



**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 των λιπασμάτων νέου τύπου στην ανάπτυξη και την απόδοση του  
λιναριού (*Linum usitatissimum* L.)

**Αθανασία Γ. Γαλανού**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Κακαμπούκη Ιωάννα, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2023**



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

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση των λιπασμάτων νέου τύπου στην ανάπτυξη και την απόδοση του  
λιναριού (*Linum usitatissimum* L.)

“Effect of the new type fertilizers in the growth and yield of flax (*Linum  
usitatissimum* L.)”

**Αθανασία Γ. Γαλανού**

Εξεταστική Επιτροπή:

Κακαμπούκη Ιωάννα, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ (Επιβλέπουσα)

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

Οικονόμου-Αντόνακα Γαρυφαλλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ

**Επίδραση των λιπασμάτων νέου τύπου στην ανάπτυξη και την απόδοση του λιναριού (*Linum usitatissimum L.*)**

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

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σε πείραμα που έλαβε χώρα στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή του Βοτανικού, μελετήθηκε η επίδραση των λιπασμάτων νέου τύπου και της απόστασης σποράς στην ανάπτυξη και την απόδοση του λιναριού (*Linum usitatissimum L.*). Εφαρμόστηκε τυχαίοποιημένο σχέδιο υπο-υποδιαιρεμένων πειραματικών τεμαχίων (split plot) με 4 επαναλήψεις. Οι επεμβάσεις της λίπανσης ήταν ο μάρτυρας (C), η ουρία (U) και η ουρία με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης (I). Οι αποστάσεις σποράς που χρησιμοποιήθηκαν ήταν D1=30 cm και D2=40 cm.

Τα στοιχεία που μελετήθηκαν αφορούν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του φυτού (ύψος, νωπό και ξηρό βάρος, αριθμός και μήκος διακλαδώσεων βάσης, αριθμός κορυφαίων διακλαδώσεων, συγκέντρωση χλωροφύλλης, αριθμός ανθέων, αριθμός καψών, σπόροι ανά κάψα) καθώς και τα χαρακτηριστικά της απόδοσης του φυτού (βάρος χιλίων σπόρων, στρεμματική απόδοση καλλιέργειας).

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι οι διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος, στο νωπό και ξηρό βάρος, το μήκος διακλαδώσεων, τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, τον αριθμό ανθέων και καψών καθώς και στη στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας. Το λίπασμα ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης είχε τις υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Οι διαφορετικές αποστάσεις σποράς είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό διακλαδώσεων βάσης, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και τον αριθμό σπόρων ανά κάψα.

**Επιστημονική περιοχή:** Φυτική Παραγωγή

**Λέξεις κλειδιά:** Αποστάσεις φύτευσης, Λινάρι, Λιπάσματα νέου τύπου, Παρεμποδιστής νιτροποίησης, Παρεμποδιστής ουρεάσης

**Effect of the new type fertilizers in the growth and yield of flax (*Linum usitatissimum* L.)**

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, in Plant Improvement and in Agrometeorology*  
*Department of Crop Faculty*  
*Faculty of Crop Science*

**ABSTRACT**

A field experiment took place in the experimental field of the Agricultural University of Athens in the area of Votanikos, in order to study the effect of new fertilizers and sowing distance on the growth and yield of flax (*Linum usitatissimum* L.). The experiment was established in a design of randomized sub-subdivided plots (split plot) with 4 replications. The fertilization treatments were chymosin (C), urea (U) and urea with urease and nitrification inhibitor (I). The seeding distances used were D1 = 30 cm and D2 = 40 cm.

The data studied concerned the agronomic characteristics of the plant (height, fresh and dry weight, number and length of base branches, number of apical branches, chlorophyll concentration, number of flowers, number of capsules, number of seeds per capsule) and the plant yield characteristics (weight per thousand seeds, yield per hectare of crop).

Statistical analysis of the data shows that the different fertilization treatments had statistically significant differences in height, fresh and dry weight, branch length, chlorophyll concentration, number of flowers and capsules and crop yield per hectare. The urea fertilizer with urease inhibitor and nitrification inhibitor had the highest values compared to the other treatments. Different sowing distances had statistically significant differences in number of base branches, chlorophyll concentration and number of seeds per capsule.

**Scientific Area:** Crop Faculty

**Keywords:** *Linum usitatissimum* L., New type fertilizers, Nitrification inhibitor, Planting distances, Urease inhibitor

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ολοκληρώνοντας την πειραματική μου μελέτη στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών “Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία” του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, θα ήθελα να εκφράσω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου προς όλους όσους συνέβαλαν στην υλοποίησή της.

Πρωτίστως, θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κυρία Κακαμπούκη Ιωάννα για την ανάθεση της μελέτης, αλλά και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ’ όλη την πορεία του πειράματος. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και διευθυντή του εργαστηρίου Γεωργίας κύριο Μπιλάλη Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του, καθώς επίσης και την καθηγήτριά μου κυρία Οικονόμου Γαρυφαλλιά.

Ευχαριστώ ακόμα θερμά όλα τα μέλη του εργαστηρίου Γεωργίας για την υποστήριξή τους στην διατριβή μου, καθώς και τους προπτυχιακούς φοιτητές Χρήστο, Βασίλη, Σταύρο και Τίμο. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους υποψήφιους διδάκτορες Σταυρόπουλο Παντελή και Μαυροειδή Αντώνη για την ουσιαστική βοήθεια και το ευχάριστο κλίμα που υπήρχε καθ’ όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Ευχαριστώ επίσης τη φίλη και συμφοιτήτριά μου Νικολέτα Καραβίδα για την άψογη συνεργασία και τις όμορφες στιγμές που περάσαμε κατά τη διάρκεια του ΠΜΣ.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους δικούς μου ανθρώπους για την αγάπη και τη στήριξη σε κάθε βήμα στη ζωή μου.

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

*Linum usitatissimum* L.

*Στον παππού μου*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	5
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	13
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	13
1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	14
1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΙΝΑΡΙΟΥ.....	15
1.4. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	16
1.4.1. ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	16
1.4.2. ΒΛΑΣΤΟΣ .....	16
1.4.3. ΦΥΛΛΑ - ΑΝΘΗ .....	17
1.4.4. ΚΑΡΠΟΣ .....	17
1.5. ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ .....	18
1.6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	20
1.6.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	20
1.6.2. ΕΔΑΦΟΣ.....	21
1.7. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ .....	21
1.7.1. ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ.....	21
1.7.2. ΕΔΑΦΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ.....	22
1.7.3. ΣΠΟΡΑ .....	22
1.7.4. ΑΡΔΕΥΣΗ .....	23
1.7.5. ΛΙΠΑΝΣΗ .....	24
1.7.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ.....	25
1.7.7. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ .....	25
1.8. ΕΧΘΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ .....	26
1.9. ΝΕΟΥ ΤΥΠΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ.....	27
1.9.1. ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	28
1.9.2. ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΟΥΡΕΑΣΗΣ .....	28
1.10. ΧΡΗΣΕΙΣ .....	29
1.10.1. ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	29
1.10.2. ΕΔΩΔΙΜΟ ΛΑΔΙ .....	30
1.10.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΝΑΣ .....	30
1.10.4. ΖΩΟΤΡΟΦΗ .....	32
1.10.5. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ .....	33
1.11. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ .....	34
1.12. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	35
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	36
2.1. Περιοχή μελέτης .....	36

2.2. Πειραματικό σχέδιο.....	36
2.3. Εδαφολογική ανάλυση.....	38
2.4. Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	38
2.5. Μετρήσεις-Προσδιορισμοί.....	39
2.6. Καλλιεργητικές Πρακτικές .....	41
2.7. Στατιστική Ανάλυση .....	41
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>42</b>
3.1. ΥΨΟΣ.....	42
3.2. ΝΩΠΟ ΒΑΡΟΣ.....	50
3.3. ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ .....	57
3.4. ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΡΥΦΑΙΩΝ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΩΝ .....	64
3.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ (SPAD) .....	66
3.6. ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΘΕΩΝ.....	74
3.7. ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΩΝ.....	76
3.8. ΣΠΟΡΟΙ ΑΝΑ ΚΑΨΑ .....	79
3.9. ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΣΠΟΡΩΝ .....	81
3.10. ΑΠΟΔΟΣΗ.....	82
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>84</b>
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>88</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>89</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>99</b>





<b>Πίνακας 16:</b> Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	63
<b>Πίνακας 17:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	64
<b>Πίνακας 18:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	64
<b>Πίνακας 19:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	65
<b>Πίνακας 20:</b> Ανάλυση διασποράς για την τιμή του <i>spad</i> στις 60 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	66
<b>Πίνακας 21:</b> Ανάλυση διασποράς για την τιμή του <i>spad</i> στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	67
<b>Πίνακας 22:</b> Ανάλυση διασποράς για την τιμή του <i>spad</i> στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	70
<b>Πίνακας 23:</b> Ανάλυση διασποράς για την τιμή του <i>spad</i> στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	73
<b>Πίνακας 24:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό ανθέων στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	74
<b>Πίνακας 25:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό ανθέων στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	75
<b>Πίνακας 26:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό καψών στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	76
<b>Πίνακας 27:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό καψών στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	78
<b>Πίνακας 28:</b> Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό σπόρων ανά κάψα στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	79
<b>Πίνακας 29:</b> Ανάλυση διασποράς για το βάρος χιλίων σπόρων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	81
<b>Πίνακας 30:</b> Ανάλυση διασποράς για τη στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)	82
<b>Πίνακας 31:</b> Πίνακας συσχετίσεων. Οι θετικοί αριθμοί αντιπροσωπεύουν τη θετική συσχέτιση μεταξύ δύο παραγόντων, ενώ οι αρνητικοί αριθμοί αντιπροσωπεύουν την αρνητική συσχέτιση. Τα σύμβολα * και "ns" αντιστοιχούν σε *= $p < 0,05$ , **= $p < 0,01$ , ***= $p < 0,001$ και ns=μη στατιστικά σημαντική συσχέτιση.	84

## Πίνακας Διαγραμμάτων

<b>Διάγραμμα 1:</b> Η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας κατά την περίοδο εκτέλεσης του πειράματος (meteo.gr).....	38
<b>Διάγραμμα 2:</b> Η διακύμανση της βροχόπτωσης κατά την περίοδο εκτέλεσης του πειράματος (meteo.gr).....	39
<b>Διάγραμμα 3:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ.....	43
<b>Διάγραμμα 4:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	45
<b>Διάγραμμα 5:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	46
<b>Διάγραμμα 6:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	48
<b>Διάγραμμα 7:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.....	49
<b>Διάγραμμα 8:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ.....	51
<b>Διάγραμμα 9:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	53
<b>Διάγραμμα 10:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	54
<b>Διάγραμμα 11:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	56
<b>Διάγραμμα 12:</b> Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.....	57
<b>Διάγραμμα 13:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ.....	59
<b>Διάγραμμα 14:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	60
<b>Διάγραμμα 15:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	62
<b>Διάγραμμα 16:</b> Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	62
<b>Διάγραμμα 17:</b> Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.....	63
<b>Διάγραμμα 18:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.....	66
<b>Διάγραμμα 19:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το spad του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	68
<b>Διάγραμμα 20:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το spad του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ.....	69
<b>Διάγραμμα 21:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το spad του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	71
<b>Διάγραμμα 22:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το spad του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ.....	72

<b>Διάγραμμα 23:</b> Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων της λίπανσης και της απόστασης σποράς για το spad του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.....	73
<b>Διάγραμμα 24:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. ....	75
<b>Διάγραμμα 25:</b> Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. ....	76
<b>Διάγραμμα 26:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό καψών του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. ....	77
<b>Διάγραμμα 27:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό καψών του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. ....	79
<b>Διάγραμμα 28:</b> Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για τον αριθμό των σπόρων ανά κάψα του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ.. ....	81
<b>Διάγραμμα 29:</b> Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τη στρεμματική απόδοση του φυτού του δείγματος.....	83

## Πίνακας Εικόνων

<b>Εικόνα 1:</b> Ριζικό σύστημα λιναριού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	16
<b>Εικόνα 2:</b> Άνθη λιναριού (Πηγή: Flax Council of Canada).....	17
<b>Εικόνα 3:</b> Σπόροι λιναριού (Πηγή: medicaldialogues.in).....	18
<b>Εικόνα 4:</b> Στάδια ανάπτυξης <i>Linum usitatissimum</i> L.(Πηγή: Goudenhooff et al., 2019) .....	20
<b>Εικόνα 5:</b> Συμπτώματα σκωρίασης στα φύλλα και τις κάψες του λιναριού (Πηγή: Saskatchewan Flax Development Commission).....	26
<b>Εικόνα 6:</b> Φυτό λιναριού προσβεβλημένο από φουζαρίωση (Πηγή: Saskatchewan Flax Development Commission) .....	27
<b>Εικόνα 7:</b> Ίνα λιναριού (Πηγή: Flax Council of Canada) .....	31
<b>Εικόνα 8:</b> Παγκόσμια παραγωγή λιναρόσπορου το 2020. Στη χρωματική κλίμακα του σχήματος οι ανοιχτές γκριζες περιοχές αντιστοιχούν σε 0 τόνους ενώ οι σκούρες μπλε αντιστοιχούν σε πάνω από 1.000.000 τόνους παραγόμενου λιναρόσπορου (Πηγή: Stavropoulos et al., 2023).....	34
<b>Εικόνα 9:</b> Εφαρμογή λίπανσης στον αγρό (Πηγή: Προσωπικό αρχείο) .....	36
<b>Εικόνα 10:</b> Πειραματικό σχέδιο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο Π. Σταυρόπουλου) .....	37
<b>Εικόνα 11:</b> Κατεργασία εδάφους με φρέζα πριν από τη σπορά (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	99
<b>Εικόνα 12:</b> Χάραξη αγρού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	99
<b>Εικόνα 13:</b> Πειραματικός αγρός (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	100
<b>Εικόνα 14:</b> Άποψη του αγρού στο στάδιο της άνθησης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο) .....	100
<b>Εικόνα 15:</b> Συσκευή μέτρησης συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	101
<b>Εικόνα 16:</b> Καλλιέργεια στο στάδιο της ωρίμανσης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο) .....	101
<b>Εικόνα 17:</b> Κάψες στο στάδιο της ωρίμανσης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	102
<b>Εικόνα 18:</b> Ζυγαριά ακριβείας για τη μέτρηση σπόρων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).....	102
<b>Εικόνα 19:</b> Πνευματική μηχανή καθαρισμού σπόρων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο) .....	103

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το λινάρι είναι ένα ευπροσάρμοστο φυτό που ανήκει στο γένος *Linum* και καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Το γένος περιλαμβάνει περισσότερα από 100 ετήσια και πολυετή είδη με το καλλιεργούμενο λινάρι να ανήκει στο *L. Usitatissimum*, το πιο χρησιμοποιούμενο και πιο χρήσιμο από ολόκληρο το γένος. Οι πρωταρχικές ποικιλίες είναι δύο τύπων: η μία καλλιεργείται κυρίως για το λάδι της και η άλλη κυρίως για τις ίνες της (Saskatchewan Flax Development Commission).

Εκτός από τις παραδοσιακές χρήσεις του για την παραγωγή ινών και την εξαγωγή λαδιού, μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως εναλλακτική ρετρό καλλιέργεια για την περιοχή της Μεσογείου λόγω των διαφόρων πλεονεκτημάτων του (Kakabouki et al., 2021). Το λινάρι είναι μια εξαιρετική επιλογή για την αμειψισπορά των καλλιεργειών. Βοηθά να σπάσει ο κύκλος των παρασίτων και των ασθενειών που συνδέονται με άλλες καλλιέργειες και μπορεί να βελτιώσει τη γονιμότητα του εδάφους. Έχει σχετικά σύντομη καλλιεργητική περίοδο, επιτρέποντας στους αγρότες να το εντάξουν στα σχέδια εναλλαγής καλλιεργειών τους. Επιπλέον, είναι γνωστό για την ικανότητά του να αντέχει σε συνθήκες ξηρασίας καλύτερα από πολλές άλλες καλλιέργειες.

Η καλλιέργεια λιναριού θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον λόγω των χαμηλών απαιτήσεων του σε φυτοφάρμακα και λιπάσματα. Διαθέτει φυσική αντοχή σε παράσιτα και ασθένειες, μειώνοντας την ανάγκη για χημικές επεμβάσεις. Επιπλέον, έχει μεγάλες δυνατότητες δέσμευσης άνθρακα, συμβάλλοντας στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Ταυτόχρονα μπορεί να συμβάλει στην υγεία και τη γονιμότητα του εδάφους ενισχύοντας τη διήθηση του νερού και αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Τα υπολείμματα που απομένουν μετά τη συγκομιδή του λιναριού μπορούν να ενσωματωθούν ξανά στο έδαφος ως οργανική ουσία.

Ο λιναρόσπορος είναι ένα είδος που περιέχει πολύ καλή θρεπτική αξία. Οι σπόροι είναι πλούσιοι σε βασικά θρεπτικά συστατικά και αποτελούν καλή πηγή διαιτητικών ινών, ωμέγα-3 λιπαρών οξέων και αντιοξειδωτικών. Επιπλέον έχουν διάφορα οφέλη για την υγεία, συμπεριλαμβανομένης της προαγωγής της υγείας της καρδιάς, της μείωσης των φλεγμονών

και της υποστήριξης της υγείας του πεπτικού συστήματος. Το έλαιο λιναρόσπορου που εξάγεται από τους σπόρους εκτιμάται επίσης για τις διατροφικές του ιδιότητες.

Η ζήτηση του λιναριού στην αγορά είναι αυξανόμενη λόγω των ποικίλων εφαρμογών του. Οι ίνες λιναριού μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας και ένδυσης για την παραγωγή λινών υφασμάτων, ενώ το έλαιο λιναρόσπορου βρίσκει εφαρμογές στα τρόφιμα, τα καλλυντικά και τους βιομηχανικούς τομείς. Η αυξανόμενη δημοτικότητα των προϊόντων φυτικής προέλευσης έχει δημιουργήσει ευκαιρίες για εναλλακτικές λύσεις με βάση το λινάρι σε διάφορες βιομηχανίες. Ο λιναρόσπορος μπορεί να μεταποιηθεί σε μια ποικιλία προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Μπορεί να αλεσθεί σε αλεύρι λιναρόσπορου, να χρησιμοποιηθεί στην αρτοποιία ή ως συμπλήρωμα διατροφής. Το έλαιο λιναρόσπορου μπορεί να συμπιεστεί εν ψυχρώ και να χρησιμοποιηθεί για το μαγείρεμα ή ως συμπλήρωμα διατροφής. Το άχυρο που απομένει μετά τη συγκομιδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στρωμή ζώων ή ως πρώτη ύλη βιομάζας.

Η καλλιέργεια λιναριού απαιτεί κατάλληλες γεωπονικές πρακτικές για βέλτιστη απόδοση και ποιότητα. Προτιμά καλά στραγγιζόμενα εδάφη και δροσερά, εύκρατα κλίματα. Ο επαρκής έλεγχος των ζιζανίων είναι ζωτικής σημασίας κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης. Η συγκομιδή γίνεται συνήθως όταν το κάτω μέρος του φυτού κιτρινίσει και οι κάψες είναι καφετί και ξηρές.

## 1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το λινάρι είναι ένα από τα παλαιότερα καλλιεργούμενα φυτά που καλλιεργούνταν για την παραγωγή ελαίου και ινών και χρονολογείται τουλάχιστον από το 5.000 π.Χ. Η Μεσόγειος και η Νοτιοδυτική Ασία έχουν προταθεί ως κέντρο προέλευσης, ωστόσο η ακριβής τοποθεσία είναι αβέβαιη (Karg, 2011). Ο λιναρόσπορος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τους Αιγύπτιους σε τρόφιμα και φάρμακα. Επίσης, χρησιμοποιούσαν τις ίνες του για την παραγωγή λινών υφασμάτων με τα οποία τύλιγαν τις μούμιες (Jhala & Hall, 2010).

Αργότερα, σε γραπτά κείμενα του Ιπποκράτη αναφέρθηκαν οι ανακουφιστικές ιδιότητες του λιναρόσπορου σε κοιλιακούς πόνους (Klimaszewski, 2000). Το λινάρι επίσης χρησιμοποιούνταν ως φάρμακο για τον βήχα και το κρυολόγημα και από τους Ιθαγενείς της Αμερικής (Moerman, 2007).

Τα διαθέσιμα αρχαιοβοτανικά στοιχεία από την προϊστορική Ελλάδα για το λινάρι υποδηλώνουν ότι καλλιεργούνταν τόσο κατά τη Νεολιθική Εποχή όσο και κατά την Εποχή του Χαλκού. Τα ευρήματα καθαρών σπόρων από την Ελλάδα υποδεικνύουν μια σειρά από στάδια που προχωρούν από την προετοιμασία του χωραφιού, στη συγκομιδή και την επεξεργασία. Το *L. usitatissimum* καλλιεργούνταν και επεξεργάζονταν στην προϊστορική Ελλάδα για την εξαγωγή των σπόρων και το φυτό χρησιμοποιούνταν είτε για το λάδι είτε για τις ίνες είτε και για τα δύο και πιθανώς και για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες (Valamoti, 2011)

Σήμερα το λινάρι καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένου του Καναδά, της Κίνας, της Ρωσίας και των Ηνωμένων Πολιτειών. Καλλιεργείται κυρίως για τους σπόρους και τις φυτικές του ίνες. Οι σπόροι χρησιμοποιούνται συνήθως στη διατροφή και καταναλώνονται ως ολόκληροι σπόροι, αλέθονται σε αλεύρι ή συμπιέζονται για την εξαγωγή ελαίου λιναρόσπορου. Το λινέλαιο χρησιμοποιείται στη μαγειρική και ως συμπλήρωμα διατροφής. Οι ίνες λιναριού χρησιμοποιούνται στην παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής λινών υφασμάτων. Το φυτό καλλιεργείται επίσης για τη διακοσμητική του αξία σε κήπους.

Συνολικά, το λινάρι είναι ένα σημαντικό φυτό με πολλαπλές χρήσεις. Οι σπόροι και οι φυτικές ίνες του έχουν θρεπτική, βιομηχανική και οικονομική σημασία, καθιστώντας το πολύτιμη καλλιέργεια σε πολλές περιοχές του κόσμου.

### 1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΛΙΝΑΡΙΟΥ

Το λινάρι (*Linum usitatissimum* L.) είναι Αγγειόσπερμο Δικοτυλήδονο φυτό της οικογένειας Linaceae (Τάξη Linales). Η βοτανική ονομασία, *Linum usitatissimum*, δόθηκε από τον Λινναίο στο έργο του βιβλίο του "Species Plantarum" (Linnaeus, C., 1857). Το *Linum usitatissimum*, η επιστημονική ονομασία του λιναριού της οικογένειας Linaceae, περιγράφει εύστοχα τη χρησιμότητά του. Στην πραγματικότητα, η ονομασία *Linum* προέρχεται από την κελτική λέξη lin ή "νήμα" και η ονομασία *usitatissimum* είναι λατινική και σημαίνει "το πιο χρήσιμο" (Vaisey-Genser & Morris, 2003). Πρόκειται για ετήσιο ποώδες φυτό που αναπτύσσεται περίπου μέχρι 1 μέτρο σε ύψος. Ξεκινά ως σπόρος και βλασταίνει όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Το φυτό αναπτύσσεται βλαστικά, αναπτύσσοντας φύλλα και μίσχους και τελικά παράγει άνθη. Μετά την επικονίαση, τα άνθη

εξελίσσονται σε κάψες που περιέχουν τους σπόρους. Μόλις ωριμάσουν οι σπόροι, το φυτό πεθαίνει και οι σπόροι διασκορπίζονται.

## 1.4. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### 1.4.1. ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι ρίζες του λιναριού παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη στήριξη του φυτού στο έδαφος και στην απορρόφηση του νερού και των θρεπτικών συστατικών. Το λινάρι έχει πασσαλώδες ριζικό σύστημα, που αποτελείται από πολυάριθμες λεπτές, διακλαδιζόμενες ρίζες που απλώνονται οριζόντια στο ανώτερο στρώμα του εδάφους. Η επέκτασή του μπορεί να φτάσει σε βάθος 90-120 cm σε ελαφριά εδάφη (Jhala & Hall, 2010).



Εικόνα 1: Ριζικό σύστημα λιναριού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

### 1.4.2. ΒΛΑΣΤΟΣ

Ο βλαστός είναι λεπτός και έχει όρθια ανάπτυξη. Το ύψος του κυμαίνεται από 40-50 cm στις ποικιλίες που προορίζονται για παραγωγή σπόρου. Αντίθετα οι ποικιλίες για παραγωγή ίνας μπορούν να φτάσουν τα 120 cm με μειωμένες όμως διακλαδώσεις. Όταν το λινάρι καλλιεργείται σε αραιή πυκνότητα και υπάρχει επάρκεια αζώτου μπορούν να εκπτυχθούν 2 ή περισσότεροι πλάγιοι βλαστοί. Οι ίνες βρίσκονται μεταξύ του ξυλώματος και της επιδερμίδας και είναι κολλημένες με τα άλλα μέρη του στελέχους με πηκτινικές ουσίες. Κατά την παραλαβή τους από τους βλαστούς, οι καλής ποιότητας ίνες έχουν μέσο μήκος τα



50 cm, ενώ οι ίνες των ποικιλιών που προορίζονται για σπόρο είναι πιο κοντές και μειωμένης ποιότητας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).

#### *1.4.3. ΦΥΛΛΑ - ΑΝΘΗ*

Τα φύλλα του λιναριού είναι λεπτά και λογχοειδή με μήκος 2-5 εκατοστά. Εκφύονται αντίθετα και το έλασμα τους είναι λείο και λαμπερό.

Τα άνθη έχουν κυανό χρώμα και αποτελούνται από πέντε πέταλα, πέντε σέπαλα και πέντε στήμονες. Εμφανίζονται μεμονομένα στις κορυφές των διακλαδώσεων και είναι ερμαφρόδιτα. Η περιοχή της ωοθήκης αποτελείται από πέντε καρπόφυλλα με το κάθε καρπόφυλλο να σχηματίζει δύο χώρους. Η ταξιανθία είναι βότρυς (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).



Εικόνα 2: Άνθη λιναριού (Πηγή: Flax Council of Canada)

#### *1.4.4. ΚΑΡΠΟΣ*

Ο καρπός είναι κάψα με σφαιρικό ή ωοειδές σχήμα (αναλόγως της ποικιλίας) αποτελούμενη από πέντε χώρους. Στο στάδιο της ωρίμανσης η κάθε κάψα περιλαμβάνει περίπου 8 σπόρους με ανώτερη ποσότητα τους 10 σπόρους. Το χρώμα των καψών είναι ανοιχτό καφέ και διακρίνονται σε διαρρηγνύμενες ή αδιάρρηκτες αναλόγως της ποικιλίας. Οι σπόροι είναι επίπεδοι, ωοειδείς και μυτεροί στην άκρη με μήκος 3,5-5 mm και βάρος χιλίων σπόρων 5-7 g. Αναλόγως της ποικιλίας το χρώμα τους ποικίλει και μπορεί να κυμανθεί από ανοιχτό έως σκούρο κίτρινο ή κοκκινοκαφέ (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).



Εικόνα 3: Σπόροι λιναριού (Πηγή: medicaldialogues.in)

### 1.5. ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το λινάρι ευδοκimei καλύτερα σε εύκρατες και υγρές περιοχές με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία 30 βαθμούς Κελσίου και ετήσια βροχόπτωση περίπου 700 mm. Στις κατάλληλες περιοχές για την καλλιέργεια λιναριού περιλαμβάνονται οι εύκρατες και παράκτιες περιοχές της Δυτικής Ευρώπης, όπως το Βέλγιο, οι Κάτω Χώρες και η Γαλλία (Sultana, 1992). Η σπορά του λιναριού αρχίζει συνήθως όταν το ανώτερο στρώμα του εδάφους φτάσει σε θερμοκρασία μεταξύ 7-9 βαθμών Κελσίου, συνήθως γύρω στα μέσα Μαρτίου με μέσα Απριλίου στη Γαλλία (Sultana, 1983).

Τα στάδια ανάπτυξης του λιναριού μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις κύριες φάσεις όπως και οι περισσότερες καλλιέργειες: G (ή εμφάνιση του φυτού), VS, F και SF, και τέλος S (Lancashire et al., 1991; Mediavilla et al., 1998). Η βλάστηση λαμβάνει χώρα συνήθως 5-10 ημέρες μετά τη σπορά (Gorshkova et al., 1996; ARVALIS - Institut du végétal, 2014) και σηματοδοτείται από την εμφάνιση δύο πλήρως ανεπτυγμένων κοτυληδόνων (Paul-Victor et al., 2017), γεγονός που υποδηλώνει την ταξινόμησή του ως δικοτυλήδονο φυτό (Edwards et al., 1997). Το στάδιο VS αρχίζει σταδιακά, με το λινάρι να φτάνει σε ύψος 15 cm μετά από περίπου 15-20 ημέρες από την εμφάνιση (Gorshkova et al., 2003; ARVALIS - Institut du végétal, 2014). Αυτή η φάση αργής ανάπτυξης ακολουθείται από μια περίοδο ταχείας ανάπτυξης που διαρκεί περίπου 15-20 ημέρες, κατά την οποία το φυτό μπορεί να επιμηκύνεται αρκετά εκατοστά την ημέρα (Gorshkova et al., 2003;

ARVALIS - Institut du végétal, 2014), φτάνοντας τελικά σε ύψος 80-90 cm (Gorshkova et al., 1996; ARVALIS - Institut du végétal, 2014). Στη συνέχεια, ο ρυθμός ανάπτυξης επιβραδύνεται κατά το στάδιο F και το φυτό φτάνει σε τελικό ύψος περίπου 1 μέτρου (Gorshkova et al., 2003). Η ανθοφορία αρχίζει περίπου 50 ημέρες μετά την εμφάνιση και διαρκεί περίπου 15 ημέρες, παρά το γεγονός ότι κάθε άνθος έχει διάρκεια ζωής μόνο μία ημέρα (Bert, 2013). Η ανάπτυξη των σπόρων αρχίζει περίπου 15 ημέρες μετά την ανθοφορία, ενώ η πλήρης ωρίμανση επιτυγχάνεται μετά από 5-6 εβδομάδες (Tiver & Williams, 1943). Τέλος, το φυτό περνά από το στάδιο S, που σηματοδοτεί την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του (Lancashire et al., 1991). Ωστόσο, στην περίπτωση των βιομηχανικών φυτών λιναριού, η συγκομιδή τους γίνεται στο στάδιο FM, το οποίο λαμβάνει χώρα περίπου 40 ημέρες μετά την άνθηση ή κατά τη φάση της "κίτρινης ωρίμανσης", παρακάμπτοντας το στάδιο της "πράσινης ωρίμανσης" ή της "πρώιμης ωρίμανσης" (Gorshkova et al., 1996). Ολόκληρη η διαδικασία καλλιέργειας του λιναριού, από τη σπορά έως το FM, διαρκεί γενικά περίπου 100-120 ημέρες.

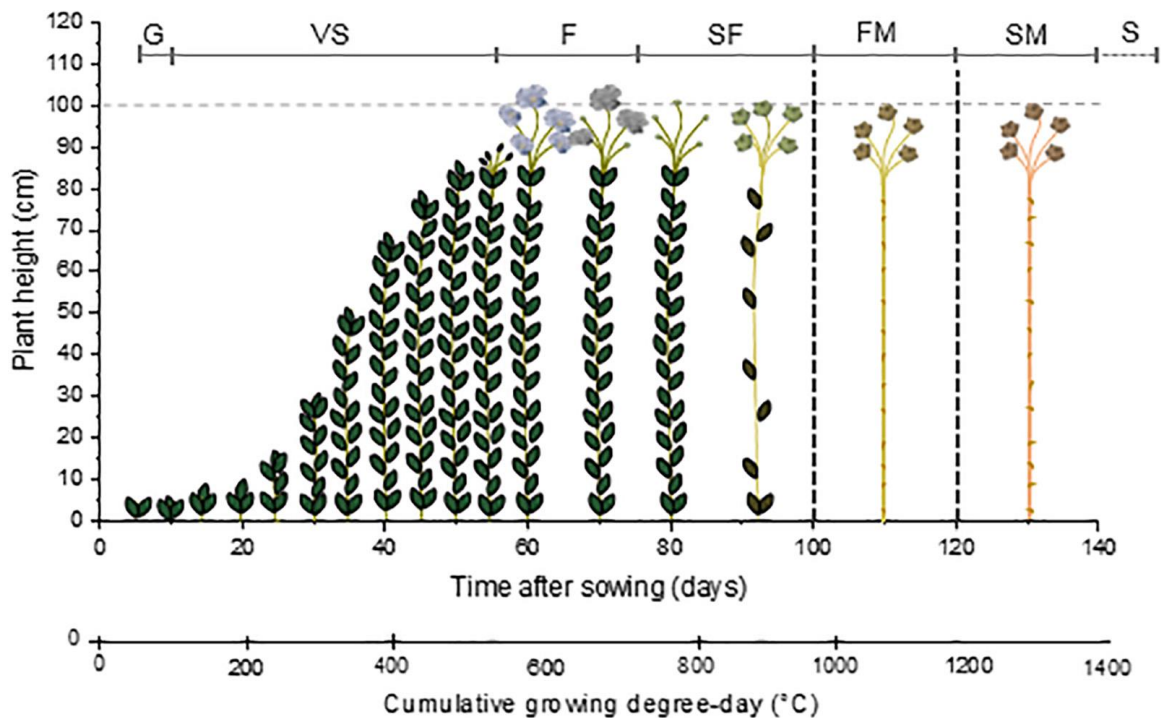
Εκτός από τις γνώσεις και την εμπειρία των γεωργών, τα διάφορα στάδια επέμβασης κατά τη διαδικασία καλλιέργειας του λιναριού καθορίζονται επίσης λαμβάνοντας υπόψη τη συσσωρευμένη θερμοκρασία που λαμβάνει το φυτό μετά τη σπορά, γνωστή ως αθροιστική θερμοκρασία των ημερών ανάπτυξης (GDD) (Prentice et al., 1992). Σε κάθε ημέρα, η αθροιστική GDD (GDD<sub>n</sub>) υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$GDD_n = \sum(T_{max;i} + T_{min;i} - 2 * T_{base}) \text{ (για } i = 1 \text{ έως } n)$$

Εδώ, η  $T_{max;i}$  αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, η  $T_{min;i}$  αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία την ημέρα  $i$  (με  $i = 1$  την ημέρα σποράς) και η  $T_{base}$  αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία βάσης. Για το λινάρι, η θερμοκρασία βάσης θεωρείται ότι είναι 5 βαθμοί Κελσίου, καθώς αυτή είναι η θερμοκρασία κάτω από την οποία δεν παρατηρείται ανάπτυξη και θεωρείται ως το σημείο εκκίνησης της βλάστησης (Bert, 2013). Ωστόσο, για τις περισσότερες καλλιέργειες, η θερμοκρασία βάσης είναι συνήθως 10°C. Εάν η μέση ημερήσια θερμοκρασία πέσει κάτω από τη θερμοκρασία βάσης, η τιμή GDD για εκείνη την ημέρα θεωρείται 0.

Με βάση αυτή τη μέθοδο υπολογισμού, το στάδιο εμφάνισης (G) του λιναριού εμφανίζεται όταν η αθροιστική τιμή GDD φτάσει περίπου τις 50 βαθμοημέρες. Η ανθοφορία λαμβάνει χώρα περίπου στις 550 αθροιστικές GDD, ενώ ο σχηματισμός κάψουλας λαμβάνει χώρα σε υψηλότερες αθροιστικές GDD, συνήθως γύρω στις 650-700. Οι ίνες θεωρούνται

ώριμες όταν η αθροιστική GDD φτάσει μεταξύ 950 και 1100. Αν και οι σπόροι θα έφταναν στην ωριμότητα περίπου στα 1150 σωρευτικά GDD, τα φυτά συγκομίζονται στην πραγματικότητα στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας (FM) (ARVALIS - Institut du végétal, 2014). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το πρότυπο ανάπτυξης του λιναριού μπορεί να επηρεαστεί από διάφορες συνθήκες ανάπτυξης, όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση, καθώς και από διαφορετικές μεθόδους καλλιέργειας, όπως η πυκνότητα σποράς, με αποτέλεσμα να επέλθουν τροποποιήσεις στα στάδια ανάπτυξης του λιναριού (Lefeuvre et al., 2014b; Du et al., 2015; Bourmaud et al., 2016; Goudenhooff et al., 2019).



Εικόνα 4: Στάδια ανάπτυξης *Linum usitatissimum* L. (Πηγή: Goudenhooff et al., 2019)

## 1.6. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

### 1.6.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Παρόλο που το λινάρι θεωρείται καλλιέργεια ψυχρής εποχής, η θερμοκρασία του αέρα κάτω από 10°C την άνοιξη μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη, γεγονός που μπορεί να καθυστερήσει την ανθοφορία (Gusta et al., 1997). Το λινάρι καλλιεργείται σχεδόν σε όλες τις ηπείρους με εύκρατο κλίμα (Gill, 1987). Σε θερμοκρασίες -4 έως -7°C η καλλιέργεια μπορεί να καταστραφεί τελείως, ενώ όταν βρίσκεται στο στάδιο της ανθοφορίας, ένας ελαφρύς παγετός με θερμοκρασία -1°C μπορεί να προκαλέσει ζημιές.

Για τις ποικιλίες που προορίζονται για παραγωγή ίνας είναι επιθυμητές οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και η υψηλή υγρασία. Ύστερα από την ωρίμανση όμως προτιμάται θερμό και ξηρό κλίμα το οποίο βοηθά στη συγκομιδή και την αποξήρανση. Οι ποικιλίες για παραγωγή σπόρου ευνοούνται περισσότερο από υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες όμως δεν πρέπει να ξεπερνούν τους 32°C μέχρι το στάδιο της ανθοφορίας, καθώς οδηγούν σε μειωμένη απόδοση σε σπόρο και περιεκτικότητα ελαίου.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να έχουν δραματικές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγικότητα, τα εισοδήματα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και την επισιτιστική ασφάλεια (Battisti & Naylor, 2009). Η καθυστέρηση στη σπορά μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής ανάπτυξης της καλλιέργειας με αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας των σπόρων (Greven et al., 2004; Mirshekari et al., 2012).

### 1.6.2. ΕΛΑΦΟΣ

Στην καλλιέργεια του λιναριού προτιμώνται γόνιμα εδάφη, μέσης σύστασης με καλή αποστράγγιση και δυνατότητα συγκράτησης της υγρασίας. Τα αμμώδη εδάφη με μειωμένη υγρασία δυσκολεύουν την ανάπτυξη, εξαιτίας της μορφολογίας του ριζικού συστήματος. Το λινάρι είναι φυτό που παρουσιάζει μέτρια ανοχή στην αλατότητα και αναπτύσσεται καλύτερα σε pH εδάφους 6,0-6,5 (Hocking et al., 1987).

## 1.7. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

### 1.7.1. ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ

Γόνιμα εδάφη μέσης έως βαριάς σύστασης είναι ιδανικά για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων λιναριού. Ύστερα από μία καλλιέργεια λιναριού, απομένουν περιορισμένα υπολείμματα στον αγρό και αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο διάβρωσης εδάφους από τον άνεμο και το νερό. Ως εκ τούτου, στην αμειψισπορά μετά την καλλιέργεια λιναριού μπορεί να ακολουθήσει μια καλλιέργεια σιτηρών (Flax Council of Canada). Σε εκτάσεις στις οποίες εφαρμόζεται άρδευση μπορεί να καλλιεργηθεί λινάρι έπειτα από καλαμπόκι, μηδική και σόργο. Έπειτα από καλλιέργεια ψυχανθών το λινάρι μπορεί να καλλιεργηθεί ικανοποιητικά, ωστόσο υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν προβλήματα από *Rhizoctonia*. Μεταξύ των καλλιεργειών του λιναριού είναι καλό να μεσολαβεί ένα διάστημα 3 ή περισσότερων χρόνων

εξαιτίας προβλημάτων ασθενειών που μπορεί να προκύψουν (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).

### *1.7.2. ΕΛΑΦΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ*

Η διαδικασία της κατεργασίας στην καλλιέργεια λιναριού εφαρμόζεται πριν από τη σπορά σε μειωμένο βάθος. Συστήματα περιορισμένης κατεργασίας, ιδίως εκείνα της μη άροσης, έχουν διαδοθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια. Η πρακτική της ακατεργασίας εφαρμόζεται παγκοσμίως για τον έλεγχο της διάβρωσης και τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Από οικονομικής άποψης, η χρήση πρακτικών ελάχιστης κατεργασίας και μη κατεργασίας παρέχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (σε σύγκριση με τη συμβατική κατεργασία) στη χρήση καυσίμων, στην εκμετάλλευση και στη λειτουργία των μηχανημάτων (Zenter et al., 2004). Οι Alvarez και Steinbach (2009) παρατήρησαν ότι η αθροιστική σταθερότητα και ο ρυθμός διήθησης του νερού ήταν υψηλότεροι στα εδάφη που υποβλήθηκαν σε συστήματα περιορισμένης κατεργασίας από ό,τι σε συστήματα κατεργασίας με άροτρο (Bilalis et al., 2010).

### *1.7.3. ΣΠΟΡΑ*

Το λινάρι σπέρνεται γραμμικά σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 15-20 cm. Το βάθος σποράς κυμαίνεται από 2,5 έως 4 cm ανάλογα με την υγρασία του εδάφους. Η ποσότητα σπόρου όταν πρόκειται για παραγωγή λιναρόσπορου κυμαίνεται από 3-5 κιλά / στρέμμα για ξηρικές καλλιέργειες και 5 κιλά / στρέμμα για αρδευόμενες καλλιέργειες (Lafond, 2008). Στις περιπτώσεις που η σπορά γίνεται σε μικρές αποστάσεις φύτευσης υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος. Ποσότητα σπόρου 3 έως 4,5 κιλά / στρέμμα αντιστοιχεί σε 500 έως 800 σπόρους / m<sup>2</sup>. Για μέγιστη απόδοση μία πυκνότητα 300 φυτών / m<sup>2</sup> είναι ικανοποιητική. Στο λινάρι που καλλιεργείται για παραγωγή ίνας είναι επιθυμητή η μεγαλύτερη πυκνότητα φύτευσης 1500-1800 φυτά / m<sup>2</sup>. Για την πυκνότητα αυτή χρειάζονται περίπου 10 – 13 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Έτσι τα φυτά γίνονται πιο ψηλά και λεπτά χωρίς διακλαδώσεις αυξάνοντας την ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ινών. Στη χώρα μας το λινάρι σπέρνεται συνήθως την περίοδο από 15 Οκτωβρίου έως 15 Νοεμβρίου (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).

#### 1.7.4. ΑΡΔΕΥΣΗ

Αρκετές μελέτες τονίζουν τη σημασία της άρδευσης, καθώς το μικρό μήκος της ρίζας του λιναριού συχνά εμποδίζει την πρόσβαση σε βαθιά υπόγεια ύδατα (Kar et al., 2007; Foster et al., 1998) και η ανεπάρκεια υγρασίας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση του λιναριού (Sarkar S. & Sarkar A., 2017). Η υδατική καταπόνηση θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση και την ανάπτυξη των φυτών, τη φωτοσύνθεση των φύλλων και την απόδοση του λιναρόσπορου (Dutta et al., 1995). Η ιδιαίτερα θετική επίδραση της άρδευσης στους σπόρους επιβεβαιώνει τον καθοριστικό ρόλο της συμπληρωματικής άρδευσης στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην υδατική καταπόνηση (Daun, 1993). Οι βέλτιστες ημερομηνίες σποράς και η συμπληρωματική άρδευση κατά τα αναπαραγωγικά στάδια, δηλαδή τις περιόδους ανθοφορίας και γεμίσματος των σπόρων, μπορούν να αποτελέσουν σπουδαία διαχειριστική επιλογή για να μειωθούν οι αρνητικές πτυχές της καταπόνησης από τη θερμοκρασία και την ξηρασία. Επομένως, είναι αναγκαίο να υπάρχει αρκετή υγρασία στο έδαφος κατά τις περιόδους αυτές προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση σε σπόρο και η περιεκτικότητα σε έλαιο (Mirshekari et al., 2012).

Ωστόσο οι ανάγκες της καλλιέργειας σε άρδευση εξαρτώνται από το κλίμα, τις ιδιότητες του εδάφους και την ποικιλία (Bauer et al., 2015), με αποτέλεσμα να έχει διαμορφωθεί ένα ευρύ φάσμα ανοχής στην ξηρασία. Κάποιες μελέτες αναφέρουν ότι το λινάρι θα μπορούσε να θεωρηθεί ως καλλιέργεια ανθεκτική στην ξηρασία και η αντοχή του θα μπορούσε εν μέρει να αποδοθεί στην προλίνη, η οποία μπορεί να ρυθμίσει την όσμωση των κυττάρων (Wang et al., 2021). Σε μια μελέτη των Kakabouki et al. (2020), στην Ελλάδα, λιγότερα από 400 mm νερού είναι αρκετά για να έχει μία καλή απόδοση η καλλιέργεια. Συνολικά, οι ποικιλίες λιναριού που προορίζονται για ίνα χαρακτηρίζονται από υψηλότερες ανάγκες σε νερό σε σύγκριση με τις ποικιλίες που προορίζονται για σπόρο (Heller et al., 2015). Επιπλέον, η λίπανση με άζωτο (N) μπορεί να επηρεάσει τις αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας και να μετριάσει το υδατικό στρες (Dohat et al., 2017; Ashraf et al., 2021; Stavropoulos et al., 2023).

### 1.7.5. ΛΙΠΑΝΣΗ

#### **Άζωτο**

Το άζωτο (N) θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Η λίπανση και κυρίως η επάρκεια αζώτου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη και την απόδοση του λιναριού. Η εφαρμογή λίπανσης με N στο λινάρι έχει ως αποτέλεσμα σε υψηλές αποδόσεις και υψηλής ποιότητας λιναρόσπορο (Rahimi et al., 2011). Ωστόσο, η υπερεπάρκεια αζώτου προκαλεί πλάγιασμα στα φυτά και επιπλέον μπορεί να καθυστερήσει την ωρίμανση της καλλιέργειας, καθώς προωθεί τη βλαστική ανάπτυξη και ενδεχομένως μειώνει την απόδοση.

Οι δείκτες αζώτου μπορούν να διευκολύνουν την εκτίμηση της βέλτιστης δόσης αζώτου για κάθε καλλιέργεια. Ένας από τους σημαντικότερους δείκτες αζώτου είναι ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI), ένας δείκτης που περιγράφει την κατανομή του αζώτου στους φυτικούς ιστούς (Ye et al., 2007). Επιπλέον, ο δείκτης αξιοποίησης του αζώτου Efficiency (NUE) είναι ένας άλλος δείκτης που περιγράφει την ποσότητα του απορροφούμενου από το έδαφος N που έχει χρησιμοποιηθεί από το φυτό για την παραγωγή σπόρων (Goulding et al., 2008). Οι δείκτες αυτοί μας επιτρέπουν να εκτιμήσουμε τις απώλειες αζώτου, καθώς και την ποσότητα αζώτου που έχει απορροφηθεί από την καλλιέργεια (Folina et al., 2021) και, συνεπώς, την αποτελεσματικότητα του ποσοστού λίπανσης (Kakabouki et al., 2021).

#### **Φώσφορος**

Ο φώσφορος (P) είναι ένα βασικό μακροθρεπτικό στοιχείο που μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη των φυτών εάν δεν παρέχεται σε επαρκή επίπεδα από το έδαφος ή το λίπασμα (Chaudhary et al., 2008). Η βελτιστοποίηση της λίπανσης με P στην παραγωγή καλλιεργειών είναι σημαντική για τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και της οικονομικής ανάπτυξης (Xie et al., 2014). Το ποσοστό λίπανσης με φώσφορο είναι ένας παράγοντας που μπορεί να βελτιστοποιήσει την παραγωγή του ελαίου και των λιπαρών οξέων στο λινάρι (Xie et al., 2020).

Ωστόσο οι σπόροι του λιναριού είναι πολύ ευαίσθητοι στη λίπανση με P (Sadler, 1980) και οι αποδόσεις γενικά μειώνονται όταν η εφαρμογή ξεπερνά τα 5 kg ha<sup>-1</sup> υδατοδιαλυτού ορθοφωσφορικού λιπάσματος P κατά τη σπορά, επειδή καταστέλλει τη βλάστηση (Racz & Soper, 1967; Ridley & Tayakepisuthe, 1974). Η εφαρμογή του



λίπασματος P κατά τη σπορά πρέπει να είναι πολύ ακριβής για να επιτευχθεί η μέγιστη απορρόφηση και απόδοση. Η εφαρμογή είναι ακόμη πιο κρίσιμη σε ασβεστολιθικά εδάφη για την απόκριση στο λίπασμα με φώσφορο, λόγω της μετατροπής του διαθέσιμου στα φυτά φωσφόρου σε λιγότερο διαθέσιμες μορφές (Paratheohari et al., 2008).

## **Κάλιο**

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας λιναριού στη λίπανση με κάλιο (K) είναι συχνά αμελητέες πιθανώς επειδή τα περισσότερα εδάφη στα οποία καλλιεργούνται είναι γενικά λεπτόκοκκα και έχουν επαρκή αποθέματα καλίου 16. Στην πράξη, τα στοιχεία άζωτο, φώσφορος και κάλιο εφαρμόζονται συχνά σε συνδυασμό, αλλά η βέλτιστη αναλογία N:P:K ποικίλλει σημαντικά (Hocking et al., 1987; Paratheohari et al., 2008).

### **1.7.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ**

Το λινάρι χαρακτηρίζεται ως φτωχός ανταγωνιστής ζιζανίων (Friesen, 1986), κυρίως λόγω του αργού ρυθμού ανάπτυξης του κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης (Lucomets et al., 2021). Οι σοβαρές προσβολές από ζιζάνια μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις αποδόσεις τόσο της καλλιέργειας λιναριού που προορίζεται για σπόρο όσο και αυτής που προορίζεται για ίνα, ή ακόμη και να οδηγήσουν σε πλήρη αποτυχία της καλλιέργειας (Alam & Shabnam, 2021). Η χημική διαχείριση αποτελεί την πλέον αποδεκτή πρακτική διαχείρισης ζιζανίων, ωστόσο, καθώς η εκτεταμένη χρήση των ζιζανιοκτόνων έχει συσχετιστεί με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Fetting, 2023), αρκετές εναλλακτικές στρατηγικές διαχείρισης ζιζανίων έχουν μελετηθεί για το λινάρι. Αυτές οι στρατηγικές περιλαμβάνουν την επιλογή πιο ανταγωνιστικών ποικιλιών (Kurtenbach et al., 2019), τη μεταβολή του ποσοστού σποράς ή της ημερομηνίας (Estela et al., 2007), την αμειψισπορά (Halde & Entz, 2014) και τη χρήση εδαφοβελτιωτικών (Bilalis et al., 2017). Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις παράλληλα με τη χρήση οργανικών λιπασμάτων και βιοεντομοκτόνων (Singh et al., 2014) επιτρέπουν επίσης τη βιολογική καλλιέργεια λιναριού (Halde, & Entz, 2014; Bilalis et al., 2012; Stavropoulos et al., 2023)

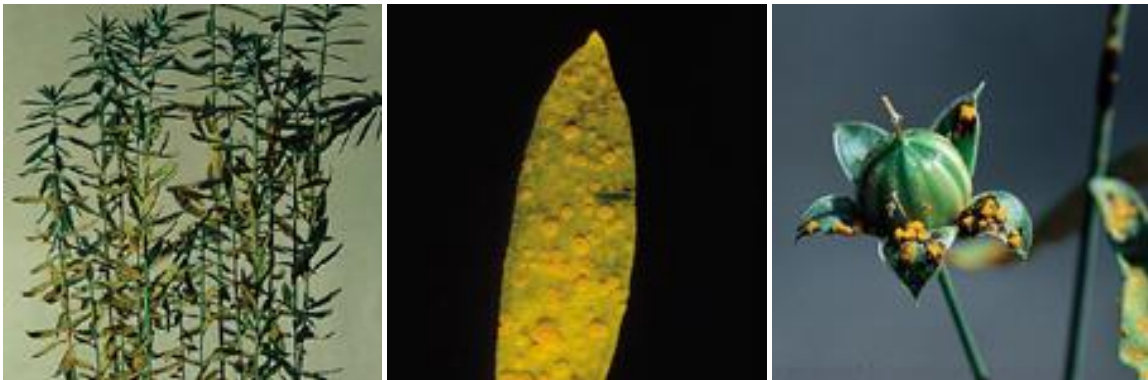
### **1.7.7. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ**

Το λινάρι μπορεί να θεωρηθεί πλήρως ώριμο όταν το 75% των καψών έχει αποκτήσει καφέ χρώμα, ο βλαστός είναι κιτρινωπός και τα περισσότερα φύλλα έχουν πέσει. Η κοπή ή η αποξήρανση του λιναριού σε ανώριμο στάδιο μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης,

λόγω του πρόωρου τερματισμού της ανάπτυξης των σπόρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα λεπτούς σπόρους μικρότερου βάρους. Όταν η καλλιέργεια έχει καθαριστεί από ζιζάνια και παρουσιάζει μία ομοιόμορφη ωρίμανση, η συγκομιδή μπορεί να γίνει με θεριζοαλωνιστική μηχανή. Διαφορετικά, αν τα ζιζάνια παραμένουν στον αγρό και η ωρίμανση δεν είναι ομοιόμορφη, πραγματοποιείται πρώτα ο θερισμός και η παραμονή των φυτών σε ειδικούς χώρους μέχρι την ξήρανση και έπειτα το αλώνισμα με αλωνιστική μηχανή. Κατά την αποθήκευση των σπόρων η υγρασία τους δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% (Flax Council of Canada).

### 1.8. ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Οι εχθροί στους οποίους το λινάρι παρουσιάζει ευαισθησία ποικίλουν. Ωστόσο, μέσω της βελτίωσης πλέον υπάρχουν αρκετές ποικιλίες οι οποίες είναι ανθεκτικές στην σκωρίαση, στη φουζαρίωση και τελευταία στη σεπτόρια και το οΐδιο. Αναφορές για ασθένειες και εντομολογικές προσβολές του λιναριού στη χώρα μας δεν έχουν υποπέσει στην αντίληψή μας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).



Εικόνα 5: Συμπτώματα σκωρίασης στα φύλλα και τις κάψες του λιναριού (Πηγή: Saskatchewan Flax Development Commission)



Εικόνα 6: Φυτό λιναριού προσβεβλημένο από φουζαρίωση (Πηγή: Saskatchewan Flax Development Commission)

## 1.9. ΝΕΟΥ ΤΥΠΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου (N) από τα γεωργικά φυτά είναι γνωστή για την μειωμένη της απόδοση. Σε παγκόσμια κλίμακα, περίπου το 50% των λιπασμάτων αζώτου που εφαρμόζονται σε συστήματα καλλιέργειας δεν προσλαμβάνονται από τα φυτά, αλλά διαφεύγουν στο περιβάλλον με τη μορφή αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) και οξειδίου του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ), αυξάνοντας το κόστος της γεωργικής παραγωγής και συμβάλλοντας στη ρύπανση και την κλιματική αλλαγή. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στην απελευθέρωση αμμωνίας μέσω της εξάτμισης και μιας σύνθετης σειράς αντιδράσεων που περιλαμβάνουν τη νιτροποίηση και την απονιτροποίηση, οι οποίες διευκολύνονται από μικροοργανισμούς του εδάφους (κυρίως βακτήρια και αρχαία) (Devrim Coskun et al., 2017). Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να εφαρμοστούν αποτελεσματικές πρακτικές για τη διαχείριση των αζωτούχων λιπασμάτων ώστε να ενισχυθεί η αποδοτικότητα της χρήσης του αζώτου (NUE) και να αυξηθεί η παραγωγικότητα των καλλιεργειών, με ταυτόχρονο περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεών του στο περιβάλλον. Για να επιτευχθεί αυτό αναπτύσσονται αζωτούχα λιπάσματα ενισχυμένης απόδοσης τα οποία περιλαμβάνουν παρεμποδιστή νιτροποίησης, παρεμποδιστή ουρεάσης ή συνδυασμό και των δύο (Li et al., 2020).

### *1.9.1. ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ*

Ο παρεμποδιστής της νιτροποίησης καθυστερεί την διαδικασία οξείδωσης της αμμωνίας σε υδροξυλάση, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2^-$ ) και νιτρικά ανιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της νιτροποίησης, άμεσα, καθώς και της απονιτροποίησης, έμμεσα (Sun et al., 2015). Επιπλέον, μειώνει τη δραστηριότητα των εδαφικών βακτηρίων που προκαλούν τη νιτροποίηση, δηλαδή τη μετατροπή της αμμωνίας ( $\text{NH}_4^+$ ) σε διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2^-$ ), καθώς αναστέλλει το πρώτο βήμα αυτής της διαδικασίας και διατηρεί το λίπασμα σε μορφή αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ).

Τα λιπάσματα που περιλαμβάνουν παρεμποδιστή της νιτροποίησης προσφέρουν αζώτο στα φυτά όταν αυτά το χρειάζονται, επιτυγχάνοντας έτσι αποδοτικότερη χρήση του αζώτου. Συγχρόνως, μειώνονται και οι απώλειες του νιτρικού αζώτου (Ladha et al., 2005). Στα λιπάσματα νέου τύπου χρησιμοποιούνται δύο είδη παρεμποδιστών, η νιτραπυρίνη (2-χλωρο-6[τριχλωρομεθυλ]πυριδίνη) και το δικυανδιαμίδιο (DCD) (Halvin et al., 2005).

### *1.9.2. ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΟΥΡΕΑΣΗΣ*

Ο ρόλος του παρεμποδιστή ουρέασης είναι να καθυστερεί τη μετατροπή της ουρίας σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ), με αποτέλεσμα να βρίσκεται σε μικρότερη συγκέντρωση στο έδαφος και να μην υπάρχει κίνδυνος πτητικότητας της αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) (Dawar et al., 2011).

Με τη λειτουργία τους, οι παρεμποδιστές της ουρέασης αναστέλλουν προσωρινά τη δραστηριότητα της ουρέασης, με αποτέλεσμα να ρυθμίζουν την απελευθέρωση του αζώτου στο έδαφος (Zisi et al., 2020). Έτσι, η ποσότητα του αζώτου που απελευθερώνεται συντονίζεται με τις ανάγκες του φυτού με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης του αζώτου (NUE) και τη μείωση των εκπομπών αυτού (Soares et al., 2012).

Οι παρεμποδιστές ουρέασης φαίνεται ότι παρουσιάζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα σε εδάφη με υψηλό pH (>7) ή χαμηλή ρυθμιστική ικανότητα, αλλά και σε εδάφη στα οποία έχει γίνει χρήση μεγάλης ποσότητας λιπασμάτων ουρίας (Grant, 2004).

Οι παρεμποδιστές ουρέασης και νιτροποίησης μειώνουν την εκπομπή αερίων αζώτου στο περιβάλλον και βοηθούν στη βελτίωση της αποδοτικότητας της γεωργικής παραγωγής (Akiyama et al., 2009; Wang et al., 2015). Έτσι, συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την αύξηση της Αποδοτικότητας Χρήσης του Αζώτου (NUE) (Quemada et al., 2013).

## 1.10. ΧΡΗΣΕΙΣ

### 1.10.1. ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Το λινάρι χρησιμοποιούνταν ως πηγή τροφής και ως φυσικό καθαρτικό ήδη από τους αρχαίους Έλληνες και τους Αιγύπτιους. Η χρήση του ως τρόφιμο απαντάται επιπλέον στην Ασία και την Αφρική (Berglund, 2002). Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον έχει στραφεί στην καλλιέργεια λιναριού για τις μοναδικές του ιδιότητες, καθώς το 2005, οι ΗΠΑ εισήγαγαν στην αγορά τους 200 περίπου νέα τρόφιμα και είδη προσωπικής φροντίδας τα οποία περιείχαν λινάρι ή συστατικά λιναριού (Morris, 2007). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα προϊόντα που έχουν ως βάση το λινάρι έχουν μεγάλη δυνατότητα ανάπτυξης στη βιομηχανία των τροφίμων (Jhala & Hall, 2010).

Ο λιναρόσπορος περιέχει μεγάλη συγκέντρωση σε λιπαρά οξέα, τα οποία αποτελούνται από το α-λινολενικό οξύ (ALA; C18:3) ( $\omega$ -3) και το λινελαϊκό οξύ (LA; C18:2) ( $\omega$ -6). Σε μια μέση καναδική ποικιλία λιναριού, το ALA περιλαμβάνει περίπου το 57% του συνόλου των λιπαρών οξέων στον λιναρόσπορο, ενώ το  $\omega$ -6 περιλαμβάνει περίπου το 16%, δίνοντας αναλογία  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 0,3:1. Η τυπική δυτική διατροφή είναι υψηλή σε  $\omega$ -6 και χαμηλή σε  $\omega$ -3 λιπαρά. Η διατροφική αναλογία  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 κυμαίνεται από 10:1 έως 25:1, ενώ ο Καναδάς συστήνει μια αναλογία 4:1 έως 10:1, ιδίως για τις εγκύους γυναίκες και τα βρέφη (Επιστημονική επιτροπή αναθεώρησης, 1990). Η κατανάλωση λιναριού ή άλλων τροφίμων πλούσιων σε α-λινολενικό οξύ, εμπλουτισμένα με  $\omega$ -3, αυξάνει την πρόσληψη  $\omega$ -3 λιπαρών, η οποία βελτιώνει την αναλογία  $\omega$ -6/ $\omega$ -3. Επίσης, ο λιναρόσπορος είναι γνωστό ότι είναι η καλύτερη πηγή  $\omega$ -3 ελαίου της φύσης. Το λινάρι είναι η πλουσιότερη πηγή α-λινολενικού οξέος (Bilalis et al., 2010). Μια μερίδα 100 g λιναρόσπορου παρέχει 450 θερμίδες, περίπου 41% λάδι, 20% πρωτεΐνη, 8% υγρασία, 4% τέφρα και 27% συνολικές διαιτητικές ίνες (Bilalis et al., 2017).

Τα  $\omega$ -3 λιπαρά οξέα, είναι αναπόσπαστο στοιχείο για την καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος, την καρδιαγγειακή λειτουργία, την ψυχική υγεία, αλλά και τη σωστή ανάπτυξη του εμβρύου. Η ανεπάρκεια σε  $\omega$ -3 αυξάνει τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων, καρκίνου, διαβήτη και άλλων προβλημάτων υγείας (Morris, 2007).

### *1.10.2. ΕΛΩΔΙΜΟ ΛΑΔΙ*

Η φυσική, μη επεξεργασμένη μορφή του λινέλαιου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στην ανθρώπινη διατροφή λόγω της περιορισμένης σταθερότητάς του ως προϊόν. Το λινέλαιο, το οποίο περιέχει υψηλά επίπεδα ALA (α-λινολενικό οξύ), είναι ιδιαίτερα επιρρεπές στο να υποστεί οξείδωση και πολυμερισμό. Ενώ τα χαρακτηριστικά αυτά το καθιστούν κατάλληλο για διάφορους βιομηχανικούς σκοπούς, εμποδίζουν την άμεση αντικατάστασή του από το κραμβέλαιο (*Brassica napus*) ή το καλαμποκέλαιο (*Zea mays*) στη διατροφή μας.

Οι μοναδικές ιδιότητες των λιπαρών οξέων του λινέλαιου έχουν προσελκύσει σημαντική προσοχή, οδηγώντας σε σημαντικές προσπάθειες μίμησης του προφίλ του. Οι ερευνητές διερευνούν ενεργά τρόπους τροποποίησης του σογιέλαιου και του κραμβέλαιου χρησιμοποιώντας τόσο συμβατικές όσο και μοριακές τεχνικές για την αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε ALA (α-λινολενικό οξύ). Με τον τρόπο αυτό, στοχεύουν να ενισχύσουν τα οφέλη για την υγεία που συνδέονται με αυτά τα έλαια και ενδεχομένως να αντικαταστήσουν τα ιχθυέλαια στη διατροφή μας (Cahoon, 2003; Scarth & Tang, 2006).

### *1.10.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΝΑΣ*

Η ίνα του λιναριού διαθέτει μια σειρά από ιδιότητες, όπως η απαλότητα, η στιλπνή εμφάνιση και η ευελιξία. Παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή σε σύγκριση με την ίνα βαμβακιού αλλά είναι λιγότερο ελαστική. Η ίνα που λαμβάνεται από το λινάρι εκτιμάται ιδιαίτερα για το αξιοσημείωτο μήκος, την αντοχή και τη λεπτότητά της. Εξίσου σημαντική είναι η χημική της σύνθεση και η διάμετρός της (Smeder & Liljedahl, 1996).

Οι άριστες ποιότητες της ίνας χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολυτελών λινών υφασμάτων, όπως δαντέλες και σεντόνια. Από την άλλη πλευρά, οι πιο χονδροειδείς ποιότητες βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή σπάγκων και σχοινιών.



Εικόνα 7: Ίνα λιναριού (Πηγή: Flax Council of Canada)

Το λινάρι χρησιμεύει ως πολύτιμη πηγή βιομηχανικών ινών και, με τις σημερινές μεθόδους επεξεργασίας του, αποδίδει τόσο μακρόστενες όσο και κοντές ίνες (Van Sumere, 1992). Οι ίνες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προϊόντων λινών υψηλής ποιότητας, ενώ οι πιο κοντές ίνες χρησιμοποιούνται για αντικείμενα χαμηλότερης αξίας, όπως κουβέρτες, χαλάκια, στρώματα και χαλιά. Τα νήματα από ίνες λιναριού είναι αρκετά ανθεκτικά για νήματα ραψίματος, κουμπιών και παπουτσιών.

Το λινό βρίσκει επίσης εφαρμογή στη δημιουργία μαντηλιών, κλινοσκεπασμάτων, κουρτινών, καλύμματα μαξιλαριών, πετσέτες και άλλα διακοσμητικά υλικά, καθώς και υφάσματα για παραδοσιακά ασιατικά φορέματα και κοστούμια (Gill, 1987). Επιπλέον, οι ίνες λιναριού μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή σύνθετων υλικών όπως η μοριοσανίδα (Papadopoulos & Hague, 2003). Ειδικότερα, οι ίνες λιναριού ενσωματώνονται όλο και περισσότερο σε νέα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία και τις κατασκευές. Μια καινοτόμος εφαρμογή περιλαμβάνει βιοσύνθετα υλικά που σχηματίζονται συνδυάζοντας ίνες λιναριού με πολυμερές πολυδροξυβουτυρικό (PHB), προσφέροντας μια φιλική προς το περιβάλλον και βιοδιασπώμενη εναλλακτική λύση στα συμβατικά πλαστικά (Wrobel et al., 2004).

Αφού εξαχθούν οι ίνες από το στέλεχος του λιναριού, περίπου το 80% των υπόλοιπων ινών μπορεί να διαχωριστεί με μηχανικά μέσα. Αυτό το υλικό που εξάγεται μπορεί να μετατραπεί σε πολτό, καθιστώντας το βιώσιμο για την παραγωγή χαρτιού. Οι ίνες λιναριού έχουν σημασία στη βιομηχανία χαρτιού, καθώς αποτελούν βασικό πόρο για την παραγωγή χαρτονομισμάτων και χαρτιού τσιγάρων. Η αξιοποίηση των ινών λιναριού σε βιομηχανικές

εφαρμογές προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς αποτελεί μια βιοδιασπώμενη και ανανεώσιμη πρώτη ύλη που είναι ήπια στις επιφάνειες (Smeder & Liljedahl, 1996; Wedler & Kohler, 1994).

#### *1.10.4. ΖΩΟΤΡΟΦΗ*

Το λινάρι ενσωματώνεται στη διατροφή των ζώων με διάφορους τρόπους, όπως η χρήση ολόκληρου του σπόρου, η προσθήκη συμπληρωμάτων ελαίου, συμπεριλαμβανομένων των φλοιών, ή η χρήση του ως αλεύρι. Το αλεύρι, που αναφέρεται ως LSOM ή πίτα λιναρόσπορου στην Ευρώπη και την Ασία, είναι αυτό που απομένει μετά την εξαγωγή του ελαίου από τους σπόρους. Αυτό το εξαιρετικά ευεργετικό προϊόν ζωοτροφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της διατροφής τόσο των μηρυκαστικών όσο και των μη μηρυκαστικών ζώων.

Το αλεύρι λιναρόσπορου περιέχει περίπου 38% περιβλήματα, ποσότητα διπλάσια από αυτή που περιέχεται στο αλεύρι κανόλα ή σόγιας (Agriculture and Agri-Food Canada, 1997). Το λεπτό κλάσμα που προκύπτει από την αποφλοιώση του λιναρόσπορου, μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία του για βιομηχανικά προϊόντα προστιθέμενης αξίας, θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμεύσει ως συστατικό σε τροφές για κατοικίδια ζώα. Επίσης, τα μεσαία και τα μικτά κλάσματα μπορούν να συνδυαστούν σε σκευάσματα ζωοτροφών για πουλερικά (Oomah & Mazza, 1998).

Επιπλέον, το έλαιο λιναρόσπορου χρησιμοποιείται σε μικτές δίαιτες κατοικίδιων ζώων, που απευθύνονται σε ζώα όπως σκύλοι, γάτες και άλογα. Τα απαραίτητα λιπαρά οξέα (ALA και LA) που υπάρχουν στον λιναρόσπορο συμβάλλουν σε ένα λαμπερό τρίχωμα, βοηθούν στην πρόληψη της ξηροδερμίας και της πιτυρίδας και στη μείωση των πεπτικών και δερματικών προβλημάτων των ζώων.

Για την παραγωγή αυγών εμπλουτισμένων με ω-3, ο αλεσμένος λιναρόσπορος αυξάνεται ώστε να αποτελεί το 10-20% της διατροφής των ορνίθων ωτοκίας. Τα αυγά που παράγονται από αυτή τη διατροφή περιέχουν δέκα φορές υψηλότερα επίπεδα ω-3 λιπαρών οξέων σε σύγκριση με τα κανονικά (Jhala & Hall, 2010).



### *1.10.5. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ*

Οι βιομηχανικές εφαρμογές του λιναριού είναι εφικτές λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε α-λινολενικό οξύ (ALA), η οποία είναι περίπου 57% (18:3 C Δ). Όταν το λινέλαιο εκτίθεται στον αέρα, οι διπλοί δεσμοί του ALA αντιδρούν με το οξυγόνο, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός σχετικά μαλακού και ανθεκτικού φιλμ. Αυτή η μοναδική ιδιότητα, γνωστή ως η "στεγνωτική" ιδιότητα του λινέλαιου, ευθύνεται για την ευρεία χρήση του στην κατασκευή βερνικιών, λαδόκολλας, μελανιού εκτυπωτών, απομίμησης δέρματος, καθώς και για την εφαρμογή του ως παράγοντα κατά της αποκόλλησης και σκλήρυνσης των επιφανειών σκυροδέματος σε αυτοκινητόδρομους (Rowland et al., 1995; de Lorgeril et al., 1999; Foulk et al., 2002).

Για να βελτιωθεί η ποιότητα ξήρανσης του λαδιού, μπορούν να προστεθούν μεταλλικοί καταλύτες για την προώθηση της οξειδωσης ή το λάδι μπορεί να προ-οξειδωθεί μερικώς με την έκθεσή του στον αέρα. Εκτός από το ρόλο του ως φορέας ελαιοχρωμάτων, το λινέλαιο χρησιμοποιείται επίσης ως μέσο ζωγραφικής, ενισχύοντας τη ρευστότητα, τη διαφάνεια και τη στιλπνότητα των ελαιοχρωμάτων. Επιπλέον, το λινέλαιο χρησιμεύει ως "λάδι φινιρίσματος" για τα ξύλινα έπιπλα, προστατεύοντάς τα από χτυπήματα. Αντί να καλύπτει την επιφάνεια, διεισδύει στους πόρους του ξύλου, αφήνοντας μια λαμπερή, αλλά μη γυαλιστερή εμφάνιση. Οι κατασκευαστές στεκών μπιλιάρδου το εφαρμόζουν στο τμήμα του στελέχους της στέκας (Dev & Quensel, 1988).

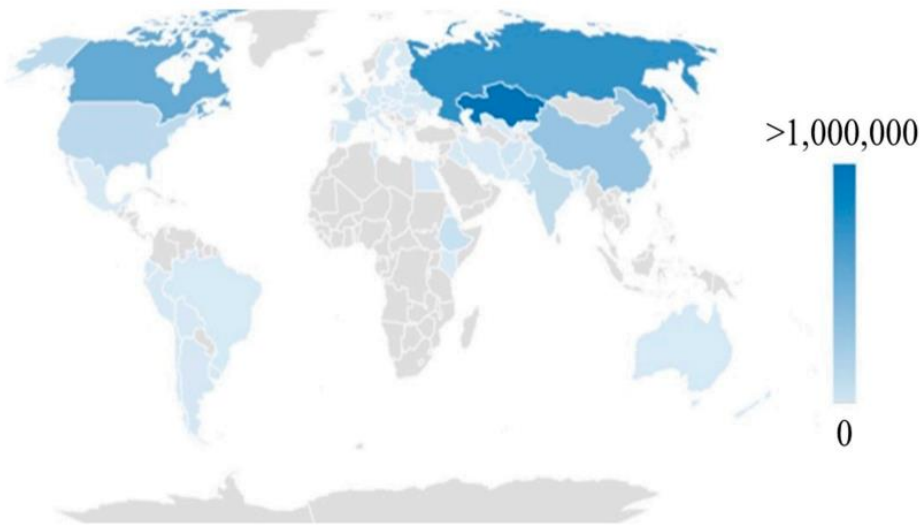
Το λινέλαιο είναι η κύρια πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή δαπέδων λινέλαιου. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής, το οξειδωμένο λινέλαιο αναμιγνύεται με κολοφώνιο και άλλα υλικά για να σχηματιστούν κόκκοι λινέλαιου, οι οποίοι στη συνέχεια πιέζονται πάνω σε υπόστρωμα από γιούτα, δημιουργώντας φύλλα λινέλαιου. Αυτό το υλικό δαπέδου, που προέρχεται από έναν βιώσιμο πόρο, δεν είναι μόνο ανθεκτικό αλλά και οπτικά ελκυστικό. Επιπλέον, η βλεννώδης ουσία των σπόρων λιναριού διαθέτει ανώτερες γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες σε σύγκριση με το Tween 80 και το αραβικό κόμμι, γεγονός που υποδηλώνει πιθανές βιομηχανικές εφαρμογές (Minker et al., 1973). Η αποφλοιώση των σπόρων λιναριού είναι επίσης ένα κρίσιμο βήμα για την παρασκευή βιομηχανικών προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Για την παραγωγή προϊόντων χαμηλής και υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές ξηρής αποφλοιώσης για την απομάκρυνση του υδροκολλοειδούς κόμμεως του λιναρόσπορου. Το κλάσμα της

φλούδας που λαμβάνεται από αυτή τη διαδικασία μπορεί να χρησιμεύσει ως πρώτη ύλη για την εκχύλιση φυτοχημικών ουσιών (Oomah & Mazza, 1998; Jhala & Hall, 2010).

### 1.11. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Από το 1994, ο Καναδάς κατέχει τη θέση του κύριου παγκόσμιου παραγωγού και εξαγωγέα λιναριού. Κατά την περίοδο 2005-2006, η παραγωγή λιναριού στον Καναδά έφτασε περίπου τους 1,035 εκατ. τόνους. Επί του παρόντος, το 60% των εξαγωγών λιναριού του Καναδά κατευθύνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ενώ το 30% πηγαίνει στις Ηνωμένες Πολιτείες και το 4% στην Ιαπωνία (Flax Council of Canada).

Εκτός από τον Καναδά, άλλοι αξιόλογοι παραγωγοί λιναριού είναι η Γαλλία, το Βέλγιο και η Ολλανδία, με ετήσια καλλιεργούμενη έκταση σχεδόν 130.000 στρέμματα. Το 2007, η ΕΕ παρήγαγε 122.000 τόνους ινών λιναριού. Οι κλιματολογικές συνθήκες στις περιοχές αυτές παρέχουν ιδανικό περιβάλλον για την καλλιέργεια λιναριού, και η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση την καθιστά ως μία πολύτιμη καλλιέργεια (Yan et al., 2014).



Εικόνα 8: Παγκόσμια παραγωγή λιναρόσπορου το 2020. Στη χρωματική κλίμακα του σχήματος οι ανοιχτές γκριζες περιοχές αντιστοιχούν σε 0 τόνους ενώ οι σκούρες μπλε αντιστοιχούν σε πάνω από 1.000.000 τόνους παραγόμενου λιναρόσπορου (Πηγή: Stavropoulos et al., 2023).

## 1.12. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση των διαφορετικών τύπων λίπανσης, καθώς και των διαφορετικών αποστάσεων σποράς στην ανάπτυξη και την απόδοση ανά στρέμμα της καλλιέργειας του λιναριού (*Linum usitatissimum* L).

Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση λιπάσματος ουρίας και νέου τύπου λιπασμάτων με παρεμποδιστές ουρέασης και νιτροποίησης, καθώς υπήρχε και ένας μάρτυρας, σε συνδυασμό με την απόσταση σποράς (30-40 cm) στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την στρεμματική απόδοση του λιναριού.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. Περιοχή μελέτης

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γεωγραφικές Συντεταγμένες: 37.983759 'N, 23.701959 'E) και διήρκησε συνολικά 180 ημέρες, από τις 14 Νοεμβρίου 2022 (ημερομηνία σποράς) έως και τις 12 Μαΐου 2023 (ημερομηνία συγκομιδής).



Εικόνα 9: Εφαρμογή λίπανσης στον αγρό (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

### 2.2. Πειραματικό σχέδιο

Εφαρμόστηκε σχέδιο υπο-υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split plot) με 4 επαναλήψεις. Κάθε επανάληψη περιλάμβανε 6 τεμάχια με το καθένα να έχει διαστάσεις 3 x 7 m και εμβαδόν 21 m<sup>2</sup>. Οι διαστάσεις του πειραματικού σχεδίου ήταν 20 x 30 m.

Οι επεμβάσεις της λίπανσης ήταν ο μάρτυρας (C), η ουρία (U) και η ουρία με παρεμποδιστή ουρέασης και νιτροποίησης (I). Οι αποστάσεις σποράς που χρησιμοποιήθηκαν ήταν D1=30 cm και D2=40 cm



Εικόνα 10: Πειραματικό σχέδιο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο Π. Σταυρόπουλου)

Όπου:

**C:** Μάρτυρας **D1:** 30 cm

**U:** Ουρία **D2:** 40 cm

**I:** Ουρία με παρεμποδιστή ουρέασης και νιτροποίησης

### 2.3. Εδαφολογική ανάλυση

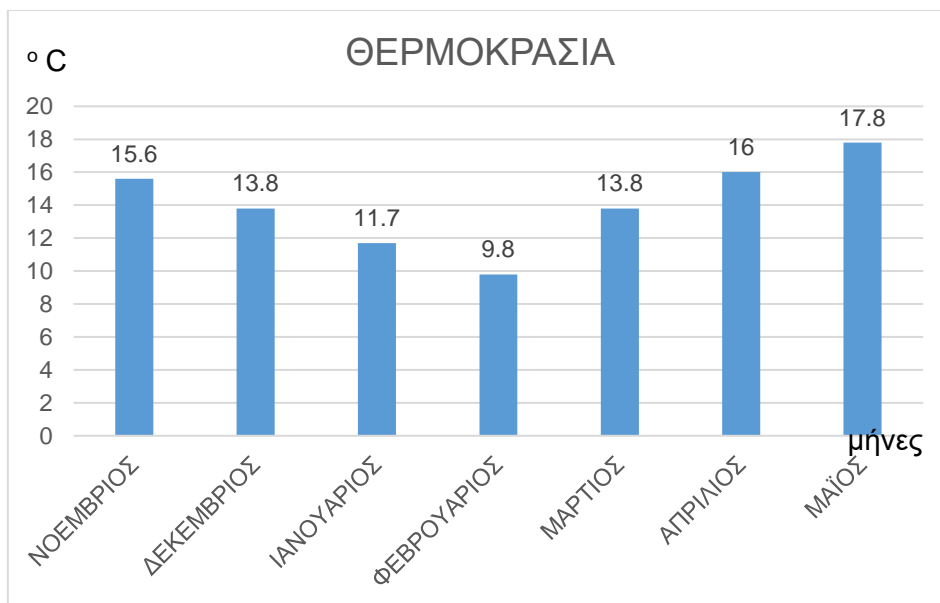
Από την εδαφολογική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών προέκυψε ότι το έδαφος είναι αργιλλοπηλώδες (CL).

**Πίνακας 1:** Εδαφολογική ανάλυση

<b>CaCO<sub>3</sub></b>	15,99%	Μαργώδες
<b>Οργανική ουσία</b>	2,37%	Ικανοποιητική περιεκτικότητα
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	104,3 ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
<b>P (Olsen)</b>	9,95 ppm	Οριακά εφοδιασμένο
<b>Na<sup>+</sup></b>	110 ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
<b>pH (1:1 H<sub>2</sub>O)</b>	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
<b>Κοκκομετρική σύσταση</b>	Clay Loam	Αργιλλοπηλώδες

### 2.4. Μετεωρολογικά Δεδομένα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος (14 Νοεμβρίου-12 Μαΐου) η μέση θερμοκρασία κυμάνθηκε από 9,8 °C έως 17,8 °C με τη μέγιστη να σημειώνεται τον Μάιο, ενώ η ελάχιστη τον Φεβρουάριο.



**Διάγραμμα 1:** Η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας κατά την περίοδο εκτέλεσης του πειράματος (meteo.gr).

Παράλληλα, το ύψος της βροχόπτωσης για τη συγκεκριμένη περίοδο έφτασε μέχρι και τα 62,6 mm τον Ιανουάριο, ενώ το ελάχιστο ύψος σημειώθηκε τον Μάιο 0,67 mm.



**Διάγραμμα 2:** Η διακύμανση της βροχόπτωσης κατά την περίοδο εκτέλεσης του πειράματος (meteo.gr).

## 2.5. Μετρήσεις-Προσδιορισμοί

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις προκειμένου να υπολογιστούν κάποια από τα αγρονομικά χαρακτηριστικά καθώς και η στρεμματική απόδοση του φυτού. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 60, 90, 120, 150 και 180 ημέρες μετά τη σπορά (ΗΑΣ). Το δείγμα που λήφθηκε ήταν 5 τυχαία φυτά από κάθε plot τα οποία κόπηκαν στο ύψος του λαιμού και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για να γίνουν οι μετρήσεις.

### **Ύψος φυτών**

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε 5 φορές. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 60 ημέρες από την ημέρα σποράς, ενώ η τελευταία στις 180 ημέρες από την ημέρα σποράς. Η μέτρηση έγινε από τη βάση του κάθε φυτού μέχρι το κορυφαίο μερίστωμα με τη χρήση μέτρου.

### ***Νωπό βάρος***

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους των φυτών έγιναν 5 μετρήσεις σε 5 τυχαία δείγματα ανά τεμάχιο με την πρώτη μέτρηση να είναι στις 60 ημέρες από την ημέρα σποράς, ενώ η τελευταία στις 180 ημέρες από τη σπορά. Η μέτρηση έγινε με τη χρήση ζυγού ακριβείας.

### ***Ξηρό βάρος***

Το ξηρό βάρος των φυτών προσδιορίστηκε και στις 5 μετρήσεις και συγκεκριμένα μετρήθηκε σε ζυγό ακριβείας έπειτα από ξήρανση των δειγμάτων σε κλίβανο στους 65°C για 48 ώρες.

### ***Διακλαδώσεις κορυφής***

Οι διακλαδώσεις κορυφής κάθε φυτού μετρήθηκαν 3 φορές. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 120 ΗΑΣ ενώ η τελευταία στις 180 ΗΑΣ.

### ***Συγκέντρωση χλωροφύλλης (SPAD)***

Η μέτρηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (SPAD) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μίας συσκευής n-tester. Συνολικά μετρήθηκε 4 φορές στις 60, 120, 150 και 180 ημέρες από την ημέρα σποράς.

### ***Αριθμός ανθέων***

Ο αριθμός των ανθέων μετρήθηκε σε 5 τυχαία φυτά από κάθε τεμάχιο της κάθε επανάληψης στις 120 και 150 ημέρες από τη σπορά.

### ***Αριθμός καψών***

Ο αριθμός των καψών προσδιορίστηκε στις δύο τελευταίες μετρήσεις (150 και 180 ημέρες από τη σπορά) σε 5 τυχαία δείγματα φυτών από κάθε τεμάχιο.

### ***Σπόροι ανά κάψα***

Στις 180 ημέρες από τη σπορά μετρήθηκαν οι σπόροι από 5 τυχαίες κάψες του κάθε τεμαχίου.

### ***Βάρος χιλίων σπόρων***

Μετά τη συγκομιδή έγινε προσδιορισμός του βάρους χιλίων σπόρων σε ζυγό ακριβείας. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε το βάρος 4 εκατοστάδων σπόρων και στη συνέχεια έγινε η αναγωγή του σε 1000 σπόρους.



### **Απόδοση**

Η στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας λιναριού μετρήθηκε ανά τετραγωνικό, έπειτα από τη συγκομιδή και τον προσδιορισμό του βάρους χιλίων σπόρων και υπολογίστηκε στο στρέμμα.

## **2.6. Καλλιεργητικές Πρακτικές**

### **Κατεργασία εδάφους**

Η κατεργασία εδάφους πραγματοποιήθηκε στις 14 Νοεμβρίου με τη χρήση φρέζας. Την ίδια ημερομηνία πραγματοποιήθηκε η σπορά και η λίπανση της καλλιέργειας.

### **Σπορά**

Χρησιμοποιήθηκαν 6 κιλά σπόρου / στρέμμα στην απόσταση σποράς D1=30 cm και 4,7 κιλά στην απόσταση D2=40 cm. Έπειτα από τη σπορά ακολούθησε πότισμα 1 ½ ώρας με κανόνι.

### **Λίπανση**

Η προσθήκη λιπασμάτων πραγματοποιήθηκε στις 14 Νοεμβρίου (70 κιλά / στρέμμα). Χρησιμοποιήθηκε λίπασμα ουρίας σε αναλογία 46-0-0 NPK και λίπασμα ουρίας με παρεμποδιστή νιτροποίησης σε συνδυασμό με παρεμποδιστή ουρέασης σε αναλογία 46-0-0 NPK.

### **Διαχείριση ζιζανίων**

Για τη διαχείριση των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε βοτάνισμα με το χέρι μία φορά την εβδομάδα.

### **Συγκομιδή**

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 12 Μαΐου με το χέρι σε 1 m<sup>2</sup> / plot και ο καθαρισμός του σπόρου έγινε με τη χρήση πνευματικής μηχανής.

## **2.7. Στατιστική Ανάλυση**

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SigmaPlot με ανάλυση διασποράς, όπου πραγματοποιήθηκε Test με τη μέθοδο Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ .

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. ΥΨΟΣ

##### 60 ΗΑΣ

**Πίνακας 2:** Ανάλυση διασποράς για το ύψος του φυτού στις 60 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	4,749	2,374	0,687	0,516
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	4,565	4,565	1,320	0,266
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	10,597	5,298	1,533	0,243
Υπόλοιπο	18	62,227	3,457		
Σύνολο	23	82,137	3,571		

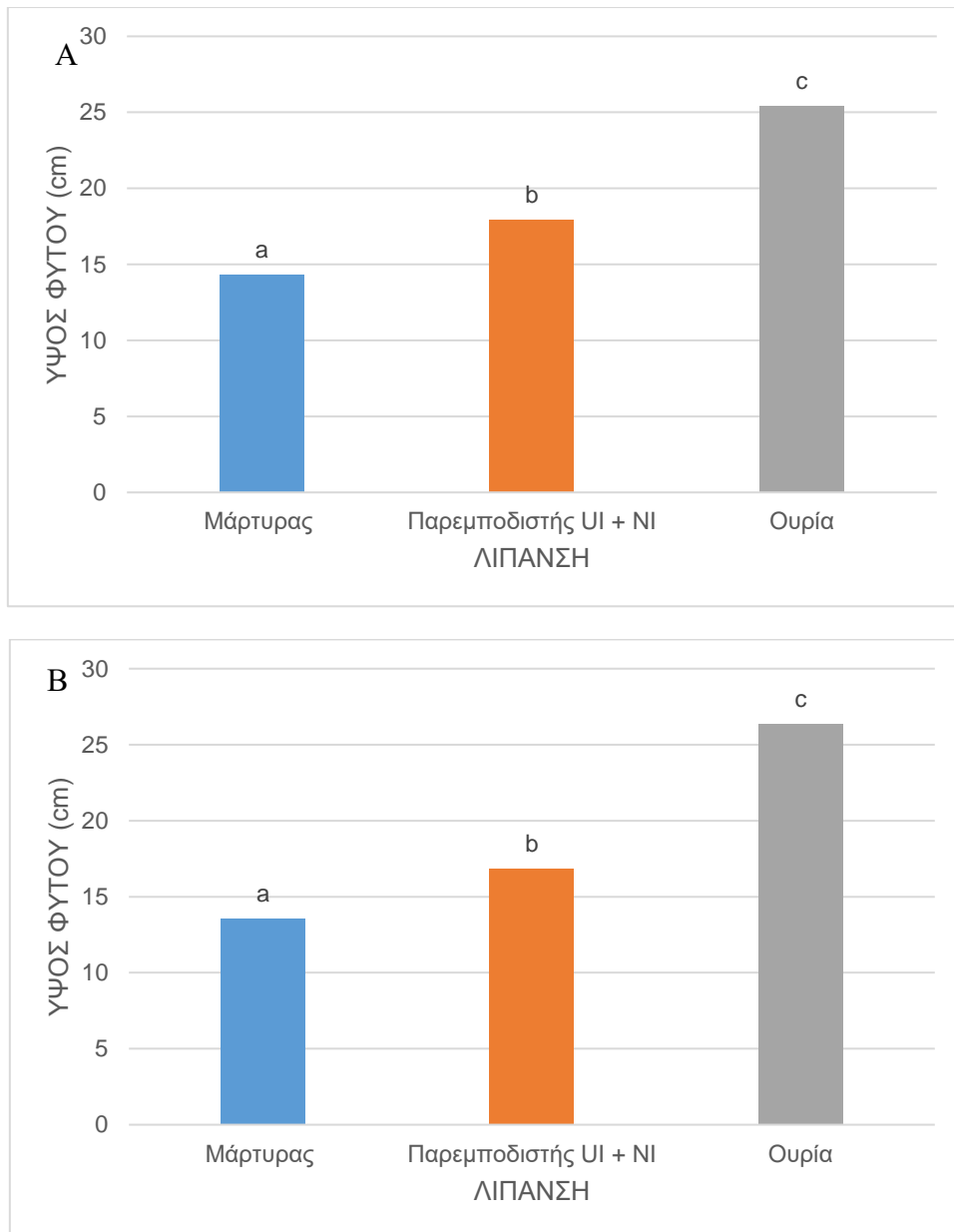
Το ύψος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 1).

##### 90 ΗΑΣ

**Πίνακας 3:** Ανάλυση διασποράς για το ύψος του φυτού στις 90 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	604,847	302,424	60,012	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,437	0,437	0,0868	0,772
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	4,702	2,351	0,467	0,635
Υπόλοιπο	18	90,709	5,039		
Σύνολο	23	700,695	30,465		

Το ύψος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 3). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 26,4 cm.



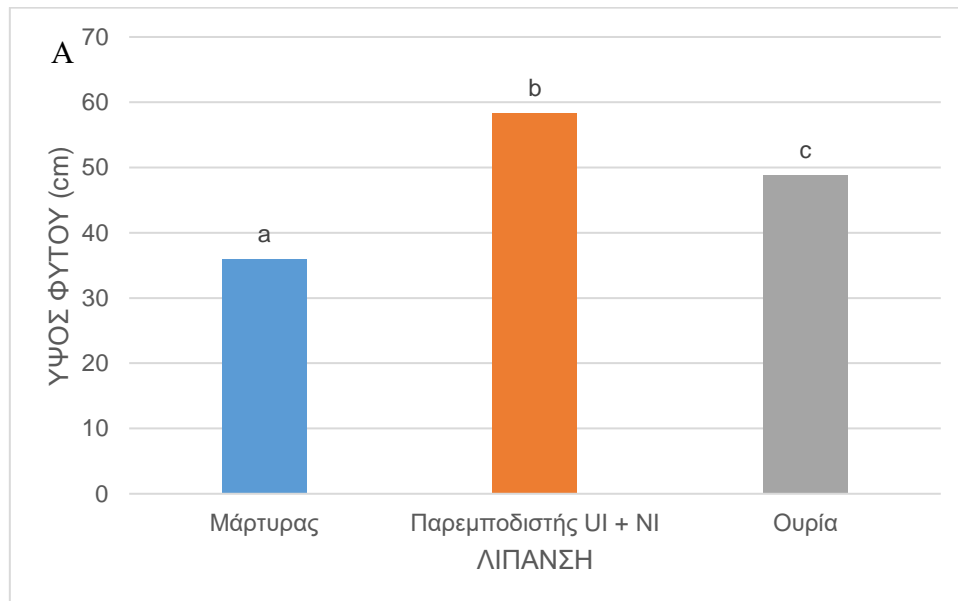
**Διάγραμμα 3:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

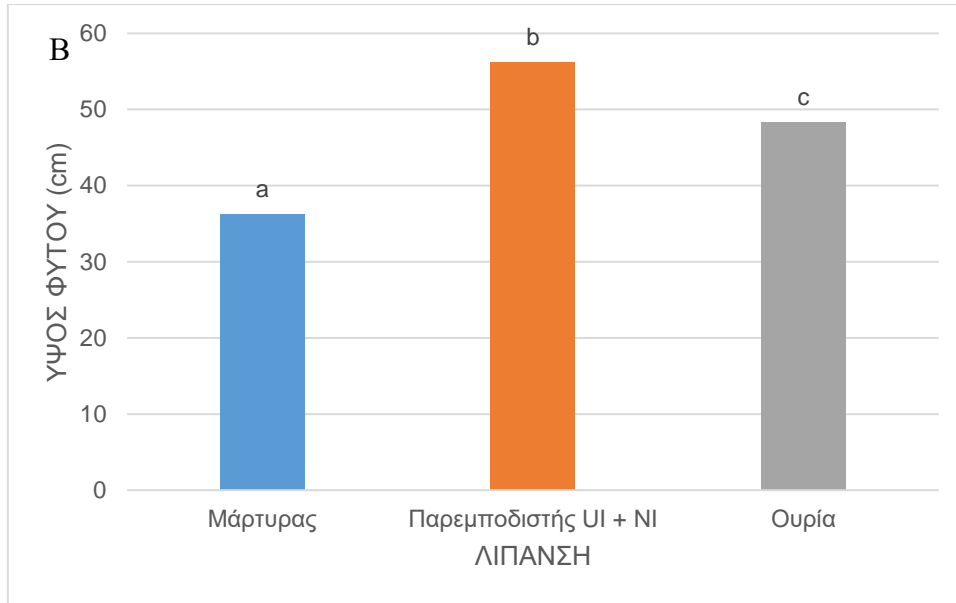
## 120 ΗΑΣ

**Πίνακας 4:** Ανάλυση διασποράς για το ύψος του φυτού στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	1818,773	909,387	84,484	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	3,348	3,348	0,311	0,584
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	5,662	2,831	0,263	0,772
Υπόλοιπο	18	193,751	10,764		
Σύνολο	23	2021,534	87,893		

Το ύψος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 4). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρέας και νιτροποίησης 57,27 cm.





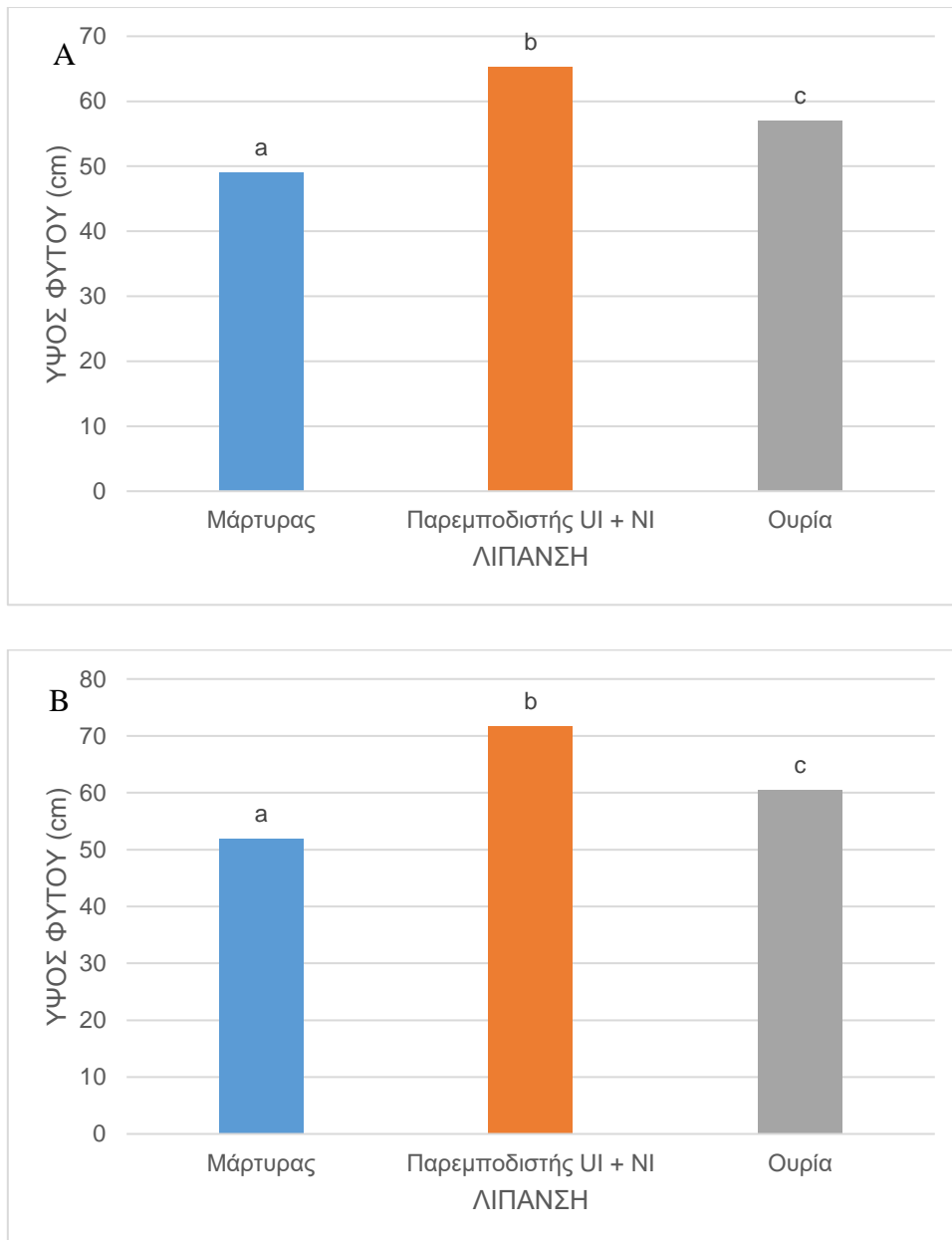
**Διάγραμμα 4:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2 Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

## 150 ΗΑΣ

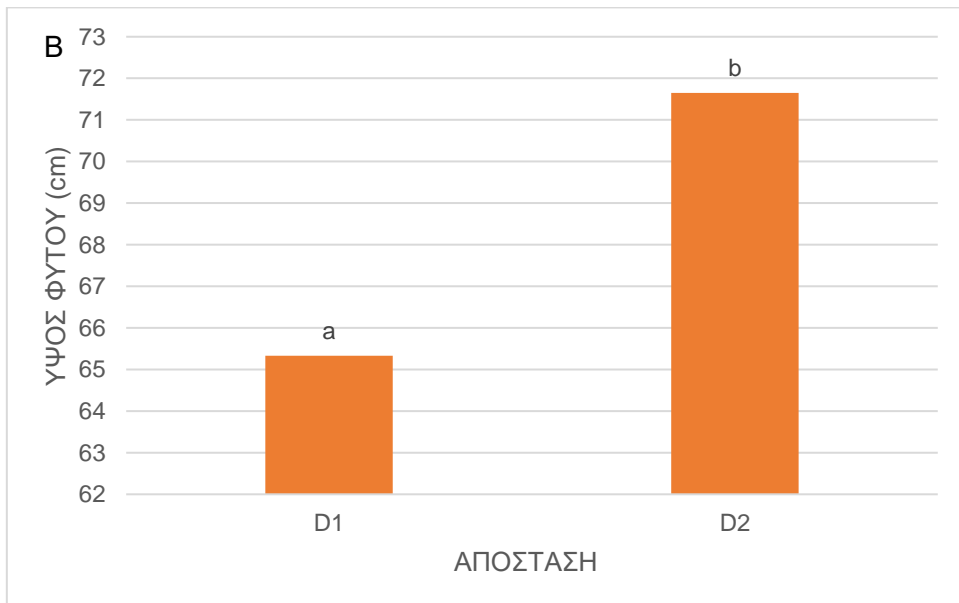
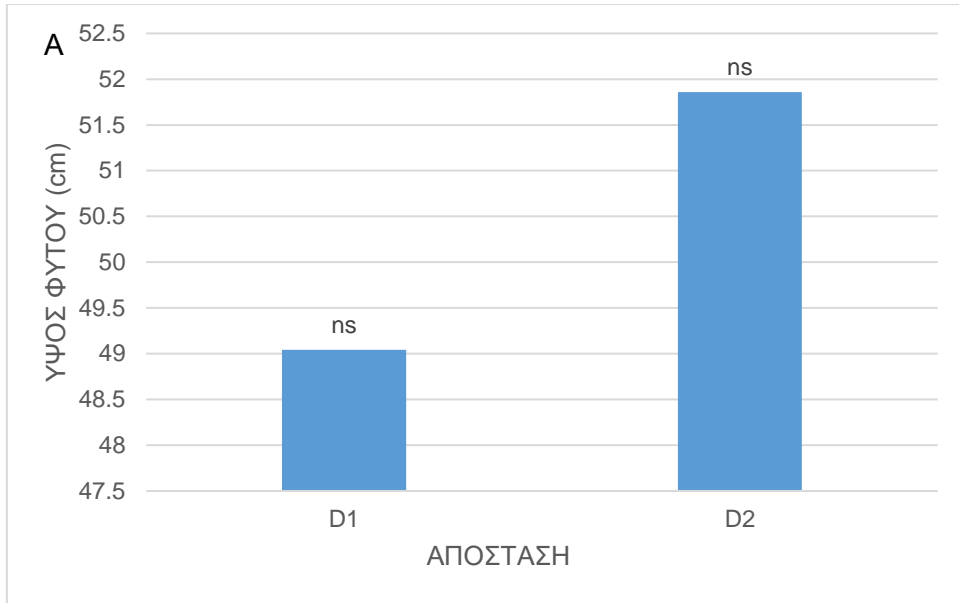
**Πίνακας 5:** Ανάλυση διασποράς για το ύψος του φυτού στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

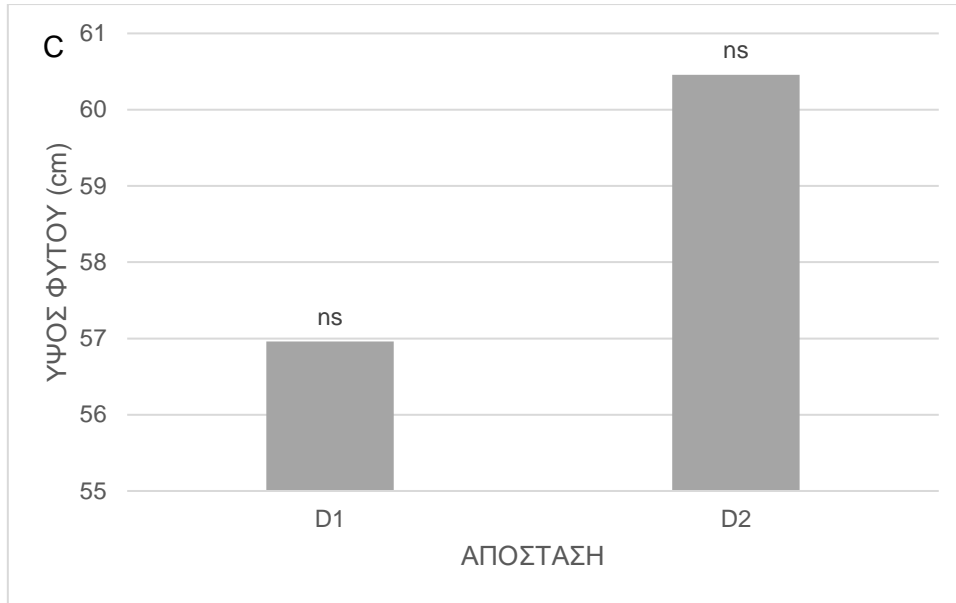
	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	1305,111	652,556	55,871	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	106,387	106,387	9,109	<b>0,007</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	13,769	6,885	0,589	0,565
Υπόλοιπο	18	210,235	11,680		
Σύνολο	23	1635,502	71,109		

Το ύψος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,007$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 5). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 71,65 cm για την απόσταση σποράς D2.



**Διάγραμμα 5:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2 Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.





**Διάγραμμα 6:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα Β οι διαφορές για τη λίπανση με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για τη λίπανση με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

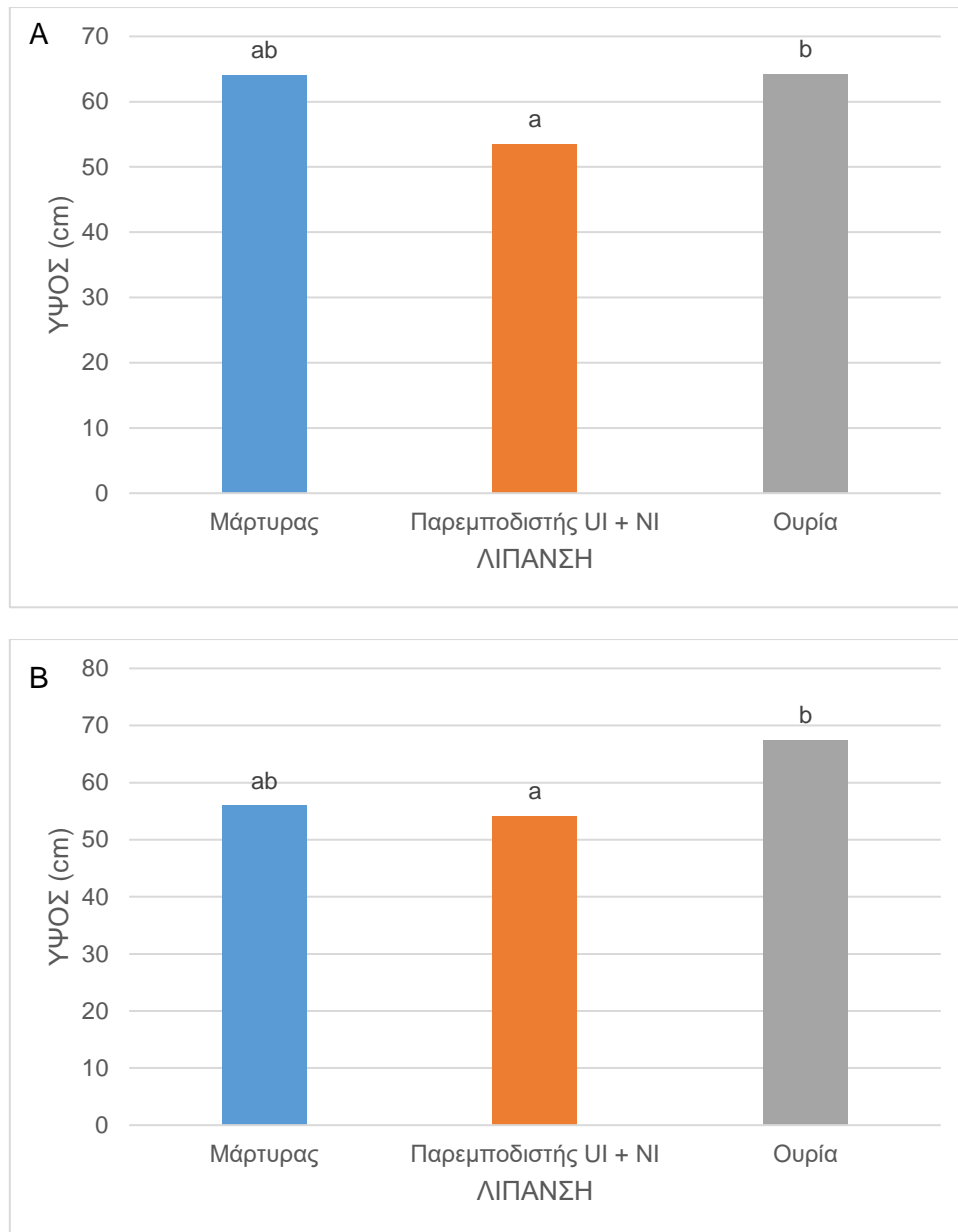
## 180 ΗΑΣ

**Πίνακας 6:** Ανάλυση διασποράς για το ύψος του φυτού στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	578,193	289,097	3,904	<b>0,039</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	12,042	12,042	0,163	0,692
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	141,214	70,607	0,953	0,404
Υπόλοιπο	18	1332,918	74,051		
Σύνολο	23	2064,366	89,755		

Το ύψος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. (Πίνακας 6). Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 67,39 cm.





**Διάγραμμα 7:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ύψος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.2. ΝΩΠΙΟ ΒΑΡΟΣ

#### 60 ΗΑΣ

**Πίνακας 7:** Ανάλυση διασποράς για το νωπό βάρος του φυτού στις 60 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	20,0323	0,0161	0,395	0,680	
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	10,0429	0,0429	1,050	0,319	
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2 0,189	0,0946	2,313	0,128	
Υπόλοιπο	18 0,736	0,0409			
Σύνολο	23 1,001	0,0435			

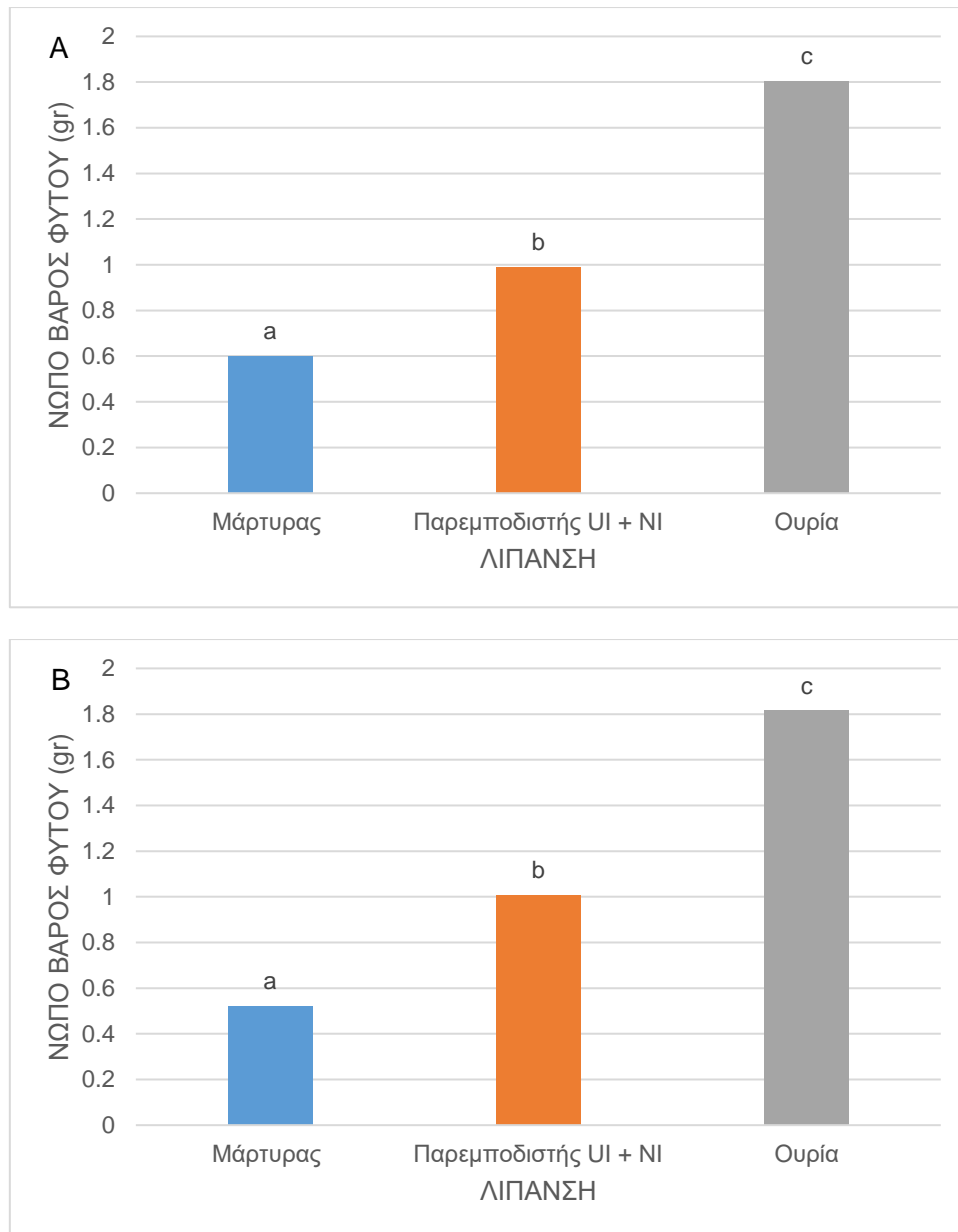
Το νωπό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 7).

#### 90 ΗΑΣ

**Πίνακας 8:** Ανάλυση διασποράς για το νωπό βάρος του φυτού στις 90 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2 6,419	3,210	56,250	<b>&lt;0,001</b>	
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	10,00156	0,00156	0,02730,871		
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	20,0117	0,00583	0,102	0,903	
Υπόλοιπο	18 1,027	0,0571			
Σύνολο	23 7,459	0,324			

Το νωπό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. (Πίνακας 8). Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 1,8 gr.



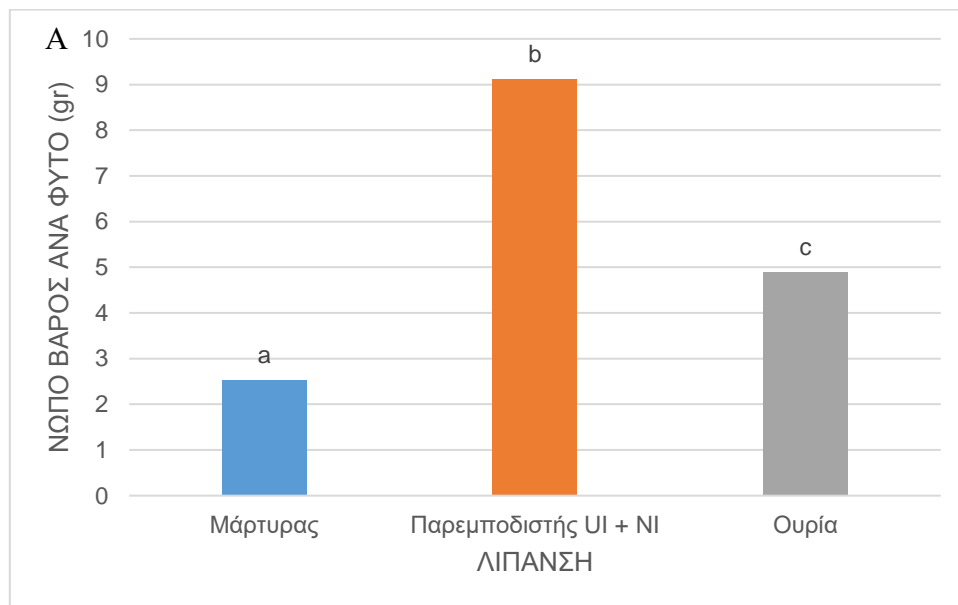
**Διάγραμμα 8:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα A παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα B οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

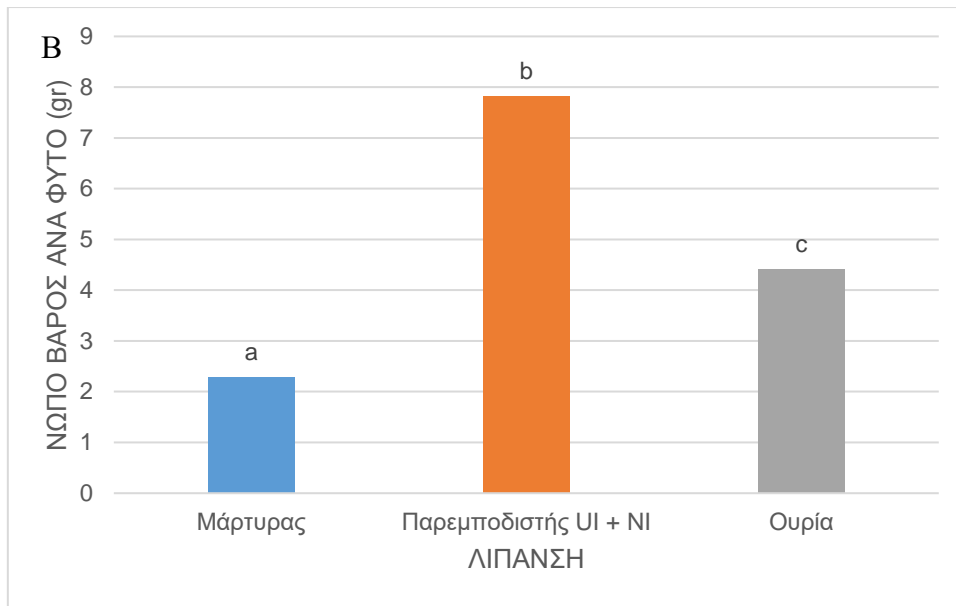
## 120 ΗΑΣ

**Πίνακας 9:** Ανάλυση διασποράς για το νωπό βάρος του φυτού στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

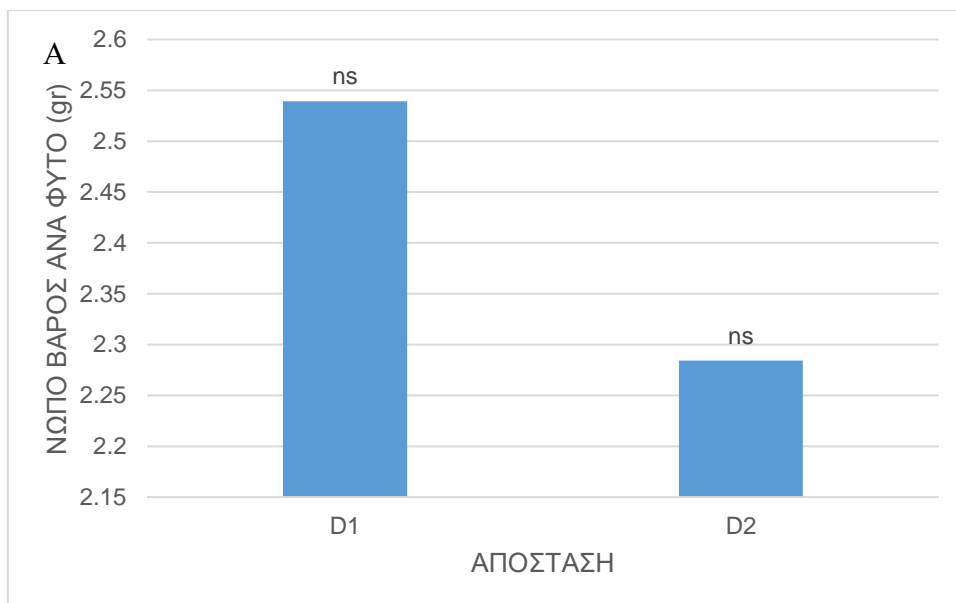
	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	150,236	75,118	138,409	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	2,809	2,809	5,175	<b>0,035</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	1,237	0,619	1,140	0,342
Υπόλοιπο	18	9,769	0,543		
Σύνολο	23	164,051	7,133		

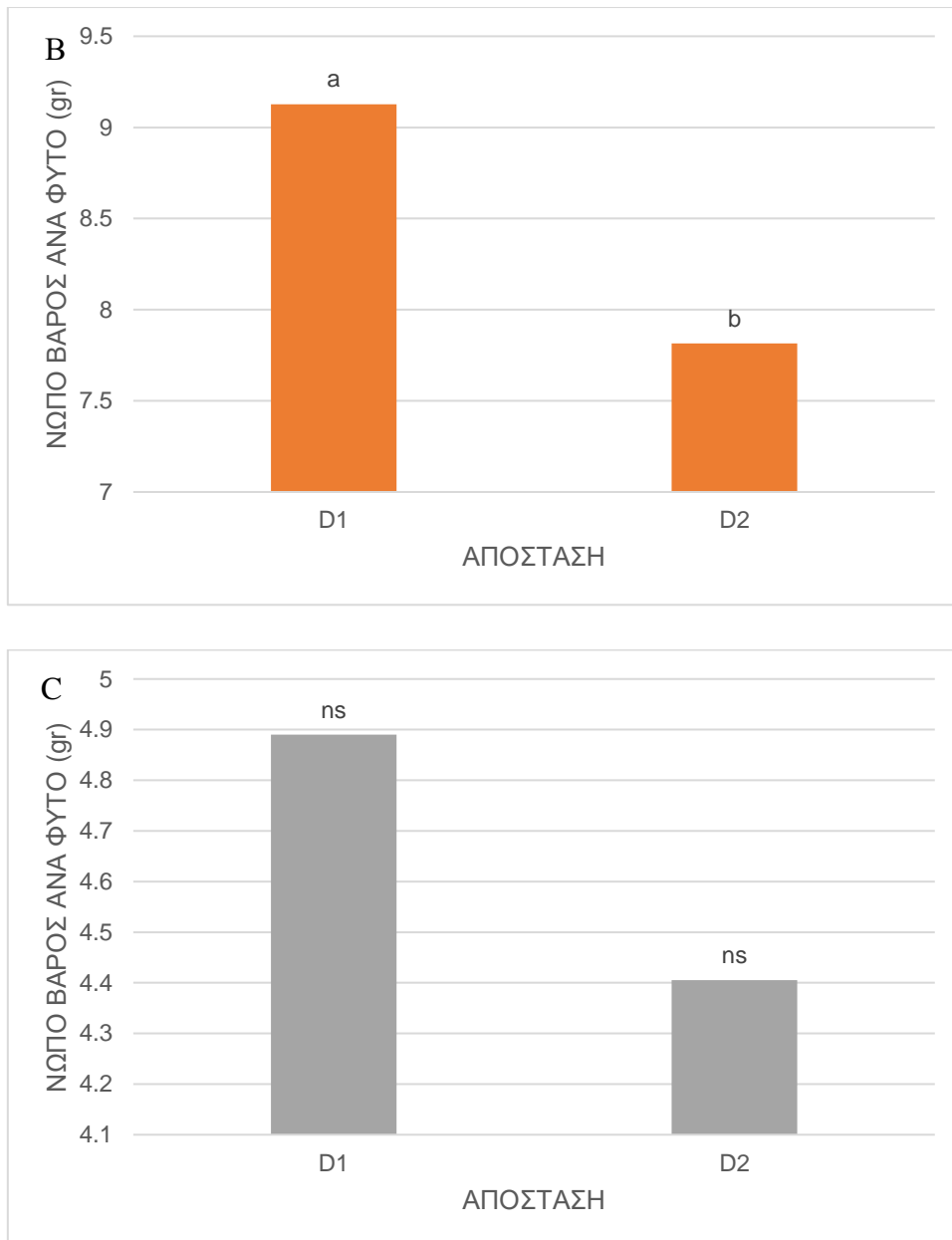
Το νωπό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,035$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς. (Πίνακας 9). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 8,47 gr για την απόσταση σποράς D1.





**Διάγραμμα 9:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.





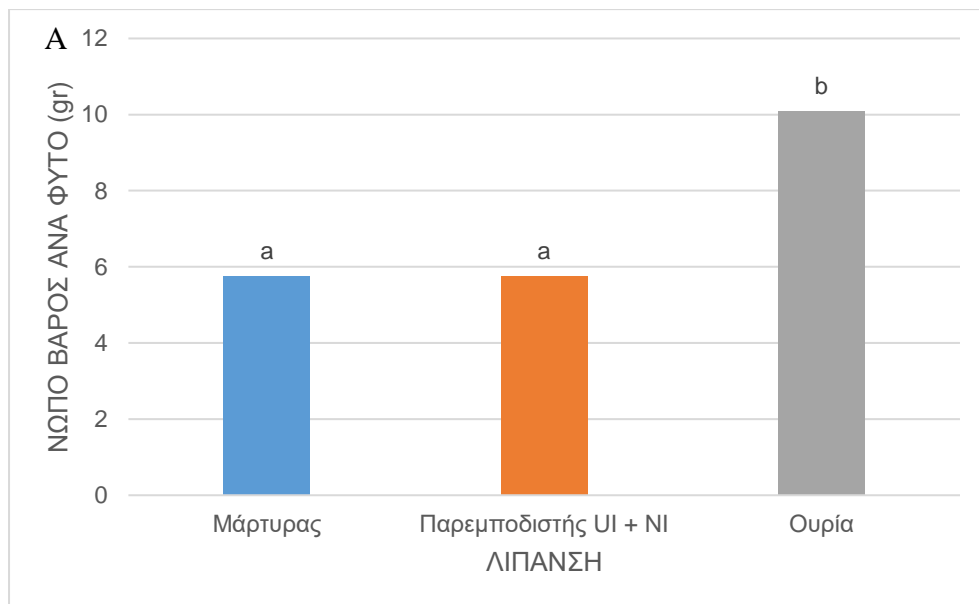
**Διάγραμμα 10:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα Β οι διαφορές για τη λίπανση με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για τη λίπανση με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

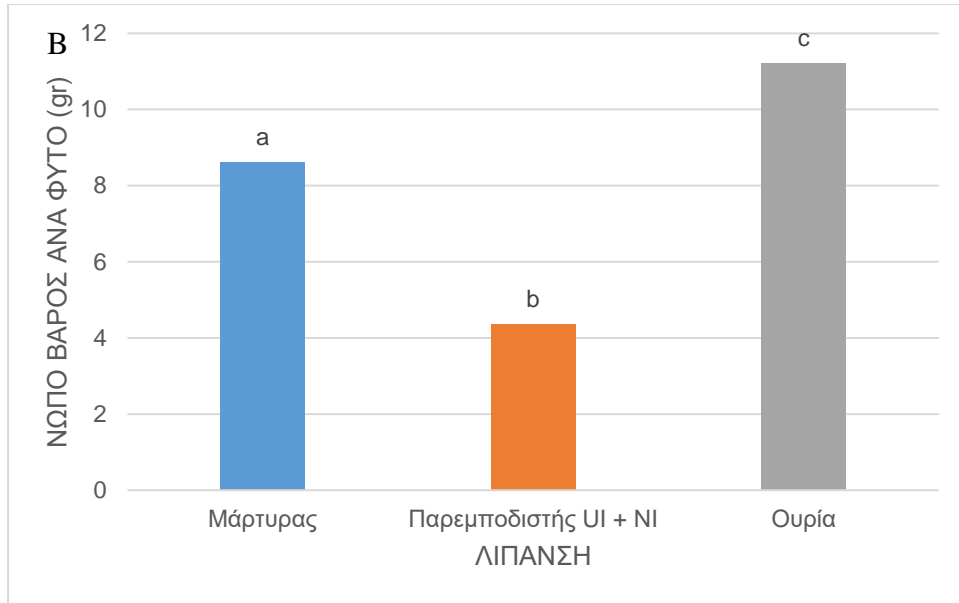
150 ΗΑΣ

**Πίνακας 10:** Ανάλυση διασποράς για το νωπό βάρος του φυτού στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	127,103	63,551	3,704	<b>0,045</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	4,409	4,409	0,257	0,618
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	18,281	9,141	0,533	0,596
Υπόλοιπο	18	308,801	17,156		
Σύνολο	23	458,594	19,939		

Το νωπό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,045$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 10). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 10,65 gr.





**Διάγραμμα 11:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

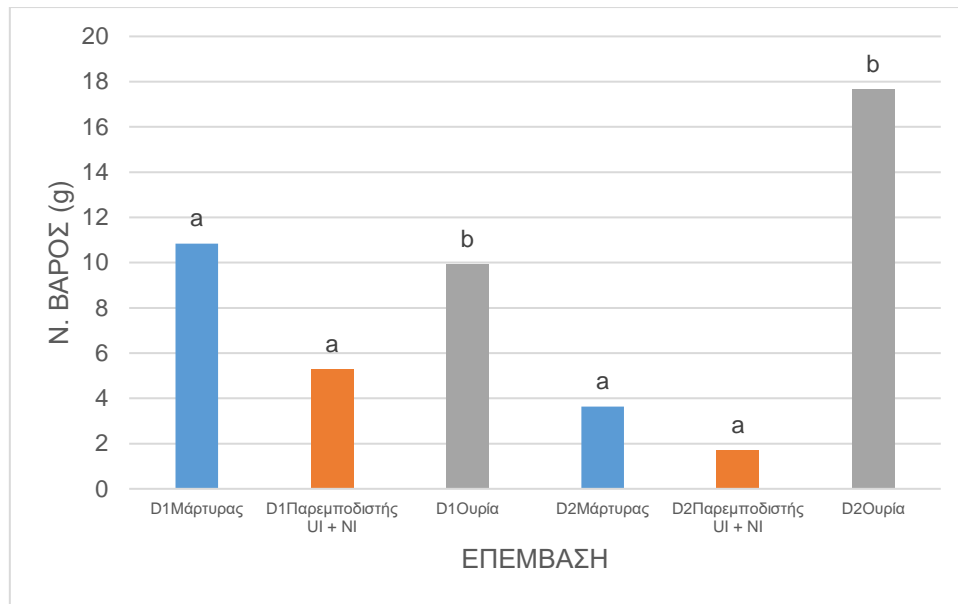
### 180 ΗΑΣ

**Πίνακας 11:** Ανάλυση διασποράς για το νωπό βάρος του φυτού στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	p
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	435,026	217,513	8,557	<b>0,002</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	6,087	6,087	0,239	0,631
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	243,054	121,527	4,781	<b>0,022</b>
Υπόλοιπο	18	457,552	25,420		
Σύνολο	23	1141,718	49,640		

Το νωπό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,002$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης, καθώς επίσης και για την αλληλεπίδραση των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς (Πίνακας 11). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 17,67 gr για την απόσταση D2.





**Διάγραμμα 12:** Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο νωπό βάρος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.3. ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ

#### 60 ΗΑΣ

**Πίνακας 12:** Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 60 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	20,0112	0,00558	0,488	0,622	
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	10,0376	0,0376	3,288	0,087	
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	20,0606	0,0303	2,647	0,098	
Υπόλοιπο	18 0,206	0,0114			
Σύνολο	23 0,315	0,0137			

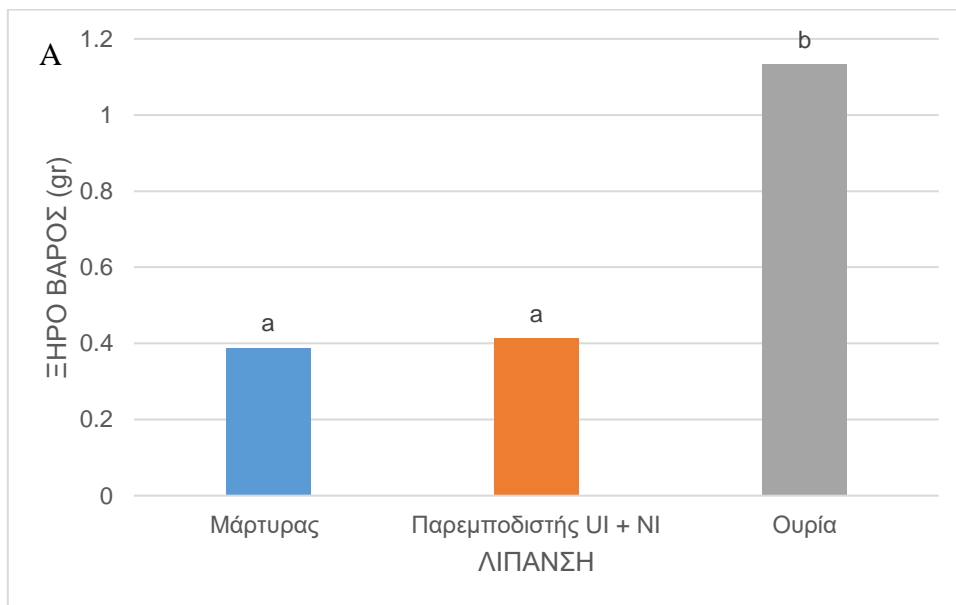
Το ξηρό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 12).

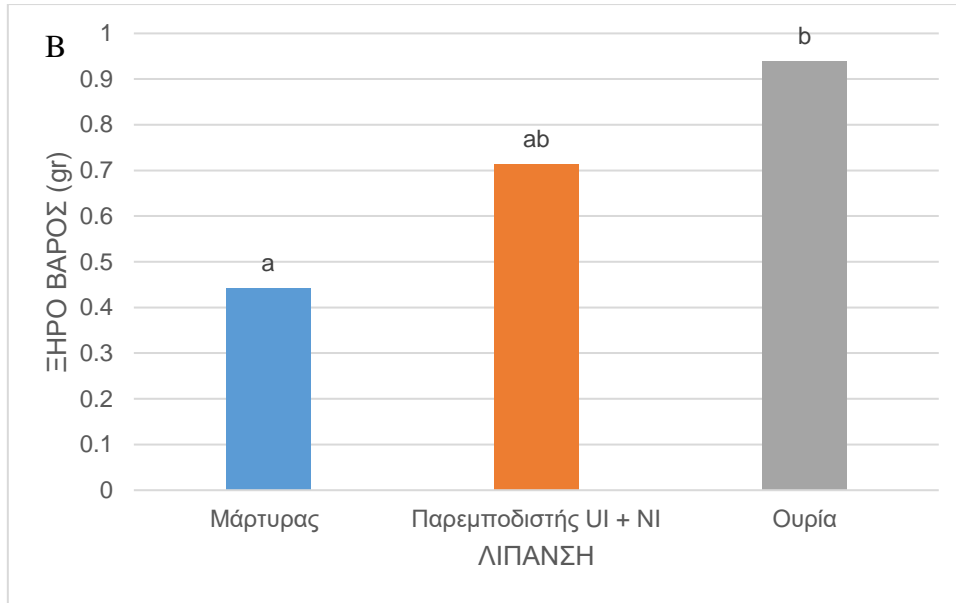
90 ΗΑΣ

**Πίνακας 13:** Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 90 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2 1,685	0,843	23,134	<b>&lt;0,001</b>	
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	10,0178	0,0178	0,488	0,494	
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2 0,243	0,122	3,340	0,058	
Υπόλοιπο	18 0,656	0,0364			
Σύνολο	23	2,602	0,113		

Το ξηρό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 13). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 1,13 gr.





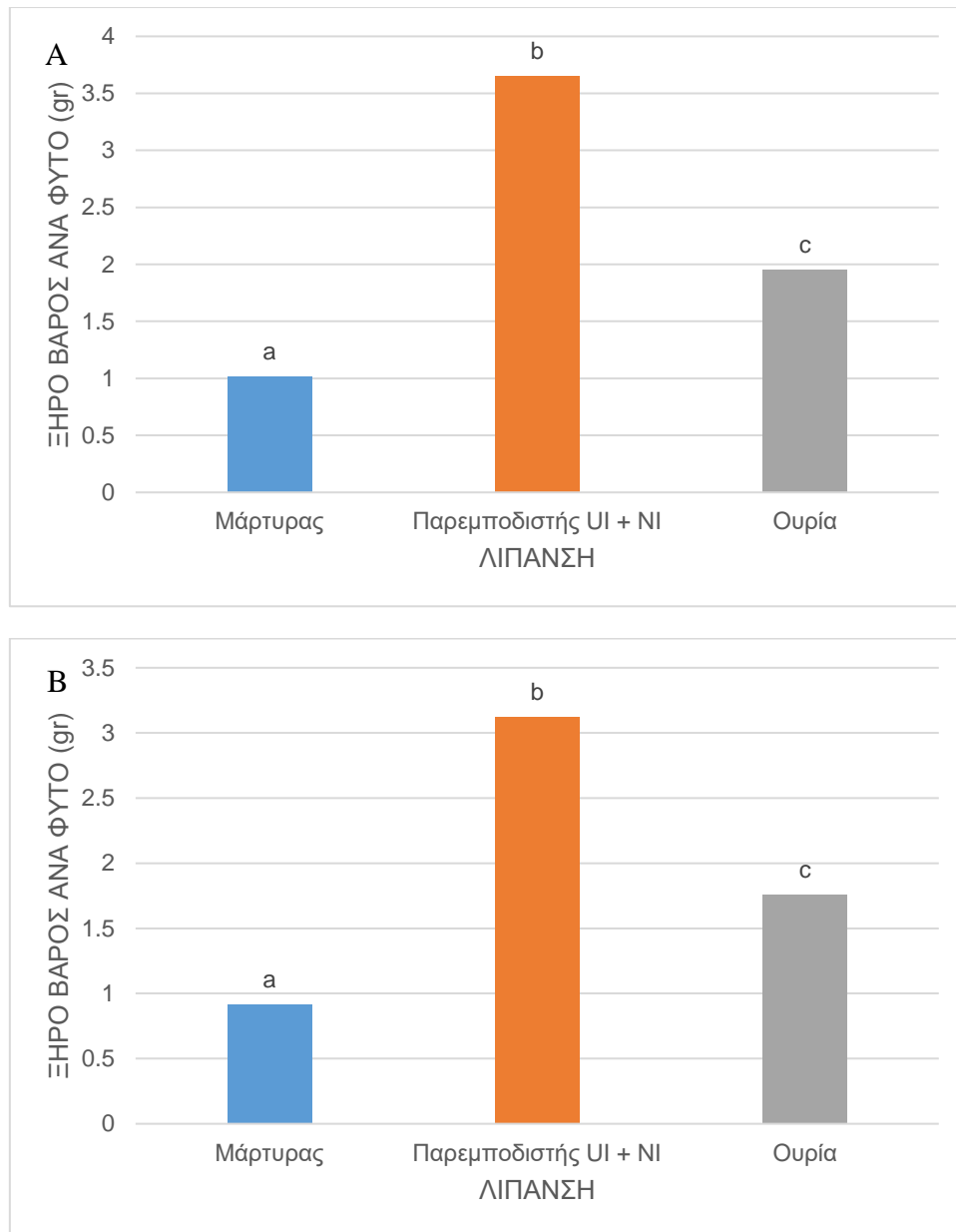
**Διάγραμμα 13:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 90 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

## 120 ΗΑΣ

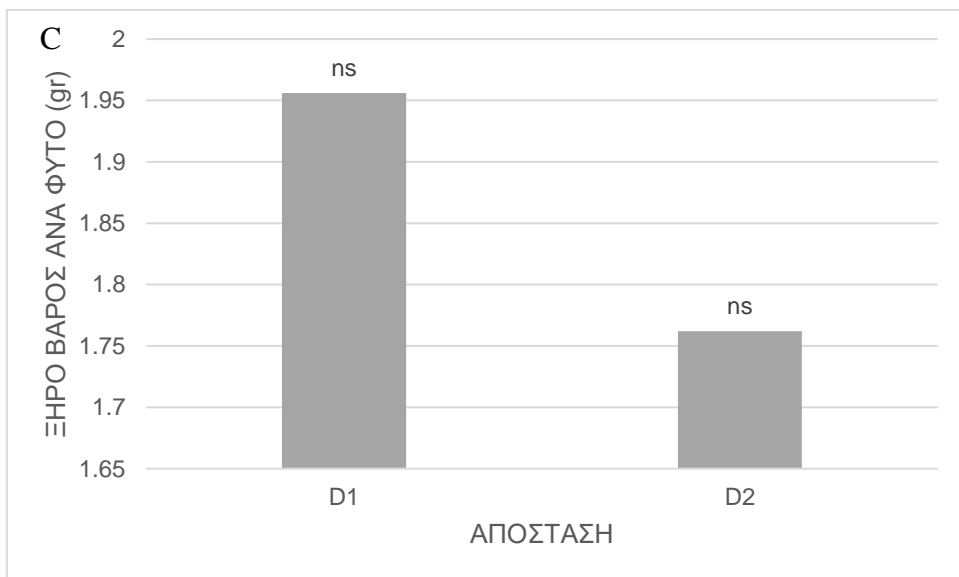
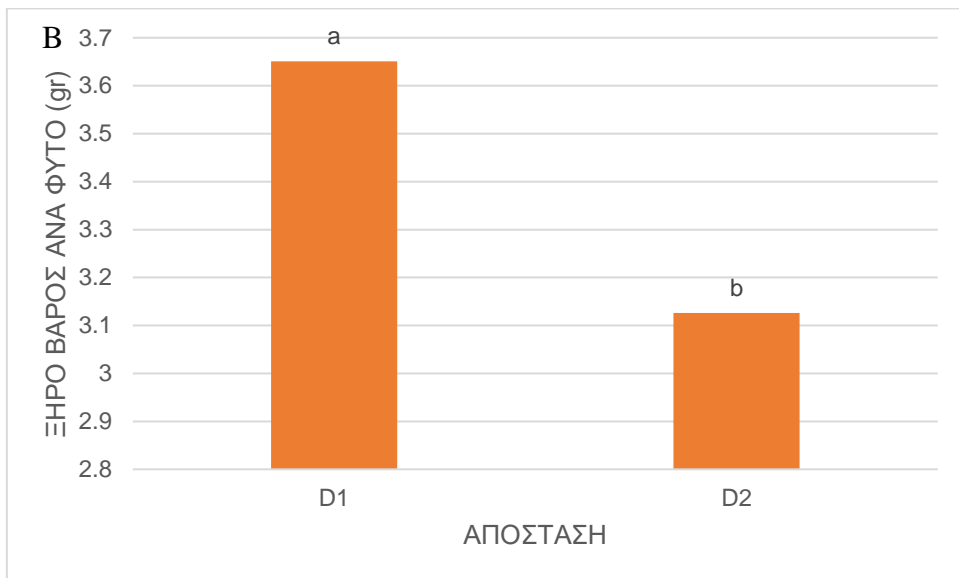
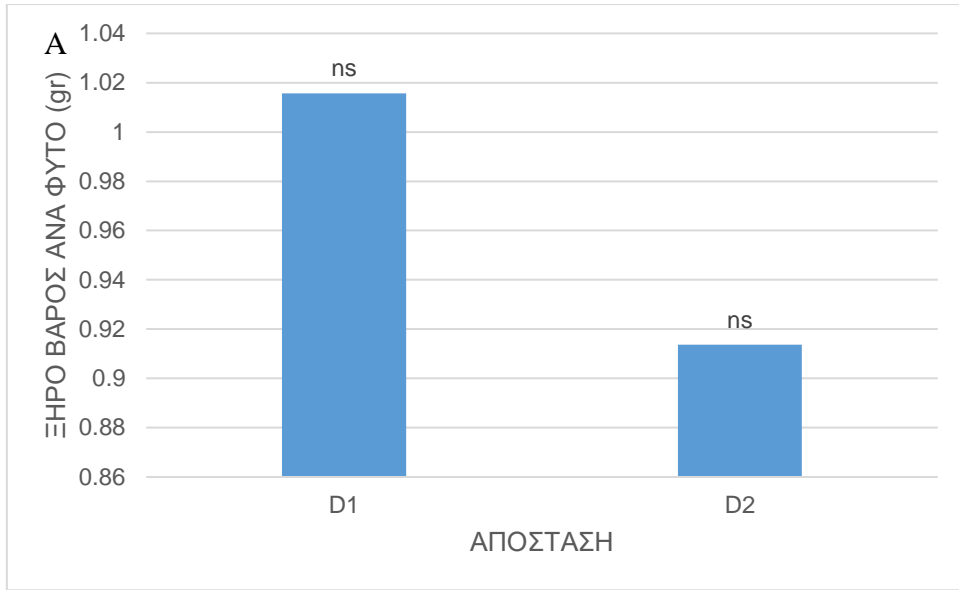
**Πίνακας 14:** Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	24,038	12,019	138,409	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,449	0,449	5,175	<b>0,035</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	0,198	0,0990	1,140	0,342
Υπόλοιπο	18	1,563	0,0868		
Σύνολο	23	26,248	1,141		

Το ξηρό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,035$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 14). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 3,65 gr για την απόσταση σποράς D1.



**Διάγραμμα 14:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.



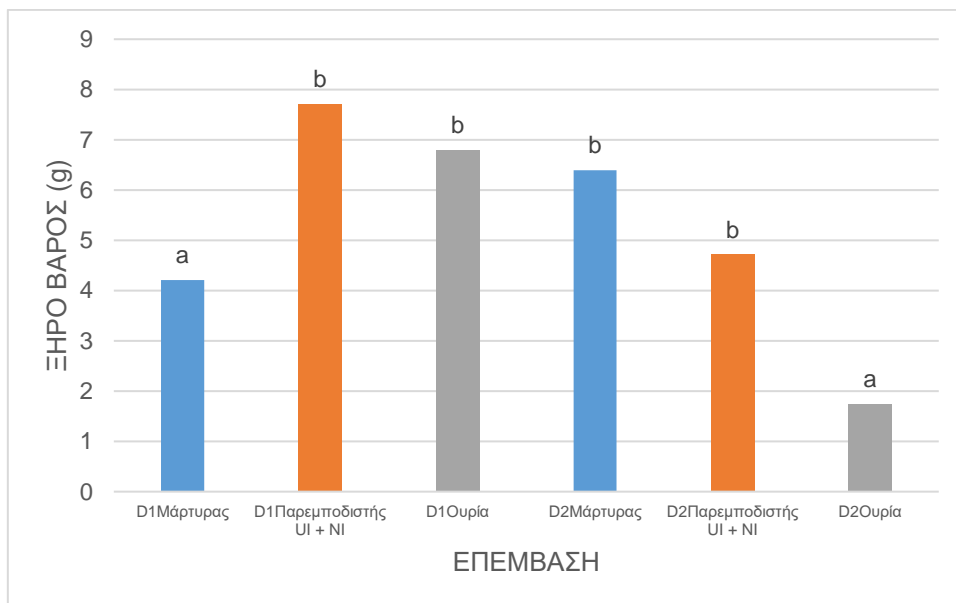
**Διάγραμμα 15:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα Β οι διαφορές για τη λίπανση με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για τη λίπανση με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

150 ΗΑΣ

**Πίνακας 15:** Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	15,170	7,585	0,998	0,388
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	22,850	22,850	3,007	0,100
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	55,506	27,753	3,652	<b>0,047</b>
Υπόλοιπο	18	136,798	7,600		
Σύνολο	23	230,324	10,014		

Το ξηρό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,047$ ) για την αλληλεπίδραση των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς (Πίνακας 15). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 7,71 gr για την απόσταση D1.



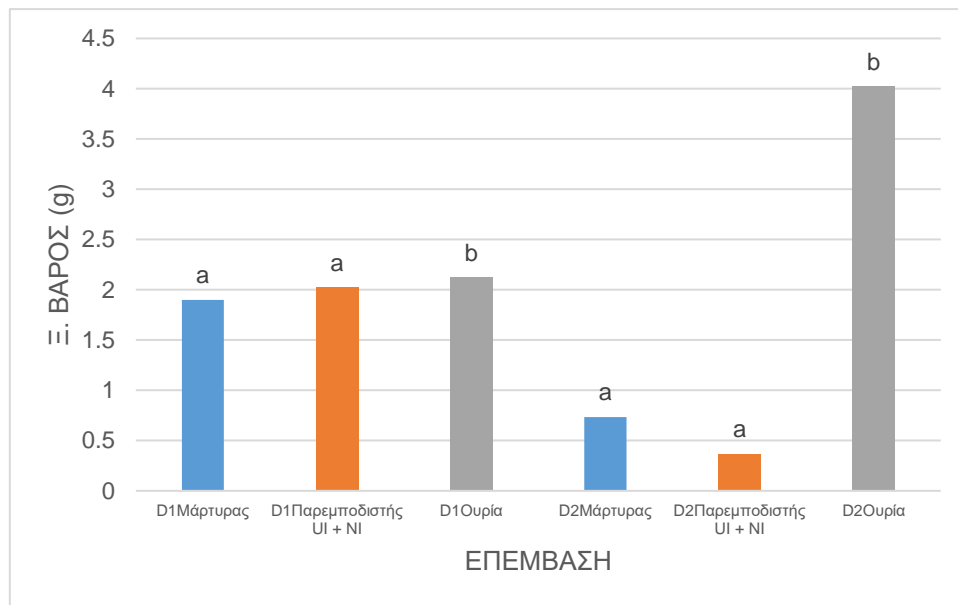
**Διάγραμμα 16:** Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

180 ΗΑΣ

**Πίνακας 16:** Ανάλυση διασποράς για το ξηρό βάρος του φυτού στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	22,705	11,353	8,168	<b>0,003</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,0477	0,0477	0,0343	0,855
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	12,688	6,344	4,565	<b>0,025</b>
Υπόλοιπο	18	25,017	1,390		
Σύνολο	23	60,457	2,629		

Το ξηρό βάρος του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,003$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,025$ ) για την αλληλεπίδραση των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς (Πίνακας 16). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας για την απόσταση D2 4,02 gr.



**Διάγραμμα 17:** Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στο ξηρό βάρος του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.4. ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΡΥΦΑΙΩΝ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΩΝ

#### 120 ΗΑΣ

**Πίνακας 17:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗΘΕ	2	0,333	0,167	0,0157	0,984
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,0185	0,0185	0,00175	0,967
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	19,370	9,685	0,913	0,419
Υπόλοιπο	18	191,000	10,611		
Σύνολο	23	210,722	9,162		

Ο αριθμός κορυφαίων διακλαδώσεων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 21).

#### 150 ΗΑΣ

**Πίνακας 18:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
ΛΙΠΑΝΣΗΘΕ	2	3,028	1,514	0,454	0,642
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,116	0,116	0,0347	0,854
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	2,787	1,394	0,418	0,665
Υπόλοιπο	18	60,028	3,335		
Σύνολο	23	65,958	2,868		

Ο αριθμός κορυφαίων διακλαδώσεων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 22).

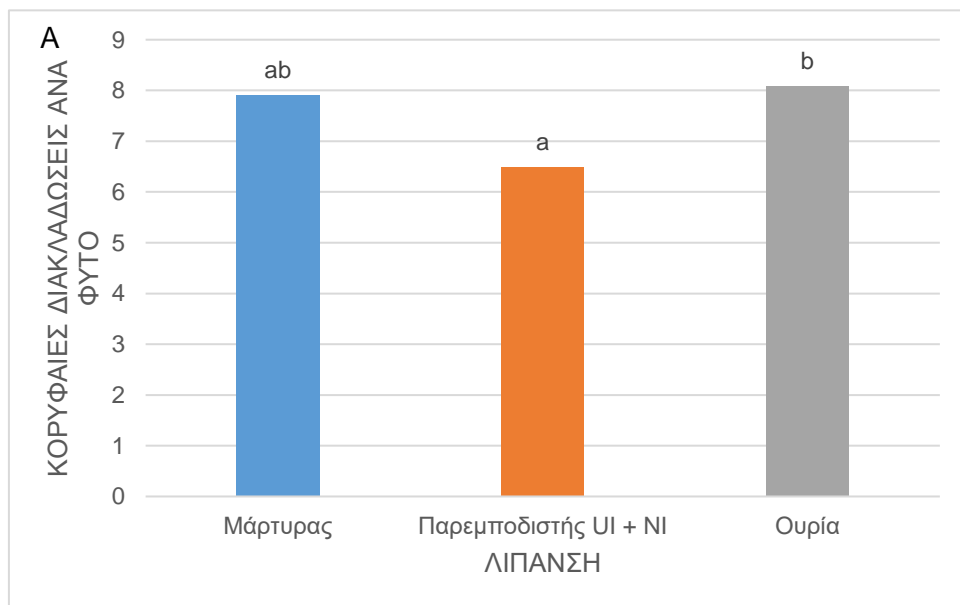


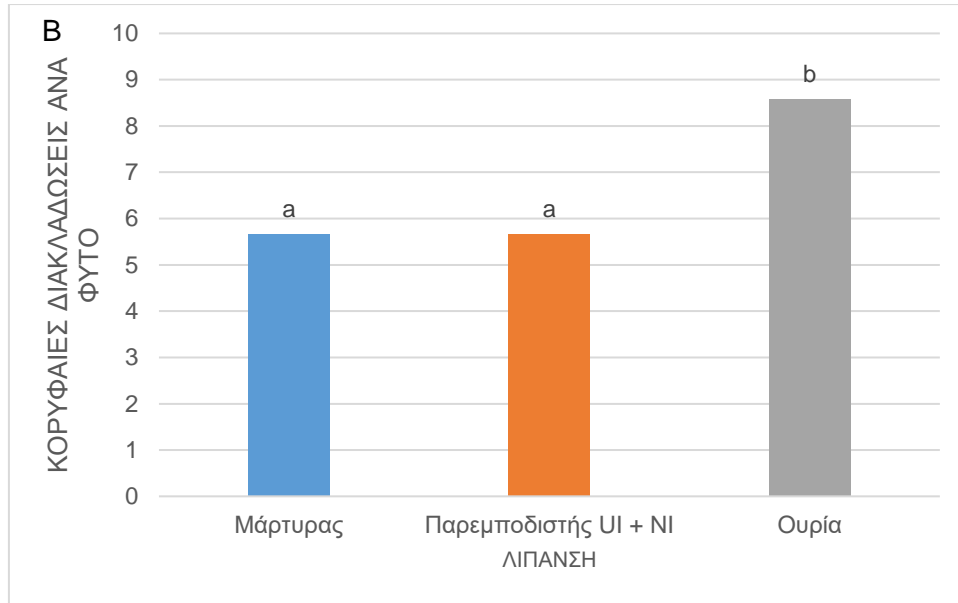
180 ΗΑΣ

**Πίνακας 19:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	21,176	10,588	5,373	<b>0,015</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	4,449	4,449	2,258	0,150
ΛΙΠΑΝΣΗx ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	7,565	3,782	1,919	0,176
Υπόλοιπο	18	35,472	1,971		
Σύνολο	23	68,662	2,985		

Ο αριθμός κορυφαίων διακλαδώσεων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,015$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 23). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 8,58 κορυφαίες διακλαδώσεις / φυτό.





**Διάγραμμα 18:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ (SPAD)

#### 60 ΗΑΣ

**Πίνακας 20:** Ανάλυση διασποράς για την τιμή του *spad* στις 60 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	12348,250	6174,125	0,620	0,549
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	9882,042	9882,042	0,993	0,332
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	23695,583	11847,792	1,191	0,327
Υπόλοιπο	18	179114,750	9950,819		
Σύνολο	23	225040,625	9784,375		

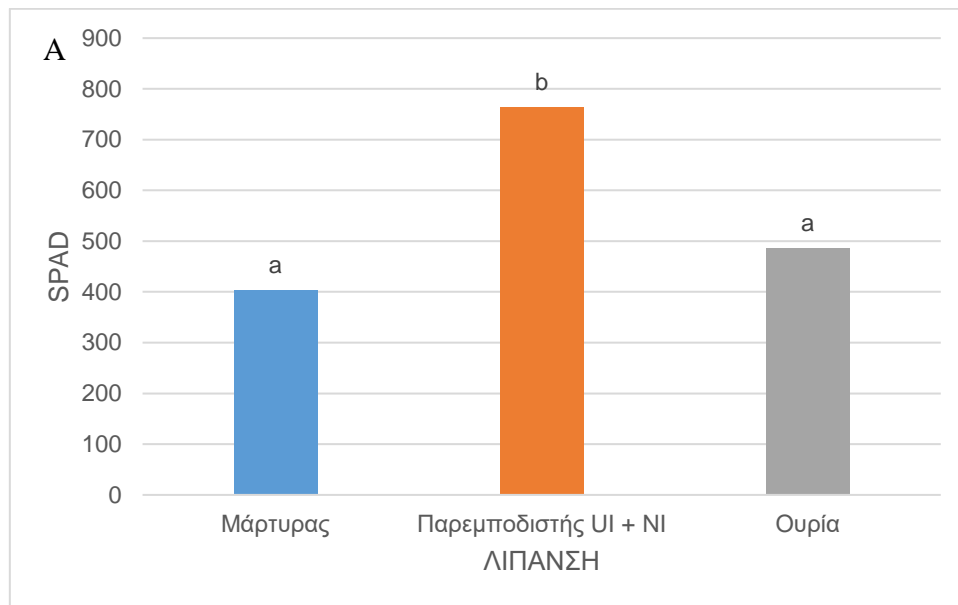
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 24).

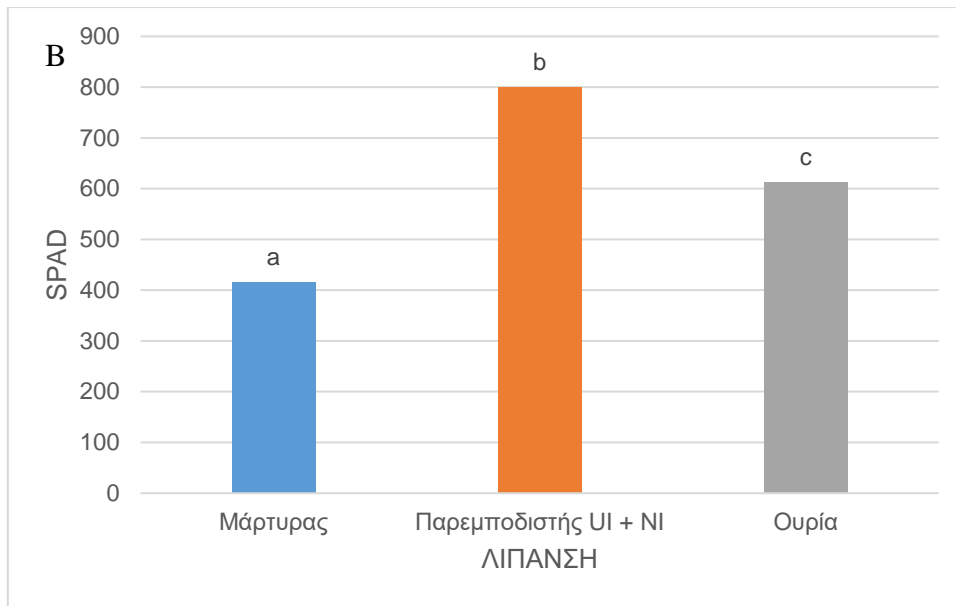
120 ΗΑΣ

**Πίνακας 21:** Ανάλυση διασποράς για την τιμή του *spad* στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

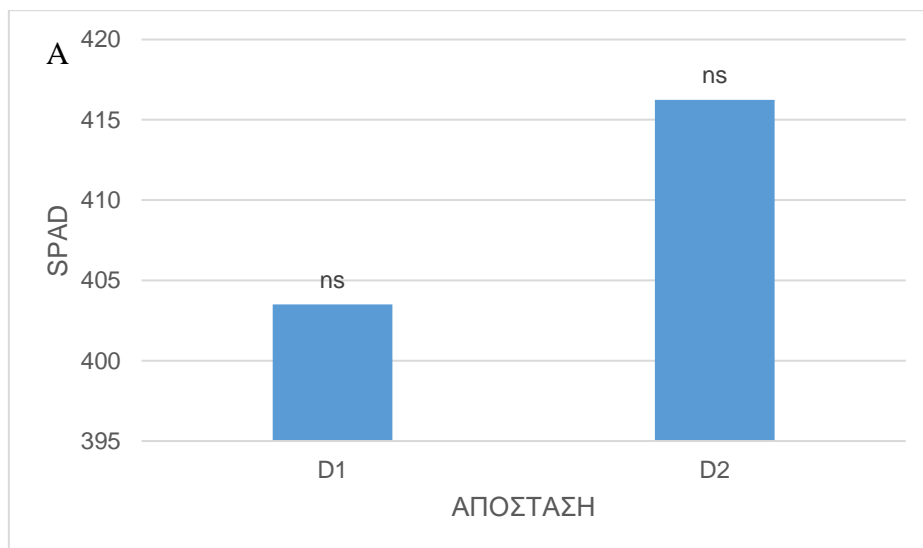
	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	565533,250	282766,625	99,472	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	20358,375	20358,375	7,162	<b>0,015</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	14131,750	7065,875	2,486	0,111
Υπόλοιπο	18	51168,250	2842,681		
Σύνολο	23	651191,625	28312,679		

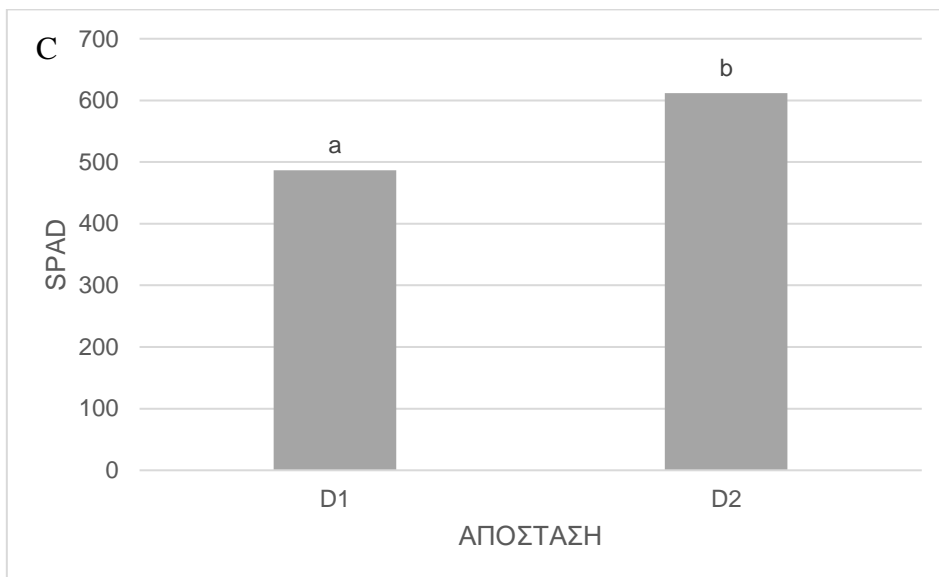
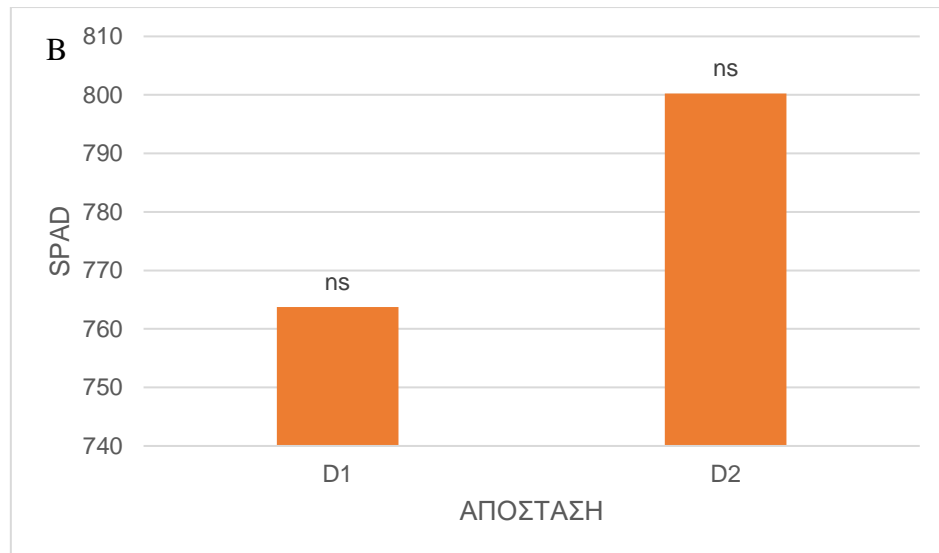
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,015$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς. (Πίνακας 25). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρέασης και νιτροποίησης 800,25 για την απόσταση D2.





**Διάγραμμα 19:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το spad του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.





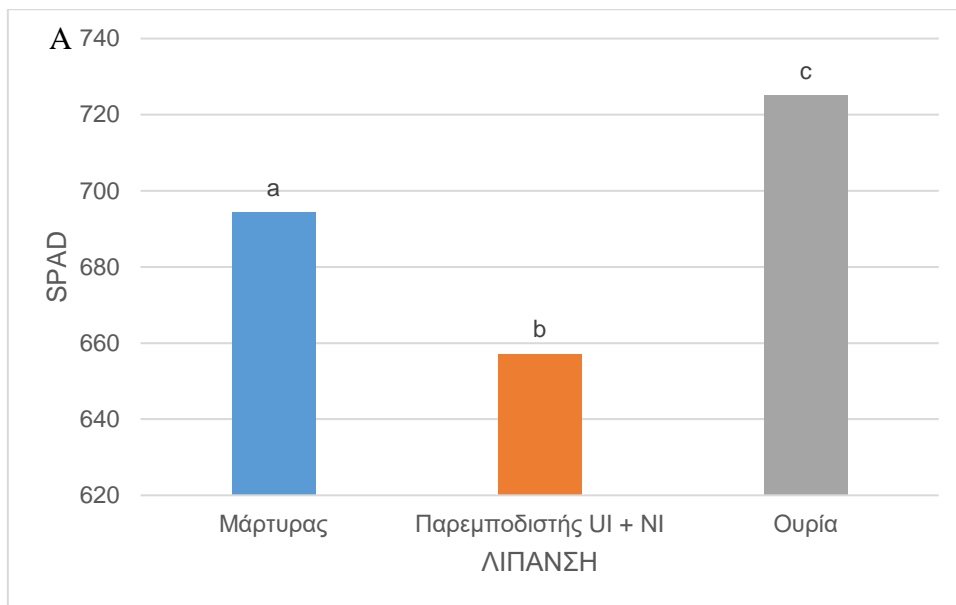
**Διάγραμμα 20:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το spad του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα A παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα B οι διαφορές για τη λίπανση με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για τη λίπανση με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

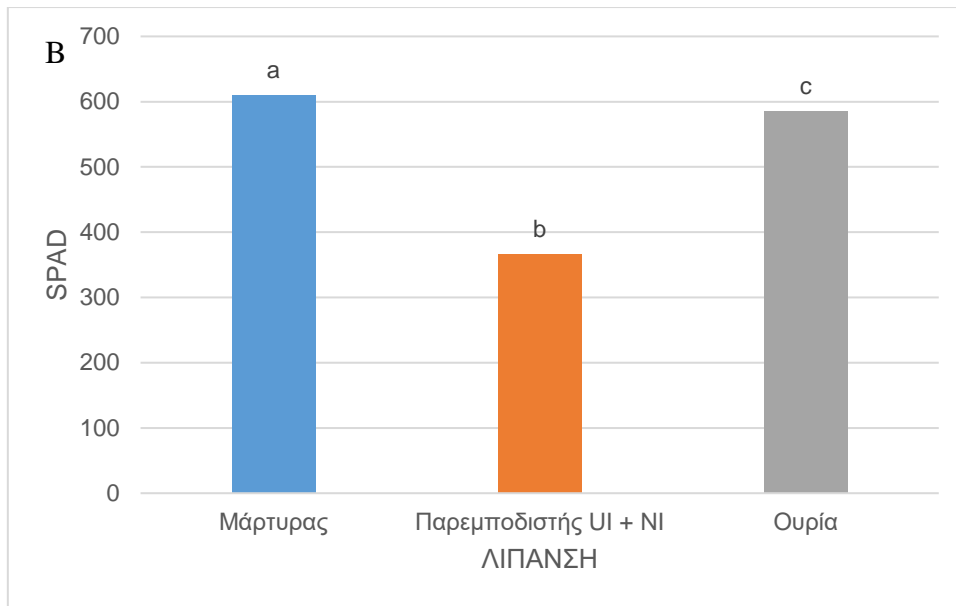
## 150 ΗΑΣ

**Πίνακας 22:** Ανάλυση διασποράς για την τιμή του *spad* στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

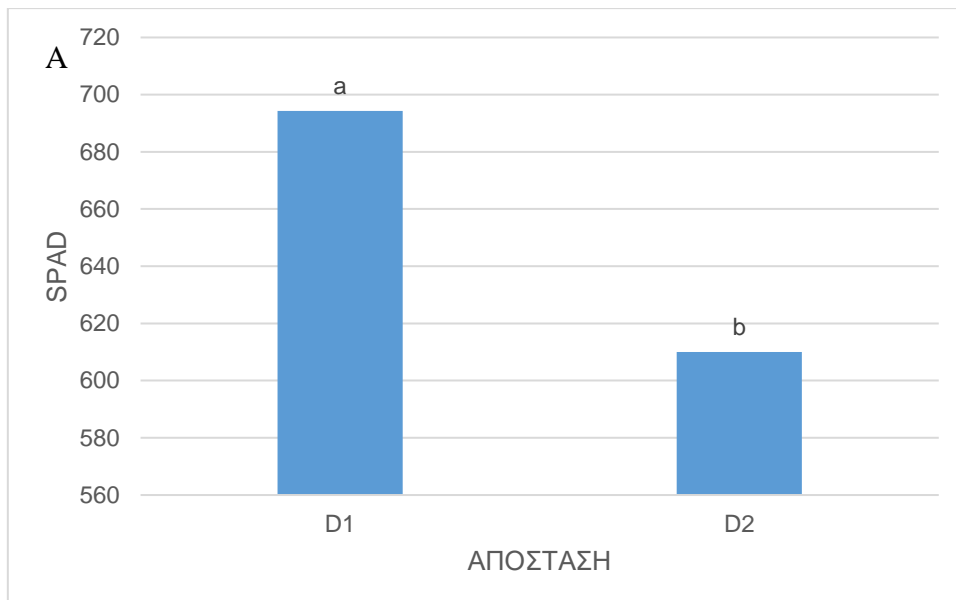
	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	107290,583	53645,292	4,071	<b>0,035</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	176645,042	176645,042	13,405	<b>0,002</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	45531,583	22765,792	1,728	0,206
Υπόλοιπο	18	237187,750	13177,097		
Σύνολο	23	566654,958	24637,172		

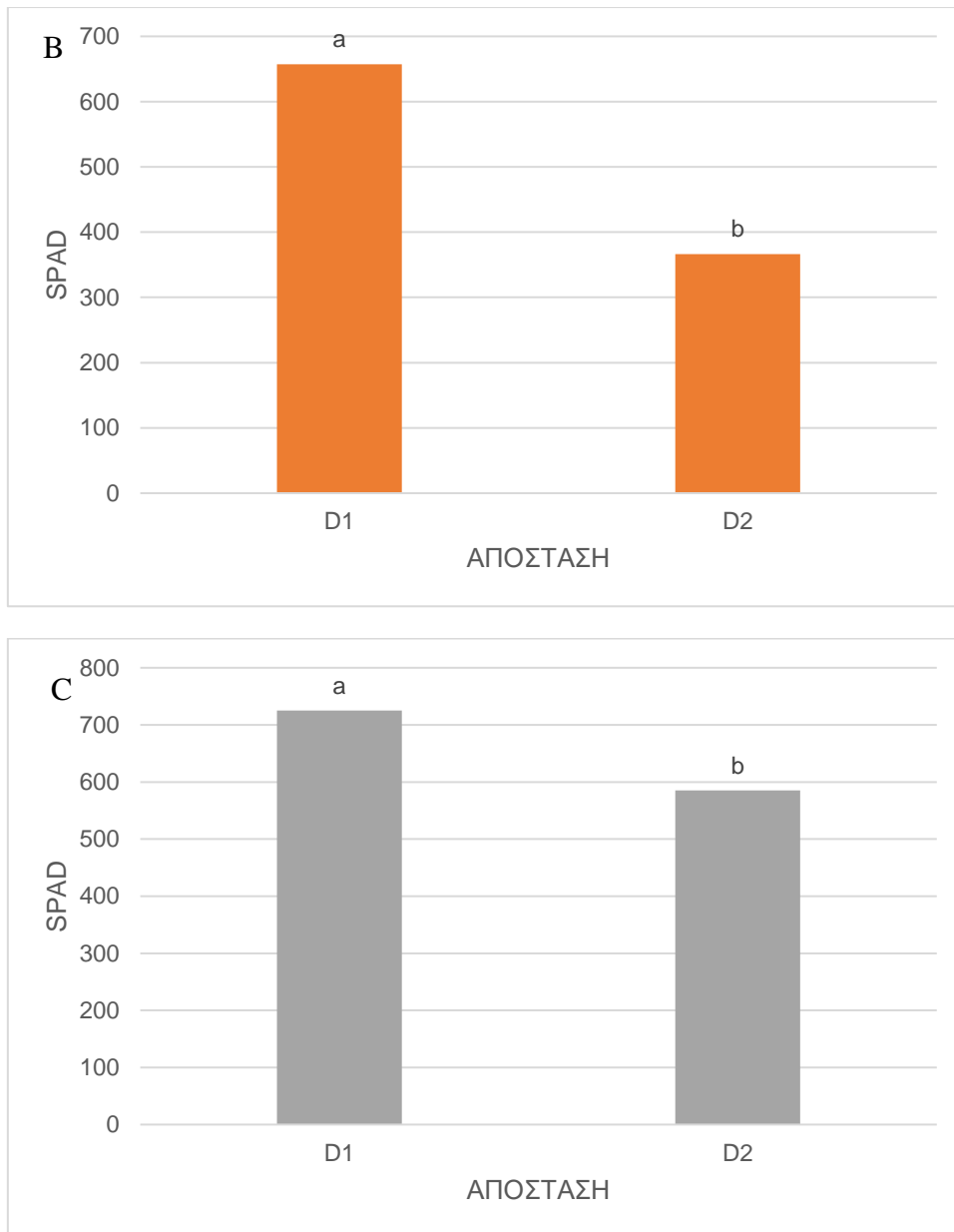
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,035$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,002$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς. (Πίνακας 26). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 725 για την απόσταση D1.





**Διάγραμμα 21:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για το spad του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα A παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα B οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.





**Διάγραμμα 22:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για το spad του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα A παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα B οι διαφορές για τη λίπανση με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για τη λίπανση με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

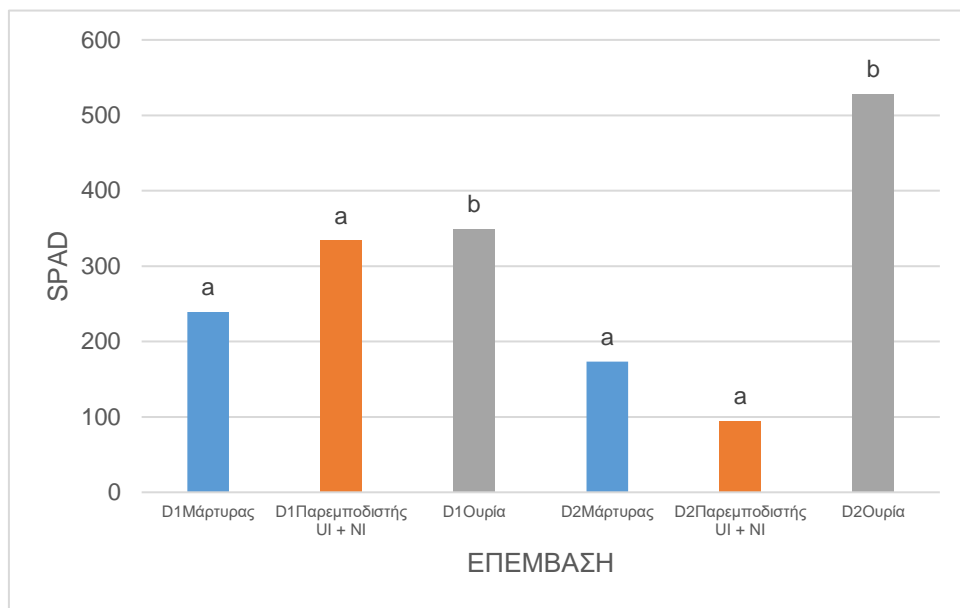


180 ΗΑΣ

**Πίνακας 23:** Ανάλυση διασποράς για την τιμή του *spad* στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	251395,083	125697,542	5,788	<b>0,011</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	10795,042	10795,042	0,497	0,490
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	203494,083	101747,042	4,685	<b>0,023</b>
Υπόλοιπο	18	390916,750	21717,597		
Σύνολο	23	856600,958	37243,520		

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,011$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης και ( $p=0,023$ ) για την αλληλεπίδραση των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς (Πίνακας 27). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 527,75 για την απόσταση D2.



**Διάγραμμα 23:** Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων της λίπανσης και της απόστασης σποράς για το *spad* του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

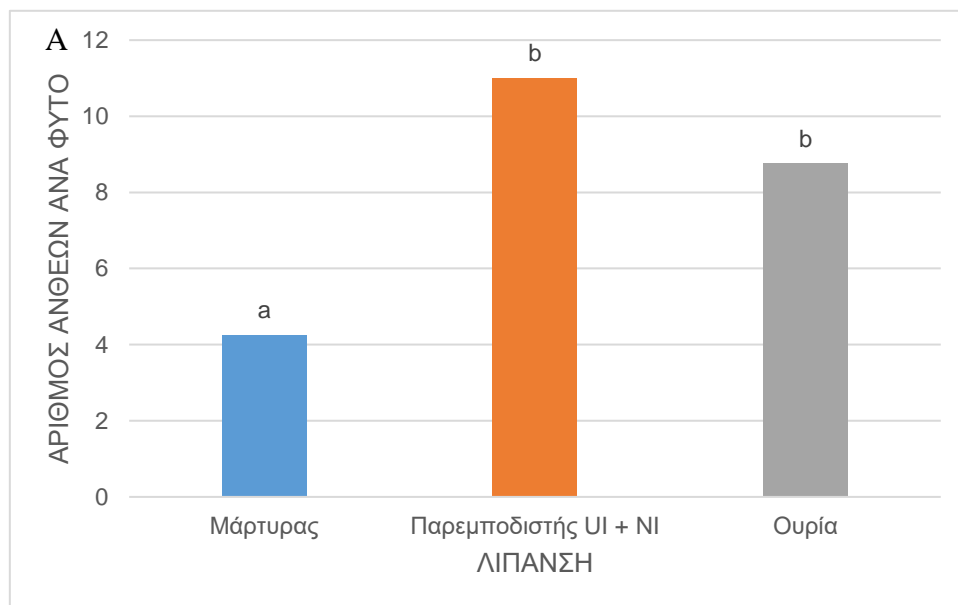
### 3.6. ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΘΕΩΝ

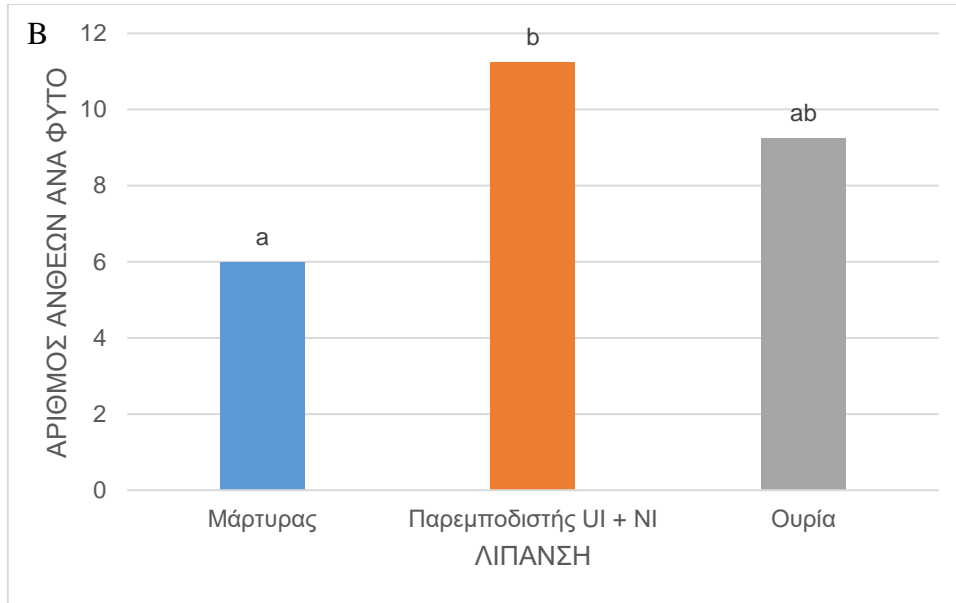
#### 120 ΗΑΣ

**Πίνακας 24:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό ανθέων στις 120 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	148,083	74,042	21,155	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	4,167	4,167	1,190	0,290
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	2,583	1,292	0,369	0,697
Υπόλοιπο	18	63,000	3,500		
Σύνολο	23	217,833	9,471		

Ο αριθμός ανθέων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 28). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 11,25 άνθη / φυτό.





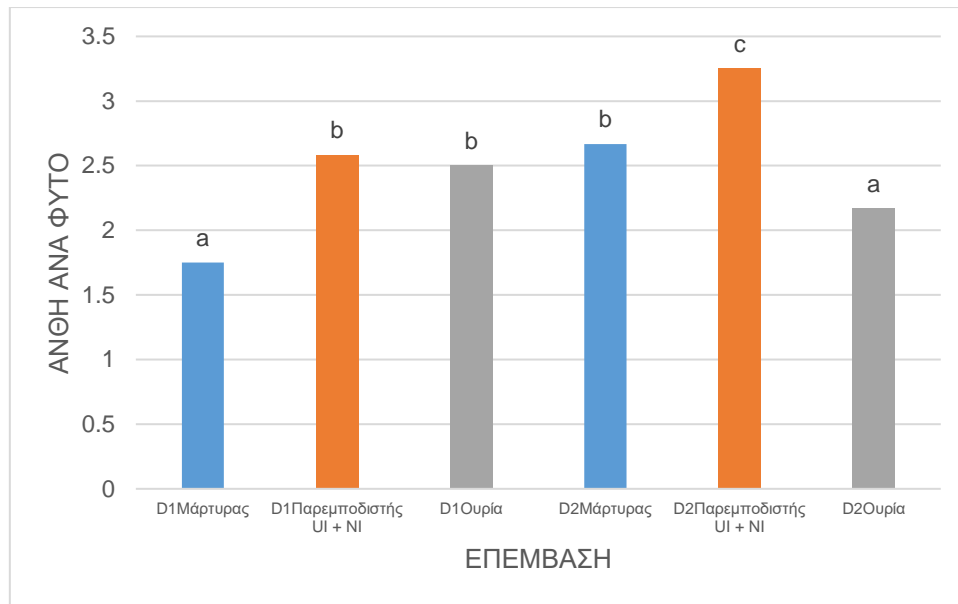
**Διάγραμμα 24:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 120 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

## 150 ΗΑΣ

**Πίνακας 25:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό ανθέων στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗΕ	2	2,565	1,282	0,214	0,809
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	4,449	4,449	0,744	0,400
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	78,898	39,449	6,597	<b>0,007</b>
Υπόλοιπο	18	107,639	5,980		
Σύνολο	23	193,551	8,415		

Ο αριθμός ανθέων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,007$ ) για την αλληλεπίδραση των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς (Πίνακας 29). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρέασης και νιτροποίησης 3,25 άνθη / φυτό για την απόσταση D2.



**Διάγραμμα 25:** Επίδραση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων λίπανση και απόσταση σποράς στον αριθμό ανθέων του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

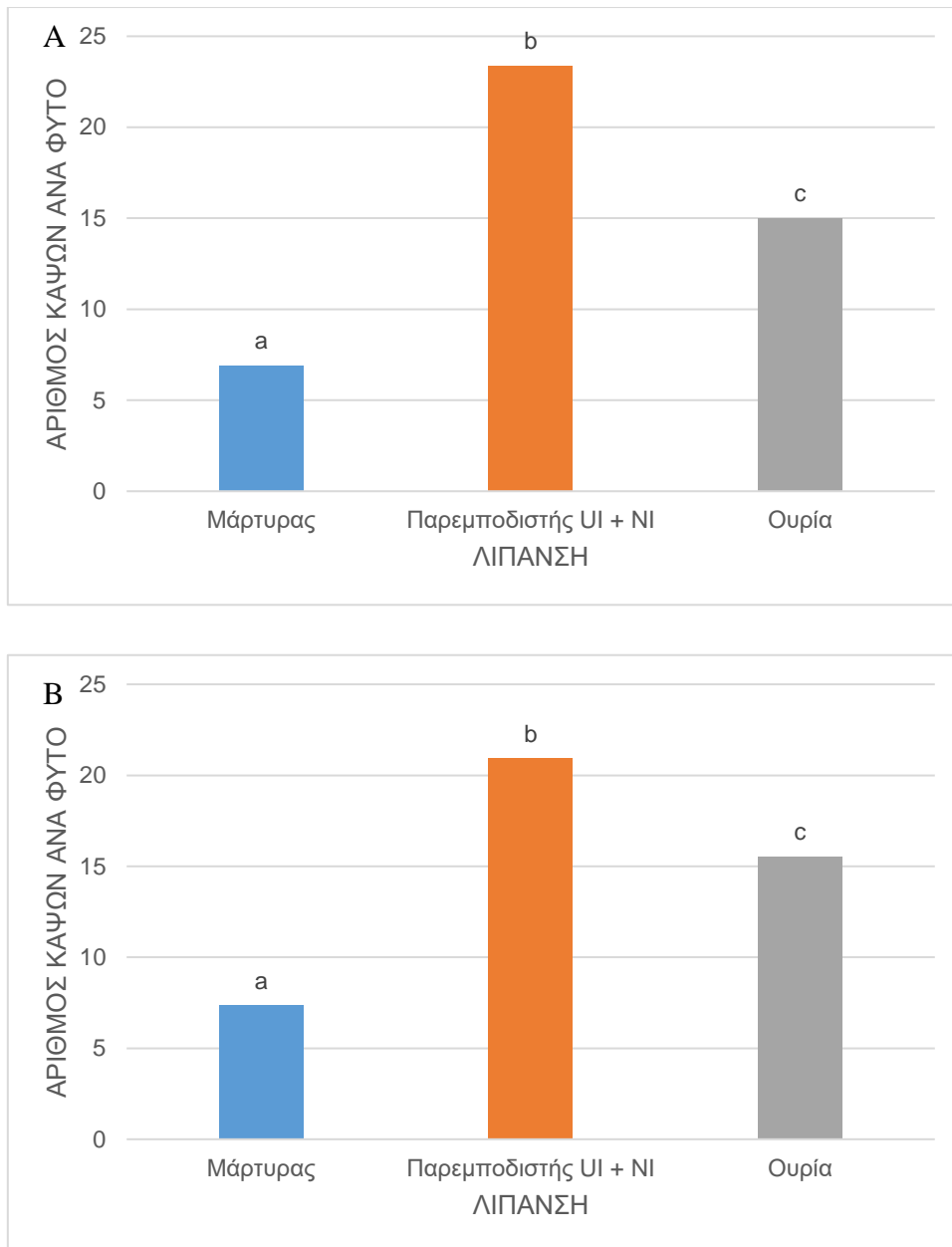
### 3.7. ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΩΝ

#### 150 ΗΑΣ

**Πίνακας 26:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό καψών στις 150 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	905,750	452,875	53,254	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	1,552	1,552	0,183	0,674
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	11,633	5,817	0,684	0,517
Υπόλοιπο	18	153,074	8,504		
Σύνολο	23	1072,009	46,609		

Ο αριθμός καψών του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 30). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 23,39 κάψες / φυτό.



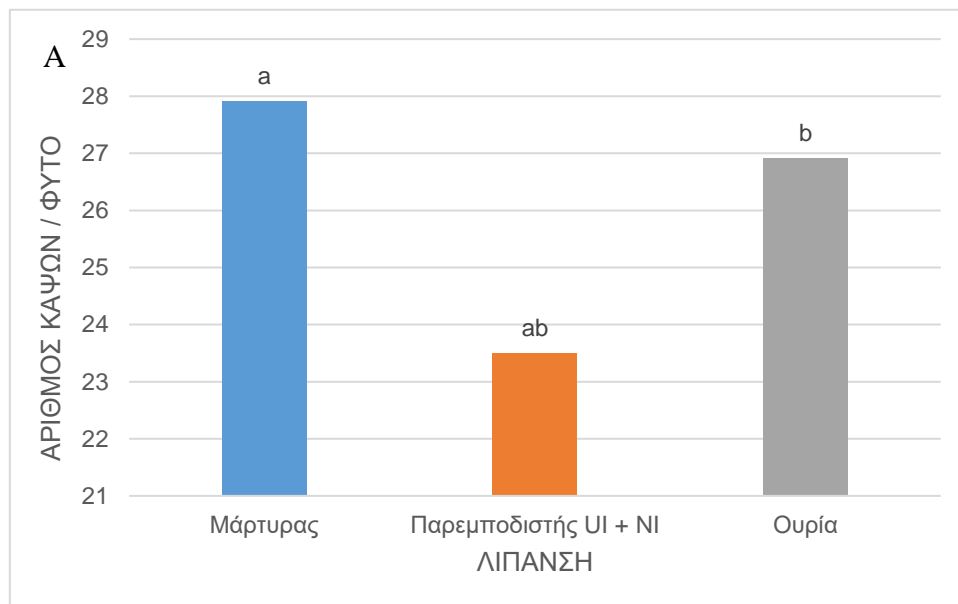
**Διάγραμμα 26:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό καψών του φυτού του δείγματος στις 150 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

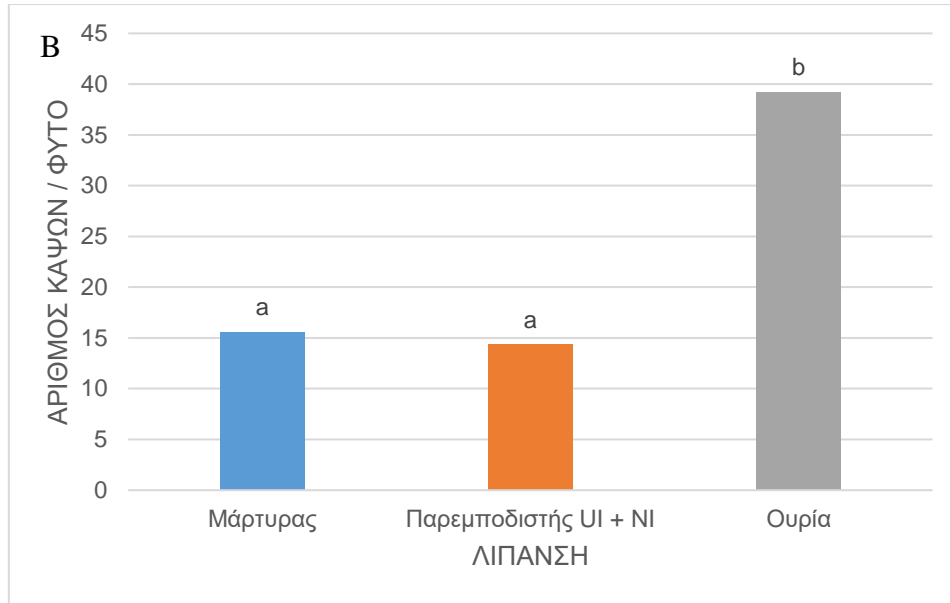
## 180 ΗΑΣ

**Πίνακας 27:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό καψών στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	893,454	446,727	3,829	<b>0,041</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	57,042	57,042	0,489	0,493
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	715,361	357,681	3,065	0,071
Υπόλοιπο	18	2100,250	116,681		
Σύνολο	23	3766,106	163,744		

Ο αριθμός καψών του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,041$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 31). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση της ουρίας 39,17 κάψες / φυτό.





**Διάγραμμα 27:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τον αριθμό καψών του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.8. ΣΠΟΡΟΙ ΑΝΑ ΚΑΨΑ

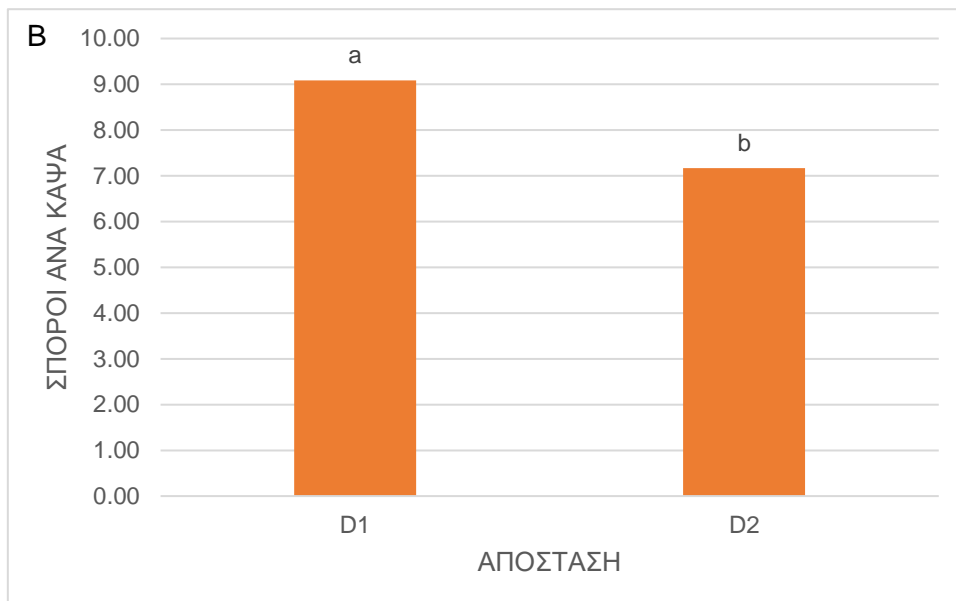
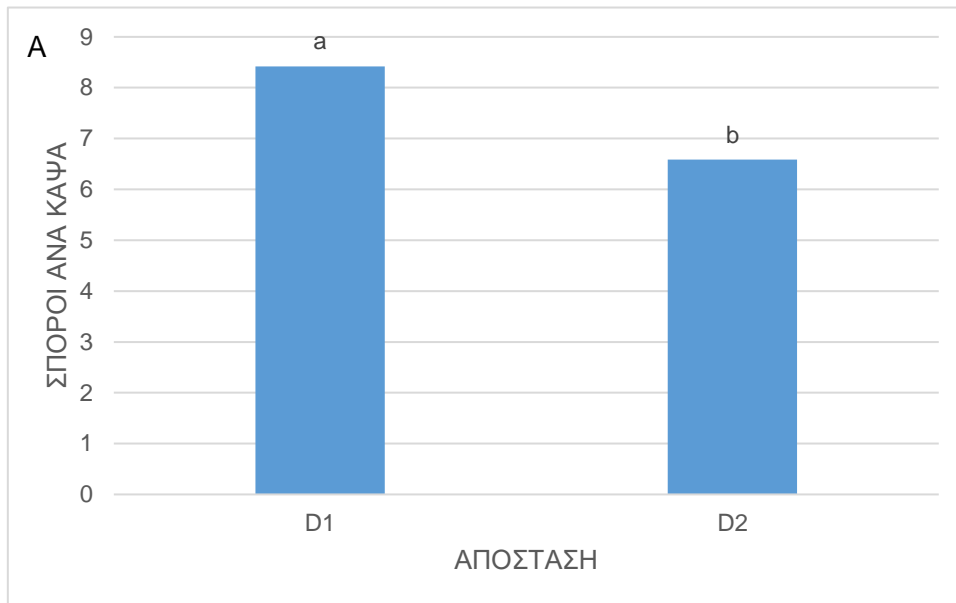
#### 180 ΗΑΣ

**Πίνακας 28:** Ανάλυση διασποράς για τον αριθμό σπόρων ανά κάψα στις 180 ΗΑΣ σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

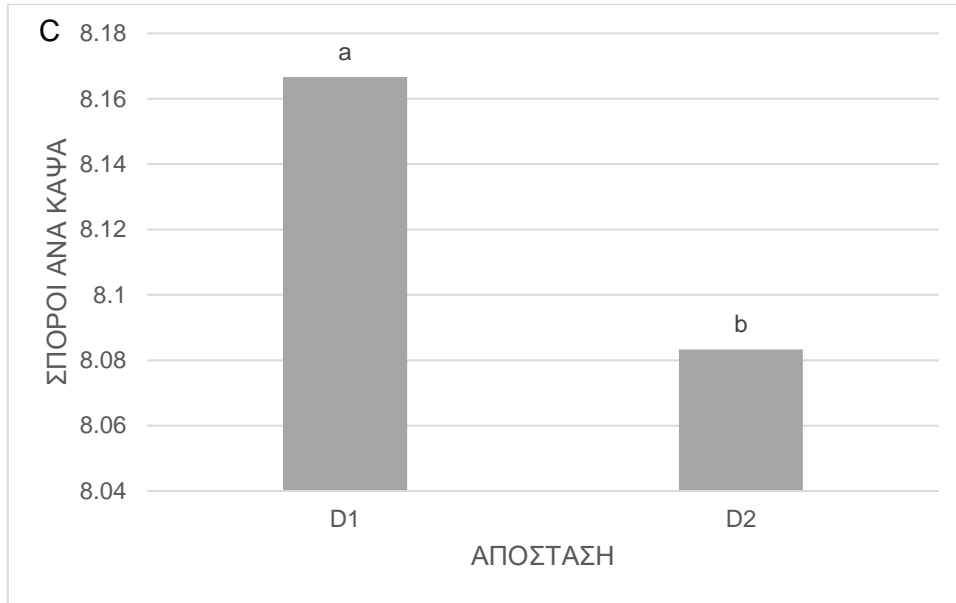
	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	p
ΛΙΠΑΝΣΗ	2	2,083	1,042	1,035	0,375
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	9,796	9,796	9,736	<b>0,006</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ x ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	4,287	2,144	2,130	0,148
Υπόλοιπο	18	18,111	1,006		
Σύνολο	23	34,278	1,490		

Ο αριθμός των σπόρων ανά κάψα του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p=0,006$ ) για τον παράγοντα της απόστασης σποράς. Αντίθετα, ο παράγοντας της λίπανσης δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα

της παρούσας μελέτης (Πίνακας 32). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην απόσταση D1 9,08 σπόροι / κάψα.







**Διάγραμμα 28:** Επίδραση του παράγοντα της απόστασης σποράς στις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης για τον αριθμό των σπόρων ανά κάψα του φυτού του δείγματος στις 180 ΗΑΣ. Στο διάγραμμα Α παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στον μάρτυρα, στο διάγραμμα Β οι διαφορές για την εφαρμογή λίπανσης με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης και στο διάγραμμα C οι διαφορές για την εφαρμογή λίπανσης με ουρία. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.

### 3.9. ΒΑΡΟΣ ΧΙΛΙΩΝ ΣΠΟΡΩΝ

**Πίνακας 29:** Ανάλυση διασποράς για το βάρος χιλίων σπόρων σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΛΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	3	0,855	0,285	1,471	0,248
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	0,00681	0,00681	0,0351	0,853
ΛΙΠΑΝΣΗ X ΑΠΟΣΤΑΣΗ	3	0,966	0,322	1,662	0,202
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	24	4,65	0,194		
ΣΥΝΟΛΟ	31	6,478	0,209		

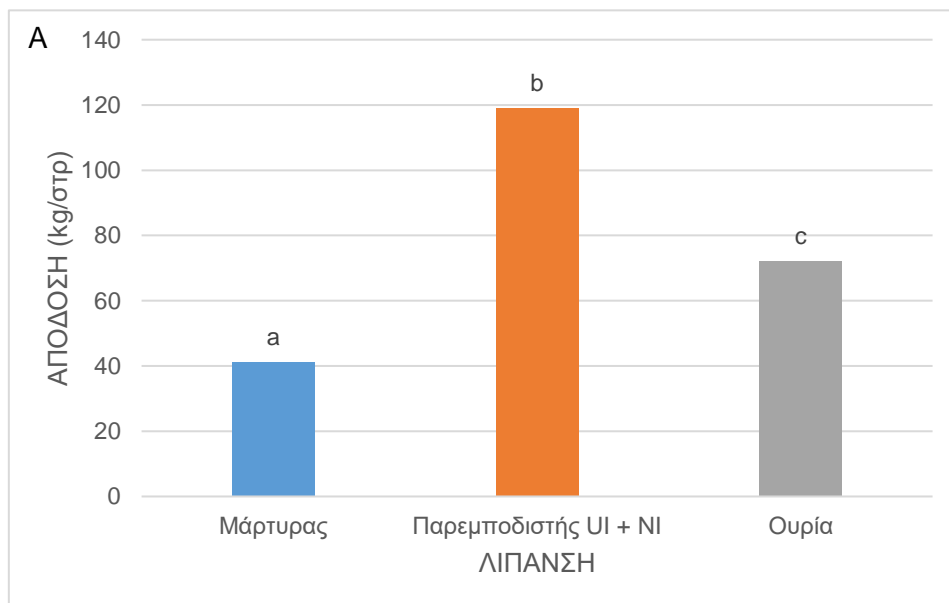
Το βάρος χιλίων σπόρων του φυτού στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά και για τον παράγοντα της λίπανσης και για τον παράγοντα της απόστασης σποράς (Πίνακας 33).

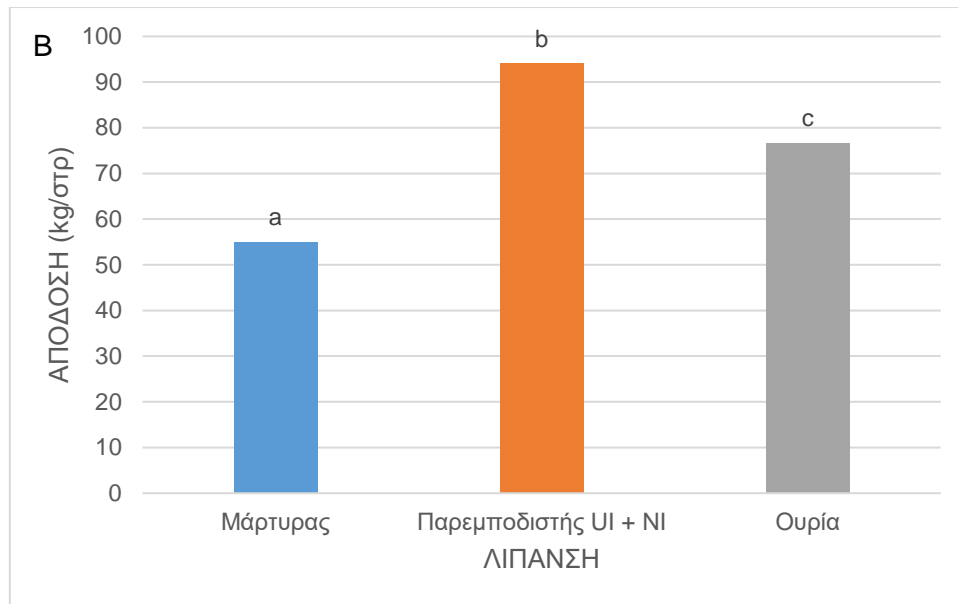
## 3.10. ΑΠΟΔΟΣΗ

**Πίνακας 30:** Ανάλυση διασποράς για τη στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=5\%$ . (Οι αριθμοί με έντονη γραφή σηματοδοτούν τον παράγοντα που έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές.)

	<b>ΒΕ</b>	<b>ΑΤ</b>	<b>ΜΤ</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ΛΙΠΑΝΣΗ	3	14127,933	4709,311	8,163	<b>&lt;0,001</b>
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	1	569,531	569,531	0,987	0,33
ΛΙΠΑΝΣΗ Χ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	3	2529,442	843,147	1,461	0,25
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	24	13846,419	576,934		
ΣΥΝΟΛΟ	31	31073,326	1002,365		

Η στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας στο δείγμα που λήφθηκε φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $p<0,001$ ) για τον παράγοντα της λίπανσης. Αντίθετα, ο παράγοντας της απόστασης σποράς δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Πίνακας 34). Η μέγιστη τιμή σημειώθηκε στην επέμβαση του παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης 119,185 kg / στρ.





**Διάγραμμα 29:** Επίδραση του παράγοντα της λίπανσης στις διαφορετικές αποστάσεις σποράς για τη στρεμματική απόδοση του φυτού του δείγματος. Στο διάγραμμα A παρουσιάζονται οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην απόσταση σποράς D1 και στο διάγραμμα B οι διαφορές για την απόσταση σποράς D2. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν. Η ένδειξη “ns” υποδηλώνει την μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων.



Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σχόλια σχετικά με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδωσαν αξιοσημείωτες πληροφορίες ως προς την καλλιέργεια λιναριού και την ανάπτυξή της, με τη χρήση διαφορετικών λιπάνσεων, αλλά και διαφορετικών αποστάσεων φύτευσης.

### **Υψος φυτών**

Τα φυτά λιναριού ξεπέρασαν σε ύψος τα 50 cm και συγκεκριμένα έφτασαν μέχρι και 67,39 cm. Το ύψος των φυτών έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για τον παράγοντα της λίπανσης στις 90, 120, 150 και 180 ΗΑΣ με τη μέγιστη τιμή να σημειώνεται στην επέμβαση της ουρίας. Η αζωτούχος λίπανση φαίνεται ότι επηρέασε το ύψος των φυτών και στην μελέτη του Dordas (2010). Σε αντίστοιχη με τη δική μας μελέτη των Kakabouki et al. (2020) το ύψος των φυτών στην επέμβαση της ουρίας δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά με αυτό της δικής μας καλλιέργειας. Ωστόσο σε αυτή την μελέτη η υψηλότερη τιμή παρουσιάστηκε στην εφαρμογή ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης. Αυτή η διαφορά πιθανόν να οφείλεται στις διαφορετικές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια της δικής μας μελέτης. Στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 31) φαίνεται ότι το ύψος των φυτών παρουσιάζει ισχυρή θετική συσχέτιση με το ξηρό βάρος και τον σχηματισμό κορυφαίων διακλαδώσεων ( $p < 0,001$ ) και θετική συσχέτιση με τον αριθμό των καψών ( $p < 0,01$ ). Επομένως, όσο αυξάνεται το ύψος των φυτών, όπως είναι αναμενόμενο, αυξάνεται και το ξηρό βάρος αλλά και οι κορυφαίες διακλαδώσεις και ο αριθμός καψών.

### **Ξηρό βάρος**

Στο ξηρό βάρος παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στον παράγοντα της λίπανσης αλλά και στον παράγοντα της απόστασης σποράς της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τον παράγοντα της λίπανσης στις 90, 120 και 180 ΗΑΣ με τη μέγιστη τιμή να σημειώνεται στην επέμβαση της ουρίας, ενώ και η αλληλεπίδραση της απόστασης σποράς με τη λίπανση έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, καθώς στις 180 ΗΑΣ στην απόσταση  $D2=40$  cm η επέμβαση της ουρίας παρουσίασε την υψηλότερη τιμή. Το αποτέλεσμα συμφωνεί με την μελέτη των Xie et al. (2014) ωστόσο έρχεται σε αντίθεση με τη μελέτη των Kakabouki et al. (2020) στην οποία βρέθηκε ότι το *Linum usitatissimum* είχε την υψηλότερη τιμή στην εφαρμογή ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ξηρό βάρος των φυτών παρουσιάζει υψηλή θετική συσχέτιση με τον αριθμό καψών αλλά και τον αριθμό κορυφαίων διακλαδώσεων το οποίο είναι λογικό (Πίνακας 31).

### ***Αριθμός κορυφαίων διακλαδώσεων***

Τα αποτελέσματα για τον αριθμό των κορυφαίων διακλαδώσεων έδωσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην τελική μέτρηση στις 180 ΗΑΣ για τον παράγοντα της λίπανσης όπου η εφαρμογή ουρίας φάνηκε να δίνει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με το λίπασμα ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και νιτροποίησης. Τα αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με παρόμοιες μελέτες των El-Fatah (2007) και El-Shimy et al. (2015).

### ***Συγκέντρωση χλωροφύλλης (SPAD)***

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στις 120, 150 και 180 ΗΑΣ για τον παράγοντα της λίπανσης αλλά και της απόστασης σποράς. Συγκεκριμένα στις 120 ΗΑΣ σημειώθηκε η υψηλότερη τιμή της (800,25) στην επέμβαση του λιπάσματος με παρεμποδιστές ουρεάσης και νιτροποίησης για την απόσταση σποράς D2=40 cm. Στη συνέχεια η τιμή αυτή όπως είναι λογικό άρχισε να φθίνει καθώς η καλλιέργεια πορευόταν προς την ωρίμανση. Οι τιμές δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές με αυτές των μελετών Korolyov et al. (2019) και Korolev & Bome (2018).

### ***Αριθμός καψών***

Ως προς τον αριθμό των καψών παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για τον παράγοντα της λίπανσης, με την επέμβαση της ουρίας να παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή σε σχέση με τον μάρτυρα και το λίπασμα με παρεμποδιστή ουρίας και νιτροποίησης. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 31 υπάρχει θετική γραμμική συσχέτιση του αριθμού των καψών, με τις κορυφαίες διακλαδώσεις και με τον αριθμό των σπόρων ανά κάψα. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τις μελέτες των Mohammadi et al. (2010) και El-Fatah (2007).

### ***Αριθμός σπόρων ανά κάψα***

Ο αριθμός των σπόρων ανά κάψα έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για τον παράγοντα της απόστασης σποράς. Πιο συγκεκριμένα, τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε απόσταση 30 cm έδωσαν την υψηλότερη τιμή. Για τον παράγοντα της λίπανσης δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο αριθμός των σπόρων ανά κάψα έδωσε παρόμοιες τιμές με τις μελέτες των Mohammadi et al. (2010) και El-Fatah (2007).

### ***Βάρος χιλίων σπόρων***

Στη μελέτη μας δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά το βάρος χιλίων σπόρων. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την μελέτη των Mohammadi et al. (2010) καθώς και των Kakabouki et al. (2020) στην οποία φαίνεται ότι παρόμοιες εφαρμογές λίπανσης έδωσαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ως προς το βάρος χιλίων σπόρων.

### ***Απόδοση***

Ο παράγοντας της λίπανσης επηρέασε στατιστικά σημαντικά την στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας. Οι αποδόσεις της καλλιέργειας έφτασαν τα 119 kg / στρ. Η υψηλότερη απόδοση ήταν στην εφαρμογή του λιπάσματος ουρίας με διπλούς παρεμποδιστές. Ο μάρτυρας έδωσε τη μικρότερη απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο επεμβάσεις, ενώ η εφαρμογή της ουρίας παρουσίασε σημαντικά μικρότερη απόδοση σε σχέση με το λίπασμα με παρεμποδιστές. Τα αποτελέσματά μας φαίνεται να συμφωνούν με μελέτη των Lafond et al. (2008) καθώς και αντίστοιχη μελέτη των Kakabouki et al. (2020) στην οποία επίσης τα λιπάσματα με παρεμποδιστές έδωσαν την υψηλότερη απόδοση σε σχέση με το λίπασμα ουρίας και την μη εφαρμογή λίπανσης (μάρτυρας).

## **5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Έπειτα από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αλλά και την ανάλυση των αποτελεσμάτων, καταλήγουμε στο συμπέραμα ότι μεταξύ των τριών εφαρμογών λίπανσης, η ουρία έδωσε μεγαλύτερες τιμές σε όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά και ο μάρτυρας είχε γενικά τις χαμηλότερες τιμές. Παρατηρήθηκε ωστόσο ότι το λίπασμα που περιείχε διπλούς παρεμποδιστές έδωσε τη μεγαλύτερη απόδοση σε σύγκριση με τις άλλες επεμβάσεις. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του πειράματος, στην περίπτωση της ουρίας με τους διπλούς παρεμποδιστές, η παροχή αζώτου ήταν συνεχής και βαθμιαία. Αυτό οδήγησε στον συνεχή απορρόφηση αζώτου από τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής τους.



## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενογλώσση

- Akiyama, H., Yan, X., & Yagi, K. (2010).** Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology*, 16(6), 1837-1846.
- Alam, M. P., & Shabnam, S. (2021).** Effect of Pre and Post-Emergence Herbicides on Yield, Economics and Weed Control in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Under Irrigated Medium Land Condition of Jharkhand. *International Journal of Plant & Soil Science*, 33(20), 110-118.
- Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., & Quemada, M. (2016).** Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*, 80, 1-8.
- Alvarez, R., & Steinbach, H. S. (2009).** A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and tillage research*, 104(1), 1-15.
- ARVALIS - Institut du végétal. (2014).** Choisir et décider lin fibre. Paris: ARVALIS -Institut du végétal.
- Ashraf, S. A., Siddiqui, A. J., Abd Elmoneim, O. E., Khan, M. I., Patel, M., Alreshidi, M., ... & Adnan, M. (2021).** Innovations in nanoscience for the sustainable development of food and agriculture with implications on health and environment. *Science of the Total Environment*, 768, 144990.
- Battisti, D. S., & Naylor, R. L. (2009).** Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science*, 323(5911), 240-244.
- Bauer, P. J., Stone, K. C., Foulk, J. A., & Dodd, R. B. (2015).** Irrigation and cultivar effect on flax fiber and seed yield in the Southeast USA. *Industrial Crops and Products*, 67, 7-10.
- Berglund, D. R. (2002).** Flax: new uses and demands. In Trends in new crops and new uses. *Proceedings of the Fifth National Symposium, Atlanta, Georgia, USA, 10-13 November, 2001* (pp. 358-360). ASHS Press.
- Bert, F. (2013).** Lin fibre: Culture et transformation. *Arvalis-Institut du Végétal Paris, Fr*, 614.

- Bilalis, D., Karkanis, A., Pantelia, A., Patsiali, S., Konstantas, A., & Efthimiadou, A. (2012).** Weed populations are affected by tillage systems and fertilization practices in organic flax ('*Linum usitatissimum* L.') crop. *Australian Journal of Crop Science*, 6(1), 157-163.
- Bilalis, D. J., Karkanis, A., Papastylianou, P., Patsiali, S., Athanasopoulou, M., Barla, G., & Kakabouki, I. (2010).** Response of Organic Linseed ('*Linum usitatissimum*'L.) to the Combination of Tillage Systems,(Minimum, Conventional and No-Tillage) and Fertilization Practices: Seed and Oil Yield Production. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9), 700-705.
- Bilalis, D., Roussis, I., Fuentes, F., Kakabouki, I., & Travlos, I. (2017).** Organic agriculture and innovative crops under Mediterranean conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45(2), 323-331.
- Bourmaud, A., Gibaud, M., & Baley, C. (2016).** Impact of the seeding rate on flax stem stability and the mechanical properties of elementary fibres. *Industrial Crops and Products*, 80, 17-25.
- Cahoon, E. B. (2003).** Genetic enhancement of soybean oil for industrial uses: prospects and challenges.
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., & Kronzucker, H. J. (2017).** Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3(6), 1-10.
- Daun, J. K. (1993).** Oilseeds processing chapter D11 in grains and oilseeds, handling, marketing, processing. *Canadian International Grains Institute Winnipeg, Fourth Edition*. 11: 891.
- Dawar, K., Zaman, M., Rowarth, J. S., Blennerhassett, J., & Turnbull, M. H. (2011).** Urease inhibitor reduces N losses and improves plant-bioavailability of urea applied in fine particle and granular forms under field conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 41-50.
- Delgado, J. A. (2002).** Quantifying the loss mechanisms of nitrogen. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6), 389-398.

- De Lorgeril, M., Salen, P., Martin, J. L., Monjaud, I., Delaye, J., & Mamelle, N. (1999).** Mediterranean diet, traditional risk factors, and the rate of cardiovascular complications after myocardial infarction: final report of the Lyon Diet Heart Study. *Circulation*, 99(6), 779-785.
- Dev, D. K., & Quensel, E. (1988).** Preparation and functional properties of linseed protein products containing differing levels of mucilage. *Journal of food science*, 53(6), 1834-1837.
- Dohat, M., Patel, R. A., Patel, V. Y., & Patel, H. K. (2017).** Effect of Irrigation and Nitrogen on Growth and Yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Pure Appl. Microbiol*, 11, 949-951.
- Dutta, H. K., Rao, D. R. M., & Singh, H. (1995).** Response of linseed (*Linum usitatissimum*) to irrigation and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*, 40(1), 130-131.
- Du, G. H., Liu, F. H., & Rowland, G. (2015).** Fiber cell development and fiber yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) affected by the seasonal temperature pattern. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(6), 1215-1220.
- Edwards, H. G. M., Farwell, D. W., & Webster, D. (1997).** FT Raman microscopy of untreated natural plant fibres. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 53(13), 2383-2392.
- El-Fatah, A. (2007).** sCOMPARATIVE STUDY ON SOME FLAX CULTIVARS. *Journal of Plant Production*, 32(9), 7111-7131.
- EL-SHIMY, G. H., ABD AL-SADEK, M. S., & ABD EL-HALEEM, R. A. (2015).** Comparative analysis of yield and anatomical manifestations of six flax genotypes. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 93(1), 67-84.
- Estela, G., Schalamuk, S. V. S., & Sarandón, S. J. (2007).** Effect of different sowing patterns of oil linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop on Brassica sp. as a strategy for sustainable weed management. *Biological Agriculture & Horticulture*, 25(2), 123-131.
- Flax Council of Canada and Saskatchewan Flax Development Commission. (2006).** Growing Flax: Production, Management and Diagnostic guide. Fourth Edition. 56 p.
- Folina, A., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Katsenios, N., Efthimiadou, A., ... & Kakabouki, I. (2021).** Evaluation of various nitrogen indices in N-Fertilizers with inhibitors in field crops: A review. *Agronomy*, 11(3), 418.

- Foster, R., Pooni, H. S., & Mackay, I. J. (1998).** The impact of water deprivation on the performance of *Linum usitatissimum* cultivars. *Journal of Genetics & Breeding (Italy)*.
- Foulk, J. A., Akin, D. E., Dodd, R. B., & McAlister III, D. D. (2002).** Flax fiber: potential for a new crop in the Southeast. *Trends in new crops and new uses*, 361.
- Friesen, G. H. (1986).** Effect of weed interference on yield and quality of flax seed oil. *Canadian journal of plant science*, 66(4), 1037-1040.
- Gill, K. S. (1987).** Linseed. *Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India*, pp. 386.
- Gorshkova, T. A., Sal'nikov, V. V., Chemikosova, S. B., Ageeva, M. V., Pavlencheva, N. V., & van Dam, J. E. (2003).** The snap point: a transition point in *Linum usitatissimum* bast fiber development. *Industrial Crops and Products*, 18(3), 213-221.
- Gorshkova, T. A., Wyatt, S. E., Salnikov, V. V., Gibeaut, D. M., Ibragimov, M. R., Lozovaya, V. V., & Carpita, N. C. (1996).** Cell-wall polysaccharides of developing flax plants. *Plant Physiology*, 110(3), 721-729.
- Goudenhooff, C., Bourmaud, A., & Baley, C. (2019).** Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. *Frontiers in Plant Science*, 10, 411.
- Goulding, K., Jarvis, S., & Whitmore, A. (2008).** Optimizing nutrient management for farm systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 667-680.
- Grant, C. A. (2004).** Potential uses for Agrotain and polymer coated products. *In Proceedings, Direct Seeding: The Key to Sustainable Management. Annual Meeting, Saskatchewan Soil Conservation Association. February* (pp. 11-12).
- Greven, M. M., McKenzie, B. A., Hampton, J. G., Hill, M. J., Sedcole, J. R., & Hill, G. D. (2004).** Factors affecting seed quality in dwarf French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) before harvest maturity. *Seed Science and Technology*, 32(3), 797-811.
- Gusta, L. V., O'Connor, B. J., & Bhatta, R. S. (1997).** Flax (*Linum usitatissimum* L.) responses to chilling and heat stress on flowering and seed yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(1), 97-99.

- Halde, C., & Entz, M. H. (2014).** Flax (*Linum usitatissimum* L.) production system performance under organic rotational no-till and two organic tilled systems in a cool subhumid continental climate. *Soil and Tillage Research*, 143, 145-154.
- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., Nelson W.L. (2005).** Soil Fertility and Fertilizers—An Introduction to Nutrient Management. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Heller, K., Sheng, Q. C., Guan, F., Alexopoulou, E., Hua, L. S., Wu, G. W., ... & Fu, W. Y. (2015).** A comparative study between Europe and China in crop management of two types of flax: linseed and fibre flax. *Industrial Crops and Products*, 68, 24-31.
- Hocking, P. J., Randall, P. J., & Pinkerton, A. (1987).** Mineral nutrition of linseed and fiber flax. *Advances in agronomy*, 41, 221-296.
- Jhala, A. J., & Hall, L. M. (2010).** Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust. J. Basic Appl. Sci*, 4(9), 4304-4312.
- Kakabouki, I. P., Karydogianni, S., Zisi, C., & Folina, A. (2020).** Effect of fertilization with N-inhibitors on root and crop development of flaxseed crop (*Linum usitatissimum* L.). *Agrivita*, 42(3), 411.
- Kakabouki, I., Mavroeidis, A., Tataridas, A., Roussis, I., Katsenios, N., Efthimiadou, A., ... & Bilalis, D. (2021).** Reintroducing Flax (*Linum usitatissimum* L.) to the Mediterranean Basin: The Importance of Nitrogen Fertilization. *Plants*, 10(9), 1758.
- Kakabouki, I., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Roussis, I., Katsenios, N., ... & Papastylianou, P. (2021).** Introduction of alternative crops in the Mediterranean to satisfy EU Green Deal goals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 1-19.
- Kar, G., Kumar, A., & Martha, M. (2007).** Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural water management*, 87(1), 73-82.
- Karg, S. (2011).** New research on the cultural history of the useful plant *Linum usitatissimum* L.(flax), a resource for food and textiles for 8,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20, 507-508.
- Korolev, K. P., & Bome, N. A. (2018).** Use of Morphophysiological Markers in Intraspecific Polymorphism Analysis of Flax *Linum usitatissimum* L. *Agric. Biol*, 53(5), 927-937.

- Korolyov, K., Bome, N., & Weisfeld, L. (2019).** A comparative study of morphophysiological characteristics of flax in controlled and natural environmental conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106(1).
- Kurtenbach, M. E., Johnson, E. N., Gulden, R. H., Duguid, S., Dyck, M. F., & Willenborg, C. J. (2019).** Integrating cultural practices with herbicides augments weed management in flax. *Agronomy Journal*, 111(4), 1904-1912.
- Ladha, J. K., Pathak, H., Krupnik, T. J., Six, J., & van Kessel, C. (2005).** Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in agronomy*, 87, 85-156.
- Lafond, G. P., Irvine, B., Johnston, A. M., May, W. E., McAndrew, D. W., Shirliffe, S. J., & Stevenson, F. C. (2008).** Impact of agronomic factors on seed yield formation and quality in flax. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(3), 485-500.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V. D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., & Witzinger, A. (1991).** A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of applied Biology*, 119(3), 561-601.
- Lefeuvre, A., Bourmaud, A., Morvan, C., & Baley, C. (2014).** Tensile properties of elementary fibres of flax and glass: Analysis of reproducibility and scattering. *Materials Letters*, 130, 289-291.
- Li, Y., Hu, M., Tenuta, M., Ma, Z., Gui, D., Li, X., ... & Gao, X. (2020).** Agronomic evaluation of polymer-coated urea and urease and nitrification inhibitors for cotton production under drip-fertigation in a dry climate. *Scientific Reports*, 10(1), 1472.
- Lucomets, V. M., Bushnev, A. S., & Orekhov, G. I. (2021, March).** Weed control in oil flax sowings. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 650, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid-Slembrouck, I., & Soldati, A. (1998).** Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the international hemp association*, 5(2), 65.
- Minker, E., Bogdanova, S. V., & Penovak, I. (1973).** Linseed mucilage as a water in oil-type emulsifier. *Farmatsiya (Sofya)*, 23, 13.

- Mirshekari, M., Amiri, R., Nezhad, H. I., Noori, S. S., & Zandvakili, O. R. (2012).** Effects of planting date and water deficit on quantitative and qualitative traits of flax seed. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environment Science*, 12(7), 901-913.
- Moerman, D. (2007).** American Indian uses for flax. University of Michigan.
- Mohammadi, A. A., Saeidi, G., & Arzani, A. (2010).** Genetic analysis of some agronomic traits in flax ('*Linum usitatissimum*'L.). *Australian Journal of Crop Science*, 4(5), 343-352.
- Morris, D. H. (2007).** Focus: Flax—A health and nutrition primer. Flax Council of Canada.
- Oomah, B. D., & Mazza, G. (1998).** Fractionation of flaxseed with a batch dehuller. *Industrial Crops and Products*, 9(1), 19-27.
- Papadopoulos, A. N., & Hague, J. R. (2003).** The potential for using flax (*Linum usitatissimum* L.) shiv as a lignocellulosic raw material for particleboard. *Industrial Crops and Products*, 17(2), 143-147.
- Papatheohari, Y., Bilalis, D., Alexopoulou, E., Papastylianou, P., & Avgoulas, C. (2008).** Effect of different rates of inorganic fertilization on some agronomic characteristics with emphasis in roots and yield in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 6(2), 256.
- Paul-Victor, C., Dalle Vacche, S., Sordo, F., Fink, S., Speck, T., Michaud, V., & Speck, O. (2017).** Effect of mechanical damage and wound healing on the viscoelastic properties of stems of flax cultivars (*Linum usitatissimum* L. cv. Eden and cv. Drakkar). *PLoS One*, 12(10), e0185958.
- Prentice, I. C., Cramer, W., Harrison, S. P., Leemans, R., Monserud, R. A., & Solomon, A. M. (1992).** Special paper: a global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of biogeography*, 117-134.
- Quemada, M., Baranski, M., Nobel-de Lange, M. N. J., Vallejo, A., & Cooper, J. M. (2013).** Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield. *Agriculture, ecosystems & environment*, 174, 1-10.
- Racz, G. J., & Soper, R. J. (1967).** Reaction products of orthophosphates in soils containing varying amounts of calcium and magnesium. *Canadian Journal of Soil Science*, 47(3), 223-230.

- Rahimi, M. M., Zarei, M. A., & Arminian, A. (2011).** Selection criteria of flax (*Linum usitatissimum* L.) for seed yield, yield components and biochemical compositions under various planting dates and nitrogen. *African Journal of Agricultural Research*, 6(13), 3167-3175.
- Ridley, A. O., & Tayakepisuthe, S. (1974).** Residual effects of fertilizer phosphorus as measured by crop yields, phosphorus uptake, and soil analysis. *Canadian Journal of Soil Science*, 54(3), 265-272.
- Rowland, G. G., McHughen, A., Gusta, L. V., Bhatti, R. S., MacKenzie, S. L., & Taylor, D. C. (1995).** The application of chemical mutagenesis and biotechnology to the modification of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*, 85, 317-321.
- Sadler, J. M. (1980).** Effects of placement location for phosphorus banded away from the seed on growth and uptake of soil and fertilizer phosphorus by flax. *Canadian Journal of Soil Science*, 60(2), 251-262.
- Sarkar, S., & Sarkar, A. (2017).** Effect of irrigation and mulch on linseed (*Linum usitatissimum*) for improving growth, yield and water extraction pattern. *Indian Journal of Ecology*, 44(4), 851-855.
- Scarth, R., & Tang, J. (2006).** Modification of Brassica oil using conventional and transgenic approaches. *Crop science*, 46(3), 1225-1236.
- Singh, R. B., Singh, H. K., & Parmar, A. (2014).** Yield loss assessment due to *Alternaria* blight and its management in linseed. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 17(4), 511-516.
- Smeder, B., & Liljedahl, S. (1996).** Market oriented identification of important properties in developing flax fibres for technical uses. *Industrial Crops and Products*, 5(2), 149-162.
- Soares, J. R., Cantarella, H., & de Campos Menegale, M. L. (2012).** Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil biology and biochemistry*, 52, 82-89.
- Stavropoulos, P., Mavroeidis, A., Papadopoulos, G., Roussis, I., Bilalis, D., & Kakabouki, I. (2023).** On the path towards a “Greener” EU: A Mini review on Flax (*Linum usitatissimum* L.) as a Case Study. *Plants*, 12(5), 1102.



- Sultana, C. (1983).** The cultivation of fibre flax. *Outlook on agriculture*, 12(3), 104-110.
- Sultana, C. (1992).** “Growing and harvesting of flax,” in *The Biology and Processing of Flax*, eds H. Sharma and C. van sumere (Belfast: M Publications), 83–109.
- Sun, H., Zhang, H., Powlson, D., Min, J., & Shi, W. (2015).** Rice production, nitrous oxide emission and ammonia volatilization as impacted by the nitrification inhibitor 2-chloro-6-(trichloromethyl)-pyridine. *Field Crops Research*, 173, 1-7.
- Tiver, N. S., & Williams, R. F. (1943).** STUDIES OF THE FLAX PLANT 2. THE EFFECT OF ARTIFICIAL DROUGHT ON GROWTH AND OIL PRODUCTION IN A LINSEED VARIETY. *Australian Journal of Experimental Biology & Medical Science*, 21(4).
- Vaisey-Genser, M., & Morris, D. H. (2003).** Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In *Flax* (pp. 13-33). CRC Press.
- Valamoti, S. M. (2011).** Flax in Neolithic and Bronze Age Greece: archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20, 549-560.
- Van Sumere, C. (1992).** Retting of flax with special reference to enzyme-retting. In *The biology and processing of flax* (pp. 153-193). M publications.
- Wang, W., Wang, L., Wang, L., Tan, M., Ogutu, C. O., Yin, Z., ... & Yan, X. (2021).** Transcriptome analysis and molecular mechanism of linseed (*Linum usitatissimum* L.) drought tolerance under repeated drought using single-molecule long-read sequencing. *BMC genomics*, 22, 1-23.
- Wang, X., Zhang, L., Zou, J., & Liu, S. (2015).** Optimizing net greenhouse gas balance of a bioenergy cropping system in southeast China with urease and nitrification inhibitors. *Ecological Engineering*, 83, 191-198.
- Wedler, M., & Kohler, R. (1994).** Non-textile use of flax. In *European Regional Workshop on Flax. 3, Bonn (Germany), 15-17 Jun 1993*.
- Witkowski, S., & Desai, K. (2000).** Medical Attributes of *Linum usitatissimum*-Flaxseed.
- Wróbel, M., Zebrowski, J., & Szopa, J. (2004).** Polyhydroxybutyrate synthesis in transgenic flax. *Journal of Biotechnology*, 107(1), 41-54.

- Xie, Y., Niu, J., Gan, Y., Gao, Y., & Li, A. (2014).** Optimizing phosphorus fertilization promotes dry matter accumulation and P remobilization in oilseed flax. *Crop Science*, 54(4), 1729-1736.
- Xie, Y., Yan, Z., Niu, Z., Coulter, J. A., Niu, J., Zhang, J., ... & Wang, L. (2020).** Yield, oil content, and fatty acid profile of flax (*Linum usitatissimum* L.) as affected by phosphorus rate and seeding rate. *Industrial Crops and Products*, 145, 112087.
- Yan, L., Chouw, N., & Jayaraman, K. (2014).** Flax fibre and its composites—A review. *Composites Part B: Engineering*, 56, 296-317.
- Ye, Q., Zhang, H., Wei, H., Zhang, Y., Wang, B., Xia, K., ... & Xu, K. (2007).** Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. *Frontiers of Agriculture in China*, 1, 30-36.
- Zentner, R. P., Lafond, G. P., Derksen, D. A., Nagy, C. N., Wall, D. D., & May, W. E. (2004).** Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research*, 77(2), 125-136.
- Zisi, X., Karydogianni, S., Kakabouki, I., Stavropoulos, P., Folina, A., & Bilalis, D. (2020).** Effects of nitrogen fertilizers with two different inhibitors (urease and nitrification) on the survival and activity of earthworms (*Octodrilus complanatus*). *Journal of Elementology*, 25(4), 1449-1461.

## **Ελληνική**

**Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου (2013).** Βιομηχανικά φυτά Β' έκδοση

## **Ιστοσελίδες**

<https://www.flaxcouncil.ca/>

<https://www.saskflax.com/growing/diseasecontrol.php>

[https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN\\_Reports/ESDN\\_Report\\_2\\_2020.pdf](https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ



Εικόνα 11: Κατεργασία εδάφους με φρέζα πριν από τη σπορά (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 12: Χάραξη αγρού (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 13: Πειραματικός αγρός (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 14: Άποψη του αγρού στο στάδιο της άνθησης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



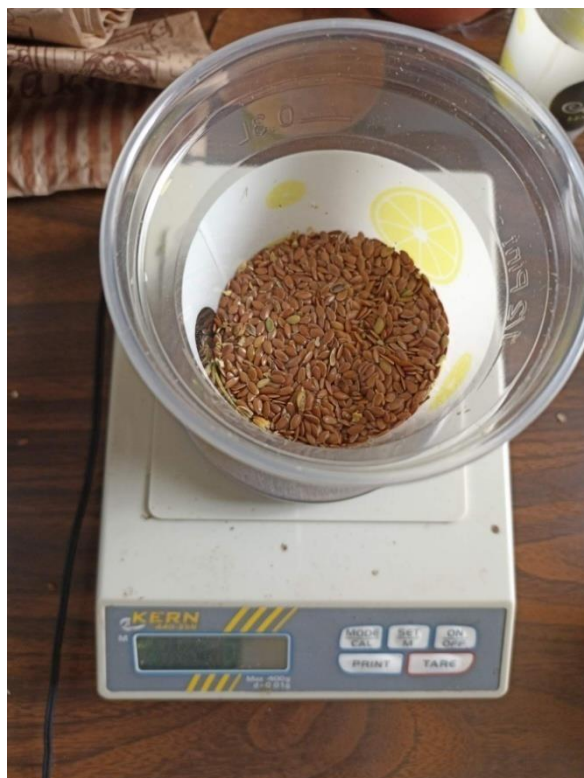
Εικόνα 15: Συσκευή μέτρησης συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 16: Καλλιέργεια στο στάδιο της ωρίμανσης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 17: Κάψες στο στάδιο της ωρίμανσης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 18: Ζυγαριά ακριβείας για τη μέτρηση σπόρων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 19: Πνευματική μηχανή καθαρισμού σπόρων (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)