



**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

Μελέτη ανταγωνισμού του πολυετούς ζιζανίου
Solanum elaeagnifolium Cav. με την καλλιέργεια σόγιας



Βασίλειος Νεκτάριος Ν. Νταούλης

Επιβλέπων καθηγητής:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2023**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μελέτη ανταγωνισμού του πολυετούς ζιζανίου
Solanum elaeagnifolium Cav. με την καλλιέργεια σόγιας

“Competition study of the perennial weed
Solanum elaeagnifolium Cav. with the soybean crop”

Βασίλειος Νεκτάριος Ν. Νταούλης

Εξεταστική επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παναγιώτα Θηρεσία Παπαστυλιανού, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Οικονόμου Γαρυφαλλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Μελέτη ανταγωνισμού του πολυετούς ζιζανίου *Solanum elaeagnifolium* Cav. με την καλλιέργεια σόγιας

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σόγια (*Glycine max* (L.) Merr.) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ψυχανθή. Πρόκειται για ένα φυτό με πληθώρα χρήσεων και ευρεία κατανάλωση. Ο γερμανός (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) αποτελεί ένα από τα πιο εκτατικά ζιζάνια με ιδιαίτερα δύσκολη εξόντωση. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του ανταγωνισμού του πολυετούς ζιζανίου γερμανός με την καλλιέργεια σόγιας. Το πειραματικό μέρος πραγματοποιήθηκε στον αγρό του εργαστηρίου γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν δύο. Ο πρώτος παράγοντας ήταν η ποσότητα άρδευσης, ενώ ο δεύτερος παράγοντας ήταν η παρουσία ή απουσία του ζιζανίου από την καλλιέργεια. Οι μετρήσεις που λήφθηκαν αφορούσαν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά τόσο της σόγιας, όσο και του ζιζανίου. Αναλυτικότερα, μετρήθηκε το νωπό βάρος, το ύψος, ο αριθμός φυματίων στη ρίζα, η φωτοσυνθετική ικανότητα και η απόδοση της καλλιέργειας σόγιας. Παράλληλα, μετρήθηκε η πυκνότητα του ζιζανίου στην καλλιέργεια, καθώς και το νωπό βάρος και το ύψος αυτού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η άρδευση, όσο και η παρουσία του ζιζανίου, επηρέασαν τα αποτελέσματα της μελέτης. Αναλυτικότερα, επηρέασαν την ανάπτυξη του φυτού, καθώς και την απόδοσή του. Η ανάπτυξη του ζιζανίου, επίσης, επηρεάστηκε από την άρδευση. Αυξάνοντας την άρδευση, αυξήθηκαν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά τόσο της σόγιας, όσο και του γερμανού. Η μέγιστη απόδοση σημειώθηκε στην επέμβαση της διπλάσιας ποσότητας άρδευσης, με απουσία του ζιζανίου. Βάσει των παραπάνω, συμπεραίνεται ότι η ύπαρξη του γερμανού αποτελεί μεγάλο πρόβλημα στην καλλιέργεια της σόγιας και γενικότερα στις καλλιέργειες. Ακόμα, η ποσότητα νερού που δέχεται μια καλλιέργεια μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ανάπτυξη και την απόδοσή της.

Επιστημονική περιοχή: Ζιζανιολογία

Λέξεις κλειδιά: ανταγωνισμός, γερμανός (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), σόγια (*Glycine max* (L.) Merr.)

Competition study of the perennial weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. with the soybean crop

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

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the most important legumes. It is a plant with a multitude of uses and wide consumption. Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) is one of the most extensive weeds and is particularly difficult to eradicate. The purpose of this study is to investigate the competition of the perennial weed silverleaf nightshade with soybean cultivation. The experimental part was carried out in the field of the Agricultural Laboratory of the Agricultural University of Athens. The factors studied were two. The first factor was the amount of irrigation, while the second factor was the presence or absence of the weed from the crop. The measurements taken were related to the agronomic characteristics of both soybean and weed. More specifically, fresh weight, height, number of leaflets in the root, photosynthetic capacity and yield of the soybean crop were measured. At the same time, the density of the weed in the crop was measured, as well as its fresh weight and height. The results showed that both irrigation and the presence of the weed affected the results of the study. More specifically, they affected the growth of the plant as well as its yield. The growth of the weed was also affected by irrigation. Increasing irrigation increased the agronomic traits of both soybean and silverleaf nightshade. Maximum yield was obtained in the intervention of twice the amount of irrigation, in the absence of the weed. Based on the above, it is concluded that the existence of the weed is a major problem in soybean cultivation and in crops in general. In addition, the amount of water a crop receives can significantly affect its growth and performance.

Scientific area: Weed

Key words: competition; Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.); Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα μελέτη. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Τραυλό Ηλία για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, τις συμβουλές που μου έδωσε και την βοήθεια που μου παρείχε σε όλη την πειραματική πορεία και συγγραφή της πτυχιακής μου μελέτης.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Παπαστυλιανού Παναγιώτα Θηρεσία και την Καθηγήτρια Οικονόμου Γαρυφαλλιά για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή, καθώς και για τα σχόλια τους και τη συνεργασία μας τα τελευταία χρόνια στο Εργαστήριο Γεωργίας, τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο.

Ευχαριστώ επίσης τον συνάδελφο και διδάκτορα Αλέξανδρο Ταταρίδα, όπως και τους υποψήφιους διδάκτορες Γαζούλη Ιωάννη και Αντωνόπουλο Νικόλαο για την καθοδήγηση που μου προσέφεραν σε όλο το διάστημα της εκτέλεσης του πειράματος αλλά και της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ πολύ

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.

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	13
1.1.1 Γενικά στοιχεία.....	13
1.1.2 Ιστορικά στοιχεία.....	13
1.1.3 Βοτανική ταξινόμηση.....	14
1.1.4 Μορφολογία.....	15
1.1.4.1 Ριζικό σύστημα.....	15
1.1.4.2 Βλαστός.....	16
1.1.4.3 Φύλλο.....	17
1.1.4.4 Ταξιανθία.....	17
1.1.4.5 Καρπός.....	18
1.1.4.6 Σπόρος.....	19
1.1.5 Στάδια ανάπτυξης.....	19
1.1.5.1 Βλαστική φάση.....	20
1.1.5.2 Αναπαραγωγική φάση.....	21
1.1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις.....	26
1.1.7 Παραγωγή.....	26
1.1.8 Χρήσεις.....	27
1.2 <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	27
1.2.1. Γενικά στοιχεία.....	27
1.2.2. Ταξινόμηση.....	27
1.2.3. Ιστορικά στοιχεία και Εξάπλωση.....	28
1.2.4 Μορφολογία.....	30
1.2.4.1 Ριζικό σύστημα.....	30
1.2.4.2 Βλαστός.....	30
1.2.4.3. Φύλλο.....	30
1.2.4.4. Ταξιανθία.....	31
1.2.4.5 Καρπός.....	31
1.2.4.6 Σπόρος.....	31
1.2.5. Βιολογικός κύκλος.....	33
1.3 ΣΚΟΠΟΣ	35
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	35
2.1. Έδαφος.....	35
2.2. Φυτικό υλικό.....	35
2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία.....	36
2.4. Πειραματικό σχέδιο.....	36
2.5. Προσδιορισμοί.....	38
2.6. Στατιστική ανάλυση.....	38
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
3.1 Νωπό βάρος σόγιας	39
3.1.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	39
3.1.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	40
3.1.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	41
3.2 Ύψος σόγιας	42
3.2.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	42
3.2.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	43
3.2.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	44
3.3 Αριθμός φυματίων σόγιας	45
3.3.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	45

3.3.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	46
3.3.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	47
3.4 Φωτοσυνθετική ικανότητα (QY) σόγιας	48
3.4.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	48
3.4.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	49
3.4.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	50
3.5 Νωπό βάρος γερμανού.....	51
3.5.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	51
3.5.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	52
3.5.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	53
3.6. Ύψος γερμανού	54
3.6.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	54
3.6.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	55
3.6.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).....	56
3.7 Συγκομιδή σόγιας	57
3.7.1 Απόδοση σε σπόρο σόγιας	57
3.7.2 Πυκνότητα γερμανού	58
.....	58
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	59
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Συστηματική ταξινόμηση του φυτού της σόγιας (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.).....	14
Πίνακας 1.2: Παρουσίαση των σταδίων ανάπτυξης της βλαστικής φάσης του φυτού της σόγιας.....	20
Πίνακας 1.3: Παρουσίαση των σταδίων ανάπτυξης της αναπαραγωγικής φάσης του φυτού.....	22
Πίνακας 1.4: Παρουσίαση του μέσου χρόνου (ημέρες) και του εύρους που διαρκεί το κάθε αναπτυξιακό στάδιο του φυτού της σόγιας.....	23
Πίνακας 1.5: Συστηματική ταξινόμηση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. (γερμανός).....	28
Πίνακας 1.6: Παρουσίαση της διάρκειας κάθε σταδίου του βιολογικού κύκλου του γερμανού σε κάθε εποχή ενός έτους.....	33
Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά εδάφους του πειραματικού αγρού.....	35
Πίνακας 2.2: Συνθήκες σποράς/καλλιέργειας του φυτού της σόγιας.....	36
Πίνακας 3.1: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.....	39
Πίνακας 3.2: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.....	40
Πίνακας 3.3: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.....	41
Πίνακας 3.4: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.....	42
Πίνακας 3.5: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.....	43
Πίνακας 3.6: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.....	44
Πίνακας 3.7: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.....	45

Πίνακας 3.8: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.....	46
Πίνακας 3.9: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.....	47
Πίνακας 3.10: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.....	48
Πίνακας 3.11: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.....	49
Πίνακας 3.12: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.....	50
Πίνακας 3.13: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 40 ΗΑΣ.....	51
Πίνακας 3.14: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 55 ΗΑΣ.....	52
Πίνακας 3.15: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 70 ΗΑΣ.....	53
Πίνακας 3.16: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 40 ΗΑΣ.....	54
Πίνακας 3.17: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 55 ΗΑΣ.....	55
Πίνακας 3.18: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 70 ΗΑΣ.....	56
Πίνακας 3.19: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στην απόδοση της σόγιας σε σπόρο.....	57
Πίνακας 3.20: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στην πυκνότητα του γερμανού.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Παραγωγή (σε τόνους) και καλλιεργούμενες εκτάσεις (σε εκτάρια) σόγιας στην Ελλάδα από το 1970 έως το 2021.....	14
Εικόνα 1.2: Απεικόνιση των φυματίων στις ρίζες του φυτού.....	15
Εικόνα 1.3: Απεικόνιση του φυτού της σόγιας.....	16
Εικόνα 1.4: Απεικόνιση των φύλλων του φυτού της σόγιας.....	17
Εικόνα 1.5: Απεικόνιση του άνθους του φυτού της σόγιας.....	18
Εικόνα 1.6: Απεικόνιση των λοβών που περιέχουν τους σπόρους του φυτού.....	18
Εικόνα 1.7: Απεικόνιση των σπόρων του φυτού σόγιας.....	19
Εικόνα 1.8: Απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης της βλαστικής φάσης του φυτού της σόγιας (Φύτρωμα-V2).....	24
Εικόνα 1.9: Απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης της αναπαραγωγικής φάσης του φυτού της σόγιας (R1-R8).....	25
Εικόνα 1.10: Απεικόνιση της παγκόσμιας εξάπλωσης του ζιζανίου <i>S. elaeagnifolium</i>	29
Εικόνα 1.11: Απεικόνιση του άνθους, του βλαστού, του καρπού και των φύλλων του γερμανού.....	32
Εικόνα 1.12: Απεικόνιση των σπόρων του γερμανού.....	32
Εικόνα I: Εικόνα του πειραματικού αγρού αμέσως μετά τη σπορά.....	68
Εικόνα II: Εικόνα του πειραματικού αγρού στα πρώτα στάδια ανάπτυξης.....	68
Εικόνα III: Εικόνα του πειραματικού αγρού στα διάφορα στάδια ανάπτυξης.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 3.1: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.....	39
Διάγραμμα 3.2: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.....	40
Διάγραμμα 3.3: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.....	41
Διάγραμμα 3.4: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.....	42
Διάγραμμα 3.5: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.....	43
Διάγραμμα 3.6: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.....	44
Διάγραμμα 3.7: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.....	45
Διάγραμμα 3.8: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.....	46
Διάγραμμα 3.9: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.....	47
Διάγραμμα 3.10: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.....	48
Διάγραμμα 3.11: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.....	49
Διάγραμμα 3.12: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.....	50
Διάγραμμα 3.13: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 40 ΗΑΣ.....	51
Διάγραμμα 3.14: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 55 ΗΑΣ.....	52
Διάγραμμα 3.15: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 70 ΗΑΣ.....	53
Διάγραμμα 3.16: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 40 ΗΑΣ.....	54
Διάγραμμα 3.17: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 55 ΗΑΣ.....	55
Διάγραμμα 3.18: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 70 ΗΑΣ.....	56

Διάγραμμα 3.19: Απεικόνιση των μέσων τιμών της απόδοσης της σόγιας σε σπόρους σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος.....57

Διάγραμμα 3.20: Απεικόνιση των μέσων τιμών της πυκνότητας του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης.....58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

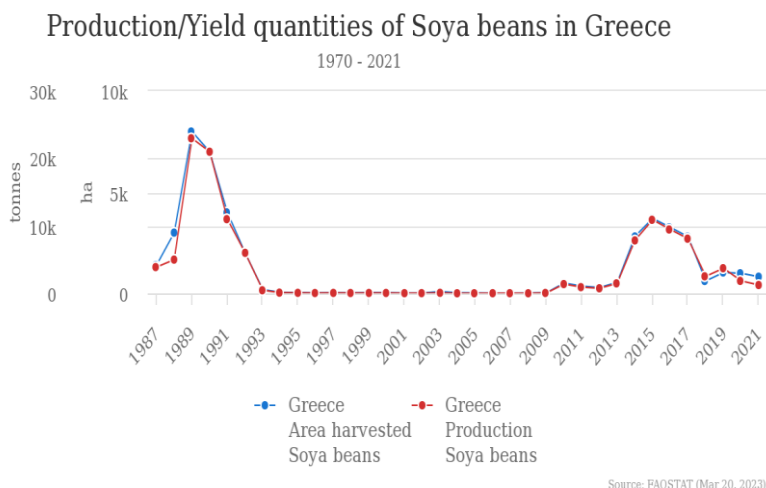
1.1 *Glycine max* (L.) Merr.

1.1.1 Γενικά στοιχεία

Η σόγια (*Glycine max* (L.) Merr.) είναι μονοετές φυτό με καταγωγή από την ανατολική Ασία. Ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών (Fabaceae) και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε καλλιέργειες κατά την περίοδο της αμειψισποράς για τον εμπλουτισμό του εδάφους σε άζωτο. Είναι ιδιαίτερα γνωστή για την υψηλή περιεκτικότητα του φυτού σε πρωτεΐνη και μπορεί να αντικαταστήσει μέρος των ζωικών πρωτεϊνών στη διατροφή.

1.1.2 Ιστορικά στοιχεία

Η σόγια (*Glycine max* (L.) Merr.) πρωτοεμφανίστηκε στην Κίνα περίπου 5.000 χρόνια πριν και η εξημέρωσή της σημειώθηκε στην ίδια περιοχή περίπου το 1500 π.Χ. (Qia & Chang, 2010). Στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α εισήχθη περίπου στα μέσα του 17^{ου} αιώνα (Badole & Bodhankar, 2012). Όσον αφορά τον ελλαδικό χώρο, η καλλιέργειά της ξεκίνησε γύρω στην δεκαετία του 1930. Δυστυχώς, οι διάφορες προσπάθειες καλλιέργειάς της εγκαταλείφθηκαν με γρήγορους ρυθμούς εξαιτίας της έλλειψης τεχνογνωσίας. Παρ' όλα αυτά, λόγω εντατικοποιημένων προσπαθειών για την επίτευξη της παραγωγής της, την δεκαετία του 1990 η καλλιεργούμενη έκταση σόγιας στην Ελλάδα πλησίασε τα 80.000 στρέμματα, από τα οποία στα 25.000 περίπου καλλιεργήθηκε ως επίσπορη. Γενικά, η καλλιέργεια ξεκίνησε ως επίσπορη και έπειτα ως κύρια ανοιξιάτικη και σε μερικές περιπτώσεις αντικατέστησε κάποιες από τις σημαντικότερες ανοιξιάτικες καλλιέργειες, όπως είναι το βαμβάκι και τον αραβόσιτο (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018).



Εικόνα 1.1: Παραγωγή (σε τόνους) και καλλιεργούμενες εκτάσεις (σε εκτάρια) σόγιας στην Ελλάδα από το 1970 έως το 2021. (πηγή: FAOSTAT, 2021)

1.1.3 Βοτανική ταξινόμηση

Η σόγια (*Glycine max* (L.) Merr.) ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και αποτελεί το μόνο από τα 40 είδη που περιλαμβάνει το γένος *Glycine* το οποίο έχει γεωργικό ενδιαφέρον (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018). Το γένος *Glycine* χωρίζεται στα δύο υπογένη *Glycine* και *Soja*. Το δεύτερο περιλαμβάνει το είδος *Glycine max* (καλλιεργούμενο είδος) και το είδος *Glycine soja* (άγρια) (Singh et al., 2006). Ο χρωμοσωμικός αριθμός της σόγιας αλλά και άλλων διπλοειδών φυτών που ανήκουν στο γένος *Glycine* είναι $2n=40$ και θεωρείται ότι σχηματίστηκε λόγω ενός πολυπλοειδούς γεγονότος που συνέβη σε πρόγονο του φυτού μέσα στα τελευταία 15 εκατομμύρια χρόνια (Shoemaker et al., 2006). Συγκεκριμένα μοριακά και γενετικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι το γονιδίωμα της σόγιας προέρχεται από γεγονότα αλλοπολυπλοειδίας (Gill et al., 2009).

Πίνακας 1.1: Συστηματική ταξινόμηση του φυτού της σόγιας (*Glycine max* (L.) Merr.). (πηγή: <https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Soybean.html>)

Ταξινόμηση <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	
Βασίλειο	Plantae
Φύλο	Magnoliophyta
Κλάση	Magnoliopsida
Τάξη	Fabales
Οικογένεια	Fabaceae

Υποοικογένεια	Faboideae
Γένος	Glycine
Είδος	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.

1.1.4 Μορφολογία

1.1.4.1 Ριζικό σύστημα

Η ρίζα του φυτού είναι πασσαλώδης με αρκετές διακλαδώσεις. Ο κύριος όγκος του ριζικού συστήματος βρίσκεται στα ανώτερα 30 cm του εδάφους, ενώ μπορεί να φτάσει σε βάθος και το 1,5 m. Σημαντικό χαρακτηριστικό αποτελούν τα φυμάτια που σχηματίζονται στις ρίζες (Εικόνα 1.2), τα οποία εμφανίζονται 7-10 ημέρες μετά την σπορά. Τα φυμάτια είναι μικρά σφαιρικά ή περιστασιακά λοβωτά. Σχηματίζονται στο επάνω μέρος της πασσαλώδους ρίζας και παρέχουν άζωτο στο φυτό κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του. Τα φυμάτια που βρίσκονται στις πλάγιες ρίζες είναι σημαντικά για το φυτό κατά την άνθηση και τον σχηματισμό των σπόρων (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018).



Εικόνα 1.2: Απεικόνιση των φυματίων στις ρίζες του φυτού.

(πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glycine_max_root_nodules.jpg)

1.1.4.2 Βλαστός

Ο κύριος βλαστός είναι συνήθως χνουδωτός και το χρώμα του ορίζεται από την εκάστοτε ποικιλία (*Εικόνα 1.3*). Είναι κυλινδρικός και έχει ύψος περίπου 75 cm. Έχουν παρατηρηθεί και περιπτώσεις που φτάνει και τα 150 cm. Ο τύπος του βλαστού ελέγχεται από δύο θέσεις γονιδίων. Στις καλλιεργούμενες ποικιλίες σόγιας οι τύποι βλαστών με βάση την ανάπτυξη του φυτού είναι τρεις:

- ❖ περιορισμένη
- ❖ ημι – περιορισμένη
- ❖ συνεχής

Αν και ο κύριος βλαστός της σόγιας διακλαδίζεται από τους κατώτερους κόμβους, οι οποίοι με την πάροδο του χρόνου γίνονται ξυλώδεις, οι νέες ποικιλίες δεν έχουν περισσότερες από έξι πλάγιες διακλαδώσεις (Weiss, 2000). Σε αρκετές περιπτώσεις οι πλάγιοι βλαστοί, λόγω του βάρους των λοβών μπορεί να πλαγιάσουν ή και να σπάσουν με τελικό αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.3: Απεικόνιση του φυτού της σόγιας.

(πηγή: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5609817>)

1.1.4.3 Φύλλο

Τα δύο πρώτα φύλλα της σόγιας (με εξαίρεση τα φύλλα των κοτυληδόνων) είναι απλά και εκφύονται αντίθετα, ενώ όλα τα υπόλοιπα είναι σύνθετα κατ' εναλλαγή και απαρτίζονται από τρία ωσειδή χνουδωτά φυλλάρια (*Εικόνα 1.4*). Ο μίσχος είναι μακρύς, τριχωτός και με χαρακτηριστικές αυλακώσεις στην πάνω του επιφάνεια (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018). Τα δύο ακραία φύλλα εκφύονται από το χαμηλότερο σημείο του μίσχου, ενώ το μεσαίο από την άκρη του μίσχου. Τα φυλλάρια των σύνθετων φύλλων είναι πλατιά, τριχωτά και ωσειδή. Επιπλέον, το μεσαίο νεύρο εξέχει χαρακτηριστικά στην πάνω επιφάνεια. Λίγο πριν την ωρίμανση, τα φύλλα αποκτούν κίτρινο χρώμα, ενώ κατά την ωρίμανση των λοβών αυτά πέφτουν (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.4: Απεικόνιση των φύλλων του φυτού της σόγιας.
(πηγή: <https://temperate.theferns.info/image/Glycine+max>)

1.1.4.4 Ταξιανθία

Η ταξιανθία είναι βότρυς που εκφύεται από τη μασχάλη των φύλλων και περιλαμβάνει μικρά άνθη με μικρό ποδίσκο. Κάθε ταξιανθία μπορεί να φέρει μέχρι και 20 μικρά άνθη χρώματος πορφυρού ή λευκού και όχι ιδιαίτερος εμφανής, καθώς είναι μήκους 6-7 mm (*Εικόνα 1.5*). Στο εσωτερικό του άνθους περιέχεται το ανδρείο με τους στήμονες, καθώς και ο ύπερος με τα καρπόφυλλα. Πρόκειται για αυτογονιμοποιούμενο φυτό, ενώ το 20 – 40 % των ανθέων δίνει λοβούς (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012). Ιδιαίτερο γνώρισμα της σόγιας αποτελεί το γεγονός ότι το 75% περίπου των ανθέων της καταλήγουν στο έδαφος (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018).



Εικόνα 1.5: Απεικόνιση του άνθους του φυτού της σόγιας.
(πηγή: <https://temperate.theferns.info/image/Glycine+max>)

1.1.4.5 Καρπός

Οι καρποί της είναι χνουδωτοί λοβοί μήκους 2-10 cm (*Εικόνα 1.6*) και μέσα τους περικλείονται 1-5 σπόροι. Καλύπτονται με μακριές τρίχες και έχουν σχήμα επίμηκες ή ελαφρώς δρεπανοειδές. Το χρώμα τους ενδέχεται να είναι από κοκκινωπό έως καστανό, πράσινο ή και μαύρο (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018). Ο αριθμός των λοβών επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες και κυμαίνεται από 50 έως και 500 (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1.6: Απεικόνιση των λοβών που περιέχουν τους σπόρους του φυτού.
(πηγή: <https://temperate.theferns.info/image/Glycine+max>)

1.1.4.6 Σπόρος

Ο σπόρος του φυτού της σόγιας παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά το σχήμα και το χρώμα του. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να είναι σφαιρικός, ωοειδής ή νεφροειδής με διάμετρο που δεν ξεπερνάει τα 5-10 mm και χρώματος κίτρινου, πράσινου, καστανού ή μαύρου (Εικόνα 1.7). Το περισπέρμιο του σπόρου είναι λείο και γυαλιστερό με έναν ευδιάκριτο οφθαλμό, του οποίου το χρώμα βασίζεται στην εκάστοτε ποικιλία (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012). Τέλος, το Βάρος Χιλίων Σπόρων (ΒΧΣ) κυμαίνεται μεταξύ 50 και 300 g (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018).



Εικόνα 1.7: Απεικόνιση των σπόρων του φυτού σόγιας.
(πηγή: <https://temperate.theferns.info/image/Glycine+max>)

1.1.5 Στάδια ανάπτυξης

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η σόγια ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών. Πιο συγκεκριμένα, στις ρίζες του φυτού συμβιώνουν βακτήρια του είδους *Bradyrhizobium japonicum* σχηματίζοντας φυμάτια. Σκοπός των συγκεκριμένων βακτηρίων είναι η μετατροπή του ατμοσφαιρικού αζώτου σε μορφή που το φυτό μπορεί να χρησιμοποιήσει προκειμένου να αναπτυχθεί. Σημαντικό πλεονέκτημα που προκύπτει από αυτή τη διαδικασία είναι ότι το φυτό δεν χρειάζεται αζωτούχο λίπανση κατά την καλλιέργειά του (Purcell et al., 2014).

Ακόμα, η σόγια ανήκει στα φυτά μικρής ημέρας. Αυτό σημαίνει ότι η άνθισή της πραγματοποιείται όταν η διάρκεια της φωτοπεριόδου είναι μικρότερη από την κρίσιμη φωτοπερίοδο του φυτού (μετά το θερινό ηλιοστάσιο της 21^{ης} Ιουνίου) (Purcell et al., 2014).

Η σόγια ανήκει στα δικοτυλήδωνα φυτά που σημαίνει πως κατά την ανάπτυξη του φυταρίου από το έδαφος εμφανίζονται δύο κοτυληδόνες, οι οποίες δεσμεύουν ενέργεια από το φως του ηλίου προκειμένου να τροφοδοτήσουν στη συνέχεια την ανάπτυξη του φυτού. Αμέσως μετά, αναπτύσσεται το πρώτο ζεύγος φύλλων τα οποία είναι απλά. Τα φύλλα που αναπτύσσονται έπειτα είναι σύνθετα και αποτελούνται από τρία φυλλάρια (Purcell et al., 2014).

Κατά την ανάπτυξη του φυτού διακρίνονται δύο φάσεις, οι οποίες χωρίζονται σε επιπλέον στάδια. Αυτές είναι η βλαστική φάση (vegetative stages) (V) που ξεκινά από το φύτεμα έως την άνθιση και η αναπαραγωγική φάση (reproductive stages) (R) που περιλαμβάνει την άνθιση και την ωρίμανση.

1.1.5.1 Βλαστική φάση

Τα στάδια ανάπτυξης του φυτού καθορίζονται από την ανάπτυξη των φύλλων, των άνθων, των καρπών και των σπόρων. Πιο συγκεκριμένα, το στάδιο που βρίσκεται το φυτό κατά τη βλαστική φάση υπολογίζεται με βάση τον αριθμό των κόμβων του κύριου βλαστού που περιέχουν πλήρως ανεπτυγμένα σύνθετα φύλλα. Ένα φύλλο θεωρείται πλήρως ανεπτυγμένο όταν τα φύλλα που βρίσκονται στον νεότερο κόμβο (άνωτερο κόμβο) έχουν αναπτυχθεί τόσο ώστε τα φυλλάρια έχουν διαχωριστεί και ξεδιπλωθεί πλήρως (Purcell et al., 2014). Παρακάτω παρουσιάζονται τα στάδια ανάπτυξης της βλαστικής φάσης του φυτού της σόγιας (Πίνακας 1.2), (Εικόνα 1.8).

Πίνακας 1.2: Παρουσίαση των σταδίων ανάπτυξης της βλαστικής φάσης του φυτού της σόγιας (Purcell et al., 2014).

Στάδιο ανάπτυξης	Όνομα	Περιγραφή
VE	Ανάδυση	Εμφάνιση των κοτυληδόνων πάνω από το έδαφος
VC	Κοτυληδόνες	Πλήρως ξεδιπλωμένα τα φύλλα του πρώτου ζεύγους απλών φύλλων
V1	1ος κόμβος	Περιέχει 1 πλήρως ανεπτυγμένο σύνθετο φύλλο

V2	2ος κόμβος	Περιέχει πλήρως ανεπτυγμένα σύνθετα φύλλα
V3	3ος κόμβος	Περιέχει πλήρως ανεπτυγμένα σύνθετα φύλλα
Vn	n κόμβοι	Ο αριθμός των κόμβων που περιέχουν πλήρως ανεπτυγμένα σύνθετα φύλλα

Στις ποικιλίες περιορισμένης ανάπτυξης, η βλαστική ανάπτυξη του κύριου βλαστού έχει ολοκληρωθεί κατά την έναρξη της άνθησης ή λίγο αργότερα, ενώ στις συνεχούς ανάπτυξης η βλαστική ανάπτυξη συνεχίζεται και μετά την άνθηση, δηλαδή παρατηρείται ταυτόχρονα βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού & Τραυλός, 2018).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το φύτρωμα του σπόρου καθορίζεται από την υγρασία που περιέχει και συγκεκριμένα φυτρώνει όταν η περιεκτικότητά του σε νερό είναι ίση περίπου με το 50% του βάρους του. Επίσης, κατά τη φάση VC οι κοτυληδόνες παρέχουν στο φυτό όλα τα θρεπτικά που χρειάζεται για την ανάπτυξή του. Αν σε αυτή τη φάση χάσει μία από τις δύο, η επίπτωση στην ανάπτυξη του φυτού θα είναι ελάχιστη. Κατά τη φάση V2 ξεκινά και η παραγωγή της αξιοποιήσιμης μορφής του αζώτου που χρειάζεται το φυτό από τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια. Τέλος, στο στάδιο V5 οι μασχάλιαίοι οφθαλμοί στο πάνω στέλεχος του φυτού αναπτύσσονται σε ομάδες άνθεων (McWilliams et al., 1999).

1.1.5.2. Αναπαραγωγική φάση

Τα στάδια της αναπαραγωγικής φάσης ξεκινούν από την άνθηση και περιλαμβάνουν την ανάπτυξη των λοβών, των σπόρων και την ωρίμανση του φυτού. Για τον προσδιορισμό του αναπαραγωγικού σταδίου που βρίσκεται το φυτό χρησιμοποιείται ο κύριος βλαστός. Αν αυτός σπάσει ή κοπεί, η αναπαραγωγική ανάπτυξη στο νέο κλάδο μπορεί να καθυστερήσει. Έτσι, για τον προσδιορισμό των σταδίων χρησιμοποιούνται φυτά που έχουν άθικτο τον κύριο βλαστό. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στάδια της αναπαραγωγικής φάσης του φυτού της σόγιας (Πίνακας 1.3), (Εικόνα 1.9).

Πίνακας 1.3: Παρουσίαση των σταδίων ανάπτυξης της αναπαραγωγικής φάσης του φυτού της σόγιας (Purcell et al., 2014).

Στάδιο ανάπτυξης	Όνομα	Περιγραφή
R1	Έναρξη άνθισης	Ένα ανοιχτό άνθος σε οποιοδήποτε κόμβο του κύριου βλαστού
R2	Πλήρης άνθιση	Ένα ανοιχτό άνθος σε έναν από τους δύο ανώτερους κόμβους του κύριου βλαστού
R3	Πρωταρχικός λοβός	Λοβός μήκους 5mm σε έναν από τους 4 ανώτερους κόμβους του κύριου βλαστού
R4	Πλήρης ανάπτυξη λοβών	Λοβοί μήκους 2 cm σε έναν από τους 4 ανώτερους κόμβους του κύριου βλαστού
R5	Πρωταρχικός σπόρος	Σπόρος μήκους 3 mm μέσα στο λοβό ενός από τους 4 ανώτερους κόμβους του κύριου βλαστού
R6	Πλήρης ανάπτυξη σπόρων	Λοβός σε ένα από τους 4 ανώτερους κόμβους του κύριου βλαστού που περιέχει έναν πράσινο σπόρο που καταλαμβάνει όλη τη χωρητικότητα του λοβού
R7	Έναρξη ωρίμανσης	Ένας λοβός σε οποιοδήποτε κόμβο του κύριου βλαστού που αποκτά χρώμα ωρίμανσης (καφέ/καφέ σκούρο)
R8	Ολοκλήρωση ωρίμανσης	Το 95% των λοβών έχει αποκτήσει χρώμα ωρίμανσης

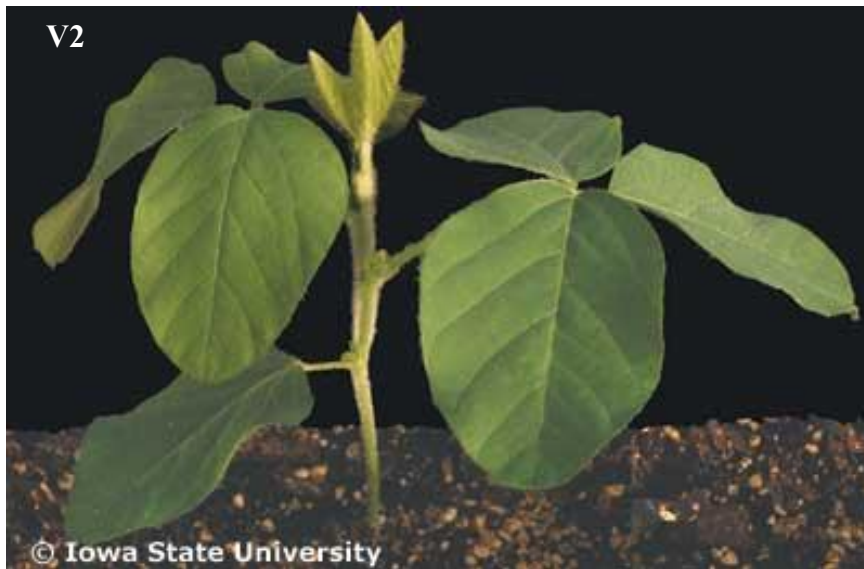
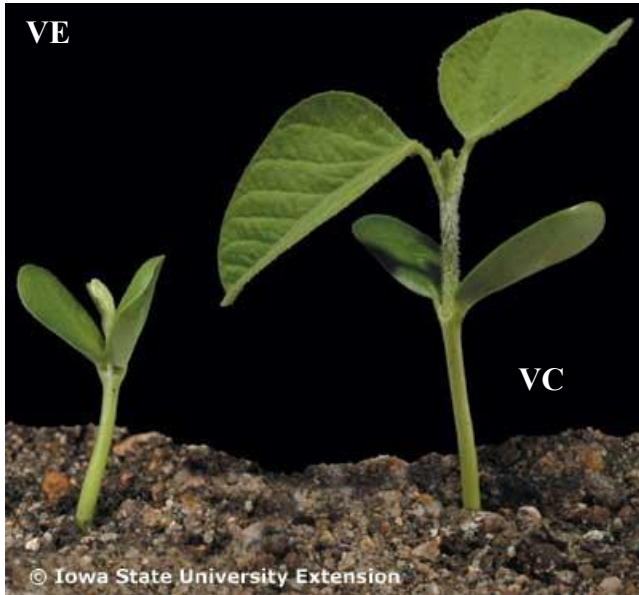
Η έναρξη της άνθησης καθορίζεται από το γενότυπο, επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες (κυρίως από τη φωτοπερίοδο) και γίνεται ορατή 25-50 ημέρες από τη σπορά. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρώτο άνθος της σόγιας εντοπίζεται μεταξύ του τρίτου και έκτου κόμβου. Κατά τη φάση R2 το φυτό έχει συσσωρεύσει περίπου το 25% του ξηρού του βάρους και των θρεπτικών και έχει αποκτήσει περίπου το 50% του ώριμου ύψους του. Επιπλέον, παρατηρείται ταχεία αύξηση του αζώτου (N),

του φωσφόρου (P) και του καλίου (K). Η εμφάνιση νέων άνθων ολοκληρώνεται στη φάση R5. Τα στάδια από τη φάση R4 έως την R6 αποτελούν τα πιο κρίσιμα στάδια, καθώς οποιαδήποτε κατάσταση στρες που μπορεί να βιώσει το φυτό οδηγεί σε μείωση της απόδοσης. Περίπου στη μέση του σταδίου R5 το φυτό φτάνει στο μέγιστο του ύψους, του αριθμού κόμβων και της φυλλικής επιφάνειας. Τέλος, η ανάπτυξη της ρίζας ολοκληρώνεται στο στάδιο R6 και στο στάδιο R7 ξεκινά το κιτρίνισμα και η πτώση των φύλλων (McWilliams et al., 1999).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η διάρκεια του κάθε σταδίου ανάπτυξης του φυτού (Πίνακας 1.4).

Πίνακας 1.4: Παρουσίαση του μέσου χρόνου (ημέρες) και του εύρους που διαρκεί το κάθε αναπτυξιακό στάδιο του φυτού της σόγιας (πηγή: <https://extension.umn.edu/growing-soybean/soybean-growth-stages#days-between-stages-539862>).

Στάδια	Μέσος όρος ημερών	Εύρος
Σπορά έως VE	10	5-15
VE - VC	5	3-10
VC - V1	5	3-10
V1 - V2	5	3-10
V2 - V3	5	3-10
V3 - V4	5	3-8
V4 - V5	5	3-8
Μετά το V5	3	2-5
R1 - R2	3	0-7
R2 - R3	10	5-15
R3 - R4	9	5-15
R4 - R5	9	4-26
R5 - R6	15	11-20
R6 - R7	18	9-30
R7 - R8	9	7-18



Εικόνα 1.8: Απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης της βλαστικής φάσης του φυτού της σόγιας (Φύτρωμα-V2) (πηγή: https://crops.extension.iastate.edu/soybean/production_growthstages.html).



Εικόνα 1.9: Απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης της αναπαραγωγικής φάσης του φυτού της σόγιας (R1-R8) (πηγή: https://crops.extension.iastate.edu/soybean/production_growthstages.html).

1.1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις

Το κλίμα που απαιτείται για την καλλιέργεια της σόγιας είναι το ίδιο με εκείνο του αραβόσιτου. Η θερμοκρασία είναι πολύ βασικός παράγοντας που επηρεάζει όλα τα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με την επίδραση που έχει στο φύτευμα έδειξαν ότι σε θερμοκρασία 16 °C η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε 7 – 10 μέρες. Αντίθετα, σε θερμοκρασία 21 – 32 °C, το φύτευμα πραγματοποιήθηκε μόλις σε 3 – 5 μέρες (Cartter & Hartwig, 1963). Επίσης, το συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης επηρεάζεται από την ποικιλία, το βάθος της σποράς και την ευρωστία του σπόρου (Grabe & Metzger, 1969; Littlejohns & Tanner, 1976). Όσον αφορά την άνθιση και την ωρίμανση του φυτού φαίνεται να επιβραδύνονται σε θερμοκρασίες κάτω των 24 – 25 °C, ενώ θερμοκρασίες άνω των 35 °C δυσχεραίνουν την ανάπτυξη του φυτού (Tanner & Hume, 1978).

Όσον αφορά την επιλογή του εδάφους, η σόγια προτιμά εδάφη με καλή αποστράγγιση. Τα αμμώδη εδάφη έχει δειχθεί να δίνουν χαμηλότερες αποδόσεις. Τα καλύτερα εδάφη για υψηλές αποδόσεις φαίνεται να είναι τα μέσης σύστασης. Επιπλέον, η σόγια φαίνεται να προσαρμόζεται καλά και σε αργιλώδη εδάφη, αφού ξεπεραστούν οι δυσκολίες που παρουσιάζονται στο φύτευμα και στη σπορά. Τέλος, καλύτερο εύρος στην τιμή pH είναι 6 – 6.8, ενώ σε pH μεγαλύτερο από 7.5 είναι πιθανό να δημιουργηθούν προβλήματα διαθεσιμότητας Fe, Mn, Cu και Zn (Tanner & Hume, 1978; Johnson, 1987).

1.1.7 Παραγωγή

Οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Ινδία, η Αργεντινή και η Βραζιλία καλύπτουν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής της καλλιέργειας, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση η καλλιέργεια εντοπίζεται κυρίως σε Ιταλία, Ισπανία και Ελλάδα (FAO, 2021). Το 2017 η παγκόσμια παραγωγή ανήλθε στα 1,23 δις. στρέμματα (παρόμοια με 2016 – 1,22 δις. στρέμματα) με την συνολική παραγωγή να ανέρχεται σε 335 εκ. τόνους (FAOSTAT, 2019), ενώ στην Ελλάδα την ίδια χρονιά η παραγωγή έφτασε τους 3.300 τόνους σε 14.600 καλλιεργούμενα στρέμματα. Η μέση στρεμματική απόδοση υπολογίστηκε περίπου 226 kg/στρέμμα (FAOSTAT, 2019). Σε αρδευόμενες εκτάσεις έχουν σημειωθεί αποδόσεις οι οποίες ξεπερνούν τα 500 kg/στρέμμα (Weiss, 2000).

1.1.8. Χρήσεις

Η σόγια καλλιεργείται κυρίως για τους σπόρους της, οι οποίοι εμφανίζουν πολύ μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (40%). Επιπλέον, περιέχουν πολύ μικρή ποσότητα κορεσμένων λιπαρών οξέων, ενώ αποτελούν εξαιρετική πηγή ακόρεστων λιπαρών οξέων και ινών. Γι' αυτό το λόγο, οι σπόροι της σόγιας χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο στη διατροφή του ανθρώπου (τόφου, γάλα σόγιας, υποκατάστατα κρέατος, πρωτεΐνες σόγιας, λάδι σόγιας, σογιάλευρο) όσο και σε ζωοτροφές (πτηνών, βοοειδών κ.α) (Parle et al., 2013). Επίσης, το φυτό της σόγιας χρησιμοποιείται στη βιομηχανία (παραγωγή πλαστικών, χαρτιού, μελανιών και άλλων χημικών προϊόντων), αλλά και ως βιοκαύσιμο. Τέλος, οι ισοφλαβόνες της σόγιας έχει δειχθεί ότι εμφανίζουν αντιδιαβητική και ανοσορυθμιστική δράση, καθώς επίσης έχει φανεί ότι διατροφή πλούσια σε σόγια μπορεί να μειώσει τα επίπεδα χοληστερίνης, αλλά και να προλάβει διάφορες ασθένειες (θρόμβωση, οστεοπόρωση, καρκίνο σε μαστό, προστάτη ή/και παχύ έντερο) (Parle et al., 2013).

1.2 *Solanum elaeagnifolium* Cav.

1.2.1. Γενικά στοιχεία

Το Στρώχον το ελαιαγνόφυλλον (*Solanum elaeagnifolium* Cavanilles 1975), με κοινή ονομασία γερμανός, αποτελεί ζιζάνιο με καταγωγή από τις ΗΠΑ και το Μεξικό, απ' όπου έχει εισαχθεί σε πολλά μέρη του κόσμου. Αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο ζημιογόνα είδη – εισβολείς παγκοσμίως, καθώς εξαπλώνεται ταχύτατα εκτοπίζοντας τα γηγενή είδη, απειλώντας προστατευόμενες περιοχές. Η καταπολέμησή του είναι εξαιρετικά δύσκολη, με αποτέλεσμα να προκαλείται ανταγωνισμός με τις καλλιέργειες για τα θρεπτικά συστατικά και το νερό (Tataridas et al., 2021; Travlos et al., 2013).

1.2.2. Ταξινόμηση

Το *S. elaeagnifolium* ανήκει στην οικογένεια Solanaceae, η οποία περιλαμβάνει 102 γένη και περίπου 2.280 είδη, πολλά από τα οποία έχουν σημαντική οικονομική σημασία ως φυτά διατροφής και φάρμακα. Τα μέλη της οικογένειας Solanaceae απαντώνται σε ολόκληρο τον κόσμο, αλλά είναι πιο άφθονα και ευρέως διαδεδομένα στις τροπικές περιοχές της Λατινικής Αμερικής, όπου περίπου 40 γένη είναι ενδημικά. Το γένος *Solanum* αποτελεί το πολυπληθέστερο της οικογένειας περιλαμβάνοντας 2.000 είδη με μεγάλη οικονομική και καλλιεργητική σημασία λόγω των καρπών του. Τα πιο

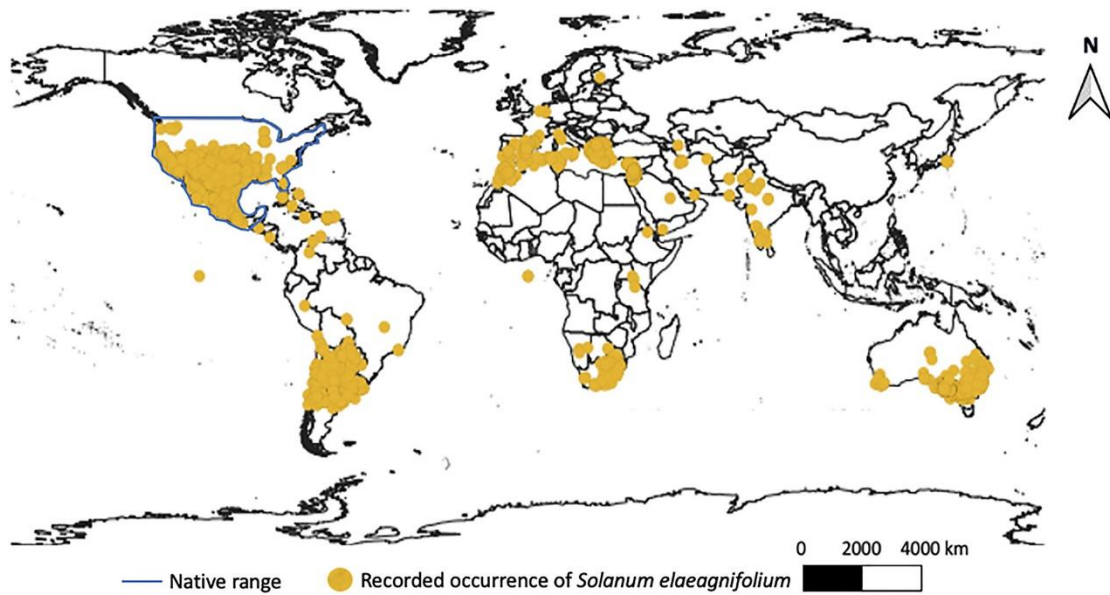
σημαντικά από αυτά είναι η πατάτα (*S. tuberosum*), η μελιτζάνα (*S. melongena*) και η ντομάτα (*S. lycopersicum*). Στο γένος περιλαμβάνονται και ορισμένα είδη με μεγάλη περιεκτικότητα σε αλκαλοειδή, τα οποία καθίστανται δηλητηριώδη για τα ζώα και τον άνθρωπο (Sheppard et al., 2006).

Πίνακας 1.5: Συστηματική ταξινόμηση του *Solanum elaeagnifolium* Cav. (γερμανός) (Sheppard et al., 2006).

Ταξινόμηση <i>S. elaeagnifolium</i> Cav.	
Βασίλειο	Plantae
Συνομοταξία	Magnoliophyta
Ομοταξία	Liliopsida
Τάξη	Solanales
Οικογένεια	Solanaceae
Γένος	<i>Solanum</i>
Είδος	<i>S. elaeagnifolium</i> Cav.

1.2.3. Ιστορικά στοιχεία και Εξάπλωση

Το ζιζάνιο *S. elaeagnifolium* προέρχεται από το νοτιοανατολικό Μεξικό και από βορειοδυτικές πολιτείες των ΗΠΑ (Robinson et al., 1978). Έχει αναφερθεί ότι αναπτύσσεται σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των εύκρατων και υποτροπικών ερήμων και περιοχών με ξηρούς χειμώνες και υγρά καλοκαίρια. Συνήθως, η κατανομή και η ανάπτυξη του ζιζανίου σχετίζεται με περιοχές όπου: 1) η ετήσια βροχόπτωση είναι μεταξύ 250 και 600 mm, 2) έχουν άμεσο ηλιακό φως, 3) περιοχές με υψηλή κατεργασία εδάφους και 4) υψηλές ημερήσιες θερμοκρασίες (20°C - 34°C). Κατ' επέκταση, έχει παρατηρηθεί να αναπτύσσεται σε μεγάλο εύρος περιοχών που περιλαμβάνουν καλλιεργούμενες περιοχές, κατεργασμένα εδάφη, φυσικά λιβάδια, οπωρώνες, όχθες ποταμών και άκρες δρόμων. Επιπλέον, φαίνεται ότι τα φυτά του είδους είναι σχετικά ανθεκτικά στην ξηρασία, λόγω του βαθύ ριζικού συστήματος που διαθέτουν και μπορούν να επιβιώσουν σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών από άμμο μέχρι πηλό (Roberts & Florentine., 2022).



Εικόνα 1.10: Απεικόνιση της παγκόσμιας εξάπλωσης του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* (Roberts & Florentine, 2022).

Η εξάπλωση του ζιζανίου περιλαμβάνει πάνω από 40 χώρες συνολικά σε Αμερική, Αφρική, Ασία, καθώς και στη Λεκάνη της Μεσογείου και σήμερα θεωρείται ένα από τα είδη – εισβολείς με τη μεγαλύτερη εξάπλωση, με σημαντικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Εικόνα 1.10). Πιο συγκεκριμένα, στην Κούβα και σε διάφορες περιοχές της Βόρειας Αμερικής όπως: Καλιφόρνια, Φλόριντα, Μίσιγκαν, Μισούρι, Οκλαχόμα και Τέξας, το ζιζάνιο έχει καταγραφεί ως είδος – εισβολέας, απειλώντας σημαντικά το περιβάλλον. Θεωρείται ότι εισήχθη στην Καλιφόρνια το 1890 μέσω της στρωμνής βοοειδών που μεταφέρονταν σε τρένα (Goeden, 1971). Επιπλέον, εντοπίζεται σε διάφορες χώρες της Αφρικής όπως: Αλγερία, Αίγυπτο, Λεσότο, Τυνησία, Μαρόκο, Νότια Αφρική και Ζιμπάμπουε και πιστεύεται ότι εισήχθη τυχαία το 1905 ως μόλυσμα σε σπόρους και σε ζωοτροφές (Wassermann et al., 1988). Παρόμοια εισβολή είχε και στην Αυστραλία, όπου εισήχθη τυχαία το 1901 ως μόλυσμα σε σανό (Hear et al., 1997). Άλλες περιοχές στις οποίες κατατάσσεται ως είδος - εισβολέας είναι η Ασία (Ινδία, Ισραήλ, Ιορδανία), η Ευρώπη (Ελλάδα, Ιταλία, Βόρεια Μακεδονία, Ισπανία) και η νότια Αμερική (Αργεντινή, Βραζιλία, Παραγουάη, Ουρουγουάη). Έρευνες έχουν δείξει ότι η εισβολή και η εξάπλωση του σε Αργεντινή, Χιλή, Ελλάδα, Μαρόκο και νότια Αφρική συνέβη από μολυσμένους σπόρους που προέρχονταν από τις ΗΠΑ (Eleftherohorinos et al., 1993; Parsons & Cuthbertson, 1992).

1.2.4 Μορφολογία

Το *S. elaeagnifolium* είναι πολύσπερμο, με ύψος έως 1 m. Το υπέργειο τμήμα του φυτού νεκρώνεται, συνήθως, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και διαθέτει εκτεταμένο σύστημα ριζών που εξαπλώνεται σε βάθος πάνω από 2 m.

1.2.4.1 Ριζικό σύστημα

Το *S. elaeagnifolium* διαθέτει εκτεταμένο σύστημα ριζών που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 2 m. Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από την κύρια ρίζα, η οποία αποτελεί και την κύρια αποθήκη του φυτού σε θρεπτικά και από δευτερογενείς ρίζες που εκφύονται από την κύρια. Όλα τα κομμάτια των ριζών μπορούν να αναπτύξουν βλαστητικούς οφθαλμούς. Εξαιρετικά ενδιαφέρουσα είναι η ικανότητα ανάπτυξης νέων βλαστών από τμήματα ριζών που βρίσκονται σε λήθαργο έως και 18 μήνες (Sayari & Mekki, 2021).

1.2.4.2 Βλαστός

Οι βλαστοί των φυτών του συγκεκριμένου ζιζανίου φέρουν μικρά πορτοκαλί λεπτά αγκάθια μήκους 0,2 – 0,5 cm (Mekki, 2007; Utah, 2007) (Εικόνα 1.11). Η ανάπτυξη του βλαστού είναι διπλή. Πιο συγκεκριμένα, κατά την φάση βλαστικής ανάπτυξης αρχικά είναι μονοποδική, όμως με την έναρξη της άνθισης γίνεται συμποδική. Η συμποδική ανάπτυξη χαρακτηρίζει φυτά της οικογένειας Solonaceae δίνοντας μια τυπική εμφάνιση «ζιγκ-ζαγκ» (Child & Lester 1991; Knapp 2002).

1.2.4.3. Φύλλο

Τα φύλλα του ζιζανίου είναι επιμήκη, έμμισχα, απλά με λεία ή λοβωτά περιθώρια (Εικόνα 1.11). Το μέγεθος των φύλλων ποικίλει μεταξύ 2.5 - 16 cm σε μήκος και 1 - 4 cm σε πλάτος (Brunel, 2011). Τα φύλλα που εντοπίζονται σε προ-αναπαραγωγικούς βλαστούς, συνήθως είναι πιο λοβοειδή σε σχέση με τα φύλλα των αναπαραγόμενων βλαστών (Vorontsova & Knapp, 2016). Σε περιόδους με υψηλή υγρασία ή σε φυτά που βρίσκονται σε περιοχές με υψηλή υγρασία, έχουν παρατηρηθεί μεγαλύτερα φύλλα από εκείνα που προέρχονται από περιοχές με ξηρασία ή σε φυτά που συλλέχθηκαν σε περίοδο ξηρασίας (Knapp et al, 2017). Επιπλέον, τα φύλλα του φυτού φέρουν τρίχες, οι οποίες δημιουργούν ένα πυκνό πλέγμα στην κάτω επιφάνεια του φυτού και ένα λιγότερο πυκνό πλέγμα στην άνω. Οι τρίχες είναι αστεροειδείς (stellate hair) με 8 - 16

ακτίνες και βρίσκονται στα φύλλα και στους βλαστούς. Στην πάνω επιφάνεια, οι τρίχες διατρυπών το μεσόφυλλο, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αποκόλλησή τους (Christodoulakis et al., 2009).

1.2.4.4. Ταξιανθία

Η στεφάνη του άνθους έχει διάμετρο 2.5 - 3.5 cm (Knapp et al., 2019). Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, δεν φέρουν νέκταρ και είναι στραμμένα προς τα κάτω (Εικόνα 1.11). Αποτελούνται από 5 πέταλα, τα οποία είναι ενωμένα και σχηματίζουν αστέρι. Το χρώμα είναι συνήθως μωβ και στο κέντρο συμφύονται 5 στήμονες με εμφανείς κίτρινους ανθήρες. Στο *Solanum* η ταξιανθία επεκτείνεται από την κορυφή με κάθε ακραίο μερίστωμα να παράγει πολλαπλά άνθη (Knapp et al, 2017).

1.2.4.5 Καρπός

Ο καρπός του *S. elaeagnifolium* είναι μια γυαλιστερή πράσινη, αρχικά, ράγα που με την ωρίμανση του καρπού και του σπόρου γίνεται κίτρινη (Εικόνα 1.11). Ο σχηματισμός του πραγματοποιείται στον κάλυκα των άνθεων και έχει διάμετρο 1.0 – 1.5 cm (Mekki, 2007). Οι καρποί παραμένουν στο φυτό για μήνες και τελικά πέφτουν ως μονάδες. Οι σπόροι που βρίσκονται στο εσωτερικό, συχνά, συντήκονται μεταξύ τους με μια κολλώδη ουσία που μοιάζει με κόλλα (Knapp et al, 2017). Επιπλέον, οι καρποί του ζιζανίου περιέχουν σολανίνη, η οποία είναι τοξική και μπορεί να προκαλέσει δηλητηριάσεις σε ζώα. Η σολανίνη αποτελεί αμυντικό μηχανισμό του φυτού. Η απόδοση σε καρπούς έχει βρεθεί να έχει θετική συσχέτιση με τον αριθμό των πλευρικών βλαστών (branches) ανά φυτό και τον αριθμό των σπόρων ανά καρπό (Khanna & Singh, 1987).

1.2.4.6 Σπόρος

Το μέγεθος του σπόρου ποικίλλει από 2.5 έως 4.0 mm. Οι σπόροι εμπεριέχονται εντός του καρπού και περιβάλλονται από μία κολλώδη ουσία (Mekki, 2007) (Εικόνα 1.12). Το χρώμα τους είναι ανοιχτό καφέ (Chiarini & Barboza 2007). Το έλαιο των σπόρων του φυτού είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα, με το λινολεϊκό οξύ C_{18:2} να είναι το επικρατέστερο με 67.59% περιεκτικότητα και το ολεϊκό οξύ C_{18:1} να βρίσκεται σε περιεκτικότητα 16.7% (Meki et al., 2013). Τα επίπεδα της σολανίνης έχει βρεθεί να

έχουν αρνητική συσχέτιση με τον αριθμό των καρπών ανά φυτό, τον αριθμό των πλευρικών βλαστών ανά φυτό και τον αριθμό των σπόρων ανά καρπό (Khanna & Singh, 1987).



Εικόνα 1.11: Απεικόνιση του άνθους (1), του βλαστού (2), του καρπού (3) και των φύλλων (4) του γερμανού (πηγή: <http://www.misin.msu.edu/facts/detail/?project=misin&id=404&cname=Silverleaf+nightshade>).



Εικόνα 1.12: Απεικόνιση των σπόρων του γερμανού (πηγή: <https://portal.wiktrop.org/species/show/753>).

1.2.5. Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του *S. elaeagnifolium* ξεκινά με την ανάπτυξη και το φύτευμα των σπόρων του στις αρχές της άνοιξης και το καλοκαίρι. Επιπλέον, μπορεί να παρατηρηθεί ανάπτυξη του φυτού μέσω: i) οφθαλμών που βρίσκονται πάνω από το έδαφος και παράγουν νέους βλαστούς (χαμαίφυτα), ii) άνθη στην επιφάνεια του εδάφους (ημικρυπτόφυτα) και iii) ανάπτυξη από νέους βλαστούς (γεώφυτα) ή θραύσματα ρίζας. Ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί περίπου 6 με 8 μήνες, ενώ κατά το τέλος του φθινοπώρου και το χειμώνα πέφτει σε λήθαργο προκειμένου να επιβιώσει. Η άνθιση και η καρποφορία πραγματοποιείται μεταξύ άνοιξης και καλοκαιριού, ενώ κάποιες φορές παρατείνεται και το φθινόπωρο (Roberts & Florentine, 2022).

Πίνακας 1.6: Παρουσίαση της διάρκειας κάθε σταδίου του βιολογικού κύκλου του γερμανού σε κάθε εποχή ενός έτους (Roberts & Florentine, 2022).

Στάδιο ανάπτυξης	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
Φύτευμα				
Βλαστητική ανάπτυξη				
Άνθιση				
Καρποφορία				
Λήθαργος				

Η επιτυχής εισβολή του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* εντοπίζεται στην ικανότητα του φυτού να αναπαράγεται μέσω των σπόρων του, αλλά και αγενώς από τμήματα της ρίζας του. Οι σπόροι αναπτύσσονται μέσα στους καρπούς του φυτού σε περίπου 4 - 8 εβδομάδες και κατά την πλήρη ωρίμανση τους γίνονται τοξικοί για τα βοοειδή, τα άλογα και τα πρόβατα και μπορούν να καταναλώνονται μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες (Moore et al., 1975; Wassermann et al., 1988). Κάθε φυτό σε ένα βιολογικό κύκλο μπορεί να παράγει μέχρι 200 καρπούς, που ο καθένας περιέχει από 24 μέχρι 150 σπόρους (Boyd & Murray, 1982; Cuthbertson et al., 1976; Stanton et al., 2012; Utah, 2007). Οι σπόροι αυτοί έχει παρατηρηθεί ότι διαφέρουν ως προς το χρώμα, το σχήμα και το μέγεθος μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών (π.χ. γεωργικά χωράφια, αυτοφυή λιβάδια και αστικές περιοχές), το οποίο μπορεί να είναι αποτέλεσμα διαφορετικών περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως: το φως, η διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών και το νερό, που μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξή τους (Turner et al., 2021). Οι καρποί, επίσης, συμβάλλουν στη διασπορά του σπόρου σε μεγάλες αποστάσεις, καθώς μπορούν να εξαπλωθούν μέσω των ζώων, των ανθρώπινων ενεργειών, του νερού και

του ανέμου (Boyd & Murray, 1982; Cuthbertson et al., 1976). Αυτό συμβάλλει στην ευρεία εξάπλωση του είδους και καθιστά δύσκολο τον περιορισμό των εισβολικών πληθυσμών.

Το φύτευμα του σπόρου μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε φωτεινές όσο και σε σκοτεινές συνθήκες (Stanton et al., 2009), αν και η διαδικασία απαιτεί ημερήσιες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, το οποίο έχει παρατηρηθεί ευρέως σε πολλά είδη του γένους *Solanum* (Boyd & Murray, 1982; Stanton et al., 2012). Επιπλέον, πριν το φύτευμα, οι σπόροι απαιτούν άρση του ληθάργου στον οποίο βρίσκονται, μέσω εναλλαγής των ημερήσιων θερμοκρασιών, χημικής εκκαθάρισης ή παρατεταμένης εμφάνισης στο νερό (Rutherford, 1978; Stanton et al., 2012; Turner et al., 2021). Σε μία *ex situ* μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Τέξας, παρατηρήθηκε ότι το φύτευμα του σπόρου μειώνεται όταν επεξεργάζεται με ανθρακικό οξύ ή αλάτι (Turner et al., 2021). Βάσει αυτού, συμπεραίνεται ότι για το φύτευμα του σπόρου απαιτούνται περιοχές ή χρονικές περίοδοι με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Τέλος, μελέτες έχουν δείξει ότι οι σπόροι είναι ανθεκτικοί και μπορούν να φυτρώσουν και μετά από 10 χρόνια στο έδαφος και συχνά απαιτούν μεγαλύτερους χρόνους απορρόφησης, σε σχέση με τις οικόσιτες καλλιέργειες, με αποτέλεσμα να απαιτείται μακροπρόθεσμη διαχείριση των εδαφών αυτών (Brunel, 2011; Stanton et al., 2012; Turner et al., 2021).

1.3 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του ανταγωνισμού του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* με την καλλιέργεια σόγιας σε δύο διαφορετικές συνθήκες που αφορούν την άρδευση. Συγκεκριμένα, η μελέτη πραγματοποιείται σε συνθήκες υψηλής άρδευσης και συνθήκες χαμηλής άρδευσης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Έδαφος

Η καλλιέργεια της σόγιας πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2023 στον αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, όπου υπήρχε μεγάλη πυκνότητα του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* και ομοιόμορφη κατανομή. Το έδαφος ήταν αμμώδες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Για το χαρακτηρισμό του εδάφους πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ένα μήνα πριν τη σπορά. Το δείγμα εδάφους συλλέχθηκε από οκτώ διαφορετικά τυχαία σημεία του αγρού από βάθος 0 – 30 cm.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά εδάφους του πειραματικού αγρού.

Παράμετρος	Τιμή
Κοκκομετρική σύσταση	Ιλύς: 24,1 % Άμμος: 49,8 % Άργιλος: 26,1 %
Φώσφορος (P)	71 mg/Kg
Κάλιο (K)	580 mg/Kg
Άζωτο Kjeldahl	2070 mg/Kg
Ολικό Ανθρακικό Ασβέστιο	32 %
pH	7,6
Αγωγιμότητα	590 μS/cm
Οργανική ουσία	3,6 %

2.2. Φυτικό υλικό

Οι σπόροι σόγιας που επιλέχθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν της εμπορικής ποικιλίας P21T45 της εταιρείας Pioneer Hi-Bred Italia Sementi S.R.L. Σε κάθε σακί εμπεριέχονταν 5.960 σπόροι ανά κιλό και ήταν επενδυμένοι με HICOAT SUPER (*Bradyrhizobium japonicum*). Η παρούσα ποικιλία εμφανίζει κάποια

χαρακτηριστικά. Αναλυτικότερα, τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά είναι η έντονη και ζωνρή πρώτη ανάπτυξη, η αντοχή στο πλάγιασμα, η ταχεία ωρίμανση. Ακόμα, παρουσιάζει φυσική αποφύλλωση. Επιπλέον, η συγκεκριμένη ποικιλία είναι ανθεκτική σε μυκητολογικές ασθένειες και είναι ιδανική για διάφορες τεχνικές σποράς. Η αποθήκευση των σπόρων πραγματοποιήθηκε στους 4 °C και σε 40% υγρασία.

2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.2) παρουσιάζονται οι συνθήκες της σποράς. Πριν την σπορά, οι σπόροι εμβαπτίστηκαν σε απεσταγμένο νερό για 12 h σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου (25 °C) προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφο φύτρωμα. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 26 Μαΐου 2023.

Πίνακας 2.2: Συνθήκες σποράς/καλλιέργειας του φυτού της σόγιας.

Συνθήκες	Τιμή
Απόσταση επί της γραμμής	4 - 5 cm
Απόσταση γραμμών	25 cm
Βάθος	3 – 4 cm
Εφαρμογή μυκητοκτόνων	Όχι
Εφαρμογή εντομοκτόνων	Όχι
Εφαρμογή λιπασμάτων	Όχι

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν 2 έλεγχοι για την παρουσία ζιζανίων, στις 6 και 14 ημέρες από τη σπορά. Για την αντιμετώπισή τους έγινε βοτάνισμα και σκάλισμα μεταξύ των γραμμών. Τα ζιζάνια που απομακρύνθηκαν ήταν τα εξής: φυτάρια κριθαριού (φυτό εθελοντής - volunteer crop), τα ανοιξιότακα ζιζάνια *Amaranthus retroflexus* L. (τραχύ βλήτο), *Datura stramonium* L. (τάτουλας) και το πολυετές ζιζάνιο *Cyperus rotundus* L. (πορφυρή κύπερη). Στα πειραματικά τεμάχια που λειτούργησαν ως μάρτυρες του πειράματος απομακρύνθηκαν όλα τα φυτά του ζιζανίου *S. elaeagnifolium*.

2.4. Πειραματικό σχέδιο

Η καλλιέργεια πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2023 και για το πειραματικό σχέδιο ακολουθήθηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) - split plot design, όπου εξετάστηκαν οι εξής παράγοντες για την ανάπτυξη της σόγιας: συνθήκες χαμηλής άρδευσης, συνθήκες υψηλής άρδευσης, παρουσία του ζιζανίου *S.*

elaeagnifolium και απουσία του ζιζανίου *S. elaeagnifolium*. Για κάθε παράγοντα, πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις (πειραματικά τεμάχια). Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 13,5 m² (6 x 2,25) και περιείχε 9 σπαρμένες γραμμές σόγιας, σε απόσταση 25 cm η μία από την άλλη. Για τη σπορά της σόγιας χρησιμοποιήθηκαν περίπου 95.000 σπόροι, προκειμένου να επιτευχθεί βελτίωση της ανταγωνιστικής ικανότητας της καλλιέργειας μέσω υπέρπυκνης σποράς. Η διαφοροποίηση των συνθηκών άρδευσης πραγματοποιήθηκε μέσω στάγδην άρδευσης (drip irrigation system). Η μισή έκταση, που βρισκόταν σε συνθήκες χαμηλής άρδευσης, έλαβε ακριβώς 153 mm³ νερού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ η υπόλοιπη, που βρισκόταν σε συνθήκες υψηλής άρδευσης, έλαβε 306 mm³ νερού (τη διπλάσια ποσότητα). Για το δεύτερο παράγοντα που αφορούσε το ζιζάνιο κατασκευάστηκαν 8 πειραματικά τεμάχια στα οποία παρέμεινε το ζιζάνιο (weedy) και 8 πειραματικά τεμάχια με αφαίρεση του ζιζανίου (weed – free/μάρτυρας) (4 πειραματικά τεμάχια σε κάθε μία από τις συνθήκες που διαμορφώθηκαν για τον πρώτο παράγοντα).

Για την άρδευση της έκτασης χρησιμοποιήθηκαν 32 σταλακτηφόροι σωλήνες Φ16 (διαμέτρου 16”) μήκους 13 m, οι οποίοι συνδέθηκαν με κεντρική σωλήνα Φ32 με βάνα για διακοπή νερού στη μία πλευρά του αγρού. Η παροχή του νερού ήταν 4 l/h και η απόσταση των σταλαχτών ήταν 33 cm. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο τοποθετήθηκαν 4 σωλήνες με απόσταση 50 cm ο κάθε ένας. Η άρδευση πραγματοποιήθηκε με χρήση κανονιού και το σύνολο των αρδεύσεων κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ήταν 17.

2.5. Προσδιορισμοί

Για τη μέτρηση των υπό μελέτη χαρακτηριστικών, κόπηκαν φυτά από κάθε αγροτεμάχιο στο ύψος του λαιμού και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Στη συνέχεια ακόμα μετρήθηκε το ύψος και το νωπό βάρος. Ακόμα, μετρήθηκε η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών της σόγιας. Επίσης, μετρήθηκε η απόδοση του φυτού, καθώς και ο αριθμός των φυματίων που βρίσκονται στη ρίζα. Όσον αφορά στο ζιζάνιο, μετρήθηκε η πυκνότητα του εντός καλλιέργειας, καθώς και το ύψος του και το νωπό του βάρος.

2.6. Στατιστική ανάλυση

Η μελέτη της κανονικής κατανομής των τιμών έγινε με τη χρήση του τεστ Shapiro-Wilk. Για τη σύγκριση των μέσων τιμών πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) και για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

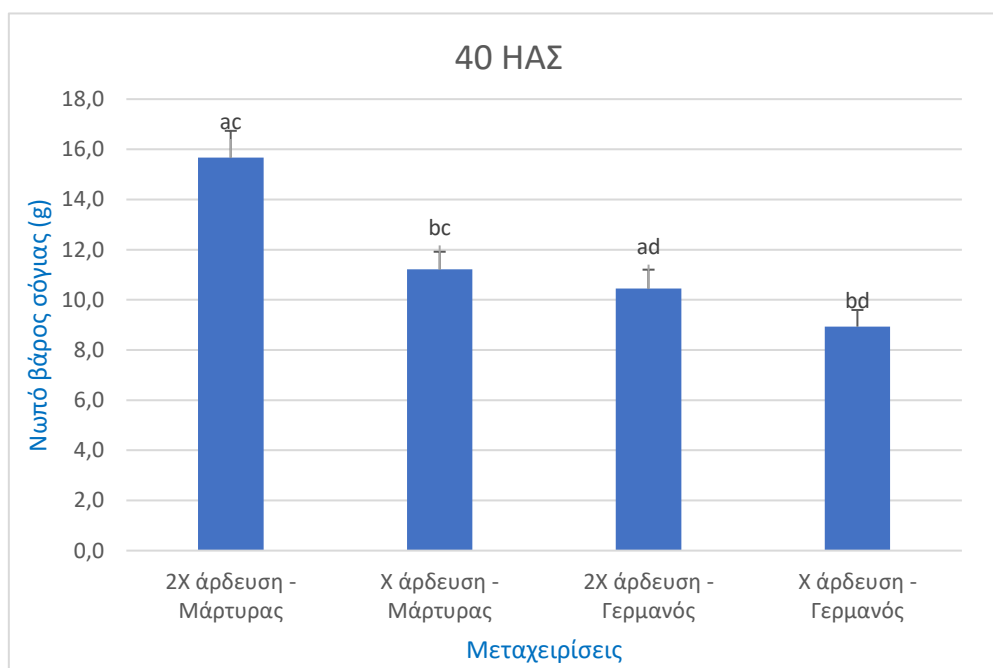
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Νωπό βάρος σόγιας

3.1.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.1: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.

	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Άρδευση	1	178,115	178,115	13,423	<0,001
Καλλιέργεια	1	281,288	281,288	21,198	<0,001
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	43,203	43,203	3,256	0,075
Υπόλοιπο	76	1008,476	13,269		
Σύνολο	79	1511,082	19,128		



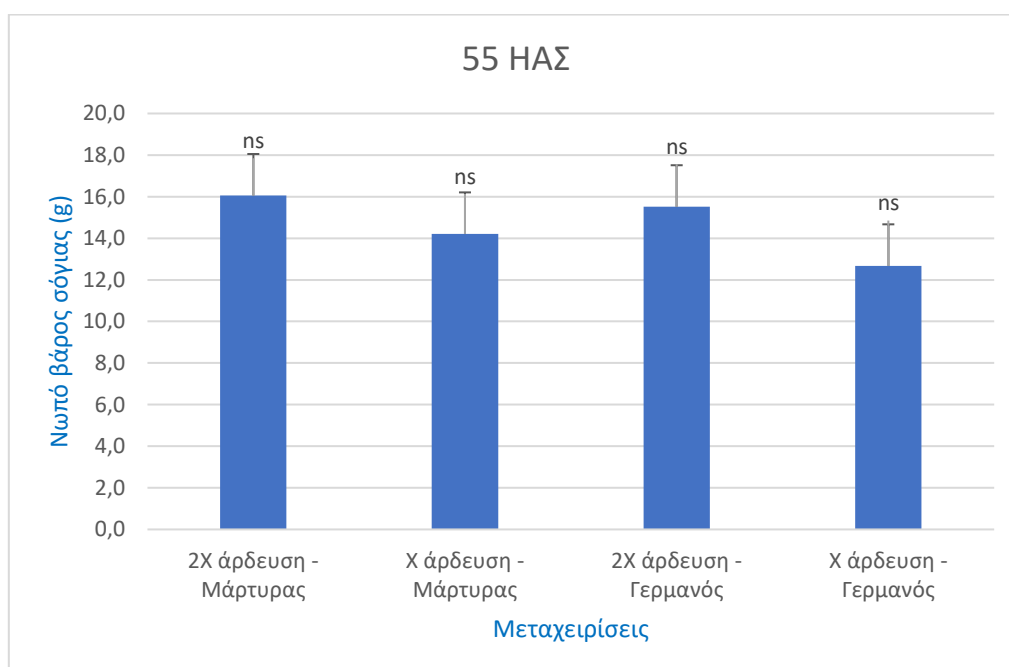
Διάγραμμα 3.1: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.

Το νωπό βάρος φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 15,7 g. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X) και της παρουσίας του ζιζανίου, όπου η τιμή έφτασε τα 8,9 g.

3.1.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.2: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	109,863	109,863	3,65	0,06
Καλλιέργεια	1	21,539	21,539	0,716	0,4
Άρδευση X Καλλιέργεια	1	4,945	4,945	0,164	0,686
Υπόλοιπο	76	2287,421	30,098		
Σύνολο	79	2423,768	30,681		



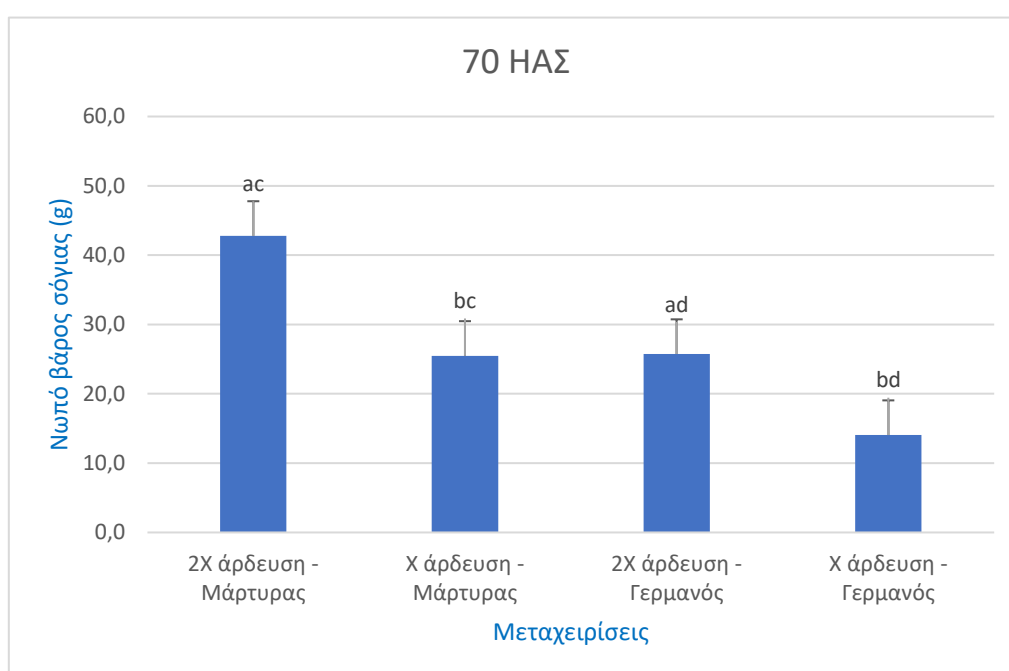
Διάγραμμα 3.2: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση του νωπού βάρους στις 55 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο ο παράγοντας της άρδευσης, όσο και ο παράγοντας της παρουσίας ζιζανίου δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.1.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.3: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο νωπό βάρος της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	4202,825	4202,825	21,641	<0,001
Καλλιέργεια	1	4051,423	4051,423	20,861	<0,001
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	157,332	157,332	0,81	0,371
Υπόλοιπο	76	14759,86	194,209		
Σύνολο	79	23171,44	293,309		



Διάγραμμα 3.3: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.

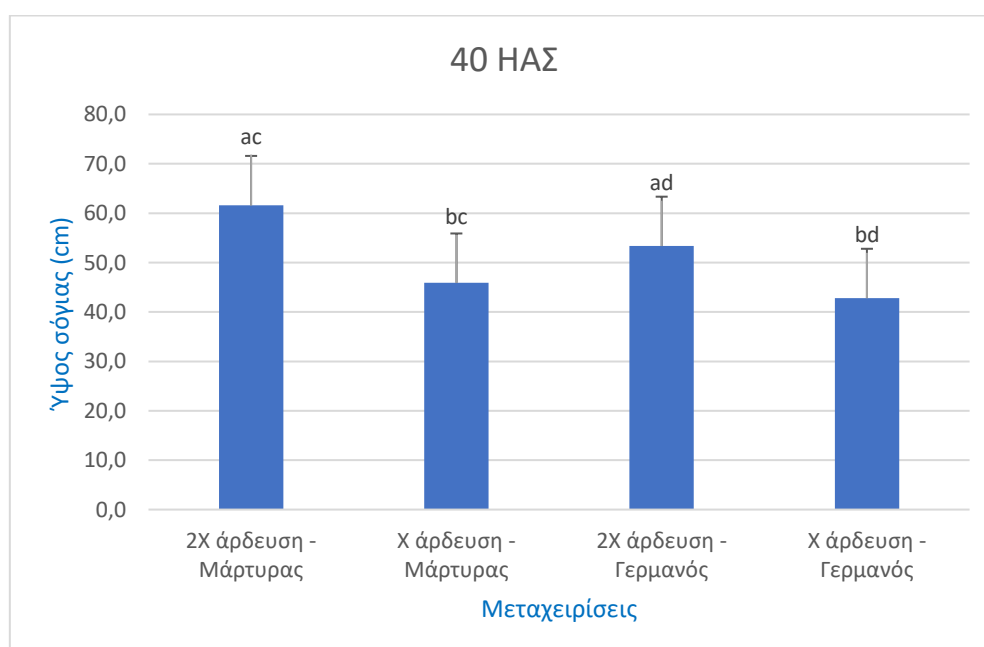
Το νωπό βάρος φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 42,8 g. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X) και της παρουσίας του ζιζανίου, όπου η τιμή έφτασε τα 14,1 g.

3.2 Ύψος σόγιας

3.2.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.4: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	3445,313	3445,313	46,839	<0,001
Καλλιέργεια	1	644,113	644,113	8,757	0,004
Άρδευση X Καλλιέργεια	1	132,612	132,612	1,803	0,183
Υπόλοιπο	76	5590,35	73,557		
Σύνολο	79	9812,388	124,207		



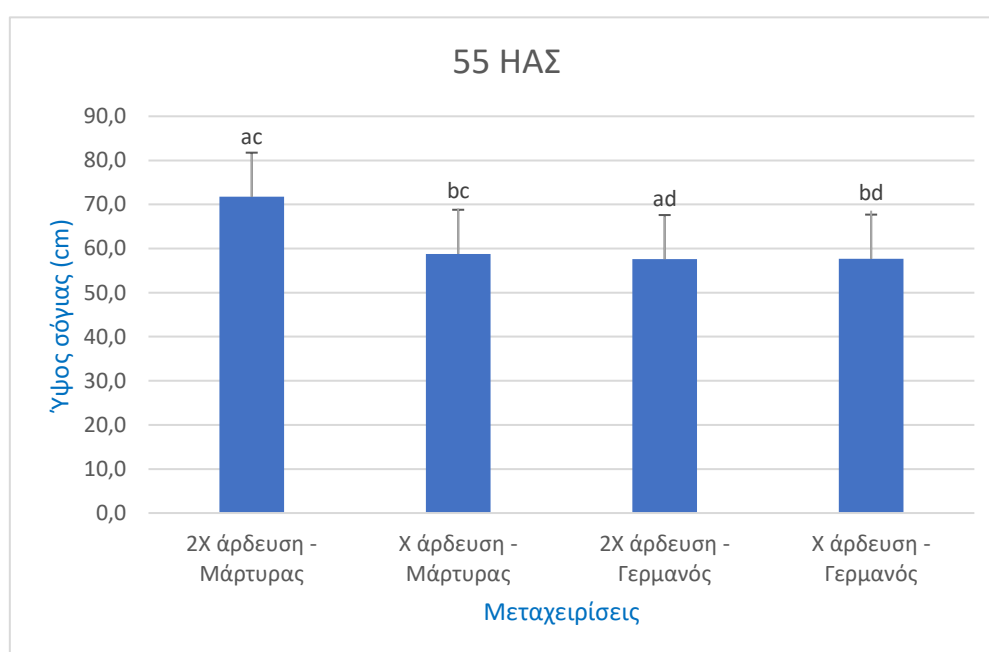
Διάγραμμα 3.4: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.

Το ύψος του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 61,6 cm. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X) και της παρουσίας του ζιζανίου, όπου η τιμή έφτασε τα 42,8 cm.

3.2.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.5: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	825,612	825,612	15,04	<0,001
Καλλιέργεια	1	1162,813	1162,813	21,183	<0,001
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	851,513	851,513	15,512	<0,001
Υπόλοιπο	76	4171,95	54,894		
Σύνολο	79	7011,888	88,758		



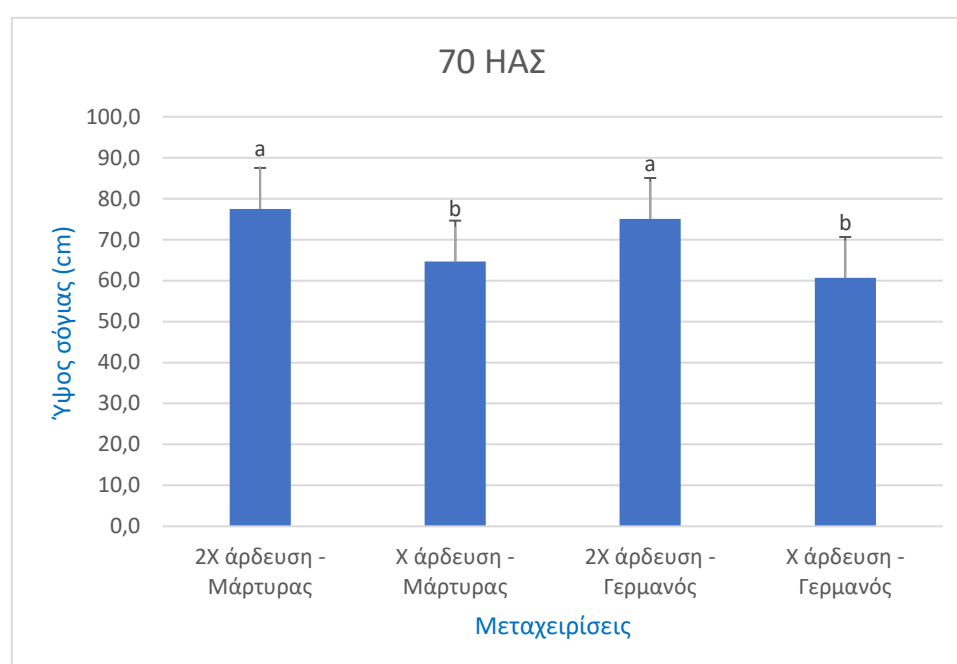
Διάγραμμα 3.5: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.

Το ύψος του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 71,8 cm. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της διπλής ποσότητας άρδευσης και της παρουσίας του ζιζανίου, όπου η τιμή έφτασε τα 57,6 cm. Επιπλέον, η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων της άρδευσης φάνηκε να εξαρτάται από την παρουσία ή μη του ζιζανίου, καθώς φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($p = <0,001$).

3.2.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.6: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στο ύψος της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	3712,813	3712,813	52,575	<0,001
Καλλιέργεια	1	208,013	208,013	2,946	0,09
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	12,013	12,013	0,17	0,681
Υπόλοιπο	76	5367,05	70,619		
Σύνολο	79	9299,888	117,72		



Διάγραμμα 3.6: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.

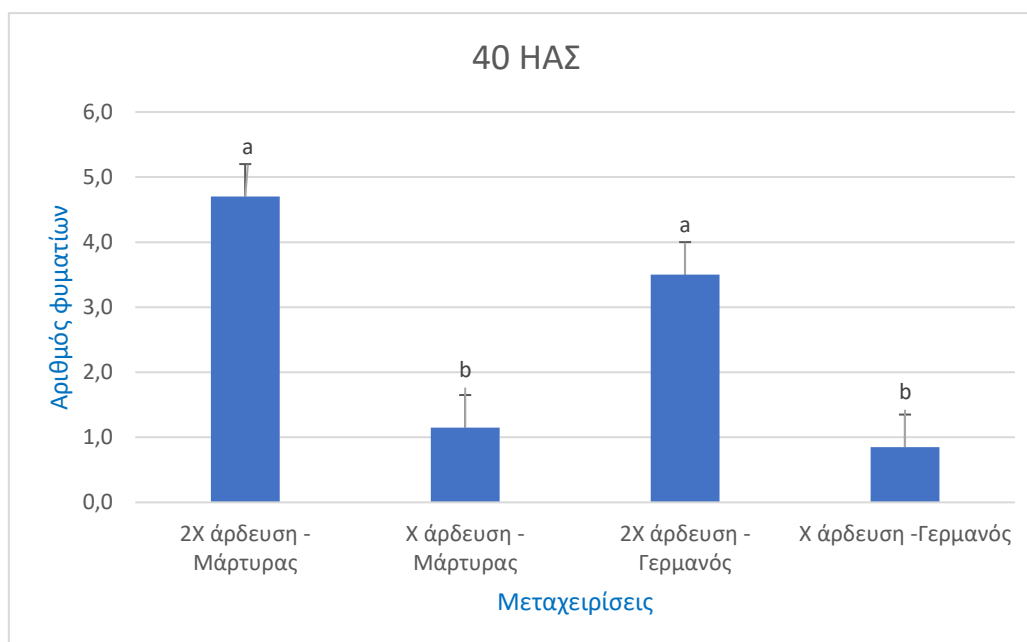
Το ύψος του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης ($p < 0,001$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 77,5 cm με επέμβαση μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και 75,1 cm παρουσία του ζιζανίου. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X), όπου η τιμή έφτασε τα 64,7 cm με επέμβαση μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και 60,7 cm παρουσία του ζιζανίου.

3.3 Αριθμός φυματίων σόγιας

3.3.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.7: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	192,2	192,2	61,298	<0,001
Καλλιέργεια	1	11,25	11,25	3,588	0,062
Άρδευση X Καλλιέργεια	1	4,05	4,05	1,292	0,259
Υπόλοιπο	76	238,3	3,136		
Σύνολο	79	445,8	5,643		



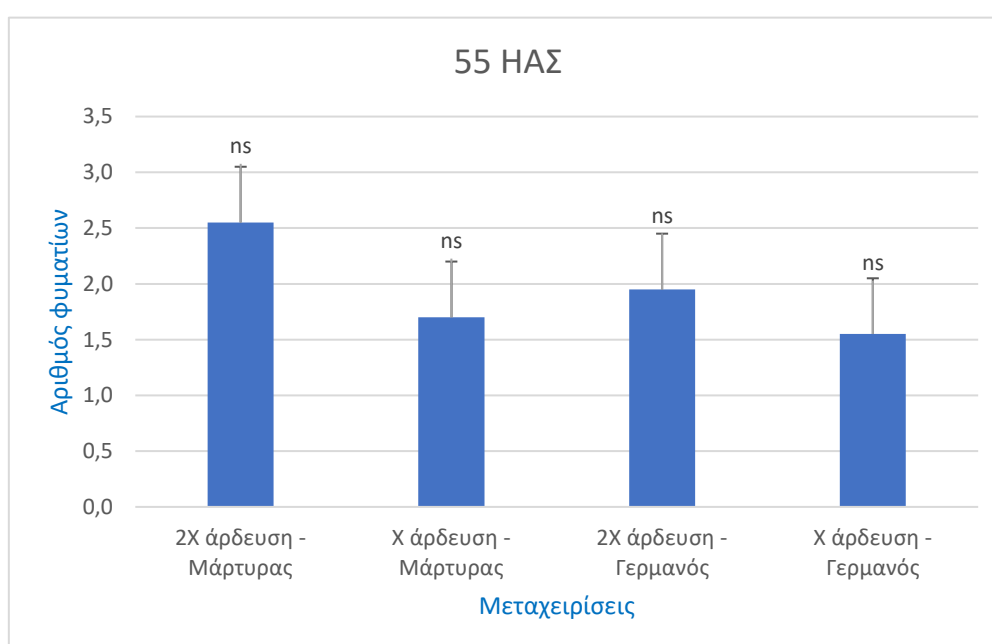
Διάγραμμα 3.7: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.

Ο αριθμός των φυματίων στη ρίζα του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 4,7 με επέμβαση μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και 3,5 παρουσία του ζιζανίου. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X), όπου η τιμή έφτασε τα 1,2 με επέμβαση μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και 0,9 παρουσία του ζιζανίου.

3.3.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.8: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	7,813	7,813	2,04	0,157
Καλλιέργεια	1	2,813	2,813	0,734	0,394
Άρδευση X Καλλιέργεια	1	1,012	1,012	0,264	0,609
Υπόλοιπο	76	291,05	3,83		
Σύνολο	79	302,688	3,831		



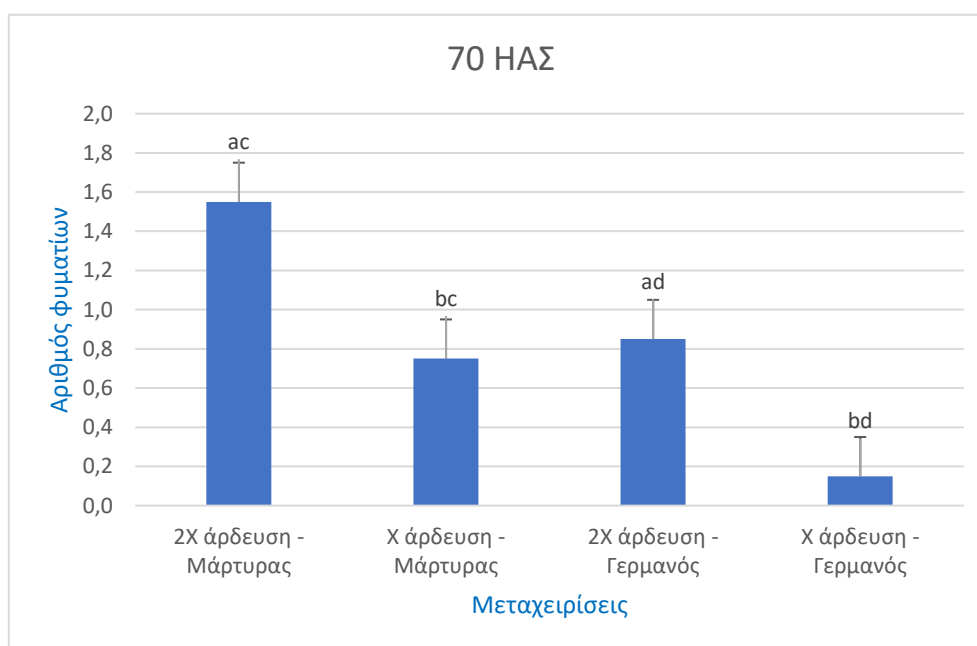
Διάγραμμα 3.8: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση που αφορά τον αριθμό των φυματίων στις 55 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο ο παράγοντας της άρδευσης, όσο και ο παράγοντας της παρουσίας ζιζανίου δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.3.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.9: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανιού) στον αριθμό φυματίων στις ρίζες της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	11,25	11,25	8,399	0,005
Καλλιέργεια	1	8,45	8,45	6,308	0,014
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	0,05	0,05	0,0373	0,847
Υπόλοιπο	76	101,8	1,339		
Σύνολο	79	121,55	1,539		



Διάγραμμα 3.9: Απεικόνιση των μέσων τιμών των αριθμών φυματίων στις ρίζες της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.

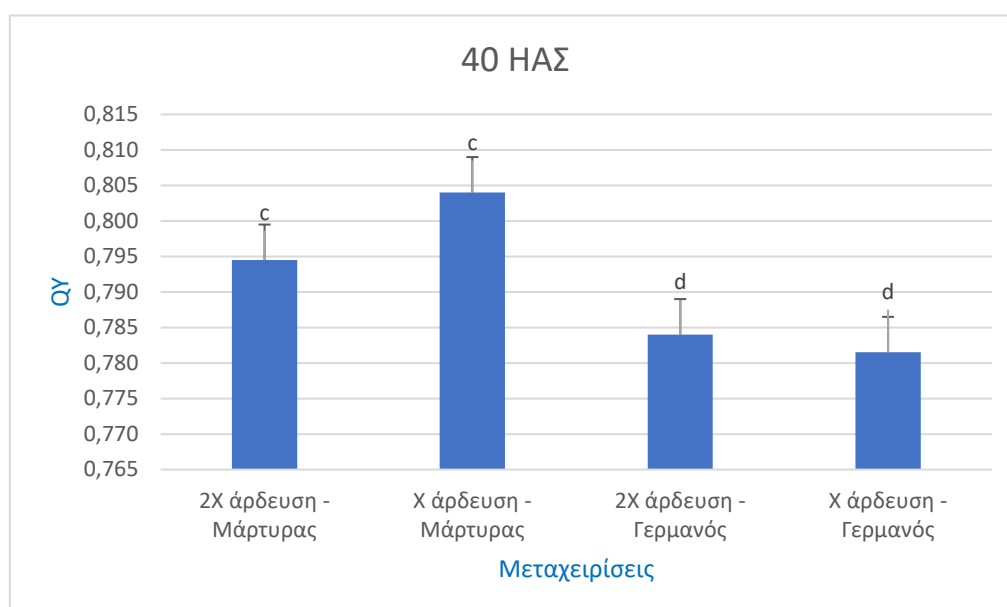
Ο αριθμός των φυματίων στις ρίζες του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανιού από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 1,6 φυμάτια. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X) και της παρουσίας του ζιζανιού, όπου η τιμή έφτασε τα 0,2.

3.4 Φωτοσυνθετική ικανότητα (QY) σόγιας

3.4.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.10: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 40 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	0,000245	0,000245	0,349	0,556
Καλλιέργεια	1	0,00544	0,00544	7,763	0,007
Άρδευση X Καλλιέργεια	1	0,00072	0,00072	1,026	0,314
Υπόλοιπο	76	0,0533	0,000701		
Σύνολο	79	0,0597	0,000756		



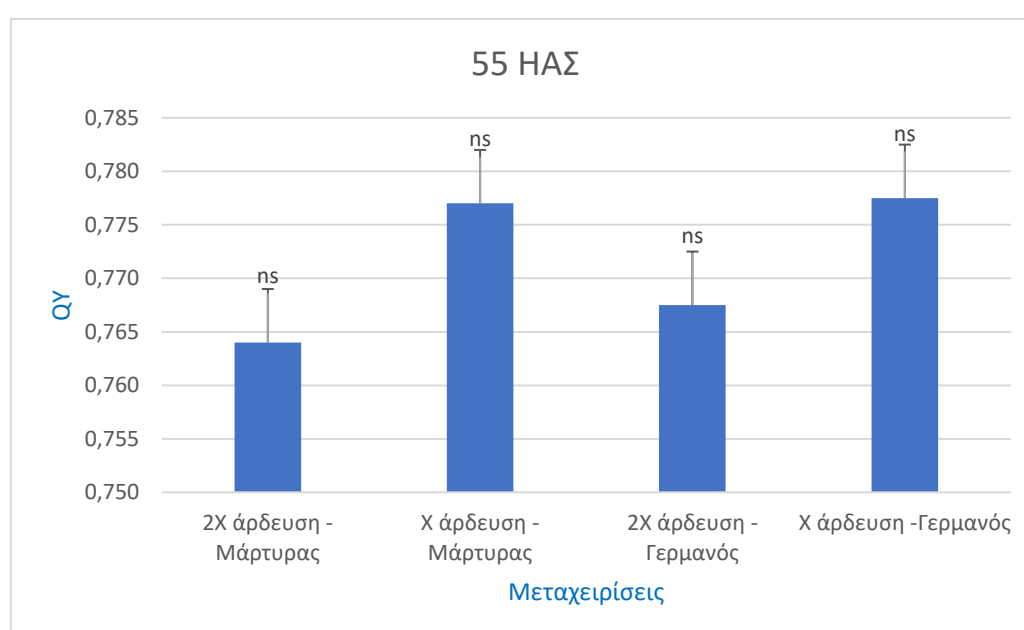
Διάγραμμα 3.10: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 40 ΗΑΣ.

Η φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ του παράγοντα καλλιέργειας του φυτού παρουσία του ζιζανίου και απουσία αυτού (μάρτυρας) ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) με μονή ποσότητα άρδευσης (X), όπου έφτασε τα 0,804. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση με παρουσία του ζιζανίου και μονή ποσότητας άρδευσης (X), όπου η τιμή έφτασε τα 0,782.

3.4.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.11: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	0,00265	0,00265	3,09	0,083
Καλλιέργεια	1	0,00008	0,00008	0,0935	0,761
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	0,000045	0,000045	0,0526	0,819
Υπόλοιπο	76	0,065	0,000856		
Σύνολο	79	0,0678	0,000858		



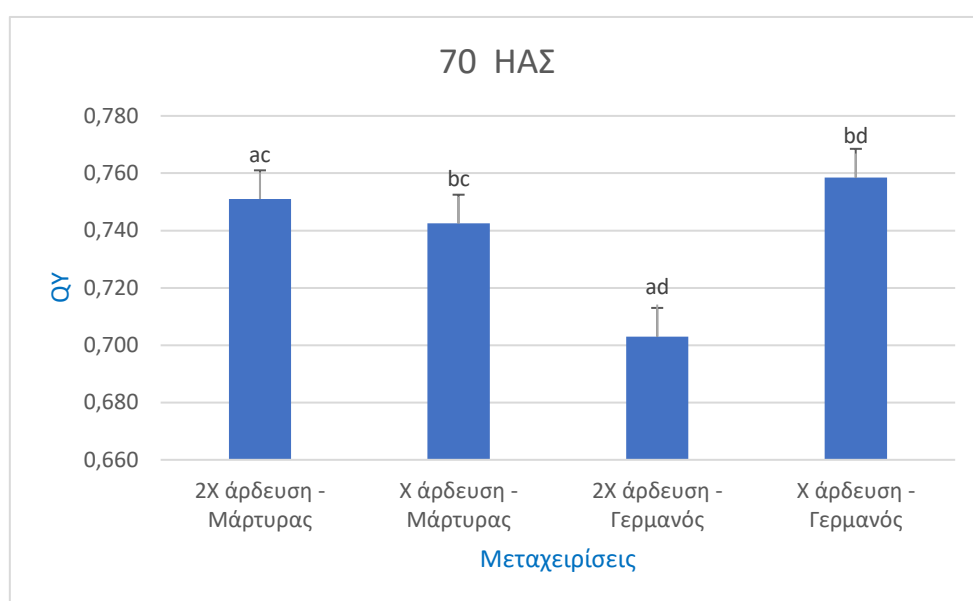
Διάγραμμα 3.11: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 55 ΗΑΣ.

Η διαφορά στις μέσες τιμές της φωτοσυνθετικής ικανότητας δεν φάνηκε στατιστικά σημαντική μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο ο παράγοντας της άρδευσης, όσο και ο παράγοντας της παρουσίας ζιζανίου δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.4.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.12: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στη φωτοσυνθετική ικανότητα της σόγιας στις 70 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	0,011	0,011	4,678	0,034
Καλλιέργεια	1	0,00512	0,00512	2,169	0,145
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	0,0205	0,0205	8,675	0,004
Υπόλοιπο	76	0,179	0,00236		
Σύνολο	79	0,216	0,00274		



Διάγραμμα 3.12: Απεικόνιση των μέσων τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας της σόγιας σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος στις 70 ΗΑΣ.

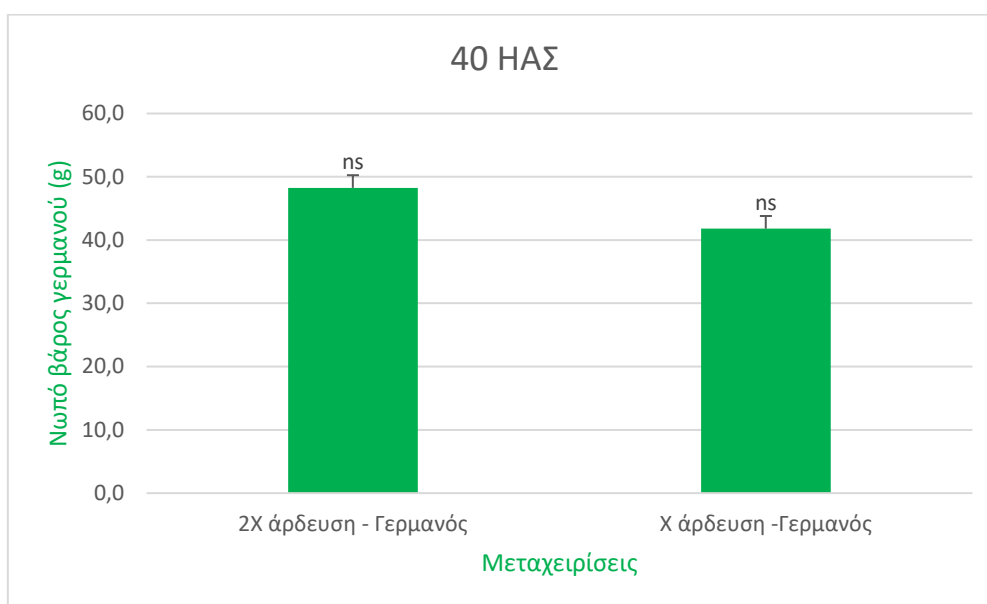
Η φωτοσυνθετική ικανότητα της καλλιέργειας φαίνεται να επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τον παράγοντα της άρδευσης ($p = 0,004 < 0,05$). Αντίθετα, ο παράγοντας παρουσίας ζιζανίου δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη μέτρηση. Παράλληλα ακόμα η αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων εμφανίζεται στατιστικά σημαντική. Οι υψηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση με μονή ποσότητα άρδευσης (X) και παρουσία του ζιζανίου, όπου έφτασε το 0,759. Αντίθετα, χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση διπλής ποσότητας άρδευσης (2X) παρουσία του ζιζανίου.

3.5 Νωπό βάρος γερμανού

3.5.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.13: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 40 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	198,025	198,025	0,546	0,465
Υπόλοιπο	38	13787,35	362,825		
Σύνολο	39	13985,38			



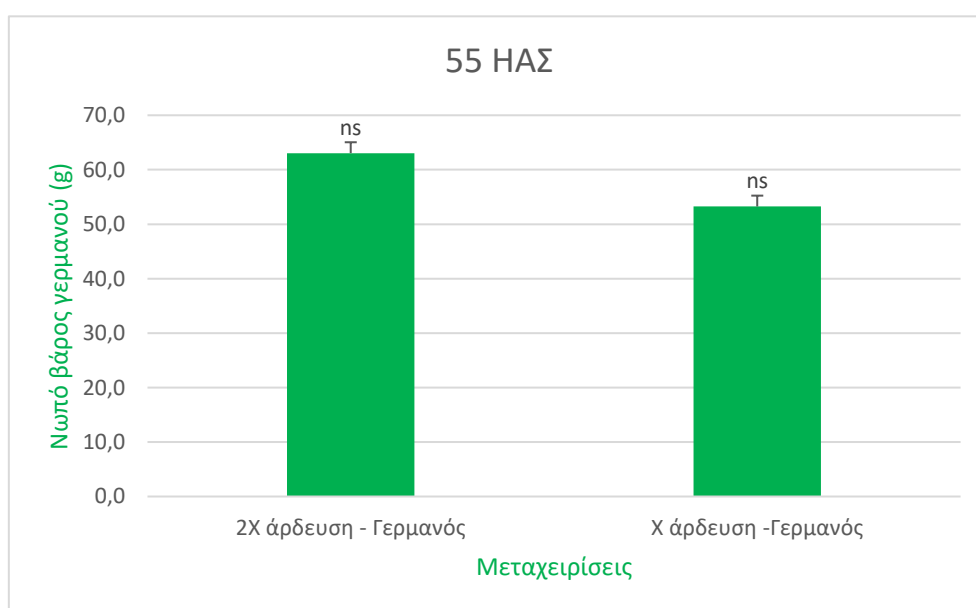
Διάγραμμα 3.13: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 40 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση του νωπού βάρους του γερμανού στις 40 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.5.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.14: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	960,4	960,4	3,224	0,081
Υπόλοιπο	38	11320,7	297,913		
Σύνολο	39	12281,1			



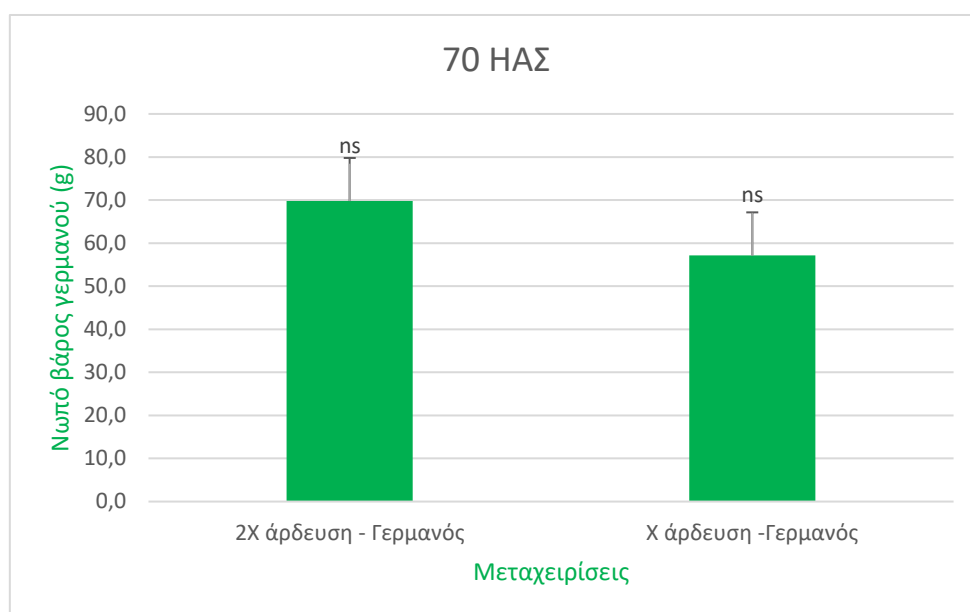
Διάγραμμα 3.14: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 55 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση του νωπού βάρους του γερμανού στις 55 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.5.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.15: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο νωπό βάρος του γερμανού στις 70 ΗΑΣ.

	BE	AT	MT	F	P
Άρδευση	1	1129,969	1129,969	0,581	0,451
Υπόλοιπο	38	73871,07	1943,975		
Σύνολο	39	75001,04			



Διάγραμμα 3.15: Απεικόνιση των μέσων τιμών του νωπού βάρους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 70 ΗΑΣ.

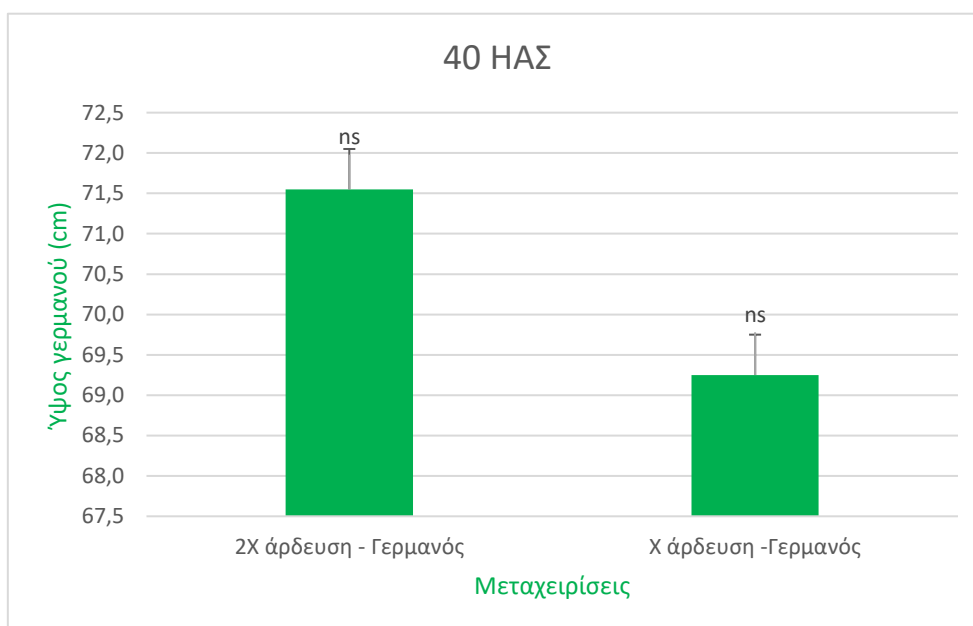
Στην μέτρηση του νωπού βάρους του γερμανού στις 70 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.6. Ύψος γερμανού

3.6.1. 40 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.16: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 40 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	52,9	52,9	0,991	0,326
Υπόλοιπο	38	2028,7	53,387		
Σύνολο	39	2081,6			



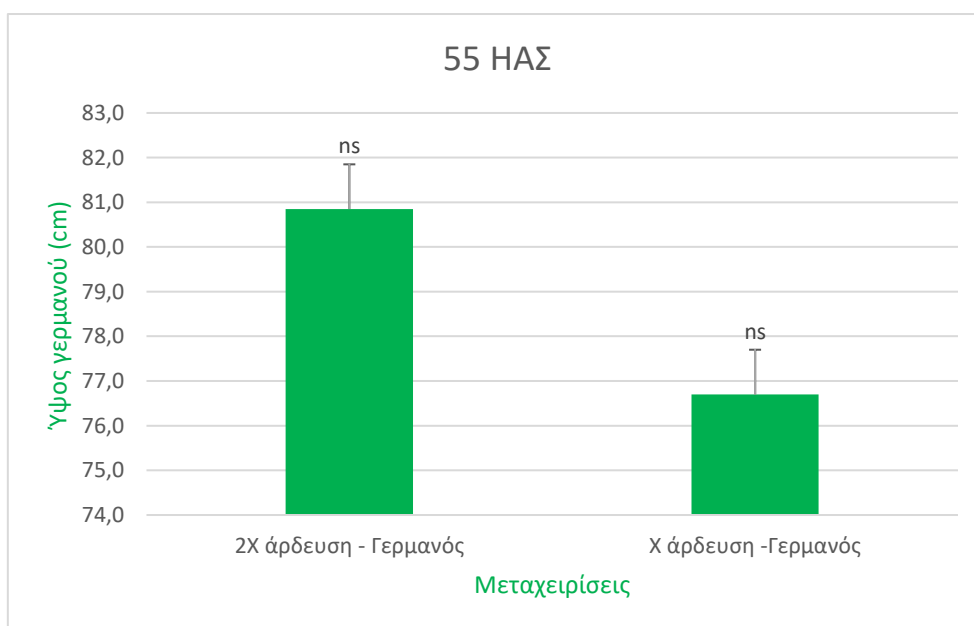
Διάγραμμα 3.16: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 40 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση του ύψους του γερμανού στις 40 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.6.2. 55 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.17: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 55 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	172,225	172,225	2,232	0,143
Υπόλοιπο	38	2932,75	77,178		
Σύνολο	39	3104,975			



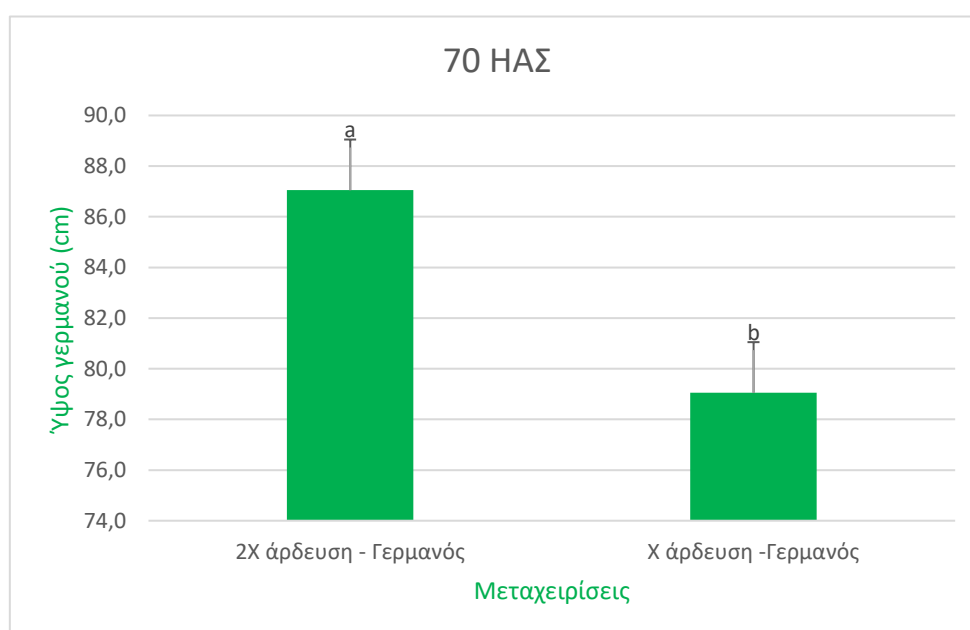
Διάγραμμα 3.17: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 55 ΗΑΣ.

Στην μέτρηση του ύψους του γερμανού στις 55 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

3.6.3. 70 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)

Πίνακας 3.18: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στο ύψος του γερμανού στις 70 ΗΑΣ.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	644,006	644,006	7,281	0,01
Υπόλοιπο	38	3361,188	88,452		
Σύνολο	39	4005,194			



Διάγραμμα 3.18: Απεικόνιση των μέσων τιμών του ύψους του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης στις 70 ΗΑΣ.

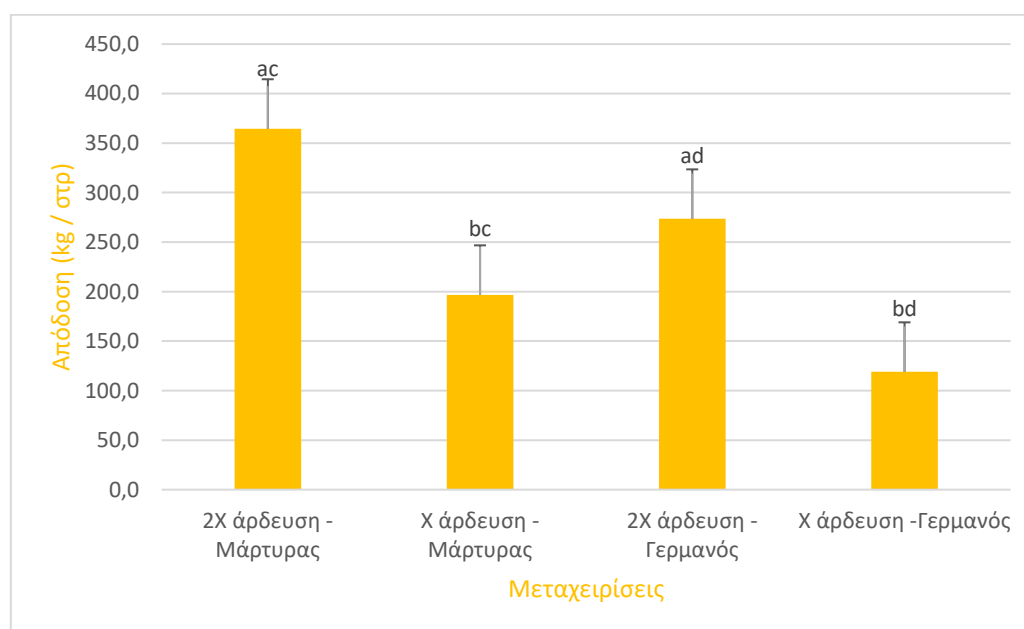
Η διαφορά στις μέσες τιμές του ύψους του γερμανού φαίνεται ότι είναι στατιστικά σημαντική ($p = 0,01 < 0,05$). Το μέγιστο ύψος εντοπίζεται σε συνθήκες υψηλής άρδευσης (2X) με τιμή 87,1 cm και το ελάχιστο ύψος εντοπίζεται στις συνθήκες χαμηλής άρδευσης (X) φτάνοντας τα 79,1 cm.

3.7 Συγκομιδή σόγιας

3.7.1 Απόδοση σε σπόρο σόγιας

Πίνακας 3.19: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης των παραγόντων άρδευσης (διπλής και μονής ποσότητας) και καλλιέργειας (παρουσία και απουσία του ζιζανίου) στην απόδοση της σόγιας σε σπόρο.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	103845,1	103845,1	17,912	0,001
Καλλιέργεια	1	28476,56	28476,56	4,912	0,047
Άρδευση Χ Καλλιέργεια	1	175,563	175,563	0,0303	0,865
Υπόλοιπο	12	69568,75	5797,396		
Σύνολο	15	202065,9	13471,06		



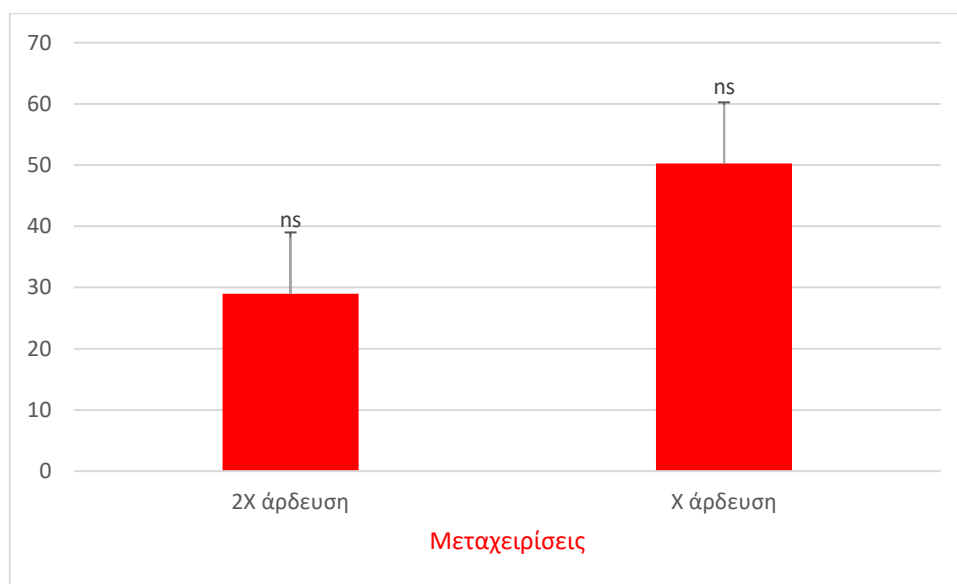
Διάγραμμα 3.19: Απεικόνιση των μέσων τιμών της απόδοσης της σόγιας σε σπόρους σε κάθε μία από τις 4 επεμβάσεις του πειράματος.

Η απόδοση της σόγιας σε σπόρους φάνηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ και των δύο παραγόντων του πειράματος ($p < 0,05$). Αναλυτικότερα, οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (απουσία του ζιζανίου από το πειραματικό τεμάχιο) και την διπλή ποσότητα άρδευσης (2X), όπου έφτασε τα 364,5 kg/στρ. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στην επέμβαση της μονής ποσότητας άρδευσης (X) και της παρουσίας ζιζανίων, όπου η τιμή έφτασε τα 119 kg/στρ.

3.7.2 Πυκνότητα γερμανού

Πίνακας 3.20: Στατιστική ανάλυση της επίδρασης του παράγοντα της άρδευσης στην πυκνότητα του γερμανού.

	DF	SS	MS	F	P
Άρδευση	1	903,125	903,125	2,996	0,134
Υπόλοιπο	6	1808,75	301,458		
Σύνολο	7	2711,875			



Διάγραμμα 3.20: Απεικόνιση των μέσων τιμών της πυκνότητας του γερμανού στις δύο συνθήκες άρδευσης.

Στην μέτρηση του ύψους του γερμανού στις 55 ημέρες από τη σπορά δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τόσο η διπλή ποσότητα άρδευσης (2X) όσο και η μονή ποσότητα άρδευσης (X) δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι το νωπό βάρος του φυτού επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά και από τους δύο παράγοντες του πειράματος. Αναλυτικότερα, τόσο η ποσότητα της άρδευσης, όσο και η παρουσία ή απουσία του ζιζανίου, επηρέασαν στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα για το νωπό βάρος του φυτού της σόγιας. Αυξάνοντας την ποσότητα νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση του νωπού βάρους. Πρόκειται για ένα λογικό αποτέλεσμα, καθώς η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα νερού, εντός ορίων, βοηθάει στην καλύτερη ανάπτυξη του φυτού. Παράλληλα, η παρουσία του ζιζανίου φάνηκε να μειώνει το νωπό βάρος του φυτού. Κρίνεται λογικό, καθώς το βασικό πρόβλημα που δημιουργούν τα ζιζάνια είναι ο ανταγωνισμός απέναντι στην καλλιέργεια για χώρο θρεπτικά συστατικά και φως. Βάσει του παραπάνω, γίνεται αντιληπτό πως η παρουσία ζιζανίου δημιουργεί πρόβλημα στην καλλιέργεια. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το πρόβλημα αυτό μεταφράζεται στο νωπό βάρος, το οποίο από τα πρώτα κιόλας στάδια (40 ΗΑΣ) φάνηκε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά. Στην αμέσως επόμενη μέτρηση, τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά, παρ'όλα αυτά στην τελευταία μέτρηση το νωπό βάρος του φυτού επηρεάστηκε από την ύπαρξη του ζιζανίου.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών, όπου η ύπαρξη ζιζανίων επηρέασε το βάρος της σόγιας (Abdelhamid & El-Metwally, 2008).

Το ύψος του φυτού φάνηκε να επηρεάζεται και από τους δύο παράγοντες του πειράματος. Στην πρώτη και στη δεύτερη μέτρηση τόσο η ποσότητα της άρδευσης, όσο και η παρουσία ή απουσία του ζιζανίου, επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το ύψος του φυτού. Τα βέλτιστα αποτελέσματα σημειώθηκαν στην επέμβαση με την υψηλή άρδευση και την απουσία του ζιζανίου. Κρίνεται λογικό, καθώς όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τα φυτά προκαλώντας έτσι πρόβλημα στην ανάπτυξή τους. Επιπρόσθετα, η άρδευση αποτελεί βασικό παράγοντα για την ανάπτυξη ενός φυτού. Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν, πως παρέχοντας περισσότερη ποσότητα νερού σε ένα φυτό, μέχρι ενός κρίσιμου σημείου, ευνοείται η ανάπτυξη του. Επίσης, η έντονη παροχή νερού, συνήθως, συνεπάγεται εντονότερη ανάπτυξη του στελέχους του φυτού. Στην τελευταία μέτρηση (70 ΗΑΣ), μόνο ο παράγοντας της άρδευσης εμφανίστηκε

στατιστικά σημαντικός. Το παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι η μεγαλύτερη ποσότητα άρδευσης διεύρυνε τη βλαστική περίοδο του φυτού και κατ' επέκταση είχε ως αποτέλεσμα αύξηση του ύψους του φυτού.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων μελετών, όπου η ύπαρξη ζιζανίων οδήγησε σε περιορισμένη ανάπτυξη των φυτών σόγιας (Lamprey et al., 2015).

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, τα φυμάτια αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό των ψυχανθών, αυξάνοντας έτσι τη σημασία τους στα καλλιεργητικά συστήματα. Στην παρούσα μελέτη, τα φυμάτια επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά στις πρώτες μετρήσεις από την άρδευση. Η παροχή μεγαλύτερης ποσότητας νερού, έφερε την αύξηση του αριθμού των φυματίων. Αυτό είναι λογικό, καθώς παράλληλα με το υπέργειο τμήμα αυξάνεται και το υπόγειο μέρος του φυτού. Έτσι, η επίδραση της ποσότητας νερού στο υπέργειο μέρος του φυτού έχει αντίστοιχη επίδραση και στο υπόγειο μέρος του φυτού, δηλαδή τη ρίζα. Συνεπάγεται, λοιπόν, ότι με τη δημιουργία καλύτερων συνθηκών ανάπτυξης για το φυτό, όσον αφορά την υδατική κατάσταση του εδάφους, επάγεται και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος μαζί με την αύξηση των αριθμών των φυματίων. Στην τελευταία μέτρηση (70 ΗΑΣ), ο αριθμός των φυματίων φάνηκε να επηρεάζεται από όλους τους παράγοντες του πειράματος. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, λόγω του ανταγωνισμού του ζιζανίου με την καλλιέργεια, η οποία πέραν του υπέργειου μέρους του φυτού, μεταφράζεται και στο υπόγειο.

Η αρνητική επίδραση του ζιζανίου στο ριζικό σύστημα της καλλιέργειας αποδεικνύεται και σε άλλες μελέτες, όπου εκχύλισμα του φυτού γερμανός προκάλεσε μείωση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε καλλιέργεια βάμβακος (Mkula, 2006).

Η φωτοσυνθετική ικανότητα αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό του φυτού, καθώς με αυτό τον τρόπο καταφέρνει να αποκτά την απαραίτητη ενέργεια για να πραγματοποιηθούν αντιδράσεις που αφορούν την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτών. Βάσει των αποτελεσμάτων, στις δύο πρώτες μετρήσεις (40 και 55 ΗΑΣ) η παρουσία του ζιζανίου φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού της σόγιας. Δεδομένου ότι τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες για θρεπτικά στοιχεία, νερό, φως και χώρο, η μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας της καλλιέργειας, σε συνθήκες παρουσίας του ζιζανίου, κρίνεται απολύτως λογική. Στην τελευταία μέτρηση (70 ΗΑΣ), η άρδευση φάνηκε να επηρεάζει

στατιστικά σημαντικά τη φωτοσυνθετική ικανότητα, πράγμα τα οποίο οφείλεται στη δυνατότητα του φυτού να αναπτύσσεται καλύτερα σε συνθήκες παροχής μεγαλύτερης ποσότητας νερού. Επίσης, στην τελευταία μέτρηση, εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική και η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να συμφωνούν με εκείνα άλλων μελετών όπως των Lamprey et al. (2015).

Όσον αφορά τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του ζιζανίου, η άρδευση δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα αποτελέσματα της μελέτης. Πρόκειται για λογικό αποτέλεσμα, καθώς τα ζιζάνια χαρακτηρίζονται από μεγάλη δυνατότητα προσαρμογής σε ποικίλα περιβάλλοντα. Έτσι, είναι λογικό η διαφοροποίηση της άρδευσης να μην διαφοροποιεί την ανάπτυξη του φυτού. Παρόλα αυτά, στη μέτρηση του ύψους του ζιζανίου κατά την τελευταία μέτρηση (70 ΗΑΣ), η διπλάσια ποσότητα άρδευσης εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά με τη μονή ποσότητα άρδευσης. Πρόκειται για λογικό αποτέλεσμα, καθώς παράλληλα με την ανάπτυξη του φυτού της σόγιας, έπρεπε να αναπτυχθεί και το φυτό του γερμανού, με σκοπό να επικρατήσει της καλλιέργειας. Παράλληλα με τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, η πυκνότητα του ζιζανίου έναντι της καλλιέργειας δεν φάνηκε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την άρδευση. Αυτό συνέβη, πιθανόν, λόγω της μεγάλης προσαρμοστικής ικανότητας των ζιζανίων.

Σε αντίστοιχες μελέτες που έχουν γίνει τα αποτελέσματα φάνηκαν να συμφωνούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Travlos, 2013). Ακόμα, η θετική επίδραση της περίσσειας νερού στην ανάπτυξη του ζιζανίου παρατηρήθηκε και σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Sayari et al. (2021) σε μεγάλες αρδευόμενες εκτάσεις.

Η απόδοση της καλλιέργειας επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από τους παράγοντες του πειράματος. Όπως είναι λογικό, η αύξηση της ποσότητας νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια, καθώς και η απουσία του ζιζανίου είχαν θετικό αντίκτυπο στην απόδοση της καλλιέργειας, αυξάνοντας τη. Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι η καλλιέργεια έλαβε περισσότερο νερό σε κρίσιμα στάδια της ανάπτυξης, σε συνδυασμό με την απουσία του ζιζανίου, είναι λογικό η απόδοση να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε αυτές τις συνθήκες και όχι σε συνθήκες μισής ποσότητας νερού και παρουσία ζιζανίου.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνονται να συμφωνούν με εκείνα των Chauhan et al. (2002), όπου παρατηρήθηκε αύξηση στην απόδοση της καλλιέργειας σε

αντίστοιχες συνθήκες. Ακόμα, σε μελέτη των Kanatas et al. (2020), φάνηκε ότι η διαχείριση των ζιζανίων σε καλλιέργεια σόγιας αύξησε τις αποδόσεις. Όμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε μελέτη των Travlos et al. (2020), όπως και σε μελέτη των Tataridas et al. (2021).

Με βάση όλα τα παραπάνω αποτελέσματα που εμφάνισε η μελέτη, συμπεραίνουμε ότι ο γερμανός έχει σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη του φυτού της σόγιας. Πιο συγκεκριμένα, δυσχεραίνει την καλλιέργειά του, το οποίο σε συνδυασμό με την προσαρμοστική του ικανότητα, καθίσταται ως ένα από τα πιο επικίνδυνα ζιζάνια στις καλλιέργειες. Επιπλέον, η ποσότητα της άρδευσης φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη του φυτού της σόγιας, από τα πρώτα κιόλας στάδια, καθώς και την ανάπτυξη του γερμανού σε πιο προχωρημένο στάδιο. Ακόμη, φαίνεται ότι ο παράγοντας της άρδευσης μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό και την απόδοση της καλλιέργειας τόσο θετικά όσο και αρνητικά, ανάλογα το εύρος άρδευσης που μπορεί να δεχθεί μία καλλιέργεια. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι η άρδευση αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχία της καλλιέργειας. Παράλληλα, ο γερμανός είναι ένα ζιζάνιο το οποίο ανταγωνίζεται έντονα την εκάστοτε καλλιέργεια. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η αντιμετώπισή του με σκοπό την επιτυχία της καλλιέργειας. Η παρούσα μελέτη αποτελεί μέρος της έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί γύρω από το γερμανό, ωστόσο απαιτείται παραπάνω έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdelhamid, M. T., & El-Metwally, I. M. (2008). Growth, nodulation, and yield of soybean and associated weeds as affected by weed management. *Planta Daninha*, 26, 855-863.
- Badole, S. L., & Bodhankar, S. L. (2012). Glycine max (soybean) treatment for diabetes. *Bioact. Food Diet. Interv. Diabetes*, 77, 77-82.
- Boyd, J.W. & Murray, D.S. (1982) Growth and development of silverleafnightshade (*Solanum elaeagnifolium*). *Weed Science*, 30(3), 238–243.
- Brunel, S. (2011). Pest risk analysis for *Solanum elaeagnifolium* and international management measures proposed. *EPP0 bulletin*, 41(2), 232-242.
- Carter, J. C., & Hartwig, E. E. (1963). The management of soybean pp. 161-226. *The soybean* Academic Press, new York.
- Chauhan, Y. S., Bhargava, M. K., & Jain, V. K. (2002). Effect of herbicides on weeds and soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Indian Journal of Weed Science*, 34(3and4), 213-216.
- Chiarini FE, Barboza GE (2007) Placentation patterns and seed number in fruits of South American *Solanum* subgen. *Leptostemonum* (Solanaceae) species. *Darwiniana* 45: 163–174.
- Child A, Lester RN (1991) Life form and branching with the Solanaceae. In: Hawkes JG, Lester RN, Nee M, Estrada N (Eds) *Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution*, Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, 151–159.
- Christodoulakis, N. S., Lampri, P. N., & Fasseas, C. (2009). Structural and cytochemical investigation of the leaf of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*), a drought-resistant alien weed of the Greek flora. *Australian Journal of Botany*, 57(5), 432-438. <https://doi.org/10.1071/BT08210>
- Cuthbertson, E.G., Leys, A.R. & McMaster, G. (1976) Silverleafnightshade—a potential threat to agriculture. *Agricultural Gazette (NewSouth Wales)*, 87(6), 11–13.

Eleftherohorinos, I. G., Bell, C. E., & Kotoula-Syka, E. (1993). Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) control with foliar herbicides. *Weed technology*, 7(4), 808-811.

Endres, G. & Kandel, H. (2015). Soybean Growth and Management: Quick Guide [online]. Διαθέσιμο στο: <https://www.ndsu.edu/agriculture/ag-hub/publications/soybean-growth-and-management-quick-guide>

EVERGREEN, T. S. T. R. INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL OF PHARMACY.

FAOSTAT (2019) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Gill N, Findley S, Walling JG, Hans C, Ma J, Doyle J, Stacey G, Jackson SA. Molecular and chromosomal evidence for allopolyploidy in soybean. *Plant Physiol.* 2009 Nov;151(3):1167-74. doi: 10.1104/pp.109.137935. Epub 2009 Jul 15. PMID: 19605552; PMCID: PMC2773056.

Goeden, R. D. (1971). Insect ecology of silverleaf nightshade. *Weed science*, 19(1), 45-51.

Grabe, D. F., & Metzger, R. B. (1969). Temperature-Induced Inhibition of Soybean Hypocotyl Elongation and Seedling Emergence 1. *Crop Science*, 9(3), 331-333.

Guillaume, B., Otterby, D. E., Linn, J. G., Stern, M. D., & Johnson, D. G. (1987). Comparison of sweet white lupin seeds with soybean meal as a protein supplement for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 70(11), 2339-2348.

Heap, J. W., Honan, I., & Smith, E. (1997). *Silverleaf nightshade: a technical handbook for Animal and Plant Control Boards in South Australia*. Primary Industries SA.

Kanatas, P., Travlos, I., Papastylianou, P., Gazoulis, I., Kakabouki, I., & Tsekoura, A. (2020). Yield, quality and weed control in soybean crop as affected by several cultural and weed management practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1), 329-341.

Khanna, K. R., & Singh, S. P. (1987). Studies on variability and association of yield and its components in *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Indian Forester*, 113(9), 629-633.

Knapp S (2002) *Solanum* section *Geminata* (G. Don) Walpers (*Solanaceae*). *Flora Neotropica* 84: 1–405.

Knapp S, Sagona E, Carbonell AKZ, Chiarini F. A revision of the *Solanum elaeagnifolium* clade (Elaeagnifolium clade; subgenus Leptostemonum, Solanaceae). *PhytoKeys*. 2017 Aug 7;(84):1-104. doi: 10.3897/phytokeys.84.12695. PMID: 29033654; PMCID: PMC5624188.

Lamprey, S., Yeboah, S., Sakodie, K., & Berdjour, A. (2015). Growth and yield response of soybean under different weeding regimes.

McWilliams, D. A., Berglund, D. R., & Endres, G. J. (1999). Soybean growth and management quick guide.

Mekki, M. (2007) Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.).EPPO Bulletin, 37(1), 114–118.

Mkula, N. P. (2006). Allelopathic interference of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) with the early growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Available on: <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-08232007181656/unrestricted> (Doctoral dissertation, dissertation. pdf [Accessed: 07 August 2014]).

Moore, R.M., Parsons, W.T., Strang, J. & Tideman, A.F. (1975) Silver-leafnightshade (*Solanum elaeagnifolium*Cav.).Australian Weeds ResearchNewsletter, 22(1), 5–13.

Parsons, W. T., & Cuthbertson, E. G. (1992). Noxious Weeds of Australia Inkata Press. *Melbourne/Sydney*.

Purcell, L. C., Salmeron, M., & Ashlock, L. (2014). Soybean growth and development. *Arkansas soybean production handbook, 197*, 1-8.

Qiu LiJuan, Q. L., & Chang RuZhen, C. R. (2010). The origin and history of soybean. In *The soybean: botany, production and uses* (pp. 1-23). Wallingford UK: CABI.

Roberts, J. & Florentine, S. (2022) Biology, distribution and management of the globally invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav (silverleaf nightshade): A global review of current and future management challenges. *Weed Research*, 62(6), 393–403. Available from: <https://doi.org/10.1111/wre.12556>

Rutherford, P.A. (1978)Effect of time of immersion in running and still wateron the germination of silver-leaf nightshade: proceedings of the first con-ference of the council of Australian weed science societies. Victoria,Australia: Council of Australasian Weed Societies Inc.

Sayari, N., & Mekki, M. (2021). Invasive Alien Plants Management in Tunisia. In *Agriculture Productivity in Tunisia Under Stressed Environment* (pp. 155-172). Cham: Springer International Publishing.

Sayari, N., Khebour Allouche, F., Laarif, A., & Mekki, M. (2021). Spatial Distribution of *Solanum elaeagnifolium* in the Tunisian Arid Region Using GIS Tools. *Environmental Remote Sensing and GIS in Tunisia*, 77-93.

Sheppard, A. W., Shaw, R. H., & Sforza, R. (2006). Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Research*, 46(2), 93-117.

Shoemaker RC, Schlueter J, Doyle JJ. Paleopolyploidy and gene duplication in soybean and other legumes. *Curr Opin Plant Biol.* 2006 Apr;9(2):104-9. doi: 10.1016/j.pbi.2006.01.007. Epub 2006 Feb 2. PMID: 16458041.

Singh, Ram J.; Nelson, Randall L.; Chung, Gyuhwa (November 2, 2006). Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops, Volume 4. London: Taylor & Francis. p. 15. ISBN 978-0-8493-3639-3

Stanton, R., Heap, J., Carter, R. & Wu, H. (2009) *Solanum elaeagnifolium* Cav. In: Groves, R.H., Shepherd, R.C.H. & Richardson, R.G. (Eds.) *The biology of Australian weeds*, Vol. 3. Melbourne: RG and FJ Richardson, pp. 1–35.

Stanton, R., Wu, H. & Lemerle, D. (2012) Factors affecting silverleaf night-shade (*Solanum elaeagnifolium*) germination. *Weed Science*, 60(1), 42–47.

Tanner, J.W. and Hume, D.J., 1978. Management and production. In: A.G. Norman (Ed), *Soybean Physiology, Agronomy and Utilization*. Academic Press, New York, pp. 157-217.

Tataridas, A., Smyri, E., Kanatas, P., & Travlos, I. (2021). Efficacy of post-emergence herbicides against *Solanum elaeagnifolium* Cav.: A major threat for soybean production. *EPPO bulletin*, 41(2), 232-242.

Travlos, A. D. (2018). Relative Contribution of Physical Interference and Allelopathy to Weed Suppression by Winter Annual Cover Crop Mixtures.

Travlos, I. S. (2013). Responses of invasive silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) populations to varying soil water availability. *Phytoparasitica*, 41, 41-48.

Travlos, I., Tataridas, A., Kanatas, P., Kakabouki, I., & Papastylianos, P. (2020). Weed management in soybean with a special focus on the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*).

Turner, N.J., Sanchez, J., Vavra, C., Dhaliwal, L.K., Emendack, Y., Coldren, C. et al. (2021) Seed germination dynamics of silverleaf night-shade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) and implications for effective weed management. *Weed Biology and Management*, 21(3), 146–155.

Utah, W. (2007) *Solanum elaeagnifolium*-European and Mediterranean plant protection organization. *EPPO Bulletin*, 31(1), 236–245.

Vorontsova MS, Knapp S (2016) A revision of the “spiny solanums”, *Solanum* subgenus *Leptostemonum* (*Solanaceae*) in Africa and Madagascar. *Systematic Botany Monographs* 99: 1–432.

Wassermann, V. D., Zimmermann, H. G., & Neser, S. (1988). *The weed silverleaf bitter apple ("satansbos") (Solanum elaeagnifolium Cav.) with special reference to its status in South Africa* (No. 214).

Weiss, J., Ahmad, T., Zhang, C., & Zhang, H. (2020). A review of recent progress on high internal-phase Pickering emulsions in food science. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 91-103.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Μπιλάλης Δ., Παπαστυλιανού, Π.Θ. & Τραυλός, Η.Σ. 2018. Γεωργία, *Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας*. Πεδίο.

Παπακώστα – Τασοπούλου, Δ. 2012. *Ειδική Γεωργία: Σιτηρά και Ψυχανθή*. Σύγχρονη Παιδεία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ



Εικόνα I: Εικόνα του πειραματικού αγρού αμέσως μετά τη σπορά.



Εικόνα II: Εικόνα του πειραματικού αγρού στα πρώτα στάδια ανάπτυξης.



Εικόνα III: Εικόνα του πειραματικού αγρού στα διάφορα στάδια ανάπτυξης.