων (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.3.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.3.2 Γ) στην συνολική φυλλική επιφάνεια των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συνολικής φυλλικής επιφάνειας

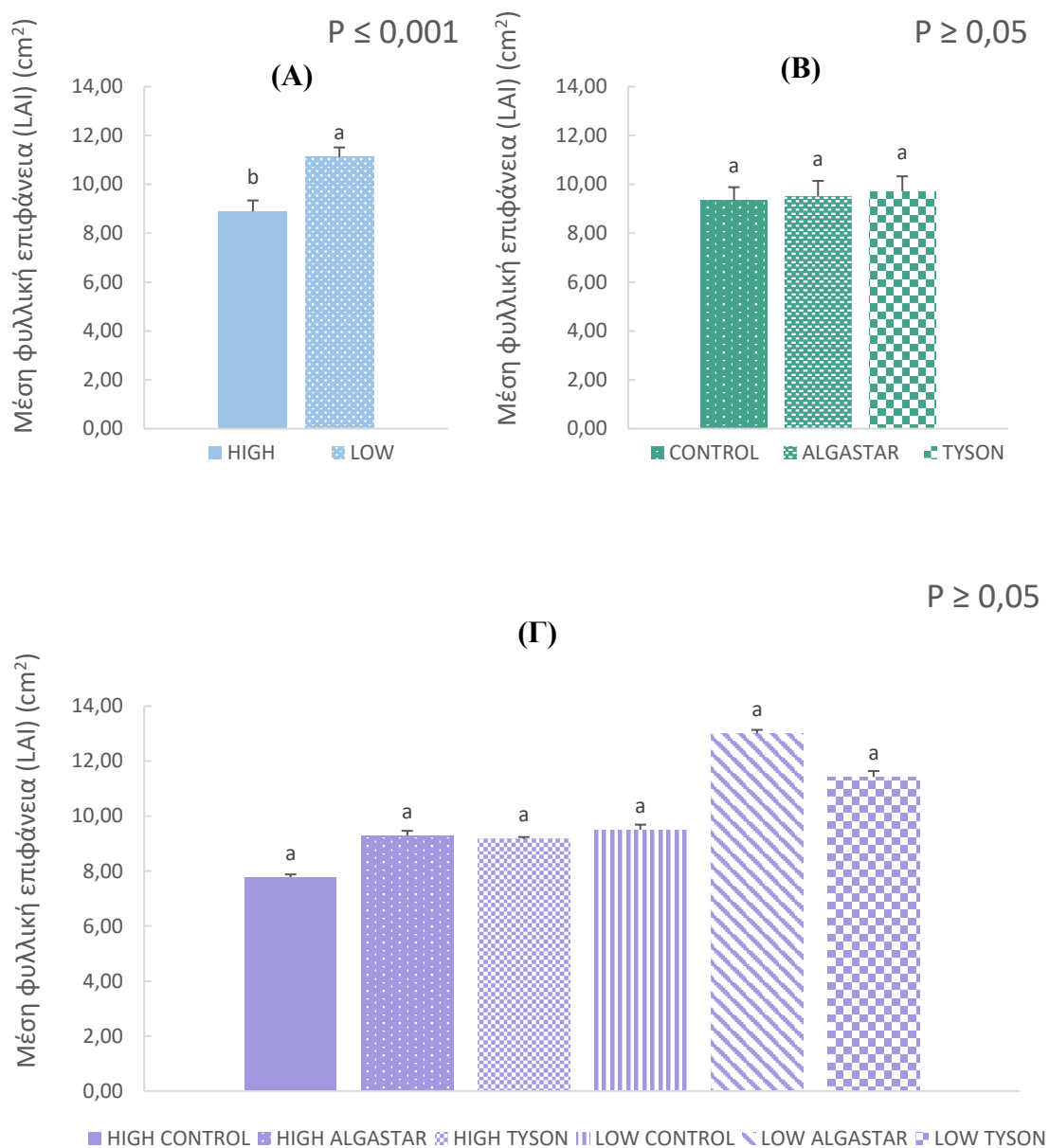
καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.3.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συνολική φυλλική επιφάνεια, ενώ τα φυτά που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) είχαν την υψηλότερη συνολική φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.3.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.3.1 Γ) παρατηρούμε πως η χαμηλότερη τιμή της συνολικής φυλλικής επιφάνειας προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), ενώ η υψηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Από τις συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε κατά 18,35% την συνολική φυλλική επιφάνεια σε σχέση με την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW). Ειδικότερα η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL) αύξησε κατά 26,21%, 23,94% και 14,23% την συνολική φυλλική επιφάνεια σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL), χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) αντίστοιχα. Αναλόγως η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR) αύξησε κατά 21,64% και 19,24% την συνολική φυλλική επιφάνεια σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL) αντίστοιχα. Παρόμοια αύξηση της συνολικής φυλλικής επιφάνειας παρατηρήθηκε και με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON) όπου η συνολική φυλλική επιφάνεια αυξήθηκε κατά 16,78% και 14,23 % σε σύγκριση με τους σάκους όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR) και χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL) αντίστοιχα.



## 4.4 Μέση φυλλική επιφάνεια

### 4.4.1 Μέση φυλλική επιφάνεια δροσουλίτη

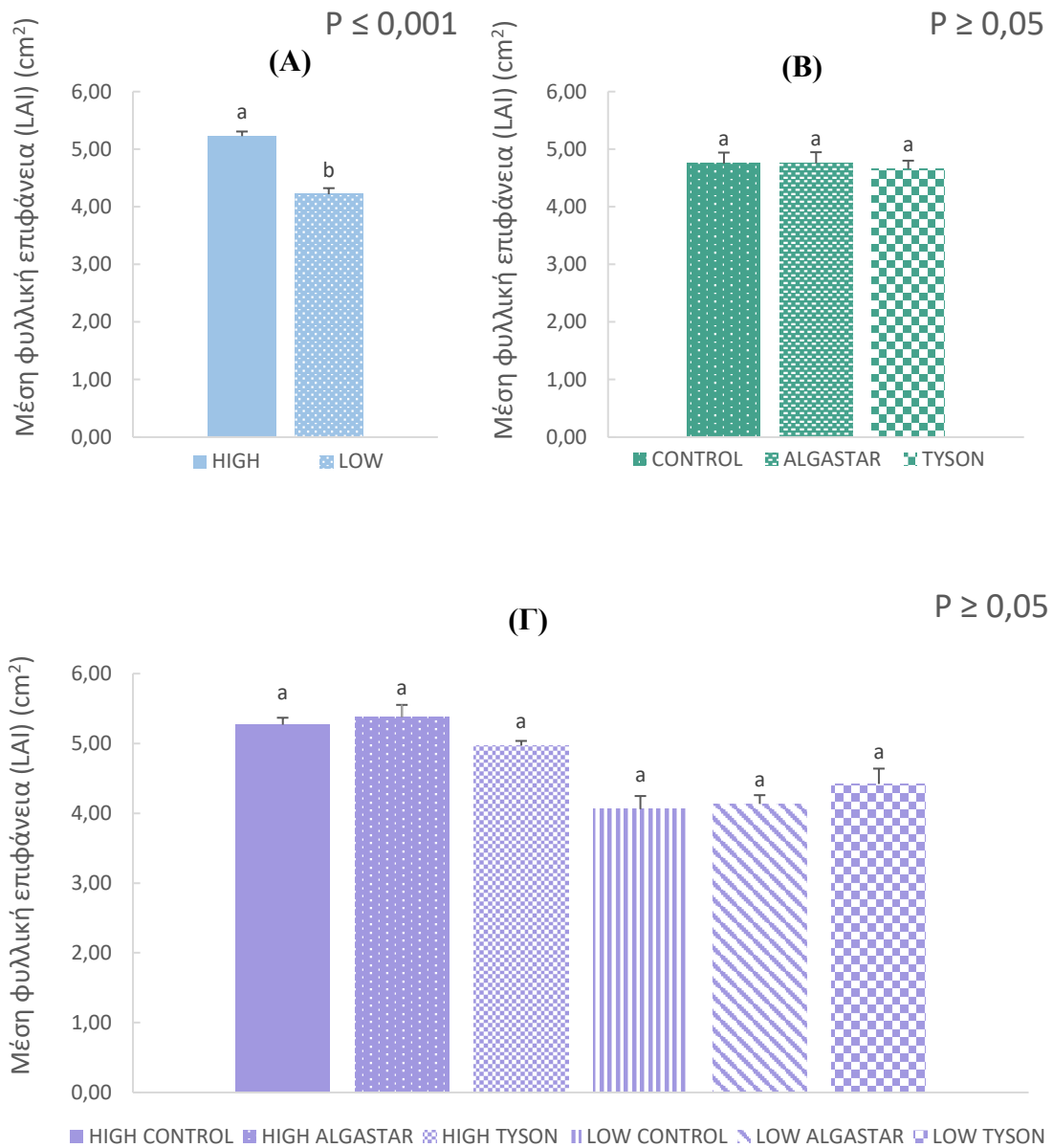


**Γράφημα 4.4.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.4.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.4.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.4.1 Γ) στην μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα δεδομένα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της μέσης φυλλικής επιφάνειας καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/TOTAL-N(LOW)}$ , ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N (HIGH)}$  (Γράφημα 4.4.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη μέση φυλλική επιφάνεια, ενώ τα φυτά που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) είχαν την χαμηλότερη μέση φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.4.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.4.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή της μέσης φυλλικής επιφάνειας προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Οι συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων έδειξαν ότι η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N (LOW)}$  αύξησε κατά 20,1% την μέση φυλλική επιφάνεια σε σχέση με την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N (HIGH)}$ . Ο παράγοντας βιοδιεγέρτης (Γράφημα 4.4.1 Β) και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.4.1 Γ) δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την μέση φυλλική επιφάνεια του δροσουλίτη.

#### 4.4.2 Μέση φυλλική επιφάνεια βαλεριανέλλας



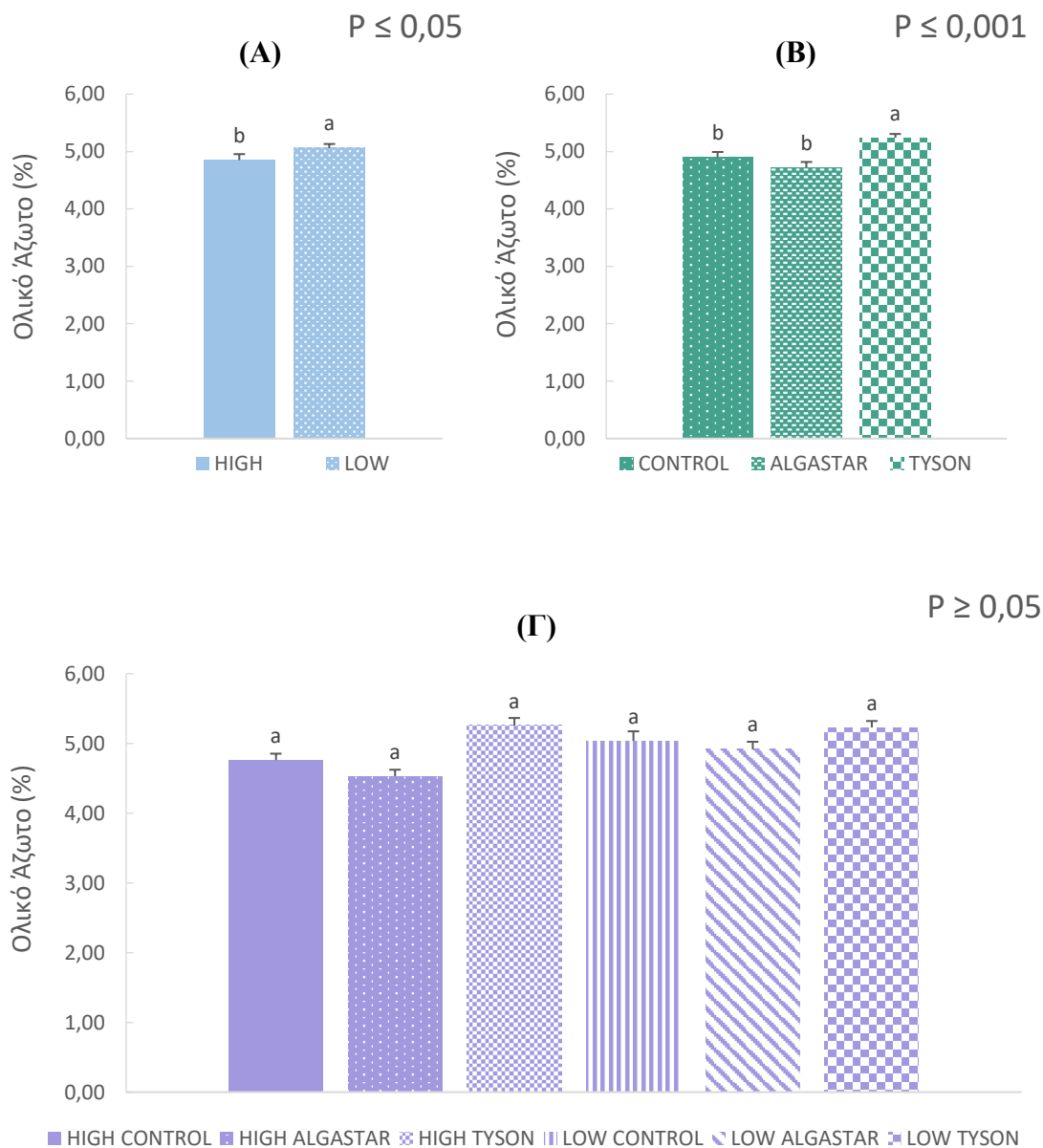
**Γράφημα 4.4.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.4.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγέρτων (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.4.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.4.1 Γ) στην μέση φυλλική επιφάνεια των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα δεδομένα της ανάλυσης της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της μέσης φυλλικής επιφάνειας καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.4.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη μέση φυλλική επιφάνεια, ενώ τα φυτά που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) είχαν την υψηλότερη μέση φυλλική επιφάνεια (Γράφημα 4.4.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.4.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή της μέσης φυλλικής επιφάνειας προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων έδειξαν ότι η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε κατά 19,31% την μέση φυλλική επιφάνεια σε σχέση με την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW). Ο παράγοντας βιοδιεγέρτης (Γράφημα 4.4.2 Β) και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.4.2 Γ) δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την μέση φυλλική επιφάνεια της βαλεριανέλλας.

## 4.5 Ολικό άζωτο

### 4.5.1 Ολικό άζωτο δροσουλίτη

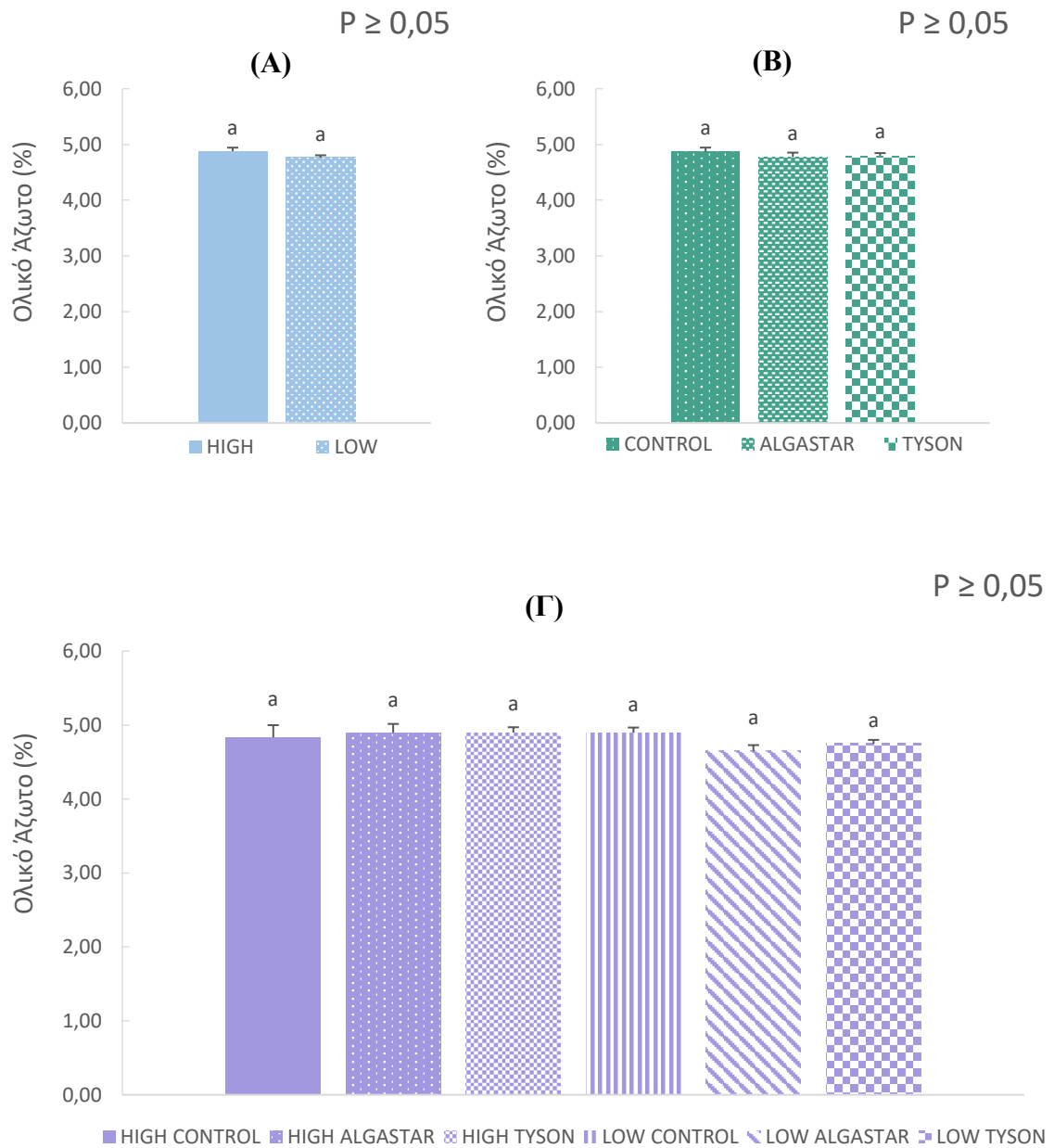


**Γράφημα 4.5.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.1 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.5.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου στους υπέργειους ιστούς, ενώ η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) οδήγησε σε φυτικούς ιστούς με την χαμηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου (Γράφημα 4.5.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.5.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR).

Οι συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων έδειξαν ότι η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) αύξησε κατά 4,15% την συγκέντρωση ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών σε σχέση με την συγκέντρωση στους φυτικούς ιστούς των φυτών όπου έγινε εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.5.1 Α). Η εφαρμογή αλλά και το είδος του βιοδιεγέρτη επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα, με την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) να αυξάνει κατά 9,92% και 6,48% την συγκέντρωση ολικού αζώτου σε σχέση με τη συγκέντρωση ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών όπου εφαρμόστηκε βιοδιεγέρτης Algastar (ALGASTAR) και των φυτών όπου δεν εφαρμόστηκε καθόλου βιοδιεγέρτης αντίστοιχα (Γράφημα 4.5.1 Β). Οι τιμές της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Γράφημα 4.5.1 Γ).

#### 4.5.2 Ολικό άζωτο βαλεριανέλλας



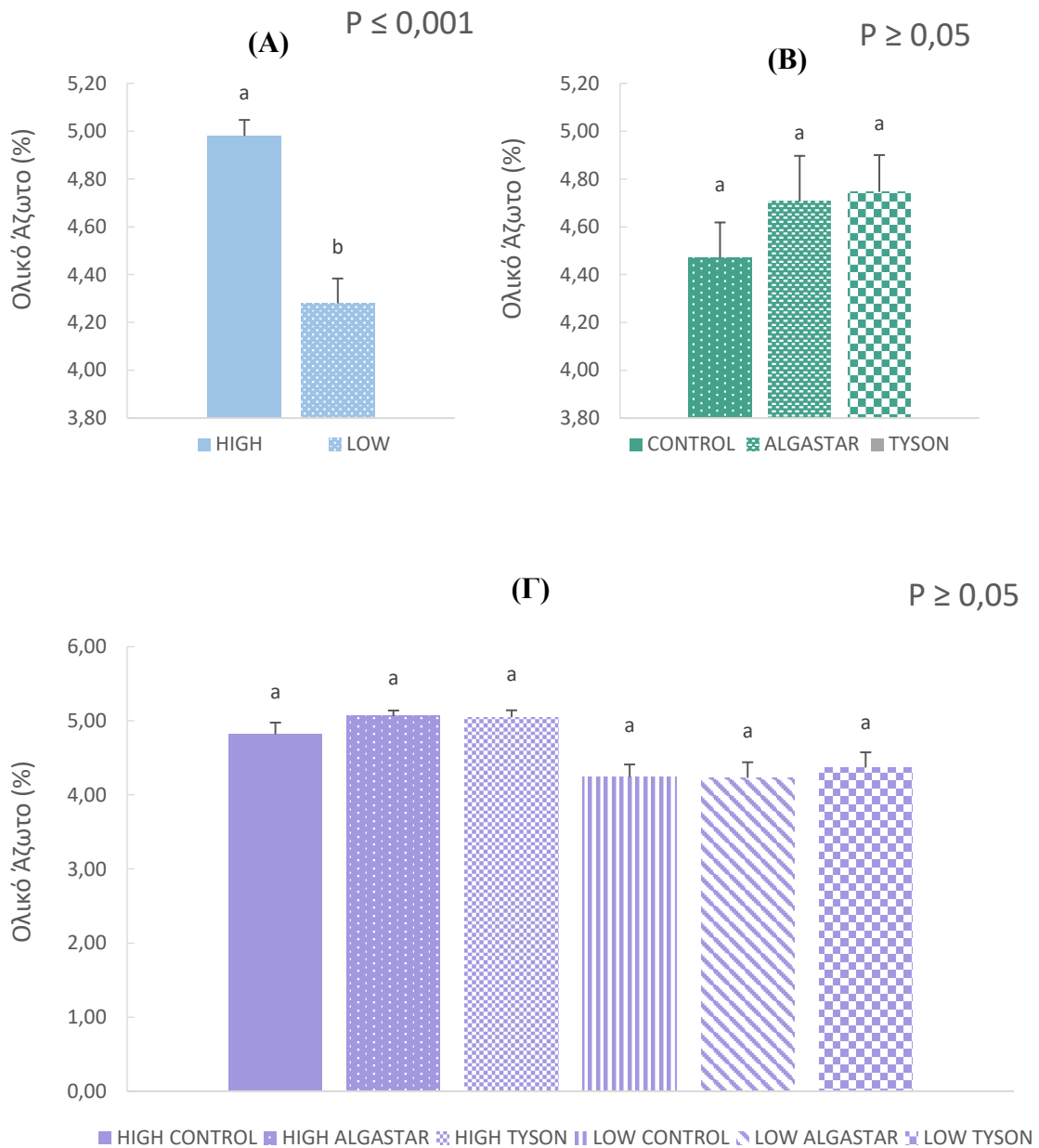
**Γράφημα 4.5.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.2 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.2 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.2 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυσης της Παραλλακτικότητας δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.5.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου στους υπέργειους ιστούς, ενώ οι αμεταχειριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με την υψηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου (Γράφημα 4.5.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.5.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Οι πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των μεταχειρίσεων δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.5.2 Α, Γράφημα 4.5.2 Β) ή για την αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση ολικού αζώτου στους υπέργειους ιστούς της βαλεριανέλλας (Γράφημα 4.5.2 Γ).



### 4.5.3 Ολικό άζωτο γλιστρίδας



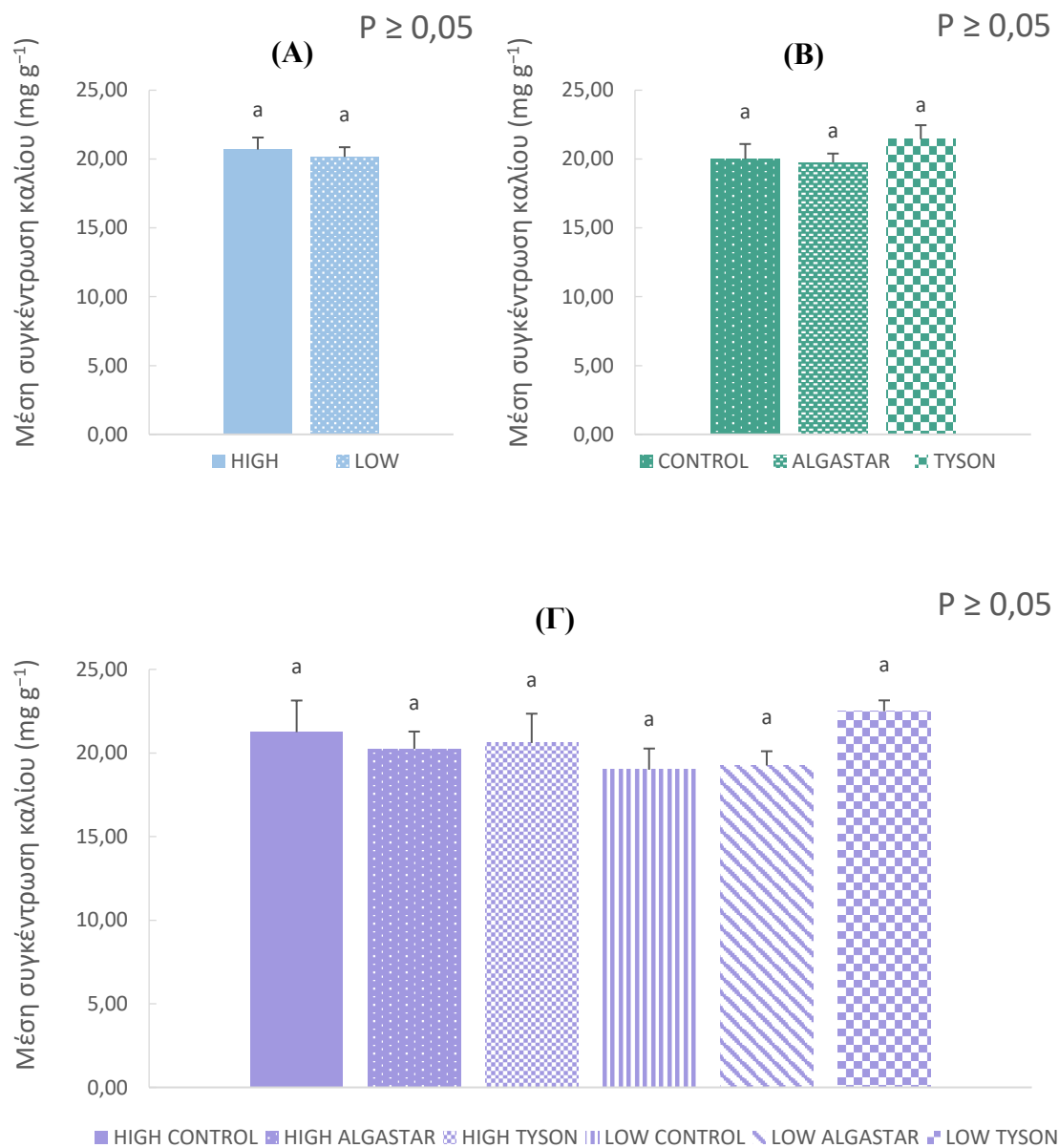
**Γράφημα 4.5.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.5.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.5.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.5.3 Γ) στη συγκέντρωση του ολικού αζώτου στο υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleraceae* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυσης της Παραλλακτικότητας έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.5.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου στους υπέργειους ιστούς, ενώ οι αμεταχειριστοι σάκοι (CONTROL) οδήγησαν σε φυτικούς ιστούς με την χαμηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου (Γράφημα 4.5.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.5.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων των επεμβάσεων έδειξαν ότι η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε κατά 14,1% την συγκέντρωση ολικού αζώτου στο υπέργειο μέρος των φυτών σε σχέση με την συγκέντρωση στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των φυτών όπου έγινε εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.5.3 Α). Δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.5.3 Β) ή για την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.5.3 Γ).

## 4.6 Συγκέντρωση Καλίου (K<sup>+</sup>)

### 4.6.1 Συγκέντρωση καλίου δροσουλίτη

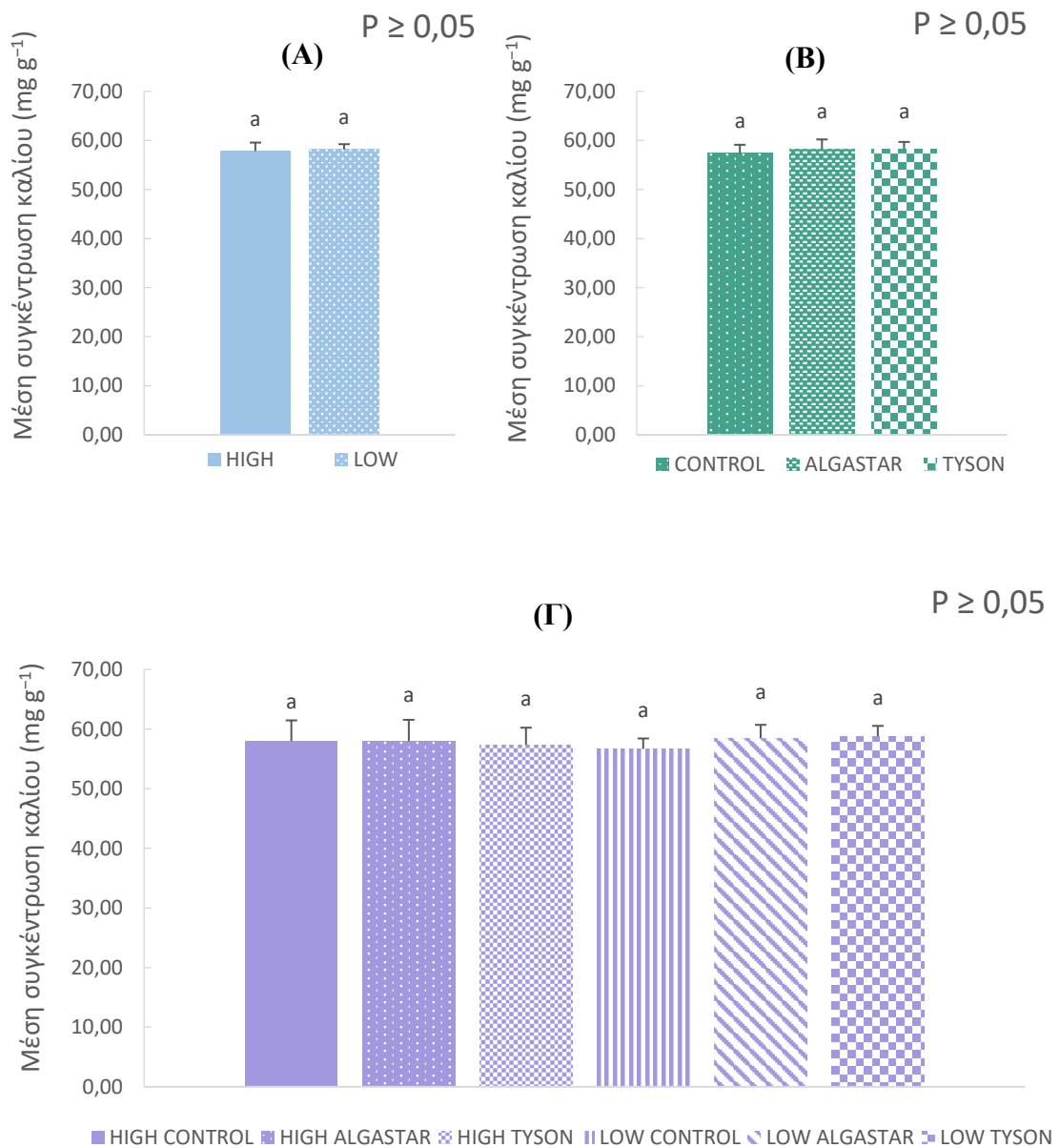


**Γράφημα 4.6.1** Η επίδραση της αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.6.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.1 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.6.1 A). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση Καλίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) οδήγησε σε φυτικούς ιστούς με την χαμηλότερη συγκέντρωση Καλίου (Γράφημα 4.6.1 B). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.6.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.6.1.A, Γράφημα 4.6.1.B) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.6.1.Γ).

#### 4.6.2 Συγκέντρωση καλίου βαλεριανέλλας

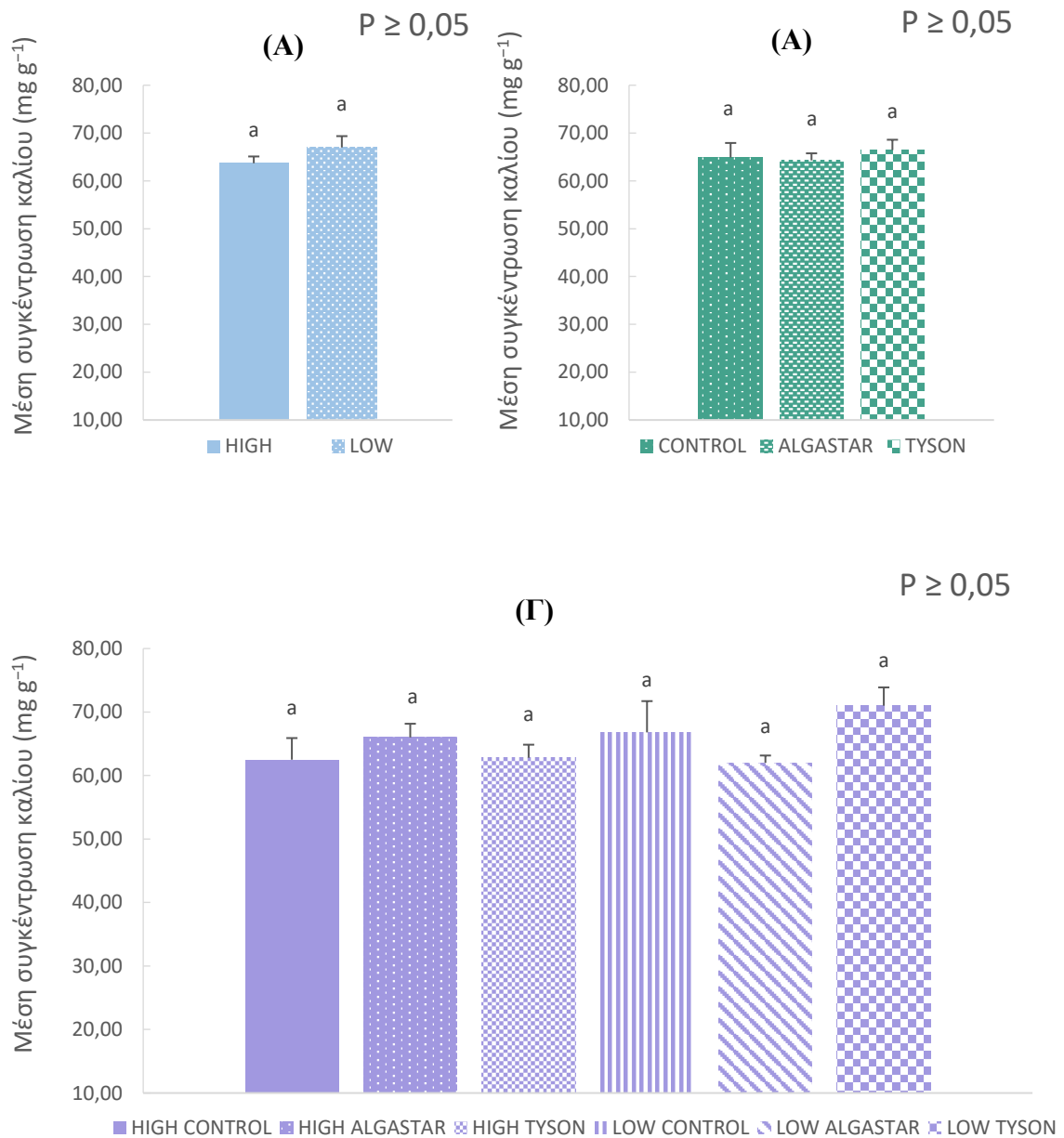


**Γράφημα 4.6.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.6.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.2 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διάφορες μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.6.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη τιμή στην συγκέντρωση Καλίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς, ενώ στα φυτά όπου δεν εφαρμόστηκε βιοδιεγέρτης (CONTROL) εμφάνισαν την χαμηλότερη συγκέντρωση Καλίου στους υπέργειους ιστούς τους. (Γράφημα 4.6.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.6.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.6.2 Α, Γράφημα 4.6.2 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.6.2 Γ).

#### 4.6.3 Συγκέντρωση καλίου γλιστρίδας



**Γράφημα 4.6.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.6.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.6.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.6.3 Γ) στη συγκέντρωση του Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

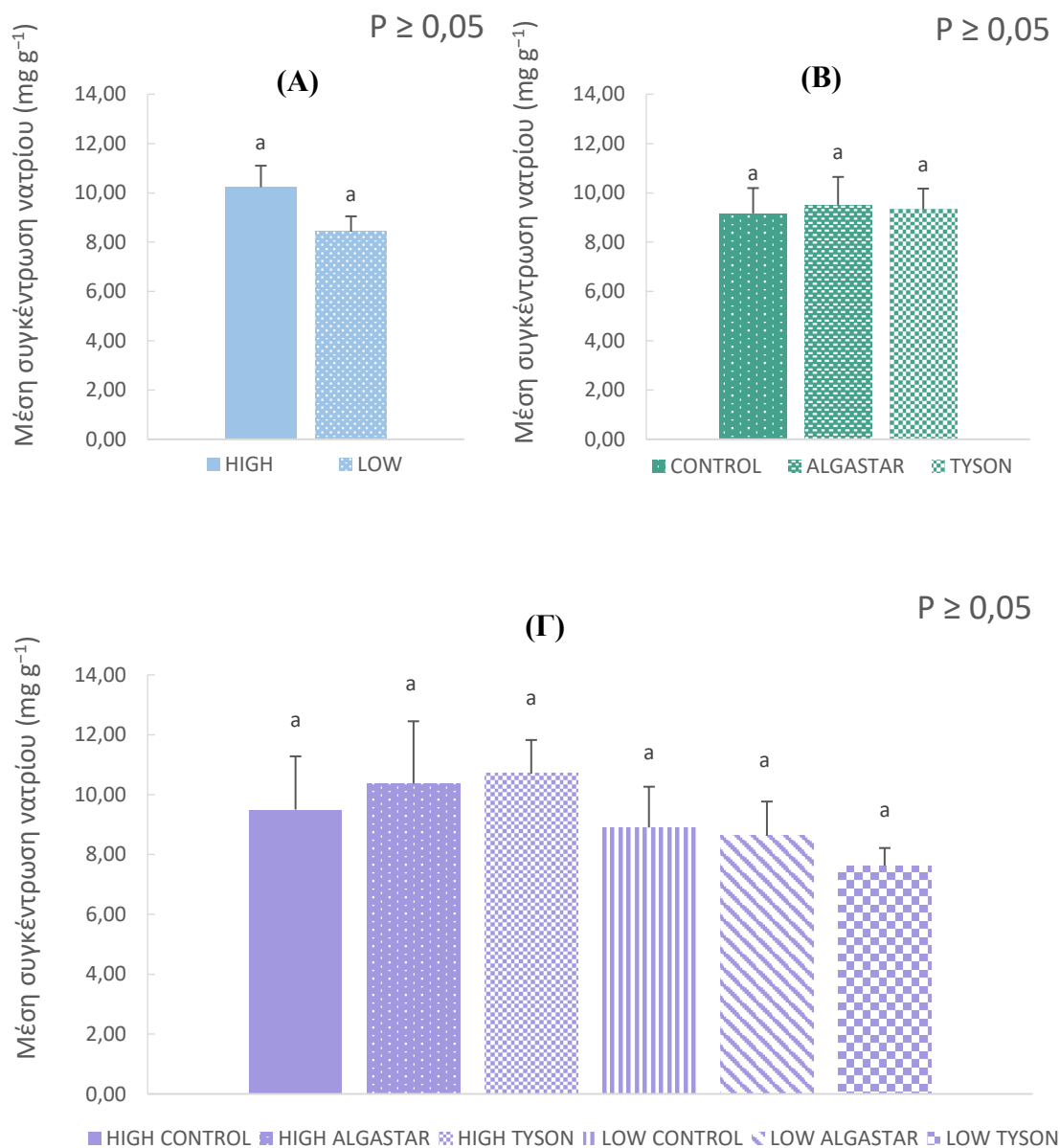
Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για  $P \leq 0,05$ . Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.6.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση Καλίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ στα φυτά όπου εφαρμόστηκε βιοδιεγέρτης Algastar (ALGASTAR) εμφάνισαν την χαμηλότερη συγκέντρωση Καλίου στους υπέργειους ιστούς τους. (Γράφημα 4.6.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.6.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Καλίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.6.3 Α, Γράφημα 4.6.3 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.6.3 Γ).



## 4.7 Συγκέντρωση Νατρίου (Na<sup>+</sup>)

### 4.7.1 Συγκέντρωση νατρίου δροσουλίτη

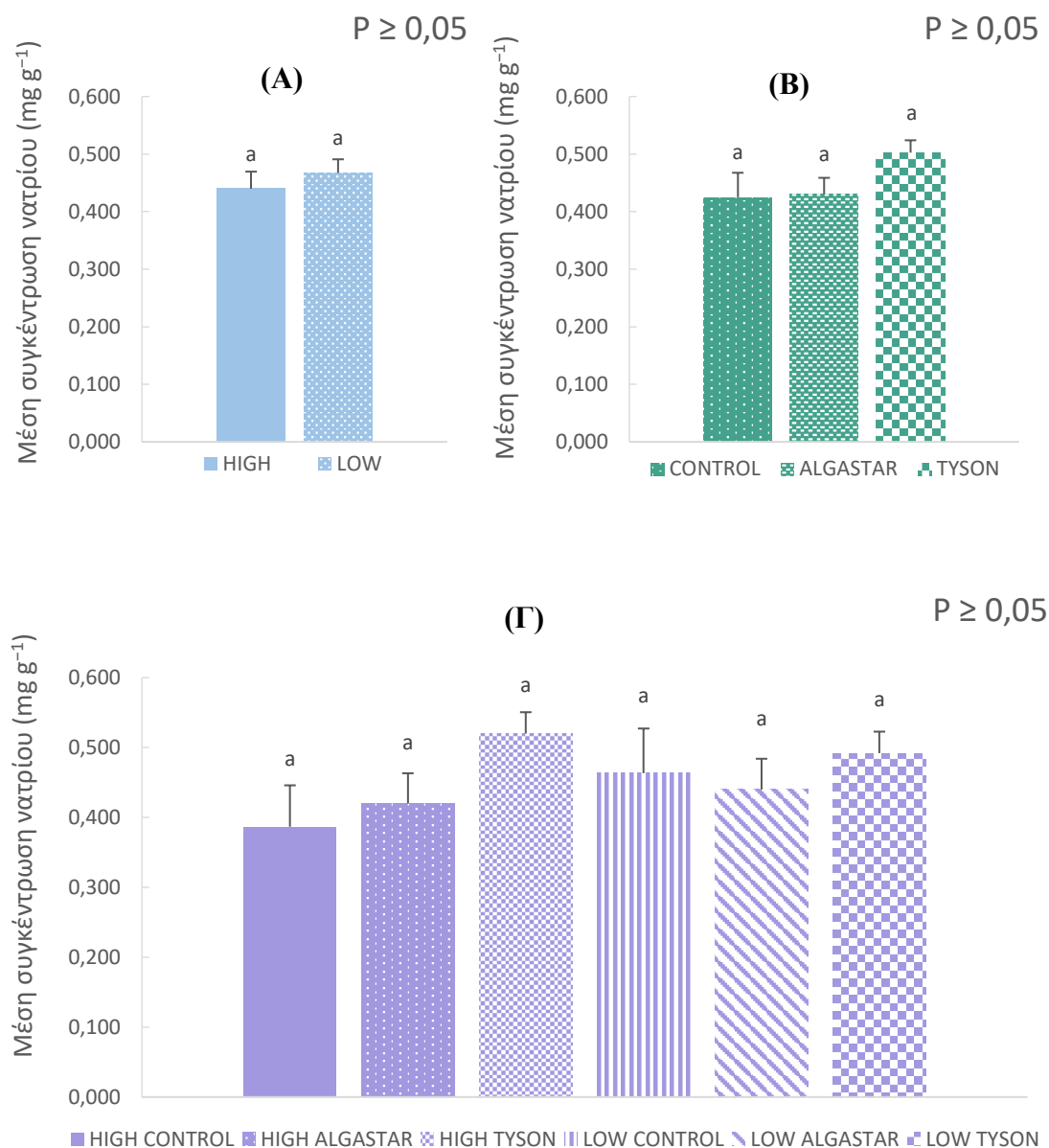


**Γράφημα 4.7.1** Η επίδραση της αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.1 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης της Παραλλακτικότητας δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης Νατρίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.7.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση νατρίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση νατρίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.7.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.7.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης νατρίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.7.1 Α, Γράφημα 4.7.1 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.7.1 Γ).

#### 4.7.2 Συγκέντρωση νατρίου βαλεριανέλλας

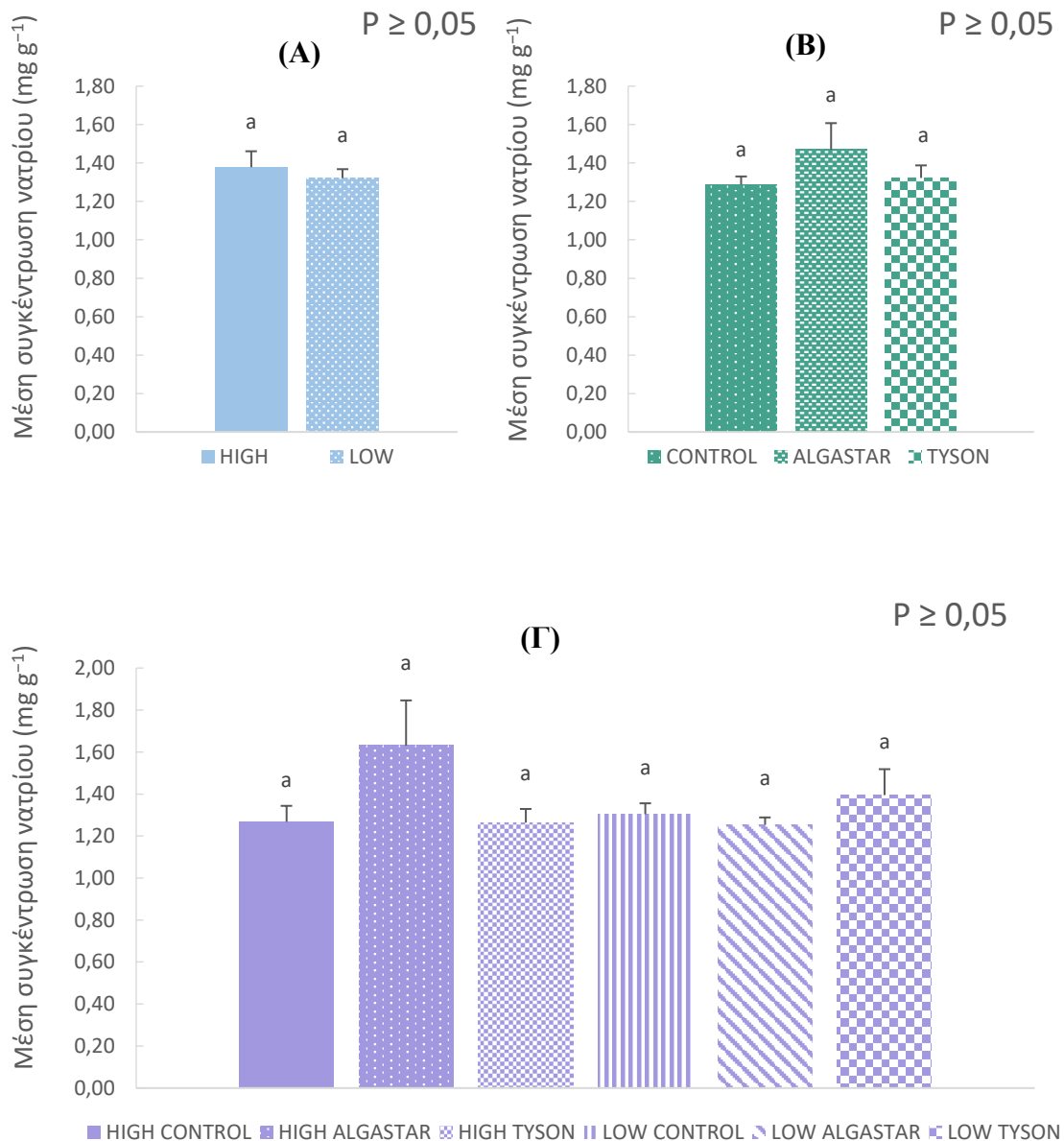


**Γράφημα 4.7.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.2 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης της Παραλλακτικότητας δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης νατρίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.7.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση νατρίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση νατρίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.7.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.7.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Νατρίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.7.2 Α, Γράφημα 4.7.2 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.7.2 Γ).

#### 4.7.3 Συγκέντρωση νατρίου γλιστρίδας



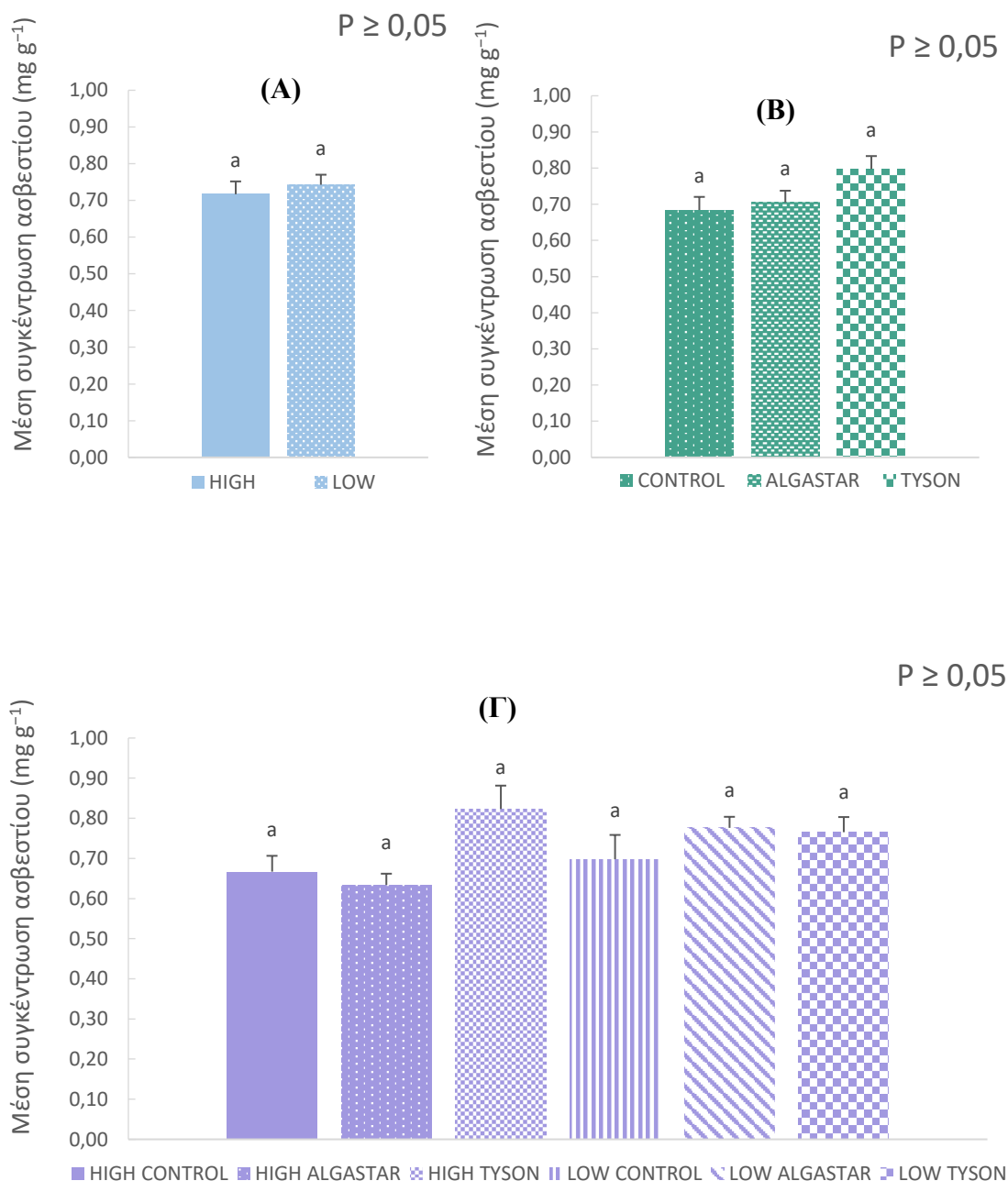
**Γράφημα 4.7.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.7.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγέρτων (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.7.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.7.3 Γ) στη συγκέντρωση του Νατρίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης νατρίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.7.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση νατρίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση νατρίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.7.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.7.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης Νατρίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.7.3 Α, Γράφημα 4.7.3 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.7.3 Γ).

## 4.8 Συγκέντρωση Ασβεστίου (Ca<sup>2+</sup>)

### 4.8.1 Συγκέντρωση ασβεστίου δροσουλίτη



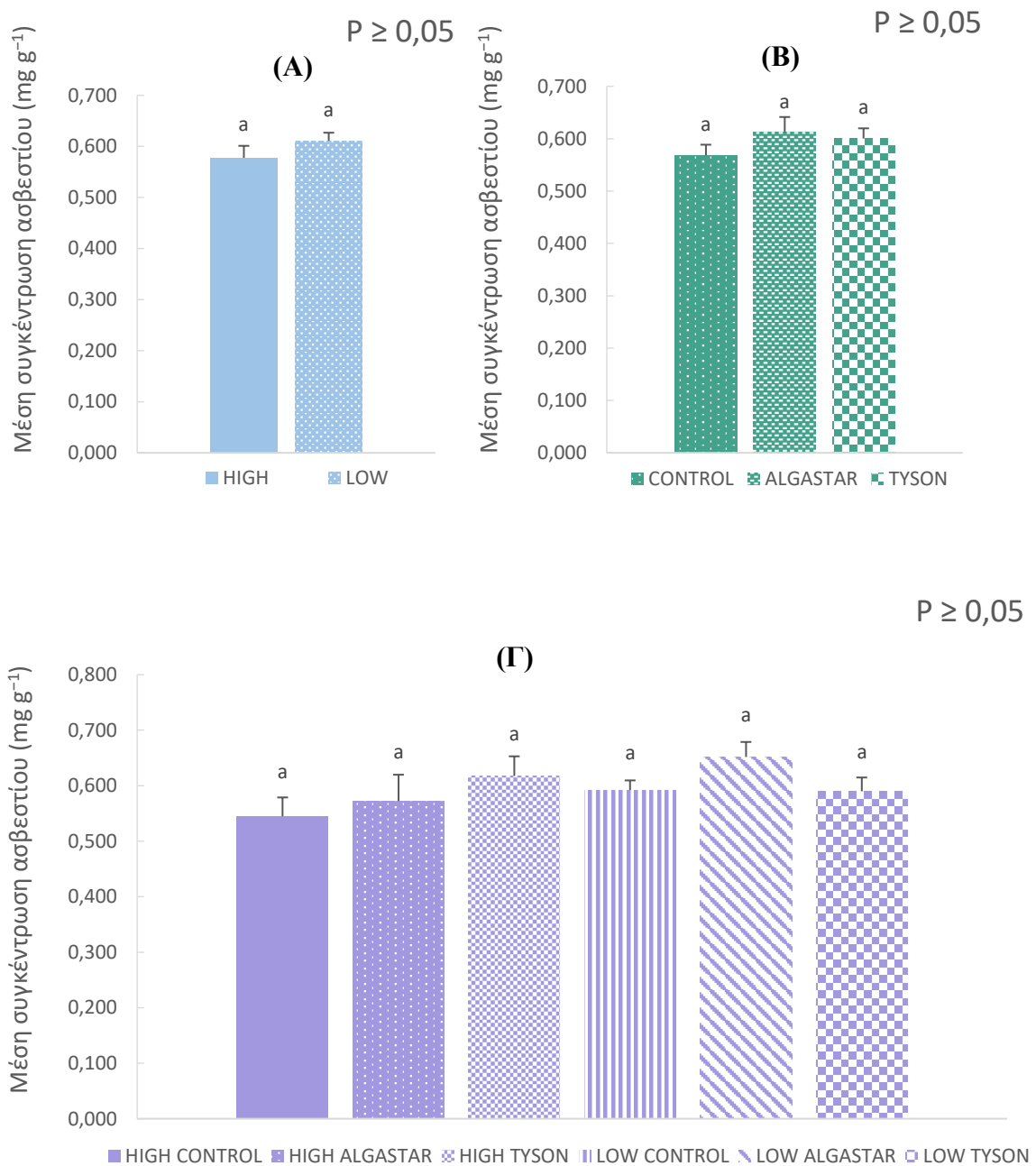
**Γράφημα 4.8.1** Η επίδραση της αναλογίας NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.1 Α) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.1 Β), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.1 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της ANOVA δεν έδειξαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.8.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.8.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.8.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.8.1 Α, Γράφημα 4.8.1 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση ασβεστίου (Γράφημα 4.8.1 Γ).



#### 4.8.2 Συγκέντρωση ασβεστίου βαλεριανέλλας

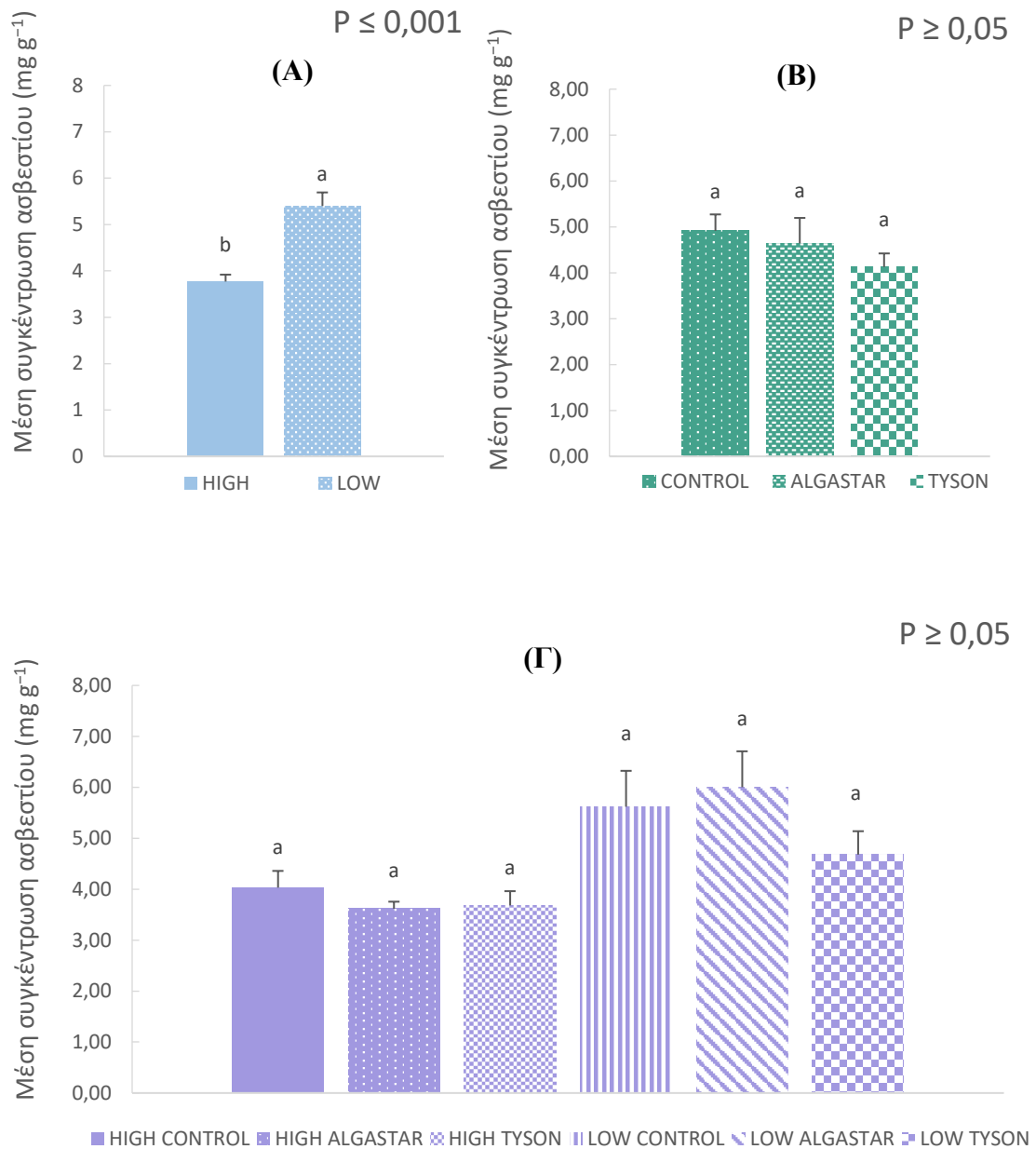


**Γράφημα 4.8.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγρτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.2 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της ANOVA δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.8.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.8.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.8.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/TOTAL-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.8.2 Α, Γράφημα 4.8.2 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση ασβεστίου (Γράφημα 4.8.2 Γ).

### 4.8.3 Συγκέντρωση ασβεστίου γλιστρίδας



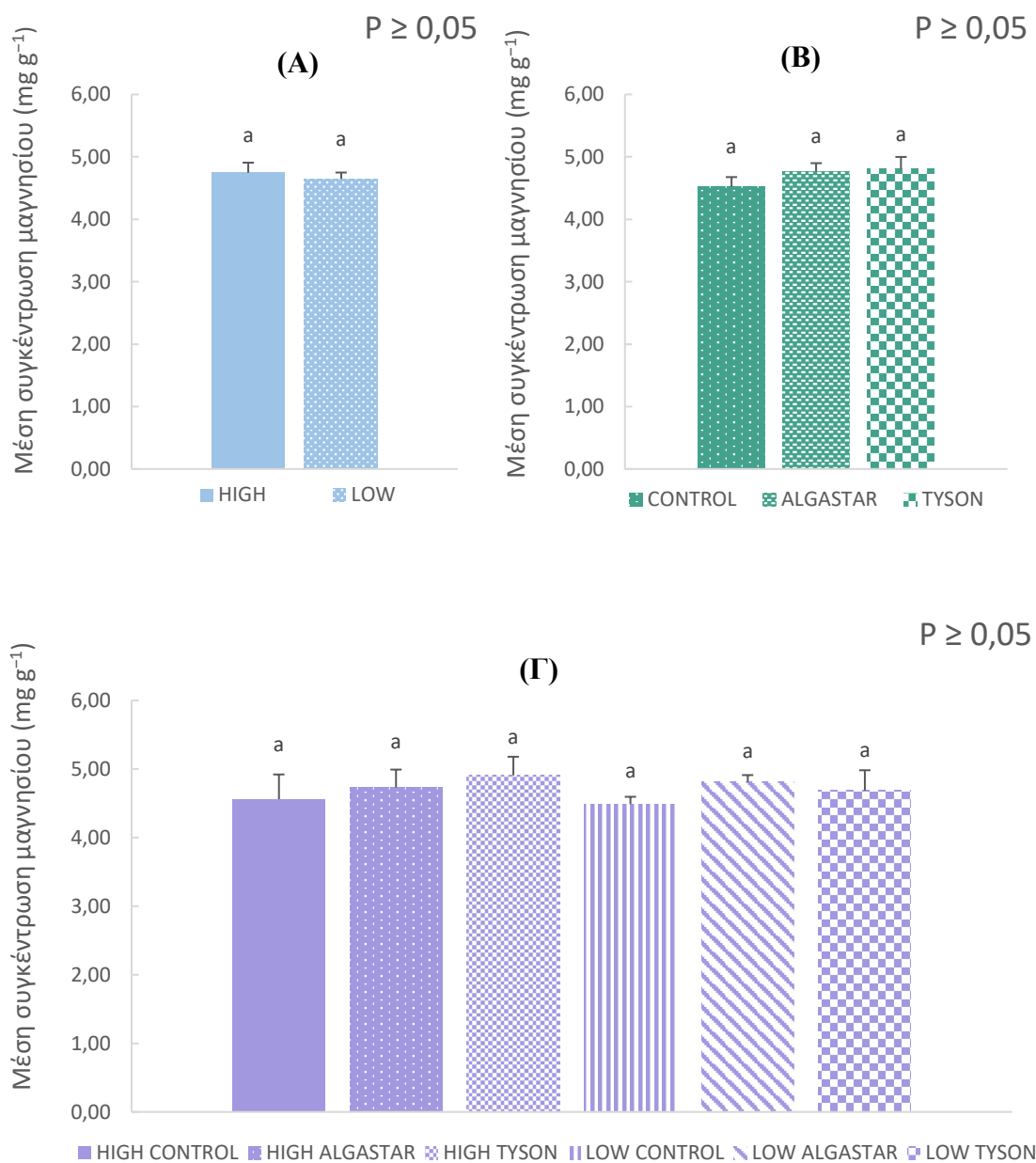
**Γράφημα 4.8.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.8.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.8.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.8.3 Γ) στη συγκέντρωση του ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.8.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση ασβεστίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.8.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.8.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/TOTAL-N}$  (LOW) αύξησε την συγκέντρωση ασβεστίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας κατά 30,18% σε σχέση με την συγκέντρωση ασβεστίου των φυτών που τους χορηγήθηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.8.3 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.8.3 Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων στην συγκέντρωση ασβεστίου της γλιστρίδας (Γράφημα 4.8.3 Γ).

## 4.9 Συγκέντρωση Μαγνησίου ( $Mg^{2+}$ )

### 4.9.1 Συγκέντρωση μαγνησίου δροσουλίτη

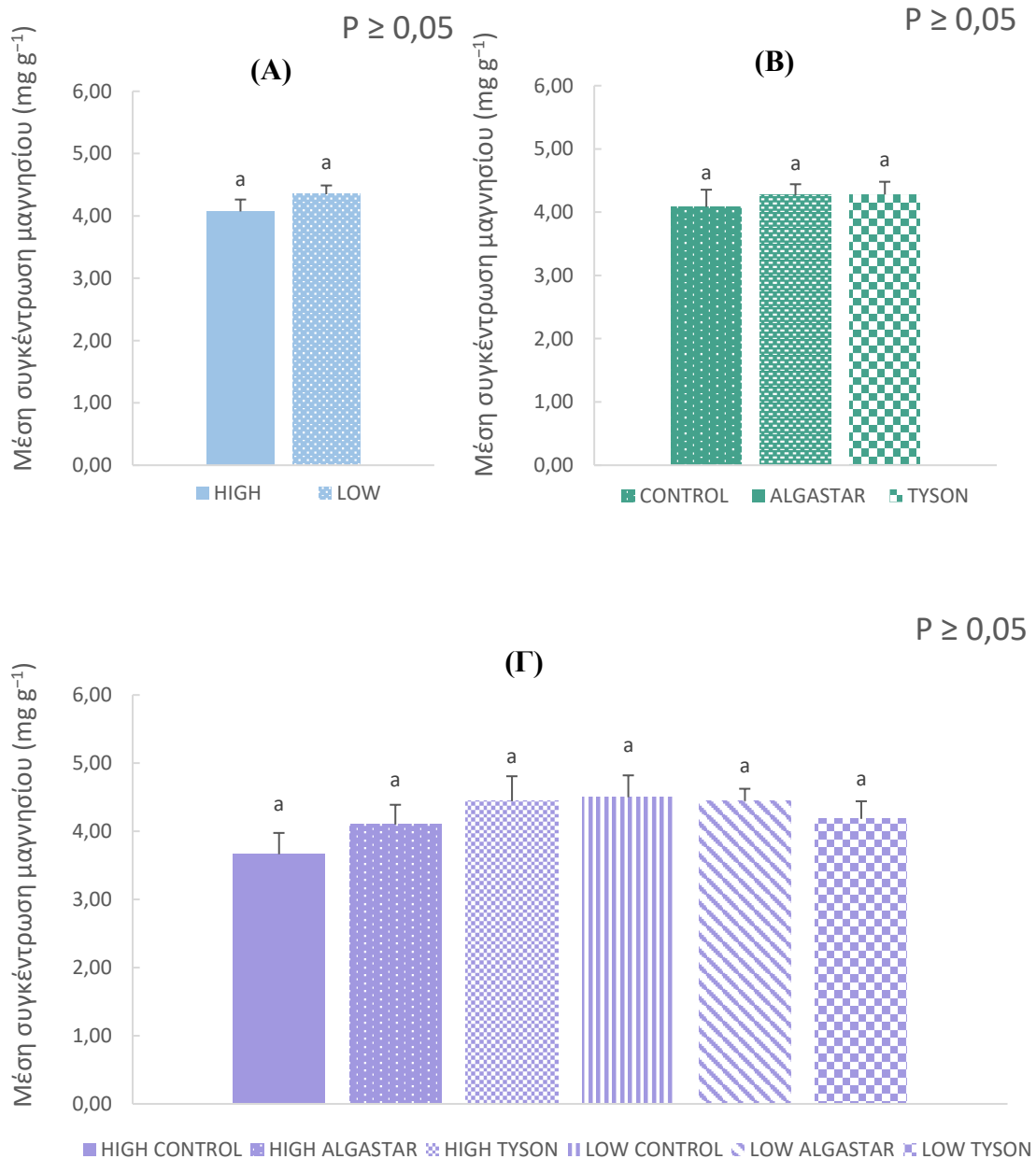


**Γράφημα 4.9.1** Η επίδραση της αναλογίας  $NH_4^+-N/Total-N$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $NH_4^+-N/Total-N$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.1 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.9.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.9.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.9.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.9.1 Α, Γράφημα 4.9.1 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση μαγνησίου για τον δροσουλίτη (Γράφημα 4.9.1 Γ).

#### 4.9.2 Συγκέντρωση μαγνησίου βαλεριανέλλας



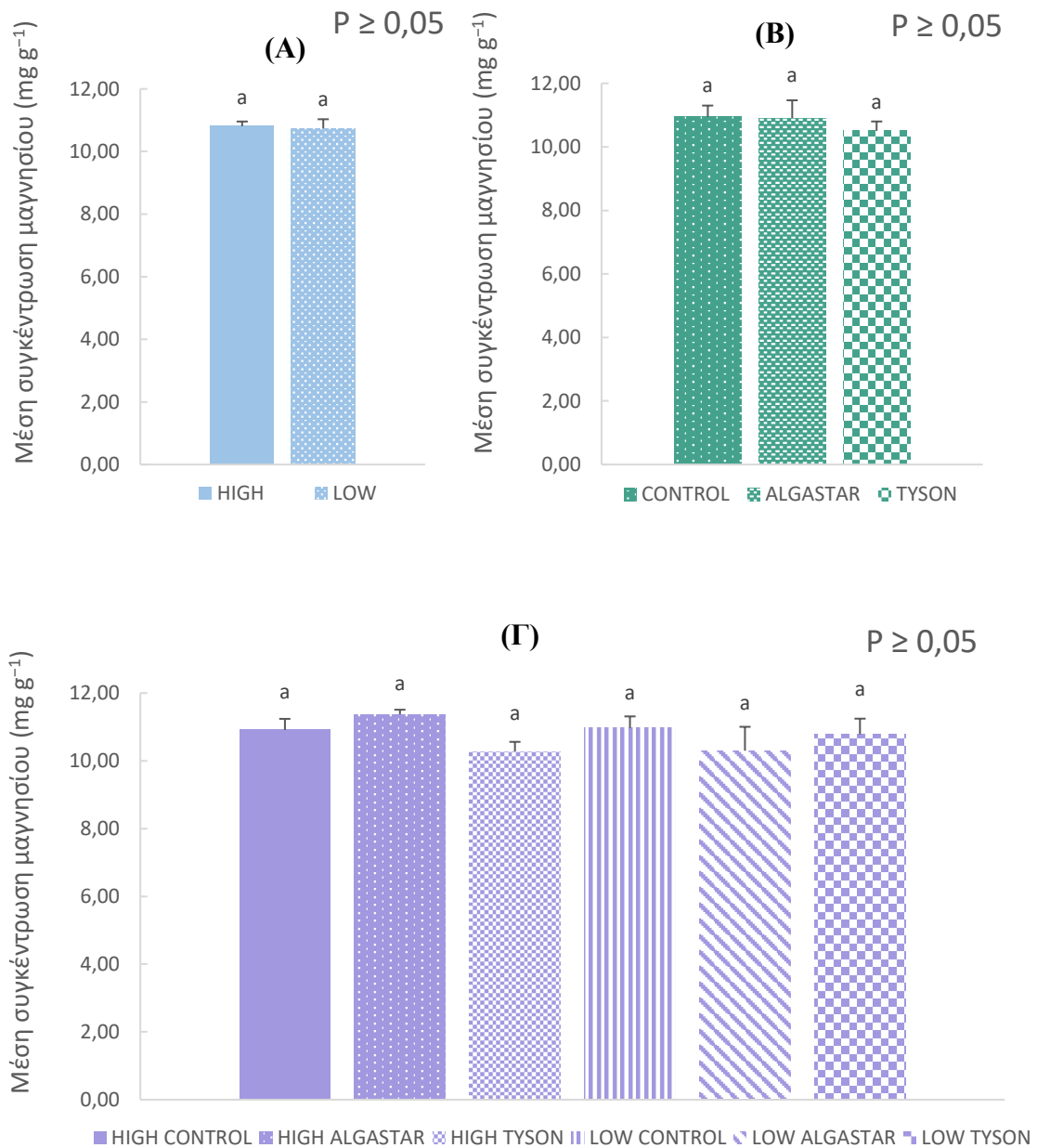
**Γράφημα 4.9.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.2 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν βρέθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) (Γράφημα 4.9.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.9.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.9.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.9.2 Α, Γράφημα 4.9.2 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση μαγνησίου στους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας (Γράφημα 4.9.2 Γ).



### 4.9.3 Συγκέντρωση μαγνησίου γλιστρίδας



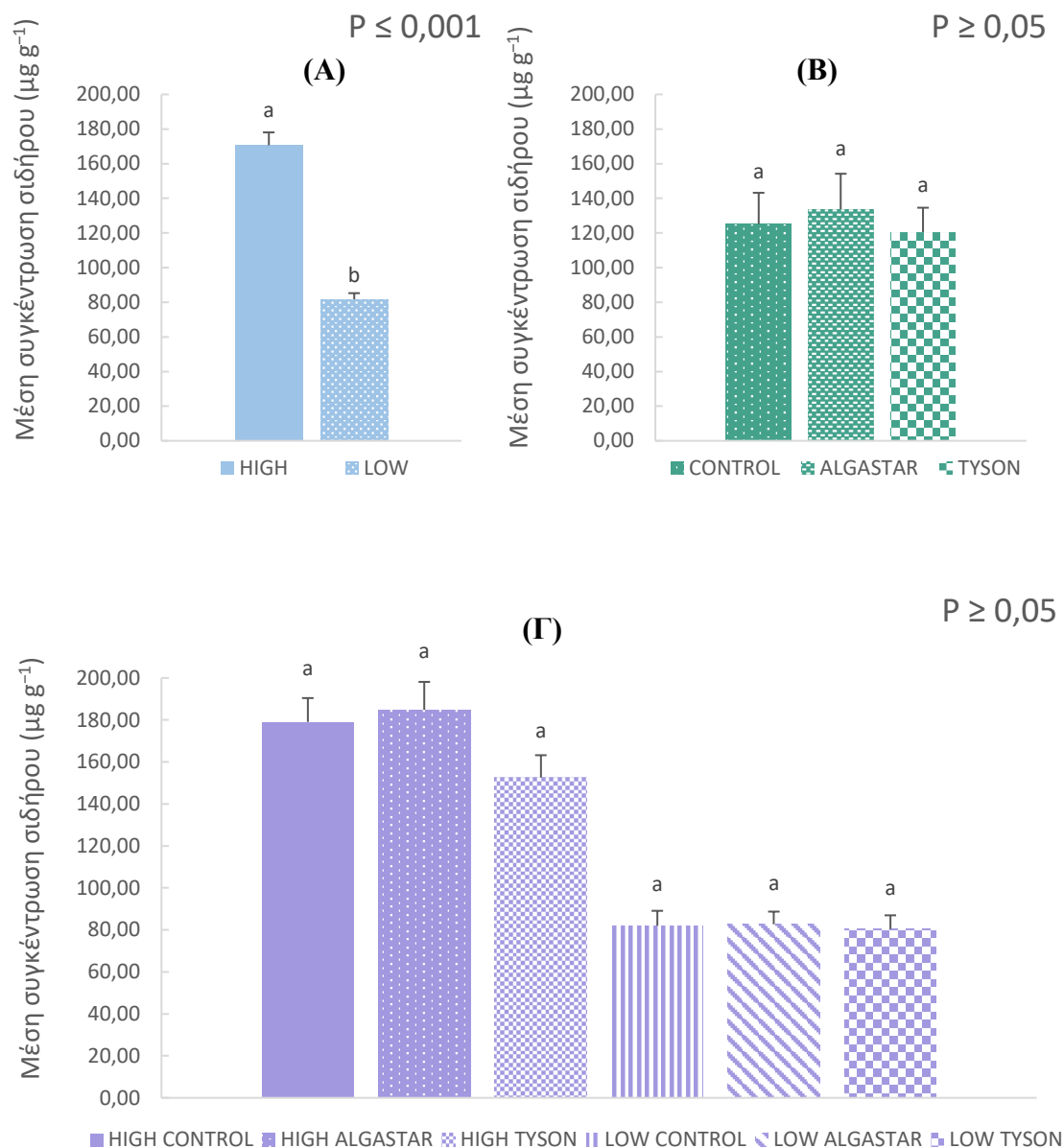
**Γράφημα 4.9.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.9.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.9.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.9.3 Γ) στη συγκέντρωση του μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.9.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση μαγνησίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.9.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.9.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγνησίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.9.3 Α, Γράφημα 4.9.3 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους στην συγκέντρωση μαγνησίου στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας (Γράφημα 4.9.3 Γ).

## 4.10 Συγκέντρωση Σιδήρου ( $\text{Fe}^{2+}$ )

### 4.10.1 Συγκέντρωση σιδήρου δροσουλίτη

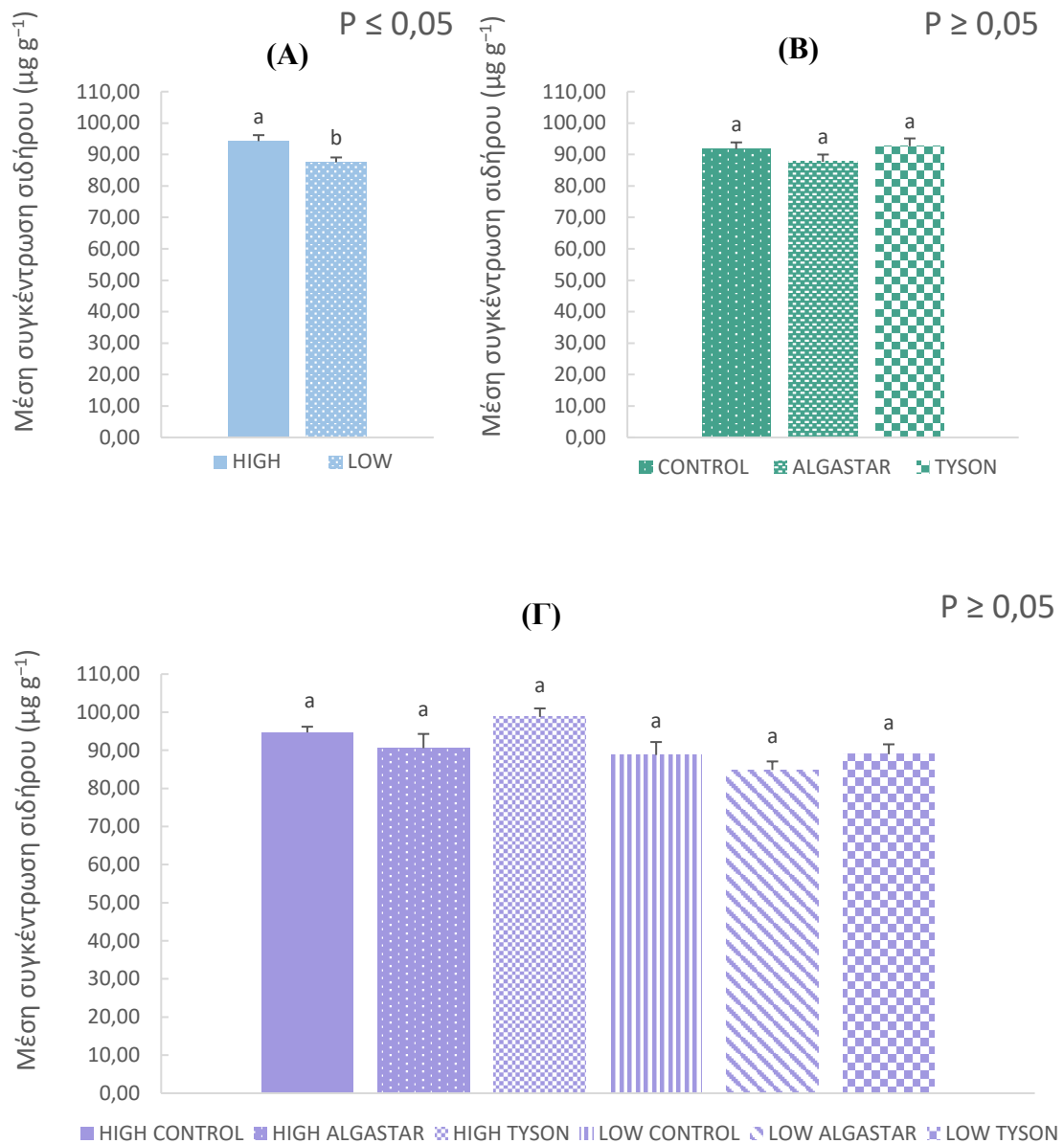


**Γράφημα 4.10.1** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.1 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της ANOVA έδειξαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.10.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση σιδήρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση σιδήρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) (Γράφημα 4.10.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.10.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη κατά 52,12% σε σχέση με την συγκέντρωση σιδήρου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.10.1 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.10.1 Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων στην συγκέντρωση σιδήρου στον δροσουλίτη (Γράφημα 4.10.1 Γ).

#### 4.10.2 Συγκέντρωση σιδήρου βαλεριανέλλας

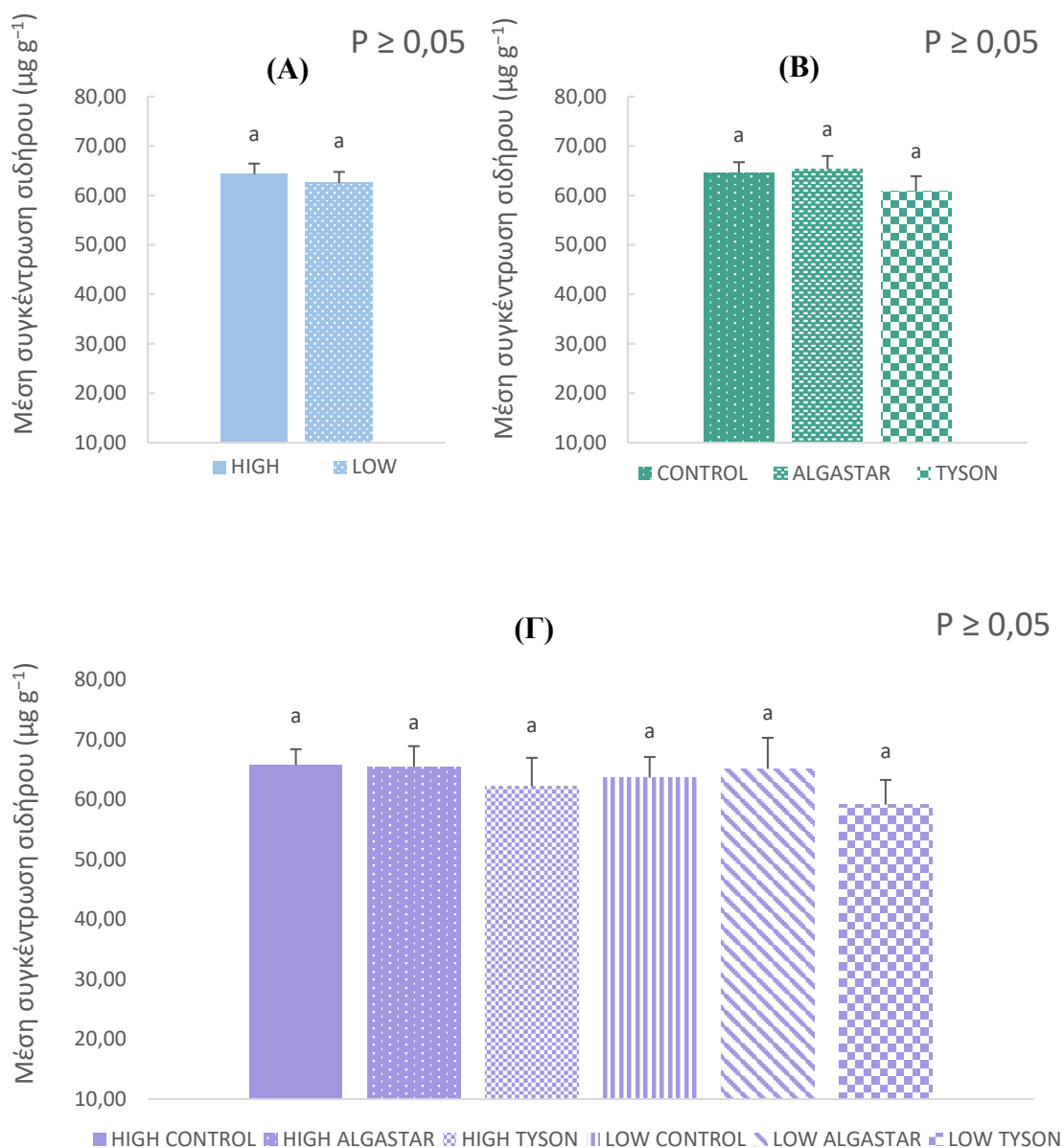


**Γράφημα 4.10.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.2 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η ανάλυση της Παραλλακτικότητας έδειξε σημαντικά στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ). Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.10.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση σιδήρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση σιδήρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) (Γράφημα 4.10.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.10.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (HIGH-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας κατά 7,13% σε σχέση με την συγκέντρωση σιδήρου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.10.2 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.10.2 Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.10.2 Γ) στην συγκέντρωση σιδήρου στην βαλεριανέλλα.

### 4.10.3 Συγκέντρωση σιδήρου γλιστρίδας



**Γράφημα 4.10.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.10.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.10.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.10.3 Γ) στη συγκέντρωση του σιδήρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P.oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

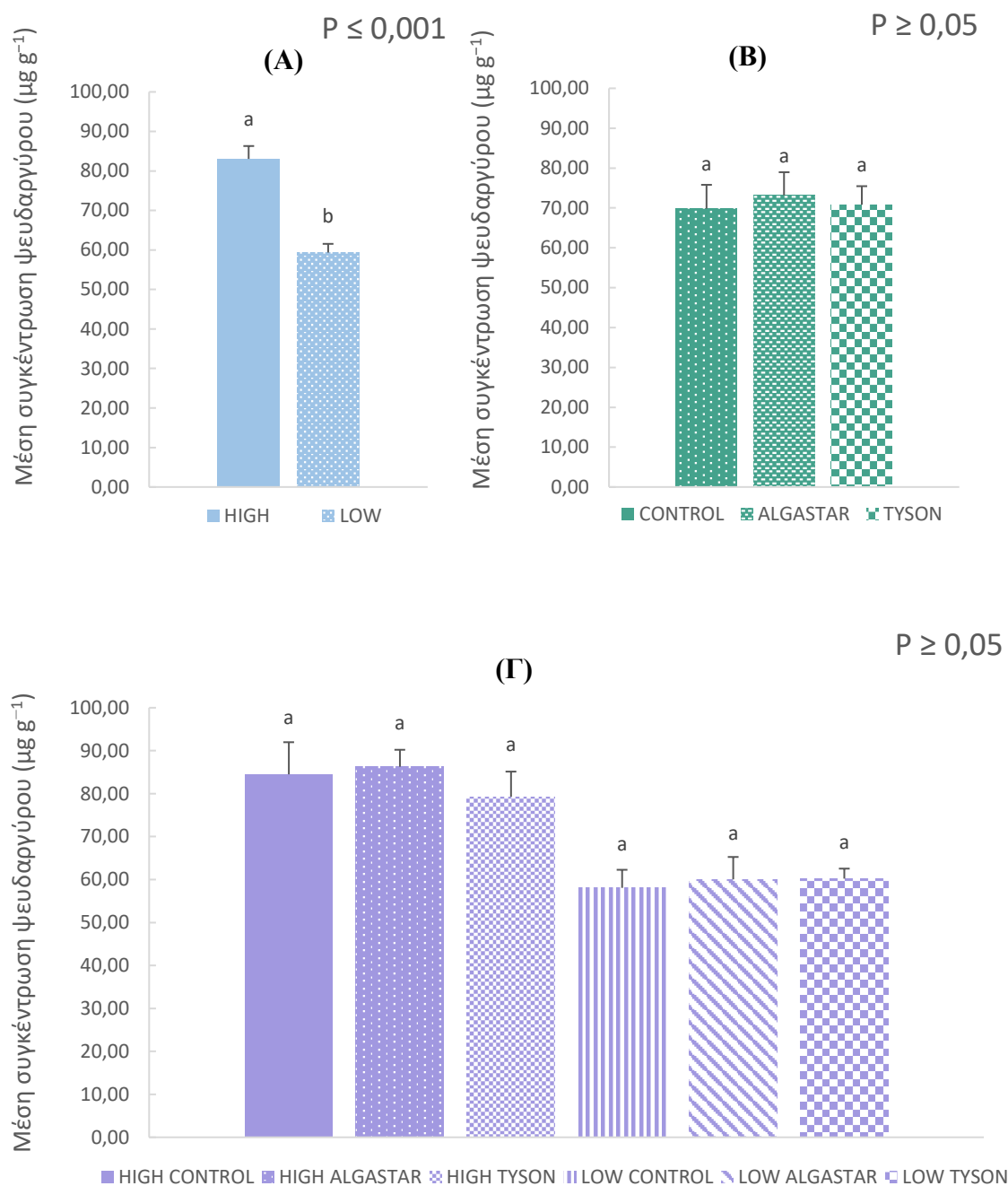
Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν βρέθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ), ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.10.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση σιδήρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση σιδήρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) (Γράφημα 4.10.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.10.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης σιδήρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.10.3 Α, Γράφημα 4.10.3 Β) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.10.3 Γ) στην συγκέντρωση σιδήρου στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας.



## 4.11 Συγκέντρωση Ψευδαργύρου ( $Zn^{2+}$ )

### 4.11.1 Συγκέντρωση ψευδαργύρου δροσουλίτη

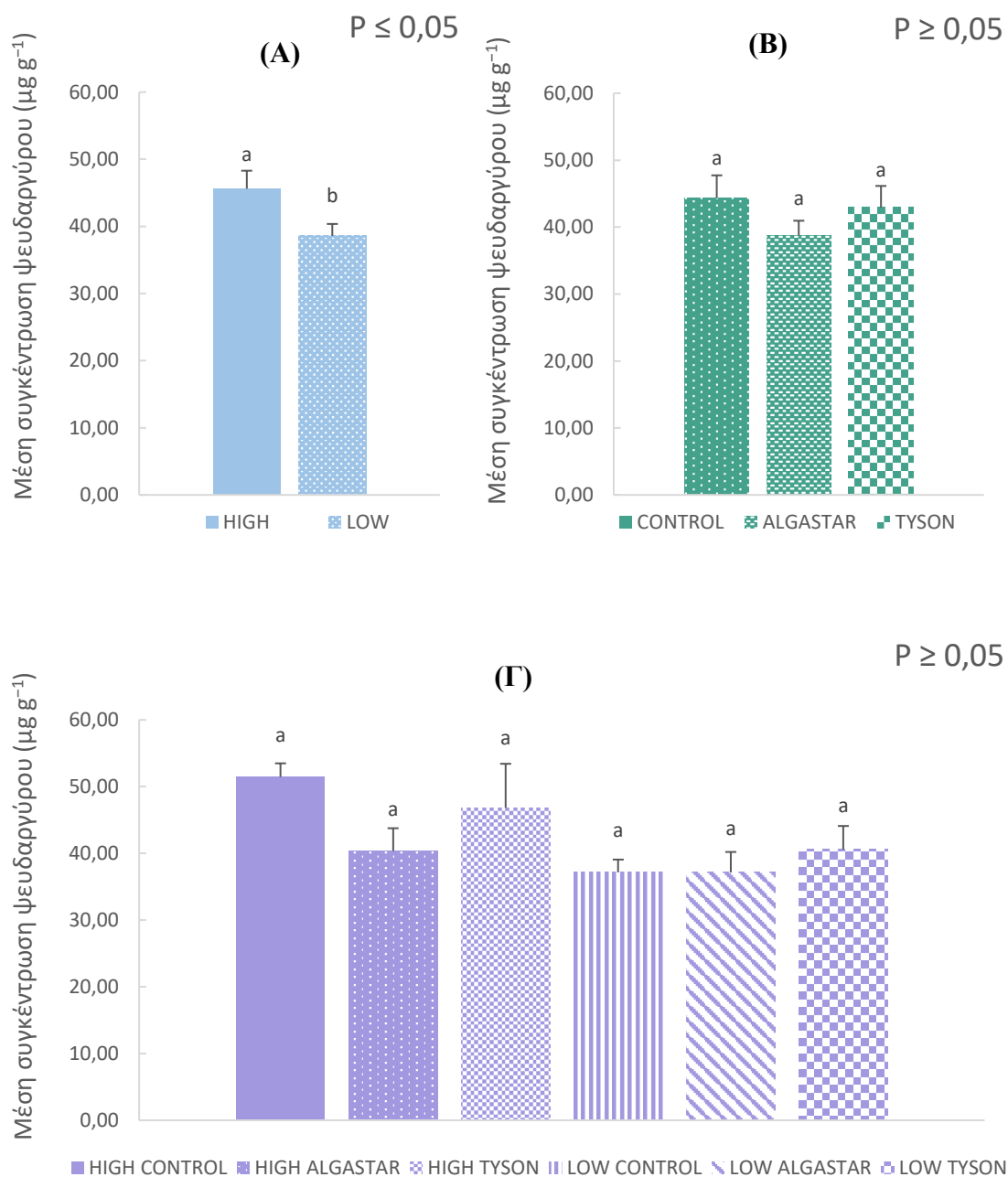


**Γράφημα 4.11.1** Η επίδραση της αναλογίας  $NH_4^+$ -N/Total-N (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $NH_4^+$ -N/Total-N, βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.1 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος των φυτών *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Τα αποτελέσματα της ANOVA έδειξαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.11.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη κατά 28,54% σε σχέση με την συγκέντρωση ψευδαργύρου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.1 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.11.1 Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.1 Γ) στην συγκέντρωση ψευδαργύρου στον δροσουλίτη.

#### 4.11.2 Συγκέντρωση ψευδαργύρου βαλεριανέλλας

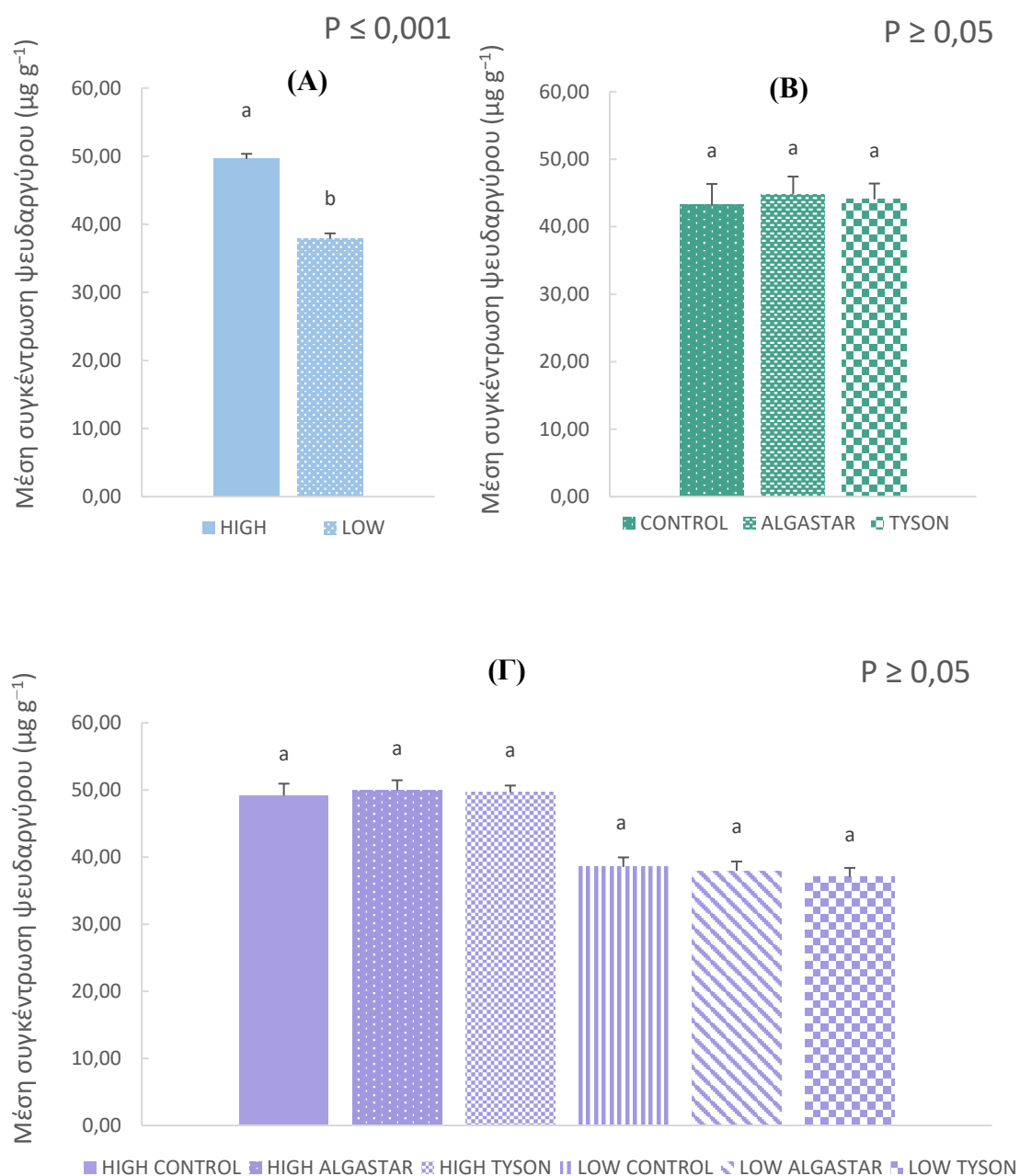


**Γράφημα 4.11.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.2 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η ανάλυση της Παραλλακτικότητας έδειξε σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.11.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας κατά 15,41% σε σχέση με την συγκέντρωση ψευδαργύρου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.2 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.11.2 Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.2 Γ) στην συγκέντρωση ψευδαργύρου στην βαλεριανέλλα.

### 4.11.3 Συγκέντρωση ψευδαργύρου γλιστρίδας



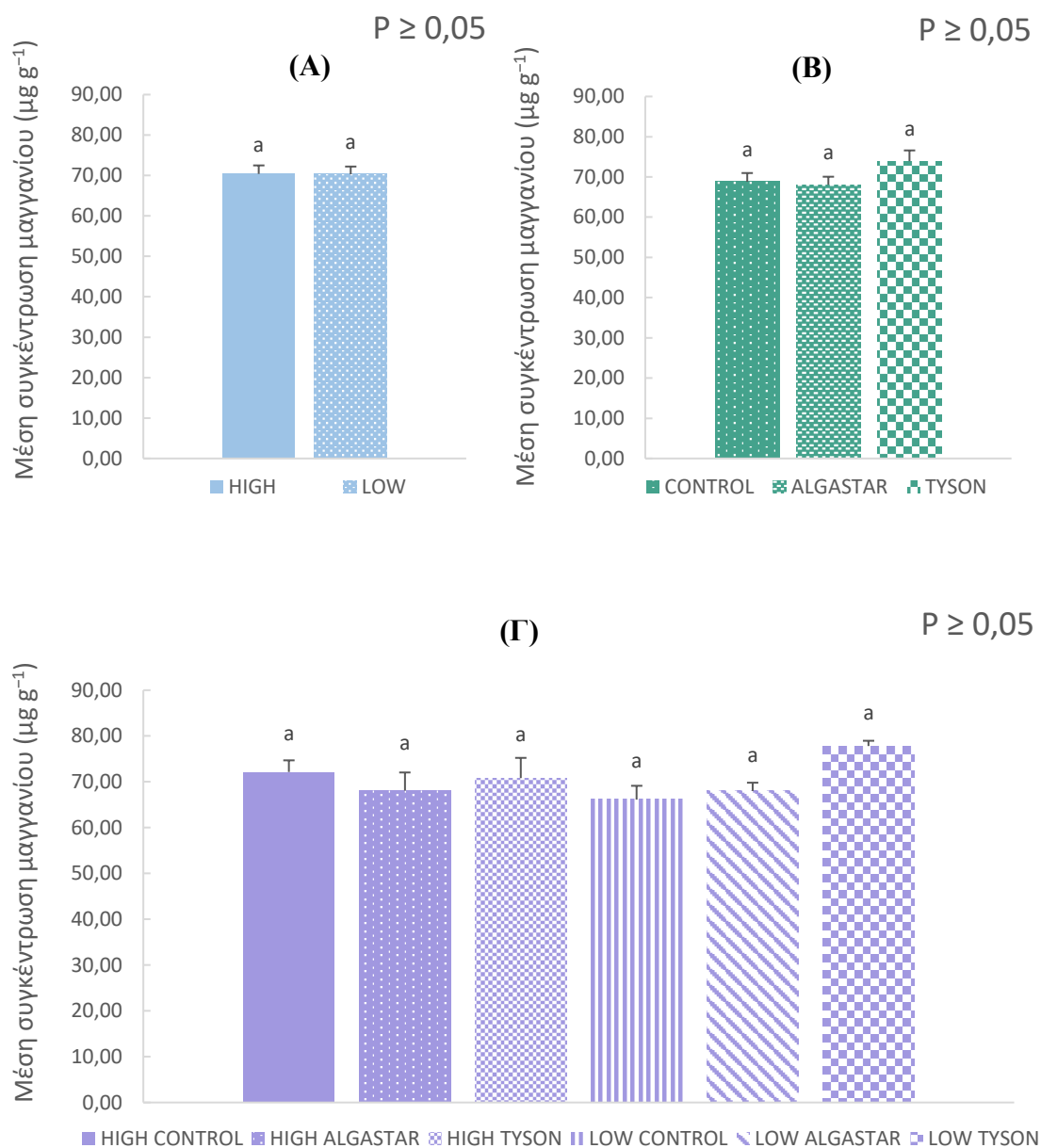
**Γράφημα 4.11.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.11.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.11.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.11.3 Γ) στη συγκέντρωση του ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση ψευδαργύρου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιο βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.11.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης ψευδαργύρου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/TOTAL-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση ψευδαργύρου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας κατά 23,61% σε σχέση με την συγκέντρωση ψευδαργύρου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.11.3 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.11.3.Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.11.3 Γ) στην συγκέντρωση ψευδαργύρου στον δροσουλίτη.

## 4.12 Συγκέντρωση Μαγγανίου ( $Mn^{2+}$ )

### 4.12.1 Συγκέντρωση μαγγανίου δροσουλίτη



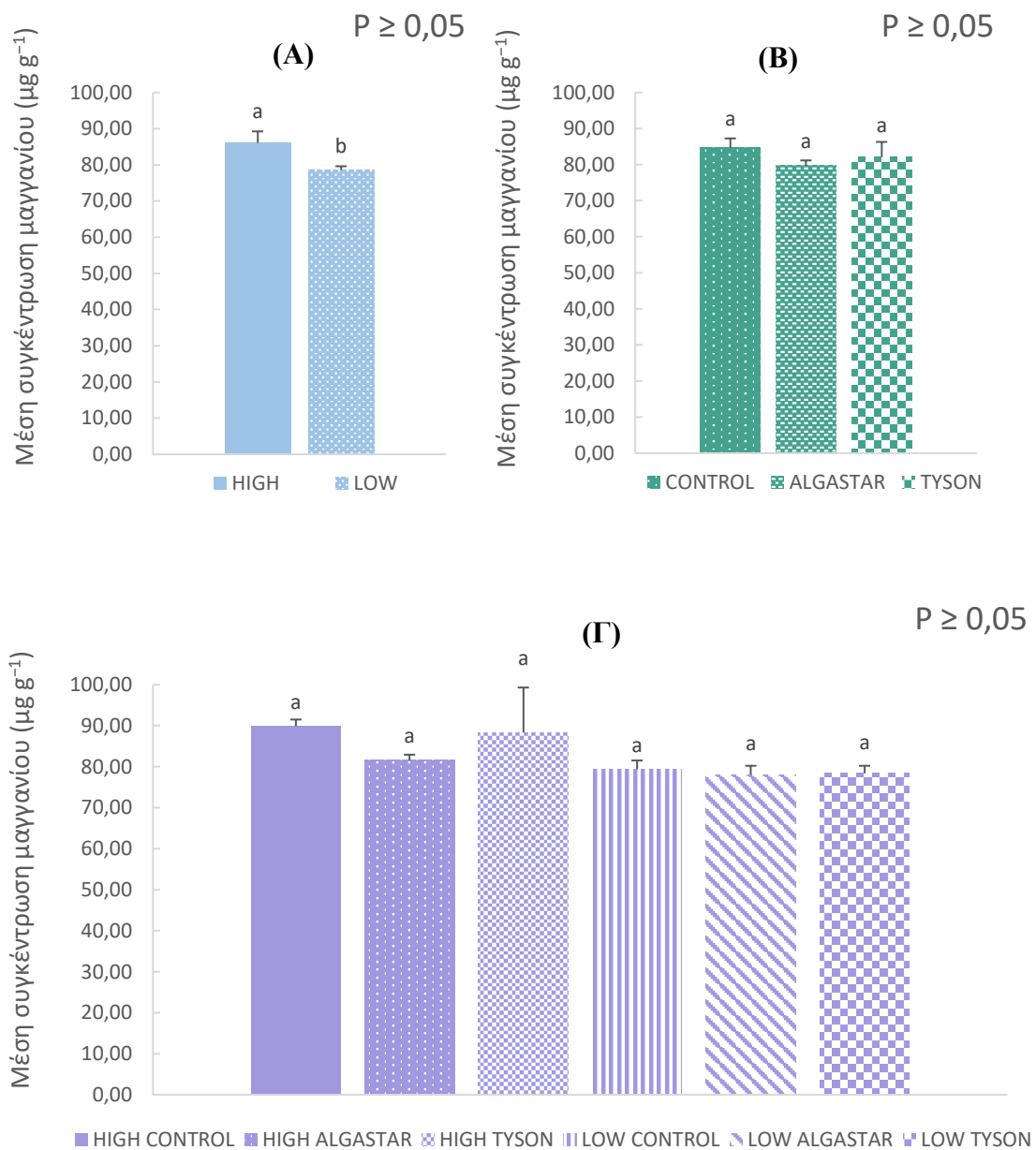
**Γράφημα 4.12.1** Η επίδραση της αναλογίας  $NH_4^+-N/Total-N$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.1 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.1 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $NH_4^+-N/Total-N$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.1 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *M. crystallinum* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA δεν προέκυψαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρήσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.12.1 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου ψεκάστηκαν με τον βιοδιεγέρτη Tyson (TYSON) (Γράφημα 4.12.1 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.12.1 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή χαμηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Tyson (LOW-TYSON), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (LOW-CONTROL).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.12.1.A, Γράφημα 4.12.1.B) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.12.1 Γ) στην συγκέντρωση μαγγανίου στους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη.



#### 4.12.2 Συγκέντρωση μαγγανίου βαλεριανέλλας

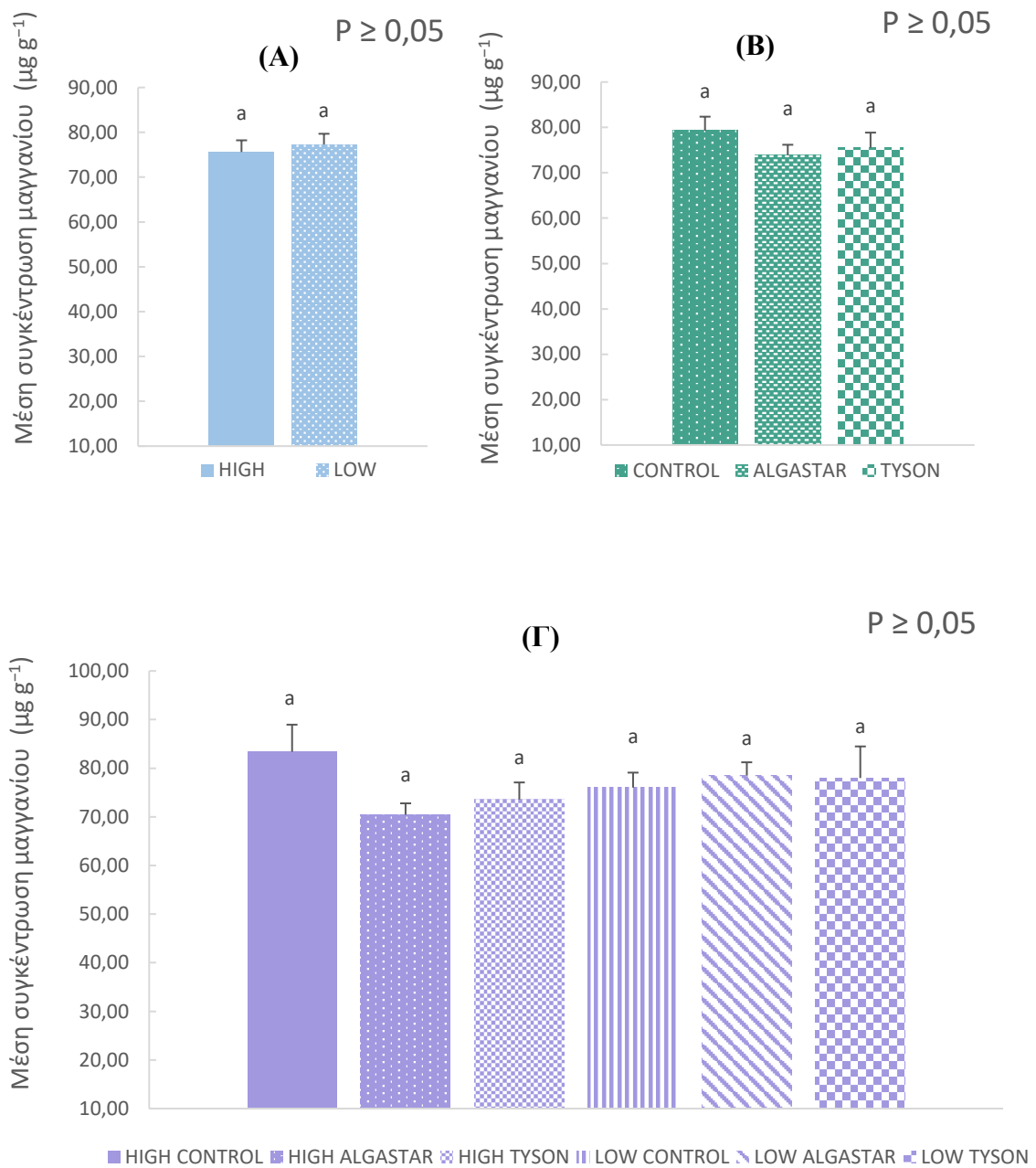


**Γράφημα 4.12.2** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.2 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.2 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.2 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *V. locusta* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Από τα αποτελέσματα της ANOVA βρέθηκαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η υψηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η χαμηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.12.2 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.12.2 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.12.2 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Algastar (LOW-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα. Η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH) αύξησε την συγκέντρωση μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας κατά 8,79% σε σχέση με την συγκέντρωση μαγγανίου των φυτών που τους χορηγήθηκε χαμηλή συγκέντρωση  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.12.2 Α). Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν προέκυψαν για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη (Γράφημα 4.12.2.Β) ή για την αλληλεπίδρασή των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.12.2 Γ) στην συγκέντρωση μαγγανίου στην βαλεριανέλλα.

#### 4.12.3 Συγκέντρωση μαγγανίου γλιστρίδας



**Γράφημα 4.12.3** Η επίδραση της αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  (0,04 και 0,12, που σημειώνονται ως LOW και HIGH αντίστοιχα) (Γράφημα 4.12.3 A) και των δύο διαφορετικών βιοδιεγερτών (που σημειώνονται ως ALGASTAR και TYSON) (Γράφημα 4.12.3 B), όπως και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων ( $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$ , βιοδιεγέρτες) (Γράφημα 4.12.3 Γ) στη συγκέντρωση του μαγγανίου στους υπέργειους φυτικούς ιστούς των *P. oleracea* (g). Κάθε ράβδος αναπαριστά το τυπικό σφάλμα της μέτρησης. Τα διαφορετικά γράμματα αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$  σύμφωνα με την μέθοδο Duncan's Multiple - Range test.

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας δεν έδειξε σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρήσεων ( $P \leq 0,05$ ) ενώ οι επαναλήψεις δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα. Η χαμηλότερη τιμή της συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (HIGH), ενώ η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα με χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  (LOW) (Γράφημα 4.12.3 Α). Η εφαρμογή με βιοδιεγέρτη Algastar (ALGASTAR) είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου στους υπέργειους ιστούς, ενώ την υψηλότερη συγκέντρωση μαγγανίου την εμφάνισαν οι φυτικοί ιστοί όπου δεν ψεκάστηκαν με κάποιον βιοδιεγέρτη (CONTROL) (Γράφημα 4.12.3 Β). Στο γράφημα της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (Γράφημα 4.12.3 Γ) παρατηρούμε πως η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μαγγανίου στο υπέργειο μέρος των φυτών προέκυψε μετά από την εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  σε συνδυασμό χωρίς εφαρμογή βιοδιεγέρτη (HIGH-CONTROL), ενώ η χαμηλότερη τιμή προέκυψε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  με εφαρμογή βιοδιεγέρτη Algastar (HIGH-ALGASTAR).

Από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιον από τους δύο παράγοντες (Γράφημα 4.12.3.A, Γράφημα 4.12.3.B) ή στην αλληλεπίδρασή τους (Γράφημα 4.12.3 Γ) στην συγκέντρωση μαγγανίου στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας.

## 5. Συζήτηση και συμπεράσματα

### 5.1 Νωπό βάρος, αριθμός φύλλων και συνολική φυλλική επιφάνεια

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η διαχείριση της θρέψης των φυτών η οποία έχει άμεση επίδραση τόσο στην ανάπτυξη όσο και στην παραγωγή των καλλιεργειών. Στην παρούσα διατριβή, παρατηρείται σημαντική επίδραση τόσο των δύο παραγόντων όσο και της αλληλεπίδρασής τους στο νωπό βάρος του υπέργειου μέρους, στον αριθμό των φύλλων καθώς και στο συνολικό εμβαδόν της φυλλικής επιφάνειας του δροσουλίτη και της βαλεριανέλλας που αναπτύχθηκαν σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, για τον δροσουλίτη, παρατηρούμε ότι μεταξύ των δύο διαφορετικών αναλογιών, η αναλογία που ευνόησε το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια ήταν η χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+:\text{Total-N}$  (LOW), η οποία αύξησε το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια κατά 31,39%, 5,17% και 24,18%, αντίστοιχα, σε σχέση με την υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+:\text{Total-N}$  (HIGH). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι μια αύξηση στο ποσοστό του αζώτου που παρέχεται σε αμμωνιακή μορφή στο θρεπτικό διάλυμα εμποδίζει την ανάπτυξη και περιορίζει την απόδοση σε πολλά φυτά, όταν καλλιεργούνται σε υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας (Kotsiras et al., 2007; Guo et al., 2007; Nicola et al., 2017). Από την άλλη μεριά βέβαια, οι καλλιέργειες έχουν καλύτερη ανάπτυξη και σημειώνουν μεγαλύτερες αποδόσεις όταν ένα χαμηλό ποσοστό του ολικού αζώτου παρέχεται στο θρεπτικό διάλυμα ως αμμωνιακό άζωτο, σε σύγκριση καλλιέργειες που αναπτύσσονται υπό πλήρη απουσία αμμωνιακού αζώτου. Σύμφωνα με τους Savvas et al. (2006), η χορήγηση του 30% του συνολικού αζώτου με τη μορφή  $\text{NH}_4^+$  αύξησε σημαντικά τόσο το νωπό όσο και το ξηρό βάρος του μαρουλιού σε πρώιμο ανοιξιάτικο πείραμα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα καλλιέργειας. Πολλοί ερευνητές αποδίδουν τουλάχιστον ένα μέρος των επιζήμιων επιπτώσεων της υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+:\text{Total-N}$  ή  $\text{NH}_4^+$  συγκέντρωσης στο παρεχόμενο θρεπτικό διάλυμα σε καλλιεργούμενα φυτά στην ταυτόχρονη μείωση του pH σε τιμές κάτω από 5 στο περιβάλλον της ρίζας (Dickson et al., 2016). Ο δροσουλίτης, ως αλόφυτο φυτό, προτιμά υψηλό pH στο θρεπτικό διάλυμα, επομένως πιθανόν να είναι ένας από τους λόγους που ευνοείται η παραγωγή του από την χορήγηση χαμηλού ποσοστού αμμωνιακού αζώτου. Σε αντίθεση με τον δροσουλίτη, η

αναλογία που ευνόησε την ανάπτυξη των φυτών βαλεριανέλλας ήταν η υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  η οποία αύξησε το νωπό βάρος και την συνολική φυλλική επιφάνεια κατά 18,18% και 18,35% αντίστοιχα, ενώ στον αριθμό φύλλων δεν υπήρξε στατιστική διαφορά. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τους Petropoulos et al. (2018), όπου σε πείραμα γλάστρας, φυτά σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum* L.) που τους χορηγήθηκε αμμωνιακό άζωτο σε υψηλότερο ποσοστό (43%  $\text{NH}_4\text{-N}$  και 53%  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) είχαν υψηλότερη απόδοση σε νωπό βάρος σε σχέση με τα φυτά που τους χορηγήθηκε αμμωνιακό άζωτο σε χαμηλότερο ποσοστό. Αντίθετα το νωπό βάρος της γλιστρίδας δεν προωθήθηκε από την υψηλή ή χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  ή από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών αλλά ούτε και από την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων καθώς τα αποτελέσματα του νωπού βάρους της γλιστρίδας για κάθε έναν από τους δύο παράγοντες και για την αλληλεπίδραση τους δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Palaniswamy et al. (2004), όπου έδειξαν ότι το νωπό βάρος φυτών γλιστρίδας, καλλιεργούμενα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα δεν επηρεάστηκε από τις διαφορετικές αναλογίες  $\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$  στο θρεπτικό διάλυμα. Στατιστικά σημαντικές διαφορές για τον παράγοντα βιοδιεγέρτη δεν προέκυψαν ως προς το νωπό υπέργειο βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική επιφάνεια της βαλεριανέλλας. Παρομοίως, οι Bonasia et al. (2021), έδειξαν ότι η εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο νωπό βάρος και την συνολική φυλλική επιφάνεια του φυτού *Spinacia oleracea* L. καλλιεργούμενο σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης. Παρόμοια, για το ίδιο φυτό, οι El-Nakhel et al. (2022), έδειξαν ότι η εφαρμογή βιοδιεγέρτη δεν επηρέασε το νωπό βάρος και τον αριθμό φύλλων. Αντίθετα για την βαλεριανέλλα και τον δροσουλίτη, στατιστικά σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων στο νωπό βάρος των φυτών, αποτέλεσμα που συμφωνεί με τους Bonasia et al. (2021), οι οποίοι έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αλληλεπίδραση μεταξύ βιοδιεγέρτη και διαφορετικών επιπέδων αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα όσον αφορά το νωπό βάρος των φυτών *S. oleracea*. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών προώθησε σημαντικά το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια του δροσουλίτη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την έρευνα των Admane et al. (2023), όπου μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών βιοδιεγερτών στην απόδοση και την ποιότητα καλλιεργούμενου υδροπονικά μαρουλιού. Οι ερευνητές έδειξαν ότι ο βιοδιεγέρτης που αποτελεί προϊόν ενζυμικής υδρόλυσης Fabaceae αύξησε την εμπορεύσιμη απόδοση, το βάρος της κεφαλής και την επιφάνεια των φύλλων των

φυτών μαρουλιού κατά 38, 37 και 22% αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα όπου δεν έγινε εφαρμογή βιοδιεγέρτη.

## 5.2 Ολικό άζωτο

Τα αποτελέσματα του ολικού αζώτου στον φυτικό ιστό των τριών φυτικών ειδών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση του ολικού αζώτου επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τις δύο παράγοντες (διαφορετική αναλογία και εφαρμογή διαφορετικών βιοδιεγερτών), ενώ η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν επηρέασε τα αποτελέσματα, σε κανένα από τα τρία φυτικά είδη. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση ολικού αζώτου στο δροσουλίτη επηρεάστηκε θετικά από την χαμηλή αναλογία, καθώς η παροχή θρεπτικού διαλύματος χαμηλής αναλογίας αύξησε την συγκέντρωσή του κατά 4,15%. Αυτά τα αποτελέσματα βρίσκονται σε αντίθεση με την μελέτη των Chatzigianni et al. (2018), όπου όταν η αναλογία αμμωνιακού προς ολικού αζώτου αυξήθηκε από 0,05 σε 0,5 οδήγησε σε αύξηση του ολικού αζώτου στα φύλλα του μαρουλιού. Από την άλλη μεριά, το ποσοστό ολικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας αυξήθηκε κατά 14,1% με την χορήγηση θρεπτικού διαλύματος υψηλής αναλογίας. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Chatzigianni et al. (2018), όπου στα φύλλα σταμναγκαθιού καλλιεργούμενου υδροπονικά, το ολικό άζωτο αυξήθηκε όταν η αναλογία αμμωνιακού προς ολικού αζώτου αυξήθηκε. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και για φυτά αγγουριού (Heuer, 1999), πιπεριάς (Bar-Tal et al., 2001), μελιτζάνας (Santamaria & Elia, 1997), αλλά και ελαιοκράμβης (Bybordí et al., 2009). Αντίθετα, το ποσοστό του ολικού αζώτου στην βαλεριανέλλα δεν επηρεάστηκε από την αναλογία, αλλά ούτε και από τους βιοδιεγέρτες, δείχνοντας ότι ίσως το ποσοστό του ολικού αζώτου εξαρτάται και από το φυτικό είδος. Στην έρευνα που έκαναν οι Voutsinos-Frantzis et al. (2023), βρήκαν ότι η αλατότητα του θρεπτικού διαλύματος, η πηγή αλατότητας (NaCl ή CaCl<sub>2</sub>) και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στο ολικό άζωτο των υπέργειων φυτικών ιστών της υδροπονικά καλλιεργούμενης βαλεριανέλλας. Σε διαφορετική έρευνα των Voutsinos-Frantzis et al. (2022) παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα, καθώς βρέθηκε ότι η ποσότητα του ολικού αζώτου σε σταμναγκάθι καλλιεργούμενο σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από κανέναν από τους δύο παράγοντες που εξετάστηκαν ή τις αλληλεπιδράσεις τους (αναλογία K:Ca:Mg, Ec).

Όσον αφορά την επίδραση των βιοδιεγερτών στο ποσοστό ολικού αζώτου, σημαντική ήταν η αύξηση στον φυτικό ιστό του δροσουλίτη μετά την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Algastar όπου αύξησε το ποσοστό ολικού αζώτου κατά 9,92% και 6,48% σε σχέση με την εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Tyson και τα φυτά που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτη (Control). Το ποσοστό ολικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας και της γλιστρίδας δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές λόγω εφαρμογής των βιοδιεγερτών. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με την μελέτη των Bopasia et al. (2021), όπου έδειξαν ότι η εφαρμογή ή το είδος βιοδιεγερτών δεν επηρέασε το ποσοστό ολικού αζώτου στα φύλλα υδροπονικά καλλιεργούμενου σπανακιού. Αντίστοιχα δεν επηρεάστηκε το ολικό άζωτο από την αλληλεπίδραση βιοδιεγερτών και συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα.

### 5.3 Συγκέντρωση μακροστοιχείων $K^+$ , $Ca^{2+}$ και $Mg^{2+}$

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής έδειξαν ότι η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$  δεν επηρεάστηκε από κανέναν από τους δύο παράγοντες ή την αλληλεπίδραση τους σε κανένα από τα τρία φυτικά είδη, με εξαίρεση να αποτελεί το ασβέστιο όπου η χαμηλή αναλογία οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης κατά 30% στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με την έρευνα των Bopasia et al. (2021), όπου έδειξαν ότι η εφαρμογή ή το είδος βιοδιεγερτών δεν επηρέασε την συγκέντρωση αυτών των στοιχείων στα φύλλα του σπανακιού, με εξαίρεση το ασβέστιο, όπου η εφαρμογή βιοδιεγερτών επηρέασε τη συγκέντρωσή του, όπως και επίσης το ολικό άζωτο του θρεπτικού διαλύματος, όπου η χαμηλότερη συγκέντρωση ολικού αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης αβεστίου στα φύλλα, αποτέλεσμα που συμφωνεί με την παρούσα μελέτη. Αντίστοιχα, οι Chatzigianni et al. (2017), βρήκαν πως ο παράγοντας αναλογία αμμωνιακού προς ολικού αζώτου στο παρεχόμενο θρεπτικό διάλυμα είχε μικρή επίπτωση στην συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$  και αυτό συμβαίνει γιατί τα μεταλλικά μακροκατιόντα σχηματίζουν ισχυρές βάσεις που διασπώνται πλήρως σε υδατικά διαλύματα και έτσι οι δραστηριότητές τους δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από το pH (De Rijck & Schrevens, 1998).



#### 5.4 Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων $\text{Na}^+$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ και $\text{Mn}^{2+}$

Στην παρούσα διατριβή μελέτη η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων δεν επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την εφαρμογή των διαφορετικών βιοδιεγερτών σε κανένα από τα τρία φυτικά είδη. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με την μελέτη των Soppelsa et al. (2019), στην οποία όταν έγινε εφαρμογή διαφορετικών βιοδιεγερτών σε φυτά φράουλας καλλιεργούμενα υδροπονικά, η συγκέντρωση των παραπάνω στοιχείων δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά.

Αντίθετα, η υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  αύξησε σημαντικά την συγκέντρωση του ψευδαργύρου και στα τρία φυτικά είδη κατά 28,54%, 15,41% και 23,61% στους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη, της βαλεριανέλλας και της γλιστρίδας αντίστοιχα, ενώ η συγκέντρωση του μαγγανίου υπό την υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  αυξήθηκε μόνο στους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας κατά 8,79%. Αυτά τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με την έρευνα των Chatzigianni et al. (2018), όπου η υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  οδήγησε σε αυξημένη συγκέντρωση ψευδαργύρου και μαγγανίου στους φυτικούς ιστούς υδροπονικού μαρουλιού, λόγω της διατήρησης χαμηλότερων επιπέδων pH στο περιβάλλον της ρίζας των φυτών λόγω της απελευθέρωσης  $\text{H}^+$  από ριζικά κύτταρα. Είναι επίσης γνωστό ότι τα μεταλλικά κατιόντα μικροθρεπτικών συστατικών ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  και  $\text{Mn}^{2+}$ ) μερικώς υδρολύονται σε υδατικά διαλύματα καθιστώντας μη διαθέσιμες μορφές και, ως εκ τούτου, η πρόσληψή τους από τα φυτά μειώνεται όταν η τιμή του pH αυξάνεται. (De Rijck & Schrevens, 1998). Όσον αφορά το σίδηρο, η εφαρμογή υψηλής αναλογίας  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  αύξησε την συγκέντρωση του στους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη κατά 52,3% και της βαλεριανέλλας κατά 7,12%, αντίστοιχα με την έρευνα των Petropoulos et al. (2018), όπου στα φυτά σταμναγκαθιού που τους χορηγήθηκε αμμωνιακό άζωτο σε υψηλότερο ποσοστό (43%  $\text{NH}_4\text{-N}$  και 53%  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) είχαν υψηλότερη συγκέντρωση σιδήρου. Από την άλλη, η διαφορετική αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{Total-N}$  δεν επηρέασε την συγκέντρωση του μαγγανίου σε γλιστρίδα και δροσουλίτη και την συγκέντρωση του σιδήρου στη γλιστρίδα. Σε έρευνα των Voutsinos-Fratzis et al. (2023), βρήκαν ότι η αλατότητα του θρεπτικού διαλύματος, η πηγή αλατότητας ( $\text{NaCl}$  ή  $\text{CaCl}_2$ ) και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην συγκέντρωση μαγγανίου και σιδήρου στους φυτικούς ιστούς της υδροπονικά καλλιεργούμενης βαλεριανέλλας.

## 5.5 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η εφαρμογή βιοδιεγερτών είχαν σημαντική επίδραση μόνο στο νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια του δροσουλίτη, καθώς στα υπόλοιπα φυτικά είδη τα αποτελέσματα νωπού βάρους, αριθμού φύλλων και συνολικής φυλλικής επιφάνειας δεν επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από την εφαρμογή βιοδιεγερτών. Παρόμοια, η εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν επηρέασε την συγκέντρωση του ολικού αζώτου, καλίου, νατρίου, ασβεστίου, μαγνησίου, σιδήρου, ψευδαργύρου και μαγγανίου στους φυτικούς ιστούς των φυτικών ειδών που μελετήθηκαν στην παρούσα διατριβή μελέτη, με εξαίρεση το ολικό άζωτο όπου αυξήθηκε στο υπέργειο μέρος του δροσουλίτη όταν έγινε εφαρμογή του βιοδιεγέρτη Tyson.

Όσον αφορά τις διαφορετικές αναλογίες αμμωνιακού προς ολικού αζώτου, η χαμηλή αναλογία προώθησε το νωπό βάρος, τον αριθμό φύλλων και την συνολική φυλλική επιφάνεια στο δροσουλίτη, ενώ αντίθετα η παραγωγή της βαλεριανέλλας προωθήθηκε από την υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ . Από την άλλη, η διαφορετική αναλογία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στα φυτά γλιστρίδας. Η συγκέντρωση ολικού αζώτου αυξήθηκε υπό την χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  στους ιστούς του δροσουλίτη και υπό την υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  στους ιστούς της γλιστρίδας, ενώ το ολικό άζωτο της βαλεριανέλλας δεν επηρεάστηκε. Η συγκέντρωση του καλίου του νατρίου και του μαγνησίου δεν είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κανένα από τα τρία φυτικά είδη. Όσον αφορά την συγκέντρωση του ασβεστίου αυτό αυξήθηκε μόνο στους φυτικούς ιστούς της γλιστρίδας υπό την χαμηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ . Σχετικά με την συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων, η υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  αύξησε την συγκέντρωση του ψευδαργύρου και στα τρία φυτικά είδη, την συγκέντρωση του σιδήρου στους φυτικούς ιστούς του δροσουλίτη και της βαλεριανέλλας, ενώ η συγκέντρωση του μαγγανίου αυξήθηκε μόνο στους φυτικούς ιστούς της βαλεριανέλλας υπό την υψηλή αναλογία  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$ .

Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω μελέτη και σε άλλα φυλλώδη είδη. Ωστόσο απαιτούνται περαιτέρω έρευνες, Απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τις διαφορετικές αναλογίες  $\text{NH}_4^+\text{-N/Total-N}$  και την

εφαρμογή βιοδιεγερτών καθώς η βιοδιεγερτική δράση δεν εξαρτάται μόνο από τα φυτικά είδη, αλλά και από διαφορετικούς γονότυπους του ίδιου είδους και ρυθμίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η λίπανση, η συγκέντρωση βιοδιεγέρτη και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Η διαθεσιμότητα αζώτου στα μέσα ανάπτυξης σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας των φυτών και η περιεκτικότητα σε αμμωνιακό άζωτο στο θρεπτικό διάλυμα έχουν σημαντική επίδραση τόσο στην απόδοση όσο και στην ποιότητα των φύλλων των τριών φυτικών ειδών. Περαιτέρω μελέτη πρέπει να διεξαχθεί ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση των αζωτούχων λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης καθώς και η αναλογία νιτρικού/αμμωνιακού αζώτου στο θρεπτικό διάλυμα για την ανάπτυξη των φυτών, τη χημική σύνθεση και την ποιότητα φυλλωδών λαχανικών προκειμένου να αξιολογηθούν πιθανές επιδράσεις τοξικότητας, καθώς και ανταγωνιστικές επιδράσεις σε άλλα κατιονικά θρεπτικά συστατικά.

## 6. Βιβλιογραφία

### 6.1 Ελληνική

Καρκαλούσος, Π., Γεωργίου, Ζ., Κρούπης, Χ., Παπαϊωάννου, Α., Πλαγιάς, Π., Σπυρόπουλος, Β., Τσότσου, Γ., & Φούντζουλα, Χ. (2015). Η ατομική απορρόφηση και οι εφαρμογές της. In *Εργαστηριακές ασκήσεις κλινικής χημείας*. <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5389>

Οικονομάκης, Κ. (1995). Ελαφρόπετρα και περλίτης. *Η ελληνική πρόταση για την υδροπονία. Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 1(1995), 42-44.

Σάββας Δ. (2011). Καλλιέργειες εκτός εδάφους, Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις ΑΓΡΟΤύπος ΑΕ, Αθήνα, σελ.13-16, 20-27, 31-33, 73-115, 176-178, 202-229.

Σάββας, Δ. (2012). Καλλιέργειες εκτός εδάφους: υδροπονία, υποστρώματα. *Εκδόσεις ΑγροΤύπος*, σελ, 528.

Σαριδάκης, Γ., & Κουβαράκης, Γ. (2020). Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης. In *Σημειώσεις εργαστηρίου αναλυτικής χημείας II*. ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ.

### 6.2 Ξενόγλωσση

Abd El-Gawad, A. M., & Shehata, H. S. (2014). Ecology and development of *Mesembryanthemum crystallinum* L. in the Deltaic Mediterranean coast of Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(1), 29-37.

Adams, P., Nelson, D. E., Yamada, S., Chmara, W., Jensen, R. G., Bohnert, H. J., & Griffiths, H. (1998). Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae). *The New Phytologist*, 138(2), 171-190.

Admane, N., Cavallo, G., Hadjila, C., Cavalluzzi, M. M., Rotondo, N. P., Salerno, A., ... & Sanzani, S. M. (2023). Biostimulant Formulations and Moringa oleifera Extracts to Improve Yield, Quality, and Storability of Hydroponic Lettuce. *Molecules*, 28(1), 373.

Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., & Rosenberg, R. (2001). Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. Effects of nitrogen concentration and NO<sub>3</sub>: NH<sub>4</sub> ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. *HortScience*, 36(7), 1252-1259.

Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia horticultrae*, 196, 39-48.

Bender, David A., ed. (2005). *Dictionary of Food and Nutrition*. Oxford University Press.

- Bianco, V. V., Santamaria, P., & Elia, A. (1996, September). Nutritional value and nitrate content in edible wild species used in southern Italy. In *III International Symposium Diversification of Vegetable Crops 467* (pp. 71-90).
- Bonasia, A., Conversa, G., Lazzizzera, C., & Elia, A. (2021). Foliar application of protein hydrolysates on baby-leaf spinach grown at different n levels. *Agronomy*, *12*(1), 36.
- BYBORDI, A., TABATABAEI, J., & AHMADOV, A. (2009). Effects of salinity and NO<sub>3</sub>: NH<sub>4</sub> ratio on yield and quality in canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, *1*(1), 67-72.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. J. P. Soil. 2014. *Agricultural uses of plant biostimulants*, *383*, 3-41.
- Cantliffe, D. J. (1973). Nitrate Accumulation in Table Beets and Spinach as Affected by Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Nutrition and Light Intensity 1. *Agronomy Journal*, *65*(4), 563-565.
- Chapman, J., Stewart, R. B., & Yarnell, R. A. (1974). Archaeological evidence for pre-Columbian introduction of *Portulaca oleracea* and *Mollugo verticillata* into eastern North America. *Econ. Bot*, *28*(4), 411-412.
- Chatziagianni, M., Alkhaled, B. A., Livieratos, I., Stamatakis, A., Ntatsi, G., & Savvas, D. (2018). Impact of nitrogen source and supply level on growth, yield and nutritional value of two contrasting ecotypes of *Cichorium spinosum* L. grown hydroponically. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(4), 1615-1624.
- Colla, G., & Rouphael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 1-134.
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., & Rouphael, Y. (2017). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience*, *52*(9), 1214-1220.
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in plant science*, *8*, 2202.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 28-38.
- Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in plant science*, *5*, 448.
- Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 448.

- Colla, G., Roupshael, Y., Cardarelli, M., Svecova, E., Rea, E., & Lucini, L. (2013). Effects of saline stress on mineral composition, phenolic acids and flavonoids in leaves of artichoke and cardoon genotypes grown in floating system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(5), 1119-1127.
- Colla, G., Roupshael, Y., Jawad, R., Kumar, P., Rea, E., & Cardarelli, M. (2013). The effectiveness of grafting to improve NaCl and CaCl<sub>2</sub> tolerance in cucumber. *Scientia Horticulturae*, 164, 380-391.
- Cooper, A. (1979). *The ABC of NFT. Nutrient film technique*. Grower Books.
- Cowper A, 1996. Portulaca oleracea, purslane. Australian Journal of Medical Herbalism, 8(1):28; [1 pl.].
- De Pascale, S., Roupshael, Y., & Colla, G. (2017). Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *Eur. J. Hortic. Sci*, 82(6), 277-285.
- De Rijck, G., & Schrevens, E. (1998). Cationic speciation in nutrient solutions as a function of pH. *Journal of plant nutrition*, 21(5), 861-870.
- Dickson, R. W., Fisher, P. R., Argo, W. R., Jacques, D. J., Sartain, J. B., Trenholm, L. E., & Yeager, T. H. (2016). Solution ammonium: nitrate ratio and cation/anion uptake affect acidity or basicity with floriculture species in hydroponics. *Scientia horticulturae*, 200, 36-44.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Franson, M. A. H., American Public Health Association., American Water Works Association., & Water Environment Federation. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th edn*
- El-Nakhel, C., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Petropoulos, S. A., Nocerino, S., Pelosi, M. E., ... & Di Mola, I. (2022). Effect of biostimulant application on plant growth, chlorophylls and hydrophilic antioxidant activity of spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown under saline stress. *Horticulturae*, 8(10), 971.
- Fernandes, M. S., & Rossiello, R. O. P. (1995). Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical reviews in plant sciences*, 14(2), 111-148.
- Flora of North America Editorial Committee. (2015). *Flora of North America North of Mexico*. St. Louis, Missouri and Cambridge, Massachusetts, USA: Missouri Botanical Garden and Harvard University Herbaria.
- Garti, N., Slavin, Y., & Aserin, A. (1999). Surface and emulsification properties of a new gum extracted from *Portulaca oleracea* L. *Food Hydrocolloids*, 13(2), 145-155.
- Godlewska, K., Michalak, I., Tuhy, Ł., & Chojnacka, K. (2016). Plant growth biostimulants based on different methods of seaweed extraction with water. *BioMed research international*, 2016.

- Granstedt, R. C., & Huffaker, R. C. (1981). Vacuolar nitrate and the isolation of vacuoles for localization and transport studies. In *Genetic Engineering of Symbiotic Nitrogen Fixation and Conservation of Fixed Nitrogen* (pp. 569-577). Boston, MA: Springer US.
- Graves, C. J. (1983). The nutrient film technique. *Horticultural reviews*, 5(1), 1-44.
- Grieve, C. M., & Suarez, D. L. (1997). Purslane (*Portulaca oleracea* L.): a halophytic crop for drainage water reuse systems. *Plant and Soil*, 192, 277-283.
- Guo, S., Zhou, Y., Shen, Q., & Zhang, F. (2006). Effect of ammonium and nitrate nutrition on some physiological processes in higher plants-growth, photosynthesis, photorespiration, and water relations. *Plant Biology*, 21-29.
- Halpern, M. Asher Bar-Taly A., Ofeky M., Minzy D., Mullerx T., Yermiyahu U.(2015). *Chapter two—the use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. Adv. Agron*, 130, 141-174.
- Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*, 26, 619-628.
- Heuer, B. (1991). Growth, photosynthesis and protein content in cucumber plants as affected by supplied nitrogen form. *Journal of Plant Nutrition*, 14(4), 363-373.
- Incrocci, L., Carmassi, G., Maggini, R., Massa, D., Tognoni, F., Pardossi, A., & Malorgio, F. (2006, October). Simplified models for the water relations of soilless cultures: what they do or suggest for sustainable water use in intensive horticulture. In *III International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation 718* (pp. 425-434).
- Kang, S., Kim, S., Ha, S., Lee, C., & Nam, S. (2016). Biochemical components and physiological activities of ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*).
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., ... & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*, 28, 386-399.
- Kloot, P. M. (1987). The naturalised flora of South Australia 3. Its origin, introduction, distribution, growth forms and significance. *Journal of the Adelaide Botanic Garden*, 99-111.
- Koch, K. E., & Kennedy, R. A. (1982). Crassulacean acid metabolism in the succulent C4 dicot, *Portulaca oleracea* L under natural environmental conditions. *Plant Physiology*, 69(4), 757-761.
- Kohler, J., Hernández, J. A., Caravaca, F., & Roldán, A. (2008). Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. *Functional Plant Biology*, 35(2), 141-151.

- Kotsiras, A., Olympios, C. M., & Passam, H. C. (2005). Effects of nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rockwool during spring and winter in southern Greece. *Journal of plant nutrition*, 28(11), 2027-2035.
- Lara, M. V., Drincovich, M. F., & Andreo, C. S. (2004). Induction of a crassulacean acid-like metabolism in the C4 succulent plant, *Portulaca oleracea* L.: study of enzymes involved in carbon fixation and carbohydrate metabolism. *Plant and Cell Physiology*, 45(5), 618-626..
- Lieth, J. H., & Oki, L. R. (2019). Irrigation in soilless production. In *Soilless culture* (pp. 381-423). Elsevier.
- Linnaeus, Carl (1753). *Species Plantarum*. Sweden: Laurentius Salvius. OCLC 186272535 δεν υπαρχει σχολαρ μηπως είναι διαδικτυακη??
- Macz, O., Paparozzi, E. T., & Stroup, W. W. (2001). Effect of nitrogen and sulfur applications on pot chrysanthemum production and postharvest performance. I. Leaf nitrogen and sulfur concentrations. *Journal of plant nutrition*, 24(1), 111-129.
- Mallon, L. (2012). *Mesembryanthemum cristallinum*-New Crop Summary & Recommendations.
- Manios, V. I., Papadimitriou, M. D., & Kefakis, M. D. (1993, October). Hydroponic culture of tomato and gerbera at different substrates. In *International Seminar on Soilless Culture Technology Protected Crops Mild Winter Climates 408* (pp. 11-16).
- Marfà, O., Cáceres, R., Polo, J., & Ródenas, J. (2008, March). Animal protein hydrolysate as a biostimulant for transplanted strawberry plants subjected to cold stress. In *VI International Strawberry Symposium 842* (pp. 315-318).
- Matthews, J. F., Ketrion, D. W., & Zane, S. F. (1993). The biology and taxonomy of the *Portulaca oleracea* L.(Portulacaceae) complex in North America. *Rhodora*, 166-183.
- Michalak, I., Chojnacka, K., Dmytryk, A., Wilk, R., Gramza, M., & Róej, E. (2016). Evaluation of supercritical extracts of algae as biostimulants of plant growth in field trials. *Frontiers in plant science*, 7, 1591.
- Mills, H. A., & Jones, J. B. (1997). *Plant analysis handbook II: A practical sampling. Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*, 422.
- Mitova, I. V. A. N. K. A., Nenova, L. U. B. A., Stancheva, I., Geneva, M. A. R. I. A., Hristozkova, M. A. R. I. E. T. A., & Mincheva, J. A. N. E. T. (2017). Lettuce response to nitrogen fertilizers and root mycorrhization. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(2), 260-264.
- Moritsugu, M., & Kawasaki, T. (1982). Effect of solution pH on growth and mineral uptake in plants under constant pH condition. *Berichte des Ohara Instituts für landwirtschaftliche Biologie, Okayama Universität*, 18(2), 77-92.
- Moritsugu, M., Suzuki, T., & Kawasaki, T. (1980). The effect of nitrogen sources upon plant growth and mineral uptake, 1: Comparison between constant pH and conventional culture condition. *Journal of the Science of Soil and Manure*.



- Moritsugu, M., Suzuki, T., & Kawasaki, T. (1983). Effect of nitrogen source on growth and mineral uptake in plants under constant pH and conventional culture conditions. *Berichte des Ohara Instituts für landwirtschaftliche Biologie, Okayama Universität*, 18(3), 125-144.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73, 18-23.
- Nicola, S., Egea-Gilabert, C., Niñirola, D., Conesa, E., Pignata, G., Fontana, E., & Fernández, J. A. (2012, June). Nitrogen and aeration levels of the nutrient solution in soilless cultivation systems as important growing conditions affecting inherent quality of baby leaf vegetables: A review. In *II International Symposium on Horticulture in Europe 1099* (pp. 167-177).
- Nyerges, C. (2017). *Foraging Washington: Finding, Identifying, and Preparing Edible Wild Foods*. FalconGuides.
- Ohashi-Kaneko, K. (2016). Functional components in leafy vegetables. In *Plant Factory* (pp. 177-185). Academic Press.
- Palaniswamy, U. R., Bible, B. B., & McAvoy, R. J. (2004). Oxalic acid concentrations in Purslane (*Portulaca oleraceae* L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 102(2), 267-275.
- Paparozzi, E. T., Darrow, P. O., McCallister, D. E., & Stroup, W. W. (1994). Effect of varying the nitrogen and sulfur supply on the flowering of poinsettia. *Journal of plant nutrition*, 17(4), 593-606.
- Petropoulos, S., Fernandes, Â., Karkanis, A., Antoniadis, V., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2018). Nutrient solution composition and growing season affect yield and chemical composition of *Cichorium spinosum* plants. *Scientia Horticulturae*, 231, 97-107.
- Povero, G., Mejia, J. F., Di Tommaso, D., Piaggese, A., & Warrior, P. (2016). A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. *Frontiers in plant science*, 7, 435.
- Quinche, J. P., & Dvorak, V. (1980). Determination of nitrates in vegetables, condiments and soil by ionometry and gas-liquid chromatography. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*, 12(1), 7-20.
- Ramya, S. S., Vijayanand, N., & Rathinavel, S. (2015). Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4(3), 167-173.
- Raviv, M., Krasnovsky, A., Medina, S., & Reuveni, R. (1998). Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(4), 485-491.
- Resh, H.M., 1997. *Hydroponic Food Production*. 5th Edn, Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.

- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bonini, P., & Colla, G. (2017). Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 131.
- Rouphael, Y., Colla, G., Graziani, G., Ritieni, A., Cardarelli, M., & De Pascale, S. (2017). Phenolic composition, antioxidant activity and mineral profile in two seed-propagated artichoke cultivars as affected by microbial inoculants and planting time. *Food chemistry*, 234, 10-19.
- Rouphael, Y., De Micco, V., Arena, C., Raimondi, G., Colla, G., & De Pascale, S. (2017). Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*, 29(1), 459-470.
- Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P. & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91-108.
- Saigusa, M., Kumazaki, T., 2014. Nitrate concentration and trial of decreasing nitrate concentration in factory vegetables (in Japanese). In: Takatsuji, M., Kozai, T. (Eds.), Important Problem and Measure against Plant Factory Management (Written in Japanese: Shokubutsu kojei no juuyo kadai to taisaku). Johokiko Co.,Ltd., Tokyo, pp. 208-214 ???
- Santamaria, P., & Elia, A. (1997). Producing nitrate-free endive heads: effect of nitrogen form on growth, yield, and ion composition of endive. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(1), 140-145.
- Santamaria, P., Elia, A., Parente, A., & Serio, F. (1998). Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetables: chicory and rocket salad cases. *Journal of plant nutrition*, 21(9), 1791-1803.
- Savvas, D. (2002). *Hydroponic production of vegetables and ornamentals* (p. 463). H. Passam (Ed.). Athens: Embryo publications.
- Savvas, D. (2002). *Hydroponic production of vegetables and ornamentals* (pp. 15-23). H. Passam (Ed.). Athens: Embryo publications.
- Savvas, D., & Gizas, G. (2002). Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Scientia Horticulturae*, 96(1-4), 267-280.
- Savvas, D., Passam, H. C., Olympios, C., Nasi, E., Moustaka, E., Mantzos, N., & Barouchas, P. (2006). Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *HortScience*, 41(7), 1667-1673.
- Schröder, F. G., & Lieth, J. H. (2002). Irrigation control in hydroponics. *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*, 263-298.
- Sharma, H. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop

management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of applied phycology*, 26, 465-490.

Simopoulos, A. P., Norman, H. A., Gillaspay, J. E., & Duke, J. A. (1992). Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(4), 374-382.

Sonneveld, C. (1989). Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronica Horticulturae (Netherlands)*.

Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Matteazzi, A., & Andreotti, C. (2019). Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 9(9), 483.

Steingrover, E. G., Steenhuizen, J. W., & Van Der Boon, J. (1993). Effects of low light intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. *Netherlands journal of agricultural science*, 41(1), 13-21.

Stirk, W. A., & Tarkowská, D. (2014). Veronika Turečová, Miroslav Strnad & J van Staden. *J Appl Phycol*, 26, 561-567.

Sturtevant, L. (1888). History of Garden Vegetables (Continued). *The American Naturalist*, 22(257), 420-433.

Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). Photosynthesis: carbon metabolism. *Taiz, L.; Zeiger, E. Plant physiology. Redwood: Benjamin/Cummings*, 219-248.

Troelstra, S. R., Wagenaar, R., & Smant, W. (1990). Growth responses of Plantago to ammonium nutrition with and without pH control: Comparison of plants precultivated on nitrate or ammonium. In *Plant Nutrition—Physiology and Applications: Proceedings of the Eleventh International Plant Nutrition Colloquium, 30 July–4 August 1989, Wageningen, The Netherlands* (pp. 39-43). Springer Netherlands.

Tsouvaltzis, P., Koukounaras, A., & Siomos, A. S. (2014). Application of amino acids improves lettuce crop uniformity and inhibits nitrate accumulation induced by the supplemental inorganic nitrogen fertilization. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16(5).

Urrestarazu, M., Postigo, A., Salas, M., Sánchez, A., & Carrasco, G. (1998). Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. *Journal of plant nutrition*, 21(8), 1705-1714.

van Jaarsveld, E. J., & de Villiers Pienaar, U. (2000). *Vygies: Gems of the Veld: a Garden and Field Guide to the South African Mesembs*. Cactus & Company.

Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12.

Vivrette NJ, 1999. 5th California Islands Symposium (1999)., USA 141-142.

Voutsinos-Frantzis, O., Karavidas, I., Petropoulos, D., Zioviris, G., Fortis, D., Ntanasi, T., ... & Ntatsi, G. (2023). Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> as eustress factors on growth,

yield, and mineral composition of hydroponically grown *Valerianella locusta*. *Plants*, 12(7), 1454.

Voutsinos-Frantzis, O., Ntatsi, G., Karavidas, I., Neofytou, I., Deriziotis, K., Ropokis, A., ... & Savvas, D. (2022). Exploring the Simultaneous Effect of Total Ion Concentration and K: Ca: Mg Ratio of the Nutrient Solution on the Growth and Nutritional Value of Hydroponically Grown *Cichorium spinosum* L. *Agronomy*, 12(9), 2214.

Wolff, I. A., & Wasserman, A. E. (1972). Nitrates, Nitrites, and Nitrosamines: Extensive research is needed to establish how great a food hazard these nitrogenous substances present. *Science*, 177(4043), 15-19.

Wright, M. J., & Davison, K. L. (1964). Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. *Advances in agronomy*, 16, 197-247.

Zifa A., Mamouris Z, Moutou K., 2011. Biology 2<sup>nd</sup> edition. Volos: Thessaly University Editions

### 6.3 Διαδικτυακή

CSIRO, 2004. *Mesembryanthemum crystallinum* L., Australia: CSIRO. Available online: <http://www.cpbr.gov.au/cpbr/WfHC/Mesembryanthemum/index.html>

FloraBase, 2015. The Western Australian Flora. Western Australia, Australia: Department of Environment and Conservation. Available online: <http://florabase.dec.wa.gov.au/>

Marlena Spieler (July 5, 2006). "Something Tasty? Just Look Down". The New York Times. Available online: <https://www.nytimes.com/2006/07/05/dining/05purs.html>

Plant Right, 2015. *Mesembryanthemum crystallinum*. Available online: <http://www.plantright.org/species/mesembryanthemum-crystallinum>

Plants for a Future, 2015. Plants for a future database. London, UK. Available online: <http://www.pfaf.org>

Voigt, W.E. 2005. *Ruschia Schwantes* (Aizoaceae). PlantZAfrica. Available Online: <http://pza.sanbi.org/ruschia>

Water Shed Health, 2015. *Mesembryanthemum crystallinum* and *M. nodiflorum*., USA. Available online: [http://www.watershedhealth.org/weedwatch/docs/matrix/Mesembryanthemum\\_spp\\_042907](http://www.watershedhealth.org/weedwatch/docs/matrix/Mesembryanthemum_spp_042907)