

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ – ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση βιολογικού και συμβατικού σχήματος θρέψης
στην απόδοση, θρεπτική κατάσταση και ποιότητα τριών
άγριων φυλλωδών λαχανικών

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Δρ. Ντάτση Γεωργία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

Εξεταστική επιτροπή:

Δρ. Ντάτση Γεωργία

Δρ. Σάββας Δημήτριος

ΔΗΜΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

Αθήνα 2026

Επίδραση βιολογικού και συμβατικού σχήματος θρέψης στην απόδοση, θρεπτική κατάσταση και ποιότητα τριών άγριων φυλλωδών λαχανικών.

Διδρυματικό ΠΜΣ Καλλιέργειες υπό κάλυψη-Υδροπονία, Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου και Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σημαντική αύξηση στη ζήτηση βιολογικών προϊόντων, γεγονός που αποδίδεται στην αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σε θέματα υγείας, ασφάλειας τροφίμων και προστασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα αναδεικνύεται επιτακτική η ανάγκη για μετάβαση σε βιώσιμες μορφές γεωργίας, οι οποίες περιορίζουν τις χημικές εισροές και ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εντατικής γεωργίας.

Στο πλαίσιο αυτό φυτικά είδη με χαμηλές απαιτήσεις και υψηλή ανθεκτικότητα, όπως τα άγρια φυλλώδη λαχανικά, αποκτούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει την επίδραση του βιολογικού και του συμβατικού σχήματος θρέψης στην ανάπτυξη, τη θρεπτική κατάσταση και την ποιότητα τριών άγριων φυλλωδών λαχανικών: της γλιστρίδας (*Portulaca oleracea*), του δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) και του άγριου βλίτου (*Amaranthus retroflexus*). Σε συνθήκες βιολογικής καλλιέργειας, η περιορισμένη διαθεσιμότητα αζώτου αποτελεί βασικό περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, απειλώντας τη βιωσιμότητα των συστημάτων παραγωγής. Τα εν λόγω φυτικά είδη παρουσιάζουν υψηλή προσαρμοστικότητα σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες και μπορούν να αναπτυχθούν με ελάχιστες εισροές, διατηρώντας παράλληλα υψηλή διατροφική αξία.

Η μελέτη περιλαμβάνει την αξιολόγηση αγρονομικών χαρακτηριστικών, της θρεπτικής κατάστασης των φυτών, της ποιότητας του τελικού προϊόντος και την βιοδραστικότητα της παραγόμενης βιομάζας.

Λέξεις κλειδιά: Βιολογική γεωργία, Φυλλώδη λαχανικά, θρεπτικά στοιχεία, αντιοξειδωτικά, *Portulaca oleracea*, *Mesembryanthemum crystallinum*, *Amaranthus retroflexus*

Effect of Organic and Conventional Fertilization Schemes on Yield, Nutritional Status, and Quality of Three Wild Leafy Vegetables

Interinstitutional MSc Program in Covered Crops–Hydroponics, Hellenic Open University & Agricultural University of Athens

Abstract

In recent years, the demand for organic products has been increasing significantly, driven by growing consumer awareness regarding health, food safety, and environmental protection. At the same time, there is an urgent need to transition toward sustainable and non-conventional agricultural systems that minimize chemical inputs and reduce the environmental footprint of intensive farming. In this context, plant species with low input requirements and high resilience such as wild leafy vegetables are gaining attention.

This study investigates the effect of organic and conventional fertilization schemes on the growth, nutritional status, and quality of three wild leafy vegetables: purslane (*Portulaca oleracea*), ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*), and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). In organic farming systems, the limited availability of soil nitrogen is a major constraint affecting yield and, consequently, system viability.

The selected species exhibit high adaptability to abiotic stress conditions and can complete their life cycle with minimal external inputs while maintaining high nutritional value. The aim of this study is to explore whether these species can be established as alternative crops that enhance the sustainability of organic farming systems while offering products of high nutritional quality. The research includes the evaluation of agronomic characteristics, plant nutritional status, product quality, and biochemical characterization of the produced biomass.

Keywords: Organic farming, wild leafy vegetables, nutrition value, antioxidants
Portulaca oleracea, *Mesembryanthemum crystallinum*, *Amaranthus retroflexus*

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της εκπόνησης της παρούσας πειραματικής μεταπτυχιακής μελέτης είναι μεγάλη μου υποχρέωση να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν και βοήθησαν καταλυτικά στη διεκπεραίωσή της. Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέποντα καθηγήτρια μου Δρ. Ντάτση Γεωργία για την ανάθεση της μελέτης, όπως και τη καθοδήγηση και συνδρομή που έλαβα τόσο κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη διάρκεια της συγγραφής, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον εργαστηριακό ερευνητικό συνεργάτη του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ Δρ. Καραβίδα Ιωάννη για την καθοριστική βοήθεια σε οποιοδήποτε θέμα προέκυψε κατά τη διεξαγωγή της μελέτης, όπως και το λοιπό προσωπικό του Εργαστηρίου για το ευχάριστο κλίμα και την αρμονική συνύπαρξη.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου παρείχε.

Περιεχόμενα	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
Abstract.....	2
Κατάλογος εικόνων.....	7
Κατάλογος πινάκων	8
Κατάλογος Εξισώσεων	8
Κατάλογος γραφημάτων	8
1. Εισαγωγή	11
1.1 Βιολογική και συμβατική καλλιέργεια	11
1.1.1. Συμβατική καλλιέργεια.....	11
1.1.2. Βιολογική καλλιέργεια – Ιστορική αναδρομή	13
1.1.3. Σημασία της βιολογικής καλλιέργειας.....	14
1.1.4. Σημερινή κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές της Βιολογικής καλλιέργειας.....	14
1.1.5. Πιστοποίηση βιολογικών προϊόντων	15
1.2. Αυτοφυή λαχανεύόμενα είδη.....	16
1.3. Γλιστρίδα (<i>Portulaca oleracea L.</i>).....	17
1.3.1. Ιστορική αναδρομή	17
1.3.2. Βοτανική κατάταξη.....	18
1.3.3. Βοτανική περιγραφή	18
1.3.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές πρακτικές.....	20
1.3.5. Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία	21
1.4. Δροσουλίτης (<i>Mesembryanthemum crystallinum L.</i>)	23
1.4.1. Ιστορική αναδρομή	23
1.4.2. Βοτανική ταξινόμηση Δροσουλίτη	25
1.4.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	25
1.4.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές πρακτικές.....	27
1.4.5. Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία	29
1.5. Άγριο βλίτο (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	30
1.5.1. Ιστορική αναδρομή και καταγωγή.....	30
1.5.2. Βοτανική ταξινόμηση	31
1.5.3. Βοτανική περιγραφή	32
1.5.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές τεχνικές.....	34

1.5.5.	Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία	34
1.6.	Θρεπτικά στοιχεία.....	36
1.6.1.	Θρέψη	36
1.6.2.	Άζωτο.....	37
1.6.3.	Φώσφορος.....	39
1.6.4.	Κάλιο.....	40
1.6.5.	Ασβέστιο	42
1.6.6.	Μαγνήσιο	43
2.	Σκοπός.....	44
3.	Υλικά και μέθοδοι.....	44
3.1.	Χώρος διεξαγωγής του πειράματος	44
3.2.	Φυτικό υλικό	45
3.3.	Προετοιμασία αγρού – Δειγματοληψία εδάφους.....	48
3.4.	Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος,	50
3.5.	Καλλιεργητικές φροντίδες – Συγκομιδή	55
3.6.	Εργαστηριακές μετρήσεις και αναλύσεις	56
3.6.1.	Προσδιορισμός νωπού βάρους	56
3.6.2.	Ξήρανση και υπολογισμός ξηρού βάρους	57
3.6.3.	Παρασκευή φυτικών δειγμάτων από τους φυτικούς ιστούς	58
3.7.	Χημική ανάλυση φυτικού ιστού	61
3.7.1.	Προσδιορισμός νιτρικών στο δείγμα	61
3.7.2.	Προσδιορισμός ολικού αζώτου.....	63
3.7.3.	Προσδιορισμός Φωσφόρου (P).....	66
3.7.4.	Προσδιορισμός Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}	67
3.7.5.	Προσδιορισμός Καλίου (K^+) Νατρίου (Na^+)	69
3.7.6.	Βιοχημικές ιδιότητες.....	70
3.8.	Στατιστική ανάλυση.....	71
4.	Αποτελέσματα.....	72
4.1.	Παραγωγή και ανάπτυξη.....	72
4.2.	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος.....	75
4.3.	Θρεπτικά στοιχεία στο υπέργειο φυτικό τμήμα.....	84
4.4.	Βιοχημικές ιδιότητες.....	95
5.	Συζήτηση.....	102

5.1.	Παραγωγή και ανάπτυξη.....	103
5.2.	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος.....	104
5.3.	Θρεπτικά στοιχεία στο υπέργειο φυτικό μέρος.....	105
5.4.	Συγκεντρώσεις νιτρικών (NO_3^-) στο υπέργειο φυτικό μέρος.....	105
5.5.	Βιοχημικές ιδιότητες.....	106
6.	Συμπέρασμα.....	106
	Βιβλιογραφία	108

Κατάλογος εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: PORTULACA OLERACEA	18
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΛΙΣΤΡΙΔΑΣ BY ATLAS DES PLANTES DE FRANCE. 1891(ΠΗΓΗ: IT.WIKIPEDIA.ORG).....	20
ΕΙΚΟΝΑ 3:Μ. CRYSTALLINUM ΣΕ ΑΝΘΟΦΟΡΙΑ [ΚΑΝΑΡΙΕΣ ΝΗΣΟΙ PHOTO BY YUMMIFRUITBAT (ΠΗΓΗ EN.WIKIPEDIA.ORG)]	24
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΚΟΝΤΙΝΟ ΠΛΑΝΟ ΤΟΥ ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΜΕ ΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ ΣΕ ΣΤΕΛΕΧΟΣ Μ. CRYSTALLINUM (PHOTO: BOHNERT LABORATORIES).....	25
ΕΙΚΟΝΑ 5 Μ. CRYSTALLINUM ΠΗΓΗ: WWW.CHILTERNSEEDS.CO.UK	27
ΕΙΚΟΝΑ 6: A. RETROFLEXUS BY: DORINA RITORAC ΙΣΠΑΝΙΚΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (ΠΗΓΗ: ERPO GLOBAL DATABASE).....	31
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ A. RETROFLEXUS BY FLORA VON DEUTSCHLAND ÖSTERREICH UND DER SCHWEIZ (1885) (ΠΗΓΗ: EN.WIKIPEDIA.ORG).....	33
ΕΙΚΟΝΑ 8: A. RETROFLEXUS FOTO BY: DORINA RITORAC (ΠΗΓΗ: ERPO GLOBAL DATABASE)	33
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΑΓΡΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΛΛΕΡΓΕΙΑΣ ..	45
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΣΠΟΡΑ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΠΕΡΤΟΒΑΜΒΑΚΑ, ΑΟ PLUG	46
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΔΙΣΚΟΣ ΣΠΟΡΑΣ ΓΛΙΣΤΡΙΔΑΣ ΚΑΙ ΔΡΟΣΟΥΛΙΤΗ ΛΙΓΟ ΠΡΙΝ ΤΗ ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ	47
ΕΙΚΟΝΑ 12: Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ ΜΕ ΤΑ ΦΥΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΗΜΕΝΑ.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	50
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΔΟΧΕΙΑ ΜΗΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ	52
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΔΕΞΑΜΕΝΗ 300LT ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΩΝ ΜΗΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ.....	53
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ NUTRISENCE	54
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	55
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΝΩΠΟΥ ΒΑΡΟΥΣ.....	57
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΦΟΥΡΝΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	59
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΦΟΥΡΝΟΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ	59
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΦΙΑΛΙΔΙΑ	60
ΕΙΚΟΝΑ 25 :ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΟ ΒΙΟCHROM LTC ANTHOS ZENITH 200RT	61
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΣΕ ΠΛΑΤΕ.....	62
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΌΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ A. LABTEC DT 220, B. LABTEC SR 210, Γ. TECATOR KJELTEC	64
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΣΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΔΕΣΙΑΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ KJELDAHL.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ Ρ ΜΕΘΟΔΟ MURPHY - RILEY.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΟ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ SHIMADZU AA-7000.....	68
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΦΛΟΓΟΜΕΤΡΟ SHERHOOW GLAME PHOTOMETER 410.....	69

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΓΛΙΣΤΡΙΔΑ (P. OLERACEA) - ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΑΝΑ 100GR.....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ M. CRYSTALLINUM	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ A. RETROFLEXUS.....	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΜΟΡΦΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΙ ΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΤΙΜΕΣ, ΩΣΤΕ ΝΑ ΚΑΘΟΡΙΣΘΕΙ ΠΛΗΡΩΣ Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ.....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΡΟΥ.....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (TEAC & TEAC) ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ (TPC) ΚΑΙ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ (TFC) ΣΤΑ ΤΡΙΑ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ.	95

Κατάλογος Εξισώσεων

ΕΞΙΣΩΣΗ 1: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ NO_3 —	62
ΕΞΙΣΩΣΗ 2: ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ %	65

Κατάλογος γραφημάτων

ΓΡΑΦΗΜΑ 1. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΝΩΠΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	73
ΓΡΑΦΗΜΑ 2 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΞΕΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	74
ΓΡΑΦΗΜΑ 3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΞΗΡΑΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	74
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	77
ΓΡΑΦΗΜΑ 5. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	78

ΓΡΑΦΗΜΑ 6. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	79
ΓΡΑΦΗΜΑ 7. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΧΕΣΕΙΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	80
ΓΡΑΦΗΜΑ 8. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P) ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	81
ΓΡΑΦΗΜΑ 9. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΛΙΟΥ (K) ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	82
ΓΡΑΦΗΜΑ 10. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Ca) ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	83
ΓΡΑΦΗΜΑ 11. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (Mg) ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	83
ΓΡΑΦΗΜΑ 12 ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (Mg) ΑΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	85
ΓΡΑΦΗΜΑ 13. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (Mg) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΣΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	86
ΓΡΑΦΗΜΑ 14. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Ca) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	87
ΓΡΑΦΗΜΑ 15. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Ca) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΣΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	87
ΓΡΑΦΗΜΑ 16. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ (Cu) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	88
ΓΡΑΦΗΜΑ 17 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΑΛΚΟΥ (Cu) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΣΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	89
ΓΡΑΦΗΜΑ 18. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ (Fe) ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	89
ΓΡΑΦΗΜΑ 19 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ (Fe) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	90
ΓΡΑΦΗΜΑ 20. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ (Zn) ΟΣΟ ΑΦΟΡΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	91
ΓΡΑΦΗΜΑ 21. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ (Zn) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	91
ΓΡΑΦΗΜΑ 22. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ ΟΣΟ ΑΦΟΡΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	92
ΓΡΑΦΗΜΑ 23 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ (Mn) ΑΝΑ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	93
ΓΡΑΦΗΜΑ 24 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ NO_3 — ΜΕΤΑΞΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (B).....	94
ΓΡΑΦΗΜΑ 25. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ NO_3 — ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	95
ΓΡΑΦΗΜΑ 26. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (TEAC) ΣΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (A) ΚΑΙ ΣΤΑ ΦΥΤΙΚΑ ΕΙΔΗ (B).....	97
ΓΡΑΦΗΜΑ 27: ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (TEAC).....	97
ΓΡΑΦΗΜΑ 28. ΑΝΑΓΩΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ (FRAP) ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΜΕ ΤΑ ΤΡΙΑ ΛΑΧΑΝΕΥΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ (B).....	98
ΓΡΑΦΗΜΑ 29. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΥΤΙΚΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	99
ΓΡΑΦΗΜΑ 30. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ (TPC) ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (A) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (B).....	100

ΓΡΑΦΗΜΑ 31. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	100
ΓΡΑΦΗΜΑ 32. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ (TFC) ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (Α) ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (Β)	101
ΓΡΑΦΗΜΑ 33. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΦΥΤΙΚΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	102

1. Εισαγωγή

1.1 Βιολογική και συμβατική καλλιέργεια

Η γεωργία αποτελεί βασικό πυλώνα της διατροφικής αλυσίδας και της παγκόσμιας οικονομίας. Σήμερα δυο είναι τα κύρια συστήματα καλλιέργεια που επικρατούν, η συμβατική καλλιέργεια, ή όποια είναι και η πιο διαδεδομένη μέθοδος και η οποία στηρίζεται στη χρήση συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, αποσκοπώντας στη βελτιστοποίηση της αγροτικής παραγωγής, και η βιολογική καλλιέργεια η όποια βασίζεται στη χρήση φυσικών μεθόδων λίπανσης και φυτοπροστασίας με στόχο την αποφυγή χρήσεις συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων μετριάζοντας με αυτόν τρόπο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση αυτών. Έτσι μπορούν να παράγονται οικολογικά προϊόντα που διασφαλίζουν την ανθρώπινη υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος.

1.1.1. Συμβατική καλλιέργεια

Η συμβατική καλλιέργεια είναι το κυρίαρχο σύστημα καλλιέργειας το οποίο στηρίζεται στη χρήση συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, εφαρμόζοντας μεθόδους εντατικής και μηχανοποιημένης καλλιέργειας, χρήση υβριδίων και γενετικά τροποποιημένων φυτών και σπόρων¹ με στόχο τη μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής και του κέρδους. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος δηλαδή η υψηλή παραγωγικότητα, απαιτείται η αυξημένη χρήση εισροών οι οποίες επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα που δίνει η συμβατική καλλιέργεια είναι:

- η κάλυψη των επισιτιστικών αναγκών
- η μεγάλη παραγωγικότητα
- το μειωμένο κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος
- η εκμηχάνιση της παραγωγής προσφέροντας ευκολία στις διαδικασίες

¹ Η χρήση και εμπορεία γενετικά τροποποιημένων προϊόντων απαγορεύεται από την ευρωπαϊκή ένωση με εξαίρεση ίσως κάποιες ζωοτροφές άλλα και πάλι υπόκεινται σε αυστηρούς ελέγχους και κανονισμούς (κανονισμός 1829/2003 και 1830/2003 και οδηγία 2015/412/ΕΕ)

Ενώ τα κυριότερα μειονεκτήματα της συμβατικής καλλιέργειας αφορούν (Hawkesford & Barraclough, 2014):

- τη μόλυνση του εδάφους και των υδάτινων πόρων από τα υπολείμματα των αγρό-χημικών
- τη μείωση της βιοποικιλότητας και την εξαφάνιση των ωφέλιμων εντόμων και μικρο-οργανισμών
- την υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους
- την εμφάνιση ανθεκτικότερων παρασιτικών μικροοργανισμών και βλαβερών εντόμων λόγω αλόγιστης και υπερβολικής χρήσης μικροοργανισμών
- τους κίνδυνους στην ανθρώπινη υγεία λόγω της συσσώρευσης των χημικών υπολειμμάτων

Συμπερασματικά η συμβατική καλλιέργεια μπορεί να καλύπτει της διατροφικές απαιτήσεις του αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού, προσφέροντας προσιτά γεωργικά προϊόντα, άλλα εξαιτίας των αυξημένων συνθετικών εισροών που είναι αναγκαία για να υποστηριχθεί, έχουμε μια σειρά από δυσμενείς επιπτώσεις όπως τη ρύπανση των υδάτινων πόρων, την υποβάθμιση του εδάφους, τη μείωση της βιοποικιλότητας, και την επιβάρυνση στην υγεία των παραγωγών και καταναλωτών (Tilman et al., 2002).

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, τα τελευταία κυρίως χρόνια γίνεται προσπάθεια υιοθετώντας μέτρα και στρατηγικές που αποσκοπούνε στη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Μέτρα και πρακτικές για την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια των τροφίμων:

- Ορθολογική χρήση φυτοπροστατευτικών και λιπασμάτων, η οποία αποτελεί θεμελιώδη πρακτική, η μη συμμόρφωση με τις δοσολογίες και τους χρόνους αναμονής μπορεί οδηγή σε επικίνδυνη συσσώρευση υπολειμμάτων στα τρόφιμα και κίνδυνο της δημόσιας υγείας (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).
- Ολοκληρωμένη φυτοπροστασία (IPM) η οποία βασίζεται στον συνδυασμό βιολογικών, χημικών και καλλιεργητικών μεθόδων, για να περιοριστεί η χρήση φυτοφάρμακων και λοιπών αγροχημικών, να ενισχυθεί η μακροχρόνια

βιωσιμότητα των καλλιεργειών, και να διασφαλιστεί η ασφάλεια των γεωργικών προϊόντων (Barzman, et al., 2015).

- Εφαρμογή συστημάτων ιχνηλασιμότητας τα όποια επιτρέπουν τον εντοπισμό των προϊόντων σε όλα τα στάδια παραγωγής και διακίνησης για την διευκόλυνση του ελέγχου και την πρόληψη πιθανών κινδύνων (Regattieri, Gamberi, & Manzini, 2007).
- Υιοθέτηση τεχνικών γεωργικής ακρίβειας, για να υπάρχει ακρίβεια και στοχευμένη εφαρμογή στις εισροές χρονικά και χωρικά, με χρήση τεχνολογιών αιχμής όπως δορυφορικά συστήματα πληροφοριών, drone, αισθητήρες ούτως ώστε να περιορίζεται η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων (Gebbers & Adamchuk, 2010).

1.1.2. Βιολογική καλλιέργεια – Ιστορική αναδρομή

Είδη από τα μέσα του 20 αιώνα άρχισε να υπάρχει η τάση για τη δημιουργία μιας μορφής καλλιέργεια, που θα ήταν σε αρμονία με το περιβάλλον, και απαλλαγμένη από φυτοφάρμακα και λοιπά αγρο-χημικά, έτσι σε επαγγελματικό επίπεδο ξεκίνησε να διαδίδεται η ιδέα της βιολογική γεωργία κοντά στο 1970, με την ίδρυση της IFOAM (διεθνής ομοσπονδία κινημάτων βιολογικής γεωργίας), αλλά ουσιαστικά η βιολογική γεωργία άρχισε να αναπτύσσεται μετά το 1980 όταν και αρχίσαν τα προϊόντα αυτά να έχουν ενδιαφέρον από το καταναλωτικό κοινό. Στα αγγλικά χρησιμοποιείται ο όρος «organic agriculture» όποιος έχει καθιερωθεί διεθνώς και προσδίδει, με τη χρήση του πρώτου συνθετικού της λέξη “οργανικά” την έννοια ότι όλα τα συστήματα και τα μέσα είναι σαν ένας ενιαίος οργανισμός, δηλαδή, με όλους τους επιμέρους συντελεστές που τον απαρτίζουν, όπως ο άνθρωπος, τα ζώα, το έδαφος, οι μικροοργανισμοί, τα έντομα και τα φυτά, να αποτελούν μέρος ενός συστήματος, (αργοοικοσυστήματος) και τα οποία να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με συντεταγμένο τρόπο (Stockdale, et al., 2001). Η βασική φιλοσοφία έχει να κάνει με τη λεγόμενη αειφόρα του γεωργικού οικοσυστήματος, θεωρώντας αυτό ως ένα ζωντανό οργανισμό σε όλα τα επιμέρους όργανα του να είναι αλληλεξαρτόμενα και να είναι εξίσου αναγκαία για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας, οπότε θα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση σε τοξικούς παράγοντες ή παρεμβάσεις που βλάπτουν ένα συστατικό στοιχείο σε βάρος κάποιου άλλου, έτσι όλο το σύστημα να διατηρηθεί υγιείς (Σαββας, 2016).

Επί της ουσίας, τα συστήματα βιολογικής καλλιέργειας έχουν σαν στόχο τον αποκλεισμό συνθετικών λιπασμάτων και χημικών φυτοφαρμάκων, με τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών όπως το βιολογικό έλεγχο των επιβλαβών οργανισμών και την ενίσχυση της γονιμότητας του εδάφους με αμειψισπορά, και κομποστοποίηση (Kremen & Miles, 2012).

1.1.3. Σημασία της βιολογικής καλλιέργειας

Σύμφωνα με αρκετές έρευνες φαίνεται πως η βιολογική καλλιέργεια έχει θετική επίδραση στη βιοποικιλότητα και στη δομή του εδάφους. Σύμφωνα με τους Bengtsson et al. (2005) η βιολογική καλλιέργεια αυξάνει τη βιοποικιλότητα κατά 30% ενώ σύμφωνα με Lori et al. (2017) η βιολογική καλλιέργεια βελτιώνει τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους ενισχύοντας τη βιοποικιλότητα, επίσης σε επίπεδο διατροφικής ποιότητας υπάρχουν αρκετές μελέτες που καταγράφουν στα βιολογικά προϊόντα αυξημένες συγκεντρώσεις αντιοξειδωτικών στοιχείων, βιταμινών και φαινολικών ενώσεων και ταυτόχρονα χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε φυτοφάρμακα και βαρέα μέταλλα όπως το κάδμιο σε σύγκριση με τα προϊόντα συμβατικής καλλιέργειας (Barański, et al., 2014).

Στον αντίποδα τα βιολογικά συστήματα παρουσιάζουν μειωμένες αποδόσεις σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα που κυμαίνεται από 20% έως 25% (De Ponti, et al., 2012). Μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι βιοκαλλιεργητές είναι η αυξημένη χειρωνακτική εργασία, το υψηλό τίμημα των εγκεκριμένων βιολογικών σκευασμάτων (π.χ. εδαφό-βελτιωτικών) και η χαμηλή παράγωγή, αν και η υψηλή εμπορική αξία των παραγόμενων προϊόντων όσο και η τάση για αύξηση της ζήτησης μπορεί να αντισταθμίσει αυτά τα μειονεκτήματα (Seufert & Ramankutty, 2017).

1.1.4. Σημερινή κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές της Βιολογικής καλλιέργειας

Η βιολογική καλλιέργεια παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια χάρη στην ευαισθητοποίηση του καταναλωτικού κοινού και της προσπάθειας που καταβάλλεται και των στρατηγικών που εφαρμόζονται για τη δημιουργία πλαισίων.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η καλλιεργούμενη έκταση κυμαίνονται στα 98,9 εκατομμύρια εκτάρια (ha), μια αύξηση 2,5 εκατομμύρια εκτάρια (ha) σε σχέση με το 2022 (FiBL, 2025). Ενώ η βιολογικά καλλιεργούμενη έκταση στην Ε.Ε. φτάνει πλέον το 10,9% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης, με στόχο την αύξηση αυτής στο 25% όσο αφορά τη συνολική καλλιεργουμένη έκταση έως το 2030 βάση του πλαίσιο της ευρωπαϊκής πράσινης συμφωνίας και της στρατηγικής από το Αγρόκτημα στο πιάτο “farm to Fork” (European Commission).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποδίδει σαν ορισμό για τη βιολογική γεωργία τον έξης: “βιολογική γεωργία είναι ο τρόπος καλλιέργειας βάση μεθόδων που περιορίζουν στο ελάχιστο τις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι το γεωργικό σύστημα θα λειτουργεί όσο γίνεται πιο φυσικά”. Σκοπός είναι να παράγονται προϊόντα με σεβασμό προς το περιβάλλον και μέσω βιώσιμων μεθόδων οι οποίες περιλαμβάνουν την εναλλαγή καλλιεργειών, τα αυστηρά όρια για τη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και συνθετικών λιπασμάτων, την απαγόρευση χρήσης τροποποιημένων γενετικά προϊόντων, την επιλογή φυτών και ζώων που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε ασθένειες και είναι προσαρμοσμένα στις εκάστοτε τοπικές συνθήκες και την εκτροφή των ζώων σε χώρους ελευθέρως βοσκής στην ύπαιθρο με χρήση μόνο βιολογικών ζωοτροφών (Council of the European Union).

Στην Ελλάδα η ανάπτυξη της βιολογικής καλλιέργειας είναι ακόμα πιο μεγάλη αυξάνοντας το ποσοστό των πιστοποιημένων γεωργικών προϊόντων φτάνοντας το 2024 στο 17,2% έναντι το συμβατικών. Επίσης ο αριθμός εγγεγραμμένων βιοκαλλιεργητών φτάνει πλέον τους 85.000, η οποία είναι μια αύξηση 35% σε σχέση με το 2022 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2024).

1.1.5. Πιστοποίηση βιολογικών προϊόντων

Η πιστοποίηση βιολογικών προϊόντων αποτελεί θεμελιώδεις στοιχείο της βιολογικής καλλιέργειας η οποία διασφαλίζει με αυστηρά πρότυπα τη σωστή εφαρμογή της. Ο IFOAM αποτελεί τον βασικό φορέα καθορισμού αρχών και προτύπων σε διεθνές επίπεδο. Στην Ε.Ε. η παραγωγή βιολογικών προϊόντων ορίζεται από τον κανονισμό 2018/448 (Ε.Ε.) σύμφωνα με τον οποίο ενισχύει την ιχνηλασιμότητα και την αξιοπιστία των βιολογικών προϊόντων και εναρμονίζει τους κανόνες για όλους τους παραγωγούς ανεξάρτητος χώρας και μεγέθους εκμετάλλευσης (European Commission, 2018). Η

πιστοποίηση και ο έλεγχος διενεργείται από ανεξάρτητους φορείς πιστοποιημένους από την Ε.Ε. και οι όποιοι είναι μη κυβερνητικές και μη κερδοσκοπικές οργανώσεις διαπιστευμένες από τον IFOAM, λειτουργούν δε στο πλαίσιο της εθνικής νομοθεσίας και τον κοινοτικών κανόνων. Στην Ελλάδα οι οργανισμοί λειτουργούν κάτω από την εποπτεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και του ινστιτούτου ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2024).

1.2. Αυτοφυή λαχανεύομενα είδη

Με τον όρο λαχανεύομενα είδη ή άγρια εδώδιμα λαχανικά αναφερόμαστε σε όλα τα είδη φυτών που αυτοφύονται και συλλέγονται προκειμένου να αξιοποιηθούν για διατροφικές ανάγκες. Η κατανάλωσή τους στις μεσογειακές χώρες τα παλαιότερα χρόνια κάλυπτε παραδοσιακά μεγάλο μέρος των διατροφικών συνηθειών ιδιαίτερα των αγροτικών περιοχών (Σαββας, 2016) . Τα φυτά αυτά συνήθως δεν καλλιεργούνται σε μεγάλη κλίμακα ενώ δεν είναι και ευρέως γνωστά στο καταναλωτικό κοινό, αν και τα τελευταία χρόνια φαίνεται να αυξάνεται η ζήτηση τους λόγω κυρίως της περιεκτικότητάς τους σε βιταμίνες, ανόργανα στοιχεία, και φυτοχημικές ουσίες όπως φλαβονοειδή, αντιοξειδωτικά και φαινόλες τα οποία είναι εξαιρετικά ευεργετικά για τον ανθρώπινο οργανισμό (Barsby, et al., 2021).

Κύριο χαρακτηριστικό είναι η ικανότητα τους να μπορούν να αυτοφύονται σε φυσικό περιβάλλον και να μπορούν να προσαρμόζονται σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι αναπτύσσουν ικανότητες και μηχανισμούς που τα βοηθούν να ανταπεξέρχονται στις βιοτικές και αβιοτικές αυτές καταπονήσεις . Για αυτόν τον λόγο μπορούμε τα φυτά αυτά να τα χαρακτηρίσουμε ως φυτά χαμηλών απαιτήσεων και χαμηλών εισροών (Chivenge et. al., 2015).

Αυτές οι βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις που εκτίθενται τα συγκεκριμένα φυτά τα αναγκάζουν να υποβάλλονται σε “stress” με αποτέλεσμα να συσσωρεύουν δευτερογενείς μεταβολίτες όπως τα φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, βητακυανίνες, καροτοειδη, βιταμίνες C και E. Οι συγκεκριμένες ενώσεις λειτουργούν σαν αντιοξειδωτικά, καθώς εξουδετερώνουν, τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (ROS), προστατεύοντας τα φυτικά κύτταρα όπως και κατ’ επέκταση τον ανθρώπινο οργανισμό κατά την κατανάλωση αυτών (Sarker & Oba , 2009).

Η καλλιέργεια και η οικονομική αξιοποίηση αυτοφυών λαχανευόμενων φυτών όπως το βλίτο (*Amaranthus blitum*), το σταμναγκάθη (*Cichorium spinosum*), ο δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum*), η γλιστρίδα (*Portulaca oleracea L.*), ο ζοχός (*Sonchus oleraceus*) αποτελεί ευκαιρία τόσο για καινοτόμες καλλιέργειες όσο και για την ανάδειξη της τοπικής γαστρονομίας. Αρκετά λαχανευόμενα είδη έχουν αρχίσει να διακινούνται σε λαϊκές αγορές, καταστήματα βιολογικών προϊόντων, εστιατόρια κτλ..

1.3. Γλιστρίδα (*Portulaca oleracea L.*)

1.3.1. Ιστορική αναδρομή

Η γλιστρίδα με επιστημονική ονομασία *Portulaca oleracea L.*, είναι γνωστή σε διαφορετικά μέρη της Ελλάδος και ως ανδράκλα, ή ανδράχλη, ή πορτουλάκη, ή λαχανώδης, ενώ στα αγγλικά ονομάζεται purslane ή pigweed, είναι ένα ετήσιο παχύφυτο με χαρακτηριστικούς λείους και σαρκώδεις βλαστούς, το οποίο ανήκει στην οικογένεια Portulacaceae, με πάνω από 25 γένη με πολυπληθέστερο το γένος *Portulaca* με αναγνωρίσιμα κοντά στα 500 είδη (Costa, et al., 2007.). Είναι κοινό αγριόχορτο που φύτευται εύκολα και άφθονα χωρίς ιδιαίτερες καλλιεργητικές τεχνικές, και το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό και φαρμακευτικό ενδιαφέρον καθώς είναι πλούσιο σε διάφορες βιοδραστικές ενώσεις με αποδεδειγμένες αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και ανοσορρυθμιστικές δράσεις (Rahimi, et al., 2019). Φύεται κυρίως σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, αν και δεν είναι γνωστή η ακριβής προέλευση του καθώς έχει μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση. Απαντάται σε αρκετές περιοχές της Ευρώπης, της Αφρικής, της Ασίας της βορείας Αμερικής και της Αυστραλίας.

Το φυτό αυτό φαίνεται να καλλιεργούταν κατά την αρχαιότητα στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο όπως και αργότερα να αποτελεί μέρος της διατροφικής συνηθείας των αρχαίων Ελλήνων και Ρωμαίων, επίσης ήταν γνωστό στους πληθυσμούς των Αράβων, και μετέπειτα και στους πληθυσμούς της Ευρώπης όπου άρχισε να καλλιεργείται γύρω στον 17 αιώνα (Uddin, et al., 2014). Τέλος στις μέρες μας είναι ευρέως γνωστό, ενώ καλλιεργείται αρκετά σε όλο τον κόσμο και χρησιμοποιείται τόσο σαν βρώσιμο φυτό όπως και για της φαρμακευτικές του ιδιότητες, ειδικότερα της τελευταίες δεκαετίες έχει τραβήξει επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω της περιεκτικότητας του σε Ω3 λιπαρά οξέα και αντιοξειδωτικά (Simopoulos et al., 1992). Η ονομασία του πιθανόν να προέρχεται από τις λατινικές λέξεις Porto και Laca που σημαίνουν κουβαλώ και γάλα αντίστοιχα

λόγο του γαλακτικού χυμού που περιέχει ενώ μια ακόμα εκδοχή θέλει την ονομασία του να προέχεται από τη λατινική λέξη *Portoula* η οποία σημαίνει πόρτα αναφερόμενη στο άνοιγμα των καρπών (Boulos et al., 1984).

Εικόνα 1: Portulaca oleracea



1.3.2. Βοτανική κατάταξη

Η ταξινόμηση της γλιστρίδας σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης APG ως εξής:

- Βασίλειο: Plantae (Φυτά)
- Συνομοταξία: Angiosperms (Αγγειόσπερμα)
- Ομοταξία: Eudicots (Δικότυλα)
- Τάξη: Caryophyllales (Καρνοφυλλώδη)
- Οικογένεια: Portulacaceae (Πορτουλακοειδή)
- Γένος: Portulaca (Πορτουλάκη)
- Είδος: *Portulaca oleracea*

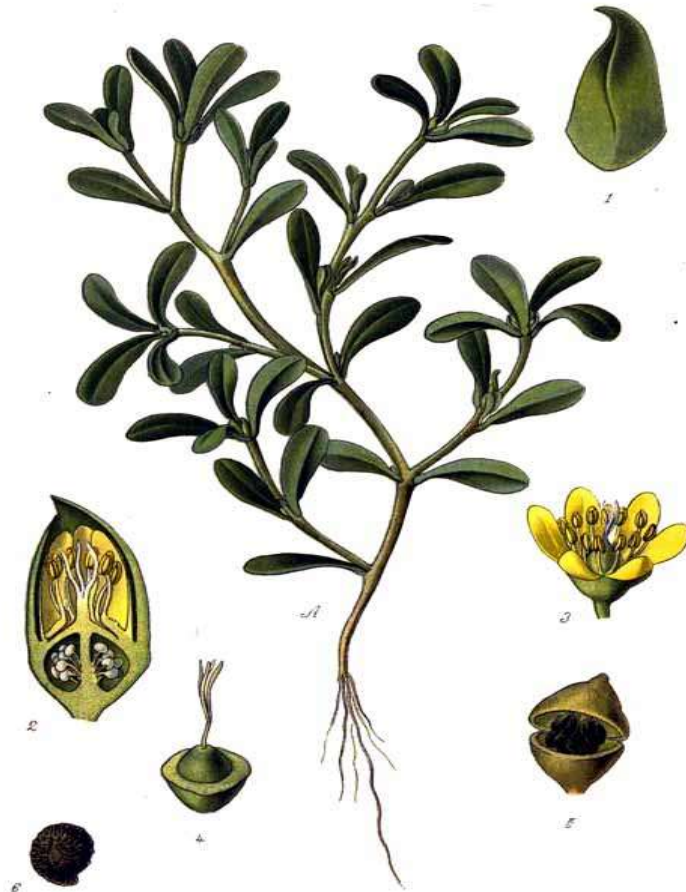
1.3.3. Βοτανική περιγραφή

Η γλιστρίδα είναι ετήσιο φυτό, αλλά σε τροπικές περιοχές το συναντάμε και ως πολυετές. Συνήθως έχουν έρπουσα ανάπτυξη αλλά μπορεί να έχουν και κάθετη ανάπτυξη. Οι βλαστοί του είναι σαρκώδεις και μπορεί να φτάσουν τα 10 - 40 cm, έχουν

χρώμα μωβ-κόκκινο έως πράσινο και να είναι λείοι και σαρκώδεις. Το σχήμα των φύλλων είναι ωοειδές πράσινου χρώματος με μήκος από 1 έως 5 cm με διάταξη αντίθετη ή εναλλασσόμενη και σχηματίζουν συστάδες αποτελούμενες από 2 έως 5 φύλλα συγκεντρωμένα στους κόμβους ή στα άκρα του στελέχους, οι μίσχοι τους είναι πολύ μικροί έως ανύπαρκτοι. Τα άνθη δημιουργούν ταξιανθίες, κάθε άνθος έχει 5 πέταλα κίτρινου χρώματος με μήκος 3 έως 10 mm και πλάτος 2 έως 8 mm, είναι αυτογόνιμα χωρίς να παρουσιάζουν απόμιξη. Η κάψα έχει σχήμα ωοειδές με μήκος από 4 έως 9 mm, περιέχει αρκετούς σπόρους και ανοίγει εγκάρσια, απελευθερώνοντας τους όταν ωριμάσει. Οι σπόροι είναι συνήθως μαύροι και γυαλιστεροί όταν ωριμάζουν και κυμαίνονται από 0,6 έως 1 mm. Κάθε φυτό μπορεί να αναπτύξει περίπου έως και 190.000 σπόρους. Η ρίζα είναι ισχυρή και πασσαλώδης, αναπτύσσεται σε μικρό βάθος και χωρίζεται σε δευτερεύοντα ινώδη ριζίδια επιτρέποντας του να προσαρμόζεται σε συνθήκες έντονης ξηρασίας αλλά και σε φτωχά και συμπιεσμένα εδάφη.

Εικόνα 2: Καλλιτεχνική απεικόνιση Γλιστρίδας by Atlas des plantes de France.

1891(πηγή: it.wikipedia.org)



Pl. 121. Pourpier potager. *Portulaca oleracea* L.

1.3.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές πρακτικές

Η γλιστρίδα είναι ένα κοινό αγριόχορτο και το συναντάμε συχνά σε αρκετά μέρη όπως κήπους, χωράφια, μονοπάτια, πλάγιες, αλυκές, παραλίες, ακόμα και άκρες δρόμων. Συνήθως αντιμετωπίζεται σαν ζιζάνιο και ανταγωνίζεται για σπόρους αρκετές καλλιέργειες ιδιαίτερα ποώδη είδη, μερικά από τα είδη που επηρεάζονται είναι βαμβάκι, καλαμπόκι, πατάτα, ντομάτα σέλινο, σπαράγγι, κρεμμύδι.

Είναι ανθεκτικό φυτό και έχει αρκετά χαμηλές απαιτήσεις καθώς ανήκει στην κατηγορία φυτών C4 οπότε ο μεταβολισμός του επιτρέπει να αναπτύσσονται καλύτερα σε υψηλές

θερμοκρασίες με έντονη ηλιοφάνεια και περιορισμένη υγρασία, έτσι η γλιστρίδα έχει μεγάλη αντοχή στην έντονη φωτοπερίοδο, στη ξηρασία, και τον τύπο του εδάφους. Ειδικότερα απαιτεί άμεσο ηλιακό φως τουλάχιστον 6 ώρες ανά ημέρα ενώ αντιμετωπίζει έντονο πρόβλημα με τη σκίαση, μπορεί να αναπτύσσεται σε ξηρά και φτωχά εδάφη αλλά αποδίδει καλύτερα σε γόνιμα εδάφη με ουδέτερο προς όξινο pH μεταξύ 6 και 7,5, έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στην ξηρασία όποτε ένα μέτριο πότισμα 4-7 μέρες είναι αρκετό ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, είναι θερμοφιλό και αναπτύσσεται καλύτερα σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 35 °C ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες ξεραίνεται (Carrascosa et al., 2023).

Ο πολλαπλασιασμός γίνεται εγγενώς. Το φυτό αναπτύσσετε γρήγορα, με την παραγωγή ανθών και μετέπειτα καρπών που περιέχουν τους σπόρους εντός 6 εβδομάδων μετά τη βλάστηση, οι σπόροι φτάνουν τους 6000 κατά την πρώτη ανθοφορία ενώ κατά τη διάρκεια της ζωής του κάθε φυτό μπορεί να παραγάγει συνολικά μεταξύ 100.000 και 240.000 σπόρους, καθιστώντας το αρκετά επιθετικό σαν ζιζάνιο δρώντας αρκετά ανταγωνιστικά έναντι άλλων καλλιεργειών. Οι σπόροι βλαστάνουν γρήγορα κοντά στην επιφάνεια ή ακόμα και πάνω στην επιφάνεια καθώς απαιτούν φως για την ανάπτυξη τους. Επίσης οι σπόροι της γλιστρίδας, μπορούν να κρατήσουν τη βλαστικότητα τους έως και 40 χρόνια.

Αν και δεν έχει ιδιαίτερες ανάγκες για θρέψη η ανόργανη λίπανση (για παράδειγμα με κοπριά) φαίνεται να επηρεάζει θετικά την απόδοση και την περιεκτικότητα σε ω-3 λιπαρά, το άζωτο βοηθάει στην παραγωγή βιομάζας, ενώ το κάλιο βελτιώνει την ανθεκτικότητα στην καταπόνηση και τη παραγωγή αντιοξειδωτικών (Uddin , et al., 2014)

1.3.5. Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία

Η γλιστρίδα αν και συνήθως αντιμετωπίζεται ως ζιζάνιο όπως έχουμε είδη αναφέρει, εντούτοις, είναι ένα φυτό που καταναλώνεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου από τα αρχαία χρόνια , κυρίως στις Μεσογείου, της Μέσης Ανατολής και της Ασίας. Όλα τα μέρη της είναι βρώσιμα προσφέροντας μια ευχάριστη, ελαφρώς όξινη γεύση, ενώ μπορεί να καταναλωθεί ωμή σε σαλάτες, μαγειρεμένη ή και τουρσί. Η καλλιέργεια της είναι εύκολη καθώς έχει μικρές απαιτήσεις σε νερό και θρεπτικά στοιχεία και μεγάλη αντοχή σε ξερό κλίμα, κάνοντας την ιδανική για βιολογική καλλιέργεια.

Η νωπή γλιστρίδα αποτελείται από νερό (93%), υδατάνθρακες (3%), και πρωτεΐνη (2%) ενώ δεν περιέχει σχεδόν καθόλου λιπαρά, στα 100 gr περιέχονται περίπου 16 θερμίδες. Περιέχει σχετικά μεγάλες ποσότητες σε βιταμίνη C, βιταμίνη A (β-καροτένιο), βιταμίνη B9 (φολικό οξύ), αρκετά μεταλλικά στοιχεία όπως το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, και το σίδηρο. Σημαντική είναι και η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά στοιχεία όπως η μελατονίνη και η γλουταθειώνη (Lim & Quah, 2007). Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της είναι ότι ανήκει στα λίγα φυτά που περιέχουν ω-3 λιπαρά οξέα κυρίως α-λινολενικού οξέος (ALA) που είναι εξαιρετική πηγή για την ενίσχυση της καρδιαγγειακής υγείας (Simopoulos et al. 1992).

Παρακατώ στον πίνακα 1 φαίνονται συγκεντρωτικά η διατροφική αξία και το ποσοστό ημερήσια πρόσληψης (ΣΗΠ) σύμφωνα με (Uddin, και συν., 2014):

Πίνακας 1: Γλιστρίδα (P. oleracea) - Διατροφική αξία ανα 100gr

Συστατικά	Διατροφική Αξία	ΣΗΠ %
Ενέργεια	16 kcal	1,5%
Υδατάνθρακες	3,4 gr	3%
Πρωτεΐνες	1,3gr	2%
Ολικά λιπαρά	0,1 mg	0,5%
Βιταμίνες		
B9	12 μg	3%
B3	0,480 mg	3%
B5	0,036 mg	1%
B6	0,073 mg	5,5%
B2	0,112 mg	8,5%
B1	0,047 mg	4%
A	1320 IU	44%
C	21 mg	35%
Ηλεκτρολύτες		
Νάτριο	45 mg	3%
Κάλιο	494 mg	10,5%
Μεταλλικά στοιχεία		

Ασβέστιο	65 mg	6,5%
Χαλκός	1,33 mg	12,5%
Σίδηρος	1.99 mg	25%
Μαγνήσιο	68 mg	17%
Μαγγάνιο	0,303 mg	13%
Φώσφορος	44 mg	6%
Σελήνιο	0,9 μg	2%
Ψευδάργυρος	0,17 mg	1,5%

Πηγή: USDA National Nutrient data.

Το φυτό γλιστρίδα εκτός από τη θρεπτική αξία έχει και θεραπευτικές ιδιότητες όπως αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική και αντιγηραντική δράση λόγω κυρίως της περιεκτικότητας της σε πολυφαινόλες και ω-3 λιπαρά οξέα, για τον λόγο αυτόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν φαρμακευτικό φυτό χάρις αυτών των ευεργετικών χαρακτηριστικών. Ειδικότερα, χρησιμοποιείται για την επούλωση των πληγών, τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, του διαβήτη, την αντιμετώπιση των φλεγμονών, και τη μείωση της χοληστερόλης (Zhou, et al., 2015).

Αποτελεί πηγή φυσικού κομμέος (υδροκολλοειδούς), το οποίο παρουσιάζει εξαιρετικές γαλακτοποιητικές ιδιότητες. Το κομμέο που εξάγεται από τα φύλλα της γλιστρίδας μπορεί να προσροφάτε και να σταθεροποιεί γαλακτώματα τύπου ελαίου και νερού. Επίσης το κομμέος της γλιστρίδας έχει δείξει συνεργατική δράση σε άλλους βιοπολυμερείς, όπως η καζεΐνη, ενισχύοντας τη σταθερότητα γαλακτωμάτων μέσω αλληλεπιδράσεων (Garti, Slavin, & Aserin, 1999).

Έτσι η γλιστρίδα παρουσιάζει πολλές αναπτυξιακές προοπτικές τόσο σαν εναλλακτική καλλιέργεια ειδικά με τη σημερινή τάση για βιώσιμα και υγιεινά τρόφιμα όσο και ομοιοπαθητικό, φαρμακευτικό και καλλυντικό προϊόν.

1.4. Δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum L.*)

1.4.1. Ιστορική αναδρομή

Το φυτό *M. crystallinum L.* γνωστό και ως δροσουλίτης, ice plant ή crystalline ice plant, αποτελεί ένα ιδιαίτερο παχύφυτο με μεγάλη εξελικτική διαδρομή και κύριο

χαρακτηριστικό την ικανότητα του να επιβιώνει σε περιβάλλον με περιορισμένη υγρασία και υψηλό αλατούχο φορτίο. Ανήκει στην οικογένεια Aizoaceae η οποία περιλαμβάνει αρκετά αλόφιλα είδη κυρίως από τη Νότια Αφρική στην όποια αναπτύχθηκε και η μεγαλύτερη ποικιλομορφία του γένους *Mesembryanthemum* και η όποια περιλαμβάνει περίπου 25 διαφορετικά είδη (Flowers & Colmer, 2015). Πρόκειται για ιθαγενές φυτό που ευδόκιμη σε περιοχές της βορείας και Νότιας Αφρικής, της Δυτικής Ασίας και της Νοτίου Ευρώπης ενώ έχει εισαχθεί και τυχαία ή σκόπιμα σε περιοχές της Αυστραλίας και της βόρειας και Νοτιάς Αμερικής. Η καλλιέργεια του φαίνεται να ξεκίνησε από τους πληθυσμούς της Νοτίου Αφρικής οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το φυτό για τις καταπραϊντικές του ιδιότητες και σε περιόδους ξηρασίας ως τρόφιμο λόγω της υψηλής αντοχής και της περιεκτικότητάς σε υγρασία.

Ο Carl Linnaeus το 1753 καταγράφει επίσημα πρώτη φορά το είδος στο έργο *Species Plantarum* χρησιμοποιώντας τον όρο *crystallinum* εξαιτίας των μικρών φυσαλίδων που μοιάζουν με κρυστάλλους στην επιφάνεια των φύλλων. Αρχικά η ονομασία *Mesembryanthemum* προήλθε από την ελληνική λέξη μεσημβρία (*mesabria*) και *anthemum* δηλαδή άνθος καθώς υπήρχε η πεποίθηση πως αυτά (τα άνθη) ανοίγουν το μεσημέρι, άλλα αργότερα βρέθηκαν είδη που ανθίζουν τη νύχτα και έτσι η ονομασία άλλαξε με σκοπό να περιγράψει καταλληλότερα, ως λουλούδι με καρπό (έμβρυο) στη μέση (*mesos and bryon*) (Thompson, 2015) .

Εικόνα 3: *M. Crystallinum* σε ανθοφορία [Κανάριες νήσοι photo by Yummifruitbat (πηγή en.wikipedia.org)]



Εικόνα 4: Κοντινό πλάνο του επιδερμικού κυτταρικού ιστού με το σχηματισμό των μικρών φυσαλίδων σε στέλεχος *M. crystallinum* (Photo: Bohnert Laboratories)



1.4.2. Βοτανική ταξινόμηση Δροσουλίτη

Η ταξινόμηση του δροσουλίτη σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης APG είναι ως εξής:

- Βασίλειο: Plantae (Φυτά)
- Φύλο: spermatophyta (Σπερματοφύτα)
- Συνομοταξία: Angiosperms (Αγγειόσπερμα)
- Ομοταξία: Eudicots (Δικότυλα)
- Τάξη: Caryophyllales (Καρυοφυλλώδη)
- Οικογένεια: Aizoaceae
- Γένος: *Mesembryanthemum*
- Είδος: *Mesembryanthemum Crystallinum L.*

1.4.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά

Ο Δροσουλίτης είναι ένα ετήσιο ή και διετές παχύφυτο το οποίο αναπτύσσεται έρποντας στο έδαφος (χαμαιοφυτικά φυτά) και του οποίου ο κύκλος ζωής του ολοκληρώνεται συνήθως μέσα σε μερικούς μήνες. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η προσαρμογή και η

ανάπτυξη του σε ξηροθερμικά και αλατούχα περιβάλλοντα, κατά την ανάπτυξη του καλύπτει συνήθως μεγάλες επιφάνειες σχηματίζοντας χαμηλό τάπητα.

Ο βλαστός είναι σαρκώδεις διακλαδιζόμενος και φτάνει σε μήκος τα 20-60 cm, στην επιφάνεια σχηματίζονται διάφανα επιδερμικά φυσαλοειδή κύτταρα που μοιάζουν με μικροσκοπικούς κρυστάλλους (Cushman et al., 2008).

Τα φύλλα είναι σαρκώδεις και επιμήκη ωοειδείς με μήκος 2 έως 10 cm και σχηματίζουν και αυτά επιδερμικά φυσαλοειδή κύτταρα σαν σταγόνες τα όποια βοηθούν στην οσμωτική πίεση συγκρατώντας υγρασία και βοηθώντας το φυτό να ανταπεξέλθει σε στην αλατότητα και το ξηρό περιβάλλον (Flowers & Colmer, 2015), η διάταξή είναι απλή, αντίθετή ή και κατ' εναλλαγή. Το χρώμα των φύλλων είναι ανοιχτό πράσινο το όποιο κοκκινίζει όταν το φυτό εκτίθεται σε συνθήκες καταπόνησης.

Το φυτό ανθίζει από την άνοιξη έως το καλοκαίρι. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και μικρά από 1 έως 2cm με πολλούς λευκούς έως ροζ στήμονες, χωρίς εμφανή κάλυκα και στεφάνη, έχουν ακτινωτή μορφή και εμφανίζονται μεμονωμένα στις μασχάλες των φύλλων ή στις άκρες των βλαστών, και ανοίγουν κατά τη διάρκεια της μέρας (<https://www.cpbr.gov.au/cpbr/WfHC/Mesembryanthemum/index.html>)

Οι καρποί είναι πολυάριθμοι, και σχηματίζονται μεμονωμένα, είναι μικροί περίπου 0,5 με 1mm χρώματος μαύρο ή σκούρου καφέ, αναπτύσσονται μέσα σε κάψα που ανοίγει όταν ωριμάσουν για να απελευθερωθούν και να διασπαρθούν με τον αέρα ή με τη βροχή. Τα φυτά βλασταίνουν με τις πρώτες βροχές στα τέλη του καλοκαιριού ή στις αρχές της άνοιξης.



1.4.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές πρακτικές

Ο δροσουλίτης είναι ένα αρκετά προσαρμοστικό αλοφύτο, που μπορεί να ευδοκιμεί σε εδάφη φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία, υψηλή αλατότητα και ξηρασία. Σε περιόδους ξηρασίας έχει την ικανότητα να αλλάζει τον μεταβολισμό, όταν δέχεται τέτοιου είδους καταπονήσεις, και να μεταβαίνει από φωτοσύνθεση τύπου C3 σε CAM (Crassulacean Acid Metabolism) κλείνοντας τα στομάτια κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανοίγοντας τα τη νύχτα, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό απώλεια υγρασίας κατά την αναπνοή (Cushman, et. al., 2008).

Προτιμά καλά αποστραγγισμένα εδάφη με χαμηλή οργανική ουσία αλλά μπορεί να αναπτυχθεί και σε αργιλώδη εδάφη, αναπτύσσεται επιτυχώς σε πλαγιές, άκρες δρόμων,

αλκαλικά εδάφη και γενικός διαταραγμένες τοποθεσίες. Απαιτεί πλήρη ηλιοφάνεια για να αναπτυχθεί ενώ η μείωση της ηλιοφάνειας ή σκίαση μπορεί να οδηγήσει σε επιμήκυνση των βλαστών και μείωση της ποιότητας.

Έχει ευρεία ανοχή τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες όσο και χαμηλές, ιδανική θερμοκρασία είναι μεταξύ 20 και 30°C. Ωστόσο μπορεί να αντέξει θερμοκρασίες άνω των 35°C όταν αρδεύεται και χαμηλές θερμοκρασίες 10°C, αλλά παρατεταμένες θερμοκρασίες κάτω από 0°C το καταστρέφουν.

Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του δροσουλίτη είναι η αντοχή του στην αλατότητα καθώς, έχει την ικανότητα να συσσωρεύει άλατα στους ιστούς του κατά τα στάδια της ανάπτυξης του. Μελέτες δείχνουν πως η αλατότητα βελτιώνει τη παραγωγή βιοδραστικών ενώσεων (Mishra & Tanna, 2017). Κατά το τέλος του κύκλου ζωής του διαχύει στο έδαφος τα συσσωρευμένα άλατα δημιουργώντας δυσμενές περιβάλλον για άλλα ανταγωνιστικά είδη φυτών τα όποια δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν σε υψηλά ποσοστά αλατότητα στο έδαφος.

Ο δροσουλίτης μπορεί να καλλιεργηθεί ευκολά σε υπαίθριες συνθήκες, αλλά και ελεγχόμενες και σε κάθε τύπο εδάφους όπως είδη έχει αναφερθεί χάρις τη πολύ καλή προσαρμοστικότητά του. Κατά τη φύτευση πρέπει η θέσει να είναι ηλιόλουστη καθώς αντιμετωπίζει προβλήματα με τη σκίαση, ενώ η αλατότητα προτείνεται να κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα 0,1 – 0,2 M NaCl καθώς μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μπορεί να πυροδοτήσει την αναπαραγωγική διαδικασία (Bohnert & Cushman, 2000) .Ο παγετός καταστρέφει το φυτό. Τα νεαρά φυτά έχουν ανάγκες άρδευσης αλλά καθώς μεγαλώνουν μειώνονται αυτές καθώς οι ρίζες περιορίζουν τη κατανάλωση όταν έχει συγκεντρώσει το απαιτούμενο νερό το φυτό. Δεν έχει ιδιαίτερες ανάγκες για λίπανση, με μια ελαφριά εφαρμογή να είναι επαρκής. Ο φώσφορος φαίνεται να ενισχύει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και τη φωτοσυνθετική ικανότητα, ενώ σε αμμώδη εδάφη η εφαρμογή κομποστ βελτιώνει τη ποιότητα των φύλλων. Σημειωτέων μεγάλες ποσότητες αζώτου μπορεί να μειώσει τις συγκεντρώσεις ευεργετικών ενώσεων (Cushman et. Al., 2008).

Ο πολλαπλασιασμός γίνεται με σπόρο, απευθείας στον αγρό η σε δίσκους σποράς για μεταφύτευσης, οι όποιοι φυτρώνουν μετά από 14 με 21 μέρες ανάλογα τις κλιματολογικές συνθήκες. Η μεταφύτευση στον αγρό γίνεται όταν βγουν 4 με 6 φύλλα μετά από 2 με 3 εβδομάδες. Η συγκομιδή γίνεται 30 με 60 μέρες μετά τη φύτευση, όπου

συγκομίζονται οι νεαροί βλαστοί και τα τρυφερά φύλλα, το φυτό μπορεί να κάνει αναβλαστήσεις και να δώσει 2 με 3 συγκομιδές.

1.4.5. Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία

Ο δροσουλίτης έχει αποκτήσει τα τελευταία χρόνια εμπορικό και επιστημονικό ενδιαφέρον. Τα φύλλα του και οι τρυφεροί βλαστοί μπορούν να καταναλωθούν ωμά σε σαλάτες ή μαγειρεμένα ή και ως τουρσί. Θεωρείται ως υποκατάστατο του σπανακιού από πολλούς, αλλά διαφέρει λίγο στη γεύση, καθώς είναι ελαφρός όξινη και αλμυρή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίαιτες καθώς έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, ενώ είναι και πλούσιο σε μεταλλικά και θρεπτικά στοιχεία.

Παρουσιάζει φαρμακευτικές ιδιότητες καθώς χρησιμοποιείται για τη καταπολέμηση της δυσανεξίας και των νεφρικών και ηπατικών παθήσεων, καταπραϊντικό του κνησμού, ενώ παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν στη Νότια Αφρική για την επούλωση τραυμάτων καθώς θεωρείται πως έχει αντιφλεγμονώδεις και αντισηπτική δράση (Kang & Joo, 2023). Επιπλέον μελέτη έδειξε τη παρουσία βιο-δραστικών ουσιών με αντιοξειδωτικές, αντιυπερτασικές, και υπογλυκαιμικές ιδιότητες (Calvo, et. al., 2022).

Λόγω της ικανότητας του να συσσωρεύει άλατα θα μπορούσε να χρησιμοποιεί για να μειώσει την αλατότητα σε εδάφη. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί ως καλλωπιστικό φυτό σε κήπους άλλα και ως κάλυψη εδάφους.

Πίνακας 2: Θρεπτική Σύσταση *M. Crystallinum*

Κατηγορία	Συστατικό	Περιεκτικότητα (ανά 100gr v.β.)	Πηγή
Θρεπτικά Στοιχεία	Νερό	91-95 gr	Agarie et al., 2009
	Πρωτεΐνη	1,4 – 2,0 gr	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Υδατάνθρακες	3,0 – 5,0 gr	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Λίπη	< 0,5gr	Agerie et al.,2009
	Φυτικές ίνες	1,2 – 1,8 gr	Sliwa – Cebula et al., 2020
Μεταλλικά στοιχεία	Νάτριο Na	600 – 1500 mg	Agarie et al., 2009

	Κάλιο (K)	300 – 500 mg	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Ασβέστιο (Ca)	100 – 200 mg	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Μαγνήσιο (Mg)	30 – 60 mg	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Σίδηρος (Fe)	1,0 – 2,0 mg	Yapias et al., 2020
	Ψευδάργυρος (Zn)	4,0 – 0,8 mg	Yapias et al., 2020
Βιταμίνες	Ασκορβικό οξύ (C)	20 – 50 mg	
	β – καροτίνη (A)	200- 600 IU	Yapias et al., 2020
	Τοκοφερόλη (E)	20 – 30 µg	Sliwa – Cebula et al., 2020
	Φολικό οξύ (B12)	0,4 -1.2 mg	Yapias et al., 2020

1.5. Άγριο βλίτο (*Amaranthus retroflexus*)

1.5.1. Ιστορική αναδρομή και καταγωγή

Το *Amaranthus reflexus* L., είναι γνωστό με αρκετές ονομασίες όπως άγριο βλίτο, κόκκινο βλίτο, βλίτρο, γλίντρος ενώ στα αγγλικά είναι γνωστό ως redroot pigweed. Ανήκει στο γένος *Amaranthus* το οποίο περιλαμβάνει πάνω από 70 είδη, κάποια από τα οποία είναι αυτοφυή και κάποια άλλα καλλιεργούμενα όπως και το συγγενικό του είδος *A. blitum* που είναι το γνωστό καλλιεργήσιμο βλίτο. Σύμφωνα με Sauer 1950 κατάγεται από τη Βορεία Αμερική όπου εκφύεται φυσικά σε αγρούς, λιβάδια και διαταραγμένα εδάφη, αλλά μάλλον με τη μετακίνηση γεωργικών προϊόντων κατά τον 17ο αιώνα φαίνεται το είδος να εξαπλώνεται σε περιοχές της Β. Ευρώπης, Μεσογείου, και Ασίας (Costea et al., 2003). Αρχικά αντιμετωπίστηκε σαν ζιζάνιο λόγω της ανταγωνιστικότητας του σε σχέση με τις τοπικές καλλιέργειες, άλλα λόγω της θρεπτικής του αξίας και των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του άρχισε να συλλέγεται για κατανάλωση από τους ντόπιους πληθυσμούς (Grubben & Denton, 2004).

Στην Ελλάδα έκανε την εμφάνιση του τον 19 αιώνα πιθανός μέσο μεταφοράς γεωργικών σπόρων και ζωοτροφών από τη Β. Αμερική όπως συνέβη και στην υπόλοιπη Ευρώπη, μετά τον 19 αιώνα καταγράφηκε σαν αυτοφυές φυτό της ηπειρωτικής χώρας και των νησιών (Dimopoulos, et al., 2013). Σήμερα εξαιτίας της ταχείας εξάπλωσης και της προσαρμοστικότητας του απαντάται σε όλη τη χώρα τόσο στα πεδινά όσο και στα ημιορεινά, ενώ αν και θεωρείται ζιζάνιο εντούτοις συλλέγεται και καταναλώνεται ως

άγριο χόρτο κυρίως από τους αγροτικούς πληθυσμούς, οι οποίοι εκτιμούν τη διατροφική αξία των αυτοφυών λαχανευόμενων φυτών.

Εικόνα 6: A. retroflexus by: Dorina Pitorac Ισπανικό Υπουργείο Γεωργίας Αλιείας και τροφίμων (πηγή: EPPO global database)



1.5.2. Βοτανική ταξινόμηση

Η ταξινόμηση του άγριου βλίτου σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης APG είναι ως η εξής:

- Βασίλειο: Plantae (Φυτά)
- Συνομοταξία: Angiosperms (Αγγειόσπερμα)
- Ομοταξία: Eudicots (Δικότυλα)
- Τάξη: Caryophyllales (Καρυοφυλλώδη)
- Οικογένεια: Amaranthaceae (Αμαρανθοειδή)
- Γένος: Amaranthus
- Είδος: *Amaranthus retroflexus* L.

1.5.3. Βοτανική περιγραφή

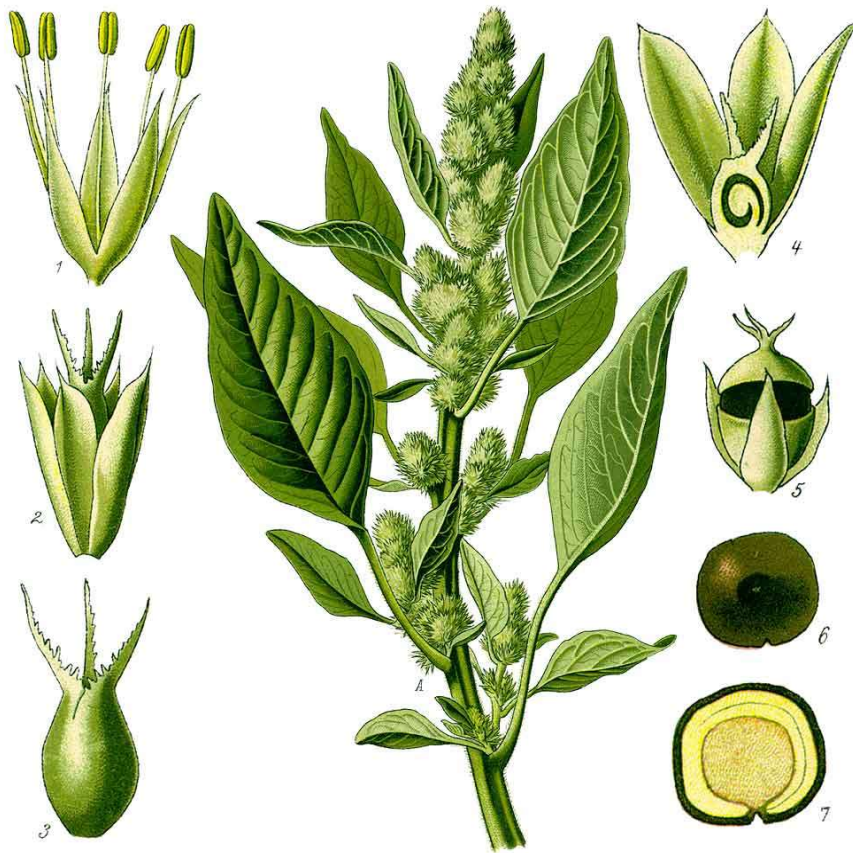
Το άγριο βλίτο με επιστημονική ονομασία *Amaranthus retroflexus L.*, είναι ένα ετήσιο αυτοφυές φυτό που ανήκει στη οικογένεια Amaranthaceae. Το ύψος του κυμαίνεται από 30 έως 150 cm και αναπτύσσεται όρθιο και διακλαδιζόμενο με ισχυρό βλαστό όποιος καλύπτεται από τριχίδια και παρουσιάζει ραβδώσεις (Mosyakin & Robertson, 1994), έχει χρώμα ερυθρό ή πράσινο που γίνεται ποιο έντονο όταν ωριμάζει .

Τα φύλλα είναι κατά εναλλαγή, σχήματος ωοειδή ή ρομβοειδή, με κορυφή μυτερή και βάση που σχηματίζει καρδιά, το χρώμα τους είναι πράσινο έως ωχρο, η επιφάνια τους είναι λεία ή λίγο τραχιά και το κάτω μέρος συνήθως έχει τριχίδια, το μήκος τους κυμαίνεται από 5 – 11 cm και το πλάτος τους 3 – 6 cm . Ο μίσχος είναι μακρύς έως 6 cm (Grubben & Denton, 2004). Η ριζά είναι ισχυρή πασσαλώδη που του επιτρέπει να ανταπεξέρχεται στην ξηρασία και στην ανταγωνιστικότητα άλλων φυτών .

Τα άνθη είναι μονόοικα, μικτά, πρασινοκίτρινου χρώματος και συγκεντρωμένα σε πυκνές ταξιανθίες στην άκρη συνήθως των βλαστών ή και στις μασχάλες των φύλλων. Ανθίζει συνήθως από Ιούνιο έως Οκτώβριο ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες (Costea, Weaver, & Tardif, 2003).

Οι σπόροι είναι μαύροι γυαλιστεροί, πεπλατυσμένοι περίπου 1 mm και με ελαφρό ραβδωτή επιφάνια, βρίσκοντε μέσα σε κάψα περίπου 2mm που ανοίγει εγκάρσια για να απελευθερωθούν. Κάθε φυτό μπορεί να απελευθερώσει περίπου 117,400 με 229,175 σπόρους (Ελευθεροχωρινός, 2020) για να βλαστήσουν απαιτείται φως. Η καρποφορία του είναι από τον Αύγουστο ως τον Οκτώβριο, και η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχεία ξεκινώντας μόλις η θερμοκρασία είναι 12 με 15°C, ενώ άριστη θερμοκρασία θεωρείτε αυτή μεταξύ 25 – 35°C. (Costea, et al. 2003).

Εικόνα 7: Καλλιτεχνική απεικόνιση *A. retroflexus* by *Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz (1885)* (πηγή: en.wikipedia.org)



Εικόνα 8: *A. retroflexus* foto by: Dorina Pitorac (πηγή: EPPO global database)



Amaranthus retroflexus (AMARE) - <https://gd.eppo.int>

1.5.4. Οικολογικές απαιτήσεις – Καλλιεργητικές τεχνικές

Το άγριο βλίτο σαν φυτό C4 φωτοσυνθετικής οδού είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε θερμό και ξηρό περιβάλλον, καθώς αυτού του είδους τα φυτά έχουν υψηλότερη απόδοση σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας και υψηλών θερμοκρασιών (Sauer, 1950). Η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 25 με 35°C. Ενώ ιδανικά για το φυτό είναι τα μέσης σύστασης και καλής αποστράγγισης εδάφη με pH από 6,0 μέχρι 7,5, εντούτοις μπορεί να αναπτύσσεται και σε φτωχά και ξηρά εδάφη χωρίς πρόβλημα, αποδεικνύοντας την αντοχή του και τη προσαρμοστικότητα του (Chauhan & Johnson, 2010).

Η σκίαση επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη του φυτού περιορίζοντας την ανάπτυξη, για τον λόγο αυτό, απαιτείται μέτρια ως υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης η αυξημένη υγρασία στο έδαφος φαίνεται να συμβάλει στην αύξηση της ανάπτυξη του.

Το άγριο βλίτο, σαν καλλιέργεια δεν συνηθίζεται, παρόλα αυτά μπορούν να ακολουθηθούν οι καλλιεργητικές τεχνικές άλλων συγγενικών ειδών (*Amaranthus* spp.). Έτσι η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από τους 15°C αρχές της άνοιξης, και με τους σπόρους να τοποθετούνται σε βάθος το πολύ 1 cm. Η απόσταση φύτευσης των γραμμών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30 cm (Khan et al., 2022)

Το άγριο βλίτο ανταποκρίνεται θετικά στη βασική λίπανση με άζωτο (N), φώσφορο (P) και κάλιο (K). Η εφαρμογή 50 – 80 Kg N/ha, σε συνδυασμό με ανάλογες ποσότητες φωσφόρου και καλίου, όπως και η χρήση οργανικών λιπασμάτων όπως για παράδειγμα κομπόστ, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη του φυτού και την αύξηση της βιομάζας του (Jiang, et al., 2020).

Το βρώσιμο τμήμα κυρίως είναι τα τρυφερά φύλλα του. Η συγκομιδή του μπορεί να ξεκινήσει 30 – 45 ημέρες μετά τη σπορά ώστε τα φύλλα να είναι τρυφερά, το φυτό έχει τη δυνατότητα να αναβλαστά αρκετές φορές όποτε μπορεί να δώσει αρκετές συγκομιδές (Grubben & Denton, 2004).

1.5.5. Θρεπτική αξία, χρήση και εμπορική σημασία

Το άγριο βλίτο είναι ένα λαχανευόμενο αυτοφυές φυτό με σημαντική θρεπτική αξία, τα φύλλα του είναι πλούσια σε πρότεινες, βιταμίνη A και C, φολικό οξύ, μεταλλικά στοιχεία, όπως ασβέστιο (Ca), κάλιο (K) και σίδηρο (Fe), και αντιοξειδωτικές ένωσης

(Sarker & Oba , 2009). Επίσης το άγριο βλίτο περιέχει κάποια απαραίτητα και σπάνια αμινοξέα, όπως η λυσίνη και μεθειονίνη καθιστώντας τα εξαιρετικά συμπληρώματα διατροφής για δίαιτες. Συγκεκριμένα οι σπόροι του *A. retroflexus* περιέχουν λυσίνη σε ποσοστό 10gr/100gr πρωτεΐνης και μεθειονίνη σε ποσοστό 4,69gr/100gr πρωτεΐνης, ποσό που είναι αρκετά υψηλό (Procopet & Oroian, 2022).

Η γεύση των φύλλων του άγριου βλίτου είναι ήπια και σε συνδυασμό με τη θρεπτικότητα του, κάνει ιδανική τη χρήση του στη μαγειρική είτε ως βραστά, είτε σε πίτες και σούπες. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί και ως θεραπευτικό προϊόν για την αντιμετώπιση πεπτικών διαταραχών και φλεγμονών.

Αν και θεωρείτε συχνά ως ζιζάνιο το άγριο βλίτο παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον ως μια εναλλακτική καλλιέργεια, καθώς μπορεί να υποστηρίξει προγράμματα βιολογικής γεωργίας και αγροοικολογίας. Χάρη τις μικρές απαιτούμενες ανάγκες σε εισροές μια εκμετάλλευση τέτοιου είδους θα αποδεικνυόταν αρκετά συμφέρουσα, ιδιαίτερα για μικροπαραγωγούς (Das, 2016). Η αυξανόμενη ζήτηση για άγρια λαχανικά σε αγορές υγιεινής διατροφής έχει ενισχύσει τη ζήτηση τέτοιου είδους φυτών.

Πίνακας 3: Θρεπτική σύσταση A. retroflexus

Συστατικό στοιχείο	Περιεκτικότητα ανα 100gr ξ.β.
Πρωτεΐνη	14,87 gr
Υδατάνθρακες	61,43 gr
Λιπαρά	5,8 gr
Φυτικές ίνες	27,34 gr
Ασβέστιο (Ca)	272,03 mg
Σίδηρος (Fe)	13,76 mg
Κάλιο (K)	329,87 mg
Ψευδάργυρος (Zn)	5,81 mg
Βιταμίνη (C)	4,20 mg
Βιταμίνη (A)	2 IU

Πηγή: (Grubben & Denton, 2004; Soriano-García, et al., 2018)

1.6. Θρεπτικά στοιχεία

1.6.1. Θρέψη

Στη βιολογία με τον όρο αύξηση ενός φυτικού οργανισμού αποκαλούμε τη διαδικασία κατά την οποία εναποτίθεται προοδευτικά βιομάζα, ενώ ανάπτυξη ορίζεται η προοδευτική διαφοροποίηση του οργανισμού ανάμεσα στα στάδια από τη βλάστηση μέχρι την καρποφορία. Με τον όρο απόδοση καλούμε τη παραγωγή συγκομιζόμενου προϊόντος ανά μονάδα επιφάνειας ή φυτικής μονάδας. Για τη φυτική παραγωγή ενδιαφέρων αποτελεί, εκτός από τους γενετικούς παράγοντες, και η παράγοντες αυξήσεως οι οποίοι αποτελούνται από τη θερμοκρασία, το νερό, την ηλιακή ακτινοβολία, τη σύσταση της ατμόσφαιρας, τις εδαφικές συνθήκες, τους βιοτικούς παράγοντες, και τη διαθεσιμότητα των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων (Αναλογίδης, 2000).

Η ικανότητα των ζωντανών οργανισμών να παραλαμβάνουν και να ενσωματώνουν αυτά τα ανόργανα χημικά στοιχεία από το περιβάλλον για την επιβίωση και την ανάπτυξη τους ονομάζεται θρέψη. Τα ανόργανα στοιχεί σύμφωνα με Σάββας (2011), τα οποία τα φυτά έχουν ανάγκη προκειμένου να αναπτύξουν τον κύκλο τους είναι 16 από τα οποία 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και καλούνται μακροστοιχεία και είναι ονομαστικά τα ακόλουθα:

- άνθρακας (C)
- οξυγόνο (O)
- υδρογόνο (H)
- άζωτο (N)
- φώσφορος (P)
- θείο (S)
- κάλιο (K)
- ασβέστιο (Ca)
- μαγνήσιο (Mg)

ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες σε σχέση με τα μακροστοιχεία, δηλαδή ίχνη όποτε και καλούνται ιχνοστοιχεία και είναι ονομαστικά τα ακόλουθα:

- σίδηρος (Fe)
- μαγγάνιο (Mn)
- ψευδάργυρος (Zn)
- χαλκός (Cu)
- βόριο (B)
- μολυβδαίνιο (Mo)
- χλώριο (Cl)

Από τα παραπάνω στοιχεία αν εξαιρεθεί ο άνθρακας (C) όλα τα άλλα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τα φυτά περιέχονται σε διαλυμένη μορφή στο νερού του εδάφους και από κει γίνεται η πρόσληψη τους. Χάρης τη παραπάνω λογική προσθέτοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία σε νερό μπορεί να προκύψει ένα υγρό διάλυμα το οποίο και ονομάζεται θρεπτικό διάλυμα και το οποίο μπορεί να θρέψει πλήρως το φυτό. Σημειωτέων πως εφόσον το φυτό μπορεί να προσλάβει μόνο το οξυγόνο το υδρογόνο και τον άνθρακα όπως και πως το χλώριο το οποίο εμπεριέχεται στο νερό, τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να περιέχει ένα διάλυμα είναι 12 (Σάββας, 2011).

Πίνακας 4: Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα διαλύματα

Μακροστοιχεία	Χημική μορφή	Ιχνοστοιχεία	Χημική μορφή
Άζωτο (N)	NO_3^- , NH_4^+	Σίδηρος (Fe)	Fe^{2+}
Φώσφορος (P)	H_2PO_4^-	Μαγγάνιο (Mn)	Mn^{2+}
Θείο (S)	SO_4^{2+}	Ψευδάργυρος (Zn)	Zn^{2+}
Κάλιο (K)	K^+	Χαλκός (Cu)	Cu^{2+}
Ασβέστιο (Ca)	Ca^{2+}	Βόριο (B)	H_3BO_3
Μαγνήσιο (Mg)	Mg^{2+}	Μολυβδαίνιο (MO)	MoO_4^{2-}

Πηγή: Σαββας, 2016 Γενική Λαχανοκομία

1.6.2. Άζωτο

Το άζωτο (N) στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται περίπου στο 77% και είναι το πιο άφθονο ελεύθερο χημικό στοιχείο στον πλανήτη. Παρόλα αυτά για να χρησιμοποιηθεί από τους φυτικούς οργανισμούς θα πρέπει να γίνει μια διαδικασία που ονομάζεται αζωτοδέσμευση και η οποία γίνεται είτε με φυσικό τρόπο όπως οι ηλεκτρικές εκκενώσεις, είτε με βιολογικό τρόπο με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους

(*Rhizobium* και *Azotobacter*) τα όποια μετατραπούν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα.

Στη φυτική παραγωγή το άζωτο έχει κορυφαίο ρόλο, ο λόγος είναι ο συνδυασμός δυο σημαντικών χαρακτηριστικών. Πρώτον το άζωτο ασκεί μεγαλύτερη αυξητική επίδραση στην ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών από κάθε άλλο χημικό στοιχείο, και δεύτερον ότι σε σχέση με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία η έλλειψη του αποτελεί περιοριστικό παράγοντα συχνότερα και ισχυρότερα. Αυτό συμβαίνει καθώς σύμφωνα με Αναλογίδη, (2000) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι ως :

- δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης.
- συστατικό των αμινοξέων, τα οποία αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών.
- απαραίτητος παράγοντας για την αξιοποίηση των υδατανθράκων.
- συστατικό των ενζύμων
- παράγοντας ανάπτυξης των ριζών.
- ευνοεί τη πρόσληψη και αξιοποίηση των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων.

Το άζωτο στο έδαφος απαντάται σε τρεις κύριες μορφές: το οργανικό άζωτο το οποίο βρίσκεται στο έδαφος σε ποσοστό περίπου ως 98%, είναι ενσωματωμένο στην οργανική βιομάζα και τα υπολείμματα της και δεν είναι άμεσα διαθέσιμο για τα φυτά, το αμμωνιακό άζωτο (NH_4^+), και το νιτρικό άζωτο (NO_3^-). Άμεσα διαθέσιμες προς απορρόφηση μορφές του αζώτου στο έδαφος είναι αμμωνιακό και το νιτρικό άζωτο και οι όποιες δεν υπερβαίνουν το 2 με 3% όσο αφορά το συνολικό ποσοστό του αζώτου στο έδαφος. Οι δύο αυτές μορφές έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, τα δε νιτρικά είναι ευκίνητα στο έδαφος και προσφέρονται άμεσα στα φυτά ενώ τα αμμωνιακά δεσμεύονται στο έδαφος (έχουν μεγαλύτερη διάρκεια). Επίσης το νιτρικό αμμώνιο μπορεί να υποστεί μετατροπή μέσω μικροοργανισμών (νιτροποιητικών βακτηρίων) σε μια διαδικασία που ονομάζεται νιτροποίηση με τη θερμοκρασία του εδάφους να παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτήν (Αϊβαλάκης , Καραμπουρνιώτης , & Λιακόπουλος, 2016). Να σημειωθεί ότι η απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά γίνεται κυρίως υπό την μορφή νιτρικών, η μορφή αμμωνίου προκαλεί τοξικότητα και τα φυτικά κύτταρα την αποφεύγουν.

Η έλλειψη του αζώτου οδηγεί σε χαρακτηριστικό κιτρίνισμα των παλαιότερων φύλλων (χλώρωση) καθώς το άζωτο είναι κινητό στοιχείο μέσα στο φυτό και έτσι μετακινείται

από τα παλαιότερα στα νεότερα φύλλα, επίσης η έλλειψη του καθυστερεί την ανάπτυξη, και μειώνει τη καρποφορία (Havlin, Tisdale, Nelson, & Beaton, 2017).

Σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις από τη περίσσια αζώτου οι όποια μπορεί να προκαλέσει προβλήματα όπως υπερβολική φυλλική ανάπτυξη σε βάρος της ανθοφορίας και της καρποφορίας, την αυξημένη ευαισθησία σε ασθένειες και βλαβερά έντομα, Επίσης προκαλείτε ανισορροπία θρέψης καθώς τα αμμωνιακά ιόντα είναι ανταγωνιστικά μετά Mg^{2+} , Ca^{2+} , και K^+ (Savvas, Ntatsi, & Passam, 2008). Σοβαρές επιπτώσεις στην οικολογία προκαλούνται από έκλυση νίτικων στο περιβάλλον και ιδιαίτερα τη μόλυνση του υπόγειο νερό, όπως και την εκπομπή αερίων του θερμοκήπιου (υποξείδιο του αζώτου N_2O) (Galloway, et al., 2008).

Σε συνθήκες κατάκλισης του εδάφους με νερό δημιουργούνται συνθήκες ανοξίας οι οποίες ευνοούν την απονιτροποίηση. Η απονιτροποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα άζωτο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη βοήθεια αερόβιων βακτηριδίων (*Pseudomonas, Clostridium*), τα νιτρικά NO_3^- μετατρέπονται σε αέριο N_2 και N_2O .

Στο πλαίσιο της βιώσιμης γεωργίας και της βιολογικής γεωργίας η αζωτούχος θρέψη θα πρέπει να γίνεται κυρίως με φυσικά μέσα όπως η χρήση χωνεμένης κοπριάς, κομπόστ, και χλωρής λίπανσης (για παράδειγμα ψυχανθή), έτσι ώστε να αποφεύγεται η λίπανση με συνθετικά λιπάσματα (FAO, 2019).

1.6.3. Φώσφορος

Ο φώσφορος (P) θεωρείται από τα μακροστοιχεία το πλέον δυσκίνητο και η μετακίνηση του στις ρίζες γίνεται αποκλειστικά μέσω της διάχυσης ενώ η συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα είναι περίπου 0,3 ppm. Ο φώσφορος προσλαμβάνεται από τα φυτά κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ιόντων (HPO_4^- και HPO_4^{2-}) (Schachtman et al., 1998).

Αν και είναι ισχυρά αδιάλυτο στο έδαφος η διαθεσιμότητα του μπορεί να ενισχυθεί από την ύπαρξη μυκόριζων μικροοργανισμών στις ρίζες των φυτών οι όποιοι με τη συμβιωτική σχέση τους βοηθούν στη πρόσληψη του. Επίσης φυτά τα οποία αναπτύσσουν βαθιές ρίζες μπορούν να εκμεταλλευτούν το φώσφορο που έχει αποθηκευτεί σε μεγαλύτερα βάθη.

Η σημασία του φωσφόρου είναι μεγάλη καθώς αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο για κάθε οργανισμό. Η λειτουργίες που συμμετέχει ο P είναι οι ακόλουθες (Αϊβαλάκης, 2016):

- Μεταφορά ενέργειας καθώς αποτελεί συστατικό της τρι-φωσφορικής αδενοσίνης (ATP), η οποία είναι απαραίτητη για τη μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας.
- Φωτοσύνθεση και αναπνοή καθώς συμμετέχει στη ρύθμιση των αντιδράσεων αυτών.
- Ενίσχυση της ανάπτυξης των ριζών και βελτίωση της απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων.
- Ανθοφορία και καρποφορία καθώς συμβάλει στην ωρίμανση και τη ποιότητα των καρπών.

Η έλλειψη φωσφόρου μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις όπως καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών, μειωμένη ανθοφορία και καρποφορία, σκούρο πράσινο χρώμα στα φύλλα ειδικότερα στις κάτω πλευρές, και μείωση ρυθμού επιμήκυνσης των φύλλων λόγω μειωμένης κυτταρικής διαίρεσης. Η έλλειψη φωσφόρου δεν εμφανίζει άμεσα συμπτώματα αλλά επηρεάζει συνολικά την ανάπτυξη στον φυτών (Carstensen, και συν., 2018).

Ο φώσφορος που περιέχεται στις δυσδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις θεωρείται χαλαρά συνδεδεμένος και λειτουργεί για το εδαφικό διάλυμα σαν μια δεξαμενή συνεχούς αναπλήρωσης, έτσι η χορήγηση του γίνεται κατά τη βασική λίπανση, καθώς δεν υπάρχει κίνδυνος έκπλυσης ή τοξικότητας στα φυτά (Σαββας, 2016).

1.6.4. Κάλιο

Το κάλιο (K) είναι απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για κάθε μορφή ζωής. Ο ρόλος του δεν είναι δομικός όπως των άλλων δυο απαραίτητων στοιχείων (N και P) αλλά έχει λειτουργικό ρόλο στο μεταβολισμό. Ο σημαντικότερος ρόλος του δε στη γεωργική παραγωγή εκτός από τη διασφάλιση ικανοποιητικών αποδόσεων είναι η ουσιαστική βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και η ενίσχυση των καλλιέργειών σε βιοτικούς και αβιοτικούς κινδύνους (Αναλογίδης, 2000). Γενικά υπάρχει διαθέσιμος σε μεγάλες ποσότητες, όσο αφορά της ανάγκες των φυτών, στο έδαφος (ειδικά στα ελληνικά εδάφη) και η έκπλυση του είναι δύσκολη.

Στις κύριες λειτουργίες του καλίου είναι η ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης και η ενεργοποίηση μίας σειράς ενζυμικών διαδικασιών, ειδικότερα το κάλιο συμμετέχει:

- στη ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού και τη διατήρηση της σπάργης στα κύτταρα (Αναλογίδης , 2000)
- ενεργοποιεί πάνω από 60 ένζυμα που σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση, τη σύνθεση των πρωτεϊνών, και το μεταβολισμό των υδατανθράκων (Wang & Wu, 2017).
- στη φωτοσυνθετική απόδοση, μέσω ρύθμισης του ανοίγματος και του κλεισίματος των στομάτων επηρεάζοντας τη διαπνοή και τη πρόσληψη CO₂ (Wang & Hua Wu, 2013).
- τη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης όπως τα σάκχαρα από τα φύλλα όπου συνθέτονται σε άλλα όργανα του φυτού (Αναλογίδης , 2000).

Επίσης το κάλιο εξουδετερώνει τη διαφορά οργανικών καιόντων και τις λοιπές ενώσεις μέσα στο φυτό διατηρώντας το pH στα επίπεδα 7 και 8 όπου και είναι επιθυμητό για τη λειτουργία των ενζύμων (Prajapati, 2012).

Τα φυτά προσλαμβάνουν το κάλιο με τη μορφή ανιόντος K⁺ το οποίο βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα και το οποίο είναι ιδιαίτερα κινητικό τόσο στο έδαφος όσο και στο φυτό. Η πρόσληψη πραγματοποιείται από ριζικά κύτταρα μέσω εξειδικευμένων πρωτεϊνών που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη τα οποία οργανώνονται σε δύο βασικά συστήματα πρόσληψης, το ένα δρα αποτελεσματικά όταν η συγκεντρώσεις K⁺ στο έδαφος είναι χαμηλές, εξασφαλίζοντας πρόσληψη ακόμα και σε συνθήκες έλλειψης και το άλλο όταν η συγκεντρώσεις είναι υψηλές επιτρέποντας ταχύτερη πρόσληψη (Çalışkan & Çalışkan, 2018).

Η έλλειψη καλίου προκαλεί κιτρίνισμα των φύλλων και νεκρώσεις στις άκρες των παλαιότερων φύλλων, ενώ επηρεάζεται η λειτουργία των στομάτων με αποτέλεσμα τη μείωση των αντοχών του φυτού σε υψηλές θερμοκρασίες, παθογόνα και αλατότητα. Επίσης επηρεάζεται και η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων όπως και η απόδοση των φυτών (Αναλογίδης , 2000). Υψηλή συγκέντρωση φαίνεται να προκαλεί ανταγωνισμό με άλλα θρεπτικά στοιχεία όπως το μαγνήσιο και το ασβέστιο (Zötb, Senbayram, & Peiter , 2014).

1.6.5. Ασβέστιο

Το ασβέστιο (Ca) κατατάσσεται στα δευτερεύοντα μικροστοιχεία καθώς τα φυτά έχουν ανάγκη το συγκεκριμένο στοιχείο σε σχετικά μικρότερες ποσότητες. Παρόλα αυτά ο ρόλος του είναι εξίσου σημαντικός, καθώς επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία των φυτικών κυττάρων. Έτσι λοιπόν αν και δεν απαιτούνται τόσες μεγάλες ποσότητες όπως τα βασικά μακροστοιχεία, η έλλειψη του μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και τη ποιότητα της παραγωγής (Marschner, 2012).

Το ασβέστιο έχει ρυθμιστικό και δομικό ρόλο στα φυτικά κύτταρα:

- Αποτελεί βασικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων, κυρίως μέσω της σύνδεσης με πηκτικές ενώσεις για τη δημιουργία του μεσοκυττάριου υλικού (White, 2001).
- Συμβάλει στη σταθερότητα των κυτταρικών μεμβρανών περιορίζοντας απώλεια νερού και ιόντων (Feng, et al., 2023).
- Δρα ως δευτερεύον αγγελιοφόρος (second messenger) σε αρκετές ενδοκυτταρικές μεταβολικές και αμυντικές αντιδράσεις όπως στην αντιμετώπιση αβιοτικών και βιοτικών καταπονήσεων. (Dodd, et al., 2010)

Το ασβέστιο προσλαμβάνεται από τα φυτά κυρίως με τη μορφή Ca^{2+} από το εδαφικό διάλυμα. Η μεταφορά γίνεται παθητικά μέσω του προπλάστη και στη συνέχεια εισέρχεται στα κύτταρα, μέσω διαύλων στη κυτταρική μεμβράνη (White, 2001). Ωστόσο η μετακίνηση του ασβεστίου ως ιόν μέσα στο φυτό είναι περιορισμένη καθώς μεταφέρεται μέσω του ξυλώδους ιστού και όχι μέσω του φλοιού, όπως άλλα στοιχεία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αναπληρωθεί ευκολά και οι νεαροί ιστοί να είναι ευαίσθητοι σε έλλειψη (WHITE & BROADLEY, 2003)

Η έλλειψη ασβεστίου οδηγεί σε νεκρώσεις των επιστρωμάτων, και φυσιολογικές διαταραχές όπως ξηρή κορυφή καρπών (blossomend rot), καφέ άκρες φύλλων (tip burn), παραμόρφωση ριζών και αναστολή ανάπτυξης. Αυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται συχνότερα σε περιπτώσεις αυξημένης διαπνοής και αδυναμία του φυτού να απορρόφησει νερό, εξαιτίας είτε έλλειψης νερού στο έδαφος, όπως ανεπαρκής άρδευσης, ξηρασία, υπερβολική αλατότητα είτε κακής αποστράγγισης του εδάφους (Taylor & Locascio, 2004).

Η διαθεσιμότητα του ασβεστίου στο έδαφος επηρεάζεται από το pH αλλά και την παρουσία κατιόντων K^+ και Mg^{2+} καθώς ανταγωνίζονται την πρόσληψη Ca^{2+} .

1.6.6. Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο (Mg) είναι ένα βασικό μακροστοιχείο για τα φυτά καθώς είναι απαραίτητο για πολλές φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες. Βρίσκεται σε αυξημένες ποσότητες στα φυτικά κύτταρα σε ποσοστό που μπορεί να φτάνει το 0,5%. Η πλέον γνωστή του λειτουργία είναι η καθοριστική εμπλοκή του στο μόριο της χλωροφύλλης, καθώς σε κάθε μόριο αυτής περιέχεται ένα άτομο Mg^{2+} στο κέντρο της, γεγονός που καθιστά απαραίτητο στοιχείο για τη φωτοσύνθεση (Marschner, 2012).

Εκτός από το δομικό του ρόλο, το μαγνήσιο βοηθάει και στην ενεργοποίηση πολλών ενζύμων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, του φωσφόρου και των νουκλεϊκών οξέων. Σταθεροποιεί τις δομές του DNA και RNA, και ρυθμίζει τη μεταφορά φωσφορικών ενώσεων όπως η ATP, στο εσωτερικό των κυττάρων (Αϊβαλάκης, Καραμπουρνιώτης, & Λιακόπουλος, 2016).

Το μαγνήσιο βρίσκεται στο έδαφος σε μορφή αλάτων, και ανόργανων συστατικών του εδάφους, η πρόσληψη του από τα φυτά γίνεται κυρίως υπό τη μορφή δισθενούς κατιόντος Mg^{2+} . Αν και έχει μεγάλη κινητικότητα μέσα στο φυτό, εν τούτης παρουσιάζει ανταγωνισμό με άλλα θρεπτικά στοιχεία όπως το κάλιο και το ασβέστιο με αποτέλεσμα την έλλειψη του (Shaul, 2002).

Η έλλειψη του οδηγεί σε μεσοφύλλιο χλώρωση (κιτρίνισμα μεταξύ των νευρώσεων), ιδίως στα παλαιότερα φύλλα, λόγω της μετακίνησης του σε νεότερους ιστούς. Μακροχρόνια έλλειψη προκαλεί μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας και κατ' επέκταση την ανάπτυξη και παραγωγή του φυτού (Huber & Jones, 2012).

2. Σκοπός

Στα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας η περιορισμένη διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα περιορισμού των αποδόσεων διακυβεύοντας την παραγωγικότητα, και ως εκ τούτου τη βιωσιμότητα, του συστήματος. Τα άγρια φυλλώδη λαχανικά έχουν τη δυνατότητα να αναπτύσσονται σε φυσικά οικοσυστήματα χωρίς να απαιτούν ανθρωπογενείς εξωτερικές εισροές για να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο.

Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή προσαρμοστικότητα και την ανθεκτικότητα αυτών των ειδών σε αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης καθώς και της υψηλές διατροφικής τους αξίας, σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει κατά πόσο αυτά τα είδη δύναται να εδραιωθούν ως εναλλακτικές καλλιέργειες οι όποιες αυξάνουν τη βιωσιμότητα των βιολογικών καλλιεργητικών συστημάτων, αποδίδοντας ταυτόχρονα ένα προϊόν υψηλής διατροφικής αξίας.

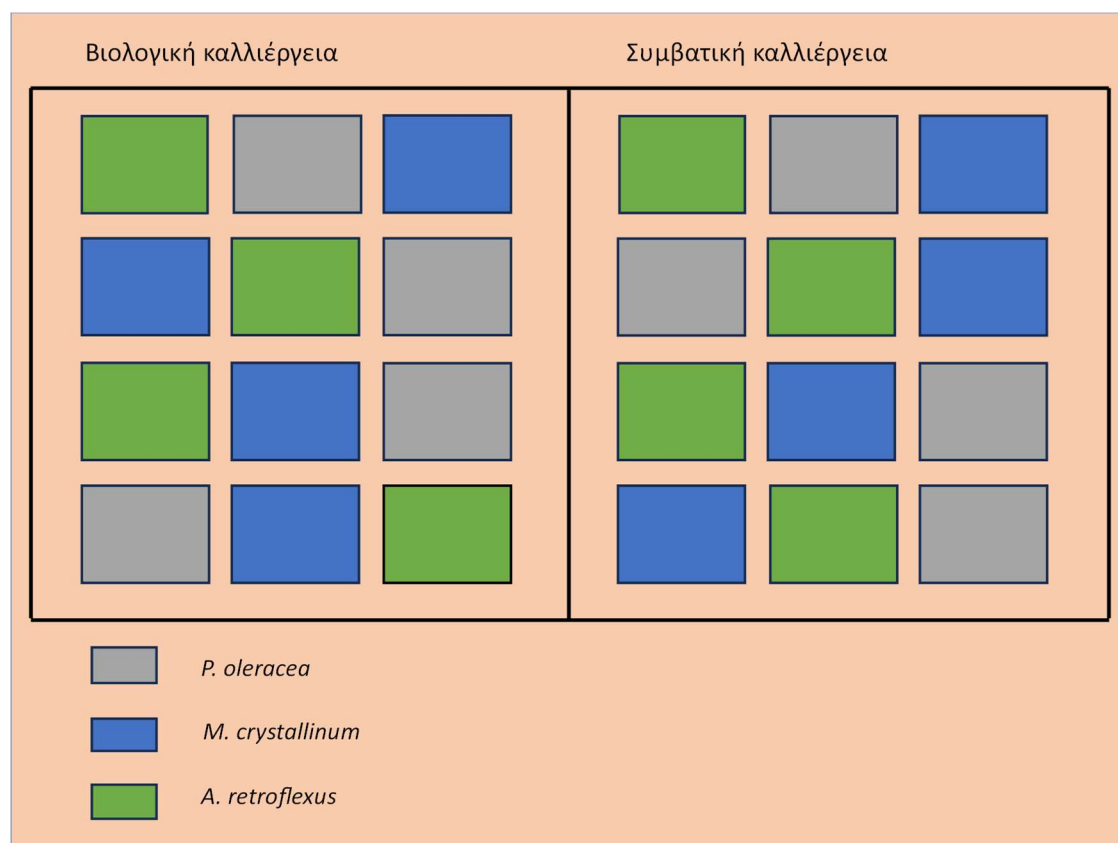
3. Υλικά και μέθοδοι

3.1. Χώρος διεξαγωγής του πειράματος

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του εργαστήριου κηπευτικών καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37°58'56.4" N 23°42'15.7" E) την περίοδο μεταξύ Μαρτίου – Ιουνίου 2025 (07/04/2025 – 05/06/2025). Η συνολική έκταση του αγρού ανέρχεται στα 375 m². Ο αγρός χωρίστηκε σε δυο τμήμα στα οποία εφαρμόστηκε καλλιέργεια με δύο τρόπους, δηλαδή στο ένα τμήμα εφαρμόστηκε βιολογική καλλιέργεια, ενώ στο άλλο τμήμα εφαρμόστηκε συμβατική καλλιέργεια. Κάθε επιμέρους τμήμα χωρίστηκε σε 12 πειραματικά τεμάχια με καλλιεργήσιμη επιφάνεια 4 m² και στα όποια καλλιεργήθηκαν φυτά Γλιστρίδας (*P. oleracea*), δροσουλίτη (*M. crystallinum*) και άγριου βλίτου (*A. retroflexus*) καταναμημένα με πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα 9, ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί η αρχή του γεωργικού πειραματισμού. Συνολικά ο συνδυασμός των διαφορετικών παραγόντων των καλλιεργητικών συστημάτων (2) και των καλλιεργούμενων ειδών (3) απέδωσε συνολικά 6 διαφορετικές μεταχειρίσεις. Η

κάθε μεταχείριση επαναλήφθηκε 4 φορές, ενώ η κάθε επανάληψη της μεταχείρισης αποτελούσε ένα πειραματικό τεμάχιο των 4 m².

Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση διαχωρισμού αγρού βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας



3.2. Φυτικό υλικό

Προκειμένου να εκτελεστεί η παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από τα τρία αγρία φυλλώδη λαχανικά, δηλαδή δροσουλίτη, άγριου βλίτου, και γλιστρίδας.

Αρχικά η σπορά έγινε σε υαλόφρακτο θερμοκήπιο του εργαστηρίου κηπευτικών καλλιεργειών του γεωπονικού πανεπιστημίου Αθηνών, και το οποίο είναι εξοπλισμένο με σύγχρονες τεχνολογίες για την παραγωγή των σπορόφυτων. Το θερμοκήπιο διαθέτει και σύστημα θέρμανσης έτσι ώστε να διασφαλίζεται το κατάλληλο κλίμα και θερμοκρασιακές απαιτήσεις σε περίπτωση που η θερμοκρασίες ήταν χαμηλές.

Παράλληλα στα ανοίγματα ήταν τοποθετημένα δίχτυα (σίτες) προκειμένου να εμποδίζονται να εισέλθουν στην εγκατάσταση έντομα που μπορεί να βλάψουν τα φυτά.

Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε δίσκους περτοβάμβακα AO PLUG (Grodan, Roemond, Netherland) με 200 θέσεις σποράς και διαστάσεις 25*25*40mm, με φωτεινό περιβάλλον και ελεγχόμενη θερμοκρασία 22 με 25°C ενώ εφαρμόστηκε τακτικός αερισμός και υψηλή σχετική υγρασία (80%) μέχρι να βλαστήσουν (εικ. 10)

Εικόνα 10: Σπορά φυτών σε περτοβάμβακα, AO PLUG



Η μεταφύτευση στον αγρό πραγματοποιήθηκε στο στάδιο των 2-3 πραγματικών φύλλων στις 16 Μαΐου.

Εικόνα 11: δίσκος σποράς γλιστρίδας και δροσουλίτη λίγο πριν τη μεταφύτευση



Ο πειραματικός αγρός που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης ανήκει στο εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Εικόνα 12: Ο πειραματικός αγρός με τα φυτά εγκαταστημένα

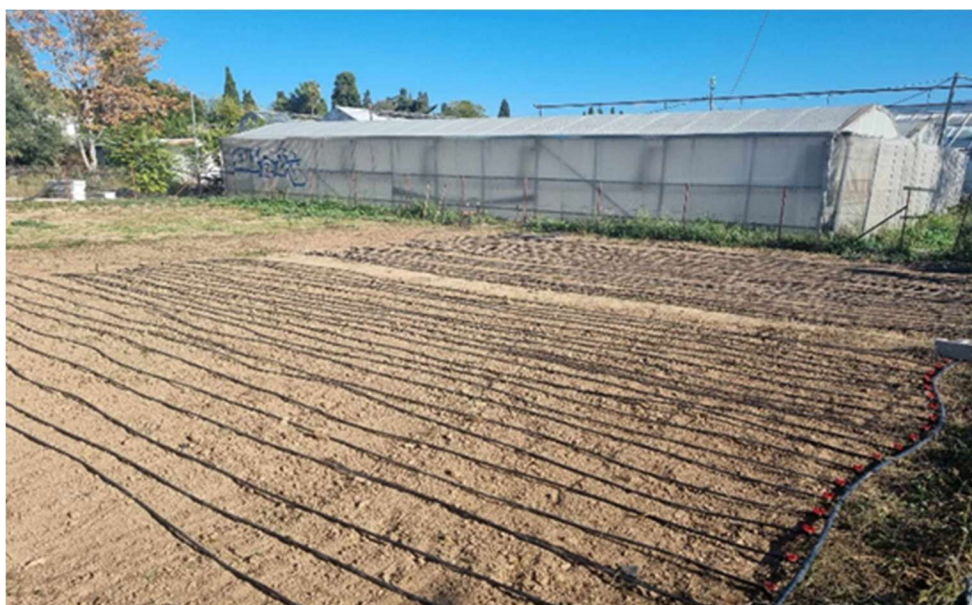


3.3. Προετοιμασία αγρού – Δειγματοληψία εδάφους

Στις αρχές Μαΐου ξεκίνησαν οι εργασίες προκειμένου να προετοιμαστεί το έδαφος ώστε να υποδεχτεί την καλλιέργεια. Οι εργασίες ξεκίνησαν με καθαρισμό του αγρού και μετέπειτα όργωμα (φρεζάρισμα) με τη χρήση φρέζας σε βάθος 20 cm. Κατά τη διαδικασία του οργώματος προστέθηκε η βασική λίπανση ώστε να ενσωματωθεί στο έδαφος. Η διαδικασία του οργώματος έχει ως στόχο τον θρυμματισμό των σβόλων και τη δημιουργία ενός ομοιογενούς, ψιλοχωματισμένου επιφανειακού στρώματος, καθιστώντας το κατάλληλο για φύτευση. Η εργασία αυτή συμβάλει στην ισοπέδωση της επιφάνειάς, στη βελτίωση του αερισμού και του πορώδους όπως και στην στράγγιση εξασφαλίζοντας τη διευκόλυνση ανάπτυξης του ριζικού συστήματος και των περιορισμό των ζιζανίων.

Αμέσως μετά τοποθετήθηκε το αρδευτικό σύστημα. Το αρδευτικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στο ένα τεμάχιο όπου εφαρμόστηκε η βιολογική καλλιέργεια ήταν τύπου σταγόνας αποτελούμενο από πλαστικούς σωλήνες PE. Το σύστημα περιλάμβανε ένα κύριο πλαστικό αγωγό τροφοδοσίας Φ32, και ο οποίος μεταφέρει το νερό σε δευτερεύοντες πλαστικούς αγωγούς Φ16 κάθετα τοποθετημένους ως προς τον κύριο αγωγό και παράλληλα μεταξύ τους ανάμεσα από τις γραμμές φύτευσης. Στους δευτερεύοντες αγωγούς τοποθετήθηκαν σταλαχτές σταθερής ροής 2 lt/h. σε κάθε φυτό. Τέλος των δευτερευόντων αγωγών τοποθετήθηκε και συνδέθηκε κάθετα έναν πλαστικό αγωγό Φ32 έτσι ώστε να δημιουργείται κλειστό κύκλωμα και να υπάρχει ομοιογενή κατανομή της πίεσης και του νερού στο σύστημα. Στο δεύτερο κόμματι που εφαρμόστηκε το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας τοποθετήθηκε παρόμοιο σύστημα άρδευσης με τη διαφορά πως υπήρχε επιπρόσθετα σύστημα υδrolίπανσης αποτελούμενο από κάδο ανάμιξης συμπυκνωμένων διαλυμάτων, μηχανισμό δοσολογίας και αντλία κυκλοφορίας για να παρέχεται το θρεπτικό διάλυμα στην καλλιέργεια.

Εικόνα 13: Τοποθέτηση αρδευτικού συστήματος



Τέλος μετά την εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος τοποθετήθηκε μαύρο γεω-ύφασμα στο οποίο δημιουργήθηκαν τρύπες για τη τοποθέτηση των φυτών με σκοπό να έχουμε ευνοϊκότερο περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών.

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν τρεις διαδοχικές δειγματοληψίες στο έδαφος για να αξιολογηθούν η φυσικοχημική κατάσταση του εδάφους και των επιδράσεων της καλλιέργειας στο περιβάλλον. Η πρώτη δειγματοληψία έλαβε χώρα αμέσως μετά την εφαρμογή της βασικής λίπανσης και πριν τη τοποθέτηση των φυτών για να διαμορφωθεί σαφής εικόνα για τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH εδάφους, οργανική ουσία, και διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Η δεύτερη πραγματοποιήθηκε στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (19 Ιουνίου). Για την δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκε περιστροφικός δειγματολήπτης εδάφους με επιπλέον ποδωστήριο μήκους 1 m (εικ. 14). Το βάθος δειγματοληψίας ήταν 30cm και διαμέτρου 2,5 cm με όγκο δείγματος 200ml.

Εικόνα 14: Δειγματολήπτης εδάφους



3.4. Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος.

Για να γίνει ολοκληρωμένη θρέψη των φυτών στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκε το σύστημα αποφάσεων DSS Nutrisence μέσω του οποίου δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνταγές επιφανειακής λίπανσης. Για να επιτευχθεί η κατάλληλη θρεπτική συνταγή το Nuntrisences χρησιμοποιεί τιμές στόχους (πίνακας 6), και μέσα από αυτές υπολόγισε αυτόματα και επακριβώς τις μάζες που θα εισαχθούν στο νερό για την παρασκευή του διαλύματός.

Σημαντικό είναι προκειμένου να τροφοδοτούμε μια καλλιέργεια με θρεπτικό διάλυμα να παρασκευάζεται θρεπτικό διάλυμα που να είναι πυκνότερο 100 με 200 φορές από το διάλυμα που θα τροφοδοτεί τη καλλιέργεια και να αποφεύγεται με τον τρόπο αυτόν η συχνή σύνθεση θρεπτικού διαλύματος (η μητρικό διάλυμα). Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται δυο τουλάχιστον διαφορετικά δοχεία με θρεπτικά διαλύματα γιατί το νιτρικό ασβέστιο δεν μπορεί να τοποθετείται στο ίδιο δοχείο με τα φωσφορικά και τα θειικά λιπάσματα σε τόσο μεγάλες συγκεντρώσεις καθώς προκαλείται κατακρήμνιση

των τελευταίων λόγω της χαμηλής διαλυτότητας τους. Για τον έλεγχο του pH συνηθίζεται να χρησιμοποιείται και ένα τρίτο δοχείο το οποίο περιέχει οξύ (συνήθως HNO₃) (Σάββας, 2011).

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος για τα όποια επιλέγονται επιθυμητές τιμές, ώστε να καθορισθεί πλήρως η σύνθεση του.

Χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος	Συμβολισμός
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	E _t
pH	
Αναλογία K:Ca:Mg	X: Y: Z
Συγκεντρώσεις μεταλλικών μικροστοιχείων (mmol L ⁻¹)	[K] _t , [Ca] _t , [Mg] _t
Αναλογία N:K (mmol/mmol)	R
Συγκεντρώσεις αζωτούχων ιόντων (mmol L ⁻¹)	[NO ₃ ⁻] _t , [NH ₄ ⁺] _t
Αναλογία $\frac{NH_4^+}{NH_4^+ + NO_3^-}$ (mmol/mmol)	N _r
Συγκεντρώσεις φωσφορικών (mmol L ⁻¹)	H ₂ PO ₄ ⁻
Συγκεντρώσεις Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo (μmol L ⁻¹)	[G] _{tj,j=1,...,6}

Πηγή: (Σάββας, 2011)

Επίσης μεγάλη σημασία έχει η χημική ανάλυση του νερού άρδευσης όπως και όταν πρόκειται για καλλιέργεια σε αγρό η φυσικοχημική σύσταση του εδάφους στην οποία θα εφαρμοστοί η υδρολίπανση. Το έδαφος στην συγκεκριμένη περίπτωση από άποψη μηχανικής σύστασης ήταν αμμοπηλώδης. Στον παρακάτω πίνακα 7 αναφέρονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους του πειραματικού αγρού.

Πίνακας 6: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αγρού

Παράμετρος	Τιμή
Άργιλος	20%
Ίλύς	14%
Άμμος	66%
pH	7,7
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	710 μS cm ⁻¹

Μετά τον υπολογισμό της συνταγής τροφοδοσίας από το Nutrisence, ζυγίστηκαν οι ποσότητες του λιπάσματος που θα χρησιμοποιηθούν για να παρασκευαστεί το θρεπτικό διαλύματος. Αρχικά ζυγίστηκαν με ζυγούς ακριβείας (Kerr 770) και ζυγαριά (Mettler PE 3600) οι ποσότητες των μακροστοιχείων που περιέχονταν στα λιπάσματα και στη συνέχεια με ζυγό ακριβείας έξι δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων.

Μετά τη ζύγιση οι ποσότητες ενσωματώθηκαν σε δυο δοχεία A και B όπου και συμπληρώθηκαν με νερό ώσπου να φτάσουμε στο επιθυμητό όγκο των 20lt και αναδεύτηκαν καλά για να γίνει σωστή ανάμιξη του διαλύματος ώστε να είναι έτοιμο προς χρήση. Στην συνέχεια σε ένα τρίτο βαρέλι αναμίξαμε νιτρικό οξύ (HNO_3) με νερό σε ποσότητα 0,359gr., δηλαδή 63% του δοχείου. Αυτά τα δοχεία περιείχαν τα μητρικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη (Εικόνα 15).

Εικόνα 15: Δοχεία μητρικών διαλυμάτων



Κατά τη διαδικασία της παραγωγής θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιήθηκε μια δεξαμενή 300 lt (Alargo company) στην οποία προστέθηκαν 3 lt από κάθε μητρικό διάλυμα, από τις δεξαμενές A και B, και συμπληρώθηκε με νερό μέχρι να γεμίσει η δεξαμενή με σκοπό να μετρηθεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με φορητό αγωγιμόμετρο. Στόχος ήταν η αγωγιμότητα να φτάσει το 1,6 dS/m όπου και είναι η επιθυμητή τιμή, σε περίπτωση κατά την οποία η μέτρηση είναι χαμηλότερα προσθέτουμε ίσες ποσότητες από τα δυο διαλύματα μέχρι να φτάσουμε στην επιθυμητή τιμή. Μόλις επιτευχθεί η συγκεκριμένη τιμή (1,6 dS/m) προσθέτουμε από το τρίτο δοχείο νιτρικό οξύ σε ποσότητα τέτοια ώστε να φτάσουμε

την τιμή pH της υπολογισμένης τιμής 5,6 από το Nutrisense το οποίο είχε σχεδιάσει τη συνταγή.

Εικόνα 16: Δεξαμενή 300lt για την ανάμιξη των μητρικών διαλυμάτων



Αφού έχουν επιτευχθεί οι τιμές στόχοι, από τη δεξαμενή (ALAGRO COMPANY) το έτοιμο θρεπτικό διάλυμα διανέμετε με τη βοήθεια μια αντλίας στο υδραυλικό σύστημα άρδευσης για να πραγματοποιηθεί η υδρολίπανση. Σημειωτέων χρησιμοποιήθηκαν 500lt κατά την υδρολίπανση όποτε ξαναγεμίσαμε τη δεξαμενή με αλλά 200 Lt.

Στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε λίπανση προστέθηκαν όλες κατά τη βασική λίπανση. Ειδικότερα, προστέθηκε οργανικό λίπασμα 7-4-7 ώστε να παρέχει 6 κιλά N/στρέμμα και PatentKali ώστε να παρέχει συνολικά 15 κιλά K/στρέμμα. Στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας δεν προστέθηκε περαιτέρω επιφανειακή λίπανση. Στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας, η βασική λίπανση απαρτιζόνταν από το συνθετικό κοκκώδες λίπασμα 11-15-15 και προστέθηκα σε τέτοιο βαθμό ώστε να εφαρμοστούν συνολικά 2 κιλά N/στρέμμα. Οι υπόλοιπες μονάδες N και των λοιπών στοιχείων στο συμβατικό σύστημα εφαρμόστηκαν μέσω υδρολίπανσης όπως αναφέρεται αναλυτικά παραπάνω.

Εικόνα 17: Συνισταμένη σύνθεση θρεπτικού διαλύματος σύμφωνα με Nutrisence

Αριθμός αναφοράς - Ημερομηνία:	Θέση της καλλιέργειας:	
Πλήρες όνομα:	Είδος καλλιέργειας:	Σταμναγκάθι
Διεύθυνση:	Στάδιο καλλιέργειας:	Διάλυμα διαβροχής
Αριθμός τηλεφώνου:	Εποχή (κλιματικές συνθήκες):	Άνοιξη ή Φθινόπωρο
Email:	Ανοιχτό ή κλειστό υδροπονικό σύστημα:	Ανοιχτό υδροπονικό σύστημα

Χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος	Μονάδα	Νερό άρδευσης	Σύνθεση διαλύματος τροφοδοσίας
EC	dS/m	0.32	1.60
pH		7.30	5.60
K ⁺	mmol/L	0.00	6.75
Ca ²⁺	mmol/L	0.90	2.20
Mg ²⁺	mmol/L	0.30	1.00
NH ₄ ⁺	mmol/L	0.00	1.00
SO ₄ ²⁻	mmol/L	0.20	2.83
NO ₃ ⁻	mmol/L	0.00	8.20
H ₂ PO ₄ ⁻	mmol/L	0.00	0.10
Fe	μmol/L	0.00	14.00
Mn ^{**}	μmol/L	0.00	4.00
Zn ^{**}	μmol/L	2.15	2.50
Cu ^{**}	μmol/L	2.15	2.15
B	μmol/L	0.00	16.00
Mo	μmol/L	0.00	0.00
Si	mmol/L	0.00	0.00
Cl ⁻	mmol/L	0.40	0.40
Na ⁺	mmol/L	0.60	0.60
HCO ₃ ⁻	mmol/L	2.20	0.40
K/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.68
Ca/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.22
Mg/(K+Ca+Mg)	mol/mol		0.10
N/K	mol/mol		1.36
NH ₄ -N/Total-N	mol/mol		0.11

Εικόνα 18: Συνταγή παρασκευής Θρεπτικού διαλύματος

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ					
Target EC of the added solution			Πυκνό διάλυμα Β	200	ΛΙΤΡΑ (L)
Επιθυμητή EC για την κεφαλή υδρολίπανσης	1.60	dS/m	Νιτρικό κάλιο	1.126	Kg
pH	5.60		Θειικό μαγνήσιο	3.448	Kg
Πυκνό διάλυμα Α	200	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
Νιτρικό ασβέστιο	5.619	Kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0.272	Kg
Χλωριούχο ασβέστιο, 48% Cl	0.000	Kg	Θειικό κάλιο	6.712	Kg
Νιτρικό κάλιο	4.541	Kg	Φωσφορικό οξύ	0.000	kg
Νιτρικό αμμώνιο	1.185	Kg	Φωσφορικό μονοαμμώνιο	0.000	Kg
Fe-EDDHA (6% Fe)	0.261	Kg	Θειικό αμμώνιο	0.000	Kg
Πυκνό διάλυμα οξέως	200	ΛΙΤΡΑ (L)	Νιτρικό οξύ		
Νιτρικό οξύ	3.594	Kg	Θειικό οξύ	0.0	Kg
Πυκνό διάλυμα πυριτικού καλίου	0	ΛΙΤΡΑ (L)	Θειικό μαγγάνιο	13.7	g
Πυριτικό κάλιο (K ₂ SiO ₃)	0.000	Kg	Θειικός ψευδάργυρος	2.0	g
			Θειικός χαλκός	0.0	g
			Τετραβορικό νάτριο (Βόρακας)	31.4	g
			Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0.0	g

Επισήμανση: Οι συστάσεις λίπανσης που περιλαμβάνονται στο παρόν έντυπο έχουν υπολογισθεί με καλή πίστη εφαρμόζοντας τις διεθνώς παραδεκτές αρχές της επιστήμης στον συγκεκριμένο κλάδο και ισχύουν μόνο για την συγκεκριμένη σύνθεση του νερού άρδευσης. Η ευθύνη για τα αποτελέσματα της εφαρμογής τους στην καλλιέργεια ανήκει στον καλλιεργητή ο οποίος ελέγχει και καθορίζει τις τελικές πρακτικές που εφαρμόζονται κάθε φορά και έχει την άμεση και καθημερινή εποπτεία της καλλιέργειας.

3.5. Καλλιεργητικές φροντίδες – Συγκομιδή

Οι καλλιέργεια άγριων φυλλωδών λαχανικών δεν απαιτούν ιδιαίτερας καλλιεργητικές φροντίδες. Οι φροντίδες οι οποίες εφαρμόστηκαν είναι η ακόλουθες:

Αρχικά πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας όπως είδη αναφέρθηκε, έγινε καθάρισμα στον αγρό από την προηγούμενη καλλιέργεια με όργωμα του έδαφος, βασική λίπανση και στα δυο τμήματα με κοπριά και λίπασμα αντίστοιχα για τη βιολογική και συμβατική καλλιέργεια. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το συστήματα άρδευσης και το γεω-ύφασμα για την εδαφοκάλυψη. Επίσης έγινε έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα για ζιζάνια και αφαίρεση τους (ξεβοτάνισμα).

Η εδαφοκάλυψη με μαύρο ύφασμα βοήθησε να περιοριστούν αρκετές καλλιεργητικές εργασίες καθώς η τοποθέτηση του προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα, συμβάλλοντας σε βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνικές καλλιέργειας. Μερικά από αυτά αναφέρονται παρακάτω σύμφωνα με (Σαββας, 2016):

- Εδαφική κάλυψη, καθώς η χρήση του βοηθάει την καταστολή ανάπτυξης των περισσότερων ζιζανίων τα όποια δεν μπορούν να φυτρώσουν χωρίς φως, έτσι μειώνεται η ανάγκη χρήσεις ζιζανιοκτόνων και το ξεβοτάνισμα.
- Διατήρηση της εδαφικής υγρασίας μειώνοντας την εξάτμιση του νερού από το έδαφος με συνέπεια τη μείωση των αναγκών για πότισμα και την βελτίωση της απόδοσης χρήσης νερού.
- Διατήρηση της εδαφικής θερμοκρασίας δημιουργώντας ευνοϊκότερο περιβάλλον για την ανάπτυξη των καλλιεργειών ιδιαίτερα αυτών που χρειάζονται ζέστη για να αναπτυχθούν.
- Μείωση της διάβρωσής του εδάφους, ιδιαίτερα σε ευάλωτες περιοχές καθώς το έδαφος μένει καλυμμένο και δεν παρασύρεται από τις βροχοπτώσεις ή των άνεμο.
- Προστασία καλλιέργειας από βλαβερά έντομα και πουλιά δημιουργώντας ένα φραγμό που εμποδίζει αυτά να προξενήσουν ζημιές με φυσικό τρόπο δίχως την ανάγκη χρήσεις φυτοφαρμάκων, ενώ παράλληλα επιτρέποντας το φως και τον αέρα να φτάσει στα φυτά.
- Καθαρότερη καλλιέργεια, ιδίως καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε χαμηλότερο ύψος δεν έρχονται σε επαφή με το έδαφος μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον κίνδυνο από μύκητες, λάσπες και ρύπανση του προϊόντος.

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε 19 Ιουνίου. Όλα τα φυτά μετρήθηκαν σε αριθμό φύλλων, φιλική επιφάνεια, νωπό και ξηρό βάρος προκειμένου να προχωρήσουμε στο εργαστηριακό κομμάτι.

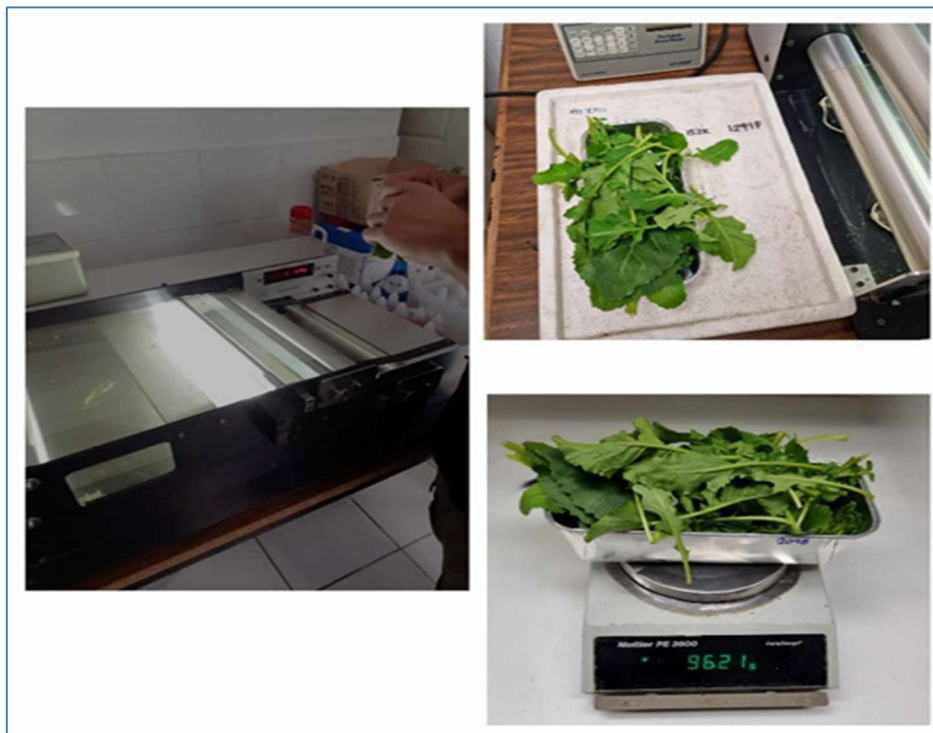
3.6. Εργαστηριακές μετρήσεις και αναλύσεις

3.6.1. Προσδιορισμός νωπού βάρους

Αμέσως μετά τη συγκομιδή ακολούθησε ο προσδιορισμός του νωπού βάρους, μετρώντας ξεχωριστά κάθε φυτό σε ζυγαριά ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων

(Mettler PE 3600) αφού αφαιρέθηκαν προσεκτικά τα υπολείμματα από το έδαφος με απιονισμένο νερό.

Εικόνα 19: Υπολογισμός νωπού βάρους



3.6.2. Ξήρανση και υπολογισμός ξηρού βάρους

Αμέσως μετά τη διαδικασία της μέτρησης του νωπού βάρους, κάθε φυτό τοποθετήθηκε μαζί με τα φύλλα του, που προηγουμένως είχαν κοπεί, σε χάρτινες σακούλες και μπήκαν σε φούρνο ξήρανσης (STF-N 400) προκειμένου να αφαιρεθεί η υγρασία τους σε θερμοκρασία 80°C για 7 ημέρες. Έπειτα μετρήθηκε το ξηρό βάρος ώστε να προσδιοριστεί το ποσοστό υγρασίας. Η μέτρηση έγινε με ζυγαριά ακριβείας 3 δεκαδικών ψηφίων.

Εικόνα 20: Φούρνος που χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση



3.6.3. Παρασκευή φυτικών δειγμάτων από τους φυτικούς ιστούς

Αφού τα δείγματα ξηράθηκαν, ακολούθησε η άλεση αυτών με blender ώστε να κοπούν και έπειτα με χρήση γουδιού και γουδοχέρι να κορνιορτοποιηθούν ώστε να είναι σε μορφή σκόνης . Στη συνέχεια περάστηκαν από σήτα για να κοσκινισθούν έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερους κόκκους.

Εικόνα 21: Διαδικασία παρασκευή φυτικών δειγμάτων



Εικόνα 22: Φούρνος αποτέφρωσης



Τέλος μετρήθηκαν σε ζυγό ακριβείας 0,5gr φυτικού ιστού και τοποθετήθηκαν σε κάψες ώστε να ακολουθεί η διαδικασία της αποτέφρωσης σε πυραντήριο (LM-112) σε θερμοκρασία 550°C για 8 ώρες.

Μετά τη διαδικασία της αποτέφρωσης τα δείγματα έμειναν για 24 ώρες μέσα στο πυραντήριο για να έλθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έπειτα από τη παραπάνω διαδικασία στα δείγματα προστέθηκε διάλυμα 10ml HCl σε κάθε κάψα. Η διήθηση πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας με διηθητικό χαρτί με σπές πολύ μικρής διατομής σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και αραιώνοντας τα δείγματα που προέκυψαν με απεσταλμένο νερό μέχρι να συμπληρωθούν τα 100 ml. Τέλος τα φυτικά δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά φιαλίδια τα οποία και αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο ώστε να είναι έτοιμα για χημική ανάλυση.

Εικόνα 23: Διαδικασία τοποθέτησης φυτικών δειγμάτων σε πλαστικά φιαλίδια



3.7. Χημική ανάλυση φυτικού ιστού

3.7.1. Προσδιορισμός νιτρικών στο δείγμα

Για τον προσδιορισμό νιτρικών ιόντων (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς χρησιμοποιήθηκε φασματόμετρο Biochrom Ltc Anthos Zenith 200rt.

Εικόνα 24 :φασματόμετρο Biochrom Ltc Anthos Zenith 200rt

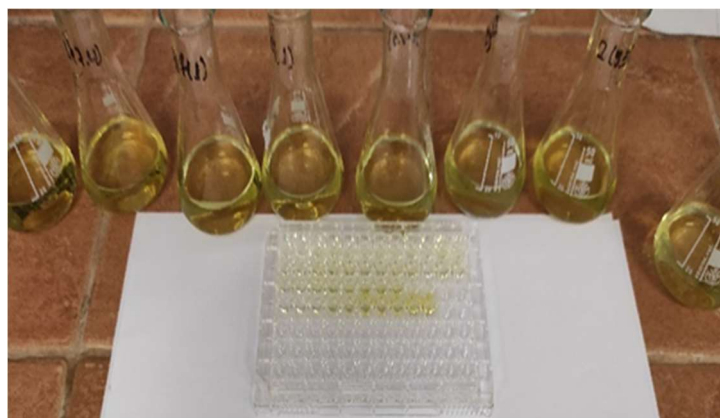


Η διαδικασία περιλαμβάνει πρώτα τη παρασκευή ενός πρότυπου διαλύματος (standard solution) νιτρικό κάλλιο (KNO_3) σε συγκέντρωση 50 ppm. Το διάλυμα αυτό αραιώθηκε με απεσταγμένο νερό ώστε η συγκέντρωση του KNO_3 να φτάσει τα 5 ppm (5mg/L) για να χρησιμοποιηθεί για το πείραμα. Επίσης προετοιμάστηκε και ένα ρυθμιστικό διάλυμα (buffer solution) το οποίο περιείχε, χλωριούχο βανάδιο (VCl_3) το οποίο είναι φωτοευαίσθητο, σουλφανιλαμίδα, N-1-ναφθυλαιθυλένιο που παράγει χρωστική, υδροχλωρικό οξύ (HCl) και απεσταγμένο νερό.

Κατά τη διαδικασία με τη χρήση πιπέτας ακριβείας πάρθηκε δείγμα 1 ml και θα το τοποθετήσουμε φιαλίδια (φλάσκες) των 100ml, ακαι τα όποια πληρώθηκαν με απεσταλμένο νερό μέχρι να συμπληρωθούν τα 100ml για να έχουμε αραιώση του

δείγματος 1:100. Στη συνέχεια, σε ειδική πλάκα (plate) με 69 θέσεις και όγκου 300 μl σε κάθε θέση. Έπειτα με χρήση πιπέτας τοποθετήθηκε ξεχωριστά σε κάθε θέση δείγμα 50μl με κάθε δείγμα να τοποθετείτε δυο φορές, με εξαίρεση τις τελευταίες 8 θέσεις όπου βάλαμε πρότυπο διάλυμα (standard solution) σε συγκεντρώσεις των 0, 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,3, 0,4 και 0,5 ppm NO_3^- αντίστοιχα. Στο τέλος προστέθηκε στις θέσεις 250ml από το ρυθμιστικό διάλυμα (buffer solution) ώστε να συμπληρωθεί ο όγκος των 300ml κάθε θέσεις.

Εικόνα 25: Συμπλήρωση σε plate



Αφού συμπληρώθηκε το plate ακολούθησε η φωτομέτρηση με το φασματόμετρο. Η συσκευή ρυθμιστική σε μήκος κύματος 540nm. Πρώτα ενεργήθηκαν 10 κύκλοι των 600sec (ένας κύκλος ανά 10 λεπτά) και στη συνέχεια εκτελέστηκαν ακόμα 48 κύκλοι των 600 sec ο καθένας για να αποκτήθούν τα τελικά δεδομένα. Στόχος αυτής της λεπτομερής και επαναλαμβανόμενης μεθόδου φωτομέτρησης ήταν η συλλογή με ακρίβεια σημαντικών δεδομένων από τη συγκέντρωση νιτρικών στα φυτικά δείγματα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εκφράζονται σε mg ανά Kg ξηρού βάρους χρησιμοποιώντας τη σχέση:

Εξίσωση 1: Υπολογισμός συγκέντρωσης NO_3^-

$$E.B.\% = \frac{E.B.}{N.B.} * 100$$

$$NO_{3\ N.B}^- = NO_{3\ E.B.}^- * E.B.\%$$

Όπου:

Ε.Β. %: ποσοστό επί τοις 100 ξηρού βάρους προς νωπό βάρος

Ε.Β.: ξηρό βάρος

Ν.Β.: νωπό βάρος

3.7.2. Προσδιορισμός ολικού αζώτου

Για να προσδιοριστεί η συγκέντρωση του ολικού αζώτου (NO_3^- , NH_4^+) εφαρμόστηκε η μέθοδος Kjeldahl (Mill & Jones, 1997), η οποία περιλαμβάνει τρεις βασικές φάσεις:

- Την πέψη, του οργανικού δείγματος με θειικό οξύ (H_2SO_4), παρουσία καταλυτή, για τη μετατροπή του οργανικού αζώτου σε αμμώνιο (NH_4^+).
- Την αλκαλοποίηση και απόσταξη, το NH_4^+ μετατρέπεται σε αμμωνία (NH_3) με προσθήκη βάσης (NaOH) για την απόσταξη
- Και τη τιτλοδότηση, όπου η αμμωνία συλλέγεται σε πρότυπο οξύ και προσδιορίζεται ογκομετρικά.

Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα (εικόνα 27):

1. Σύστημα πέψης Labtec DT 220 το οποίο αποτελείται από μπλοκ πέψης και μονάδα απαγωγής σωλήνων πέψης 20 θέσεων.
2. Μονάδα Scrubber Labtec SR 210, για την εξουδετέρωση αέριων.
3. Μονάδα απόσταξης NH_3 Tecator Kjeltec, με λειτουργία αυτόματης ανάλυσης δεδομένων.

Εικόνα 26: Όργανα προσδιορισμού ολικού αζώτου Α. Labtec DT 220, Β. Labltec SR 210, Γ. Tecator Kjeltec



Για την εφαρμογή τοποθετήθηκαν σε ειδικούς σωλήνες 0,25 γραμμάρια ξηρού δείγματος μαζί με δυο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (99,9% K_2SO_4 και 0,1 Se) και 20 ml πυκνού διαλύματος H_2SO_4 , για να γίνει η πέψη του δείγματος και αναδεύτηκε προσεκτικά. Από τους συνολικά 20 σωλήνες, σε έναν τοποθετήθηκε μόνο δυο ταμπλέτες και 20ml H_2SO_4 (τυφλό δείγμα), ενώ σε έναν δεύτερο τοποθετήθηκαν εκτός από της δυο ταμπλέτες και τα 20ml H_2SO_4 και 0,1 gr γλυκίνης. Έπειτα τοποθετήθηκαν οι σωλήνες στη μονάδα πέψης DT220 η όποια είχε προθερμαθεί στους $420^{\circ}C$. Η διαδικασία διήρκησε 1 ώρα ώσπου το υγρό στους σωλήνες να αποκτήσει διανυγές χρώμα. Τέλος οι σωλήνες τοποθετήθηκαν εκτός εστίας για μια ώρα ώστε να ψυχθούν και να πραγματοποιηθεί η απόσταξη.

Κατά τη διαδικασία της απόσταξης προστέθηκε περίπου 25ml βορικό οξύ (H_3BO_3) στη μονάδα Kjeltec 8200. Η μονάδα εφοδιάζεται αυτόνομα με NaOH και απεσταγμένο νερό μέσω συνδεδεμένου δοχείου. Το απεσταγμένο δείγμα τοποθετείται σε κωνική φιάλη ενώ η διαδικασία έχει διάρκεια περίπου 5 λεπτών.

Τέλος ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης με τη χρήση διαλύματος υδροχλωρικού οξέος HCl 0,1 M. Πρώτα χρησιμοποιήθηκε το τυφλό δείγμα όπου και σημειώθηκαν τα απαιτούμενα ml που χρειάστηκαν για να γίνει μεταχρωματισμός του

δείγματος από πράσινο σε ερυθρό και έπειτα ακολούθησαν και τα υπόλοιπα δείγματα των σωλήνων.

Εικόνα 27: Διαδικασία απόσταξης και τιτλοδεσίας με μέθοδο Kjeldahl



Το ολικό άζωτο προσδιοριστικό από ακόλουθη σχέση:

Εξίσωση 2: Ποσοστό ολικού αζώτου %

$$N\% = \frac{(V_{\text{sample}} - V_{\text{blank}}) \times N \times 14,007 \times 100}{mg_{\text{sample}}}$$

Όπου:

N: κανονικότητα HCl

V: όγκος HCl που καταναλώθηκε

και 14,007 η γραμμομοριακή μάζα του N

3.7.3. Προσδιορισμός Φωσφόρου (P)

Για το προσδιορισμό του φωσφόρου στα φυτικά εκχυλισμένα δείγματα χρησιμοποιήθηκε η χρωματομετρική μέθοδο Murphy – Riley (1962), η οποία βασίζεται στη δημιουργία μπλε σύμπλοκου φώσφορο-μολυβδαίνιου. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στο δείγμα προκύπτει από πρότυπη καμπύλη. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με φασματόμετρο Biochrom Ltd Anthos200rt Microplate reader.

Για να εκτελεσθεί η μέθοδος και να φτιαχτεί το διάλυμα Murphy – Riley χρησιμοποιείται αρχικά μια κωνική φιάλη 1000 ml όπου προθέεται 55,5 θειικού οξέος (H_2SO_4) και 500 ml απεσταγμένου νερού και αναδεύεται μέχρι να ομογενοποιηθεί. Σε δεύτερη κωνική φιάλη 100 ml προθέεται 4,8 gr μολυβδαινικού αμμωνίου (NH_4) $2MoO_4$ όπου και συμπληρώνεται με θερμό απεσταλμένο νερό ανακατεύοντας το μέχρι να ομογενοποιηθεί. Σε μια ακόμα κωνική φιάλη 100ml προστίθεται 0,1047 gr αντιμονυλοτρυγικό κάλιο και 100 ml απεσταγμένο θερμό νερό όπου αναδεύτηκε και αυτό με τη σειρά του μέχρι να ομογενοποιηθεί. Τέλος προστεθήκαν στο διάλυμα θειικού οξέος όπου και παρασκευάστηκε αρχικά στη κωνική φιάλη των 1000 ml τα άλλα δύο διαλύματα δηλαδή το αντιμονυλοτρυγικό κάλιο και το μολυβδαινικό αμμώνιο, όπου συμπληρώθηκε με απεσταλμένο νερού μέχρι τα 1000 ml διαλύματος, επίσης προσέχθηκε διάλυμα ασκορβικού οξέος σε αναλογία 0,4 gr ανά 100 gr διαλύματος Murphy – Riley (δηλαδή 4 gr).

Επόμενο βήμα ήταν η παρασκευή του δείκτη νιτροφαινόλης, συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν 0,5gr σε 60ml απεσταλμένου νερού, και του καυστικού νατρίου όπου χρησιμοποιήθηκαν 10 gr υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) σε 250 ml απεσταγμένου νερού.

Για τη δημιουργία πρότυπης καμπύλης παρασκευάστηκε πρότυπο διάλυμα που περιείχε φωσφορικό μονοκάλιο 0,4393 gr KH_2PO_4 σε 1000ml απεσταγμένου νερού (stock διάλυμα). Για το πρότυπο διάλυμα από το αρχικό διάλυμα πάρθηκαν 10 ml τα οποία τα προστεθήκαν σε φιάλη και αραιώθηκαν με απεσταγμένο νερό μέχρι να συμπληρωθούν τα 100 ml.

Στη συνέχεια και για τη δημιουργία των πρότυπων καμπυλών, σε συνολικά 7 φιαλίδια των 50 ml προστέθηκαν αντίστοιχα, 0, 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 5 ml από το αρχικό πρότυπο διάλυμα (stock) και ακολούθως 2 με 3 σταγόνες του δείκτη νιτροφαινόλης, λίγες σταγόνες από το διάλυμα NaOH και απεσταγμένο νερό, σε εκείνο το σημείο το διάλυμα απόκτησε μια απόχρωση κίτρινου χρώματος. Εν συνεχεία προτέθηκαν 10ml ασκορβικού οξέος επαναφέροντας το χρώμα, απεσταγμένο νερό μέχρι να συμπληρωθεί ο όγκος των 100ml. Τα διαλύματα αφέθηκαν για περίπου 20 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου μέχρι τα δείγματα να αποκτήσουν μπλε χρώμα. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τη δημιουργία των δειγμάτων με τη διαφορά ότι για τα πρότυπα διαλύματα (stock) τοποθετήθηκε 1 ml εκχυλισμένου δείγματος. Τέλος τοποθετήθηκαν σε δισκάκι (plate) 0,3 ml τα παρασκευασμένα διαλύματα ώστε να πραγματοποιηθεί η μέτρηση στο φασματόμετρο Anthos Zenyth 200rt σε μήκος κύματος 880 nm για 10 κύκλους των 60 δευτερολέπτων.

Εικόνα 28: Παρασκευή δειγμάτων πρότυπης καμπύλης P μέθοδο Murphy - Riley



3.7.4. Προσδιορισμός Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}

Για τον προσδιορισμό των μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} χρησιμοποιήθηκε Φασματογράφος ατομικής απορρόφησης (AAS), Shimadzu AA-7000. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην απορρόφηση φωτός από

ελεύθερα άτομα που έχουν διεγερθεί από φλόγα ασετιλίνης . Τα ελεύθερα άτομα κατά την απορρόφηση της ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος διεγείρονται και τείνουν να απελευθερώσουν ενέργεια προκειμένου να επιστρέψουν στη θεμελιώδη κατάσταση.

Εικόνα 29: Φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης Shimadzu AA-7000



Τα δείγματα αραιώθηκαν στις κατάλληλες αναλογίες από τα αρχικά πρότυπα σε συγκεντρώσεις 1000 ppm ώστε να υπάρχει ακρίβεια στον προσδιορισμό των στοιχείων εντός των ορίων του οργάνου . Μετρήθηκε η απορρόφηση κάθε διαλύματος με τη ροή του αερίου ακετυλενίου να ρυθμίζεται στα 1,5 L/min και η πίεση κενού να ορίζεται στα 3,5 bar. Οι συγκεντρώσεις υπολογίστηκαν με βάση τις πρότυπες καμπύλες βαθμονόμησης και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg/Kg Ξ.Β.

Η μέτρηση της ακτινοβολίας που απορροφάτε από κάθε στοιχείο υπολογίζεται από τον νόμο Lambert – Beer όπου και δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση:

Εξίσωση 3: προσδιορισμός στοιχείων σύμφωνα με τον νόμο Lambert - Beer

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

Όπου:

A: η απορρόφηση

I₀: ένταση αρχικής ακτινοβολίας (nm)

I: ένταση τελικής ακτινοβολίας (nm)

K: Συντελεστής απορρόφησης (M⁻¹ *cm⁻¹)

L: μήκος πορείας διέλευσης της ακτινοβολίας (cm)

C: Συγκέντρωση μετάλλου (M)

3.7.5. Προσδιορισμός Καλίου (K⁺) Νατρίου (Na⁺)

Για να προσδιοριστούν οι ποσότητες των ιόντων καλίου και νατρίου στους φυτικούς ιστούς χρησιμοποιήθηκε φλογόμετρο Sherwood Flame Photometer 410. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ονομάζεται Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής (AES) και βασίζεται στη μέτρηση της ακτινοβολίας που εκπέμπει κάθε άτομο όταν διεγείρεται θερμικά επιστρέφοντας στην αρχική του κατάσταση. Το όργανο μπορεί να αναλύει μόνο αλκαλικά ιόντα Καλίου και Νατρίου καθώς η θερμοκρασία που αναπτύσσει δεν μπορεί να διεγείρει μη αλκαλικά ιόντα.

Εικόνα 30: Φλογόμετρο Sherwood Flame photometer 410



Το όργανο αρχικά ρυθμίστηκε χρησιμοποιώντας πρότυπο διάλυμα Κ και Na σε συγκεντρώσεις 10 ppm, και εν συνεχεία αραιώνοντας τα προκειμένου να γίνει ο προσδιορισμός των στοιχείων αυτών του δείγματος στο απαιτούμενο εύρος τιμών.

3.7.6. Βιοχημικές ιδιότητες

Η εκτίμηση του αντιοξειδωτικού δυναμικού των φυτικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε μέσω τριών συμπληρωματικών προσδιορισμών: των ολικών φαινολικών ενώσεων (TPC), των ολικών φλαβονοειδών ενώσεων (TFC) και της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν φασματοφωτομετρικά σε plate 96 θέσεων με τη χρήση του οργάνου Biochrom Ltd Anthos Zenyth 200RT Microplate Reader.

3.7.7.1. Προσδιορισμός Αντιοξειδωτικών

Ο προσδιορισμός βασίστηκε στις μεθόδους Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) (Benzie & Strain, 1996) και Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) (Re, et al., 1999)

Η μέθοδος FRAP βασίζεται στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να ανάγουν το σύμπλοκο Fe^{3+} – TPTZ (τριπυλοτριαζίνη) σε Fe^{2+} – TPTZ το οποίο έχει μπλε χρώμα και εμφανίζει μέγιστη απορρόφηση σε μήκος κύματος 593 nm. Η αναγωγή Fe πραγματοποιείται σε όξινο περιβάλλον με 3,6 pH, όσο περισσότερα αντιοξειδωτικά στοιχεία έχει το δείγμα τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή Fe^{2+} και η απορρόφηση.

Για τη παρασκευή του αντιδραστηρίου FRAP αναμιγνύουμε 300mM ρυθμιστή οξύτητας 3,6 pH (acetate buffer), 10mM TPTZ διαλυμένο σε 40mM HCl και 20mM $FeCl_3$ (σε αναλογία 10:1:1).

Σε 2,9 ml διαλύματος αντιδραστηρίου FRAP προστέθηκε 0,1 ml φυτικού εκχυλίσματος και μετά από 6 λεπτά επώασης μετρήθηκε η απορρόφηση στα 593 nm. Για τη καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ασκορβικό οξύ και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ασκορβικού οξέος ανά gr ξηράς ουσίας.

Η μέθοδος TEAC βασίζεται στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να εξουδετερώνουν το ριζικό κατιόν ABTS, προκαλώντας αποχρωματισμό.

Για την παρασκευή διαλύματος $ABTS^+$ αναμίχθηκαν 7 mM μαζί με 2,45 mM υπερθειϊκό κάλιο ($K_2S_2O_8$), έπειτα το μείγμα έμεινε προκειμένου να επωαστεί σε σκοτάδι για 12 ώρες μέχρι να αναπτυχθεί σε αυτό βαθύ μπλε χρώμα. Στη συνέχεια αραιώθηκε το αντιδραστήριο με απεσταγμένο νερό μέχρι η απορρόφηση του να φτάσει $0,7 \pm 0,02$ στα 734 nm. Εν συνεχεία 10 μl του εκχυλίσματος αναμείχθηκαν με 200 μl αντιδραστηρίου ABTS και μετά από 6 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου μετρήθηκε η απορρόφηση στα 734 nm έναντι ενός διαλύματος αιθανόλης : νερού. Για τη καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιήθηκε πρότυπο διάλυμα Trolox σε διάφορες συγκεντρώσεις και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ισοδύναμου Trolox ανά gr ξηράς ουσίας.

3.7.7.2. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών ενώσεων (TPC)

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών έγινε μέσω της μεθόδου Folin- Ciocalteu (Singleton, et al. 1999) κατά την οποία με χρήση αντιδραστήριο Folin – Ciocalteu έχουμε το σχηματισμό μπλε συμπλόκου με μέγιστη απορρόφηση στα 765 nm. Κατά τη διαδικασία αναμείχθηκαν 20 μl εκχυλίσματος μαζί με 100 μl αντιδραστηρίου Folin – Ciocalteu αραιωμένο (1:10) και 80 μl Na_2CO_3 (7,5%). Το δείγμα τοποθετήθηκε για 2 ώρες σε σκοτάδι και σε θερμοκρασία δωματίου και η ανάγνωση έγινε σε μήκος κύματος 365 nm. Τα αποτελέσματα διαβάστηκαν σε ισοδύναμο mg Gallin Acid Equivalents ανά gr ξηρού βάρους.

3.7.7.3. Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών ενώσεων (TFC)

Ο προσδιορισμός των ολικών φλαβονοειδών έγινε με τη μέθοδο Aluminum Chloride (Chang et al. 2002) η οποία βασίζεται στον σχηματισμό κίτρινου συμπλόκου $AlCl_3$ και φλαβονοειδών με μέγιστη απορρόφηση στα 415 nm. Κατά τη διαδικασία σε 100 μl εκχυλίσματος προστέθηκαν 100μl διαλύματος $AlCl_3$ (2%) προκειμένου να γίνει επώαση για 30 λεπτά σε σκοτεινό περιβάλλον. Η ανάγνωση έγινε στα 415 nm και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg Rutin Equivalents ανά gr ξηρό βάρος .

3.8. Στατιστική ανάλυση

Για να πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό σύστημα STATISTICA. Τα δεδομένα από τις αναλύσεις αφού συλλέχθηκαν υποβλήθηκαν σε έλεγχο ANOVA. Με τη μέθοδο Duncan's Multiple Range Test διαχωρίστηκαν οι διαφορές στις μέσες τιμές σε κάθε μεταχείριση για στατιστικές

αποκλίσεις $p < 0,05$. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε γραφήματα ως μέσο όρος \pm τυπική απόκλιση 3 επαναλήψεων.

4. Αποτελέσματα

4.1. Παραγωγή και ανάπτυξη

Από τον πίνακα 8 φαίνεται η διαφοροποιήσεις στο νωπό βάρος, το ξηρό βάρος και το ποσοστό επί της εκατό ξηρής ουσίας (DMC) σε σύγκριση με τη βιολογική (Organic) και τη συμβατική (Conventional) για τα τρία καλλιεργούμενα είδη γλιστρίδα (*P. oleracea*), άγριο βλίτο (*A. retroflexus*), και δροσουλίτης (*M. crystallinum*).

Πίνακας 7: Σύγκριση βιομάζας ανάλογα με το καλλιεργούμενο είδος και σύστημα καλλιέργειας

Φυτό	Σύστημα	Νωπό βάρος (γρ./φυτό)	Ξηρό βάρος (γρ./φυτό)	DMC (%)
Γλιστρίδα	Βιολογική	125,73	9,69	7,71
	Συμβατική	243,85	14,57	6,06
Άγριο βλίτο	Βιολογική	64,95	7,13	11,03
	Συμβατική	125,73	11,89	9,48
Δροσουλίτης	Βιολογική	79,30	4,79	6,09
	Συμβατική	112,35	5,61	5,02
Στατιστική σημαντικότητα				
Γλιστρίδα		***	***	***
Άγριο βλίτο		***	***	***
Δροσουλίτης		***	***	***

Η σύγκριση ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές (κατά Duncan's multiple range test ο συμβολισμός *** υποδηλώνει στατιστική σημαντικότητα με $p < 0,001$) σε όλες τις περιπτώσεις.

Ειδικότερα για τη γλιστρίδα (*Portulaca oleracea*) στη συμβατική καλλιέργεια παρουσίασε σημαντικά υψηλότερο νωπό βάρος (243,85 gr ανά φυτό) σε σχέση με τη βιολογική καλλιέργεια (125,73 gr ανά φυτό), γεγονός που δείχνει αυξημένη ανάπτυξη των φυτών λόγω της λίπανσης. Παρόμοια αύξηση παρατηρήθηκε και στο ξηρό βάρος (14,57 gr ανά φυτό) έναντι της βιολογικής καλλιέργειας (9,69 gr ανά φυτό). Αντίθετα, το ποσοστό ξηράς ουσίας (DMC) παρατηρήθηκε να είναι μεγαλύτερη στη βιολογική

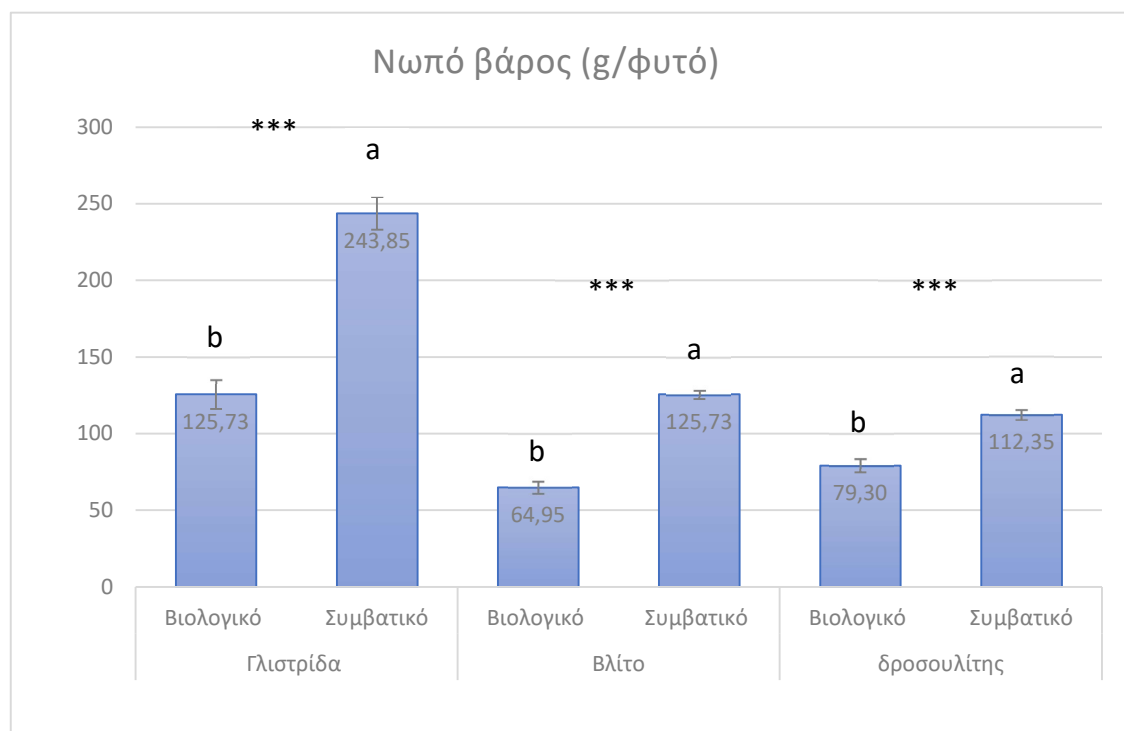
καλλιέργεια (7,71%) σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια (6,06%) δείχνοντας μεγαλύτερη συγκέντρωση στερεών ουσιών.

Στο άγριο βλίτο (*Amaranthus retroflexus*) στη συμβατική καλλιέργεια υπήρχε τόσο στο νωπό βάρος (125,73 gr ανά φυτό) όσο και στο ξηρό βάρος (11,89 gr ανά φυτό) σε σύγκριση με τη βιολογική καλλιέργεια όπου οι ποσότητες ήταν μικρότερες (64,95 gr ανά φυτό και 7,13 gr ανά φυτό, αντίστοιχα). Όπως και στη γλιστρίδα έτσι και στο άγριο βλίτο παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό ξηράς ουσίας (11,3%) έναντι της συμβατικής καλλιέργειας (9,48%).

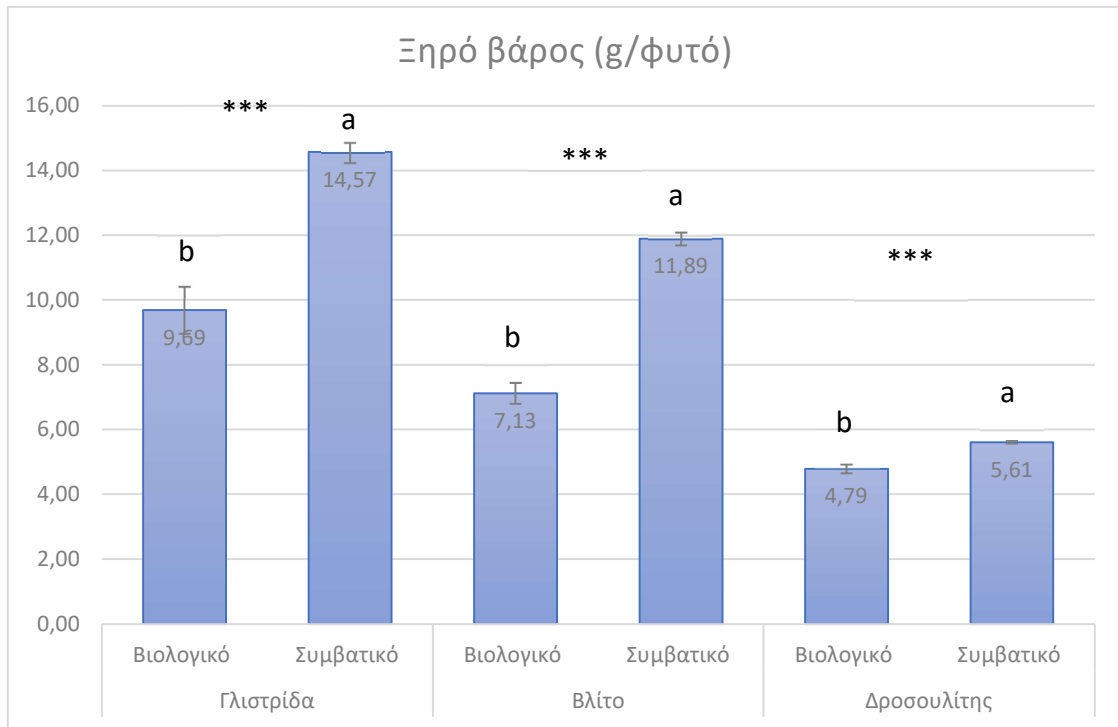
Ο δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum*) στη συμβατική καλλιέργεια παρήγαγε επίσης φυτά με περισσότερο νωπό βάρος (112,35 gr/φυτό) όπως και ξηρό βάρος (5,61 gr/φυτό) σε σχέση με τα φυτά βιολογικής καλλιέργειας (79,3 gr/φυτό και 4,79 gr/φυτό, αντίστοιχα). Παρ' όλα αυτά, το ποσοστό ξηρής ουσίας ήταν και εδώ υψηλότερο στη βιολογική καλλιέργεια (6,09%) σε σχέση με τη συμβατική (5,02%).

Τα παρακάτω γραφήματα 1,2 και 3 δείχνουν τη διαφοροποίηση στη βιομάζα των τριών λαχανεύομενων φυτών σε σχέση με τα το βιολογικό και το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας.

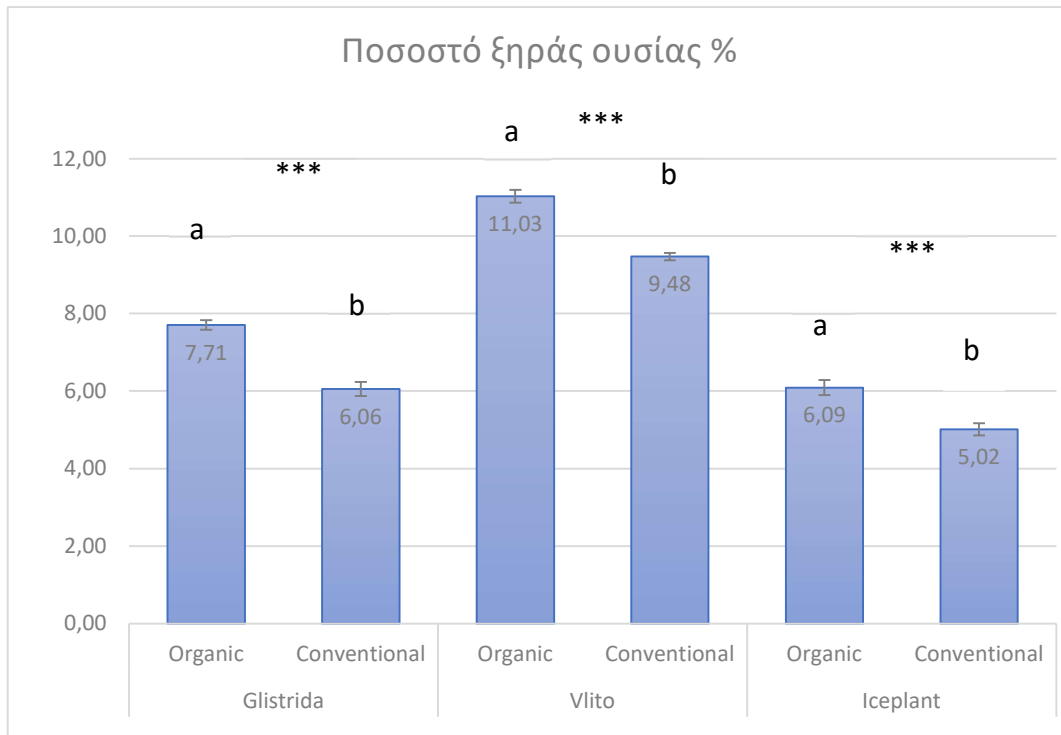
Γράφημα 1. Απεικόνιση Νωπού βάρους των τριών λαχανεύομενων φυτών σε σχέση με τα δυο συστήματα καλλιέργειας



Γράφημα 2 Απεικόνιση ξηρού βάρους των τριών λαχανευόμενων φυτών σε σχέση με τα δυο συστήματα καλλιέργειας



Γράφημα 3 Απεικόνιση ποσοστού ξηράς ουσίας των τριών λαχανευόμενων φυτών σε σχέση με τα δυο συστήματα καλλιέργειας



4.2. Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος

Στον παρακάτω πίνακα 9 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις στο έδαφος πριν και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας των τριών άγριων λαχανευόμενων ειδών σε αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$), νιτρικό άζωτο ($\text{NO}_3\text{-N}$), διαθέσιμο άζωτο (Nmin), το αμμωνιακό άζωτο ως προς το ολικό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N} / \text{Total-N}$), το διαθέσιμο φώσφορο (P), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca) και μαγνήσιο (Mg).

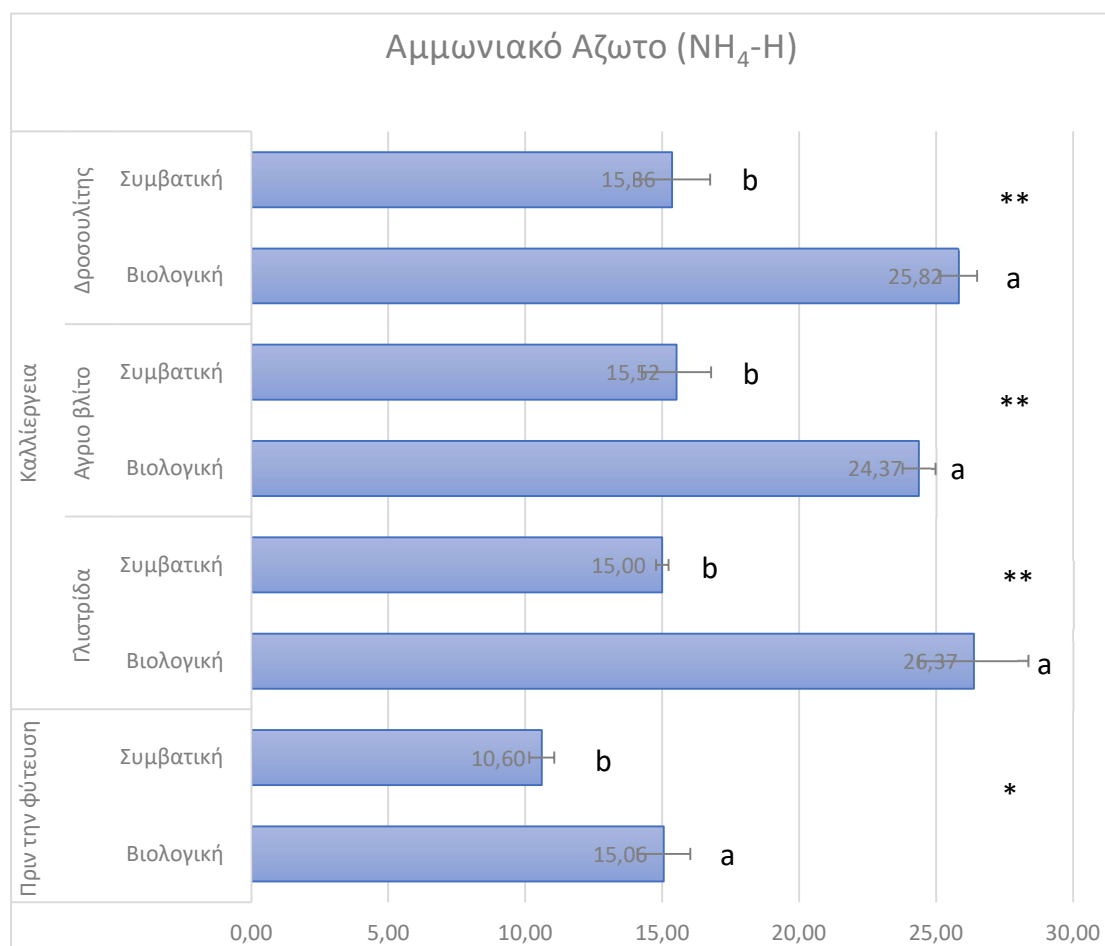
Πίνακας 8: Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος πριν και κατά τη διάρκεια καλλιέργειας των φυτών στα δυο συστήματα

Φυτό	Σύστημα	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Nmin	NH ₄ - N/Total-N	P	K	Ca	Mg
		(mg/kg ξηρό έδαφος)							
Πριν τη φύτευση	Βιολογική	15,06	18,14	33,20	0,45	87,97	520,00	11307,60	452,27
	Συμβατική	10,60	19,50	30,10	0,35	69,13	580,00	14310,13	488,40
Καλλιέργεια Γλιστρίδα	Βιολογική	26,37	18,58	44,95	0,59	129,05	450,00	12398,80	469,53
	Συμβατική	15,00	58,76	73,76	0,21	99,83	416,67	15653,67	500,20
Άγριο βλίτο	Βιολογική	24,37	11,30	35,66	0,69	119,63	436,67	13403,13	483,40
	Συμβατική	15,52	36,41	51,93	0,30	95,32	466,67	16053,80	482,60
Δροσουλίτης	Βιολογική	25,82	15,35	41,18	0,63	121,55	433,33	12309,67	428,33
	Συμβατική	15,36	52,09	67,45	0,23	97,63	483,33	17081,93	490,07
Statistical Significance									
Πριν την φύτευση		*	ΜΣ	ΜΣ	**	ΜΣ	ΜΣ	*	**
Καλλιέργεια γλιστρίδας		**	**	**	***	*	ΜΣ	*	ΜΣ
Καλλιέργεια άγριου βλίτου		**	**	*	**	*	ΜΣ	*	ΜΣ
Καλλιέργεια δροσουλίτη		**	***	***	***	*	ΜΣ	**	ΜΣ

Σύμφωνα με το πίνακα αποτελεσμάτων, η ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων έδειξε διαφοροποιήσεις μεταξύ βιολογικού και συμβατικού συστήματος καλλιέργειας με στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αρκετές παραμέτρους (κατά το κριτήριο Duncan οι συμβολισμοί *, **, *** υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα $p < 0,05$, $p < 0,01$, και $p < 0,001$ αντίστοιχα ενώ με τον συμβολισμό ΜΣ δεν έχουμε σημαντική στατιστική απόκλιση). Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων έχει να κάνει τόσο με το τρόπο απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων από τα καλλιεργούμενα φυτά όπως και τη διαφοροποίηση της λίπανσης.

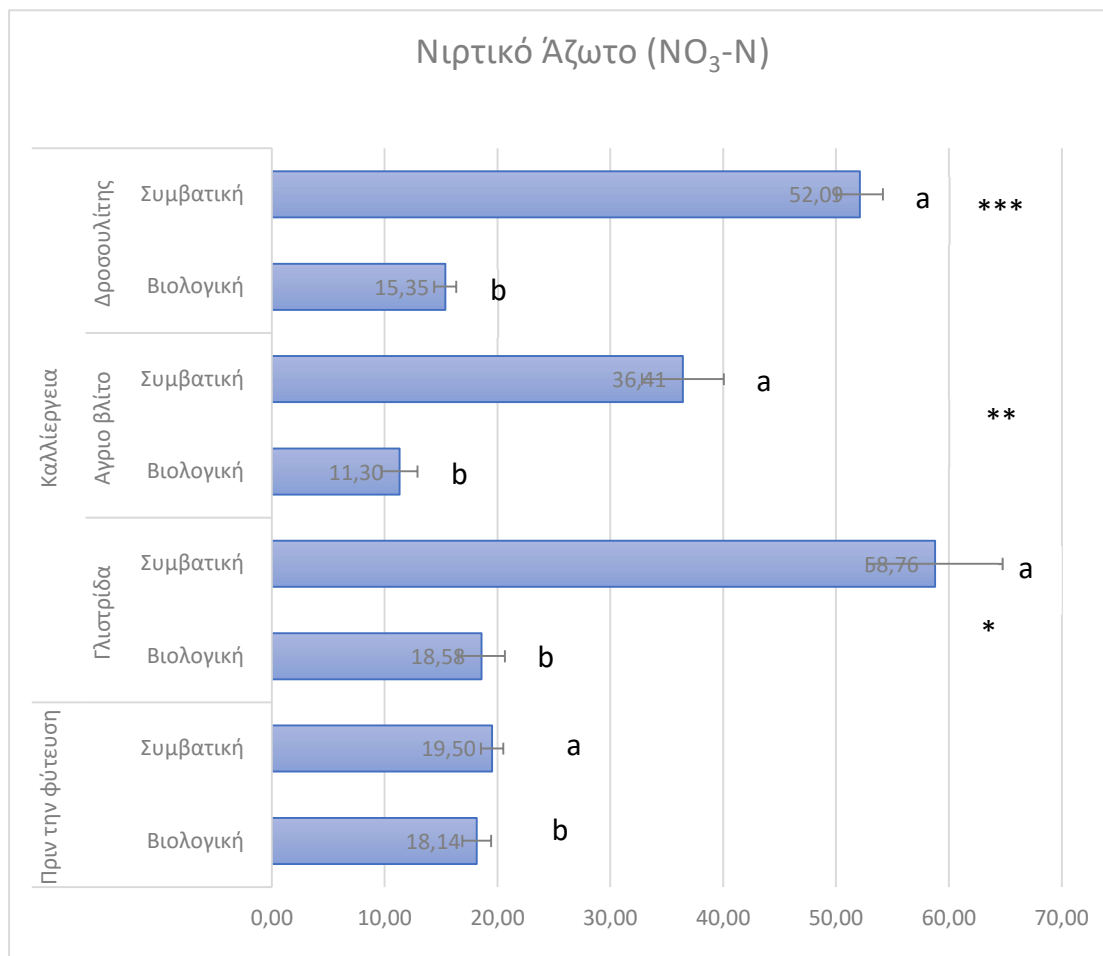
Πριν από τη φύτευση, τα εδάφη που προορίζονταν για βιολογική καλλιέργεια εμφάνισαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4^+\text{-N} = 15,06 \text{ mg/kg}$) και συνολικού ανόργανου αζώτου ($\text{Nmin} = 33,20 \text{ mg/kg}$) σε σύγκριση με τα συμβατικά ($\text{NH}_4^+\text{-N} = 10,60 \text{ mg/kg}$ και $\text{Nmin} = 30,10 \text{ mg/kg}$). Αυτό πιθανότατα οφείλεται στη παρουσία οργανικής ύλης ή υπολειμμάτων προηγούμενων βιολογικών εφαρμογών, που παρέχουν σταδιακή απελευθέρωση αζώτου μέσω ορυκτοποίησης. Αντίθετα, τα εδάφη των συμβατικών καλλιεργειών εμφάνισαν ελαφρώς υψηλότερες συγκεντρώσεις σε φωσφόρο ($\text{P} = 69,12 \text{ mg/kg}$) και μαγνήσιο ($\text{Mg} = 488,4 \text{ mg/kg}$), γεγονός που ενδέχεται να αποδίδεται στη χρήση ανόργανων λιπασμάτων γρήγορης διαθεσιμότητας. Τα ακόλουθα γραφήματα δείχνουν της αναλογίες στα διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας.

Γράφημα 4. Περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος πριν και κατά τη διάρκεια των καλλιεργειών.



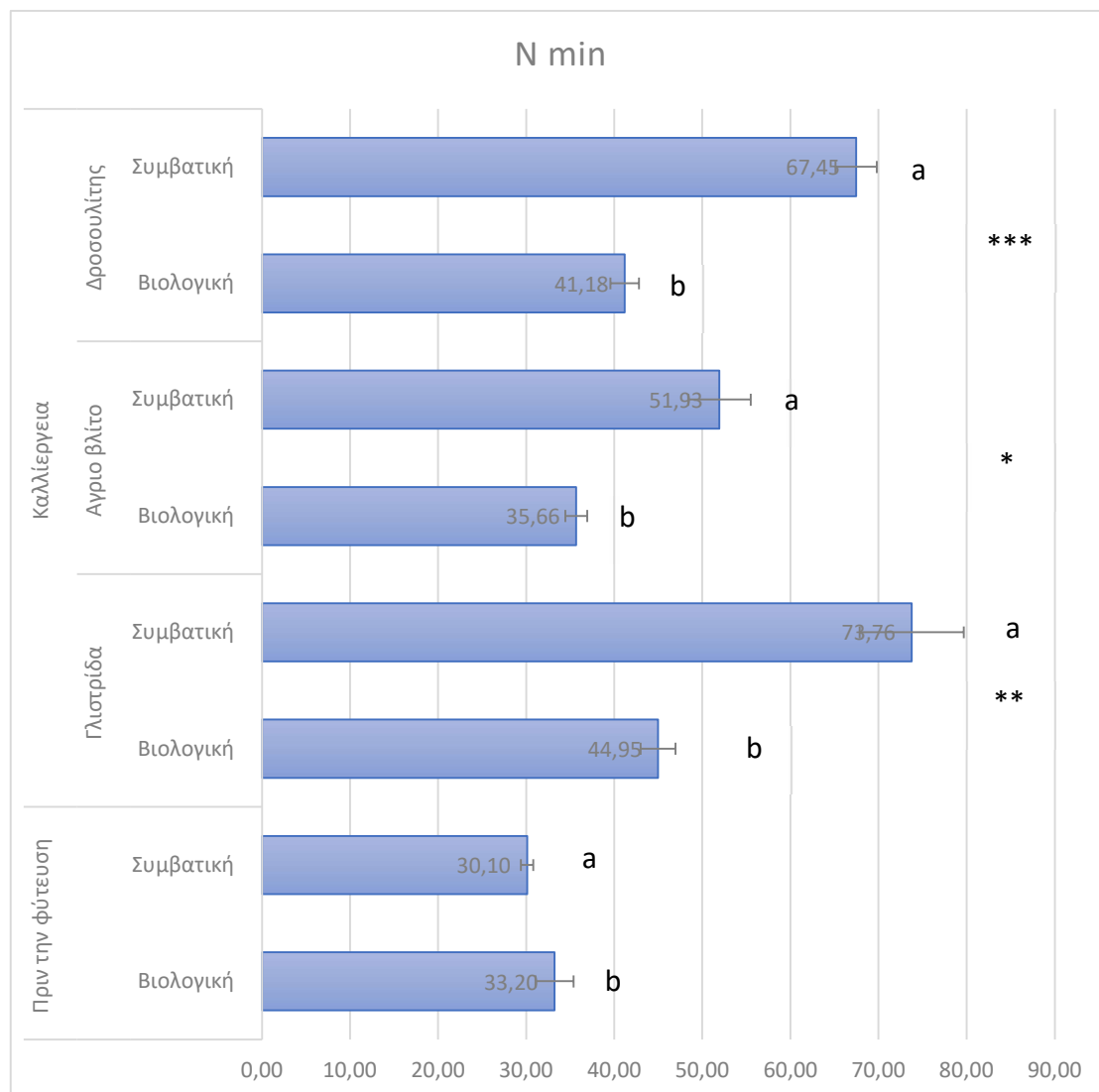
Στο γράφημα 4 παρατηρούμε ότι στη βιολογική καλλιέργεια υπάρχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) σε όλες τις περιπτώσεις.

Γράφημα 5. Περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στο έδαφος πριν και κατά τη διάρκεια των καλλιεργειών.



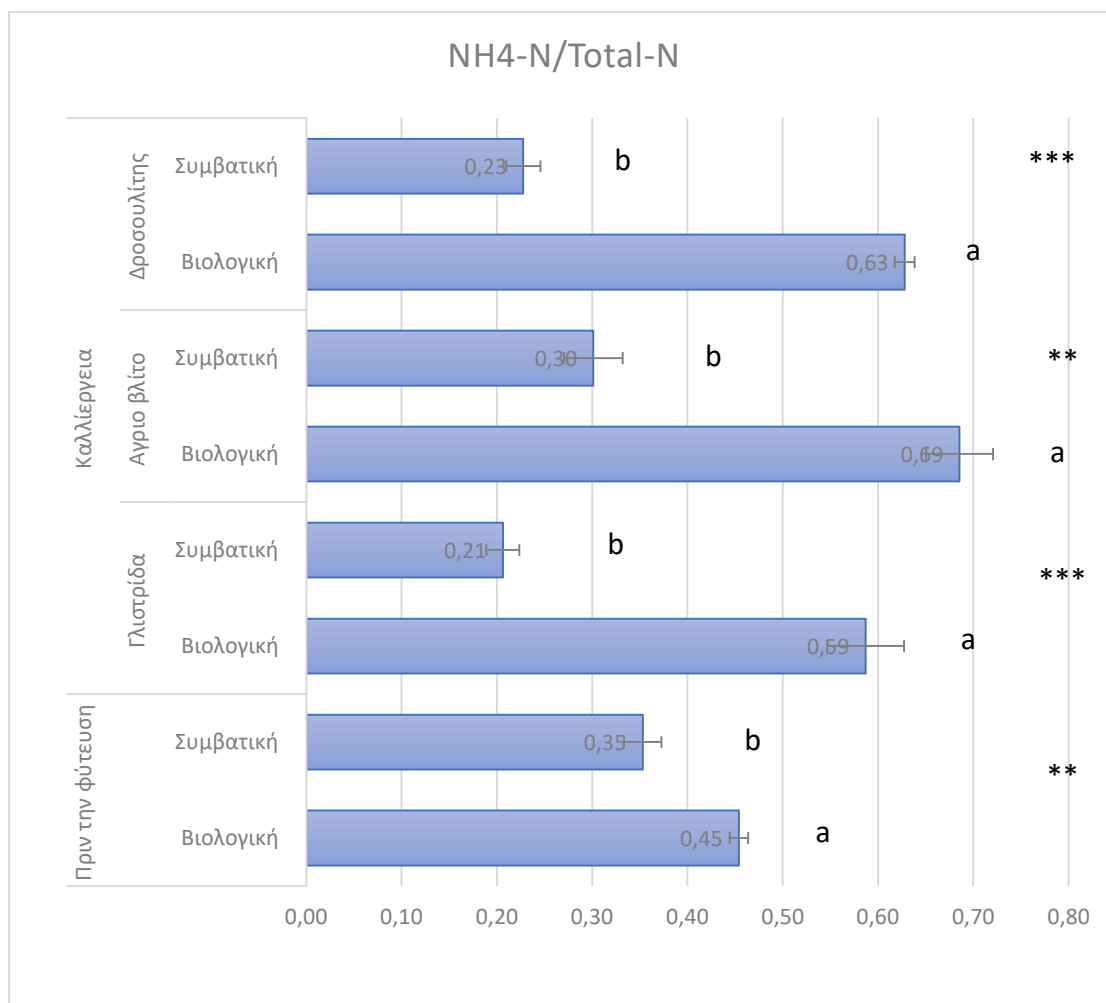
Στο γράφημα 5 παρατηρούμε τις συγκεντρώσεις NO₃-N να είναι υψηλότερες στην συμβατική καλλιέργεια, αυτό συνδέεται με την εφαρμογή νιτρικών λιπασμάτων, την υψηλή ταχύτητα νιτροποιήσεις, και τη διαθεσιμότητα ανόργανων μορφών αζώτου.

Γράφημα 6. Περιεκτικότητα διαθέσιμου αζώτου στο έδαφος πριν και κατά τη διάρκεια των καλλιεργειών.



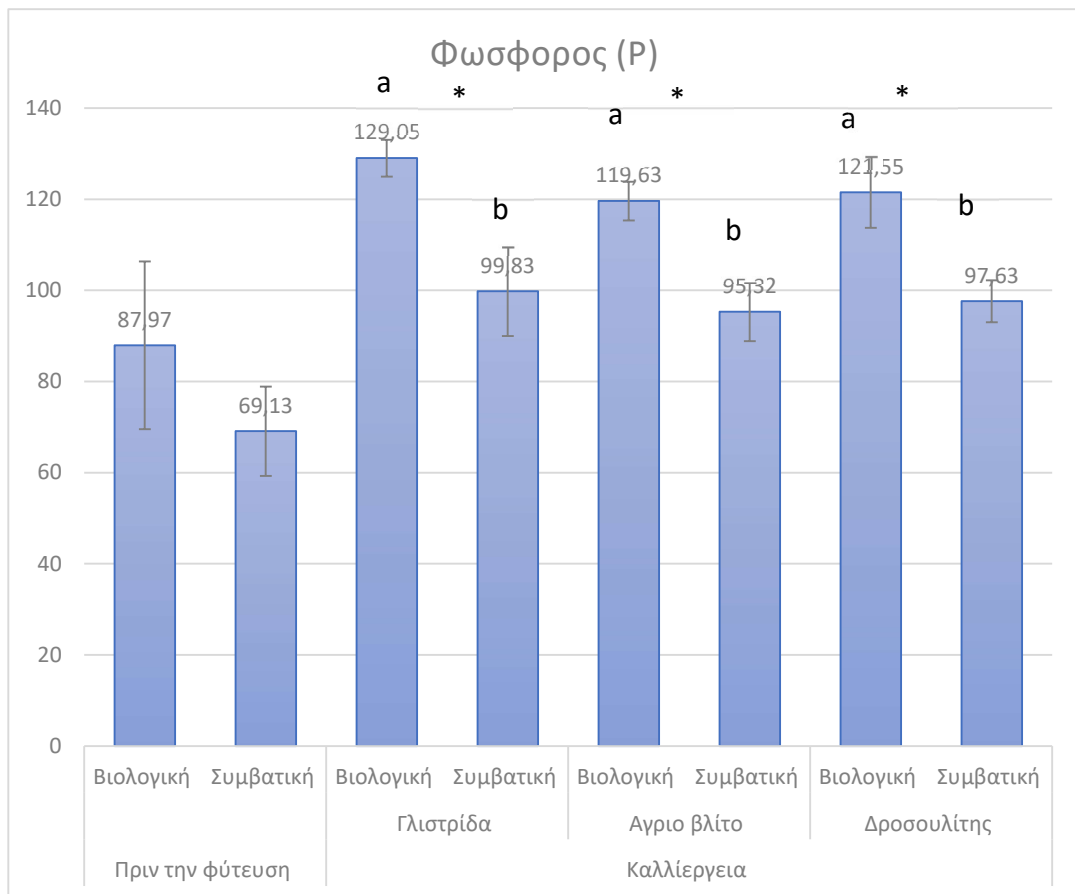
Στο γράφημα 6 φαίνεται το συνολικό άμεσα διαθέσιμο άζωτο για τα φυτά ($NH_4^+-N + NO_3^--N$). Σε αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στο συμβατικό σύστημα καλλιεργείας έχουμε πολύ περισσότερη ποσότητα διαθέσιμου αζώτου από ότι μπορούν να απορροφήσουν τα φυτά, και ειδικότερα στη γλιστρίδα και τον δροσουλίτη.

Γράφημα 7. Απεικόνιση σχέσεις αμμωνιακού αζώτου ως προς το ολικό άζωτο στο έδαφος.



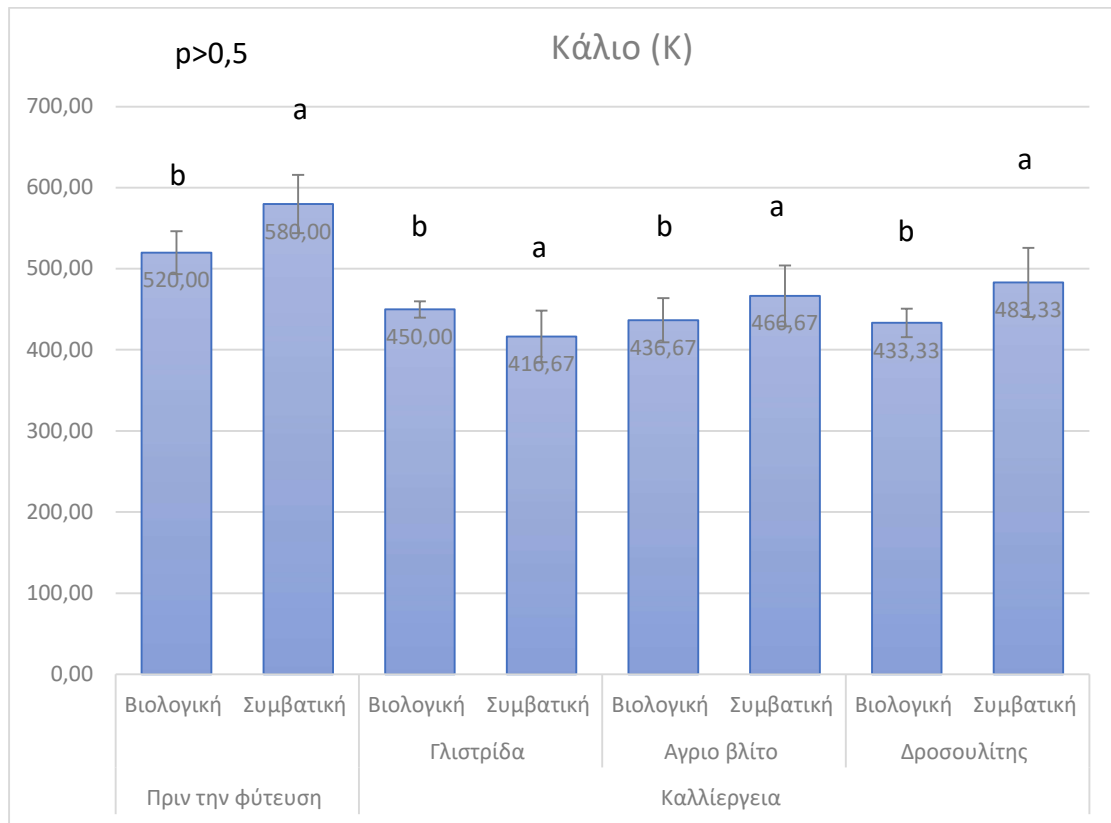
Στο γράφημα 7 απεικονίζεται η αναλογία $NH_4 - N / Total - N$ η οποία παρατηρούμε ότι στη βιολογική καλλιέργεια είναι διπλάσια ως τριπλάσια από ότι στη συμβατική δείχνοντας μας ότι έχουμε αργή νιτροποίηση και το άζωτο είναι πιο σταθερό με λιγότερες απώλειες.

Γράφημα 8. Περιεκτικότητα φωσφόρου (P) στο έδαφος.



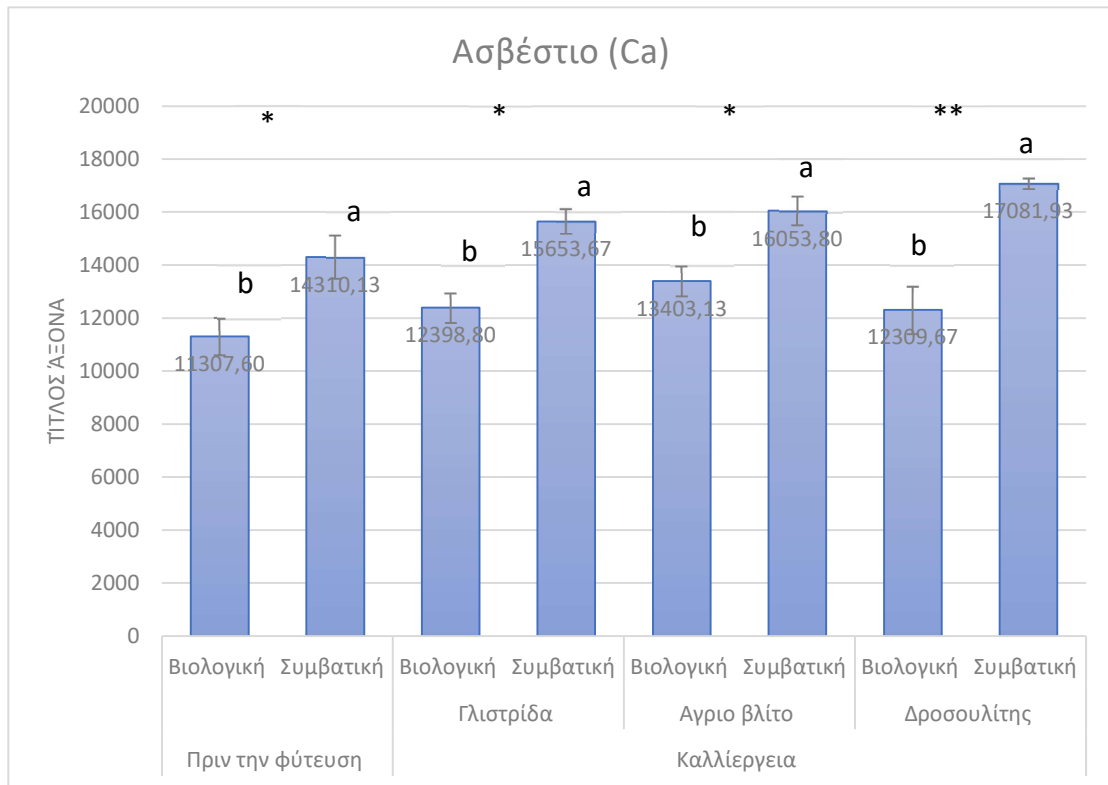
Στο γράφημα 8 παρατηρείται ότι στα βιολογικά εδάφη εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις σε όλες της φυτικές καλλιέργειες.

Γράφημα 9. Περιεκτικότητα καλίου (K) στο έδαφος



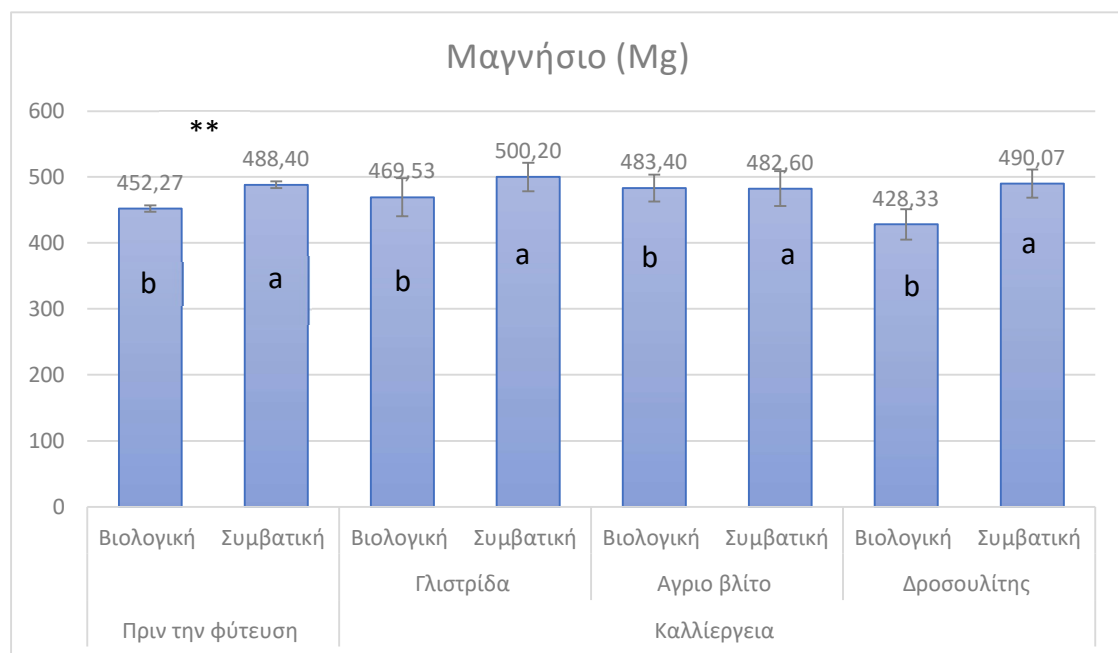
Στο γράφημα 9 έχουμε την απεικόνιση της συγκέντρωσης καλίου, όποια δείχνει πως δεν διαφέρει πολύ μεταξύ των δυο συστημάτων.

Γράφημα 10. Περιεκτικότητα ασβεστίου (Ca) στο έδαφος



Το γράφημα 10 απεικονίζεται η υψηλότερη συγκέντρωση Ca στο συμβατικό σύστημα και στις τρεις καλλιέργειες ενώ οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες πριν τη φύτευση όπως και κατά τη διάρκεια στις βιολογικές καλλιέργειες.

Γράφημα 11. Περιεκτικότητα μαγνησίου (Mg) στο έδαφος



Στο γράφημα 11 απεικονίζονται η διακύμανση για το μαγνήσιο το οποίο φαίνεται να είναι υψηλότερο στις συμβατικές καλλιέργειες, χωρίς να παρουσιάζει σημαντικές διαφορές.

4.3. Θρεπτικά στοιχεία στο υπέργειο φυτικό τμήμα

Η ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων της γλιστρίδας (*Portulaca oleracea*), το άγριο βλίτο (*Amaranthus retroflexus*) και τον δροσουλίτη (*Mesembryanthemum crystallinum*) έδειξαν ισχυρή επίδραση κυρίως στο φυτικό είδος, ενώ η επίδραση όσο αφορά το σύστημα καλλιέργειας ήταν στοιχειακά εξαρτημένη. Ο παράγοντας φυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικός ($p < 0,001$), γεγονός που υποδεικνύει ότι κάθε φυτικό είδος παρουσιάζει χαρακτηριστικό διατροφικό αποτύπωμα ως προς τη συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων.

Πίνακας 9: Αλληλεπίδραση συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων σε φυτικό είδος και καλλιεργητικό σύστημα

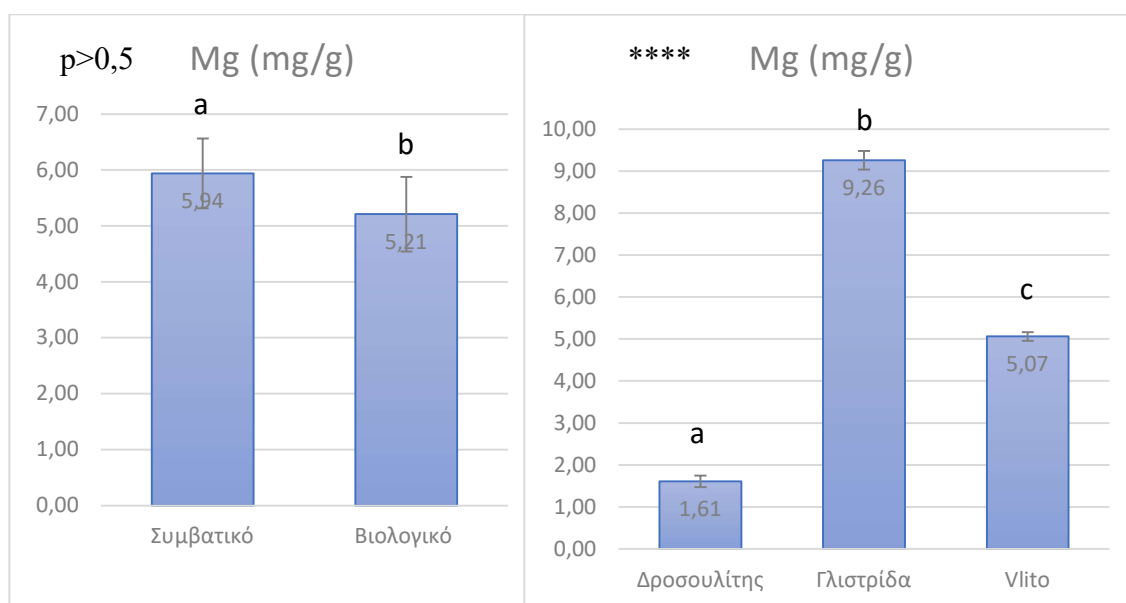
Σύστημα	Φυτικό είδος	Mg (mg/g)	Ca (mg/g)	Cu (mg/g)	Fe (mg/g)	Zn (mg/g)	Mn (mg/g)
Συμβατικό	Δροσουλίτης	1,61	7,90	7,40	191,70	161,26	29,31
	Γλιστρίδα	9,43	11,31	17,53	102,18	115,14	39,26
	Άγριο βλίτο	5,05	30,13	10,97	121,11	59,09	28,60
Βιολογικό	Δροσουλίτης	1,61	7,44	11,78	184,06	166,24	29,41
	Γλιστρίδα	8,99	6,36	17,80	90,11	185,25	43,04
	Άγριο βλίτο	5,08	27,62	10,95	112,14	67,34	28,21
Στατιστική σημαντικότητα							
Σύστημα	Καλλιέργειας	ΜΣ	***	*	ΜΣ	**	ΜΣ
Φυτικό είδος	Δροσουλίτης	***	***	***	***	***	***
	Γλιστρίδα	***	***	***	***	***	***
	Άγριο βλίτο	***	***	***	***	***	***
Αλληλεπίδραση μεταξύ καλλιέργειας και φυτικού είδους		ΜΣ	*	*	ΜΣ	**	ΜΣ

Η επίδραση του φυτικού είδους αποτέλεσε κυρίαρχο παράγοντα διαφοροποιήσεις όσο αφορά τα θρεπτικά στοιχεία παρουσιάζοντας ισχυρή στατιστική σημαντικότητα για όλα τα στοιχεία.

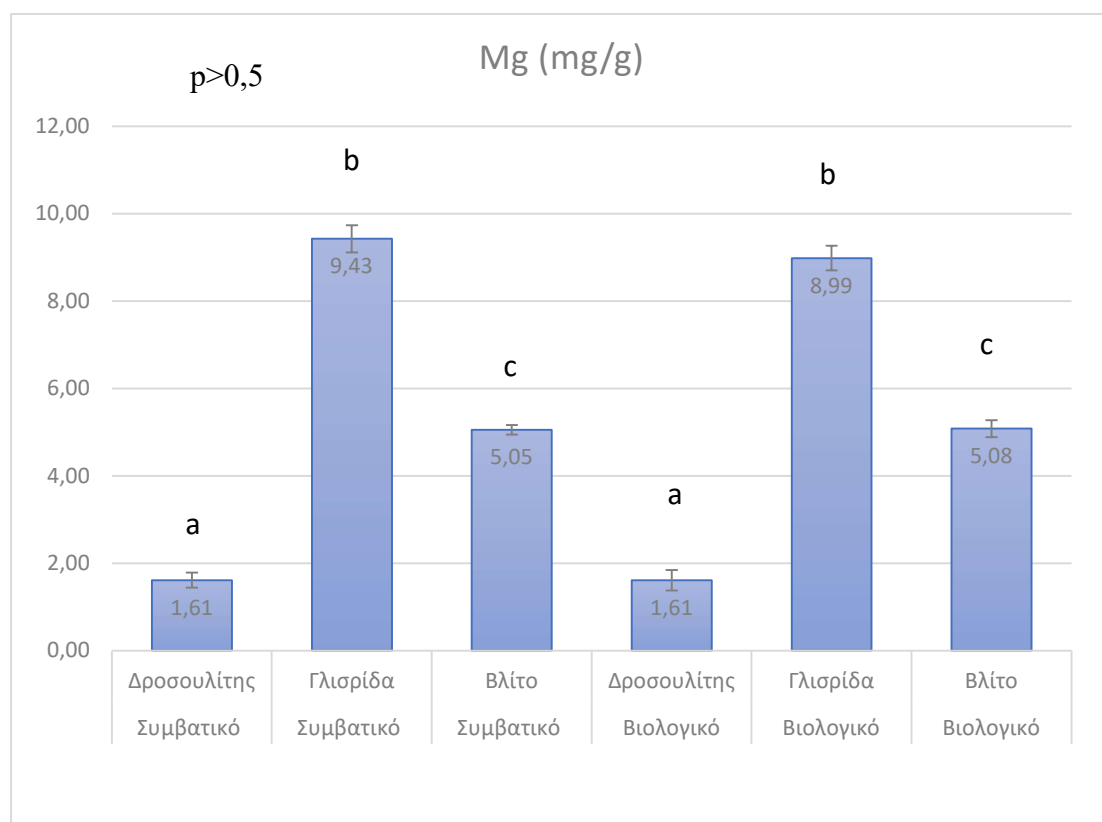
- Μαγνήσιο (Mg)

Για το Mg, η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι το σύστημα καλλιέργειας δεν είχε σημαντική επίδραση ($p > 0.05$), ενώ ο παράγοντας φυτικό είδος ήταν εξαιρετικά σημαντικός ($p < 0.001$) και η αλληλεπίδραση συστήματος καλλιέργειας με φυτικό είδος ήταν μη σημαντική. Οι μέσες τιμές έδειξαν ότι η γλιστρίδα εμφάνισε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Mg (~9.3 mg/g), το αγριο βλίτο ενδιάμεσες (~5.1 mg/g) και ο δροσουλίτης τις χαμηλότερες (~1.6 mg/g).

Γράφημα 12 Μέσος όρος συγκέντρωσης μαγνησίου (Mg) ανά σύστημα καλλιέργειας (A) και ανά φυτικό είδος (B)



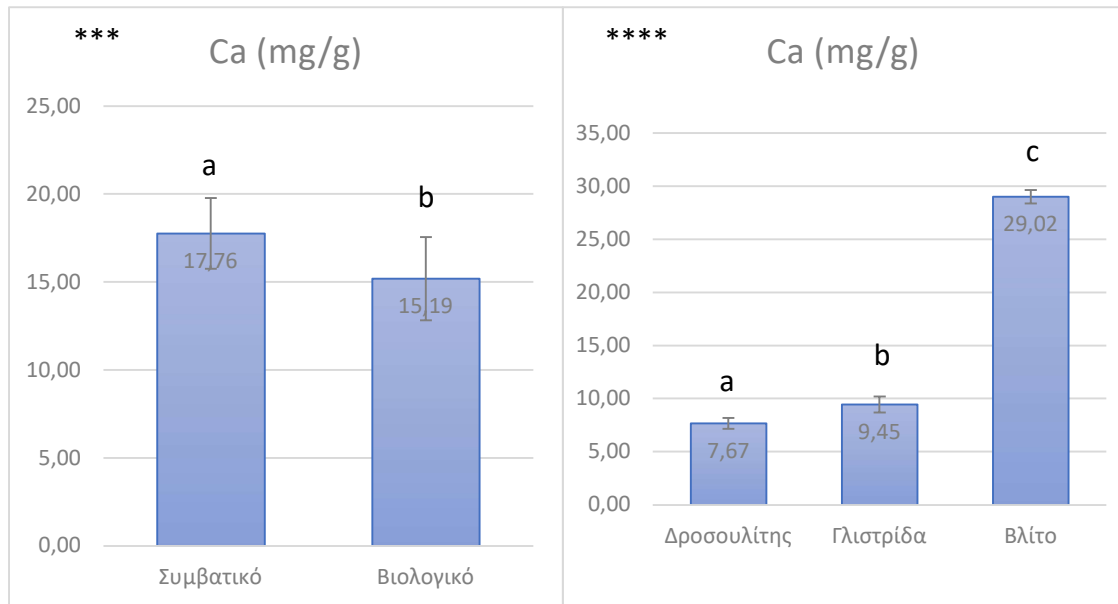
Γράφημα 13. Συγκέντρωση μαγνησίου (Mg) ανά φυτικό είδος στο βιολογικό και συμβατικό σύστημα καλλιέργειας



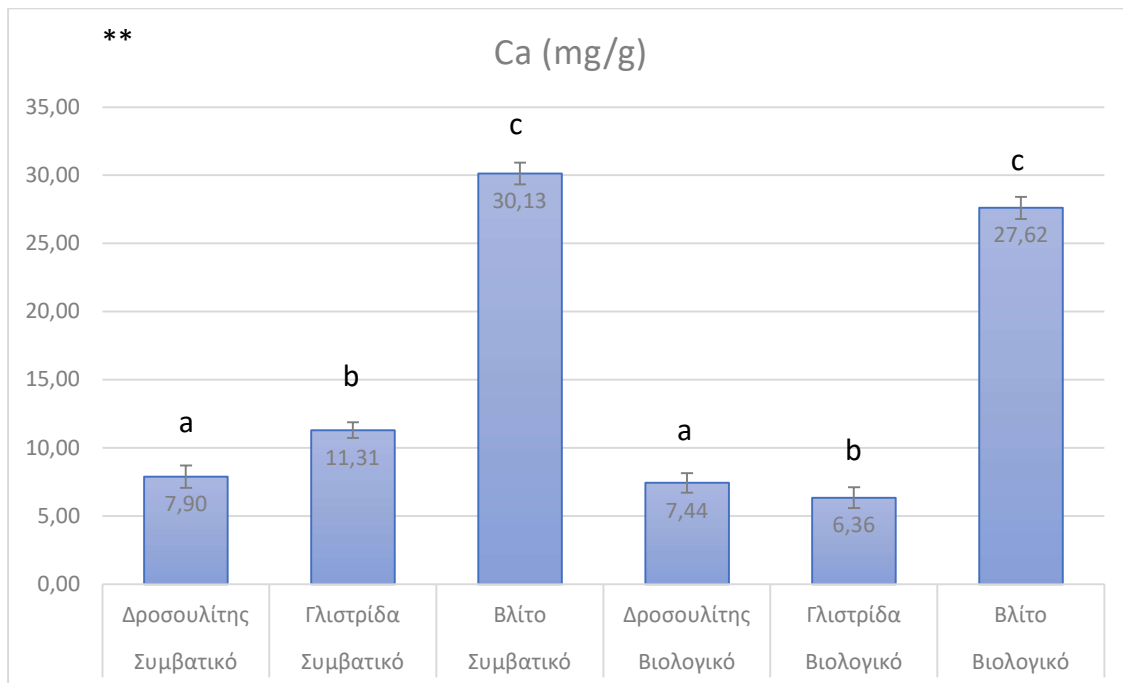
- Ασβέστιο (Ca)

Στο ασβέστιο παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση τόσο όσο αφορά το σύστημα καλλιέργειας όσο και το φυτικό είδος, καθώς και σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ συστήματος και φυτικού είδους ($p < 0,05$). Συνολικά, τα φυτά στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca (17.76 mg/g) σε σχέση με τα φυτά βιολογικής καλλιέργειας (15.19 mg/g). Ωστόσο, η επίδραση αυτή δεν ήταν ομοιόμορφη σε όλα τα είδη: το άγριο βλίτο εμφάνισε πολύ υψηλά επίπεδα Ca και στα δύο συστήματα (29–30 mg/g), η γλιστρίδα μείωση της συγκέντρωσης στο βιολογικό σύστημα (από 11.31 σε 6.36 mg/g), ενώ ο δροσουλίτης διατήρησε σχετικά χαμηλές και παρόμοιες τιμές (7.4–7.9 mg/g). Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι το άγριο βλίτο διαθέτει ιδιαίτερα αυξημένη ικανότητα πρόσληψης Ca, ενώ η γλιστρίδα είναι πιο ευαίσθητη στις διαφοροποιήσεις του συστήματος καλλιέργειας.

Γράφημα 14. Συγκέντρωση ασβεστίου (Ca) σε σχέση με το σύστημα καλλιέργειας (A) και φυτικό είδος (B)



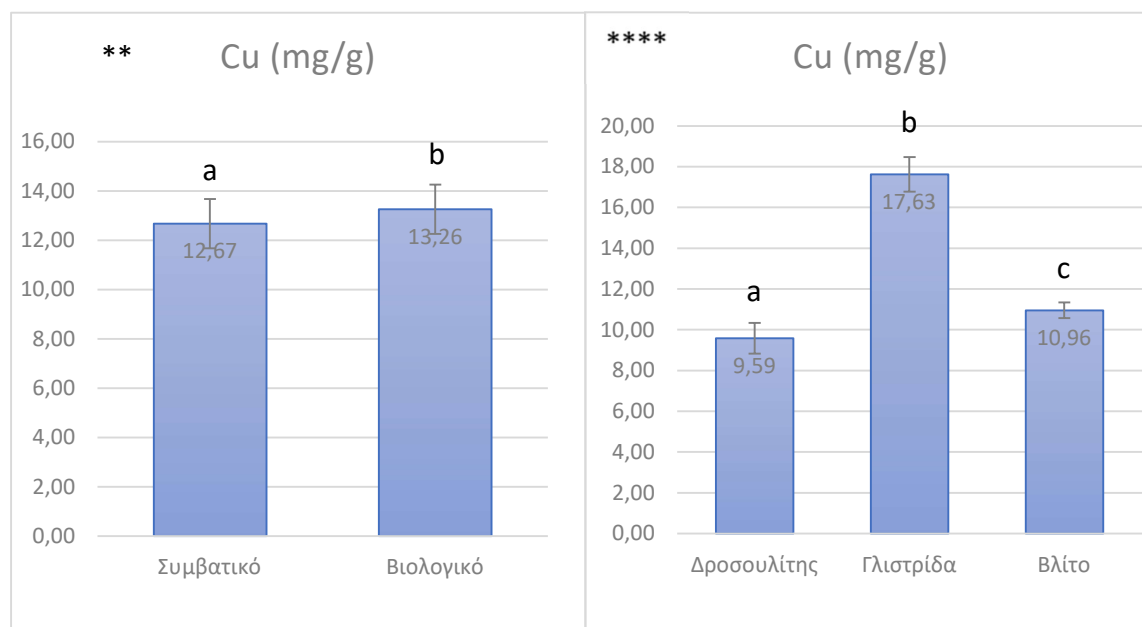
Γράφημα 15. Συγκέντρωση ασβεστίου (Ca) ανά φυτικό είδος σε βιολογικό και οργανικό σύστημα καλλιέργειας



- Χαλκός (Cu)

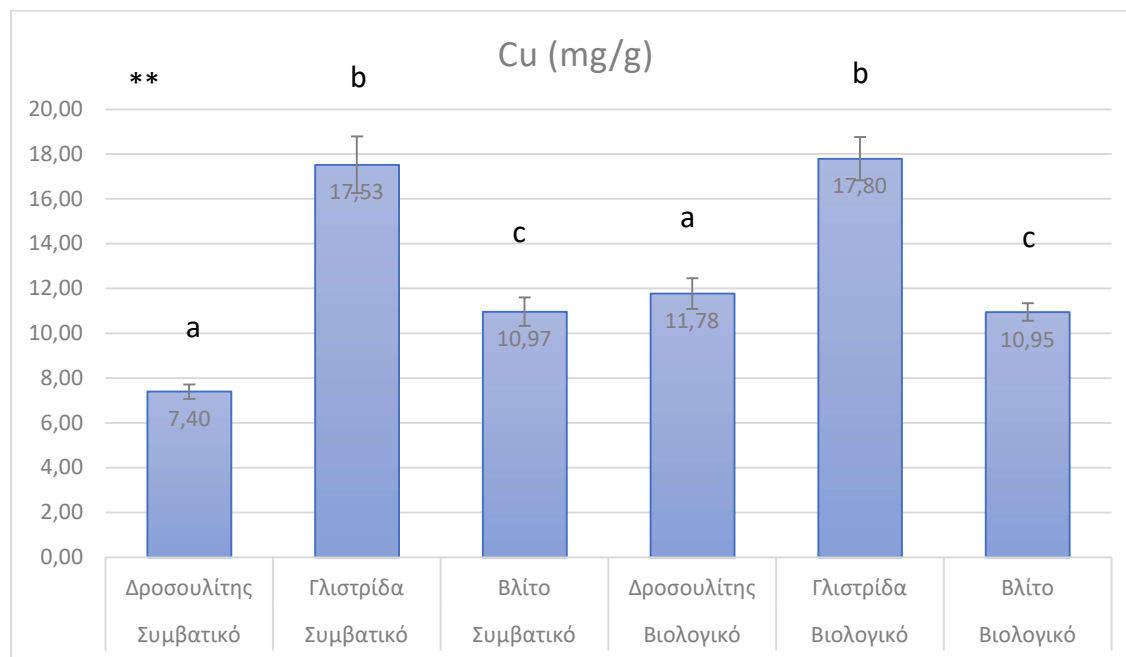
Στο χαλκός (Cu) όλοι οι παράγοντες, δηλαδή σύστημα καλλιέργειας, φυτικό είδος και αλληλεπίδραση φυτικού είδους και συστήματος καλλιέργειας ήταν στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,05$).

Γράφημα 16. Συγκέντρωση ασβεστίου (Cu) σε σχέση με το σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Γενικά, οι συγκεντρώσεις Cu ήταν ελαφρώς υψηλότερες στο βιολογικό σύστημα (13.26 mg/g) σε σχέση με το συμβατικό (12.67 mg/g). Σε επίπεδο φυτών, η γλιστρίδα εμφάνισε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (17.6 mg/g), ενώ το άγριο βλίτο και ο δροσουλίτης παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές (περίπου 11.0 και 9.6 mg/g, αντίστοιχα). Η σημαντική αλληλεπίδραση δείχνει ότι η αύξηση του Cu στο βιολογικό σύστημα ήταν εντονότερη στο δροσουλίτη, ο οποίος από πολύ χαμηλές τιμές στο συμβατικό σύστημα (7.4 mg/g) εμφάνισε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση στο βιολογικό σύστημα (11.78 mg/g).

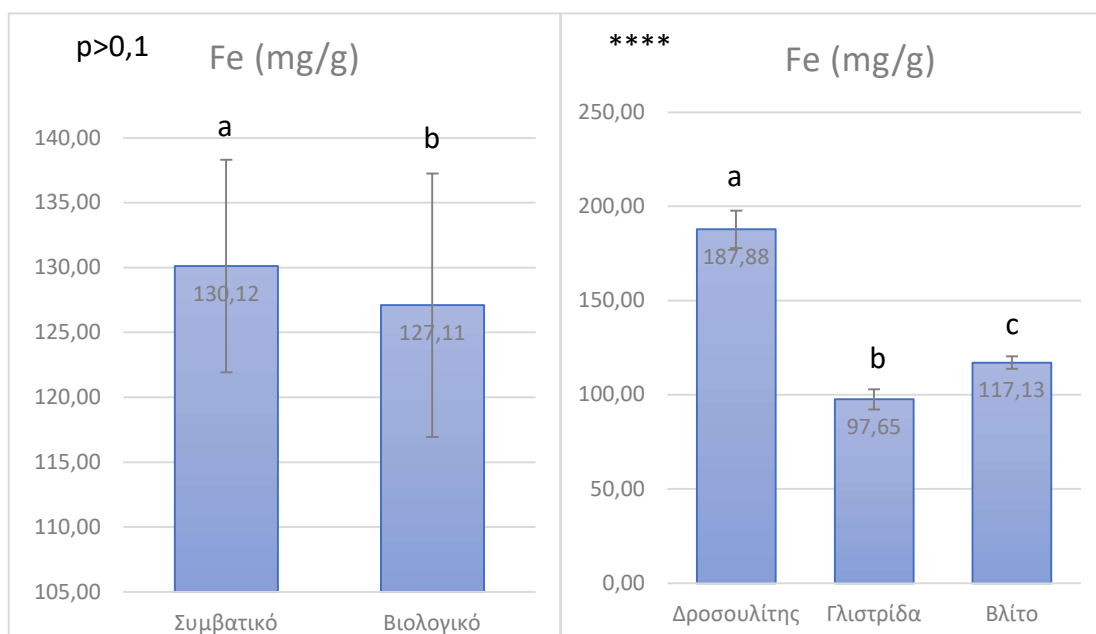
Γράφημα 17 Συγκέντρωση χαλκού (Cu) ανά φυτικό είδος σε βιολογικό και οργανικό σύστημα καλλιέργειας



- Σιδηρός (Fe)

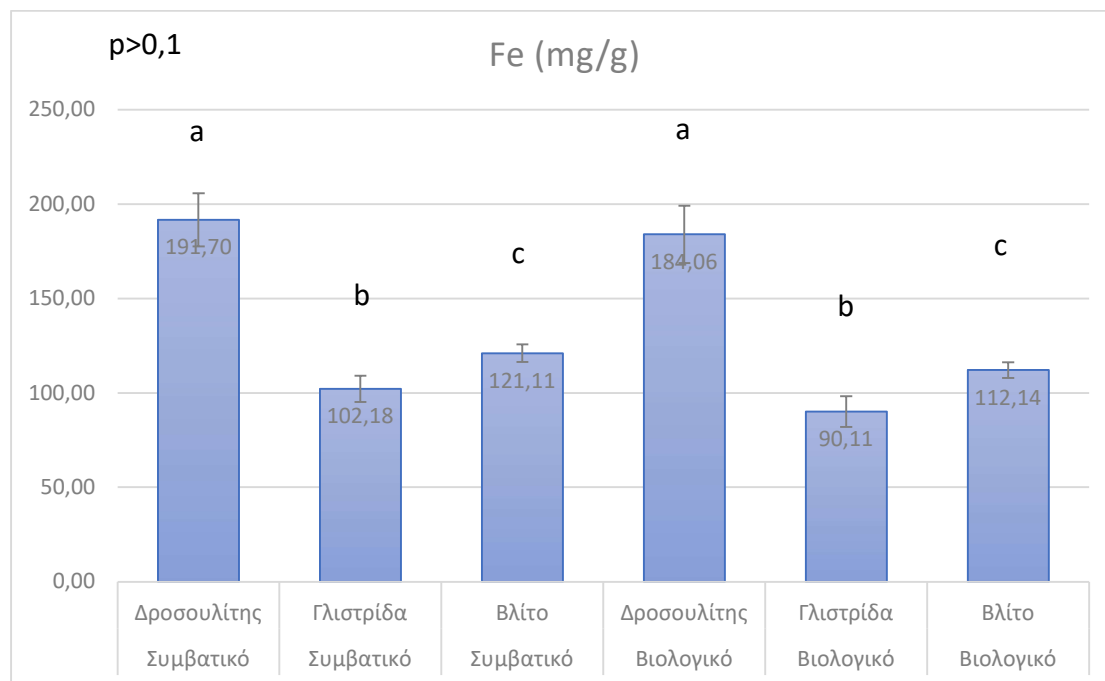
Στο σίδηρο η ανάλυση διακύμανσης όσο αφορά τον παράγοντα συστήματος καλλιέργειας δεν βρέθηκε να ήταν στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$), ενώ στο φυτικό είδος εμφανίστηκε ισχυρή επίδραση με σημαντική στατιστική επίδραση ($p < 0,001$), η αλληλεπίδραση φυτικού είδους με σύστημα καλλιέργειας ήταν μη σημαντική.

Γράφημα 18. Συγκέντρωση σιδήρου (Fe) σε σχέση με το σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Οι μέσοι όροι έδειξαν ότι ο δροσουλίτης συσώρευσε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Fe (188 mg/g), το άγριο βλίτο ενδιάμεσες (117 mg/g) και η γλιστρίδα τις χαμηλότερες (98 mg/g). Οι τιμές αυτές ήταν παρόμοιες μεταξύ βιολογικού και συμβατικού συστήματος για κάθε φυτό.

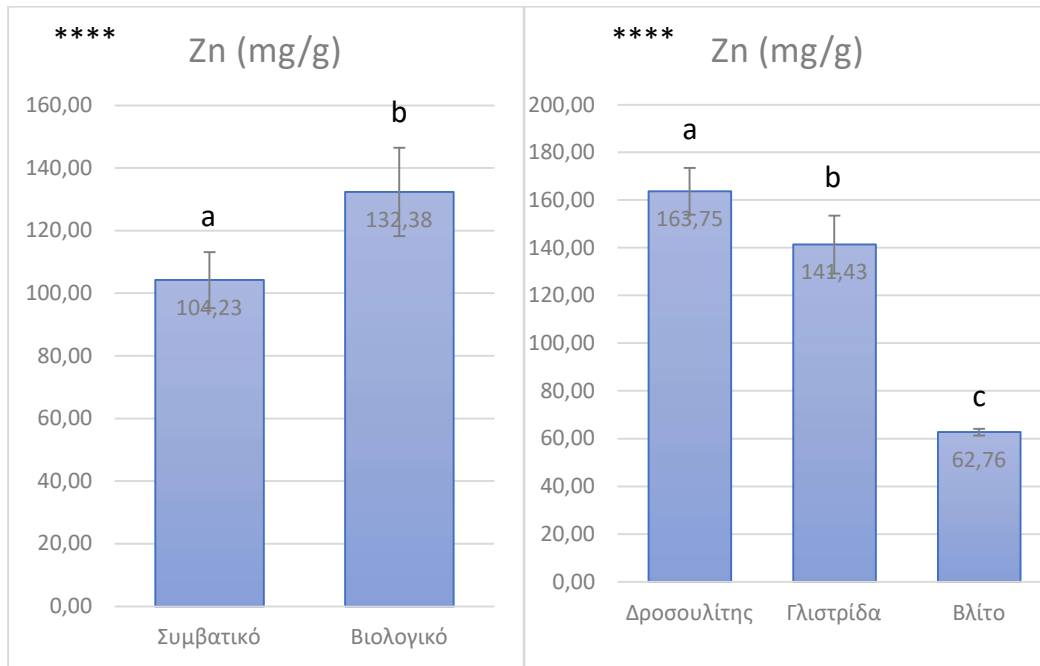
Γράφημα 19 Συγκέντρωση σιδήρου (Fe) ανά φυτικό είδος και σύστημα καλλιέργειας



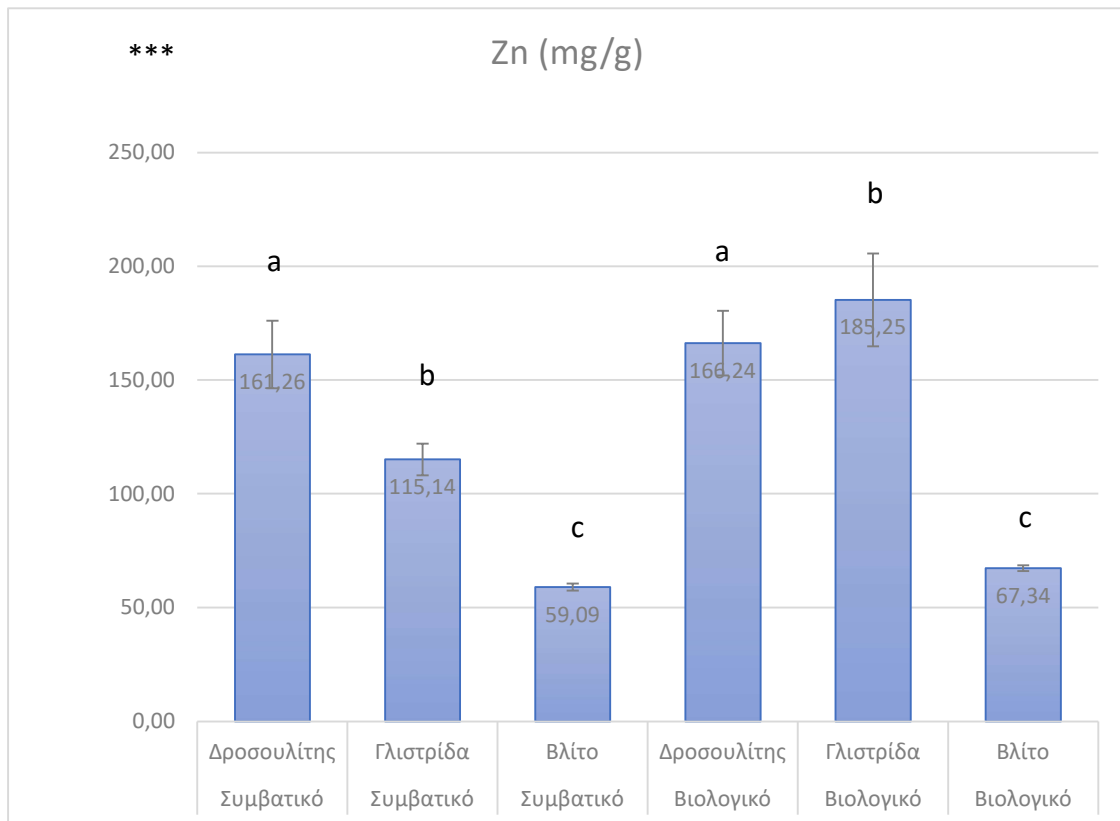
- Ψευδάργυρος (Zn)

Για τον Zn, τόσο το σύστημα καλλιέργειας και το φυτικό είδος, όσο και η αλληλεπίδραση συστήματος καλλιέργειας, βρέθηκαν στατιστικά σημαντική ($p < 0.01$) Συνολικά, η βιολογική καλλιέργεια παρουσίασε υψηλότερες συγκεντρώσεις Zn (132.38 mg/g) σε σχέση με το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας (104.23 mg/g). Σε επίπεδο φυτικού είδους, ο δροσουλίτης και η γλιστρίδα εμφάνισαν πολύ υψηλά επίπεδα Zn (περίπου 164 και 141 mg/g αντίστοιχα), ενώ το άγριο βλίτο βρέθηκε σε σαφώς χαμηλότερες τιμές (~63 mg/g).

Γράφημα 20. Συγκέντρωση Ψευδαργύρου (Zn) όσο αφορά το σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Γράφημα 21. Συγκέντρωση Ψευδαργύρου (Zn) ανά φυτικό είδος και σύστημα καλλιέργειας

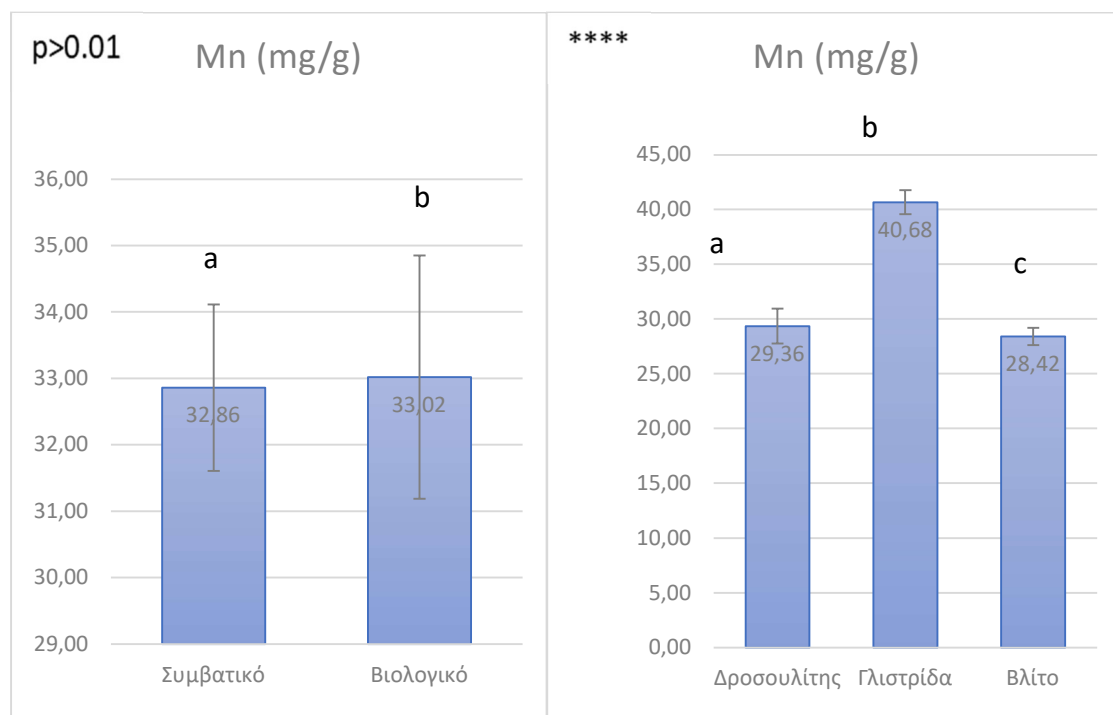


Η σημαντική αλληλεπίδραση οφείλεται κυρίως στη γλιστρίδα, η οποία στο βιολογικό σύστημα παρουσίασε πολύ υψηλή συγκέντρωση Zn (185.25 mg/g), έναντι χαμηλότερης στο συμβατικό σύστημα (115.14 mg/g), καθώς και στη μικρή αλλά σταθερή αύξηση του Zn στο άγριο βλίτο και στον δροσουλίτη στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας.

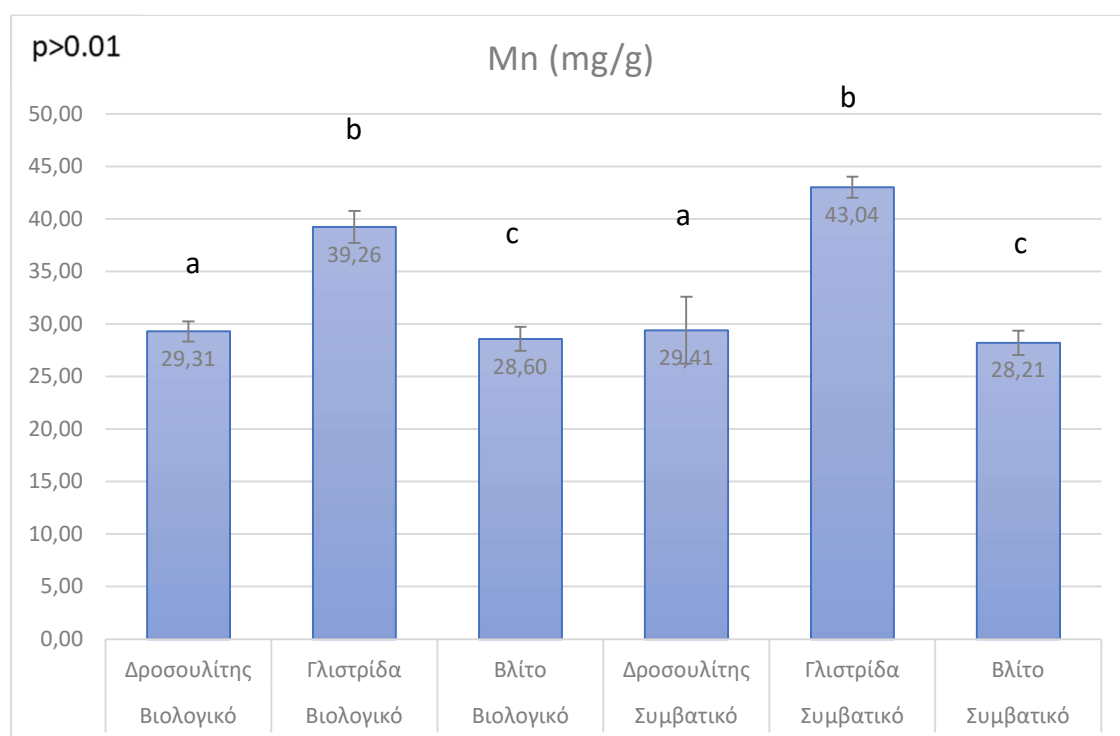
- Μαγγάνιο (Mn)

Στο Mn τα αποτελέσματα έδειξαν πως όσο αφορά το σύστημα καλλιέργειας δεν υπήρχε σημαντική στατιστική επίδραση ($p > 0,05$), ενώ στο φυτικό είδος η στατιστική σημαντικότητα ήταν πολύ μεγάλη ($p < 0,001$). Η αλληλεπίδραση φυτικού είδους και συστήματος καλλιέργειας ήταν μη σημαντική.

Γράφημα 22. Συγκέντρωση μαγγανίου όσο αφορά το σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Γράφημα 23 Συγκέντρωση μαγγανίου (Mn) ανά φυτικό είδος και σύστημα καλλιέργειας



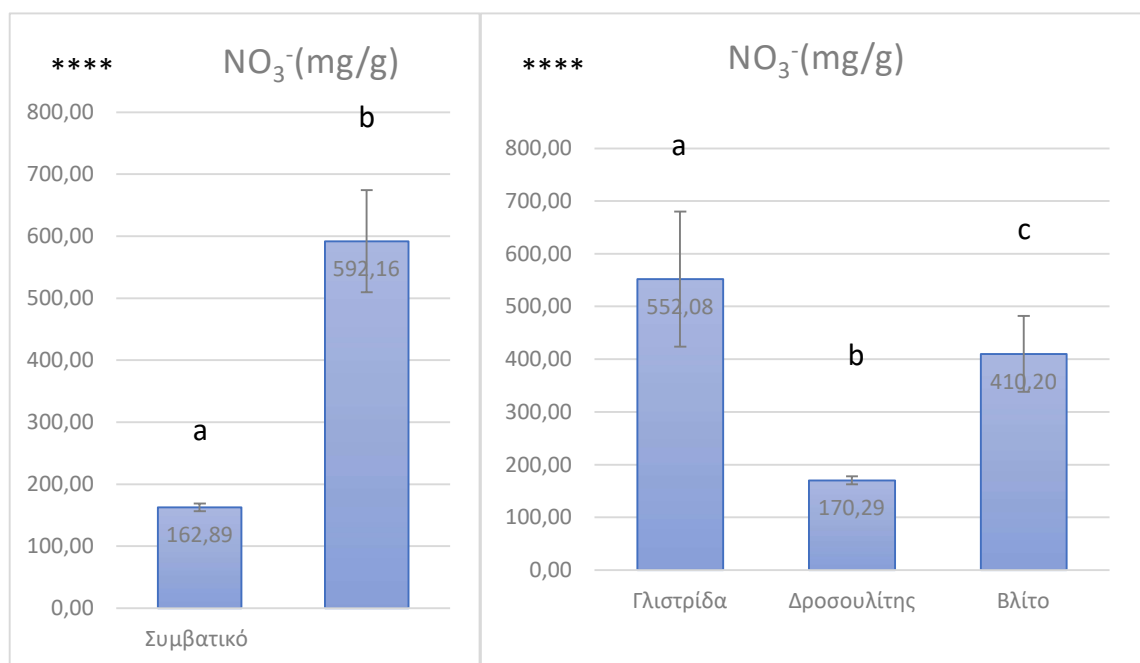
Η γλιστρίδα έχει την υψηλότερη συγκέντρωση (περίπου 41 mg/g) και ακολουθεί το άγριο βλίτο και ο δροσουλίτης με χαμηλότερες συγκεντρώσεις (περίπου 29 και 28 mg/g). Συγκέντρωση Νιτρικών (NO_3^-) στους φυτικούς ιστούς

Η ανάλυση της συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στους φυτικούς ιστούς των τριών ειδών γλιστρίδα (*P. oleracea*), άγριο βλίτο (*A. retroflexus*), και δροσουλίτης (*M. crystallinum*) έδειξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις τόσο μεταξύ των δυο συστημάτων καλλιέργειας όσο και μεταξύ των φυτικών ειδών καθώς και ισχυρή αλληλεπίδραση ανάμεσα στους δυο παράγοντες. Τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης ANOVA έδειξαν ότι η συμβατική καλλιέργεια επηρέασε σε σημαντικό βαθμό τη συγκέντρωση νιτρικών στους φυτικούς ιστούς ($p < 0,001$), ενώ και όσο αφορά τον παράγοντα φυτό παρουσιάστηκε σημαντική στατιστική επίδραση ($p < 0,001$). Επίσης, όσο αφορά την αλληλεπίδραση φυτικού είδους και καλλιεργητικό σύστημα υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση ($p < 0,001$), το οποίο δείχνει πως η επίδραση του συστήματος καλλιέργειας διαφοροποιόταν ανάλογα με το φυτικό είδος.

Σε επίπεδο μέσων όρων (Γράφημα 18 Α), η συμβατική καλλιέργεια οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών (592,16 mg/g) σε σύγκριση με τη βιολογική καλλιέργεια (162,89 mg/g).

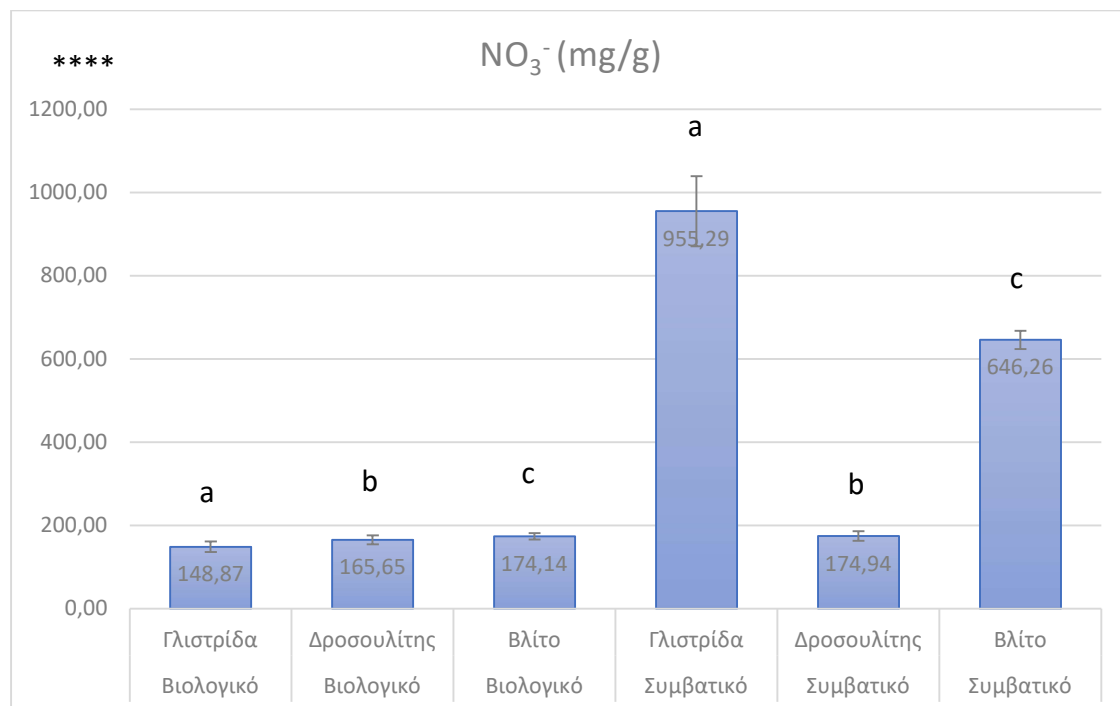
Όσο αφορά της διαφορές τους μέσους όρους ανά φυτικό είδος (Γράφημα 18 B), το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Duncan έδειξε ότι ο δροσουλίτης εμφάνισε τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις (170.29 mg/kg), το άγριο βλίτο ενδιάμεσες τιμές (410.20 mg/g), ενώ η γλιστρίδα τις υψηλότερες τιμές (552.08 mg/g).

Γράφημα 24 Απεικόνιση μέσου όρου συγκέντρωσης NO_3^- μεταξύ βιολογικού και συμβατικού συστήματος καλλιέργειας (A) και μεταξύ είδους καλλιέργειας (B)



Στην αλληλεπίδραση μεταξύ συστήματος καλλιέργειας και φυτικών ειδών (Γράφημα 19) φανερώνει πως στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας και στα τρία φυτικά είδη υπήρχαν χαμηλές και σχετικά ομοιόμορφες συγκεντρώσεις NO_3^- (148 – 174 mg/g) γεγονός που δείχνει ότι η οργανική θρέψη περιορίζει σημαντικά τη συσσώρευση νιτρικών ανεξαρτήτως φυτικού είδους, αντίθετα, στο συμβατικό σύστημα παρατηρήθηκαν έντονες αποκλίσεις ανάμεσα στα φυτικά είδη. Η γλιστρίδα εμφάνισε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις (955,29 mg/g), ακολούθησε το άγριο βλίτο με 646,26 (mg/g), ενώ στο δροσουλίτη η συγκέντρωση παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας.

Γράφημα 25. Απεικόνιση συγκέντρωσης NO_3^- των τριών λαχανευόμενων φυτών σε σχέση με τα δυο συστήματα καλλιέργειας.



4.4. Βιοχημικές ιδιότητες

Η αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, που στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με βάση τέσσερις δείκτες, την αντιοξειδωτική ισχύ τρισθενούς σιδήρου (FRAP) και την ισοδύναμη αντιοξειδωτική ικανότητα Trolox (TEAC), τα ολικά φαινολικά (TPC) και τα ολικά φλαβονοειδή (TFC) στους φυτικούς ιστούς των τριών ειδών γλιστρίδα (*P. oleracea*), άγριο Βλίτο (*A. retroflexus*), και δροσουλίτης (*M. crystallinum*). Σε αυτή η στατιστική ανάλυση (ANOVA) έδειξε ότι το φυτικό είδος αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα διαφοροποίησης για όλες τις μεταβλητές, ενώ η επίδραση του συστήματος καλλιέργειας και η αλληλεπίδραση συστήματος καλλιέργειας με φυτικό είδος ήταν σημαντικές για τις περισσότερες από αυτές.

Πίνακας 10: Αλληλεπίδραση συμβατικής και βιολογικής καλλιέργειας στην αντιοξειδωτική ικανότητα (TEAC & FRAP) και την περιεκτικότητα ολικών φαινολικών (TPC) και φλαβονοειδών (TFC) στα τρία λαχανευόμενα είδη.

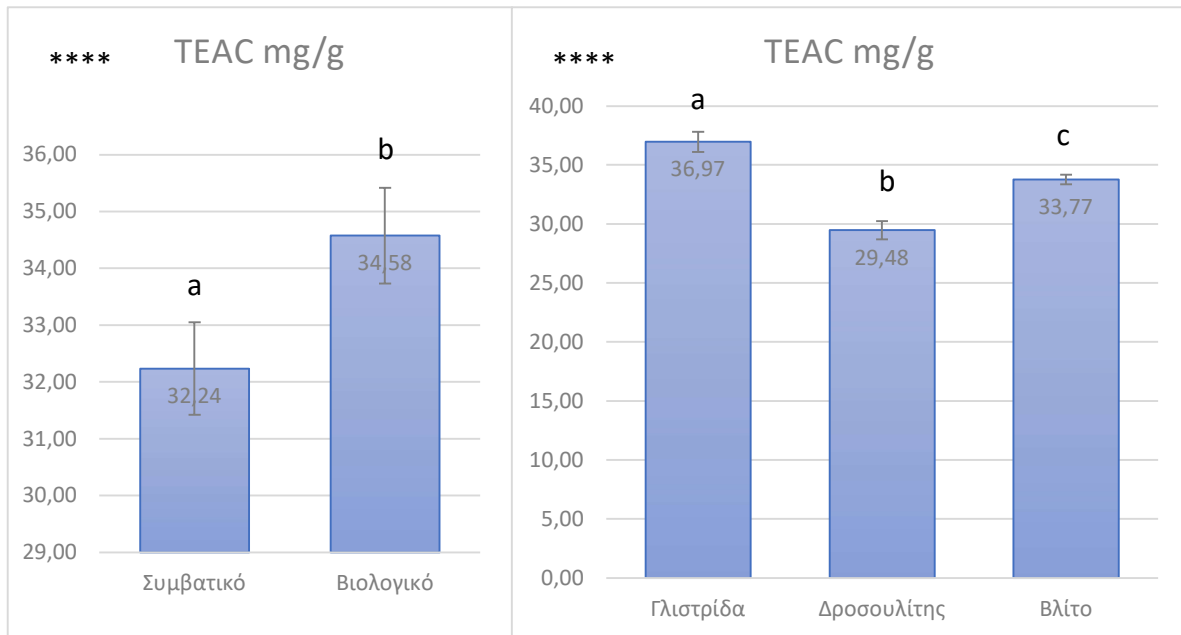
Σύστημα καλλιέργειας	Φυτικό είδος	TEAC	FRAP	TPC	TFC
Συμβατική καλλιέργεια	Γλιστρίδα	34,56	38,37	9,86	9,39
	Δροσουλίτης	27,59	15,22	4,166	4,90

	Άγριο βλίτο	34,23	28,20	4,75	7,19
Βιολογική καλλιέργεια	Γλιστρίδα	39,38	48,34	10,04	11,30
	Δροσουλίτης	31,37	19,79	4,96	5,67
	Άγριο βλίτο	33,37	32,92	4,65	7,38

- Αντιοξειδωτική ικανότητα (TEAC)

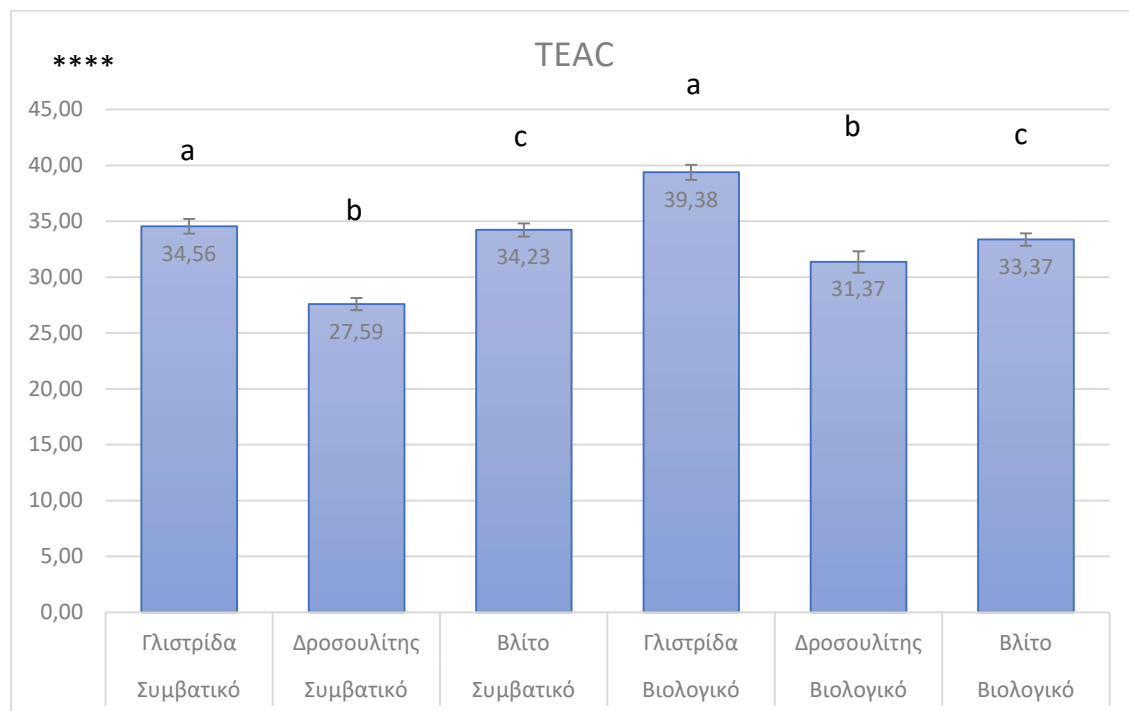
Η ανάλυση TEAC έδειξε ότι και οι τρεις παράγοντες (σύστημα καλλιέργειας, φυτικό είδος και η αλληλεπίδραση συστήματος καλλιέργειας και φυτικών ειδών) ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$). Το βιολογικό σύστημα παρουσίασε υψηλότερες τιμές TEAC συγκριτικά με το συμβατικό. Σε επίπεδο φυτικών ειδών, η γλιστρίδα εμφάνισε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, ακολουθούμενη από το άγριο βλίτο, ενώ ο δροσουλίτης παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές.

Γράφημα 26. Απεικόνιση μέσου όρου αντιοξειδωτικής ικανότητας (TEAC) σε συμβατικό και βιολογικό σύστημα (A) και στα φυτικά είδη (B)



Η αλληλεπίδραση του συστήματος καλλιέργειας με τα τρία φυτικά είδη έδειξε ότι το σύστημα καλλιέργειας επηρεάζει εντονότερα τη γλιστρίδα, η οποία στο βιολογικό σύστημα εμφάνισε την υψηλότερη τιμή TEAC από όλα τα δείγματα.

Γράφημα 27: Αλληλεπίδραση συστήματος καλλιέργειας και φυτικών ειδών στην αντιοξειδωτική ικανότητα (TEAC)

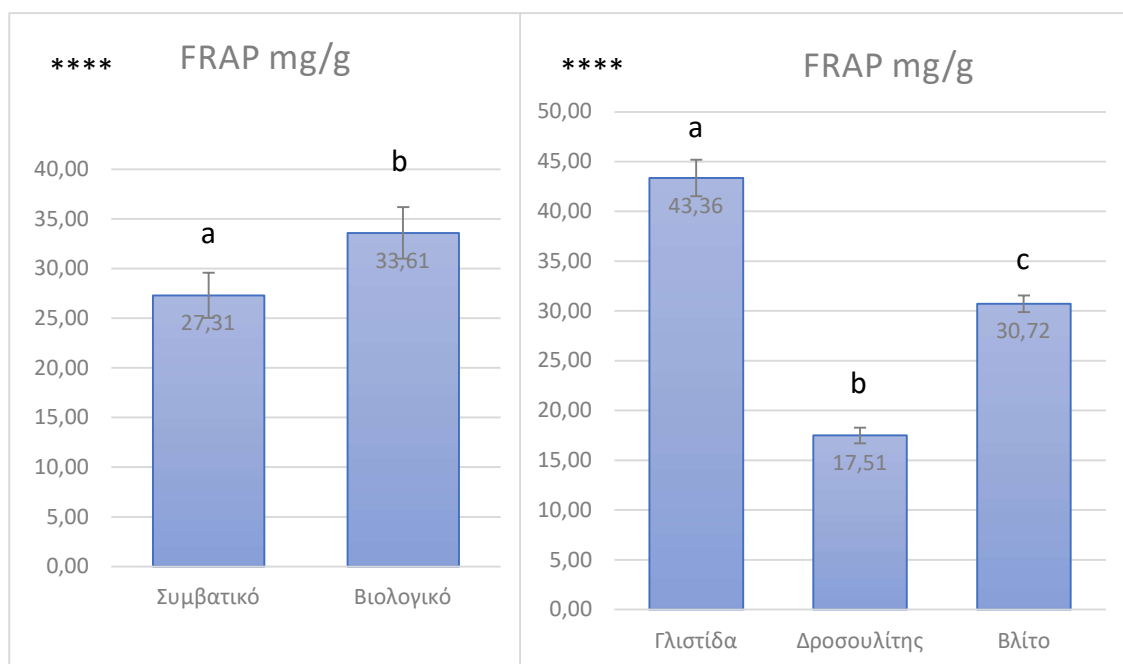


- Αναγωγική ικανότητα σιδήρου (FRAP)

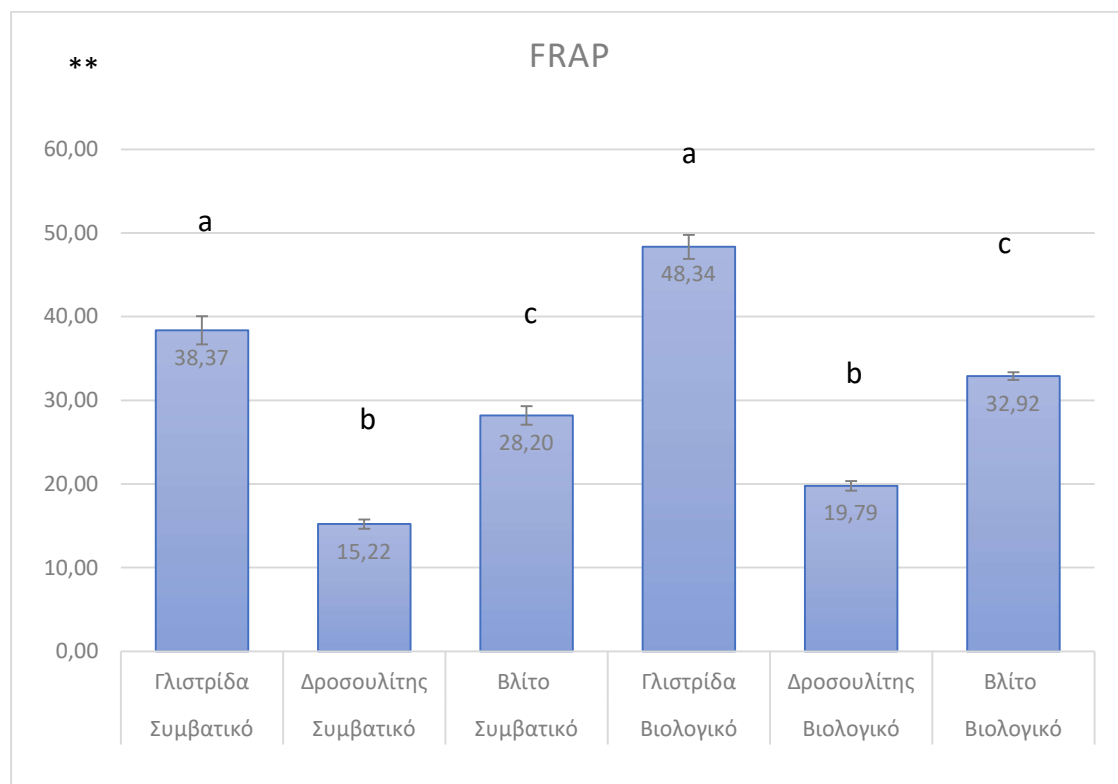
Τα αποτελέσματα FRAP έδειξαν πολύ υψηλή σημαντικότητα για όλους τους παράγοντες ($p < 0,001$) επιβεβαιώνοντας ότι η αναγωγική ικανότητα εξαρτάτε και από το φυτικό είδος, άλλα και το σύστημα καλλιέργειας. Το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας οδήγησε σε σημαντικά αυξημένες τιμές FRAP σε σχέση με το συμβατικό σύστημα. Σε επίπεδο ειδών, η γλιστρίδα υπερέιχε σαφώς, παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη αναγωγική ικανότητα, ενώ το άγριο βλίτο εμφάνισε ενδιάμεσες τιμές και ο δροσουλίτης τις χαμηλότερες.

Η μέγιστη τιμή FRAP καταγράφηκε στη γλιστρίδα 48,34 mg/g που καλλιεργήθηκε με το βιολογικό σύστημα ενώ στο συμβατικό σύστημα η τιμή ήταν 28,20 mg/g, ακολούθησε το άγριο βλίτο με 32,92 mg/g έναντι 28,92 και τέλος ο δροσουλίτης με 19,79 mg/g έναντι 15,22 mg/g αντίστοιχα.

Γράφημα 28. Αναγωγική ικανότητα σιδήρου (FRAP) συγκριτικά με τα δύο συστήματα καλλιέργειας (A) και με τα τρία λαχανοειδή είδη (B)



Γράφημα 29. Απεικόνιση αλληλεπίδρασης φυτικού είδους και συστήματος καλλιέργειας

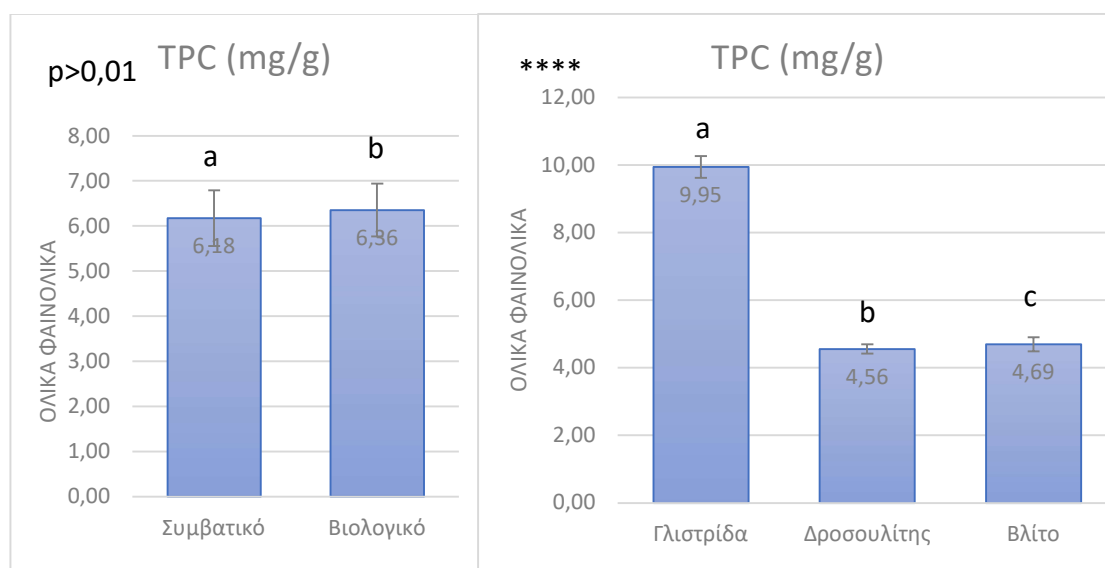


- Ολικά Φαιλονικά (TPC)

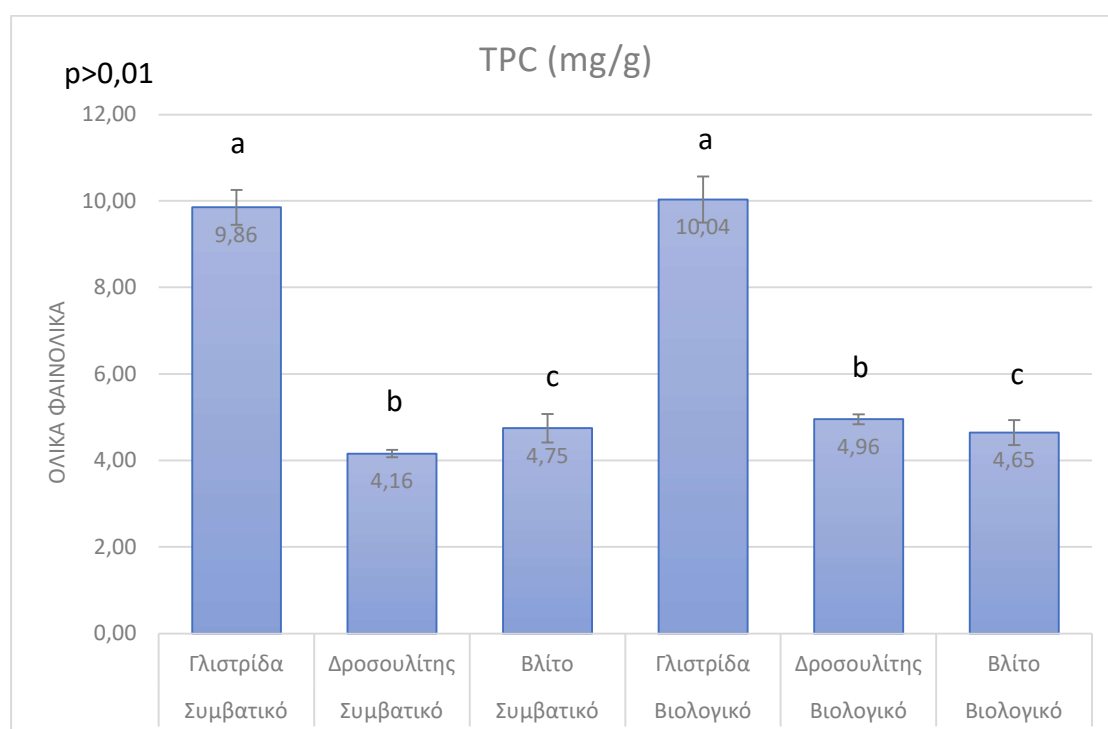
Η ολικές φαιλονικές ενώσεις προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Folin – Ciocalteu. Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως σε αντίθεση με τους αντιοξειδωτικούς δείκτες το σύστημα καλλιέργειας δεν επηρέασε σημαντικά τα ολικά φαινολικά (TPC) ($p > 0,05$), τα οποία επηρεάστηκαν από το φυτικό είδος ($p < 0,001$).

Η γλιστρίδα παρουσίασε σαφώς τα υψηλότερα επίπεδα TPC από τα υπόλοιπα είδη, σχεδόν διπλάσια από το δροσουλίτη και το άγριο βλίτο.

Γράφημα 30. Απεικόνιση ολικών φαινολικών (TPC) ανάλογα με σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Γράφημα 31. Απεικόνιση αλληλεπίδρασης συστήματος καλλιέργειας με φυτικό είδος



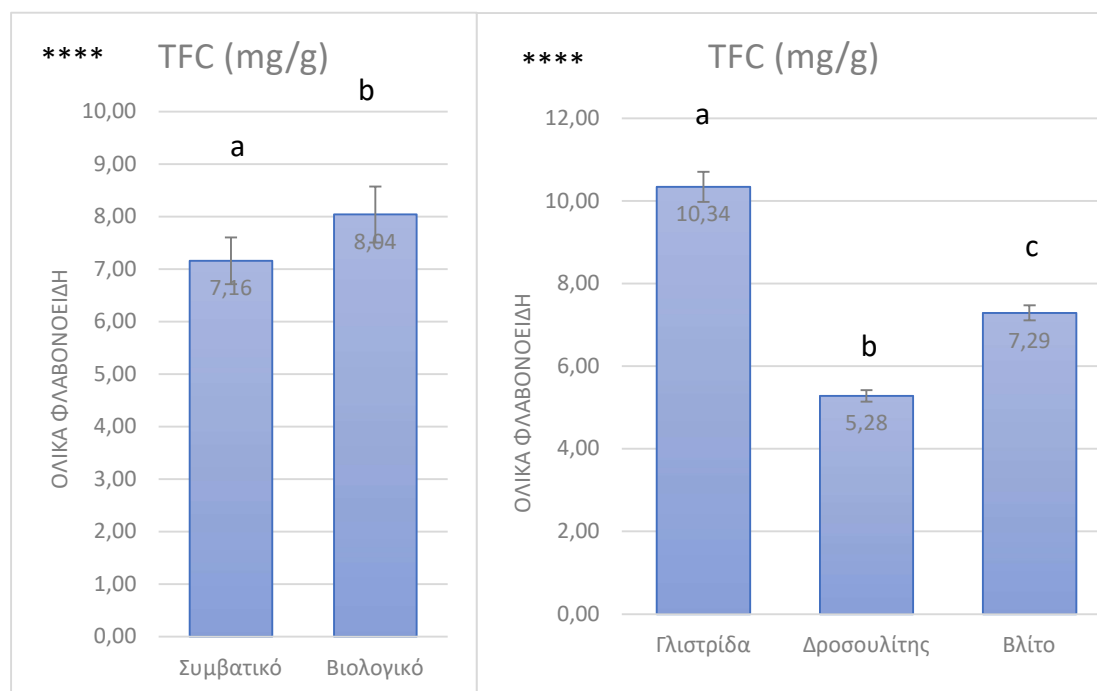
- Ολικά φλαβονοειδή (TFC)

Όσο αφορά τα ολικά φλαβονοειδή (TFC) η στατιστική απόκλιση έδειξε πως τόσο το φυτικό είδος όσο και το σύστημα καλλιέργειας επηρεάζουν σημαντικά τη σύνθεση των

συγκεκριμένων μεταβολιτών ($p < 0,001$), ενώ σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση φυτικού είδους με σύστημα καλλιέργειας ($p < 0,01$).

Τα στοιχεία δείχνουν ότι η βιολογική καλλιέργεια αυξάνει σημαντικά τις συγκεντρώσεις φλαβονοειδών.

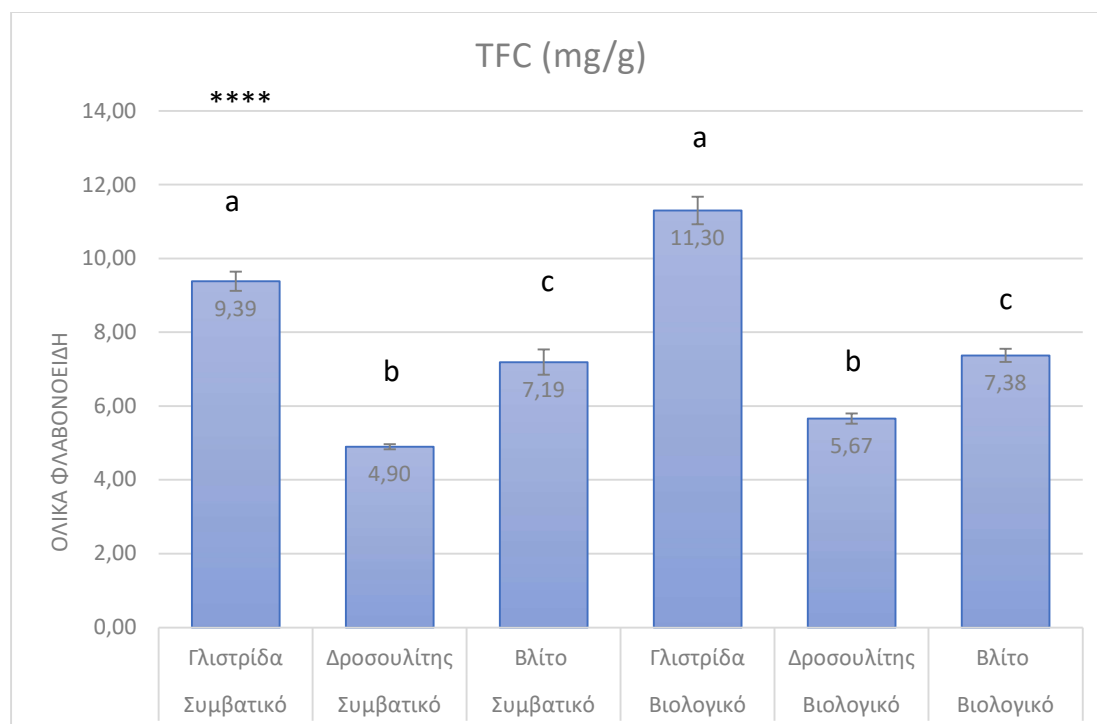
Γράφημα 32. Απεικόνιση συγκέντρωσης ολικών φλαβονοειδών (TFC) ανάλογα με το σύστημα καλλιέργειας (A) και το φυτικό είδος (B)



Σε επίπεδο φυτικού είδους η γλιστρίδα εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις (10,34mg/g), ακολουθεί το άγριο βλίτο (7,29 mg/g) με το δροσουλίτη (5,28 mg/g).

Τέλος σε σχέση με την αλληλεπίδραση φυτικού είδους και συστήματος καλλιέργειας η γλιστρίδα είχε την υψηλότερη τιμή στο σύστημα βιολογικής καλλιέργειας (11,30 mg/g) δείχνοντας πως το συγκεκριμένο είδος ανταποκρίνεται εντονότερα στις αλλαγές στο σύστημα θρέψης, ενώ ακολουθείτε από άγριο βλίτο (7,38 mg/g) και το δροσουλίτη (5,67mg/g).

Γράφημα 33. Απεικόνιση αλληλεπιδράσεις φυτικού είδους με σύστημα καλλιέργειας



Από τα παραπάνω μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο ισχυρότερος παράγοντας διαφοροποιήσεις των αντιοξειδωτικών δεικτών και των φαινολικών ενώσεων είναι το φυτικό είδος, με τη γλιστρίδα (*Portulaca oleracea*) να έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας γενικότερα ενισχύει την αντιοξειδωτική ικανότητα (TEAC και FRAP) και τη συγκέντρωση φλαβονοειδών (TFC), αλλά επηρεάζει λιγότερο τα ολικά φαινολικά (TCP).

5. Συζήτηση

Στη σύγχρονη εποχή, λόγω και της επικείμενης αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, που θα έχει σαν άμεση συνέπεια την αύξηση των διατροφικών αναγκών, αρχίζει να γεννιέται ή ανάγκη για διατροφικά συστήματα που δεν θα είναι μόνο ποιο παραγωγικά αλλά και βιώσιμα (Spiertz, 2010). Η βιολογική καλλιέργεια έχει προταθεί ως λύση για ένα βιώσιμο σύστημα καλλιέργειας που αν και σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζει χαμηλές αποδόσεις σε σύγκριση με τη συμβατική καλλιέργεια, εντούτοις, όχι μόνο μπορεί να διασφαλίσει την υγεία των καταναλωτών και τη προστασία του περιβάλλοντος (Crowder & Reganold, 2015), αλλά αν εξεταστή σε ένα ευρύτερο

πλαίσιο κοινωνικό-οικονομικών και οικολογικών προεκτάσεων μπορεί να δικαιολογηθεί σαν βιώσιμη και αποδοτική επιλογή.

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη μελέτη επίδρασης δύο διαφορετικών σχημάτων θρέψης σε αγρία φυλλώδη λαχανικά, καθώς αυτά τα είδη συνδυάζουν υψηλή προσαρμοστικότητα, και ιδιαίτερη θρεπτική αξία. Συγκεκριμένα μελετώνται η γλιστρίδα (*Portulaca oleracea*), το άγριο βλίτο (*Amaranthus retroflexus*), και ο δροσουλίτης (*Mesembryanthemum crystallinum*) τα όποια αποτελούν είδη που μπορούν να αξιοποιηθούν στην αειφόρα παραγωγή φυλλωδών λαχανικών υψηλής ποιότητας.

Στο πλαίσιο αυτό, η διερεύνηση των επιδράσεων του βιολογικού και συμβατικού συστήματος θρέψης έχει μεγάλη σημασία, όχι μόνο ως προς την απόδοση και τη θρεπτική κατάσταση των φυτών, αλλά και ως τη συμβολή τους στη περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την υγεία των καταναλωτών. Σύγχρονες μελέτες δείχνουν ότι η βιολογική καλλιέργεια συμβάλει στη μείωση της έκλυσης νιτρικών και της επιβάρυνσης των υδάτινων πόρων, περιορίζοντας τις εισροές συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, ενώ ενισχύεται η βιοποικιλότητα του εδάφους (Ponisio, et al., 2015). Η εφαρμογή οργανικής ύλης συμβάλλει στη βελτίωση της γονιμότητας και της δομής του εδάφους, οδηγώντας σε πιο ανθεκτικά παραγωγικά συστήματα (Gattinger, et al., 2015).

Παράλληλα η κατανάλωση βιολογικών προϊόντων συσχετίζεται με μειωμένη έκθεση σε υπολείμματα φυτοφαρμάκων και βαρέων μετάλλων, καθώς και σε χαμηλότερη συγκέντρωση νιτρικών, στοιχεία που συνδέονται με ένα καλύτερο διατροφικό προφίλ και με μικρότερη τοξικολογική επιβάρυνση για των άνθρωπο (Barański, et al., 2014). Τα βιολογικά προϊόντα παρουσιάζουν συχνά υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών και αντιοξειδωτικών ενώσεων, γεγονός που προσδίδει επιπλέον οφέλη για την ανθρώπινη υγεία (Uddin , et al., 2014).

5.1. Παραγωγή και ανάπτυξη

Η απόδοση των φυτών διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των δυο συστημάτων θρέψης. Και στα τρία φυτικά είδη η συμβατική καλλιέργεια οδήγησε σε υψηλότερη νωπή και ξερή μάζα, εύρημα που συνδέεται με την άμεση διαθεσιμότητα ανόργανου αζώτου και άλλων θρεπτικών στοιχείων, τα οποία ενισχύουν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και τη φυτική ανάπτυξη (Marschner, 2012). Η γλιστρίδα (*Portulaca*

oleracea) παρουσίασε την ισχυρότερη επίδραση στη συμβατική καλλιέργεια, καθώς αποτελεί είδος ταχείας αύξησης που ανταποκρίνεται έντονα στη νιτρική θρέψη (Alam, et al., 2014).

Στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας, αν και η συνολική βιομάζα ήταν χαμηλότερη, η ποιότητα των φυτικών ιστών ήταν σημαντικά βελτιωμένη. Το γεγονός αυτό έχει περιγράψει σε σειρά μελετών, όπου τα φυτά που αναπτύσσονται σε βιολογικά συστήματα εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις δευτερογενών μεταβολιτών λόγω χαμηλότερης επάρκειας θρέψης, όπως και εξαιτίας του μεταβολικού στρες που υπόκεινται (Brandt et al. 2011; Reganold & Wachter, 2016).

Το υψηλό ποσοστό ξηράς ουσίας (DMC) επηρέασε διαφορετικά τα φυτικά είδη. Το άγριο βλίτο εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό DMC πιθανόν λόγω συσσώρευσης διαλυτών οργανικών ενώσεων από τη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης υπό συνθήκες καταπόνησης, που γίνεται σε ορισμένα είδη προκειμένου να προσαρμόζονται σε τέτοιες συνθήκες (Krämer, 2010).

5.2. Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος

Η ανάλυση πριν τη φύτευση στον αγρό παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην κατανομή των διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας παρατηρήθηκαν διαφορές κυρίως στο αμμωνιακό άζωτο (NH_4^-) και το κάλιο (K) ενώ στα υπόλοιπα στοιχεία δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας η δειγματοληψία έδειξε την απορροφητική ικανότητα των ειδών.

Στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας υπήρχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (NO_3^-) σε όλες τις περιπτώσεις λόγω της εισροής ανόργανης αζωτούχου λίπανσης η οποία δίνει άμεσα διαθέσιμο νιτρικό άζωτο αυξάνοντας τη συγκέντρωση του στο έδαφος (Hawkesford & Barraclough, 2014), αντίθετα στη βιολογική καλλιέργεια η σταδιακή ανοργανοποίηση εξηγεί τις υψηλότερες τιμές οργανικού αζώτου (N_{min}) και αμμωνιακού αζώτου (NH_4^-) στο έδαφος (Gattinger, et al., 2015 ; Reganold & Wachter, 2016). Η γλιστρίδα και το άγριο βλίτο φαίνεται να αφομοιώνουν ποιο αποτελεσματικά το διαθέσιμο άζωτο διατηρώντας χαμηλότερα τα επίπεδα NO_3^- στο έδαφος.

Όσο αφορά τα υπόλοιπα στοιχεία σημαντικότερες διαφοροποιήσεις εμφανίστηκαν κυρίως μεταξύ των φυτικών ειδών ενώ η διαφοροποίησης μεταξύ του συστήματος

καλλιέργειας ήταν σε μικρότερο βαθμό. Το άγριο βλίτο φαίνεται να κατανάλωσε μεγαλύτερες ποσότητες K και Ca χαρακτηριστικό των ειδών *Amaranthus* σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Gupta et al., 2005), Ο δροσουλίτης έδειξε χαμηλότερη απορρόφηση Ca και Mg.

5.3. Θρεπτικά στοιχεία στο υπέργειο φυτικό μέρος

Η συγκέντρωση μαγνησίου (Mg), ασβεστίου (Ca), σιδήρου (Fe), ψευδαργύρου (Zn), μαγγανίου (Mn) και χαλκού (Cu), παρουσίασε ισχυρή διαφοροποίηση ανάμεσα στα φυτικά είδη, σε σχέση με το σύστημα καλλιέργειας το οποίο δείχνει ότι το είδος του φυτού καθορίζει πολύ περισσότερο τα επίπεδα των μεταλλικών στοιχείων από ότι το σύστημα καλλιέργειας. Αυτό συμφωνεί με τη βιβλιογραφία η οποία αναφέρει ότι η γενετική ταυτότητα του φυτικού είδους είναι ο βασικός παράγοντας που καθορίζει τη μεταλλική σύσταση των φυτών (Marschner, 2012).

Η γλιστρίδα είχε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις Mg και Mn και Zn γεγονός που συνδέεται με τον υψηλό μεταβολικό της ρυθμό και τη έντονη φωτοσυνθετική της δραστηριότητα (Alam, et al., 2014). Το άγριο βλίτο εμφάνισε υψηλές συγκεντρώσεις Ca (Habtemariam & Dana, 2025) και ο δροσουλίτης είχε υψηλές συγκεντρώσεις Fe και Cu που σύμφωνα με έρευνες είναι χαρακτηριστικό των φυτών της οικογενείας των αλόφυτων (Halophytes) τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν μεταλλικά στοιχεία όπως ο σίδηρος και ο χαλκός (Nikalje & Suprasanna, 2018).

5.4. Συγκεντρώσεις νιτρικών (NO_3^-) στο υπέργειο φυτικό μέρος

Από τα αποτελέσματα ή συγκεντρώσεις NO_3^- διαφοροποιήθηκαν έντονα μεταξύ των δύο συστημάτων καλλιέργειας. Το συμβατικό σύστημα καλλιέργειας οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερες τιμές νιτρικών και στα τρία είδη χαρακτηριστικό που έχουν σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα φυλλώδη λαχανικά που αναπτύσσονται σε συνθήκες υψηλής νιτρικής θρέψης (Colla, et al. 2018). Η γλιστρίδα παρουσίασε το μεγαλύτερο ποσοστό συγκέντρωσης με το άγριο βλίτο και το δροσουλίτη να ακολουθούν. Η υπερβολική πρόσληψη νιτρικών σχετίζεται με το σχηματισμό νιτροδών ενώσεων, με δυνητικές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών.

Αντίθετα στο βιολογικό σύστημα όπως ήταν αναμενόμενο οι συγκεντρώσεις NO_3^- ήταν σημαντικά χαμηλότερες γεγονός με άμεση σημασία για την ασφάλεια και υγεία των καταναλωτών.

5.5. Βιοχημικές ιδιότητες

Τα αποτελέσματα της αντιοξειδωτικής ικανότητας TEAC και FRAP υποδεικνύουν ότι το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας ενισχύει την αντιοξειδωτική δράση σε όλα τα είδη, εύρημα που συμφωνεί με μελέτες που δείχνουν ότι η βιολογική καλλιέργεια παράγει προϊόντα με υψηλή αντιοξειδωτική αξία (Barański, et al., 2014). Από τα τρία είδη η γλιστρίδα παρουσίασε τη μέγιστη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών ουσιών γεγονός που συνδέεται με τη βιβλιογραφία η όποια αναφέρει την αντιοξειδωτική ικανότητα του είδους (Alam, et al., 2014). Η επίδραση του βιολογικού συστήματος οφείλεται στην ήπια μεταβολική καταπόνηση και στη χαμηλή διαθέσιμη θρέψη, που ενεργοποιεί τους δευτερογενείς μεταβολικούς δρόμους του φυτού (Barański, et al., 2014).

Τα ολικά φαινικά (TPC) επηρεάστηκαν αποκλειστικά από το είδος του φυτού με τη γλιστρίδα να έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών, ενώ το σύστημα καλλιέργειας δεν έδειξε σημαντική επίδραση δείχνοντας πως τα ολικά φαινικά σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία είναι κύριος εξαρτώμενα από τα φυτικά γονίδια (Veberic, 2016).

Τα ολικά φλαβονοειδή (TFC) επηρεάστηκαν τόσο από το είδος του φυτού όσο και από το σύστημα καλλιέργειας. Στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας υπήρξε σημαντική αύξηση συγκέντρωσης φλαβονοειδών ενώσεων ιδιαίτερα στη γλιστρίδα και το άγριο βλίτο γεγονός που επιβεβαιώνεται και από σχετικές μελέτες στις οποίες τα φυτά αυξάνουν την παραγωγή φλαβονοειδών ενώσεων όταν υφίστανται θρεπτική πίεση και ήπια καταπόνηση (Nakabayashi & Saito, 2015).

6. Συμπέρασμα

Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των αποτελεσμάτων της μελέτης, καθίσταται σαφές ότι τα δύο συστήματα καλλιέργειας ακολουθούν διακριτές στρατηγικές παραγωγής, οι οποίες αντικατοπτρίζονται τόσο στην απόδοση όσο και στη θρεπτική και βιοχημική ποιότητα των φυτών. Η συμβατική καλλιέργεια οδήγησε σε υψηλότερη βιομάζα και αυξημένα επίπεδα νιτρικών, αντανακλώντας την υψηλή άμεσα διαθέσιμη θρέψη και την

έντονη παροχή αζώτου. Η τάση αυτή έχει παρατηρηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και συνδέεται με τη λογική μεγιστοποίησης της παραγωγής μέσω υψηλών εισροών.

Αντίθετα, η βιολογική καλλιέργεια, παρότι παρουσίασε χαμηλότερες αποδόσεις, ανέδειξε σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς τη ποιοτική διάσταση της παραγωγής. Η χαμηλότερη διαθεσιμότητα ανόργανων θρεπτικών φαίνεται να ενεργοποίησε τους δευτερογενείς μεταβολικούς μηχανισμούς των φυτών, οδηγώντας τα σε αυξημένη συσσώρευση φαινολικών, φλαβονοειδών και αντιοξειδωτικών ουσιών. Ως εκ τούτου, το βιολογικό σύστημα ευνόησε την παραγωγή προϊόντων υψηλής θρεπτικής αξίας και μειωμένης περιεκτικότητας σε νιτρικά, στοιχεία κρίσιμα για τη διατροφική ασφάλεια και την υγεία των καταναλωτών.

Παράλληλα, η ανάλυση έδειξε ότι το είδος του φυτού αποτέλεσε τον καθοριστικό παράγοντα διαφοροποίησης των θρεπτικών και βιοχημικών χαρακτηριστικών, σε μεγαλύτερο βαθμό από το σύστημα καλλιέργειας. Κάθε είδος παρουσίασε ένα χαρακτηριστικό θρεπτικό και μεταβολικό “αποτύπωμα”, που αντικατοπτρίζει τις γενετικές και φυσιολογικές του ιδιαιτερότητες. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι η γενετική υπερισχύει ως ρυθμιστής της περιεκτικότητας σε μεταλλικά στοιχεία και τη βιοχημική σύσταση των φυτών, ενώ το σύστημα θρέψης λειτουργεί κυρίως ενισχυτικά ή τροποποιητικά.

Συνολικά, η μελέτη αναδεικνύει τη βιολογική γεωργία ως μια παραγωγική προσέγγιση που, παρότι δεν επιδιώκει τη μέγιστη απόδοση, προσφέρει πλεονεκτήματα υψηλής διατροφικής ποιότητας, ασφάλειας τροφίμων και περιβαλλοντικής προστασίας. Σε ένα πλαίσιο όπου η βιωσιμότητα αποτελεί κεντρικό ζητούμενο για τα σύγχρονα αγροδιατροφικά συστήματα, τα ευρήματα της εργασίας υπογραμμίζουν ότι η βιολογική καλλιέργεια μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη και επιστημονικά τεκμηριωμένη επιλογή που συνδυάζει περιβαλλοντική υπευθυνότητα και παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Βιβλιογραφία

- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, pp. 178-182. doi:10.38212/2224-6614.2748
- Abdalla, M. A., Maksoud, H., & Shanan, N. T. (2015). Evaluation of the Growth Behavior of Ice Plant. *World Journal of Agricultural Sciences*, 11(6), σσ. 391-400. doi:10.5829/idosi.wjas.2015.11.6.1898
- Agarie, S., Kawaguchi, A., Koderu, A., Sunagawa, H., Kojima, H., Nose, A., & Nakahara, T. (2009, January). Potential of the Common Ice Plant, *Mesembryanthemum crystallinum* as a New High-Functional Food as Evaluated by Polyol Accumulation. *Plant Production Science*, 12(1), σσ. 37-46. doi:10.1626/pp.s.12.37
- Alam, M., Juraimi, A., Rafii, M., Hamid, A., Aslani, F., Hasan, M., . . . Uddin, M. (2014, January 21). Evaluation of Antioxidant Compounds, Antioxidant Activities, and Mineral Composition of 13 Collected Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Accessions. *BioMed Research International*, 2014(1), σ. 296063. Ανάκτηση από <https://doi.org/10.1155/2014/296063>
- Barański, M., Średnicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G. B., . . . Leifert, C. (2014, June 14). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), σσ. 794-811. doi:10.1017/S0007114514001366
- Barsby, J. P., Cowley, J. M., Leemaqz, S. Y., Grieger, J. A., Daniel, M. R., Anthony, P. V., . . . Bianco-Miotto, T. (2021, November 26). Nutritional properties of selected superfood extracts and their potential health benefits. *Biochemistry, Biophysics and Molecular Biology*. doi:10.7717/peerj.12525
- Barzman, M., Ricci, P., Birch, N., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., . . . Sattin, M. (2015, July 24). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, σσ. 1199–1215. doi:10.1007/s13593-015-0327-9
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A.-C. (2005, April). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), σσ. 261-269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x
- Benzie, I., & Strain, J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), σσ. 70–76.

- Bohnert, H. J., & Cushman, J. C. (2000). The Ice Plant Cometh: Lessons in Abiotic Stress Tolerance. *Journal of Plant Growth Regulation*, *19*, σσ. 334–346. doi:10.1007/s003440000033
- Boulos, L.; Hadidi, M.N.; Gohary , M. (1984). *The weed flora of Egypt*. American University in Cairo Press.
- Brandt, K., Leifert, C., Sanderson, R., & Seal, C. (2011, Apr 29). Agroecosystem Management and Nutritional Quality of Plant Foods: The Case of Organic Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *30*(1-2), σσ. 177-197 . Ανάκτηση από <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554417>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), σσ. 25-30. doi:10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Çalışkan, B., & Çalışkan, A. (2018). Potassium Nutrition in Plants and Its Interactions with Other Nutrients in Hydroponic Culture. Στο *Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management*. doi:10.5772/intechopen.71951
- Calvo, M., Martín-Diana, A., Rico, D., López-Caballero, M., & Martínez-Álvarez, O. (2022). Antioxidant, Antihypertensive, Hypoglycaemic and Nootropic Activity of a Polyphenolic Extract from the Halophyte Ice Plant (*Mesembryanthemum crystallinum*). *Foods*, *11*(11). doi:10.3390/foods11111581
- Carrascosa, A., Pascua, J., Ros, M., Petropoulos, S. A., & Alguacil , M. (2023, March 6). Agronomical Practices and Management for Commercial Cultivation of *Portulaca oleracea* as a Crop: A Review. *Plants*, *12*(6), σ. 1246. doi:10.3390/plants12061246
- Carstensen, A., Herdean, A., Schmidt , S., Sharma, A., Spetea, C., Pribil, M., & Husted, S. (2018, Mar 14). The Impacts of Phosphorus Deficiency on the Photosynthetic Electron Transport Chain. *Plant Physiol*, *177*(1), σσ. 271–284. doi:10.1104/pp.17.01624
- Chauhan, B. S., & Johnson, D. E. (2010). Chapter 6 - The Role of Seed Ecology in Improving Weed Management Strategies in the Tropics. *Advances in Agronomy*, *105*, σσ. 221-262. doi:10.1016/S0065-2113(10)05006-6
- Chivenge, P., Mabhaudhi, T., Modi, a., & Mafongoya, P. (2015). The Potential Role of Neglected and Underutilised Crop Species as Future Crops under Water Scarce Conditions in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health* , *12*(6), σσ. 5685-5711. doi:10.3390/ijerph120605685

- Colla, G., Kim, H.-J., Kyriacou, M. C., & Roupael, Y. (2018, July 14). Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 237, σσ. 221-238. Ανάκτηση από <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.016>
- Costa, J., Costa Kiperstok, A., David, J., David, J., Giulietti, A., Luciano, P., . . . Soares, M. (2007., December). Anti-leishmanial and immunomodulatory activities of extracts from *Portulaca hirsutissima* and *Portulaca werdermannii*. *Fitoterapia*, 78(7-8), σσ. 510-514. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.05.005>
- Costea, M., Weaver, S. E., & Tardif, F. J. (2003, June 13). The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. hybridus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 83(3), σσ. 631–648.
- Council of the European Union. (χ.χ.). *Organic farming*. Ανάκτηση από <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/organic-farming/>
- Crowder, W. D., & Reganold, P. J. (2015, June 1). Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 112(24), σσ. 7611-7616. doi:10.1073/pnas.1423674112
- Cushman, J. C., Richard, T. L., Wood, J. A., Branco, J. M., & Schlauch, K. A. (2008, May). Large-scale mRNA expression profiling in the common ice plant, *Mesembryanthemum crystallinum*, performing C3 photosynthesis and Crassulacean acid metabolism (CAM). *Journal of Experimental Botany*, 59(7), σσ. 1875-1894. doi:doi.org/10.1093/jxb/ern008
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011, May). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), σσ. 1402-1419. doi:10.3390/ijerph8051402
- Das, S. (2016). *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Springer. doi:10.1007/978-981-10-1469-7
- De Ponti, T., Rijk, B., & van Ittersum, M. K. (2012, April). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *108*, σσ. 1-9. doi:10.1016/j.agry.2011.12.004
- Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., . . . Tzanoudakis, D. (2013, November). Vascular Plants of Greece An annotated checklist. *Berlin: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem*.
- Dodd, A. N., Kudla, J., & Sanders, D. S. (2010). The language of calcium signaling. *Annual Review of Plant Biology*, 61, σσ. 593-620. doi:10.1146/annurev-arplant-070109-104628
- European Commission. (2018). *Κανονισμός (ΕΕ) 2018/848 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2018, για τη βιολογική παραγωγή και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων και για την κατάργηση*

του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007 του Συμβουλίου. Ανάκτηση από <https://eur-lex.europa.eu>

- European Commission. (χ.χ.). *Farm to Fork strategy*. Ανάκτηση από https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- FAO. (2019). *The international Code of Conduct for the sustainable use and management of fertilizers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Feng, D., Wang, X., Gao, J., Zhang, C., Liu, H., Liu, P., & Sun, X. (2023, March 21). Exogenous calcium: Its mechanisms and research advances involved in plant stress tolerance. *Front. Plant Sci.*, 14. doi:10.3389/fpls.2023.1143963
- FiBL. (2025). *The World of Organic Agriculture*. Ανάκτηση από https://www.ifoam.bio/news/global-organic-area-continues-grow-2025?utm_source=chatgpt.com
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015, February). Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3), σσ. 327-331. doi:10.1093/aob/mcu267
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., . . . Sutton, M. A. (2008, May 16). Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science*, 3020(5878). doi:10.1126/science.1136674
- Garti, N., Slavin, Y., & Aserin, A. (1999). Portulaca oleracea gum and casein interactions and emulsion stability. *Food Hydrocolloids*, 13(2), σσ. 127-138. doi:10.1016/s0268-005x(98)00077-0
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., . . . Niggli, U. (2015, October 15). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the Royal Society B*, 282(1799), σσ. 18226-18231. doi:10.1073/pnas.1209429109
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. (2010, Feb 12). Precision Agriculture and Food Security. *Science*, 327(5967), σσ. 828-831. doi:10.1126/science.1183899
- Grubben, G., & Denton, O. (2004). Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. *PROTA Foundation*.
- Gupta, S., Lakshmi, J. A., Manjunath, M., & Prakash, J. (2005, June). Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 38(4), σσ. 339-345. Ανάκτηση από <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.012>
- Habtemariam, T., & Dana, B. (2025, August). Nutritional and mineral composition of *Amaranthus caudatus* leaves in Wolaita Zone, Southern Ethiopia. *Journal of*

Food Composition and Analysis(144). Ανάκτηση από
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107641>

- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2017). *SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS AN INTRODUCTION TO NUTRIENT MANAGEMENT*. CHENNAI DELHI: PERSON.
- Hawkesford, M., & Barraclough, P. (2014). *Θρέψη των Καλλιεργούμενων Φυτών: ελληνική έκδοση*. (Δ. Μπουράνης, Επιμ.) Utopia.
- Huber, D. M., & Jones, J. B. (2012). The role of magnesium in plant disease. *Plant Soil*, 368, σσ. 73-85. doi:10.1007/s11104-012-1476-0
- Jiang, B., Zhou, X., Lu, P., Li, Q., Yang, H., Feike, T., . . . Liu , H. (2020, January 21). Nitrogen Pulse and Competition Affects Nitrogen Metabolism in Invasive Weed (*Amaranthus retroflexus*) and Native Crop (*Glycine max*). *Sustainable Agriculture*, 12(3), σ. 772. doi:10.3390/su12030772
- Kang, S., Kim, S., Ha, S., Lee, C., & Nam, S. (2016, December 31). Biochemical Components and Physiological Activities of Ice Plant (*Mesembryanthemum crystallinum*). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(12), σσ. 1732-1739.
- Kang, Y.-W., & Joo, N.-M. (2023, February 10). Comparative Analysis on Phytochemical Properties, Anti-Oxidative, and Anti-Inflammatory Activities of the Different Organs of the Common Ice Plant *Mesembryanthemum crystallinum* L. *Applied Sciences*, 13(4). doi:10.3390/app13042527
- Khan, A. M., Mobli, A., Werth, J. A., & Chauhan, B. S. (2022, February 9). Germination and seed persistence of *Amaranthus retroflexus* and *Amaranthus viridis*: Two emerging weeds in Australian cotton and other summer crops. *PLOS ONE*. doi:doi.org/10.1371/journal.pone.0263798
- Krämer, U. (2010, February 24). Metal hyperaccumulation in plants. *Annual Review of Plant Biology* . doi:10.1146/annurev-arplant-042809-112156
- Kremen, C., & Miles, A. (2012, December). Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology & Society*, 17(4). doi:10.5751/ES-05035-170440
- Lim, Y., & Quah, E. (2007, 734-740). Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chemistry*, 103(3). doi:doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.025
- Lori , M., Symnaczyk , S., Mäder , P., De Deyn , G., & Gattinger, A. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLoS ONE*, 12(7). doi:10.1371/journal.pone.0180442

- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3 εκδ.). Academic Press.
- Mill, H., & Jones, J. (1997). *Plant analysis handbook II: A practical sampling. Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*.
- Mishra, A., & Tanna, B. (2017, May 18). Halophytes: Potential Resources for Salt Stress Tolerance Genes and Promoters. *Frontiers in Plant Science*, 8. doi:10.3389/fpls.2017.00829
- Mosyakin, S. L., & Robertson, K. R. (1994, January). New infrageneric taxa and combinations in *Amaranthus* (Amaranthaceae). *Annales Botanici Fennici*, 33(4), σσ. 275–281.
- Nakabayashi, R., & Saito, K. (2015, april). Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 24, σσ. 10-16. Ανάκτηση από <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.01.003>
- Nikalje, G. C., & Suprasanna, P. (2018, June 19). Coping With Metal Toxicity – Cues From Halophytes. *Frontiers in Plant Science*(9). doi:10.3389/fpls.2018.00777
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, K. L., Mace, K. C., Palomino, J., De Valpine, P., & Kremen, C. (2015, Jan 22). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc Biol Sci*, 282(1799). doi:10.1098/rspb.2014.1396
- Prajapati, K. (2012, June). THE IMPORTANCE OF POTASSIUM IN PLANT GROWTH – A REVIEW. *Indian Journal of Plant Sciences*, 1, σσ. 177-186. Ανάκτηση από <http://www.cibtech.org/jps.htm>
- Procopet, O., & Oroian, M. (2022, February 19). Amaranth Seed Polyphenol, Fatty Acid and Amino Acid Profile. *Applied Sciences*, 12(4). doi:10.3390/app12042181
- Rahimi, V. B., Ajam, F., Rakhsandeh, H., & Askari, V. R. (2019, Mar). A Pharmacological Review on *Portulaca oleracea* L.: Focusing on Anti-Inflammatory, Anti- Oxidant, Immuno-Modulatory and Antitumor Activities. *PubMed Central*, 22(1), σσ. 7-15. doi:10.3831/KPI.2019.22.001.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 9-10, pp. 1231–1237.
- Reganold, J. P., & Wachter, J. (2016, February). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2). doi:10.1038/nplants.2015.221
- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007, July). Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, 81(2), σσ. 347-356. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.10.032
- Sarker, U., & Oba, S. (2009, Dec 12). Protein, dietary fiber, minerals, antioxidant pigments and phytochemicals, and antioxidant activity in selected red morph

- Amaranthus leafy vegetable. *PLOT ONE*, 14(12). doi:10.1371/journal.pone.0222517
- Sauer, J. (1950). The grain amaranths and their relatives: A revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 37(4), σσ. 561–632. doi:10.2307/2395017
- Savvas, D., Ntatsi, G., & Passam, H. (2008, June). Plant nutrition and physiological disorders in greenhouse grown tomato, pepper and eggplant. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(45-61).
- Schachtman, D., Reid, R., & Ayling, S. (1998, Μαρτυη). Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116(2), σσ. 447-53.
- Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017, Martch). Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances*, 3(3), σ. 1602638. doi:10.1126/sciadv.1602638
- Shaul, O. (2002). Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *BioMetals*, 15, σσ. 309–323. Ανάκτηση από <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016091118585>
- Simopoulos, A. P., Norman, H. A., Gillaspay, J. E., & Duke, J. A. (1992, Aug). Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(4), σσ. 374-382. doi:10.1080/07315724.1992.10718240
- Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, σσ. 152-178. doi:10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- Śliwa-Cebula, M., Koniarz, T., Szara-Bąk, M., Baran, A., Miszalski, Z., & Kaszycki, P. (2022, December 15). Phytoremediation of metal-contaminated bottom sediments by the common ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) in Poland. *Journal of Soils and Sediments*, 23, σσ. 1065–1082. doi:10.1007/s11368-022-03401-x
- Soriano-García, M., Arias-Olguín, I. I., Montes, J. P., Rosas-Ramírez, D., Figueroa, J. S., Flores-Valverde, E., & Valladares, M. R. (2018). Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth. *ournal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 7(5). doi:10.15406/japlr.2018.07.00288
- Spiertz, H. (2010, December). Food production, crops and sustainability: restoring confidence in science and technology. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), σσ. 435-443. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.10.006>

- Stockdale, E., Lampkin, N., Hovi, M., Keatinge, R., Lennartsson, M., Macdonald, D., . . . Watson, C. (2001, December). Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy*, *70*. doi:10.1016/S0065-2113(01)70007-7
- Taylor, M. D., & Locascio, S. J. (2004, December). Blossom-End Rot: A Calcium Deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, *27*(1), σσ. 123-139. doi:10.1081/PLN-120027551
- Thompson, E. (2015, September 23). Mesembryanthemum crystallinum (crystalline iceplant). *CABI Compendium*. doi:10.1079/cabicompendium.115578
- Tilman, D., Cassman, K. G., Pamela, M. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002, August 8). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, *418*.
- Uddin , M., Juraimi, A., Hossain, M., Nahar, M., Ali, E., & RaHman, M. (2014, Fed). Purslane weed (Portulaca oleracea): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *Scientific World Journal*, *2014*(1). doi:doi.org/10.1155/2014/951019
- Veberic, R. (2016, June 28). The Impact of Production Technology on Plant Phenolics. *Horticulturae*, *2*(3). doi:10.3390/horticulturae2030008
- Wang, Y., & Hua Wu, W. (2013). Potassium Transport and Signaling in Higher Plants. *Annual Review of Plant Biology* , *64*, σσ. 451-476. doi:10.1146/annurev-arplant-050312-120153
- Wang, Y., & Wu, W.-H. (2017, October). Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, *39*, σσ. 123-128. doi:10.1016/j.pbi.2017.06.006
- White, P. J. (2001, May 1). The pathways of calcium movement to the xylem. *Journal of Experimental Botany*, *52*(358), σσ. 891–899. doi:10.1093/jexbot/52.358.891
- WHITE, P. J., & BROADLEY, M. R. (2003, October). Calcium in Plants. *Annals of Botany*, *92*(4), σσ. 487–511. doi:10.1093/aob/mcg164
- Yapias, R., Soto, J., Victorio , J., Huamani, R., Asteta, J., Areche , F., . . . Tornero, S. (2024). PHYTOREMEDIATION AND NUTRITIONAL POTENTIAL OF THE ICE PLANTS (MESEMBRYANTHEMUM CRYSTALLINUM L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, *56*(4), σσ. 1621-1631. doi:10.54910/sabrao2024.56.4.27.
- Zhou, Y.-X., Xin, H.-L., Rahman, K., Wang, S.-J., Peng, C., & Zhang, H. (2015, January 26). Portulaca oleracea L.: A Review of Phytochemistry and Pharmacological Effects. *BioMed Research International*, *2015*(1). doi:10.1155/2015/925631

- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014, May 15). Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), σσ. 656-669. doi:10.1016/j.jplph.2013.08.008
- Αϊβαλάκης, Γ., Καραμπουρνιώτης, Γ., & Λιακόπουλος, Γ. (2016). *Φυσιολογία Φυτών*. Έμβριο.
- Αναλογίδης, Δ. Α. (2000). *Έδαφος Θρεπτικά Στοιχεία και Φυτική Παραγωγή*. Αθήνα: Αγρότυπος.
- Ελευθεροχωρινός, Η. (2020). *ZIZANΟΛΟΓΙΑ: βιολογία και Διαχείριση Ζιζανίων Ζιζανιοκτόνα, Φυτά και Περιβάλλον*. Αθήνα: Αγροτύπος.
- Σάββας, Δ. (2011). *Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους, υδροπονία, Υποστρώματα*. Αθήνα: Αγρότυπος.
- Σαββας, Δ. (2016). *Γενική Λαχανοκομία*. Αθήνα : Πεδιο.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2024). *Πιστοποίηση και έλεγχος βιολογικών προϊόντων στην Ελλάδα*. Ανάκτηση από <https://www.minagric.gr>
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2024). *Στατιστικά στοιχεία βιολογικής γεωργίας στην Ελλάδα*. Ανάκτηση από <https://www.minagric.gr>