



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,  
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum nodosum* στα αποδοτικά, ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά σε γενοτύπους βυνοποιήσιμου κριθαριού



**Απόστολος Γ. Μάππας**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:  
Οικονόμου Γαρυφαλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2024**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum nodosum* στα αποδοτικά, ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά σε γενοτύπους βυνοποιήσιμου κριθαριού

Effect of *Ascophyllum nodosum* algal extract on yield, quality and agronomic traits in malting barley genotypes

**Απόστολος Γ. Μάππας**

Εξεταστική Επιτροπή:

Οικονόμου Γαρυφαλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Παπαστυλιανού Παναγιώτα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Κακαμπούκη Ιωάννα, Επίκουρος Καθηγήτρια ΓΠΑ

## **Επίδραση εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum nodosum* στα αποδοτικά, ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά σε γενοτύπους βυνοποιήσιμου κριθαριού**

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία  
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Γεωργίας*

### **Περίληψη**

Την καλλιεργητική περίοδο 2022-2023 στο χωριό Ναρθάκι Φαρσάλων εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης του εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum Nodosum* στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τεσσάρων γενοτύπων βυνοποιήσιμου κριθαριού (G13-04-22A , G13-04-62, G13-38-59A και Fortuna) σε σχέση με την απλή εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος (ουρίας). Επίσης, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της επίδρασης του φαινολογικού σταδίου της καλλιέργειας που έγινε η εφαρμογή του εκχυλίσματος *Ascophyllum Nodosum* καθώς και αξιολόγηση των γενοτύπων βυνοποιήσιμου κριθαριού διαφορετικής πρωιμότητας ως προς την προσαρμογή τους στις κλιματικές συνθήκες της Θεσσαλίας. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν αυτό των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων σε 3 επαναλήψεις. Μελετήθηκε η επίδραση του εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum nodosum* στα αποδοτικά χαρακτηριστικά, όπως το αδέλφωμα, η απόδοση σε βιομάζα και σε καρπό και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως βλαστικότητα κόκκων, περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και μέγεθος κόκκου (βυνοποιήσιμο μέγεθος >2,2 mm και μέγεθος > 2,5mm). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, διαπιστώθηκε ότι το αδέλφωμα επηρεάστηκε θετικά από την προσθήκη βιοδιεγέρτη *Ascophyllum Nodosum* για τους όψιμους γενοτύπους που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπρόσθετα, οι πρώιμοι γενότυποι αύξησαν την απόδοση σε βιομάζα και σε σπόρο. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά επηρεάστηκαν και αυτά. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μια εξισορρόπηση στην περιεκτικότητα στην πρωτεΐνη στα αυστηρά πλαίσια που θέτει η ζυθοποιία. Τέλος, εντοπίστηκε μια αυξητική τάση στο βυνοποιήσιμο μέγεθος κόκκου και μια στατιστικά σημαντική αύξηση στο μέγεθος κόκκου > 2,5mm.

**Επιστημονική περιοχή:** Γεωργία

**Λέξεις κλειδιά:** Βυνοποιήσιμο κριθάρι, Βιοδιεγέρτης, *Ascophyllum Nodosum*

## **Effect of *Ascophyllum nodosum* algal extract on yield, quality and agronomic traits in malting barley genotypes**

*Msc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding & Agrometeorology*  
*Department of Crop Sciences*  
*Laboratory of Agronomy*

### **Abstract**

In the 2022-2023 growing season, a field experiment was set up in the village of NARTHAKI - FARSALA, with the aim of evaluating the effect of *Ascophyllum Nodosum* algae extract on the qualitative and quantitative characteristics of four malting barley genotypes (G13-04-22A, G13-04-62, G13-38-59A and Fortuna) in relation to the simple application of nitrogen fertilizer (urea). Also evaluation of the effect of the phenological stage of the crop where the *Ascophyllum Nodosum* extract is applied and evaluation of malting barley genotypes of different earliness in terms of their adaptation to the climatic conditions of Thessaly. The experimental design followed was that of randomized complete groups in 3 replications. The effect of *Ascophyllum nodosum* algal extract on yield traits such as tillering, biomass and seed yield and quality traits such as grain germination, protein content and grain size (maltable size >2.2 mm and size >2.5 mm) was studied. According to the results we can find that the tillering was positively affected by the addition of *Ascophyllum Nodosum* biostimulator for the late genotypes used. Additionally the early genotypes increased biomass and seed yield. The quality characteristics were also affected. Which specifically observed a balance in protein content within the strict framework set by the brewery. An increasing trend in maltable grain size and a statistically significant increase in grain size > 2.5mm was also found.

**Scientific area:** Agriculture

**Key words:** Malting barley, Biostimulator, *Ascophyllum Nodosum*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην καθηγήτρια του εργαστηρίου γεωργίας του Γ.Π.Α. Οικονόμου Γαρυφαλλιά, ως επιβλέπουσα καθηγήτρια, αρχικά για την ανάθεση του θέματος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, καθώς και για την καθοδήγηση και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια του θεωρητικού και πειραματικού μέρους του μεταπτυχιακού. Η εμπειρία και οι γνώσεις της ήταν πολύ σημαντικές για την έρευνα και τη συγγραφή της εργασίας μου.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια του εργαστηρίου γεωργίας του Γ.Π.Α. κα Παπαστυλιανού Παναγιώτα και την αναπληρώτρια καθηγήτρια του εργαστηρίου γεωργίας του Γ.Π.Α. κα Κακαμπούκη Ιωάννα, ως μέλη της τριμελούς επιτροπής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διευθυντή του εργαστηρίου γεωργίας και καθηγητή μου κο Μπιλάλη Δημήτριο, καθώς και όλους καθηγητές του μεταπτυχιακού γιατί με βοήθησαν να δω τη γεωπονία με μια φρέσκια οπτική.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα του εργαστηρίου γεωργίας του Γ.Π.Α. και φίλο κο Λουκάκη Λουκά-Ορφέα, για τη βοήθεια του κατά την εκτέλεση του πειράματος και τις επισημάνσεις του κατά τη συγγραφή της μελέτης.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στη σύζυγό μου που με στηρίζει σε κάθε μου προσπάθεια για εξέλιξη.

---

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

## Π ε ρ ι ε χ ό μ ε ν α

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....                                                                          | 3  |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....                                                                       | 5  |
| Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α.....                                                             | 6  |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                       | 8  |
| 1.1 ΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ.....                                                                    | 8  |
| 1.1.1 Καταγωγή, διάδοση και ταξινόμηση.....                                            | 8  |
| 1.1.2 Παραγωγή και καλλιεργούμενη έκταση ανά τον κόσμο.....                            | 8  |
| 1.1.3 Χρήσεις.....                                                                     | 11 |
| 1.1.4 Βοτανική περιγραφή.....                                                          | 11 |
| 1.1.5 Στάδια ανάπτυξης – Κλίμακες.....                                                 | 16 |
| 1.1.6 Οικολογική προσαρμοστικότητα.....                                                | 17 |
| 1.1.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά στο βυνοποιήσιμο κριθάρι.....                            | 18 |
| 1.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ.....                                                         | 19 |
| 1.2.1 Σπορά.....                                                                       | 19 |
| 1.2.2 Λίπανση.....                                                                     | 19 |
| 1.2.2.1 Επίδραση λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βυνοποιήσιμου κριθαριού..... | 19 |
| 1.2.2.2 Λιπάσματα με παρεμποδιστές ή βραδείας αποδέσμευσης.....                        | 20 |
| 1.2.3 Χρήση βιοδιεγερτών.....                                                          | 25 |
| 1.2.3.1 Πλεονεκτήματα <i>Ascophyllum nodosum</i> έναντι άλλων βιοδιεγερτών.....        | 28 |
| 1.2.4 Έλεγχος ζιζανίων.....                                                            | 30 |
| 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....                                                             | 33 |
| 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....                                                              | 34 |
| 3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....                                           | 34 |
| 3.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....                                                                  | 34 |
| 3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ.....                                                            | 34 |
| 3.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ.....                                                      | 35 |
| 3.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....                                                     | 36 |
| 3.5.1 Φαινολογικά στάδια-Ρυθμός ανάπτυξης.....                                         | 36 |
| 3.5.2 Ύψος φυτών-Ρυθμός ανάπτυξης ύψους.....                                           | 36 |
| 3.5.3 Αδέλφωμα.....                                                                    | 36 |
| 3.5.4 Ξηρό βάρος φυτού.....                                                            | 36 |
| 3.5.5 Βιομάζα.....                                                                     | 36 |
| 3.5.6 Αποδόσεις.....                                                                   | 36 |
| 3.5.7 Δείκτης απόδοσης.....                                                            | 37 |
| 3.5.8 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.....                                                  | 37 |
| 3.5.9 Δείκτης βυνοποίησης – Μέγεθος κόκκων.....                                        | 37 |
| 3.5.10 Στατιστική ανάλυση.....                                                         | 37 |
| 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....                                                                   | 38 |
| 4.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....                                                            | 38 |

|      |                                             |    |
|------|---------------------------------------------|----|
| 4.2  | ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ – ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ..... | 39 |
| 4.3  | ΥΨΟΣ ΦΥΤΟΥ – ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΨΟΥΣ .....   | 40 |
| 4.4  | ΑΔΕΛΦΩΜΑ .....                              | 43 |
| 4.5  | ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΩΝ .....                      | 44 |
| 4.6  | ΒΙΟΜΑΖΑ .....                               | 45 |
| 4.7  | ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ .....                             | 46 |
| 4.8  | ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....                      | 47 |
| 4.9  | ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΩΝ .....                   | 48 |
| 4.10 | ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ .....            | 49 |
| 4.11 | ΒΥΝΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ .....           | 50 |
| 5.   | ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....                              | 52 |
| 6.   | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                          | 56 |
|      | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                          | 57 |
|      | ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....               | 57 |
|      | ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                 | 66 |

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ

### 1.1.1 Καταγωγή, διάδοση και ταξινόμηση

Το καλλιεργούμενο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.) είναι φυτικό είδος που ανήκει στο γένος *Hordeum*, στην οικογένεια των αγραστωδών (*Poaceae*). Η καλλιέργεια του κριθαριού σύμφωνα με ραδιοχρονολόγηση ανάγεται στο 8000 π.Χ. (Nesbitt & Samuel, 1996). Το άγριο συγγενές είδος του κριθαριού είναι το *Hordeum spontaneum* C. Koch. Στη νεότερη ταξινόμηση το *Hordeum Vulgare* L. το *H. spontaneum* C. Koch όπως και το *Hordeum agriocrithon* A berg λογίζονται ως υποείδη του *H. Vulgare* (Bothmer & Jacobsen, 1985). Συνήθως όμως χρησιμοποιείται η παραδοσιακή ταξινόμηση. Το γένος *Hordeum* περιλαμβάνει είδη διπλοειδή με χρωμοσωμικό αριθμό  $2n=24$  (Bothmer & Komatsuda, 2011). Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες του κριθαριού ανήκουν στο δίστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare* spp. *distichon*), στο εξάστοιχο κριθάρι (*Hordeum vulgare* spp. *hexastichon*) και στη γυμνοκριθή (*Hordeum vulgare* spp. *nudum*) (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012).

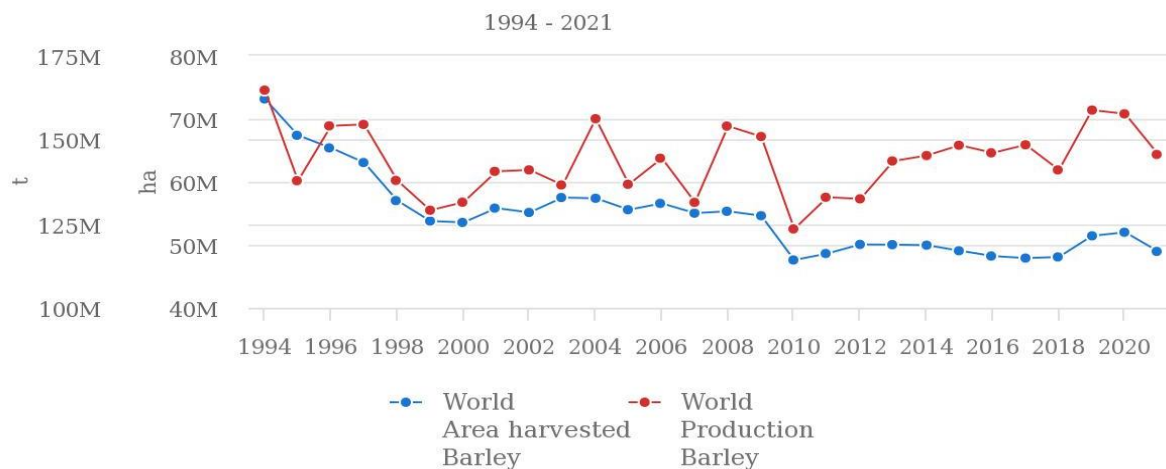
Σύμφωνα με τον Vavilof (1950) υπάρχουν δύο κέντρα καταγωγής του κριθαριού. Το πρώτο είναι στην βορειοανατολική Αφρική και στις ορεινές περιοχές της Αβησσυνίας και το δεύτερο στη νοτιοανατολική περιοχή της Ασίας (Κίνα, Ιαπωνία και Θιβέτ).

Το κριθάρι παρουσιάζει ευρεία προσαρμοστικότητα. Έτσι, έχουμε καλλιέργεια κριθαριού σε ποικίλα περιβάλλοντα από την Ινδία σε γεωγραφικό πλάτος  $11^{\circ}$  μέχρι τη Σιβηρία σε γεωγραφικό πλάτος  $68^{\circ}$  και στα Ιμαλάια σε υψόμετρο 5000 μέτρων (Φασούλας & Σενλόγλου, 1966).

### 1.1.2 Παραγωγή και καλλιεργούμενη έκταση ανά τον κόσμο

Το κριθάρι είναι το δεύτερο σε σπουδαιότητα χειμερινό σιτηρό μετά το σιτάρι και κατατάσσεται τέταρτο από άποψη ύψους παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα μετά το σιτάρι, το ρύζι και τον αραβόσιτο (Μπλαδενόπουλος & Ματσούκας, 2000).

Η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση σε κριθάρι ανήλθε το 2021 σε 489.410.000 στρ. και η παγκόσμια παραγωγή έφτασε τους 145.623.914 τόνους.

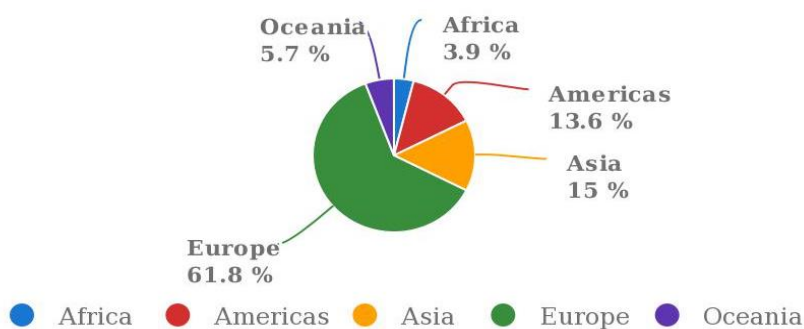


Source: FAOSTAT (Nov 24, 2023)

**Γράφημα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή και καλλιεργούμενη έκταση κριθαριού από το 1994 έως σήμερα (πηγή: Faostat 2023)**

Η Ευρώπη είναι η ήπειρος με τη μεγαλύτερη παραγωγή, η οποία ανέρχεται στο 61,8% της συνολικής κατά μέσο όρο των ετών από το 1994.

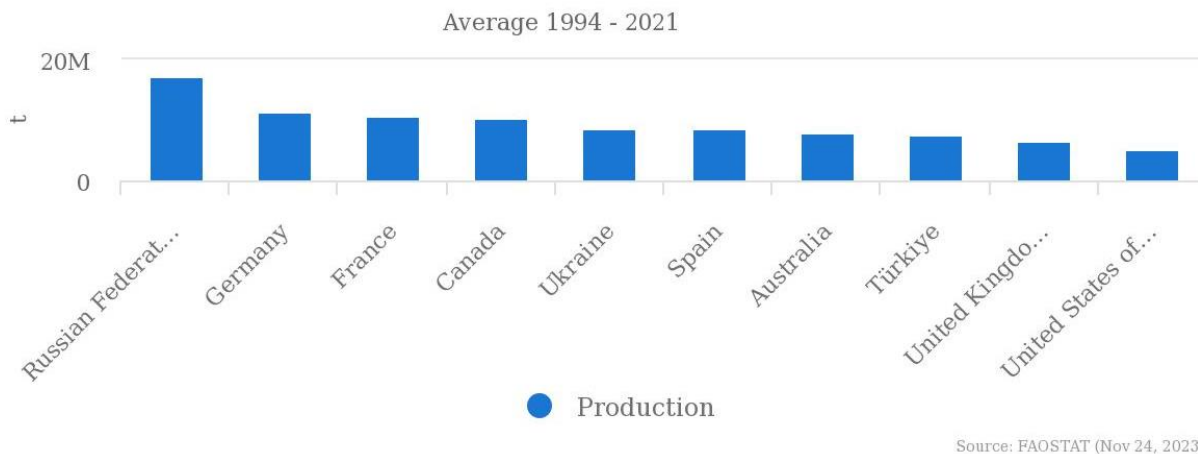
**Production share of Barley by region**  
Average 1994 - 2021



Source: FAOSTAT (Nov 24, 2023)

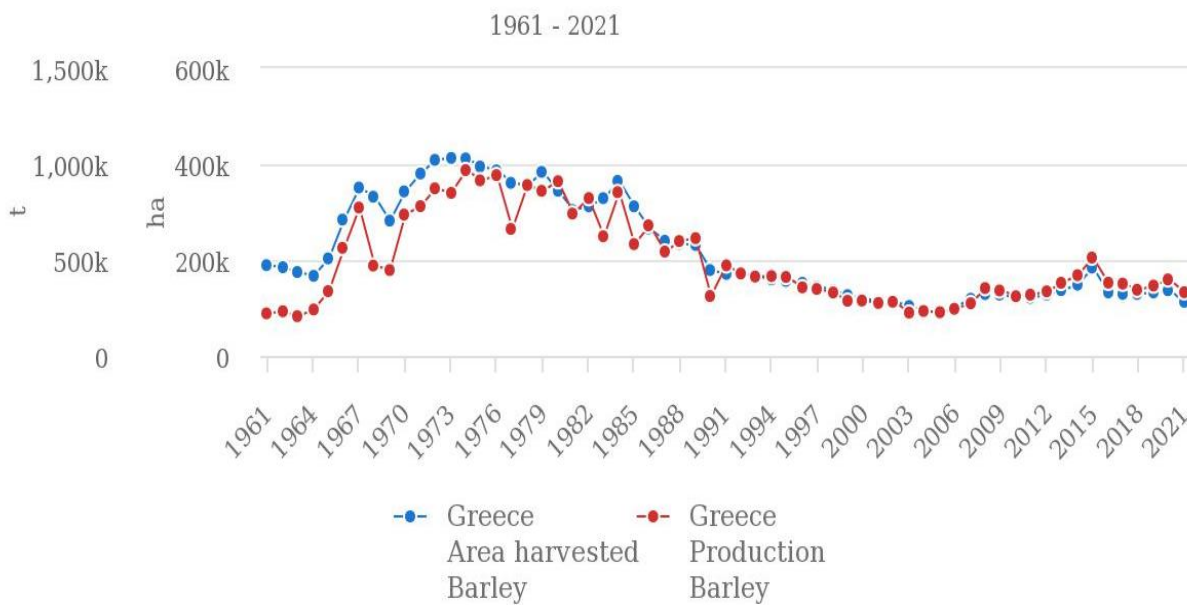
**Γράφημα 1.2: Ποσοστά της παγκόσμιας παραγωγής ανά ήπειρο (πηγή: Faostat 2023).**

Η πρώτη χώρα σε παραγωγή κριθαριού παγκόσμια είναι η Ρωσία με 17,000,000 τόνους, ενώ η πρώτη χώρα σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι η Γερμανία με 11.500.000 τόνους.



**Γράφημα 1.3: Δέκα πρώτες χώρες σε παραγωγή κριθαριού στον κόσμο (πηγή: Faostat 2023).**

Στην Ελλάδα η παραγωγή κριθαριού το 2021 ανήλθε σε 332.000 τόνους, ενώ τα καλλιεργούμενα στρέμματα έφτασαν τα 1.128.000.



**Γράφημα 1.4: Συνολική παραγωγή και καλλιεργούμενη έκταση κριθαριού στην Ελλάδα από το 1961 (πηγή: Faostat 2023).**

Η παραγωγή βυνοποιήσιμου κριθαριού στην Ελλάδα ανέρχεται στους 80.000 τόνους ανά έτος (ΥΠΑΑΤ, 2018). Η Αθηναϊκή Ζυθοποιία συνεργάζεται, μέσω συμβολαιακής γεωργίας, με πάνω από 2000 παραγωγούς βυνοποιήσιμου κριθαριού στην Ελλάδα, οι οποίοι καλλιεργούν πάνω από 150.000 στρέμματα (Αθηναϊκή Ζυθοποιία, 2023).

### **1.1.3 Χρήσεις**

Το κριθάρι καλλιεργείται για παραγωγή καρπού και βιομάζας, οπότε χρησιμοποιείται μετά από κοπή για παραγωγή σανού ή ενσιρωμένου χόρτου. Ο καρπός του κριθαριού χρησιμοποιείται κυρίως για τη βυνοζυθοποιία και για ανθρώπινη κατανάλωση και δευτερευόντως στην κτηνοτροφία (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2019; Schwarz & Li, 2011). Η ποσοστιαία κατά βάρος σύνθεση του καρπού του κριθαριού περιλαμβάνει το ενδοσπέρμιο (75-77%), το έμβρυο (2-3%) και τα περιβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του στρώματος της αλευρώνης (15-20%) (Baik et al., 2011).

Ο καρπός περιέχει υδατάνθρακες με τη μορφή αμύλου που αποτελείται από αμυλοπηκτίνη (77%), αμυλόζη (23%) και διαλυτά σάκχαρα σε ποσοστό μικρότερο του 3%. Οι πρωτεΐνες του ενδοσπερμίου έχουν χαμηλή περιεκτικότητα στα απαραίτητα αμινοξέα λυσίνη και μεθειονίνη. Οι λιπαρές ουσίες απαντώνται σε μικρές ποσότητες, κυρίως στο έμβρυο και στο στρώμα της αλευρώνης. Ο καρπός περιέχει επίσης ανόργανα στοιχεία κυρίως στο έμβρυο και στα περιβλήματα, όπως φωσφόρο, κάλιο, μαγνήσιο και θείο και σε μικρότερα ποσοστά σίδηρο, ψευδάργυρο και μαγγάνιο και σημαντικές ποσότητες βιταμινών στο έμβρυο (βιταμίνες Β και Ε). Οι ακατέργαστες ίνες αποτελούν τα συστατικά των περιβλημάτων και είναι αραβινοξυλάνες (4.4-6.2%), β-γλυκά-νες (4.4-4.7%), ολιγοσακχαρίτες (4.4-4.9%), καθώς και κυτταρίνες και λιγνίνες (Newman & Newman, 2008).

### **1.1.4 Βοτανική περιγραφή**

Το κριθάρι είναι μονοκότυλο, ποώδες, ετήσιο φυτό, αυστηρά αυτογονιμοποιούμενο με μικρό ποσοστό σταυρογονιμοποίησης.

#### **Ριζικό σύστημα**

Το ριζικό σύστημα του κριθαριού διακρίνεται:

1. Στο εμβρυακό ριζικό σύστημα που αποτελείται: α) από την πρωτογενή εμβρυακή ρίζα (ριζίδιο) και β) από τις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες (5-9 συνήθως). Το εμβρυακό ριζικό σύστημα μπορεί να επιζήσει σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού.

2. Οι μόνιμες ή δευτερογενείς ρίζες εμφανίζονται στους πρώτους κόμβους του στελέχους κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, είναι παχύτερες από τις εμβρυακές και φθάνουν σε βάθος 1,8 έως 2,1 μέτρα, ανάλογα με τις συνθήκες. Αρχικά, έχουν οριζόντια ανάπτυξη και στη συνέχεια στρέφονται προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Γενικά, οι ρίζες του κριθαριού είναι πολυάριθμες, θυσανώδεις και καλύπτονται από μεγάλο αριθμό ριζικών τριχιδίων (Δαλιάνης, 1983). Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, η συνεισφορά των εμβρυακών ριζών στον εφοδιασμό του φυτού με νερό και θρεπτικά συστατικά είναι σημαντική, ενώ στη συνέχεια περιορίζεται με την ανάπτυξη των μόνιμων ριζών.

### **Στέλεχος**

Το στέλεχος του κριθαριού είναι κυλινδρικό και αποτελείται από κόμβους και μεσογονάτια διαστήματα. Το μήκος των μεσογονάτιων αυξάνεται προοδευτικά από τη βάση προς την κορυφή του στελέχους. Το στέλεχος του κριθαριού έχει 5 έως 7 κόμβους και ισάριθμα μεσογονάτια διαστήματα. Το τελευταίο μεσογονάτιο κάτω από την ταξιανθία μπορεί να είναι όρθιο ή να κάμπτεται ή να έχει σχήμα οφιοειδές ανάλογα με την ποικιλία. Τα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά του στελέχους σχετίζονται με την αντοχή στο πλάγιασμα. Το μήκος του στελέχους κυμαίνεται από 60 έως 120 εκατοστά και η διάμετρος από 2 έως 10 χιλιοστά. Τα φυτά έχουν μικρότερο ύψος από το σιτάρι και παχύτερο στέλεχος. Η μεταβατική ζώνη μεριστωματικών ιστών στη βάση του στελέχους, η οποία έχει την ικανότητα να παράγει ρίζες και βλαστητικά όργανα, αποτελεί το πλέον ευαίσθητο τμήμα του φυτού και ονομάζεται σταυρός ή στεφάνη. Η θέση του σταυρού σχετίζεται με την αντοχή του φυτού στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. Από οφθαλμούς των κόμβων του στελέχους που βρίσκονται κοντά και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους εκφύονται δευτερεύοντα στελέχη που ονομάζονται αδέλφια (Εικόνα 1.1). Από τους οφθαλμούς των κόμβων των στελεχών αυτών, με τον ίδιο τρόπο εκφύονται τριτεύοντα στελέχη και έτσι ένα φυτό, αν έχει αρκετό χώρο και ευνοϊκές συνθήκες, μπορεί να αποκτήσει σημαντικό αριθμό αδελφιών. Τα αδέλφια αποκτούν δικό τους μόνιμο ριζικό σύστημα ανεξάρτητο από το μητρικό φυτό. Συνήθως, οι δίστοιχες ποικιλίες αδελφώνουν εντονότερα από τις εξάστοιχες (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012).



**Εικόνα 1.1:** Αδέλφωμα στο κριθάρι

## **Φύλλα**

Από κάθε κόμβο του στελέχους εκφύεται ένα φύλλο που αποτελείται από δύο μέρη, τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός περιβάλλει το μεσογονάτιο που βρίσκεται αμέσως επάνω από τον κόμβο έκφυσής του και έτσι ισχυροποιεί το στέλεχος. Το έλασμα είναι στενόμακρο, λείο ή χνουδωτό και σχηματίζει γωνία με τον κολεό. Το πλάτος του ελάσματος του φύλλου είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με τα άλλα χειμερινά σιτηρά. Τα νεύρα του ελάσματος (ηθμαγγειώδεις δεσμίδες) είναι παράλληλα χωρίς διακλαδώσεις. Στο σημείο που ενώνεται ο κολεός με το έλασμα υπάρχει μια μικρή μεμβρανώδης εκβλάστηση που ονομάζεται γλωσσίδα και έχει μήκος 0.5-3 χιλιοστά. Η γλωσσίδα είναι λεπτή, διαφανής, περιβάλλει μερικώς το στέλεχος και εμποδίζει την είσοδο νερού στον χώρο μεταξύ κολεού και ελάσματος, προστατεύοντας έτσι το στέλεχος από το σάπισμα. Εκτός από τη γλωσσίδα, στο ίδιο σημείο υπάρχουν δύο προεκτάσεις που ονομάζονται ωτία ή ωτίδια. Στο κριθάρι, τα ωτία έχουν μεγάλο μέγεθος, περιβάλλουν τελείως το στέλεχος και στερούνται τριχών (Εικόνα 1.2). Το έλασμα του φύλλου συστρέφεται από αριστερά προς τα δεξιά, όπως και στο σιτάρι και στη σίκαλη (Εικόνα 1.3). Σε αντίθεση με το σιτάρι, το φύλλο-σημαία είναι μικρότερο από τα άλλα φύλλα του φυτού και παρουσιάζει έντονη συστροφή (Γαλανοπούλου & Σενδουκά, 2003).



**Εικόνα 1.2:**  
Διακρίνονται τα ωτία χωρίς τρίχες.



**Εικόνα 1.3:**  
Διακρίνεται η δεξιά συστροφή των φύλων

### Ταξιανθία και άνθη

Η ταξιανθία στο κριθάρι είναι στάχυς, ο οποίος αποτελείται από πολλά σταχύδια τοποθετημένα στους κόμβους ενός αρθρωτού άξονα που ονομάζεται ράχη. Το μήκος της ράχης κυμαίνεται από 2.5 έως 12.5 εκατοστά και φέρει 10-30 σταχύδια. Σε κάθε κόμβο της ράχης βρίσκονται 3 σταχύδια που το καθένα φέρει ένα άνθος (μονανθή σταχύδια). Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες κριθαριού χωρίζονται σε εξάστοιχες (*Hordeum vulgare* var. *hexastichon*) όταν είναι γόνιμα και τα τρία σταχύδια σε κάθε κόμβο και σε δίστοιχες (*Hordeum vulgare* var. *distichon*) όταν είναι γόνιμο μόνο το μεσαίο από τα τρία σταχύδια κάθε κόμβου. Με αυτόν τον τρόπο στις δίστοιχες ποικιλίες τα σταχύδια φέρονται σε 2 σειρές ή στοίχους κατά μήκος του άξονα της ράχης και στις εξάστοιχες σε 6 σειρές ή στοίχους. Στις περισσότερες ποικιλίες δίστοιχου κριθαριού παρουσιάζεται εμφανής κάμψη της ταξιανθίας. Εξωτερικά κάθε σταχύδιο φέρει 2 λέπυρα στενά και επιμήκη που καταλήγουν σε μια λεπτή προεξοχή που ονομάζεται άγανο των λεπύρων. Κάθε άνθος προστατεύεται εξωτερικά από δύο περιβλήματα, τον χιτώνα και τη λεπίδα που παραμένουν στενά προσκολλημένα στον κόκκο και δεν απομακρύνονται κατά τον αλωνισμό. Στις περισσότερες ποικιλίες κριθαριού ο χιτώνας έχει σχήμα ωοειδές ή λογχοειδές και καταλήγει σε μια προεξοχή που ονομάζεται άγανο. Τα άγανα μπορεί να είναι λεία ή να φέρουν οδοντωτές προεξοχές, γεγονός ανεπιθύμητο εάν ο καρπός προορίζεται για ζωοτροφή. Σε μερικές ποικιλίες το άγανο έχει

αντικατασταθεί από δισχιδές λοφίο. Η λεπίδα είναι λεπτή, αναδιπλώνεται εσωτερικά ακολουθώντας το αυλάκι του καρπού και κάμπτεται εξωτερικά στα άκρα της. Τα αναπαραγωγικά όργανα του άνθους είναι οι τρεις στήμονες και ο ύπερος που αποτελείται από τη μονόχωρη ωοθήκη, τον στύλο και το δισχιδές στίγμα. Στη βάση της ωοθήκης βρίσκονται δύο γλωχίνες.

## **Καρπός**

Ο καρπός του κριθαριού είναι καρύωση, δηλαδή καρπός ξηρός, μονόσπερμος με περικάρπιο περγαμνοειδές που συμφύεται με το σπέρμα. Στον σπόρο του κριθαριού υπάρχει το ραχίδιο, που αποτελεί συνέχεια του άξονα του σταχυδίου, βρίσκεται μέσα στη σχισμή που δημιουργεί η λεπίδα και είναι συνήθως καλυμμένο με μακριές ή κοντές τρίχες. Οι κόκκοι του δίστοιχου κριθαριού παρουσιάζουν ομοιομορφία ως προς το σχήμα, το μέγεθος και τη συμμετρία. Στο εξάστοιχο κριθάρι οι κόκκοι των μεσαίων σταχυδίων είναι συμμετρικοί, ενώ οι κόκκοι των πλαγίων σειρών είναι μικρότεροι και ασύμμετροι (Wringley, 2017). Το σχήμα του σπόρου είναι ατρακτοειδές με αυλάκι στην κοιλιακή όψη. Το μέγεθος του σπόρου ποικίλλει και το βάρος των χιλίων σπόρων κυμαίνεται από 35 έως 55 γραμμάρια. Αποτελείται από το περικάρπιο, το περίβλημα, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το περικάρπιο αποτελείται από στρώματα κυττάρων που προέρχονται από τα τοιχώματα της ωοθήκης, καλύπτει και προστατεύει εξωτερικά τον κόκκο. Το περίβλημα βρίσκεται σε επαφή με το περικάρπιο, περιβάλλει το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο και περιέχει χρωστικές που δίνουν χρώμα στον κόκκο. Το χρώμα της καρύωσης του κριθαριού μπορεί να είναι άσπρο, μαύρο, κόκκινο, πορφυρό ή κυανό. Οι περισσότερες ποικιλίες κριθαριού έχουν σπόρους άσπρου ή κυανού χρώματος. Το ενδοσπέρμιο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του κόκκου και περιέχει αποταμιευτικές ουσίες που χρησιμεύουν στη βλάστηση του σπόρου κατά το φύτεμα και στην ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου. Το έμβρυο βρίσκεται στο οξύ άκρο του σπόρου και αποτελείται από την κοτύλη ή ασπίδιο και τον εμβρυακό άξονα. Το ασπίδιο περιέχει ουσίες που χρησιμοποιούνται από το έμβρυο κατά τη διαδικασία της βλάστησης του σπόρου. Ο άξονας του εμβρύου αποτελείται από το πτερίδιο και το κολεόπτιλο που θα δώσουν το υπέργειο τμήμα του φυτού. Το πτερίδιο περιλαμβάνει τα εμβρυακά φύλλα και τον άξονα του στελέχους που φέρει το κορυφαίο μερίστωμα. Στο αντίθετο άκρο βρίσκεται το ριζίδιο και η κολεόρριζα από όπου θα αναπτυχθεί το υπόγειο τμήμα του φυτού. Στο μέσο βρίσκεται το μεσοκοτύλιο που φέρει τις καταβολές των δευτερογενών εμβρυακών ριζών. Το κολεόπτιλο και η κολεόρριζα είναι προστατευτικοί ιστοί του πτεριδίου και του ριζιδίου, αντίστοιχα.

### **Γυμνοκριθή (*Hordeum vulgare* var. *nudum*)**

Ο κόκκος της γυμνοκριθής έχει ατρακτοειδές σχήμα περισσότερο οξυκατάληκτο από το σχήμα του σιταριού και το έμβρυο είναι τοποθετημένο προς την κοιλιακή πλευρά. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα περιβλήματα του άνθους δεν είναι προσκολλημένα στην καρύωση και απομακρύνονται μετά τον αλωνισμό. Η γυμνοκριθή προτιμάται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

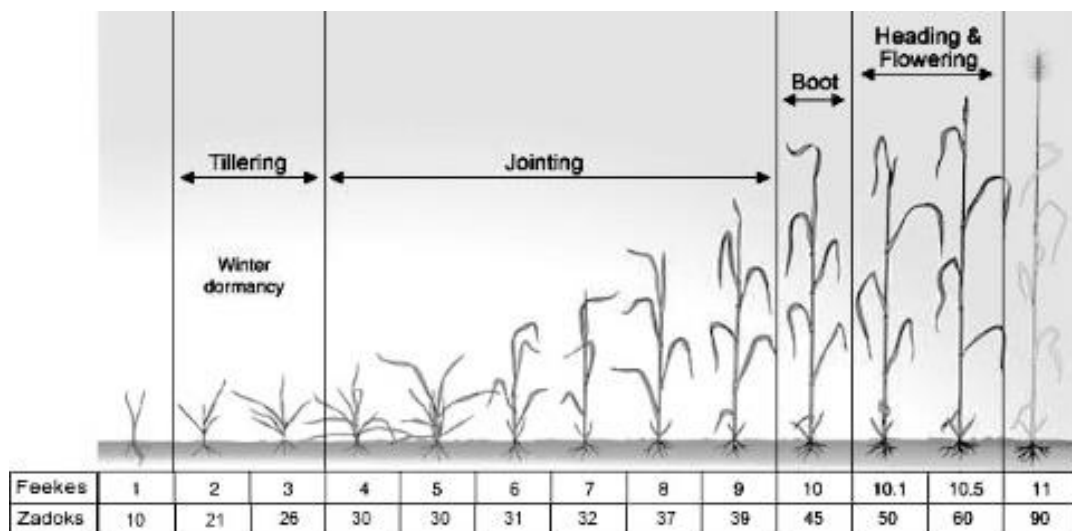
#### **1.1.5 Στάδια ανάπτυξης – Κλίμακες**

Η ανάγκη για ακρίβεια στην αναφορά ενός φαινολογικού σταδίου των σιτηρών οδήγησε τους ερευνητές στη δημιουργία συστημάτων κωδικοποίησης της ανάπτυξης των φυτών. Οι βασικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται είναι τρεις.

Η ποσοτική περιγραφή της ανάπτυξης των σιτηρών ξεκίνησε ήδη από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα αλλά ο Feekes το 1941 όρισε μια κλίμακα η οποία βασίστηκε σε πέντε φαινολογικά στάδια ανάπτυξης. α) Αδέλφωμα, β) Καλάμωμα, γ) Ξεστάχυσμα, δ) Άνθηση και ε) Ωρίμανση. Κάθε ένα στάδιο περιλαμβάνει είκοσι τρεις υποδιαιρέσεις. Έτσι, δημιούργησε μια ποσοτική κλίμακα που περιλαμβάνει όλα τα στάδια ανάπτυξης από την εμφάνιση του πρώτου φύλου έως την οικονομική ωρίμανση του καρπού (Βαχαμίδης, 2013).

Ο Haun το 1973 δημοσίευσε τη νέα κλίμακα. Η κλίμακα του Haun, εστιάζει στην ανάπτυξη του κύριου στελέχους και είναι πιο αναλυτική ως προς την ανάπτυξη των φύλων (Βαχαμίδης, 2013).

Η κλίμακα που χρησιμοποιείται ευρέως για να περιγράψει τα διάφορα στάδια ανάπτυξης των σιτηρών είναι αυτή που ανέπτυξε ο Zadoks το 1974. Αποτελείται από δέκα φαινολογικά στάδια εκ των οποίων κάθε ένα υποδιαιρείται σε δέκα επιμέρους στάδια. Χαρακτηρίζεται δε από την πληρότητά της ως προς την περιγραφή της συνολικής εξωτερικής ανάπτυξης των σιτηρών, από το στάδιο της ενυδάτωσης των σπόρων και την έναρξη της διαδικασίας του φυτρώματος, μέχρι και την πλήρη ωρίμανση των καρπών (Βαχαμίδης, 2013).



Εικόνα 1.4: Τα φαινολογικά στάδια του κριθαριού όπως περιγράφονται στην κλίμακα του Zadoks και του Feekes. (Πηγή ιστότοπος Cornell University).

### 1.1.6 Οικολογική προσαρμοστικότητα

Σύμφωνα με την Παπακώστα - Τασοπούλου (2008), η καλλιέργεια του κριθαριού έχει μεγάλη διάδοση λόγω της ευρείας προσαρμοστικότητάς του. Καλλιεργείται στο μεγαλύτερο εύρος γεωγραφικού πλάτους και υψομέτρου από κάθε άλλη καλλιέργεια. Συγκριτικά με την καλλιέργεια του σιταριού είναι πιο ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες ενώ αντέχει μέχρι και τους  $-30^{\circ}\text{C}$  κάτω από το χιόνι. Οι φθινοπωρινοί τύποι είναι πιο ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες από τους ανοιξιάτικους. Παράλληλα, το κριθάρι παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, σε σχέση με το σιτάρι, σε τέτοιο βαθμό που ποικιλίες θερμών κλιμάτων, όταν πλησιάζουν στην ωρίμανση αντέχουν χωρίς σημαντική επίπτωση στην απόδοση σε θερμοκρασίες έως και  $45^{\circ}\text{C}$ . Οι πρώιμοι βιότυποι του κριθαριού σπέρνονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Σε γενικές γραμμές, το κριθάρι δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε συνθήκες ξηρασίας και προτιμά τις μέτριες βροχοπτώσεις. Ωστόσο, ορισμένες ποικιλίες μπορούν να αξιοποιούν το πρόσθετο νερό προς βελτίωση των αποδόσεών τους, καταφέρνοντας να τις τριπλασιάσουν ή ακόμα και να τις τετραπλασιάσουν. Χάρη σε αυτήν την ιδιότητά του, το κριθάρι καταφέρνει να ωριμάσει νωρίς αποφεύγοντας την καλοκαιρινή ξηρασία. Ως εκ τούτου, η καλλιέργεια του κριθαριού μπορεί να υποκαταστήσει την καλλιέργεια του σιταριού σε εδάφη πτωχά και μέσης γονιμότητας (Σφήκας, 1995).

Όσον αφορά στις εδαφολογικές του απαιτήσεις, το κριθάρι προσαρμόζεται καλύτερα σε βαθιά πηλώδη, γόνιμα, με καλή αποστράγγιση εδάφη και pH 6-8. Ιδανικά, προτιμά μέτριας γονιμότητας εδάφη ενώ σε πολύ πλούσια εδάφη παρατηρείται έντονα το πρόβλημα του πλαγιάσματος των φυτών. Είναι το πιο ανθεκτικό από τα χειμερινά σιτηρά στα άλατα και στα αλκαλικά εδάφη, είναι όμως πολύ ευαίσθητο στα όξινα εδάφη και στην υψηλή εδαφική υγρασία ( Παπακώστα - Τασοπούλου, 2008)

### **1.1.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά στο βυνοποιήσιμο κριθάρι.**

Το δίστιχο κριθάρι αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής βύνης, διότι συνδυάζει τα καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά ώστε η παραγόμενη βύνη να είναι υψηλής ποιότητας. Ως κυριότερο στοιχείο βυνοποίησης είναι η περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη η οποία πρέπει να είναι 9.5-11.5 % (Bertholdsson, 1999, Hu Y, et al., 2021). Σύμφωνα με τον Bertholdsson (1999), δύο σενάρια υπάρχουν για την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Στο πρώτο σενάριο, η ξηρασία πριν από την άνθηση προκαλεί χαμηλή πρόσληψη αζώτου κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου και μειώνει το δυναμικό της απόδοσης. Στη συνέχεια, περισσότερο άζωτο είναι διαθέσιμο κατά τη διάρκεια του γεμίσματος λόγω του μικρού αριθμού σπόρων και η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη αυξάνεται. Στο δεύτερο σενάριο, η υδατική καταπόνηση κατά την όψιμη πλήρωση των σπόρων περιορίζει την μετακίνηση υδατανθράκων στον σπόρο και προκαλεί πρόωρη ωρίμανση και μικρότερη περιεκτικότητα της πρωτεΐνης. Το μέγεθος κόκκων είναι επίσης σημαντικό για την βιομηχανία ζυθοποίησης. Οι βυνοποιοί και οι ζυθοποιοί έχουν από καιρό αναγνωρίσει μια θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους/βάρους του πυρήνα και της απόδοσης του εκχυλίσματος βύνης (Schwarz & Li, 2010). Αυτό είναι κρίσιμο γιατί η ποσότητα του εκχυλίσματος καθορίζει την ποσότητα μπίρας που μπορεί να παραχθεί (Li et al., 2008). Το πάχος του κόκκου υπολογίζεται με το ποσοστό % των κόκκων με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,2mm το οποίο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 90%(Hu Y, et al., 2021). Η ανεπαρκής περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη δημητριακών μπορεί να σχετίζεται με χαμηλή δραστηριότητα σε ένζυμα αποικοδόμησης αμύλου ή μειωμένο σχηματισμό αφρού, γευστικότητα και θρεπτική αξία στην μπίρα, υποδεικνύοντας διπλή επίδραση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στην ποιότητα της βύνης (Wu et al., 2015). Επίσης οι σπόροι πρέπει να έχουν υψηλή φυτρωτική ικανότητα >96% και το ενδοσπέρμιο να είναι αλευρώδες και όχι υαλώδες (Καραμάνος, 1987).

## **1.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ**

### **1.2.1 Σπορά**

Η εποχή σποράς δεν διαφέρει των άλλων χειμερινών σιτηρών, η οποία για τις συνθήκες της Ελλάδας είναι τέλη Οκτωβρίου, στις πιο ψυχρές περιοχές, έως τα μέσα Δεκεμβρίου, στις πιο θερμές. Η πρόιμη σπορά καλό είναι να αποφεύγεται διότι ενισχύει το πλάγιασμα των φυτών (Παπακώστα -Τασοπούλου, 2012). Στη χώρα μας η σπορά συνήθως γίνεται σε γραμμές, με καθορισμένες αποστάσεις που κυμαίνονται από 15-20 cm και ιδανικό βάθος σποράς 2-5cm (Παπακώστα - Τασοπούλου, 2012).

### **1.2.2 Λίπανση**

Η λίπανση στην καλλιεργητική πράξη θεωρείται απαραίτητη για την παραγωγή υψηλής απόδοσης και ποιότητας. Στο βυνοποιήσιμο κριθάρι εφαρμόζονται λιπάνσεις κυρίως αζωτούχων λιπασμάτων, ώστε να έχουμε τις προϋποθέσεις για να επιτευχθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που θέτει η βιομηχανία για την παραγωγή βύνης. Παρακάτω αναφέρονται οι επιδράσεις της λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βυνοποιήσιμου κριθαριού.

#### **1.2.2.1 Επίδραση λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βυνοποιήσιμου κριθαριού**

Το άζωτο είναι το βασικό δομικό συστατικό των πρωτεϊνών και έχει αποδειχθεί ότι τα επίπεδα του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου έχουν μεγάλη επίδραση στη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους του κριθαριού (Eilrich et al., 1973). Όπως αναφέρει η Παπακώστα - Τασοπούλου (2012), η περιεκτικότητα του κόκκου σε πρωτεΐνη επηρεάζεται αρκετά από την υγρασία και το άζωτο του εδάφους, καθώς και από την αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Μεγάλες ποσότητες αζώτου σε υγρά εδάφη αυξάνουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του κόκκου, χαρακτηριστικό ανεπιθύμητο για το βυνοποιήσιμο κριθάρι. Επίσης η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στον καρπό καθορίζεται από τον γενότυπο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το άζωτο, την εδαφική υγρασία και την θερμοκρασία (Johansson et al., 2001). Ο Ζαχαρόπουλος (1987) στη διδακτορική του διατριβή αναφέρει ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας των αζωτούχων λιπασμάτων με το ποσοστό πρωτεΐνης του κόκκου η οποία είναι εντονότερη όσο πιο όψιμα εφαρμόζεται. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αζωτούχος λίπανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποθηκευτικών πρωτεϊνών, άρα και των συνολικών (Killen et al., 1978). Η συγκέντρωση

πρωτεΐνης στους σπόρους δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα του αζώτου στους σπόρους αλλά και από το επίπεδο υδατανθράκων του φυτού, π.χ. από τη σχέση μεταξύ C και N κατά το γέμισμα του κόκκου (Cox et al., 1986). Ο βαρύς κόκκος θα έχει υψηλό ποσοστό αμύλου και επομένως μικρό πρωτεΐνης. Κάθε γονότυπος δεν ανταποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο στην αζωτούχο λίπανση (El-Negoumy et al., 1982). Οι Magliano et al. (2014), έδειξαν επίσης ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των σπόρων προσδιορίστηκε κυρίως από τη σχετική αφθονία του αζώτου σε κάθε περιβάλλον και όχι από το μέγεθος των κόκκων. Η αρνητική επίδραση των πρωτεϊνών οφείλεται στο γεγονός ότι οι ορδεΐνες, οι κύριες πρωτεΐνες αποθήκευσης στους σπόρους κριθαριού, περιβάλλουν τους κόκκους αμύλου, αναστέλλοντας την υδρόλυσή τους κατά τη διαβροχή, το πρώτο βήμα στην κατασκευή της μύρας (Slack et al., 1979). Οι ορδεΐνες ταξινομούνται σε κλάσματα B, C, D και γ. Τα κλάσματα B και C αντιπροσωπεύουν το 70-80% και το 10-20%, αντίστοιχα, της συνολικής περιεκτικότητας σε ορδεΐνη, ενώ οι ομάδες D και γ είναι ποσοτικά δευτερεύοντα συστατικά. Όσον αφορά τη σύνθεσή του, τα κλάσματα B και γ είναι πλούσια σε θείο, τα κλάσματα D έχουν ενδιάμεση περιεκτικότητα σε θείο (S) και τα κλάσματα C είναι φτωχά σε S (Shewry & Tatham, 1990). Οι διαφορές στο εκχύλισμα βύνης από διαφορετικά δείγματα σπόρων δεν μπορούν να εξηγηθούν πλήρως από τις διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και στο μέγεθος των σπόρων. Έχει προταθεί ότι οι παραλλαγές στην ποσότητα και τη σύνθεση των ορδεϊνών θα μπορούσαν να εξηγήσουν τις διακυμάνσεις στο εκχύλισμα βύνης καλύτερα από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κόκκου.

Η επάρκεια φωσφόρου είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξη του κριθαριού, καθώς αυξάνει την αντοχή του στο κρύο, το πάχος κόκκου, το εκχύλισμα βύνης (Kulp & Ponte, 2000).

#### **1.2.2.2 Λιπάσματα με παρεμποδιστές ή βραδείας αποδέσμευσης**

Η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στη γεωργία αποτέλεσε το έναυσμα για την κατακόρυφη αύξηση της παραγωγής των σιτηρών. Έτσι, οι παραγωγοί άρχισαν να χρησιμοποιούν ολοένα και περισσότερα λιπάσματα με βάση το άζωτο για να αυξήσουν περισσότερο την παραγωγή τους. Αυτό είχε και αρνητικές επιδράσεις στην παραγωγική διαδικασία. Η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και η εξάχνωση αέριας αμμωνίας είναι μερικές από τις δυσμενείς επιδράσεις της χρήσης χημικών λιπασμάτων. Για να μειωθεί η απώλεια χημικών στοιχείων και επίσης να έχουμε και μια μείωση στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα είναι απαραίτητη η χρήση χημικών λιπασμάτων με

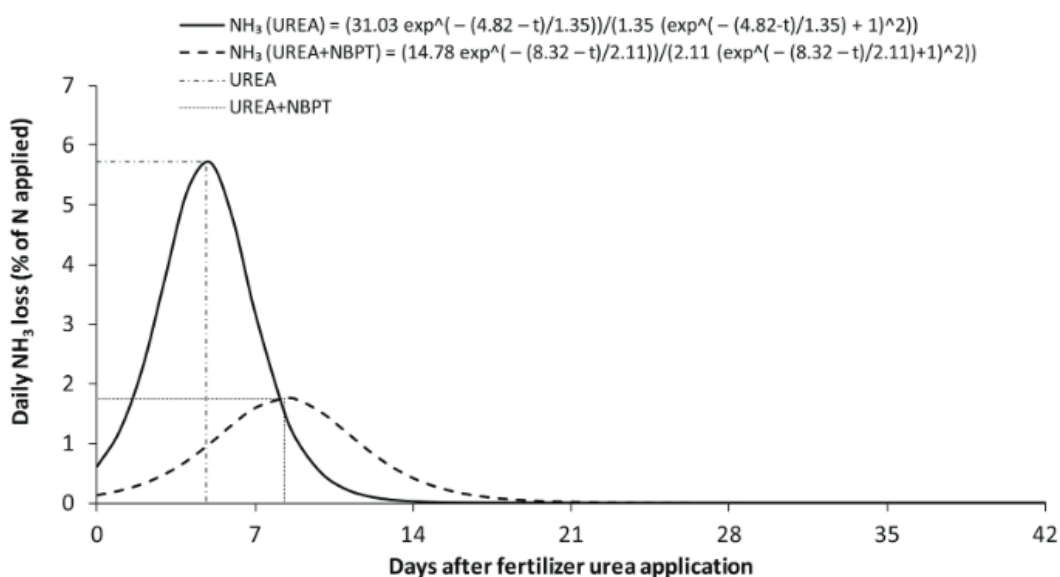
παρεμποδιστές. Η ενσωμάτωση ουσιών, σε μικρές ποσότητες, οι οποίες αναστέλλουν την ανεπιθύμητη αποδόμηση των λιπασμάτων με χημική ή μικροβιακή δράση είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές και οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των λιπασμάτων. Αυτή η κατηγορία λιπασμάτων αναφέρεται ως σταθεροποιημένα ή βιο-τροποποιημένα λιπάσματα (Trenkel, 2010).

Οι αναστολείς νιτροποίησης και οι αναστολείς ουρεάσης χρησιμοποιούνται συχνά στα λιπάσματα. Οι αναστολείς ουρεάσης αναστέλλουν την υδρόλυση ουρίας, ενώ οι αναστολείς νιτροποίησης αναστέλλουν τη βιολογική οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό άζωτο (Trenkel, 2010).

### **Αναστολείς ουρεάσης**

Η ουρία [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] είναι το πιο χρησιμοποιούμενο λίπασμα N παγκοσμίως (Heffer & Prud'homme, 2015), παρουσιάζοντας πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα κοινά λιπάσματα με βάση το N, όπως υψηλή περιεκτικότητα σε N (46% N), σχετικά χαμηλό κόστος ανά μονάδα N, διαθεσιμότητα στις περισσότερες αγορές, υψηλή διαλυτότητα, συμβατή με τα περισσότερα λιπάσματα, υψηλή πρόσληψη φυλλώματος, άμεση διαθέσιμη στα φυτά και χαμηλή οξίνιση του εδάφους (Cantarella et al., 2008). Ωστόσο, έχει αρνητικά αποτελέσματα όπως υψηλή υγροσκοπικότητα και υψηλή πιθανότητα για απώλειες εξάτμισης  $\text{NH}_3$  (Costa et al., 2003; Cantarella et al., 2008; Chien et al., 2009), ειδικά όταν εφαρμόζεται στην επιφάνεια του εδάφους ή υπολείμματα καλλιεργειών (Sangoi et al., 2003). Σύμφωνα με τους Martens και Bremner (1989), οι απώλειες  $\text{NH}_3$  συσχετίζονται αρνητικά με την περιεκτικότητα σε ιλύ, άργιλο και το κλάσμα της οργανικής ύλης του εδάφους (SOM) και συσχετίζονται θετικά με την περιεκτικότητα σε άμμο και το pH του εδάφους. Οι Black et al. (1985) βρήκαν επίσης θετική συσχέτιση μεταξύ των απωλειών  $\text{NH}_3$  και των ρυθμών ουρίας-N που εφαρμόστηκαν. Οι απώλειες  $\text{NH}_3$  είναι υψηλότερες στα συστήματα ακατεργασίας από τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας λόγω της υψηλότερης δραστηριότητας του ενζύμου ουρεάσης σε συστήματα ακατεργασίας (Lara Cabezas et al., 1997· Okumura & Mariano, 2012). Το ένζυμο ουρεάσης παράγεται από μικρόβια και φυτά του εδάφους (Kot et al., 2001). Έτσι, η αύξηση της περιεκτικότητας σε φυτικά υπολείμματα, όπως και στο σύστημα ακατεργασίας, αυξάνει την περιεκτικότητα και τη δραστηριότητα της ουρεάσης στο σύστημα. Τα υπολείμματα των καλλιεργειών μειώνουν επίσης την επαφή της ουρίας με το έδαφος (Sangoi et al., 2003; Da Ros et al., 2005; Okumura and Mariano, 2012), μειώνοντας την

προσρόφηση  $\text{NH}_4^+$  στις θέσεις ανταλλαγής κατιόντων των κολλοειδών του εδάφους και δυνητικά αυξάνοντας τις απώλειες  $\text{NH}_3$ . Μια προσέγγιση για τον μετριασμό των απωλειών  $\text{NH}_3$  από την ουρία είναι η επένδυση της ουρίας με έναν αναστολέα ουρεάσης, από τον οποίο το NBPT είναι η πιο μελετημένη και χρησιμοποιούμενη ένωση (Carmona et al., 1990; Gioacchini et al., 2002; Chien et al., 2009, 2014· Watson et al., 2009· Upadhyay, 2012· Halvorson et al., 2013· Singh et al., 2013). Υπό αερόβιες συνθήκες, το NBPT μετατρέπεται γρήγορα σε NBPTο, στο έδαφος (McCarty et al., 1989; Creason et al., 1990; Hendrickson and Douglass, 1993). Στη συνέχεια, το NBPTο σχηματίζει έναν τριαδικό δεσμό με την ενεργή θέση του ενζύμου ουρεάσης (Manunza et al., 1999), μειώνοντας τον συνολικό ρυθμό υδρόλυσης της ουρίας στο έδαφος και, κατά συνέπεια, τη δυνατότητα για απώλειες  $\text{NH}_3$  (Engel et al., 2011, 2013 ).



**Εικόνα 1.5:** Ημερήσια απώλεια  $\text{NH}_3$  σε εφαρμογή απλής ουρίας και με παρεμποδιστή ουρεάσης NBPT. (πηγή: SILVA, Aijânio GB, et al. Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, 2017, 109.1: 1-13.)

Από τις συνολικές απώλειες  $\text{NH}_3$  που παρατηρήθηκαν, το 50% εμφανίστηκε μετά από 4,8 (U) ή 8,3 (NBPT-U) ημέρες μετά την εφαρμογή λιπάσματος (SILVA et al. 2017) (Εικόνα 1.5). Επίσης έδειξαν ότι δεν υπήρχε επίδραση της κατηγορίας υφής του εδάφους, της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία ή της συγκέντρωσης NBPT στη μείωση των απωλειών εξάτμισης που προωθεί η χρήση NBPT. Μεγαλύτερες μειώσεις στην απώλεια παρατηρήθηκαν σε εδάφη με pH που

κυμαίνεται από 6,5 έως 7,5 (μείωση 67,5%) από ότι σε όξινα ( $\text{pH} < 5,5$ ) ή αλκαλικά ( $\text{pH} > 7,5$ ) εδάφη (SILVA et al., 2017).

### **Αναστολείς νιτροποίησης**

Η έκπλυση νιτρικών ιόντων  $\text{NO}_3$  από το έδαφος και η εκπομπή οξυδίων του αζώτου  $\text{N}_2\text{O}$  είναι διεργασίες που ευθύνονται τόσο για τις απώλειες N από γεωργικά εδάφη όσο και για τη ρύπανση του περιβάλλοντος (Harrison, 2001), (McGeough et al., 2016). Πέρα από την ένταση που επιφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το  $\text{N}_2\text{O}$  είναι επίσης μια σημαντική ουσία που καταστρέφει το όζον που εμπλέκεται στην καταστροφή του προστατευτικού στρώματος του όζοντος στη στρατόσφαιρα (Ravishankara et al., 2009).

Η εφαρμογή του N στα εδάφη ως χημικά ή οργανικά λιπάσματα διεγείρει τις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ), κυρίως μέσω των διαδικασιών απονιτροποίησης και νιτροποίησης (Hu et al., 2015) (Zhang et al., 2015). Η νιτροποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία κατά την οποία το αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ) οξειδώνεται πρώτα σε νιτρώδη ( $\text{NO}_2^-$ ) και στη συνέχεια νιτρικά ( $\text{NO}_3^-$ ) (Gilsanz, et al., 2016), και παίζει βασικό ρόλο στον κύκλο N του εδάφους. Κατά την οξείδωση του  $\text{NH}_4^+$  σε  $\text{NO}_2^-$ , το  $\text{N}_2\text{O}$  μπορεί να παραχθεί ως ενδιάμεσο και να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα (Gilsanz et al., 2016). Η απονιτροποίηση είναι μια αναερόβια μικροβιακή διεργασία κατά την οποία ο οργανικός άνθρακας χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας και το  $\text{NO}_3^-$  ανάγεται σε αέριες ενώσεις N, συμπεριλαμβανομένων των  $\text{N}_2$  και  $\text{N}_2\text{O}$  (Volpi, et al., 2017).

Οι αναστολείς νιτροποίησης (NIs) χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της απόδοσης των λιπασμάτων N μέσω της μείωσης τόσο της έκπλυσης  $\text{NO}_3^-$  όσο και των εκπομπών αερίου N (Volpi et al., 2017) (Boeckx, 2005). Τα NIs μπορούν να επιβραδύνουν τον ρυθμό νιτροποίησης του εδάφους απενεργοποιώντας το ένζυμο μονοοξυγενάση της αμμωνίας (AMO) που είναι υπεύθυνο για την κατάλυση της οξείδωσης της αμμωνίας, το πρώτο και περιοριστικό βήμα της νιτροποίησης. Καθώς το  $\text{NO}_3^-$  είναι το αρχικό απαιτούμενο υπόστρωμα για την απονιτροποίηση, η χρήση NIs μειώνει τις εκπομπές  $\text{N}_2\text{O}$  και από τις δύο διαδικασίες (νιτροποίηση και απονιτροποίηση) (Gilsanz, et al., 2016).

Η παραγωγή  $\text{N}_2\text{O}$ , και με τη σειρά της η εκπομπή  $\text{CO}_2$ , στο έδαφος και η αναστολή της από NIs είναι πολύπλοκες διαδικασίες, οι οποίες μπορούν να επηρεαστούν από διαφορετικούς παράγοντες όπως τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Οι αναστολείς νιτροποίησης που υπάρχουν στο εμπόριο είναι οι εξής:

**α) 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP)**

ανήκει σε ετεροκυκλικές ενώσεις N με δύο παρακείμενα άτομα N, αναφέρεται σε χημικές ενώσεις χαλκού. Το DMPP, χρησιμοποιήθηκε εντατικά και δοκιμάστηκε στη γεωργία τις τελευταίες δεκαετίες και έχει επιβεβαιωθεί ως περιβαλλοντικά ασφαλές από τοξικολογικές και οικοτοξικολογικές δοκιμές (Andreae, 1999; Roll, 1999). Επιπλέον, δεν εντοπίστηκαν αρνητικές επιπτώσεις στα καλλιεργούμενα φυτά (Zerulla et al., 2001). Έτσι, το DMPP αποδείχθηκε ως κατάλληλος αναστολέας νιτροποίησης, ο οποίος βελτιώνει τις οικονομικές και οικολογικές απαιτήσεις μειώνοντας έντονα τις απώλειες έκλυσης  $\text{NO}_3$  και τις εκπομπές  $\text{N}_2\text{O}$  από ανόργανα λιπάσματα με συνέπεια τη βελτίωση της απόδοσης βιομάζας και σιτηρών (Subbarao et al., 2006; Weiske et al., 2001).

**β) 3,4-dimethylpyrazole succinic (DMPSA)**

Η δραστική μείωση της αποτελεσματικής αναστολής με την αύξηση των θερμοκρασιών του εδάφους καταδεικνύει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης των αναστολέων νιτροποίησης κάνοντάς τους πιο επίμονους. Ο αναστολέας νιτροποίησης DMPSA αναπτύχθηκε για να συνδυάσει το γενικά γνωστό ανασταλτικό αποτέλεσμα του DMP με τη συμπεριφορά απελευθέρωσης του οργανικού οξέος ηλεκτρικό οξύ. Επομένως, πρέπει να προηγηθεί μια μικροβιακή αποικοδόμηση του ηλεκτρικού οξέος πριν από την απελευθέρωση της δραστικής ανασταλτικής ουσίας και θα πρέπει να οδηγήσει σε καθυστερημένη και παρατεταμένη ανασταλτική δράση (Pacholski et al., 2016). Λόγω του γεγονότος ότι η αντιδραστική ένωση αυτού του αναστολέα νιτροποίησης είναι παρόμοια με το DMPP, μπορεί να υποτεθεί ότι και οι δύο εμφανίζουν τον ίδιο τρόπο δράσης.

**γ) Nitrapyrin**

Η Νιτραπυρίνη είναι μια υποκατεστημένη ετεροκυκλική ένωση N η οποία είναι πολύ διαλυτή σε οργανικούς διαλύτες (McCarty & Bremner, 1989). Θεωρείται ότι ο κύριος τρόπος αναστολής AMO είναι η Cu-χηλική επίδραση αυτής της ενεργού ένωσης και προκαλείται από το χλωριούχο  $\text{Cl}^-$  (χλωριούχο) και τη  $\text{CCL}_3^-$  ομάδα η οποία αντικαθίσταται στο άτομο C που προσδένεται στο άτομο N του δακτυλίου. Ωστόσο, οι Vannelli και Hooper παρατήρησαν μια μη ανταγωνιστική καθώς και μια φαινομενικά αδύναμη αναστολή στον μηχανισμό του AMO από τη Νιτραπυρίνη. Έτσι, μια αυστηρή ταξινόμηση της νιτραπυρίνης σε μία μόνο ομάδα ανασταλτικού μηχανισμού

είναι ανέφικτη. Λόγω της σχετικά υψηλής τάσης ατμών, απαιτείται ενσωμάτωση σε βάθος εδάφους 5 έως 10 cm για να αποφευχθεί η εξάτμιση αυτού του αντιδραστικού υποστρώματος (Subbarao et al., 2006). Επιπλέον, η απελευθέρωση της νιτραπυρίνης στο περιβάλλον ήταν πολύ συζητήσιμη λόγω του ότι ανήκει στις οργανικές ενώσεις χλωρίου (Zerulla et al., 2001). Ο Trenkel (1997) επιβεβαίωσε ένα διαφορετικό τοξικολογικό πρόβλημα και αναφέρθηκε σε διαβρωτικές και εκρηκτικές ιδιότητες της νιτραπυρίνης.

#### **δ) Dicyandiamide (DCD)**

Η δραστική ένωση DCD ανιχνεύθηκε ως αναστολέας νιτροποίησης στις αρχές της δεκαετίας του 1920 (Prasad et al., 1971). Ο κυρίως ανασταλτικός μηχανισμός του DCD είναι η επίδραση της χηλικής ένωσης χαλκού. Με αυτόν τον τρόπο, το DCD έχει συγκεκριμένη βακτηριοστατική και καμία βακτηριοκτόνο επίδραση στο *Nitrosomonas*, που σημαίνει ότι το DCD καταστέλλει μόνο τη βιολογική δραστηριότητα, ούτε σκοτώνει βακτήρια ούτε έχει γενική ανασταλτική επίδραση στη βιολογική δραστηριότητα, εξαιρουμένης της νιτροποίησης (Amberger, 1989, 1986). Η υποβάθμιση και η αποδοτικότητα του DCD εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, την υφή, το pH και την ποσότητα οργανικής ουσίας του εδάφους.

### **1.2.3 Χρήση βιοδιεγερτών**

Βιοδιεγέρτης καλείται κάθε ουσία ή μικροοργανισμός που εφαρμόζεται στα φυτά με στόχο να προάγει τη λήψη θρεπτικών ουσιών, την αντοχή στην καταπόνηση από αβιοτικούς παράγοντες και/ή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, ανεξάρτητα από το θρεπτικό περιεχόμενό του. (Du Jardin, 2015). Αναλόγως της προέλευσής τους, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Χουμικά και φουλβικά οξέα
2. Αζωτούχες ενώσεις πρωτεϊνικής φύσεως
3. Εκχυλίσματα θαλασσίων φυκών
4. Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή
5. Ανόργανες ενώσεις (άλατα)
6. Ωφέλιμοι μύκητες
7. Ωφέλιμα βακτήρια (Du Jardin, 2015)

Τι διακρίνει όμως τους βιοδιεγέρτες από τις παραδοσιακές εισροές καλλιέργειας;

Οι βιοδιεγέρτες λειτουργούν με διαφορετικούς μηχανισμούς από τα λιπάσματα, ανεξάρτητα από την παρουσία θρεπτικών συστατικών σε αυτούς. Επιπλέον, διαφέρουν από τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, επειδή επεμβαίνουν μόνο στην ισχύ των φυτών, χωρίς να έχουν άμεσες ενέργειες κατά ζωικών εχθρών και ασθενειών. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών σε καλλιέργειες λαχανικών και ανθοκομικών φυτών επιτρέπει υψηλότερα επίπεδα βιωσιμότητας με τη μείωση λιπασμάτων και της μόλυνσης του περιβάλλοντος και, ταυτόχρονα, αυξάνει την ανοχή των φυτών σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις ενισχύοντας την εσωτερική και εξωτερική ποιότητα (Bulgari et al., 2015).

Μεταξύ των διαφόρων τύπων βιοδιεγερτών, το εκχύλισμα φυκιών χρησιμοποιείται ευρέως και περιλαμβάνει κόκκινα, πράσινα και καφέ μακροφύκη. Τα φύκια αντιπροσωπεύουν το 10% της παγκόσμιας συνολικής θαλάσσιας παραγωγικότητας, που περιλαμβάνει περίπου 10.000 είδη (Battacharyya et al., 2015). Οι ευεργετικές επιδράσεις των βιοδιεγερτών στα φυτά μπορούν να αποδοθούν σε μηχανισμούς άμεσης και έμμεσης διέγερσης (Rouphael et al., 2018). Οι Khan et al. και Battacharyya et al. ανέφεραν την ικανότητα του εκχυλίσματος φυκιών να αυξάνει την ανοχή στο αβιοτικό και βιοτικό στρες, να αυξάνει την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών, να βελτιώνει την ανάπτυξη των καλλιεργειών, τη φωτοσύνθεση, την απόδοση και την ποιότητα. Τα εκχυλίσματα φυκιών έχουν βρει ευρεία χρήση στην γεωργία ως βιοδιεγέρτες φυτών, αλλά δεν έχει διεξαχθεί μεγάλη έρευνα σχετικά με την εφαρμογή τους στα δημητριακά και συγκεκριμένα στο κριθάρι βυνοποίησης. Η εφαρμογή εκχυλίσματος φυκιών αυξάνει την απόδοση του κριθαριού, καθώς και τη μείωση της περιεκτικότητας των κόκκων σε άζωτο (Featonby-Smith & Van Staden, 1987; Matysiak, et al., 2006). Επιπλέον, επιτόπιες μελέτες έχουν δείξει ότι η εφαρμογή ενός εκχυλίσματος φυκιών αυξάνει την αντοχή στον παγετό του χειμερινού κριθαριού (Burchett et al., 1998), καθώς και την ανοχή στην αλατότητα του εδάφους.

Η εντατική γεωργική παραγωγή χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες ορυκτών λιπασμάτων αζώτου (N) που εφαρμόζονται στο έδαφος για να εξασφαλίσουν υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών. Δυστυχώς, έως και το 65% αυτού του λιπάσματος N δεν απορροφάται από τις καλλιέργειες και χάνεται στο περιβάλλον. Για να αντισταθμιστούν αυτά τα ζητήματα, οι καλλιεργητές συνήθως εφαρμόζουν περισσότερα λιπάσματα από αυτά που πραγματικά χρειάζονται οι καλλιέργειες, συμβάλλοντας σημαντικά στη ρύπανση με N και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Προκειμένου να καταπολεμηθεί η ανάγκη για τόσο μεγάλες εισροές N, απαιτείται καλύτερη

κατανόηση της αποδοτικότητας χρήσης αζώτου και των αγρονομικών λύσεων που αυξάνουν την αποδοτικότητα χρήσης αζώτου στις καλλιέργειες. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών που προέρχονται από εκχυλίσματα του καφέ φυκιού *Ascophyllum nodosum* έχει γίνει αποδεκτή από καιρό από τους καλλιεργητές ως βιώσιμη εισροή φυτικής παραγωγής. Ωστόσο, λίγα είναι γνωστά για το πώς τα εκχυλίσματα *Ascophyllum nodosum* (ANEs) μπορούν να επηρεάσουν τους μηχανισμούς πρόσληψης και αφομοίωσης του N στις καλλιέργειες για να επιτρέψουν τη μειωμένη εφαρμογή του N. Οι Cozzolino et al. (2021) αναφέρουν ότι είναι δυνατή μια σημαντική μείωση της δόσης αζώτου (περίπου 35% σε σχέση με την υπολογιζόμενη δόση που αντιστοιχεί σε 6 kg ανά στρέμμα, σε συνδυασμό με την εφαρμογή ενός βιοδιεγέρτη φυτικής προέλευσης, ειδικά εκχυλίσματος φυκιών, το οποίο επιφέρει μια βελτίωση στην αποδοτικότητα χρήσης αζώτου, εξασφαλίζοντας υψηλή παραγωγή και χαμηλότερες εισροές λίπανσης. Επίσης, σύμφωνα με τους Goni et al. (2021), η επέμβαση με βιοδιεγέρτη, που προέρχεται από εκχύλισμα φυκών *Ascophyllum Nodosum*, σε κόκκους αζωτούχου λιπάσματος αύξησε την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου σε καλλιέργεια κριθαριού και επέτρεψε την μείωση της αζωτούχου λίπανσης κατά 27%.

Η χρήση βιοδιεγερτών στη γεωργία μπορεί να αποτελέσει μέρος της λύσης για την επιτυχή εφαρμογή πολιτικών μετριασμού της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη χρήση λιπασμάτων N.

Τα εκχυλίσματα φυκιών έχουν χρησιμοποιηθεί για δεκαετίες στη γεωργία ως βιοδιεγερτικά για την προώθηση της ανάπτυξης των φυτών και την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Όταν εφαρμόζονται σε μικρές ποσότητες, τα ευεργετικά αποτελέσματα των εκχυλισμάτων φυκιών στην ανάπτυξη των καλλιεργειών έχουν αποδοθεί σε ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών, και πιθανώς σε μικροθρεπτικά συστατικά, που διεγείρουν την ανάπτυξη των ριζών, την πρόσληψη μετάλλων, τη φωτοσυνθετική ικανότητα και την ανοχή στο στρες (Khan et al., 2009).

Όσον αφορά στην πρόσληψη μετάλλων, ο τρόπος δράσης στο σιτάρι και το κριθάρι πιστεύεται ότι εμπλέκει κυτοκινίνες ή μόρια που μοιάζουν με κυτοκινίνη που ρυθμίζουν τον αριθμό των σταχυδιών και των ανθέων μέσω της κινητοποίησης των θρεπτικών ουσιών στα αναπαραγωγικά όργανα (Featonby-Smith & Van Staden, 1987; Beckett & Van Staden, 1989).

Οι αυξήσεις απόδοσης που προκλήθηκαν από την εφαρμογή εκχυλίσματος φυκιών *Ascophyllum nodosum* ήταν της τάξης του 25 % και συγκρίσιμες με αυτές που προέκυψαν από τη βέλτιστη παροχή νερού (29 % αύξηση σε σχέση με μειωμένη παροχή νερού) (Stamatiadis et al., 2015).

Τα μη επεξεργασμένα φύκια και τα εκχυλίσματά τους μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών έμμεσα επηρεάζοντας τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, δρώντας ως χηλικοί παράγοντες και τροποποιώντας τη μικροχλωρίδα του εδάφους, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της υφής του εδάφους, την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη συνολική υγεία του εδάφους (Khan et al., 2009 )

Τα άμεσα ωφέλη των εφαρμογών φυκιών στα φυτά είναι ο αυξημένος ρυθμός βλάστησης, η ενισχυμένη ανάπτυξη ριζών, η επιπλέον βιομάζα, η βελτιωμένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών συστατικών, η πρόωγη ανθοφορία, η καθυστερημένη γήρανση, η αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη φλαβονοειδή και θρεπτικά συστατικά. Επιπλέον η βελτιωμένη ανοχή σε αβιοτική (ξηρασία, αλατότητα και παγετό) και βιοτική (νηματώδεις, μύκητες, ιούς, βακτήρια και έντομα) καταπόνηση, η ανώτερη απόδοση σε καρπό και η βελτιωμένη ποιότητα μετά τη συγκομιδή (Khan et al., 2009).

Γνωστές βιοδραστικές ενώσεις στα εκχυλίσματα φυκιών *Ascophyllum nodosum* περιλαμβάνουν πολύ και ολιγοσακχαρίτες που απουσιάζουν στα φυτά, συμπεριλαμβανομένων των λαμιναρών, φουκανών και αλγινικών, βεταΐνες, στερόλες, βιταμίνες, αμινοξέα, μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά, φυτοορμόνες, όπως το αμπισικό οξύ, οι κυτοκινίνες και οι αυξίνες και μη αναγνωρισμένες ενώσεις με ορμονικές δραστηριότητες (Khan et al., 2009).

#### **1.2.3.1 Πλεονεκτήματα *Ascophyllum nodosum* έναντι άλλων βιοδιεγερτών.**

Οι βιοδιεγέρτες που προέρχονται από φύκια, και ιδίως το εκχύλισμα *Ascophyllum nodosum* (ANE), προσφέρουν διακριτά πλεονεκτήματα έναντι άλλων αβιοτικών βιοδιεγερτών. Αρχικά το ANE είναι πλούσιο σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως αλγινικά άλατα, φουκοϊδάνες, λαμιναρίνες, φυτοορμόνες (όπως αυξίνες, κυτοκινίνες και γιββερελλίνες), πολυφαινόλες και διάφορα μικροθρεπτικά συστατικά. Αυτές οι βιοδραστικές ενώσεις έχουν συνεργιστική επίδραση στη φυσιολογία των φυτών, προωθώντας την ανάπτυξη και ενισχύοντας την ανθεκτικότητα στο στρες. Σε σύγκριση με άλλους αβιοτικούς βιοδιεγέρτες, όπως τα χουμικά οξέα ή τα υδρολυτικά πρωτεϊνών, τα οποία μπορεί να προσφέρουν περιορισμένα ή πιο συγκεκριμένα οφέλη, το ANE παρέχει ένα πιο ολοκληρωμένο φάσμα μορίων που προάγουν την ανάπτυξη. Οι ενώσεις αυτές διαδραματίζουν κρίσιμους ρόλους στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, την ανάπτυξη της

ρίζας και τον μετριασμό του στρες, καθιστώντας το ANE πιο ευέλικτο από άλλους αβιοτικούς βιοδιεγέρτες (Shukla et al., 2019).

Ταυτόχρονα, σημαντικό πλεονέκτημα του εκχυλίσματος *Ascophyllum nodosum* είναι η ικανότητά του να ενισχύει την ανοχή ενός φυτού σε αβιοτικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία, η αλατότητα και οι ακραίες θερμοκρασίες. Η σύνθετη σύνθεση του ANE, ιδιαίτερα η παρουσία οσμοπροστατευτικών ουσιών όπως οι βεταΐνες και οι πολυφαινόλες, συμβάλλει στη σταθεροποίηση των κυτταρικών δομών και των πρωτεϊνών σε συνθήκες στρες. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα φυτά που έχουν υποστεί επεξεργασία με ANE παρουσιάζουν μειωμένη οξειδωτική βλάβη και βελτιωμένη αποδοτικότητα χρήσης νερού σε σύγκριση με εκείνα που έχουν υποστεί επεξεργασία με άλλους βιοδιεγέρτες (Craigie, 2011). Αντίθετα, οι αβιοτικοί βιοδιεγέρτες όπως τα χουμικά οξέα μπορεί να μην προσφέρουν το ίδιο επίπεδο ολοκληρωμένης προστασίας, εστιάζοντας περισσότερο στη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους παρά στην άμεση ενίσχυση της ανθεκτικότητας των φυτών στο στρες.

Επιπρόσθετα, μία από τις πρωταρχικές επιδράσεις του ANE είναι η θετική επίδρασή του στην αρχιτεκτονική των ριζών. Το εκχύλισμα διεγείρει την επιμήκυνση και τη διακλάδωση των ριζών, αυξάνοντας την ικανότητα του φυτού να έχει πρόσβαση σε νερό και θρεπτικά συστατικά. Αυτό αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στις φυτοορμόνες, ιδιαίτερα στις κυτοκίνινες και τις αυξίνες, που περιέχονται στο εκχύλισμα, οι οποίες ρυθμίζουν την αύξηση και την ανάπτυξη των ριζών (Khan et al., 2009). Συγκριτικά, άλλους αβιοτικούς βιοδιεγέρτες, όπως τα υδρολυτικά πρωτεϊνών, μπορεί να ενισχύουν σε κάποιο βαθμό την ανάπτυξη της ρίζας, αλλά δεν διαθέτουν την πολύπλοκη ορμονική αλληλεπίδραση που παρέχει το ANE, με αποτέλεσμα λιγότερο έντονες επιδράσεις στην αρχιτεκτονική της ρίζας.

Συμπληρωματικά, η αποτελεσματικότητα του ANE ενισχύεται περαιτέρω από τη βιωσιμότητά του. Η συγκομιδή του *Ascophyllum nodosum* είναι μια διαδικασία με σχετικά χαμηλό αντίκτυπο και η χρήση του ως βιοδιεγέρτη μειώνει την ανάγκη για χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα, συμβάλλοντας σε πιο βιώσιμες γεωργικές πρακτικές. Επιπλέον, το ANE μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργειών και καλλιεργητικών συνθηκών, καθιστώντας το πιο ευέλικτο από άλλους βιοδιεγέρτες που μπορεί να είναι πιο εξειδικευμένοι για συγκεκριμένες καλλιέργειες ή να εξαρτώνται από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (Stirk & Van Staden, 2010).

Τέλος, ο πιο αξιοσημείωτος λόγος για την υπεροχή του ANE έναντι άλλων αβιοτικών βιοδιεγερτών είναι η ικανότητά του να λειτουργεί συνεργιστικά με άλλες γεωργικές εισροές. Μελέτες έχουν δείξει ότι ο συνδυασμός του ANE με λιπάσματα ή φυτοφάρμακα μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα αυτών των προϊόντων, επιτρέποντας συχνά μειωμένες δόσεις εφαρμογής. Αυτό μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ παράλληλα διατηρεί ή βελτιώνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών (Craigie, 2011). Άλλοι αβιοτικοί βιοδιεγέρτες δεν προσφέρουν σταθερά τέτοια συνεργιστικά αποτελέσματα, καθιστώντας τα λιγότερο ευέλικτα σε συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης καλλιεργειών.

Συμπερασματικά, το εκχύλισμα *Ascophyllum nodosum* ξεχωρίζει μεταξύ των αβιοτικών βιοδιεγερτών λόγω της μοναδικής του σύνθεσης, η οποία περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα βιοδραστικών ενώσεων, της ικανότητάς του να ενισχύει την ανοχή στην καταπόνηση, να βελτιώνει την αρχιτεκτονική των ριζών και της περιβαλλοντικής του βιωσιμότητας. Η ευελιξία του σε διάφορες καλλιέργειες και συνθήκες, σε συνδυασμό με τα συνεργιστικά του αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται παράλληλα με τις συμβατικές γεωργικές εισροές, το καθιστά ένα πιο αποτελεσματικό και πολύτιμο εργαλείο για τη σύγχρονη, βιώσιμη γεωργία σε σύγκριση με άλλους αβιοτικούς βιοδιεγέρτες.

#### **1.2.4 Έλεγχος ζιζανίων**

Με τον όρο ζιζάνιο εννοούμε κάθε φυτικό είδος που δεν καλλιεργείται και αναπτύσσεται σε περιβάλλον που δεν είναι επιθυμητό. Τα ζιζάνια είναι από τους παράγοντες που μειώνουν την παραγωγή και την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων οπότε η διαχείρισή τους είναι επιτακτική. Η χρήση ζιζανιοκτόνων είναι οικονομική και εύκολη μέθοδος για τον έλεγχο των ζιζανίων στο κριθάρι σε σύγκριση με εναλλακτικές τεχνικές διαχείρισης ζιζανίων. Ωστόσο, η συχνή χρήση τους ασκεί αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και έχει ως αποτέλεσμα την εξέλιξη ειδών ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα. Για τους λόγους αυτούς απαιτούνται εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης ζιζανίων που είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.. Η καλύτερη επίτευξη της απόδοσης των σιτηρών δεν είναι δυνατή χωρίς την κατάλληλη διαχείριση των ζιζανίων στην καλλιέργεια, επειδή τα ζιζάνια ανταγωνίζονται την καλλιέργεια για θρεπτικά συστατικά, νερό, χώρο και ηλιακό φως είτε μέσω της έκκρισης αλληλοχημικών ουσιών, που επηρεάζουν αρνητικά τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη

των καλλιεργειών (Farooq et al., 2020). Ο έλεγχος των ζιζανίων παίζει ενεργό ρόλο στην αύξηση της απόδοσης των σιτηρών, καθώς τα ζιζάνια προκαλούν μεγάλη απώλεια έως και 48,9% στην απόδοση (Metwally et al., 2000). Όλο και πιο συχνά, ο κύριος στόχος της διαχείρισης ζιζανίων είναι η διατήρηση της προσβολής των ζιζανίων σε αποδεκτό επίπεδο (Kaczmarek & Matysiak 2015). Σύμφωνα με την τελευταία τάση διαχείρισης των ζιζανίων, που στοχεύει στην ολοένα και μικρότερη χρήση ζιζανιοκτόνων, η έρευνα προσανατολίζεται σε εναλλακτικούς τρόπους ώστε να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των ζιζανίων. Μία απ' αυτές είναι η τακτική της ψευδοσποράς. Η ψευδοσπορά έχει δείξει μεγάλες δυνατότητες ως πρακτική διαχείρισης ζιζανίων σε χειμερινές καλλιέργειες όπως το κριθάρι ειδικά όταν συνδυάζεται με χημικό έλεγχο μετά το φύτευμα (Kanas et al., 2020). Η ψευδοσπορά βασίζεται σε μια επιφανειακή κατεργασία του εδάφους σε βάθος μικρότερο από αυτό που θα φέρει στην επιφάνεια νέους σπόρους ζιζανίων. Τα χημικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα στην ευρωπαϊκή ένωση θα πρέπει να μειωθούν κατά 50% μέχρι το 2030 οπότε ο συνδυασμός παραδοσιακών μεθόδων φυτοπροστασίας και εναλλακτικών τρόπων αντιμετώπισης είναι αναγκαίος. Έτσι, η έρευνα προσανατολίζεται στο πώς θα μειωθούν τα χημικά σκευάσματα. Οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη βελτιστοποίηση των δόσεων ζιζανιοκτόνου είναι: η χλωρίδα και το στάδιο ανάπτυξης των ζιζανίων, η ανταγωνιστικότητα της καλλιέργειας, οι κλιματικές συνθήκες, η τεχνική εφαρμογής, η σύνθεση/επικουρικό και ο συνδυασμός με άλλα φυτοφάρμακα (Kudsk, 2008) και τα χρησιμοποιούμενα συστήματα άρσης (Young & Thorne, 2004). Σύμφωνα με τον Domaradzki (2003), κάτω από βέλτιστες καιρικές και εδαφικές συνθήκες, ο έλεγχος των ζιζανίων μπορεί να επιτευχθεί ως αποτέλεσμα της εφαρμογής χαμηλότερης από τη συνιστώμενη δόση ζιζανιοκτόνου. Αλλά οι Medd et al. (2001) δήλωσαν ότι υπό λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες, θα απαιτηθεί υψηλότερη δόση από τη συνιστώμενη, και υπό δυσμενείς συνθήκες, ακόμη και οι υψηλότερες δόσεις ζιζανιοκτόνου ενδέχεται να εξακολουθούν να δίνουν μη ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα είναι ένα σοβαρό ζήτημα που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα και τον αγροτικό κόσμο. Σύμφωνα με την Weed Science Society of America (WSSA), ως ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα ορίζεται η ικανότητα ενός φυτού να επιβιώνει και να αναπαράγεται μετά από έκθεση σε μια δόση ζιζανιοκτόνου που συνήθως είναι θανατηφόρα για τον αρχικό πληθυσμό. Σε επίπεδο φυτού, μπορεί να προκληθεί είτε φυσικά λόγω της πίεσης επιλογής, είτε με μεθόδους γενετικής μηχανικής. Μέσω της πίεσης επιλογής που ασκείται από το ζιζανιοκτόνο, τα ευαίσθητα φυτά δεν επιβιώνουν, ενώ τα ανθεκτικά επιβιώνουν και

αναπαράγονται χωρίς να υφίστανται συνθήκες ανταγωνισμού από τα ευαίσθητα. Εάν το ζιζανιοκτόνο χρησιμοποιείται συνέχεια, τότε τα ανθεκτικά φυτά αναπαράγονται επιτυχώς και κυριαρχούν στον πληθυσμό (Prather et al., 2000). Η γνώση των μηχανισμών ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα είναι σημαντική τόσο για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών ελέγχου των ζιζανίων όσο και για τη διαχείριση και την καθυστέρηση της έναρξης της ανθεκτικότητας σε αυτά (Kaundun, 2014).

## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η αξιολόγηση της επίδρασης του *Ascophyllum nodosum* στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τεσσάρων γενοτύπων βυνοποιήσιμου κριθαριού (G13-04-22A, G13-04-62, G13-38-59A, *Fortuna*) σε σχέση με την απλή εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος.

Αξιολόγηση της επίδρασης του φαινολογικού σταδίου της καλλιέργειας που πραγματοποιείται η εφαρμογή του *Ascophyllum nodosum*.

Αξιολόγηση γενοτύπων βυνοποιήσιμου κριθαριού διαφορετικής πρωιμότητας ως προς την προσαρμογή τους στις κλιματικές συνθήκες της Θεσσαλίας.

### 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε αγρό στην περιοχή των Φαρσάλων και συγκεκριμένα στο χωριό Ναρθάκι με συντεταγμένες: Γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ}15'6,41''$  Β και Γεωγραφικό μήκος  $22^{\circ}28'47,36''$  Α την καλλιεργητική περίοδο 2022-2023.



Εικόνα 3.1: Δορυφορική αποτύπωση του αγρού όπου εγκαταστάθηκε το πείραμα.

#### 3.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Εξετάστηκαν τρεις επιλεγμένοι νέοι γενότυποι βυνοποιήσιμου κριθαριού διαφορετικού βιολογικού κύκλου και μία κορυφαία εμπορική ποικιλία (Fortuna) ως μάρτυρας. Οι υπό εξέταση γενότυποι ήταν οι έξις κατά σειρά πρωιμότητας: G13-04-62, G13-04-22A, G13-38-59A.

#### 3.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το: Τυχασιοποιημένων Πλήρων Ομάδων σε 3 επαναλήψεις. Κύρια τεμάχια ήταν οι υπό εξέταση γενότυποι και υποτεμάχια οι μεταχειρίσεις με

τον βιοδιεγέρτη και τον μάρτυρα που ήταν η λίπανση με ουρία. Το μέγεθος του πειραματικού τεμαχίου ήταν 96 m<sup>2</sup> και του κάθε υποτεμαχίου 48m<sup>2</sup>.

### 3.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

**Κατεργασία εδάφους:** Πραγματοποιήθηκε η συμβατική κατεργασία εδάφους για την σπορά σιτηρών. Κατεργασία με άροτρο και δισκοσβάρνα.

**Εδαφολογική ανάλυση:**

| Περιοχή | Βάθος(cm) | Τύπος     | pH   | N (%) | P (ppm) | K (ppm) | Na (ppm) |
|---------|-----------|-----------|------|-------|---------|---------|----------|
| Φάρσαλα | 0-20      | Αργιλώδες | 7,05 | 0,126 | 11,67   | 342     | 100      |

**Σπορά:** Πραγματοποιήθηκε με σπαρτική μηχανή στις 18 Νοεμβρίου 2022 με 18 Kg σπόρου ανά στρέμμα.

**Λίπανση:** Έγινε σε δύο εφαρμογές. Η βασική λίπανση έγινε με το λίπασμα 20-16-0 της ΕΛΑΓΡΟΛΠ σε δόση 20 Kg/στρ. και περιλάμβανε 4 Kg N ανά στρ. υπό μορφή νιτρικής αμμωνίας και 3,2 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ανά στρ. Η επιφανειακή λίπανση έγινε στις 90 ημέρες από τη σπορά και χρησιμοποιήθηκαν 9 Kg N ανά στρ. υπό μορφή ουρίας της εταιρείας Vitachemie.

**Επέμβαση με βιοδιεγέρτη:** Εφαρμόστηκε δόση 0.3L/στρ. σε κάθε πειραματικό υποτεμάχιο του εμπορικού σκευάσματος GOETEO της εταιρείας UPL (εκχύλισμα φυκών *Ascophyllum nodosum* 24%). Η επέμβαση έγινε στο τέλος του αδελφώματος στον γενότυπο μεγάλου βιολογικού κύκλου (G13-38-59A) και στην ποικιλία Fortuna και στην έναρξη του καλαμώματος (μέχρι 2<sup>ο</sup> κόμβο) στους άλλους δύο γενοτύπους (G13-04-62, G13-04-22A).

**Άρδευση:** Δεν εφαρμόστηκε.

**Συγκομιδή:** Πραγματοποιήθηκε στις 3 Ιουνίου 2023 με περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία να κυμαίνεται από 10% έως 12%. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε σακούλες πολυαιθυλενίου και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθήνας για τον προσδιορισμό της απόδοσης με αναγωγή στο στρέμμα.

### **3.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

#### **3.5.1 Φαινολογικά στάδια-Ρυθμός ανάπτυξης**

Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου πραγματοποιήθηκαν 12 επισκέψεις στον πειραματικό αγρό με σκοπό τον προσδιορισμό του ρυθμού ανάπτυξης. Για τον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη κλίμακα *Zadoks*.

#### **3.5.2 Ύψος φυτών-Ρυθμός ανάπτυξης ύψους**

Μετρήθηκε το μέσο ύψος των φυτών σε cm σε έξι δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, μέχρι το στάδιο της άνθησης κατά το οποίο έχουμε τη μεγαλύτερη τιμή.

#### **3.5.3 Αδέλφωμα**

Μέτρηση των αδελφιών της κάθε ποικιλίας με σκοπό τη διαπίστωση του πόσο έντονα αδελφώνει ο κάθε γενότυπος.

#### **3.5.4 Ξηρό βάρος φυτού**

Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας και συγκεκριμένα στο στάδιο της άνθησης λήφθηκαν δείγματα για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους. Τοποθετήθηκαν στον κλίβανο του Εργαστηρίου Γεωργίας για 24 ώρες στους 60 Co και αμέσως μετά έγιναν οι μετρήσεις με ζυγό ακριβείας.

#### **3.5.5 Βιομάζα**

Επίσης, έγινε μέτρηση του βάρους των φυτών για τον προσδιορισμό της απόδοσης σε βιομάζα.

#### **3.5.6 Αποδόσεις**

Συλλέχθηκαν 2 δείγματα από κάθε πειραματικό υποτεμάχιο για να προσδιοριστούν οι αποδόσεις με  $\text{quadrat}$  εμβαδού  $0,25\text{m}^2$ . Στις 3 Αυγούστου 2023 στο εργαστήριο γεωργίας πραγματοποιήθηκε ο αλωνισμός των δειγμάτων με αλωνιστική μηχανή εργαστηριακού τύπου και έγινε προσδιορισμός της απόδοσης με αναγωγή ανά στρέμμα.

### 3.5.7 Δείκτης απόδοσης

Ο δείκτης συγκομιδής υπολογίστηκε ως ο λόγος της απόδοσης σε καρπό προς τη συνολική υπέργεια βιομάζα και το βάρος των καρπών ( βάρος σπόρων / βάρος υπέργειας βιομάζας).

### 3.5.8 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο της μεθόδου *Kjeldahl*, οι κόκκοι θερμάνθηκαν στους 60°C και στη συνέχεια προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε N των κόκκων χρησιμοποιώντας το «FOSS *Kjeltec™ 8400*». Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κόκκου (GPC) υπολογίστηκε με την παραπάνω εξίσωση: Πρωτεΐνη κόκκου (%) = N (%) \* 6,25.

### 3.5.9 Δείκτης βυνοποίησης – Μέγεθος κόκκων

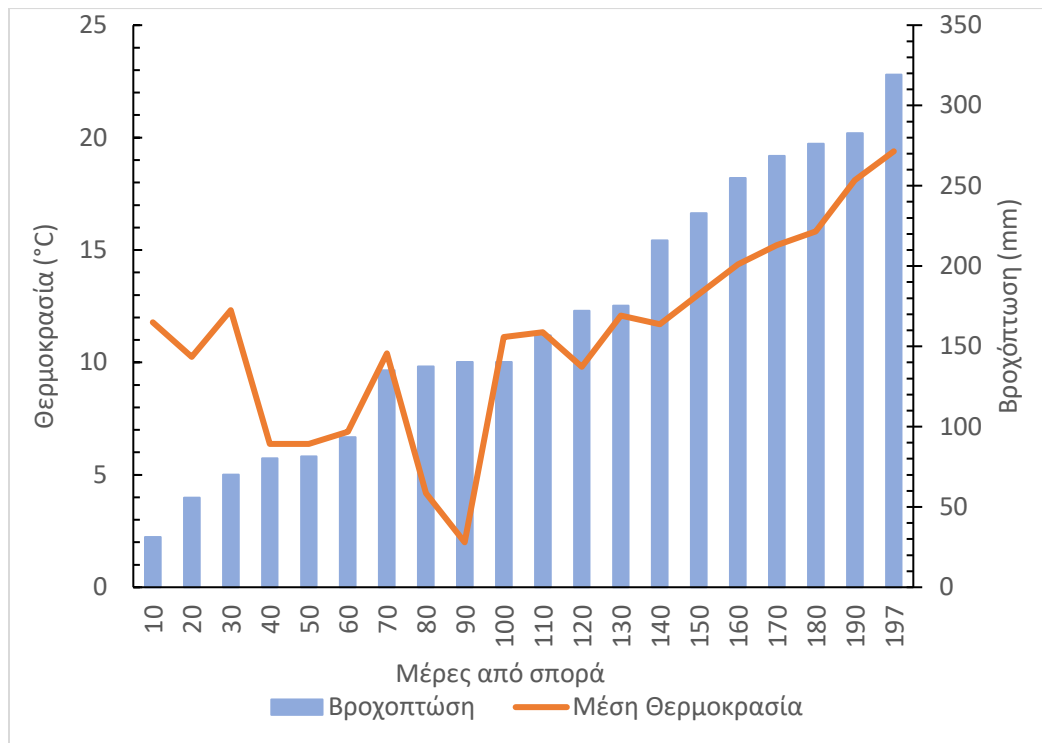
Ο δείκτης βυνοποίησης προσδιορίστηκε τοποθετώντας 100 gr σπόρων σε ειδικό μηχάνημα με κόσκινο διαλογής με τρύπες 2,2 mm το οποίο περιστρέφεται και δονείται για 3 λεπτά ώστε να μείνουν οι σπόροι που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 2,2 mm. Το ποσοστό του μεγέθους κόκκων που είναι πάνω από 2,5 mm προσδιορίστηκε με βάση τη μέθοδο 3.11.1 *Analytica EBC «Sieving Test for Barley»* (Analytica, 1998) αλλά με κόσκινο με τρύπες 2,5 mm.

### 3.5.10 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα αναλύθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$  και οι μέσοι συγκρίθηκαν με την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του *Fischer* (*Statgraphics Centurion XVII, StatPoint Technologies, Inc.*).

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

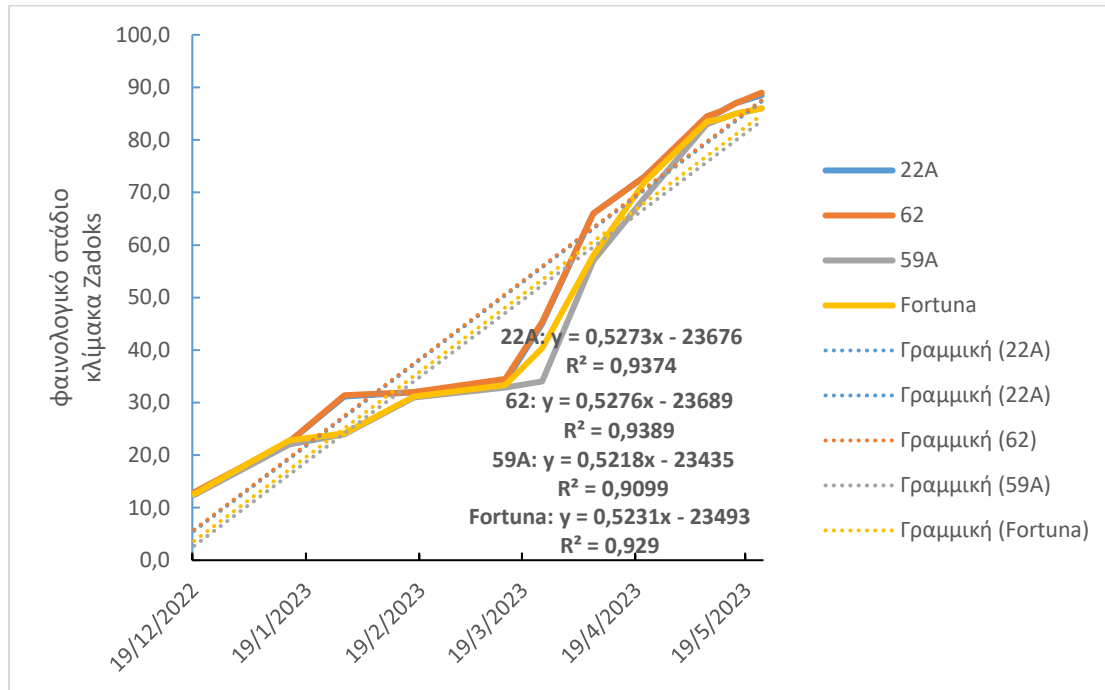


**Διάγραμμα 4.1:** Κλιματικά δεδομένα από την περιοχή του πειράματος.

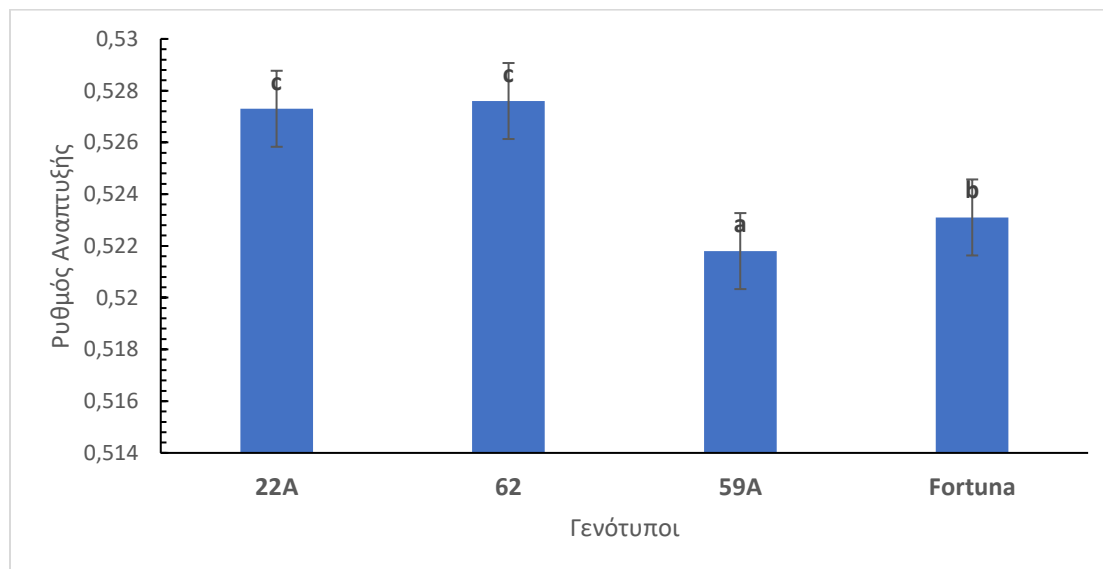
Τα Φάρσαλα, επειδή επηρεάζονται κλιματικά από την οροσειρά της Πίνδου, χαρακτηρίζονται από τις ιδανικότερες περιοχές για την καλλιέργεια του βυνοποιήσιμου κριθαριού με ήπιες θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια του έτους. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η ελάχιστη μέση θερμοκρασία (2°C) σημειώθηκε στις 90 μέρες από τη σπορά στο στάδιο του καλαμώματος. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία έφτασε 20,1 °C στο φαινολογικό στάδιο της ωρίμανσης της καλλιέργειας.

Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν και οι βροχοπτώσεις. Οι συνολικές βροχοπτώσεις ήταν 319,2 mm. Κρίσιμες για τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν οι κατακρημνίσεις που σημειώθηκαν μεταξύ των 190 και 197 ημέρων από την σπορά, με ύψος βροχόπτωσης 39,4 mm.

## 4.2 ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ – ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Διάγραμμα 4.2: Η πορεία του βιολογικού κύκλου των γενοτύπων κατά την καλλιεργητική περίοδο.

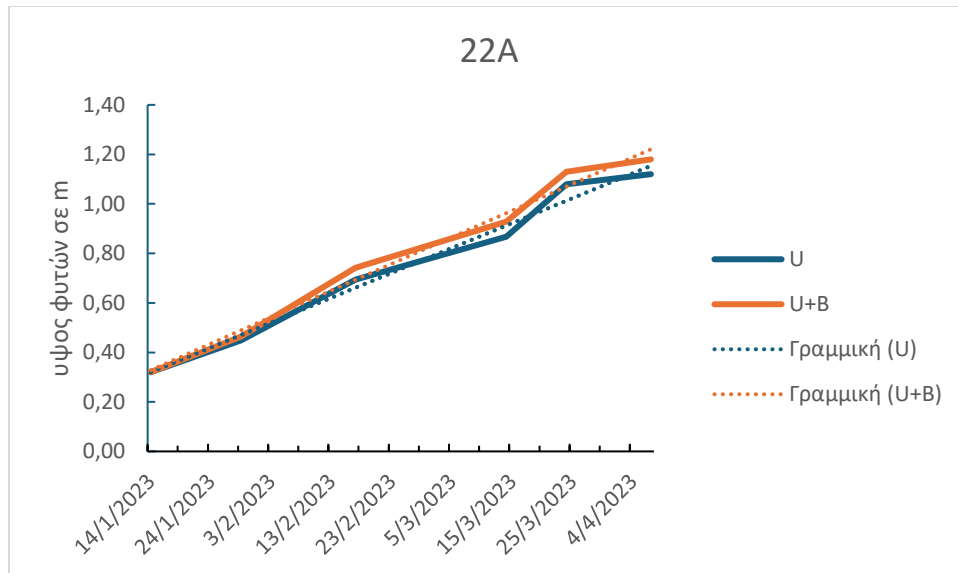


Διάγραμμα 4.3: Ο ρυθμός ανάπτυξης των υπό εξέταση γενοτύπων.

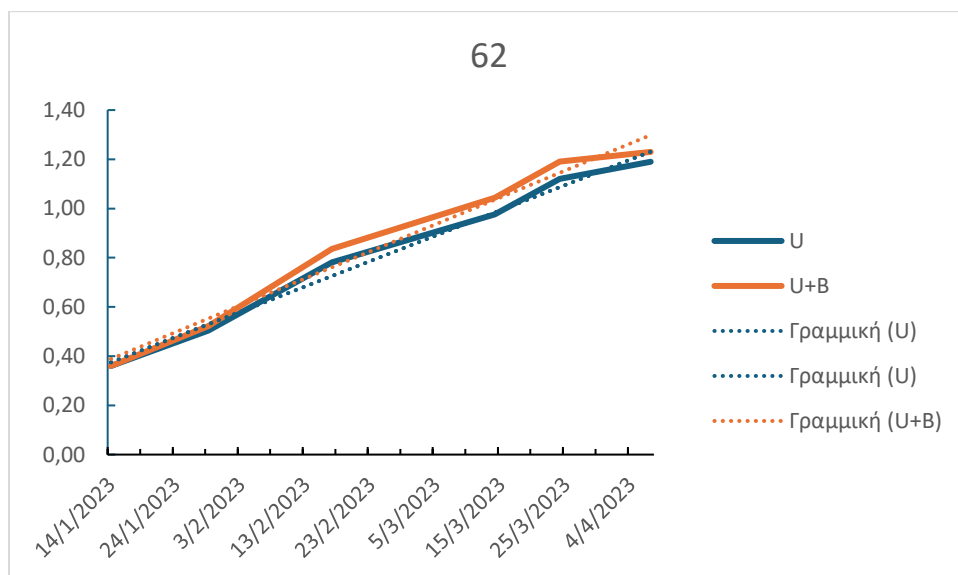
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, ο ρυθμός ανάπτυξης των γενοτύπων διέφερε στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5%. Υψηλότερος ρυθμός παρατηρήθηκε στον γενότυπο 62 και ακολούθησαν οι 22A, 59A και η Fortuna. Ωστόσο, οι γενότυποι 62 και 22A δεν διαφέρουν

στατιστικά μεταξύ τους. Η προσθήκη του βιοδιεργέτη από εκχύλισμα των φυκών *Ascophyllum nodosum* δεν επηρέασαν την φαινολογία.

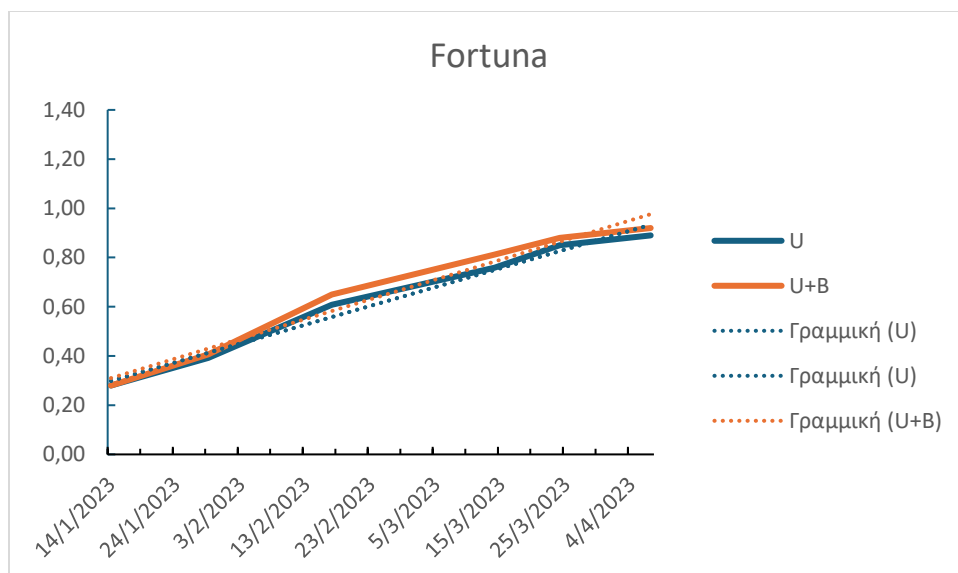
#### 4.3 ΥΨΟΣ ΦΥΤΟΥ – ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΨΟΥΣ



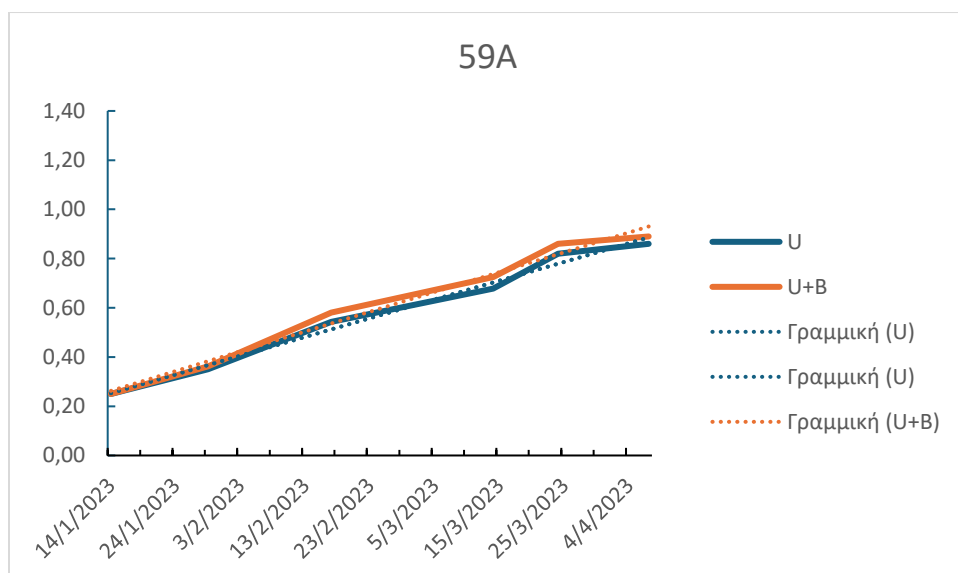
**Διάγραμμα 4.4:** Η πορεία του ύψους των φυτών του γενοτύπου 22Α στις δύο διαχειρίσεις (U: ουρία, U+B:ουρία με βιοδιεγέρτη) κατά τη βλαστική ανάπτυξη.



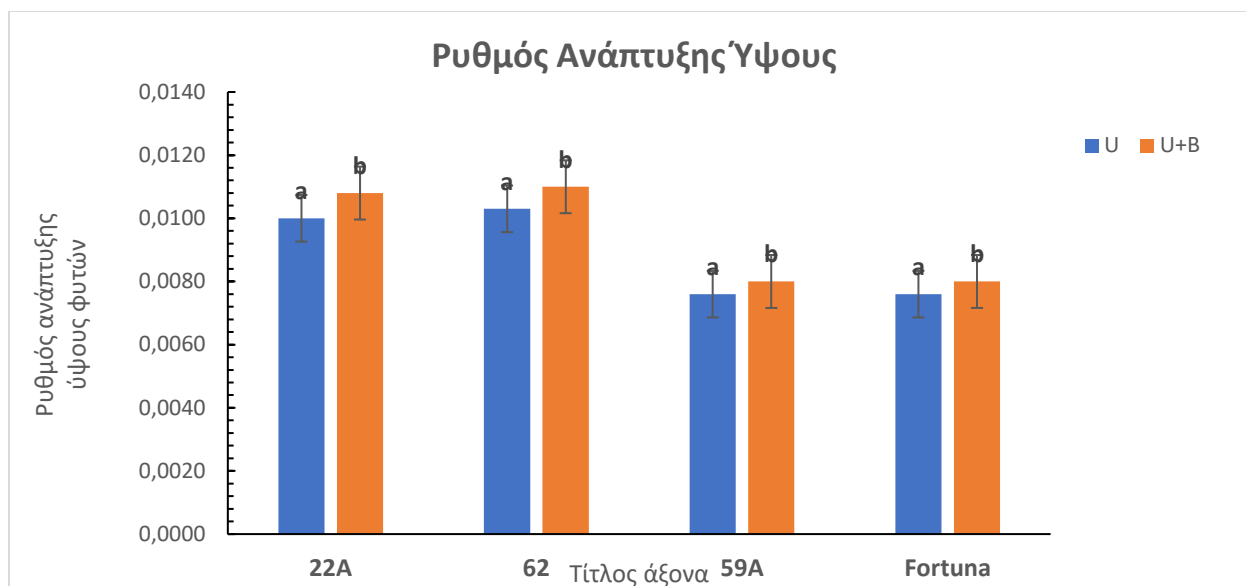
**Διάγραμμα 4.5:** Η πορεία του ύψους των φυτών του γενοτύπου 62 στις δύο διαχειρίσεις (U: ουρία, U+B:ουρία με βιοδιεγέρτη) κατά τη βλαστική ανάπτυξη.



**Διάγραμμα 4.6:** Η πορεία του ύψους των φυτών του γενοτύπου **Fortuna** στις δύο διαχειρίσεις (U: ουρία, U+B:ουρία με βιοδιεγέρτη) κατά τη βλαστική ανάπτυξη



**Διάγραμμα 4.7:** Η πορεία του ύψους των φυτών του γενοτύπου **59A** στις δύο διαχειρίσεις (U: ουρία, U+B:ουρία με βιοδιεγέρτη) κατά τη βλαστική ανάπτυξη.

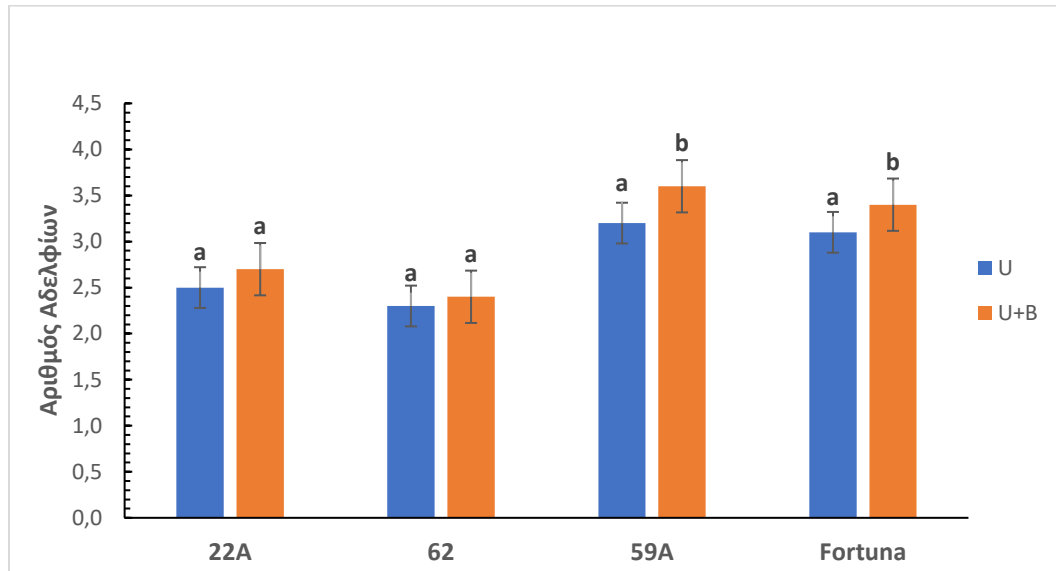


**Διάγραμμα 4.8:** Ο ρυθμός ανάπτυξης του ύψους των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας Fortuna.

Από την ανάλυση της διασποράς, παρατηρήθηκε ότι υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των διαχειρίσεων U και U+B σε όλους τους γενοτύπους. Υψηλότερες τιμές ύψους σημειώθηκαν στην μεταχείριση U+B, όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα. Οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στον γενότυπο 62 και ακολούθησαν οι 22A, η Fortuna και τελευταίος 59A.

Το ύψος των φυτών είναι ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό στην ευαισθησία τους, στο πλάγιασμα.

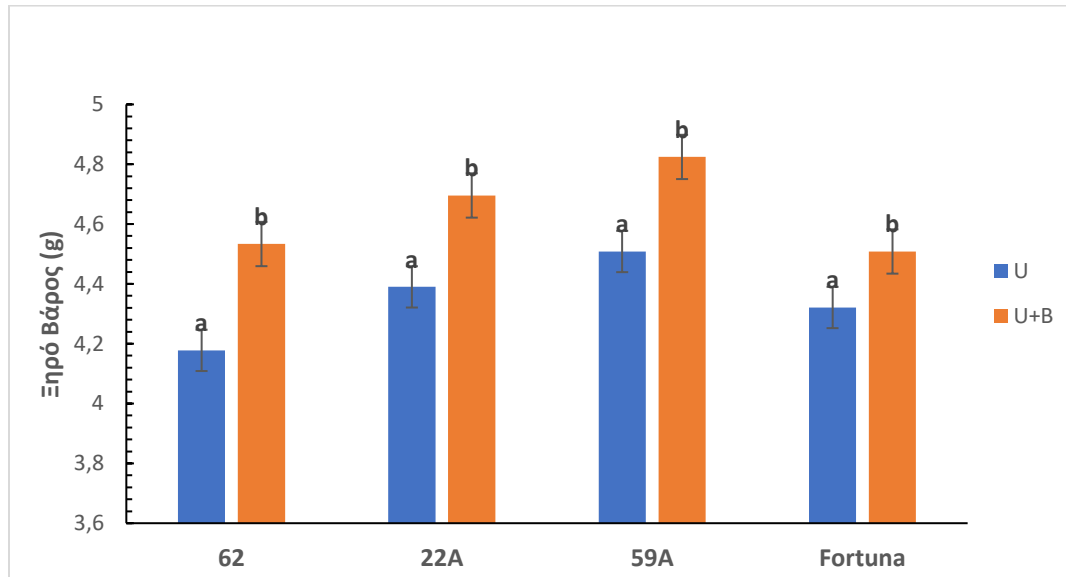
#### 4.4 ΑΔΕΛΦΩΜΑ



**Διάγραμμα 4.9:** Ο μέσος αριθμός των δευτερευόντων στελεχών των υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας Fortuna στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη του βιοδιεγέρτη παρουσίασε τάση αύξησης στην ικανότητα του αδελφώματος στους γενοτύπους του βυνοποιήσιμου κριθαριού (Διάγραμμα). Ωστόσο, στατιστικά σημαντική διαφορά εντοπίστηκε μόνο στους όψιμους γενοτύπους (Fortuna και 59A). Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό εύρημα, καθώς είναι πιθανό να επηρεάζει το φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας στην επίδραση του βιοδιεγέρτη στο αδέλφωμα.

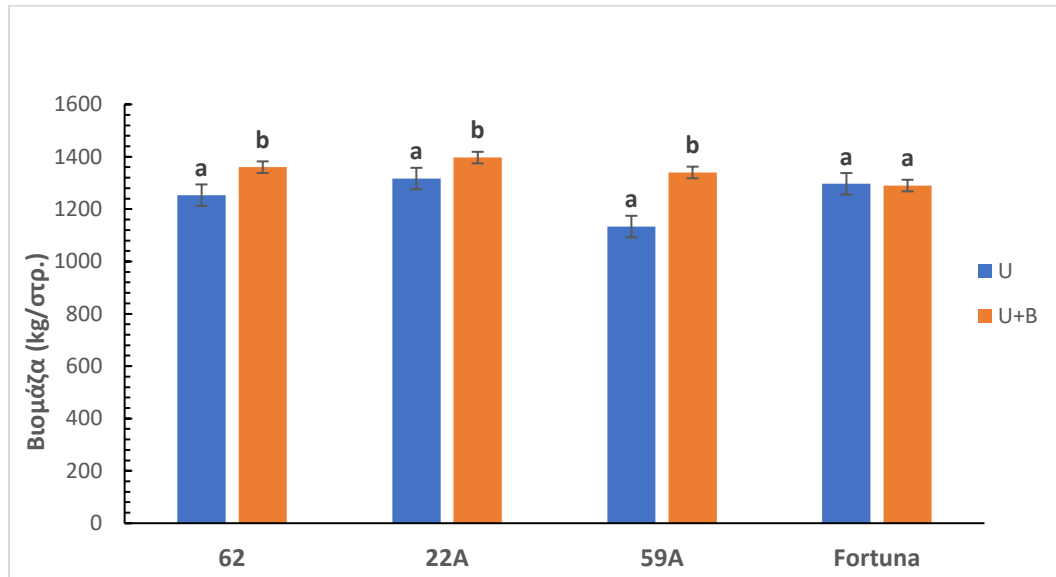
#### 4.5 ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΩΝ



**Διάγραμμα 4.10:** Το μέσο ξηρό βάρος των υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας Fortuna στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Από τη στατιστική ανάλυση εντοπίστηκε, ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων U και U+B, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στο ξηρό βάρος των φυτών. Όπως και παραπάνω η προσθήκη του βιοδιεγέρτη αύξησε το ξηρό βάρος των φυτών. Αναλυτικότερα, για τους 62 από 4,17 g σε 4,53 g, 22A (4,39 g σε 4,69 g), Fortuna (4,32 g σε 4,82 g) και 59A (4,5 g σε 4,82 g) για τις μεταχειρίσεις U και U+B, αντίστοιχα.

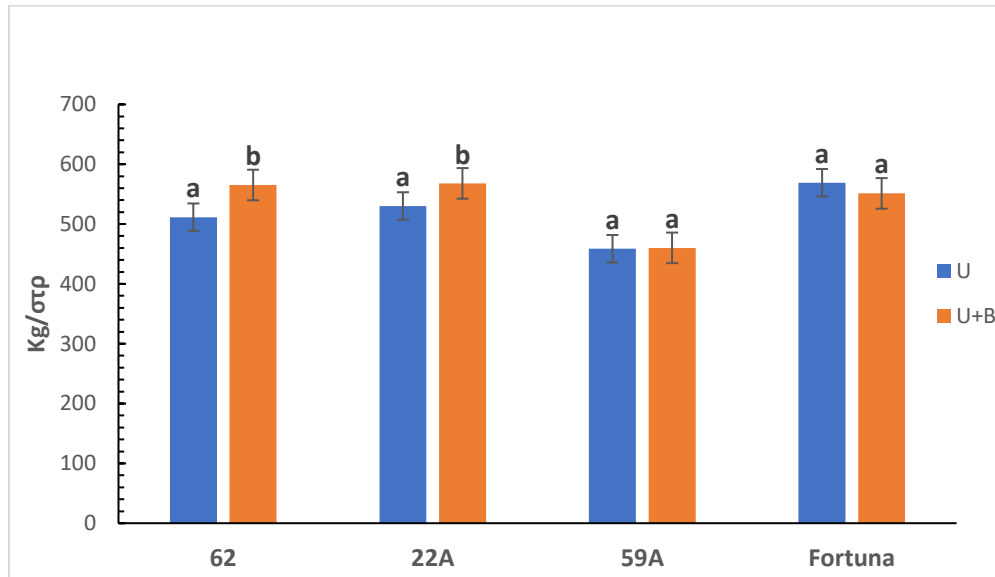
#### 4.6 BIOMAZA



**Διάγραμμα 4.11:** Η μέση απόδοση σε βιομάζα των υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Από την ανάλυση της διασποράς, παρατηρήθηκε ότι υπήρχε στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των διαχειρίσεων U και U+B σε όλους τους γενοτύπους στην βιομάζα τους, εκτός από την ποικιλία *Fortuna*. Υψηλότερες τιμές βιομάζας σημειώθηκαν στην μεταχείριση U+B, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα. Τις μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στον γενότυπο 22A που ανερχόταν στα 1316 Kg/στρ. και 1396,6 Kg/στρ. για τις μεταχειρίσεις U και U+B και ακολούθησαν οι 62, 59A και η ποικιλία *Fortuna* όπως φαίνεται στο διάγραμμα.

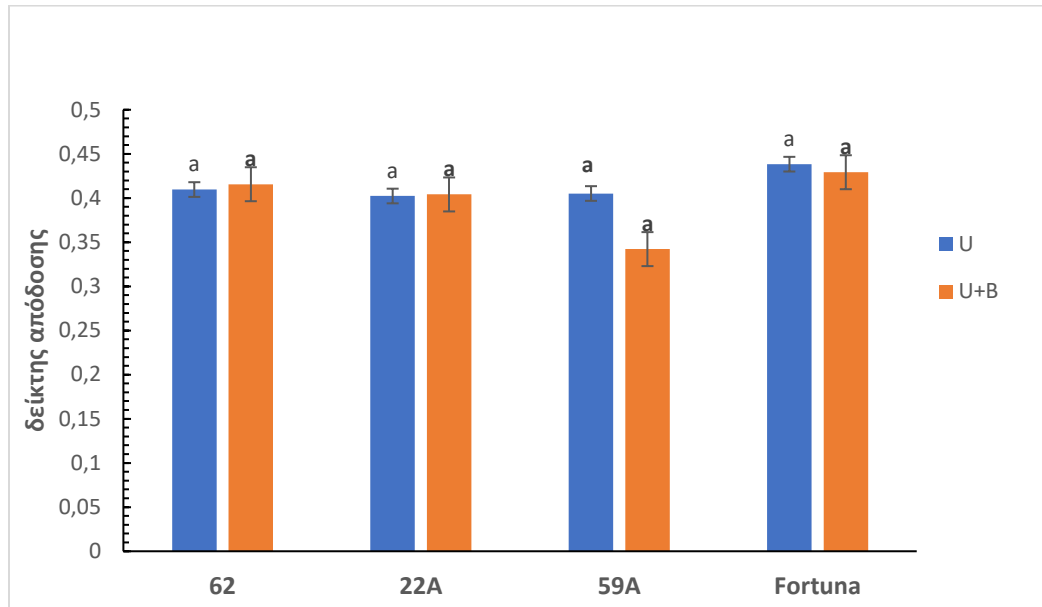
#### 4.7 ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ



Διάγραμμα 4.12: Η μέση απόδοση σε καρπό των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, οι αποδόσεις στις μεταχειρίσεις U και U+B διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% για τους πρώιμους γενοτύπους 62 και 22A, ενώ στους πιο όψιμους (59A και *Fortuna*) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Αναλυτικότερα οι μέσες τιμές κυμαίνονται στις 511,52 Kg/στρ., 530,25 Kg/στρ., 458,81 Kg/στρ. και 569,11 Kg/στρ. για την μεταχείριση U και 565,26 Kg/στρ., 567,96 Kg/στρ., 460,19 Kg/στρ., και 551,24 Kg/στρ. για την μεταχείριση U+B, στους γενοτύπους 62, 22A, 59A και *Fortuna*, αντίστοιχα.

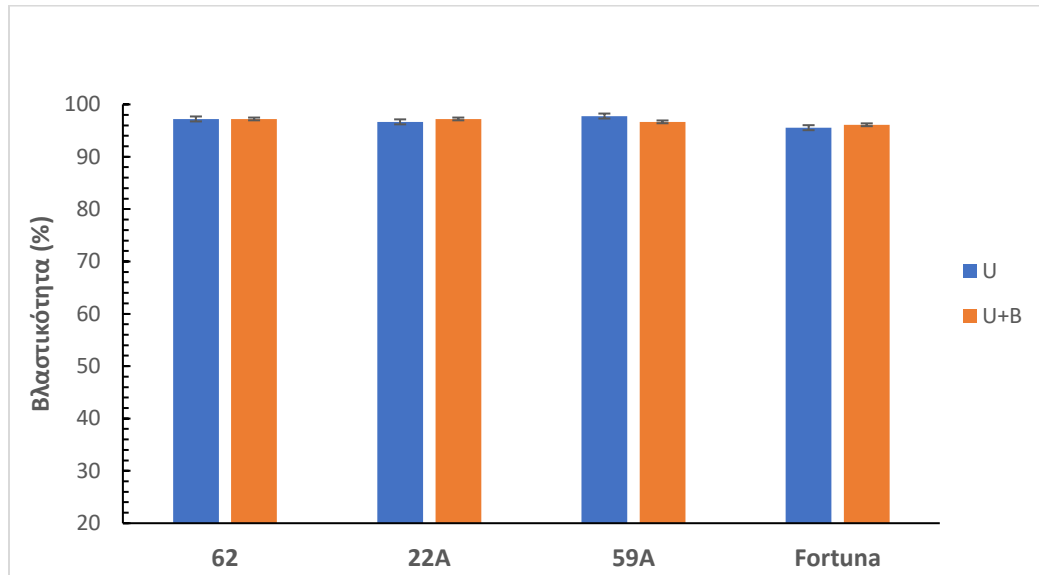
#### 4.8 ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Διάγραμμα 4.13: Ο δείκτης απόδοσης των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Από την στατιστική ανάλυση, εντοπίστηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων U και U+B δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στο δείκτη απόδοσης μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ωστόσο, στους πρώιμους γενότυπους η προσθήκη έδειξε μια μικρή τάση αύξησης του δείκτη απόδοσης, ενώ στους πιο όψιμους τάση μείωσης.

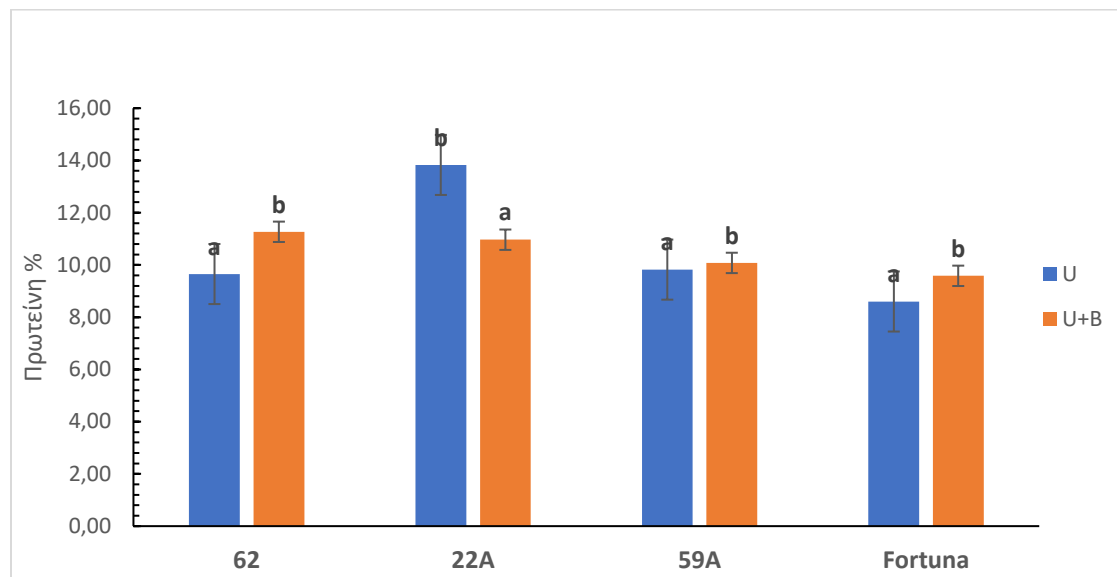
#### 4.9 ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΩΝ



**Διάγραμμα 4.14:** Το ποσοστό της βλαστικότητας των κόκκων των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

Από την στατιστική ανάλυση, εντοπίστηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων U και U+B δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στο δείκτη απόδοσης μεταξύ των μεταχειρίσεων και των γενοτύπων, όπως φαίνεται στο διάγραμμα.

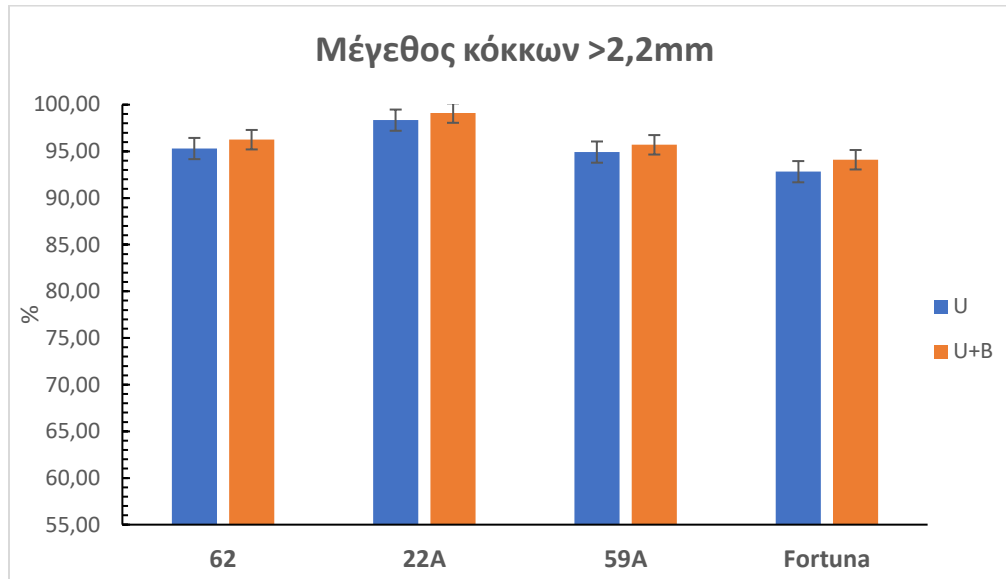
#### 4.10 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΡΩΤΕΪΝΗ



**Διάγραμμα 4.15:** Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιεγέρτης).

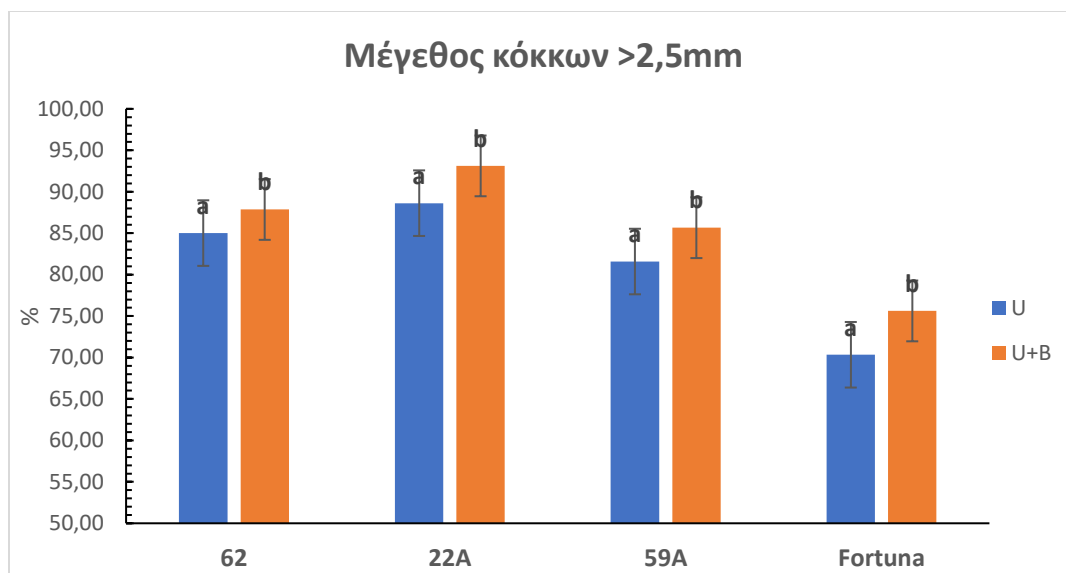
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επηρεάστηκε από τις μεταχειρίσεις U και U+B και διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% για όλους τους εξετασθέντες γενότυπους. Αναλυτικότερα, οι μέσες τιμές κυμαίνονται στις 9,65%, 13,83%, 9,82% και 8,6% για την μεταχείριση U και 11,27%, 10,97%, 10,08% και 9,58% για την μεταχείριση U+B, στους γενότυπους 62, 22A, 59A και *Fortuna*, αντίστοιχα. Η προσθήκη του βιοδιεγέρτη έδειξε μία τάση εξισορρόπησης της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στα αυστηρά όρια που απαιτούνται για την βυνοποίηση.

#### 4.11 ΒΥΝΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ



**Διάγραμμα 4.16:** Ποσοστό μεγέθους κόκκων μεγαλύτερο από 2,2 mm των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις (U:ουρία, U+B: ουρία και βιοδιαεγέρτης).

Από την στατιστική ανάλυση, δεν εντοπίστηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων U και U+B στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στο μέγεθος κόκκων μεγαλύτερο των 2,2mm. Ωστόσο, η προσθήκη του βιοδιαεγέρτη παρουσίασε αυξητική τάση. Αναλυτικότερα, για τον 62 η αύξηση κυμαινόταν στο 0,95% , 22A στο 0,76%, *Fortuna* στο 1,28% και 59A στο 0,78% για τις μεταχειρίσεις U+B σχετικά με U.



**Διάγραμμα 4.17:** Ποσοστό μεγέθους κόκκων μεγαλύτερο από 2,5 mm των τριών υπό εξέταση γενοτύπων και της ποικιλίας *Fortuna* στις δύο διαχειρίσεις.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, οι αποδόσεις στις μεταχειρίσεις U και U+B διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σε επίπεδο 5% για όλους τους γενότυπους. Η μεταχείριση U+B αύξησε ποσοστιαία και >2,5 mm σε σχέση με την U, χαρακτηριστικά που είναι επιθυμητά για την βυνοποίηση. Τις μεγαλύτερες τιμές εντοπιστήκαν στο γενότυπο 22A με και 88,62% (U) και 93,12% (U+B) για το μέγεθος κόκκου >2,5 mm. Ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι 62, 59A και *Fortuna*.

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### Βιολογικός κύκλος – Φαινολογικά Στάδια

Στην παρούσα μελέτη, ο γενότυπος G13-04-G13-04-62 ήταν ο πιο πρώιμος, και ακολουθούσαν οι G13-04-22A, *Fortuna* και G13-38-59A. Σε έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί από το εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, έχει διαπιστωθεί ότι η πρωιμότητα στον βιολογικό κύκλο της καλλιέργειας του βυνοποιήσιμου κριθαριού είναι ένας βασικός παράγοντας που συντελεί στην επίτευξη των υψηλών ποιοτικών χαρακτηριστικών για την ζυθοποίηση. Αυτό συμβαίνει καθώς πρέπει να αποφευχθεί η σύμπτωση των σταδίων της πλήρωσης και ωρίμανσης των κόκκων με τις αντίξοες και ξηροθερμικές συνθήκες που συχνά επικρατούν εκείνη την χρονική περίοδο.

### Ύψος

Με βάση τις μετρήσεις, η προσθήκη του βιοδιεργέτη αύξησε το ρυθμό ανάπτυξης του ύψους και το τελικό ύψος των φυτών σε όλους τους γενότυπους. Σε υψηλότερο ποσοστό αυξήθηκε το ύψος του G13-04-22A κατά 5% και των G13-04-G13-04-62, *Fortuna* και G13-38-59A κατά 3,32%, 3,16% και 3,22%, αντίστοιχα. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με την βιβλιογραφία καθώς οι Szczepanek et al., 2018, διαπίστωσαν ότι η προσθήκη του βιοδιεργέτη *Ascophyllum nodosum* αύξησε το ύψος των φυτών. Σημαντικό ρόλο στην επίδραση *Ascophyllum nodosum* έχει και το φαινολογικό στάδιο της εφαρμογής. Στον γενότυπο 22A, 7 η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στο Z30 και είχε το υψηλότερο ποσοστό αύξησης σε σχέση με τους υπόλοιπους. Οι Stamatiadis et al., (2021), διαπίστωσαν ότι η χορήγηση του *Ascophyllum nodosum* στην έναρξη του καλαμώματος είχε την καλύτερη απορρόφηση του αζώτου από τα φυτά, σε σχέση με τα υπόλοιπα στάδια. Αυτό είναι πιθανό να δικαιολογεί τη μεγαλύτερη αύξηση του ύψους του 22A.

### Αδέλφωμα

Η δημιουργία αδελφίων στην καλλιέργεια του βυνοποιήσιμου κριθαριού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα θρεπτικά στοιχεία και ειδικότερα το άζωτο. Γενικά, οι βιοδιεγέρτες που προέρχονται από εκχυλίσματα φυκών, επιδρούν θετικά στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, καθώς αυξάνουν το ριζικό σύστημα των φυτών (Halpern et al., 2015). Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η προσθήκη του *Ascophyllum nodosum* επίδρασε στην αύξηση του αδελφώματος με σημαντικά στατιστικές διαφορές εκτός. Όπως και στο ύψος, έτσι και στο αδέλωμα το φαινολογικό στάδιο της εφαρμογής του *Ascophyllum nodosum* διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο. Ο

G13-04-G13-04-59A, που ήταν ο πιο όψιμος γενότυπος, αύξησε τα αδέρφια κατά 11% και ακολούθησαν η *Fortuna* (μεσοπρώιμος) με 8,8%, ο 22A (πρώιμος) με 7,5% και ο G13-04-62 (υπερπρώιμος) με 4,1%. Μετά από αναζήτηση στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, δεν βρέθηκαν μελέτες που να τεκμηριώνουν την διαφοροποίηση ως προς το αδελφωμα σε τόσο κοντινά φαινολογικά στάδια. Ωστόσο, από τους Goni et al., 2021 διαπιστώθηκε η αύξηση του αδελφώματος, όταν προστέθηκε βιοδιεγέρτης PSI-3G13-04-62 στο στάδιο του αδελφώματος, σε σχέση με το καλάμωμα, σε καλλιέργεια κριθαριού.

### **Ξηρό βάρος φυτών**

Στην παρούσα μελέτη αναδείχθηκε ότι η προσθήκη του 2 διεγέρτη αύξησε το ξηρό βάρος των φυτών σε όλους τους γενότυπους και υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά. Μεγαλύτερη αύξηση παρουσίασε ο γενότυπος 22A, όπως και στο αδελφωμα, κατά 7,7% και έπονται ο G13-04-62 με 6,6%, η *Fortuna* με 6% και ο G13-04-59A με 5,2%. Τα παραπάνω ευρήματα έρχονται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, οι Srcrepanek et al., (2018) παρατήρησαν την αύξηση του ξηρού βάρους των φυτών με τη χρήση του βιοδιεγέρτη με εκχύλισμα *Eckonia Maxima* σε καλλιέργεια κριθαριού. Επίσης, αύξηση του ξηρού βάρους εντοπίστηκε και σε καλλιέργεια σκληρού σίτου σε συνθήκες εντατικής καταπόνησης μετά από τη χορήγηση χουμικών οξέων, όπως το *Ascophyllum nodosum*.

### **Βιομάζα**

Οι Stamatiadis et al., (2021), συμπέραναν ότι ο βιοδιεγέρτης με *Ascophyllum nodosum* αύξησε τη συνολική βιομάζα στην καλλιέργεια σιταριού. Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι έρευνες των Goni et al., (2021) σε καλλιέργεια κτηνοτροφικού κριθαριού, Cozzolino et al., (2021) σε βυνοποιήσιμο κριθάρι, ο Drygas et al., (2021) στη βρώμη και ο Langowski et al., 2022 στο σιτάρι. Η παρούσα μελέτη συμφωνεί με τα παραπάνω ευρήματα, καθώς η μεταχείριση U+B είχε υψηλότερη βιομάζα σε όλους τους γενότυπους σε σχέση με την U. Την μέγιστη ποσοστιαία βλάστηση είχε ο G13-04-22A κατά 10% και ακολούθησε ο G13-04-62 με 7% και οι *Fortuna* και G13-38-59A με 5%, με σημαντική στατιστική διαφορά. Οι γενότυποι που ο βιοδιεγέρτης χορηγήθηκε στην έναρξη του καλαμώματος μέχρι τον 2ο κόμβο παρουσίασαν μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση της βιομάζας σε σχέση με όταν εφαρμόστηκε στα μέσα και τέλη του αδελφώματος. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τους Stamatiadis et al., 2021, όπου η μέγιστη βιομάζα παρατηρήθηκε στο στάδιο του αδελφώματος. Η διαφορά αυτή

μάλλον οφείλεται στο ότι η γενότυποι G13-04-62 και G13-04-22A έδειξαν καλύτερη προσαρμοστικότητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες των Φαρσάλων, σε αντίθεση με την *Fortuna* και την G13-04-59A.

### **Αποδόσεις**

Στην παρούσα εργασία η μεταχείριση U+B είχε αυξητικές τάσεις σε όλους τους γενότυπους σε σχέση με την U, ωστόσο σημαντικές στατιστικές διαφορές εντοπίστηκαν μόνο στους γενότυπους G13-04-62 και G13-04-22A. Ταυτόχρονα, στον *Harvest Index* δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων. Οι μελέτες των Calvo et al., 2028 και Pacura et al., 2021 στο σιτάρι, οι Quille et al., 2024 σε ψυχανθή και οι Goni et al., 2021 στο κριθάρι τάσσονται παράλληλα με τα ευρήματα της μελέτης. Αντίθετα όμως είναι τα αποτελέσματα σχετικά με τον HI σε εργασίες των Szczepanek et al., 2018 και Hrima et al., 2024 στην καλλιέργεια κριθαριού, όπου παρατηρήθηκαν σημαντικά στατιστικές διαφορές σε επίπεδο μικρότερο του 5%. F και σε αυτή την περίπτωση ο πρώιμος (22A) και ο υπερπρώιμος (G13-04-62) επηρεάστηκαν από την προσθήκη του βιοδιεγέρτη. Είναι όμως πιθανό, επειδή η *Fortuna* και ο G13-04-59A χαρακτηρίζονται από υψηλές αποδόσεις, να επηρεάστηκαν λιγότερο από τον βιοδιεγέρτη σε σχέση με τους άλλους 2 γενότυπους, που χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες αποδόσεις.

### **Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη**

Η μεταχείριση U+B f παρουσίασε τη μεγαλύτερη σταθερότητα ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα επιθυμητά όρια (9,5-11,5%) για την βυνοποίηση σε όλους τους γενότυπους. Συγκεκριμένα, οι μεταχειρίσεις της U+B f παρουσίασαν υψηλότερη πρωτεΐνη σε σχέση με της U στους G13-04-59A, G13-04-62 και *Fortuna*, ενώ χαμηλότερη στην G13-04-22A. Η αύξηση της πρωτεΐνης στην G13-04-22A είναι πιθανό να προέκυψε λόγω του πλάγιασματος που έλαβε χώρα 8 μέρες πριν τη συγκομιδή. 7 το πλάγισμα μπορεί να οφείλεται στη μειωμένη δημιουργία αδελφώματος στη μεταχείριση U. Γενικότερα, η προσθήκη βιοδιεγερτών ενισχύει την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και ειδικότερα του αζώτου (Cozzolino et al., 2021, Halpern et al., 2015, Langowski et al., 2022, Pacuta et al., 2021). Επειδή το άζωτο είναι δομικό στοιχείο της πρωτεΐνης, η υψηλότερη απορρόφηση του από τα φυτά συντελεί και στην αύξηση της πρωτεΐνης.

### **Μέγεθος κόκκων > 2,2mm**

Για τη βιομηχανία της ζυθοποιίας το μέγεθος των κόκκων είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για το βυνοποιήσιμο κριθάρι. Ζητούμενο είναι η εξασφάλιση του υψηλού ποσοστού (> 90%) σε κόκκους μεγαλύτερους από 2,2mm. Όλοι οι γενότυποι που εξετάστηκαν και στις 2 μεταχειρίσεις έδειξαν να υπερκαλύπτουν αυτό το στόχο, που είναι πιθανόν να οφείλεται τόσο γονιδιακά όσο και στις ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες των φαρσάλων για την καλλιέργεια του βυνοποιήσιμου κριθαριού. Ωστόσο, η U+B έδειξε αύξηση κατά 0.85% (G13-04-62), 0.76% (G13-04-22A), 0.78% (G13-04-59A), 1.28% (*Fortuna*), σε σύγκριση με την U. Παρά την αυξητική τάση που παρατηρήθηκε, οι διαφορές στατιστικά δεν ήταν σημαντικές για  $\alpha < 0,05$ . Η αναζήτηση στη βιβλιογραφία δεν είχε αποτελέσματα σχετικά με την επίδραση των βιοδιεγερτών στο μέγεθος των κόκκων. Οι Cozzolino et al., 2021, είχαν ως συμπέρασμα ότι η προσθήκη του *Ascophyllum nodosum* είχε θετική επίδραση στη διάμετρο των κόκκων στο βυνοποιήσιμο κριθάρι, που ανερχόταν σε ποσοστό περίπου 2,2%. Επειδή η βιοδιεγέρτης επιδρούν θετικά στην αύξηση της πρόσληψης θρεπτικών από τα φυτά, που στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου αποθησαυρίζονται στους κόκκους, είναι πιθανόν να επιδρούν και στην αύξηση του μεγέθους τους.

### **Μέγεθος κόκκων > 2,5mm**

Όπως και στο μέγεθος των κόκκων > 2,2mm, έτσι και στο μέγεθος των κόκκων > 2,5mm η U κατέγραψε μικρότερα ποσοστά σε όλους τους γενότυπους σε σχέση με την U+B. Όμως, η γενότυποι G13-04-59A και *Fortuna* δεν έφτασαν τα επιθυμητά όρια για την βυνοποίηση (M.K.>85%), και η G13-04-62 οριακά (85,01%) στη μεταχείριση U. Όπως και στο μέγεθος κόκκων >2,2%, η προσθήκη του βιοδιεγέρτη αύξησε το ποσοστό κατά 2,85% (G13-04-62), 4,5% (G13-04-22A), 4,08% (G13-04-59A), 5,29% (*Fortuna*). Η *Fortuna* ούτε στη μεταχείριση U+B δεν έφτασε, όσο και στις ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες των φαρσάλων για την καλλιέργεια του βυνοποιήσιμου κριθαριού, στα επιθυμητά όρια, σε αντίθεση με τους άλλους γενότυπους. Αυτό είναι πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η *Fortuna* είναι η πιο αποδοτική ποικιλία που εξετάστηκε.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, η προσθήκη βιοδιεγέρτη επηρέασε θετικά τον ρυθμό ανάπτυξης του ύψους σε όλους τους γενοτύπους με τις μεγαλύτερες διαφορές στους πρώιμους (62,22A). Μόνο οι όψιμοι γενότυποι 59A και *Fortuna* επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από την επέμβαση με τον βιοδιεγέρτη όσον αφορά το αδελφωμα, παρόλο που η αυξητική τάση διαπιστώθηκε σε όλους τους γενοτύπους. Παράλληλα, το ξηρό βάρος φυτού αυξήθηκε από την επέμβαση με τον βιοδιεγέρτη σε όλους τους γενοτύπους, ανεξάρτητα από την πρωιμότητα τους. Η απόδοση σε βιομάζα αυξήθηκε σε όλους τους γενοτύπους εκτός της *Fortuna*. Επιπλέον, οι πρώιμοι γενότυποι αύξησαν σημαντικά την απόδοση τους με την επέμβαση με τον βιοδιεγέρτη. Ο γενότυπος 62 είχε τη μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση στην απόδοση στη μεταχείριση με τον βιοδιεγέρτη. Η επέμβαση με τον βιοδιεγέρτη φέρεται να προκάλεσε μια τάση εξισορρόπησης της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στα αυστηρά πλαίσια που απαιτούνται για την βυνοποίηση. Στο βυνοποιήσιμο μέγεθος κόκκων (>2,2 mm) διαπιστώθηκε μια αυξητική τάση στη μεταχείριση με τον βιοδιεγέρτη. Τέλος, η επέμβαση με τον βιοδιεγέρτη αύξησε το μέγεθος κόκκων >2,5 mm σε όλους τους γενοτύπους με τη μεγαλύτερη τιμή να παίρνει η 22A.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

- Andreae, M. (1999). ENTEC® (DMPP) - ein neuer Ammoniumstabilisator: ökotoxikologische Bewertung. In *Proceedings of a Scientific Colloquium* (pp. 45-49). BASF AG (ed.), BASF Agricultural Center Limburgerhof, Germany.
- Baik, B.K., Newman, C.W., & Newman, R.K. (2011). Food Uses of Barley. In S.E. Ullrich (Ed.), *Barley: Production, Improvement and Uses* (pp. 532-561). Wiley-Blackwell Publishers.
- Bhattacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Beckett, R. P., & Van Staden, J. (1989). The effect of seaweed concentrate on the growth and yield of potassium stressed wheat. *Plant and Soil*, 116, 29-36.
- Bertholdsson, N. O. (1999). Characterization of malting barley cultivars with more or less stable grain protein content under varying environmental conditions. *European Journal of Agronomy*, 10, 1-8. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(98\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(98)00043-4)
- Black, A. S., Sherlock, R. R., Cameron, K. C., Smith, N. P., & Goh, K. M. (1985). Comparison of three field methods for measuring ammonia volatilization from urea granules broadcast on to pasture. *Journal of soil science*, 36(2), 271-280. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1985.tb00331.x>
- Boeckx, P., Xu, X., & Van Cleemput, O. (2005). Mitigation of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emission from rice and wheat cropping systems using dicyandiamide and hydroquinone. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72, 41-49.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. A. O. L. O., & Ferrante, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
- Burchett, S., Fuller, M. P., & Jellings, A. J. (1998, March). Application of seaweed extract improves winter hardiness of winter barley cv Igri. In The Society for Experimental Biology, Annual Meeting, The York University (pp. 22-27). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Cabezas, W. A. R., Korndorfer, G. H., & Motta, S. A. (1997). NH<sub>3</sub>-N volatilization in corn crop:: II-evaluation of solid and fluid sources under no-tillage and conventional systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, 489-496. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000300019>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, 383, 3-41. DOI 10.1007/s11104-014-2131-8

Cantarella, H., Trivelin, P. C. O., Contin, T. L. M., Dias, F. L. F., Rossetto, R., Marcelino, R., ... & Quaggio, J. A. (2008). Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia agrícola*, 65, 397-401. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000400011>

Chien, S. H., Prochnow, L. I., & Cantarella, A. H. (2009). Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in agronomy*, 102, 267-322. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01008-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01008-6)  
Cornell University Cooperative Extension. (n.d.). Crop growth stages. [Certified Crop Advisor study resources \(Northeast region\) \(cornell.edu\)](https://www.cornell.edu/certifiedcropadvisor/studyresources/northeastregion/). Cornell University.

Costa, M. C. G., Vitti, G. C., & Cantarella, H. (2003). N-NH<sub>3</sub> losses from nitrogen sources applied over unburned sugarcane straw. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 631-637. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400007>

Cox, M. C., Qualset, C. O., & Rains, D. W. (1985). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. *Crop Sci*, 25(3), 430-435. <https://doi.org/10.2135/cropsci1985.0011183X002500030002x>

Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., Nocerino, S., Sifola, M. I., El-Nakhel, C., ... & Mori, M. (2021). Can seaweed extract improve yield and quality of brewing barley subjected to different levels of nitrogen fertilization?. *Agronomy*, 11(12), 2481. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122481>

Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371-393. doi:10.1007/s10811-010-9560-4

Creason, G. L., Schmitt, M. R., Douglass, E. A., & Hendrickson, L. L. (1990). Urease inhibitory activity associated with N-(n-butyl) thiophosphoric triamide is due to formation of its oxon analog. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(2), 209-211. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(90\)90088-H](https://doi.org/10.1016/0038-0717(90)90088-H)

Da Ros, C. O., Aita, C., & Giacomini, S. J. (2005). Ammonia volatilization after urea surface applied in corn no-tillage. *Ciência Rural*, 35, 799-805. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000400008>

Domaradzki, K. (2003). Weed control in spring cereals by lower doses of herbicides. *Journal of Plant Protection Research*, 43(3).

Drygaś, B., Depciuch, J., & Puchalski, C. (2021). Effect of *Ascophyllum nodosum* Alga Application on Microgreens, Yield, and Yield Components in Oats *Avena sativa* L. *Agronomy*, 11(7), 1446. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071446>

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

- Eilrich, G. T., & Hageman, R. H. (1973). Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.) 1. *Crop science*, 13(1), 257-261. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300010018x>
- El-Negoumy, A. M., Newman, C. W., & Hockett, E. A. (1982). Effect of level of nitrogen fertilizer on protein composition of some barley cultivars. *Nutrition Reports International*, 25(1), 89-96.
- Engel, R., Jones, C., & Wallander, R. (2011). Ammonia volatilization from urea and mitigation by NBPT following surface application to cold soils. *Soil Science Society of America Journal*, 75(6), 2348-2357. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0229>
- Engel, R. E., Williams, E., Wallander, R., & Hilmer, J. (2013). Apparent persistence of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide is greater in alkaline soils. *Soil Science Society of America Journal*, 77(4), 1424-1429. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0380>
- Farooq, N., Abbas, T., Tanveer, A., & Jabran, K. (2020). Allelopathy for weed management. *Co-evolution of secondary metabolites*, 505-519.
- Featonby-Smith, B. C., & Van Staden, J. (1987). Effects of seaweed concentrate on grain yield in barley. *South African Journal of Botany*, 53(2), 125-128. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(16\)31446-6](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(16)31446-6)
- Gilsanz, C., Báez, D., Misselbrook, T. H., Dhanoa, M. S., & Cárdenas, L. M. (2016). Development of emission factors and efficiency of two nitrification inhibitors, DCD and DMPP. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.030>
- Gioacchini, P., Nastri, A., Marzadori, C., Giovannini, C., Vittori Antisari, L., & Gessa, C. (2002). Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilized with urea. *Biology and fertility of soils*, 36, 129-135. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0521-1>
- Goñi, O., Łangowski, Ł., Feeney, E., Quille, P., & O'Connell, S. (2021). Reducing nitrogen input in barley crops while maintaining yields using an engineered biostimulant derived from *Ascophyllum nodosum* to enhance nitrogen use efficiency. *Frontiers in Plant Science*, 12, 664682. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.664682>
- Halvorson, A. D., Snyder, C. S., Blaylock, A. D., & Del Grosso, S. J. (2014). Enhanced-efficiency nitrogen fertilizers: Potential role in nitrous oxide emission mitigation. *Agronomy Journal*, 106(2), 715-722. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0081>
- Harrison, R., & Webb, J. (2001). A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 73, pp. 65-108). Elsevier Academic Press Inc. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)73005-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)73005-2)

Heffer, P., & Prud'homme, M. (2015, May 25-27). Fertilizer outlook 2015–2019. Presented at the 83rd IFA Annual Conference, Istanbul, Turkey. International Fertilizer Industry Association. <http://www.fertilizer.org/>

Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in agronomy*, 130, 141-174. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>

Hendrickson, L. L., & Douglass, E. A. (1993). Metabolism of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(11), 1613-1618. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90017-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90017-6)

Hřivná, L., Maco, R., Dufková, R., Kouřilová, V., Burešová, I., & Gregor, T. (2024). Effect of weather, nitrogen fertilizer, and biostimulators on the root size and yield components of *Hordeum vulgare*. *Open Agriculture*, 9(1), 20220270. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0270>

Hu, H. W., Chen, D., & He, J. Z. (2015). Microbial regulation of terrestrial nitrous oxide formation: understanding the biological pathways for prediction of emission rates. *FEMS microbiology reviews*, 39(5), 729-749. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuv021>

Hu, Y., Barmeier, G., & Schmidhalter, U. (2021). Genetic variation in grain yield and quality traits of spring malting barley. *Agronomy*, 11(6), 1177. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061177>

Johansson, E., Prieto-Linde, M. L., & Jönsson, J. Ö. (2001). Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 78(1), 19-25. <https://doi.org/10.1094/CCEM.2001.78.1.19>

Kaczmarek S., Matysiak K. (2015). Application of reduced doses of chlorsulfuron in semi-dwarf and full-height cultivars of winter triticale. *Journal Plant Protection Research*, 55(1), 8–15.

Kanatas, P. J., Travlos, I. S., Gazoulis, J., Antonopoulos, N., Tsekoura, A., Tataridas, A., & Zannopoulos, S. (2020). The combined effects of false seedbed technique, post-emergence chemical control and cultivar on weed management and yield of barley in Greece. *Phytoparasitica*, 48, 131-143.

Kaundun, S. S., Hutchings, S. J., Harris, S. C., Jackson, L. V., Shashi-Kiran, R., Dale, R. P., & McIndoe, E. (2014). A simple in-season bioassay for detecting glyphosate resistance in grass and broadleaf weeds prior to herbicide application in the field. *Weed Science*, 62(4), 597-607. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00046.1>

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*, 28, 386-399.

Killen, G. J., Newman, C. W., Eslick, R. F., & El Negoumy, A. M. (1979). The effect of nitrogen fertilizer on the nutritional quality of barley. *Montana Agricultural Experiment Station* (Report).

Kot, M., Zaborska, W., & Orlinska, K. (2001). Inhibition of jack bean urease by N-(n-butyl) thiophosphoric triamide and N-(n-butyl) phosphoric triamide: determination of the inhibition mechanism. *Journal of enzyme inhibition*, 16(6), 507-516.  
<https://doi.org/10.1080/14756360127569>

Kudsk, P. (2008). Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *The Environmentalist*, 28, 49-55.

Kulp, K. (Ed.). (2000). *Handbook of Cereal Science and Technology*, revised and expanded. Crc Press.

Łangowski, Ł., Goñi, O., Ikuyinminu, E., Feeney, E., & O'Connell, S. (2022). Investigation of the direct effect of a precision *Ascochyta blight* biostimulant on nitrogen use efficiency in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 179, 44-57.  
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.03.006>

Li, Y., Schwarz, P. B., Barr, J. M., & Horsley, R. D. (2008). Factors predicting malt extract within a single barley cultivar. *Journal of cereal science*, 48(2), 531-538.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.12.004>

Magliano, P. N., Prystupa, P., & Gutiérrez-Boem, F. H. (2014). Protein content of grains of different size fractions in malting barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 347-352.  
<https://doi.org/10.1002/jib.161>

Manunza, B., Deiana, S., Pintore, M., & Gessa, C. (1999). The binding mechanism of urea, hydroxamic acid and N-(N-butyl)-phosphoric triamide to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(5), 789-796.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00155-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00155-2)

Martens, D. A., & Bremner, J. M. (1989). Soil properties affecting volatilization of ammonia from soils treated with urea. *Communications in soil science and plant analysis*, 20(15-16), 1645-1657. <https://doi.org/10.1080/00103628909368173>

Matysiak, K., & Adamczewski, K. (2006). Wpływ bioregulatora Kelpak na plonowanie roślin uprawnych. *Progress in Plant Protection*, 46(2), 102-108.

McCarty, G. W., & Bremner, J. M. (1989). Inhibition of nitrification in soil by heterocyclic nitrogen compounds. *Biology and Fertility of Soils*, 8, 204-211.

McCarty, G. W., Bremner, J. M., & Chai, H. S. (1989). Effect of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on hydrolysis of urea by plant, microbial, and soil urease. *Biology and fertility of soils*, 8, 123-127.

McGeough, K. L., Watson, C. J., Müller, C., Laughlin, R. J., & Chadwick, D. R. (2016). Evidence that the efficacy of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) is affected by soil properties in UK soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 94, 222-232. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.017>

McGeough, K. L., Watson, C. J., Müller, C., Laughlin, R. J., & Chadwick, D. R. (2016). Evidence that the efficacy of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) is affected by soil properties in UK soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 94, 222-232. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.017>

Metwally, G. M., Hassan, A. A. A., & Ahmed, S. A. (2000). Influence of some herbicides on barley yield, yield components and the common associated weeds. *Journal of Plant Production*, 25(10), 6009-6019. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2000.259742>

Nesbitt, M., & Samuel, D. (1996). From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheats.

Newman, R. K., & Newman, C. W. (2008). *Barley for food and health: Science, technology, and products*. John Wiley & Sons.

Okumura, R. S., & Mariano, D. C. (2012). Agronomic aspects of urease inhibitor-treated urea. *Ambiência*, 8(2), 403-414.

Pacholski, A., Berger, N., Bustamante, I., Ruser, R., Guardia, G., & Mannheim, T. (2016, December). Effects of the novel nitrification inhibitor DMPSA on yield, mineral N dynamics and N<sub>2</sub>O emissions. In *Proceedings of the 2016 International Nitrogen Initiative Conference, Solutions to Improve Nitrogen Use Efficiency for the World, Melbourne, Australia* (pp. 4-8).

Pačuta, V., Rašovský, M., Michalska-Klimczak, B., & Wyszynski, Z. (2021). Grain yield and quality traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) treated with seaweed-and humic acid-based biostimulants. *Agronomy*, 11(7), 1270. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071270>

Quille, P., Kacprzyk, J., O'Connell, S., & Ng, C. K. Y. (2024). The role of an *Ascophyllum nodosum* extract in lowering the environmental impact and improving nitrogen use efficiency in pasture systems under a reduced nitrogen regime. *Journal of Applied Phycology*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10811-024-03182-5>

Prasad, R., & Power, J. F. (1995). Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Advances in Agronomy*, 54, 233-281.

Prather, T. S., DiTomaso, J. M., & Holt, J. S. (2000). History, mechanisms, and strategies for prevention and management of herbicide resistant weeds. In *Proceedings of the California Weed Science Society* (Vol. 52, pp. 155-163).

- Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., & Portmann, R. W. (2009). Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *science*, 326(5949), 123-125. <https://doi.org/10.1126/science.1176985>
- Roll, R. (1999). Zur Toxikologie von DMPP. In *Düngen mit einer neuen Technologie Innovation in der Düngung ENTEC®* (pp. 39-44). BASF AG.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2018). Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*, 9, 426696. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01655>
- Sangoi, L., Ernani, P. R., Lech, V. A., & Rampazzo, C. (2003). Volatilization of N-NH<sub>3</sub> influenced by urea application forms, residue management and soil type in lab conditions. *Ciência Rural*, 33, 687-692. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400016>
- Schwarz, P., & Li, Y. (2011). Malting and brewing uses of barley. *Barley: Production, improvement, and uses*, 478-521.
- Shchuchka, R. V., & Gulidova, V. A. (2021, March). Methods and results of spring barley plants treatment with growth biostimulants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 677, No. 2, p. 022103). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/677/2/022103
- Shewry, P. R., & Tatham, A. S. (1990). The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *Biochemical journal*, 267(1), 1. <https://doi.org/10.1042%2Fbj2670001>
- Shukla, P. S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2018). Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AoB plants*, 10(1). doi: 10.1093/aobpla/plx051
- Silva, A. G., Sequeira, C. H., Sermarini, R. A., & Otto, R. (2017). Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, 109(1), 1-13. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.04.0200>
- Singh, J., Kunhikrishnan, A., Bolan, N. S., & Saggar, S. (2013). Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine. *Science of the total Environment*, 465, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.018>
- Slack, P. T., Baxter, E. D., & Wainwright, T. (1979). Inhibition by hordein of starch degradation. *Journal of the Institute of Brewing*, 85(2), 112-114. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1979.tb06837.x>
- Stamatiadis, S., Evangelou, L., Yvin, J. C., Tsadilas, C., Mina, J. M. G., & Cruz, F. (2015). Responses of winter wheat to *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract application under the effect of N fertilization and water supply. *Journal of applied phycology*, 27, 589-600.

- Stamatiadis, S., Evangelou, E., Jamois, F., & Yvin, J. C. (2021). Targeting *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract application at five growth stages of winter wheat. *Journal of Applied Phycology*, 33(3), 1873-1882. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02417-z>
- Stirk, W. A., & van Staden, J. O. H. A. N. N. E. S. (2006). Seaweed products as biostimulants in agriculture. In *World seaweed resources* (DVD-ROM) (pp. 80-4). ETI Information Services Ltd, Univ. Amsterdam. ISBN 978-90-75000-80-4.
- Subbarao, G. V., Ito, O., Sahrawat, K. L., Berry, W. L., Nakahara, K., Ishikawa, T., ... & Rao, I. M. (2006). Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems—challenges and opportunities. *Critical reviews in plant sciences*, 25(4), 303-335. <https://doi.org/10.1080/07352680600794232>
- Szczepanek, M., Jaśkiewicz, B., & Kotwica, K. (2018). Response of barley on seaweed biostimulant application. *Res. Rural Dev*, 2, 77-85. DOI: 10.22616/rrd.24.2018.050
- Trenkel, M. E. (2010). *Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture* (2nd ed.). International Fertilizer Association (IFA), Paris, France.
- Vannelli, T., & Hooper, A. B. (1992). Oxidation of nitrapyrin to 6-chloropicolinic acid by the ammonia-oxidizing bacterium *Nitrosomonas europaea*. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(7), 2321-2325. <https://doi.org/10.1128/aem.58.7.2321-2325.1992>
- Vavilov, N. I. (1950). *The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants* [Sir John Burnett's copy] (K. Starr Chester, Trans.). [Original work published 1926]
- Volpi, I., Laville, P., Bonari, E., o di Nasso, N. N., & Bosco, S. (2017). Improving the management of mineral fertilizers for nitrous oxide mitigation: The effect of nitrogen fertilizer type, urease and nitrification inhibitors in two different textured soils. *Geoderma*, 307, 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.018>
- Von Bothmer, R., & Jacobsen, N. (1985). Origin, taxonomy, and related species. *Barley*, 26, 19-56.
- Von Bothmer, R., & Komatsuda, T. (2011). Barley origin and related species. *Barley: production, improvement and uses*, 14-62.
- Upadhyay, L.S.B. (2012). Urease inhibitors: A review. *Indian J. Biotechnol.*, 11, 381–388.
- Watson, C. J., Laughlin, R. J., & McGeough, K. L. (2009). Modification of nitrogen fertilisers using inhibitors: opportunities and potentials for improving nitrogen use efficiency. In *Proceedings-International Fertiliser Society* (No. 658). International Fertiliser Society.

Weiske, A., Benckiser, G., Herbert, T., & Ottow, J. (2001). Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 109-117.

Wrigley, C. (2017). Cereal-grain morphology and composition. In *Cereal grains* (pp. 55-87). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00004-8>

Wu, X. J., Chen, X., Zeng, F. R., & Zhang, G. P. (2015). The genotypic difference in the effect of water stress after anthesis on the malt quality parameters in barley. *Journal of cereal science*, 65, 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.012>

Young, F. L., & Thorne, M. E. (2004). Weed-species dynamics and management in no-till and reduced-till fallow cropping systems for the semi-arid agricultural region of the Pacific Northwest, USA. *Crop Protection*, 23(11), 1097-1110. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.03.018>

Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., Horschler von Locquenghien, K., Pasda, G., ... & Wissemeier, A. (2001). 3, 4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP)—a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture: An introduction. *Biology and fertility of soils*, 34, 79-84.

Zhang, J., Mueller, C., & Cai, Z. (2015). Heterotrophic nitrification of organic N and its contribution to nitrous oxide emissions in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 84, 199-209. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.028>

## Ελληνική Βιβλιογραφία

Αθηναϊκή Ζυθοποιία. Πρόγραμμα συμβολαιακής καλλιέργειας (2023). <https://athenianbrewery.gr/programma-symvolaiakis-kalliergeias/>

Βαχαμίδης, Π. (2013). *Μελέτη της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού *Triticum turgidum* ssp. *Durum** (Διδακτορική Διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Σ. (2003). *Ειδική Γεωργία Ι* (Πανεπιστημιακές Παραδόσεις). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Δαλιάνης, Κ. (1983). *Χειμερινά Σιτηρά*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Εθνικό Αγροτικό Δίκτυο. (n.d.). Σχέδια Οικολογικών Υπηρεσιών. <https://ead.gr/>

Ζαχαρόπουλος, Ζ. (1987). *Συμβολή στη μελέτη της επιδράσεως των κλιματικών και λιπαντικών παραμέτρων επάνω στους τεχνολογικούς χαρακτήρες του κόκκου του δίστιχου κριθαριού (*Hordeum Sativum* jess)* (Διδακτορική Διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Καραμάνος, Α.Ι.. (1987). *Τα Σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση. (σ.342)

Μπιλάλης, Δ., Παπαστυλιανού, Π. & Τραυλός, Η. (2019). *Γεωργία, Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας*. Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.

Μπλαδενόπουλος, Κ. & Ματσούκας, Ν. (2000). *Κριθάρι. Μια παλιά καλλιέργεια με ευοίωνες προοπτικές*. Αγροτική Έρευνα Τεχνολογία. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. (2012). *Ειδική Γεωργία-Σιτηρά και Ψυχανθή*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Παπαστεφάνου, Σ. (1979). *Χημικοτεχνική έρευνα κριθής*. Εισηγήσεις σε θέματα σιτηρών. Φεβρ. 1979. Δελτίο Ινστ. Σιτηρών.

Σφήκας, Α. (1995). *Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά. ΑΠΘ, Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη*.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2018). [https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Dimitriaka/isoz\\_sitira2017\\_2018.pdf](https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Dimitriaka/isoz_sitira2017_2018.pdf)

Φασουλάς, Α. & Σένλογλου, Ν. (1966). *Η προσαρμοστικότητα των φυτών μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα*. Θεσσαλονίκη: [Εκδότης]. (σ. 272)