



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

Διδακτορική διατριβή

Ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου εισβολέα *Solanum
elaegnifolium* Cav. και συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων
(Decision Support Systems-DSS)

Αλέξανδρος Β. Ταταρίδας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Γαρυφαλλιά Οικονόμου, Καθηγήτρια ΓΠΑ



ΑΘΗΝΑ

2023

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Διδακτορική διατριβή

Ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου εισβολέα *Solanum elaeagnifolium* Cav. και συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (Decision Support Systems-DSS)

“Integrated management of the invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. and Decision Support Systems (DSS)”

Αλέξανδρος Β. Ταταρίδας

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Γαρυφαλλιά Οικονόμου, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ανέστης Καρκάνης, Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Παναγιώτα-Θηρεσία Παπαστυλιανού, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Δημοσθένης Χάχαλης, Ερευνητής Α' ΜΦΙ

Σπύρος Φουντάς, Καθηγητής ΓΠΑ

Ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου εισβολέα *Solanum elaeagnifolium* Cav. και συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (Decision Support Systems-DSS)

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η ενδεδειγμένη αξιολόγηση διαφορετικών μεθόδων, στρατηγικών και αποφάσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση του εισβολικού ζιζανίου *Solanum elaeagnifolium* Cav. μέσω μιας σειράς πειραμάτων πεδίου, θερμοκηπίου και εργαστηρίου που πραγματοποιήθηκαν την τριετία 2020-2023 και είχαν ως στόχο την ανάπτυξη ενός Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου.

Η διδακτορική διατριβή αποτελείται από τέσσερις κύριες πειραματικές ενότητες που καταγράφονται ως εξής: (1) πειράματα βιολογίας, οικολογίας και διασποράς, (2) πείραμα αγρού για τον ανταγωνισμό του *S. elaeagnifolium* με τη σόγια και της επίδρασης στα αγρονομικά της χαρακτηριστικά και στην απόδοση, (3) πειράματα ολοκληρωμένης διαχείρισης, και (4) πειράματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Στη πρώτη πειραματική ενότητα έγινε ανάλυση της επίδρασης της θερμοκρασίας στη διακοπή του ληθάργου και στο φύτρωμα των σπόρων του ζιζανίου όπου βρέθηκε ότι η έκθεση των σπόρων σε χαμηλές θερμοκρασίες για μία εβδομάδα σε υγρές συνθήκες οδήγησε σε αυξημένη βλαστικότητα των σπόρων όταν αυτοί εκτέθηκαν σε εναλλασσόμενες θερμοκρασίες 25/15 °C (θερμοκρασία ημέρας και νύκτας, αντίστοιχα) υπό 12 ώρες φωτοπερίοδου, εύρημα που προσθέτει γνώση γύρω από τη βλαστική ικανότητα των σπόρων του ζιζανίου και έχει αποτελέσει αντικείμενο αρκετών ερευνών διεθνώς. Σε επόμενο πείραμα αξιολογήθηκε η τράπεζα σπόρων του εδάφους από τρία διαφορετικά βάθη (0-5 εκ., 5-10 εκ., και 10-15 εκ.) από καλλιεργούμενη έκταση όπου εφαρμόζεται συχνά κατεργασία και χορτοκοπή, και από ακαλλιέργητη έκταση όπου τα φυτά φτάνουν στο στάδιο της καρποφορίας. Τα ευρήματα αυτού του πειράματος ανέδειξαν ότι η τράπεζα σπόρων του εδάφους σε εκτάσεις όπου δεν καλλιεργούνται και τα φυτά διατηρούν τη σποροπαραγωγική τους ικανότητα καθώς δεν γίνεται διαχείριση τους, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη τράπεζα σπόρων που βρίσκεται σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των σπόρων εμφανίζεται στα ανώτερα επιφανειακά εδαφικά στρώματα (0-5 εκ.). Το συγκεκριμένο εύρημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την λήψη αποφάσεων σχετικά με τη καταπολέμηση του ζιζανίου, καθώς όπως καταγράφεται και σε επόμενο πείραμα που είχε να κάνει με την ανάλυση της επίδρασης του βάθους και του μήκους των έρπουσων ριζών στο δυναμικό αναπαραγωγής του ζιζανίου, βρέθηκε ότι οι έρπουσες ρίζες του παρουσιάζουν παρόμοια ικανότητα παραγωγής βλαστών ανεξάρτητα από το βάθος που βρίσκονται (1, 5 και 10 εκ.) και το μήκος τους (2-3, 10, 20 και 30 εκ.). Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της ανάπτυξης φυτών που προέρχονταν από αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμό και βρέθηκε ότι κάτω από τις ίδιες συνθήκες ανάπτυξης τα φυτά που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό παρουσιάζουν μεγαλύτερο δυναμικό ανάπτυξης όσον αφορά διάφορα αγρονομικά χαρακτηριστικά (μήκος και βάρος ριζικού συστήματος, ύψος και βάρος βλαστών) σε σχέση με τα φυτά που προέρχονται από σπόρο. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο αλλά δεν έχει καταγραφεί ξανά στην διεθνή βιβλιογραφία και αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τον

καθορισμό του βέλτιστου σταδίου ανάπτυξης του ζιζανίου για εφαρμογή μεθόδων διαχείρισής του. Τέλος, δημιουργήθηκε ένας χάρτης της παγκόσμιας καταγραφής του *S. elaeagnifolium* που βασίστηκε σε κλιματική ταξινόμηση, ένας χάρτης πρόβλεψης της οικοτοπικής προσαρμοστικότητας του ζιζανίου, εκ νέου σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και αρκετοί παγκόσμιοι χάρτες που δείχνουν την ευαισθησία του ζιζανίου σε διάφορες αβιοτικές καταπονήσεις. Οι συγκεκριμένοι χάρτες αποτελούν πρωτότυπο και καινοτόμο παράγωγο της παρούσας διδακτορικής διατριβής και αναμένεται να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμοι για εγχώριες και διεθνείς έρευνες σχετικά με τη καταγραφή και τη διασπορά του *S. elaeagnifolium*. Στη δεύτερη πειραματική ενότητα αξιολογήθηκε ο αντίκτυπος του ανταγωνισμού του ζιζανίου στη καλλιέργεια σόγιας και βρέθηκε ότι το *S. elaeagnifolium* προκαλεί σημαντικές απώλειες στη παραγωγή όταν η άρδευση παραμένει χαμηλή (63.65-65.38%) και το ζιζάνιο αποκτάει πλεονέκτημα ως προς την ανάπτυξη σε σχέση με τη καλλιέργεια, ενώ οι απώλειες είναι χαμηλότερες όταν η άρδευση είναι υψηλή (10.25-33.27%). Λόγω της έλλειψης γνώσης σε διεθνές επίπεδο σχετικά με τη μείωση των αποδόσεων που προκαλείται από τον ανταγωνισμό ετήσιων καλλιεργειών με το *S. elaeagnifolium*, η παρούσα μελέτη αποτελεί πρότυπη για την διερεύνηση περαιτέρω επιπτώσεων του ανταγωνισμού στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ετήσιων αροτραίων καλλιεργειών, όπως ο αραβόσιτος και το βαμβάκι. Η τρίτη πειραματική ενότητα αφορούσε τη διαχείριση του ζιζανίου με χημικές, μη χημικές και συνδυασμούς μεθόδων και συμβάλλει σημαντικά στη γνώση γύρω από την ολοκληρωμένη διαχείρισή του. Αρχικά, αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα χημικών μεθόδων εναντίον φυτών που προέρχονταν τόσο από εγγενή όσο και από αγενή πολλαπλασιασμό. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έδειξαν ότι τα ζιζανιοκτόνα επαφής pyraflufen-ethyl και glufosinate, και τα συνθετικά διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα 2,4-D, MCPA, και glyphosate διατηρούν υψηλή αποτελεσματικότητα εναντίον του *S. elaeagnifolium*. Τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα S-metolachlor και isoxaben δείχνουν υψηλή αποτελεσματικότητα στην παρεμπόδιση της βλαστητικής ικανότητας των σπόρων του ζιζανίου. Πραγματοποιήθηκε επίσης αξιολόγηση της επίδρασης του σταδίου ανάπτυξης στην αποτελεσματικότητα του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate όταν αυτό εφαρμόστηκε υπό διαφορετικά άλατα και βρέθηκε ότι διαφορετικά άλατα παρουσιάζουν ποικίλη αποτελεσματικότητα εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* που βρίσκονται είτε στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης (92-97%), είτε στην ανθοφορία (57-91%), είτε ακόμα και στην καρποφορία (77-100%). Τα πειράματα αξιολόγησης μη-χημικών μεθόδων για τη διαχείριση του ζιζανίου ανέδειξαν ότι η καινοτόμος θερμική τεχνική ζιζανιοκτονίας του ζεστού αφρού και η χορτοκοπή αποτελούν αποτελεσματικές εναλλακτικές των χημικών μεθόδων όταν αυτές εφαρμόζονται στο στάδιο της ανθοφορίας ώστε να μειωθεί το δυναμικό αναπαραγωγής του ζιζανίου και η σποροπαραγωγική του ικανότητα. Η εφαρμογή του ζεστού αφρού οδήγησε σε 2.7 φορές μείωση του αριθμού των καρπών σε σχέση με τον αμεταχειριστό μάρτυρα. Επίσης, πραγματοποιήθηκε πείραμα διάρκειας τριών ετών σε ελαιώνα όπου το ζιζάνιο ήταν το κυρίαρχο είδος για την ανάλυση της αποτελεσματικότητας της χορτοκοπής, χημικών μεθόδων και συνδυασμού τους ως προς τον ετήσιο έλεγχο του ζιζανίου και του αριθμού των βλαστών που εμφανίζονται την επόμενη χρονιά. Η συγκεκριμένη μελέτη ανέδειξε ότι τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα MCPA, glyphosate και ο συνδυασμός τους προσφέρει υψηλό έλεγχο του ζιζανίου και μειώνει σημαντικά το δυναμικό αναπαραγωγής του την επόμενη χρονιά. Το μείγμα glyphosate+MCPA παρείχε 94.3-100% έλεγχο και 2.67 φορές λιγότερους βλαστούς δύο χρόνια μετά την εφαρμογή σε σύγκριση με το glyphosate μόνο. Παράλληλα, η χορτοκοπή στο στάδιο της ανθοφορίας και ο συνδυασμός της χορτοκοπής με συνθετικά ζιζανιοκτόνα προκαλεί μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου (1.5 φορές σε σχέση

με τον αμεταχείριστο μάρτυρα). Με σκοπό τη μείωση των απαιτούμενων δόσεων για επαρκή αποτελεσματικότητα εναντίον του ζιζανίου, πραγματοποιήθηκαν πειράματα μεταβαλλόμενων δόσεων φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών που προέρχονταν από αγενή ή εγγενή πολλαπλασιασμό στα πλαίσια της τέταρτης και τελευταίας πειραματικής ενότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φυσικό ζιζανιοκτόνο πελαργονικό οξύ και τα συνθετικά pyraflufen-ethyl, glyphosate, και MCPA μπορούν να εφαρμοστούν σε μειωμένες των συνιστωμένων δόσεις και να παρέχουν παρόμοια αποτελεσματικότητα. Συγκεκριμένα, για το glyphosate το ED₉₀ επιτεύχθηκε με περίπου 2 φορές κάτω από τη συνιστώμενη, για το MCPA 2.8 φορές και για το pyraflufen-ethyl 3 φορές. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα επικυρώθηκε και επαληθεύτηκε σε πείραμα αγρού που πραγματοποιήθηκε σε ελαιώνα όπου εκεί το μείγμα του glyphosate με MCPA σε μειωμένες δόσεις (28%) παρείχε παρόμοια ποσοστά ελέγχου (84-91%) σε σχέση με τις ανώτερες συνιστώμενες δόσεις των ζιζανιοκτόνων όταν αυτά εφαρμόστηκαν μόνα τους. Η σύσταση ζιζανιοκτονίας προέκυψε από το Σύστημα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων *IPMwise*® το οποίο παραμετροποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διδακτορικής διατριβής και περιλαμβάνει πλέον συστάσεις ζιζανιοκτονίας για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium* (προερχόμενο είτε από εγγενή είτε από αγενή πολλαπλασιασμό) σε ελαιώνα με χημικές, μη-χημικές και συνδυασμούς μεθόδων.

Επιστημονική περιοχή: Ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων

Λέξεις κλειδιά: ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων, χωροκατακτητικά είδη, ζιζανιοκτονία, Συστήματα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων, *Solanum elaeagnifolium*

Integrated management of the invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. and Decision Support Systems (DSS)

Department of Crop Science
Laboratory of Agronomy

ABSTRACT

The aim of this thesis was to thoroughly evaluate different methods, strategies and decisions for the integrated management of the invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. through a series of field, greenhouse and laboratory experiments conducted during the three-year period 2020-2023 and aimed at developing a Decision Support System for the integrated management of the weed.

The PhD thesis consists of four main experimental sections listed as follows: (1) biology, ecology, and dispersal experiments; (2) field experiments on *S. elaeagnifolium* competition with soybean and its effect on its agronomic characteristics and yield; (3) integrated management experiments; and (4) decision support experiments.

The first experimental section analyzed the effect of temperature on weed seed dormancy and germination where it was found that exposing seeds to low temperatures for one week in humid conditions resulted in increased seed germination when exposed to alternating temperatures of 25/15 °C (day and night temperatures, respectively) under a 12-hour photoperiod, a finding that adds knowledge about the germination capacity of weed seeds and has been the subject of several international studies. In a subsequent experiment, the soil seed bank was evaluated from three different depths (0-5 cm, 5-10 cm, and 10-15 cm) from cultivated land where tillage and mowing are frequently applied, and from uncultivated land where plants reach the fruiting stage. The findings of this experiment indicated that the soil seed bank in areas where no tillage is applied and the plants retain their seed-producing capacity as they are not managed is significantly larger than the seed bank in cultivated areas, with most of the seeds occurring in the upper surface soil layers (0-5 cm). This finding is particularly important for making decisions about weed control, since, as documented in a subsequent experiment analyzing the effect of depth and length of rhizomes on the weed's reproductive potential, it was found that rhizomes have a similar ability to produce shoots regardless of their depth (1, 5 and 10 cm) and length (2-3, 10, 20 and 30 cm). In addition, an evaluation of the growth of plants derived from seeds and vegetative propagation was carried out and it was found that under the same growth conditions, plants derived from vegetative propagation show a higher growth potential in terms of various agronomic characteristics (root system length and weight, height and weight of shoots) than plants derived from seed. This result was expected but has not been reported before in the international literature and is an important element in determining the optimal stage of weed growth for the application of weed management methods. Finally, a map of the global record of *S. elaeagnifolium* based on a climatic classification, a map predicting the ecotopic adaptability of the weed, again at the global level, and several global maps showing the sensitivity of the weed to various abiotic stresses were produced. These maps are an original and innovative derivative of this PhD thesis and are expected to be particularly useful for domestic and international research on the inventory and distribution of *S. elaeagnifolium*.

The second experimental section evaluated the impact of weed competition on the soybean crop and found that *S. elaeagnifolium* causes significant yield losses when

irrigation remains low (63.65-65.38%) and the weed gains a growth advantage over the crop, while losses are lower when irrigation is high (10.25-33.27%). The third experimental section was on weed management using chemical, non-chemical and combinations of methods and contributes significantly to the knowledge on integrated weed management. Initially, the effectiveness of chemical methods against plants derived from both sexual and asexual propagation was evaluated. The results of these studies showed that the contact herbicides pyraflufen-ethyl and glufosinate, and the synthetic systemic herbicides 2,4-D, MCPA, and glyphosate maintained high efficacy against *S. elaeagnifolium*. The pre-emergent herbicides S-metolachlor and isoxaben show high efficacy in inhibiting seed germination. An evaluation of the effect of growth stage on the efficacy of the systemic herbicide glyphosate when applied under different salts was also carried out and it was found that different salts show varying efficacy against *S. elaeagnifolium* plants that are either at the vegetative growth stage (92-97%), flowering (57-91%) or even fruiting (77-100%). Experiments evaluating non-chemical methods for weed management have shown that the innovative thermal herbicide technique of hot foam and mowing are effective alternatives to chemical methods when applied at the flowering stage to reduce the weed's reproductive potential and seed-producing capacity. The application of the hot foam led to a 2.7-fold reduction in the number of fruits compared to the untreated control. Also, a three-year experiment was conducted in an olive grove where weed was the dominant species to analyze the effectiveness of mowing, chemical methods and their combination in terms of annual control of weed and the number of shoots appearing in the following year. This study indicated that synthetic herbicides MCPA, glyphosate and their combination provide high weed control and significantly reduce the potential for weed reproduction the following year. The tank-mixture of glyphosate+MCPA provided 94.3-100% control and 2.67-fold fewer shoots two years after the application compared to the glyphosate alone. At the same time, mowing at the flowering stage and combining mowing with synthetic herbicides causes a reduction in the weed's seed production capacity (1.5 times compared to the untreated control).

In order to reduce the doses required for sufficient efficacy against the weed, experiments with varying doses of natural and synthetic herbicides against plants derived from vegetative or vegetative propagation were carried out in the fourth and last experimental section. The results showed that the natural herbicide pelargonic acid and the synthetic herbicides pyraflufen-ethyl, glyphosate, and MCPA can be applied at reduced recommended doses and provide similar efficacy. In particular, for glyphosate the ED₉₀ was achieved at about 2 times below the recommended, for MCPA 2.8 times and for pyraflufen-ethyl 3 times. This conclusion was validated and verified in a field experiment conducted in an olive grove where a mixture of glyphosate with MCPA at reduced doses (28%) provided similar control rates (84-91%) as the higher recommended doses of the herbicides when applied alone. The herbicide recommendation was derived from the *IPMwise*[®] Decision Support System which was parameterized as part of this PhD thesis and now includes herbicide recommendations for the management of *S. elaeagnifolium* (derived from either native or asexual propagation) in olive groves using chemical, non-chemical and combinations of methods.

Scientific area: Integrated weed management

Keywords: integrated weed management, invasive species, weed management, Decision Support Systems, *Solanum elaeagnifolium*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ανάθεση του θέματος της ολοκληρωμένης διαχείρισης του χωροκατακτητικού είδους *Solanum elaeagnifolium* και η αξιοποίηση Συστημάτων Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων, από τον επιβλέποντα μου, Αναπληρωτή Καθηγητή ΓΠΑ κ. Ηλία Τραυλό, συνοδεύτηκε από ένα όραμα να προστεθεί ένα λιθαράκι στη κατανόηση της πιο ορθής διαχείρισης των φυτικών εισβολών με τη χρήση, μάλιστα, νέων τεχνολογιών. Το συγκεκριμένο θέμα της διδακτορικής μου διατριβής χάραξε τη πορεία για μία τριετία που τα περιείχε όλα και με καθόρισε ως άνθρωπο, επιστήμονα και γεωπόνο. Θέλω να τον ευχαριστήσω μέσα από τη καρδιά μου για την καθοδήγηση, τη συνεργασία, την συν-δημιουργία, την επίβλεψη και τη κοινή πορεία όλα αυτά τα χρόνια. Η υπόσχεση ότι ‘όλο και καλύτερα θα πάμε’ έλαβε σάρκα και οστά, ιδίως κατά τη τελευταία χρονιά του διδακτορικού, όπου οι κοινές μας προσπάθειες οδήγησαν σε μία σειρά από επιτυχίες σε προσωπικό και επαγγελματικό επίπεδο, καθορίζοντας (τη στιγμή που γράφονται αυτές οι ευχαριστίες) το μέλλον μας. “Και στα επόμενα”

Θέλω σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω ξεχωριστά τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής. Ξεκινώντας από τον Καθηγητή ΓΠΑ κ. Δημήτριο Μπιλάλη, θέλω να τον ευχαριστήσω με τον πιο ένθερμο τρόπο γιατί εκείνος ήταν υπεύθυνος για την είσοδο μου στο Εργαστήριο Γεωργίας, πίσω στο 2018. Χωρίς την επίβλεψη του, την συστηματική συνεργασία και κοινή χάραξη πορείας σε πληθώρα θέσεων, θα ήμουν πιο φτωχός σε γνώσεις και θέληση να πάω παρακάτω. Οι συμβουλές του και η όψη που έβλεπε τα πράγματα ήταν ιδιαίτερα σημαντικές για μένα σε κρίσιμες στιγμές. Συνεχίζοντας με την Καθηγήτρια ΓΠΑ κα. Γαρυφαλιά Οικονόμου, θέλω να την ευχαριστήσω θερμά για την επίβλεψη που παρείχε κατά τη διάρκεια της διδακτορικής διατριβής μου και τη καρποφόρα συνεργασία που αναπτύξαμε στα πλαίσια της εργασίας μου σε έργα που είχαν να κάνουν με έρευνα γύρω από το βυνοποιήσιμο κριθάρι. Η στάση της και η αποτελεσματικότητα της σε επιστημονικό επίπεδο, και κυρίως στο χώρο της European Weed Research Society (EWRS), ήταν πρότυπες για μένα και διδάχτηκα αρκετά πράγματα.

Δεν μπορώ να παραβλέψω τα υπόλοιπα μέλη της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής της διδακτορικής διατριβής μου, τα οποία χαιρουν μεγάλου σεβασμού και θέλω να τους ευχαριστήσω ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, η συνδιαλλαγή και συνεργασία σε καθημερινό επίπεδο στο Εργαστήριο Γεωργίας με τη Καθηγήτρια ΓΠΑ κα. Παναγιώτα Παπαστυλιανού, με βοήθησε σε μία σειρά πραγμάτων ώστε να κατανοήσω καλύτερα τη γεωπονική επιστήμη και να βελτιωθώ κυρίως στο επίπεδο του πειραματικού σχεδιασμού και της ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Η συνεργασία μου και η προσωπική σχέση που ανέπτυξα με τον Ερευνητή Α΄ ΜΦΙ κ. Δημοσθένη Χάχαλη, ήταν ιδιαίτερα σημαντική για μένα καθώς βελτιώθηκα πολύ στην επικοινωνία μου με ξένους συναδέλφους, στα πλαίσια της EWRS. Ο τρόπος και η ηρεμία που προσέγγιζε τις καταστάσεις ήταν αξιοζήλευτες και προσπαθώ να τις ενσωματώσω και εγώ με τη σειρά μου στην καθημερινότητα μου. Ο Αναπληρωτής Καθηγητής Παν. Θεσσαλίας κ. Ανέστης Καρκάνης αποτέλεσε το μέλος της επιτροπής όπου είχα τη μικρότερη επαφή και τον οποίο τον γνώρισα από κοντά μόλις λίγους μήνες πριν ολοκληρωθεί η παρούσα διατριβή. Ωστόσο, τον ευχαριστώ θερμά και τον θαυμάζω για τις προσπάθειες του να βελτιώσει, σε συνεργασία με τους υπόλοιπους ζιζανιολόγους, την εικόνα και τον αντίκτυπο της Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρείας, έχοντας πολύ σημαντική συμβολή στην επιστήμη της ζιζανιολογίας. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Καθηγητή ΓΠΑ κ. Σπύρο Φουντά, όπου με τη καθοδήγησή του, τις συμβουλές σε κρίσιμα σημεία και τη συνεργασία βγήκα κερδισμένος ποικιλοτρόπως. Χωρίς αυτόν δεν θα είχα αναγνωρίσει δύο από τους στόχους που έχω βάλει στον εαυτό μου για τη καριέρα μου. Το μεγαλύτερο μάθημα που έλαβα και τον ευχαριστώ είναι τι, πότε και γιατί πρέπει να κάνει κάποιος κάτι ώστε να γίνει winning.

At this point, I would like to thank from the bottom of my heart some colleagues from abroad with whom I have had the honor to work and continue to plan with them for the future. I begin with Mr. Per Rydahl and Mr. Ole Bojer from Denmark, who gave me permission to use, configure and develop the first version for the integrated management of an invasive species, using their Decision Support System, the *IPMwise*. I thank them for their trust and professional cooperation. Then I want to thank a very important person in my life from the University of Coimbra in Portugal, my mentor Prof. Helena Freitas. My stay in Portugal for 3 months was the beginning of a strong partnership that will last. During this time, I was lucky enough to meet excellent people and scientists, Dr. Rui Oliveira, Dr. Miguel Moreira and Dr. Luciana Frazao. I worked with the researchers with whom we also built the prediction models and maps for the weed. I thank them. I also thank the researcher Mr. Noboru Ota from CSIRO, Australia, for his help in creating maps and indicators of stress for the weed.

Στη συνέχεια, θέλω να ευχαριστήσω τον Δρ. κ. Παναγιώτη Κανάτα με τον οποίο συνεργαστήκαμε αρκετά χρόνια υπό διάφορες συνθήκες, την Επικ. Καθ. κα. Ιωάννα Κακαμπουίκη για τη κοινή συγγραφή δημοσιεύσεων, τον κ. Στέλιο Τσιώρο και τη κα. Ζωή Τσέλια για τη βοήθεια και τη συνεννόηση που είχαμε στα πλαίσια των εργαστηρίων, και τέλος τον κ. Κώστα Μαργαρίτη που πάντα ήταν πρόθυμος να βοηθήσει στις προετοιμασίες των πειραμάτων μου στον αγρό του Εργ. Γεωργίας. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον Θανάση και Νίκο Κόκκαλη που πολύ πρόθυμα παρείχαν την έκταση που χρησιμοποίησα για τα πειράματα διαχείρισης που πραγματοποιήθηκαν σε ελαιώνα στον Βόλο. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές που συνεργαστήκαμε κατά τη διάρκεια αυτής της διατριβής. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τη γραφίστρια κα. Βασιλική Κοντογιώργου με την οποία συνεργαστήκαμε άψογα, καθώς και τους συναδέλφους μου Νίκο Αντωνόπουλο, Ιωάννη Γαζούλη, Αναστασία Τσεκούρα και Νικολίνα Χειμώνα

Όλη αυτή η προσπάθεια δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς τη βοήθεια, την συμπαράσταση, τη στήριξη και την συμπόρευση των παιδικών-εφηβικών-πανεπιστημιακών φίλων μου Μιχάλη, Παναγιώτη, Αντώνη, Δημήτρη, Πάρι, Ματθαίο, Κώστα, Μάριο, Ιφιγένεια και Βάσια.

Ένα ταπεινό μεγάλο ευχαριστώ οφείλεται στη φίλη μου Ζωή Σκουρλέτου και στον φίλο μου Αντώνη Μαυροειδή που ήταν, είναι και θα είναι πάντα εκεί. Από το σχολείο, στο πανεπιστήμιο και στην εργασία μέχρι όπου βγει.

Ξεχωριστό ευχαριστώ θέλω να δώσω και στη φίλη μου Βάσω Παχή που, αν και μακριά, πάντα με στήριζε και βοηθούσε όπου μπορούσε.

Αυτά τα χρόνια του διδακτορικού συν έπεσαν με την ενασχόληση μου με τα κοινά. Δύναμη και θάρρος σε όλους/ες τις συντρόφους και συντρόφισσες για να παλέψουμε για ένα καλύτερο αύριο, για μία καλύτερη κοινωνία και δικαιοσύνη για όλο το λαό.

Με την ελπίδα να μην έχω ξεχάσει κάποιον/α, θα ήθελα σε αυτό το σημείο να αφιερώσω αυτόν τον μαραθώνιο που έτρεξα. Όλος αυτός ο κόπος, τα όνειρα, το όραμα, η εργασία, ο χρόνος, η θέληση, η αφοσίωση, η πίεση, τα ρίσκα, όλα τα πάνω και τα κάτω, αφιερώνονται αποκλειστικά στην οικογένεια μου, στον Κώστα, στη Νότα και στον Βασίλη.

Σε όλους όσους με πίστεψαν

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Με την άδεια 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.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	18
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	22
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	26
1.1. ΧΩΡΟΚΑΤΑΚΤΗΤΙΚΑ ΕΙΔΗ (INVASIVE PLANT SPECIES)	26
1.2. ΤΟ ΖΙΖΑΝΙΟ <i>SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM</i> (ΚΟΙΝΩΣ ΓΕΡΜΑΝΟΣ).....	27
1.2.1. Ταξινόμηση	27
1.2.2. Βιολογία	29
1.2.3. Ιστορικά στοιχεία εισβολής.....	43
1.2.4. Διασπορά και πιθανές εισβολές του ζιζανίου	48
1.2.5. Οικολογική προσαρμοστικότητα.....	53
1.2.6. Αντίκτυπος	56
1.2.7. Ολοκληρωμένη διαχείριση	63
1.2.8. Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων.....	64
1.3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	65
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	67
2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ-ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ.....	70
2.1.1. Πείραμα επίδρασης της θερμοκρασίας στη διακοπή του ληθάργου και στο φύτρωμα των σπόρων.....	70
2.1.2. Πείραμα αξιολόγησης τράπεζας σπόρων του εδάφους σε ακαλλιέργητη και καλλιεργούμενη έκταση	72
2.1.3. Πείραμα επίδρασης του βάθους και του μήκους των έρπουσων ριζών στο δυναμικό αναπαραγωγής.....	73
2.1.4. Πείραμα διαφορών στη βλαστητική ανάπτυξη φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο.....	75
2.1.5. Ανάλυση διασποράς και οικολογικής προσαρμοστικότητας	76
2.2. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ <i>SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM</i> ΜΕ ΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΟΓΙΑΣ.....	78
2.2.1. Πρώτη καλλιεργητική περίοδος (2021).....	78
2.2.2. Δεύτερη καλλιεργητική περίοδος (2022)	82
2.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	87
2.3.1. Πειράματα διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με χημικές μεθόδους ...	87
2.3.2. Πειράματα διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με μη-χημικές μεθόδους	95

2.3.3.	Πείραμα ολοκληρωμένης διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	98
2.4.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	102
2.4.1.	Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φυσικών και χημικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο	102
2.4.2.	Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση του ζιζανιοκτόνου glyphosate σε φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες στο στάδιο της έναρξης της καρπόδεσης	105
2.4.3.	Πείραμα αξιολόγησης του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise® για τη διαχείριση του <i>S. elaeagnifolium</i>	107
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	109
3.1.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ-ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ.....	109
3.1.1.	Πείραμα επίδρασης της θερμοκρασίας στη διακοπή του ληθάργου και στο φύτρωμα των σπόρων.....	109
3.1.2.	Πείραμα αξιολόγησης της τράπεζας σπόρων του εδάφους σε ακαλλιέργητη και καλλιεργούμενη έκταση	110
3.1.3.	Πείραμα επίδρασης του βάθους και του μήκους των έρπουσων ριζών στο δυναμικό αναπαραγωγής.....	112
3.1.4.	Πείραμα διαφορών στη βλαστητική ανάπτυξη φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο.....	112
3.1.5.	Ανάλυση διασποράς και οικολογικής προσαρμοστικότητας	116
3.2.	ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ <i>SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM</i> ΜΕ ΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΟΓΙΑΣ	121
3.3.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	143
3.3.1.	Πειράματα διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με χημικές μεθόδους .	143
3.3.2.	Πειράματα διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με μη-χημικές μεθόδους	155
3.3.3.	Πείραμα ολοκληρωμένης διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	165
3.4.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	187
3.4.1.	Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φυσικών και χημικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο	187
3.4.2.	Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση του ζιζανιοκτόνου glyphosate σε φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες στο στάδιο της έναρξης της καρπόδεσης	201
3.4.3.	Πείραμα αξιολόγησης του εμπορικού Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise® για τη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	204
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	208
4.1.	Βιολογία – Οικολογία – Φυσιολογία του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	208
4.2.	Ανταγωνισμός του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με καλλιέργεια σόγιας	210
4.3.	Ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	214
4.4.	Ο ρόλος των Συστημάτων Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων	239

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	244
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	247
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	248

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1:** Απεικόνιση των διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης του *Solanum elaeagnifolium* από φυτά που κόπηκαν την ίδια ημέρα από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας (Σεπτέμβριος 2021). Από αριστερά προς τα δεξιά: βλαστικό στάδιο, άνθηση, ανώριμος καρπός, ωρίμανση καρπών, ώριμοι καρποί..... 29
- Εικόνα 2:** Μητρικό φυτό *Solanum elaeagnifolium* και έρπουσες ρίζες που εκφύονται από οφθαλμούς της κύριας πασσαλώδους ρίζας και αναπτύσσονται οριζόντια ως προς το έδαφος (αγρός Εργ. Γεωργίας, Μάιος 2021) 30
- Εικόνα 3:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά βλαστών *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή βλαστού, Β: Αγκάθι που εκφύεται από βλαστό, Γ: Τρίχωμα που καλύπτει το βλαστό, Δ: Βλαστός 16 φύλλων 31
- Εικόνα 4:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά φύλλων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή μίσχου, Β: Αποαξονική (abaxial) πλευρά του φύλλου, Γ: Προσαξονική (abaxial) πλευρά του φύλλου, Δ: Τρίχωμα που καλύπτει το φύλλο 32
- Εικόνα 5:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά άνθους. Α: Απεικόνιση άνθους όπου εμφανίζονται οι 5 στήμονες, Β: Πολλαπλά άνθη σε ένα βλαστό 33
- Εικόνα 6:** Πολυμορφισμός ως προς το χρώμα των ανθέων του *Solanum elaeagnifolium*, και συγκεκριμένα από λευκό και ανοιχτό μωβ έως σκούρο μωβ..... 33
- Εικόνα 7:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών *Solanum elaeagnifolium*. Α: Ανώριμος πράσινος καρπός, Β: Ώριμος κίτρινος καρπός, Γ: Εγκάρσια τομή ώριμου καφέ καρπού, Δ: Σύγκριση καρπών όλων των σταδίων 34
- Εικόνα 8:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά σπόρων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή καρπού, Β: Κολλώδης ουσία που περιβάλλει τους σπόρους εντός του καρπού, Γ: Φυτρωμένος σπόρος όπου γίνεται απόπτωση του περιβλήματος, Δ: Κολλώδης ουσία που περιβάλλει τους σπόρους, Ε: Κάθετη τομή του σπόρου και απεικόνιση του εμβρύου..... 35
- Εικόνα 9:** Φυτά *Solanum elaeagnifolium* που προέκυψαν από αγενή πολλαπλασιασμό και παρουσιάζουν διαφορετικό χρώμα άνθους (αγρός Εργ. Γεωργίας, Ιούνιος 2020) 37
- Εικόνα 10:** Επίσκεψη επικονιαστών (βομβίνου και μέλισσας) σε άνθη *Solanum elaeagnifolium* (αγρός και θερμοκήπιο Εργ. Γεωργίας Ιούνιος 2021)..... 38
- Εικόνα 11:** Σπόροι του *Solanum elaeagnifolium* διαφορετικού χρώματος και ωριμότητας... 39
- Εικόνα 12:** Φύτρωμα των σπόρων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Έκπτυξη του ριζιδίου, Β: Σχηματισμός δευτερογενών ριζιδίων, Γ: Ανάδυση φυταρίου, Δ: Έκπτυξη κοτυληδόνων και αποβολή του περιβλήματος του σπόρου, Ε: Ριζικά τριχίδια 41
- Εικόνα 13:** Βιολογικός κύκλος του *Solanum elaeagnifolium*..... 43
- Εικόνα 14:** Πρόβατα που βόσκουν στη περιοχή Cano της Κεντρικής Πορτογαλίας όπου έχει εισβάλει το *S. elaeagnifolium*. Α: Βόσκηση σε αραιά φυτεμένο ελαιώνα, Β: Βόσκηση σε λιβαδική έκταση (Δεκέμβριος 2021)..... 52
- Εικόνα 15:** Προσβολή του *Solanum elaeagnifolium* σε διαφορετικά ενδιαιτήματα. Α: Σε αμμώδες έδαφος στη παραλία της Καραθώνας (Ναύπλιο, Ιούλιος 2020), Β: Σε παρτέρι στο Βόλο (Ιούνιος 2021), Γ: Σε αστικό περιβάλλον στην Αθήνα (Ιούνιος 2019), Δ: Σε εγκαταλελειμμένη έκταση στη ΒΙΠΕ Βόλου (Ιούλιος 2021), Ε: Σε ελαιώνα στη ΒΙΠΕ Βόλου (Ιούλιος 2021), Ζ: Σε πάρκο στην Ανθήλη (Ιούνιος 2020) 56
- Εικόνα 16:** Απεικόνιση προσβεβλημένων και μη προσβεβλημένων ελαιώνων από το *Solanum elaeagnifolium*. Α-Β: Ελαιώνες στη περιοχή Cano της Κεντρικής Πορτογαλίας, Γ-Δ: Ελαιώνες στη ΒΙΠΕ Βόλου, Ελλάδα..... 59
- Εικόνα 17:** Το *Solanum elaeagnifolium* ως ξενιστής εντόμων και παρασιτικών φυτών 60
- Εικόνα 18:** Μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Από αριστερά προς τα δεξιά: θάλαμος ανάπτυξης σταθερών συνθηκών, ζυγοί ακριβείας μικρότερης και μεγαλύτερης ακρίβειας, και ηλεκτρικός φούρνος..... 68

Εικόνα 19: Πειραματική διάταξη των τριβλίων του πειράματος της αξιολόγησης της βλαστικότητα των σπόρων που είχαν περιέλθει είτε σε ξηρή είτε σε υγρή αποθήκευση σε συνθήκες δωματίου 25 °C, στο ψυγείο στους 4 °C και στη κατάψυξη στους -20 °C.....	71
Εικόνα 20: Πειραματική διάταξη του πειράματος ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i> το έτος 2021 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας του ΓΠΑ....	80
Εικόνα 21: Κατασκευή αρδευτικού δικτύου με χρήση σταλακτηφόρων σωλήνων Φ16 στο πείραμα ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i>	81
Εικόνα 22: Πειραματική διάταξη του πειράματος ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i> το έτος 2022 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας του ΓΠΑ....	84
Εικόνα 23: Μέτρηση αριθμού αγκαθιών σε 10 εκ. βλαστού (Α) και μέτρηση αριθμού και βάρους φυματίων από φυτά σόγιας που δέχθηκαν χαμηλή και υψηλή άρδευση	86
Εικόνα 24: Αποτύπωση της μέσης, ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αξιολόγησης μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον του ζιζανίου <i>Solanum elaeagnifolium</i>	88
Εικόνα 25: Πειραματική διάταξη των φυτοδοχείων του πειράματος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών <i>S. elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό	89
Εικόνα 26: Μηχάνημα foamstream για την εφαρμογή καυτού αφρού.....	95
Εικόνα 27: Αριθμός φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> από καλλιεργούμενη και ακαλλιεργητή έκταση και βάθη 0-5 εκ., 5-10 εκ., και 10-15 εκ.	111
Εικόνα 28: Σύγκριση των μέσω όρων των τιμών του μήκους της ρίζας (Α), του νωπού βάρους της ρίζας (Β), του ύψους του βλαστού (Γ) και του νωπού βάρους του βλαστού (Δ) για φυτά προερχόμενα από σπόρο και από έρπουσες ρίζες	113
Εικόνα 29: Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του μήκους της ρίζας (root length), του νωπού βάρους της ρίζας (root weight), του ύψους του βλαστού (shoot height) και του νωπού βάρους του βλαστού (shoot weight) φυτών που προέρχονται από έρπουσες ρίζες(Α) και σπόρο(Β)	115
Εικόνα 30: Παγκόσμια καταγραφή της παρουσίας του <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση την κλιματική ταξινόμηση Korper-Geiger	116
Εικόνα 31: Μοντέλο πρόβλεψης της οικοτοπικής προσαρμογής (habitat suitability) του <i>Solanum elaeagnifolium</i> (αναθεωρημένο από Kriticos et al., 2010). Η κλιματική καταλληλότητα (οικοκλιματικός δείκτης CLIMEX (EI)) χαρτογραφείται ως σύνθετο στοιχείο της φυσικής βροχόπτωσης και της άρδευσης.....	118
Εικόνα 32: Ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης [Annual Growth Index (GIA)] για το <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2	118
Εικόνα 33: Καταπόνηση κρύου [Cold Stress (CS)] για το <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2	119
Εικόνα 34: Καταπόνηση ξηρασίας [Dry Stress (DS)] για το <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2	119
Εικόνα 35: Δείκτης υγρασίας [Moisture Index (MI)] για το <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2.....	120
Εικόνα 36: Καταπόνηση υγρασίας [Wet Stress (WS)] για το <i>Solanum elaeagnifolium</i> με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2	120
Εικόνα 37: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους βλαστού <i>Solanum elaeagnifolium</i> , του ύψους και του αριθμού καρπών ανά φυτό στη X άρδευση και στη 2X άρδευση	132
Εικόνα 38: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της βιομάζας φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> , της πυκνότητας και του αριθμού καρπών στη X άρδευση και στη 2X άρδευση.....	133
Εικόνα 39: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους της σόγιας, του μήκους και βάρους του ριζικού συστήματος, του ύψους και του αριθμού των λοβών ανά φυτό υπό χαμηλή (X) άρδευση και απουσία (μάρτυρας) ή ανταγωνισμό με το <i>Solanum elaeagnifolium</i>	138

Εικόνα 40: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους της σόγιας, του μήκους και βάρους του ριζικού συστήματος, του ύψους και του αριθμού των λοβών ανά φυτό υπό υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (μάρτυρας) ή ανταγωνισμό με το <i>Solanum elaeagnifolium</i>	138
Εικόνα 41: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης και βιομάζας της σόγιας, της βιομάζας, της πυκνότητας και του αριθμού των καρπών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> υπό χαμηλή (X) άρδευση και υψηλή (2X) άρδευση	139
Εικόνα 42: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σόγιας και της πυκνότητας του <i>Solanum elaeagnifolium</i> υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση	139
Εικόνα 43: Απεικόνιση των διάφορων βλαστητικών και αναπαραγωγικών σταδίων της σόγιας. Συγκεκριμένα, η ανάδυση των φυταρίων (Α), η έκπτυξη των κοτυληδόνων (Β), ο σχηματισμός των πρώτων πραγματικών φύλλων (Γ), ο σχηματισμένος λοβός (Δ), τα φυμάτια στις ρίζες (Ε), και ολόκληρο το φυτό της σόγιας στο στάδιο του γεμίσματος των σπόρων (Ζ).....	140
Εικόνα 44: Απεικόνιση του πειραματικού αγρού 20, 34, 68 και 100 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ) κατά το πρώτο έτος του πειράματος ανταγωνισμού της σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i>	141
Εικόνα 45: Απεικόνιση του πειραματικού αγρού 15, 20, 25, 35, 55 και 90 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ) κατά το δεύτερο έτος του πειράματος ανταγωνισμού της σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i>	142
Εικόνα 46: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του μήκους της ρίζας (root length), του ξηρού βάρους της ρίζας (root weight), του ύψους του βλαστού (height) και του ξηρού βάρους του βλαστού (shoot weight) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που μεταχειρίστηκαν με pendimethalin, benfluralin, και S-metolachlor	149
Εικόνα 47: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων <i>Solanum elaeagnifolium</i> στις 24/7/2022 ή 20 μέρες από την εφαρμογή (Α) και 23/8/2022 ή 50 μέρες από την εφαρμογή (Β)	150
Εικόνα 48: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν σε βλαστητικό στάδιο κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων	152
Εικόνα 49: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.....	153
Εικόνα 50: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν στο στάδιο της καρποφορίας κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων	154
Εικόνα 51: Φωτοσυνθετική ικανότητα (QY) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 4 ώρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam) στα στάδια της ανθοφορίας (δεξιά στήλη) και καρποφορίας (αριστερή στήλη).....	155
Εικόνα 52: Τιμή NDVI των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 4 ώρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam) στα στάδια της ανθοφορίας (δεξιά στήλη) και καρποφορίας (αριστερή στήλη)	156
Εικόνα 53: Πυκνότητα βλαστών (μπλε) και αριθμός καρπών (κόκκινο) ανά m ² 70 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού από φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> που βρίσκονταν στην ανθοφορία και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού από φυτά που βρίσκονταν στη καρποφορία	157
Εικόνα 54: Συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των καρπών και της πυκνότητας των βλαστών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού.....	157
Εικόνα 55: Αριθμός φυτών <i>S. elaeagnifolium</i> ανά 0.25 m ² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής (μία έως τρεις φορές) ...	158

Εικόνα 56: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των φυτών, του αριθμού των καρπών και της βιομάζας φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε 0.25 m ² quadrat που μεταχειρίστηκαν με ζεστό αφρό (hot foam), φλόγιστρο, και χορτοκοπή (μία έως τρεις φορές) 170 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	160
Εικόνα 57: Γραμμική συσχέτιση του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του ύψους του φυτού <i>Solanum elaeagnifolium</i> . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται για όλες τις επεμβάσεις (μάρτυρας, ζεστός αφρός, χορτοκοπή και φλόγιστρο).....	162
Εικόνα 58: Απεικόνιση της εφαρμογής φλόγιστρου σε φυτό <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενο από αγενή πολλαπλασιασμό (Α), της επίδρασης του στο φύλλωμα (Β), των αναβλαστήσεων και της μερικής ξήρανσης που προκαλεί στα φυτά (Γ, Δ)	162
Εικόνα 59: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας χορτοκοπής ενάντια σε φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT).....	163
Εικόνα 60: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας του ζεστού αφρού (hot foam) ενάντια σε φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό 1 ώρα μετά την εφαρμογή (HAT), και 1, 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT). Στις 150 ημέρες μετά τη πρώτη εφαρμογή έγινε δεύτερη εφαρμογή ζεστού αφρού στα μισά τεμάχια, το αποτέλεσμα της οποίας απεικονίζεται στην εικόνα i	164
Εικόνα 61: Απεικόνιση των φυτών του αμεταχειριστού μάρτυρα 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT)	165
Εικόνα 62: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης (αριστερά) και της ανθοφορίας (δεξιά)	171
Εικόνα 63: Ενδεικτική απεικόνιση σε quadrat εμβαδού 0.33 m ² των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που βρίσκονταν στο βλαστητικό στάδιο κατά τη διάρκεια του ψεκασμού, 10, 20 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής και συνδυασμού μεθόδων σε ελαιώνα. Τα quadrat τοποθετιόντουσαν σε κάθε μέτρηση στο ίδιο σημείο για κάθε plot.....	172
Εικόνα 64: Ενδεικτική απεικόνιση σε quadrat εμβαδού 0.33 m ² των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά τη διάρκεια του ψεκασμού, 10, 20 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής και συνδυασμού μεθόδων σε ελαιώνα. Τα quadrat τοποθετιόντουσαν σε κάθε μέτρηση στο ίδιο σημείο για κάθε plot.....	173
Εικόνα 65: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης κατά τα τρία έτη του πειραματισμού.....	183
Εικόνα 66: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης κατά τα τρία έτη του πειραματισμού. Οι τιμές εμφανίζονται ως μέση όροι των επεμβάσεων για τα τρία έτη.....	184
Εικόνα 67: Μέσος αριθμός βλαστών ανά τετραγωνικό δύο χρόνια μετά την πρώτη εφαρμογή των επεμβάσεων. Από αριστερά προς τα δεξιά: diflufenican+iodosulfuron, flazasulfuron, glyphosate, glyphosate+επιφανειοδραστικό, glyphosate+MCPA, MCPA, χορτοκοπή, χορτοκοπή fb diflufenican+iodosulfuron, μάρτυρας.....	185
Εικόνα 68: Αποτύπωση των ίδιων πειραματικών τεμαχίων 1 μήνα μετά την εφαρμογή το 2020, ένα χρόνο μετά το 2021 και δύο χρόνια μετά, με έμφαση στο μείγμα glyphosate + MCPA εναντίον του ζιζανίου <i>Solanum elaeagnifolium</i>	186
Εικόνα 69: Ενδεικτική απεικόνιση των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και αιθέριου ελαίου	

του caraway σε μεταβαλλόμενες δόσεις 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές της συνιστώμενης δόσης για κάθε ζιζανιοκτόνο.....	188
Εικόνα 70: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων NDVI, QY, θερμοκρασία φύλλου και ύψος φυτού 28 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και caraway σε φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i>	194
Εικόνα 71: Έλεγχος (%) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από εγγενή ή αγενή πολλαπλασιασμό. A: pyraflufen-ethyl; B: glyphosate; C: MCPA; D: πελαργονικό οξύ. Οι κάθετες μαύρες γραμμές είναι οι ανώτατες συνιστώμενες δόσεις για κάθε ζιζανιοκτόνο. Οι λεπτές μπλε γραμμές απεικονίζουν το ED ₅₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από σπόρο, οι λεπτές κόκκινες γραμμές απεικονίζουν το ED ₅₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα, οι διακεκομμένες μπλε γραμμές απεικονίζουν το ED ₉₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από σπόρο, και οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές απεικονίζουν το ED ₉₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα	196
Εικόνα 72: Ξηρό βάρος βλαστών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή glyphosate, MCPA, πελαργονικού οξέος και pyraflufen σε δόσεις 0.125X, 0.25X, 0.5X, 1X και 2X.....	197
Εικόνα 73: Αποτελεσματικότητα του φυσικού ζιζανιοκτόνου πελαργονικού οξέος σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	198
Εικόνα 74: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού ζιζανιοκτόνου επαφής pyraflufen-ethyl σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	198
Εικόνα 75: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	199
Εικόνα 76: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου MCPA σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	200
Εικόνα 77: Αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων πελαργονικό οξύ (A), pyraflufen-ethyl (B), glyphosate (Γ) και MCPA (Δ) σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	201
Εικόνα 78: Τιμές του δείκτη NDVI (A) και της βιομάζας (g/m ²) (B) για τις επεμβάσεις 20 μέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate. Οι στήλες που εμφανίζουν διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.....	202
Εικόνα 79: Απεικόνιση των τεμαχίων 20 ημέρες από την εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων glyphosate. Με το γράμμα M απεικονίζεται ο μάρτυρας ενώ το X είναι η συνιστώμενη δόση (750 cc/στρ.).....	204
Εικόνα 80: Ενδεικτική απεικόνιση της αποτελεσματικότητας χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής, συνδυασμού μεθόδων, και χρήση συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων εναντίον του ζιζανίου <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα 30 και 90 ημέρες μετά την εφαρμογή. Οι φωτογραφίες μεταξύ των δύο ημερομηνιών απεικονίζουν τα ίδια plots για κάθε επέμβαση.....	207
Εικόνα 81: Πείραμα φυτοδοχείων (A) και σύγκριση υπέργειου και ριζικού συστήματος φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο (B) και έρπουσες ρίζες (Γ)	208

Εικόνα 82: Απεικόνιση της ανάδυσης φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> μεταξύ των γραμμών καλλιέργειας σόγιας (Α), της κυριαρχίας του ζιζανίου εναντίον της σόγιας (Β), και της ανάδυσης νέων βλαστών μετά από χορτοκοπή και μέσα από υπολείμματα καλλιέργειας σιταριού.....	210
Εικόνα 83: Αποτύπωση των σταδίων ανάπτυξης της σόγιας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2021) με βάση τη θερμοκρασία, τις ημέρες από τη σπορά και τις αρδεύσεις. Με διακεκομμένες γραμμές εμφανίζονται στα στάδια ανάπτυξης σε συγκεκριμένες ημέρες από τη σπορά ενώ τα χρωματιστά βέλη απεικονίζουν τις μέρες όπου πραγματοποιήθηκε άρδευση. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τις ημέρες βροχόπτωσης. Στις 126 ημέρες έγινε η συγκομιδή της σόγιας. Όπου VE=ανάδυση, VC=κοτυληδόνας ξεδιπλωμένες, V1=πρώτο τρίφυλλο, V7=έβδομο τρίφυλλο, R1=έναρξη άνθησης, R3=έναρξη σχηματισμού λοβών, R7=έναρξη ωρίμανσης, και R8=πλήρης ωρίμανση.....	211
Εικόνα 84: Αποτύπωση των σταδίων ανάπτυξης της σόγιας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2022) με βάση τη θερμοκρασία, τις ημέρες από τη σπορά και τις αρδεύσεις. Με διακεκομμένες γραμμές εμφανίζονται στα στάδια ανάπτυξης σε συγκεκριμένες ημέρες από τη σπορά ενώ τα χρωματιστά βέλη απεικονίζουν τις μέρες όπου πραγματοποιήθηκε άρδευση. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τις ημέρες βροχόπτωσης. Στις 121 ημέρες έγινε η συγκομιδή της σόγιας. Όπου VE=ανάδυση, VC=κοτυληδόνας ξεδιπλωμένες, V1=πρώτο τρίφυλλο, V7=έβδομο τρίφυλλο, R1=έναρξη άνθησης, R3=έναρξη σχηματισμού λοβών, R7=έναρξη ωρίμανσης, και R8=πλήρης ωρίμανση.....	212
Εικόνα 85: Μη-χημικά εργαλεία, νέες τεχνολογίες, καινοτόμες καλλιεργητικές πρακτικές και ανταγωνιστικό πολλαπλασιαστικό υλικό για την ολοκληρωμένη και αγροοικολογική διαχείριση των ζιζανίων	215
Εικόνα 86: Διλήμματα που αντιμετωπίζουν παραγωγοί, γεωργικοί σύμβουλοι και ερευνητές σχετικά με την αγροοικολογική διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών	216
Εικόνα 87: Ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>S. elaeagnifolium</i> . Α: Εφαρμογή ζεστού ατμού (hot foam), Β: Χορτοκοπή και έλεγχος αναβλαστήσεων, Γ: Εφαρμογή μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, Δ: Επιλογή στενότερων γραμμών φύτευσης	221
Εικόνα 88: Αποτελεσματικότητα διαφορετικών συνθετικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> στο βλαστητικό στάδιο που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	236
Εικόνα 89: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής ζεστού αφρού (hot foam) 1 ώρα (HAT), 1, 2, και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT) σε φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά την εφαρμογή. Το quadrat που απεικονίζεται πριν την εφαρμογή, 1 ώρα μετά και 30 ώρες μετά είναι το ίδιο ώστε να αναδειχθεί η ικανότητα αναβλάστησης του ζιζανίου μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού.....	238
Εικόνα 90: Σύσταση ζιζανιοκτονίας με χρήση του εργαλείου consultation του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise. Προτάσεις εφαρμογής εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονται από σπόρο και βρίσκονται στα 2-3 φύλλα και σε πυκνότητα 2-10 φυτά/m ² (Α); Πρόταση εφαρμογής εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονται στα 2-3 φύλλα και σε πυκνότητα 2-10 φυτά/m ² (Β); Πρόταση ενέργειας στη περίπτωση όπου βρίσκονται ταυτόχρονα στον αγρό φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> και από εγγενή και από αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο της άνθησης και σε πυκνότητα 51-150 φυτά/m ² (Γ)	241
Εικόνα 91: Αποτύπωση του προφίλ του ζιζανιοκτόνου glyphosate εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό με χρήση του εργαλείου profile του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.....	242
Εικόνα 92: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας της χορτοκοπής και ζιζανιοκτόνων στη συνιστώμενη δόση εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από εγγενή και	

αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο των 4-5 φύλλων με χρήση του εργαλείου overview του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.	242
Εικόνα 93: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας μείγματος ζιζανιοκτόνων σε μεταβαλλόμενες δόσεις εναντίον φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο των 2-3 φύλλων με χρήση του εργαλείου mixture του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.	243
Εικόνα 94: Ολοκληρωμένη διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών πριν και μετά την εισβολή	245
Εικόνα 95: Οδηγός διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	245
Εικόνα 96: Προτεινόμενες μέθοδοι για την ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε διαφορετικά περιβάλλοντα	246

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Παγκόσμια καταγραφή εισβολών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> έως το 2022	46
Πίνακας 2: Ιοί στους οποίους παρουσιάζεται το <i>Solanum elaeagnifolium</i> ως ξενιστής	58
Πίνακας 3: Χρήσεις του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	62
Πίνακας 4: Όργανα, μηχανήματα και εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.....	67
Πίνακας 5: Εξισώσεις.....	70
Πίνακας 6: Βαθμοημέρες (GDDs) και άρδευση που δέχτηκαν τα φυτά σε αντιστοίχιση με τις ημέρες από την φύτευση και την έναρξη του πειράματος.....	76
Πίνακας 7: Εδαφολογική ανάλυση από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας όπου εγκαταστάθηκε το πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i>	78
Πίνακας 8: Ημερομηνίες και όγκος άρδευσης με βάση το στάδιο ανάπτυξης και τις ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας σόγιας στο πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού της με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i> το πρώτο χρόνο του πειράματος το 2021	81
Πίνακας 9: Ημερομηνίες και όγκος άρδευσης με βάση το στάδιο ανάπτυξης και τις ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας σόγιας στο πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού της με το ζιζάνιο <i>Solanum elaeagnifolium</i> το δεύτερο χρόνο του πειράματος το 2022	85
Πίνακας 10: Επεμβάσεις και δόσεις των δραστικών ουσιών των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό	89
Πίνακας 11: Μετρήσεις του πειράματος αξιολόγησης μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	90
Πίνακας 12: Επεμβάσεις και δόσεις των δραστικών ουσιών των προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας εναντίον φυτών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> που προέρχονταν από σπόρο	92
Πίνακας 13: Επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate εναντίον φυτών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> που βρίσκονταν στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης, της ανθοφορίας και της καρποφορίας.....	94
Πίνακας 14: Ημερομηνίες, επεμβάσεις και μετρήσεις των πειραμάτων αξιολόγησης ζεστού αφρού, φλογίστρου και χορτοκοπής εναντίον του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	97
Πίνακας 15: Επικρατούσες θερμοκρασίες και μηνιαία βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του τριετούς πειράματος διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα στον Βόλο	99
Πίνακας 16: Ημερομηνίες εργασιών στο τριετές πείραμα αξιολόγησης της χορτοκοπής και συνθετικών ζιζανιοκτόνων για τη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα	99
Πίνακας 17: Επεμβάσεις και δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης χορτοκοπής και χημικών ζιζανιοκτόνων για τη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα.....	100
Πίνακας 18: Επεμβάσεις και δόσεις φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων	103
Πίνακας 19: Επεμβάσεις και δόσεις φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων στο δεύτερο πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων	104
Πίνακας 20: Επεμβάσεις και μεταβαλλόμενες δόσεις του glyphosate	106
Πίνακας 21: Επεμβάσεις και δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise για τη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα	108
Πίνακας 22: Πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση της ωριμότητας του καρπού, της επέμβασης και της θερμοκρασίας προεπέμβασης των σπόρων <i>Solanum elaeagnifolium</i>	110

Πίνακας 23: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του μήκους και του βάθους των έρπουσων ριζών στον αριθμό των βλαστών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 60 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος.....	112
Πίνακας 24: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του τρόπου πολλαπλασιασμού (αγενής-εγγενής) στο καθορισμό των τιμών των μεταβλητών του μήκους και νωπού βάρους ρίζας, και ύψους και νωπού βάρους βλαστού.....	113
Πίνακας 25: Πολλαπλές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του νωπού βάρους της ρίζας, του μήκους της ρίζας, του νωπού βάρους του βλαστού και του ύψους του βλαστού από φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και σπόρο	114
Πίνακας 26: Κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger όπου υπάρχουν καταγραφές του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	117
Πίνακας 27: Ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (άρδευσης και έτος πειραματισμού) και του συνδυασμού τους για την ανάλυση της επίδρασης τους στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους ανά βλαστού <i>Solanum elaeagnifolium</i> , του ύψους, του αριθμού καρπών ανά φυτό, των αγκαθιών, του βάρους καρπού, της βιομάζας, της πυκνότητας και του αριθμού καρπών ανά τετραγωνικό	121
Πίνακας 28: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	123
Πίνακας 29: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών της πυκνότητας των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	124
Πίνακας 30: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του αριθμού των καρπών φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022).....	125
Πίνακας 31: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	126
Πίνακας 32: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του ύψους φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	127
Πίνακας 33: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του αριθμού καρπών ανά φυτό <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	128
Πίνακας 34: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών των αγκαθιών σε βλαστούς <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	129
Πίνακας 35: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του βάρους του καρπού φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)	130
Πίνακας 36: Ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (άρδευσης, έτος πειραματισμού και παρουσίας του <i>S. elaeagnifolium</i>) και των συνδυασμού τους για την ανάλυση της επίδρασης τους στο καθορισμό των τιμών του βάρους ανά φυτό σόγιας, του ύψους, του βάρους και μήκους του ριζικού, του αριθμού των λοβών ανά φυτό, της βιομάζας, και της απόδοσης σόγιας	133
Πίνακας 37: Τιμές νωπού βάρους σόγιας, ύψους, μήκος και βάρους ριζικού συστήματος και αριθμού λοβών ανά φυτό το πρώτο (2021) και δεύτερο (2022) πειραματικό έτος υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (Μάρτυρας) ή παρουσία του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	136

Πίνακας 38: Τιμές βιομάζας και απόδοσης ανά φυτό το πρώτο (2021) και δεύτερο (2022) πειραματικό έτος υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (Μάρτυρας) ή παρουσία του <i>Solanum elaeagnifolium</i>	137
Πίνακας 39: Εξισώσεις που περιγράφουν τις τιμές του δείκτη NDVI στο χρόνο για όλες τις επεμβάσεις.....	143
Πίνακας 40: Τιμές του NDVI, του ξηρού βάρους ανά φυτό και του ποσοστού επιβίωσης 28 DAT.....	144
Πίνακας 41: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της επέμβασης στο καθορισμό των τιμών του ύψους και ξηρού βάρους των βλαστών, και του μήκους και ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	148
Πίνακας 42: Αποτελεσματικότητα (ως το ποσοστό της μείωσης των βλαστών ανά επέμβαση προς τον αφέκαστο μάρτυρα) διαφορετικών αλάτων glyphosate 28 ημέρες μετά το ψεκάσμο εναντίον φυτών που βρίσκονταν σε βλαστητικό στάδιο, στην ανθοφορία ή στη καρποφορία	151
Πίνακας 43: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του σταδίου ανάπτυξης (ανθοφορία, καρποφορία) και της επέμβασης (ζεστού αφρού) στον καθορισμό των τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας (QY) φύλλων <i>Solanum elaeagnifolium</i>	155
Πίνακας 44: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του σταδίου ανάπτυξης (ανθοφορία, καρποφορία) και της επέμβασης (ζεστού αφρού) στον καθορισμό των τιμών του NDVI φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i>	156
Πίνακας 45: Έλεγχος (%) και αριθμός καρπών ανά m ² 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων στα στάδια της βλαστητικής ανάπτυξης και της ανθοφορίας φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> . Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	169
Πίνακας 46: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του σταδίου ανάπτυξης, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του NDVI 10 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών	170
Πίνακας 47: Έλεγχος (%) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	180
Πίνακας 48: Αριθμός καρπών ανά m ² φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	182
Πίνακας 49: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του πειραματικού έτους, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του NDVI 10 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών ...	182
Πίνακας 50: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης της δόσης του ζιζανιοκτόνου, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του νεπού βάρους φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	187
Πίνακας 51: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της επέμβασης, της δόσης και του έτους πειραματισμού στο καθορισμό των τιμών του ξηρού βάρους των βλαστών του ζιζανίου 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.....	197
Πίνακας 52: Εξισώσεις που περιγράφουν τις τιμές του δείκτη NDVI στο χρόνο για όλες τις επεμβάσεις.....	203
Πίνακας 53: Έλεγχος (%) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	205

Πίνακας 54: Βιομάζα ανά m ² φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	205
Πίνακας 55: Αριθμός καρπών ανά m ² φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	206
Πίνακας 56: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του πειραματικού έτους, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i>	206
Πίνακας 57: Περιορισμοί, απαγορεύσεις και ρυθμίσεις της διατήρησης, εμπορίας και μεταφοράς πολλαπλασιαστικών οργάνων του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε παγκόσμιο επίπεδο	217
Πίνακας 58: Σύνοψη ενδεικτικών πειραμάτων διαχείρισης του <i>Solanum elaeagnifolium</i> και καταγραφή των αποτελεσμάτων τους ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του ζιζανίου.....	219
Πίνακας 59: Εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για την αντιμετώπιση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε παγκόσμιο επίπεδο έως και το 2022.....	227
Πίνακας 60: Βιολογικοί παράγοντες που τρέφονται με φυτικά μέρη ή έχουν ως ξενιστή τους το <i>Solanum elaeagnifolium</i>	232

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Μέγιστη, μέση και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) κατά τη διάρκεια του πειράματος της αξιολόγησης προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων για την παρεμπόδιση του φυτρώματος σπόρων <i>Solanum elaeagnifolium</i>	92
Γράφημα 2: Ανώτατη, μέση και ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος μεταβαλλόμενων δόσεων του ζιζανιοκτόνου glyphosate.....	105
Γράφημα 3: Ρυθμός φυτρώματος και βλαστική ικανότητα (%) σπόρων <i>Solanum elaeagnifolium</i> από καρπούς 2 ετών έως και 35 ημέρες μετά την εφαρμογή νερού. Οι επεμβάσεις αφορούν τη ξηρή ή υγρή επέμβαση των σπόρων και την έκθεση τους στους 25 °C, 4 °C, ή -20 °C μία εβδομάδα πριν την έναρξη του πειράματος.....	109
Γράφημα 4: Ρυθμός φυτρώματος και βλαστική ικανότητα (%) σπόρων <i>Solanum elaeagnifolium</i> από καρπούς 1 έτους έως και 35 ημέρες μετά την εφαρμογή νερού. Οι επεμβάσεις αφορούν τη ξηρή ή υγρή επέμβαση των σπόρων και την έκθεση τους στους 25 °C, 4 °C, ή -20 °C μία εβδομάδα πριν την έναρξη του πειράματος.....	110
Γράφημα 5: Συνολικός αριθμός φυταρίων <i>Solanum elaeagnifolium</i> έως και πέντε εβδομάδες από την έναρξη του πειράματος.....	111
Γράφημα 6: Φωτοσυνθετική ικανότητα (Quantum Yield) και συνολικός αριθμός φυτών από αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμό	115
Γράφημα 7: Ταξινόμηση των καταγραφών του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε παγκόσμια κλίμακα με βάση τη κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger	117
Γράφημα 8: Βιομάζα φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.	123
Γράφημα 9: Πυκνότητα φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.	124
Γράφημα 10: Αριθμός καρπών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.	125
Γράφημα 11: Νωπού βάρους φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	126
Γράφημα 12: Ύψος φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.	127
Γράφημα 13: Αριθμός καρπών ανά φυτό <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	128
Γράφημα 14: Αριθμός αγκαθιών σε μήκος 10 cm σε βλαστούς <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.	129

Γράφημα 15: Βάρος καρπού φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	130
Γράφημα 16: Βάρος καρπών ανά φυτό <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	131
Γράφημα 17: Βραχίονες (διακλαδώσεις) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	131
Γράφημα 18: Διάμετρος καρπού φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.....	131
Γράφημα 19: Τιμές του NDVI για όλες τις επεμβάσεις από πριν την εφαρμογή έως και 28 DAT.....	144
Γράφημα 20: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους των φυτών και του δείκτη NDVI	145
Γράφημα 21: Τιμή NDVI των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	146
Γράφημα 22: Αριθμός βλαστών <i>Solanum elaeagnifolium</i> ανά επέμβαση 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	146
Γράφημα 23: Ύψος φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων.....	147
Γράφημα 24: Ξηρό βάρος ρίζας φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	147
Γράφημα 25: Μήκος ρίζας φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	147
Γράφημα 26: Ξηρό βάρος βλαστών <i>Solanum elaeagnifolium</i> προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων	148
Γράφημα 27: Βιομάζα (g/m ²) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονταν στο βλαστητικό στάδιο στα 5-10 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D: άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%.....	151
Γράφημα 28: Βιομάζα (g/m ²) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονταν στην ανθοφορία στα 10-30 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D: άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%.....	152
Γράφημα 29: Βιομάζα (g/m ²) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονταν στη καρποφορία στα 60-80 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D: άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%.....	154
Γράφημα 30: Αριθμός καρπών <i>S. elaeagnifolium</i> ανά 0.25 m ² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής (μία έως δύο φορές)	158
Γράφημα 31: Βιομάζα φυτών <i>S. elaeagnifolium</i> ανά 0.25 m ² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής (μία έως τρεις φορές) ...	159

Γράφημα 32: Αριθμός βλαστών <i>Solanum elaeagnifolium</i> ανά 0.25 m ² πριν, μία ώρα μετά, 10, 20, 30 50 και 110 μέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού, χορτοκοπής και φλόγιστρου ..	159
Γράφημα 33: Αριθμός καρπών ανά φυτό <i>S. elaeagnifolium</i> 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής.....	161
Γράφημα 34: Ύψος φυτών <i>S. elaeagnifolium</i> 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής.....	161
Γράφημα 35: Ξηρό βάρος φυτών <i>S. elaeagnifolium</i> 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής.....	161
Γράφημα 36: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης	166
Γράφημα 37: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας.....	166
Γράφημα 38: Τιμή NDVI 10 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστητική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα. Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	167
Γράφημα 39: Τιμή NDVI 30 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστητική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη) φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα. Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	168
Γράφημα 40: Βιομάζα φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστητική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	169
Γράφημα 41: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το πρώτο χρόνο πειραματισμού (2020) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 10/5/2020 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 12/6/2020	175
Γράφημα 42: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το δεύτερο χρόνο πειραματισμού (2021) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 18/5/2021 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 06/07/2021	175
Γράφημα 43: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το τρίτο χρόνο πειραματισμού (2022) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 15/5/2022 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 16/06/2022	176
Γράφημα 44: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2020)	177
Γράφημα 45: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το δεύτερο έτος του πειράματος (2021)	177
Γράφημα 46: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το τρίτο έτος του πειράματος (2022)	178

Γράφημα 47: Τιμή NDVI φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα 10 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	179
Γράφημα 48: Τιμή NDVI φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα 30 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	180
Γράφημα 49: Βιομάζα φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> σε ελαιώνα 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων	181
Γράφημα 50: Νωπό βάρος βλαστού φυτών <i>Solanum elaeagnifolium</i> 28 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και caraway.....	187
Γράφημα 51: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με pyraflufen-ethyl σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	189
Γράφημα 52: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με pyraflufen-ethyl σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	190
Γράφημα 53: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με πελαργονικό οξύ σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	190
Γράφημα 54: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με πελαργονικό οξύ σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	191
Γράφημα 55: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με caraway σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	192
Γράφημα 56: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά <i>Solanum elaeagnifolium</i> του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με caraway σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)	192
Γράφημα 57: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του NDVI και της βιομάζας των φυτών	202
Γράφημα 58: Τιμές του NDVI για όλες τις επεμβάσεις πριν την εφαρμογή του glyphosate, 10 και 20 DAT.....	203

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΧΩΡΟΚΑΤΑΚΤΗΤΙΚΑ ΕΙΔΗ (INVASIVE PLANT SPECIES)

Τα χωροκατακτητικά φυτικά είδη ή εισβολικά φυτά (Invasive Plant Species – IPS) παρουσιάζουν αποτελεσματικές στρατηγικές αναπαραγωγής που τους επιτρέπουν να εγκαθίστανται, να αναπαράγονται αποτελεσματικά σε περιοχές πέραν της φυσικής τους εξάπλωσης, και να διασπείρονται με υψηλούς ρυθμούς (Black and Bartlett, 2020; Rai and Singh, 2020). Υιοθετώντας τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που προκύπτει από τον κανονισμό 1143/2014, τα χωροκατακτητικά φυτικά είδη είναι εκείνα που απειλούν ή επηρεάζουν αρνητικά τη βιοποικιλότητα και ορισμένες οικοσυστημικές υπηρεσίες μετά την εισαγωγή ή τη διασπορά τους. Τα IPS συχνά θεωρούνται ζιζάνια, τα οποία ανταγωνίζονται για θρεπτικά συστατικά, ηλιακή ακτινοβολία και νερό (Kaur et al., 2018) και προκαλούν μεγάλες απώλειες στη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή αυξάνοντας το κόστος για την αποτελεσματική διαχείρισή τους.

Η τύχη των IPS μετά την εισαγωγή των πολλαπλασιαστικών τους οργάνων τους σε μια νέα περιοχή είναι πολύπλοκη και εξαρτάται από τη συσχέτιση του είδους με διάφορες λειτουργίες του οικοσυστήματος. Οι εισβολές φυτών προκαλούνται συχνά μετά την τυχαία εισαγωγή πολλαπλασιαστικών οργάνων, όπως σπόροι ή έρπουσες ρίζες (Lehan et al., 2013). Η διασπορά των χωροκατακτητικών ζιζανίων πραγματοποιείται σε ένα πλαίσιο έντονων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυτών, των εδαφοκλιματικών παραγόντων και των μικροβιακών κοινοτήτων του εδάφους (Rai and Singh, 2020), ενώ κατά περιπτώσεις τροποποιούνται οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων.

Η υψηλή γονιμότητα, η ικανότητα αυτογονιμοποίησης, η υψηλή φαινοτυπική πλαστικότητα και η ανάπτυξη μεγάλης τράπεζας σπόρων στο έδαφος είναι χαρακτηριστικά που ευνοούν τη διασπορά και την εγκατάσταση των IPS (Gioria et al., 2019; Tabassum and Leishman, 2019; Clements and Jones, 2021). Οι οδοί εισόδου σε μια νέα περιοχή ή χώρα συνδέονται άμεσα με ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως το εμπόριο (Perrings et al., 2005), ενώ τα λιμάνια και τα πλοία αποτελούν σημαντικό μέσο εισαγωγής των πολλαπλασιαστικών οργάνων των IPS (Shimono et al., 2020; Whitehurst et al., 2020). Η διασπορά των πολλαπλασιαστικών οργάνων ως μόλυσμα σε σπόρους καλλιεργειών, τροφών για ζώα και χώματος (Cossu et al., 2020) είναι από τους κυριότερους λόγους εισαγωγής των IPS, ενώ ο κίνδυνος μεταφορά τους με οχήματα είναι επίσης υπαρκτός (Follak et al., 2018). Αρκετά είδη έχουν εισαχθεί στην Ευρώπη ως καλλωπιστικά φυτά (Brunel et al., 2010).

Τα IPS είναι συχνά εξαιρετικά δύσκολο να εξαλειφθούν. Η μακροπρόθεσμη διαχείριση είναι συχνά η πιο αποτελεσματική επιλογή για τον περιορισμό της διασποράς τους και τον περιορισμό των επιπτώσεών τους στις καλλιέργειες, τη βιοποικιλότητα, τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Για τους λόγους αυτούς, η υιοθέτηση των αρχών της ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων (Integrated Weed Management - IWM) είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των φυτικών εισβολών στο πλαίσιο μιας "πιο πράσινης" γεωργίας, με σεβασμό στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων, του εδάφους και του περιβάλλοντος. Η IWM από τέσσερις βασικούς πυλώνες: (1) εκτίμηση κινδύνου, πρόβλεψη και πρόληψη, (2) έλεγχος, (3) παρακολούθηση και χαρτογράφηση, και (4) διαχείριση, αξιοποιώντας ένα συνδυασμό διαθέσιμων μεθόδων καταπολέμησης των ζιζανίων (προληπτικές, καλλιεργητικές, μηχανικές και χημικές) με νέες τεχνολογίες [μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aerial Vehicles - UAV), δορυφόροι, βοήθεια μέσω υπολογιστών και μηχανών] και τις πλέον σύγχρονες γνώσεις σχετικά με την οικολογία και τη βιολογία των IPS.

Η επιτυχής διαχείριση του IPS απειλείται από την καθυστερημένη ανίχνευση του είδους και τις λανθασμένες αναφορές αναγνώρισης. Ακόμα και αν έχουν αναπτυχθεί προηγούμενος όλα τα μοντέλα αξιολόγησης και πρόβλεψης κινδύνου, η καθυστερημένη έγκαιρη ανίχνευση ζιζανίων μπορεί να επιτρέψει την ευρεία διασπορά του IPS και να οδηγήσει σε αποτυχίες στην παρακολούθηση της εισβολής και σε αυξημένο κόστος διαχείρισης. Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της ψηφιακής γεωργίας (π.χ. UAV, υπερφασματική απεικόνιση, τηλεπισκόπηση) έχουν συμβάλει, σε συνδυασμό με τις εξελίξεις στην επιστήμη των πολιτών (Citizen Science) και την ευαισθητοποίηση του κοινού, στην αποτελεσματικότερη αναγνώριση, αναφορά και παρακολούθηση των IPS (Dymann et al., 2021; Kotowska et al., 2021; Islam et al., 2021; Young et al., 2021). Τα πολλαπλασιαστικά όργανα μπορούν να ανιχνευθούν πριν από την εισβολή σε μολυσμένες παρτίδες σπόρων και χώμα, σε εμπορικά φορτία σε οχήματα και πλοία, στα τελωνεία των συνόρων και σε φυτώρια φυτών (Gervilla et al., 2019; Cossu et al., 2020; Rubenstein et al., 2021). Μετά την εισαγωγή, ο εντοπισμός γίνεται συνήθως τυχαία σε αστικούς, δασικούς και γεωργικούς αγρούς ή μετά από αναφορές για αρνητικές επιπτώσεις από ένα νέο άγνωστο φυτικό είδος. Συγκεκριμένα, ο γεωργικός τομέας πλήττεται σοβαρά από την καθυστερημένη ανίχνευση και αναφορά ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα IPS. Η ανοδική τάση των ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα φυτικών ειδών παραμένει περιορισμός για την αποτελεσματική διαχείριση των ζιζανίων αγροοικοσυστήματα. Ο έλεγχος ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα πραγματοποιείται συχνά μετά από αναφορές των γεωργών για αποτυχίες στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Ένα ολιστικό πλαίσιο για την επιτυχή διαχείριση των IPS με βάση τις αρχές της IWM θα πρέπει να βασίζεται σε προηγμένες και πρωτοποριακές τεχνολογίες για την έγκαιρη ανίχνευση του ζιζανίου και τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του, ώστε να βοηθηθούν οι προσπάθειες εξάλειψης και διαχείρισης. Κάθε χώρα ορίζει τα δικά της ειδικά πρωτόκολλα, κανονισμούς και περιορισμούς για την εισαγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού φυτικών ειδών για την πρόληψη μελλοντικών εισβολών. Οι Branquart et al. (2016) ιεράρχησαν τα κύρια βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για να θεωρηθεί ένα φυτικό είδος ως χωροκατακτητικό και χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: (1) προκαταρκτικές εκτιμήσεις κινδύνου και (2) στρατηγικές διαχείρισης για τον έλεγχο των ειδών. Οι Black and Bartlett (2020) συνιστούν ότι η διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με το αν ένα φυτικό είδος μπορεί να χαρακτηριστεί ως χωροκατακτητικό ή όχι και οι επακόλουθες αποφάσεις διαχείρισης απαιτούν τρία βήματα: (1) τον προσδιορισμό του επιπέδου εισβολής και του κατά πόσον το είδος έχει εισαχθεί, εγκατασταθεί ή εξαπλωθεί σε μια περιοχή, (2) τη διάκριση των οικοσυστημάτων που πρέπει να προστατευθούν από τη φυτική εισβολή, όπως τα γεωργικά ή δασικά οικοσυστήματα, και (3) την ανάπτυξη εκτιμήσεων κινδύνου για πιθανές μελλοντικές φυτικές εισβολές ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, για την αξιολόγηση της δυναμικής εισβολής ενός είδους απαιτείται η διαθεσιμότητα επαρκών δεδομένων σχετικά με την εισαγωγή, τη βιολογία, την διασπορά, τις επιπτώσεις, και τη διαχείριση του.

1.2. TO ZIZANIO SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM (ΚΟΙΝΩΣ ΓΕΡΜΑΝΟΣ)

1.2.1. Ταξινόμηση

Το είδος *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles (1795) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae η οποία σύμφωνα με τους Sheppard et al. (2006) απαριθμεί περίπου 1400 είδη παγκοσμίως εκ των οποίων τα 143 θεωρούνται ζιζάνια. Το *S. elaeagnifolium* είναι ένα καλοκαιρινό πολυετές βαθύρριζο δυσσεζόντωτο χωροκατακτητικό φυτικό είδος. Το

γένος *Solanum* αποτελεί το πολυπληθέστερο της οικογένειας Solanaceae. Το *S. elaeagnifolium* ανήκει στον κλάδο (clade) Leptostemonum ή κοινώς στον κλάδο των ‘ακανθώδων σολανών’ (spiny solanum).

Το *S. elaeagnifolium* προέρχεται από το Βόρειο Μεξικό και τις Νοτιοδυτικές πολιτείες της Αμερικής. Ωστόσο, έχει προταθεί ότι και η Αργεντινή θεωρείται ζώνη αυτοφύου βλάστησης του φυτού (Chiarini et al., 2018). Ένα επιχείρημα που χρησιμοποιείται για την κατάρριψη αυτής της υπόθεσης είναι ότι στην Βόρεια Αμερική παρατηρούνται περισσότερα μονοφάγα είδη εντόμων σε σχέση με την Αργεντινή, κάτι που υποδεικνύει ότι η εισβολή στην Νότια Αμερική επήλθε μετά την Βόρεια Αμερική (Olickers and Zimmermann, 1991). Η εξάπλωση του *S. elaeagnifolium* στην Αμερικανική ήπειρο είναι μάλλον άμεσα συνδεδεμένη με την ύπαρξη διάφορων σημαντικών γεωλογικών γεγονότων (όπως διάφορες εποχές παγετώνων και ο σχηματισμός οροσειρών και η ένωση της Βόρειας και Νότιας Αμερικής μέσω του Παναμά) που συνέβησαν εκατομμύρια χρόνια πριν (Chiarini et al., 2018).

Σε κάθε περίπτωση, μεμονωμένα φυτά πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* διαφέρουν σε επίπεδο ύψους, αριθμού και σχήματος φύλλων, αριθμού καρπών, ύπαρξη και αφθονία αγκαθιών, αφθονία τριχών, αριθμό και μέγεθος καρπών, και χρώμα άνθους. Η τεράστια γενετική παραλλακτικότητα έχει προταθεί πρόσφατα ότι πιθανώς οφείλεται σε κρυφή γενετική ποικιλομορφία (cryptic genetic diversity) (Chiarini et al., 2018).

Παρακάτω δίνεται η βοτανική ταξινόμηση του ζιζανίου:

Βασίλειο: Plantae (Φυτά)

Υποβασίλειο: Tracheobionta (Αγγειόσπερμα)

Συνομοταξία: Spermatophyta

Ομοταξία: Magnoliophyta

Κλάση: Magnoliopsida (Δικοτυλήδονα)

Υποκλάση: Asteridae

Τάξη: Solanales (Στρυχνώδη)

Οικογένεια: Solanaceae (Στρυχνοειδή)

Γένος: *Solanum* L. (Στρύχνον)

Είδος: *Solanum elaeagnifolium* Cav.

Το όνομα *elaegnifolium* δόθηκε στο φυτό λόγω της ομοιότητας των φύλλων με την ελιά (leaves like *Elaeagnus*) όπως περιγράφει οι Hear and Carter (1999). Στην Ελλάδα το *S. elaeagnifolium* είναι ευρέως γνωστό ως γερμανός, ενώ αναφέρεται και ως σολανό, αγριοτοματιά (λανθασμένη ονομασία που αποδίδεται ορθώς στο ετήσιο είδος *Solanum nigrum* L.), και αγριομελιτζάνα. Σύμφωνα με τους Krigas et al. (2021), στη Βόρεια Ελλάδα το *S. elaeagnifolium* καλείται και ως «Λερναία Ύδρα» λόγω των έντονων αναβλαστήσεων μετά από κατεργασία.

Το *S. elaeagnifolium* είναι γνωστό στη Νότιο Αφρική ως silverleaf bitter apple ή ως ο θάμνος του σατανά (Satansbos), υποδεικνύοντας πόσο επιβλαβές είναι για τη χώρα (Wilson et al., 2013). Στην Αμερική και σε άλλα μέρη του κόσμου έχει λάβει ανά τα χρόνια διάφορες ονομασίες όπως white horsenettle, bullnettle, tomatillo, meloncillo και trompillo (Davis et al., 1945; Kwong et al., 2006). Σήμερα είναι ευρέως γνωστό ως silverleaf nightshade. Στην Αλγερία, παραγωγοί το λένε echouka, το οποίο σημαίνει αγκάθι λόγω των πολλαπλών αγκαθιών που φέρει στο βλαστό (Adjim and Kazi Tani, 2018). Στη Νότια Κορέα έλαβε το όνομα Eun-bit-kka-ma-jung που είναι ένας συνδυασμός ενός κοινού φυτού για τη χώρα και του ασημόχρωου χρωματισμού του *S. elaeagnifolium* (Hong et al., 2014).

1.2.2. Βιολογία

1.2.2.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το ζιζάνιο διαθέτει κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά που ευνοούν την ανάπτυξη και κυριαρχία του αφού εγκατασταθεί σε νέες περιοχές: (1) έχει υψηλό δυναμικό σποροπαραγωγής, (2) νέες βλασθήσεις μπορούν να προκύψουν ακόμα και από τεμαχισμένα τμήματα έρπουσων ριζών μήκους 0.5 εκ. (Travlos, 2013), (3) αναπτύσσει ένα εκτενές δίκτυο ριζών το οποίο ουσιαστικά καθιστά αναποτελεσματικές συνήθεις καλλιεργητικές πρακτικές για τη διαχείριση του, ενώ πολλά διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα δεν φέρουν επαρκή αποτελεσματικότητα εναντίον του (Wu et al., 2016), (4) είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε διάφορους βιοτικούς αλλά και αβιοτικούς (ξηρασία, αλατότητα) παράγοντες στρες (Christodoulakis et al., 2009), (5) παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών, (6) είναι νιτρόφιλο και η παρουσία του ευνοείται σε αρδευόμενες εκτάσεις (Gmira et al., 1998), και τέλος (7) σχηματίζει πυκνούς πληθυσμούς σε καλλιεργούμενες, λιβαδικές και μη γεωργικές εκτάσεις προκαλώντας σημαντικές οικονομικές απώλειες στη γεωργική παραγωγή αλλά και προβλήματα στη κτηνοτροφία καθώς οι σπόροι του είναι δηλητηριώδεις για τα ζώα (Stanton et al., 2009). Επίσης, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1, το φυτό βλαστώνει κατά κύματα από την άνοιξη έως το καλοκαίρι και παρουσιάζει εκτεταμένη περίοδο ανθοφορίας και καρποφορίας. Ως αποτέλεσμα, στο ίδιο σημείο ενός χωραφιού μπορούν να εντοπιστούν φυτά που βρίσκονται σε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης, από φυτάριο έως την έναρξη της ανθοφορίας, την έναρξη της καρποφορίας και τον ώριμο καρπό. Ο αριθμός των ανθέων έχει βρεθεί να έχει θετική συσχέτιση με το ύψος του φυτού (Petanidou et al., 2018).



Εικόνα 1: Απεικόνιση των διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης του *Solanum elaeagnifolium* από φυτά που κόπηκαν την ίδια ημέρα από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας (Σεπτέμβριος 2021). Από αριστερά προς τα δεξιά: βλασθητικό στάδιο, άνθηση, ανώριμος καρπός, ωρίμανση καρπών, ώριμοι καρποί

1.2.2.1.1. Έρπουσες Ρίζες

Το ριζικό σύστημα του *S. elaeagnifolium* αποτελείται από δύο μέρη: (1) από τη πρωτογενή κύρια ρίζα που αναπτύσσεται κάθετα στο έδαφος, έχει διάμετρο μεγαλύτερη του 1 εκ., και αποτελεί το κύριο αποθηκευτικό όργανο του φυτού, και (2) από τις οριζόντιες δευτερογενείς ρίζες που εκφύονται από την πρωτογενή ρίζα, αναπτύσσονται οριζόντια στο έδαφος έως τα 2 μέτρα και έπειτα στρέφονται και αυτές προς τα κάτω. Πολλαπλές μικρότερες σε μέγεθος δευτερογενείς ρίζες εκφύονται οριζόντια ως προς το έδαφος, ενώ δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Όλα τα κομμάτια των έρπουσων ριζών, ανεξαρτήτως του μεγέθους τους, έχουν τη δυνατότητα να σχηματίσουν βλαστητικούς οφθαλμούς. Η κεντρική ρίζα μπορεί να φτάσει έως και τα 2 μέτρα σε βάθος και να παράξει πολλαπλές έρπουσες ρίζες (Εικόνα 2). Μονάχα ένα μητρικό φυτό μπορεί να παράξει έως και 15 νέα φυτά μέσα σε μία καλλιεργητική περίοδο. Κατά το πρώτο χρόνο εγκατάστασης των έρπουσων ριζών μπορούν να αναπτυχθούν σε μία ακτίνα 25 εκ., σύμφωνα με τους Sayari and Mekki (2021), ενώ νέοι βλαστοί μπορούν να προκύψουν από τεμαχίδια των ριζών (root fragments) που βρίσκονται σε λήθαργο έως και 18 μήνες. Σε αδιάταραχτα εδάφη, ένα μεγάλο ποσοστό των έρπουσων ριζών αναπτύσσεται σε βάθος έως και 5 εκ., ενώ σε διαταραγμένα εδάφη (π.χ. αυτά που έχουν υποστεί κατεργασία), οι έρπουσες ρίζες εντοπίζονται και σε μεγαλύτερα βάθη 30-40 εκ. (Cuthbertson, 1976).

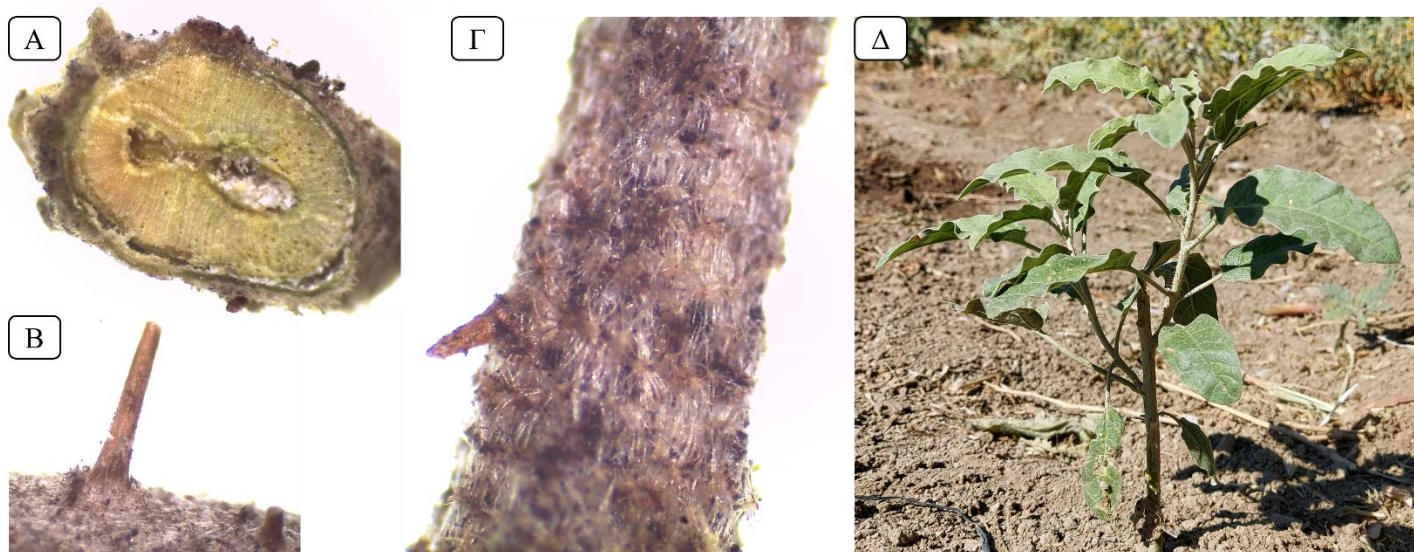


Εικόνα 2: Μητρικό φυτό *Solanum elaeagnifolium* και έρπουσες ρίζες που εκφύονται από οφθαλμούς της κύριας πασσαλώδους ρίζας και αναπτύσσονται οριζόντια ως προς το έδαφος (αγρός Εργ. Γεωργίας, Μάιος 2021)

1.2.2.1.2. Βλαστός

Οι βλαστοί φέρουν αγκάθια, συνήθως πορτοκαλί ή καφέ χρωματισμού, που εκτείνονται σε όλο το μήκος του έως και τους κάλυκες των ανθέων (Εικόνα 3). Το ξηρό βάρος του φυτού είναι περίπου 8-10 g 70 ημέρες μετά την ανάδυση (Bryson et al., 2012). Κομμάτια ρίζας που τοποθετήθηκαν στα 8 εκ. στο έδαφος, έδωσαν νέους βλαστούς 13 ημέρες μετά (Boyd and Murray, 1982b). Φυτάρια που προέρχονται από σπόρο ήταν

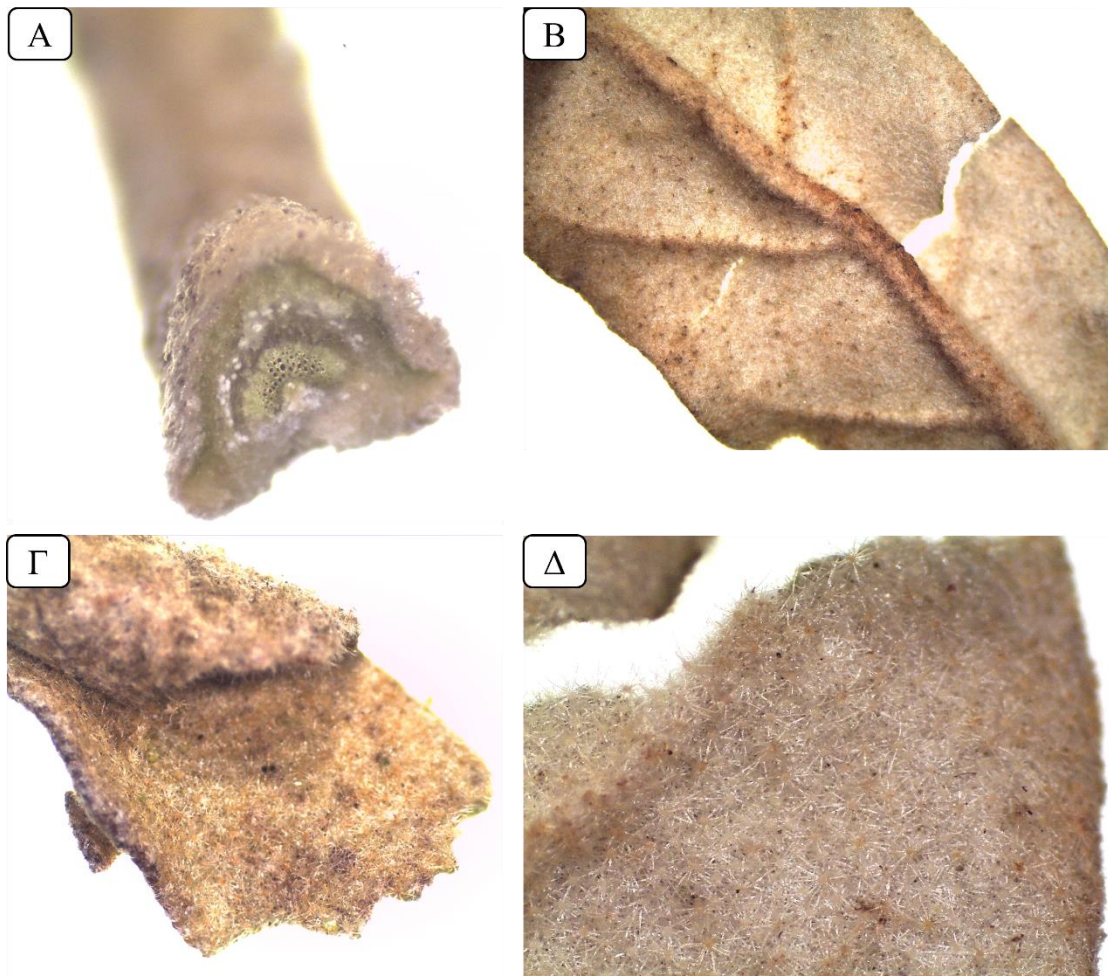
ικανά να αναβλαστήσουν ακόμα και μετά τη κοπή τους 15 ημέρες από την ανάδυση (Boyd and Murray, 1982b).



Εικόνα 3: Μορφολογικά χαρακτηριστικά βλαστών *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή βλαστού, Β: Αγκάθι που εκφύεται από βλαστό, Γ: Τρίχωμα που καλύπτει το βλαστό, Δ: Βλαστός 16 φύλλων

1.2.2.1.3. Φύλλο

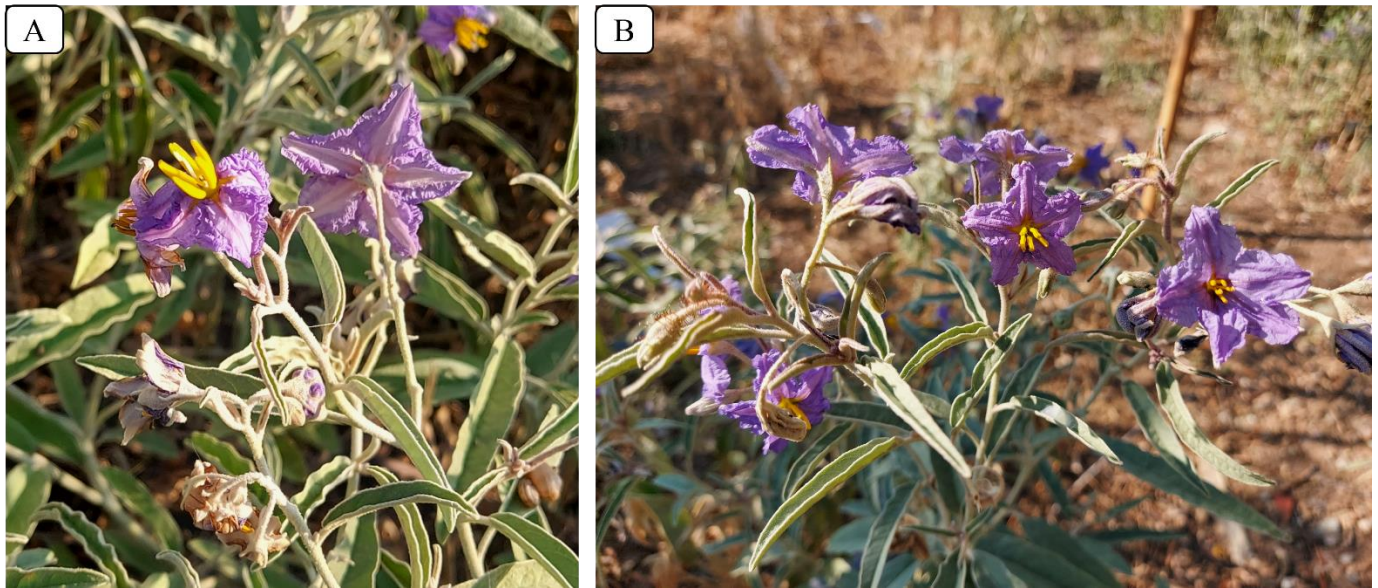
Οι Christodoulakis et al. (2009) περιγράφουν αναλυτικά τη μορφολογία του φύλλου με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Τα φύλλα του *S. elaeagnifolium* είναι έμμισχα, επιμήκη, με διάφορες κυματώσεις, που περιέχουν ένα πλέγμα πυκνού τριχώματος στη κάτω επιφάνεια και λιγότερο πυκνό πλέγμα στη πάνω επιφάνεια (Εικόνα 4). Το μέγεθος των φύλλων ποικίλει μεταξύ 2.5-16 εκ. σε μήκος και 1-4 εκ. σε πλάτος (Brunel, 2011). Οι τρίχες είναι αστεροειδείς (stellate hair) με 8-16 ακτίνες (Cosa et al., 1998) και βρίσκονται και στα φύλλα και στους βλαστούς (McCleery, 1907). Τα τριχώματα στην πάνω επιφάνεια των φύλλων έχουν βαθιές “ρίζες” που διατρυπούν το μεσόφυλλο, κάνοντας ιδιαίτερα δύσκολη την αποκόλληση τους από το φύλλο (Zhu et al., 2011). Το πάχος του φύλλου προσδιορίζεται περίπου στα 800 μm , ενώ στη πάνω επιφάνεια των φύλλων (adaxial surface) σχηματίζεται ένα πυκνό πλέγμα παρεγχύματος με επιμήκη κύτταρα που καταλαμβάνει το 40% του μεσόφυλλου (Christodoulakis et al., 2009). Τα επιδερμικά κύτταρα της κάτω επιφάνειας των φύλλων (abaxial surface) είναι μικρότερα σε μέγεθος και εμφανίζουν λεπτότερα κυτταρικά τοιχώματα σε σχέση με τα επιδερμικά κύτταρα της πάνω επιφάνειας. Τα στόματα βρίσκονται και στις δύο επιφάνειες του φύλλου και είναι ανομοκυτοτικά (anomocytic type) (Christodoulakis et al., 2009). Σε ανάλυση που έγινε για το προσδιορισμό των ακετονών (alcanes) της εφυμενίδας των φύλλων (epicuticular wax) βρέθηκε ότι η tritriacontane είναι το επικρατέστερο αλκάνιο (Maxzuld and Zygadlo, 1991). Μία λεπτομερής ανάλυση των φαινολικών ενώσεων του φύλλου του φυτού γίνεται από τους Elabbar et al. (2014), ενώ μία νέα μέθοδος (HPLC) προτείνεται για το καθορισμό των φαινολικών που βρίσκονται στα φύλλα του φυτού (González-González et al., 2019). Τα φύλλα του φυτού φαίνεται να περιέχουν τη βιταμίνη D₃ και συγκεκριμένα τις 1,25(OH)₂D₃ και 25(OH)D₃ (Khan et al., 2022). Γενικότερα, τα κύτταρα του μεσοφύλλου και οι τρίχες βρέθηκαν να εκκρίνουν δευτερογενείς μεταβολίτες όπως φλαβονοειδή, αλκαλοειδή και φαινολικά (Christodoulakis et al., 2009).



Εικόνα 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά φύλλων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή μίσχου, Β: Αποαξονική (abaxial) πλευρά του φύλλου, Γ: Προσαξονική (abaxial) πλευρά του φύλλου, Δ: Τρίχωμα που καλύπτει το φύλλο

1.2.2.1.4. Άνθος

Η στεφάνη του άνθους έχει διάμετρο 2.5-3.5 εκ. (Knapp et al., 2019). Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, δεν φέρουν νέκταρ, και είναι στραμμένα προς τα κάτω αποκτώντας μία ελαφρά κλίση ώστε να μην βρέχονται οι στήμονες και η στεφάνη από τα νερά της βροχής που προκαλεί την απελευθέρωση των γυρεόκοκκων και να μην προκαλείται πτώση της γύρης από τις δονήσεις των βομβίνων (Adjim and Kazi Tani, 2018; Tayal and Kariyat, 2021). Οι ανθήρες είναι διατεταγμένοι σε μία χαλαρή αρχιτεκτονική (loosely anther architecture) που επιτρέπει τη δόνηση από τους επικονιαστές και τη βέλτιστη απελευθέρωση της γύρης (Vallejo-Marín et al., 2021) και έχουν μήκος 6-10 mm (Knapp et al., 2019) (Εικόνα 5). Οι στήμονες αποτελούνται από βραχεία κυλινδρικά νημάτια που υποστηρίζουν επιμήκεις πορογενείς ανθήρες (Jankauski et al., 2021). Η γύρη του *S. elaeagnifolium* είναι ιδιαίτερα πλούσια σε άζωτο και πρωτεΐνη, αποτελώντας ελκυστική πηγή για τους επικονιαστές (Buchmann and Cane, 1989). Ενδεικτικά, τα άνθη μπορούν να λάβουν λευκό, μωβ-λευκό, ανοιχτό μωβ, σκούρο μωβ, και μπλε χρώμα (Εικόνα 6).



Εικόνα 5: Μορφολογικά χαρακτηριστικά άνθους. Α: Απεικόνιση άνθους όπου εμφανίζονται οι 5 στήμονες, Β: Πολλαπλά άνθη σε ένα βλαστό



Εικόνα 6: Πολυμορφισμός ως προς το χρώμα των ανθέων του *Solanum elaeagnifolium*, και συγκεκριμένα από λευκό και ανοιχτό μωβ έως σκούρο μωβ

1.2.2.1.5. Καρπός

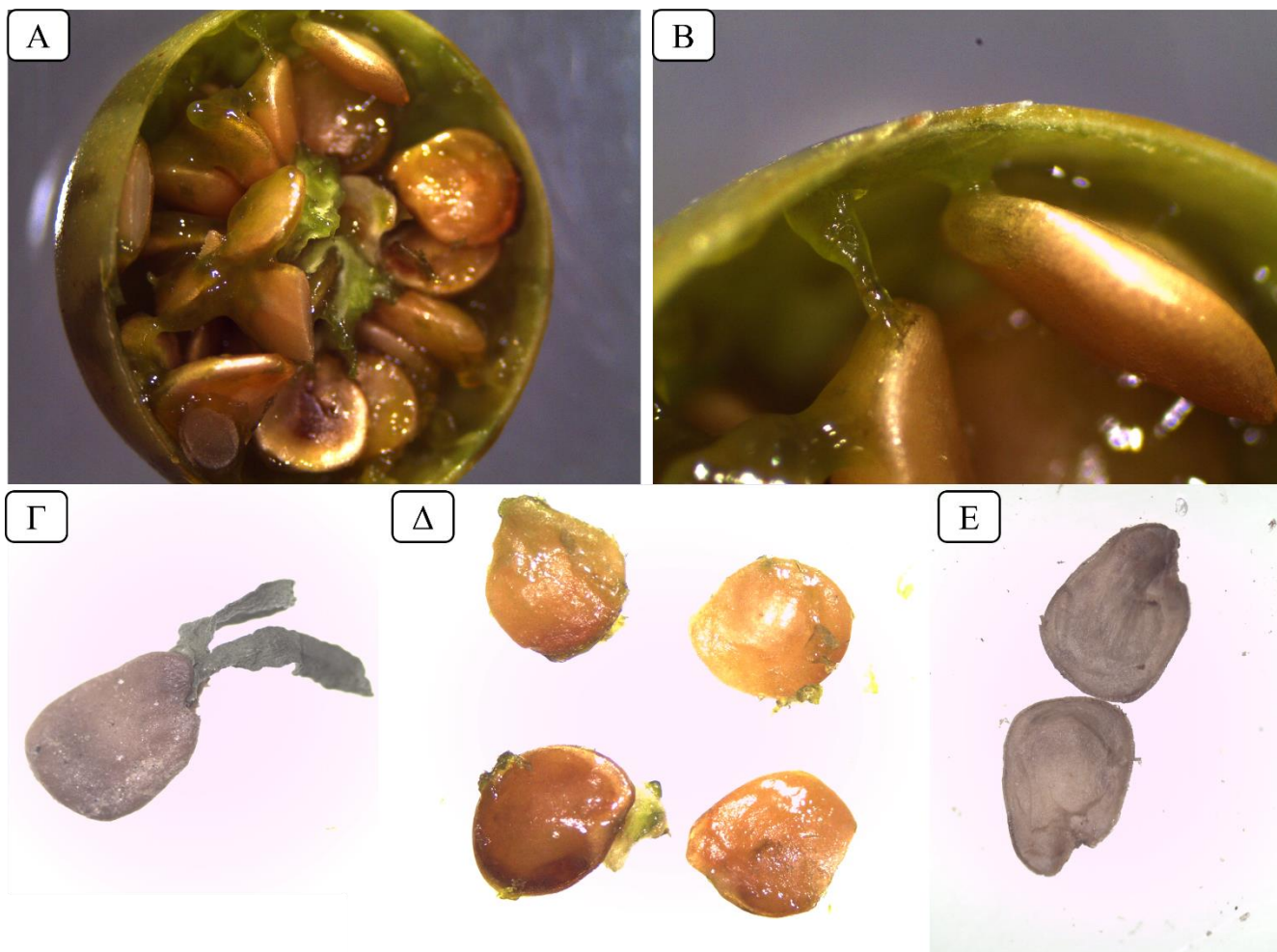
Ο σχηματισμός των καρπών (που είναι ράγα) πραγματοποιείται στον κάλυκα των ανθέων. Οι καρποί έχουν διάμετρο 1.0-1.5 εκ. και αρχικά έχουν πράσινο χρώμα, με χαρακτηριστικές κάθετες γραμμές, που μετατρέπεται σε κίτρινο και καφέ σκούρο όσο προχωράει η ωρίμανση του καρπού και των σπόρων (Mekki, 2007) (Εικόνα 7). Ένας καρπός μπορεί να φέρει από 60 έως και 120 σπόρους. Οι Viljoen et al. (2011) αναφέρουν ότι ένα φυτό μπορεί να παράγει μέχρι και 200 καρπούς μέσα σε ένα έτος. Ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης του καρπού, διαφοροποιούνται και τα επίπεδα των φαιολικών ουσιών και των φλαβονοειδών (Houda et al., 2014). 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 and Singh, 1987).



Εικόνα 7: Μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών *Solanum elaeagnifolium*. Α: Ανώριμος πράσινος καρπός, Β: Ωριμος κίτρινος καρπός, Γ: Εγκάρσια τομή ώριμου καφέ καρπού, Δ: Σύγκριση καρπών όλων των σταδίων

1.2.2.1.6. Σπόρος

Το μέγεθος των σπόρων είναι 2.5-4.0 mm και περιβάλλονται από μία κολλώδη ουσία που εμπεριέχεται εντός του καρπού (Mekki, 2007) (Εικόνα 8). 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 σολασοδίνης έχουν 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 and Singh, 1987). Συνολικά, έχει βρεθεί ότι φυτά που εκβλαστάνουν τον Μάρτιο (για το Βόρειο Ημισφαίριο) και προέρχονται από έρπουσες ρίζες παρήγαγαν >10.000 σπόρους ανά φυτό, ενώ φυτά που προέρχονται από σπόρο παρήγαγαν 1.200 σπόρους (Zhu et al., 2013c). Το καθυστερημένο φύτρωμα οδηγεί σε μείωση της παραγωγής καρπών και σπόρων, ενώ σπόροι που φύτρωσαν τον Ιούλιο δεν οδηγήθηκαν σε σχηματισμό καρπών (Boyd and Murray, 1982b).



Εικόνα 8: Μορφολογικά χαρακτηριστικά σπόρων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Εγκάρσια τομή καρπού, Β: Κολλώδης ουσία που περιβάλλει τους σπόρους εντός του καρπού, Γ: Φυτρωμένος σπόρος όπου γίνεται απόπτωση του περιβλήματος, Δ: Κολλώδης ουσία που περιβάλλει τους σπόρους, Ε: Κάθετη τομή του σπόρου και απεικόνιση του εμβρύου

1.2.2.2. Αντοχή σε αντίξοες συνθήκες και οικοφυσιολογία

Το *S. elaeagnifolium* παρουσιάζει υψηλή φαινοτυπική πλαστικότητα αλλά και γενετική ποικιλότητα, αμφοτεροί παράγοντες που καθιστούν επιτυχημένη τη προσαρμογή του σε διαφορετικά περιβάλλοντα και την αντοχή του σε μία σειρά από καταπονήσεις (Singleton et al., 2020).

Σε περιβάλλοντα όπου επικρατούν αντίξοες συνθήκες (όπως τα περιθώρια δρόμων ή εκεί που επικρατεί ξηρασία ή υπάρχει υψηλή αλατότητα), το φυτό εμφανίζει συνήθως έντονο τρίχωμα και πυκνά αγκάθια, ενώ το ύψος των φυτών παραμένει χαμηλό (Qasem et al., 2019). Αντίθετα, το φυτό φέρει λιγότερα αγκάθια υπό συνθήκες επάρκειας νερού (Qasem, 2014). Σύμφωνα με τους Adjim and Kazi Tani (2018) ο χειμερινός λήθαργος του ζιζανίου ξεκινάει όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες από 10°C και συνοδεύεται από την νέκρωση του υπέργειου μέρους του φυτού.

Το πυκνό τρίχωμα, τόσο στη πάνω όσο και στη κάτω επιφάνεια των φύλλων, έχει καταγραφεί ως ένας παράγοντας που πιθανώς μειώνει την απορρόφηση των ζιζανιοκτόνων καθώς δεν γίνεται καλή διαβροχή της επιδερμίδας του φύλλου, μειώνει τη ζημιογόνο δράση εντόμων δρώντας ως φυσικό εμπόδιο, και πιθανώς προκαλεί τη 'ψύξη' του φύλλου κατά τους θερινούς μήνες και όταν επιδρούν υψηλές θερμοκρασίες

καθώς μειώνονται τα ποσοστά εξατμισοδιαπνοής (Burrows et al., 2013; Watts and Kariyat, 2021).

Ο τραυματισμός του φυτού (είτε μέσω χορτοκοπής είτε λόγω βιοτικών παραγόντων) έχει βρεθεί να προκαλεί την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων που αυξάνουν τα επίπεδα δευτερογενών μεταβολιτών, όπως αλδεΐδες και τερπένια, τα οποία συνδέονται με την άμυνα του φυτού σε βιοτικά στρες (Tsaballa et al., 2015).

1.2.2.3. Φαινολογία

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το *S. elaeagnifolium* παρουσιάζει υψηλή γενετική ποικιλότητα που επιτρέπει στο φυτό να αναπτύξει νέους βιοτύπους που μπορεί να προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον ή να είναι πιο ανθεκτικοί στις πρακτικές διαχείρισής τους (Zhu et al., 2013b).

Τα αγκάθια που αναπτύσσονται κατά μήκος των βλαστών κάνουν δύσκολο το βοτάνισμα με το χέρι και δυσχεραίνουν τη βόσκηση (Qasem, 2014).

Οι Adjim and Kazi Tani (2018) περιγράφουν το τρόπο με τον οποίο επεκτείνεται το *S. elaeagnifolium* προσομοιάζοντας το με τις Ρωμαϊκές φάλαγγες, δημιουργώντας ένα ενιαίο μέτωπο που επεκτείνεται αργά και δεν επιτρέπει την εγκατάσταση και κυριαρχία άλλων φυτικών ειδών.

Στην Αυστραλία έχει αναφερθεί ο σχηματισμός καρπών και η παραγωγή σπόρων δύο φορές μέσα σε μία περίοδο, καθώς μία βροχόπτωση 75 mm μετά από ένα θερμό και ξηρό καλοκαίρι προκάλεσε αναβλαστήσεις (McKenzie, 1976b). Στη Συρία, η άνθηση ξεκινάει στις αρχές Μαΐου και εκτείνεται έως το τέλος Αυγούστου, ενώ η καρποφορία ξεκινάει τον Ιούλιο (Bakkour et al., 2021). Σε πείραμα θερμοκηπίου στις ΗΠΑ, το *S. elaeagnifolium* χρειάστηκε 63 ημέρες από την ανάδυση για την εμφάνιση των ανθέων, ενώ έφτασε τα 97 εκ. σε ύψος έχοντας 38 φύλλα 70 ημέρες από την ανάδυση (Bryson et al., 2012).

1.2.2.4. Μυκορριζικοί μύκητες και συμβιωτικά βακτήρια

Οι έρευνες που αφορούν την επίδραση του *S. elaeagnifolium* στα βακτήρια και τους μύκητες του εδάφους είναι λιγιστές. Οι Balah et al. (2022) αναφέρουν ότι στη ριζόσφαιρα του ζιζανίου υπήρξε σημαντικά μικρότερος αριθμός μυκήτων σε μεγάλες προσβολές μεγαλύτερες των 20 φυτών ανά τετραγωνικό από ότι σε μικρές προσβολές με λιγότερα από 20 φυτά ανά τετραγωνικό. Και στα βακτήρια οι υψηλές πυκνότητες του *S. elaeagnifolium* συνδέονται με τη παρουσία μικρότερου αριθμού βακτηρίων στη ριζόσφαιρα (Balah et al., 2022). Το *S. elaeagnifolium* έχει συσχετιστεί με την προσβολή από ενδοφυτικούς και μυκορριζικούς μύκητες (Osuna Ávila et al., 2021).

1.2.2.5. Άνθος και επικονίαση

Το *S. elaeagnifolium* είναι υποχρεωτικά διασταυρούμενο είδος με γαμετοφυτική αυτοασυμβατότητα. Ωστόσο, υπό συνθήκες έλλειψης ξένης γύρης ή μεγάλης ηλικίας των ανθέων, μπορεί να μετατραπούν μερικώς και σε αυτοσυμβατά (Tayal et al., 2020). Στη ζώνη αυτοφυούς βλάστησης στην Αριζόνα, ΗΠΑ, βρέθηκε ότι τα φυτά είναι αυτοσυμβατά (self-compatible), ενώ στη ζώνη εισβολής στη Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, τα φυτά έχουν αυτοασυμβίβαστο (self-incompatible) (Petanidou et al., 2012). Η ανακατανομή αλληλόμορφων λόγω του γεγονότος ότι είναι υποχρεωτικά διασταυρούμενη η γονιμοποίηση δημιουργεί ανασυνδυασμούς του γονιδιώματος που οδηγούν στη μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα φυτών του ίδιου ή διαφορετικών

πληθυσμών (Singleton et al., 2020). Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του *S. elaeagnifolium* είναι η πολύ μεγάλη παραλλακτικότητα του χρωματισμού των ανθέων του, η οποία εμφανίζεται σε πληθυσμούς που μπορεί να βρίσκονται σε πολύ κοντινό σημείο (Εικόνα 9). Επιστημονικά παραμένει ακόμα αδιευκρίνιστος ο λόγος για τον οποίο συγκεκριμένα φυτά εμφανίζουν άνθη διαφορετικού χρώματος από γειτονικά φυτά του ζιζανίου. Η επικρατούσα μέχρι στιγμής άποψη αναφέρει ότι αυτή η διαφορά οφείλεται σε διαφορές στο γονιδίωμα των φυτών, ενώ υπάρχει ακόμα μία άποψη, που αιτιολογεί αυτή τη διαφορά στην ύπαρξη διαφορετικού υποείδους ή διαφορετικού είδους του *S. elaeagnifolium* που ακόμα δεν έχει χαρακτηριστεί. Στην Ιορδανία παρατηρήθηκε ότι τα πιο σκούρα μωβ και μπλε άνθη απαντήθηκαν σε εδάφη γόνιμα και βαριά, ενώ τα υπόλοιπα σε λιγότερο γόνιμα ή αλατούχα εδάφη, όπου επικρατούν αντίξοες συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού (Qasem, 2014; Qasem et al., 2019). Σε μελέτη που έγινε όσον αφορά το καρύτυπο και τις μορφολογικές διαφορές των άσπρων και μωβ ανθέων από φυτά της Συρίας, σημειώθηκε ότι ανήκαν στην ίδια και όχι σε διαφορετική ταξινομική ομάδα, ενώ το αντίθετο συνέβη με τον Μαροκινό βιότυπο όπου τα λευκά άνθη είχαν Β χρωμόσωμα και ένα δορυφόρο (inter chromosomal liaisons phenomenon) (αναφορά του Khanas, 1996, από τους Bouhache and Gbèhounou, 2014).



Εικόνα 9: Φυτά *Solanum elaeagnifolium* που προέκυψαν από αγενή πολλαπλασιασμό και παρουσιάζουν διαφορετικό χρώμα άνθους (αγρός Εργ. Γεωργίας, Ιούνιος 2020)

Η επικονίαση πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά από βομβίνους (buzz-pollinators), οι οποίοι εκτελούν πολλαπλές πτήσεις και μπορούν να επισκεφθούν εκατοντάδες άνθη του ζιζανίου μέσα σε λίγες ώρες (Εικόνα 10). Βομβίνους εννοούμε τους επικονιαστές που δίνουν τους ανθήρες κατά την επίσκεψη τους στο άνθος για να παραλάβουν τη πολύτιμη γύρη από τους πορώδεις ανθήρες του *S. elaeagnifolium*. Οι πτήσεις των βομβίνων είναι έντονες κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και φθίνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας και όσο ανεβαίνουν οι θερμοκρασίες. Η παρατεταμένη ανθοφορία που διαρκεί έως και 7 μήνες είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ανθοφόρα φυτά ή δεν φέρουν άνθη κατά το καλοκαίρι και στις αρχές του φθινοπώρου (Adjim and Kazi Tani, 2018). Τα είδη επικονιαστών που επισκέπτονται τα άνθη του φυτού είναι κατά πλειοψηφία έντομα που δίνουν με τα φτερά τους τους ανθήρες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ βρέθηκε ότι η ποσότητα της εξαγόμενης γύρης έχει θετική συσχέτιση με τη διάρκεια της δόνησης των ανθών (Tayal and Kariyat, 2021). Στη ζώνη αυτοφυούς

βλάστησης, στο Τέξας, ΗΠΑ, παρατηρήθηκαν επισκέψεις των ειδών *Xylocopa tabaniformis* και *Xylocopa varipuncta* στα άνθη του *S. elaeagnifolium* (Rubio et al., 2022), ενώ στο Νότιο Τέξας παρατηρήθηκαν επισκέψεις των γενών *Exomalopsis*, *Halictus*, *Megachile* και *Bombus* (Tayal and Kariyat, 2021). Στη Λέσβο, Ελλάδα, παρατηρήθηκε ότι περισσότερο από το 70% των επισκέψεων προέκυψε από βομβίνους τους γένους *Amegilla* spp., πολύ λιγότερο από επικονιαστές της οικογένειας Halictidae και σχεδόν αμελητέα από τους επικονιαστές Megachilidae και *Xylocopa* spp. (Tscheulin et al., 2008). Τα άνθη του ζιζανίου επισκέφθηκαν κατά μέσο όρο 1.91 φορές μέσα σε μία ώρα.

Σε συνθήκες θερμοκηπίου τον Ιούνιο του 2021 στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α. φωτογραφήθηκε μέλισσα η οποία επισκέφθηκε άνθος του ζιζανίου (Εικόνα 10). Όπως περιγράφεται από τους Petanidou et al. (2018), μικρού μεγέθους επικονιαστές όπως οι μέλισσες (*Apis mellifera*), έντομα της οικογένειας Halictidae και έντομα του γένους *Megachile*, έχουν παρατηρηθεί να συλλέγουν γύρη που εναποτίθεται στο άνθος ή στη στεφάνη μετά από δόνηση που προκαλείται από βομβίνους ή από άνθη που κουνήθηκαν λόγω του ανέμου.



Εικόνα 10: Επίσκεψη επικονιαστών (βομβίνου και μέλισσας) σε άνθη *Solanum elaeagnifolium* (αγρός και θερμοκήπιο Εργ. Γεωργίας Ιουνίου 2021)

1.2.2.6. Παραγωγή σπόρων και τράπεζα σπόρων εδάφους

Οι σπόροι του ζιζανίου λαμβάνουν κίτρινο έως σκούρο καφέ χρωματισμό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11. Οι Boyd and Murray (1982b) αναφέρουν από τους Cooley and Smith (1973) ότι πυκνοί πληθυσμοί του *S. elaeagnifolium* έχουν δυναμικό παραγωγής σπόρων ακόμη και 25 εκατομμύρια ανά στρέμμα. Ένα φυτό παράγει από 150 έως 7.200 βιώσιμους σπόρους σύμφωνα με τους Brunel et al. (2010), και 1.500 έως 36.000 σπόρους σύμφωνα με τον Bouhache (2010). Υπάρχουν αναφορές ότι οι σπόροι του *S. elaeagnifolium* διατηρούν τη βιωσιμότητα τους στο έδαφος για αρκετά χρόνια. Οι σπόροι του ζιζανίου στο έδαφος διατηρούν τη βιωσιμότητα τους τουλάχιστον έξι έως 10 χρόνια και ενδέχεται και περισσότερα (Stanton et al., 2011a; Schultz, 2011). Ο Rutherford (1976) αναφέρει από τους Bellue et al. (1959) ότι σπόροι που παράχθηκαν την ίδια χρονιά διατηρούν 29% βλαστικότητα, σπόροι 3 χρόνων 72% βλαστικότητα, και τέλος σπόροι δεκαετίας 60% βλαστικότητα. Σε συνδυασμό με τη μειωμένη βλαστητική ικανότητα των σπόρων, δημιουργείται μία μεγάλη τράπεζα σπόρων του ζιζανίου στο έδαφος. Στο Μαρόκο, έχει αναφερθεί ότι σε βάθος 60 εκ. βρέθηκαν περισσότεροι από 44.000 σπόροι/m², χωρίς ωστόσο να είναι όλοι βιώσιμοι

(Adjim and Tani, 2015). Η κατεργασία του εδάφους προκαλεί αλλαγές στην τράπεζα σπόρων, καθώς έχει βρεθεί ότι σπόροι που ήταν θαμμένοι στα 10 εκ. διατηρούσαν υψηλότερη βιωσιμότητα και βλαστητική ικανότητα από σπόρους που ήταν θαμμένοι πιο επιφανειακά τρία χρόνια μετά το θάψιμο (Stanton et al., 2012). Οι ίδιοι συγγραφείς παρατήρησαν ότι οι σπόροι που βρίσκονται εντός των καρπών διατηρούν τη βιωσιμότητα και τη βλαστητική τους ικανότητα σε υψηλά επίπεδα έως και δύο χρόνια, ανεξάρτητα από το βάθος που έχουν θαφτεί οι καρποί. Η ανάδυση φυταρίων από σπόρους βρέθηκε ότι μειώνεται σημαντικά όταν οι σπόροι βρίσκονταν σε βάθος κάτω του 1 εκ. στο έδαφος (Boyd and Murray, 1982b). Η εφαρμογή φυτορρυθμιστικών ουσιών και φυτοορμονών έχει προταθεί ως μία στρατηγική προώθησης του φυτρώματος των σπόρων που βρίσκονται στη τράπεζα του εδάφους μέσω του σπασίματος του ληθάργου, έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η διαχείριση των φυτών σε νεαρό στάδιο και να μειωθεί το δυναμικό αναπλήρωσης της τράπεζας του εδάφους με νέους σπόρους. Διάφορες μελέτες αναφέρουν ότι οι σπόροι αντιδρούν θετικά στην εφαρμογή γιββερελικού οξέος (GA) (Balah et al., 2021), ενώ η εφαρμογή αμυγιστικού οξέος οδήγησε σε μείωση του φυτρώματος των σπόρων (Turner et al., 2021). Τα φυτά που προκύπτουν από κομμάτια των ριζών, έχει βρεθεί να παράγουν πολύ περισσότερους καρπούς ανά φυτό (~120) σε σχέση με τα φυτά που προκύπτουν από σπόρο (~20-25), 6 μήνες μετά την εμφάνιση τους και την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου (Zhu et al., 2012).



Εικόνα 11: Σπόροι του *Solanum elaeagnifolium* διαφορετικού χρώματος και ωριμότητας

1.2.2.7. Φύτρωμα σπόρων

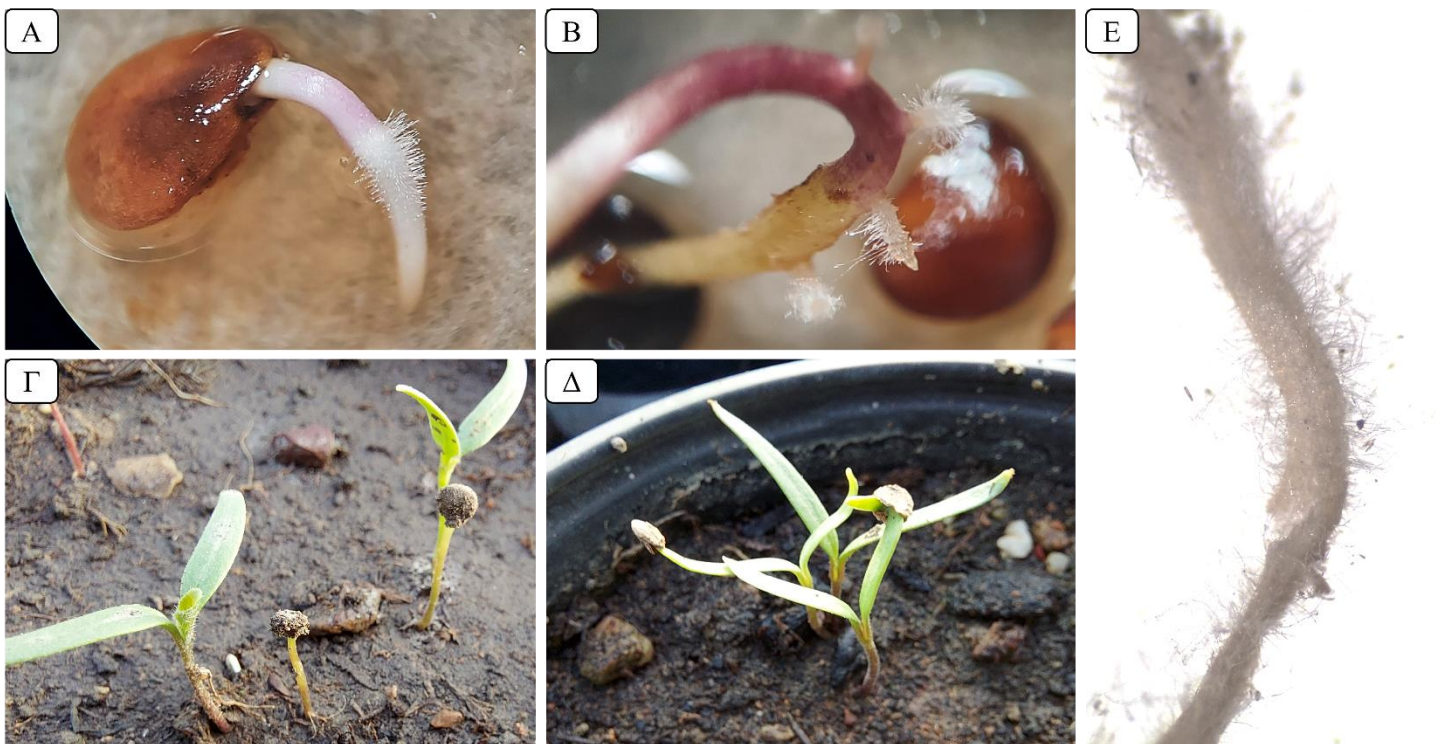
Οι σπόροι του *S. elaeagnifolium* περιέχουν εξωτερικά μία βλενώδη ουσία (mucilaginous substance) η οποία παρεμποδίζει το φύτρωμα (Rutherford, 1976) (Εικόνα 12). Οι Chavana et al. (2021) παρατήρησαν ότι οι περισσότεροι σπόροι θα φυτρώσουν έως και πέντε εβδομάδες μετά τη σπορά, ενώ το ποσοστό φυτρώματος των σπόρων του *S. elaeagnifolium* ανέρχεται περίπου στο 50%. Το φύτρωμα των σπόρων του *S. elaeagnifolium* ευνοείται από εναλλασσόμενες θερμοκρασίες (κυρίως 15/25 °C), ενώ οι σταθερές θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 40 °C οδηγούν σε πολύ χαμηλό ποσοστό φυτρώματος των σπόρων και λιγότερο από 5% (Stanton et al., 2012). Το φύτρωμα των σπόρων μειώνεται με την αύξηση της οσμωτικής πίεσης (>-0.2 MPa) ενώ σημαντικό

ρόλο διαδραματίζουν και οι επικρατούσες θερμοκρασίες καθώς το ποσοστό φυτρώματος βρέθηκε να ανέρχεται σε 26% κάτω από εναλλασσόμενες θερμοκρασίες 15/25 °C, 12 h φωτοπερίοδο και -0.24 MPa, σε σύγκριση με τις εναλλασσόμενες θερμοκρασίες 10/25 °C και 15/30 °C, όπου το ποσοστό φυτρώματος ήταν μικρότερο από 10% (Stanton et al., 2012). Σε ένα άλλο πείραμα, η οσμωτική πίεση στα -0.5 MPa οδήγησε στην πλήρη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων (Balah et al., 2021). Το ποσοστό φυτρώματος των σπόρων μειώνεται επίσης με την αύξηση των επιπέδων NaCl, καθώς σε απεσταγμένο νερό το φυτόμα ανέρχεται στο 70% ενώ στη ποσότητα των 80 mM NaCl μειώνεται σε λιγότερο από 20% και τέλος στα 160 mM NaCl φθάνει στο 5% (Stanton et al., 2012). Οι σπόροι είχαν τη δυνατότητα να φυτρώσουν έως τα 125 mM NaCl σε ένα άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας σπόρους από πληθυσμούς της Σαρδηνίας της Ιταλίας (Podda et al., 2015). Τα αλάτια CaCl₂, MgCl₂, NaCl, και KCl στις συγκεντρώσεις των 80 ή 160 mM, μείωσαν σημαντικά το φυτόμα των σπόρων του *S. elaeagnifolium* σε σχέση με το μάρτυρα (Turner et al., 2021). Η αύξηση του pH οδηγεί σε αύξηση του ποσοστού φυτρώματος των σπόρων από σχεδόν 50% σε pH=4 σε περισσότερο από 75% σε pH=10 υπό συνθήκες εναλλασσόμενων θερμοκρασιών 15/25 °C και φωτοπερίοδο 12 h (Stanton et al., 2012). Το πλέον βέλτιστο εύρος pH για το φυτόμα των σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 7-9 και είναι αλκαλικό (Balah et al., 2021).

Οι σπόροι του *S. elaeagnifolium* διατηρούν τη βλαστητική τους ικανότητα ακόμα και μετά από τη κατανάλωση από πρόβατα και αποβολή τους μέσω τους αποκρίσεων τους, καθώς ένα σημαντικό ποσοστό (18-67%) φύτρωσε υπό συνθήκες εναλλασσόμενων θερμοκρασιών 10/30 °C και υπό συνθήκες φωτοπεριόδου 12 h (Hear and Honan, 1993). Η χώνευση για 48 h από βοοειδή έδειξε ότι αυξάνει τη βλαστικότητα αλλά και τη βιωσιμότητα των σπόρων, ενώ η ενσίρωση τους περιορίζει σχεδόν πλήρως το φυτόμα (Piltz et al., 2017).

Έχει αναφερθεί ότι σπόροι που έχουν δεχθεί ζημιά από έντομα (εν προκειμένω ετερόπτερα) παρουσιάζουν μειωμένη βλαστικότητα (Olckers and Hulley, 1991).

Γενικότερα, το φυτόμα των σπόρων μπορεί να θεωρηθεί ως ένας παράγοντας που επηρεάζεται άμεσα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στη μητρική φυτεία και καθορίζουν τη ταχύτητα, το ρυθμό και το δυναμικό φυτρώματος των σπόρων του *S. elaeagnifolium*. Ενδεικτικά, σπόροι που συγκομίστηκαν από φυτά που βρίσκονταν σε καλλιεργούμενη έκταση και σπόροι από φυτά που βρίσκονταν σε αστικό περιβάλλον παρουσίασαν υψηλότερη βλαστητική ικανότητα σε σχέση με σπόρους από φυτά που βρίσκονταν σε λειβαδική έκταση (Turner et al., 2021). Αυτή η διαφορά οφείλεται πιθανώς στη πίεση που δέχονται οι πληθυσμοί και στον ανταγωνισμό με τη τοπική βλάστηση. Συγκεκριμένα, στις καλλιεργούμενες εκτάσεις τα φυτά του *S. elaeagnifolium* έχουν καλύτερη πρόσβαση σε θρεπτικά στοιχεία και νερό λόγω των λιπασμάτων και της άρδευσης, αντίστοιχα, και η υψηλή βλαστητική ικανότητα αιτιολογείται από το πλεονέκτημα που λαμβάνει το ζιζάνιο σε σχέση με άλλα ζιζάνια και τις καλλιέργειες. Στο αστικό περιβάλλον, η αυξημένη σκίαση από τα δέντρα προκαλεί αλλαγές πιθανώς στα επίπεδα των φυτοορμονών, με τη μείωση του αβιτικού οξέος και την αύξηση του γιββερελικού οξέος να είναι υπεύθυνα για την πολύ αυξημένη βλαστητική ικανότητα αυτών των σπόρων.



Εικόνα 12: Φύτρωμα των σπόρων *Solanum elaeagnifolium*. Α: Έκπτυξη του ριζιδίου, Β: Σχηματισμός δευτερογενών ριζιδίων, Γ: Ανάδυση φυταρίου, Δ: Έκπτυξη κοτυληδόνων και αποβολή του περιβλήματος του σπόρου, Ε: Ριζικά τριχίδια

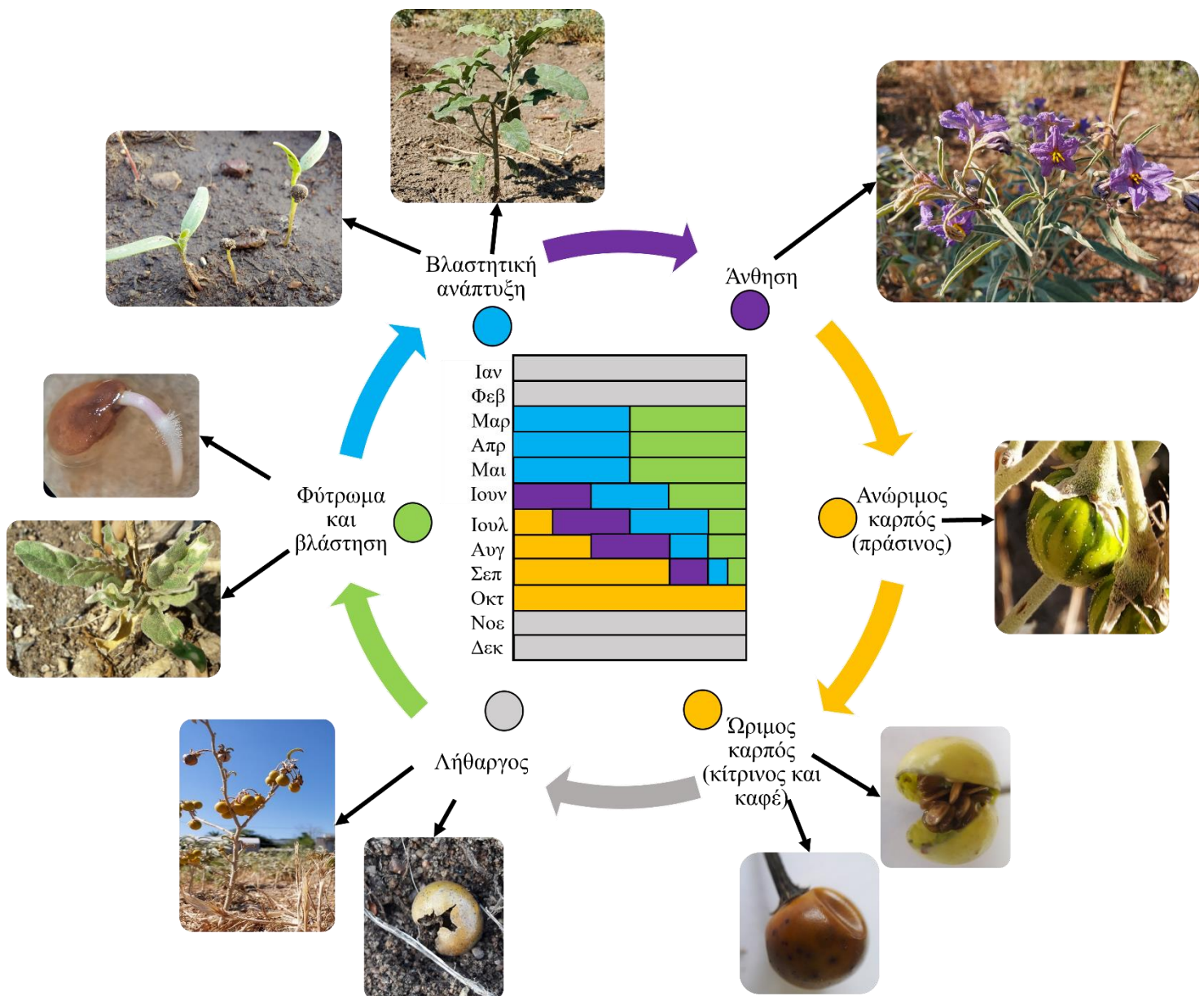
1.2.2.8. Αγενής πολλαπλασιασμός

Σύμφωνα με τους Adjim and Kazi Tani (2018), το *S. elaeagnifolium* πληρώνει ένα τίμημα (trade-off) για να έχει μεγάλη αγενή αναπαραγωγή και να κυριαρχεί στα περιβάλλοντα που εισβάλλει, παρουσιάζοντας μειωμένη βλαστητική ικανότητα των σπόρων. Κομμάτια ριζών μήκους 20 εκ. παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό παραγόμενων νέων βλαστών σε σχέση με κομμάτια ριζών μήκους 5-10 εκ., ενώ συσσωρεύσαν και περισσότερο ξηρό βάρος και παρήγαγαν περισσότερους καρπούς (Boyd and Murray, 1982b).

1.2.2.9. Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του *S. elaeagnifolium* διαρκεί περίπου 6-8 μήνες μέσα σε ένα έτος, ενώ ακολουθεί μία περίοδος ληθάργου κατά το χειμώνα (Εικόνα 13). Υπάρχει, ωστόσο, η πιθανότητα ο βιολογικός κύκλος να είναι πιο σύντομος ή πιο μεγάλος ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους και του περιβάλλοντος, τις καλλιεργητικές πρακτικές, τον ανταγωνισμό με την αυτοφυή βλάστηση ή τις καλλιέργειες, και την επίδραση διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Αναλυτικά, για το Βόριο Ημισφαίριο και της συνθήκες της Ελλάδας, από τον Μάρτιο-Απρίλιο ξεκινάει το φύτρωμα των σπόρων και η ανάδυση νέων φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες του ζιζανίου. Σε χώρες όπως η Συρία, η Αλγερία ή το Μαρόκο, το φύτρωμα των σπόρων ξεκινάει από τον Φεβρουάριο. Αυτό διαρκεί έως και το τέλος του καλοκαιριού όπου πραγματοποιείται κατά κύματα και φθίνει όσο πλησιάζει το φθινόπωρο, καθώς δεν είναι ευνοϊκές οι συνθήκες για την εκβλάστηση ή το φύτρωμα των σπόρων του ζιζανίου. Η βλαστητική ανάπτυξη είναι σχετικά γρήγορη και πραγματοποιείται από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο. Η κινητοποίηση των υδρογονανθράκων από το φύλλωμα

προς τις έρπουσες ρίζες ξεκινάει σε αυτό το στάδιο και εκτείνεται μέχρι το φθινόπωρο. Το φυτό εισέρχεται γρήγορα στην ανθοφορία με την έλευση του καλοκαιριού και την άνοδο των θερμοκρασιών, ενώ μπορεί να διαρκέσει μέχρι και το τέλος αυτού. Η καρποφορία ξεκινάει στο μέσο του καλοκαιριού με την εμφάνιση των πρώτων ανώριμων καρπών, πράσινου χρωματισμού που φέρουν χαρακτηριστικές σκούρες πράσινες γραμμές. Μέσα στη διάρκεια περίπου 1-2 μηνών οι καρποί ωριμάζουν και παίρνουν κίτρινο χρώμα, ενώ σε αυτό το σημείο ξεκινάει και η απόπτωση των φύλλων του φυτού και η σταδιακή ωρίμανση των σπόρων του καρπού. Κατά τον Οκτώβριο, οι περισσότεροι καρποί έχουν λάβει ένα σκούρο κίτρινο ή καφέ χρωματισμό και παραμένουν συνήθως επάνω στους βλαστούς. Ορισμένες φορές, παρατηρείται το άνοιγμα των καρπών και η διάχυση των σπόρων ενώ βρίσκονται επάνω στους βλαστούς ή έχουν πέσει στο έδαφος. Οι σπόροι περνούν το στάδιο του ληθάργου κατά το χειμώνα (μετά τον Νοέμβριο) και οι νέες βλαστήσεις παρατηρούνται την επόμενη άνοιξη, ακολουθώντας τον πολυετή κύκλο αναπαραγωγής του ζιζανίου. Η συντόμευση του βιολογικού κύκλου οδηγεί σε μείωση του ύψους των φυτών, της παραγόμενης βιομάζας, αλλά και μείωση ή και αποτυχία παραγωγής καρπών και σπόρων (Zhu et al., 2012; Zhu et al., 2013c).



Εικόνα 13: Βιολογικός κύκλος του *Solanum elaeagnifolium*

1.2.3. Ιστορικά στοιχεία εισβολής

Ελλάδα

Το σημείο εισαγωγής του ζιζανίου στην Ελλάδα θεωρείται η Βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα η Θεσσαλονίκη, όπου το *S. elaeagnifolium* εισάχθηκε το 1927 (Krigas and Kokkini, 2004), πιθανότατα από το Τέξας (Krigas et al., 2021), ενώ ο πιθανός τρόπος εισβολής ήταν ως μόλυσμα σε σπόρους καπνού (EPPO 2006 από Yannitsaros and Economidou, 1974).

Ευρώπη

Η εισβολή του ζιζανίου στην Ευρώπη ξεκίνησε από τις Δυτικές χώρες της ηπείρου. Στην Ισπανία και παγκοσμίως, ο πρώτος που χαρακτήρισε το φυτό ήταν ο Cavanilles το 1795 στο βοτανικό κήπο της Μαδρίτης (Casasayas i Fornell, 1989), ωστόσο το *S. elaeagnifolium* άργησε να εξαπλωθεί στη χώρα ή μπορεί και να μην προέκυψε η εισβολή του από τη Μαδρίτη. Στη Γαλλία εισήχθη ως μόλυσμα σε σπόρους και έχει

εγκατασταθεί στη περιοχή του Montpellier από το 1967 (Fried, 2011). Βέβαια, οι Bouhache and Gbèhounou (2014) αναφέρουν ότι το ζιζάνιο εισήχθη σκόπιμα στο βοτανικό κήπο του Montpellier το 1855. Στη Πορτογαλία η πρώτη αναφορά γίνεται το 1992 αλλά χωρίς περαιτέρω πληροφορίες, έως το 2022 όπου το ζιζάνιο επιβεβαιώνεται σε δύο τοποθεσίες στη Costa da Caparica σε αστικό περιβάλλον και στο Cano σε εγκαταλελειμμένη γεωργική έκταση (Almeida and Freitas, 2006; Tataridas et al., 2022d). Στην Αραγονία (Zaragoza) εκτιμάται ότι το φυτό εισήχθη ως καλλωπιστικό λόγω των όμορφων ανθέων του (Cirujeda et al., 2005).

Η εισβολή του *S. elaeagnifolium* στις χώρες των Βαλκανίων θεωρούνται νεότερες. Στη Βουλγαρία η πρώτη καταγραφή έγινε το 2015, όπου μία μικρή έκταση στην άκρη ενός δρόμου κοντά στα Ελληνικά σύνορα έφερε προσβολή από το ζιζάνιο με πιθανότερο τρόπο εισόδου στη χώρα τη μεταφορά σπόρων από τη κίνηση των οχημάτων ή ως μόλυσμα σε σπόρους που μεταφέρθηκε μέσω αυτού του δρόμου (Vladimirov et al., 2015). Στη Βοσνία και Ερζεγοβίνη η πρώτη καταγραφή έγινε το 2010 στη πόλη του Mostar (Lasić et al., 2010) όπου η εισαγωγή έγινε κατά λάθος (Maslo, 2015). Στη Κροατία, η πρώτη καταγραφή έγινε στη νήσο Plavnik το 1978 (Gaži-Baskova, 1978). Στο Μαυροβούνιο η εισαγωγή έγινε κατά πάσα πιθανότητα με τη μεταφορά σπόρων του ζιζανίου ως μόλυσμα σε σπόρους καλλιεργειών και καταγράφηκε σε τρεις τοποθεσίες το 1999 (Hadziablahović et al., 2004).

Στη Τουρκία η πρώτη καταγραφή έγινε το 2007 σε ένα υγροβιότοπο και ως πιθανό μέσο εισαγωγής θεωρείται η μεταφορά σπόρων από πουλιά (Icim et al., 2016).

Αφρική

Η εισβολή του *S. elaeagnifolium* στην Αφρικανική ήπειρο εντοπίζεται σε δύο κύριες ζώνες: τη Βόρεια και τη Νότια Αφρική, όπου θεωρείται και παλαιότερη.

Στο Μαρόκο, το *S. elaeagnifolium* εκτιμάται ότι εισήλθε είτε το 1939 ως μόλυσμα σε σπόρους βαμβακιού από τη Βόρεια Αμερική (Gmira et al., 1998) είτε το 1949 (Taleb and Bouhache, 2006). Το 1950 η παρουσία του συνδυάζεται με την εισαγωγή της βαμβακοκαλλιέργειας στη περιοχή της Tadla (Taleb and Bouhache, 2006), ενώ πλέον θεωρείται ίσως το χειρότερο ζιζάνιο για ολόκληρη τη χώρα (Baye et al., 2007) και το πλέον δυσεξόντωτο. Στη Τυνησία το ζιζάνιο παρατηρήθηκε περίπου το 1985 στη περιοχή του Kairouan, όταν είχε ήδη αρχίσει να έχει αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και να αποτελεί μεγάλη απειλή για τις αρδευόμενες εκτάσεις στην ημιάνυδρες περιοχές της Sbikha (Mekki, 2006). Η εισαγωγή του έγινε στη χώρα κατά πάσα πιθανότητα κατά λάθος λόγω του εμπορίου και του τουρισμού (Mekki, 2006). Στην Αίγυπτο, η πρώτη καταγραφή έγινε το 1930 κοντά στα σύνορα με τη Παλαιστίνη (Amer, 2021). Στην Αλγερία, το ζιζάνιο καταγράφηκε επίσημα το 1999 στη περιοχή του Oran, αλλά βρισκόταν στη χώρα τουλάχιστον δεκαπέντε χρόνια πριν (Adjim and Kazi Tani, 2018).

Στη Νότια Αφρική, η πρώτη επίσημη καταγραφή του ζιζανίου αναφέρεται στο 1952 (Henderson and Anderson, 1966), παρότι οι πρώτες καταγραφές εμφανίζονται από το 1905 και την κατά λάθος εισαγωγή του σε ζωοτροφή που προοριζόταν για γουρούνια (Wassermann et al., 1988) και το 1919 με άγνωστο το τρόπο εισαγωγής του ζιζανίου (De Beer, 1985; Viljoen and Wassermann, 2004). Στη Ζιμπάμπουε, η πρώτη καταγραφή γίνεται το 1969 σύμφωνα με τον Pitso (2010).

Μέση Ανατολή και Ασία

Τα πιο πιθανά μέσα εισαγωγής του ζιζανίου στις χώρες της Μέσης Ανατολής ήταν μέσω προβάτων (Ιορδανία και Λίβανος) και ως μόλυσμα σε σπόρους βαμβακιού και μέσω καμήλων στη Συρία (Bouhache and Gbèhounou, 2014). Στον Λίβανο, μία από τις

πρώτες καταγραφές απαντάται πρόσφατα μόλις το 2015 στη περιοχή North Beqaa και η εισαγωγή του στη χώρα προήλθε ως μόλυσμα στο χώμα φυταρίων δενδροκομικών ειδών (Haidar and Sabra, 2015). Στην Ιορδανία το ζιζάνιο καταγράφεται το 1970, ενώ οι πρώτες συστηματικές καταγραφές παρατηρούνται στις αρχές του 21^{ου} αιώνα στα πλάγια μέρη των αυτοκινητοδρόμων (Qasem, 2014). Ένας πιθανός τρόπος εισβολής αναφέρεται στη μεταφορά σπόρων του ζιζανίου μέσω του πεπτικού συστήματος των προβάτων. Το *S. elaeagnifolium* καταγράφηκε για πρώτη φορά στο Ιράν στη περιοχή του Varamin της Τεχεράνης σε χωράφια που καλλιεργείται βαμβάκι το 2013 (Arabsalmani et al., 2014).

Οι πρώτες καταγραφές στο Αζερμπαϊτζάν έγιναν στη περιοχή του Absheron το 2016 και επαληθεύτηκαν το 2021 κοντά σε κατοικήσιμες περιοχές (Zernov and Mirzayeva, 2016; Набиева et al., 2021). Παρότι, το Αζερμπαϊτζάν συνορεύει με τη Ρωσία, η συγκεκριμένη χώρα δεν έχει καταγράψει ποτέ τη παρουσία του *S. elaeagnifolium* στα εδάφη της καθώς συμπεριελάμβανε το ζιζάνιο στις λίστες ζιζανίων καραντίνας σύμφωνα με την Οδηγία 673 του Υπουργείου Γεωργίας της Ρωσίας, 26 Δεκ. 2007. Στη Νότια Κορέα, το ζιζάνιο βρέθηκε στα πλαϊνά ενός δρόμου κοντά στη θάλασσα σε ένα νησί το 2014 (Hong et al., 2014).

Βόρεια Αμερική και Λατινική Αμερική

Παρότι δεν εμφανίζονται επίσημες καταγραφές εισβολής του ζιζανίου στη Βραζιλία, οι Taleb and Bouhache (2006) συμπεριλαμβάνουν τη χώρα στη λίστα με τις χώρες που έχει εισαχθεί το *S. elaeagnifolium*.

Σε μία μελέτη του 1916 αναδεικνύεται ότι το *S. elaeagnifolium* είχε αναγνωριστεί από τότε ως κοινό ζιζάνιο μεταξύ της Αργεντινής και του Νέου Μεξικό (Standley, 1916), ενώ το 1893 ενδημικό είδος της Αργεντινής (Philippi, 1893). Στο Μεξικό οι επίσημες καταγραφές του φυτού είναι παλαιές, όπως στη περιοχή του Nuevo Leon (Loesener, 1913). Στις ΗΠΑ κάποιες από τις πιο παλιές καταγραφές προέρχονται από το Ohio (Williams, 1914), τη Mesilla (Cockerell, 1898) και ακόμα παλαιότερες από τις Νοτιοδυτικές πολιτείες (Holzinger, 1892). Στη Καλιφόρνια εκτιμάται ότι εισήχθη μέσω της στρωμνής βοοειδών που μεταφέρονταν σε τρένα το 1890 (Goeden, 1971).

Αυστραλία

Στην Αυστραλία η εισβολή του ζιζανίου ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, πιθανότατα το 1901 στην περιοχή Bangara (Feuerherdt, 2010) είτε το 1909 στη Βόρεια Μελβούρνη (Smith and Faithful, 1998), όπου πολλαπλασιαστικά όργανα του ζιζανίου μεταφέρθηκαν ως μόλυσμα σε σπόρους και ζωοτροφές (Wu et al., 2016).

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις χώρες που βρίσκεται το ζιζάνιο έως και το 2022, καθώς και το επίπεδο της εισβολής και οι καλλιέργειες που έχει αναφερθεί ότι ανταγωνίζεται, εκτός των ακαλλιέργητων εκτάσεων και άλλων υποβαθμισμένων περιβαλλόντων.

Πίνακας 1: Παγκόσμια καταγραφή εισβολών του *Solanum elaeagnifolium* έως το 2022

Χώρα	Πρώτες καταγραφές	Επίπεδο εισβολής	Καλλιέργειες	Βιβλιογραφία
Αυστραλία	1901	Invader/wide distribution	Σιτάρι, βαμβάκι, σόργο, μηδική	Parsons and Cuthbertson, 2001
<i>Ασία</i>				
Ινδία	-	Introduced/restricted distribution	-	-
Ιορδανία	1970	Invader/local distribution	Εσπεριδοειδή, ελαιώνες, αμπέλια, palms, ψυχανθή, οπωροκηπευτικά	Qasem, 2014; Bouhache and Gbèhounou, 2014
Ιράκ	1970	Invader/local distribution	Σιτάρι, μηδική, αραβόσιτος, οπωροκηπευτικά, πολυτεείς καλλιέργειες	Bouhache and Gbèhounou, 2014
Ιράν	2013	Invader/local distribution	Βαμβάκι	Arabsalmani et al., 2014
Ισραήλ	1957	Invader/wide distribution	-	Pitso, 2010; Flora of Israel Online
Λίβανος	2012, 2015	Invader/local distribution	Οπωροκηπευτικά, ελιές, πολυτεείς καλλιέργειες	Bouhache and Gbèhounou, 2013; Haidar and Sabra, 2015
Ταϊβάν	2003	Introduced/restricted distribution	-	Hsu & Tseng, 2003
Νότια Κορέα	2014	Introduced/restricted distribution	-	Hong et al., 2014
Συρία	1967	Invader/wide distribution	Βαμβάκι, σιτάρι, αραβόσιτος, οπωροκηπευτικά, ελιές	Bouhache and Gbèhounou, 2014
Αζερμπαϊτζάν	2007-2021	Invader/restricted distribution	-	Zernov and Mirzayeva, 2016; Набиева et al., 2021
<i>Αφρική</i>				
Αίγυπτος	1930, 1956	Introduced/ wide distribution	Κριθάρι, ετήσιες, ελιές και πολυτεείς καλλιέργειες	Amer, 2021; EPPO, 2022
Αλγερία	1985, 1999	Invader/wide distribution	Αραβόσιτος, ετήσιες καλλιέργειες, οπωροκηπευτικά, Εσπεριδοειδή, ελιές, αμπέλι	Véla et al., 2013; Adjim and Kazi Tani, 2018; EPPO, 2022
Ζιμπάμπουε	-	Introduced	-	-
Λεσότο	-	Introduced	-	EPPO, 2022

Λιβύη	2010	Introduced/restricted distribution	-	Véla et al., 2013; EPPO, 2022
Μαρόκο	1949	Invader/wide distribution	Βαμβάκι, σιτάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλο, σουσάμι, ελαιώνες, εσπεριδοειδή, οπωρώνες	Baye et al., 2007; Taleb et al., 2007
Τυνησία	1985	Invader/wide distribution	Οπωρώνες, οπωροκηπευτικά	Mekki, 2006; EPPO, 2022
Νότιος Αφρική	1905, 1919, επίσημη καταγραφή το 1952	Invader/wide distribution	Σιτηρά, ηλιανθος	Henderson and Anderson, 1966; Olckers and Zimmermann, 1991; Viljoen and Wassermann, 2004
<i>Βόρεια, Κεντρική και Λατινική Αμερική</i>				
ΗΠΑ	αυτοφυές	native	βαμβάκι, σιτάρι, σόργο, μηδική, σπαράγγι, αγριάδα	Eleftherochorinos et al., 1993
Μεξικό	αυτοφυές	native	-	-
Ουρουγουάη	-	-	-	-
Αργεντινή	αυτοφυές	native	Βαμβάκι, οπωροκηπευτικά	Vigna et al., 1981
Χιλή	-	native	-	-
<i>Ευρώπη</i>				
Ελλάδα	1927	Invader/wide distribution	Σιτάρι, βαμβάκι, τομάτα, αραχίδα, αμπελώνες, ελαιώνες, εσπεριδοειδή, οπωρώνες	Krigas and Kokkini, 2004
Ιταλία	-	Invader/wide distribution	-	-
Ισπανία	1795*	Naturalized	-	Aymeni, 1996
Γαλλία	1967	Invader/restricted distribution	Αμπέλι	Fried, 2011
Τουρκία	2007	Invader/restricted distribution	-	İlçim & Behçet, 2007; Ilcim et al., 2016
Πορτογαλία	1992, 2022	Invader/restricted distribution	-	Tataridas et al. 2022d
Βόρεια Μακεδονία	-	Invader/restricted distribution	-	Matevski, 2000
Βοσνία και Ερζεγοβίνη	2010	Introduced/restricted distribution	-	Lasić et al., 2010; Maslo, 2016
Σερβία	-	Introduced	-	-
Κροατία	1978	Invader/restricted distribution	Αμπέλι	Pandža and Stančić, 1999; Milovic, 2001

Μαυροβούνιο	1999	Invader/restricted distribution	-	Hadžiablahović et al., 2004; Stešević and Petrović, 2010
Βουλγαρία	2015	Introduced	-	Vladimirov et al., 2015

*δείγματα από συλλογές (herbarium)

1.2.4. Διασπορά και πιθανές εισβολές του ζιζανίου

Ελλάδα

Το *S. elaeagnifolium* θεωρείται εισβολέας για την Ελλάδα (Arianoutsou et al., 2010) και συναντάται σε πάρα πολλές περιοχές της χώρας κυρίως κατά μήκος του οδικού δικτύου, είτε αυτό περιλαμβάνει αγροτικούς και μικρούς δρόμους, είτε αυτοκινητοδρόμους, αλλά και σε γεωργικές περιοχές και ιδίως όπου καλλιεργείται σκληρό σιτάρι (Krigas et al., 2021). Οι περιοχές που εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά προσβολής από το *S. elaeagnifolium* είναι η Αττική και το Άργος (Νότια Ελλάδα), η Θεσσαλία με κυρίαρχη παρουσία γύρω από τη Λάρισα και το Βόλο (Κεντρική Ελλάδα), η Σίνδος της Θεσσαλονίκης (Βόρεια Ελλάδα), και διάφορα νησιά του Βορείου Αιγαίου, όπως η Λέσβος. Μάλιστα, στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης θεωρείται το πιο επιθετικό και εισβολικό είδος (Krigas and Kokkini, 2004). Χαρακτηριστικά, μία 15ετής καταγραφή της διασποράς του ζιζανίου έδειξε ότι περίπου το 60% των πληθυσμών στη χώρα βρίσκεται στις περιφέρειες της Κεντρικής Μακεδονίας και της Θεσσαλίας (Krigas et al., 2021). Σύμφωνα με τους Tscheulin et al. (2008), το ζιζάνιο έχει εισβάλει σε τουλάχιστον 24 από 33 περιφέρειες της χώρας, τόσο σε νησιά όσο και στην ηπειρωτική χώρα. Το *S. elaeagnifolium* έχει εισβάλει μέχρι τη τελευταία καταγραφή το 2016 περίπου στο 10% του Ελληνικού δικτύου Natura 2000 που αποτελούν προστατευμένες περιοχές (Krigas et al., 2016). Επίσης, σύμφωνα με την ίδια έρευνα, το ζιζάνιο απαντάται σε 16 διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης (ή Corine Land Cover types), με τη γεωργική γη να συγκεντρώνει περίπου το 65% της διασποράς του ζιζανίου στη χώρα.

Ευρώπη

Το ζιζάνιο αποτελεί πρόβλημα για την Ισπανία από τη δεκαετία του 1970 (Sheppard et al., 2006). Σύμφωνα με τους Dana et al. (2001) το *S. elaeagnifolium* δεν θεωρείται χωροκατακτητικό σήμερα στην Ισπανία, ενώ οι ίδιοι συγγραφείς κάνουν αναφορά του ζιζανίου στην Ουγγαρία και την Τσέχικη Δημοκρατία χωρίς να υπάρχουν επίσημες καταγραφές σε αυτές τις δύο χώρες.

Στα Βαλκάνια το ζιζάνιο έχει εισαχθεί στη Βόρεια Μακεδονία, τη Βουλγαρία, τη Σερβία, τη Κροατία, το Μαυροβούνιο και τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη. Στη Βοσνία και Ερζεγοβίνη βρίσκεται σε εγκαταλελειμμένα σημεία στη πόλη του Mostar (Maslo, 2016). Στη Κροατία βρίσκεται κυρίως σε εγκαταλελειμμένες εκτάσεις, εντός του αστικού ιστού και κατά μήκος του οδικού δικτύου, καθώς και σε δύο νησιά (Milovic, 2001).

Στην Γαλλία συναντάται σε λιγότερες από δέκα τοποθεσίες με τη πιο πρόσφατη να είναι στη περιοχή Étang de l'Or στο δήμο Valergues στη Νότια Γαλλία (Andrieu et al., 2017). Το ζιζάνιο βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του Montpellier και του Hérault στη Vic-la-Gardiole ενώ έχει εξαλειφθεί σε δύο τοποθεσίες (Bouches-du-Rhone και Pyrénées-orientales) (Fried, 2011). Απαντάται στα πλαϊνά των δρόμων και σε διαταραγμένα περιβάλλοντα (disturbed sites), ενώ το 2010 έγινε η πρώτη καταγραφή του σε ένα αμπέλι στη περιοχή Montpeyroux στο Hérault (EPPO, 2012).

Η μοναδική καταγραφή στο Ηνωμένο Βασίλειο έγινε το 1828 χωρίς περαιτέρω εξήγηση όπως αναφέρει η Knapp (2017) και τα δεδομένα του Natural History Museum (2020).

Αφρική

Το *S. elaeagnifolium* βρίσκεται σε πάρα πολλές επαρχίες της Νότιας Αφρικής, με αναφορές από το 1985 έως το 2004 να περιγράφουν ότι οι μεγαλύτερες προσβολές παρατηρούνται στα βόρεια της χώρας (Viljoen and Wassermann, 2004). Στο Λεσότο έχει επίσης ευρεία εξάπλωση και εισβάλλει σε αρόσιμες εκτάσεις, δασικές φυτείες, βοσκοτόπους και στο οδικό δίκτυο (Henderson, 2001). Στο Μαρόκο η εισβολή ξεκίνησε το 1950 στη ζώνη καλλιέργειας του βαμβακιού από τη περιοχή του Settat κοντά στη πόλη Καζαμπλάνκα, ενώ επεκτάθηκε γρήγορα σε πολλές περιοχές στα κεντρικά της χώρας (Taleb and Bouhache, 2006). Η εξάπλωση του υποδεικνύει ότι διέσχισε 800 χιλιόμετρα σε 45 χρόνια μεταξύ 1950 και 1995 (Adjim and Kazi Tani, 2018), ενώ μέσα σε 55 χρόνια εισβολής πλέον έχει εισβάλλει περίπου σε 150.000 στρέμματα (Brunel, 2011). Στο Βόρειο-ανατολικό Μαρόκο η εξάπλωση ήταν πιο αργή σε σχέση με τη περιοχή της Tadla λόγω του γεγονότος ότι το ζιζάνιο βρισκόταν σε μη καλλιεργήσιμες εκτάσεις, επομένως δεν υπήρχε η πίεση που ασκείται υπό συνθήκες έντονης καλλιεργητικής δραστηριότητας (Chafik et al., 2013). Στην Αίγυπτο η εξάπλωση ήταν ταχεία και μέσα σε 82 χρόνια καταγραφών εντοπίστηκε 420 χιλιόμετρα δυτικότερα από τη πρώτη τοποθεσία που βρίσκεται κοντά στα ανατολικά σύνορα της χώρας, ενώ έχει εγκατασταθεί σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, πολυετείς καλλιέργειες, κατά μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου, στα πλαϊνά κομμάτια των δρόμων και σε εγκαταλελειμμένες τοποθεσίες (Amer, 2021). Στη περιοχή του El Alem στη Τυνησία όπου επικρατούν ημιάνυδρες συνθήκες, το *S. elaeagnifolium* καλύπτει περίπου 40-60% του εδάφους σε αρδευόμενες εκτάσεις σχηματίζοντας κατά 54% τοπικές ζώνες από όπου επεκτείνεται (scattered spots) και κατά 30% ομοιόμορφες προσβολές (uniform) (Sayari et al., 2021). Αξιοσημείωτο είναι ότι στη ζώνη έρευνας που έθεσαν οι Sayari and Mekki (2021), διαπιστώθηκε ότι η προσβολή του *S. elaeagnifolium* αυξήθηκε κατά 725 στρέμματα σε μόλις 6 χρόνια. Στην Αλγερία, το ζιζάνιο έχει εξαπλωθεί σε χιλιάδες στρέμματα στη περιοχή όπου καταγράφηκε πρώτη φορά (Oran) ενώ συνεχίζει να εξαπλώνεται και να σχηματίζει πυκνούς πληθυσμούς σε πολλά σημεία της χώρας και κυρίως κοντά στις ακτές της Μεσογείου (Adjim and Kazi Tani, 2018). Οι ίδιοι συγγραφείς κατέγραψαν ότι μέσα στο διάστημα 35 ετών (1980-2015) το ζιζάνιο διέσχισε 800 χιλιόμετρα εντός της χώρας. Πλέον θεωρείται ένα ιδιαίτερα σημαντικό εισβολικό είδος για την Αλγερία και αποτελεί πρόβλημα για τη γεωργική παραγωγή της χώρας (Meddour et al., 2020). Οι Knapp et al. (2019) συγκαταλέγουν ταξινομικά το ζιζάνιο στη Ναμίμπια, παρότι δεν υπάρχουν άλλες επίσημες καταγραφές. Υπάρχουν τέσσερις καταγραφές του ζιζανίου στη Σαουδική Αραβία στη περιοχή Al-Kharj που χρονολογούνται μεταξύ 1969-1979 (Knapp, 2017; Natural History Museum, 2020).

Ασία

Σύμφωνα με το FAO (2011), περίπου το 60% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στη Συρία έχει προσβληθεί από το *S. elaeagnifolium* ενώ αυξημένες εισβολές παρατηρούνται και σε περιοχές του Ιράκ. Σύμφωνα με τους Bouhache and Gbèhounou (2014), οι προσβεβλημένες εκτάσεις έως το 2014 στο Ιράκ ανέρχονται στα 1.480 στρέμματα, στην Ιορδανία στα 430 στρέμματα, στη Συρία τουλάχιστον 275.000 στρέμματα, ενώ στο Λίβανο υπάρχει περιορισμένη εξάπλωση με λιγότερο από 10 στρέμματα.

Στην Ιαπωνία υπάρχει μία μόνο καταγραφή ότι το ζιζάνιο απλά βρίσκεται στη χώρα (Mito and Uesugi, 2004). Στο Πακιστάν, το ζιζάνιο βρίσκεται στη περιοχή Tindo Central Kurram όπου η παρουσία του είναι σπάνια (Ali et al., 2022). Το ζιζάνιο έχει καταγραφεί στη Κίνα χωρίς όμως περαιτέρω πληροφορίες.

Αμερική

Στην Βόρεια Αμερική, που αποτελεί τη ζώνη της αυτοφυούς βλάστησης του *S. elaeagnifolium*, έχουν καταγραφεί πολύ μεγάλες προσβολές εδώ και δεκάδες χρόνια. Ήδη από το 1979, καταγράφονται περισσότερα από 8.000.000 στρέμματα βαμβακιού στο Τέξας προσβεβλημένα από το ζιζάνιο (Abernathy and Keeling, 1979). Το 2010, αναφέρονται 12.000.000 στρέμματα προσβεβλημένα από το ζιζάνιο στο Τέξας (Feuerherdt, 2010).

Στη Νότιο Αμερική, το ζιζάνιο έχει καταγραφεί στην Αργεντινή, στη Χιλή, στην Ουρουγουάη και τη Παραγουάη. Στη Χιλή, πληθυσμοί εντοπίζονται στο γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 18° και 34° (Kwong et al., 2006), ενώ στην Αργεντινή στο γεωγραφικό πλάτος (νότος) μεταξύ 23° και 41° (Vigna et al., 1981).

Παρότι δεν υπάρχουν άλλες επίσημες καταγραφές, το ζιζάνιο καταγράφεται και στις Μπαχάμες και στα νησιά Greater and Lesser Antilles όπου είναι εξωτικό (Knapp, 2009).

Αυστραλία

Σύμφωνα με τη Hawker (2004), το ζιζάνιο έχει εισβάλει σε περισσότερα από 2.100.000 στρέμματα στην Αυστραλία, αποτελώντας πρόβλημα κυρίως για σιτηρά και βοσκοτόπους. Σύμφωνα με τους Kwong et al. (2006) το ζιζάνιο έχει προσβάλλει 400.000 στρέμματα όπου καλλιεργούνται σιτηρά. Μία νεότερη καταγραφή το 2010 αναφέρει ότι μόνο στη Νότια Αυστραλία οι εκτάσεις που έχουν φέρουν το *S. elaeagnifolium* είναι τουλάχιστον 2.100.000 στρέμματα ενώ συνολικά σε όλη τη χώρα ανέρχονται σε περισσότερα από 3.500.000 στρέμματα (Feurherdt, 2010) και έχει τη δυναμική να εισβάλει σε 3.980 εκατομμύρια στρέμματα (Kwong et al., 2006). Το 1975 ο Siebert χρησιμοποιεί μία αδημοσίευτη έρευνα που αναφέρει ότι στη Νότια Αυστραλία το ζιζάνιο επεκτάθηκε μέσα σε 10-12 χρόνια από τα 1200 στρέμματα στα 202.400 στρέμματα. Στη New South Wales, οι προσβεβλημένες εκτάσεις σχεδόν επταπλασιάστηκαν μέσα σε 15 χρόνια από 200.000 στρέμματα σε 1.390.000 στρέμματα (Dellow, 1993). Σύμφωνα με τους Gopurenko et al. (2014), η γενετική ποικιλότητα (genetic diversity) των πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* στην Αυστραλία σε σύγκριση με πληθυσμούς από περιοχές της φυσικής ζώνης βλάστησης (όπως η Βόρεια Αμερική και το Μεξικό) υποδεικνύουν ότι βρίσκεται κατά πάσα πιθανότητα στο στάδιο της επιτυχούς εγκατάστασης και κυριαρχίας, παρά στην αρχή της εισβολής. Το *S. elaeagnifolium* δεν έχει καταγραφεί στη Νέα Ζηλανδία, ενώ με τη χρήση ενός μοντέλου πρόβλεψης για τη καταλληλότητα του περιβάλλοντος για την εγκατάσταση του ζιζανίου στη χώρα, φάνηκε ότι μπορεί να εγκλιματιστεί οριακά μόνο σε λίγες περιοχές χωρίς να αποτελέσει ιδιαίτερο πρόβλημα (Panetta and Mitchell, 1991).

1.2.4.1. Μέσα διασποράς και εγκατάστασης

Σύμφωνα με τον FAO (2011), η διασπορά των σπόρων του ζιζανίου παγκοσμίως ευνοείται από το παγκόσμιο και τοπικό εμπόριο, όπου τα πολλαπλασιαστικά όργανα του φυτού (κυρίως σπόροι) βρίσκονται ως μόλυσμα σε σπόρους καλλιεργειών ή σε αποθηκευτικούς χώρους. Στο Μαρόκο, καταγράφεται η μεταφορά του μέσω του άχυρου για ζωοτροφή (Chafik et al., 2013). Μία καλλιέργεια όπου έχει στοχευθεί για

τη μεταφορά σπόρων του ζιζανίου σε μεγάλες αποστάσεις είναι η μηδική, καθώς οι ζωοτροφές αποτελούν εμπορικό προϊόν που μεταφέρεται μέσω του παγκόσμιου εμπορίου. Στην Αλγερία, πολλαπλασιαστικά όργανα του ζιζανίου μεταφέρθηκαν σε δύο οάσεις βόρεια της Σαχάρας πιθανώς από παραγωγούς που ήλθαν από κοντινούς προορισμούς (Adjim and Kazi Tani, 2018).

Ο Qasem (2014) ισχυρίζεται ότι οι σπόροι του ζιζανίου μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις μέσω συγκεκριμένων πηγών άρδευσης. Μάλιστα, στην Αλγερία οι ποταμοί θεωρούνται ως μέσο που μετέφερε νοτιότερα στη χώρα σε νέες περιοχές το ζιζάνιο, ενώ στα δυτικά της χώρας μία μεγάλη περιοχή στην Sebkhha με μεγάλη αλατότητα αποτελεί ένα «οικολογικό εμπόδιο» για την εξάπλωση του ζιζανίου (Adjim and Kazi Tani, 2018).

Τα γεωργικά μηχανήματα είναι ένα μέσο μετάδοσης του ζιζανίου το οποίο μπορεί να πολλαπλασιάσει πολύ γρήγορα τους πληθυσμούς του *S. elaeagnifolium* καθώς τα μηχανήματα και τα εξαρτήματα τους συνήθως δεν καθαρίζονται/απολυμαίνονται επαρκώς και χρησιμοποιούνται από χωράφι σε χωράφι (Chafik et al., 2013). Η κίνηση των οχημάτων και η προσκόλληση των σπόρων στις ρόδες έχει αναγνωριστεί ως ένα μέσο μετάδοσης φυτών εισβολέων σε νέες περιοχές (Ansong and Pickering, 2013). Η κολλώδης ουσία των καρπών του *S. elaeagnifolium* αποτελεί το ιδανικό μέσο προσκόλλησης των σπόρων στις ρόδες των οχημάτων, επιτρέποντας τη μεταφορά τους κατά μήκος του οδικού δικτύου.

Τα πρόβατα και οι καμήλες έχουν καταγραφεί ως μέσα μετάδοσης των σπόρων του ζιζανίου σε νέες περιοχές (Bouhache and Gbèhounou, 2014) (Εικόνα 14). Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι οι σπόροι αποβάλλονται με τα περιττώματα των προβάτων έως και 31 ημέρες μετά τη κατανάλωση ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό αποβλήθηκε έως και 9 ημέρες από τη κατανάλωση (Hear and Honan, 1993). Τα πουλιά είναι ακόμη ένα μέσο διασποράς του ζιζανίου καθώς μπορούν να μεταφέρουν τους σπόρους σε αποστάσεις μεγαλύτερες του ενός χιλιομέτρου (DPI, 2010). Πρόσφατα, αναφέρθηκε ότι εδαφόβιοι σκίουροι (ground squirrels) τρέφονται με τους βλαστούς, τα φύλλα, τα άνθη και τους σπόρους του *S. elaeagnifolium*, αυξάνοντας πιθανώς τη διασπορά του ζιζανίου (Rammou et al., 2022). Επίσης, στη Βαρκελώνη της Ισπανίας, βρέθηκαν σπόροι του *S. elaeagnifolium* στο στομάχι γλάρων (*Larus michahellis*), υποδεικνύοντας ότι τα πουλιά αποτελούν μέσο διασποράς τους ζιζανίου σε μεγάλες αποστάσεις, αποτελώντας ιδιαίτερο πρόβλημα για τα αστικά περιβάλλοντα (Martín-Vélez et al., 2022).

Η μη χωνεμένη κοπριά είναι ένα μέσο που ενισχύει την εισβολή του ζιζανίου σε νέες περιοχές (Adjim and Kazi Tani, 2018) όπως αποδεικνύεται στις Ανατολικές περιοχές του Μαρόκο (Chafik et al., 2013), καθώς έχει βρεθεί ότι οι σπόροι επιβιώνουν αρκετές μέρες μέσα στο γαστροοισοφαγικό σύστημα των ζώων.



Εικόνα 14: Πρόβατα που βόσκουν στη περιοχή Capao της Κεντρικής Πορτογαλίας όπου έχει εισβάλει το *S. elaeagnifolium*. A: Βόσκηση σε αραιά φυτεμένο ελαιώνα, B: Βόσκηση σε λιβαδική έκταση (Δεκέμβριος 2021)

1.2.4.2. Κίνδυνος εισβολής

Οι σπόροι αποτελούν το κύριο μέσο διασποράς του *S. elaeagnifolium* σε μεγάλες αποστάσεις. Στη Νότια Αυστραλία, βρέθηκε ότι οι πληθυσμοί έχουν μεγάλη γενετική ποικιλότητα μεταξύ τους και εκτείνονται σε μεγάλες γεωγραφικές ζώνες, υποδεικνύοντας ότι πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές εισαγωγές του ζιζανίου ανά τα χρόνια (Hawker et al., 2006). Σε άλλη μελέτη στην Αυστραλία βρέθηκε ότι η γενετική ποικιλότητα των πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* δεν είχε σημαντική συσχέτιση με τη γεωγραφική απόσταση μεταξύ των πληθυσμών (Zhu et al., 2013b).

Επομένως είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνεται ανάλυση της γενετικής ομοιότητας των πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* στη ζώνη αυτοφυούς βλάστησης και στη ζώνη εισβολής, έτσι ώστε να δημιουργηθούν αποτελεσματικές στρατηγικές για τη διαχείριση του ζιζανίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Μία μέθοδος που αναπτύσσεται για την ανάλυση γενετικών ομοιοτήτων πληθυσμών του φυτού είναι η εξαγωγή του γενομικού DNA του φυτού από αφυδατωμένα ή πλούσια σε πολυσακχαρίτες φύλλα, που περιλαμβάνει τη χρήση δεικτών μικροδορυφόρων (microsatellite markers) (Ripoll et al., 2011). Πρόσφατα αξιοποιήθηκαν σύγχρονες μέθοδοι για την ανίχνευση του γονιδιώματος μέσω τμημάτων του DNA ή RNA σε φυτά ή σπόρους του ζιζανίου, με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση ή ταυτοποίηση του σε νέες περιοχές. Αυτές οι τεχνολογίες αφορούν: (1) την Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction, RT-PCR ή αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης μετά από αντίδραση αντίδρασης μεταγραφάσης (Zhang et al., 2013), η οποία όμως αποτελεί μία ακριβή και χρονοβόρο μέθοδο, και (2) την τεχνολογία Recombinase Polymerase Amplification (RPA) ή ενίσχυσης ανασυνδυασμένης πολυμεράσης, που βρέθηκε ότι μπορεί να αναγνωρίσει τμήματα του DNA του *S. elaeagnifolium* σε μόλις μία ώρα, ενώ παραμένει και σημαντικά πιο φθηνή μέθοδος από την RT-PCR (Lei et al., 2017). Μία τέτοια μέθοδος η οποία δίνει τη δυνατότητα ανίχνευσης του ζιζανίου μέσω του ελέγχου του γονιδιώματος από σπόρους ή φυτά στο πεδίο (in situ), αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση του ζιζανίου σε νέες περιοχές και τον σχεδιασμό αποτελεσματικών μέτρων για την ολοκληρωμένη διαχείριση. Η αναγνώριση του *S. elaeagnifolium* με τη χρήση microsatellite markers και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου με σκοπό την ανάλυση των ιδιαίτερων μορφολογικών του χαρακτηριστικών είναι ιδιαίτερος σημαντική στην

περίπτωση όπου υπάρχουν φυτά της οικογένειας Solanaceae που μοιάζουν με το *S. elaeagnifolium* και ενδέχεται να προκαλούν προβλήματα στην αναγνώριση και διαχείρισή τους. Συγκεκριμένα, στην Αυστραλία η χρήση δεικτών μικροδορυφόρων και η ανάλυση της μορφολογίας του τριχώματος των φύλλων, διευκόλυναν την αναγνώριση του *S. elaeagnifolium* σε σχέση με το σχεδόν όμοιο *Solanum esuriale* (Zhu et al., 2011). Το 2013 δημιουργήθηκαν αξιόπιστα εργαλεία για τη σύγκριση των γονιδιωμάτων του *S. elaeagnifolium* με άλλα φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διάκριση των ειδών και τη καλύτερη διαχείρισή τους (Zhu et al., 2013a). Η ταυτοποίηση του *S. elaeagnifolium* ανάμεσα στα υπόλοιπα είδη της οικογένειας Solanaceae που ανήκουν στο *Leptostemonum* clade μέσω φυλογενετικής ανάλυσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της τεχνολογίας DNA-barcoding (Zhang et al., 2013). Μία επιτυχημένη εφαρμογή του DNA-barcoding στην Αυστραλία ανέδειξε τη γενετική απόσταση μεταξύ του *S. elaeagnifolium* και 10 ενδημικών ειδών και 5 ακόμη μη ενδημικών ειδών του γένους *Solanum*, έχοντας ως αποτέλεσμα την σωστή αναγνώριση που μπορεί να βελτιώσει τα προγράμματα διαχείρισης (Zhu et al., 2018).

1.2.4.3. Κλιματική αλλαγή

Σύμφωνα με τις προβλέψεις των Kriticos et al. (2010), το ζιζάνιο αναμένεται να εξαπλωθεί προς τους πόλους στο μέλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής. Χαρακτηριστικά, πολλές περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης παρουσιάζονται ως κατάλληλες για την εγκλιματισμό του *S. elaeagnifolium*. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να φέρει πιο θερμά καλοκαίρια αυξάνοντας τον αντίκτυπο του ζιζανίου (Stanton et al., 2011a), καθώς θα έχει τη δυνατότητα να προσαρμοστεί στις δυσμενείς συνθήκες της έλλειψης νερού και των αυξανόμενων θερμοκρασιών (Kriticos et al., 2010). Η επικράτηση ημι-ξηρικών και ξηρικών συνθηκών (semi-arid and arid) αναμένεται να δημιουργήσει χρονικά πλαίσια όπου το ζιζάνιο θα έχει πλεονέκτημα στην εγκατάσταση, ανάπτυξη και ανταγωνισμό σε σχέση με την αυτοφυή βλάστηση (Mekki, 2006). Πέρα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και την επέκταση των οδικών δικτύων που ευνοούν την εξάπλωση του *S. elaeagnifolium*, θεωρείται ότι οι υψηλές μέσες και μέγιστες θερμοκρασίες τα καλοκαίρια και οι υψηλές ελάχιστες θερμοκρασίες τους χειμώνες ευνοούν την περεταίρω εξάπλωσή του (Krigas et al., 2016). Ενδεικτικά, οι ίδιοι συγγραφείς καταγράφουν ότι οι πληθυσμοί του ζιζανίου αυξήθηκαν κατά 1750% στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, το πόσο βόρεια στην Ευρώπη μπορεί να εξαπλωθεί το *S. elaeagnifolium* εξαρτάται και από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα αλλά και το χρονικό διάστημα της υγρής περιόδου (Krigas et al., 2021).

Επιπρόσθετα, η άνοδος των επίπεδων CO₂ αναμένεται να μειώσει την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων συνολικά, επηρεάζοντας με αυτό το τρόπο και το δυναμικό εισβολής που παρουσιάζουν σημαντικά φυτά εισβολείς.

1.2.5. Οικολογική προσαρμοστικότητα

Το γονιδίωμα του *S. elaeagnifolium* είναι διπλοειδές ($2n=24$). Διπλοειδείς πληθυσμοί έχουν παρατηρηθεί στη Βόρεια Αμερική, ενώ στην Αργεντινή έχει καταγραφεί πολυπλοειδία, που ενδέχεται να υποδεικνύει ότι το φυτό εισέβαλε στη χώρα (Chiarini, 2014). Συγκεκριμένα, στην Αργεντινή έχουν καταγραφεί τετραπλοειδείς ($2n=48$) και εξαπλοειδείς πληθυσμοί ($2n=72$) (Scaldeferro et al., 2012). Το *S. elaeagnifolium* ευδοκίμει σε περιοχές με ήπιους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια και τόσο σε άνυδρες (>200 mm) όσο και ημιάνυδρες βιοκλιματικές ζώνες. Χαρακτηριστικά, απαντάται και

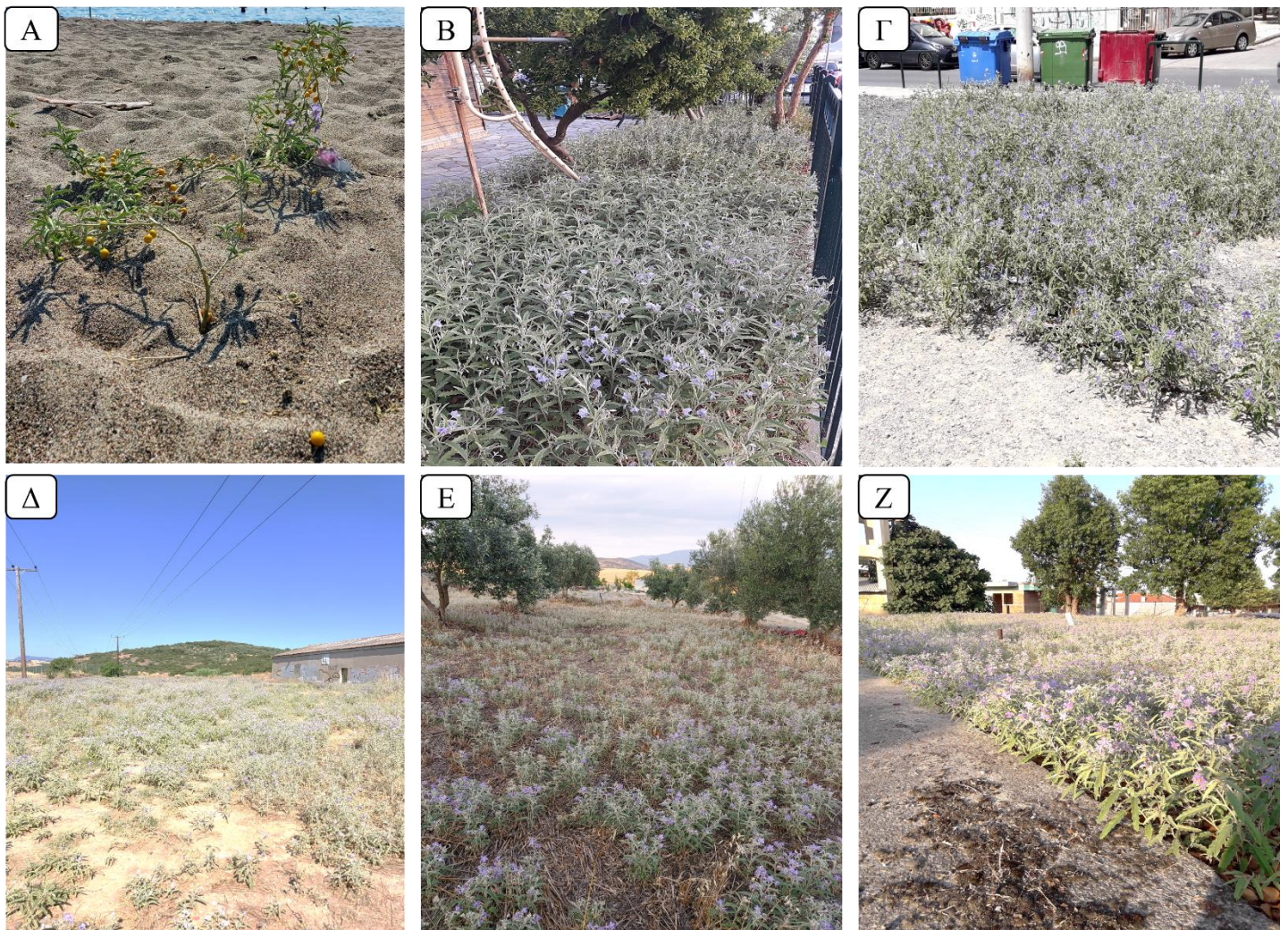
υγρές περιοχές με έως και 1200 mm ετησίως (Adjim and Kazi Tani, 2018). Στην Αργεντινή, οι διπλοειδείς και εξαπλοειδείς απαντώνται στις περιοχές που καταγράφουν ετήσιο ύψος βροχόπτωσης κατά βάση >500 mm, ενώ οι εξαπλοειδείς βρίσκονται μόνο στις περιοχές με >500 mm ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (Scaldfarferro et al., 2012). Η προσαρμοστικότητα του *S. elaeagnifolium* ως μέλος του υποκλάδου (subclade) *Elaeagnifolium* του κλάδου *Leptostemonum* στις άνυδρες κλιματικές ζώνες πιθανόν οφείλεται σε γεγονότα που συνέβησαν εκατομμύρια χρόνια πριν και συγκεκριμένα την εποχή της Πλειόκαινου (Echeverría-Londoño, 2017). Στο Μαρόκο απαντάται κυρίως σε ημιάνυδρες περιοχές και λιγότερο άνυδρες, Σαχάριες και ημιυγρές (subhumid) περιοχές (Ben-Ghabrit et al., 2019).

Το *S. elaeagnifolium* μπορεί να εγκατασταθεί, να επιβιώσει και ακόμα να κυριαρχήσει σε διάφορα περιβάλλοντα. Κάποια μέρη όπου παρατηρείται να σχηματίζει πυκνούς και μεγάλους πληθυσμούς είναι παράκτια μέρη, παρτέρια και πάρκα στο αστικό περιβάλλον, ακαλλιέργητες εκτάσεις, βοσκοτόπους, πολυετείς καλλιέργειες όπως η ελιά ή τα εσπεριδοειδή, και κατά μήκος του οδικού δικτύου (Εικόνα 15), ενώ έχει αποδειχθεί ότι η εισβολή του επηρεάζεται θετικά σε περιβάλλοντα όπου έχει γίνει ανθρώπινη παρέμβαση. Χαρακτηριστικά στην Ιορδανία, το ζιζάνιο απαντάται τόσο κοντά σε πηγές νερού, όσο και σε ξηρά και αλατούχα εδάφη, μέχρι και στην έρημο (Qasem et al., 2019). Σε μελέτη πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* με διαφορετική πλοειδία, βρέθηκε ότι στα αλατούχα εδάφη ευδοκίμουςαν μόνο διπλοειδείς πληθυσμοί (Scaldfarferro et al., 2012). Σύμφωνα με τους Formozis et al. (2021), το φυτό απαντάται στα περιθώρια των δασών και όχι εντός αυτών, καθώς η πυκνή βλάστηση, η υψηλή σκίαση από τη κόμη των δένδρων, και τα υπολείμματα στο έδαφος (bark) δεν επιτρέπουν τη διείσδυση της απαραίτητης ηλιακής ακτινοβολίας και των κατακρημνίσεων για την ανάπτυξη του *S. elaeagnifolium*. Η αντοχή του σε αντιξοές συνθήκες και σε διάφορους αβιοτικούς παράγοντες το καθιστούν ένα επιτυχημένο και επικίνδυνο φυτό εισβολέα για τη τοπική χλωρίδα και πανίδα, και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με τον Mekki (2006) η παρουσία του απαντάται σε πάρα πολλούς τύπους εδάφους, ενώ δεν βρίσκεται σε εδάφη που είναι βαθιά και αμμώδη ή κάτω από συνθήκες κατάκλυσης. Εγκαθίσταται ικανοποιητικά σε molisols, vertisols και alfisols (Vigna et al., 1981). Στο Μαρόκο, έχει βρεθεί σε εννέα διαφορετικούς τύπους εδάφους και συγκεκριμένα σε gleysols, cambisols, vertisols, luvisols, regosols, xerosols, rankers, complex και rendzinas (Ben-Ghabrit et al., 2016). Στην Ελλάδα, μία μεγάλη καταγραφή των πληθυσμών του ζιζανίου έδειξε ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (>60%) απαντάται σε εδάφη με υψηλό κορεσμό και χαμηλή οργανική ουσία της επιφάνειας του εδάφους (Krigas et al., 2021). Στη Γαλλία απαντάται κυρίως σε πηλώδη και ασβεστώδη εδάφη (Fried, 2011). Στην Αυστραλία, παρατηρήθηκε ότι η παρουσία του ζιζανίου είναι ελλιπής στα πλαϊνά των δρόμων όπου βρίσκονται είδη ευκαλύπτου (Zhang et al., 2012). Στο Τέξας, ΗΠΑ, βρέθηκε ότι τα φυτά είχαν μεγαλύτερο ύψος σε πηλώδη σε σχέση με αμμώδη εδάφη (Kasper et al., 2021). Στη συγκεκριμένη έρευνα θεωρήθηκε ότι τα φυτά που βρίσκονται σε αμμώδη εδάφη υπόκεινται σε μια θυσία (trade-off) ώστε να έχουν περισσότερα αγκάθια (spines) και περισσότερες πιθανότητες να αμυνθούν ενάντια σε εχθρούς, όπως έντομα που είναι φυσικοί ξενιστές του ζιζανίου (Kasper et al., 2021).

Στη φυσική ζώνη βλάστησης του ζιζανίου (Μεξικό και Νότιες ΗΠΑ) επικρατούν ξηροί χειμώνες και υγρά καλοκαίρια, ενώ θεωρείται υγρό ημιτροπικό (Uludag et al., 2016). Τα όρια ετήσια βροχόπτωσης που του αποδίδουν οικολογική προσαρμοστικότητα κυμαίνονται μεταξύ 30-50 mm (Catt, 1970). Στο Μεξικό, το *S. elaeagnifolium* ευδοκίμει ακόμα και στην έρημο της Chihuahuan όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 250 mm όπου επικρατούν άνυδρες συνθήκες και τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο

η συνολική βροχόπτωση είναι περίπου 75 mm (Contreras-Cisneros, 2022). Στη περιοχή της Victoria στην Αυστραλία, το ζιζάνιο εμφανίζεται συχνά στις περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 360-560 mm, προτιμώντας ελαφρά εδάφη (Smith and Faithful, 1998), ενώ σε όλη τη χώρα απαντάται στις θερμές περιοχές με ετήσια βροχόπτωση 250-600 mm (Feuerherdt, 2010). Οι ξαφνικές και έντονες καλοκαιρινές βροχοπτώσεις είναι ικανές να προκαλέσουν ένα νέο κύμα φυτρώματος των σπόρων του ζιζανίου (Rutherford, 1976). Χαρακτηριστικά το ζιζάνιο εξαπλώνεται σε πολλές περιοχές της Τυνησίας όπου το καλοκαίρι είναι θερμό και άνυδρο, ενώ η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 36°C (Mekki, 2006), και χαρακτηριστικά στη περιοχή του El Alam όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 300-400 mm, οι χειμώνες είναι ήπιοι και βροχεροί, τα καλοκαίρια ζεστά και ξηρά, και τα εδάφη ελαφριά (Sayari et al., 2021). Στην Αλγερία παρατηρήθηκε ότι το ζιζάνιο δεν ευδοκιμεί σε περιοχές που επικρατεί το κλίμα της Σαχάρας και εντοπίζεται κυρίως κοντά σε Μεσογειακά κλίματα όπου η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιανουάριο και είναι 3 °C (Adjim and Kazi Tani, 2018). Ωστόσο, πριν λίγα χρόνια το ζιζάνιο εντοπίστηκε στα βόρεια σύνορα της Σαχάρας σε δύο οάσεις (600 m από το επίπεδο της θάλασσας), κάτι το οποίο είναι ανησυχητικό για τη περαιτέρω εξάπλωση του ζιζανίου νοτιότερα (Adjim and Kazi Tani, 2018). Στην Αργεντινή βρίσκεται κυρίως σε ημιάνυδρα και υπουγρά (subhumid) περιβάλλοντα με πολύ χαμηλή βροχόπτωση από 50 έως και 200 mm (Vigna et al., 1981). Στα βορειοδυτικά της χώρας εμφανίζεται και σε πετρώδεις περιοχές με αλκαλικό pH.

Το *S. elaeagnifolium* απαντάται κυρίως σε πολύ χαμηλό υψόμετρο σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας. Ενδεικτικά βρίσκεται από 200-300 m στην Αλγερία, μέχρι και 1.119 m στο Μεξικό (Contreras-Cisneros et al., 2022). Στη Τουρκία συναντάται στα 5-626 m από το επίπεδο της θάλασσας (Icim et al., 2016). Στην Ελλάδα, το *S. elaeagnifolium* δεν βρέθηκε σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1.200 m σε μία λεπτομερή πανελλήνια καταγραφή της διασποράς του ζιζανίου (Krigas et al., 2021). Περίπου το 85% των πληθυσμών στη χώρα συναντάται σε χαμηλό υψόμετρο έως 200 m, ενώ παρουσιάζεται μειωμένη η διασπορά σε μεγαλύτερα υψόμετρα.



Εικόνα 15: Προσβολή του *Solanum elaeagnifolium* σε διαφορετικά ενδιαιτήματα. Α: Σε αμμώδες έδαφος στη παραλία της Καραθώνας (Ναύπλιο, Ιούλιος 2020), Β: Σε παρτέρι στο Βόλο (Ιούνιος 2021), Γ: Σε αστικό περιβάλλον στην Αθήνα (Ιούνιος 2019), Δ: Σε εγκαταλελειμμένη έκταση στη ΒΙΠΕ Βόλου (Ιούλιος 2021), Ε: Σε ελαιώνα στη ΒΙΠΕ Βόλου (Ιούλιος 2021), Ζ: Σε πάρκο στην Ανθήλη (Ιούνιος 2020)

1.2.6. Αντίκτυπος

1.2.6.1. Αρνητικές επιδράσεις

Διάφορα φυτικά μέρη του ζιζανίου διαθέτουν τοξικά αλκαλοειδή και συγκεκριμένα τη σολανίνη και τη σολανοσίνη που επηρεάζουν τη γαστροοισοφαγική λειτουργία των ζώων (Sforza and Jones, 2007). Η δηλητηρίαση οφείλεται στο συνδυασμό των αλκαλοειδών με σάκχαρα που οδηγούν στη σύνθεση γλυκοαλκαλοειδών (Mellado et al., 2008). Τα πλέον τοξικά φυτικά μέρη για τα ζώα είναι οι καρποί, προκαλώντας δηλητηρίαση και συμπτώματα όπως πρήξιμο, φούσκωμα και δυσκολία στην αναπνοή (Smith and Faithful, 1998). Η διατροφή χάμστερ με καρπούς του *S. elaeagnifolium* έδειξε ότι μπορεί να προκληθούν τοξικότητες (έως και θάνατοι) αλλά και δυσπλασίες στα νεογνά (Baker et al., 1989; Keeler et al., 1990). Σύμφωνα με αναφορές γεωργών από την Ιορδανία, τα πλέον ευάλωτα ζώα είναι οι αγελάδες, ενώ λιγότερο ευάλωτα δείχνουν τα κουνέλια, τα πρόβατα και τέλος τα κατσίκια (Qasem, 2014). Στο ίδιο συνηγορούν και οι Smith and Faithful (1998), λέγοντας ότι τα βοοειδή είναι πιο

ευάλωτα από τα πρόβατα. Υπολείμματα του ζιζανίου, όπως βλαστοί και φύλλα, μπορούν να βρεθούν στα σιτηρέσια των ζώων ή στο άχυρο (hay) προκαλώντας περαιτέρω πρόβλημα στη διατροφή τους, λόγω των αγκαθιών τους (Davis et al., 1945). Το ζιζάνιο έχει βρεθεί ότι εισβάλλει σε αγρούς όπου καλλιεργείται εντατικά βαμβάκι, σιτάρι, αραβόσιτος, οπωροκηπευτικά, ελιές, εσπεριδοειδή, αμπέλι κ.α. (FAO, 2011) (Εικόνα 16). Ο αντίκτυπος του ζιζανίου στις καλλιέργειες περιγράφεται αναλυτικά στο κομμάτι της Συζήτησης. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν για τη προσβολή του *S. elaeagnifolium* από το παρασιτικό ζιζάνιο *Orobancha ramosa* βρέθηκε ότι το ζιζάνιο είναι πολύ ευαίσθητο και η προσβολή είναι υψηλή, οδηγώντας μάλιστα σε πολύ υψηλή προσβολή και των φυτών *Lycopersicon esculentum* που καλλιεργήθηκαν μετά από το ζιζάνιο (Qasem, 2019).

Όσον αφορά τις οικονομικές ζημιές και τα κόστη που αφορούν την αντιμετώπιση ή διαχείριση του ζιζανίου, αυτά είναι υπέρογκα. Στην Νότιο Αυστραλία, το ετήσιο κόστος λόγω του ζιζανίου στους παραγωγούς ανέρχεται στα \$10 εκατομμύρια (Kwong et al., 2006). Συνολικά στην Αυστραλία, τα κόστη που καλούνται να καλύψουν οι παραγωγοί είναι πολύ υψηλά και συγκεκριμένα \$1.730 ετησίως για τον έλεγχο του ζιζανίου, ενώ προκαλούνται και \$7.786 ζημιές λόγω της απώλειας στη παραγωγή (McLaren et al., 2004). Ο Hear (2014) εκτιμάει ότι τα ετήσια απώλειες στη γεωργική παραγωγή υπολογίζονται στα \$70 εκ. στην Αυστραλία.

Διάφορα άλλα προβλήματα που προκαλούνται από το *S. elaeagnifolium* είναι το μπλοκάρισμα καναλιών άρδευσης και αλλεργίες που καταγράφονται στο Ιράκ, προβλήματα στη συγκομιδή, και μείωση της βιοποικιλότητας που αναφέρεται στη Συρία (Bouhache and Gbèhouou, 2014). Υψηλές πυκνότητες του ζιζανίου (16-32 φυτά/m²) έχουν επίδραση, η οποία δεν είναι στατιστικώς σημαντική, στην αποδοτικότητα της συγκομιδής βαμβακιού (Green et al., 1987). Επίσης έχει αναφερθεί ότι στις ζώνες εισβολής του *S. elaeagnifolium* έχει παρατηρηθεί η μειωμένη επίσκεψη επικονιαστών (κυρίως αυτών που δонούν τις ανθήρες όπως το γένος *Amegilla*) σε άνθη φυτών της τοπικής βλάστησης, μειώνοντας με αυτό το τρόπο τη παραγωγή σπόρων από αυτά τα επιθυμητά φυτά (Tscheulin et al., 2008; Tscheulin et al., 2009b; Tscheulin and Petanidou, 2013). Βέβαια, η αυξημένη επισκεψιμότητα των ανθέων του *S. elaeagnifolium* από τοπικούς επικονιαστές σε ζώνες εισβολής, δεν έχει βρεθεί να αλλάζει δραστικά τα δίκτυα επικονίασης ανάμεσα στην αυτοφυή βλάστηση και τους επικονιαστές (Vila et al., 2009).

Η αλληλεπίδραση του ζιζανίου με διάφορα έντομα και εχθρούς των καλλιεργειών, λειτουργώντας κατά περιπτώσεις ως πρωτεύων ή δευτερεύων ξενιστής, είναι ένα χαρακτηριστικό που πρέπει να λαμβάνεται συχνά υπόψιν για την έρευνα των επιδράσεων του ζιζανίου σε διάφορες οικοσυστημικές λειτουργίες και στη βιοποικιλότητα (Εικόνα 17). Ενδεικτικά, το ζιζάνιο βρέθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α. να είναι ξενιστής του παρασιτικού ζιζανίου 'κουσκούτα' (*Cuscuta campestris* Yuncker), το οποίο παρατηρήθηκε και σε αγρούς στην Ιορδανία (Qasem, 2014). Σε εκτάσεις όπου καλλιεργείται βαμβάκι στις ΗΠΑ, το *S. elaeagnifolium* εμφανίζεται ως σημαντικός ξενιστής των νυμφών και των ενήλικων της ψύλλας του βαμβακιού *Pseudatomoscelis seriatus* (Esquivel and Esquivel, 2009). Στην ίδια χώρα, το *S. elaeagnifolium* βρέθηκε ότι προσβάλλεται από το μύκητα *Alternaria solani* Sorauer, ενώ στο υπέργειο μέρος του φυτού βρέθηκαν τα έντομα *Planococcus citri* Risso, *Heliothrips* sp., *Tetranychus* sp., *Coccinella* sp., και *Musca domestica* L. Καταγραφές από το Τέξας (ΗΠΑ) αναφέρουν ότι τα έντομα *Manduca sexta* Linnaeus (σκώρος του καπνού) εχθρός των φυτών της οικογένειας Solanaceae, η αφίδα της αραχίδας *Aphis craccivora* C.L.Koch, και το *Leptinotarsa texana* Schaeffer (σκαθάρι της πατάτας του Τέξας), μπορούν να ολοκληρώσουν επιτυχώς το βιολογικό τους κύκλο

στο *S. elaeagnifolium* (Chavana et al., 2021). Το ιδιαίτερα ζημιογόνο έντομο *Tuta absoluta* έχει ως δευτερεύων ξενιστή του το *S. elaeagnifolium* (Meyrick, 1917) (Baldé, 2013). Το κολεόπτερο *Leptinotarsa decemlineata* (Colorado potato beetle) που αποτελεί το μεγαλύτερο εχθρό αποφυλλωτή της καλλιέργειας της πατάτας παγκοσμίως, βρίσκεται στο *S. elaeagnifolium* το ξενιστή που χρειάζεται πριν ή μετά τη συγκομιδή της πατάτας για ευκαιριακή τροφή (Tscheulin et al., 2009a), αποτελώντας πρόβλημα και για τις καλοκαιρινές σπορές όπως φάνηκε από το νησί της Λέσβου στην Ελλάδα (Tscheulin et al., 2008). Το *S. elaeagnifolium* αποτελεί πρόβλημα για τη καλλιέργεια της πατάτας καθώς είναι ξενιστής τόσο του βακτηρίου ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ (Lso) που προσβάλλει τη πατάτα, όσο και της ψυλίδας της πατάτας *Bactericera cockerelli* (Thinakaran et al., 2015). Στη Τυνησία, βρέθηκε ότι το *S. elaeagnifolium* προσβάλλεται φυσικά από τον ιό της πατάτας (potato virus Y), αποτελώντας ξενιστή και τροφοδότη (reservoir) του ιού στη καλλιέργεια πατάτας μέσω της μεταφοράς του από τις αφίδες *Myzus persicae* και *Aphis fabae* (Boukhris-Bouhachem et al., 2007). Τέλος αποτελεί καταφύγιο για φίδια και τρωκτικά (Qasem et al., 2019). Στο Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι ιοί στους οποίους είναι ξενιστής το *S. elaeagnifolium* (Sastrý et al., 2019).

Πίνακας 2: Ιοί στους οποίους παρουσιάζεται το *Solanum elaeagnifolium* ως ξενιστής

Είδος	Γένος	Οικογένεια	Αναφορά
Cucumber mosaic virus (EK.V)	Cucumovirus	Bromoviridae	Rodriguez-Alvarado et al., 2002
Tomato yellow leaf curl Sardinia virus (TYLCSaV)	Begomovirus	Geminiviridae	Zammouri and Mnari-Hattab, 2014
Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)	Begomovirus	Geminiviridae	Zammouri and Mnari-Hattab, 2014
Pepper mottle virus (PepMoV)	Potyvirus	Potyviridae	Rodriguez-Alvarado et al., 2002
Potato virus Y (PVY)	Potyvirus	Potyviridae	Boukhris-Bouhachem et al., 2007



Εικόνα 16: Απεικόνιση προσβεβλημένων και μη προσβεβλημένων ελαιώνων από το *Solanum elaeagnifolium*. A-B: Ελαιώνες στη περιοχή Cano της Κεντρικής Πορτογαλίας, Γ-Δ: Ελαιώνες στη ΒΠΠΕ Βόλου, Ελλάδα



Εικόνα 17: Το *Solanum elaeagnifolium* ως ξενιστής εντόμων και παρασιτικών φυτών

1.2.6.2. Χρήσεις

Παρόλες τις πολλαπλές αρνητικές επιδράσεις του φυτού, υπάρχουν αρκετές χρήσεις διάφορων φυτικών τμημάτων στους τομείς των τροφίμων, της ιατρικής, της κτηνοτροφίας, της βελτίωσης φυτών κ.α. (Πίνακας 3).

Η σολασοδίνη είναι ένα από τα δύο γνωστά αλκαλοειδή των καρπών του *S. elaeagnifolium* που οδήγησαν στην εξαγωγή και εμπορική αξιοποίηση της για κορκιστεροκοειδή και στεροειδή προϊόντα στην Ινδία και στην Αργεντινή (Nigra et al., 1989; Roy et al., 2015), ενώ έχει γίνει και σχετική έρευνα για την καλύτερη αξιοποίηση και εξαγωγή της σολασοδίνης (Quadri and Giuliatti, 1993). Το *S. elaeagnifolium* επιδεικνύει αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση (Mellouk et al., 2017). Οι σπόροι έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή και φαινολικά, που επιδεικνύουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση (Feki et al., 2014). Αυτή η ιδιότητα τους, συνδυασμό με την παρεμπόδιση των τελικών προϊόντων της γλυκοποίησης (glycation end products), έχουν επιτρέψει να προταθεί η χρήση του φυτού εναντίον διαβητικών επιπλοκών όπως η αθηροσκλήρυνση και ο καταρράκτης (Houda et al., 2014). Επίσης, έχει βρεθεί ότι το φυτό περιέχει ενώσεις που δείχνουν να περιορίζουν την ανάπτυξη σειρών καρκινικών κυττάρων, όπως του παχέος εντέρου (Al-Hamaideh et al., 2020), ανοίγοντας το δρόμο για την εκμετάλλευση αυτών των ενώσεων ως αντικαρκινικοί παράγοντες (Hernández et al., 2017). Τα εκχυλίσματα από φύλλα του ζιζανίου θεωρούνται αποτελεσματικά για

το περιορισμό διάφορων ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων (Balavivekananthan et al., 2021). Πρόσφατα δημιουργήθηκαν νανουλικά (nanocomposites) από εκχυλίσματα του φυτού που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην βιοιατρική εναντίον ασθενειών (Barwant et al., 2021).

Η σολασοδίνη, η σολασονίνη και η σολαμαργίνη είναι τρία γλυκοαλκαλοειδή τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για τη θνητότητα εντόμων, όπως το *Myzus persicae*, το *Tribolium castaneum*, αφού τα εκχυλίσματα μεθανόλης από φύλλα ή σπόρους του φυτού παρουσιάζουν βιοεντομοκτόνο δράση (Hamouda et al., 2015a; Hamouda et al., 2015b). Παράλληλα, έχει αναφερθεί ότι έχει μυκητοκτόνο (Abdallah et al., 2016), κοχλιοκτόνο (Njeh et al., 2015) και νηματοδοκτόνο και ζιζανιοκτόνο δράση (Balah and AbdelRazek, 2020).

Παρότι η κατανάλωση διάφορων φυτικών μερών του φυτού από μηρυκαστικά πρέπει να αποφεύγεται λόγω των ταννινών και της χαμηλής πεπτικότητας, η επιλεκτική βόσκηση από κατσίκες (αίγες) σε ξηρικές συνθήκες και πάντα πριν την έναρξη της ανθοφορίας σε νεαρό βλασθητικό στάδιο, όπου υπάρχουν μεγάλες προσβολές, είναι μία πρακτική που μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη διατροφή τους αλλά και στον έλεγχο του ζιζανίου (Mellado et al., 2008). Στις βορειοανατολικές περιοχές του Μεξικό, όπου επικρατούν ξηρικές συνθήκες, παρατηρήθηκε ότι η κατανάλωση του *S. elaeagnifolium* από αίγες σε βοσκοτόπους ήταν συνεχής όλο το χρόνο ενώ κατά το καλοκαίρι αποτελούσε περίπου το ένα τρίτο της διατροφής τους (Mellado et al., 2004). Κατά την άνοιξη, όπου οι συνθήκες είναι ξηρικές στις συγκεκριμένες περιοχές, παρατηρείται επιλεκτικότητα ως προς τη κατανάλωση του *S. elaeagnifolium* από τις αίγες κυρίως λόγω έλλειψης νομής και όχι λόγω της διατροφικής αξίας των φυτικών τμημάτων του φυτού (Mellado et al., 2012).

Το *S. elaeagnifolium* έχει χρησιμοποιηθεί ανά τους αιώνες και ως συστατικό τροφίμων, καθώς οι Ινδιάνοι Pima χρησιμοποιούσαν τους ώριμους καρπούς ως παράγοντα πήξης του γάλακτος (Néstor et al., 2012), ενώ εδώ και αρκετές δεκαετίες χρησιμοποιείται στη περιοχή Chihuahua για τη παρασκευή χειροποίητων τυριών (Martínez-Ruiz et al., 2013), προσφέροντας εξαιρετικές ιδιότητες (Gutiérrez-Méndez et al., 2019). Ο παράγοντας πήξης του γάλακτος (milk-clotting agent) οφείλεται σε μία πρωτεάση η οποία βρίσκεται μόνο στους ώριμους κίτρινους καρπούς, ανάμεσα στη φλούδα του καρπού και τους σπόρους, και όχι σε ανώριμα ή περισσότερο ώριμα στάδια του καρπού (Chávez-Garay et al., 2016). Η έρευνα γύρω από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ενώσεων που βρίσκονται στο καρπό και η χρήση τους στη τυροκομία διεξάγεται περισσότερο από έναν αιώνα (Bodansky, 1916).

Η ανθεκτικότητα του *S. elaeagnifolium* στην ξηρασία και σε άλλους αβιοτικούς παράγοντες έχει προσελκύσει το επιστημονικό ενδιαφέρον για τη διενέργεια διασταυρώσεων με φυτά της οικογένειας Solanaceae με σκοπό τη βελτίωση τους. Συγκεκριμένα, έχουν γίνει επιτυχείς διασταυρώσεις και έχουν δημιουργηθεί νέες γενεές υβριδίων μελιτζάνας (*Solanum melongena*) που ενδέχεται να είναι πιο ανθεκτικές στη ξηρασία και στη προσαρμογή σε χαμηλά επίπεδα αζώτου (García-Fortea et al., 2019; Villanueva et al., 2021). Βέβαια, απαιτείται η βελτίωση της γονιμότητας των εν λόγω υβριδίων (Kouassi et al., 2016).

Το *S. elaeagnifolium* μπορεί ίσως να χρησιμοποιηθεί ως φυτό “παγίδα” (trap crop) για τη προσβολή από το παρασιτικό ζιζάνιο *O. ramosa*, παρόλο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη περίπτωση που μετά από το *S. elaeagnifolium* θα καλλιεργηθεί τομάτα, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα (Qasem, 2019). Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αλληλοχημικά (δευτερογενείς μεταβολίτες) που παράγονται από διάφορα μέρη του φυτού και παρουσιάζουν ζιζανιοκτόνο δράση (Balah et al., 2022).

Άλλες χρήσεις του φυτού περιλαμβάνουν την αξιοποίηση του ελαίου από τους σπόρους του για παραγωγή βιοκαύσιμου (Houachri et al., 2018), και για παραγωγή σαπουνιού και σαμπουάν για τα μαλλιά, όπως αναφέρουν οι Feki et al. (2013), λόγω των φυσικοχημικών του ιδιοτήτων, ενώ είναι πηγή λιγνίνης και κυτταρίνης (Boussetta et al., 2021) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα στη μανιταροκαλλιέργεια (Monsivais et al., 2021).

Πίνακας 3: Χρήσεις του *Solanum elaeagnifolium*

Κατηγορία	Χρήση	Αναφορά
Φυτοεξυγίανση	Η βιομάζα του <i>S. elaeagnifolium</i> μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικό υλικό (biomaterial) για την βιοδιήθηση (biofiltration), την εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών και μολυσμένων υδάτων λόγω της προσκόλλησης (binding) / απορρόφησης (absorption) βαρέων μετάλλων όπως τα Pb, Cu, Ni, Cd, Zn, Cr	Baig et al., 1999; Rascon et al., 2000
Βιοκαύσιμο	Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων που λήφθηκαν από το έλαιο των σπόρων του φυτού (Τυνησία από ξηρικές συνθήκες) έδειξαν να έχουν ικανοποιητικές ιδιότητες για την αξιοποίηση του ελαίου για βιοκαύσιμο	Houachri et al., 2018
Ζωοτροφή	Η συμμετοχή του <i>S. elaeagnifolium</i> σε σιτηρέσιο μηδικής για αίγες ενδείκνυται μόνο σε ποσοστό 25% ως μέτρια πηγή ακατέργαστης πρωτεΐνης (crude protein) για τα ζώα (150 g kg ⁻¹ ξηρής μάζας), παρόλο τη χαμηλή μεταβολική ενέργεια (metabolizable energy) με 6.52 g kg ⁻¹ ξηρής μάζας. Ενδείκνυται επίσης για επιλεκτική βόσκηση από αίγες σε περιοχές με μεγάλες προσβολές	Mellado et al., 2004; Mellado et al., 2008
Πηγή λιγνίνης και κυτταρίνης	Το ζιζάνιο είναι μία ιδανική πηγή λιγνίνης και κυτταρίνης, ουσίες οι οποίες θα μπορούσαν να εξαχθούν και να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία συγκολλητικών ουσιών ξύλου	Boussetta et al., 2021
Τρόφιμο	Οι κίτρινοι ώριμοι καρποί του <i>S. elaeagnifolium</i> χρησιμοποιούνται στο βορειοανατολικό Μεξικό (περιοχή Chihuahua) για τη παραγωγή χειροποίητων τυριών (όπως το asadero), ενώ η πηκτική ουσία από τους καρπούς (coagulant) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο της πυτιάς και για τη παραγωγή μαλακότερου τυριού (cream cheese)	Vargas-Requena et al., 2009; Néstor et al., 2012
Υπόστρωμα για μανιταροκαλλιέργεια	Τα φυτικά μέρη του ζιζανίου (straw) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα για τη παραγωγή του μανιταριού <i>Pleurotus ostreatus</i>	Monsivais et al., 2021
Βελτίωση φυτών	Παρόλο ότι κάποιες μελέτες έδειξαν ότι η πολυπλοειδία του <i>S. elaeagnifolium</i> και η φυλογενετική απόσταση από το <i>S. melongena</i> οφείλονται για τη μη επιτυχή λήψη υβριδίου και βιώσιμων σπόρων, κάποιες άλλες μελέτες έδειξαν ότι η διασταύρωση τους πέτυχε με τη δημιουργία ενός νέου υβριδίου	Plazas et al., 2016; García-Fortea et al., 2019; Villanueva et al., 2021
Φαρμακευτικές ιδιότητες	Το εκχύλισμα του φυτού με πετρελαϊκό αιθέρα έδειξε αντιβακτηριδιακή δράση εναντίον ανθρωπογενών βακτηρίων, ενώ το λιπιδικό κλάσμα του εκχυλίσματος παρουσίασε συνεργιστική δράση με το αντιβιοτικό ciprofloxacin για το περιορισμό των βακτηρίων <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> και <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Amer et al., 2013

Φαρμακευτικές ιδιότητες	Το αλκοολικό εκχύλισμα του φυτού παρουσίασε αντιοξειδωτικές και ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες, ενώ εμφάνισε και παρατηρήθηκαν και αντιφλεγμονώδεις και αναλγητικές ιδιότητες, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε βιολογικό πείραμα με ποντίκια	Badawy et al., 2013
Φαρμακευτικές ιδιότητες	Το εκχύλισμα του φυτού παρουσίασε ηπατοπροστατευτική δράση, προστατεύοντας από τις δυσμενείς επιδράσεις της παρακεταμόλης στο ήπαρ	Hawas et al., 2013
Φαρμακευτικές ιδιότητες	Συγκεκριμένες ενώσεις από εκχύλισμα όλου του φυτού βρέθηκαν ως υποσχόμενες να φέρουν κυτταροτοξικές ιδιότητες εναντίον καρκινικών κυττάρων του μαστού	Radwan et al., 2015
Καλλυντικό/Σαπούνι	Λόγω της σύνθεσης των λιπαρών του οξέων, το έλαιο από τους σπόρους του φυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παρασκευή σαπουνιού και αλκυδικής ρητίνης	Meki et al., 2013
Κοχλυοκτόνο δράση	Τα εκχύλισμα μεθανόλης των σπόρων, οι σαπωνίνες και η ένωση β-solamarine βρέθηκαν ως αποτελεσματικά κοχλυοκτόνα εναντίον του <i>Galba truncatula</i> που είναι ξενιστής της ασθένειας fascioliasis	Njeh et al., 2015
Μυκητοκτόνο δράση και παράγοντας προαγωγής της ανάπτυξης του φυτού (plant growth-promoting agent)	Απομονώσεις ενδοφυτικών βακτηρίων από τους βλαστούς του <i>S. elaeagnifolium</i> βρέθηκε να έχουν μυκητοκτόνο δράση εναντίον του φουζαρίου της τομάτας (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. lycopersici), ενώ παράλληλα προήγαγαν την ανάπτυξη της τομάτας, λόγω της κινητοποίησης του φωσφόρου, της δραστηριότητας που αφορούσε το ινδολοξεϊκό οξύ και τα σιδηροφόρα, αλλά και την επίδραση σε ενζυμικές λειτουργίες	Abdallah et al., 2016
Νηματοδοκτόνο δράση	Τα υδατικά εκχυλίσματα από σπόρους και φύλλα του ζιζανίου είχαν ισχυρή αρνητική επίδραση στο νηματώδη <i>Meloidogyne incognita</i>	Balah and AbdelRazek, 2020
Ζιζανιοκτόνο δράση	Τα εκχυλίσματα του ζιζανίου παρεμπόδισαν σημαντικά το φύτευμα των ζιζανίων <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Polypogon monspeliensis</i> , και <i>Phalaris minor</i> λόγω αλληλοπάθειας. Εκχυλίσματα από σπόρους του φυτού περιόρισαν σημαντικά την ανάπτυξη του ζιζανίου <i>Portulaca oleracea</i>	Balah, 2020; Balah and AbdelRazek, 2020
Βιοεντομοκτόνο δράση	Το εκχύλισμα μεθανόλης από σπόρους του φυτού είχε εντομοκτόνο δράση εναντίον της λάρβας του λεπιδόπτερου <i>Spodoptera littoralis</i> (Boidival), ενώ το εκχύλισμα των φύλλων παρεμπόδισε την ανάπτυξη της πούπας του εντόμου. Τα εκχυλίσματα μεθανόλης κυρίως σπόρων αλλά και φύλλων του φυτού έχουν εντομοκτόνο δράση εναντίον του <i>T. castaneum</i>	Hamouda et al., 2014; Hamouda et al., 2015a; Hamouda et al., 2015b

1.2.7. Ολοκληρωμένη διαχείριση

Το *Solanum elaeagnifolium* είναι ένα εξαιρετικά δυσεξόντωτο ζιζάνιο κυρίως λόγω του εκτενούς ριζικού συστήματος που αναπτύσσει, του διττού τρόπου αναπαραγωγής του (αγενώς και εγγενώς), των μορφολογικών χαρακτηριστικών στα φύλλα και στους βλαστούς (τρίχωμα, αγκάθια) και της ευρείας προσαρμοστικής του ικανότητας. Παρότι η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη παγκοσμίως, για τη διαχείριση του συμφωνείται ότι (1) απαιτούνται διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα για το μακροπρόθεσμο περιορισμό του αντίκτυπου του, (2) η εξάλειψη του είναι πρακτικά αδύνατη εάν δεν πραγματοποιηθεί το πρώτο χρόνο εγκατάστασης του πληθυσμού ή αφορά μεγάλη έκταση, (3) οι

βιολογικοί παράγοντες αποτελούν μία λύση για τον μακροπρόθεσμο έλεγχο του αλλά κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, (4) εναλλακτικές λύσεις των συνθετικών ζιζανιοκτόνων (π.χ. φυσικά ζιζανιοκτόνα, χορτοκοπές, κατεργασία) είναι αποτελεσματικά μόνο για τη μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου, και (5) υπάρχει έλλειψη αποτελεσματικών πρωτοκόλλων για τη διαχείρισή του. Η ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου αναφέρεται εκτενώς στο κομμάτι της Συζήτησης στη παρούσα διατριβή. Για αυτό δεν θα αναπτυχθεί περαιτέρω σε αυτό το σημείο.

1.2.8. Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Νοτιοανατολική Αυστραλία σε μεγάλο δείγμα γεωργών, αναδείχτηκε ότι χρειάζονται υποστήριξη ως προς τις ενέργειες που πρέπει να κάνουν για τη διαχείριση του ζιζανίου (Stanton et al., 2011a). Τα Συστήματα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων ή Decision Support Systems (DSS) αποτελούν κατά βάση υπολογιστικά συστήματα που παρέχουν συμβουλές και πληροφορίες στους χρήστες που τους βοηθούν στη λήψη αποφάσεων (Kanatats et al., 2020). Πολλοί τύποι δεδομένων μπορούν να συλλεχθούν, να οργανωθούν και να αναλυθούν προκειμένου να καθοριστούν στρατηγικές παραγωγής καλλιεργειών που είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον και πιο κερδοφόρες σε σύγκριση με τις συμβατικές. Τα μοντέλα διαχείρισης, τα έγκαιρα και ακριβή δεδομένα και η συνεχής ανατροφοδότηση μετά από κάθε καλλιεργητική περίοδο είναι από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των DSS και χρησιμοποιούνται συχνά για να παρέχουν στους γεωργούς είτε βραχυπρόθεσμες είτε μακροπρόθεσμες καλλιεργητικές αποφάσεις.

Η μοναδική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής σχετικά με τη χρήση ενός συστήματος υποστήριξης λήψης απόφασης για τη διαχείριση του ζιζανίου έγινε στις ΗΠΑ στη καλλιέργεια βαμβακιού (Ford et al., 2011). Η τριπλή καθολική εφαρμογή με glyphosate στη δόση των 84 g ae/στρ. κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είχε ως αποτέλεσμα τον σχεδόν πλήρη έλεγχο του ζιζανίου (98%) σε σχέση με την εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων μεταξύ των γραμμών. Ωστόσο, την δεύτερη χρονιά του πειραματισμού και οι δύο επεμβάσεις παρουσίασαν παραπλήσιο έλεγχο χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους (65-85%) κατά την αξιολόγηση 120 ημέρες από τη σπορά. Αυτό το αποτέλεσμα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο πειραματισμός με συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium* πρέπει να διαρκεί αρκετά χρόνια και να λαμβάνει υπόψιν το δυναμικό αναπαραγωγής του ζιζανίου τόσο μέσω σπόρων όσο και μέσω των έρπουσων ριζών του.

Η επιλογή του κατάλληλου σταδίου ανάπτυξης του ζιζανίου, καθώς και οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το ψεκασμό, είναι επίσης σημαντικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν για τη λήψη απόφασης σχετικά με τον ψεκασμό. Για παράδειγμα, το *S. elaeagnifolium* ελέγχεται επαρκώς με εφαρμογές ζιζανιοκτόνων όταν βρίσκεται πριν- ή κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και το βαμβάκι βρίσκεται στο στάδιο των 4-6 φύλλων (Choudhary and Bordovsky, 2006). Ωστόσο, εάν η εφαρμογή πραγματοποιηθεί στο στάδιο όπου το 20% των καψών έχουν ανοίξει, το ζιζάνιο έχει ξυλοποιηθεί και έχει εισέλθει στο σχηματισμό των καρπών, οδηγώντας σε χαμηλό έλεγχο. Οι ίδιοι συγγραφείς κατέληξαν ότι παρότι οι ψεκασμοί με ζιζανιοκτόνα μπορούν να ελέγξουν το πληθυσμό του ζιζανίου, καλοκαιρινές βροχοπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν το φύτεμα των σπόρων και την δημιουργία νέων βλαστών.

1.3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός αυτής της διδακτορικής διατριβής είναι η ενδεδειγμένη έρευνα της βιολογίας, της οικολογίας, και της διαχείρισης του ζιζανίου εισβολέα *S. elaeagnifolium* και η αξιολόγηση της χρησιμότητας Συστημάτων Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου.

Συγκεκριμένα, μέσω της διεξαγωγής μιας σειράς από πειράματα αγρού, φυτοδοχείων σε θερμοκήπιο, θαλάμου και εργαστηρίου, στόχοι της παρούσας διατριβής παρέμεναν (1) η εξέταση στοιχείων της βιολογίας, οικολογίας και διασποράς του ζιζανίου ώστε να τροφοδοτήσουν με γνώση και δεδομένα επόμενα πειράματα για την αξιολόγηση του ανταγωνισμού του ζιζανίου με αροτραίες καλλιέργειες και τη βέλτιστη ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου, (2) η ενδεδειγμένη ανάλυση του ανταγωνισμού του *S. elaeagnifolium* με τη καλλιέργεια σόγιας για την ανάδειξη της σημαντικότητας του ζιζανίου στη μείωση των αποδόσεων και στην υποβάθμιση αγρονομικών χαρακτηριστικών μίας σημαντικής ετήσιας αροτραίας καλλιέργειας, (3) η ολιστική αξιολόγηση χημικών, μη χημικών και ολοκληρωμένων μεθόδων, εργαλείων και στρατηγικών για τη καταπολέμηση και τη διαχείριση του ζιζανίου, και τέλος (4) η τροφοδότηση ενός Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων με σκοπό να αποτελέσει μελλοντικά ένα χρήσιμο εργαλείο για την εξαγωγή συμβουλών διαχείρισης του *S. elaeagnifolium* σε πολυετείς καλλιέργειες.

Για το πρώτο στόχο, πραγματοποιήθηκε αρχικά ένα πείραμα με τρυβλία σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών όπου εξετάστηκε εάν η μεταχείριση των σπόρων του ζιζανίου για μία εβδομάδα σε διαφορετικές θερμοκρασίες και υγρασίας, έχει επίδραση στη βλαστητική ικανότητα των σπόρων. Η υπόθεση εργασίας ήταν ότι η υγρή μεταχείριση των σπόρων επηρεάζει θετικά το φύτρωμα των σπόρων. Ένα άλλο πείραμα σε φυτοδοχεία στόχευσε στην ανάλυση της τράπεζας σπόρων του ζιζανίου στο έδαφος από ακαλλιέργητη και καλλιεργούμενη έκταση, με την υπόθεση ότι στην ακαλλιέργητη έκταση η τράπεζα σπόρων θα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την καλλιεργούμενη έκταση. Ένα τρίτο πείραμα φυτοδοχείων είχε ως υπόθεση εργασίας ότι το βάθος και το μήκος των έρπουσων ριζών του *S. elaeagnifolium* έχει σημαντική επίδραση στον αριθμό των βλαστήσεων που προκύπτουν από τεμαχισμένες ρίζες. Ένα πείραμα, εκ νέου φυτοδοχείων, στόχευσε στην ανάλυση των διαφορών φυτών που προέρχονταν από αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμό με την υπόθεση ότι αυτά που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό έχουν καλύτερα αγρονομικά χαρακτηριστικά που βοηθούν την εξάπλωση και κυριαρχία σε σχέση με τα φυτά που προέρχονται από σπόρο. Τέλος, στο εργαστήριο έγινε προσπάθεια καταγραφής της παρουσίας του ζιζανίου σε παγκόσμιο επίπεδο και η δημιουργία χαρτών οικολογικής προσαρμοστικότητας, μοντέλων εξάπλωσης και αντοχής σε αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης με σκοπό την τροφοδότηση με σημαντικά στοιχεία του οδηγού ολοκληρωμένης διαχείρισης του ζιζανίου. Στη δεύτερη ενότητα, μελετήθηκε σε πείραμα αγρού για δύο έτη, ο ανταγωνισμός του ζιζανίου με τη καλλιέργεια σόγιας που αμφότερα δέχθηκαν χαμηλή και υψηλή άρδευση με τις υποθέσεις εργασίας να είναι ότι όσο αυξάνεται η άρδευση μειώνεται η ανταγωνιστική ικανότητα του ζιζανίου σε βάρος της σόγιας και ότι το ζιζάνιο προκαλεί σημαντικές απώλειες στη παραγωγή σόγιας. Στη τρίτη ενότητα, ελέγχθηκαν σε πειράματα φυτοδοχείων μεταφυτρωτικά και προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα με την υπόθεση εργασίας ότι τα διασυστηματικά συνθετικά ζιζανιοκτόνα προσφέρουν υψηλό έλεγχο του ζιζανίου, και ότι τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα είναι αποτελεσματικά στη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων. Σε πείραμα αγρού,

αξιολογήθηκαν διαφορετικά άλατα του αποτελεσματικού διασυστηματικού συνθετικού ζιζανιοκτόνου glyphosate με την υπόθεση ότι η αλλαγή του άλατος προσφέρει και διαφορετική αποτελεσματικότητα όταν αυτά εφαρμόζονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του ζιζανίου. Πειράματα αγρού δύο ετών στόχευσαν στην αξιολόγηση νέων θερμικών μεθόδων και της χορτοκοπής για τη διαχείριση του ζιζανίου με την υπόθεση εργασίας ότι παρότι δεν στοχεύουν στα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα του ζιζανίου, αυτές οι μέθοδοι είναι ιδιαίτερες αποτελεσματικές όταν εφαρμόζονται στο σωστό στάδιο ανάπτυξης με αποτέλεσμα τη μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου. Τέλος, πείραμα τριετίας που πραγματοποιήθηκε σε ελαιώνα όπου το *S. elaeagnifolium* ήταν το κυρίαρχο είδος κατά τους θερινούς μήνες είχε ως στόχο την αξιολόγηση της χορτοκοπής, χημικών μεθόδων και συνδυασμού τους με τις υποθέσεις που συνόδευαν αυτά τα πειράματα να είναι ότι το στάδιο της ανθοφορίας είναι το πλέον κατάλληλο για τις επεμβάσεις διαχείρισης του ζιζανίου σε σχέση με πρώιμα στάδια της έντονης βλαστητικής ανάπτυξης, και ότι συνδυασμοί μεθόδων μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου και μείωση των βλαστήσεων της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου. Στη τέταρτη και τελευταία ενότητα, η υπόθεση εργασίας που συνόδευσε αρκετά πειράματα φυτοδοχείων και αγρού ήταν ότι η μείωση των δόσεων φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων προσφέρει αποδεκτή αποτελεσματικότητα του *S. elaeagnifolium*. Ο πειραματισμός που διενεργήθηκε σε πολλαπλά επίπεδα και μέρη είχε ως τελικό στόχο τη τροφοδότηση ενός λειτουργικού Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για τη διαχείριση του ζιζανίου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μετρήσεις που έγιναν στα πειράματα κατά τη διάρκεια του διδακτορικού πραγματοποιήθηκαν αποκλειστικά στις εγκαταστάσεις του Εργ. Γεωργίας του Γ.Π.Α. με εξοπλισμό του εργαστηρίου που αναλύεται παρακάτω στο Πίνακα 4. Εξαιρέση αποτελούν η μελέτη μυκορριζικών μυκήτων που πραγματοποιήθηκε στο Πολυτεχνείο του Πόρτο στη Πορτογαλία και οι μετρήσεις των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν σε ελαιώνα στο Βόλο.

Το νωπό και ξηρό βάρος σπόρων, ριζών, και φυτικών ιστών μετρήθηκε κάθε φορά σε ζυγούς ακριβείας με ακρίβεια που απεικονίζεται στο Πίνακα 4. Για τη ξήρανση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε κάθε φορά ηλεκτρικός φούρνος (Εικόνα 18). Ο θάλαμος ανάπτυξης που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα ήταν σταθερών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας και φωτισμού, με δυνατότητα ρύθμισης από τον χρήστη. Ο γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιούταν για την εδαφοκατεργασία και στελεχοκοπή στο Εργ. Γεωργίας ήταν το μοντέλο 240 2WD Massey-Ferguson, Type 2773 (Manufacturing LTD, Great Britain), με παρελκόμενα φρέζα (απόσταση μαχαιριών μεταξύ τους 25 εκ., και ύψος μαχαιριών 40 εκ.), στελεχοκόπτη, και καλλιεργητή. Όπου πραγματοποιήθηκε χορτοκοπή με μεσινέζα, αυτή έγινε με χρήση του πολυμηχανήματος Stihl Kombi με βενζινοκινητήρα KM 94 RC-E, 24,1 εκ.³-1,2 Hp, και χορτοκοπτικό FS-KM με κεφαλή μεσινέζας. Για τη κοπή στο ύψος του εδάφους των φυτών σόγιας που πραγματοποιήθηκε σε πειράματα που εγκαταστάθηκαν στο Εργ. Γεωργίας, χρησιμοποιήθηκε ο φρααροκόπτης HL-KM 145° με μήκος κοπής 60 εκ.

Πίνακας 4: Όργανα, μηχανήματα και εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων

Όργανο – Μηχάνημα – Εφαρμογή	Μοντέλο - Κατασκευαστής
Ζυγαριά ακριβείας / Ακρίβεια d=2 g	KERN TB60K2, KERN & Sohn GmbH, Germany
Ζυγαριά ακριβείας / Ακρίβεια d=0.1 g	KERN 440-43N, KERN & Sohn GmbH, Germany
Ζυγαριά ακριβείας / Ακρίβεια d=0.01 g	KERN 440-35N, KERN & Sohn GmbH, Germany
Ζυγαριά ακριβείας / Ακρίβεια d=0.1 mg	KERN ABJ 220-4M, KERN & Sohn GmbH, Germany
Ηλεκτρικός φούρνος	Memmert U40, 854 Schwabach, Germany
Θάλαμος ανάπτυξης	Elvem, Model:CLP600, Σπάτα Αττικής 190 04, Ελλάδα
Μέτρηση NDVI	Greenseeker®, Trimble Agriculture Division, Westminster, CO, USA
Μέτρηση Fv/Fm (Quantum Yield-QY)	FluorPen FP 110 (PSI, Photon Systems Instruments spol. s r.o.), 664 24 Drásov, Czech Republic
Ηλεκτρικός ψεκαστήρας πλάτης 5 L	Viopsec Kalimeris, Knapsack Sprayer, Eletra Venus 5 L
Ηλεκτρικός ψεκαστήρας πλάτης με ρύθμιση πίεσης 16 L	Originale Volpi, V Black E-Pro16, Electric Sprayer, Mantova, Italy
Πειραματική αλωνιστική μηχανή	Wintersteiger AG, LD350, Austria

Τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση) λαμβάνονταν κάθε φορά από τον Μετεωρολογικό σταθμό στην Αθήνα (Κεραμεικός) και του Βόλου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://meteosearch.meteo.gr/>). Στις περιπτώσεις

όπου καταγράφηκε η θερμοκρασία ή/και η υγρασία εντός του γυάλινου θερμοκηπίου του Εργ. Γεωργίας, τότε χρησιμοποιούταν ο μετεωρολογικός σταθμός μπαταρίας Purline WS01N (Madrid, Spain).



Εικόνα 18: Μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Από αριστερά προς τα δεξιά: θάλαμος ανάπτυξης σταθερών συνθηκών, ζυγοί ακριβείας μικρότερης και μεγαλύτερης ακρίβειας, και ηλεκτρικός φούρνος

Στους ποσοτικούς και ποιοτικούς προσδιορισμούς προστίθενται η μέτρηση της: (1) φωτοσυνθετικά ενεργούς επιφάνειας (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI), (2) φωτοσυνθετικής ικανότητας (quantum yield ή Fv/Fm), και (3) επιφάνεια φυτείας (canopy coverage)

NDVI

Ο δείκτης NDVI είναι ένας δείκτης της πυκνότητας βλάστησης σε ένα δεδομένο σημείο και υπολογίζεται σύμφωνα με την Εξίσωση 1 (Πίνακας 5). Σε αυτή την εξίσωση, το NIR είναι η ανακλώμενη ακτινοβολία στο φάσμα του εγγύς υπέρυθρου και RED η ανακλώμενη ακτινοβολία στην ερυθρή περιοχή του φάσματος. Οι τιμές που λαμβάνει ο δείκτης κυμαίνονται μεταξύ του -1 και του 1, ενώ οι αρνητικές τιμές σχετίζονται με επιφάνειες νερού, παρουσία πετρωμάτων, σύννεφων και χιονιού. Η παρουσία των φυτών αυξάνει τις τιμές του NDVI που κυμαίνονται πάντα μεταξύ 0.2 και 1. Ο αισθητήρας του οργάνου εκπέμπει ερυθρό και υπέρυθρο φως, και στη συνέχεια, ποσοτικοποιεί το φως που ανακλάται από τη φωτοσυνθετική επιφάνεια, και αποδίδει μία μέτρηση που λειτουργεί ως ποσοτική εκτίμηση της ανάπτυξης των φυτών και ένδειξη της φωτοσυνθετικής τους δραστηριότητας. Ουσιαστικά, ο δείκτης αξιοποιεί την διαφορά μεταξύ της ανάκλασης σε συγκεκριμένες περιοχές του ορατού φάσματος του φωτός, όπου η απορρόφηση της χλωροφύλλης είναι η μέγιστη, και στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα του φάσματος, που δεν επηρεάζεται από την φωτοσύνθεση. Το μόριο της χλωροφύλλης απορροφάει ισχυρά στη περιοχή του ορατού ερυθρού φωτός, ενώ η κυτταρική δομή των φύλλων ανακλά το εγγύς υπέρυθρο φως. Εάν τα φυτά βρίσκονται υπό την επίδραση κάποιο είδους καταπόνησης (π.χ. υδατικό στρες ή φυτοτοξικότητα λόγω της εφαρμογής ζιζανιοκτόνων), τότε απορροφούν περισσότερο από το εγγύς υπέρυθρο φως, από ό,τι ανακλούν. Αυτή η μεταβολή των τιμών του NIR συγκριτικά με το ερυθρό φως αποτελεί και μία αξιόπιστη ένδειξη της χλωροφύλλης του φυτού, και κατ' επέκταση της ευρωστίας του.

Fluorpen

Το φορητό όργανο χειρός Fluorpen FP 110 επιτρέπει τη γρήγορη και ακριβή μέτρηση των παραμέτρων φθορισμού της χλωροφύλλης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον αγρό, στο θερμοκήπιο, αλλά και στο εργαστήριο. Είναι εξοπλισμένο με έναν μπλε LED πομπό (455 nm) που φιλτράρεται οπτικά και επικεντρώνεται ακριβώς στην απόδοση χαμηλών εντάσεων μέχρι $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ για την μέτρηση του φυτικού ιστού, ενώ διαθέτει και έναν ανιχνευτή στην περιοχή του φάσματος των 665-750 nm. Για την χρήση των μετρήσεων φθορισμού της χλωροφύλλης για την ανάλυση της φωτοσύνθεσης, οι ερευνητές χρειάζεται να κάνουν την διάκριση μεταξύ της φωτοχημικής και μη-φωτοχημικής απόσβεσης. Για αυτό το λόγο, προκαλείται η τεχνητή συσκότιση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας για ένα διάστημα 20-30 λεπτών ώστε να ληφθεί μέτρηση παρουσία μόνο της μη-φωτοχημικής απόσβεσης. Για την μείωση της φωτοχημικής απόσβεσης σε αμελητέα επίπεδα, μία βραχείας διάρκειας και υψηλής εντάσεως εκπομπή φωτός εφαρμόζεται στο φύλλο. Αυτή προκαλεί παροδικό “κλείσιμο” όλων των κέντρων αντίδρασης του Φωτοσυστήματος II, παρεμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την μεταφορά της ενέργειας του Φωτοσυστήματος II στο υπόλοιπο τμήμα της φωτοσυνθετικής αλυσίδας μεταφοράς των ηλεκτρονίων. Η μη-φωτοχημική απόσβεση δεν πρόκειται να επηρεαστεί, εφόσον η εκπομπή φωτός είναι βραχείας διάρκειας. Κατά την διάρκεια της εκπομπής φωτός, ο φθορισμός φτάνει το επίπεδο που επιτυγχάνεται απουσία οποιασδήποτε φωτοχημικής απόσβεσης, γνωστό ως μέγιστος φθορισμός F_m . Η αποδοτικότητα της φωτοχημικής απόσβεσης (που αντιπροσωπεύει την αποδοτικότητα του Φωτοσυστήματος II) μπορεί να εκτιμηθεί, συγκρίνοντας τον F_m με την σταθερή απόδοση φθορισμού στο φως F_t και την απόδοση φθορισμού απουσία φωτοσυνθετικού φωτός F_0 . Η αποδοτικότητα της μη-φωτοχημικής απόσβεσης επηρεάζεται τόσο από ενδογενείς, όσο και από εξωγενείς παράγοντες, και οι μεταβολές αυτής σημαίνουν αλλαγές στον F_m .

Για τους σκοπούς των διάφορων πειραμάτων της διδακτορικής διατριβής μετρήθηκαν:

1. το F_v/F_m ή QY (Quantum Yield) ή κοινώς φωτοσυνθετική ικανότητα, που αποτελεί ένα μέτρο της αποδοτικότητας του Φωτοσυστήματος II και αντικατοπτρίζει το κλάσμα των απορροφημένων φωτονίων που οδηγούνται προς φωτοχημικό έργο. Σε δείγματα που έχουν υποστεί σκοτεινή προσαρμογή, το QY ισούται με τον λόγο: F_v / F_m , όπου: $F_v = F_m - F_0$, ενώ μετρήσεις που λαμβάνονταν χωρίς διακοπή της φωτοσύνθεσης μετριούνταν ως $F_v' = F_m' - F_0'$
2. Το OJIP (Chlorophyll Fluorescence Induction Kinetics/ Επαγωγή Φθορισμού Χλωροφύλλης) που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργικότητας και της ζωτικότητας του φωτοσυνθετικού συστήματος. Η καμπύλη του OJIP προσφέρει την δυνατότητα παρατήρησης των κυριότερων μεταβολών που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της έκθεσης ενός δείγματος σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας.

Το ύψος των φυτών *S. elaeagnifolium* μετριόταν κάθε φορά από το ύψος του εδάφους έως το τελευταίο εκπτυσσόμενο φύλλο. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων καταγράφονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Εξισώσεις

Μέτρηση	Εξίσωση	Αριθμός
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	1
Growing Degree Days (GDDs)	$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$	2

2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ-ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ

2.1.1. Πείραμα επίδρασης της θερμοκρασίας στη διακοπή του ληθάργου και στο φύτρωμα των σπόρων

2.1.1.1. Γενικά

Σκοποί του συγκεκριμένου πειράματος που διεξάχθηκε το διάστημα Δεκέμβριο 2019 έως Φεβρουάριο 2020 στο Εργ. Γεωργίας του Γ.Π.Α., ήταν η μελέτη: (1) της επίδρασης διαφορετικών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος στη διακοπή του ληθάργου, (2) του επιπέδου ωριμότητας των σπόρων, (3) της υγρής ή ξηρής αποθήκευσης των σπόρων πριν το πείραμα, και (4) της διάρκειας αποθήκευσης των σπόρων, στη διακοπή του ληθάργου των σπόρων του *S. elaeagnifolium* και στο φύτρωμα.

2.1.1.2. Φυτικό υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι του *S. elaeagnifolium* που συλλέχθηκαν από καρπούς φυτών που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες και βρίσκονταν στο Εργ. Γεωργίας του Γ.Π.Α. τον Σεπτέμβριο του 2019 και τον Σεπτέμβριο του 2020. Επιλέχθηκαν υπερώριμοι καρποί καφέ χρώματος διαμέτρου 9-12 mm, όπου δεν περιβάλλονταν από τη κολλώδη ουσία που περιβάλλει τους σπόρους εντός του καρπού, και που περιείχαν περίπου 45-60 σπόρους ο καθένας.

Το μέσο βάρος ανά σπόρο ήταν 3.5 mg. Οι σπόροι εμβαπτίστηκαν σε απιονισμένο νερό για 24 h ώστε να απομακρυνθούν πιθανά υπολείμματα από τη κολλώδη ουσία που περιβάλλει τους σπόρους και παρεμποδίζει το φύτρωμα. Μετά από μία ημέρα οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε διηθητικό χαρτί και ξηράθηκαν φυσικά με αέρα σε συνθήκες δωματίου, έως ότου τοποθετηθούν σε τριβλία για να ξεκινήσει το πείραμα.

2.1.1.3. Συνθήκες πειράματος

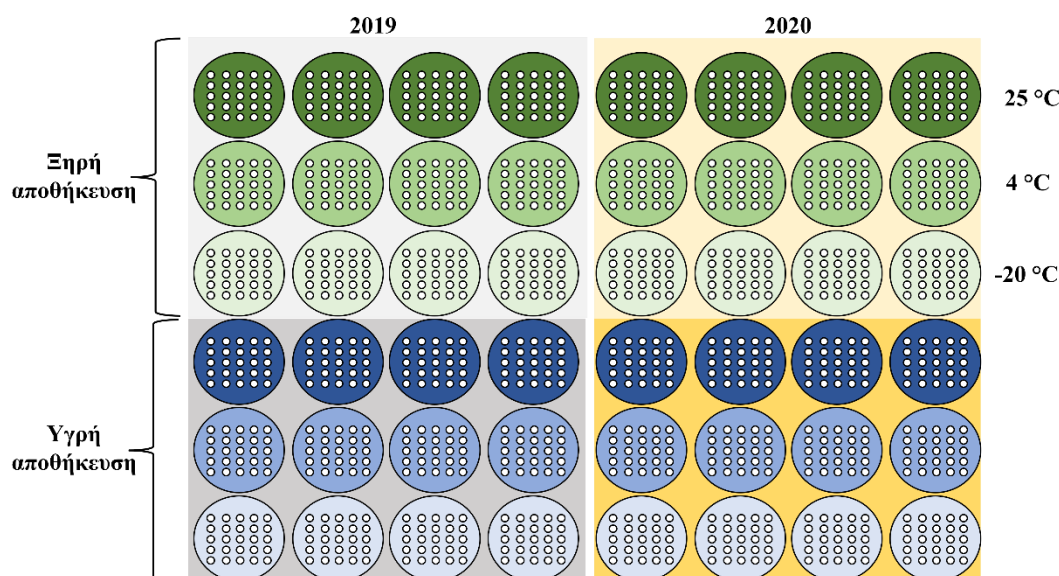
Οι σπόροι διακρίθηκαν: (1) σε αυτούς που προέρχονταν από καρπούς που συγκομίστηκαν μία χρονιά πριν (2019) και κατά την ίδια χρονιά (2020) της έναρξης του πειράματος, (2) σε αυτούς που αποθηκεύτηκαν είτε σε συνθήκες δωματίου, είτε στο ψυγείο στους 4 °C, είτε στη κατάψυξη στους -20 °C, για μία εβδομάδα πριν ξεκινήσει το πείραμα, και (3) σε αυτούς όπου εμβαπτίστηκαν σε απιονισμένο νερό για μία εβδομάδα πριν ξεκινήσει το πείραμα και σε αυτούς όπου εμβαπτίστηκαν σε νερό μόνο μετά την έναρξη του πειράματος.

Ο πρώτος γύρος του πειράματος ξεκίνησε στις 5/12/2020 ενώ επαναλήφθηκε και ένα μήνα αργότερα στις 4/1/2021. Εικοσιπέντε (25) σπόροι τοποθετήθηκαν σε τριβλία διαμέτρου 4.5 εκ., στη βάση των οποίων τοποθετήθηκε διηθητικό χαρτί τύπου Whatman 2 και προστέθηκαν 2.5 ml απιονισμένο νερό. Τα τριβλία τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης σταθερών συνθηκών (elvem, Model: CLP600, Σπάτα Αττικής, 190

04, Ελλάδα) σε εναλλασσόμενες θερμοκρασίες 15/25 °C (νύχτας και ημέρας, αντίστοιχα), υπό 12 h φωτοπερίοδου. Ο φωτισμός παρέχεται από λάμπες φθορισμού ψυχρής ημέρας με φωτεινή ροή 2.500 lm και σχετική θερμοκρασία χρώματος 6.200 K. Κάθε δύο ημέρες προστίθεντο 1 ml απιονισμένου νερού σε κάθε τριβλίο, ενώ κάθε τέσσερις ημέρες άλλαζαν τα διηθητικά χαρτιά με σκοπό την αποφυγή μυκητολογικής προσβολής.

2.1.1.4. Πειραματικό σχέδιο

Η διάταξη του πειράματος ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) με τρεις επεμβάσεις (χρόνος αποθήκευσης σπόρων, θερμοκρασία αποθήκευσης σπόρων, υγρή ή ξηρή αποθήκευση) και τέσσερις επαναλήψεις (τριβλία) ανά επέμβαση με 25 σπόρους ανά τριβλίο. Η διάταξη των τριβλίων άλλαζε κάθε 7 ημέρες. Κάθε φυτρωμένος σπόρος αφαιρούταν την ημέρα όπου το ριζίδιο είχε μήκος >3 mm. Στην Εικόνα 19 απεικονίζεται η πειραματική διάταξη του πειράματος.



Εικόνα 19: Πειραματική διάταξη των τριβλίων του πειράματος της αξιολόγησης της βλαστικότητας των σπόρων που είχαν περιέλθει είτε σε ξηρή είτε σε υγρή αποθήκευση σε συνθήκες δωματίου 25 °C, στο ψυγείο στους 4 °C και στη κατάψυξη στους -20 °C

2.1.1.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Μέτρηση βλαστικής ικανότητας

Ο αριθμός των φυτρωμένων σπόρων (ριζίδιο με μήκος >3 mm) μετριόταν καθημερινά από την τοποθέτηση των τριβλίων στο θάλαμο ανάπτυξης έως και 35 ημέρες μετά. Η βλαστική ικανότητα εκφράστηκε ως το ποσοστό των φυτρωμένων σπόρων ανά επέμβαση προς το συνολικό αριθμό των σπόρων ανά επέμβαση (σύνολο 100 σπόροι χωρισμένοι ισόποσα σε 4 τριβλία) 35 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος.

Ρυθμός βλάστησης

Οι ίδιες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του ρυθμού φυτρώματος με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης των διαφορετικών παραγόντων στην ταχύτητα του φυτρώματος και εν δυνάμει της ανταγωνιστικής ικανότητας των φυτών

του *S. elaeagnifolium*. Ο ρυθμός φυτρώματος μετρήθηκε μία, δύο, τρεις, τέσσερις και πέντε εβδομάδες από την έναρξη του πειράματος.

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων υπολογίστηκαν και οι βαθμομέρες ανάπτυξης (ή αλλιώς Growing Degree Days – GDDs) με βάση την Εξίσωση 2 (Πίνακας 5) και με σκοπό τη συσχέτιση τους με το ρυθμό φυτρώματος των σπόρων. Όπου T_{max} είναι η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, T_{min} η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία και T_{base} η θερμοκρασία βάσης κάτω από την οποία θεωρείται ότι δεν φυτρώνουν οι σπόροι του *S. elaeagnifolium*.

2.1.1.6. Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι οι δύο γύροι των πειραμάτων δεν είχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, για αυτό το λόγο τα δεδομένα των δύο γύρων συγχωνεύτηκαν. Έπειτα έγινε ανάλυση διακύμανσης για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επίπεδων των επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.1.2. Πείραμα αξιολόγησης τράπεζας σπόρων του εδάφους σε ακαλλιέργητη και καλλιεργούμενη έκταση

2.1.2.1. Γενικά

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του Εργ. Γεωργίας του Γ.Π.Α. το 2022 σε πλαστικά κυπελάκια έγινε αξιολόγηση της διαφοράς της τράπεζας σπόρων του εδάφους και του δυναμικού φυτρώματος των σπόρων από διαφορετικά βάρη από καλλιεργούμενη και ακαλλιέργητη έκταση. Στη καλλιεργούμενη έκταση γίνεται κατεργασία του εδάφους ενώ στην ακαλλιέργητη το *S. elaeagnifolium* συμπλήρωνε κάθε χρόνο το βιολογικό του κύκλο με τη παραγωγή καρπών και σπόρων.

2.1.2.2. Φυτικό υλικό

Για το πείραμα έγινε δειγματοληψία εδάφους με χρήση μεταλλικού δειγματολήπτη εδάφους από 8 διαφορετικά σημεία σε κάθε ένα από τα δύο σημεία. Ο σκοπός ήταν να ληφθούν δείγματα εδάφους από τα βάρη 0-5 εκ., 5-10 εκ. και 10-15 εκ. Η ακαλλιέργητη έκταση είχε μεγάλη προσβολή από το ζιζάνιο και κάθε χρόνο τα τελευταία πέντε έτη τα φυτά ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο, ενώ στην καλλιεργούμενη έκταση η εξάπλωση του ζιζανίου προκύπτει κατά βάση από τα αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα διότι στη συγκεκριμένη έκταση εγκαθίστανται πειράματα και γίνεται συνεχής εδαφοκατεργασία, χορτοκοπή και βοτάνισμα.

2.1.2.3. Συνθήκες πειράματος

Το πείραμα διεξάχθηκε μεταξύ Μαρτίου-Απριλίου 2022 στο θερμοκήπιο του Εργ. Γεωργίας. Συνολικά, κάθε κυπελάκι έφερε 0.125 cm³ χώματος που προήλθε από τη δειγματοληψία στη καλλιεργούμενη και την ακαλλιέργητη έκταση. Τα κυπελάκια είχαν 5 εκ. ύψος και 5 εκ. μήκος. Η ανώτατη και κατώτατη θερμοκρασία εντός του

θερμοκηπίου κατεγράφετο καθημερινά με τη χρήση ενός θερμομέτρου Purline WS01N.

2.1.2.4. Πειραματικό σχέδιο

Για το πείραμα ακολουθήθηκε το ΕΤΣ με το κύριο παράγοντα να είναι η τράπεζα σπόρων από όπου προήλθε το υλικό (καλλιεργούμενη και ακαλλιεργητή έκταση) και τρία επίπεδα από όπου προήλθε το χώμα (0-5 εκ., 5-10 εκ. και 10-15 εκ.). Συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν 10 κυπελάκια (επαναλήψεις) για κάθε επίπεδο.

2.1.2.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Αριθμός φυταρίων

Για το πείραμα μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών 7, 14, 21, 28 και 35 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος.

2.1.2.6. Στατιστική ανάλυση

Για το πείραμα ο αριθμός των φυταρίων αναλύθηκε με το μη-παραμετρικό τεστ Kruskal Wallis σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$ για να διερευνηθεί εάν ήταν στατιστικώς σημαντικές οι διαφορές μεταξύ των επιπέδων των δύο παραγόντων, και συγκεκριμένα της κατεργασίας του εδάφους (με δύο επίπεδα τη καλλιεργούμενη και την ακαλλιεργητή έκταση) και το βάθος του εδάφους όπου αναλύθηκε η τράπεζα σπόρων (διατηρήθηκαν μόνο τα βάθη 0-5 εκ. και 5-10 εκ. καθώς από το βάθος 10-15 εκ. δεν προέκυψαν φυτά και οι μηδενικές τιμές προκαλούσαν σφάλμα στην ανάλυση). Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο τεστ διότι τα δεδομένα δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή ακόμα και έπειτα από μετασχηματισμό των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση έγινε με χρήση του πακέτου JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.1.3. Πείραμα επίδρασης του βάθους και του μήκους των έρπουσων ριζών στο δυναμικό αναπαραγωγής

2.1.3.1. Γενικά

Σκοπός αυτών των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο θερμοκήπιο του Εργ. Γεωργίας μεταξύ άνοιξης και καλοκαιριού 2022 ήταν η μελέτη: (1) της επίδρασης του μήκους των έρπουσων ριζών, και (2) του βάθους στα οποία βρίσκονται οι έρπουσες ρίζες, στο δυναμικό παραγωγής βλαστών των φυτών και στην ανάπτυξη τους. Το πρώτο πείραμα αφορούσε έρπουσες ρίζες διαφορετικού μήκους (αναλύονται παρακάτω στο Φυτικό υλικό), ενώ το δεύτερο πείραμα είχε να κάνει με το βάθος που βρίσκονταν οι έρπουσες ρίζες με μήκος 15 εκ.

2.1.3.2. Φυτικό υλικό

Στις 10/4/2022 πραγματοποιήθηκε τεμαχισμός και συγκομιδή έρπουσων ριζών από βάθος 20-30 εκ. από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας από μία έκταση 40 m², όπου παρατηρείται κάθε χρόνο μεγάλη πυκνότητα του *S. elaeagnifolium* (42-60 στελέχη ανά m²). Οι έρπουσες ρίζες ταξινομήθηκαν σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το μήκος τους και

συγκεκριμένα 2-3 εκ., 10 εκ., 20 εκ., και 30 εκ. για το πρώτο πείραμα, ενώ για το δεύτερο χρησιμοποιήθηκαν έρπουσες ρίζες μήκους 15 εκ. Όλες οι έρπουσες ρίζες τοποθετήθηκαν σε λεκάνη με νερό ώστε να διατηρηθεί η υγρασία έως ότου τοποθετηθούν σε φυτοδοχεία κατά την έναρξη του πειράματος.

2.1.3.3. Συνθήκες πειράματος

Για το πρώτο πείραμα οι έρπουσες ρίζες τοποθετήθηκαν σε βάθος 5 εκ. σε πλαστικά μαύρα φυτοδοχεία με διάμετρο στεφάνης 24 εκ., διάμετρο βάσης 21 εκ., ύψος 24 εκ. και όγκο 7 L που πληρώθηκαν με χώμα εδάφους που λήφθηκε από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας. Το χώμα κοσκινίστηκε προηγουμένως σε σίτα ώστε να απομακρυνθούν τυχόν τεμαχισμένες έρπουσες ρίζες του *S. elaeagnifolium*.

Για το δεύτερο πείραμα οι έρπουσες ρίζες μήκους 15 εκ. τοποθετήθηκαν στα ίδια φυτοδοχεία με το ίδιο εδαφικό υπόστρωμα σε βάθος 1 εκ., 5 εκ., και 10 εκ.

Τα φυτοδοχεία τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο του Εργ. Γεωργίας καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων. Η ανώτατη και ελάχιστη θερμοκρασία και υγρασία λαμβάνονταν ημερησίως με τον μετεωρολογικό σταθμό μπαταρίας Purline WS01N. Δύο φορές την εβδομάδα τα φυτοδοχεία αρδεύονταν με 0.5 mm κάθε φορά.

Και τα δύο πειράματα ολοκληρώθηκαν στις 10/6/2022, δηλαδή 60 ημέρες από την έναρξη τους.

2.1.3.4. Πειραματικό σχέδιο

Η διάταξη του πρώτου πειράματος ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) με τέσσερις επεμβάσεις (μήκος έρπουσων ριζών 2-3 εκ., 10 εκ., 20 εκ., και 30 εκ.) και πέντε επαναλήψεις (φυτοδοχεία) ανά επέμβαση με μία έρπουσα ρίζα ανά φυτοδοχείο.

Η διάταξη του δεύτερου πειράματος ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) με τρεις επεμβάσεις (βάθος έρπουσων ριζών 1 εκ., 5 εκ., και 10 εκ.) και πέντε επαναλήψεις (φυτοδοχεία) ανά επέμβαση με μία έρπουσα ρίζα ανά φυτοδοχείο.

2.1.3.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Αριθμός βλαστών ανά γλάστρα

Ο αριθμός των αναδύομενων βλαστών από οι έρπουσες ρίζες μετρήθηκε στη διάρκεια 60 ημερών από την τοποθέτηση των έρπουσων ριζών ώστε να αναλυθεί ο ρυθμός με τον οποίο αναγεννάται αγενώς το φυτό και να μελετηθεί η επίδραση του μήκους των έρπουσων ριζών και το βάθος όπου βρίσκονταν οι έρπουσες ρίζες στον ρυθμό εμφάνισης νέων βλαστών

2.1.3.6. Στατιστική ανάλυση

Έγινε ανάλυση διακύμανσης για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επίπεδων των επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.1.4. Πείραμα διαφορών στη βλαστητική ανάπτυξη φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο

2.1.4.1. Γενικά

Σκοπός του πειράματος που διεξάχθηκε σε φυτοδοχεία στο Εργ. Γεωργίας το 2022 ήταν η ανάλυση των διαφορών στη βλαστητική ανάπτυξη φυτών που προέρχονται από σπόρο και φυτών που προκύπτουν από αγενή πολλαπλασιασμό του ζιζανίου.

2.1.4.2. Φυτικό υλικό

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε χώμα από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας που λήφθηκε από σημείο που παρουσιάζει μεγάλη προσβολή από το ζιζάνιο. Στις 10/4/2022 το πείραμα εγκαταστάθηκε σε ζαρντινιέρες όπου τοποθετήθηκαν σε βάθος 3 εκ. ρίζες του ζιζανίου με μήκος 30 εκ. Τα φυτά που προέρχονταν από σπόρο προέκυψαν από τη τράπεζα σπόρων του εδάφους, χωρίς να προστεθούν εξωτερικά σπόροι του ζιζανίου.

2.1.4.3. Συνθήκες πειράματος

Ρίζες μήκους 30 εκ. τοποθετήθηκαν σε βάθος 3 εκ. σε φυτοδοχεία με μήκος 68 εκ., πλάτος 16 εκ., ύψος 15 εκ. και συνολικό όγκο 16 L χώματος αγρού του Εργ. Γεωργίας. Οι ζαρντινιέρες τοποθετήθηκαν στον αγρό σε φυσικές συνθήκες φωτισμού.

2.1.4.4. Πειραματικό σχέδιο

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν πέντε ζαρντινιέρες όπου κάθε μία έφερε τρεις ρίζες του ζιζανίου, ενώ ακολουθήθηκε το ΕΤΣ με πέντε επαναλήψεις (ζαρντινιέρα) με έναν παράγοντα με δύο επίπεδα (φυτά από ρίζες ή σπόρο).

2.1.4.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Κάθε τριάντα μέρες από την έναρξη του πειράματος (10/4/2022) μετριόταν ο αριθμός των βλαστών που προκύπταν από τις ρίζες και ο αριθμός των βλαστών που προκύπταν από σπόρο. Τα φυτά κόπηκαν στις 7/10/2022, δηλαδή 180 ημέρες (ή 6 μήνες) από την έναρξη του πειράματος και μετρήθηκε το συνολικό μήκος της μακρύτερης ρίζας, το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος, το ύψος του βλαστού έως το τελευταίο ζεύγος φύλλων και το νωπό βάρος του βλαστού. Κατά τη κοπή, χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις 12 φυτά από έρπουσες ρίζες και 12 από σπόρο. Επίσης, κάθε τριάντα μέρες μετριόταν η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών (ο δείκτης QY) από σηματοδοτημένα φύλλα των βλαστών από ρίζες και από σπόρο. Η αντιστοιχία των βαθμομερών και της συνολικής ποσότητας άρδευσης (=νερό ποτίσματος + νερό βροχής) με τις ημέρες των μετρήσεων απεικονίζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Βαθμομημέρες (GDDs) και άρδευση που δέχτηκαν τα φυτά σε αντιστοίχιση με τις ημέρες από την φύτευση και την έναρξη του πειράματος

Ημερομηνία μέτρησης	Ημέρες από φύτευση (Days after planting-DAP)	Βαθμομημέρες (GDDs)	Άρδευση (mm)
10/4/2022	0 DAP	-	-
10/5/2022	30 DAP	224.7	18.8
9/6/2022	60 DAP	654.6	34.2
9/7/2022	90 DAP	1186.2	54.2
8/8/2022	120 DAP	1763.7	74.2
7/9/2022	150 DAP	2288.8	166
7/10/2022	180 DAP	2690.1	190

2.1.4.6. Στατιστική ανάλυση

Η μελέτη της κανονικής κατανομής των τιμών με τη χρήση του τεστ Shapiro-Wilk έδειξε ότι οι τιμές ακολουθούν τη κανονική κατανομή για όλες τις μεταβλητές και για τους δύο επίπεδα του τρόπου πολλαπλασιασμού, που ήταν και ο ανεξάρτητος παράγοντας που ελέγχθηκε. Για αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τη σύγκριση των μέσων τιμών των τεσσάρων μεταβλητών (νωπό βάρος και μήκος ρίζας, ύψος και νωπό βάρος βλαστού) 180 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος. Συνολικά, κόπηκαν 12 φυτά (που ήταν και οι επαναλήψεις) που προέρχονταν από σπόρο και 12 φυτά που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες για τις αναλύσεις. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Επίσης, έγινε παλινδρόμηση με χρήση γραμμικού μοντέλου ($Y=A+B*X$, όπου X η εξαρτημένη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή Y) μεταξύ όλων των πιθανών εξαρτημένων μεταβλητών. Για τις μεταβλητές του QY και του αριθμού των βλαστών που μετρήθηκαν ανά 30 ημέρες, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση μόνο 120 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος, η οποία έδειξε ότι οι τιμές των φυτών από σπόρο δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά από έρπουσες ρίζες. Σημειώνεται ότι δεν καταμετρήθηκαν οι καρποί και οι σπόροι ανά φυτό, διότι μόνο ελάχιστα φυτά που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό είχαν καρποφορήσει. Για αυτό το λόγο τα δεδομένα αυτά δεν εντάχθηκαν και στην ανάλυση των γραμμικών συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.1.5. Ανάλυση διασποράς και οικολογικής προσαρμοστικότητας

2.1.5.1. Γενικά

Πραγματοποιήθηκε καταγραφή σε παγκόσμια κλίμακα της εξάπλωσης του *S. elaeagnifolium* με σκοπό τη δημιουργία χάρτη διασποράς σε συσχέτιση με το κλίμα και δημιουργία ενός χάρτη πρόβλεψης οικολογικής προσαρμοστικότητας.

2.1.5.2. Μεθοδολογία

Συλλέξαμε δεδομένα εμφάνισης με γεωγραφική αναφορά για τα είδη του *S. elaeagnifolium* από το Global Biodiversity Information Facility (GBIF; www.gbif.org). Οι εγγραφές λήφθηκαν χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `functionocc_search()` από το πακέτο R `rgbif` (Chamberlain et al. 2021) και στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε το πακέτο R `CoordinateCleaner` για τον καθαρισμό των δεδομένων (Zizka et al. 2019). Ορισμένες λειτουργίες αυτού του πακέτου περιλαμβάνουν την αυτόματη επισήμανση των κοινών χωρικών και χρονικών σφαλμάτων στα δεδομένα βιολογικής συλλογής. Περιλαμβάνει αυτοματοποιημένους ελέγχους για τη σήμανση (και τον αποκλεισμό) εγγραφών που αντιστοιχούν στο κεντροειδές της χώρας ή της επαρχίας, στον ανοικτό ωκεανό, στην έδρα του Global Biodiversity Information Facility, σε αστικές περιοχές ή στη θέση ιδρυμάτων βιοποικιλότητας (μουσεία, ζωολογικούς κήπους, βοτανικούς κήπους, πανεπιστήμια). Επιπλέον, εντοπίζει ανά είδος τις ακραίες συντεταγμένες, τις μηδενικές συντεταγμένες, το ίδιο γεωγραφικό πλάτος/μήκος και τις άκυρες συντεταγμένες. Επίσης, εφαρμόζει έναν αλγόριθμο για τον εντοπισμό συνόλων δεδομένων με σημαντικό ποσοστό στρογγυλεμένων συντεταγμένων [βλ. αναλυτικά Zizka et al. (2019)]. Χρησιμοποιήσαμε μόνο συντεταγμένες από το GBIF μετά το 1980 για να αποφύγουμε τη χαμηλή ακρίβεια και την εσφαλμένη ταυτοποίηση των ειδών. Επιπλέον, όλες οι εγγραφές υποβλήθηκαν σε ενδελεχή οπτικό έλεγχο και έλεγχο ποιότητας, σύμφωνα με τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και τη δική μας εμπειρία με το *S. elaeagnifolium*. Κατασκευάστηκε μια βάση δεδομένων με δεδομένα κατανομής του είδους *S. elaeagnifolium* με τη συγκέντρωση πληροφοριών από δείγματα από τη βιβλιογραφία και δεδομένα που συλλέχθηκαν από βάσεις δεδομένων κατανομής ειδών.

Για τη πιθανή εξάπλωση εφαρμόσαμε το πακέτο μοντελοποίησης CLIMEX (Sutherst & Maywald 1985, Kriticos et al. 2015) για να εκτιμήσουμε τα παγκόσμια πρότυπα κλιματικής καταλληλότητας για το *S. elaeagnifolium*. Χρησιμοποιήσαμε την ενότητα `Compare Locations` για να τρέξουμε το μοντέλο του *S. elaeagnifolium* που περιγράφεται από τους Kriticos et al. (2010). Χρησιμοποιήσαμε το `CM30_1995H_V2` (Kriticos et al. 2012) για τα κλιματικά δεδομένα. Αναπτύξαμε έναν σύνθετο χάρτη κινδύνου εισβολής χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Yonow et al. (2019), εκτελώντας το μοντέλο με δύο σενάρια: φυσική βροχόπτωση και άρδευση 2,5 mm ημερησίως-1 ως συμπληρωματική. Δημιουργήσαμε τον σύνθετο χάρτη κλιματικής επικινδυνότητας χρησιμοποιώντας δεδομένα αρδευόμενης έκτασης από τους Siebert et al. (2013). Για κάθε κελί 30', εάν η αρδευόμενη έκταση είναι μεγαλύτερη από 10 εκτάρια, χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των δύο σεναρίων. Διαφορετικά, χρησιμοποιήθηκε η τιμή του σεναρίου φυσικής βροχόπτωσης.

2.2. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ *SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM* ΜΕ ΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΟΓΙΑΣ

2.2.1. Πρώτη καλλιεργητική περίοδος (2021)

2.2.1.1. Γενικά

Τα πειράματα αγρού πραγματοποιήθηκαν τα έτη 2021 και 2022 στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. για την αξιολόγηση του ανταγωνισμού του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* με τη καλλιέργεια σόγιας και την επίδραση στα συστατικά της απόδοσης. Το έδαφος στο οποίο εγκαταστάθηκαν τα πειραματικά τεμάχια ήταν αμμώδες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του απεικονίζονται στον Πίνακα 7. Η ανάλυση του εδάφους πραγματοποιήθηκε σε βάθος 0-30 εκ. από δείγμα εδάφους που λήφθηκε από οκτώ σημεία τυχαία επιλεγμένα στον πειραματικό αγρό. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε ένα μήνα πριν την εγκατάσταση της φυτείας το 2021.

Πίνακας 7: Εδαφολογική ανάλυση από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας όπου εγκαταστάθηκε το πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium*

Παράμετρος	Τιμή
Κοκκομετρική σύσταση	Ίλύς: 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/εκ.
Οργανική ουσία	3,6 %

2.2.1.2. Φυτικό υλικό

Και στις δύο καλλιεργητικές περιόδους χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σόγιας της εμπορικής ποικιλίας P21T45 της εταιρείας Pioneer Hi-Bred Italia Sementi S.R.L. που προμηθεύτηκαν από την εταιρεία Corteva Agriscience Hellas. Η συγκεκριμένη ποικιλία εμφανίζει ζωηρή και έντονη πρώτη ανάπτυξη, έχει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, παρουσιάζει ταχεία ωρίμανση και φυσική αποφύλλωση, έχει μέσο ύψος, έχει ευρεία προσαρμοστική ικανότητα σε διάφορους τύπους εδάφους, είναι ανθεκτικό σε μυκητολογικές ασθένειες και παρουσιάζει προσαρμοστικότητα σε διάφορες τεχνικές σποράς και αποστάσεις σποράς. Οι σπόροι που περιλαμβάνονταν στο σακί ήταν 5.960 ανά κιλό και ήταν επενδυμένοι με HICOAT SUPER (*Bradyrhizobium japonicum*). Οι σπόροι αποθηκεύτηκαν στους 4 °C και σε 40% υγρασία έως τη χρησιμοποίησή τους.

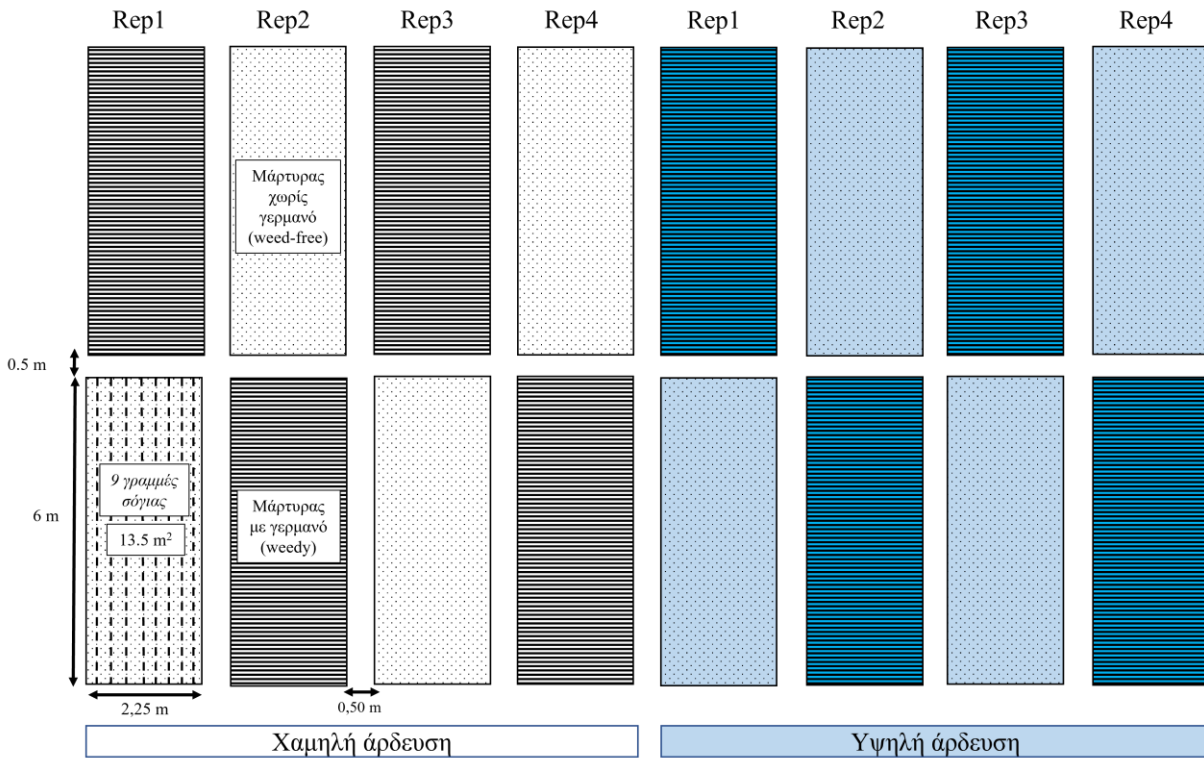
2.2.1.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Η εγκατάσταση του πειραματικού αγρού στο χώρο του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. ακολούθησε μετά την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας με βαθύ όργωμα και έπειτα σβάρνισμα του εδάφους (Μάιος 2021). Σε

όλες τις καλλιεργητικές περιόδους οι σπόροι σόγιας εμβαιπίστηκαν σε απεσταγμένο νερό για 12 h σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου (25 °C) για την επίτευξη ομοιόμορφου φυτρώματος. Η σπορά των ενυδατωμένων σπόρων στον αγρό έγινε σε αποστάσεις 4-5 εκ. (επί της γραμμής) και 25 εκ. μεταξύ των γραμμών, και σε βάθος 3-4 εκ.. Κατά τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 26 Μαΐου 2021, και κατά τη δεύτερη στις 26 Μαΐου 2022. Σε καμία από τις δύο καλλιεργητικές περιόδους δεν απαιτήθηκε η εφαρμογή μυκητοκτόνων ή εντομοκτόνων καθώς η καλλιέργεια δεν παρουσίασε προσβολές. Επίσης, δεν εφαρμόστηκε κανένα λίπασμα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο έλεγχος των ζιζανίων στο πειραματικό αγρό πραγματοποιήθηκε 2 φορές κατά τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο (στις 6 και 14 ημέρες από τη σπορά). Η διαχείριση των ζιζανίων έγινε με βοτάνισμα και σκάλισμα μεταξύ των γραμμών για την απομάκρυνση φυταρίων κριθαριού που λειτούργησε ως φυτό εθελοντής (volunteer crop), των ετήσιων ανοιξιότικων ζιζανίων *Amaranthus retroflexus* L. (τραχύ βλήτο), *Datura stramonium* L. (τάτουλας) και του πολυετούς ζιζανίου *Cyperus rotundus* L. (πορφυρή κύπερη). Σε όλη την έκταση απομακρύνθηκαν όλα τα φυτά του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* στις επεμβάσεις του μάρτυρα, ενώ διατηρήθηκαν στα πειραματικά τεμάχια όπου θεωρήθηκαν ως προσβεβλημένα από το ζιζάνιο (εξηγείται αναλυτικά παρακάτω στο υποκεφάλαιο Πειραματικό σχέδιο).

2.2.1.4. Πειραματικό σχέδιο

Η πρώτη καλλιεργητική περίοδος (2021) αποτέλεσε την προκαταρκτική μελέτη για την αξιολόγηση του ανταγωνισμού του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* με τη καλλιέργεια σόγιας και την απόκριση της καλλιέργειας σε δύο διαφορετικές υδατικές επεμβάσεις και στην παρουσία ή απουσία του ζιζανίου. Το πείραμα εγκαταστάθηκε στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α όπου υπήρχε μεγάλη πυκνότητα, ομοιόμορφα κατανομημένη, του ζιζανίου *S. elaeagnifolium*. Ακολουθήθηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) – split plot design με δύο παράγοντες και δύο επίπεδα ο κάθε ένας (χαμηλή ή υψηλή άρδευση, και παρουσία ή όχι του ζιζανίου *S. elaeagnifolium*) και 4 επαναλήψεις (πειραματικά τεμάχια). Η έκταση κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 6 m x 2.25 m (συνολικού εμβαδού 13.5 m²). Κάθε τεμάχιο έφερε 9 σπαρμένες γραμμές με σόγια σε απόσταση 25 εκ. μεταξύ τους. Συνολικά, η έκταση που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους ήταν 21.50 m x 12.50 m (εμβαδόν 268.75 m²m²), ενώ το εμβαδόν που αξιοποιήθηκε για την εγκατάσταση της καλλιέργειας σόγιας ήταν 216 m². Επιδιώχθηκε η υπέρπυκνη σπορά σόγιας με σκοπό την βελτίωση της ανταγωνιστικής ικανότητας της καλλιέργειας ενάντια στο ζιζάνιο *S. elaeagnifolium* (σύνολο σπαρμένων σπόρων ~95.000). Η διαφοροποίηση των υδατικών επεμβάσεων πραγματοποιήθηκε μέσω της κατασκευής αρδευτικού συστήματος με στάγδην άρδευση (drip irrigation system) ώστε η μισή έκταση να λάβει ακριβώς 153 mm νερού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (χαμηλή άρδευση ή X/A) και η υπόλοιπη έκταση τη διπλάσια άρδευση 306 mm (υψηλή άρδευση ή Y/A). Ο δεύτερος παράγοντας αφορούσε την παραμονή του *S. elaeagnifolium* στον αγρό (weedy ή γερμανός) ή την απομάκρυνση του (weed-free ή μάρτυρας). Η κάτοψη του πειραματικού αγρού απεικονίζεται στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20: Πειραματική διάταξη του πειράματος ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium* το έτος 2021 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας του ΓΠΑ

2.2.1.5. Αρδεύσεις

Μετά από την απαραίτητη προετοιμασία του εδάφους τον Μάιο του 2021, έγινε εγκατάσταση του συστήματος στάγδην άρδευσης (Εικόνα 21). Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 32 σταλακτηφόροι σωλήνες Φ16 (διαμέτρου 16'') μήκους 13 m. Αυτοί ήταν συνδεδεμένοι με μία κεντρική σωλήνα Φ32, η οποία έφερε στη μέση βάνα για να διακόπτει τη ροή του νερού προς τη μία πλευρά του πειραματικού αγρού. Οι σωλήνες κάλυπταν όλη την έκταση του πειραματικού αγρού και είχαν παροχή 4 l/h. Η απόσταση μεταξύ των σταλαχτών ήταν 33 εκ.. Για κάθε πειραματικό τεμάχιο χρησιμοποιήθηκαν 4 σωλήνες με απόσταση 50 εκ. μεταξύ τους για ομοιόμορφη κατανομή του νερού. Οι ημερομηνίες άρδευσης και ο όγκος άρδευσης απεικονίζονται στον Πίνακα 8. Ο αγρός αρδεύτηκε με χρήση κανονιού κατά την σπορά. Συνολικά, ο αγρός αρδεύτηκε 17 φορές τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο.



Εικόνα 21: Κατασκευή αρδευτικού δικτύου με χρήση σταλακτηφόρων σωλήνων Φ16 στο πείραμα ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium*

Πίνακας 8: Ημερομηνίες και όγκος άρδευσης με βάση το στάδιο ανάπτυξης και τις ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας σόγιας στο πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού της με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium* το πρώτο χρόνο του πειράματος το 2021

Άρδευση	Στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας	Ημέρες από τη σπορά (ΗΜΣ)	Όγκος άρδευσης	
			Χαμηλή άρδευση (X/A)	Υψηλή άρδευση (Y/A)
Πρώτη καλλιεργητική περίοδος 2021				
31/05/2021	VE (ανάδυση)	6	6 mm	12 mm
04/06/2021	V2 (δύο φύλλα)	10	6 mm	12 mm
07/06/2021	V3 (τρία φύλλα)	13	6 mm	12 mm
09/06/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		0.4 mm	
11/6/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		25 mm	
12/6/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		1 mm	
14/6/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		4 mm	
15/6/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		3.8 mm	
17/06/2021	V5 (πέντε φύλλα)	23	9 mm	18 mm
23/06/2021	V6 (έξι φύλλα)	29	12 mm	24 mm
28/06/2021	V7 (επτά φύλλα)	34	12 mm	24 mm
02/07/2021	V7 (επτά φύλλα)	38	9 mm	18 mm
09/07/2021	R1 (ανθοφορία)	45	9 mm	18 mm
16/07/2021	R1 (ανθοφορία)	52	9 mm	18 mm
19/07/2021	R2 (πλήρης ανθοφορία)	55	6 mm	12 mm
23/07/2021	R3 (σχηματισμός λοβού)	59	6 mm	12 mm
28/07/2021	R3 (σχηματισμός λοβού)	64	9 mm	18 mm
02/08/2021	R4 (σχηματισμένος λοβός)	69	12 mm	24 mm
10/08/2021	R5 (σχηματισμός σπόρου)	77	12 mm	24 mm
16/08/2021	R5 (σχηματισμός σπόρου)	83	9 mm	18 mm
24/08/2021	R6 (γεμισμένος σπόρος)	91	9 mm	18 mm
31/08/2021	R7 (έναρξη ωρίμανσης)	98	12 mm	24 mm

08/09/2021	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>	1 mm	
Συνολική ποσότητα άρδευσης		153 mm	306 mm
Συνολική ποσότητα άρδευσης + βροχόπτωσης (35.2 mm)		188.2 mm	341.2 mm

2.2.1.6. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Τα φυτά συγκομίστηκαν όταν οι βαθμοήμερες ήταν $GDD=2200.2$ στις 126 ημέρες από τη σπορά. Συνολικά συγκομίστηκαν 20 φυτά *S. elaeagnifolium* ανά επέμβαση και μετρήθηκαν οι τιμές (1) του νωπού βάρους ανά φυτό, (2) το ύψος, (3) ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, (4) τα αγκάθια που βρίσκονταν σε μήκος 10 εκ. από τη βάση του φυτού ως ένδειξη της απόκρισης του φυτού σε υδατική καταπόνηση, (5) οι βραχίονες του φυτού ώστε να μετρηθεί η διακλάδωση του, (6) το βάρος των καρπών ανά φυτό, (7) το βάρος ανά καρπό, και (8) η διάμετρος ανά καρπό. Επίσης, μετρήθηκε η βιομάζα του ζιζανίου, η πυκνότητα του και ο αριθμός των παραγόμενων καρπών ανά τετραγωνικό. Για τη σόγια μετρήθηκαν κατά τη συγκομιδή 20 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο και προσδιορίστηκε το βάρος του φυτού, το βάρος και μήκος του ριζικού συστήματος, το ύψος του φυτού και ο αριθμός των λοβών ανά φυτό. Επίσης, μετρήθηκε η βιομάζα και η απόδοση.

2.2.1.7. Στατιστική ανάλυση

Η μελέτη της κανονικής κατανομής των τιμών με τη χρήση του τεστ Shapiro-Wilk έδειξε ότι οι τιμές του νωπού βάρους ανά φυτό *S. elaeagnifolium*, του ύψους, του αριθμού των καρπών, των αγκαθιών και του βάρους του καρπού ακολουθούν τη κανονική κατανομή και για τα δύο επίπεδα άρδευσης και για τα δύο έτη πειραματισμού. Για αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τη σύγκριση των μέσων τιμών αυτών των πέντε μεταβλητών κατά τη συγκομιδή για τα δύο έτη πειραματισμού (2021 και 2022). Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Επίσης, έγινε παλινδρόμηση με χρήση γραμμικού μοντέλου ($Y=A+B*X$, όπου X η εξαρτημένη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή Y) μεταξύ όλων των πιθανών εξαρτημένων μεταβλητών. Οι τιμές των βραχιόνων, του βάρους των καρπών ανά φυτό, και της διαμέτρου του καρπού δεν ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή, για αυτό το λόγο έγινε ανάλυση με χρήση μη παραμετρικού τεστ Kruskal Wallis για τον εντοπισμό τυχόν στατιστικών σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων (άρδευση) ανά έτος πειραματισμού. Η βιομάζα, πυκνότητα και αριθμός των καρπών ανά τετραγωνικό ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή και ακολουθήθηκαν οι ίδιες αναλύσεις και συσχετίσεις όπως προηγουμένως. Για την στατιστική ανάλυση ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα για τις μετρήσεις που αφορούσαν τη σόγια.

Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.2.2. Δεύτερη καλλιεργητική περίοδος (2022)

2.2.3.1. Γενικά

Σκοπός του πειράματος το δεύτερο έτος ήταν η επανάληψη του πειραματικού σχεδίου ως προς τον κύριο παράγοντα της άρδευσης (χαμηλή-υψηλή) και η αξιολόγηση του ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το *S. elaeagnifolium*.

2.2.3.2. Φυτικό υλικό

Και τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σόγιας της εμπορικής ποικιλίας P21T45 της εταιρείας Pioneer Hi-Bred Italia Sementi S.R.L. που προμηθεύτηκαν από την εταιρεία Corteva Agriscience Hellas. Η συγκεκριμένη ποικιλία εμφανίζει ζωηρή και έντονη πρώτη ανάπτυξη, έχει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, παρουσιάζει ταχεία ωρίμανση και φυσική αποφύλλωση, έχει μέσο ύψος, έχει ευρεία προσαρμοστική ικανότητα σε διάφορους τύπους εδάφους, είναι ανθεκτικό σε μυκητολογικές ασθένειες και παρουσιάζει προσαρμοστικότητα σε διάφορες τεχνικές σποράς και αποστάσεις σποράς. Οι σπόροι που περιλαμβάνονταν στο σακί ήταν 5.960 ανά κιλό και ήταν επενδυμένοι με HICOAT SUPER (*Bradyrhizobium japonicum*). Οι σπόροι αποθηκεύτηκαν στους 4 °C και σε 40% υγρασία έως τη χρησιμοποίησή τους.

2.2.3.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

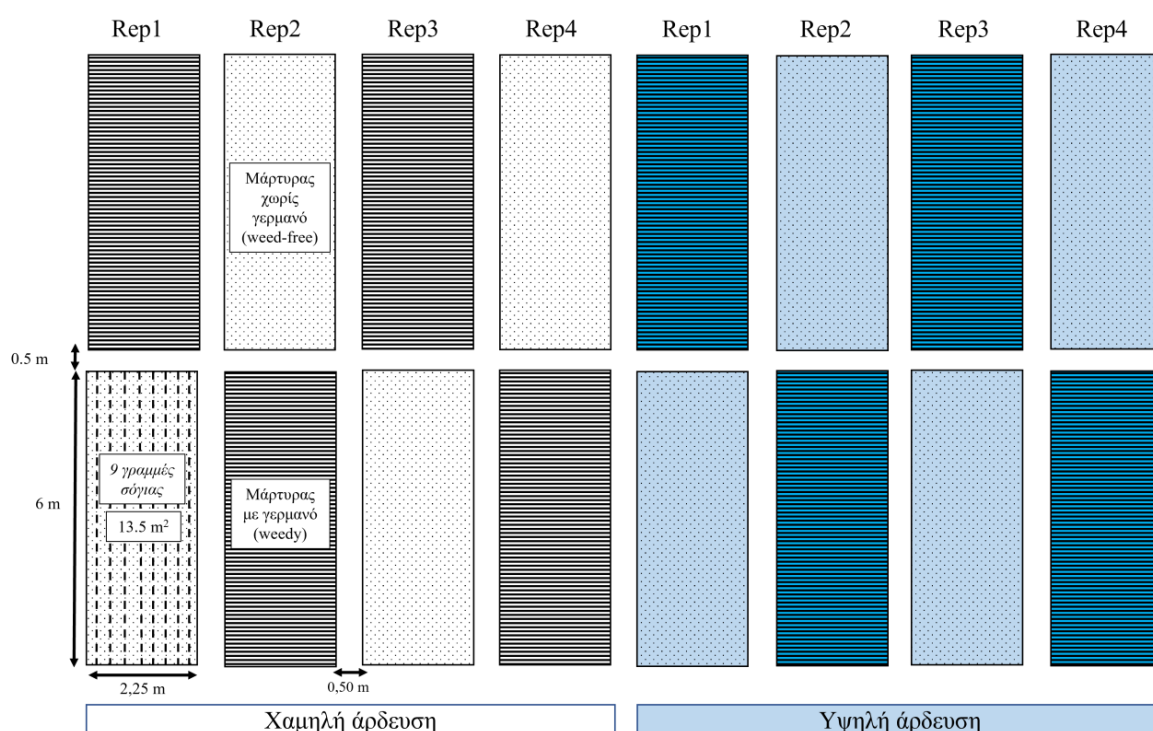
Η εγκατάσταση του πειραματικού αγρού στο χώρο του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. ακολούθησε μετά την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας/ζιζανίων με βαθύ όργωμα και έπειτα σβάρνισμα του εδάφους (Μάιος 2022). Και στη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο οι σπόροι σόγιας εμβαπτίστηκαν σε απεσταγμένο νερό για 12 h σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου (25 °C) για την επίτευξη ομοιόμορφου φυτρώματος. Η σπορά των ενυδατωμένων σπόρων στον αγρό έγινε σε αποστάσεις 4-5 εκ. (επί της γραμμής) και 25 εκ. μεταξύ των γραμμών, και σε βάθος 3-4 εκ.. Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 26 Μαΐου 2022. Ούτε σε αυτή τη καλλιεργητική περίοδο δεν απαιτήθηκε η εφαρμογή μυκητοκτόνων ή εντομοκτόνων καθώς η καλλιέργεια δεν παρουσίασε προσβολές. Επίσης, δεν εφαρμόστηκε κανένα λίπασμα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο έλεγχος των ζιζανίων στο πειραματικό αγρό κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο πραγματοποιήθηκε συνεχόμενα με βοτάνισμα και απομάκρυνση κυρίως της πορφυρής κύπερης από το στάδιο της έκπτυξης των κοτυληδόνων (BBCH 10) έως και το στάδιο της πλήρους έκπτυξης του δεύτερου φυλλαρίου (BBCH 14). Η διαχείριση των ζιζανίων έγινε με βοτάνισμα και σκάλισμα μεταξύ των γραμμών για την απομάκρυνση των ετήσιων ανοιζιάτικων ζιζανίων *A. retroflexus* L. (τραχύ βλήτο), *D. stramonium* L. (τάτουλας) και του πολυετούς ζιζανίου *C. rotundus* L. (πορφυρή κύπερη). Σε όλη την έκταση απομακρύνθηκαν όλα τα φυτά του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* στις επεμβάσεις του μάρτυρα, ενώ διατηρήθηκαν στα πειραματικά τεμάχια όπου θεωρήθηκαν ως προσβεβλημένα από το ζιζάνιο (εξηγείται αναλυτικά παρακάτω στο υποκεφάλαιο Πειραματικό σχέδιο).

Τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση) ελήφθησαν από τον Μετεωρολογικό σταθμό στην Αθήνα (Κεραμεικός) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://meteosearch.meteo.gr/>).

2.2.3.4. Πειραματικό σχέδιο

Η δεύτερη καλλιεργητική περίοδος (2022) αποτέλεσε την τελική μελέτη για την αξιολόγηση του ανταγωνισμού του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* με τη καλλιέργεια σόγιας και την απόκριση της καλλιέργειας σε δύο διαφορετικές υδατικές επεμβάσεις. Το πείραμα εγκαταστάθηκε στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α όπου υπήρχε μεγάλη πυκνότητα, ομοιόμορφα κατανεμημένη, του ζιζανίου *S.*

elaegnifolium. Ακολουθήθηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) – split plot design με δύο παράγοντες και δύο επίπεδα ο κάθε ένας (χαμηλή ή υψηλή άρδευση, και παρουσία ή όχι του ζιζανίου *S. elaeagnifolium*) και 4 επαναλήψεις (πειραματικά τεμάχια). Η έκταση κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 6 m x 2.25 m (συνολικού εμβαδού 13.5 m²). Κάθε τεμάχιο έφερε 9 σπαρμένες γραμμές με σόγια σε απόσταση 25 εκ. μεταξύ τους. Συνολικά, η έκταση που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους ήταν 21.50 m x 12.50 m (εμβαδόν 268.75 m²), ενώ το εμβαδόν που αξιοποιήθηκε για την εγκατάσταση της καλλιέργειας σόγιας ήταν 216 m². Επιδιώχθηκε η υπέρπυκνη σπορά σόγιας με σκοπό την βελτίωση της ανταγωνιστικής ικανότητας της καλλιέργειας ενάντια στο ζιζάνιο *S. elaeagnifolium* (σύνολο σπαρμένων σπόρων ~95.000). Η διαφοροποίηση των υδατικών επεμβάσεων πραγματοποιήθηκε μέσω της κατασκευής αρδευτικού συστήματος με στάγδην άρδευση (drip irrigation system) ώστε η μισή έκταση να λάβει ακριβώς 153 mm νερού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (χαμηλή άρδευση ή X/A) και η υπόλοιπη έκταση τη διπλάσια άρδευση 306 mm (υψηλή άρδευση ή Y/A). Ο δεύτερος παράγοντας αφορούσε την παραμονή του *S. elaeagnifolium* στον αγρό (weedy ή γερμανός) ή την απομάκρυνση του (weed-free ή μάρτυρας). Η κάτοψη του πειραματικού αγρού απεικονίζεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22: Πειραματική διάταξη του πειράματος ανταγωνισμού της καλλιέργειας σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium* το έτος 2022 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας του ΓΠΑ

2.2.3.5. Άρδεύσεις

Μετά από την απαραίτητη προετοιμασία του εδάφους και της σποροκλίνης τον Μάιο του 2022, έγινε εγκατάσταση του συστήματος στάγδην άρδευσης (Εικόνα 24). Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 32 σταλακτηφόροι σωλήνες Φ16 (διαμέτρου 16'') μήκους 13 m. Αυτοί ήταν συνδεδεμένοι με μία κεντρική σωλήνα Φ32, η οποία έφερε στη μέση βάνα για να διακόπτει τη ροή του νερού προς τη μία πλευρά του πειραματικού

αγρού. Οι σωλήνες κάλυπταν όλη την έκταση του πειραματικού αγρού και είχαν παροχή 4 l/h. Η απόσταση μεταξύ των σταλαχτών ήταν 33 εκ.. Για κάθε πειραματικό τεμάχιο χρησιμοποιήθηκαν 4 σωλήνες με απόσταση 50 εκ. μεταξύ τους για ομοιόμορφη κατανομή του νερού. Οι ημερομηνίες άρδευσης και ο όγκος άρδευσης απεικονίζονται στον Πίνακα 9. Ο αγρός αρδεύτηκε με χρήση κανονιού κατά την σπορά. Συνολικά, ο αγρός αρδεύτηκε 8 φορές τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο.

Πίνακας 9: Ημερομηνίες και όγκος άρδευσης με βάση το στάδιο ανάπτυξης και τις ημέρες από τη σπορά της καλλιέργειας σόγιας στο πείραμα της αξιολόγησης του ανταγωνισμού της με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium* το δεύτερο χρόνο του πειράματος το 2022

Άρδευση	Στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας	Ημέρες από τη σπορά (ΗΜΣ)	Όγκος άρδευσης	
			Χαμηλή άρδευση (X/A)	Υψηλή άρδευση (Y/A)
Πρώτη καλλιεργητική περίοδος 2021				
31/05/2022	VE (ανάδυση)	6	6 mm	12 mm
03/06/2022	V2 (δύο φύλλα)	9	12 mm	24 mm
06/06/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		0.6 mm	
12/06/2022	V3 (τρία φύλλα)	18	21 mm	42 mm
17/06/2022	V5 (πέντε φύλλα)	23	30 mm	60 mm
02/07/2022	R2 (πλήρης ανθοφορία)	38	30 mm	60 mm
09/07/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		8 mm	
10/07/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		1.4 mm	
20/07/2022	R3 (σχηματισμός λοβού)	56	24 mm	48 mm
01/08/2022	R5 (σχηματισμός σπόρου)	68	18 mm	36 mm
16/08/2022	R6 (γεμισμένος σπόρος)	83	12 mm	24 mm
23/08/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		38.8 mm	
24/08/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		21.2 mm	
25/08/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		19.2 mm	
31/08/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		3.2 mm	
05/09/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		1.4 mm	
21/09/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		15.6 mm	
22/09/2022	<i>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</i>		1 mm	
Συνολική ποσότητα άρδευσης			153 mm	306 mm
Συνολική ποσότητα άρδευσης + βροχόπτωσης (110.4 mm)			263.4 mm	416.4 mm

2.2.3.6. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Τα φυτά συγκομίστηκαν όταν οι βαθμοημέρες ήταν GDD=2118.7 στις 121 ημέρες από τη σπορά. Συνολικά συγκομίστηκαν 20 φυτά *S. elaeagnifolium* ανά επέμβαση και μετρήθηκαν οι τιμές (1) του νωπού βάρους ανά φυτό, (2) το ύψος, (3) ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, (4) τα αγκάθια που βρίσκονταν σε μήκος 10 εκ. από τη βάση του φυτού ως ένδειξη της απόκρισης του φυτού σε υδατική καταπόνηση (Εικόνα 23), (5) οι βραχίονες του φυτού ώστε να μετρηθεί η διακλάδωση του, (6) το βάρος των καρπών ανά φυτό, (7) το βάρος ανά καρπό, και (8) η διάμετρος ανά καρπό. Επίσης, μετρήθηκε η βιομάζα του ζιζανιού, η πυκνότητα του και ο αριθμός των παραγόμενων καρπών ανά τετραγωνικό. Για τη σόγια μετρήθηκαν κατά τη συγκομιδή 20 φυτά από κάθε πειραματικό τεμάχιο και προσδιορίστηκε το βάρος του φυτού, το βάρος και μήκος του

ριζικού συστήματος, το ύψος του φυτού και ο αριθμός των λοβών ανά φυτό. Επίσης, μετρήθηκε η βιομάζα και η απόδοση.



Εικόνα 23: Μέτρηση αριθμού αγκαθιών σε 10 εκ. βλαστού (A) και μέτρηση αριθμού και βάρους φυματίων από φυτά σόγιας (B) που δέχθηκαν χαμηλή και υψηλή άρδευση

2.2.3.7. Στατιστική ανάλυση

Η μελέτη της κανονικής κατανομής των τιμών με τη χρήση του τεστ Shapiro-Wilk έδειξε ότι οι τιμές του νεπού βάρους ανά φυτό *S. elaeagnifolium*, του ύψους, του αριθμού των καρπών, των αγκαθιών και του βάρους του καρπού ακολουθούν τη κανονική κατανομή και για τα δύο επίπεδα άρδευσης και για τα δύο έτη πειραματισμού. Για αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τη σύγκριση των μέσων τιμών αυτών των πέντε μεταβλητών κατά τη συγκομιδή για τα δύο έτη πειραματισμού (2021 και 2022). Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Επίσης, έγινε παλινδρόμηση με χρήση γραμμικού μοντέλου ($Y=A+B*X$, όπου X η εξαρτημένη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή Y) μεταξύ όλων των πιθανών εξαρτημένων μεταβλητών. Οι τιμές των βραχιόνων, του βάρους των καρπών ανά φυτό, και της διαμέτρου του καρπού δεν ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή, για αυτό το λόγο έγινε ανάλυση με χρήση μη παραμετρικού τεστ Kruskal Wallis για τον εντοπισμό τυχόν στατιστικών σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων (άρδευση) ανά έτος πειραματισμού. Η βιομάζα, πυκνότητα και αριθμός των καρπών ανά τετραγωνικό ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή και ακολουθήθηκαν οι ίδιες αναλύσεις και συσχετίσεις όπως προηγουμένως. Για την στατιστική ανάλυση ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα για τις μετρήσεις που αφορούσαν τη σόγια. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

2.3.1. Πειράματα διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* με χημικές μεθόδους

2.3.1.1. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

2.3.1.1.1. Γενικά

Σκοπός αυτού του πειράματος που πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2020 ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων σε φυτά *S. elaeagnifolium* που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες και η παρατήρηση αναβλαστήσεων σε βάθος 4 εβδομάδων από την εφαρμογή.

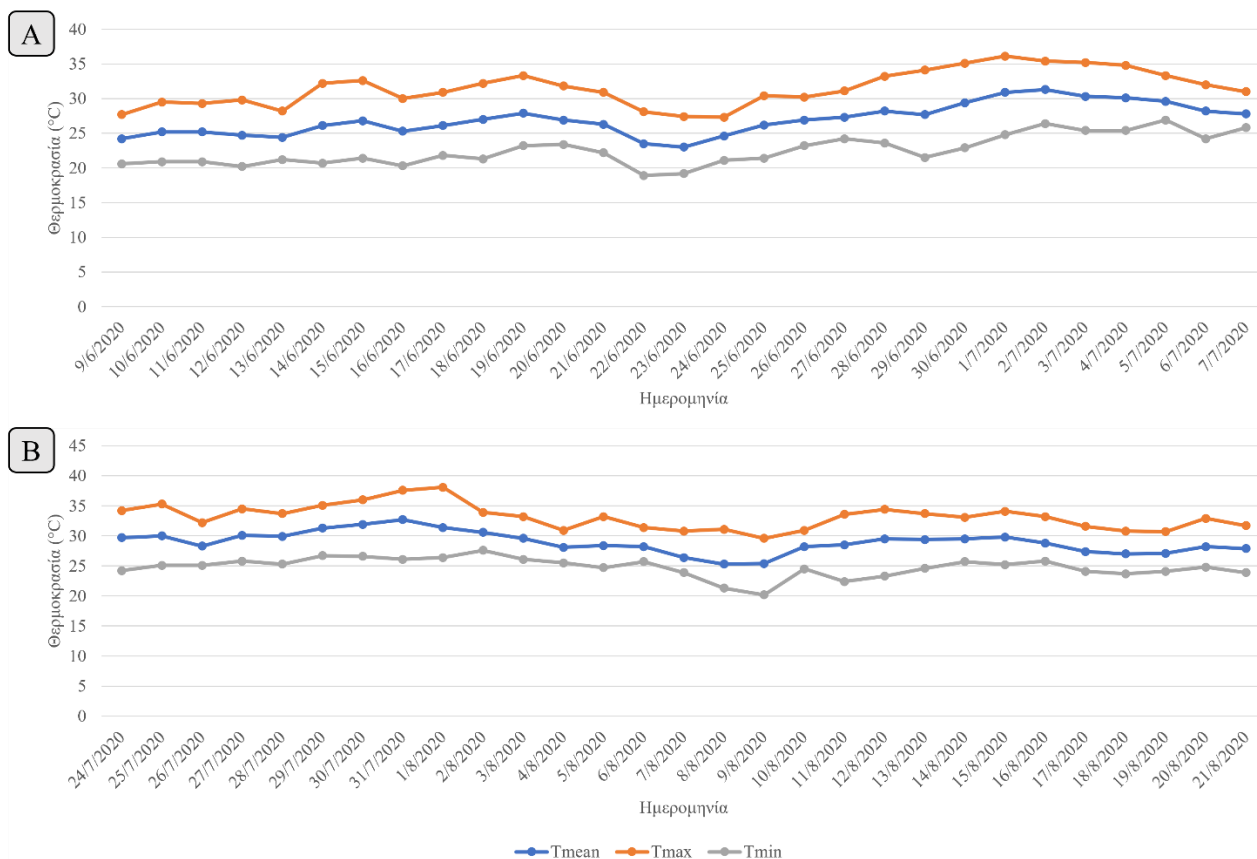
2.3.1.1.2. Φυτικό υλικό

Πείραμα φυτοδοχείων πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2020 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* που προέρχονται οι έρπουσες ρίζες. Αρχικά συλλέχθηκαν έρπουσες ρίζες μήκους 10 εκ. από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας και τοποθετήθηκαν σε βάθος 5 εκ. σε πλαστικά φυτοδοχεία διαμέτρου στεφάνης 24 εκ., διαμέτρου βάσης 21 εκ., ύψους 24 εκ., και όγκου 7 L στις 23/4/2020. Σε κάθε φυτοδοχείο τοποθετήθηκαν 4 έρπουσες ρίζες.

Το πείραμα επαναλήφθηκε δύο μήνες μετά όπου συλλέχθηκαν από το ίδιο σημείο έρπουσες ρίζες ίδιου μήκους και τοποθετήθηκαν σε φυτοδοχεία με τις ίδιες διαστάσεις και με ίδιο τρόπο στις 19/06/2020.

2.3.1.1.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Στην Εικόνα 24 απεικονίζεται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Εικόνα 24: Αποτύπωση της μέσης, ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αξιολόγησης μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον του ζιζανίου *Solanum elaeagnifolium*

Τα φυτοδοχεία αρδεύονταν με χρήση σταλλακτηφόρου σωλήνα Φ16 με παροχή 4 lt/ώρα (Εικόνα 25). Σε κάθε άρδευση τα φυτοδοχεία λάμβαναν 4 mm νερού, ενώ τα φυτά ποτίζονταν δύο ή τρεις φορές την εβδομάδα ανάλογα με τις ανάγκες τους, λαμβάνοντας συνολικά 120 mm νερού από την έναρξη έως τη λήξη του πειράματος. Οι βλαστοί που αναπτύχθηκαν ψεκάστηκαν 47 ημέρες μετά τη τοποθέτηση των έρπουσων ριζών στα φυτοδοχεία στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης (5-12 φύλλα και 15-30 εκ. ύψος), πριν την έναρξη της ανθοφορίας. Για την επανάληψη του πειράματος, τα φυτά ψεκάστηκαν 35 ημέρες μετά τη τοποθέτηση των έρπουσων ριζών στα φυτοδοχεία στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης (5-12 φύλλα και 15-30 εκ. ύψος), πριν την έναρξη της ανθοφορίας. Για το ψεκασμό χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρικοί ψεκαστήρες Eletra Venus 5 L όπου ρυθμίστηκαν σε πίεση 2-3 atm, ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο.



Εικόνα 25: Πειραματική διάταξη των φυτοδοχείων του πειράματος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* που προέρχονταν από αγνή πολλαπλασιασμό

2.3.1.1.4. Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το Εντελώς Τυχαίοποιημένο Σχέδιο με 12 επεμβάσεις (μάρτυρας και 11 ζιζανιοκτόνα) και 5 επαναλήψεις (φυτοδοχεία) ανά επέμβαση (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Επεμβάσεις και δόσεις των δραστικών ουσιών των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών του *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από αγνή πολλαπλασιασμό

Επέμβαση	Δραστική ουσία (ποσοστό στο σκεύασμα)	Μηχανισμός δράσης	Δόση δραστικής ουσίας	Τύπος ζιζανιοκτόνου
C	-	-	-	-
T1	florasulam (5%)	Παρεμπόδιση του ενζύμου οξειγαλακτική συνθάση	0.75 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T2	foramsulfuron (3.15%)	Παρεμπόδιση του ενζύμου οξειγαλακτική συνθάση	6.3 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T3	bentazone (48%)	Παρεμπόδιση του φωτοσυστήματος II	144 g δ.ο./στρ.	Επαφής
T4	diquat (20%)	Εκτροπή ηλεκτρονίων φωτοσυστήματος I	100 g δ.ο./στρ.	Επαφής
T5	glyphosate (36%)	Παρεμπόδιση του ενζύμου EPSPS	216 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T6	glyphosate (36%) +επιφανειοδραστικό	Παρεμπόδιση του ενζύμου EPSPS	216 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T7	glufosinate (15%)	Παρεμπόδιση της συνθετάσης της γλουταμίνης	75 g δ.ο./στρ.	Επαφής
T8	propyzamide (40%)	Παρεμπόδιση σχηματισμού μικροσωληνίσκων	75 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T9	clopyralid (72%)	Συνθετική αυξίνη	12.52 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό
T10	2,4-D (60%)	Συνθετική αυξίνη	90 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό

T11	pyraflufen-ethyl	Παρεμπόδιση της οξειδάσης του πρωτοπορφυρινογόνου	1.1 g δ.ο./στρ.	Επαφής
T12	glyphosate (36%) +pyraflufen-ethyl+επιφανειοδραστικό	Παρεμπόδιση του ενζύμου EPSPS + Παρεμπόδιση της οξειδάσης του πρωτοπορφυρινογόνου	216 g δ.ο./στρ. + 1.1 g δ.ο./στρ.	Διασυστηματικό+Επαφής

2.3.1.1.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Το ποσοστό επιβίωσης μετρήθηκε ως το ποσοστό των φωτοσυνθετικά ενεργών (πράσινων) βλαστών προς το συνολικό αριθμό των βλαστών ανά επέμβαση. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αναβλαστήσεις 28 ημέρες από την εφαρμογή. Κάθε φυτοδοχείο χρησιμοποιήθηκε ως επανάληψη για τη λήψη των μετρήσεων του NDVI. Οι μετρήσεις του NDVI γίνονταν κάθε φορά στις 11.00 π.μ. με καθαρό ουρανό χωρίς σύννεφα σε ύψος περίπου 50 εκ. πάνω από τη φυτεία. Για τις μετρήσεις του ποσοστού επιβίωσης και του NDVI λαμβάνονταν συνολικά 5 επαναλήψεις ανά επέμβαση. Η λήψη του ξηρού βάρους των φυτών πραγματοποιήθηκε 2, 3, και 4 εβδομάδες μετά την εφαρμογή. Συνολικά 5 βλαστοί ανά επέμβαση κόβονταν στο ύψος του εδάφους και ο υπολογισμός του νωπού βάρους γινόταν σε ηλεκτρονική ζυγαριά με ακρίβεια 1 mg. Για τη λήψη του ξηρού βάρους, οι βλαστοί τοποθετούνταν σε ηλεκτρικό φούρνο στους 70 °C για 48 h, και έπειτα ζυγίζονταν στον ίδιο ζυγό ακριβείας. Οι μετρήσεις και το χρονοδιάγραμμα απεικονίζονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Μετρήσεις του πειράματος αξιολόγησης μεταφωτρωτικών ζιζανιοκτόνων

Ημερομηνία	Ημέρες από εφαρμογή	Μετρήσεις
<i>Πρώτη επανάληψη του πειράματος</i>		
9/6/2020	-	-
10/6/2020	1	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
13/6/2020	4	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
16/6/2020	7	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
19/6/2020	10	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
23/6/2020	14	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Ξηρό βάρος
26/6/2020	17	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
30/6/2020	21	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Νωπό/Ξηρό βάρος
7/7/2020	28	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Νωπό/Ξηρό βάρος
<i>Δεύτερη επανάληψη του πειράματος</i>		
24/7/2020	-	-
25/7/2020	1	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
28/7/2020	4	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
31/7/2020	7	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
3/8/2020	10	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
7/8/2020	14	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Ξηρό βάρος
10/8/2020	17	NDVI, ποσοστό επιβίωσης
14/8/2020	21	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Ξηρό βάρος
21/8/2020	28	NDVI, ποσοστό επιβίωσης, Ξηρό βάρος

2.3.1.1.6. Στατιστική ανάλυση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων, της επέμβασης και του γύρου του πειράματος, για να βρεθούν πιθανές σημαντικές διαφορές μεταξύ των γύρων των πειραμάτων που θα δικαιολογούσαν διαφορετική στατιστική ανάλυση. Η ανάλυση έγινε με βάση τις μετρήσεις του NDVI, του ποσοστού επιβίωσης και του ξηρού βάρους 28 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων (DAT) και για τους δύο γύρους του πειράματος. Βρέθηκε ότι τα αποτελέσματα μεταξύ των δύο γύρων δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά και συγκεκριμένα για το NDVI το P_{value} ήταν 0.2574, για το ποσοστό επιβίωσης 0.1345, και για το ξηρό βάρος του βλαστού 0.2461. Για αυτό το λόγο έγινε μίξη των αποτελεσμάτων από τους δύο γύρους των πειραμάτων, έτσι ώστε τελικά να συμπεριληφθούν για την στατιστική ανάλυση 13 επεμβάσεις (μάρτυρας + 12 ζιζανιοκτόνα), με 10 επαναλήψεις (φυτοδοχεία ή βλαστοί). Τα δεδομένα ανά επέμβαση ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή. Έπειτα έγινε ανάλυση διακύμανσης για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων των επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.3.1.2. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

2.3.1.2.1. Γενικά

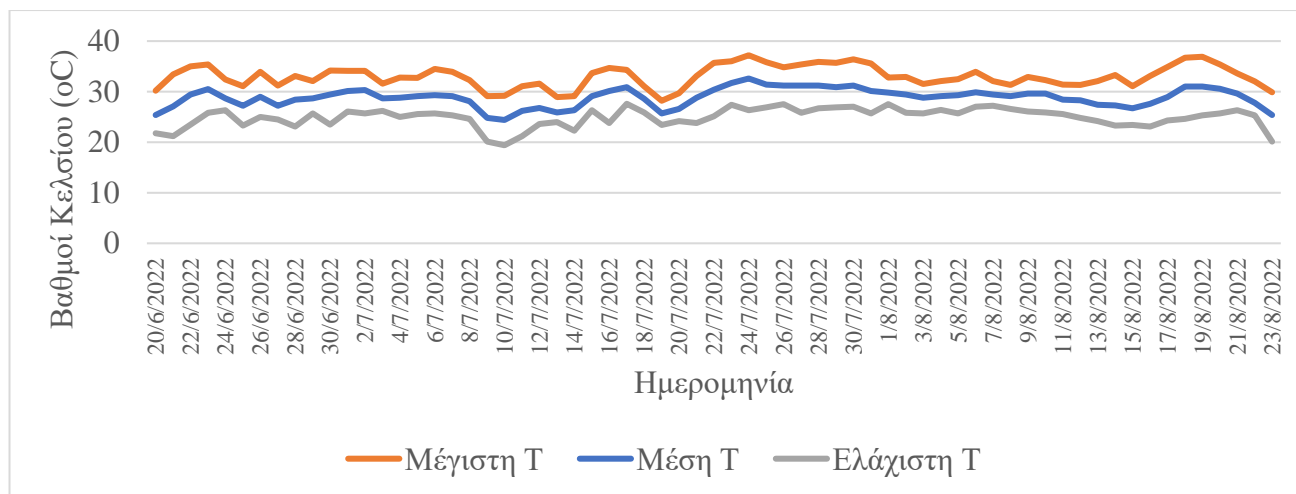
Σκοπός αυτού του πειράματος που πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2022 ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στην παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων του *S. elaeagnifolium*.

2.3.1.2.2. Φυτικό υλικό

Για τη πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν φελιζόλ ύψους 6 εκ., μήκους 27,5 εκ., πλάτους 18 εκ.. Τα φελιζόλ γέμισαν με 3 L χώματος από τον αγρό του Εργ. Γεωργίας από σημείο όπου δεν υπήρχαν φυτά *S. elaeagnifolium*, επομένως δεν υπήρχαν και σπόροι του ζιζανίου. Το χώμα είχε προηγουμένως κοσκινιστεί προσεκτικά για να απομακρυνθούν τυχόν ρίζες, πέτρες και πολλαπλασιαστικό υλικό άλλων ζιζανίων. Έπειτα τοποθετήθηκε σε ηλεκτρικό φούρνο για 2 ημέρες στους 80 °C. Στις 20/6/2022, δηλαδή δύο εβδομάδες πριν τον ψεκάσμό της 4^{ης} Ιουλίου (λεπτομέρειες παρακάτω) σπάρθηκαν 50 σπόροι του ζιζανίου σε κάθε φελιζόλ. Οι σπόροι συγκομίστηκαν το 2021 από τον ίδιο πληθυσμό που βρισκόταν στο Εργ. Γεωργίας, αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες δωματίου και χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα. Επιλέχθηκε η σπορά τους δύο εβδομάδες δύο εβδομάδες πριν το ψεκάσμό γιατί το φύτεμα των σπόρων του ζιζανίου συνήθως χρειάζεται δύο-τρεις εβδομάδες για να ξεκινήσει.

2.3.1.2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Στο Γράφημα 1 απεικονίζεται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος. Το χώμα αρδεύονταν με 1 mm νερού κάθε 3 μέρες.



Γράφημα 1: Μέγιστη, μέση και ελάχιστη θερμοκρασία (°C) κατά τη διάρκεια του πειράματος της αξιολόγησης προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων για την παρεμπόδιση του φυτρώματος σπόρων *Solanum elaeagnifolium*

2.3.1.2.4. Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με 5 επεμβάσεις (μάρτυρας και 4 προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα) και 6 επαναλήψεις (φελιζόλ) ανά επέμβαση (Πίνακας 12). Τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν επιλέχθηκαν διότι είναι εγκεκριμένα για τη καλλιέργεια βαμβακιού, η οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στον ανταγωνισμό από το *S. elaeagnifolium*. Τα ζιζανιοκτόνα ψεκάστηκαν με χρήση ηλεκτρικών ψεκαστήρων στη πίεση των 2 atm ενώ ο όγκος του ψεκαστικού υγρού το στρέμμα υπολογίστηκε στα 30 λίτρα.

Πίνακας 12: Επεμβάσεις και δόσεις των δραστικών ουσιών των προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας εναντίον φυτών του *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από σπόρο

Επέμβαση	Δραστική ουσία (ποσοστό στο σκεύασμα)	Μηχανισμός δράσης	Δόση σκευάσματος (στα 30 L ψεκαστικού)	Δόση δραστικής ουσίας
Αψέκαστος μάρτυρας	-	-		-
pendimethalin	33%	K1-Microtubule assembly inhibition	500 cc/στρ.	165 g δ.ο./στρ.
benfluralin	60%	K1-Microtubule assembly inhibition	250 g/στρ.	150 g δ.ο./στρ.
S-metolachlor	96%	K3- Inhibition of cell division	130 cc/στρ.	124,8 g δ.ο./στρ.
Isoxaben	50%	L- Inhibition of cell wall (cellulose) synthesis	25 cc/στρ.	12,5 g δ.ο./στρ.

2.3.1.2.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 4/7/2022, ενώ πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις, στις 24/7 (20 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων-HAE) και 23/8 (50 HAE). Και στις δύο περιπτώσεις μετρήθηκε ο αριθμός των φυταρίων ανά φελιζόλ, ενώ στις 50 HAE μετρήθηκε το ύψος του φυτού, το μήκος της μεγαλύτερης ρίζας, το ξηρό βάρος του βλαστού και το ξηρό βάρος της ρίζας, αφού τοποθετήθηκαν σε ηλεκτρικό φούρνο για δύο ημέρες στους 80 °C. Για αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν 20 φυτά ανά επέμβαση (n=20), ενώ δεν μετρήθηκαν τα φυτά που μεταχειρίστηκαν με isoxaben καθώς η παρεμπόδιση του φυτρώματος ήταν υψηλή και κατά την κοπή δεν υπήρχε ο απαραίτητος αριθμός των βλαστών. Στις 50 HAE μετρήθηκε επίσης ο δείκτης NDVI ανά φελιζόλ (n=6).

2.3.1.2.6. Στατιστική ανάλυση

Αρχικά έγινε ανάλυση εάν τα δεδομένα ακολουθούσαν κανονική κατανομή με τη χρήση του Shapiro-Wilk τεστ. Τα δεδομένα ανά επέμβαση ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους, δηλαδή το ύψος του φυτού, το μήκος της ρίζας, το ξηρό βάρος του βλαστού και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος, αλλά και το δείκτη NDVI. Έπειτα έγινε ανάλυση διακύμανσης για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επίπεδων των επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP®, Version Pro14, SAS Institute Inc., US. Επίσης, έγινε παλινδρόμηση με χρήση γραμμικού μοντέλου ($Y=A+B*X$, όπου X η εξαρτημένη μεταβλητή που επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή Y) μεταξύ όλων των πιθανών εξαρτημένων μεταβλητών.

2.3.1.3. Πείραμα αξιολόγησης του σταδίου ανάπτυξης ως προς την ευαισθησία σε διαφορετικά σκευάσματα του ζιζανιοκτόνου glyphosate

2.3.1.3.1. Γενικά

Σκοπός αυτού του πειράματος που διεξάχθηκε το 2020 στον αγρό του Εργ. Γεωργίας ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του ζιζανιοκτόνου glyphosate εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* σε τρία διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (βλαστητική ανάπτυξης, άνθηση, καρποφορία).

2.3.1.3.2. Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που αξιοποιήθηκε προερχόταν από εγκατεστημένο πυκνό πληθυσμό του ζιζανίου στον αγρό του Εργ. Γεωργίας όπου ετησίως πραγματοποιείται τακτικά εδαφοκατεργασία και χορτοκοπές/βοτανίσματα κατά τη διάρκεια της εαρινής περιόδου. Τα φυτά που βρίσκονταν στο βλαστητικό στάδιο είχαν μέσο ύψος 5-10 cm κατά την ημέρα του ψεκασμού και μέση πυκνότητα 100 φυτών ανά τετραγωνικό. Τα φυτά που βρίσκονταν στην άνθηση κατά την ημέρα του ψεκασμού είχαν ύψος που ποίκιλλε μεταξύ 10-30 cm και μέση πυκνότητα 120 φυτών ανά τετραγωνικό. Τέλος, τα

φυτά που βρίσκονταν στην καρποφορία κατά την ημέρα του ψεκασμού είχαν μέσο ύψος 60-80 cm και μέση πυκνότητα 80 φυτών ανά τετραγωνικό.

2.3.1.3.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Τα πρώτα φυτά *S. elaeagnifolium* προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό εμφανίστηκαν στον αγρό στις 3 Απριλίου 2020 και έκτοτε κόβονταν με χορτοκοπή περιοδικά έτσι ώστε στις 16/9/2020 να πραγματοποιηθεί ο ψεκασμός. Υπήρχαν τρία διακριτά blocks φυτών, αυτά που βρίσκονταν στη βλαστική ανάπτυξη (είχε πραγματοποιηθεί χορτοκοπή δύο εβδομάδες πριν τον ψεκασμό), αυτά που ήταν στην άνθηση (η χορτοκοπή είχε γίνει τον Αύγουστο) και αυτά που βρίσκονταν στη καρποφορία (η χορτοκοπή είχε γίνει στο τέλος Ιουνίου).

2.3.1.3.4. Πειραματικό σχέδιο

Το πείραμα σχεδιάστηκε με βάση το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με έξι επεμβάσεις (plots) και τρεις επαναλήψεις (blocks). Το εμβαδόν κάθε plot ήταν 4 m². Οι επεμβάσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 13. Ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 16/9/2020 με χρήση ηλεκτρικής ψεκαστήρας Eletra Venus 5 lt με ρυθμιζόμενη πίεση στις 2 atm. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του ψεκασμού ήταν 27 °C και η υγρασία του αέρα 55%.

Πίνακας 13: Επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate εναντίον φυτών του *Solanum elaeagnifolium* που βρίσκονταν στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, της ανθοφορίας και της καρποφορίας

Επέμβαση	Κωδικός	Συγκέντρωση glyphosate στο σκεύασμα	Συγκέντρωση άλατος	Δόση (g δ.ο./στρ.)
Αψέκαστος μάρτυρας	-	-	-	-
glyphosate άλας καλίου	AK1	48%	58.8%	270
glyphosate άλας καλίου	AK2	36%	44.1%	270
glyphosate άλας ισοπροπυλαμίνης + 2,4-D	AI1 + 2,4-D	24%	32.4%	108+72
glyphosate άλας ισοπροπυλαμίνης	AI2	36%	48.6%	270
glyphosate άλας ισοπροπυλαμίνης + αμμωνίου	AIA	54%	65.59%+5.94%	270

2.3.1.3.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Για την ανάλυση της αποτελεσματικότητας των ζιζανιοκτόνων μετρήθηκε η βιομάζα των φυτών σε g/m² 28 ημέρες μετά τον ψεκασμό και ο έλεγχος επί % ως το ποσοστό της μείωσης των βλαστών ανά επέμβαση προς τον αψέκαστο μάρτυρα. Επίσης καταγράφηκε ο αριθμός των βλαστών την επόμενη άνοιξη 2021.

2.3.1.3.6. Στατιστική ανάλυση

Έγινε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.3.2. Πειράματα διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* με μη-χημικές μεθόδους

2.3.2.1. Γενικά

Σκοπός αυτών των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν το 2021 και το 2022 ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης της εφαρμογής ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρο και χορτοκοπής: (1) στο ρυθμό αναβλάστησης φυτών *S. elaeagnifolium* που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό, και (2) στη συνολική παραγωγή καρπών.

Για αυτούς τους στόχους το 2021 έγινε εφαρμογή ζεστού αφρού σε δύο διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του ζιζανίου (ανθοφορία και καρποφορία) και αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της μεθόδου για τη διαχείριση του ζιζανίου κατά τη χρονιά εφαρμογής, αλλά και ένα χρόνο μετά με βάση το συνολικό αριθμό βλαστών που αναδύθηκαν στα συγκεκριμένα κομμάτια όπου έγιναν οι εφαρμογές.

Το 2022, τα φυτά δέχτηκαν εφαρμογή (i) από φλόγιστρο όπου στοχεύθηκαν οι ακραίοι οφθαλμοί των φυτών, (ii) χορτοκοπή, και (iii) ζεστό αφρό στο τέλος Μαΐου όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο των 8-12 φύλλων και το ύψος τους ήταν 5-10 εκ.

2.3.2.2. Φυτικό υλικό

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος αξιοποιήθηκαν φυτά *S. elaeagnifolium* προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό που βρίσκονταν στον αγρό του Εργ. Γεωργίας και βρίσκονταν σε βλαστητικό στάδιο ανάπτυξης (για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2022) είτε στο στάδιο της έναρξης της ανθοφορίας ή καρπόδεσης (για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2021). Το 2022, πραγματοποιήθηκε διπλή και τριπλή χορτοκοπή στο στάδιο της ανθοφορίας και της καρποφορίας αντίστοιχα.

2.3.2.3. Πειραματικό σχέδιο

Το προκαταρκτικό πείραμα που πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2021 περιλάμβανε δύο εφαρμογές ζεστού αφρού, μία στις 21.07.2021 όταν τα φυτά βρίσκονταν στην έναρξη της ανθοφορίας και άλλη μία στις 02.09.2021 όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο της καρποφορίας (πράσινου καρπού). Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 8 quadrat εμβαδού 0.25 m² το κάθε ένα που τοποθετήθηκαν σε σταθερό σημείο κατά την έναρξη του πειράματος έως τη λήξη του. Ακόμα 8 quadrat τοποθετήθηκαν στο τεμάχιο που βρίσκονταν τα φυτά όπου η εφαρμογή θα γινόταν τον Σεπτέμβριο κατά την καρποφορία. Και στις δύο εφαρμογές χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Foamstream M1200



Εικόνα 26: Μηχάνημα foamstream για την εφαρμογή καυτού αφρού

(Weedingtech™ Ltd., London, UK) που απεικονίζεται στην Εικόνα 26. Η σκούπα από όπου εξάγεται ο ζεστός αφρός χρησιμοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί μία ταχύτητα εφαρμογής 0.04 m/s ή 0.144 km/h και να καλυφθούν 50 εκ. μιας λωρίδας σε 12 s.

Η εφαρμογή της χορτοκοπής, του φλόγιστρου και του ζεστού αφρού το 2022 πραγματοποιήθηκε στο τέλος Μαΐου 2022 όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο των 8-12 φύλλων και το ύψος τους ήταν 5-10 εκ. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 8 quadrat εμβαδού 0.25 m² το κάθε ένα που τοποθετήθηκαν σε σταθερό σημείο κατά την έναρξη του πειράματος μέχρι και τη λήξη του. Η εφαρμογή του ζεστού αφρού έγινε με τέτοια ταχύτητα που κάλυπτε 50 εκ. μιας λωρίδας σε 20 s και συνολικά έφεταν 16 L υγρού σε ένα quadrat εμβαδού 0.25 m². Το φλόγιστρο χρησιμοποιήθηκε για 5 sec καλύπτοντας εξολοκλήρου τα ανώτερα φύλλα των φυτών και τους ακραίους οφθαλμούς. Η χορτοκοπή έγινε πολύ κοντά στο ύψος του εδάφους (5-10 mm). Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκαν 16 quadrat ακόμα, ώστε να πραγματοποιηθεί διπλή και τριπλή χορτοκοπή στα στάδια της ανθοφορίας και της καρποφορίας, αντίστοιχα. Και τα δύο έτη τα quadrat τοποθετήθηκαν τυχαία σε σημεία με υψηλή πυκνότητα του ζιζανίου και απουσία άλλων ζιζανίων, ενώ ακολουθήθηκε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο.

2.3.2.4. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Το χρονοδιάγραμμα των εργασιών και των μετρήσεων που λήφθηκαν και για τα δύο πειράματα απεικονίζεται στον Πίνακα 14. Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2021, έγινε μέτρηση NDVI (κάθε επανάληψη αφορούσε ένα quadrat 0.25 m²) από ύψος 50 cm πάνω από τη φυτεία και QY (από το κέντρο του ελάσματος φύλλου όπου είχε προηγηθεί συσκότιση με χρήση μαύρης πλαστικής σακούλας για 30 min). Συνολικά, για τη πυκνότητα ανά m², τον αριθμό των καρπών ανά m² και το NDVI αξιοποιήθηκαν 8 μετρήσεις, όσες και τα quadrat. Για τις μετρήσεις του QY χρησιμοποιήθηκαν 8 φύλλα κάθε φορά από διαφορετικούς βλαστούς. Όπου είχε μηδενιστεί η φωτοσυνθετική ικανότητα, η τιμή του QY τέθηκε ως 0.001 διότι το μηχάνημα δίνει μηδενικές τιμές που επηρεάζουν τη στατιστική ανάλυση.

Το 2022 μετρήθηκε η πυκνότητα των βλαστών στα ίδια μεταλλικά quadrat εμβαδού 0.25 m² πριν την εφαρμογή, 10, 20, 30, 50, 110 και 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού, χορτοκοπής και φλόγιστρου. Επίσης, στις 170 ημέρες από την εφαρμογή μετρήθηκαν ο αριθμός των καρπών, ο αριθμός των φυτών και η βιομάζα ανά 0.25 m² (n=8) και ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, το ύψος ανά φυτό και το ξηρό βάρος ανά φυτό (n=20) για τον αμεταχείριστο μάρτυρα, τα φυτά που μεταχειρίστηκαν με ζεστό αφρό, με χορτοκοπή (μία φορά στο βλαστητικό στάδιο) και με φλόγιστρο.

Πίνακας 14: Ημερομηνίες, επεμβάσεις και μετρήσεις των πειραμάτων αξιολόγησης ζεστού αφρού, φλογίστρου και χορτοκοπής εναντίον του *Solanum elaeagnifolium*

Ημερομηνία	Ενέργεια/Επέμβαση	Ημέρες από εφαρμογή	Μέτρηση
Προκαταρκτικό πείραμα εφαρμογής ζεστού αφρού			
21/6/2021	Φρεζάρισμα εδάφους	-	
21/7/2021	Εφαρμογή στο στάδιο της ανθοφορίας	-	4 ώρες μετά την εφαρμογή: NDVI, QY
30/8/2021	Εφαρμογή στο στάδιο της καρποφορίας	-	4 ώρες μετά την εφαρμογή: NDVI, QY
29/9/2021	Τελευταία μέτρηση	70 από ανθοφορία / 30 από καρποφορία	Πυκνότητα ανά m ² , Αριθμός καρπών ανά m ²
Πείραμα εφαρμογής ζεστού αφρού, χορτοκοπής και φλογίστρου			
20/5/2022	Πριν την εφαρμογή	-	Πυκνότητα
30/5/2022	Μέτρηση	10	Πυκνότητα
9/6/2022	Μέτρηση	20	Πυκνότητα
19/6/2022	Μέτρηση	30	Πυκνότητα
9/7/2022	Μέτρηση	50	Πυκνότητα
7/9/2022	Μέτρηση	110	Πυκνότητα
6/11/2022	Συγκομιδή	170	Ανά φυτό: Ύψος, Ξηρό βάρος, Αριθμός καρπών Ανά 0.25m² quadrat: Αρ. φυτών, αρ. καρπών, βιομάζα

2.3.2.5. Στατιστική ανάλυση

Για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2021, έγινε έλεγχος των δεδομένων όσον αφορά τη διακύμανση τους και εάν ακολουθούν κανονική κατανομή. Για όλες τις παραμέτρους (επέμβαση, μέτρηση) διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή. Επομένως, έγινε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US. Για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2022, έγινε έλεγχος των δεδομένων όσον αφορά τη διακύμανση τους και εάν ακολουθούν κανονική κατανομή με χρήση του Shapiro-Wilk test. Για όλες τις παραμέτρους (επέμβαση, μέτρηση) διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή, εκτός από το ξηρό βάρος ανά φυτό. Για αυτό χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό Wilcoxon test για να βρεθούν πιθανώς στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Για τις υπόλοιπες μετρήσεις που ακολουθούσαν κανονική κατανομή έγινε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.3.3. Πείραμα ολοκληρωμένης διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium*

2.3.3.1. Γενικά

Ο σκοπός αυτού του πειράματος που διήρκησε τρία χρόνια (2020-2022) σε ελαιώνα στο Βόλο ήταν η αξιολόγηση της χορτοκοπής, του συνδυασμού της με χημικό ζιζανιοκτόνο, και διάφορων συνθετικών ζιζανιοκτόνων εγκεκριμένων για την καλλιέργεια της ελιάς και συνδυασμών τους για τη διαχείριση του ζιζανίου *S. elaeagnifolium* που βρισκόταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά τις εφαρμογές. Τη πρώτη χρονιά οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν και στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης.

2.3.3.2. Φυτικό υλικό

Ο συγκεκριμένος ελαιώνας παρουσιάζει πολύ υψηλή προσβολή από το ζιζάνιο *S. elaeagnifolium* που αποτελεί το κυρίαρχο είδος από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο. Χρησιμοποιήθηκαν οι αυτοφυείς συστάδες του ζιζανίου που προέκυπταν στη συντριπτική τους πλειοψηφία από αγενή πολλαπλασιασμό και όχι από σπόρο. Η μέση πυκνότητα βλαστών ανά τετραγωνικό κατά την έναρξη του πειράματος ήταν 80 βλαστοί. Και τα τρία έτη οι εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν στο στάδιο της ανθοφορίας των φυτών, ενώ στο πρώτο έτος πραγματοποιήθηκε επέμβαση και στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης καθώς διαφορετικές χορτοκοπές των παραγωγών σε διαφορετικά σημεία της γεωργικής εκμετάλλευσης οδήγησαν σε περισσότερα κύματα βλάστησης του ζιζανίου.

2.3.3.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Τα πειράματα εγκαταστάθηκαν σε συμβατικό αρδευόμενο ελαιώνα (ποικιλία Χαλκιδική) στη περιοχή των Φερών του Βόλου (39°23'12.0"N 22°50'12.7"E). Στο συγκεκριμένο ελαιώνα πραγματοποιούνταν μόνο χορτοκοπή ή καλλιεργητής με χρήση γεωργικού ελκυστήρα τα τελευταία 20 χρόνια για τη διαχείριση των ζιζανίων ενώ δεν εφαρμόζονταν ζιζανιοκτόνα. Η έντονη προσβολή από *S. elaeagnifolium* ανάγκαζε τους παραγωγούς να επεμβαίνουν συνήθως στις αρχές Μαΐου με χορτοκοπή για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων των χειμερινών ζιζανίων και των πρώτων βλαστήσεων του γερμανού, αλλά και κατά το μήνα Σεπτέμβριο για την απομάκρυνση του ζιζανίου και το άπλωμα των πανιών για την συγκομιδή της ελιάς. Σε αυτή τη περίοδο όμως το ζιζάνιο έχει αναπτύξει ήδη τους καρπούς και σπόρους οι οποίοι έχουν περιέλθει στο στάδιο της ωρίμανσης και η χορτοκοπή προσθέτει ένα μεγάλο πρόβλημα στη διαχείριση του ζιζανίου λόγω της αύξησης της τράπεζας σπόρων του εδάφους. Τα δέντρα δέχονταν περιμετρικά κοπριά σε κυκλικές λωρίδες, οι οποίες όμως απείχαν τουλάχιστον ένα μέτρο από την άκρη κάθε πειραματικού τεμαχίου. Τα φυτά του *S. elaeagnifolium* δεν αρδεύτηκαν, λιπάνθηκαν ούτε μεταχειρίστηκαν περαιτέρω μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων. Η θερμοκρασία και βροχόπτωση ανά μήνα φαίνονται στον Πίνακα 15. Οι ημερομηνίες των εφαρμογών και των μετρήσεων απεικονίζονται στον Πίνακα 16.

Πίνακας 15: Επικρατούσες θερμοκρασίες και μηνιαία βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του τριετούς πειράματος διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα στον Βόλο

Έτος	Μήνας	Μέση T (°C)	Μέγιστη T (°C)	Ελάχιστη T (°C)	Βροχόπτωση (mm)
2020	Ιανουάριος	8.4	18.2	1.2	58
2020	Φεβρουάριος	11.3	20.8	1.1	59.2
2020	Μάρτιος	13.1	24.1	3.6	84.8
2020	Απρίλιος	15	26.4	5.8	84
2020	Μάιος	21.1	34.2	10.9	78.2
2020	Ιούνιος	25.2	35.6	16.1	15.8
2020	Ιούλιος	28	37.2	21	0.4
2020	Αύγουστος	28	37.2	21.3	14.2
2020	Σεπτέμβριος	25.2	35.4	15.6	74.2
2020	Οκτώβριος	20.4	30.9	12.2	148.6
2020	Νοέμβριος	13.9	21.9	6.1	32.8
2020	Δεκέμβριος	13.1	20.1	7.2	74.6
2021	Ιανουάριος	11	22.6	-2.2	58.6
2021	Φεβρουάριος	11.1	21.8	-1.9	22
2021	Μάρτιος	11.7	20.6	2.3	5.8
2021	Απρίλιος	15.4	26.8	5.1	8
2021	Μάιος	22.3	34.6	12.6	9.2
2021	Ιούνιος	25.4	41.1	13.4	17
2021	Ιούλιος	29.7	40.8	21.3	6.2
2021	Αύγουστος	29.6	43.9	22.3	14.6
2021	Σεπτέμβριος	23.9	36.8	13.3	27.4
2021	Οκτώβριος	16.7	24.2	10.2	91.2
2021	Νοέμβριος	14.6	23.8	7.4	50.2
2021	Δεκέμβριος	10.7	20	1.4	64.8
2022	Ιανουάριος	8.5	19.3	-1.9	147
2022	Φεβρουάριος	10.6	19.8	2.4	71
2022	Μάρτιος	9.5	23.7	0	62.4
2022	Απρίλιος	16.5	28.1	7.4	35.8
2022	Μάιος	21.3	32.6	12	11.8
2022	Ιούνιος	26.8	38.3	18.8	28.8
2022	Ιούλιος	28.2	36.7	18.7	73.4
2022	Αύγουστος	28.3	37.7	17.9	90.2
2022	Σεπτέμβριος	24.4	36.1	12.8	39.1

Πίνακας 16: Ημερομηνίες εργασιών στο τριετές πείραμα αξιολόγησης της χορτοκοπής και συνθετικών ζιζανιοκτόνων για τη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα

Ημερομηνία	Ενέργεια	Ημέρες από εφαρμογή
<i>Πρώτο έτος πειράματος (2020)</i>		
10/5/2020	Χορτοκοπή από τον παραγωγό	-
12/6/2020	Ψεκασμός	0 DAT
22/6/2020	Μέτρηση	10 DAT
10/7/2020	Μέτρηση	30 DAT

22/7/2020	Μέτρηση	60 DAT
9/9/2020	Μέτρηση	90 DAT
<i>Δεύτερο έτος πειράματος (2021)</i>		
18/5/2021	Χορτοκοπή από τον παραγωγό	-
6/7/2021	Ψεκασμός	0 DAT
16/7/2021	Μέτρηση	10 DAT
5/8/2021	Μέτρηση	30 DAT
4/9/2021	Μέτρηση	60 DAT
4/10/2021	Μέτρηση	90 DAT
<i>Τρίτο έτος πειράματος (2022)</i>		
15/5/2022	Χορτοκοπή από τον παραγωγό	-
16/6/2022	Ψεκασμός	0 DAT
26/6/2022	Μέτρηση	10 DAT
16/7/2022	Μέτρηση	30 DAT
15/8/2022	Μέτρηση	60 DAT
14/9/2022	Μέτρηση	90 DAT

2.3.3.4. Πειραματικό σχέδιο

Και τα τρία έτη ακολουθήθηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) με 9 επεμβάσεις που περιγράφονται στον Πίνακα 17 να αποτελούν τα πειραματικά τεμάχια, τα οποία επαναλαμβάνονταν τέσσερις φορές (τέσσερις επαναλήψεις) στον αγρό. Οι τέσσερις ομάδες (blocks) άλλαζαν τοποθεσία κάθε χρονιά μέσα στον ίδιο αγρό για την επίτευξη της τυχαιοποίησης. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 4 m². Για την οριοθέτηση των τεμαχίων γινόταν χορτοκοπή ώστε τα τεμάχια να απέχουν 50 εκ. μεταξύ τους και στα πλάγια να υπάρχει τουλάχιστον ένα μέτρο κενό από ζιζάνια. Το επιφανειοδραστικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το υδατοδιαλυτό υγρό TREND 90 (E.I. DuPont de Nemours & Co Inc. ΗΠΑ) με εγγυημένη σύνθεση isodecyl alcohol ethoxylate 90% β/ο σε πίεση 2 atm και 30 λίτρα ψεκαστικού υγρού το στρέμμα σε συγκέντρωση 0.1% κατ' όγκον. Τα ζιζανιοκτόνα ψεκάστηκαν με χρήση ηλεκτρικών ψεκαστήρων στη πίεση των 2 atm ενώ ο όγκος του ψεκαστικού υγρού το στρέμμα υπολογίστηκε στα 30 λίτρα.

Πίνακας 17: Επεμβάσεις και δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης χορτοκοπής και χημικών ζιζανιοκτόνων για τη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα

Επέμβαση	HRAC	Δόση δραστικής ουσίας (g δ.ο./στρ.)
Μάρτυρας	-	-
Χορτοκοπή	-	-
Χορτοκοπή fb diflufenican + iodosulfuron	B	15 + 1
diflufenican + iodosulfuron	B	15 + 1
glyphosate	G	270
glyphosate+επιφανειοδραστικό	G	270
flazasulfuron	B	5
MCPA	O	120
glyphosate + MCPA	G+O	270 + 120

2.3.3.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Οι παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και στα τρία χρόνια ήταν: (1) η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων (ή efficacy) ως ποσοστό (%) λαμβάνοντας υπόψιν τους μη νεκρωμένους βλαστούς 90 ημέρες από την εφαρμογή, (2) η βιομάζα των φυτών εκφραζόμενη ως g/m^2 90 ημέρες από την εφαρμογή, (3) ο αριθμός των καρπών ανά τετραγωνικό 90 ημέρες από την εφαρμογή, και (4) οι τιμές NDVI 10 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή. Η χρήση του μηχανήματος για τη λήψη της μέτρησης του NDVI γινόταν πάντα μεσημέρι περίπου στις 12.00 και με ηλιοφάνεια, 50 εκ. πάνω από τη φυτεία. Παράλληλα μετρήθηκε το ποσοστό επιβίωσης 10, 30, 60 και 90 μέρες από την εφαρμογή.

Επίσης μετρήθηκε ο αριθμός των βλαστών το τετραγωνικό που αναδύθηκαν δύο χρόνια μετά τη πρώτη εφαρμογή και πριν την τρίτη εφαρμογή. Η μέτρηση αυτών των βλαστών έγινε κάθε φορά εκεί που είχε εγκατασταθεί το πειραματικό τεμάχιο της προηγούμενης χρονιάς.

2.3.3.6. Στατιστική ανάλυση

Και για τα δύο υπο-πειράματα έγινε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

2.4.1. Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φυσικών και χημικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο

2.4.1.1. Γενικά

Σκοπός αυτών των πειραμάτων ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φυσικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο και συνθετικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών προερχόμενα είτε από εγγενή είτε από αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα. Τα πειράματα διεξάχθηκαν την άνοιξη-καλοκαίρι του 2021 και το 2022. Η υπόθεση εργασίας ήταν ότι τα φυσικά ζιζανιοκτόνα δεν φέρουν ικανοποιητική αποτελεσματικότητα εναντίον του ζιζανίου και ότι τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα είναι τόσο αποτελεσματικά όπου επιτρέπουν τη μείωση των απαιτούμενων δόσεων με ταυτόχρονη διατήρηση του υψηλού ελέγχου των φυτών.

2.4.1.2. Φυτικό υλικό

Για τα συγκεκριμένα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν σπόροι του *S. elaeagnifolium* που είχαν συλλεχθεί από πληθυσμό που βρίσκεται στο Εργ. Γεωργίας το Σεπτέμβριο του 2020. Οι σπόροι, αφού απομακρύνθηκε η κολλώδης ουσία που τους περιβάλλει, πλύθηκαν καλά με απιονισμένο νερό και αφέθηκαν σε συνθήκες δωματίου για να απομακρυνθεί η περιττή υγρασία. Στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν έως την έναρξη του πειράματος. Στα πειράματα του 2022 χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι σπόροι που συγκομίστηκαν δύο χρόνια πριν. Οι έρπουσες ρίζες που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν από τεμαχισμό και κοπή τμημάτων ρίζας του ζιζανίου από τον ίδιο πληθυσμό στο Εργ. Γεωργίας. Μετά τη λήψη, εμβαπτίστηκαν σε νερό για 24 ώρες ώστε να απομακρυνθούν χρώματα και ξένες ύλες, και μετά την ξήρανση τους με φυσικό τρόπο, αποθηκεύτηκαν στο ψυγείο στους 4 °C μέχρι τη αξιοποίησή τους για το πείραμα. Οι ρίζες πάρθηκαν από βάθος 10-50 εκ. και είχαν μήκος από 10 έως 30 εκ.

2.4.1.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Οι σπόροι σπάρθηκαν στα φυτοδοχεία αφού εμβαπτίστηκαν για 10 λεπτά σε υδατικό διάλυμα που περιείχε 10% γιββερελικό οξύ και εκτέθηκαν σε φυσικές συνθήκες ημέρας-νύχτας. Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας ήταν: 18,8/42 °C και 19/77 % αντίστοιχα (μήκος ημέρας: 12-14 ώρες). Αμφότεροι οι σπόροι και οι έρπουσες ρίζες τοποθετήθηκαν περίπου 2 εκ. κάτω από την επιφάνεια του υποστρώματος. Οι έρπουσες ρίζες τοποθετήθηκαν σε βάθος 5 εκ. σε πλαστικά φυτοδοχεία διαμέτρου στεφάνης 24 εκ., διαμέτρου βάσης 21 εκ., ύψους 24 εκ., και όγκου 7 L στις 23/4/2020. Σε κάθε φυτοδοχείο τοποθετήθηκαν 2 έρπουσες ρίζες.

2.4.1.4. Πειραματικό σχέδιο

Πρώτο πείραμα

Το πρώτο πείραμα (φυσικά ζιζανιοκτόνα) ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με 4 επεμβάσεις (3 ζιζανιοκτόνα και ανέκαστος μάρτυρας), επτά δόσεις ψεκάσμου (από X/8 έως 8X, όπου X η συνιστώμενη δόση ψεκάσμου) και τέσσερις επαναλήψεις (φυτοδοχεία) ανά επέμβαση. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 112 κυπελάκια. Τα φυτά ψεκάστηκαν με φυσικά ζιζανιοκτόνα που απεικονίζονται στον Πίνακα 18. Στις επεμβάσεις συμπεριλαμβανόταν και ανέκαστος μάρτυρας. Η εφαρμογή του πελαργονικού οξέος έγινε σε πίεση 2.5 atm, ενώ του pyraflufen και του caraway σε πίεση 3 atm.

Πίνακας 18: Επεμβάσεις και δόσεις φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων

Δραστική ουσία	Τρόπος δράσης	X/8	X/4	X/2	X	2X	4X	8X
Ανέκαστος μάρτυρας								
pyraflufen ethyl	PPO	0.26	0.53	1.05	2.1	4.2	8.4	16.8
πελαργονικό οξύ	-	136	272	544	1088	2176	4352	8704
Caraway (5% στο 1 L)	-	6.25	12.5	25	50	100	200	400

Δεύτερο πείραμα

Το δεύτερο πείραμα (φυσικά και συνθετικά ζιζανιοκτόνα) ακολούθησε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με 5 επεμβάσεις (4 ζιζανιοκτόνα και ανέκαστος μάρτυρας), πέντε δόσεις ψεκάσμου (από X/8 έως 2X, όπου X η συνιστώμενη δόση ψεκάσμου) και τέσσερις επαναλήψεις (φυτοδοχεία) ανά επέμβαση. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 200 φυτοδοχεία ή κύπελλα (100 για τα φυτά που προέρχονταν από σπόρο και 100 που προέρχονται από έρπουσες ρίζες). Το ίδιο ακριβώς πειραματικό σχέδιο εγκαταστάθηκε ξανά την επόμενη χρονιά (2022) με σκοπό τη μείωση του πειραματικού σφάλματος και τη μεγαλύτερη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Τα φυτά ψεκάστηκαν με φυσικά και συνθετικά ζιζανιοκτόνα που απεικονίζονται στον Πίνακα 19. Στις επεμβάσεις συμπεριλαμβανόταν και ανέκαστος μάρτυρας. Η εφαρμογή του glyphosate έγινε σε πίεση <2 atm, του MCPA σε πίεση <2 atm, του πελαργονικού οξέος σε πίεση 2.5 atm, ενώ του pyraflufen σε πίεση 3 atm. Για το glyphosate χρησιμοποιήθηκε το άλας ισοπροπυλαμίνης. Ο ψεκάσμος πραγματοποιήθηκε με χρήση ηλεκτρικής ψεκαστήρας με βάση τα 30 λίτρα ανά στρέμμα. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του ψεκάσμου το 2021 ήταν 35 °C, ενώ η υγρασία ήταν 20%, ενώ το 2022 ήταν 29 °C και η υγρασία 42%.

Πίνακας 19: Επεμβάσεις και δόσεις φυσικών και συνθετικών ζιζανιοκτόνων στο δεύτερο πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων

Δραστική ουσία	Τρόπος δράσης	X/8	X/4	X/2	X	2X
Αψέκαστος μάρτυρας		-				
glyphosate	EPSPS	36.3	72.5	135	270	540
MCPA	Συνθετική αυξίνη	20	40	80	160	320
pyraflufen ethyl	PPO	0.26	0.53	1.05	2.1	4.2
πελαργονικό οξύ	-	136	272	544	1088	2176

2.4.1.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Για το πρώτο πείραμα, πραγματοποιήθηκαν συνολικά πέντε μετρήσεις (2 ημέρες από την εφαρμογή-ΗΑΕ, 7, 14, 21 και 28 ΗΑΕ) για το προσδιορισμό της τιμής του NDVI για κάθε φυτοδοχείο, του QY για ένα συγκεκριμένο φύλλο τεσσάρων φυτών για κάθε δόση κάθε επέμβασης, του ύψους για τα ίδια τέσσερα φυτά, και της θερμοκρασίας του φύλλου για τα ίδια φυτά. Επίσης μετρήθηκε για όλες τις μέρες το ποσοστό επιβίωσης των φυτών μετά το ψεκασμό (ως ο αριθμός των μη χλωρωτικών φυτών σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των φυτών για κάθε δόση και κάθε επέμβαση). Επίσης μετρήθηκαν 28 ΗΑΕ το νωπό και ξηρό βάρος όλων των φυτών από κάθε δόση και για κάθε επέμβαση. Το ξηρό βάρος υπολογίστηκε μετά από την τοποθέτηση των φυτικών δειγμάτων σε ηλεκτρικό φούρνο στους 70 °C για 48 h.

Για το δεύτερο πείραμα, αξιολογήθηκε ο έλεγχος του ζιζανίου ως το ποσοστό των νεκρωμένων φυτών προς το συνολικό αριθμό των φυτών ανά επέμβαση 28 ημέρες μετά την εφαρμογή. Επίσης μετρήθηκαν 15 φυτά για κάθε επέμβαση και δόση ως προς το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος.

2.4.1.6. Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για το δεύτερο πείραμα, έγινε έλεγχος των διαφορών μεταξύ της πρώτης και δεύτερης χρονιάς (επανάληψης) για τις μετρήσεις που αφορούσαν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά των φυτών 28 ημέρες από την εφαρμογή. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US. Για το διάγραμμα της αποτελεσματικότητας, χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R (Rstudio) και συγκεκριμένα το πακέτο drc.

2.4.2. Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση του ζιζανιοκτόνου glyphosate σε φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες στο στάδιο της έναρξης της καρπώδεσης

2.4.2.1. Γενικά

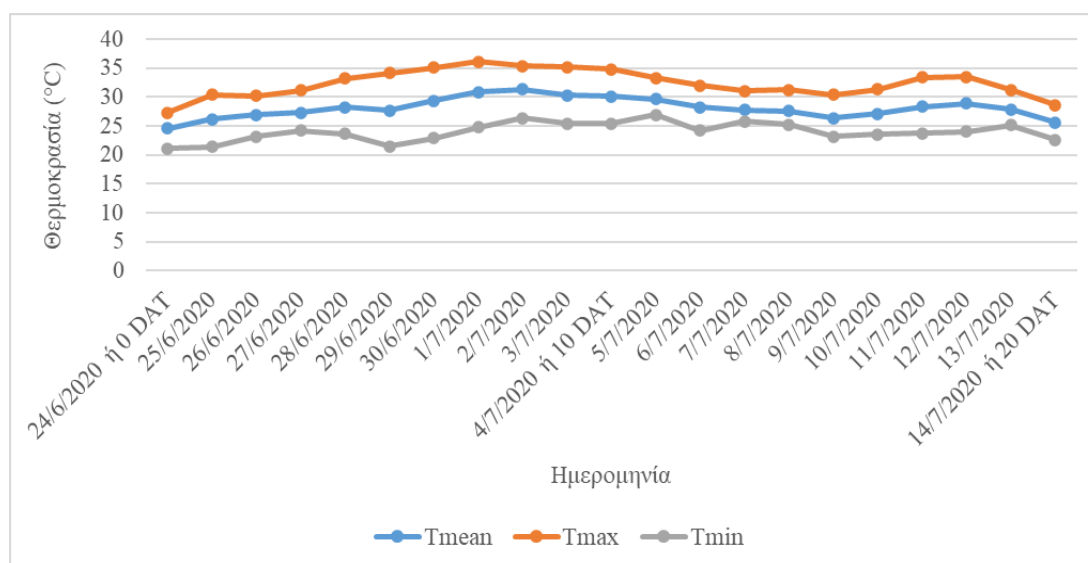
Σκοπός αυτού του πειράματος που πραγματοποιήθηκε στον αγρό του Εργ. Γεωργίας το διάστημα Ιούνιος-Ιούλιος 2020 ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του άλατος ισοπροπυλαμίνης του ζιζανιοκτόνου glyphosate σε φυτά *S. elaeagnifolium* προερχόμενα από έρπουσες ρίζες όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο της έναρξης της καρπώδεσης (τέλος ανθοφορίας), μέσω ενός πειράματος μεταβαλλόμενων δόσεων με σκοπό την μελέτη της ταχύτητας δράσης και νέκρωσης των φυτικών ιστών.

2.4.2.2. Φυτικό υλικό

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος αξιοποιήθηκαν φυτά *S. elaeagnifolium* προερχόμενα από αγνή πολλαπλασιασμό που βρίσκονταν σε διαδρόμους του αγρού του Εργ. Γεωργίας και βρίσκονταν στο στάδιο της έναρξης της καρπώδεσης ή του ανώριμου πράσινου καρπού.

2.4.2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν το διάστημα που διεξήχθη η μελέτη απεικονίζονται στο Γράφημα 2. Το συγκεκριμένο διάστημα δεν υπήρξε βροχόπτωση.



Γράφημα 2: Ανώτατη, μέση και ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος μεταβαλλόμενων δόσεων του ζιζανιοκτόνου glyphosate

2.4.2.4. Πειραματικό σχέδιο

Για το συγκεκριμένο πείραμα οριοθετήθηκαν τρεις διάδρομοι στον αγρό του Εργ. Γεωργίας που απείχαν τουλάχιστον 20 μέτρα μεταξύ τους. Σε κάθε διάδρομο έγινε χορτοκοπή και αφήθηκαν 7 τεμάχια συνολικού εμβαδού 0.33 m² το καθένα. Η μέση πυκνότητα φυτών *S. elaeagnifolium* για κάθε τεμάχιο ήταν περίπου 40 φυτά σε 0.33 m². Τα τεμάχια αφορούσαν το μάρτυρα και 6 επεμβάσεις που περιγράφονται στον

Πίνακα 20 όπου εφαρμόστηκαν μεταβαλλόμενες δόσεις του glyphosate. Κάθε τεμάχια απείχε από το διπλανό του τουλάχιστον δύο μέτρα ώστε να αποφευχθεί η πιθανή μετακίνηση του διασυστηματικού glyphosate. Για το ψεκάσμο χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρική ψεκάστρα Eletra Venus με μπεκ τύπου σκούπας που ήταν ρυθμισμένα να ψεκάζουν στις 2 ατμόσφαιρες, ενώ οι υπολογισμοί έγιναν στα 30 L ψεκαστικού. Το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ήταν άλας ισοπροπυλαμίνης του glyphosate.

Πίνακας 20: Επεμβάσεις και μεταβαλλόμενες δόσεις του glyphosate

Επέμβαση	Δόση (g δ.ο./στρ.)
Μάρτυρας	-
X/32	8.44
X/16	16.88
X/8	33.75
X/4	67.5
X/2	135
X (συνιστώμενη δόση)	270
2X	540

2.4.2.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το NDVI, η βιομάζα των φυτών, και το ποσοστό επιβίωσης που εκφράστηκε ως το ποσοστό των φωτοσυνθετικά ενεργών βλαστών προς το συνολικό αριθμό των φυτών που χωρούσαν εντός ενός πλαστικού quadrat με εμβαδό 0.33 m². Για τη λήψη της τιμής του NDVI, χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Greenseeker® στα 50 εκ. πάνω από τα φυτά, στις 12.00 μ.μ. σε ηλιόλουστες και χωρίς σύννεφα ημέρες. Για να προσδιοριστεί το ξηρό βάρος/βιομάζα των φυτών, κόπηκαν όλοι οι βλαστοί κάθε τεμαχίου στο ύψος του εδάφους, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε ηλεκτρικό φούρνο στους 70 °C για 48 h και έπειτα ζυγίστηκαν. Η μέτρηση του NDVI πραγματοποιήθηκε πριν τον ψεκάσμο, 10 και 20 ημέρες μετά την εφαρμογή και αφορούσε 3 quadrat. Οι μετρήσεις του ποσοστού επιβίωσης και της βιομάζας των φυτών πραγματοποιήθηκαν 20 μέρες μετά την εφαρμογή. Για τη βιομάζα έγινε αναγωγή στο 1 m².

Μετρήθηκε επίσης ο αριθμός των βλαστών που αναδύθηκαν το επόμενο έτος στα σημεία όπου έγιναν οι ψεκασμοί.

2.4.2.6. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα των μετρήσεων 20 μέρες μετά την εφαρμογή ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή, για αυτό έγινε ανάλυση διακύμανσης και χρησιμοποιήθηκε γραμμικό μοντέλο για να περιγραφεί η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του NDVI και της βιομάζας των φυτών. Η ανάλυση διακύμανσης είχε ως εξαρτημένες μεταβλητές τις τιμές του NDVI και τη βιομάζα των φυτών και ως ανεξάρτητη μεταβλητή τη επέμβαση (μάρτυρας + 7 δόσεις glyphosate). Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher's LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP®, Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

2.4.3. Πείραμα αξιολόγησης του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise® για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium*

2.4.3.1. Γενικά

Σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος που πραγματοποιήθηκε σε συμβατικό ελαιώνα στο Βόλο Μαγνησίας τα έτη 2020-2022, ήταν η αξιολόγηση του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise όσον αφορά τις συστάσεις ζιζανιοκτονίας που εξάγει για την ολοκληρωμένη διαχείριση του ζιζανίου εισβολέα *S. elaeagnifolium*.

2.4.3.2. Φυτικό υλικό

Το συγκεκριμένο πείραμα εγκαταστάθηκε στον ίδιο αγρό όπου πραγματοποιήθηκε και το πείραμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης (βλ. προηγούμεως). Ο συγκεκριμένος ελαιώνας παρουσιάζει πολύ υψηλή προσβολή από το ζιζάνιο *S. elaeagnifolium* που αποτελεί το κυρίαρχο είδος κατά τους θερινούς μήνες. Χρησιμοποιήθηκαν οι αυτοφυείς συστάδες του ζιζανίου που προέκυπταν στη συντριπτική τους πλειοψηφία από αγενή πολλαπλασιασμό και όχι από σπόρο. Η μέση πυκνότητα βλαστών ανά τετραγωνικό κατά την έναρξη του πειράματος ήταν 80 βλαστοί. Και τα τρία έτη οι εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν στο στάδιο της ανθοφορίας των φυτών.

2.4.3.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

Τα καλλιεργητικά στοιχεία, τα μετεωρολογικά δεδομένα και οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ίδιες με αυτές του πειράματος της ολοκληρωμένης διαχείρισης (βλ. προηγούμεως).

2.4.3.4. Πειραματικό σχέδιο

Και τα τρία έτη ακολουθήθηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) με 6 επεμβάσεις που περιγράφονται στον Πίνακα 21 να αποτελούν τα πειραματικά τεμάχια, τα οποία επαναλαμβάνονταν τέσσερις φορές (τέσσερις επαναλήψεις) στον αγρό. Οι τέσσερις ομάδες (blocks) άλλαζαν τοποθεσία κάθε χρονιά μέσα στον ίδιο αγρό για την επίτευξη της τυχαιοποίησης. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 4 m². Για την οριοθέτηση των τεμαχίων γινόταν χορτοκοπή ώστε τα τεμάχια να απέχουν 50 εκ. μεταξύ τους και στα πλάγια να υπάρχει τουλάχιστον ένα μέτρο κενό από ζιζάνια. Τα ζιζανιοκτόνα ψεκάστηκαν με χρήση ηλεκτρικών ψεκαστήρων στη πίεση των 2 atm ενώ ο όγκος του ψεκαστικού υγρού το στρέμμα υπολογίστηκε στα 30 λίτρα. Για τον καθορισμό της δόσης της επέμβασης “DSS”, γινόταν καταμέτρηση της πυκνότητας του ζιζανίου με χρήση 10 quadrat 0.33 m². Ο μέσος όρος δηλωνόταν στο σύστημα IPMwise με χρήση κινητού στο σημείο του χωραφιού και την ημέρα της μέτρησης. Επειδή η πυκνότητα άλλαζε από σημείο σε σημείο και χρονιά σε χρονιά, πάντα δηλωνόταν διαφορετικός αριθμός. Ωστόσο, το σύστημα έχει δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο όπου εξάγει τα ίδιες συστάσεις για συγκεκριμένα εύρη πυκνότητας των ζιζανίων. Συγκεκριμένα, θα εξάγει την ίδια σύσταση εάν η πυκνότητα είναι μεταξύ 10-49 φυτών/m² και την ίδια αντίστοιχα, αν η πυκνότητα είναι μεταξύ 50-149 φυτών/m². Λεπτομέρειες παρουσιάζονται παρακάτω στη συζήτηση. Για το συγκεκριμένο πείραμα και την αξιολόγηση του συστήματος, εισάχθηκε η πυκνότητα των 80 φυτών/m² ενώ επιδιωκόταν τουλάχιστον 70% έλεγχος

του ζιζανίου. Με τη χρήση του εργαλείου “Mixture” διαπιστώθηκε ότι για το συγκεκριμένο στόχο αποτελεσματικότητας χρειαζόταν μείγμα του glyphosate με το MCPA (το οποίο είναι και η καλύτερη επέμβαση από το πείραμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης) σε μειωμένες δόσεις. Για την ακρίβεια, μπορούσε να μειωθεί η δόση του glyphosate κατά 120 g δ.ο./στρ. ενώ έπρεπε να διατηρηθεί σταθερή η δόση του MCPA. Αυτή η μείωση, λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι ενδεδειγμένες συγκεντρώσεις για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium* είναι 270 g δ.ο./στρ. για το glyphosate και 160 g δ.ο./στρ. για το MCPA, οδηγούν σε μία μείωση της τάξης του 28% στη συνολική ποσότητα του ζιζανιοκτόνου.

Πίνακας 21: Επεμβάσεις και δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στο πείραμα αξιολόγησης του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise για τη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα

Επέμβαση	HRAC	Δόση δραστικής ουσίας (g δ.ο./στρ.)
Μάρτυρας	-	-
pyraflufen	E	2.1
glyphosate	G	270
MCPA	O	120
glyphosate + MCPA	G+O	270 + 120
DSS (glyphosate + MCPA)	G+O	150 + 120

2.4.3.5. Παρατηρήσεις-προσδιορισμοί

Οι παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και στα τρία χρόνια ήταν: (1) η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων (ή efficacy) ως ποσοστό (%) λαμβάνοντας υπόψιν τους μη νεκρωμένους βλαστούς 90 ημέρες από την εφαρμογή, (2) η βιομάζα των φυτών εκφραζόμενη ως g/m² 90 ημέρες από την εφαρμογή, και (3) ο αριθμός των καρπών ανά τετραγωνικό 90 ημέρες από την εφαρμογή. Η χρήση του μηχανήματος για τη λήψη της μέτρησης του NDVI γινόταν πάντα μεσημέρι περίπου στις 12.00 και με ηλιοφάνεια, 50 εκ. πάνω από τη φυτεία. Παράλληλα μετρήθηκε το ποσοστό επιβίωσης 10, 30, 60 και 90 μέρες από την εφαρμογή.

2.4.3.6. Στατιστική ανάλυση

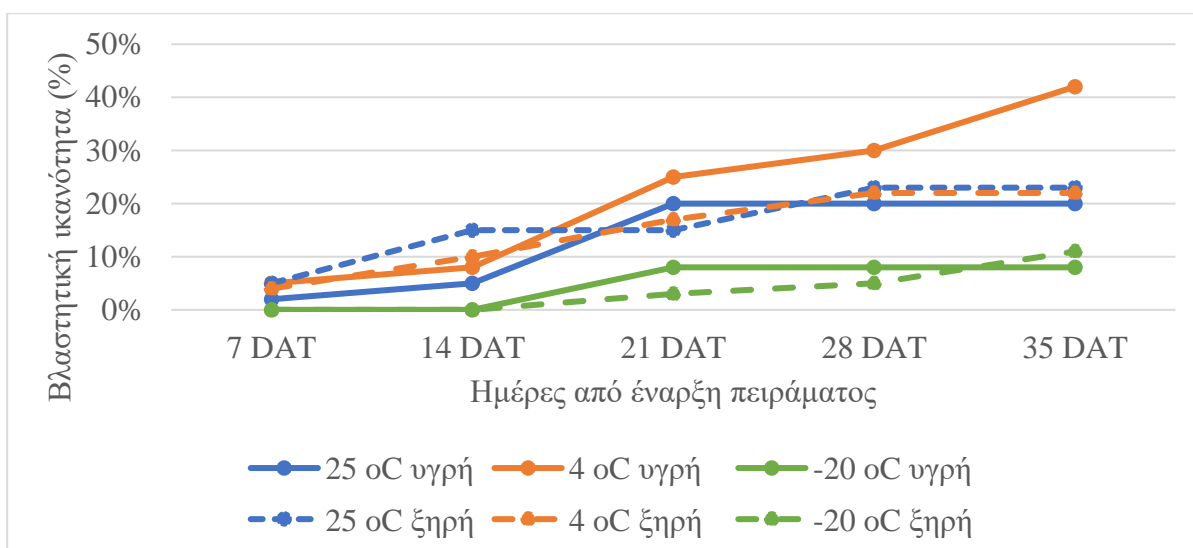
Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ANOVA για να αξιολογηθούν εάν οι διαφορές των μέσων μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων ήταν στατιστικώς σημαντικές. Για τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων χρησιμοποιήθηκε ο Fisher’s LSD σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP[®], Version Pro14, SAS Institute Inc., US.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

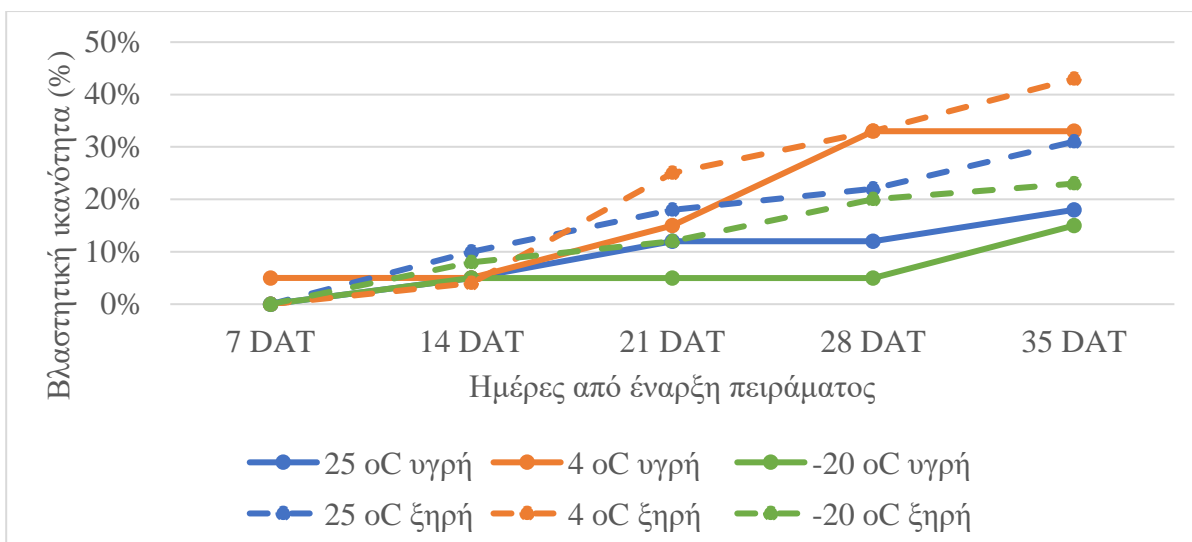
3.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ-ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ

3.1.1. Πείραμα επίδρασης της θερμοκρασίας στη διακοπή του ληθάργου και στο φύτευμα των σπόρων

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος έδειξαν ότι οι σπόροι από καρπούς ενός έτους έχουν μεγαλύτερη βλαστητική ικανότητα πέντε εβδομάδες μετά την έκθεση τους σε υγρασία και εναλλασσόμενες θερμοκρασίες ημέρας και νύχτας (25/15 °C) (Γράφημα 3 και 4). Η παρατήρηση του ρυθμού φυτρώματος έδειξε ότι για τους σπόρους και των δύο τύπων καρπών (ενός και δύο ετών) η μεγαλύτερη αύξηση του φυτρώματος παρατηρείται μετά τη 3^η εβδομάδα από την έναρξη του πειράματος. Η μεγαλύτερη βλαστητική ικανότητα εμφανίζεται στους σπόρους όπου τοποθετήθηκαν στους 4 °C για μία εβδομάδα πριν την έναρξη του πειράματος, κάτι που βοήθησε τη διακοπή του ληθάργου. Συνολικά, η βλαστητική ικανότητα δεν ξεπέρασε το 45% για καμία επέμβαση, κάτι το οποίο συνάδει με τη διεθνή βιβλιογραφία όπου αναφέρονται μικρά ποσοστά φυτρώματος των σπόρων του ζιζανίου.



Γράφημα 3: Ρυθμός φυτρώματος και βλαστητική ικανότητα (%) σπόρων *Solanum elaeagnifolium* από καρπούς 2 ετών έως και 35 ημέρες μετά την εφαρμογή νερού. Οι επεμβάσεις αφορούν τη ξηρή ή υγρή επέμβαση των σπόρων και την έκθεση τους στους 25 °C, 4 °C, ή -20 °C μία εβδομάδα πριν την έναρξη του πειράματος



Γράφημα 4: Ρυθμός φυτρώματος και βλαστική ικανότητα (%) σπόρων *Solanum elaeagnifolium* από καρπούς 1 έτους έως και 35 ημέρες μετά την εφαρμογή νερού. Οι επεμβάσεις αφορούν τη ξηρή ή υγρή επέμβαση των σπόρων και την έκθεσή τους στους 25 °C, 4 °C, ή -20 °C μία εβδομάδα πριν την έναρξη του πειράματος

Η ανάλυση διακύμανσης πολλαπλών παραγόντων έδειξε ότι ο παράγοντας της ωριμότητας του καρπού (σπόροι της ίδιας χρονιάς και της προηγούμενης χρονιάς), η θερμοκρασία προεπέμβασης και ο συνδυασμός της ωριμότητας του καρπού με τη επέμβαση (ξηρή ή υγρή προεπέμβαση) είχαν στατιστικώς σημαντικές επιδράσεις στο καθορισμό της βλαστικής ικανότητας των σπόρων (Πίνακας 22).

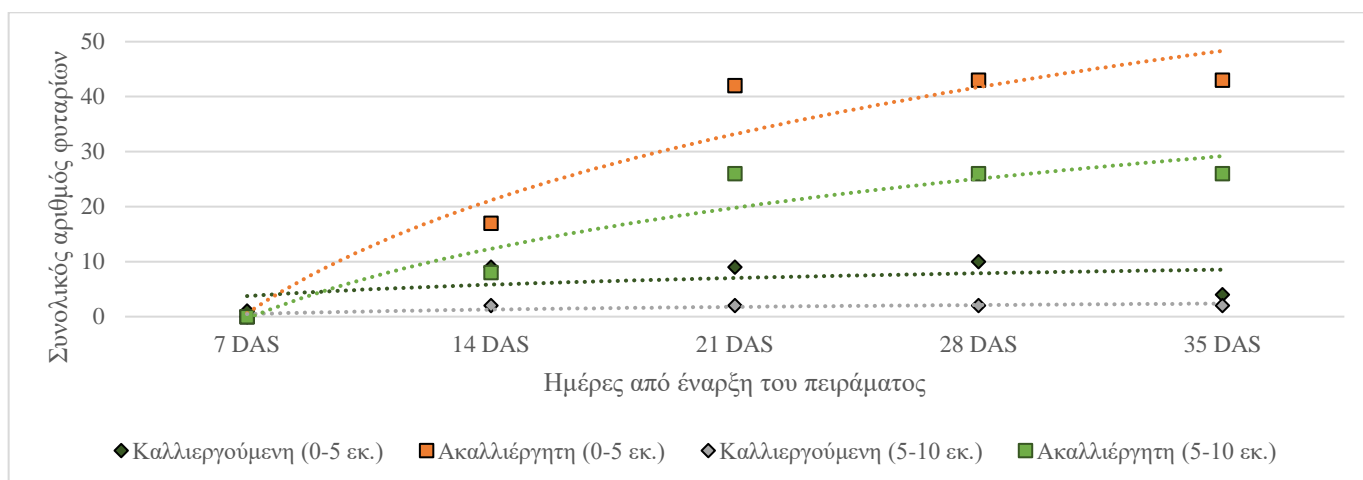
Πίνακας 22: Πολλαπλή ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση της ωριμότητας του καρπού, της επέμβασης και της θερμοκρασίας προεπέμβασης των σπόρων *Solanum elaeagnifolium*

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
Καρπός (K)	1	0,04563333	0,04563333	7,648	0,0089
Επέμβαση (M)	1	0,00963333	0,00963333	1,6145	0,212
Θερμοκρασία προεπέμβασης (Θ)	2	0,34726667	0,17363333	29,1006	<,0001
K*M	1	0,0675	0,0675	11,3128	0,0018
K*Θ	2	0,00846667	0,00423333	0,7095	0,4986
M*Θ	2	0,03806667	0,01903333	3,1899	0,053
K*M*Θ	2	0,035	0,0175	2,933	0,0661
Μοντέλο	11	0,55156667	0,050142	8,4038	
Σφάλμα	36	0,2148	0,005967		
Σύνολο	47	0,76636667			

3.1.2. Πείραμα αξιολόγησης της τράπεζας σπόρων του εδάφους σε ακαλλιέργητη και καλλιεργούμενη έκταση

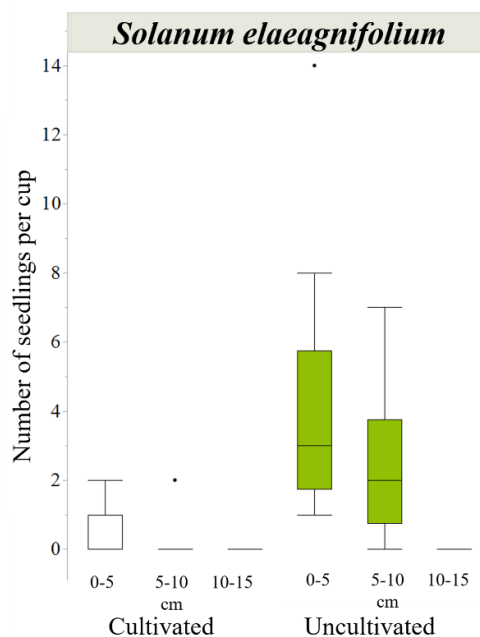
Παρατηρήθηκε ότι η τράπεζα σπόρων του *S. elaeagnifolium* από την ακαλλιέργητη έκταση ήταν υψηλότερη σε σχέση με αυτήν της καλλιεργούμενης έκτασης για βάθος έως και 10 εκ (Εικόνα 30). Ο συνολικός αριθμός των φυταρίων υποδεικνύει ότι τρεις εβδομάδες μετά την έναρξη του πειράματος είχε εξαντληθεί το σύνολο του δυναμικού της τράπεζας σπόρων του ζιζανίου από την ακαλλιέργητη έκταση και για τα δύο βάθη,

καθώς τότε παρατηρήθηκε ο μέγιστος αριθμός φυταρίων (Γράφημα 5). Λογαριθμώντας τη γραμμική τάση των δεδομένων, σημειώθηκε ότι για την ακαλλιέργητη έκταση σε βάθος 0-5 εκ. το R^2 ισούταν με 0.9188, ενώ για το βάθος 5-10 εκ. ισούταν με 0.882.



Γράφημα 5: Συνολικός αριθμός φυταρίων *Solanum elaeagnifolium* έως και πέντε εβδομάδες από την έναρξη του πειράματος

Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται ο μέσος αριθμός φυταρίων ανά κυπελάκι που προέρχεται από τη τράπεζα σπόρων της ακαλλιέργητης έκτασης (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Αριθμός φυτών *Solanum elaeagnifolium* από καλλιεργούμενη και ακαλλιέργητη έκταση και βάθη 0-5 εκ., 5-10 εκ., και 10-15 εκ.

3.1.3. Πείραμα επίδρασης του βάθους και του μήκους των έρπουσων ριζών στο δυναμικό αναπαραγωγής

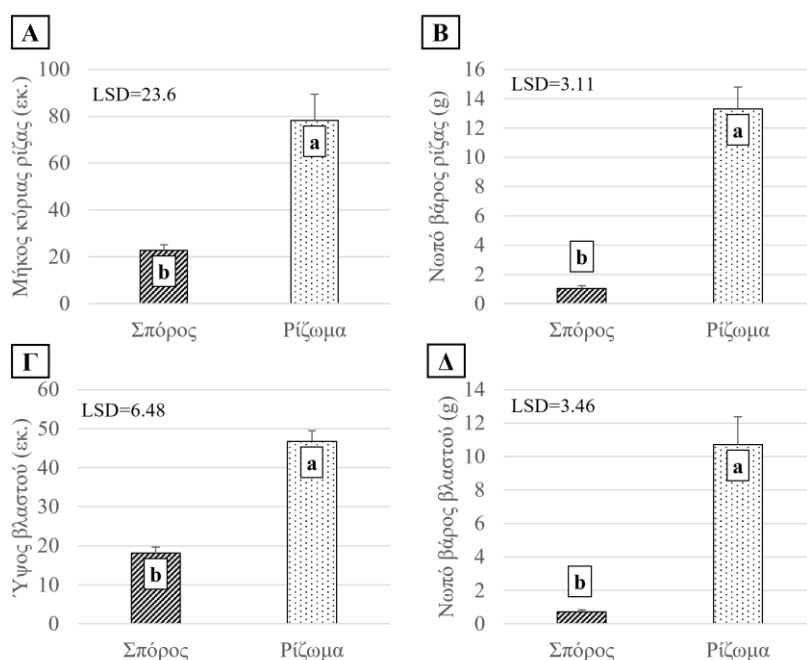
Η ανάλυση διακύμανσης των διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε για το μήκος των έρπουσων ριζών ούτε για το βάθος των έρπουσων ριζών ως προς τον αριθμό των βλαστών που παρατηρήθηκαν 60 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος (Πίνακας 23).

Πίνακας 23: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του μήκους και του βάθους των έρπουσων ριζών στον αριθμό των βλαστών *Solanum elaeagnifolium* 60 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
<i>Μήκος έρπουσων ριζών</i>					
Μήκος έρπουσων ριζών	3	2	0.666667	2.222	0.1251
Σφάλμα	16	4.8	0.3		
Σύνολο	19	6.8			
<i>Βάθος τοποθέτησης έρπουσων ριζών</i>					
Μήκος έρπουσων ριζών	2	0.9333	0.46667	2.8	0.1005
Σφάλμα	12	2	0.16667		
Σύνολο	14	2.9333			

3.1.4. Πείραμα διαφορών στη βλαστητική ανάπτυξη φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο

Οι μετρήσεις 180 ημέρες από την έναρξη του πειράματος έδειξαν ότι τα φυτά που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες διέφεραν στατιστικώς σημαντικά ($P_{\text{value}} < 0.0001$) από τα φυτά που προέρχονταν από σπόρο και για τις τέσσερις μεταβλητές του μήκους και νωπού βάρους της ρίζας, και του ύψους και νωπού βάρους του βλαστού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 28 και στον Πίνακα 24 της ανάλυσης διακύμανσης.



Εικόνα 28: Σύγκριση των μέσω όρων των τιμών του μήκους της ρίζας (Α), του νωπού βάρους της ρίζας (Β), του ύψους του βλαστού (Γ) και του νωπού βάρους του βλαστού (Δ) για φυτά προερχόμενα από σπόρο και από έρπουσες ρίζες

Πίνακας 24: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του τρόπου πολλαπλασιασμού (αγενής-εγγενής) στο καθορισμό των τιμών των μεταβλητών του μήκους και νωπού βάρους ρίζας, και ύψους και νωπού βάρους βλαστού

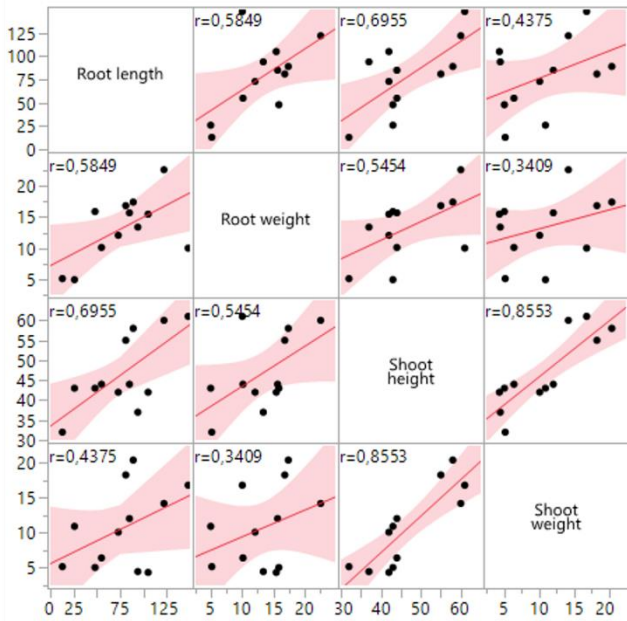
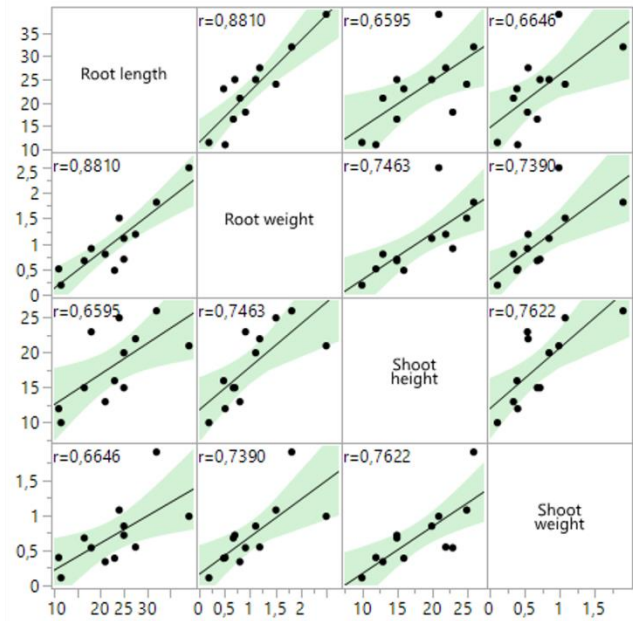
Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
<i>Μήκος ρίζας</i>					
Τρόπος πολλαπλασιασμού	1	18453.76	18453.8	23.75	<0.0001
Σφάλμα	22	17095.48	777.1		
Σύνολο	23	35549.24			
<i>Νωπό βάρος ρίζας</i>					
Τρόπος πολλαπλασιασμού	1	902.95	902.95	66.59	<0.0001
Σφάλμα	22	298.28	13.56		
Σύνολο	23	1201.23			
<i>Υψος βλαστού</i>					
Τρόπος πολλαπλασιασμού	1	4902.04	4902.04	83.74	<0.0001
Σφάλμα	22	1287.92	58.54		
Σύνολο	23	6189.96			
<i>Νωπό βάρος βλαστού</i>					
Τρόπος πολλαπλασιασμού	1	600.6	600.6	36.03	<0.0001
Σφάλμα	22	366.73	16.67		
Σύνολο	23	967.33			

Όπως είναι εμφανές από τον Πίνακα 25 και την Εικόνα 29, οι γραμμικές συσχετίσεις που υπολογίστηκαν για τις σχέσεις των διαφορετικών μεταβλητών ήταν στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για όλα τα πιθανά ζεύγη για τα φυτά που προέκυψαν από εγγενή πολλαπλασιασμό. Η πιο ισχυρή θετική συσχέτιση ($r=0.88$) εμφανίστηκε μεταξύ του νωπού βάρους και του μήκους της ρίζας, όπου το μοντέλο εξηγεί το 77.6% της διακύμανσης των τιμών του νωπού βάρους της ρίζας. Ωστόσο, όσον αφορά τις συσχετίσεις για τις μεταβλητές για τα φυτά που προέρχονταν από αγενή

πολλαπλασιασμό, εκείνες παρουσίασαν λιγότερο ισχυρές θετικές συσχετίσεις. Η πιο ισχυρή θετική συσχέτιση σε αυτά τα φυτά εμφανίστηκε μεταξύ του νωπού βάρους και του ύψους του βλαστού ($r=0,86$).

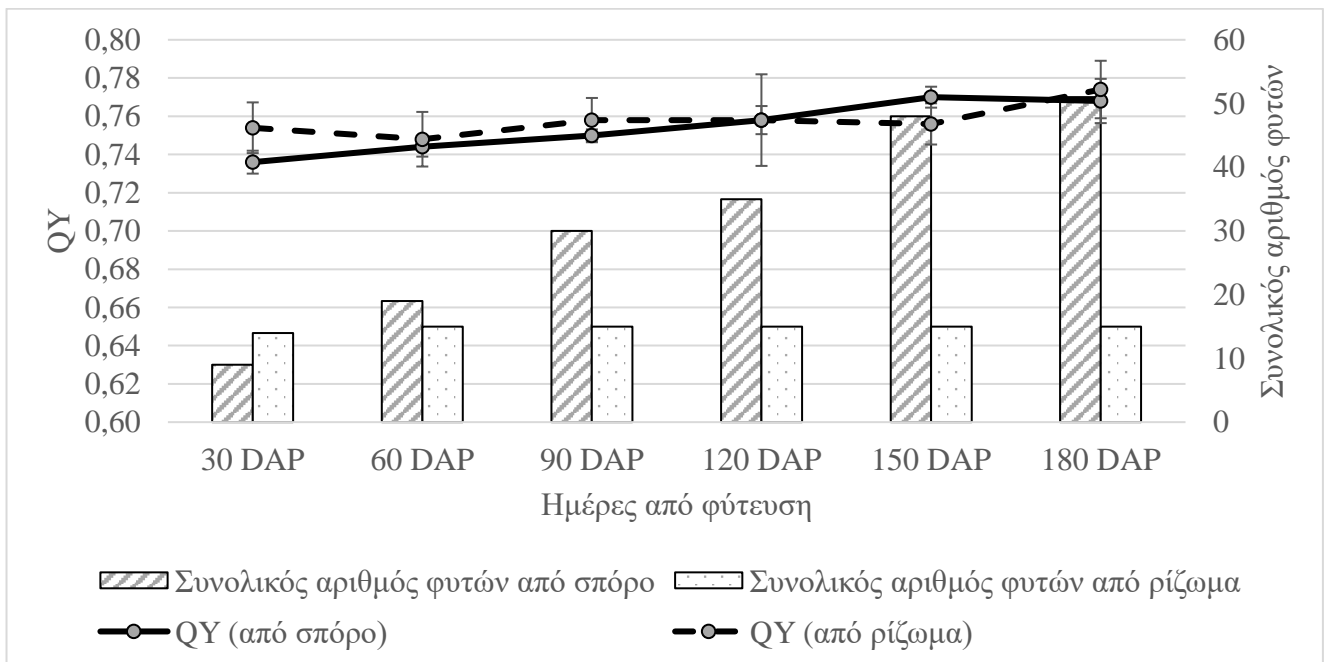
Πίνακας 25: Πολλαπλές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του νωπού βάρους της ρίζας, του μήκους της ρίζας, του νωπού βάρους του βλαστού και του ύψους του βλαστού από φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και σπόρο

Μεταβλητή	από Μεταβλητή	Correlation coefficient	R ²	Correlation Probability
<i>Έρπουσες ρίζες</i>				
Νωπό βάρος ρίζας	Μήκος ρίζας	0,5849	0,342	0,0458
Ύψος βλαστού	Μήκος ρίζας	0,6955	0,4838	0,012
Ύψος βλαστού	Νωπό βάρος ρίζας	0,5454	0,2975	0,0666
Νωπό βάρος βλαστού	Μήκος ρίζας	0,4375	0,1914	0,1549
Νωπό βάρος βλαστού	Νωπό βάρος ρίζας	0,3409	0,1162	0,2782
Νωπό βάρος βλαστού	Ύψος βλαστού	0,8553	0,7315	0,0004
<i>Σπόρος</i>				
Νωπό βάρος ρίζας	Μήκος ρίζας	0,881	0,7762	0,0002
Ύψος βλαστού	Μήκος ρίζας	0,6595	0,4349	0,0196
Ύψος βλαστού	Νωπό βάρος ρίζας	0,7463	0,557	0,0053
Νωπό βάρος βλαστού	Μήκος ρίζας	0,6646	0,4417	0,0184
Νωπό βάρος βλαστού	Νωπό βάρος ρίζας	0,739	0,546	0,006
Νωπό βάρος βλαστού	Ύψος βλαστού	0,7622	0,581	0,004

A**B**

Εικόνα 29: Συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του μήκους της ρίζας (root length), του νωπού βάρους της ρίζας (root weight), του ύψους του βλαστού (shoot height) και του νωπού βάρους του βλαστού (shoot weight) φυτών που προέρχονται από έρπουσες ρίζες (A) και σπόρο (B)

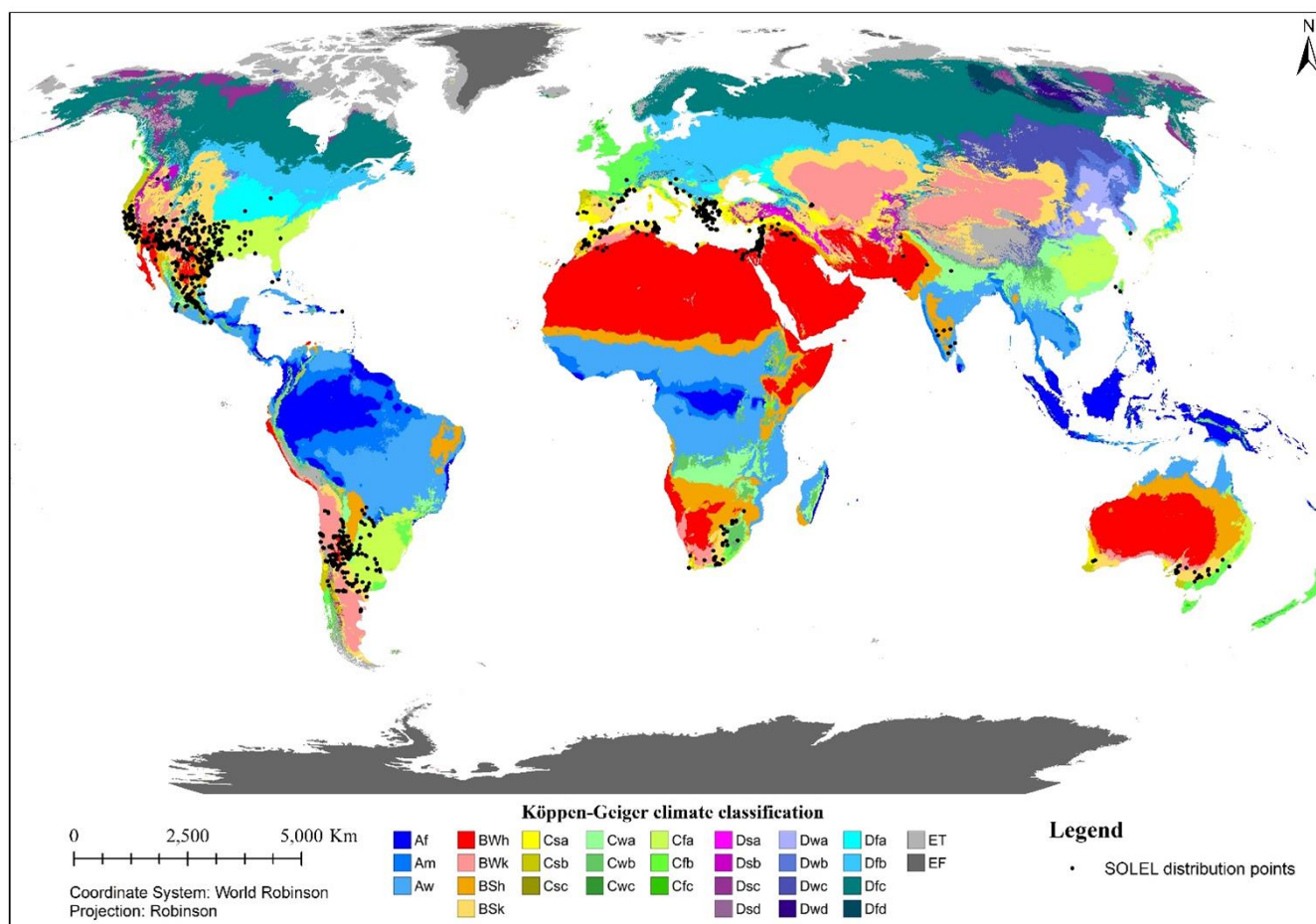
Η μέτρηση του QY από συγκεκριμένα φύλλα των φυτών που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες και σπόρους έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικές σημαντικές διαφορές σε καμία από τις μετρήσεις ($P_{value} > 0.05$) (Γράφημα 6). Όσον αφορά τον συνολικό αριθμό των φυτών και στα 5 φυτοδοχεία, προέκυψε μία μεγάλη διαφορά καθώς οι σπόροι συνέχισαν να βλαστάνουν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ακόμα και μέσα στο καλοκαίρι τον Αύγουστο. Σε αντίθεση, όλες οι έρπουσες ρίζες έδωσαν βλαστήσεις μόλις ένα μήνα μετά την έναρξη του πειράματος την άνοιξη.



Γράφημα 6: Φωτοσυνθετική ικανότητα (Quantum Yield) και συνολικός αριθμός φυτών από αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμό

3.1.5. Ανάλυση διασποράς και οικολογικής προσαρμοστικότητας

Η καταγραφή των τοποθεσιών και χωρών όπου έχει εισβάλλει το *S. elaeagnifolium* έδειξε ότι το ζιζάνιο μπορεί να θεωρηθεί ένα κοσμοπολίτικο είδος πλέον καθώς έχει εισβάλει σε πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα, επιδεικνύοντας ακόμα μια φορά την υψηλή του οικολογική προσαρμοστικότητα (Εικόνα 30).



Εικόνα 30: Παγκόσμια καταγραφή της παρουσίας του *Solanum elaeagnifolium* με βάση την κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και των βάσεων δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα να συσχετιστούν οι καταγραφές του *Solanum elaeagnifolium* με το κλίμα. Στο Πίνακα 26 φαίνονται οι κλιματικοί τύποι στους οποίους έχει βρεθεί το φυτό με βάση τη κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger. Στο Γράφημα 7 απεικονίζεται το σύνολο των καταγραφών για κάθε κλιματικό τύπο.

Πίνακας 26: Κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger όπου υπάρχουν καταγραφές του *Solanum elaeagnifolium*

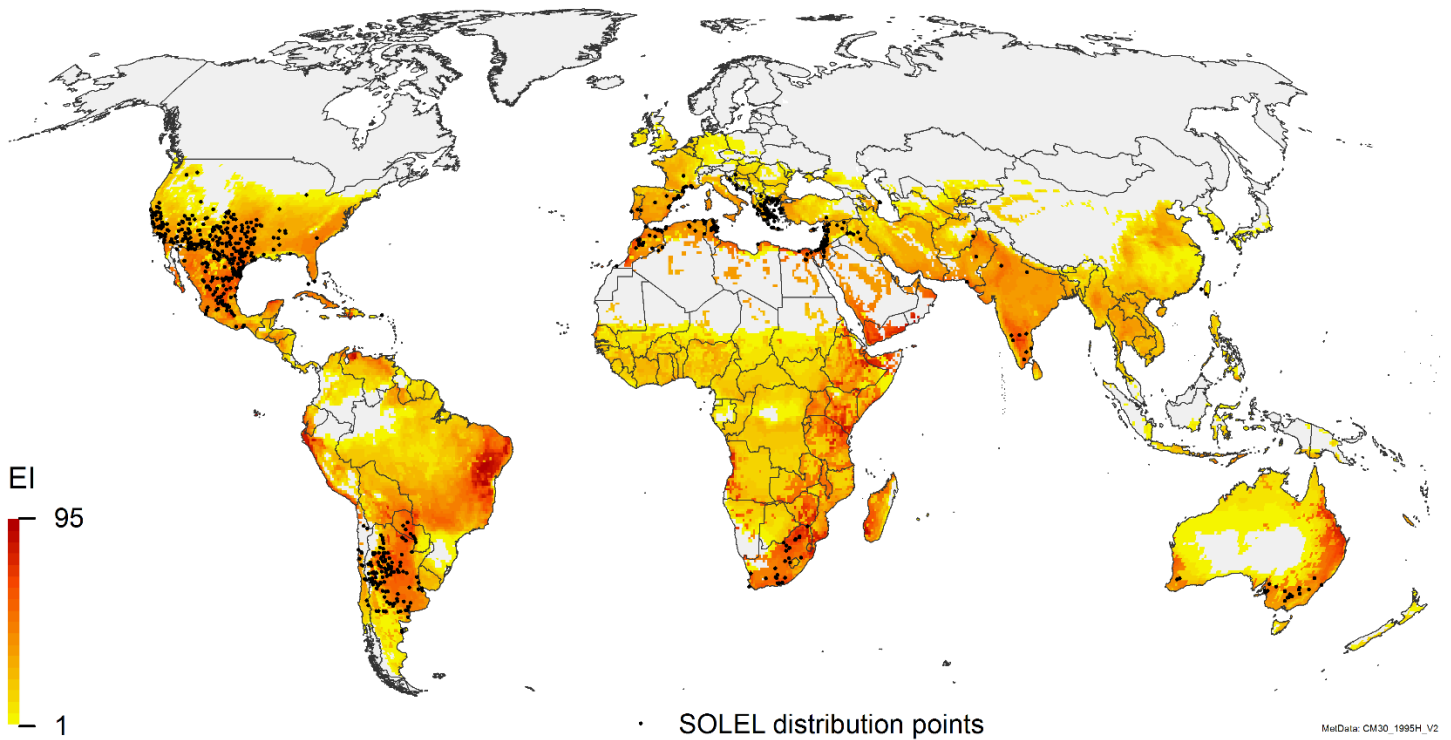
Αριθμός	Κλίμα	
2	Am Tropical, monsoon	[0 120 255]
3	Aw Tropical, savannah	[70 170 250]
4	BWh Arid, desert, hot	[255 0 0]
5	BWk Arid, desert, cold	[255 150 150]
6	BSh Arid, steppe, hot	[245 165 0]
7	BSk Arid, steppe, cold	[255 220 100]
8	Csa Temperate, dry summer, hot summer	[255 255 0]
9	Csb Temperate, dry summer, warm summer	[200 200 0]
11	Cwa Temperate, dry winter, hot summer	[150 255 150]
12	Cwb Temperate, dry winter, warm summer	[100 200 100]
14	Cfa Temperate, no dry season, hot summer	[200 255 80]
15	Cfb Temperate, no dry season, warm summer	[100 255 80]
19	Dsc Cold, dry summer, cold summer	[150 50 150]
25	Dfa Cold, no dry season, hot summer	[0 255 255]



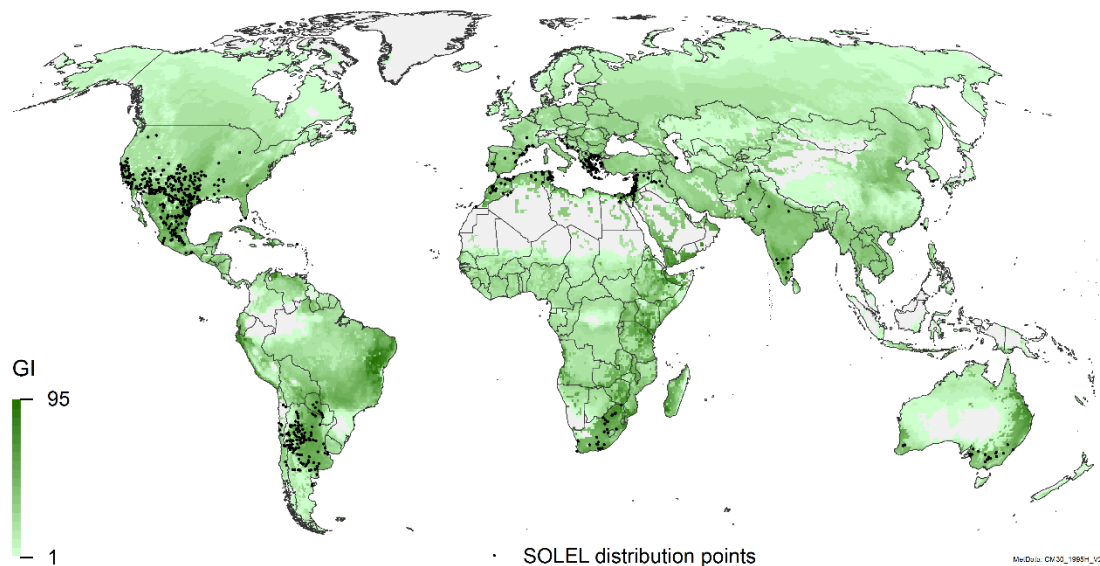
Γράφημα 7: Ταξινόμηση των καταγραφών του *Solanum elaeagnifolium* σε παγκόσμια κλίμακα με βάση τη κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διατριβής σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Coimbra στη Πορτογαλία και τον οργανισμό CSIRO στην Αυστραλία, έδειξε ότι είναι πολύ πιθανό το ζιζάνιο να μπορεί να προσαρμοστεί σε ακόμα περισσότερες περιοχές όπου δεν έχει ακόμα εισβάλλει, ενώ παραμένει πολύ υψηλή η πιθανότητα εγκλιματισμού του σε οικοτόπους που βρίσκονται στις ΗΠΑ, στην Αργεντινή, στην Αυστραλία, στη Νότια Αφρική και στη λεκάνη της Μεσογείου (Εικόνα 31). Αυτή η καταγραφή επιτρέπει τη χάραξη κοινών πολιτικών και την εφαρμογή κοινών ενεργειών μεταξύ διαφορετικών κρατών για το περιορισμό της εξάπλωσης του ζιζανίου ή και συντονισμένες ενέργειες για τη διαχείριση του με βάση

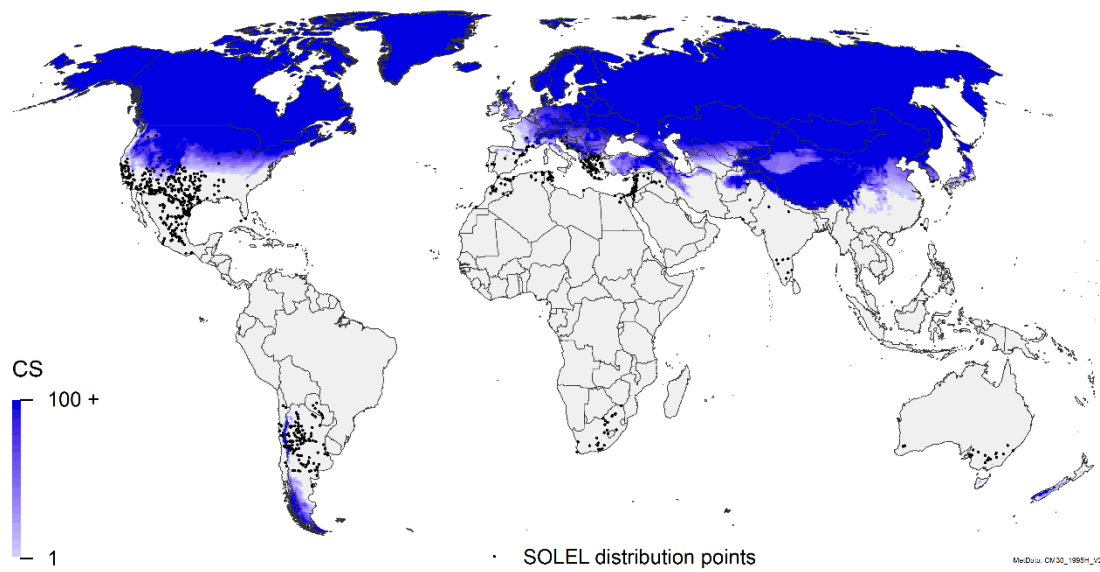
τον έλεγχο της φυλογενετικής ταυτότητας των βιοτύπων κάθε χώρας. Οι Εικόνες 32-36 απεικονίζουν σε παγκόσμιο επίπεδο διάφορους δείκτες προσαρμογής του ζιζανιού και απόκρισης σε αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης.



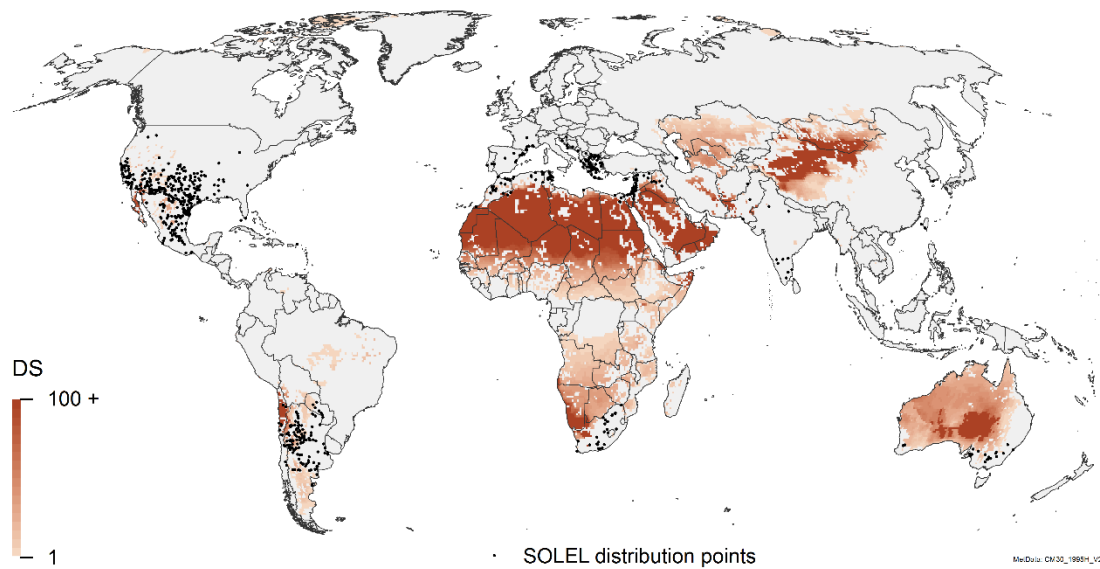
Εικόνα 31: Μοντέλο πρόβλεψης της οικολογικής προσαρμογής (habitat suitability) του *Solanum elaeagnifolium* (αναθεωρημένο από Kriticos et al., 2010). Η κλιματική καταλληλότητα (οικοκλιματικός δείκτης CLIMEX (EI)) χαρτογραφείται ως σύνθετο στοιχείο της φυσικής βροχόπτωσης και της άρδευσης



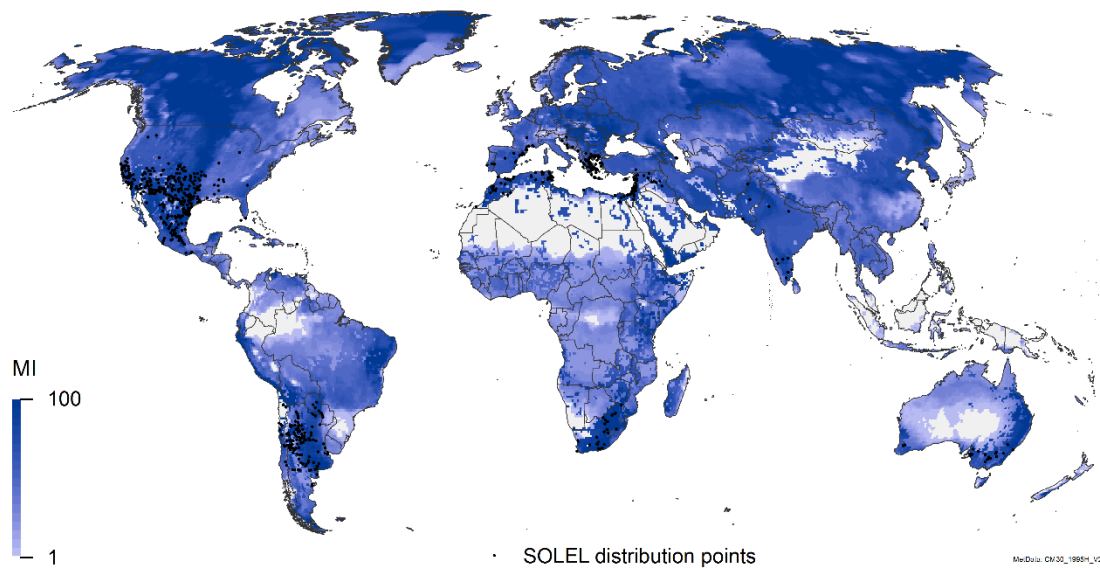
Εικόνα 32: Ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης [Annual Growth Index (GIA)] για το *Solanum elaeagnifolium* με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2



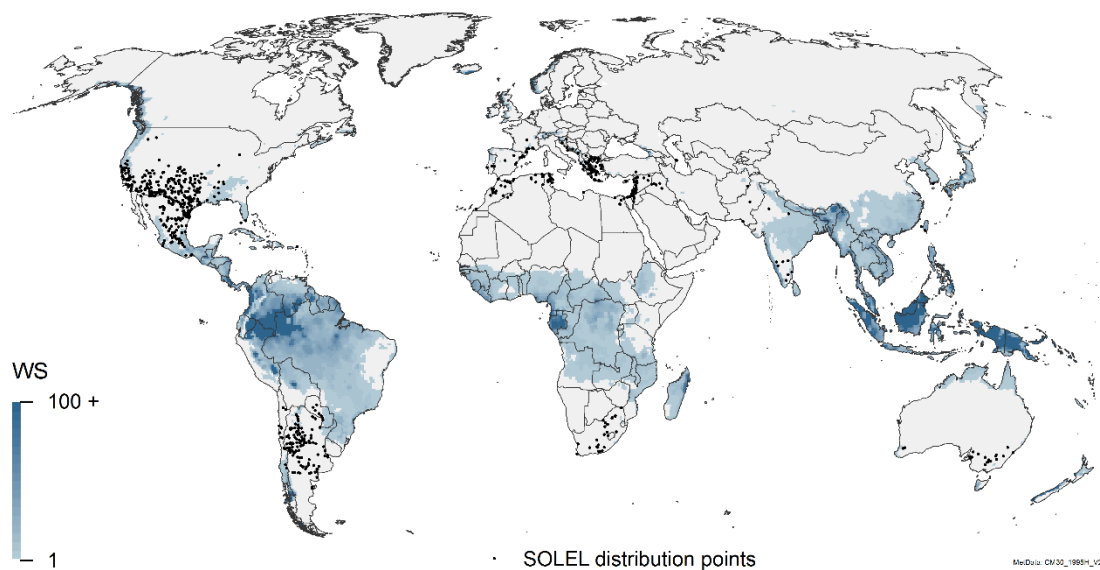
Εικόνα 33: Καταπόνηση κρύου [Cold Stress (CS)] για το *Solanum elaeagnifolium* με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2



Εικόνα 34: Καταπόνηση ξηρασίας [Dry Stress (DS)] για το *Solanum elaeagnifolium* με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2



Εικόνα 35: Δείκτης υγρασίας [Moisture Index (MI)] για το *Solanum elaeagnifolium* με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2



Εικόνα 36: Καταπόνηση υγρασίας [Wet Stress (WS)] για το *Solanum elaeagnifolium* με βάση το μοντέλο CLIMEX. Μετεωρολογικά δεδομένα από CliMond 1995H, Version 2

3.2. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ *SOLANUM ELAEAGNIFOLIUM* ΜΕ ΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΟΓΙΑΣ

Solanum elaeagnifolium

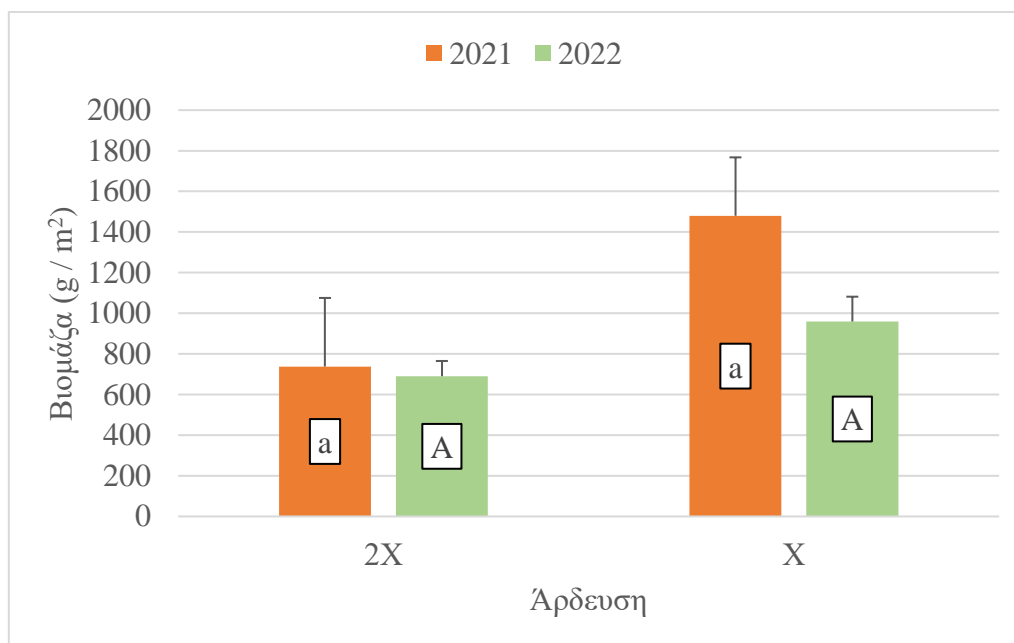
Η ανάλυση διακύμανσης των δύο εξεταζόμενων παραγόντων, της άρδευσης και του έτους πειραματισμού, για το καθορισμό των τιμών διάφορων αγρονομικών χαρακτηριστικών του *S. elaeagnifolium* έδειξε ότι παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταβλητών (Πίνακας 27). Συγκεκριμένα, η άρδευση (χαμηλή 153 mm και υψηλή 306 mm) έδειξε να έχει σημαντική επίδραση στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους ανά βλαστό του ζιζανίου. Αντίθετα, το ύψος των φυτών έδειξε να μην επηρεάζεται σημαντικά από την άρδευση, αλλά υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο καλλιεργητικών περιόδων. Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό επηρεάστηκε σημαντικά και από την άρδευση και από το έτος πειραματισμού, αλλά όχι από τον συνδυασμό τους. Το ίδιο πόρισμα εξάχθηκε και για τα αγκάθια που εμφανίζονται σε συγκεκριμένο σημείο του βλαστού των φυτών. Το βάρος του καρπού ήταν αυτό που επηρεάστηκε περισσότερο από τους παράγοντες. Η βιομάζα των φυτών δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το έτος πειραματισμού και την άρδευση παρόλο που υπήρχαν οριακά σημαντικές διαφορές για τη τελευταία παράμετρο. Τέλος, εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ετών πειραματισμού και των δύο επιπέδων της άρδευσης όσον αφορά τις τιμές της πυκνότητας του ζιζανίου και του αριθμού των καρπών.

Πίνακας 27: Ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (άρδευσης και έτος πειραματισμού) και του συνδυασμού τους για την ανάλυση της επίδρασης τους στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους ανά βλαστό *Solanum elaeagnifolium*, του ύψους, του αριθμού καρπών ανά φυτό, των αγκαθιών, του βάρους καρπού, της βιομάζας, της πυκνότητας και του αριθμού καρπών ανά τετραγωνικό

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
Νωπό βάρος ανά βλαστό					
Έτος πειραματισμού (E)	1	1810,3239	1810,324	1,5739	0,2135
Άρδευση (A)	1	5346,777	5346,777	4,6486	0,0342
E*A	1	281,175	281,175	0,2445	0,6224
Μοντέλο	3	7438,276	2479,43	2,1557	
Σφάλμα	76	87413,613	1150,18		
Σύνολο	79	94851,889			
Ύψος φυτού					
Έτος πειραματισμού (E)	1	26064,2	26064,2	53,5672	<,0001
Άρδευση (A)	1	510,05	510,05	1,0483	0,3092
E*A	1	781,25	781,25	1,6056	0,209
Μοντέλο	3	27355,5	9118,5	18,7404	
Σφάλμα	76	36979,3	486,57		
Σύνολο	79	64334,8			
Αριθμός καρπών ανά φυτό					
Έτος πειραματισμού (E)	1	2431,0125	2431,012	15,2673	0,0002
Άρδευση (A)	1	1087,8125	1087,812	6,8317	0,0108
E*A	1	17,1125	17,113	0,1075	0,7439
Μοντέλο	3	3535,937	1178,65	7,4022	
Σφάλμα	76	12101,45	159,23		

Σύνολο	79	15637,388			
Αγκάθια					
Έτος πειραματισμού (E)	1	234,6125	234,6125	6,0536	0,0161
Άρδευση (A)	1	348,6125	348,6125	8,9951	0,0037
E*A	1	52,8125	52,8125	1,3627	0,2467
Μοντέλο	3	636,0375	212,012	5,4705	
Σφάλμα	76	2945,45	38,756		
Σύνολο	79	3581,4875			
Βάρος καρπού					
Έτος πειραματισμού (E)	1	2,42208	2,42208	33,8035	<,0001
Άρδευση (A)	1	5,02002	5,02002	70,0614	<,0001
E*A	1	0,502445	0,502445	7,0123	0,0098
Μοντέλο	3	7,944545	2,64818	36,9591	
Σφάλμα	76	5,44553	0,07165		
Σύνολο	79	13,390075			
Βιομάζα					
Έτος πειραματισμού (E)	1	322908,1	322908	1,4872	0,2461
Άρδευση (A)	1	1022626,6	1022627	4,7099	0,0508
E*A	1	223492,6	223493	1,0293	0,3303
Μοντέλο	3	1569027,2	523009	2,4088	
Σφάλμα	12	2605487,8	217124		
Σύνολο	15	4174514,9			
Ποκνότητα					
Έτος πειραματισμού (E)	1	1785,0625	1785,063	9,8588	0,0085
Άρδευση (A)	1	1620,0625	1620,063	8,9475	0,0112
E*A	1	5,0625	5,063	0,028	0,87
Μοντέλο	3	3410,1875	1136,73	6,2781	
Σφάλμα	12	2172,75	181,06		
Σύνολο	15	5582,9375			
Αριθμός καρπών (αριθμός/m²)					
Έτος πειραματισμού (E)	1	2466470,3	2466470	20,0811	0,0008
Άρδευση (A)	1	1725282,3	1725282	14,0466	0,0028
E*A	1	241572,3	241572	1,9668	0,1861
Μοντέλο	3	4433324,8	1477775	12,0315	
Σφάλμα	12	1473903	122825		
Σύνολο	15	5907227,8			

Η βιομάζα των φυτών *S. elaeagnifolium* δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά για κανένα από τα δύο έτη πειραματισμού (2021/LSD=1084.8; 2022/LSD=351; Γράφημα 8; Πίνακας 28). Ωστόσο, είναι εμφανές ότι εκεί όπου τα φυτά δέχθηκαν λιγότερο νερό άρδευσης συσσωρεύσαν περισσότερη βιομάζα και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Αυτό το φαινόμενο εξηγείται αναλυτικά στη Συζήτηση.

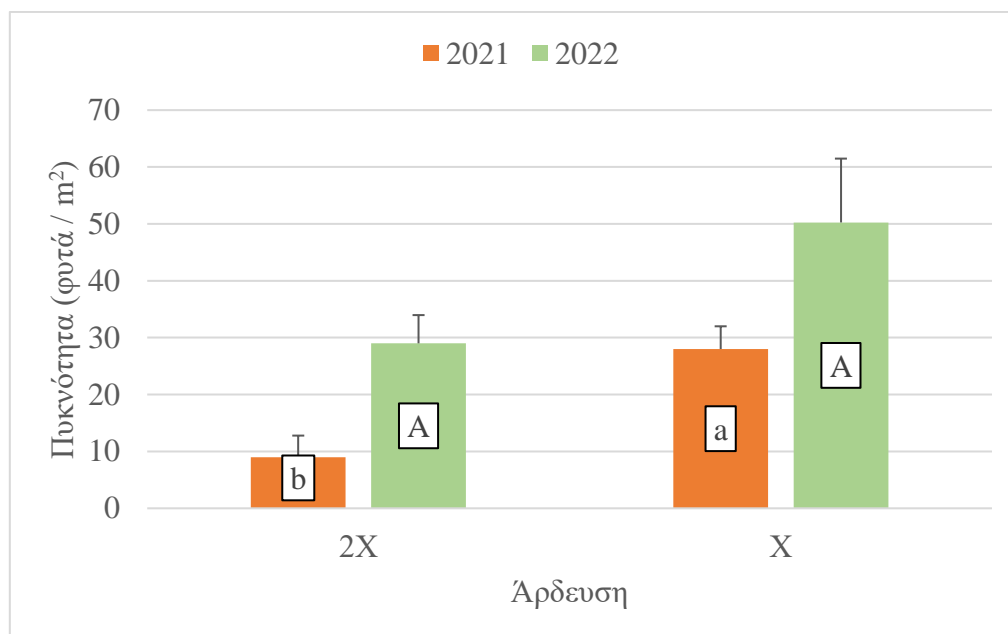


Γράφημα 8: Βιομάζα φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 28: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας των φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	1101128	1101128	2,8012	0,1452
Σφάλμα	6	2358576	393096		
Σύνολο	7	3459704			
2022					
Άρδευση	1	144991,13	144991	3,5233	0,1096
Σφάλμα	6	246911,75	41152		
Σύνολο	7	391902,88			

Η υψηλή βιομάζα των φυτών που δέχθηκαν τη μειωμένη άρδευση πιθανώς δικαιολογείται από την αυξημένη πυκνότητα του ζιζανίου και στα δύο έτη πειραματισμού (2021/LSD=13.48; 2022/LSD=30.04; Γράφημα 9). Το πρώτο έτος πειραματισμού εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της άρδευσης, που όμως δεν επαλείφθηκαν το δεύτερο έτος (Πίνακας 29).

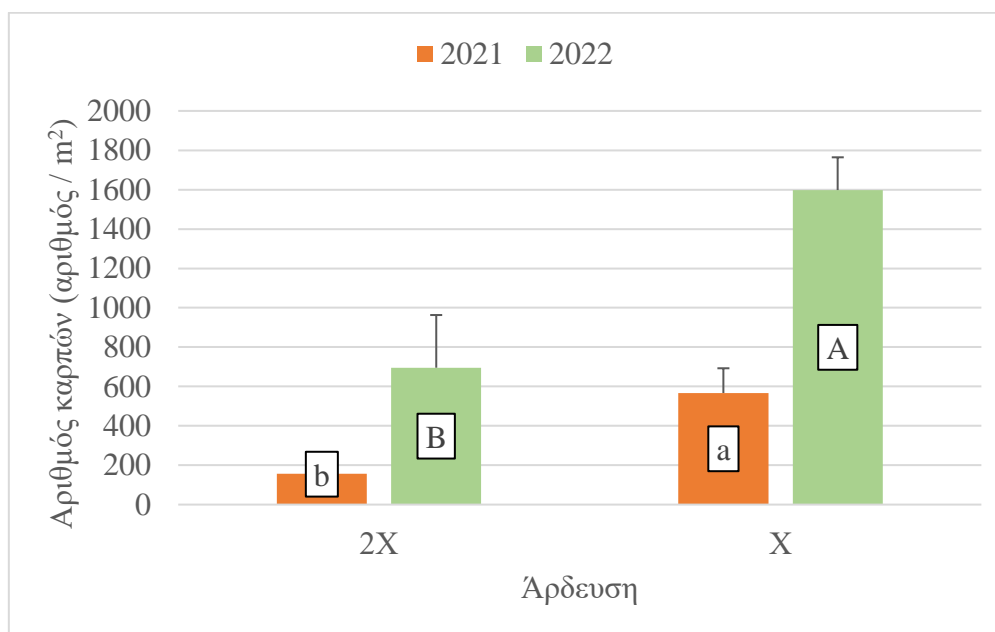


Γράφημα 9: Πυκνότητα φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 29: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών της πυκνότητας των φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	722	722	11,9011	0,0136
Σφάλμα	6	364	60,667		
Σύνολο	7	1086			
2022					
Άρδευση	1	903,125	903,125	2,9959	0,1342
Σφάλμα	6	1808,75	301,458		
Σύνολο	7	2711,875			

Ο αριθμός των παραγόμενων καρπών ήταν περίπου 3.6 φορές μεγαλύτερος στα φυτά της χαμηλής άρδευσης σε σχέση με αυτά της υψηλής το πρώτο έτος πειραματισμού (2021/LSD=375.4; 2022/LSD=771.02; Γράφημα 10). Ωστόσο, το δεύτερο έτος αυτή η διαφορά μειώθηκε, και τα φυτά της χαμηλής άρδευσης παράγααν περίπου 2.3 φορές περισσότερους καρπούς από τα φυτά της υψηλής άρδευσης. Αυτές οι διαφορές ήταν στατιστικώς σημαντικές (Πίνακας 30).

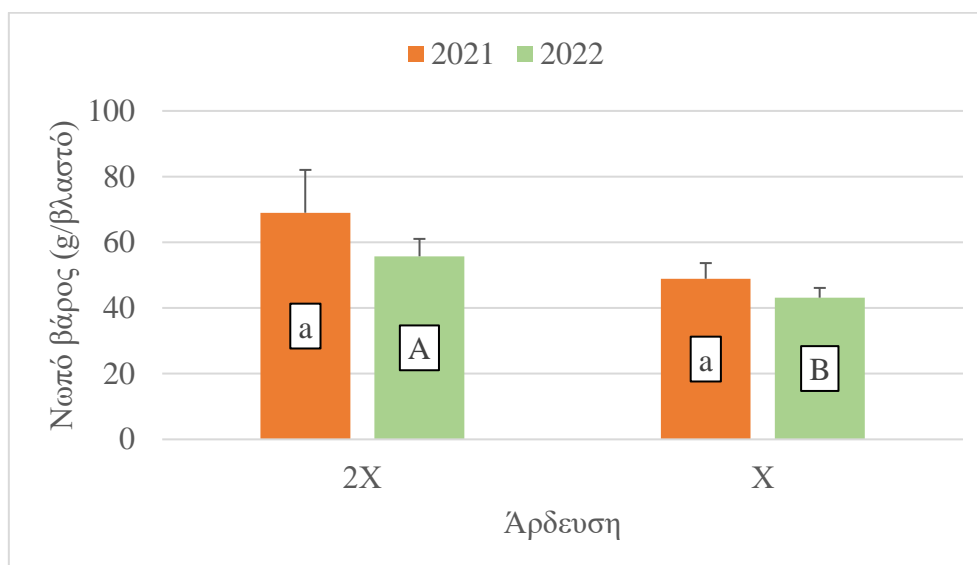


Γράφημα 10: Αριθμός καρπών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 30: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του αριθμού των καρπών φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	337842	337842	7,1768	0,0366
Σφάλμα	6	282444	47074		
Σύνολο	7	620286			
2022					
Άρδευση	1	1629012,5	1629013	8,2035	0,0286
Σφάλμα	6	1191459	198577		
Σύνολο	7	2820471,5			

Παρότι συνολικά η βιομάζα (μετρημένη στο τετραγωνικό) ήταν μεγαλύτερη στα φυτά που δέχθηκαν τη μειωμένη άρδευση, σε επίπεδο φυτού παρατηρήθηκε ότι το νωπό βάρος των φυτών ήταν μεγαλύτερο στα φυτά που δέχθηκαν την υψηλή άρδευση και στα δύο έτη πειραματισμού (2021/LSD=28.13; 2022/LSD=12.31; Γράφημα 11). Ωστόσο, μόνο το δεύτερο έτος πειραματισμού υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της άρδευσης (Πίνακας 31).

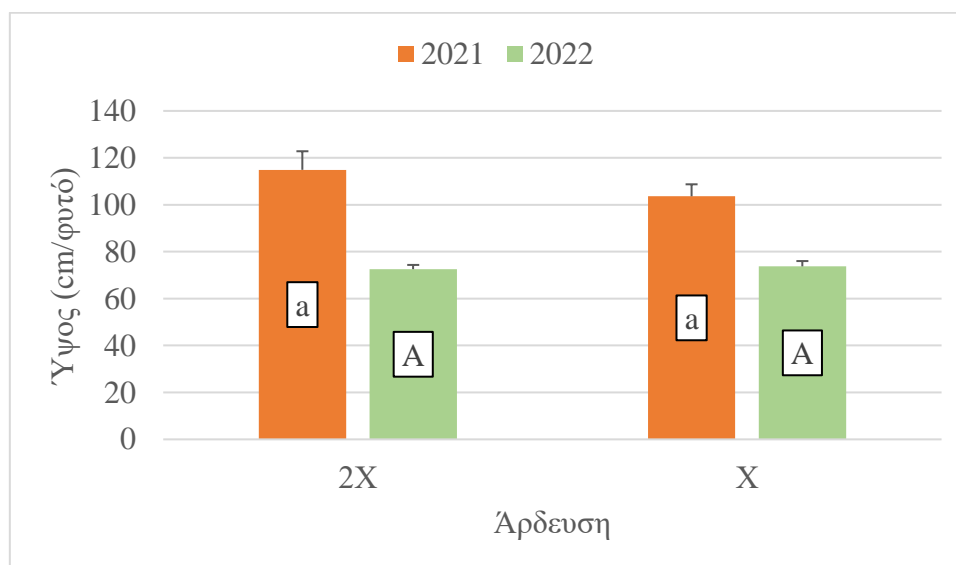


Γράφημα 11: Νωπού βάρους φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 31: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	4040,1	4040,1	2,0927	0,1562
Σφάλμα	38	73361,8	1930,57		
Σύνολο	39	77401,9			
2022					
Άρδευση	1	1587,852	1587,85	4,294	0,0451
Σφάλμα	38	14051,813	369,78		
Σύνολο	39	15639,665			

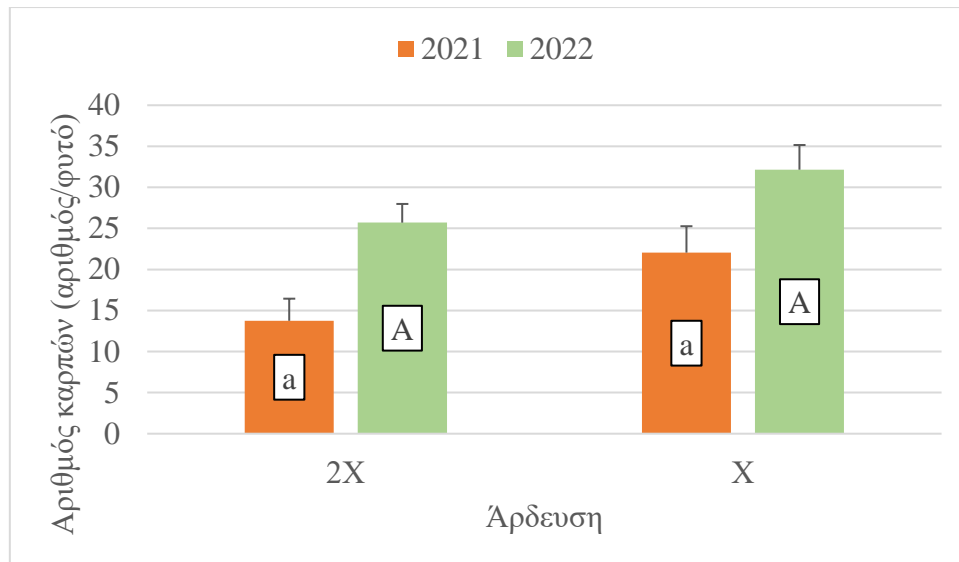
Τα αποτελέσματα για το ύψος των φυτών έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν χαμηλή ή υψηλή άρδευση (2021/LSD=19.09; 2022/LSD=5.86; Γράφημα 12; Πίνακας 32), παρόλο που το δεύτερο έτος πειραματισμού τα φυτά ήταν σημαντικά πιο κοντά. Αυτό το φαινόμενο εξηγείται στο κομμάτι της Συζήτησης. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και για το αριθμό των καρπών ανά φυτό (2021/LSD=8.49; 2022/LSD=7.64; Γράφημα 13; Πίνακας 33).



Γράφημα 12: Ύψος φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 32: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του ύψους φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	1276,9	1276,9	1,436	0,2382
Σφάλμα	38	33790,6	889,23		
Σύνολο	39	35067,5			
2022					
Άρδευση	1	14,4	14,4	0,1716	0,681
Σφάλμα	38	3188,7	83,9132		
Σύνολο	39	3203,1			

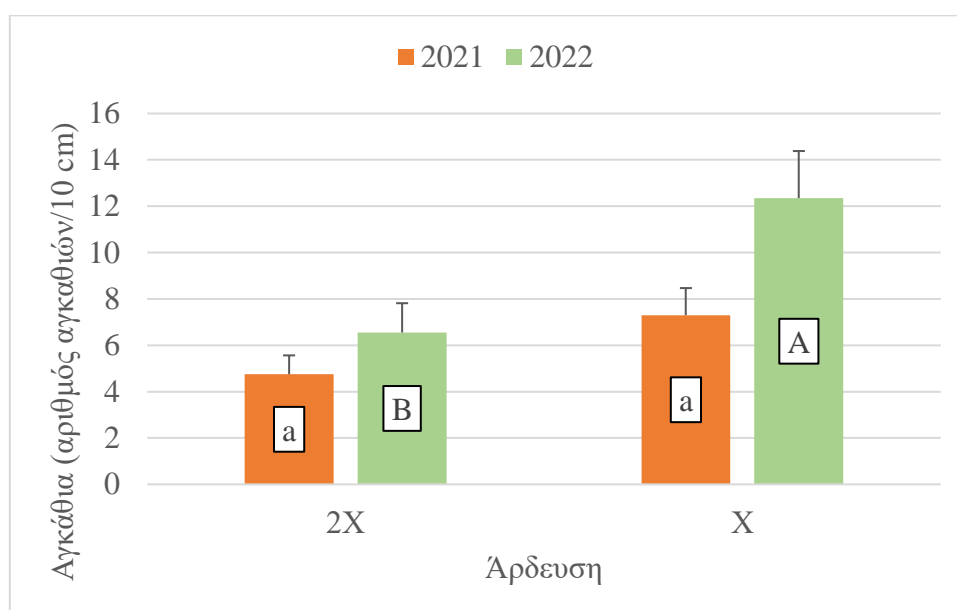


Γράφημα 13: Αριθμός καρπών ανά φυτό *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 33: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του αριθμού καρπών ανά φυτό *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	688,9	688,9	3,915	0,0551
Σφάλμα	38	6686,7	175,966		
Σύνολο	39	7375,6			
2022					
Άρδευση	1	416,025	416,025	2,9196	0,0957
Σφάλμα	38	5414,75	142,493		
Σύνολο	39	5830,775			

Ο αριθμός των αγκαθίων ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στα φυτά της χαμηλής άρδευσης από αυτά της υψηλής μόνο το δεύτερο έτος πειραματισμού (2021/LSD=2.88; 2022/LSD=4.84; Γράφημα 14; Πίνακας 34).

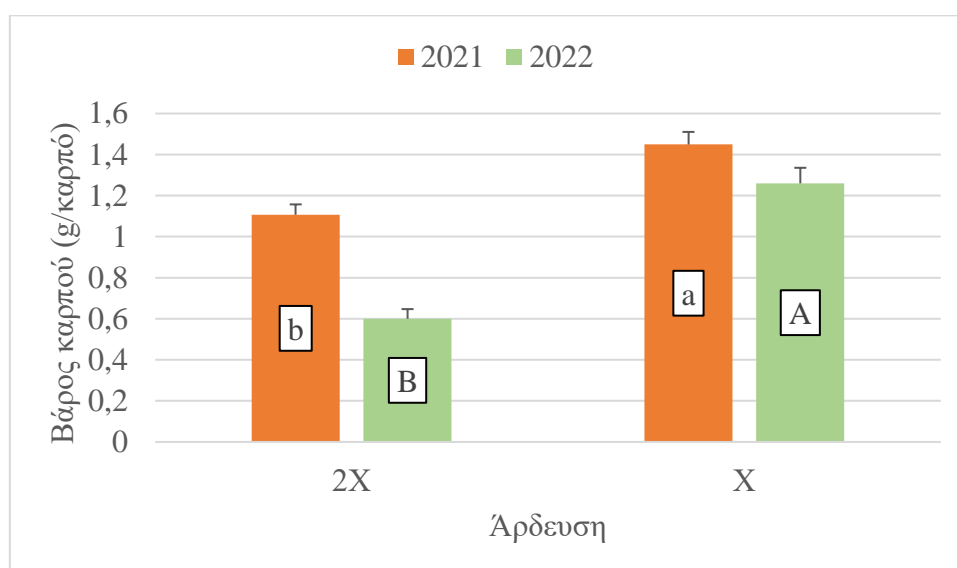


Γράφημα 14: Αριθμός αγκαθίων σε μήκος 10 cm σε βλαστούς *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Πίνακας 34: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών των αγκαθίων σε βλαστούς *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	65,025	65,025	3,2092	0,0812
Σφάλμα	38	769,95	20,2618		
Σύνολο	39	834,975			
2022					
Άρδευση	1	336,4	336,4	5,876	0,0202
Σφάλμα	38	2175,5	57,25		
Σύνολο	39	2511,9			

Το βάρος του καρπού ήταν σημαντικά χαμηλότερο και στα δύο έτη πειραματισμού στα φυτά που δέχθηκαν την υψηλή άρδευση σε σχέση με αυτά δέχθηκαν τη χαμηλή (2021/LSD=0.16; 2022/LSD=0.18; Γράφημα 15; Πίνακας 35).

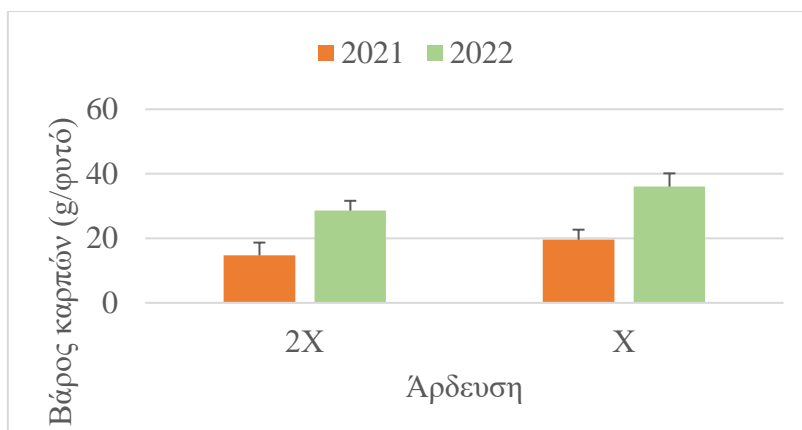


Γράφημα 15: Βάρος καρπού φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

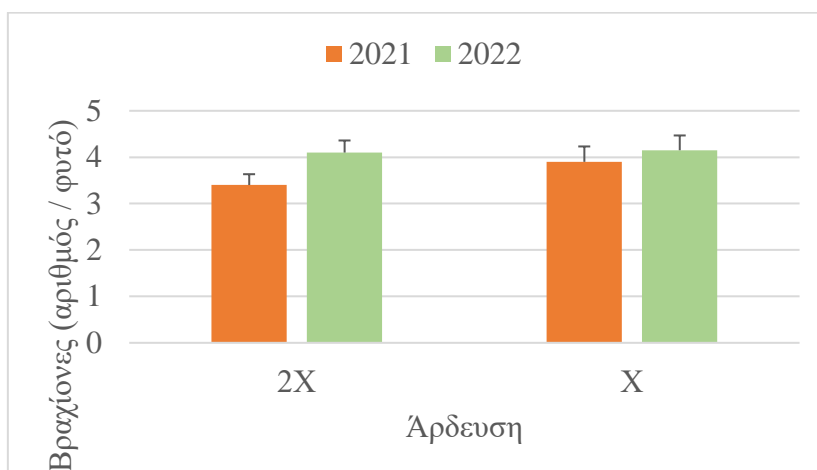
Πίνακας 35: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της άρδευσης στο καθορισμό των τιμών του βάρους του καρπού φυτών *Solanum elaeagnifolium* κατά το πρώτο έτος (2021) και δεύτερο έτος πειραματισμού (2022)

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
2021					
Άρδευση	1	1,1730625	1,17306	18,5177	0,0001
Σφάλμα	38	2,407235	0,06335		
Σύνολο	39	3,5802975			
2022					
Άρδευση	1	4,3494025	4,3494	54,398	<,0001
Σφάλμα	38	3,038295	0,07996		
Σύνολο	39	7,3876975			

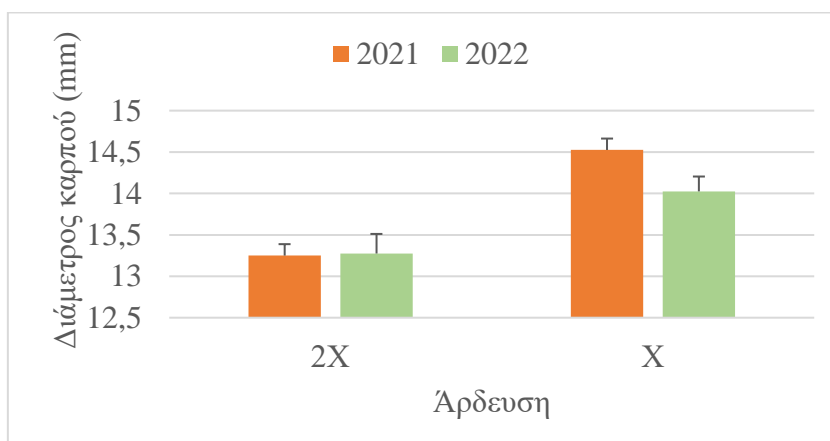
Οι επόμενες τρεις μεταβλητές (βάρος καρπών ανά φυτό, βραχίονες, διάμετρος καρπού) δεν ακολουθούσαν τη κανονική κατανομή (Γραφήματα 16-18). Για αυτό, μετά από χρήση του τεστ Kruskal Wallis εξακριβώθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων ούτε το πρώτο έτος (ChiSquare=2.9; Prob>ChiSq=0.08) ούτε το δεύτερο έτος πειραματισμού (ChiSquare=0.53; Prob>ChiSq=0.46) για το βάρος των καρπών ανά φυτό. Κατ' αντιστοιχία, δεν εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων για τον αριθμό των βραχιόνων των φυτών [2021 (ChiSquare=1.54; Prob>ChiSq=0.21)] – [2022 (ChiSquare=0.02; Prob>ChiSq=0.9)]. Αντίθετα, εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων για τις τιμές της διαμέτρου των καρπών (Prob>ChiSq= <0.0001) και συγκεκριμένα ChiSquare=20.79 για το 2021 και ChiSquare=4.7 για το 2022.



Γράφημα 16: Βάρος καρπών ανά φυτό *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

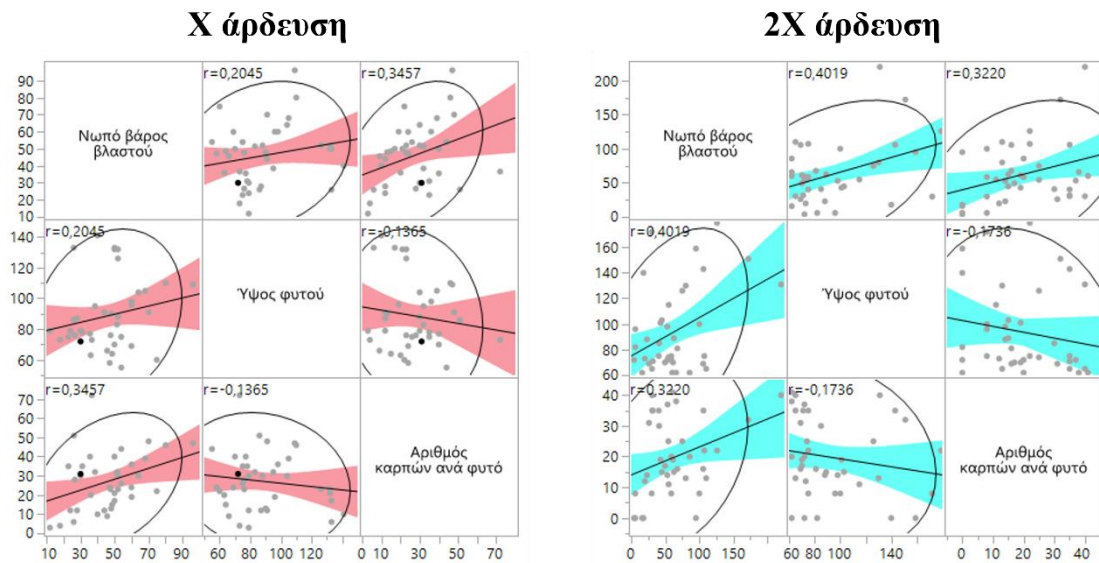


Γράφημα 17: Βραχίονες (διακλαδώσεις) φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.



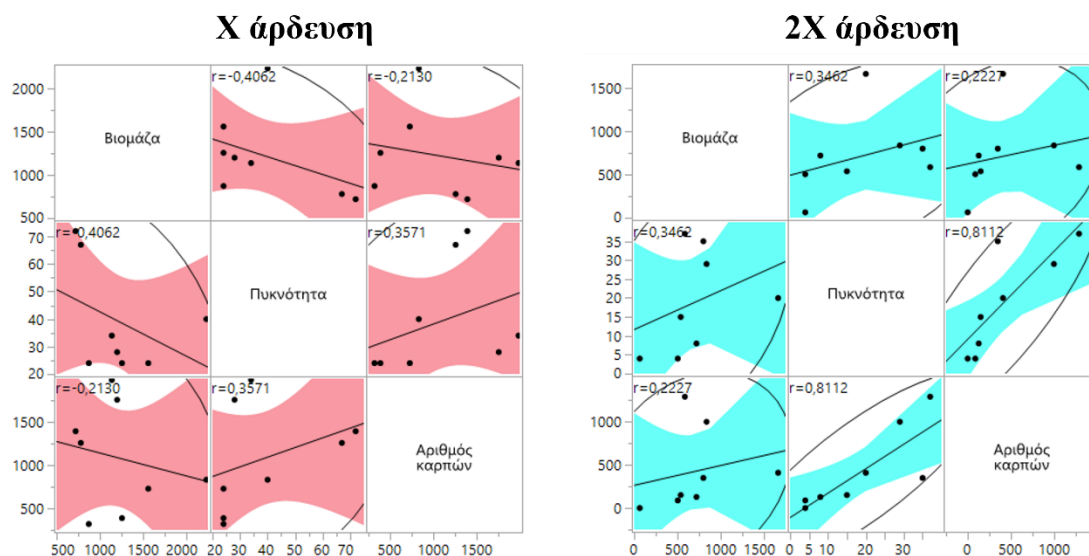
Γράφημα 18: Διάμετρος καρπού φυτών *Solanum elaeagnifolium* που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση (X) και τη διπλάσια-υψηλή άρδευση (2X) το πρώτο (πορτοκαλί) και δεύτερο έτος πειραματισμού (πράσινο). Τα μικρά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων το πρώτο έτος πειραματισμού, ενώ τα μεγάλα γράμματα το δεύτερο.

Οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των τιμών του νωπού βάρους ανά βλαστού, του ύψους των φυτών και του αριθμού των καρπών ανά φυτό έδειξαν ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν διαφορετική άρδευση (Εικόνα 37). Συγκεκριμένα, ο αριθμός των καρπών ανά φυτό έδειξε να έχει λίγο πιο ισχυρή συσχέτιση με το νωπό βάρος του φυτού στα φυτά που δέχθηκαν τη χαμηλή άρδευση σε σχέση με αυτά που δέχθηκαν την διπλάσια άρδευση. Αντίθετα, εκεί όπου μεγαλύτερη επάρκεια νερού (2X άρδευση) το ύψος του φυτού είχε πιο ισχυρή θετική συσχέτιση με το νωπό βάρος του φυτού σε σχέση με τα φυτά που δέχθηκαν τη χαμηλή άρδευση.



Εικόνα 37: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους βλαστού *Solanum elaeagnifolium*, του ύψους και του αριθμού καρπών ανά φυτό στη X άρδευση και στη 2X άρδευση

Το πλέον σημαντικό αποτέλεσμα καταγράφεται στην Εικόνα 38 και είναι ότι τα φυτά που δέχονται χαμηλή άρδευση συσσωρεύουν μικρότερη βιομάζα όσο αυξάνεται η πυκνότητα των φυτών ($r=-0.40$) σε αντίθεση με τα φυτά που δέχονται την υψηλή άρδευση όπου η αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε αύξηση της βιομάζας. Ο αριθμός των καρπών παρουσιάζει πολύ ισχυρή θετική συσχέτιση με τη πυκνότητα στα φυτά που δέχονται την υψηλή άρδευση ($r=0.81$) σε αντίθεση με αυτά που δέχονται την χαμηλότερη άρδευση ($r=0.36$).



Εικόνα 38: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της βιομάζας φυτών *Solanum elaeagnifolium*, της πυκνότητας και του αριθμού καρπών στη X άρδευση και στη 2X άρδευση

Σόγια

Στο Πίνακα 36, απεικονίζονται όλες οι επιδράσεις των παραγόντων και των συνδυασμών τους στο καθορισμό των τιμών μιας σειράς αγρονομικών χαρακτηριστικών της σόγιας κατά τη συγκομιδή.

Πίνακας 36: Ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (άρδευσης, έτος πειραματισμού και παρουσίας του *S. elaeagnifolium*) και των συνδυασμού τους για την ανάλυση της επίδρασης τους στο καθορισμό των τιμών του βάρους ανά φυτό σόγιας, του ύψους, του βάρους και μήκους του ριζικού, του αριθμού των λοβών ανά φυτό, της βιομάζας, και της απόδοσης σόγιας

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
Βάρος ανά βλαστό					
Έτος πειραματισμού (E)	1	5,5279	5,528	0,1631	0,6869
Άρδευση (A)	1	2058,651	2058,651	60,7364	<,0001
<i>Solanum elaeagnifolium</i> (S)	1	0,1103	0,11	0,0033	0,9546
E*A	1	244,827	244,827	7,2231	0,008
E*S	1	102,0803	102,08	3,0117	0,0847
A*S	1	0,0511	0,051	0,0015	0,9691
E*A*S	1	0,1651	0,165	0,0049	0,9444
Μοντέλο	7	2411,4127	344,488	10,1634	
Σφάλμα	152	5152,0201	33,895		
Σύνολο	159	7563,4329			
Μήκος ριζικού					
Έτος πειραματισμού (E)	1	23,79306	23,7931	5,0815	0,0256
Άρδευση (A)	1	24,88506	24,8851	5,3148	0,0225
<i>Solanum elaeagnifolium</i> (S)	1	0,15006	0,1501	0,032	0,8582
E*A	1	79,94756	79,9476	17,0746	<,0001
E*S	1	11,71806	11,7181	2,5027	0,1157

A*S	1	3,45156	3,4516	0,7372	0,3919
E*A*S	1	140,43756	140,4376	29,9936	<,0001
Μοντέλο	7	284,38294	40,6261	8,6766	
Σφάλμα	152	711,7015	4,6822		
Σύνολο	159	996,08444			
Υψος σόγιας					
Έτος πειραματισμού (E)	1	1438,201	1438,2	38,09	<,0001
Άρδευση (A)	1	11227,526	11227,53	297,3554	<,0001
Solanum elaeagnifolium (S)	1	106,113	106,11	2,8104	0,0957
E*A	1	1197,383	1197,38	31,7121	<,0001
E*S	1	2753,111	2753,11	72,9148	<,0001
A*S	1	6,281	6,28	0,1663	0,684
E*A*S	1	30,363	30,36	0,8042	0,3713
Μοντέλο	7	16758,976	2394,14	63,4076	
Σφάλμα	152	5739,205	37,76		
Σύνολο	159	22498,182			
Βάρος ριζικού					
Έτος πειραματισμού (E)	1	4,362603	4,3626	4,5431	0,0347
Άρδευση (A)	1	10,660563	10,66056	11,1015	0,0011
Solanum elaeagnifolium (S)	1	0,40401	0,40401	0,4207	0,5176
E*A	1	3,79456	3,79456	3,9515	0,0486
E*S	1	2,029503	2,0295	2,1135	0,1481
A*S	1	1,517103	1,5171	1,5799	0,2107
E*A*S	1	0,36481	0,36481	0,3799	0,5386
Μοντέλο	7	23,13315	3,30474	3,4414	
Σφάλμα	152	145,9624	0,96028		
Σύνολο	159	169,09555			
Αριθμός λοβών					
Έτος πειραματισμού (E)	1	6,80625	6,8063	0,6791	0,4112
Άρδευση (A)	1	761,25625	761,2563	75,9532	<,0001
Solanum elaeagnifolium (S)	1	432,30625	432,3062	43,1327	<,0001
E*A	1	91,50625	91,5062	9,1299	0,003
E*S	1	228,00625	228,0062	22,749	<,0001
A*S	1	18,90625	18,9062	1,8863	0,1716
E*A*S	1	77,00625	77,0062	7,6832	0,0063
Μοντέλο	7	1615,7938	230,828	23,0305	
Σφάλμα	152	1523,45	10,023		
Σύνολο	159	3139,2438			
Βιομάζα					
Έτος πειραματισμού (E)	1	12556313	12556313	71,188	<,0001
Άρδευση (A)	1	7770668	7770668	44,0558	<,0001
Solanum elaeagnifolium (S)	1	1653926	1653926	9,3769	0,0054
E*A	1	507780	507780	2,8789	0,1027
E*S	1	700040	700040	3,9689	0,0578

A*S	1	5859	5859	0,0332	0,8569
E*A*S	1	146747	146747	0,832	0,3708
Μοντέλο	7	23341332	3334476	18,9048	
Σφάλμα	24	4233181	176383		
Σύνολο	31	27574513			
Απόδοση					
Έτος πειραματισμού (E)	1	170948,74	170948,7	30,7947	<,0001
Άρδευση (A)	1	296219,05	296219	53,3609	<,0001
Solanum elaeagnifolium (S)	1	60844,67	60844,7	10,9606	0,0029
E*A	1	7837,52	7837,5	1,4119	0,2464
E*S	1	64,3	64,3	0,0116	0,9152
A*S	1	2450	2450	0,4413	0,5128
E*A*S	1	4656,13	4656,1	0,8388	0,3689
Μοντέλο	7	543020,4	77574,3	13,9742	
Σφάλμα	24	133229,76	5551,2		
Σύνολο	31	676250,16			

Η απουσία του ανταγωνισμού και η υψηλή άρδευση είχαν ως αποτέλεσμα αυτά τα φυτά σόγιας να φέρουν τα καλύτερα/υψηλότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά και τα δύο έτη πειραματισμού (Πίνακας 37). Οι διαφορές μεταξύ των παραγόντων ήταν στατιστικώς σημαντικές για όλες τις μετρήσεις και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους.

Πίνακας 37: Τιμές νωπού βάρους σόγιας, ύψους, μήκος και βάρους ριζικού συστήματος και αριθμού λοβών ανά φυτό το πρώτο (2021) και δεύτερο (2022) πειραματικό έτος υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (Μάρτυρας) ή παρουσία του *Solanum elaeagnifolium*

Έτος πειραματισμού	Άρδευση	Ανταγωνισμός με το ζιζάνιο	Βάρος φυτού	Μήκος ριζικού	Ύψος σόγιας	Βάρος ριζικού	Αριθμός λοβών ανά φυτό
2021	X	Μάρτυρας	7.8 (±1.5) ab	13.8 (±0.3) b	59.7 (±0.6) c	0.37 (±0.03) b	6.7 (±0.6) b
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	6.0 (±0.7) b	12.2 (±0.4) c	51.8 (±0.7) d	0.34 (±0.04) b	3.1 (±0.4) c
	2X	Μάρτυρας	12.4 (±2.6) a	13.8 (±0.4) b	69.7 (±1.8) a	1.49 (±0.61) a	14.7 (±1.0) a
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	10.8 (±1.2) a	16.6 (±0.4) a	64.3 (±0.9) b	0.87 (±0.06) ab	6.9 (±0.8) b
		LSD	4.7	1.04	3.08	0.86	2.04
		F Ratio	3.0077	24.3482	48.4107	3.08	45.1899
		Pvalue	0.0354	<0.0001	<0.0001	0.0324	<0.0001
2022	X	Μάρτυρας	4.0 (±0.3) b	13.1 (±0.4) ab	39.1 (±1.3) d	0.22 (±0.02) b	6.8 (±0.8) b
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	5.6 (±0.5) b	14.2 (±0.6) a	49.5 (±1.6) c	0.45 (±0.02) a	5.2 (±0.9) b
	2X	Μάρτυρας	13.7 (±1.1) a	14.1 (±0.6) a	61.8 (±1.6) b	0.53 (±0.07) a	9.0 (±0.4) a
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	15.2 (±1.0) a	12.0 (±0.7) b	71.2 (±1.9) a	0.56 (±0.04) a	8.8 (±0.5) a
		LSD	2.3	1.6	4.5	0.12	1.95
		F Ratio	49.8417	3.125	76.5105	12.0772	6.5659
		Pvalue	<0.0001	0.0307	<0.0001	<0.0001	0.0005

Οι τιμές της βιομάζας της σόγιας έδειξαν ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και τα δύο έτη πειραματισμού (Πίνακας 38). Συγκεκριμένα, εκεί που εφαρμόστηκε διπλή άρδευση η συσσώρευση βιομάζας ήταν 2-3 φορές μεγαλύτερη από τα φυτά της χαμηλής άρδευσης. Για το έτος 2021, ο ανταγωνισμός της σόγιας με το *S. elaeagnifolium* οδήγησε σε 43.67% λιγότερη συσσώρευση βιομάζας των φυτών της διπλής άρδευσης σε σχέση με του μάρτυρα (weed-free). Το δεύτερο έτος αυτή η διαφορά ήταν μικρότερη, μόλις 4.96%. Ωστόσο, η βιομάζα του μάρτυρα στην υψηλή άρδευση την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο ήταν 2.81 φορές μικρότερη από τη βιομάζα των φυτών του μάρτυρα τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο. Αυτό το αποτέλεσμα σημαίνει ότι τα φυτά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο συσσώρευσαν λιγότερη βιομάζα. Για τις τιμές της απόδοσης της σόγιας, τη πρώτη

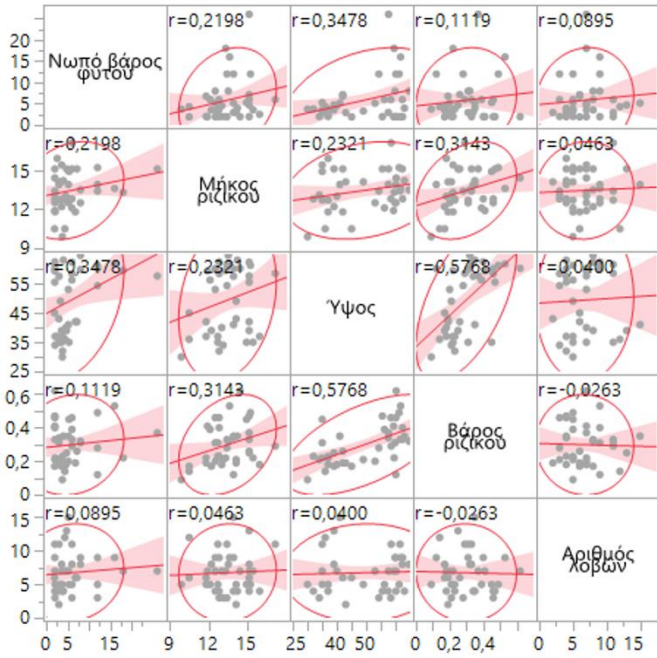
καλλιεργητική περίοδο υπήρχε λιγότερος ανταγωνισμός από το ζιζάνιο καθώς στην χαμηλή άρδευση η απόδοση ήταν περίπου 207 κιλά/στρ. και στην υψηλή άρδευση 472 κιλά/στρ. Αντίθετα, τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο η απόδοση στη χαμηλή άρδευση ήταν 73.9% μικρότερη από τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο και στην υψηλή 72.7% μικρότερη. Βέβαια, η διπλή άρδευση είχε ως αποτέλεσμα 2.3 φορές μεγαλύτερη απόδοση παρόλο που υπήρχε ανταγωνισμός με το ζιζάνιο. Αυτό το αποτέλεσμα δίνει το συμπέρασμα ότι η σόγια ανταγωνίζεται καλύτερα το *S. elaeagnifolium* όταν υπάρχει επάρκεια σε νερό.

Πίνακας 38: Τιμές βιομάζας και απόδοσης ανά φυτό το πρώτο (2021) και δεύτερο (2022) πειραματικό έτος υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (Μάρτυρας) ή παρουσία του *Solanum elaeagnifolium*

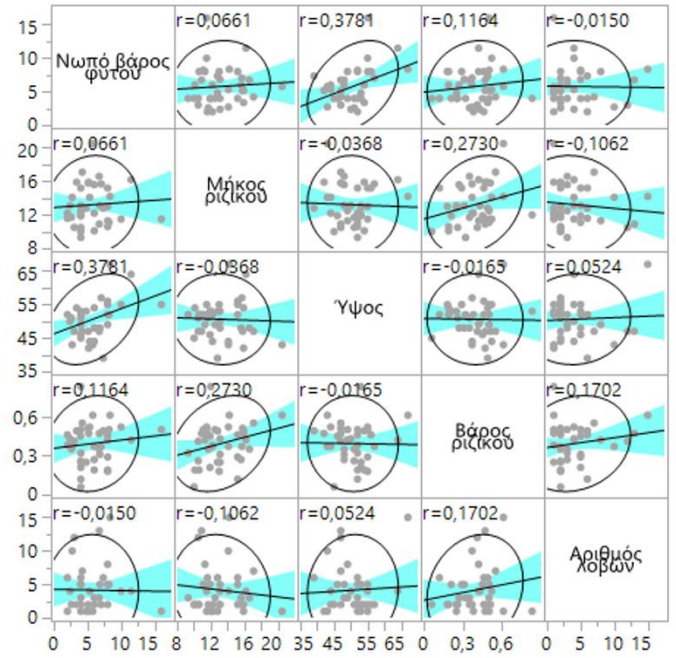
Έτος πειραματισμού	Άρδευση	Ανταγωνισμός με το ζιζάνιο	Βιομάζα (g/m ² ή kg/στρ.)	Απόδοση (g/m ² ή kg/στρ.)
2021	X	Μάρτυρας	1604.0 (±55.6) bc	338.6 (±38.0) b
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	1016.0 (±78.1) c	206.9 (±11.3) c
	2X	Μάρτυρας	3004.0 (±480.2) a	520.7 (±47.6) a
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	2091.0 (±252.2) b	472.3 (±38.3) a
		<i>LSD</i>	848.6	112.2
		<i>F Ratio</i>	9.3226	15.0531
		<i>Pvalue</i>	0.0019	0.0002
2022	X	Μάρτυρας	442.8 (±98.5) b	196.8 (±63.3) bc
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	175.5 (±10.1) b	119.0 (±17.1) c
	2X	Μάρτυρας	1068.0 (±175.7) a	364.5 (±22.1) a
		<i>Solanum elaeagnifolium</i>	1017.5 (±93.4) a	273.5 (±31.8) ab
		<i>LSD</i>	342.5	117.3
		<i>F Ratio</i>	15.5226	7.6182
		<i>Pvalue</i>	0.0002	0.0041

Οι γραμμικές συσχετίσεις των Εικόνων 39 και 40, αναδεικνύουν ότι ο ανταγωνισμός της σόγιας με το ζιζάνιο έχει μικρή επίδραση στις συσχετίσεις των αγρονομικών χαρακτηριστικών της σόγιας είτε τα φυτά έχουν δεχθεί χαμηλή ή υψηλή άρδευση.

**X άρδευση
Μάρτυρας**

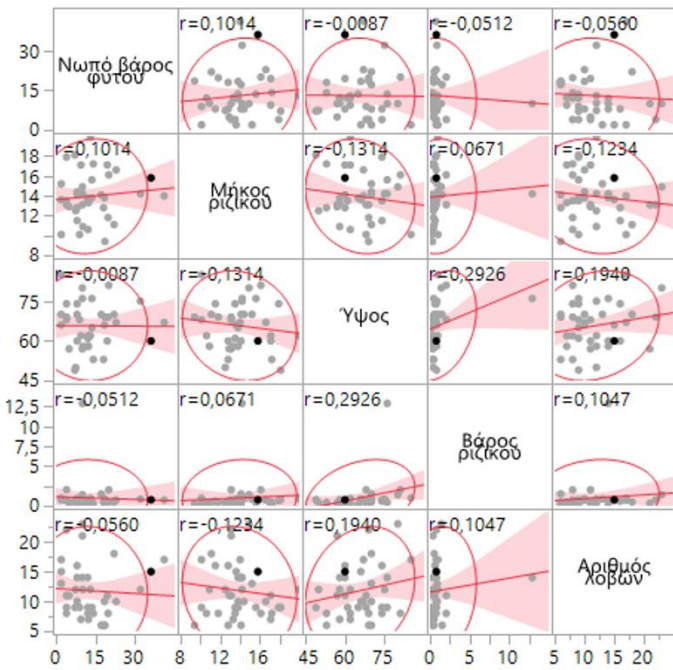


**X άρδευση
Ανταγωνισμός με *Solanum elaeagnifolium***

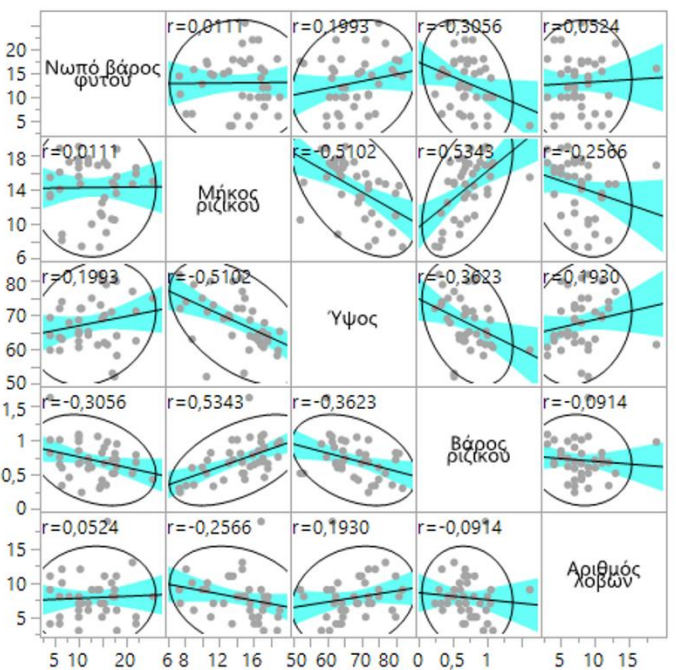


Εικόνα 39: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους της σόγιας, του μήκους και βάρους του ριζικού συστήματος, του ύψους και του αριθμού των λοβών ανά φυτό υπό χαμηλή (X) άρδευση και απουσία (μάρτυρας) ή ανταγωνισμό με το *Solanum elaeagnifolium*

**2X άρδευση
Μάρτυρας**

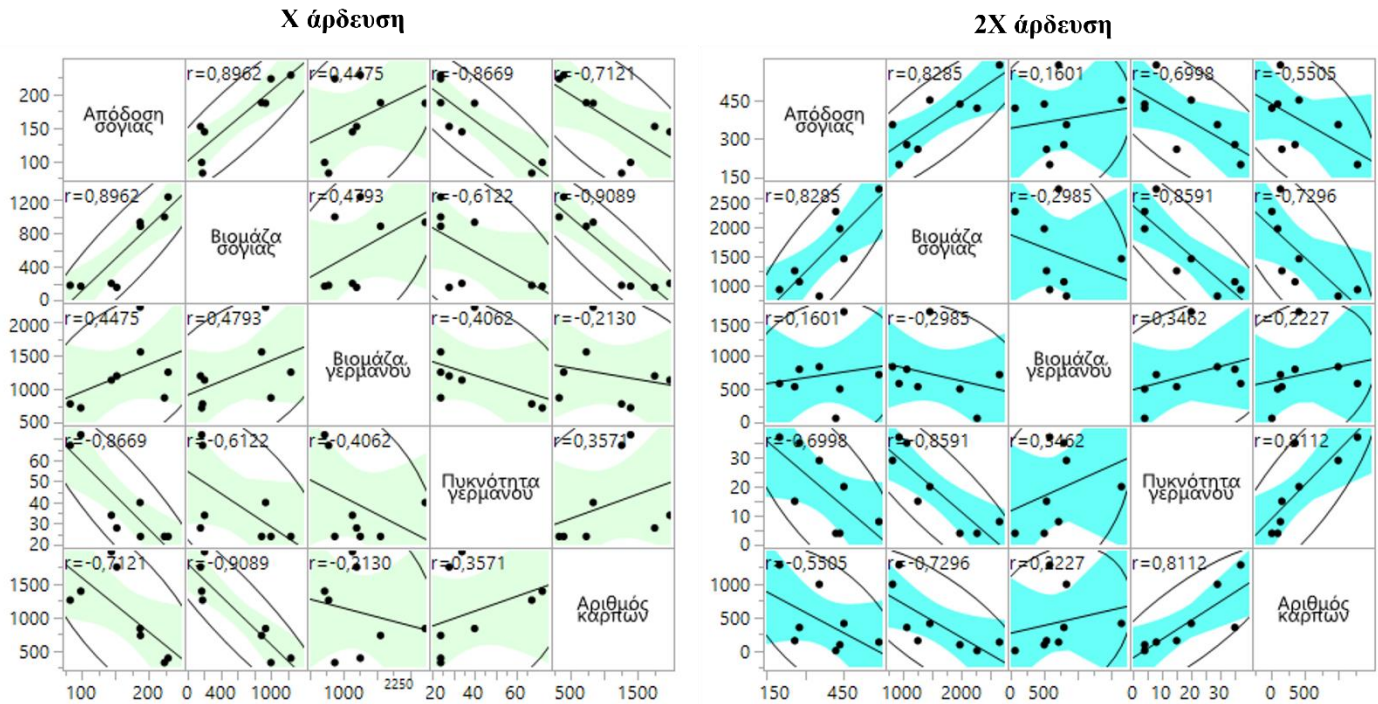


**2X άρδευση
Ανταγωνισμός με *Solanum elaeagnifolium***

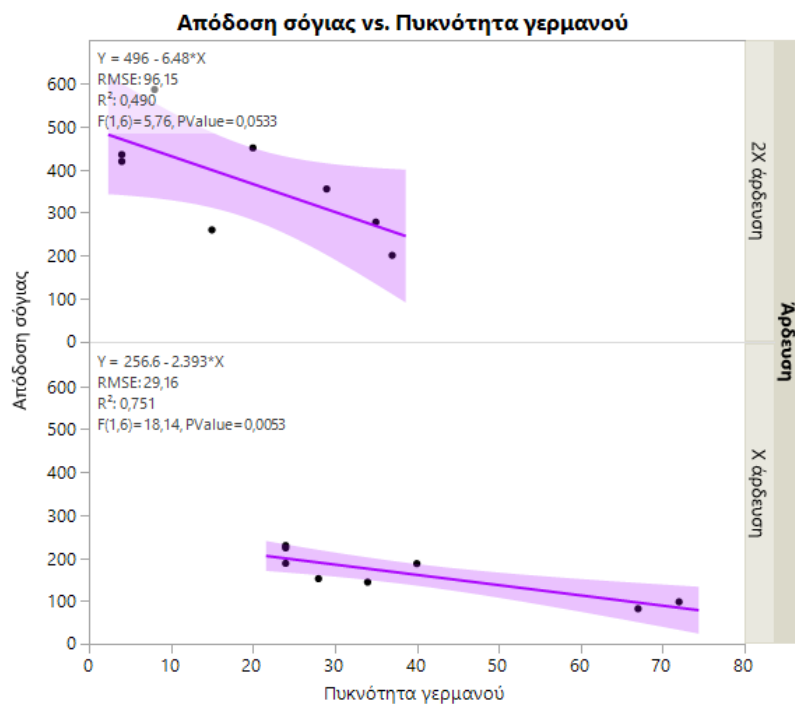


Εικόνα 40: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του νωπού βάρους της σόγιας, του μήκους και βάρους του ριζικού συστήματος, του ύψους και του αριθμού των λοβών ανά φυτό υπό υψηλή (2X) άρδευση και απουσία (μάρτυρας) ή ανταγωνισμό με το *Solanum elaeagnifolium*

Το πιο σημαντικό εύρημα είναι ότι υπό συνθήκες χαμηλής άρδευσης η απόδοση της σόγιας δέχεται μεγάλη μείωση όσο αυξάνεται η πυκνότητα του ζιζανιού (Εικόνα 41, 42). Αντίθετα, αυτή η μείωση είναι μικρότερη στην υψηλή άρδευση δείχνοντας το πλεονέκτημα που αποκτάει η καλλιέργεια ως προς τον ανταγωνισμό υπό συνθήκες επάρκειας νερού.

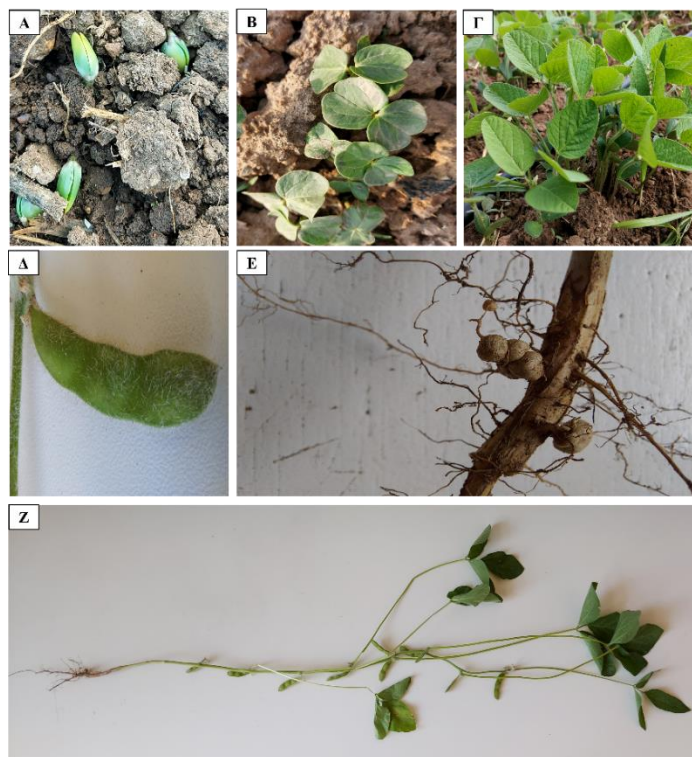


Εικόνα 41: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης και βιομάζας της σόγιας, της βιομάζας, της πυκνότητας και του αριθμού των καρπών του *Solanum elaeagnifolium* υπό χαμηλή (X) άρδευση και υψηλή (2X) άρδευση



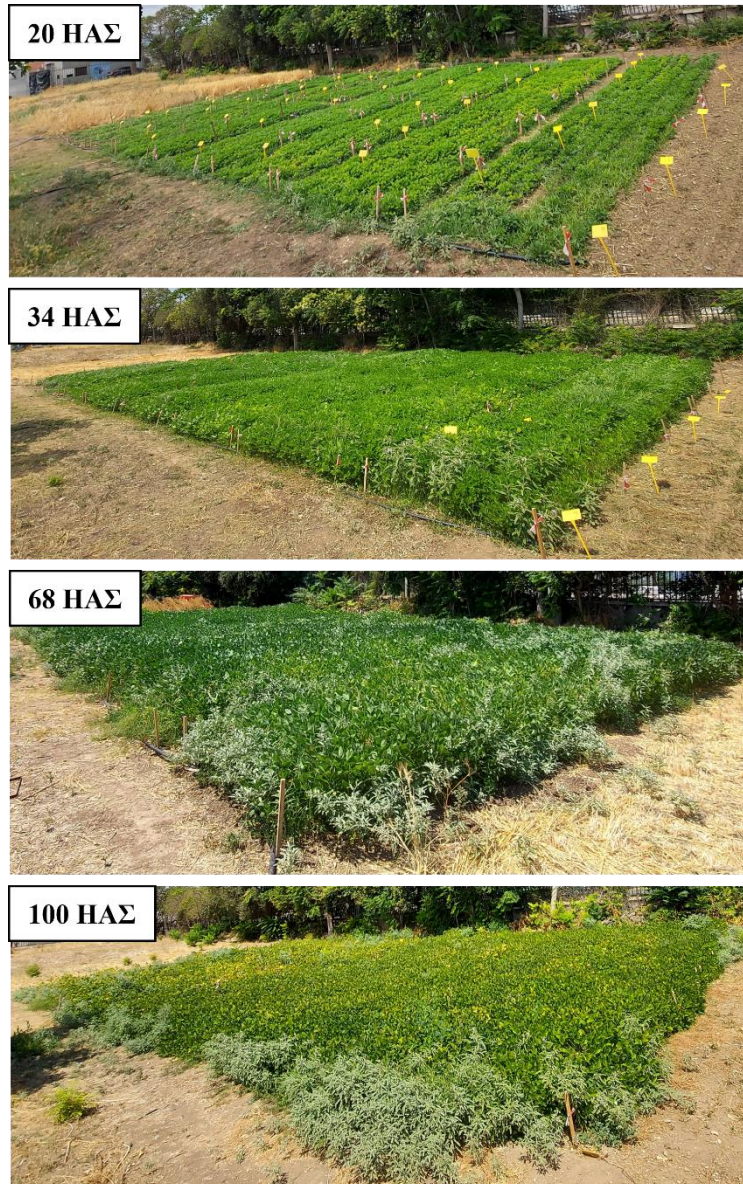
Εικόνα 42: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σόγιας και της πυκνότητας του *Solanum elaeagnifolium* υπό χαμηλή (X) και υψηλή (2X) άρδευση

Τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο η σόγια φύτρωσε μόλις στις 5 ημέρες από τη σπορά και ολοκλήρωσε όλα τα βλαστητικά και αναπαραγωγικά στάδια του βιολογικού της κύκλου σε 129 ημέρες (Εικόνα 43).



Εικόνα 43: Απεικόνιση των διάφορων βλαστητικών και αναπαραγωγικών σταδίων της σόγιας. Συγκεκριμένα, η ανάδυση των φυταρίων (Α), η έκπτυξη των κοτυληδόνων (Β), ο σχηματισμός των πρώτων πραγματικών φύλλων (Γ), ο σχηματισμένος λοβός (Δ), τα φυμάτια στις ρίζες (Ε), και ολόκληρο το φυτό της σόγιας στο στάδιο του γεμίσματος των σπόρων (Ζ)

Στην Εικόνα 44, απεικονίζεται η κατάσταση του πειραματικού αγρού κατά τη διάρκεια της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου.



Εικόνα 44: Απεικόνιση του πειραματικού αγρού 20, 34, 68 και 100 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ) κατά το πρώτο έτος του πειράματος ανταγωνισμού της σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium*

Στην Εικόνα 45, απεικονίζεται η κατάσταση του πειραματικού αγρού κατά τη διάρκεια της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου.



Εικόνα 45: Απεικόνιση του πειραματικού αγρού 15, 20, 25, 35, 55 και 90 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ) κατά το δεύτερο έτος του πειράματος ανταγωνισμού της σόγιας με το ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium*

3.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

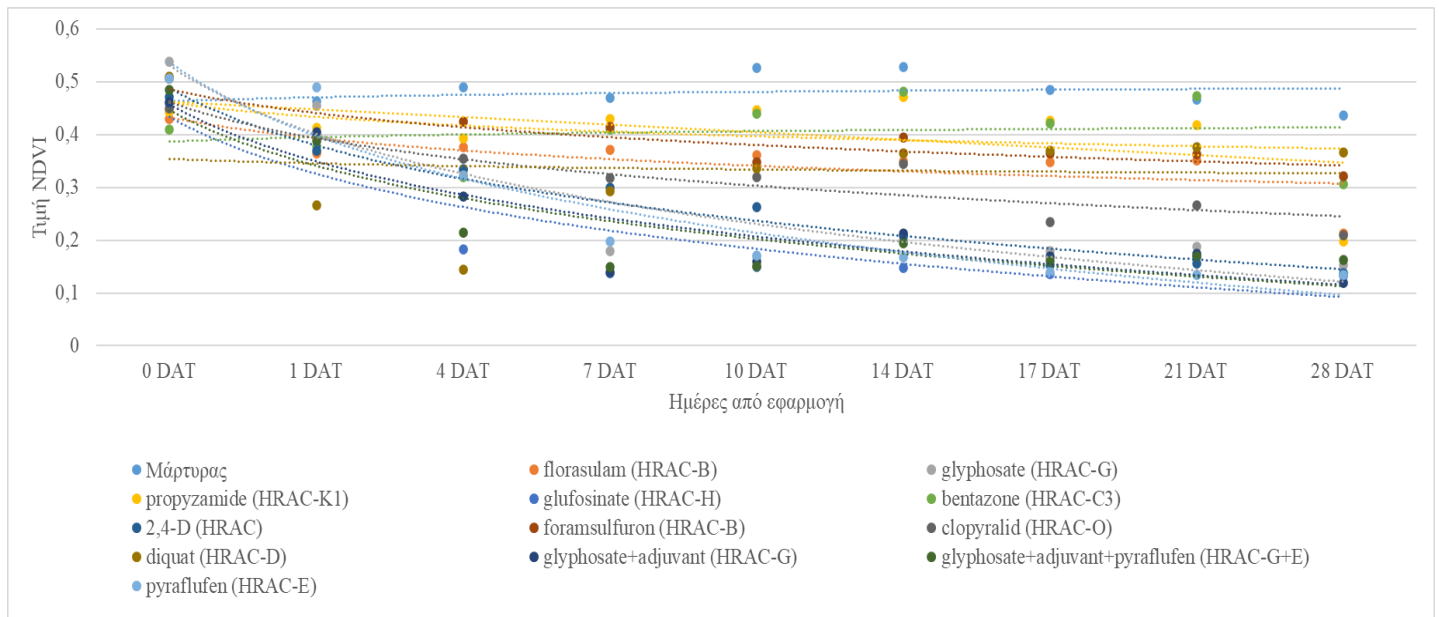
3.3.1. Πειράματα διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* με χημικές μεθόδους

3.3.1.1. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφωτρωτικών ζιζανιοκτόνων

Οι τιμές του NDVI για το σύνολο των μετρήσεων μετά τις εφαρμογές έδειξαν ότι τη πιο απότομη μείωση στη τιμή του δείκτη την υπέστησαν τα φυτά όπου εφαρμόστηκαν pyraflufen-ethyl, glufosinate, 2,4-D και glyphosate (Πίνακας 39; Γράφημα 19). Τα δύο πρώτα είναι ζιζανιοκτόνα επαφής που προκαλούν ταχεία ξήρανση των επιφανειών όπου έρχονται σε επαφή με τη δραστική ουσία τους και τα δύο τελευταία διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα όπου είναι αποτελεσματικά εναντίον του *S. elaeagnifolium*.

Πίνακας 39: Εξισώσεις που περιγράφουν τις τιμές του δείκτη NDVI στο χρόνο για όλες τις επεμβάσεις

Επέμβαση	Εξίσωση	R ²
Μάρτυρας	$y = 0,0113\ln(x) + 0,4629$	0.0645
bentazone	$y = 0,0124\ln(x) + 0,3866$	0.0214
propyzamide	$y = -0,04\ln(x) + 0,4612$	0.1261
diquat	$y = -0,013\ln(x) + 0,3542$	0.084
florasulam	$y = -0,057\ln(x) + 0,4328$	0.5048
foramsulfuron	$y = -0,066\ln(x) + 0,4865$	0.7756
clopyralid	$y = -0,098\ln(x) + 0,4614$	0.8583
glyphosate+επιφανειοδραστικό+pyraflufen-ethyl	$y = -0,151\ln(x) + 0,4459$	0.8094
glufosinate	$y = -0,155\ln(x) + 0,4331$	0.7967
glyphosate+επιφανειοδραστικό	$y = -0,155\ln(x) + 0,4569$	0.84
2,4-D	$y = -0,156\ln(x) + 0,4878$	0.969
glyphosate	$y = -0,186\ln(x) + 0,5306$	0.8871
pyraflufen-ethyl	$y = -0,2\ln(x) + 0,5366$	0.9082



Γράφημα 19: Τιμές του NDVI για όλες τις επεμβάσεις από πριν την εφαρμογή έως και 28 DAT

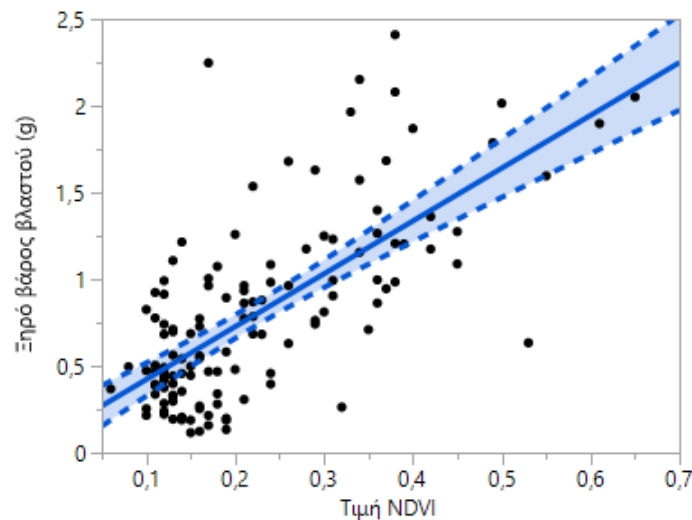
Όσον αφορά τις τιμές του NDVI, το ξηρό βάρος ανά βλαστό και το ποσοστό επιβίωσης 4 εβδομάδες μετά την εφαρμογή, αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 40. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των συγκεκριμένων μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων ανέδειξε ότι σχηματίζονται δύο ομάδες ζιζανιοκτόνων: (i) αυτά που δεν έχουν καμία ή μικρή δράση εναντίον φυτών *S. elaeagnifolium* που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονται στο βλαστητικό στάδιο των 5-12 φύλλων και 15-30 εκ., όπως τα diquat, foramsulfuron, bentazone, florasulam, propyzamide και clopyralid, και (ii) αυτά που έχουν υψηλή δράση και αποτελεσματικότητα συμπεριλαμβανομένων των 2,4-D, glufosinate, pyraflufen-ethyl και glyphosate. Η προσθήκη επιφανειοδραστικού έδειξε να μην ενισχύει τη ζιζανιοκτόνο δράση του glyphosate.

Πίνακας 40: Τιμές του NDVI, του ξηρού βάρους ανά φυτό και του ποσοστού επιβίωσης 28 DAT

Επέμβαση	NDVI	Ξηρό βάρος (g)	Ποσοστό επιβίωσης (%)
Μάρτυρας	0.437 (± 0.047) a	1.893 (± 0.070) a	100 (± 0) a
diquat	0.367 (± 0.023) a	1.508 (± 0.152) b	100 (± 0) a
foramsulfuron	0.321 (± 0.02) b	1.161 (± 0.105) c	65 (± 15) b
bentazone	0.306 (± 0.035) b	1.024 (± 0.065) c	100 (± 0) a
florasulam	0.212 (± 0.023) c	0.763 (± 0.091) d	76 (± 13) b
propyzamide	0.197 (± 0.016) cd	0.773 (± 0.094) d	100 (± 0) a
clopyralid	0.21 (± 0.022) c	0.725 (± 0.073) d	58 (± 14) b
2,4-D	0.138 (± 0.021) de	0.607 (± 0.082) de	3 (± 3) c
glyphosate+επιφανειοδραστικό	0.12 (± 0.008) e	0.462 (± 0.048) ef	5 (± 5) c
pyraflufen-ethyl	0.135 (± 0.011) de	0.420 (± 0.033) ef	0 (± 0) c
glufosinate	0.133 (± 0.013) e	0.424 (± 0.036) ef	4 (± 3) c
glyphosate	0.152 (± 0.005) cde	0.308 (± 0.072) f	0 (± 0) c

glyphosate+επιφ.+pyraflufen-ethyl	0.163 (\pm 0.08) cde	0.267 (\pm 0.043) f	0 (\pm 0) c
<i>P</i> value	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<i>F</i> ratio	20.8544	36.7232	42.9907
<i>LSD</i>	0.063	0.225	19

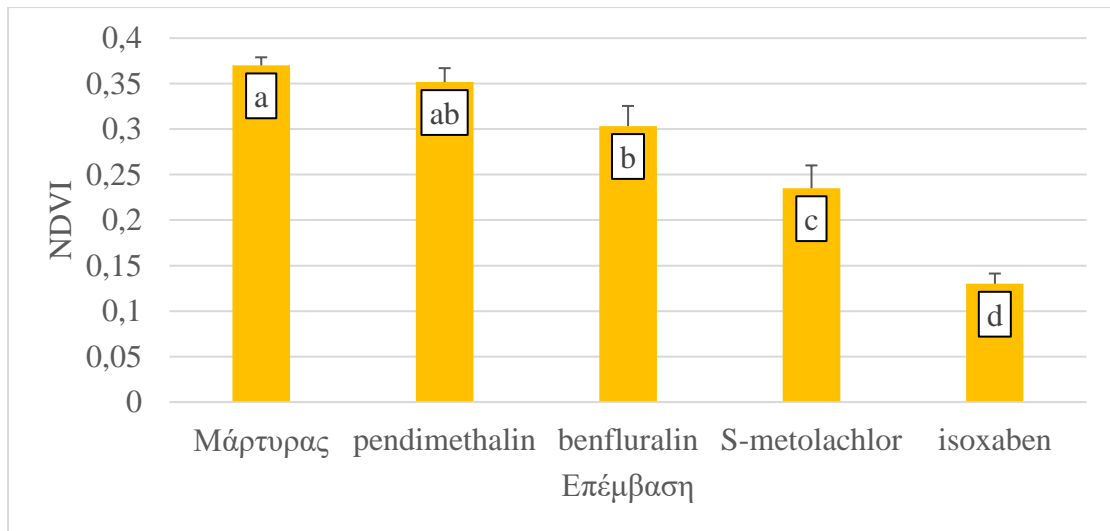
Η γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους των βλαστών και του δείκτη NDVI έδειξε ότι έχουν θετική σχέση, με συντελεστή συσχέτισης $r=0.69$, $R^2=0.47$ και $RMSE=0.38$ (Γράφημα 20).



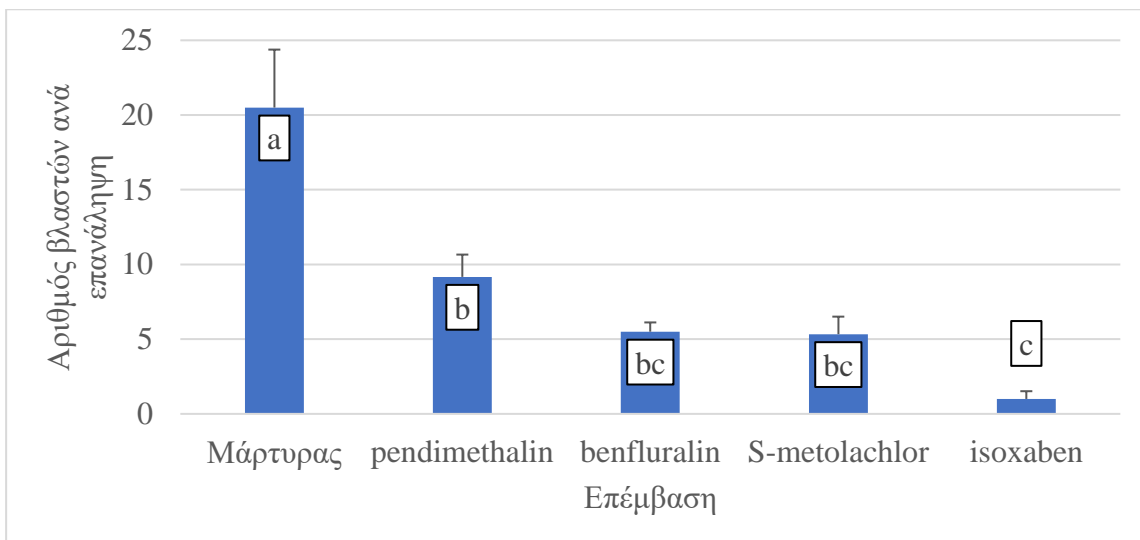
Γράφημα 20: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους των φυτών και του δείκτη NDVI

3.3.1.2. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

Η μέτρηση των τιμών του NDVI και της φωτοσυνθετικά ενεργούς επιφανείας των φυτών έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p<0.001$; $LSD=0.051$), ενώ τα φυτά του απέκαστου μάρτυρα δεν διέφεραν σημαντικά από αυτά όπου εφαρμόστηκε pendimethalin (Γράφημα 21). Αυτές οι διαφορές δικαιολογούνται και από τον συνολικό αριθμό των βλαστών που επιβίωσαν από τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα, καθώς και εκεί παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p<0.001$; $LSD=5.72$) (Γράφημα 22). Η μεγαλύτερη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων του *S. elaeagnifolium* παρουσιάστηκε στη επέμβαση με isoxaben. Συνολικά, σε αυτό το πείραμα επιβεβαιώθηκε το μικρό ποσοστό φυτρώματος των σπόρων του ζιζανίου καθώς στον απέκαστο μάρτυρα φύτρωσε το 41% των σπόρων που σπάρθηκαν. Βέβαια, η εφαρμογή των προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων είχε περαιτέρω επίδραση στη παρεμπόδιση του φυτρώματος καθώς μόλις το 18% των εν δυνάμει βλαστών ($n=50$) καταμετρήθηκε στην εφαρμογή με pendimethalin, το 11% στην εφαρμογή με benfluralin, το 11% στην εφαρμογή με S-metolachlor και το 2% στην εφαρμογή με isoxaben.

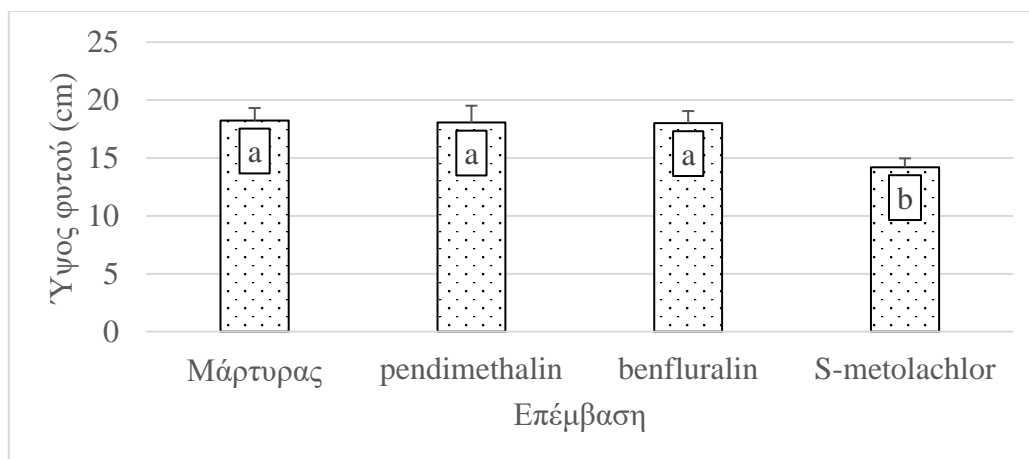


Γράφημα 21: Τιμή NDVI των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

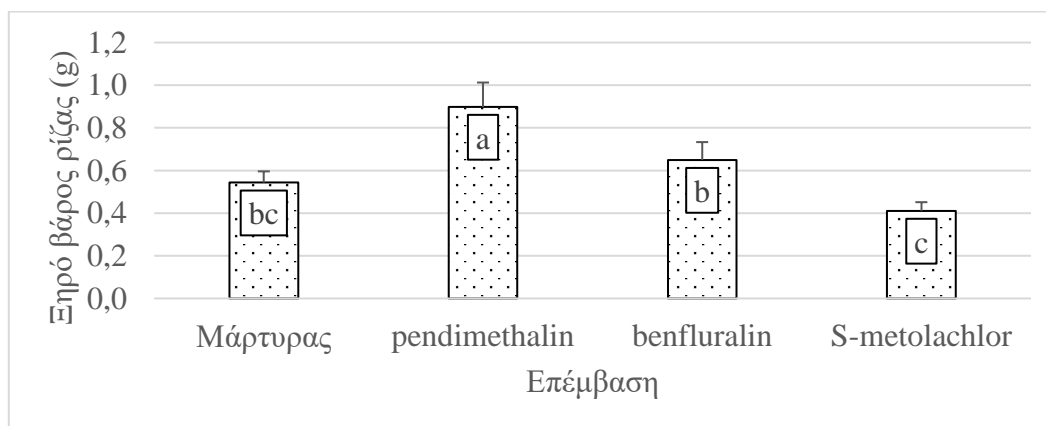


Γράφημα 22: Αριθμός βλαστών *Solanum elaeagnifolium* ανά επέμβαση 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

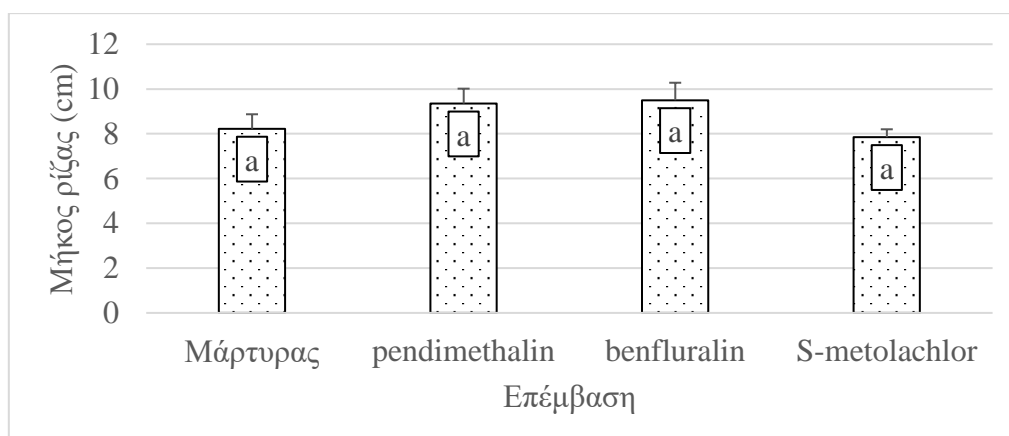
Η εφαρμογή των προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων επηρέασε σημαντικά το καθορισμό των τιμών του ύψους ($p=0.0342$; $LSD=3.15$; Γράφημα 23; Πίνακας 41) και του ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος των φυτών ($p=0.0003$; $LSD=0.22$; Γράφημα 24) που επιβίωσαν. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για τις τιμές του μήκους της ρίζας ($p=0.1779$; $LSD=1.78$; Γράφημα 25) και του ξηρού βάρους των βλαστών ($p=0.1617$; $LSD=0.3$; Γράφημα 26).



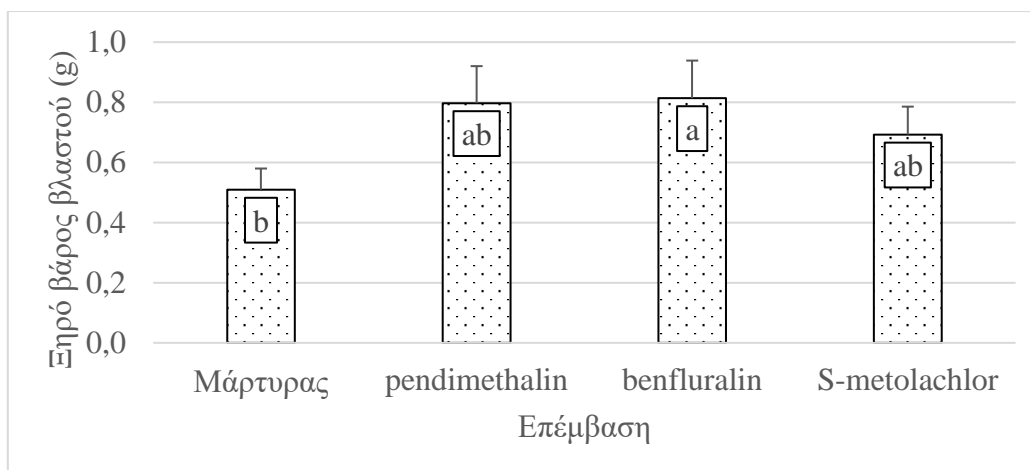
Γράφημα 23: Ύψος φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων



Γράφημα 24: Ξηρό βάρος ρίζας φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων



Γράφημα 25: Μήκος ρίζας φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων



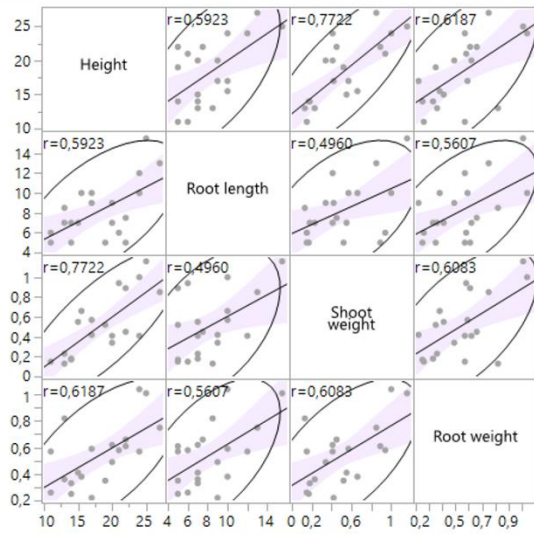
Γράφημα 26: Ξηρό βάρος βλαστών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

Πίνακας 41: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της επέμβασης στο καθορισμό των τιμών του ύψους και ξηρού βάρους των βλαστών, και του μήκους και ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο 50 ημέρες μετά την εφαρμογή προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων

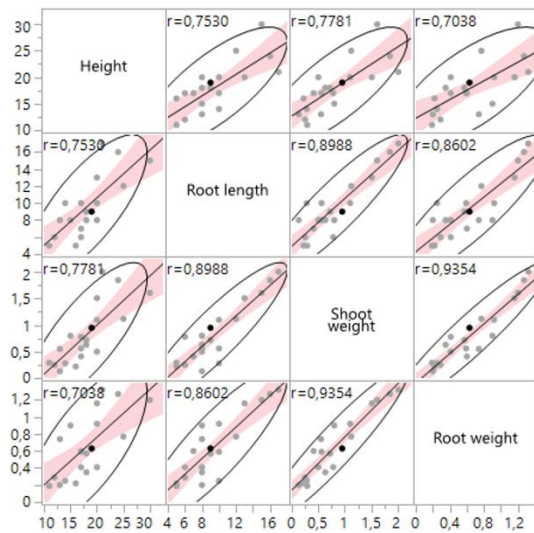
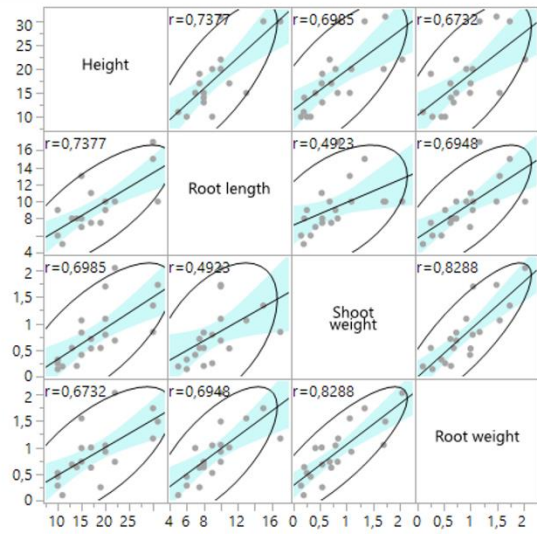
Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob>F
Ύψος					
Επέμβαση	3	227,7344	75,9115	3,0358	0,0342
Σφάλμα	76	1900,3875	25,0051		
Σύνολο	79	2128,1219			
Μήκος ρίζας					
Επέμβαση	3	40,13438	13,3781	1,6824	0,1779
Σφάλμα	76	604,3375	7,9518		
Σύνολο	79	644,47188			
Ξηρό βάρος βλαστού					
Επέμβαση	3	1,17585	0,39195	1,7612	0,1617
Σφάλμα	76	16,91383	0,22255		
Σύνολο	79	18,08968			
Ξηρό βάρος ριζικού					
Επέμβαση	3	2,556784	0,852261	6,99	0,0003
Σφάλμα	76	9,266385	0,121926		
Σύνολο	79	11,823169			

Οι πολλαπλές γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων (ύψος, μήκος ριζικού, βάρος βλαστού και βάρος ριζικού) για το μάρτυρα και τρία προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα, έδειξαν ότι όλες οι σχέσεις είναι θετικές (Εικόνα 46). Ωστόσο, για κάποιες παραμέτρους είναι πιο ισχυρές σε ένα ζιζανιοκτόνο από τα άλλα, όπως στη περίπτωση της συσχέτισης του μήκους της ρίζας και του ξηρού βάρους του ριζικού συστήματος ($r=0.86$) όπου εφαρμόστηκε benfluralin. Μία ακόμα διαφορά είναι ότι εκεί που εφαρμόστηκε S-metolachlor τα φυτά που επιβίωσαν είχαν πιο αργή ανάπτυξη και για αυτό υπήρχε πολύ μικρή θετική συσχέτιση του βάρους των βλαστών με το βάρος του ριζικού ($r=0.16$) (Εικόνα 47).

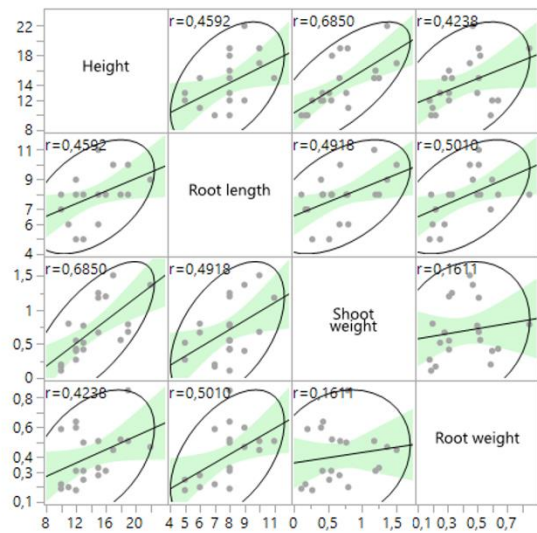
μάρτυρας



pendimethalin



benfluralin



S-metolachlor

Εικόνα 46: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του μήκους της ρίζας (root length), του ξηρού βάρους της ρίζας (root weight), του ύψους του βλαστού (height) και του ξηρού βάρους του βλαστού (shoot weight) φυτών *Solanum elaeagnifolium* που μεταχειρίστηκαν με pendimethalin, benfluralin, και S-metolachlor



Εικόνα 47: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων *Solanum elaeagnifolium* στις 24/7/2022 ή 20 μέρες από την εφαρμογή (A) και 23/8/2022 ή 50 μέρες από την εφαρμογή (B)

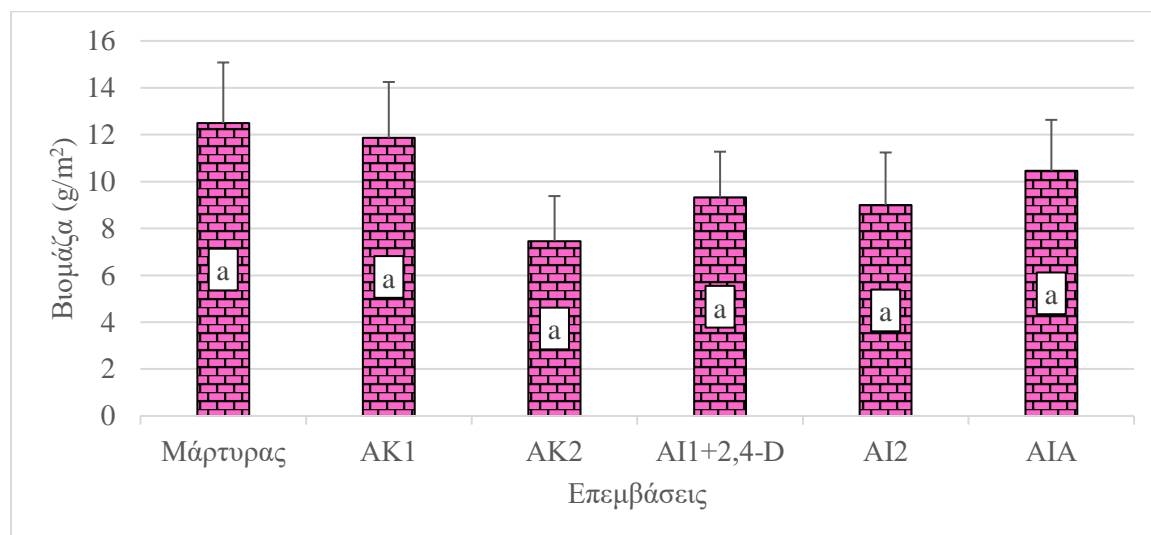
3.3.1.3. Πείραμα αξιολόγησης του σταδίου ανάπτυξης ως προς την ευαισθησία σε διαφορετικά σκευάσματα του ζιζανιοκτόνου glyphosate

Ο έλεγχος κυμάνθηκε μεταξύ 92-97% όταν τα σκευάσματα του glyphosate εφαρμόστηκαν σε φυτά που βρίσκονταν στη βλαστητική ανάπτυξη, 37-91% στα φυτά που βρίσκονταν στην ανθοφορία και 77-100 % σε φυτά που βρίσκονταν στην καρποφορία (Πίνακας 42). Η μείωση των αναδυόμενων βλαστών ένα χρόνο μετά την εφαρμογή δεν ήταν σημαντική για κανένα σκεύασμα του glyphosate και για κανένα στάδιο ανάπτυξης, παρόλο που στα σημεία όπου το glyphosate εφαρμόστηκε στο στάδιο της ανθοφορίας των φυτών παρατηρήθηκε μία μείωση της πυκνότητας της τάξης του 15-20% σε σχέση με τη πυκνότητα των φυτών ανά τετραγωνικό το 2020.

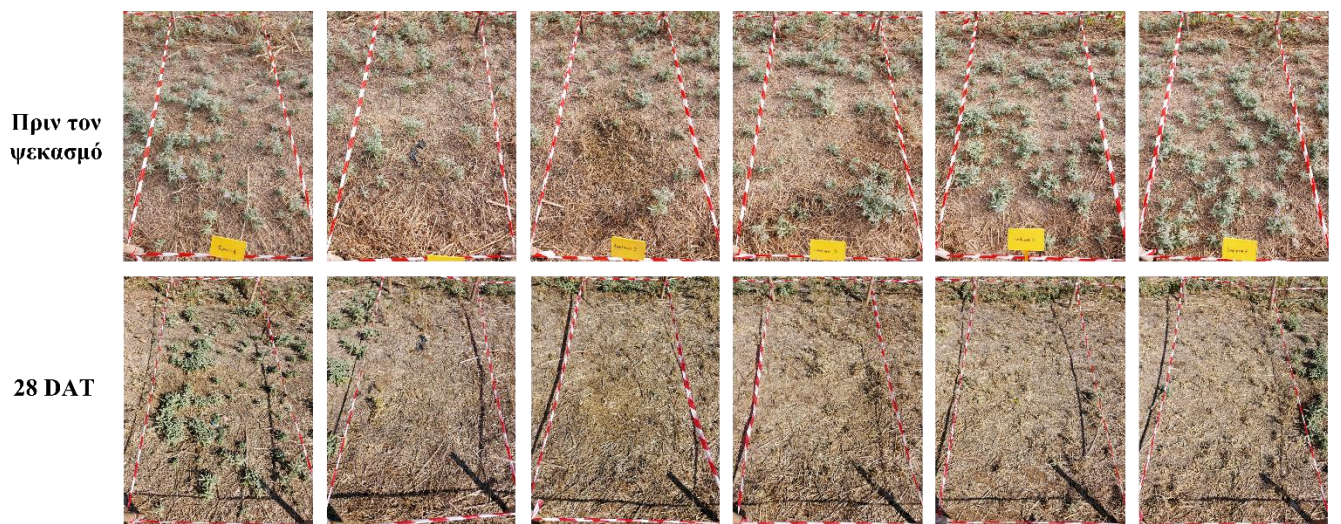
Πίνακας 42: Αποτελεσματικότητα (ως το ποσοστό της μείωσης των βλαστών ανά επέμβαση προς τον ανέκαστο μάρτυρα) διαφορετικών αλάτων glyphosate 28 ημέρες μετά το ψεκάσμο εναντίον φυτών που βρίσκονταν σε βλαστητικό στάδιο, στην ανθοφορία ή στη καρποφορία

Επέμβαση	Βλαστητικό στάδιο	Ανθοφορία	Καρποφορία
	%		
Άλας καλίου (58.8%)	92	37	88
Άλας καλίου (44.1%)	94	52	82
Άλας ισοπροπυλαμίνης (32.4%) + 2,4-D	97	91	77
Άλας ισοπροπυλαμίνης (48.6%)	92	69	100
Άλας ισοπροπυλαμίνης (65.59%) + Άλας αμμωνίου (5.94%)	97	70	79

Το άλας στο σκεύασμα του glyphosate δεν είχε καμία στατιστικώς σημαντική επίδραση στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας των φυτών που ψεκάστηκαν στο βλαστητικό στάδιο ($p=0.622$). Η μεγαλύτερη μείωση της βιομάζας σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα σημειώθηκε στα φυτά όπου εφαρμόστηκε άλας καλίου με συγκέντρωση άλατος 44.1% (Γράφημα 27, Εικόνα 48).



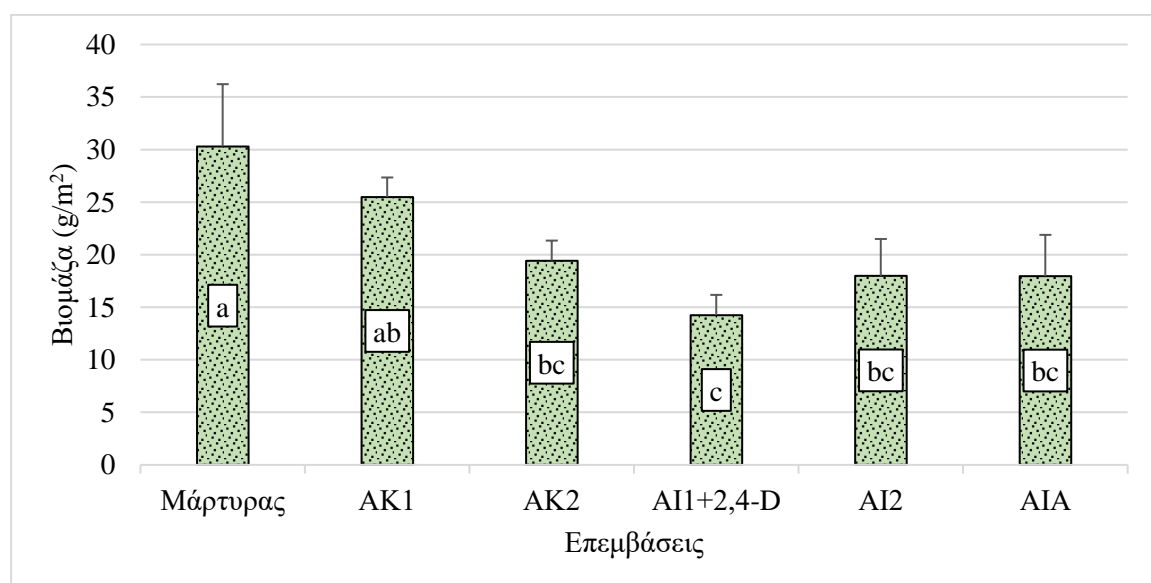
Γράφημα 27: Βιομάζα (g/m²) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονταν στο βλαστητικό στάδιο στα 5-10 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D: άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%



Μεταχείριση	Μάρτυρας	AK1	AK2	AI1+2,4-D	AI2	AIA
Συγκέντρωση glyphosate	-	48%	36%	24%	36%	54%
Υπό μορφή άλατος	-	καλίου	καλίου	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης+αμμωνίου
Συγκέντρωση άλατος	-	58.8%	44.1%	32.4%	48.6%	65.59% + 5.94%

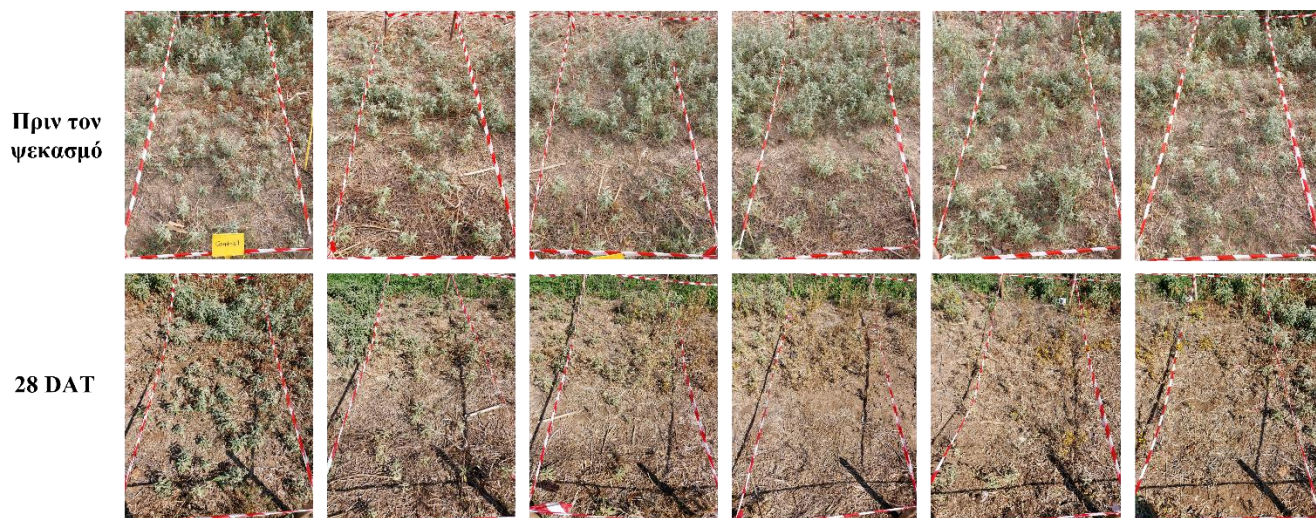
Εικόνα 48: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από αγνή πολλαπλασιασμό και βρίσκονται σε βλαστητικό στάδιο κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων

Στο στάδιο της ανθοφορίας, η μεγαλύτερη μείωση της βιομάζας των φυτών *S. elaeagnifolium* 4 εβδομάδες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων καταγράφηκε στα plots όπου εφαρμόστηκε σκευάσματα που περιείχαν άλας ισοπροπυλαμίνης (40.6-53% μείωση βιομάζας σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα) (Γράφημα 28, Εικόνα 49). Η επίδραση του άλατος στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας ήταν οριακά μη στατιστικώς σημαντική ($p=0.0657$).



Γράφημα 28: Βιομάζα (g/m^2) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονται στην ανθοφορία στα 10-30 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D:

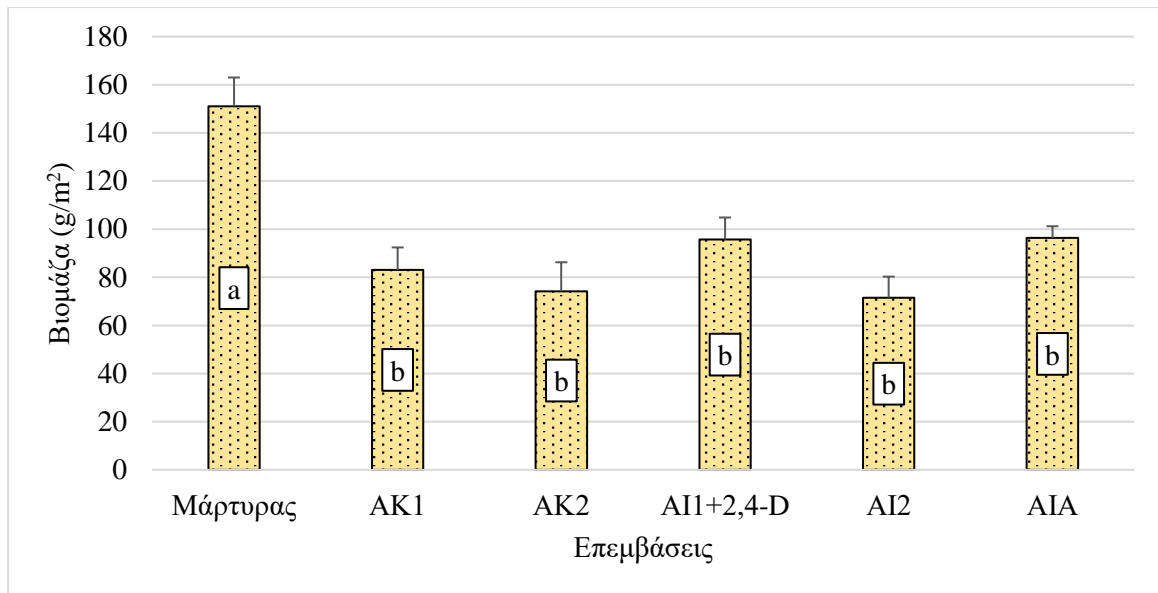
άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%



<i>Μεταχείριση</i>	Μάρτυρας	AK1	AK2	AI1+2,4-D	AI2	AIA
<i>Συγκέντρωση glyphosate</i>	-	48%	36%	24%	36%	54%
<i>Υπό μορφή άλατος</i>	-	καλίου	καλίου	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης+ αμμωνίου
<i>Συγκέντρωση άλατος</i>	-	58.8%	44.1%	32.4%	48.6%	65.59% + 5.94%

Εικόνα 49: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονται στο στάδιο της ανθοφορίας κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων

Στο στάδιο της καρποφορίας παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση της βιομάζας σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα για όλες τις επεμβάσεις (Γράφημα 29, Εικόνα 50). Το άλας του glyphosate είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας ($p=0.0008$).



Γράφημα 29: Βιομάζα (g/m²) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή διαφορετικών σκευασμάτων του glyphosate όταν τα φυτά βρίσκονταν στη καρποφορία στα 60-80 cm. AK1: άλας καλίου 58.8%; AK2: άλας καλίου 44.1%; AI1+2,4-D: άλας ισοπροπυλαμίνης 32.4%; AI2: άλας ισοπροπυλαμίνης 48.6%; AIA: άλας ισοπροπυλαμίνης 65.59% + άλας αμμωνίου 5.94%



Μεταχείριση	Μάρτυρας	AK1	AK2	AI1+2,4-D	AI2	AIA
Συγκέντρωση glyphosate	-	48%	36%	24%	36%	54%
Υπό μορφή άλατος	-	καλίου	καλίου	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης	ισοπροπυλαμίνης+ αμμωνίου
Συγκέντρωση άλατος	-	58.8%	44.1%	32.4%	48.6%	65.59% + 5.94%

Εικόνα 50: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών σκευασμάτων του διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate 28 ημέρες από την εφαρμογή εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν στο στάδιο της καρποφορίας κατά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων

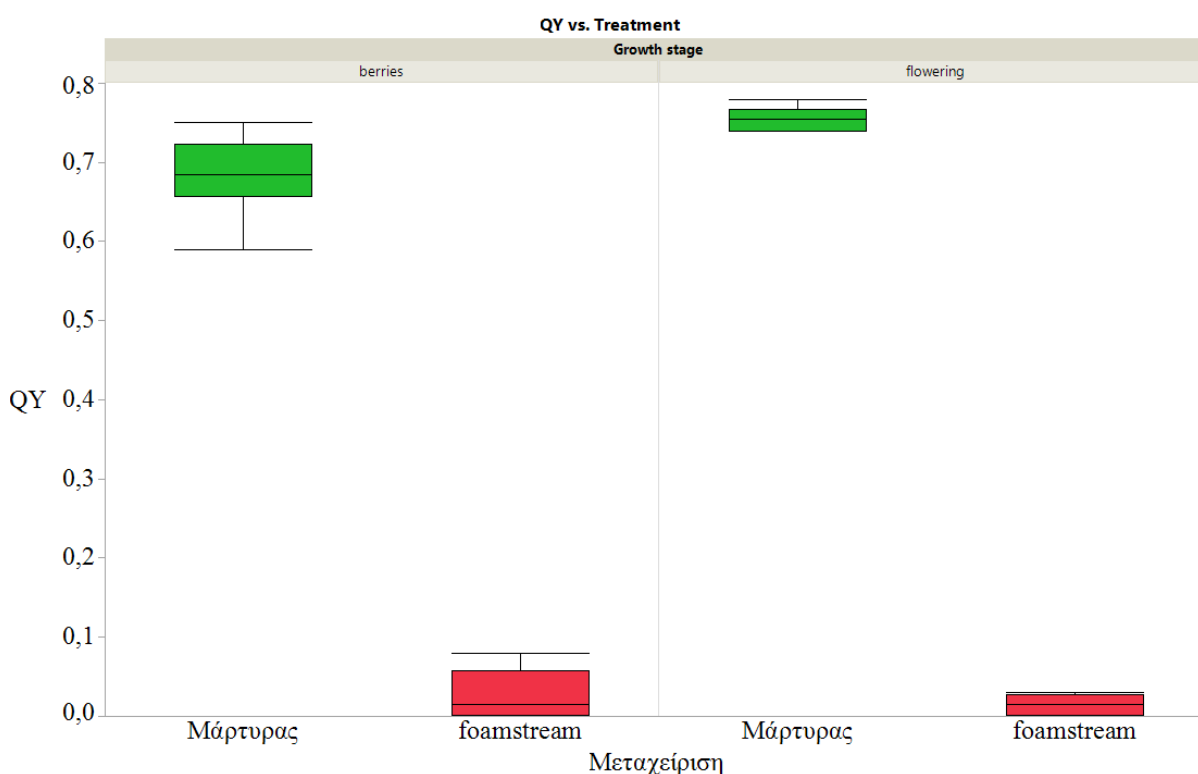
3.3.2. Πειράματα διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* με μη-χημικές μεθόδους

Πείραμα 2021: Ζεστός αφρός στα στάδια της ανθοφορίας και καρποφορίας

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν για τις τιμές της φωτοσυνθετικής ικανότητας (QY), έδειξαν ότι ο ζεστός αφρός μειώνει δραστικά τη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων του *S. elaeagnifolium* μόλις λίγες ώρες μετά την εφαρμογή (Εικόνα 51). Συγκεκριμένα, το στάδιο ανάπτυξης όπου έγινε η εφαρμογή, η επέμβαση αλλά και ο συνδυασμός τους είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στον καθορισμό των τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας (Πίνακας 43).

Πίνακας 43: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του σταδίου ανάπτυξης (ανθοφορία, καρποφορία) και της επέμβασης (ζεστός αφρός) στον καθορισμό των τιμών της φωτοσυνθετικής ικανότητας (QY) φύλλων *Solanum elaeagnifolium*

Πηγή	BE	AT	F ratio	Pvalue
Στάδιο ανάπτυξης (Σ)	1	0,0065	6,9234	0,0137
Επέμβαση (M)	1	3,9011	4102,37	<0,0001
Σ*M	1	0,0144	15,2402	0,0005
Σφάλμα	28	0,0266		
Σύνολο	31	3,9488		



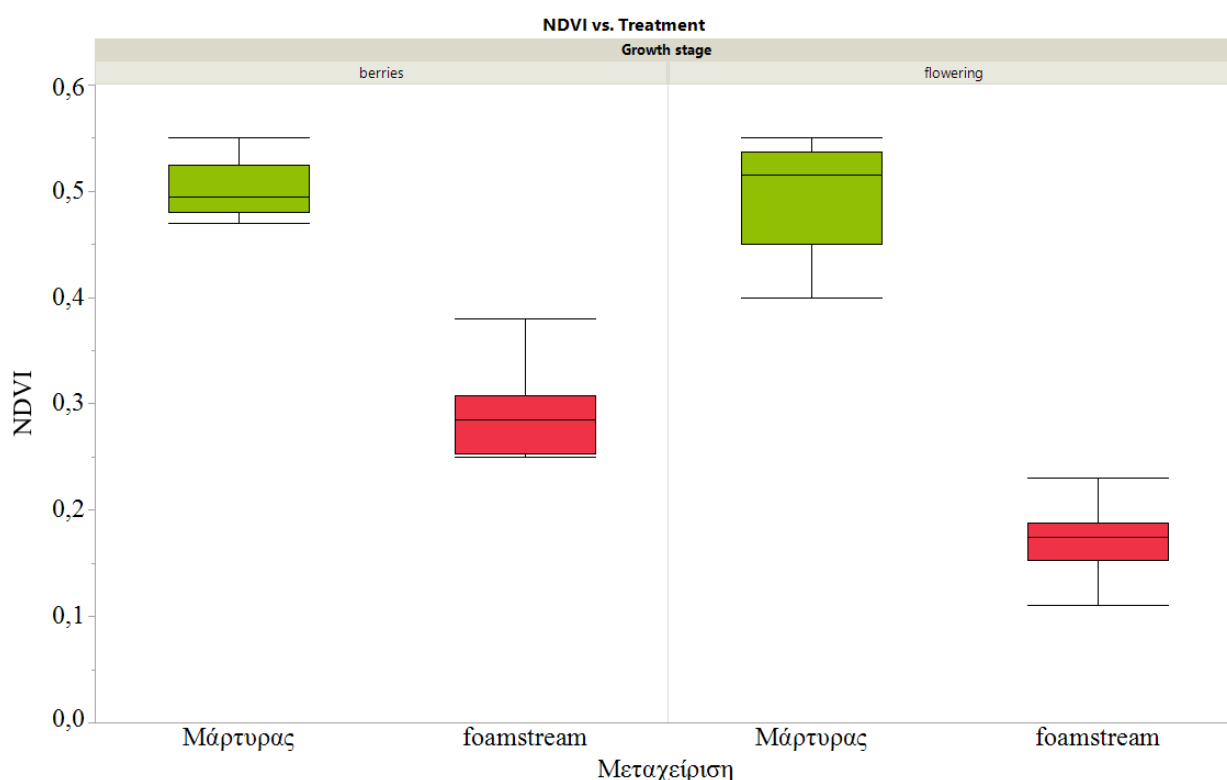
Εικόνα 51: Φωτοσυνθετική ικανότητα (QY) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 4 ώρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam) στα στάδια της ανθοφορίας (δεξιά στήλη) και καρποφορίας (αριστερή στήλη)

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν για τις τιμές του NDVI, έδειξαν ότι ο ζεστός αφρός μειώνει δραστικά τη τιμή του μόλις λίγες ώρες μετά την εφαρμογή (Εικόνα 52). Συγκεκριμένα, το στάδιο ανάπτυξης όπου έγινε η εφαρμογή, η επέμβαση αλλά και ο

συνδυασμός τους είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στον καθορισμό των τιμών του NDVI (Πίνακας 44).

Πίνακας 44: Ανάλυση διακύμανσης για την επίδραση του σταδίου ανάπτυξης (ανθοφορία, καρποφορία) και της επέμβασης (ζεστού αφρού) στον καθορισμό των τιμών του NDVI φυτών *Solanum elaeagnifolium*

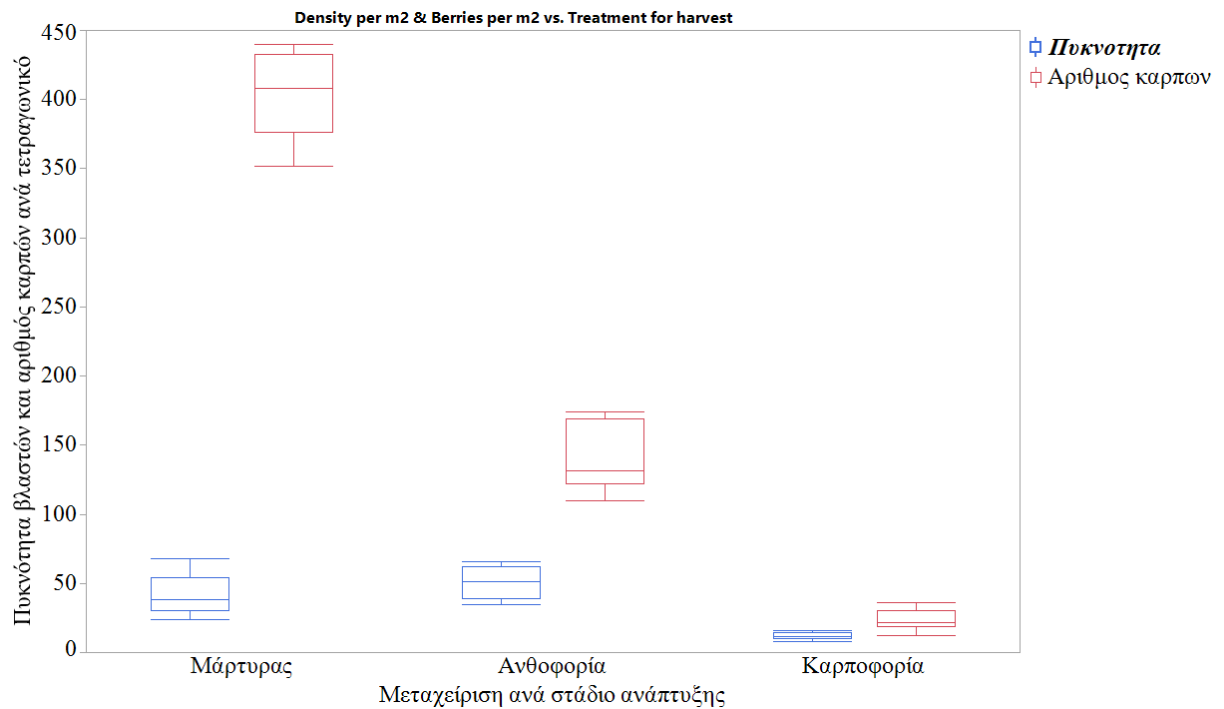
Πηγή	BE	AT	F ratio	Pvalue
Στάδιο ανάπτυξης (Σ)	1	0,0306	18,74	0,0002
Επέμβαση (M)	1	0,5751	351,89	<0,0001
Σ*M	1	0,0258	15,8337	0,0004
Σφάλμα	28	0,0457		
Σύνολο	31	0,6773		



Εικόνα 52: Τιμή NDVI των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 4 ώρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam) στα στάδια της ανθοφορίας (δεξιά στήλη) και καρποφορίας (αριστερή στήλη)

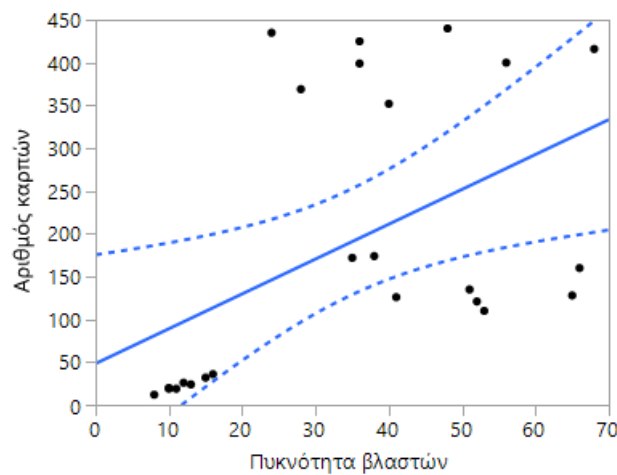
Η εφαρμογή ζεστού αφρού μειώνει σημαντικά τον αριθμό των παραγόμενων καρπών, και κατ'επέκταση των σπόρων, όταν αυτός εφαρμόζεται σε φυτά *S. elaeagnifolium* που βρίσκονται στο στάδιο της ανθοφορίας και ακόμα περισσότερο όταν βρίσκονται στο στάδιο της καρποφορίας (Εικόνα 53). Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο ανταγωνισμός που ενδεχομένως υπάρχει λόγω της παρουσίας του ζιζανίου δεν αμβλύνεται με καθυστερημένη εφαρμογή. Στη περίπτωση αυτού του πειράματος, μπορεί η εφαρμογή του ζεστού αφρού στο στάδιο της ανθοφορίας να μειώνει σημαντικά τη παραγωγή σπόρων και κατ'επέκταση τη τροφοδότηση της τράπεζας σπόρων του εδάφους, ωστόσο δεν αποτελεί αποτελεσματικό μέτρο αντιμετώπισης του ζιζανίου κατά τη θερινή περίοδο. Αυτό συμβαίνει διότι δεν επηρεάζονται επαρκώς τα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα του *S. elaeagnifolium* και οι αναβλαστήσεις είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσουν σε αύξηση του αριθμού των βλαστών κατά τη χρονιά

εφαρμογής. Περισσότερες λεπτομέρειες για την αποτελεσματικότητα της τεχνικής του ζεστού αφρού αναφέρονται στην ενότητα της Συζήτησης.



Εικόνα 53: Πυκνότητα βλαστών (μπλε) και αριθμός καρπών (κόκκινο) ανά m^2 70 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού από φυτά *Solanum elaeagnifolium* που βρίσκονταν στην ανθοφορία και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού από φυτά που βρίσκονταν στη καρποφορία

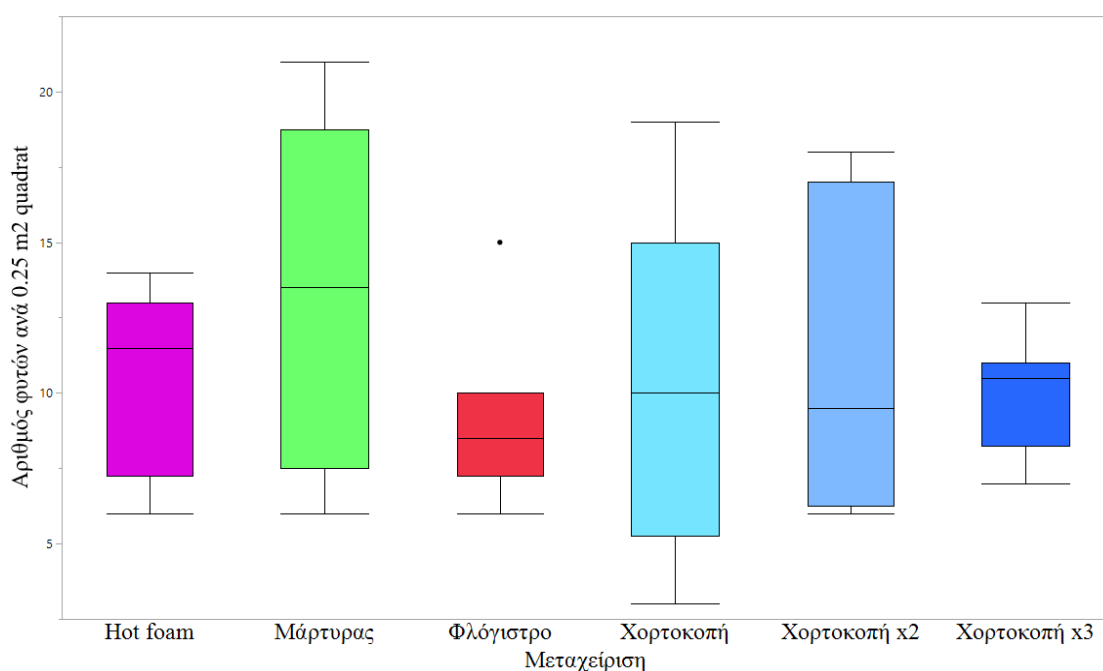
Η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των καρπών και της πυκνότητας των φυτών μετά την εφαρμογή του ζεστού αφρού ήταν θετική, αλλά όχι ισχυρή ($r=0.49$) (Εικόνα 54).



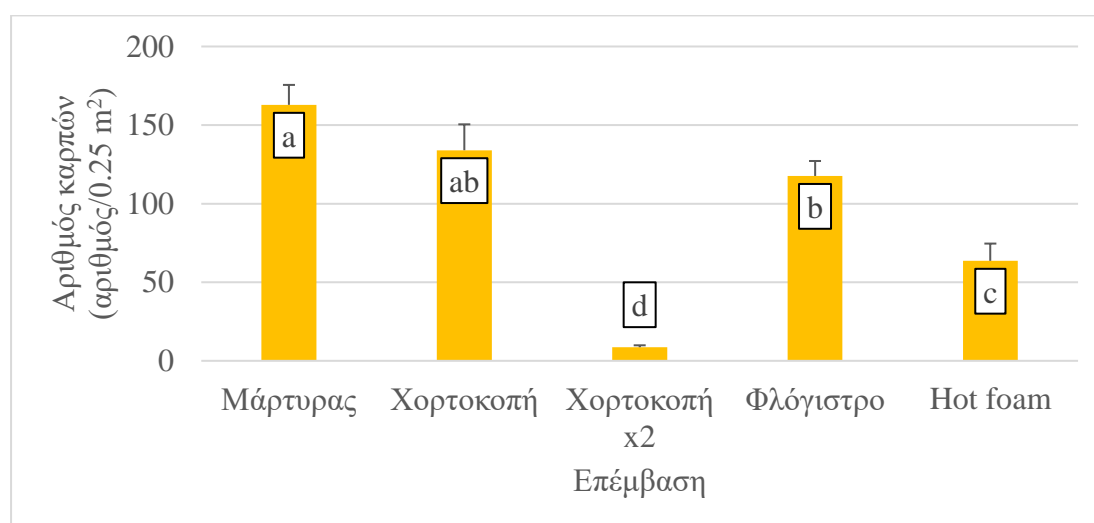
Εικόνα 54: Συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των καρπών και της πυκνότητας των βλαστών του *Solanum elaeagnifolium* μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού

Πείραμα 2022: Ζεστός αφρός, χορτοκοπή και φλόγιστρο σε βλαστητικό στάδιο

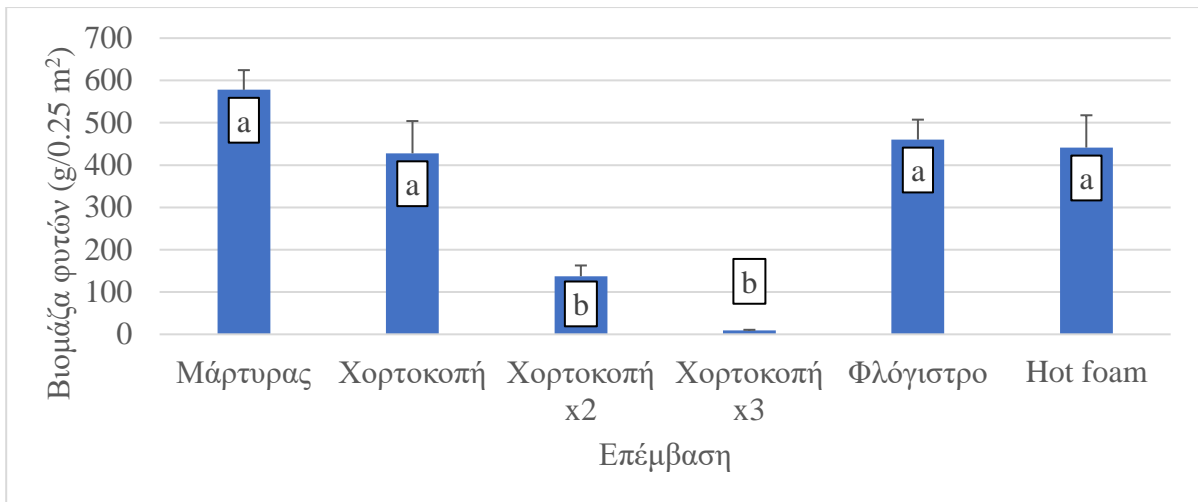
Οι μετρήσεις που αφορούσαν τον αριθμό των φυτών ανά 0.25 m² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($p=0.5402$; $LSD=4.29$; Εικόνα 55), ενώ υπήρχαν διαφορές στον αριθμό των καρπών ($p<0.001$; $LSD=32.59$; Γράφημα 30) και στη βιομάζα ($p<0.0001$; $LSD=150.51$; Γράφημα 31). Συνολικά, η εφαρμογή του ζεστού αφρού ήταν η πιο αποτελεσματική στη μείωση του αριθμού των καρπών. Ο αριθμός των βλαστών ανά 0.25 m² quadrat αυξήθηκε μόνο στην εφαρμογή με ζεστό αφρό αλλά όχι σε σημείο που να ξεπερνάει την αρχική πυκνότητα κατά πολύ (Γράφημα 32).



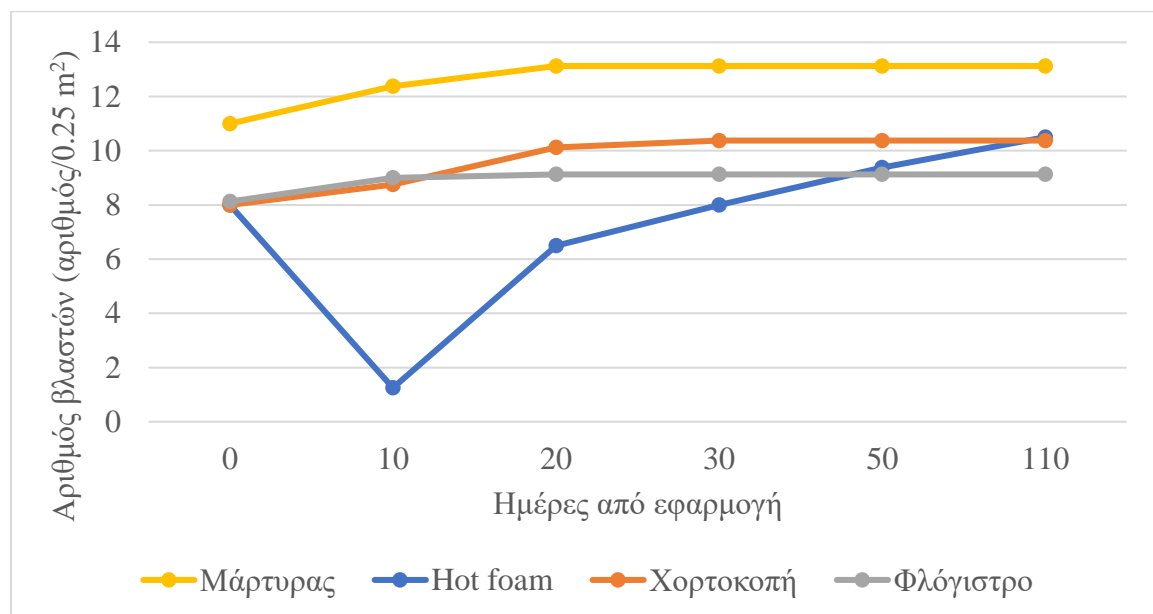
Εικόνα 55: Αριθμός φυτών *S. elaeagnifolium* ανά 0.25 m² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρο και χορτοκοπής (μία έως τρεις φορές)



Γράφημα 30: Αριθμός καρπών *S. elaeagnifolium* ανά 0.25 m² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρο και χορτοκοπής (μία έως δύο φορές)

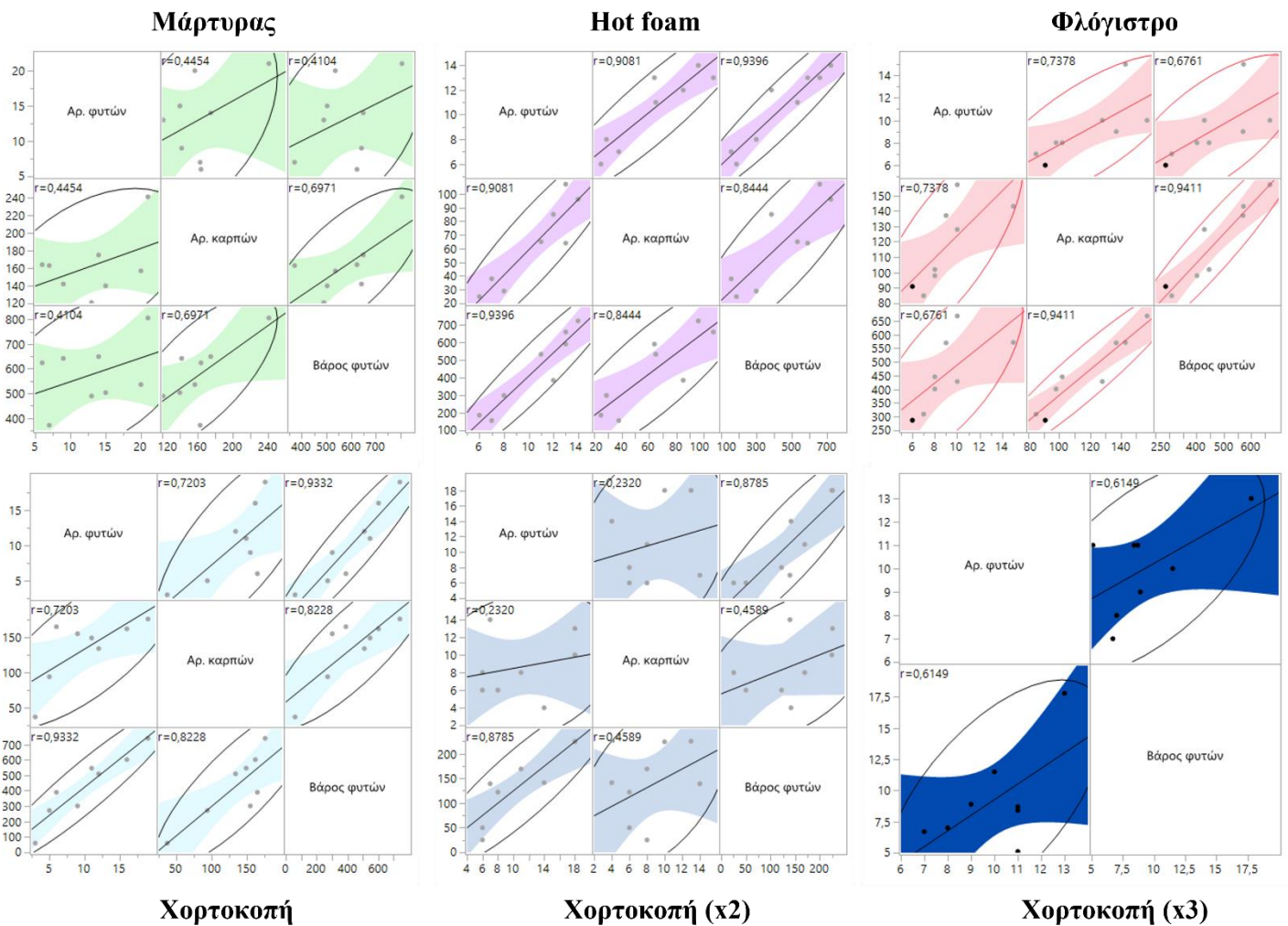


Γράφημα 31: Βιομάζα φυτών *S. elaeagnifolium* ανά 0.25 m² quadrat 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρο και χορτοκοπής (μία έως τρεις φορές)



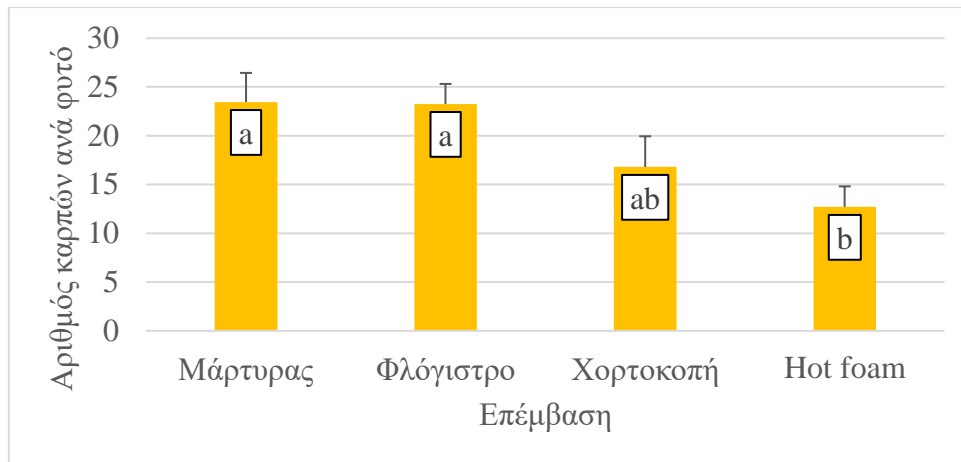
Γράφημα 32: Αριθμός βλαστών *Solanum elaeagnifolium* ανά 0.25 m² πριν, μία ώρα μετά, 10, 20, 30 50 και 110 μέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού, χορτοκοπής και φλόγιστρο

Οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των φυτών, του αριθμού των καρπών και της βιομάζας φυτών *S. elaeagnifolium* έδειξε ότι τα φυτά που μεταχειρίστηκαν είτε με ζεστό αφρό, είτε με χορτοκοπή είτε με φλόγιστρο είχαν πιο υψηλές συσχετίσεις σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Εικόνα 56). Αυτό ενδεχομένως μπορεί να συνδεθεί με την αργή ανάπτυξη των φυτών του μάρτυρα και το κλείσιμο του βιολογικού κύκλου, σε αντίθεση με τα φυτά που κόπηκαν ή νεκρώθηκαν και μίκρυνε ο βιολογικός τους κύκλος.

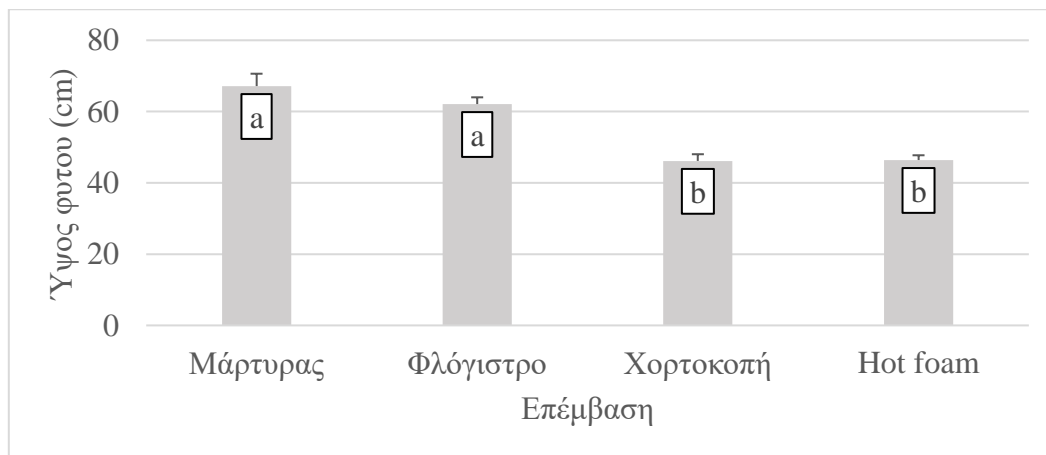


Εικόνα 56: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των φυτών, του αριθμού των καρπών και της βιομάζας φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε 0.25 m² quadrat που μεταχειρίστηκαν με ζεστό αφρό (hot foam), φλόγιστρο, και χορτοκοπή (μία έως τρεις φορές) 170 ημέρες μετά την εφαρμογή

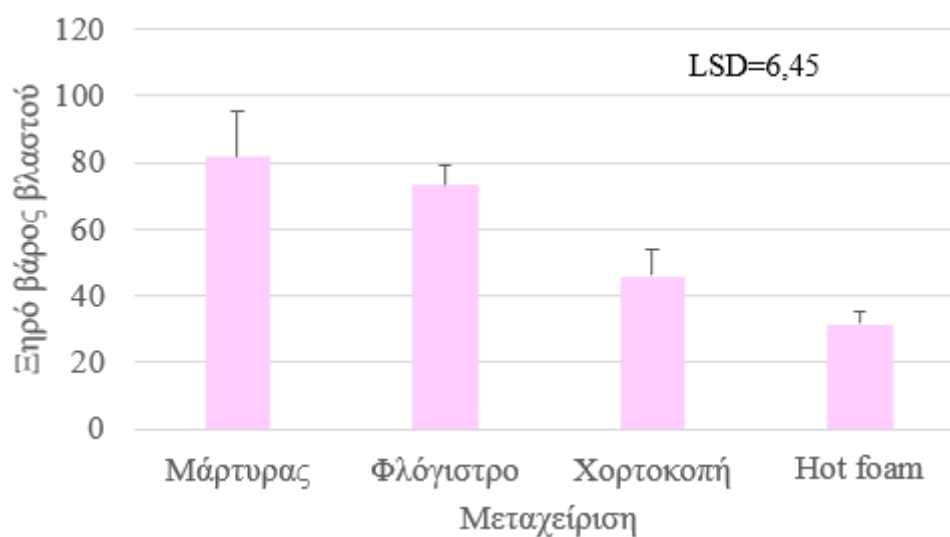
Όσον αφορά τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ανά φυτό έδειξαν ότι η εφαρμογή ζεστού αφρού είχε σημαντική επίδραση στη μείωση του αριθμού των καρπών, στο ύψος και στο ξηρό βάρος του βλαστού σε σχέση με τον αμεταχειριστο μάρτυρα, αλλά και την θερμική μέθοδο με χρήση φλόγιστρο (Γράφημα 33, 34, 35). Συγκεκριμένα, για τον αριθμό των καρπών ανά φυτό βρέθηκε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p=0.0106$; $LSD=7.34$). Το ίδιο σημειώθηκε και για το ύψος του φυτού ($p<0.0001$; $LSD=6.45$). Για το ξηρό βάρος των φυτών σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p<0.0001$; $ChiSquare=22.33$).



Γράφημα 33: Αριθμός καρπών ανά φυτό *S. elaeagnifolium* 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής

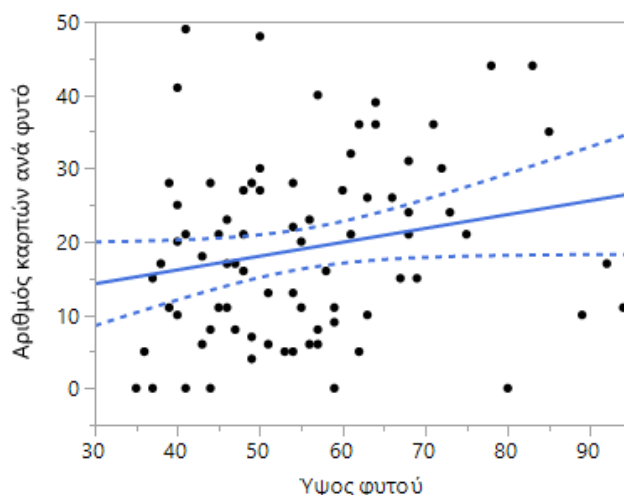


Γράφημα 34: Ύψος φυτών *S. elaeagnifolium* 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής



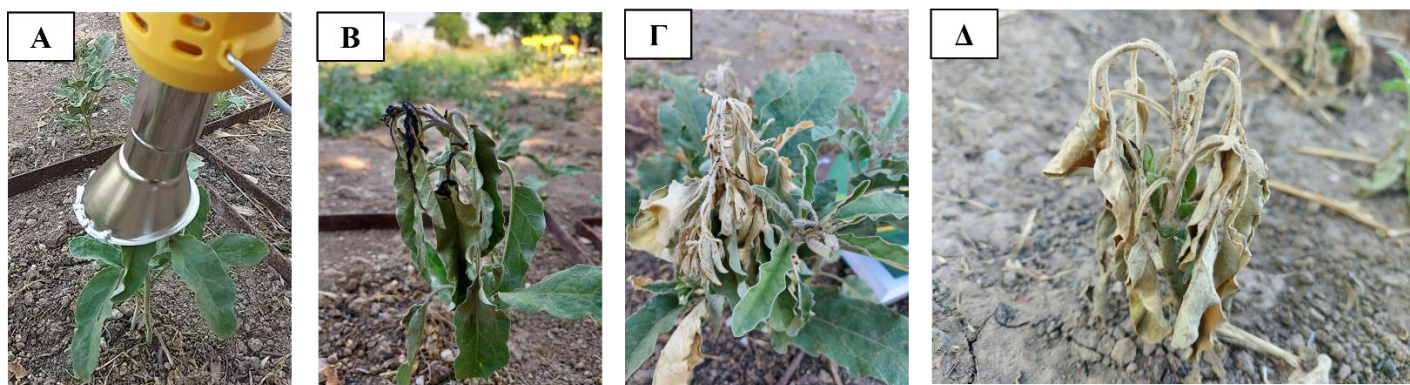
Γράφημα 35: Ξηρό βάρος φυτών *S. elaeagnifolium* 170 ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), φλόγιστρου και χορτοκοπής

Η γραμμική συσχέτιση του αριθμού των καρπών ανά φυτό με το ύψος του φυτού έδειξε μη ισχυρή θετική τιμή ($r=0.21$) με την εξίσωση που περιγράφει αυτή την συσχέτιση να είναι: $\text{Αριθμός καρπών ανά φυτό} = 8.57 + 0.19 * \text{Ύψος}$ (Εικόνα 57).



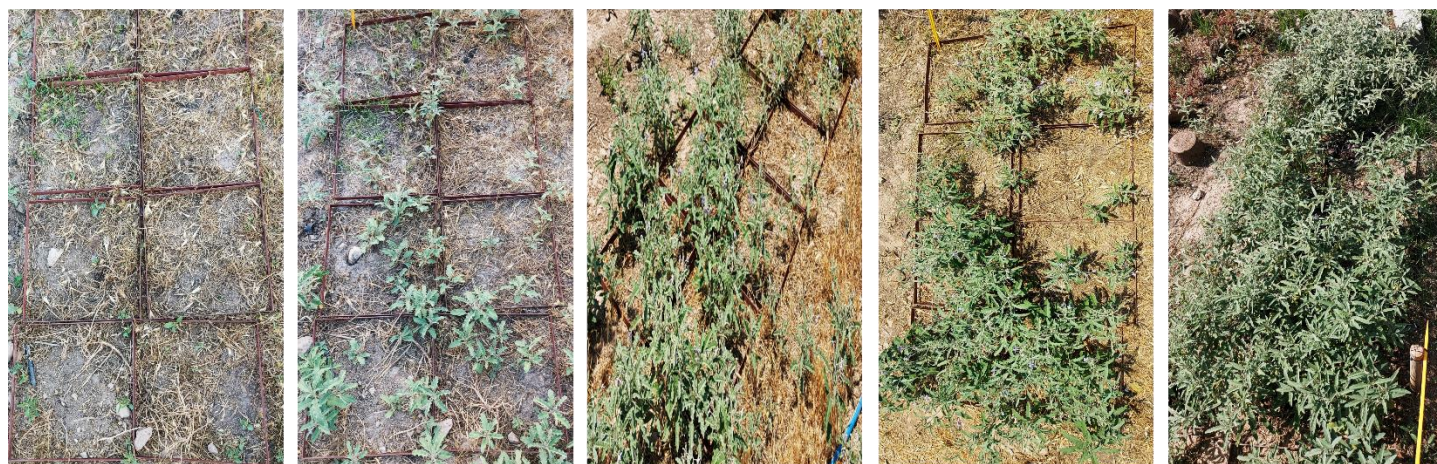
Εικόνα 57: Γραμμική συσχέτιση του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του ύψους του φυτού *Solanum elaeagnifolium*. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται για όλες τις επεμβάσεις (μάρτυρας, ζεστός αφρός, χορτοκοπή και φλόγιστρο)

Η χρήση φλόγιστρου δεν είχε σημαντική επίδραση στη μείωση του δυναμικού ανάπτυξης του ζιζανίου, καθώς παρατηρήθηκαν αναβλαστήσεις πολύ σύντομα (περίπου μία εβδομάδα) μετά την εφαρμογή (Εικόνα 58). Αυτή η παρατήρηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η χρήση φλόγας και γενικότερα οι θερμικές μέθοδοι ζιζανιοκτονίας που στοχεύουν συγκεκριμένους υπέργειους ιστούς του ζιζανίου αλλά δεν καλύπτουν εξολοκλήρου αυτούς, είναι αναποτελεσματικές για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium*, ανεξαρτήτως εάν τα φυτά προέρχονται από αγενή ή εγγενή πολλαπλασιασμό. Παρομοίως, μία χορτοκοπή πολύ νωρίς έως και αργά την άνοιξη, όπου τα φυτά βρίσκονται στην έντονη βλαστητική τους ανάπτυξη και πριν την ανθοφορία, κρίνεται αναποτελεσματική (Εικόνα 59).



Εικόνα 58: Απεικόνιση της εφαρμογής φλόγιστρου σε φυτό *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενο από αγενή πολλαπλασιασμό (Α), της επίδρασης του στο φύλλωμα (Β), των αναβλαστήσεων και της μερικής ξήρανσης που προκαλεί στα φυτά (Γ, Δ)

Χορτοκοπή



10 DAT

20 DAT

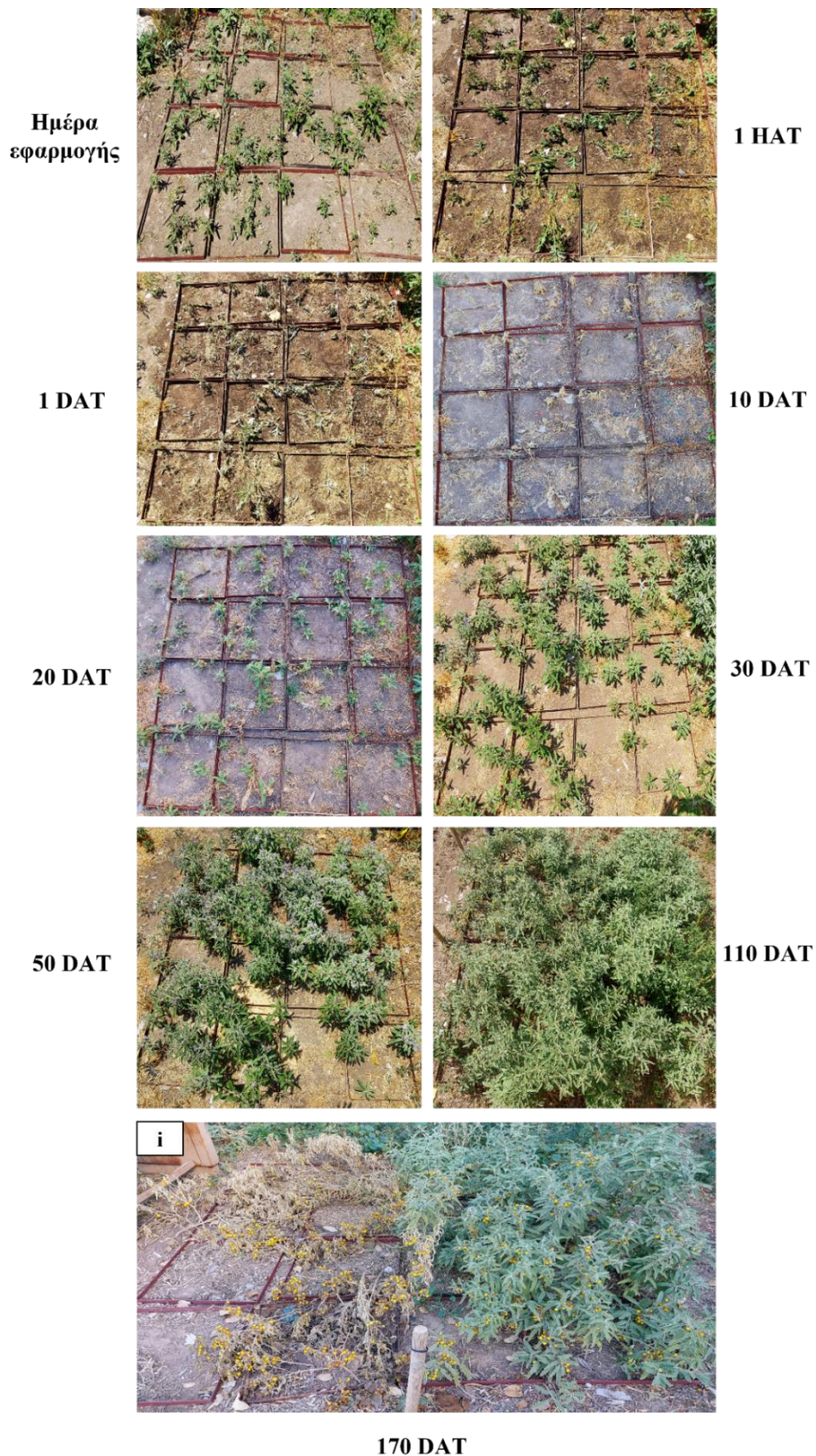
30 DAT

50 DAT

110 DAT

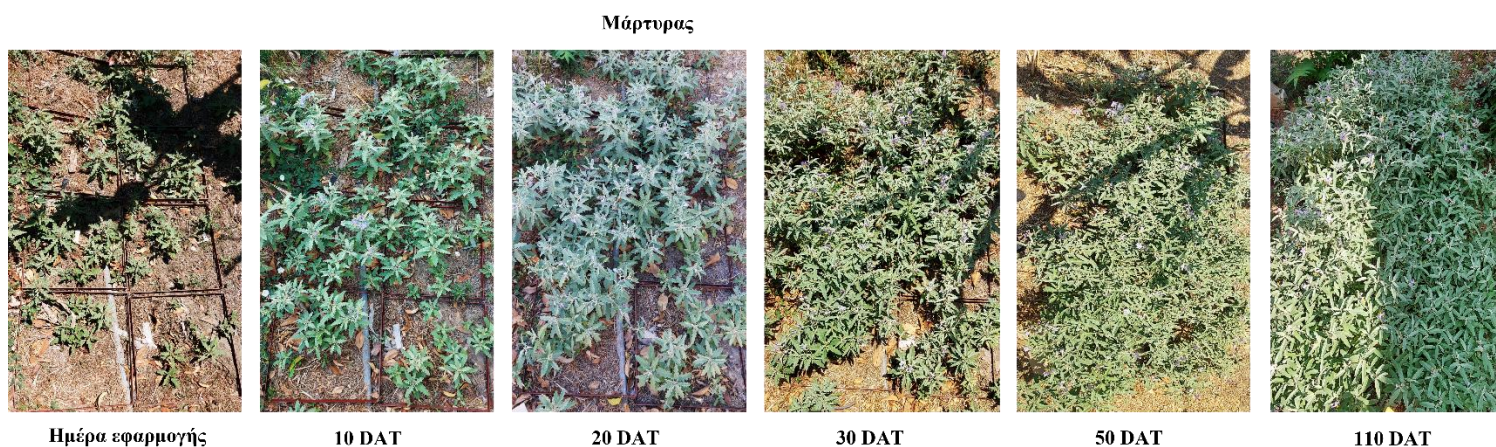
Εικόνα 59: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας χορτοκοπής ενάντια σε φυτά *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από αγνή πολλαπλασιασμό 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT).

Η απεικόνιση της πορείας της φυτείας συγκεκριμένες ημέρες μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού έδειξε ότι τα αποτελέσματα είναι ορατά πολύ νωρίς (μόλις 1 ώρα μετά την εφαρμογή) και νεκρώνουν όλα τα φυτά *S. elaeagnifolium* που βρίσκονται στη βλαστητική τους ανάπτυξη (Εικόνα 60). Ωστόσο, περίπου 3 εβδομάδες μετά από εφαρμογή την άνοιξη, νέα βλαστοί αναδύονται από υπόγειους οφθαλμούς που βρίσκονται στις ρίζες είτε από οφθαλμούς που βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και ανήκουν στους βλαστούς που είχαν νεκρωθεί. Αυτό το διάστημα είναι σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των 10 ημερών που προκύπτει από τη χορτοκοπή (Εικόνα 60) δίνοντας ένα πλεονέκτημα στη θερμική μέθοδο έναντι της μηχανικής. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μία μόνο εφαρμογή ζεστού αφρού δεν είναι αρκετή για τον έλεγχο του ζιζανίου, καθώς 110 μέρες από την εφαρμογή ο πληθυσμός έχει ανακάμψει και έχει σχηματιστεί πυκνό φύλλωμα, οδηγώντας τα φυτά να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος σε συνδυασμό με του προηγούμενου, υποδεικνύουν, ωστόσο, ότι ο ζεστός αφρός αποτελεί ένα ικανοποιητικό, περιβαλλοντικά φιλικό εργαλείο για τη μείωση της δυναμικής του ζιζανίου, του ρυθμού ανάπτυξης του και της σποροπαραγωγικής του ικανότητας. Το μόνο αρνητικό αποτέλεσμα που προκύπτει από τη χρήση του είναι η μικρή αύξηση της πυκνότητας των βλαστών που μπορεί να προκύπτει είτε από την έκθεση των ριζών σε νερό είτε από μία θερμική επαγωγή της αναβλάστησης.



Εικόνα 60: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας του ζεστού αφρού (hot foam) ενάντια σε φυτά *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από αγενή πολλαπλασιασμό 1 ώρα μετά την εφαρμογή (HAT), και 1, 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT). Στις 150 ημέρες μετά τη πρώτη εφαρμογή έγινε δεύτερη εφαρμογή ζεστού αφρού στα μισά τεμάχια, το αποτέλεσμα της οποίας απεικονίζεται στην εικόνα i

Συνολικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αμεταχειρίστος μάρτυρας είχε μία αργή και σταθερή ανάπτυξη και στα βλαστητικά και στα αναπαραγωγικά στάδια ενώ η ανθοφορία του ξεκίνησε μόλις στις αρχές Ιουνίου και διήρκησε μέχρι το Σεπτέμβριο, όπου εκείνη τη περίοδο είχαν σχηματιστεί και οι καρποί και ωρίμαζαν οι σπόροι (Εικόνα 61).



Εικόνα 61: Απεικόνιση των φυτών του αμεταχειρίστου μάρτυρα 10, 20, 30, 50 και 110 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT)

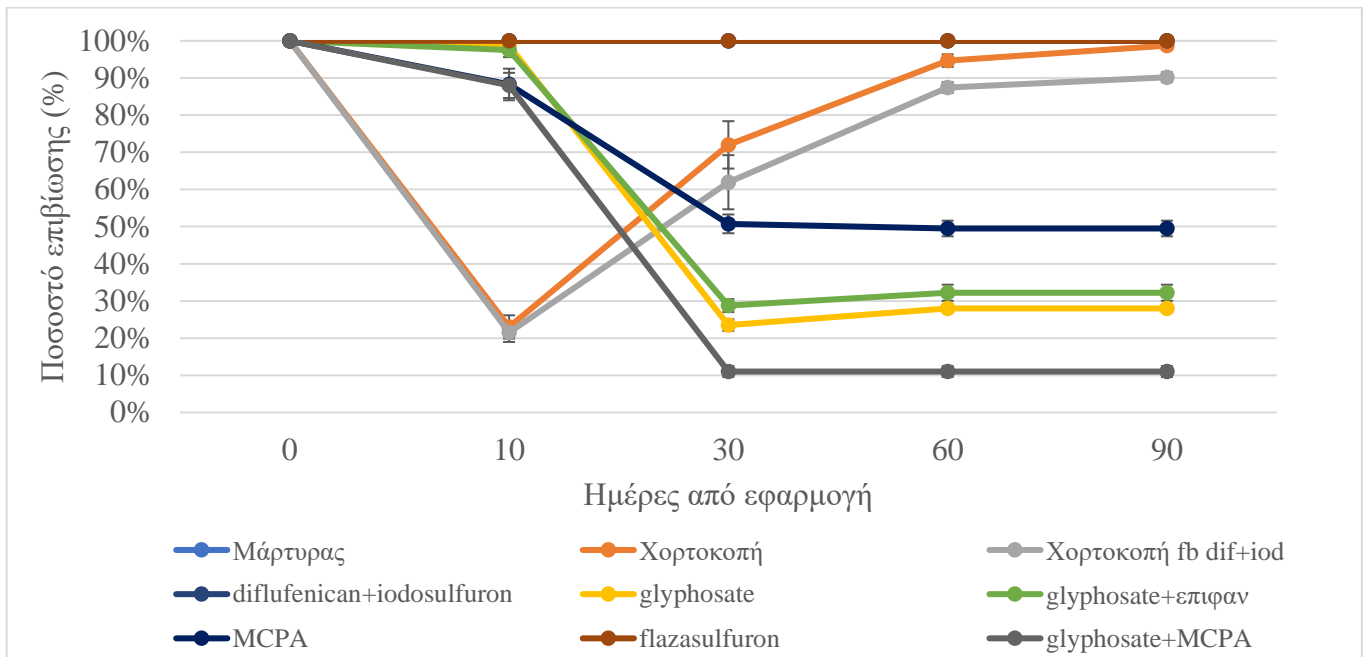
3.3.3. Πείραμα ολοκληρωμένης διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium*

Πείραμα αξιολόγησης αποτελεσματικότητας με βάση το στάδιο ανάπτυξης (2020)

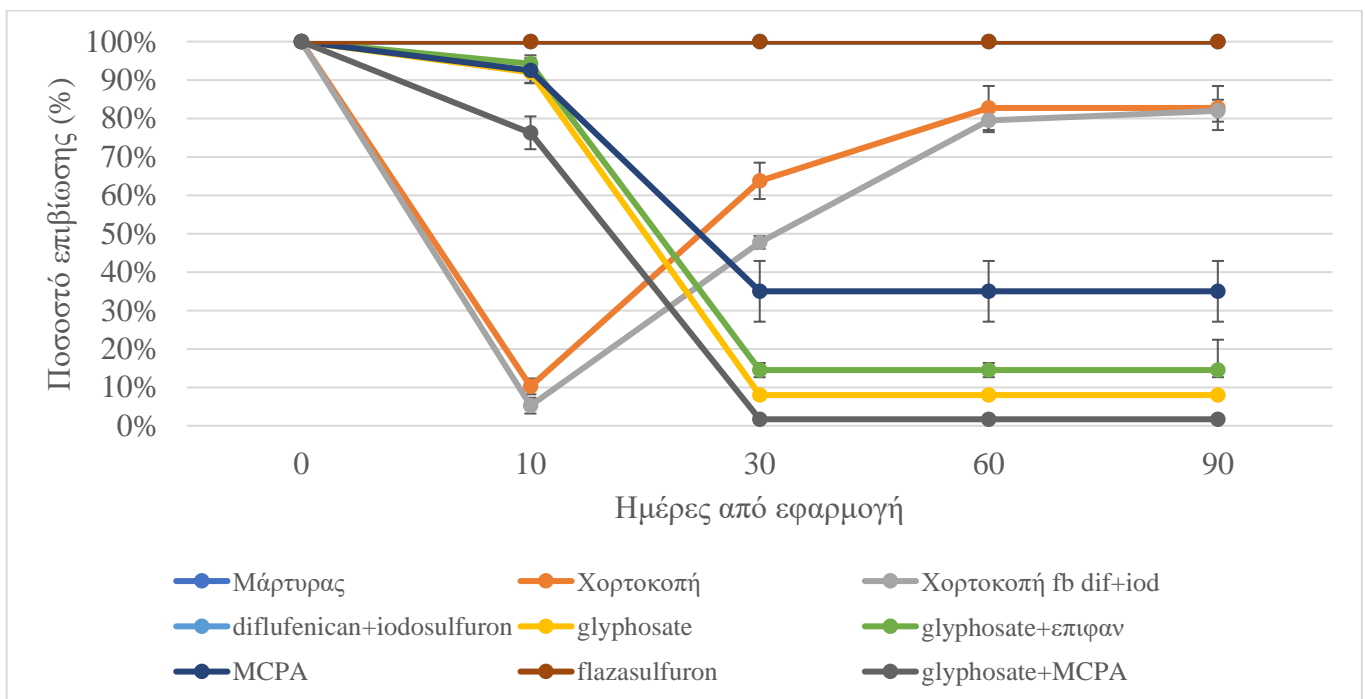
Το 2020, που ήταν και η πρώτη χρονιά πειραματισμού στον ελαιώνα, επιλέχθηκε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης του *S. elaeagnifolium* σε δύο διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του ζιζανίου, και συγκεκριμένα στη βλαστητική και στην αναπαραγωγική ανάπτυξη (ανθοφορία). Το στάδιο ανάπτυξης όπου θα έδινε τον υψηλότερο έλεγχο του ζιζανίου θα επιλεγόταν για επανάληψη τις επόμενες δύο χρονιές του πειραματισμού.

Η παρακολούθηση του ποσοστού επιβίωσης (% πυκνότητα των βλαστών σε σχέση με την αρχική πυκνότητα ανά plot και επέμβαση πριν την εφαρμογή των μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης) ανέδειξε ότι τα φυτά που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης είχαν μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης, περίπου 10% πάνω από αυτά που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της αναπαραγωγικής ανάπτυξης (Γράφημα 36, 37). Συγκεκριμένα, τα χημικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA και ο συνδυασμός τους ήταν πιο αποτελεσματικά στον έλεγχο των βλαστών του *S. elaeagnifolium* όταν αυτά εφαρμόστηκαν στο στάδιο της ανθοφορίας, κάτι το οποίο εξηγείται πιθανώς από τη καλύτερη κίνηση των ζιζανιοκτόνων εντός των φυτικών ιστών του ζιζανίου και το προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης που δεν επέτρεπε τις αναβλαστήσεις σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, είναι άξιο να σημειωθεί ότι η χορτοκοπή αλλά και ο συνδυασμός της με το ζιζανιοκτόνο που περιέχει diflufenican+iodosulfuron μείωσαν απότομα τη πυκνότητα των βλαστών του ζιζανίου. Ωστόσο, αναβλαστήσεις του ζιζανίου παρατηρήθηκαν μόλις 10 μέρες μετά την εφαρμογή όπου τα φυτά που βρίσκονταν στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης είχαν κιόλας αναπληρώσει σχεδόν το 25% της αρχικής τους πυκνότητας. Παράλληλα, η χορτοκοπή στο στάδιο της ανθοφορίας δεν επέτρεψε στο πληθυσμό να φτάσει πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα

πυκνότητας, όπως αντίθετα συνέβη με το πληθυσμό που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της έντονης βλαστητικής ανάπτυξης.

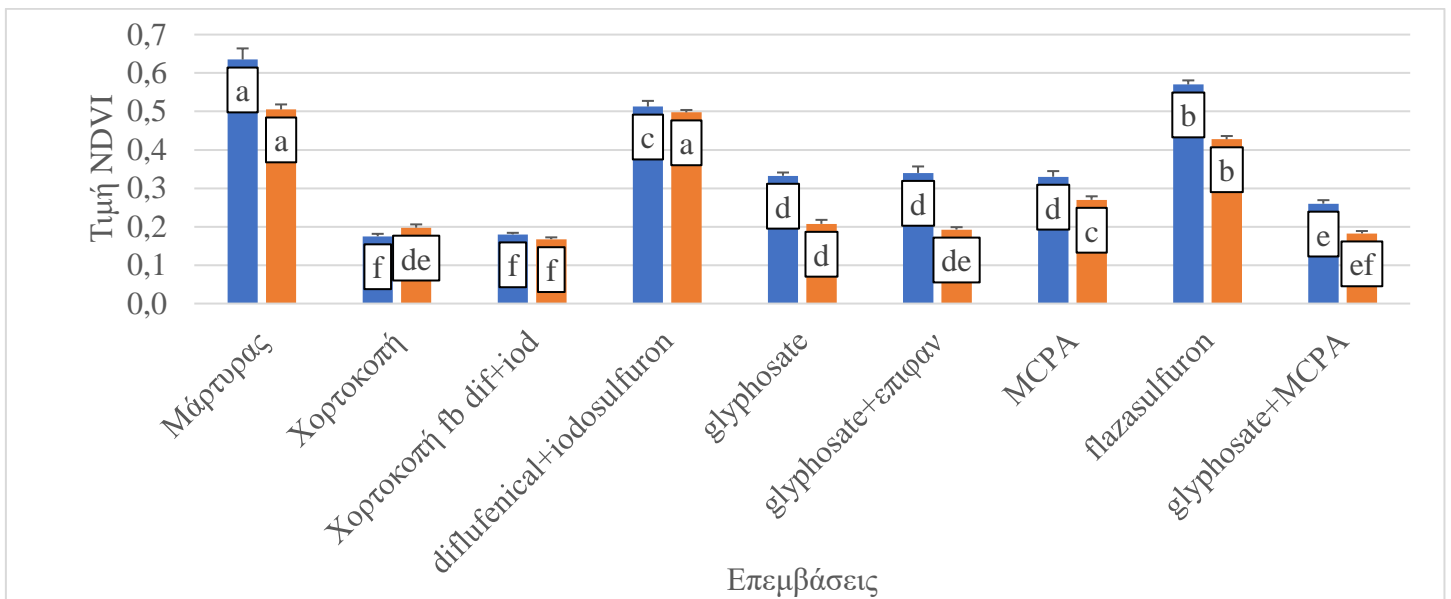


Γράφημα 36: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης

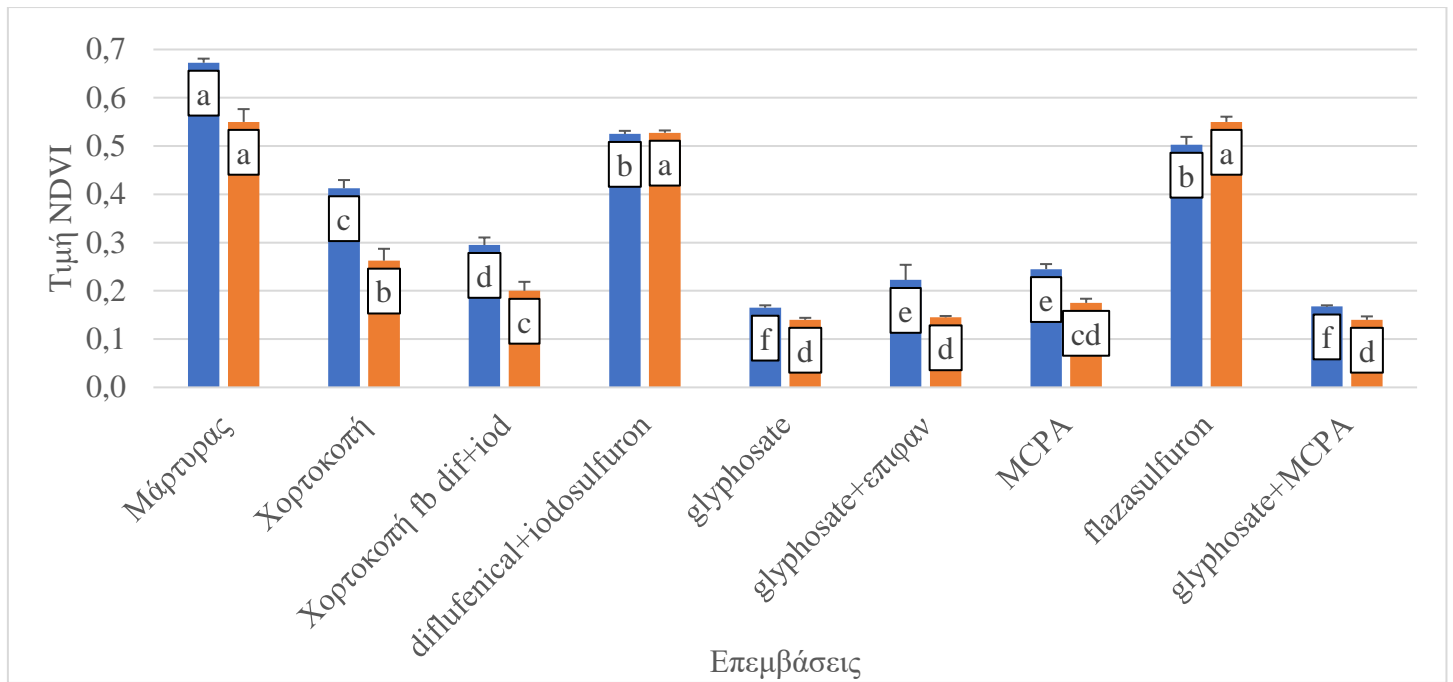


Γράφημα 37: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας

Παράλληλα, ο έλεγχος των τιμών του NDVI 10 και 30 ημέρες μετά τις εφαρμογές για τα plots και τα φυτά που μεταχειρίστηκαν είτε στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης είτε της ανθοφορίας ανέδειξε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($p < 0.0001$) και για τις δύο μετρήσεις αλλά και τα δύο στάδια ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, στις 10 ΗΑΕ, οι τιμές του NDVI ήταν υψηλότερες στα φυτά που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης ($LSD=0.042$) σε σχέση με τα φυτά που μεταχειρίστηκαν στην άνθηση ($LSD=0.0025$), εκτός από τη χορτοκοπή (Γράφημα 38). Κατ' αντιστοιχία, οι τιμές του NDVI 30 ΗΑΕ έδειξαν ότι τα plots που είχαν μεταχειριστεί στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης είχαν περισσότερη φωτοσυνθετική επιφάνεια ($LSD=0.044$) σε σχέση με αυτά που μεταχειρίστηκαν στην ανθοφορία ($LSD=0.042$) με εξαίρεση τη επέμβαση με flazasulfuron (Γράφημα 39).



Γράφημα 38: Τιμή NDVI 10 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστητική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη) φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα. Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων



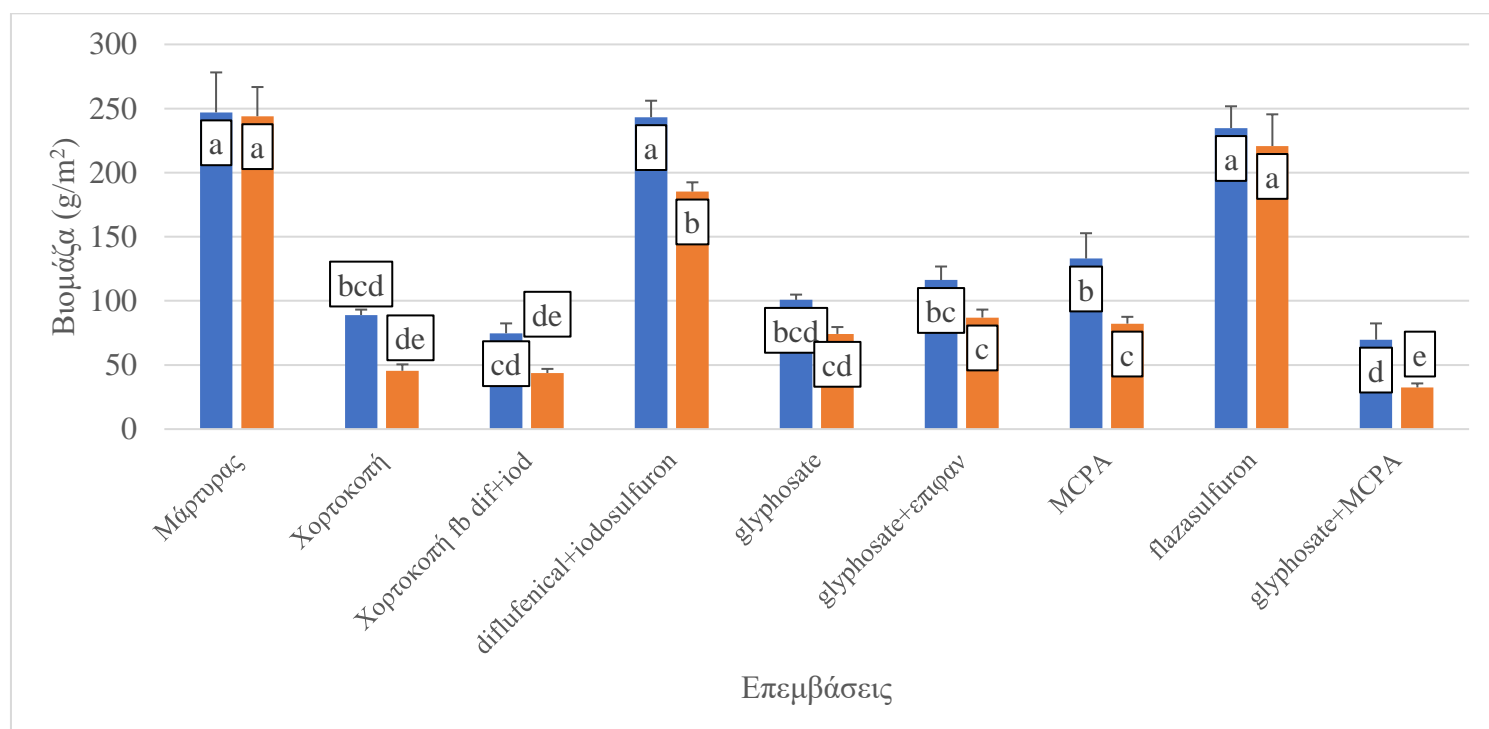
Γράφημα 39: Τιμή NDVI 30 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη) φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα. Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

Η αξιολόγηση του ελέγχου (ως ποσοστό των ζωντανών προς των νεκρωμένων βλαστών) 90 ΗΑΕ ανέδειξε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($p < 0.0001$) μεταξύ των επεμβάσεων και στα δύο στάδια ανάπτυξης (Πίνακας 45). Αξιοσημείωτο είναι ότι ο έλεγχος ήταν πολύ υψηλός εκεί που εφαρμόστηκαν τα διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA και ο συνδυασμός τους, παρόλο που παρατηρήθηκαν διαφορές καθώς τα φυτά που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της βλάστησης ελέγχθηκαν σε ποσοστό 50.5-89% από αυτά τα ζιζανιοκτόνα, ενώ τα φυτά που ψεκάστηκαν στην άνθηση έδειξαν μεγαλύτερη ευαισθησία με το ποσοστό να κυμαίνεται από 65-98.3%.

Η μέτρηση του αριθμού των καρπών ανά τετραγωνικό υποδεικνύει ότι στον απέκαστο μάρτυρα αλλά και σε αναποτελεσματικές επεμβάσεις (όπως τα ζιζανιοκτόνα flazasulfuron και diflufenican+iodosulfuron) η σποροπαραγωγική ικανότητα είναι πολύ μεγάλη (>2650 καρποί ανά m^2). Ένα τέτοιο νούμερο είναι ικανό να τροφοδοτήσει τη τράπεζα σπόρων του εδάφους και να αχρηστεύσει ουσιαστικά οποιαδήποτε στρατηγική εξάλειψης του ζιζανίου μακροπρόθεσμα. Από την άλλη, η χορτοκοπή και στα δύο στάδια ανάπτυξης αλλά και τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα μειώνουν δραστικά τη σποροπαραγωγική ικανότητα του ζιζανίου (Πίνακας 45). Η βιομάζα, τώρα, των φυτών στο m^2 90 ΗΑΕ έδειξε ότι είναι σημαντικά υψηλότερη στα plots όπου τα φυτά μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης ($LSD=45.15$) καθώς υπήρξαν αναβλαστήσεις (Γράφημα 40). Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι η βιομάζα από τα φυτά στο στάδιο της ανθοφορίας που επιβίωσαν των ψεκασμών ή της χορτοκοπής παρουσίασαν και αυτά μία αυξημένη τιμή στη συσσώρευση ξηρού βάρους ($LSD=35.16$). Και στα δύο στάδια ανάπτυξης υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p < 0.0001$).

Πίνακας 45: Έλεγχος (%) και αριθμός καρπών ανά m² 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων στα στάδια της βλαστητικής ανάπτυξης και της ανθοφορίας φυτών *Solanum elaeagnifolium*. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

	Βλαστητικό στάδιο		Ανθοφορία	
	Έλεγχος	Αριθμός καρπών	Έλεγχος	Αριθμός καρπών
Αψέκαστος μάρτυρας	0% (±0.0) e	3477 (±181.8) a	0% (±0.0) f	3599.5 (±266.5) a
Χορτοκοπή	1.3% (±1.3) de	253.3 (±50.2) c	17.3% (±2.3) e	29.3 (±6.5) c
Χορτοκοπή fb diflufenican+iodosulfuron	9.8% (±1.8) d	183.8 (±39.5) c	18% (±1.5) e	21 (±3.0) c
diflufenican+iodosulfuron	0% (±0.0) e	2868.3 (±103.5) b	0% (±0.0) f	2670.5 (±312.5) b
glyphosate	72% (±3.6) b	97.5 (±19.9) c	92% (±2.1) b	16 (±6.9) c
glyphosate+ επιφανειοδραστικό	67.8% (±6.0) b	128.3 (±27.2) c	85.5% (±2.3) c	16.3 (±3.4) c
MCPA	50.5% (±4.3) c	167 (±31.4) c	65% (±3.9) d	23 (±3.5) c
flazasulfuron	0% (±0.0) e	3241.5 (±214.6) a	0% (±0.0) f	2773 (±398.8) b
glyphosate+MCPA	89% (±3.0) a	45 (±14) c	98.3% (±1.2) a	0 (±0.0) c
LSD	8.8%	300	5.6%	533.8
F Ratio	150.468	220.024	488.53	63.418
Pvalue	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001



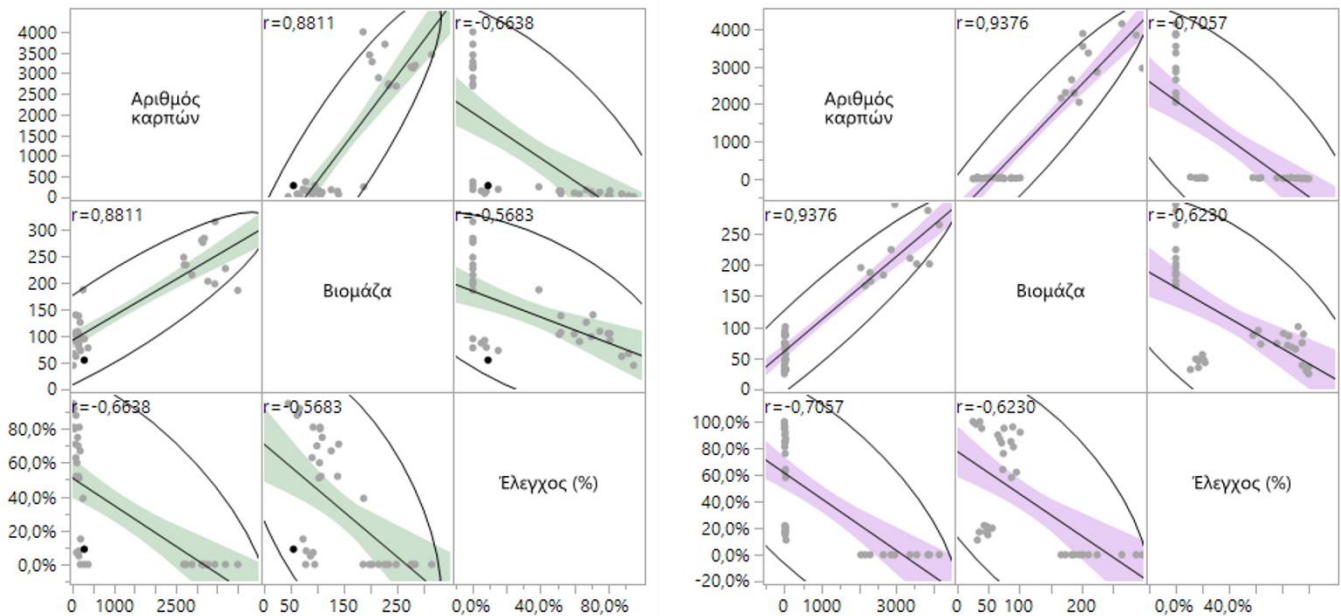
Γράφημα 40: Βιομάζα φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στη βλαστητική ανάπτυξη (μπλε στήλη) και στο στάδιο της ανθοφορίας (πορτοκαλί στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

Η ανάλυση διακύμανσης των δύο παραγόντων (στάδιο ανάπτυξης & επέμβαση) ανέδειξε ότι υπήρχαν στην πλειονότητα των περιπτώσεων στατιστικώς σημαντικές επιδράσεις των παραγόντων στο καθορισμό των τιμών που μετρήθηκαν (NDVI 10 και 30 ΗΑΕ, έλεγχος, βιομάζα και αριθμός καρπών). Εξαίρεση αποτελεί ο συνδυασμός του σταδίου ανάπτυξης και της επέμβασης στο καθορισμό των τιμών της βιομάζας και του αριθμού των καρπών, καθώς αυτοί δεν ήταν στατιστικώς σημαντικοί (Πίνακας 46).

Πίνακας 46: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του σταδίου ανάπτυξης, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του NDVI 10 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών

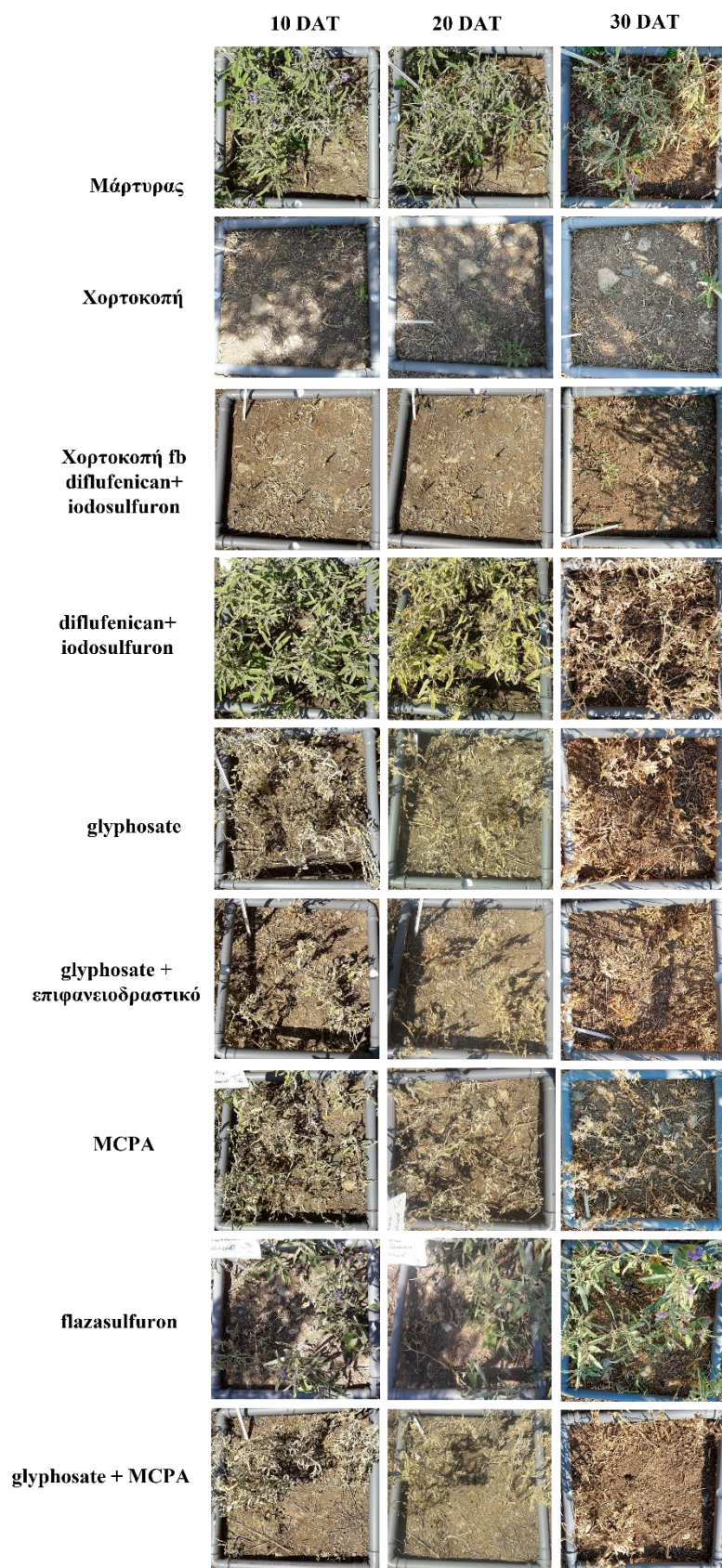
Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob > F
NDVI 10 ΗΑΕ					
Στάδιο ανάπτυξης	1	0,1050347	0,105035	185,507	<,0001
Επέμβαση	8	1,4569611	0,18212	321,6513	<,0001
Στάδιο ανάπτυξης*Επέμβαση	8	0,0651278	0,008141	14,3782	<,0001
Σφάλμα	54	0,030575	0,000566		
Σύνολο	71	1,6576986			
NDVI 30 ΗΑΕ					
Στάδιο ανάπτυξης	1	0,0595125	0,059513	67,0563	<,0001
Επέμβαση	8	2,0904111	0,261301	294,4241	<,0001
Στάδιο ανάπτυξης*Επέμβαση	8	0,06265	0,007831	8,8239	<,0001
Σφάλμα	54	0,047925	0,000888		
Σύνολο	71	2,2604986			
Έλεγχος (%)					
Στάδιο ανάπτυξης	1	0,163401	0,163401	63,5826	<,0001
Επέμβαση	8	10,115136	1,264392	491,9991	<,0001
Στάδιο ανάπτυξης*Επέμβαση	8	0,103586	0,012948	5,0384	0,0001
Σφάλμα	54	0,138775	0,00257		
Σύνολο	71	10,520899			
Βιομάζα					
Στάδιο ανάπτυξης	1	19110,12	19110,12	24,5688	<,0001
Επέμβαση	8	386099,69	48262,46	62,0484	<,0001
Στάδιο ανάπτυξης*Επέμβαση	8	4776,25	597,03	0,7676	0,6325
Σφάλμα	54	42002,25	777,8		
Σύνολο	71	451988,32			
Αριθμός καρπών					
Στάδιο ανάπτυξης	1	383104	383104	4,0655	0,0488
Επέμβαση	8	148788838	18598605	197,3696	<,0001
Στάδιο ανάπτυξης*Επέμβαση	8	401325	50166	0,5324	0,8269
Σφάλμα	54	5088548	94232		
Σύνολο	71	154661815			

Τα παραπάνω αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα φυτά που μεταχειρίστηκαν στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης ανέκαμψαν οδηγώντας σε μικρότερα ποσοστά ελέγχου και μεγαλύτερες τιμές βιομάζας και συνολικού αριθμού καρπών. Οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων υποδεικνύουν ότι όλες οι εξεταζόμενες συσχετίσεις είναι πιο ισχυρά θετικές ή αρνητικές στη περίπτωση των φυτών που μεταχειρίστηκαν στην ανθοφορία (Εικόνα 62).

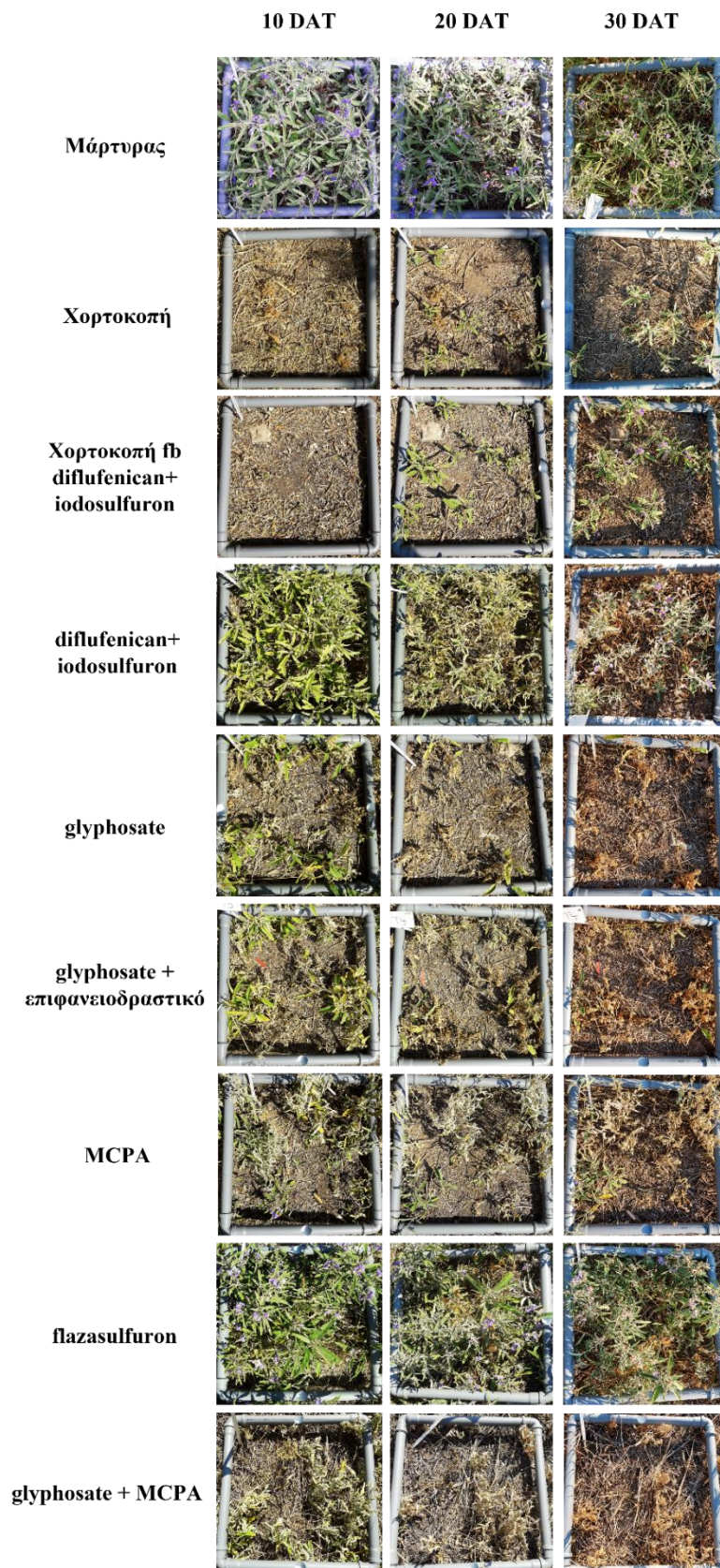


Εικόνα 62: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης (αριστερά) και της ανθοφορίας (δεξιά)

Οι Εικόνες 63 και 64, είναι διαφωτιστικές όσον αφορά τη προβολή των αναβλαστήσεων (στη περίπτωση της χορτοκοπής) και της αργής ή ταχείας αποτελεσματικότητας των συνθετικών ζιζανιοκτόνων.



Εικόνα 63: Ενδεικτική απεικόνιση σε quadrat εμβαδού 0.33 m² των φυτών *Solanum elaeagnifolium* που βρίσκονταν στο βλαστητικό στάδιο κατά τη διάρκεια του ψεκασμού, 10, 20 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής και συνδυασμού μεθόδων σε ελαιώνα. Τα quadrat τοποθετιόντουσαν σε κάθε μέτρηση στο ίδιο σημείο για κάθε plot.



Εικόνα 64: Ενδεικτική απεικόνιση σε quadrat εμβαδού 0.33 m² των φυτών *Solanum elaeagnifolium* που βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά τη διάρκεια του ψεκασμού, 10, 20 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής και συνδυασμού μεθόδων σε ελαιώνα. Τα quadrat τοποθετιόντουσαν σε κάθε μέτρηση στο ίδιο σημείο για κάθε plot

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα επιλέχθηκε το στάδιο της ανθοφορίας ως το πλέον κατάλληλο για την διαχείριση του *S. elaeagnifolium*. Αυτή η επιλογή συνάδει και με τη διεθνή βιβλιογραφία όπου αναφέρεται ότι το στάδιο της ανθοφορίας είναι το πλέον ευάλωτο για το ζιζάνιο και επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τόσο στη μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας στη χρονιά της εφαρμογής όσο και στον μακροπρόθεσμο έλεγχο του ζιζανίου.

Πειράματα ολοκληρωμένης διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* (2020-2022)

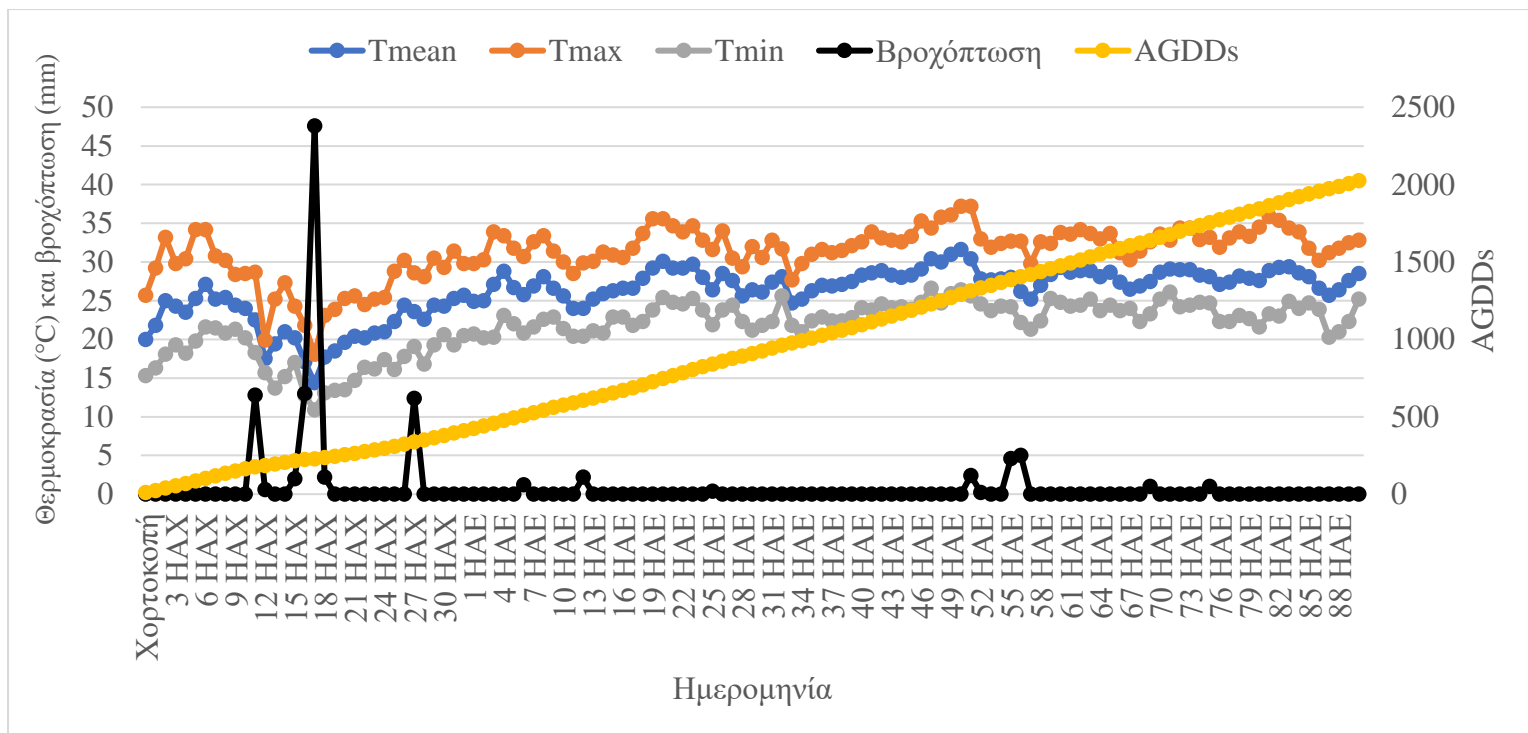
Τα παρακάτω αποτελέσματα αφορούν διάφορες μετρήσεις που λήφθηκαν για τρία συναπτά έτη από τον ίδιο ελαιώνα και παρουσιάζονται ανά μέτρηση ώστε να διευκολύνουν τις συγκρίσεις ανά χρονιά. Στο τέλος παρουσιάζονται και οι συσχετίσεις που συνδέουν τις διάφορες παραμέτρους μεταξύ τους.

Μετεωρολογικά δεδομένα

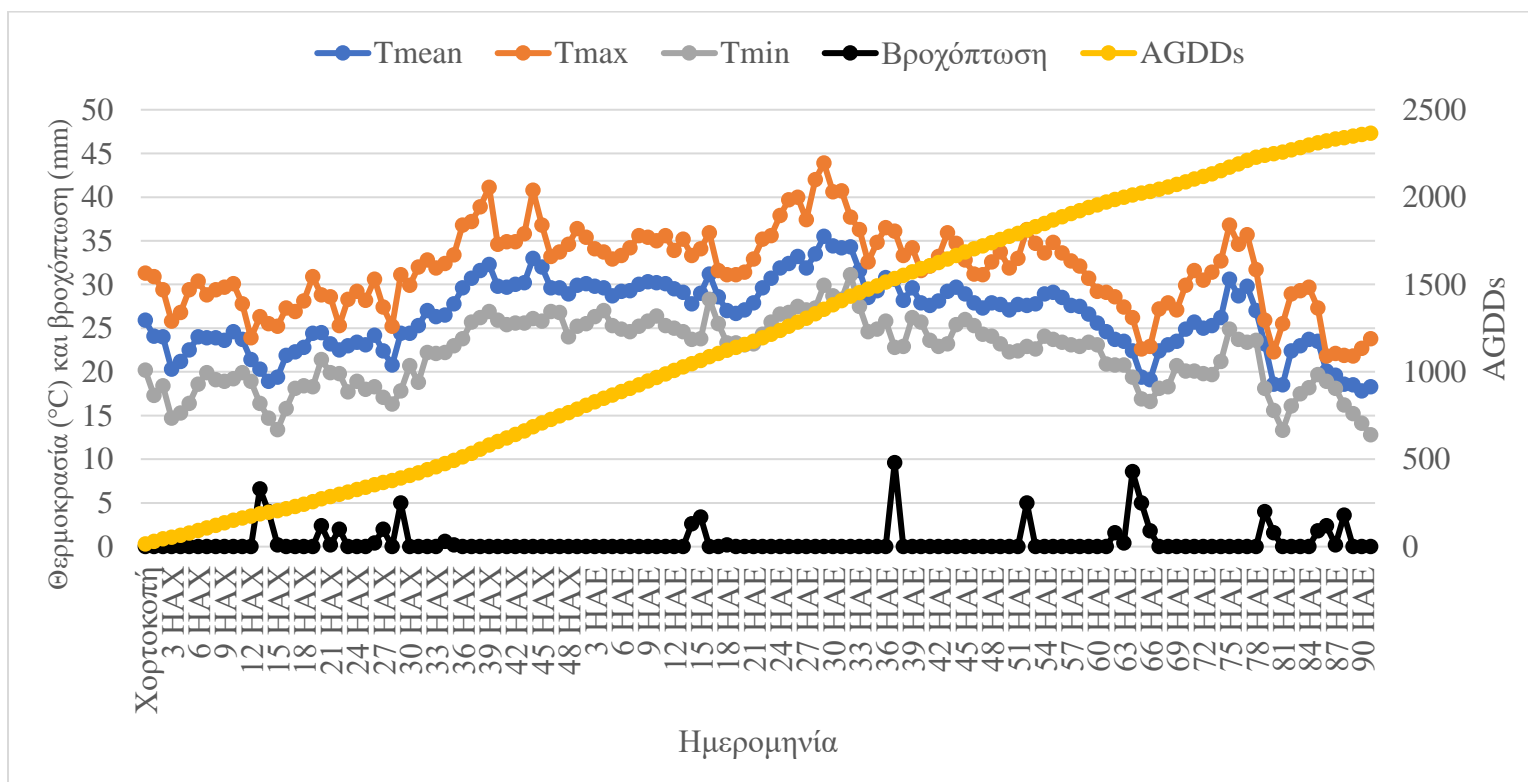
Παρότι ο ελαιώνας είναι αρδευόμενος, το νερό της άρδευσης που προορίζεται για τα ελαιόδεντρα δεν φτάνει ανάμεσα στις γραμμές των δέντρων όπου τοποθετήθηκαν τα πειραματικά τεμάχια. Για αυτό το λόγο, είναι κρίσιμο να συζητηθεί το ποσοστό της βροχόπτωσης το οποίο δεχόταν ο ελαιώνας κατά τη διάρκεια του τριετούς πειραματισμού και σημαντικότερα, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων μετά τις εφαρμογές.

Κατά το πρώτο χρόνο του πειραματισμού (2020), έπεσαν συνολικά 108.6 mm βροχής με τη πλειονότητα του νερού να πέφτει μετά την χορτοκοπή και περίπου δύο εβδομάδες πριν τον ψεκασμό και τη μηχανική καταπολέμηση (Γράφημα 41). Σε αυτό το διάστημα, τα φυτά είχαν τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούν το νερό της βροχής και αυξήσουν τη βιομάζα τους, κάτι το οποίο θα φανεί παρακάτω. Κατά το δεύτερο έτος του πειραματισμού (2021), έπεσαν συνολικά 75.4 mm βροχής τα οποία ήταν ισόποσα κατανεμημένα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Γράφημα 42). Ωστόσο, μπορεί να θεωρηθεί ότι αυτή η ποσότητα δεν ήταν επαρκής για το *S. elaeagnifolium* ώστε να αυξήσει τη βιομάζα του, κάτι το οποίο θα φανεί εκ νέου παρακάτω. Τέλος, το τρίτο έτος πειραματισμού (2022) ήταν το πιο υγρό καθώς έπεσαν συνολικά 236 mm βροχής (Γράφημα 43). Μία μεγάλη ποσότητα βροχόπτωσης (68.2 mm) έπεσε 3 εβδομάδες περίπου μετά την εφαρμογή, κάτι το οποίο είχε άμεσο αντίκτυπο στην συσσώρευση βάρους αλλά και στις αναβλαστήσεις των φυτών.

Το πρώτο χρόνο τα φυτά κόπηκαν όταν οι αθροιστικές βαθμοημέρες ήταν AGDDs=2026, το δεύτερο με AGDDs=2358, και το τρίτο AGDDs=2112, χρησιμοποιώντας θερμοκρασία βάσης $T_{base}=10$ °C. Αυτά τα νούμερα υποδηλώνουν ότι το δεύτερο έτος (2021) ήταν πιο πολύ πιο ξηρό σε σχέση με τα υπόλοιπα και λόγω της μειωμένης βροχόπτωσης, τα φυτά δεν είχαν τη δυνατότητα να συσσωρεύσουν μεγάλη βιομάζα. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι το δεύτερο χρόνο η εφαρμογή έγινε τον Ιούλιο και όχι τον Ιούνιο, διότι τότε τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας.

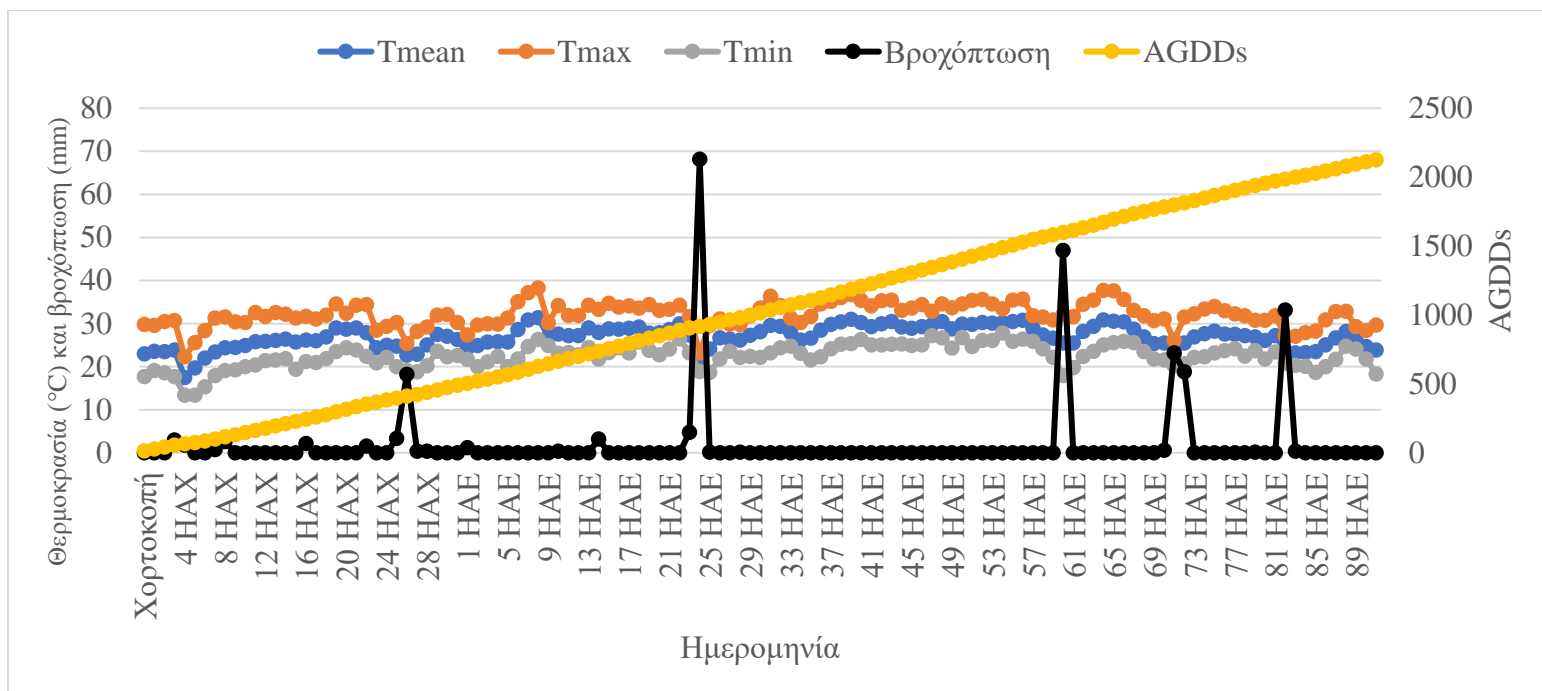


Γράφημα 41: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το πρώτο χρόνο πειραματισμού (2020) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 10/5/2020 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 12/6/2020



Γράφημα 42: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το δεύτερο χρόνο πειραματισμού (2021) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του

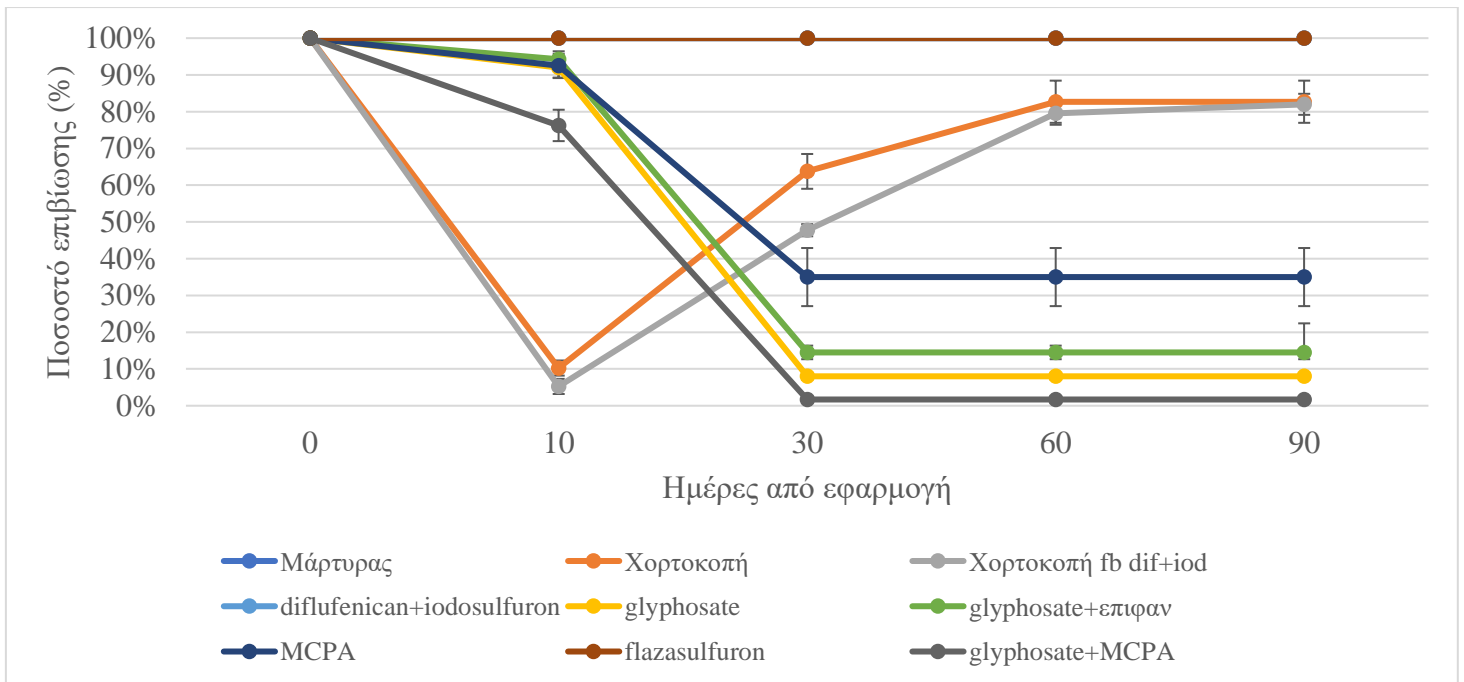
Solanum elaeagnifolium σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 18/5/2021 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 06/07/2021



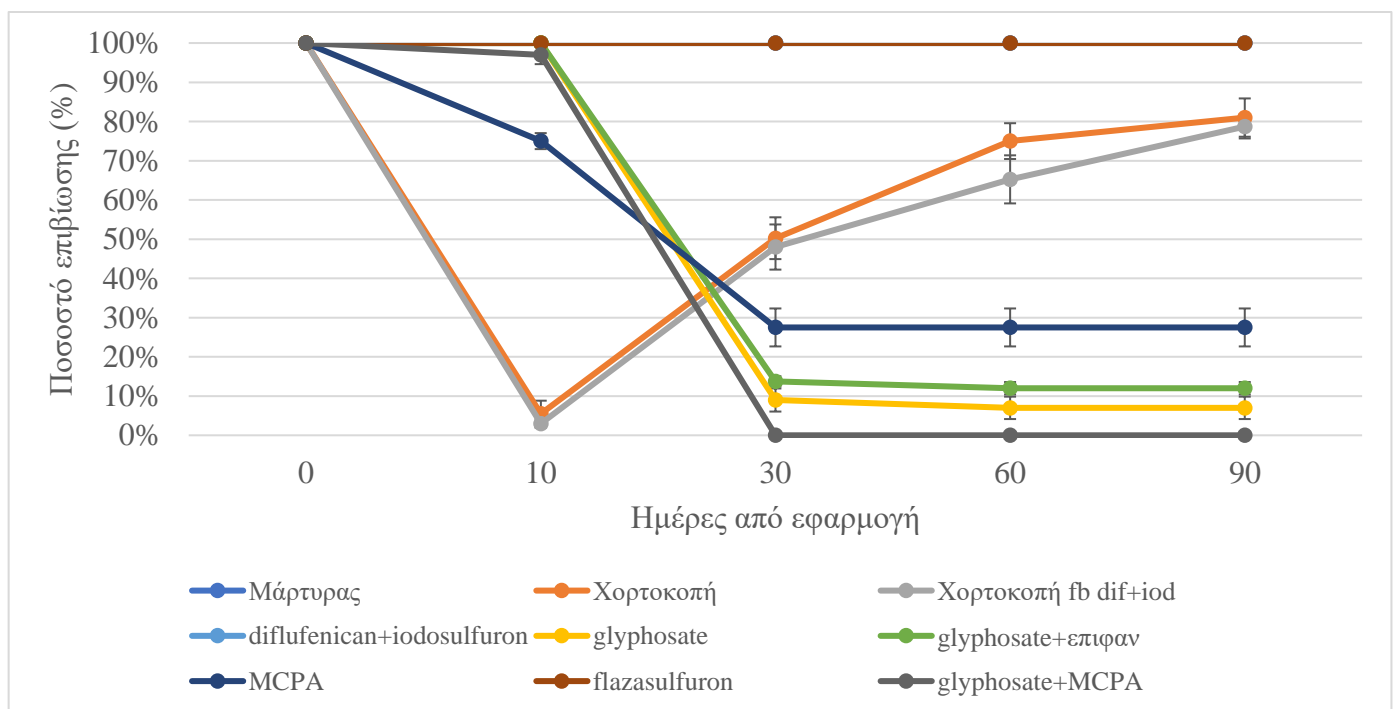
Γράφημα 43: Μέγιστη (πορτοκαλί γραμμή), μέση (μπλε γραμμή), ελάχιστη θερμοκρασία (γκρι γραμμή), βροχόπτωση (μαύρη γραμμή) και αθροιστικές βαθμοημέρες (ανοιχτή πορτοκαλί γραμμή) κατά το τρίτο χρόνο πειραματισμού (2022) για την ολοκληρωμένη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα στον Βόλο. Όπου HAX=Ημέρες από τη χορτοκοπή που έγινε στις 15/5/2022 και HAE=Ημέρες από εφαρμογή που έγινε στις 16/06/2022

Ποσοστό επιβίωσης

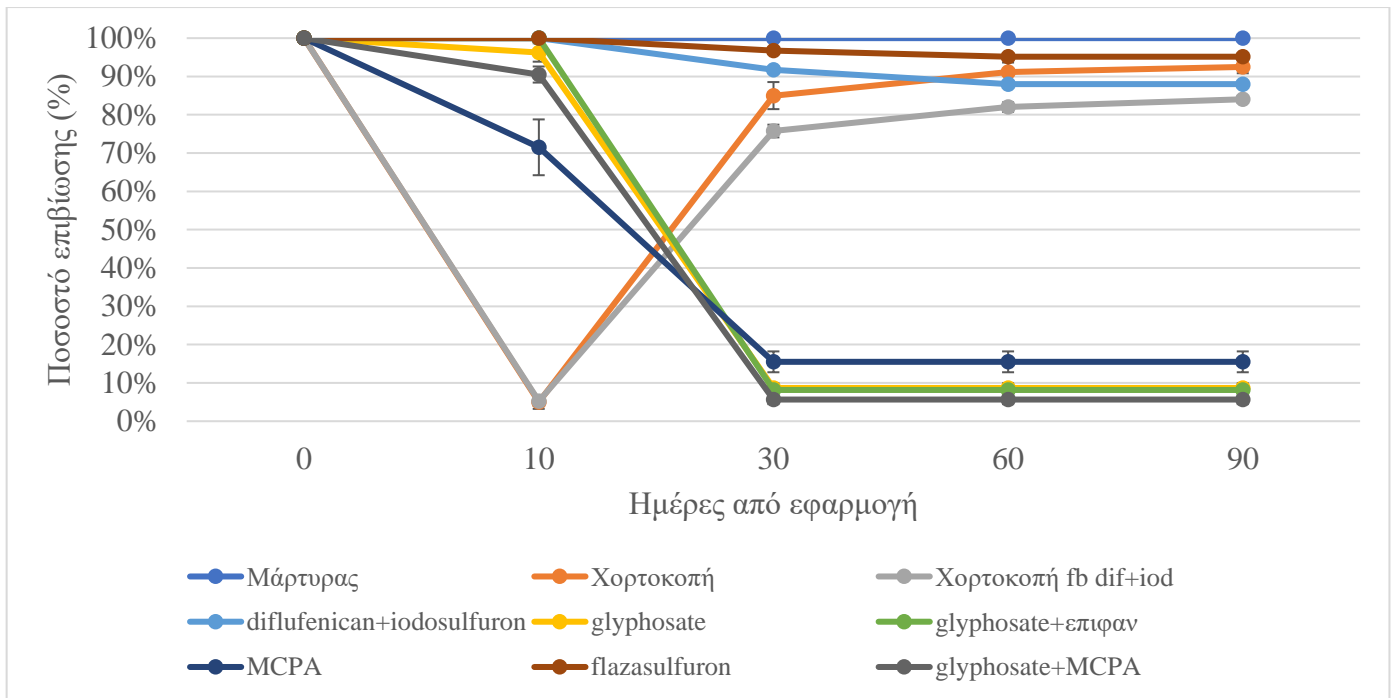
Το ποσοστό επιβίωσης ήταν παραπλήσιο και για τα τρία έτη σε κάθε επέμβαση (Γράφημα 44, 45, 46). Συγκεκριμένα, τα αναποτελεσματικά ζιζανιοκτόνα flazasulfuron και diflufenican+iodosulfuron είχαν μία μικρή δράση μόνο το τρίτο έτος του πειραματισμού. Η χορτοκοπή, είτε μόνη της είτε ακολουθούμενη από το ζιζανιοκτόνο diflufenican+iodosulfuron, μείωσε τον αριθμό των βλαστών περίπου στο 10% της αρχικής πυκνότητας 10 ημέρες μετά την εφαρμογή και στα τρία έτη. Ωστόσο, οι αναβλαστήσεις αύξησαν δραστικά τη πυκνότητα, με την σημαντικότερη αύξηση να παρουσιάζεται το 2022 (τρίτο έτος) όπου μία εβδομάδα περίπου πριν από τη μέτρηση είχε πέσει μεγάλη ποσότητα νερού βροχής. Κατ' ακολουθία, τα υψηλά ποσοστά επιβίωσης παρουσιάστηκαν στο τρίτο έτος (>85%). Για το MCPA, φάνηκε ότι τα δύο πρώτα χρόνια το ποσοστό επιβίωσης ήταν το ίδιο περίπου στο 35% ενώ το τρίτο χρόνο η αποτελεσματικότητα ήταν μεγαλύτερη και το ποσοστό επιβίωσης παρέμεινε κάτω από το 20%. Όπως και στο προηγούμενο πείραμα έτσι και εδώ, το glyphosate είτε μόνο του είτε σε μείγματα είχε τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και το ποσοστό επιβίωσης δεν ξεπέρασε το 15% σε καμία χρονιά.



Γράφημα 44: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2020)



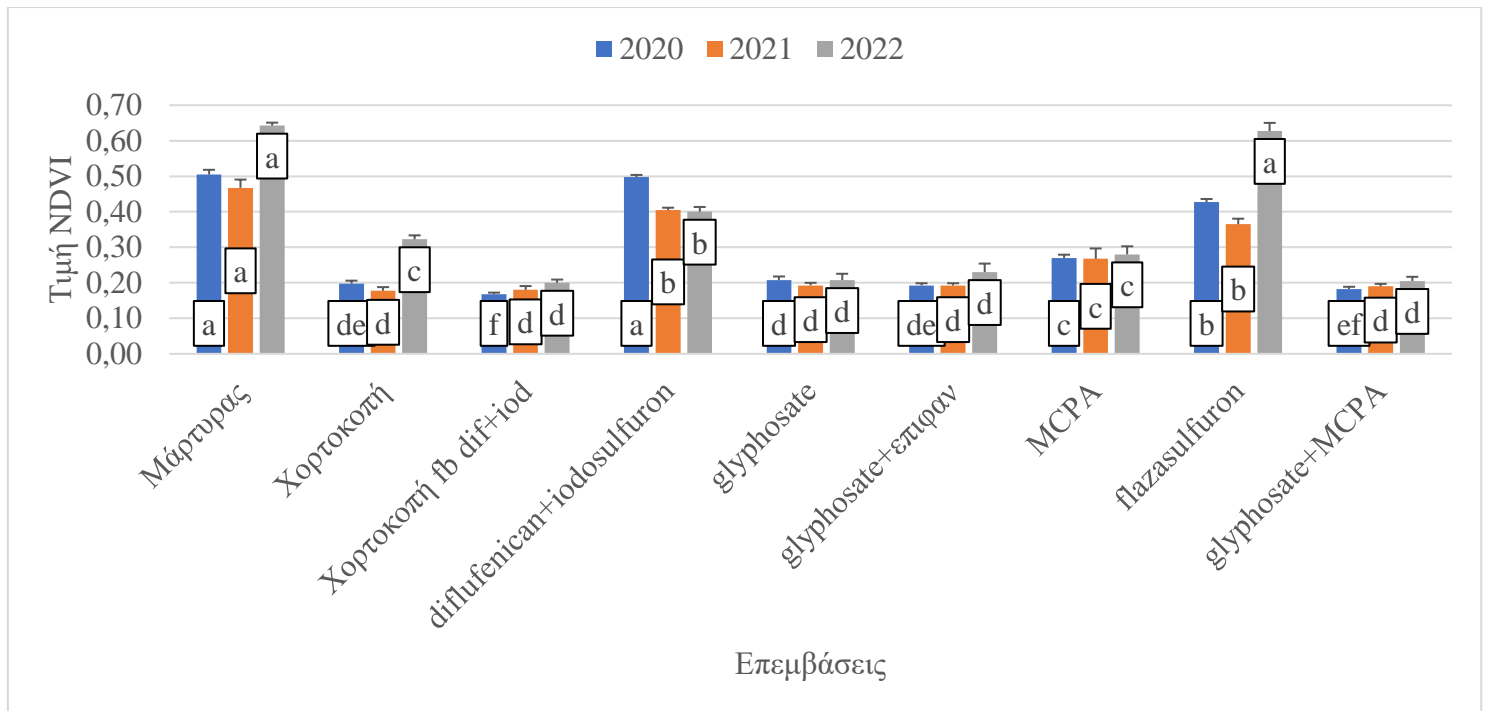
Γράφημα 45: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το δεύτερο έτος του πειράματος (2021)



Γράφημα 46: Ποσοστό επιβίωσης (%) των φυτών *Solanum elaeagnifolium* πριν και 10, 30, 60 και 90 ημέρες από την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης στο στάδιο της ανθοφορίας κατά το τρίτο έτος του πειράματος (2022)

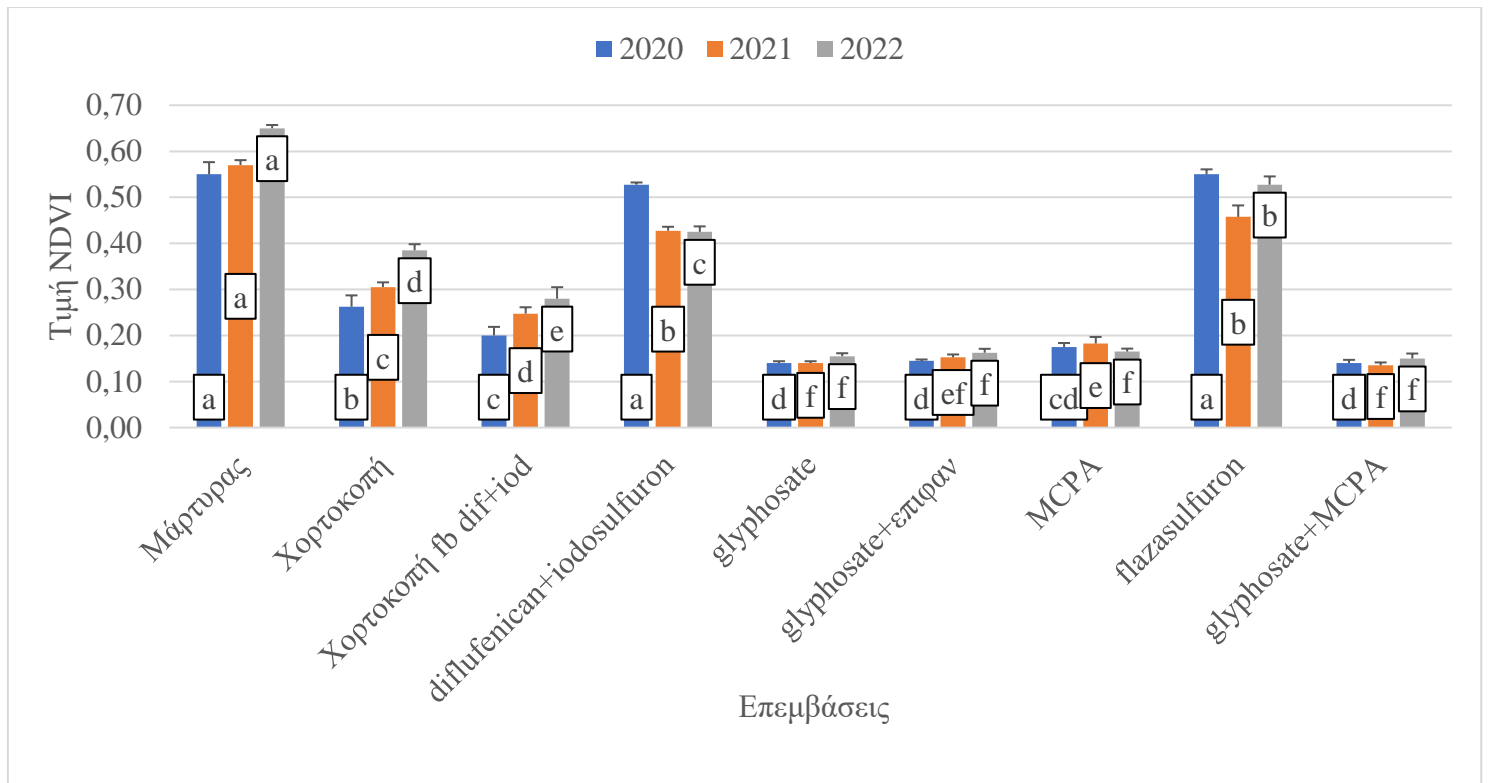
Τιμή NDVI

Η μέτρηση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας με τη χρήση του δείκτη NDVI 10 ημέρες μετά την εφαρμογή για τα τρία έτη πειραματισμού έδειξε ότι για τις επεμβάσεις της χορτοκοπής (μαζί με το συνδυασμό της με ζιζανιοκτόνο), του glyphosate και των μειγμάτων του, υπήρχε ένα μοτίβο (Γράφημα 47). Συγκεκριμένα, οι τιμές του NDVI σε αυτές τις επεμβάσεις ήταν παραπλήσιες για τα τρία έτη, ενώ παρουσιάστηκε μία ελαφριά αύξηση το τρίτο έτος. Και τα τρία έτη του πειραματισμού υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($p < 0.0001$) μεταξύ των επεμβάσεων. Το 2020 ($LSD=0.025$) οι τιμές των plots όπου εφαρμόστηκε diflufenican+iodosulfuron και flazasulfuron ήταν παραπλήσιες του ανέκαστου μάρτυρα, κάτι που επιβεβαιώθηκε και το 2021 ($LSD=0.044$) και το 2022 ($LSD=0.049$).



Γράφημα 47: Τιμή NDVI φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα 10 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

Η βροχή το τρίτο έτος φαίνεται να αύξησε τις αναβλαστήσεις του ζιζανίου στα κομμάτια όπου εφαρμόστηκε χορτοκοπή (Γράφημα 48). Συγκεκριμένα, 30 ημέρες από τις εφαρμογές οι τιμές του NDVI αυξήθηκαν για όλες τις επεμβάσεις, εκτός από τις αποτελεσματικές (MCPA, glyphosate και μείγματα) όπου δρουν σε βάθος δύο έως τεσσάρων εβδομάδων και μείωσαν σταδιακά τη φωτοσυνθετικά ενεργή επιφάνεια του ζιζανίου. Το πρώτο έτος υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p < 0.0001$; $LSD = 0.043$), κάτι που επαληθεύτηκε και το δεύτερο ($LSD = 0.036$) και τρίτο έτος πειραματισμού ($LSD = 0.038$).



Γράφημα 48: Τιμή NDVI φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα 30 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

Έλεγχος

Ο έλεγχος του ζιζανιού ήταν υψηλός και τα τρία έτη όπου εφαρμόστηκε glyphosate (91.3-93%), glyphosate με επιφανειοδραστικό (85.5-91.8%), MCPA (65-84.5%) και glyphosate με MCPA (94.3-100%) (Πίνακας 47). Παρότι, ο έλεγχος ήταν πολύ μικρός και μη επαρκής όσον αφορά τη χορτοκοπή και το συνδυασμό της με ζιζανιοκτόνο, αξίζει να σημειωθεί ότι μείωσε δραστικά τη σποροπαραγωγική ικανότητα του ζιζανιού όπως θα φανεί παρακάτω.

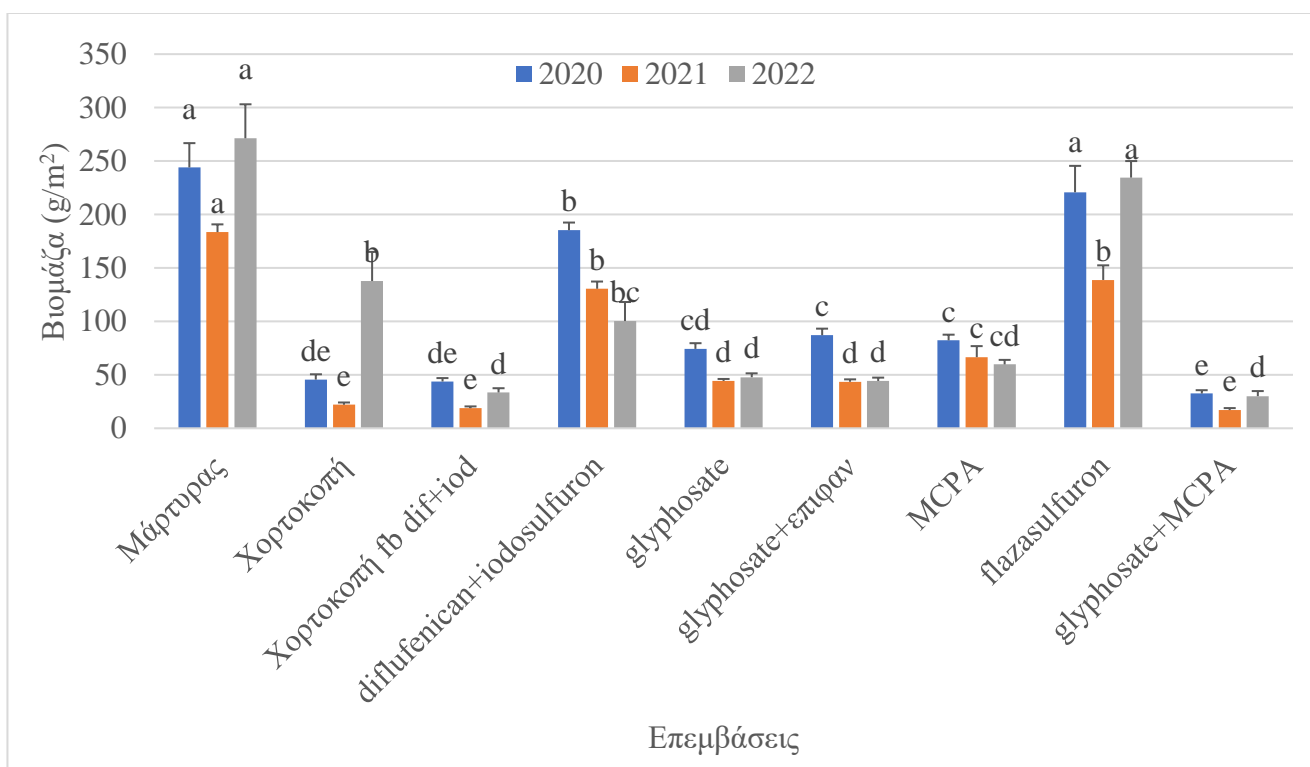
Πίνακας 47: Έλεγχος (%) φυτών *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

	2020	2021	2022
Αψέκαστος μάρτυρας	0% (± 0.0) f	0% (± 0.0) e	0% (± 0.0) f
Χορτοκοπή	17.3% (± 2.3) e	19% (± 2.7) d	7.5% (± 0.6) de
Χορτοκοπή fb diflufenican+iodosulfuron	18% (± 1.5) e	21.3% (± 3.1) d	16% (± 2.3) c
diflufenican+iodosulfuron	0% (± 0.0) f	0% (± 0.0) e	12% (± 2.5) cd
glyphosate	92% (± 2.1) b	93% (± 1.6) ab	91.3% (± 2.9) a
glyphosate+επιφανειοδραστικό	85.5% (± 2.3) c	88% (± 3.6) b	91.8% (± 1.0) a
MCPA	65% (± 3.9) d	72.5% (± 4.9) c	84.5% (± 3.8) b
flazasulfuron	0% (± 0.0) f	0% (± 0.0) e	4.8% (± 2.6) ef

glyphosate+MCPA	98.3% (± 1.2) a	100% (± 0.0) a	94.3% (± 2.2) a
LSD	5.6%	7.2%	6.6%
F Ratio	488.53	305.27	366.65
Pvalue	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Βιομάζα

Η βιομάζα του ζιζανίου παρέμεινε υψηλή κατά το τρίτο έτος πειραματισμού για τα plots όπου έγινε χορτοκοπή και εφαρμόστηκε flazasulfuron, ίσως λόγω της μεγάλης βροχόπτωσης λίγες εβδομάδες μετά την εφαρμογή των μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης του ζιζανίου (Γράφημα 49). Και τις τρεις χρονιές, οι επεμβάσεις διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά ($p < 0.0001$). Το πρώτο χρόνο (LSD=35.16) σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές της βιομάζας ίσως λόγω της επάρκειας νερού στο έδαφος από τις μεγάλες βροχοπτώσεις που είχαν πέσει λίγες μέρες πριν την εφαρμογή. Το δεύτερο χρόνο (LSD=19.63) οι τιμές της βιομάζας είδαν πτώση, ενώ το τρίτο ήταν αυξημένες (LSD=47.33). Εκ νέου, οι επεμβάσεις με glyphosate και τα μείγματα του έδειξαν τη μεγαλύτερη μείωση στη συσσώρευση ξηρού βάρους του ζιζανίου.



Γράφημα 49: Βιομάζα φυτών *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών επεμβάσεων στο πρώτο πειραματικό έτος (μπλε στήλη), στο δεύτερο (πορτοκαλί στήλη), και στο τρίτο (γκρι στήλη). Διαφορετικά γράμματα στις στήλες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

Αριθμός καρπών

Ο αριθμός των καρπών του μάρτυρα παρουσίασε μείωση τη δεύτερη χρονιά, λόγω της ξηρασίας ενώ οι επεμβάσεις του glyphosate με τα μείγματα του ήταν οι πλέον αποτελεσματικές για τη μείωση της παραγωγής καρπών του ζιζανίου (Πίνακας 48). Αξιοσημείωτο είναι ότι για πρώτη φορά το τρίτο έτος η επέμβαση με diflufenican+iodosulfuron μείωσε δραστικά τη παραγωγή σπόρων. Το σημαντικότερο αποτέλεσμα αυτού του πειράματος είναι ότι το μείγμα glyphosate με MCPA μηδενίζει τη παραγωγή καρπών και σπόρων για τρία συναπτά έτη.

Για όλες τις μετρήσεις, παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική επίδραση των επεμβάσεων, των ετών και του συνδυασμού τους (Πίνακας 49).

Πίνακας 48: Αριθμός καρπών ανά m² φυτών *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών και μηχανικών μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

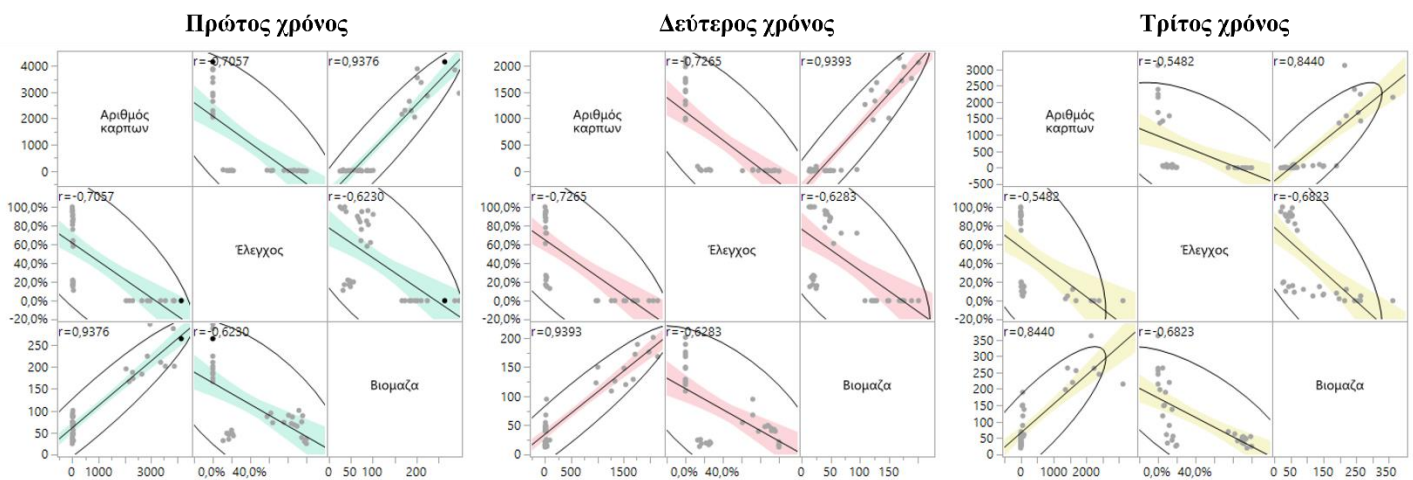
	2020	2021	2022
Αψέκαστος μάρτυρας	3599.5 (±266.5) a	1992.8 (±83.1) a	2475 (±220.6) a
Χορτοκοπή	29.3 (±6.5) c	42 (±16.6) c	64.5 (±12.7) c
Χορτοκοπή fb diflufenican+iodosulfuron	21 (±3.0) c	21.3 (±6.1) c	14.3 (±2.2) c
diflufenican+iodosulfuron	2670.5 (±312.5) b	1302.5 (±182.0) b	75.8 (±9.3) c
glyphosate	16 (±6.9) c	10.3 (±2.3) c	0 (±0.0) c
glyphosate+ επιφανειοδραστικό	16.3 (±3.4) c	9.8 (±2.3) c	0 (±0.0) c
MCPA	23 (±3.5) c	15.8 (±4.6) c	6.3 (±2.8) c
flazasulfuron	2773 (±398.8) b	1457.8 (±101.1) b	1515.3 (±73.3) b
glyphosate+MCPA	0 (±0.0) c	0 (±0.0) c	0 (±0.0) c
LSD	553.8	217.6	225.4
F Ratio	63.42	115.14	135.01
Pvalue	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Πίνακας 49: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του πειραματικού έτους, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του NDVI 10 και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob > F
NDVI 10 HAE					
Επεμβάσεις	8	1,8471685	0,2308961	296,8664	<,0001
Έτος	2	0,106913	0,0534565	68,7298	<,0001
Επεμβάσεις*Έτος	16	0,192837	0,0120523	15,4958	<,0001
Σφάλμα	81	0,063	0,000778		
Σύνολο	107	2,2099185			
NDVI 30 HAE					
Επεμβάσεις	8	2,9329463	0,3666183	500,9883	<,0001
Έτος	2	0,0191352	0,0095676	13,0742	<,0001
Επεμβάσεις*Έτος	16	0,0954315	0,0059645	8,1505	<,0001
Σφάλμα	81	0,059275	0,000732		
Σύνολο	107	3,106788			

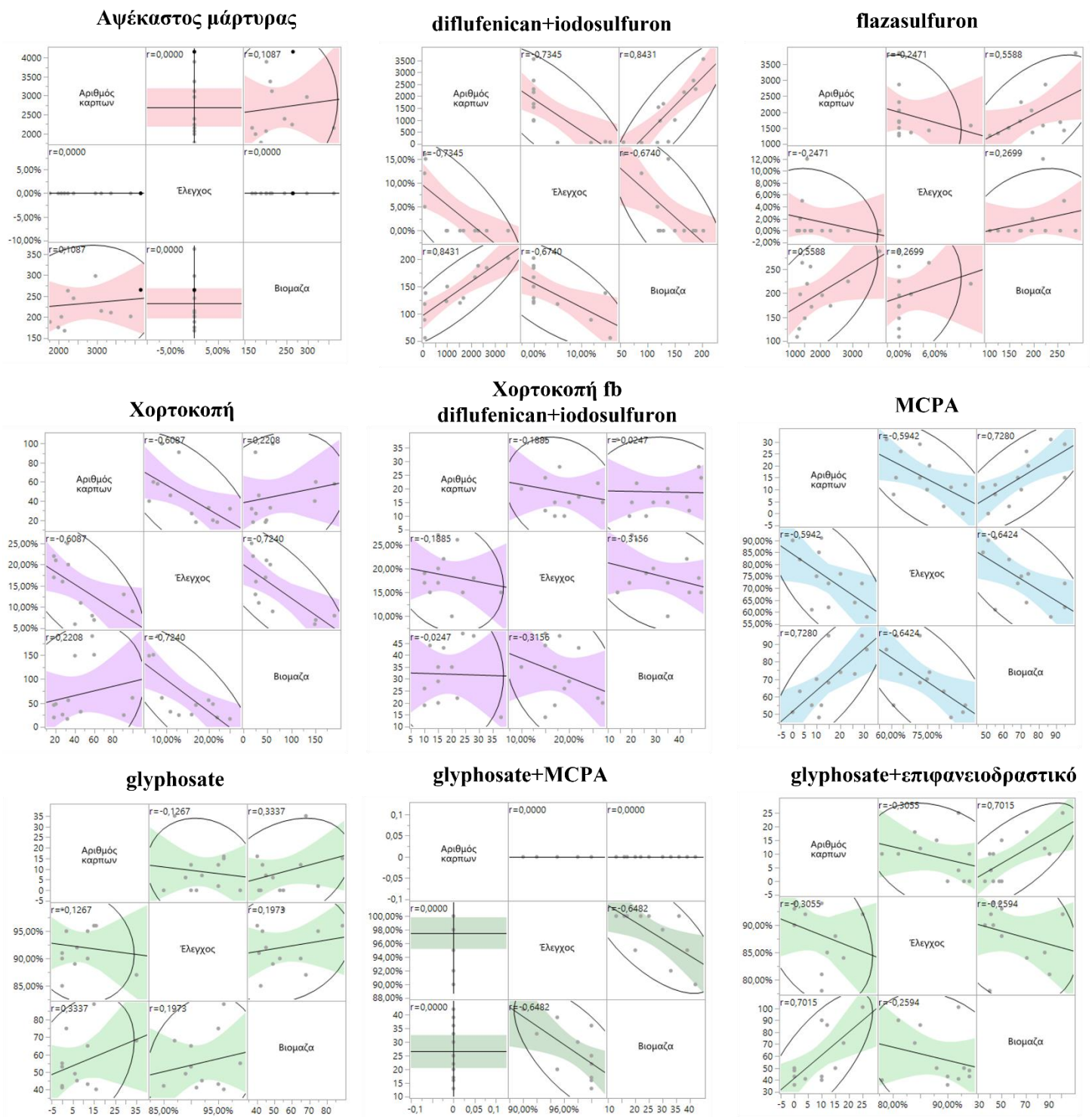
Έλεγχος (%)					
Επεμβάσεις	8	17,87863	2,234829	1104,292	<,0001
Έτος	2	0,015691	0,007845	3,8766	0,0247
Επεμβάσεις*Έτος	16	0,157943	0,009871	4,8777	<,0001
Σφάλμα	81	0,163925	0,002024		
Σύνολο	107	18,216188			
Βιομάζα					
Επεμβάσεις	8	532857,07	66607,13	108,9176	<,0001
Έτος	2	31495,91	15747,95	25,7514	<,0001
Επεμβάσεις*Έτος	16	60877,26	3804,83	6,2217	<,0001
Σφάλμα	81	49534,5	611,5		
Σύνολο	107	674764,74			
Αριθμός καρπών					
Επεμβάσεις	8	103874498	12984312	202,5312	<,0001
Έτος	2	6507603	3253801	50,7533	<,0001
Επεμβάσεις*Έτος	16	16833900	1052119	16,4111	<,0001
Σφάλμα	81	5192925	64110		
Σύνολο	107	132408925			

Οι γραμμικές συσχετίσεις ανά χρόνο έδειξαν ότι η μικρότερη μείωση του αριθμού των καρπών με την αύξηση του ελέγχου παρουσιάστηκε στο τρίτο έτος (Εικόνα 65) Παράλληλα, και για τρία έτη η συσχέτιση του αριθμού των καρπών με τη βιομάζα ήταν πολύ θετικά ισχυρή.



Εικόνα 65: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης κατά τα τρία έτη του πειραματισμού

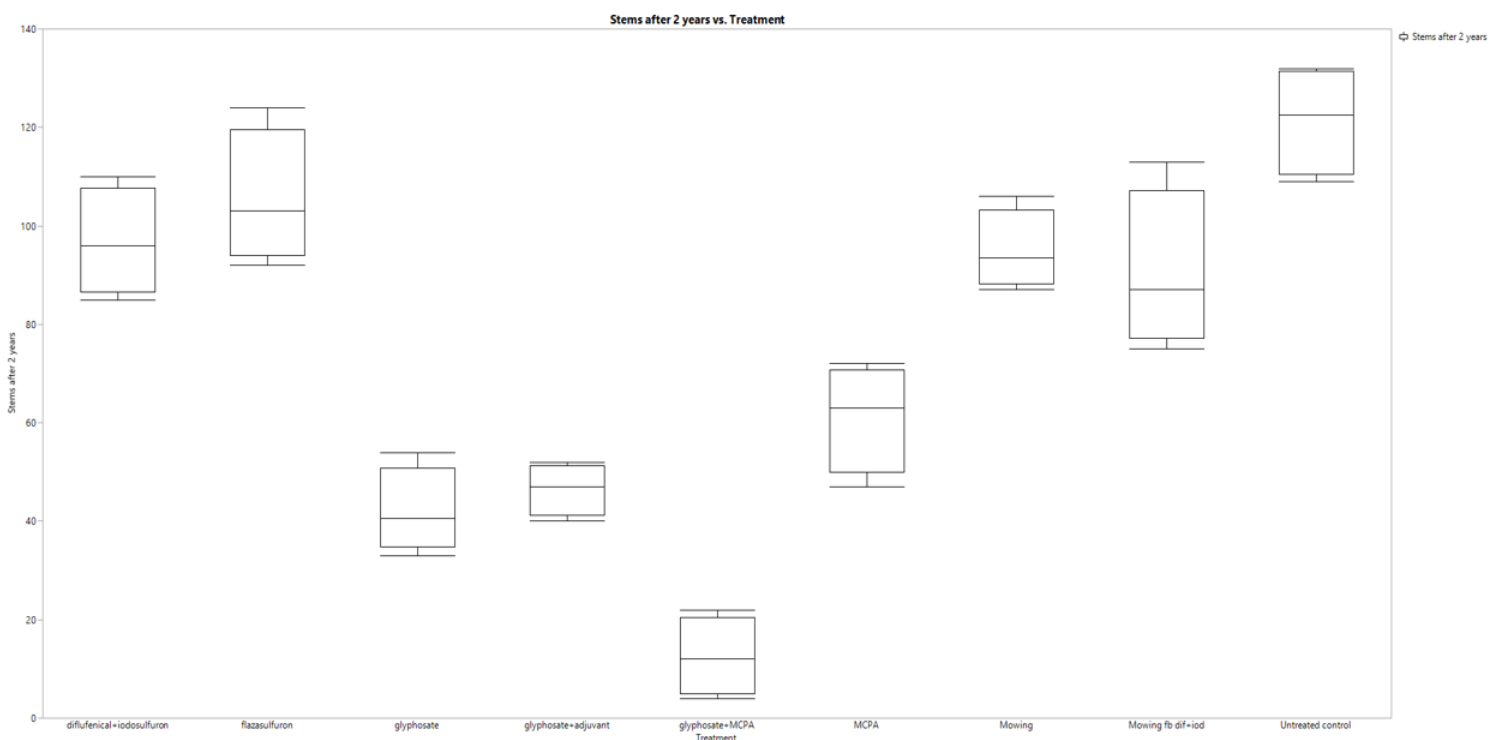
Όσον αφορά τις γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων ανά επέμβαση, φαίνεται από την Εικόνα 66, ότι η μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των καρπών με την αύξηση της βιομάζας εμφανίζεται στη επέμβαση με diflufenican+iodosulfuron. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μεγαλύτερη μείωση του ελέγχου με την αύξηση της βιομάζας εμφανίζεται στη επέμβαση της χορτοκοπής.



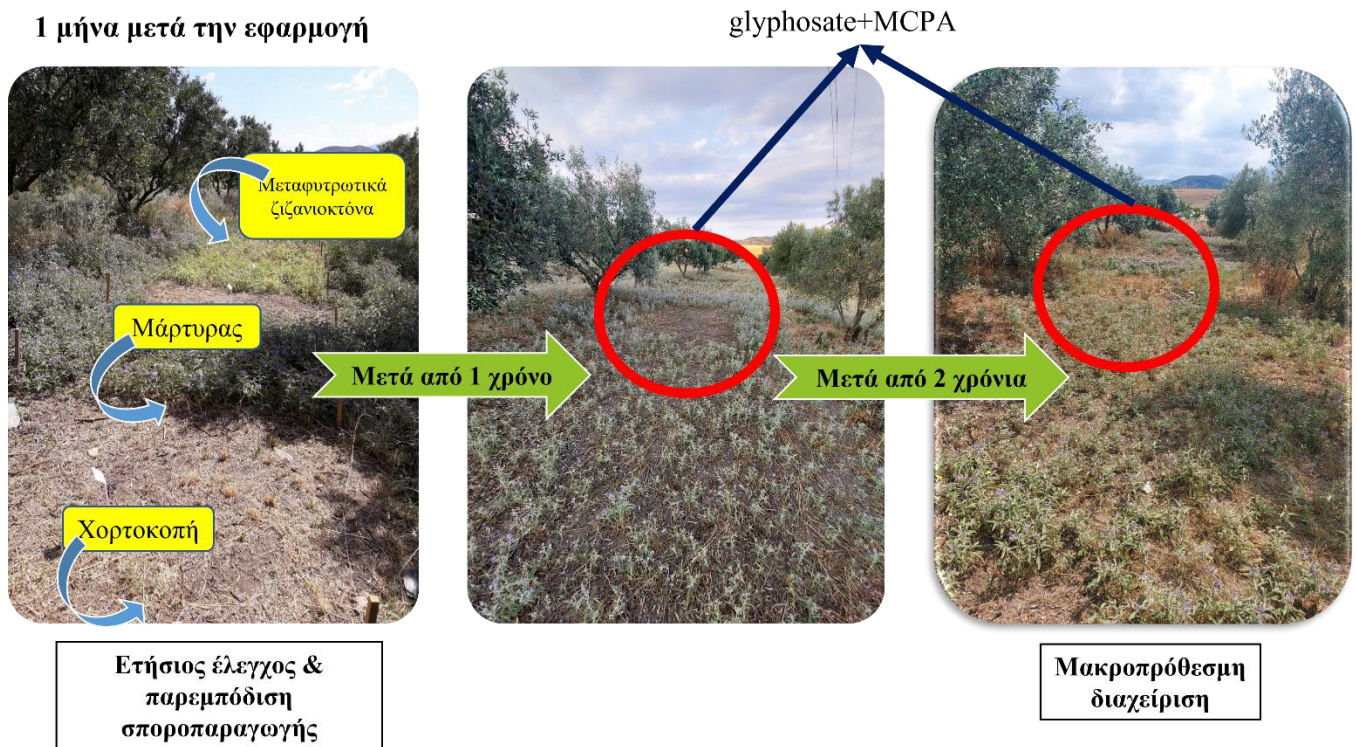
Εικόνα 66: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του αριθμού των καρπών, της βιομάζας φυτών και του ελέγχου (%) του *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή μηχανικών και χημικών μεθόδων καταπολέμησης κατά τα τρία έτη του πειραματισμού. Οι τιμές εμφανίζονται ως μέση όροι των επεμβάσεων για τα τρία έτη

Αριθμός βλαστών μετά από δύο έτη

Η μέτρηση της πυκνότητας των βλαστών στο τέλος Μαΐου ή αρχές Ιουνίου κάθε έτους και 40-50 ημέρες από την χορτοκοπή που πραγματοποιούσε ο παραγωγός, ανέδειξε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p < 0.0001$) (Εικόνα 67). Ο συνδυασμός του glyphosate με το MCPA έδειξε να έχει έντονη διασυστηματική δράση εντός των φυτικών ιστών του ζιζανίου με αποτέλεσμα να καταγράψει το μικρότερο αριθμό αναβλαστήσεων την επόμενη αλλά και τη μεθεπόμενη χρονιά της εφαρμογής. Στον συγκεκριμένο ελαιώνα, δεν πραγματοποιείται ποτέ κατεργασία του εδάφους, παρά μόνο καλλιεργητής (σπάνια) ή πιο συχνά χορτοκοπή). Παρότι η χορτοκοπή δεν είναι ικανοποιητικό εργαλείο για τον μακροπρόθεσμο έλεγχο του ζιζανίου (Εικόνα 68), εντούτοις αποτελεί σημαντικό όπλο για την ελάττωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου.



Εικόνα 67: Μέσος αριθμός βλαστών ανά τετραγωνικό δύο χρόνια μετά την πρώτη εφαρμογή των επεμβάσεων. Από αριστερά προς τα δεξιά: diflufenican+iodosulfuron, flazasulfuron, glyphosate, glyphosate+επιφανειοδραστικό, glyphosate+MCPA, MCPA, χορτοκοπή, χορτοκοπή fb diflufenican+iodosulfuron, μάρτυρας



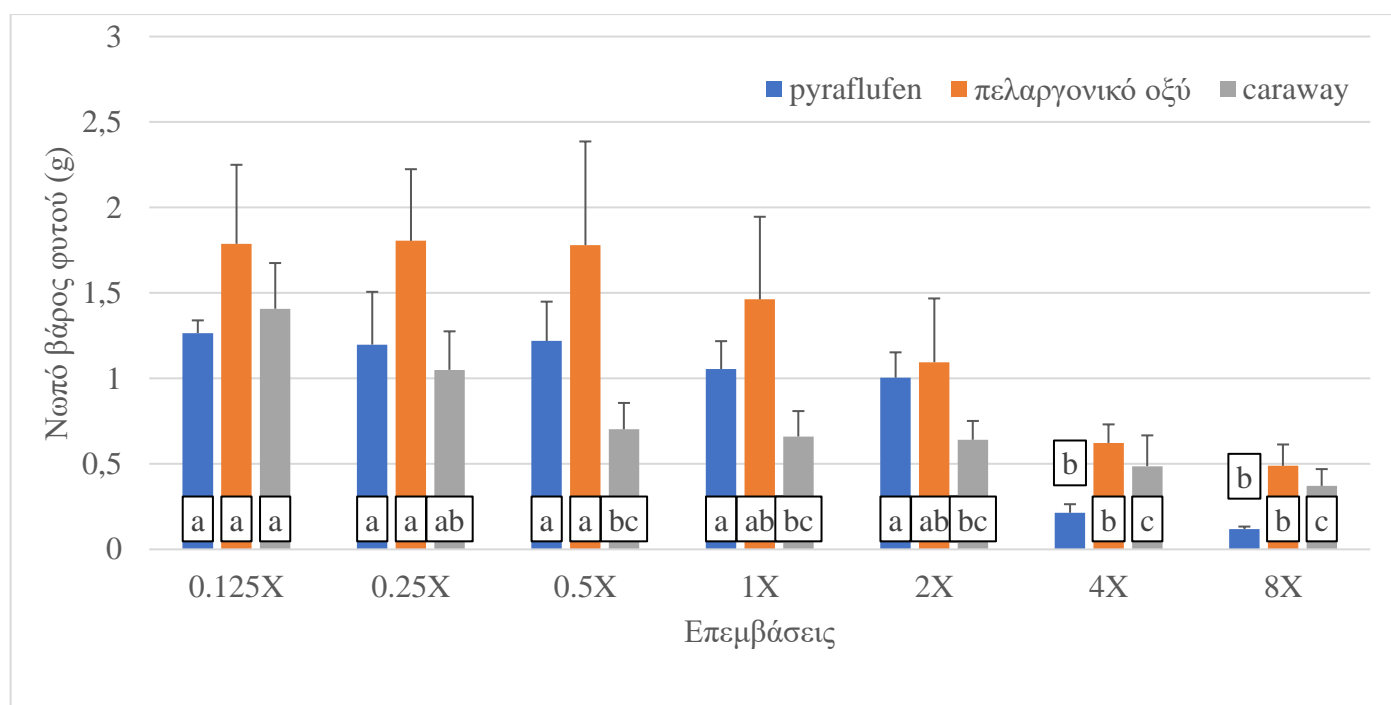
Εικόνα 68: Αποτύπωση των ίδιων πειραματικών τεμαχίων 1 μήνα μετά την εφαρμογή το 2020, ένα χρόνο μετά το 2021 και δύο χρόνια μετά, με έμφαση στο μείγμα glyphosate + MCPA εναντίον του ζιζανίου *Solanum elaeagnifolium*

3.4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

3.4.1. Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φυσικών και χημικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών προερχόμενα από έρπουσες ρίζες και από σπόρο

Πρώτο πείραμα

Η ANOVA έδειξε ότι τα ζιζανιοκτόνα pyraflufen-ethyl και caraway δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, αλλά και τα δύο διέφεραν σημαντικά από το πελαργονικό οξύ ως προς τις τιμές του νωπού βάρους των φυτών 28 ημέρες από την εφαρμογή. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δόσεων του pyraflufen ($p < 0.0001$; $LSD = 0.48$) και του caraway ($p = 0.0026$; $LSD = 0.51$), αλλά όχι του πελαργονικού οξέος ($p = 0.0954$; $LSD = 1.5$) (Γράφημα 50; Πίνακας 50).

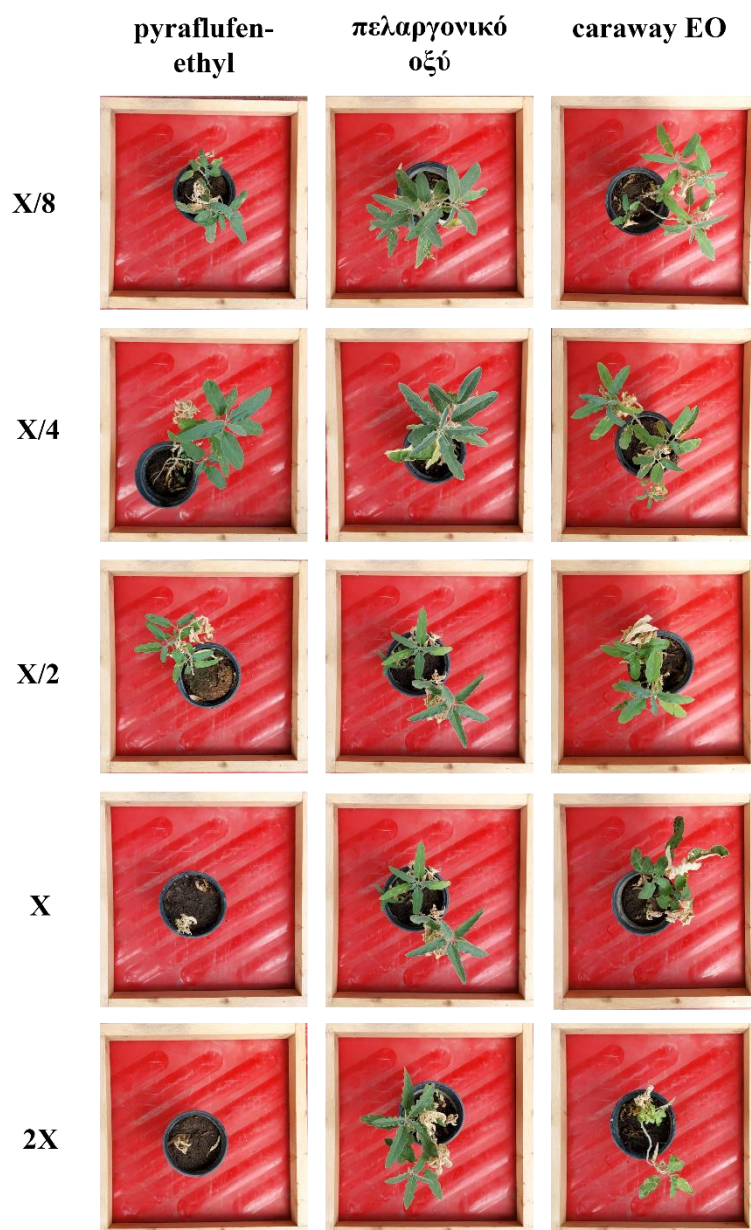


Γράφημα 50: Νωπό βάρος βλαστού φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και caraway

Πίνακας 50: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης της δόσης του ζιζανιοκτόνου, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του νωπού βάρους φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob > F
Δόση	7	84,783587	12,11194	22,5971	<,0001
Επέμβαση	2	7,748054	3,87403	7,2277	0,001
Δόση*Επέμβαση	14	5,395146	0,38537	0,719	0,7533
Σφάλμα	168	90,04736	0,536		
Σύνολο	191	187,97415			

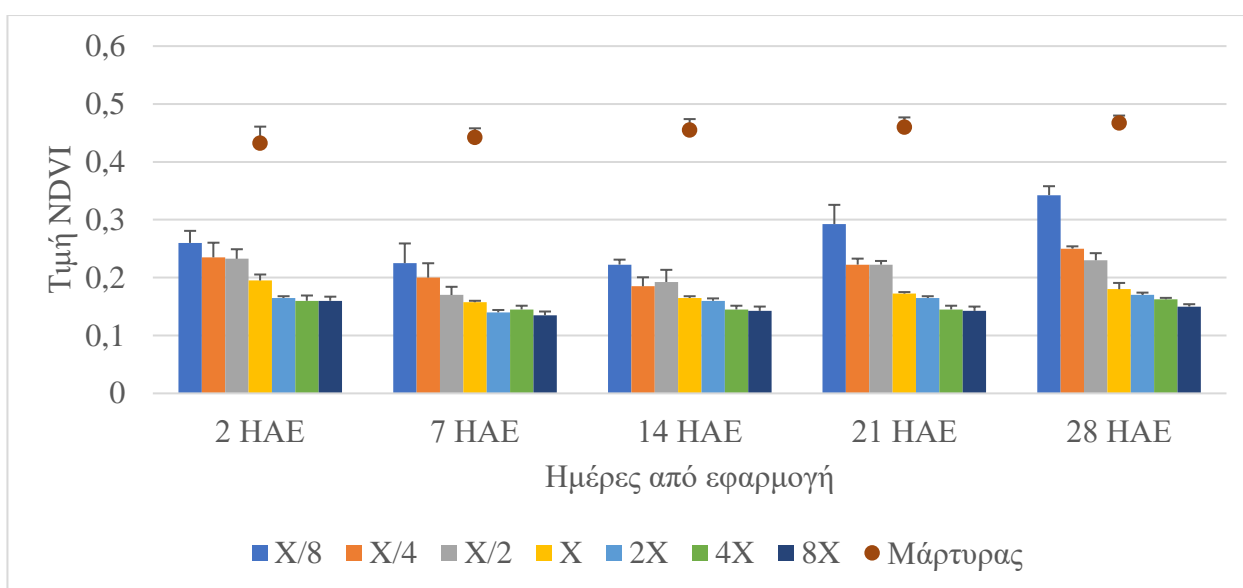
Στην Εικόνα 69 φαίνεται ότι τα φυτά που ψεκάστηκαν με πελαργονικό οξύ και caraway είχαν επιβιώσει μέχρι και διπλάσια της ανώτατης συνιστώμενης δόσης, ενώ τα φυτά που μεταχειρίστηκαν με pyraflufen είχαν ελεγχθεί πλήρως στη συνιστώμενη δόση. Στις δόσεις των 4X και 8X υπήρχε σχεδόν πλήρης έλεγχος των φυτών σε όλες τις επεμβάσεις.



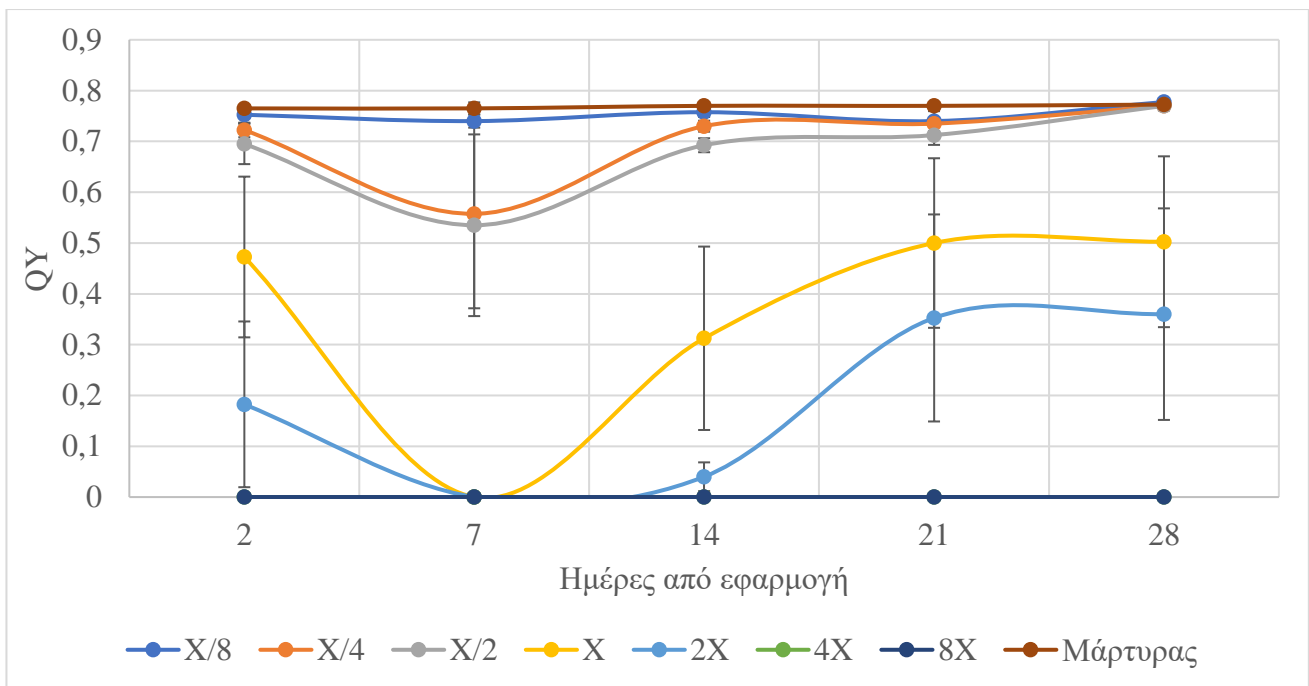
Εικόνα 69: Ενδεικτική απεικόνιση των φυτών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και αιθέριου ελαίου του caraway σε μεταβαλλόμενες δόσεις 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές της συνιστώμενης δόσης για κάθε ζιζανιοκτόνο

Η τιμή του NDVI έδειξε να αυξάνεται μετά τις 7 ημέρες από την εφαρμογή με pyraflufen για τις δόσεις 0.125X, 0.25X και 0.5X, καθώς προηγουμένως τα φυτά

δέχτηκαν στρες/νεκρώσεις από την εφαρμογή σε χαμηλές δόσεις (Γράφημα 51). Μεταξύ 2 και 7 ημερών από την εφαρμογή, η συνιστώμενη δόση έδρασε στο μέγιστο βαθμό και δεν παρατηρήθηκαν αναβλαστήσεις, με την τιμή του NDVI να παραμένει σταθερή έως και 28 ημέρες από την εφαρμογή. Για τις δόσεις 2X, 4X και 8X, η αποτελεσματικότητα ήταν μεγάλη μόλις 2 ημέρες μετά την εφαρμογή και τα φυτά δεν ανέκαμψαν. Ωστόσο, η τιμή της φωτοσυνθετικής ικανότητας για τις δόσεις X και 2X έδειξε ότι τα φυτά δύο εβδομάδες μετά την εφαρμογή παρέμεναν φωτοσυνθετικά ενεργά (Γράφημα 52). Μικρότερες δόσεις (<0.5X) είχαν ως αποτέλεσμα περιορισμένη χρονικά καταπόνηση των φυτών, που όμως γρήγορα ανέκαμψαν δύο εβδομάδες μετά την εφαρμογή με pyraflufen.

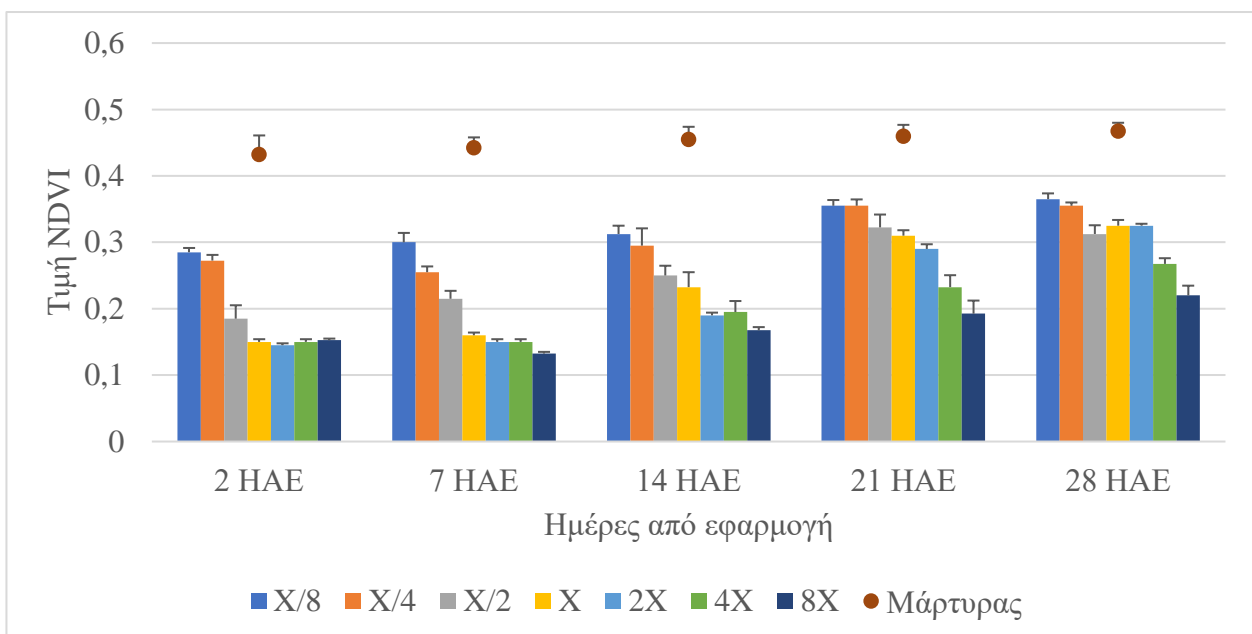


Γράφημα 51: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με pyraflufen-ethyl σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)

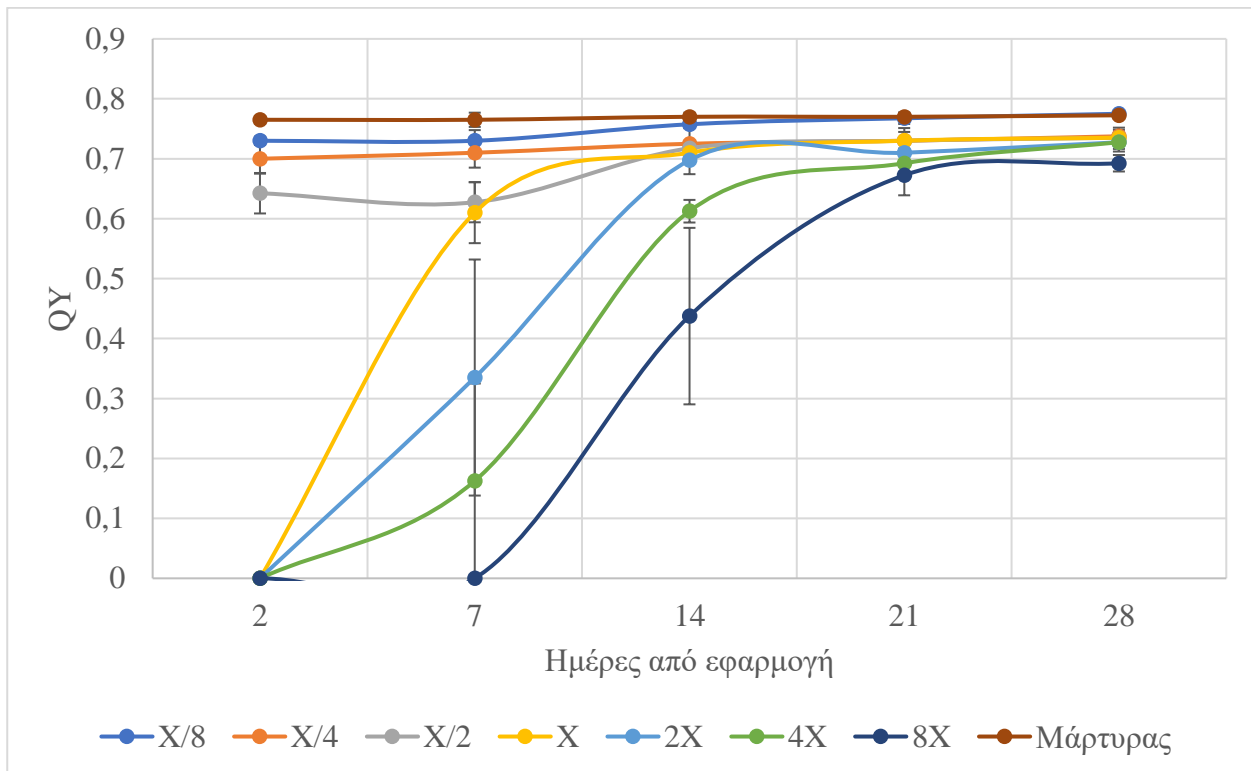


Γράφημα 52: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με pyraflufen-ethyl σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)

Αντίθετα με το pyraflufen-ethyl, το φυσικό ζιζανιοκτόνο πελαργονικό οξύ κρίθηκε αναποτελεσματικό ως προς τον έλεγχο του ζιζανίου, ακόμα και σε δόσεις >2X. Συγκεκριμένα, η τιμή του NDVI αλλά και του QY έδειξε να αυξάνει σταδιακά για όλες τις δόσεις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή, με αποτέλεσμα τρεις εβδομάδες μετά τα φυτά να έχουν ανακάμψει πλήρως (Γράφημα 53 και 54).

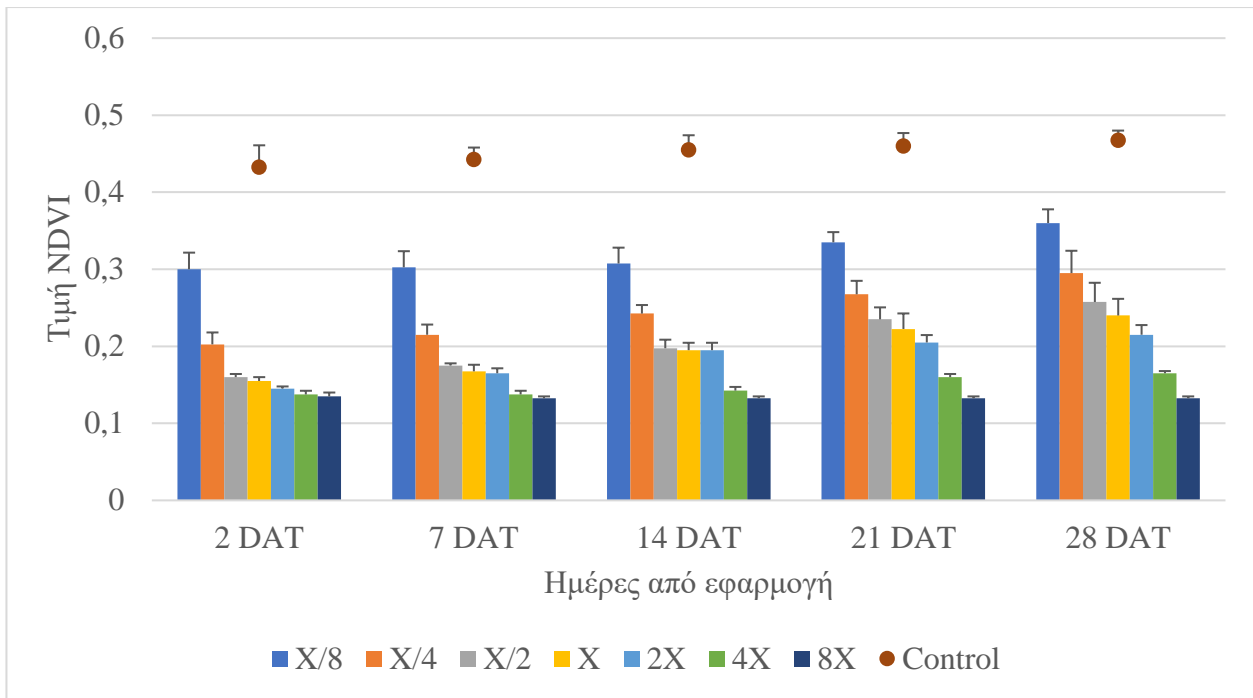


Γράφημα 53: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με πελαργονικό οξύ σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)

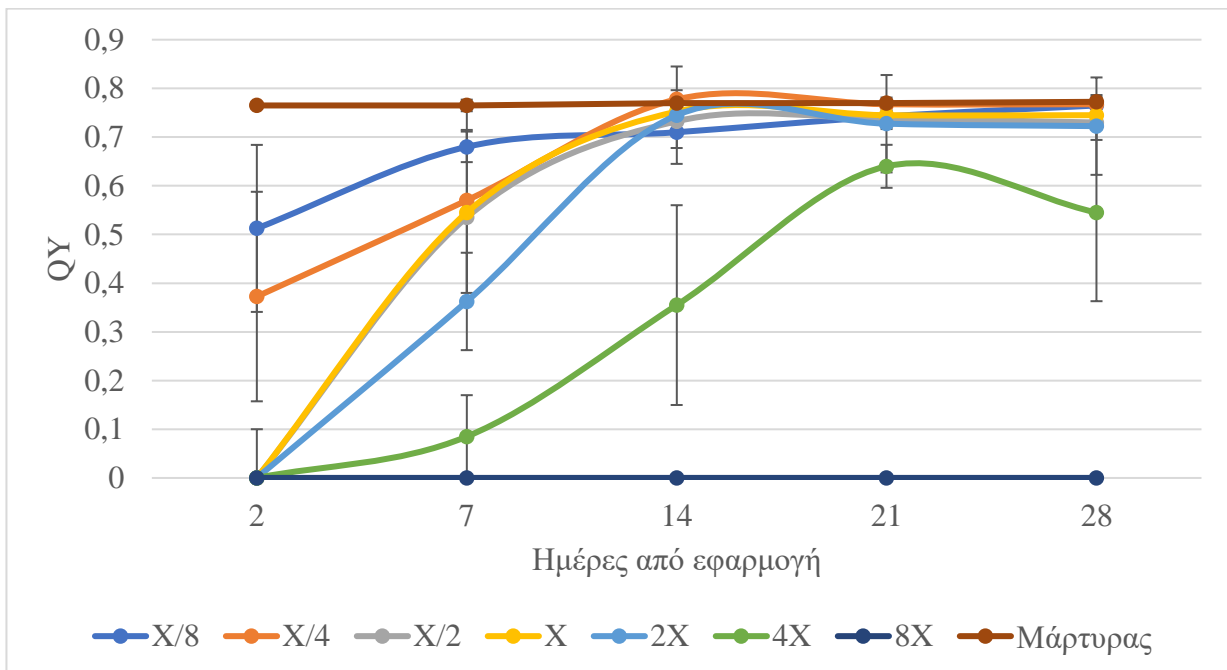


Γράφημα 54: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με πελαργονικό οξύ σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)

Το αιθέριο έλαιο caraway ήταν πλήρως αποτελεσματικό μόνο στη δόση 8X, κάτι το οποίο φαίνεται από τη σταθερή τιμή του NDVI για όλες τις ημέρες δειγματοληψίας (Γράφημα 55) και από την μηδενική τιμή του QY (Γράφημα 56).



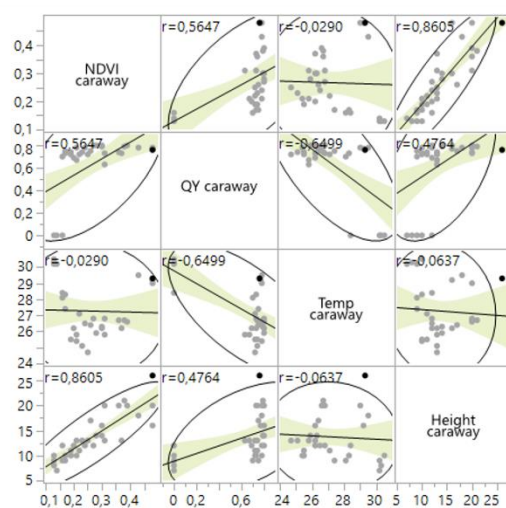
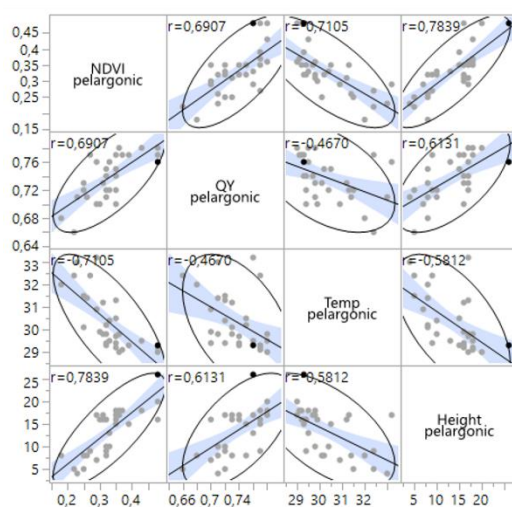
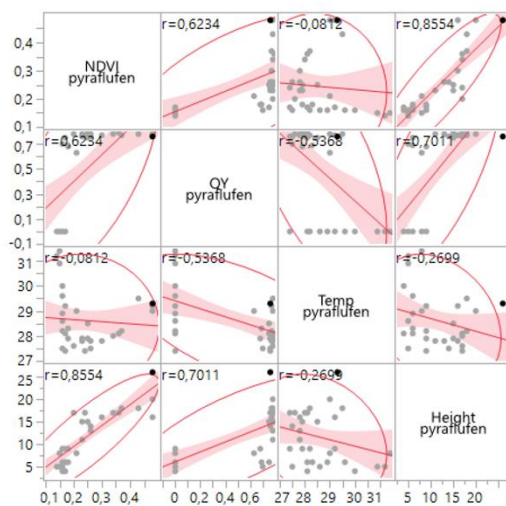
Γράφημα 55: Τιμή NDVI 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με caraway σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)



Γράφημα 56: Τιμή QY 2, 7, 14, 21 και 28 ημέρες από την εφαρμογή για τα φυτά *Solanum elaeagnifolium* του μάρτυρα και αυτών όπου μεταχειρίστηκαν με caraway σε δόσεις X/8, X/4, X/2, X, 2X, 4X και 8X της συνιστώμενης δόσης (X)

Οι γραμμικές συσχετίσεις των παραγόντων NDVI, QY, θερμοκρασία φύλλου και ύψους φυτού έδειξαν τα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα επαφής παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους. Η πιο ισχυρά θετική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη NDVI και της

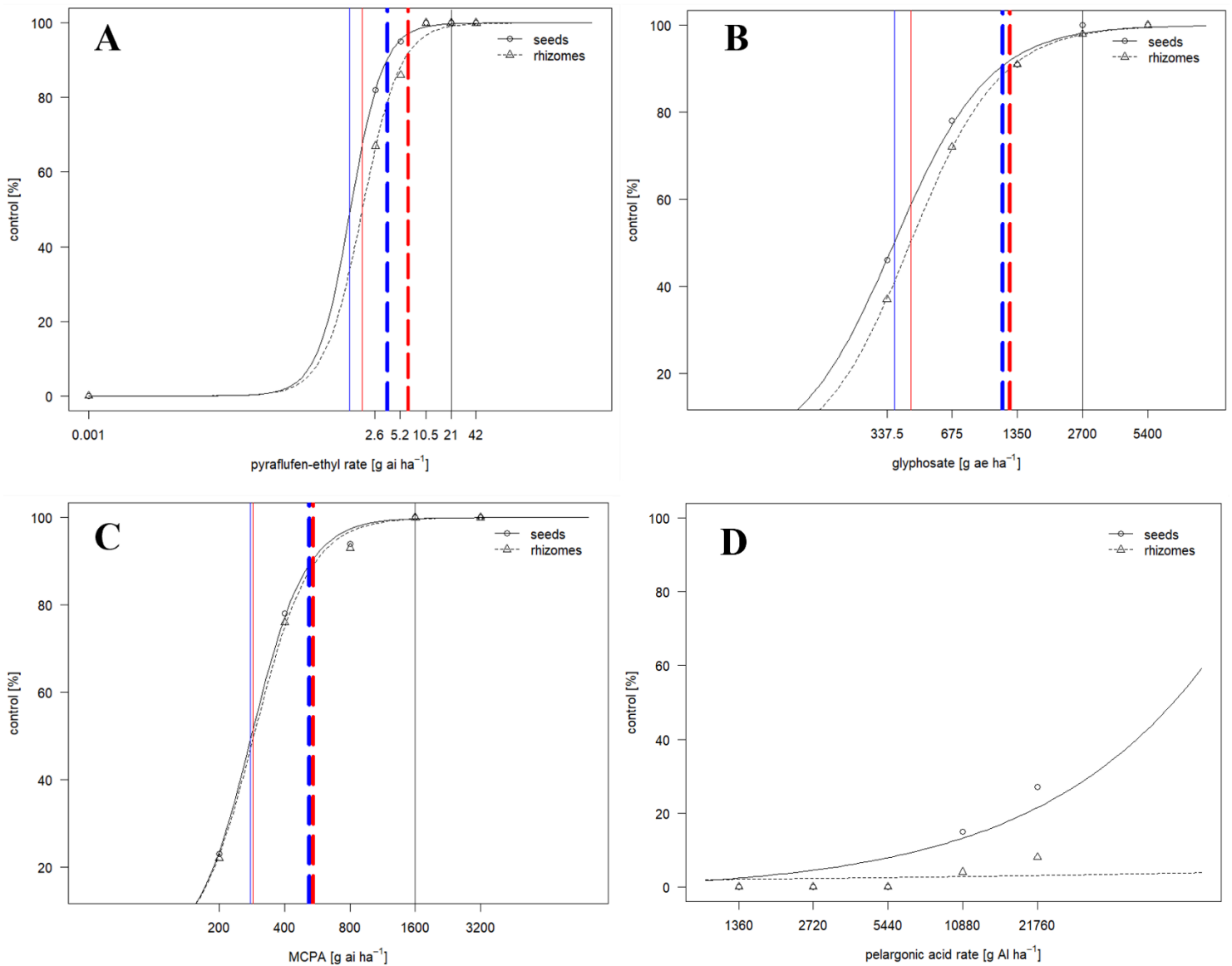
φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών 28 ημέρες από την εφαρμογή εμφανίστηκε στο φυσικό ζιζανιοκτόνο πελαργονικό οξύ ($r=0.69$), κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο λόγω των έντονων και ταχέων αναβλαστήσεων (Εικόνα 70). Η αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του δείκτη NDVI και της τιμής του QY για όλα τα ζιζανιοκτόνα. Αντίστοιχα, η αύξηση του ύψους του φυτού είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του δείκτη NDVI, με τη μεγαλύτερη μείωση να παρουσιάζεται στο πελαργονικό οξύ ($r=-0.58$). Αντίθετα, όσο αυξανόταν το ύψος, αυξανόταν θετικά και η τιμή του QY.



Εικόνα 70: Γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων NDVI, QY, θερμοκρασία φύλλου και ύψος φυτού 28 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων επαφής pyraflufen-ethyl, πελαργονικό οξύ και caraway σε φυτά *Solanum elaeagnifolium*

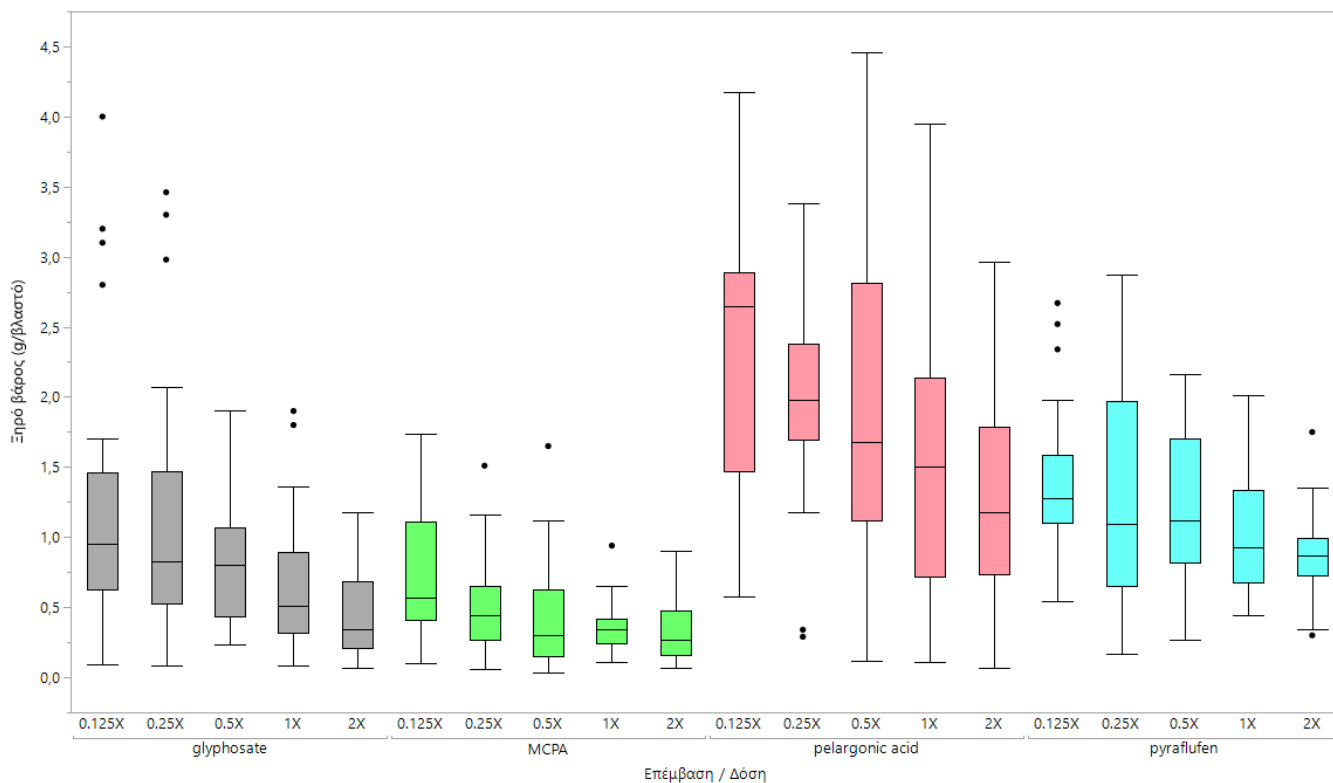
Δεύτερο πείραμα

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 71, οι απαιτούμενες δόσεις για τον έλεγχο του 50% και του 90% των φυτών *S. elaeagnifolium* είτε προέρχονται από σπόρο είτε από έρπουσες ρίζες είναι σημαντικά μικρότερες από τις συνιστώμενες δόσεις των ετικετών των συγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων (pyraflufen, glyphosate, MCPA). Σε αντίθεση, και όπως αναμενόταν το πελαργονικό οξύ χρειάζεται πολύ υψηλές δόσεις για να φτάσει ακόμα και το 50% του ελέγχου του ζιζανίου καθώς παρατηρούνται αναβλαστήσεις μόλις λίγες ημέρες μετά την εφαρμογή του. Συγκριτικά, το MCPA δείχνει να μπορεί να δεχτεί τις μεγαλύτερες μειώσεις (>50%) σε σχέση με τη συνιστώμενη δόση, διατηρώντας πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα. Είναι σημαντικό να τονιστεί σε αυτό το σημείο, όμως, ότι τα συγκεκριμένα πειράματα διεξάχθηκαν σε φυτοδοχεία όπου πάντα η αποτελεσματικότητα είναι υψηλότερη σε σχέση με πειράματα πεδίου. Εκεί τα φυτά έχουν ανεπτυγμένο βαθύ ριζικό σύστημα, κάνοντας πολύ δύσκολη τη μετακίνηση των ζιζανιοκτόνων προς τα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα και την νέκρωση τους, ενώ βρίσκονται πιο κοντά σε πηγές θρεπτικών συστατικών και νερού που θα τους επιτρέψουν να ανακάμψουν από φυτοτοξικότητες ή/και νεκρώσεις των υπέργειων φυτικών ιστών.



Εικόνα 71: Έλεγχος (%) φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από εγγενή ή αγενή πολλαπλασιασμό. A: pyraflufen-ethyl; B: glyphosate; C: MCPA; D: πελαργονικό οξύ. Οι κάθετες μαύρες γραμμές είναι οι ανώτατες συνιστώμενες δόσεις για κάθε ζιζανιοκτόνο. Οι λεπτές μπλε γραμμές απεικονίζουν το ED₅₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από σπόρο, οι λεπτές κόκκινες γραμμές απεικονίζουν το ED₅₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα, οι διακεκομμένες μπλε γραμμές απεικονίζουν το ED₉₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από σπόρο, και οι διακεκομμένες κόκκινες γραμμές απεικονίζουν το ED₉₀ για τον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα

Το ξηρό βάρος των βλαστών του ζιζανίου που προέρχονταν από σπόρο επηρεάστηκε σημαντικά από την επέμβαση, το έτος πειραματισμού αλλά και τη δόση ψεκασμού (Πίνακας 51). Οι υψηλότερες τιμές εμφανίστηκαν στην επέμβαση με πελαργονικό οξύ, ενώ τα διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA είχαν παρόμοια αποτελεσματικότητα (Εικόνα 72).

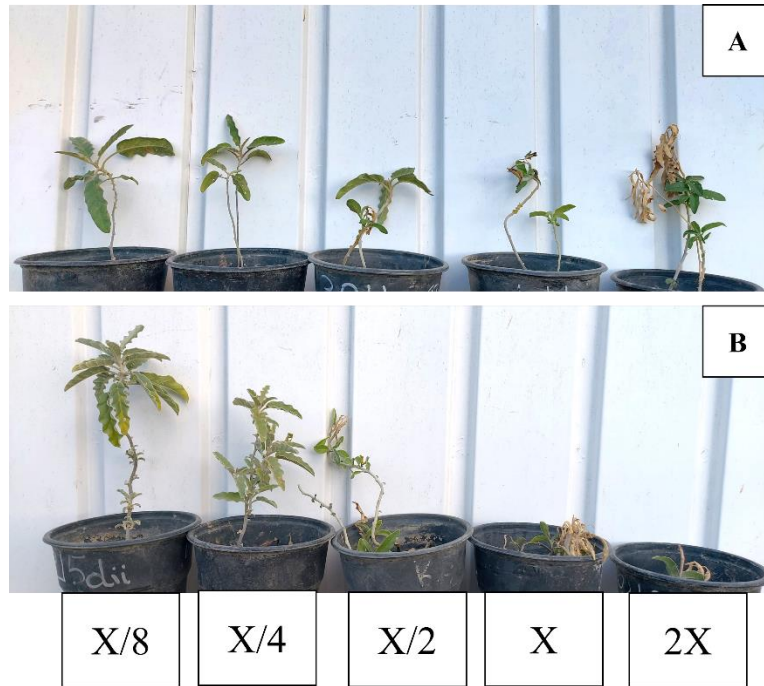


Εικόνα 72: Ξηρό βάρος βλαστών *Solanum elaeagnifolium* 28 ημέρες μετά την εφαρμογή glyphosate, MCPA, πελαργονικού οξέος και pyraflufen σε δόσεις 0.125X, 0.25X, 0.5X, 1X και 2X

Πίνακας 51: Ανάλυση διακύμανσης της επίδρασης της επέμβασης, της δόσης και του έτους πειραματισμού στο καθορισμό των τιμών του ξηρού βάρους των βλαστών του ζιζανίου 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

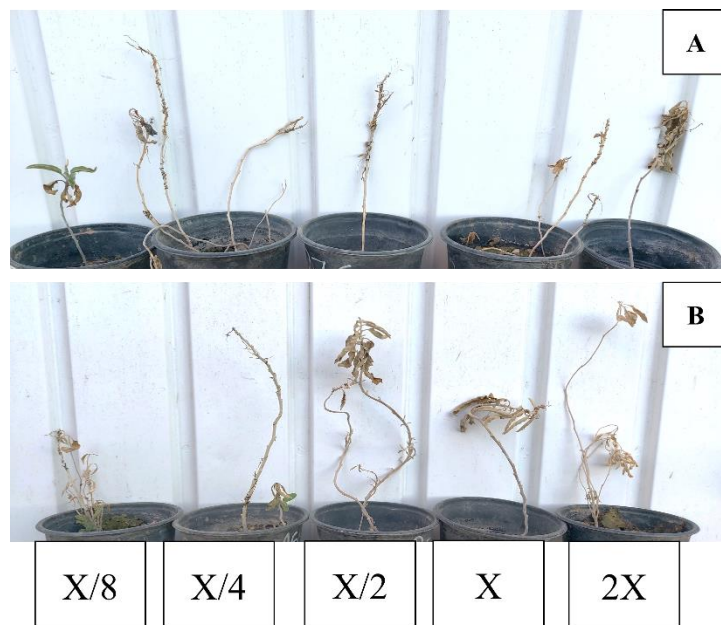
Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob > F
Έτος	1	7,40139	7,40139	19,9267	<,0001
Επέμβαση	3	124,37955	41,45985	111,622	<,0001
Έτος*Επέμβαση	3	6,43905	2,14635	5,7786	0,0007
Δόση	5	267,9826	53,59652	144,2974	<,0001
Έτος*Δόση	5	0,86087	0,17217	0,4635	0,8035
Επέμβαση*Δόση	15	30,55823	2,03722	5,4848	<,0001
Έτος*Επέμβαση*Δόση	15	7,9656	0,53104	1,4297	0,1271
Μοντέλο	47	445,58729	9,48058	25,5245	
Σφάλμα	672	249,60155	0,37143		
Σύνολο	719	695,18884			

Η οπτική παρατήρηση των φυτών που μεταχειρίστηκαν με πελαργονικό οξύ έδειξε ότι ακόμα και στην 2X δόση παρατηρούνται αναβλαστήσεις των φυτών που προέρχονται από σπόρο (Εικόνα 73).



Εικόνα 73: Αποτελεσματικότητα του φυσικού ζιζανιοκτόνου πελαργονικού οξέος σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

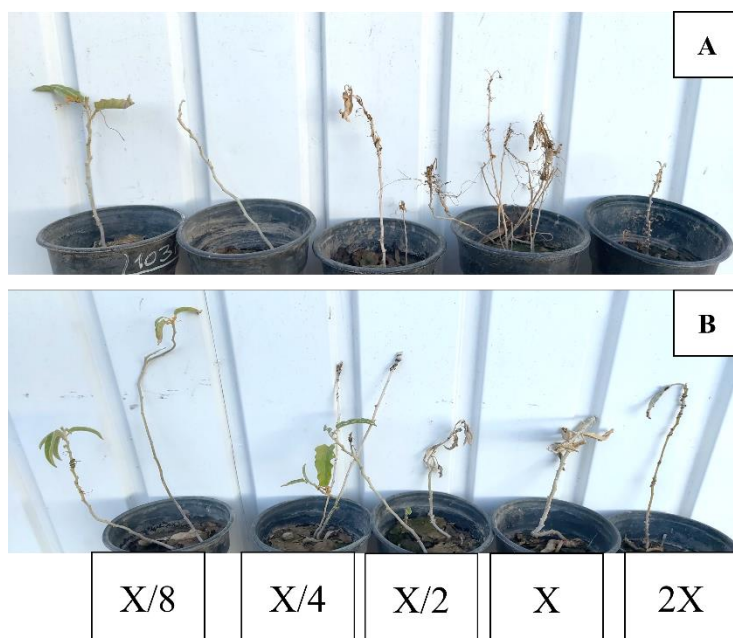
Σε αντίθεση με το πελαργονικό οξύ, το έταιρο ζιζανιοκτόνο επαφής pyraflufen-ethyl είναι πιο αποτελεσματικό στον έλεγχο των φυτών που προέρχονται από σπόρο, εάν και παρατηρούνται αναβλαστήσεις σε δόσεις μικρότερων της X/2 τέσσερις εβδομάδες μετά τον ψεκασμό (Εικόνα 74).



Εικόνα 74: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού ζιζανιοκτόνου επαφής pyraflufen-ethyl σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών

Solanum elaeagnifolium που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

Στη πλειοψηφία τους (εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων) τα ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA προσφέρουν πολύ υψηλό έλεγχο του ζιζανίου ακόμα και σε δόσεις τέσσερις φορές κάτω από τη συνιστώμενη (Εικόνα 75 και 76).



Εικόνα 75: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου glyphosate σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή



Εικόνα 76: Αποτελεσματικότητα του συνθετικού διασυστηματικού ζιζανιοκτόνου MCPA σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από σπόρο το 2021 (A) και το 2022 (B) 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

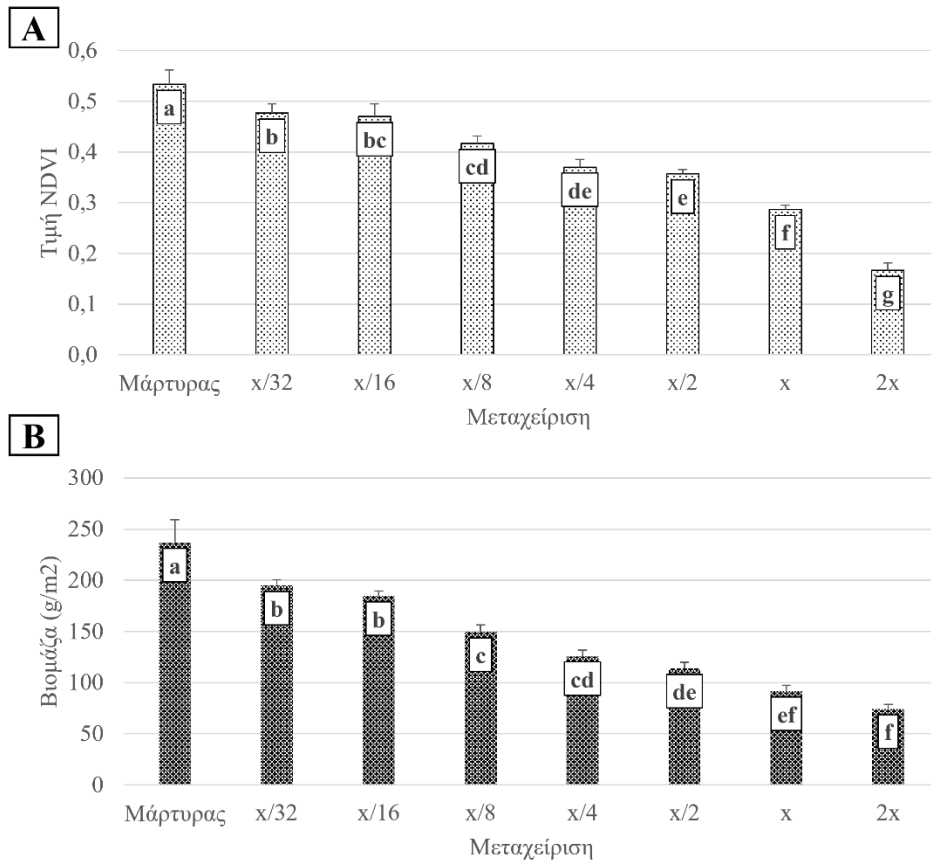
Στην Εικόνα 77, απεικονίζεται η κατάσταση των φυτών που προέρχονται από αγνή πολλαπλασιασμό 28 ημέρες μετά τον ψεκασμό με τα ζιζανιοκτόνα. Το πελαργονικό οξύ κρίνεται αναποτελεσματικό καθώς υπάρχουν αναβλαστήσεις. Τα διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA είχαν υψηλή αποτελεσματικότητα, παρότι εμφανίστηκαν λίγες αναβλαστήσεις, ενώ για το pyraflufen-ethyl, η αποτελεσματικότητα ήταν μεγάλη ακόμα και στην υποδιπλάσια από την συνιστώμενη δόση. Το ξηρό βάρος επηρεάστηκε σημαντικά από την επέμβαση και τις δόσεις αλλά όχι από το έτος πειραματισμού.



Εικόνα 77: Αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων πελαργονικό οξύ (Α), pyraflufen-ethyl (Β), glyphosate (Γ) και MCPA (Δ) σε μεταβαλλόμενες δόσεις (1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 φορές τη συνιστώμενη δόση) εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονταν από έρπουσες ρίζες 28 ημέρες μετά την εφαρμογή

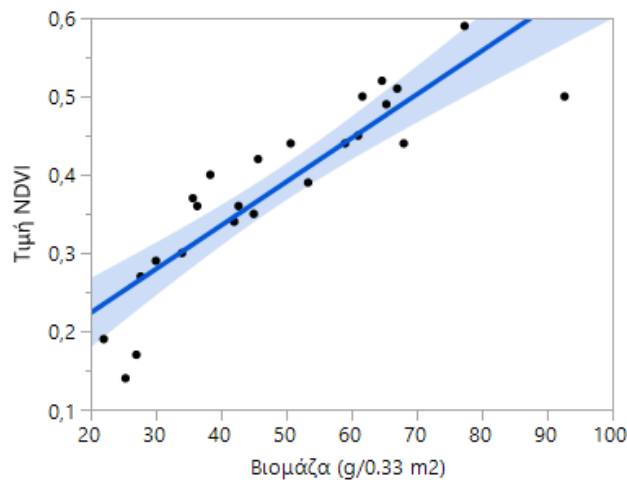
3.4.2. Πείραμα μεταβαλλόμενων δόσεων (dose-response) για την αξιολόγηση του ζιζανιοκτόνου glyphosate σε φυτά προερχόμενα από έρπουσες ρίζες στο στάδιο της έναρξης της καρπώδευσης

Η ανάλυση της διακύμανσης των τιμών του NDVI έδειξε ότι οι επεμβάσεις διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (LSD=0.05; Fratio=42.64; $P_{value}<0.0001$) (Εικόνα 78Α). Αντίστοιχα, παρατηρήθηκε ότι και τις τιμές της βιομάζας των φυτών υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων (LSD=28.42; Fratio=34.36; $P_{value}<0.0001$) (Εικόνα 78Β).



Εικόνα 78: Τιμές του δείκτη NDVI (A) και της βιομάζας (g/m^2) (B) για τις επεμβάσεις 20 μέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate. Οι στήλες που εμφανίζουν διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας 95%

Η συσχέτιση μεταξύ των τιμών του NDVI και της βιομάζας των φυτών ήταν γραμμική ($\text{NDVI} = 0,1121066 + 0,0055781 \cdot \text{Biomass}$) με το συντελεστή συσχέτισης να είναι ισχυρά θετικός ($r=0.88$) και το $R^2=0.78$, ενώ η συσχέτιση ήταν στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ($P_{\text{value}} < 0.0001$) (Γράφημα 57).

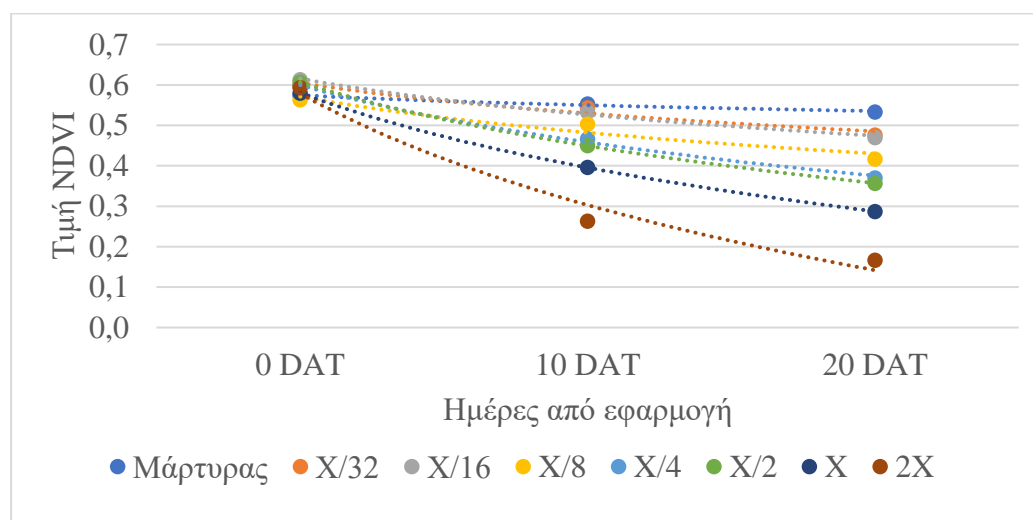


Γράφημα 57: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του NDVI και της βιομάζας των φυτών

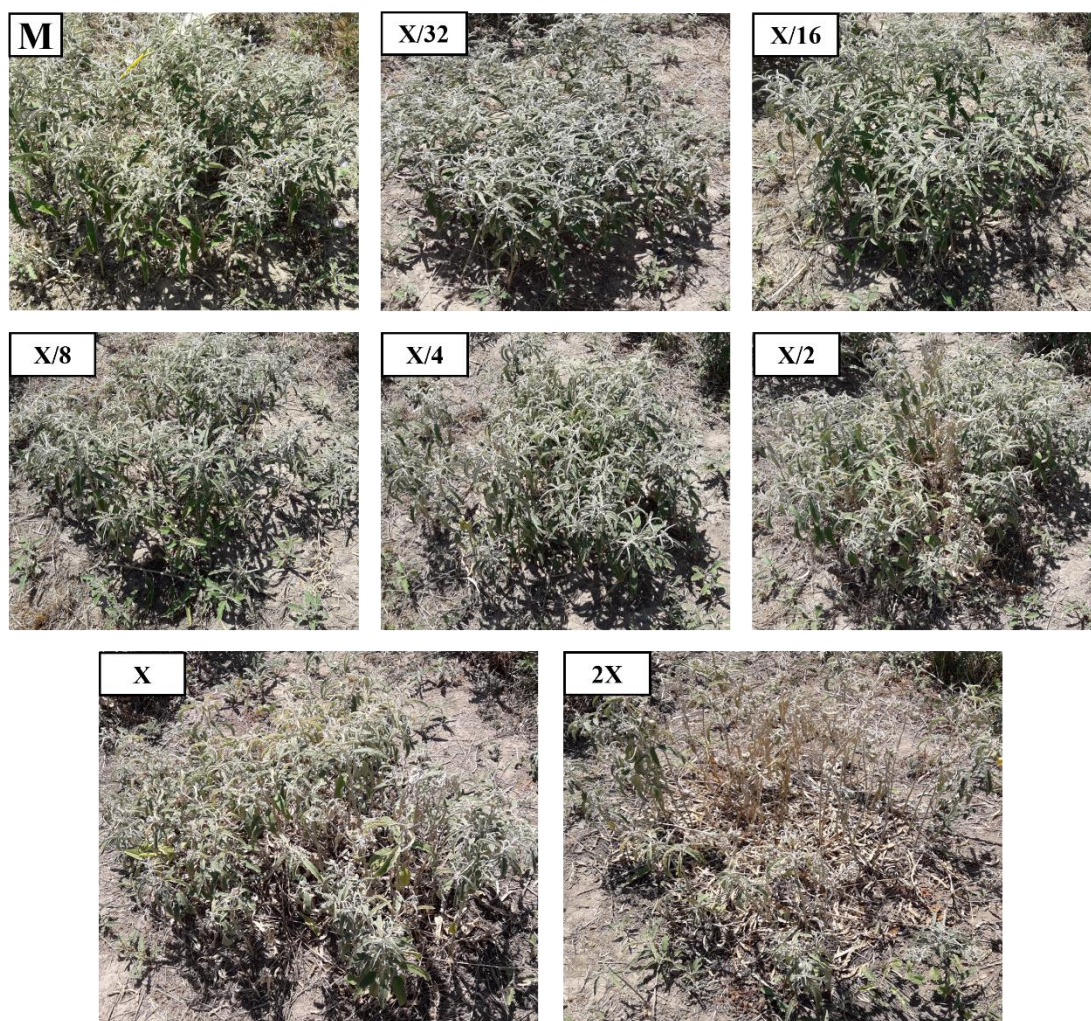
Η τιμή του NDVI μειώθηκε σταδιακά για το μάρτυρα καθώς τα φυτά εισέρχονταν στη καρποφορία στις αρχές Ιουλίου, ενώ αυτή η μείωση ήταν πιο απότομη όσο αυξανόταν η δόση της δραστηκής ουσίας (Πίνακας 52; Εικόνα 79).

Πίνακας 52: Εξισώσεις που περιγράφουν τις τιμές του δείκτη NDVI στο χρόνο για όλες τις επεμβάσεις

Επέμβαση	Εξίσωση	R ²
Μάρτυρας	$y = -0,036\ln(x) + 0,5746$	0.9777
X/32	$y = -0,109\ln(x) + 0,6051$	0.9618
X/16	$y = -0,129\ln(x) + 0,6158$	0.9931
X/8	$y = -0,128\ln(x) + 0,5712$	0.9365
X/4	$y = -0,204\ln(x) + 0,5998$	0.9957
X/2	$y = -0,227\ln(x) + 0,6069$	0.999
X (συνιστώμενη δόση)	$y = -0,267\ln(x) + 0,5804$	0.999
2X	$y = -0,398\ln(x) + 0,5787$	0.9759



Γράφημα 58: Τιμές του NDVI για όλες τις επεμβάσεις πριν την εφαρμογή του glyphosate, 10 και 20 DAT



Εικόνα 79: Απεικόνιση των τεμαχίων 20 ημέρες από την εφαρμογή μεταβαλλόμενων δόσεων glyphosate. Με το γράμμα M απεικονίζεται ο μάρτυρας ενώ το X είναι η συνιστώμενη δόση (750 cc/στρ.)

Η μέτρηση των βλαστών που αναδύθηκαν την επόμενη χρονιά έδειξε ότι μόνο στη επέμβαση με τη διπλή δόση της συνιστώμενης του glyphosate υπήρχε μείωση περίπου 35% ένα χρόνο μετά την εφαρμογή, ενώ στη συνιστώμενη δόση η μείωση των βλαστήσεων της επόμενης χρονιάς περιορίστηκε περίπου στο 10%. Μεταξύ του χρόνου ψεκασμού και του επόμενου έπεσαν συνολικά 292.6 mm βροχής.

Αυτό το αποτέλεσμα ήταν αποτρεπτικό για την επανάληψη του πειράματος και δεύτερη χρονιά καθώς στόχος της διατριβής ήταν η αναζήτηση μεθόδων που μειώνουν τη συνολική ποσότητα συνθετικών ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τη καταπολέμηση και διαχείριση του *S. elaeagnifolium*.

3.4.3. Πείραμα αξιολόγησης του εμπορικού Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise® για τη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium*

Αυτό το πείραμα πραγματοποιήθηκε παράλληλα με το πείραμα 3.3.5 σε εμπορικό ελαιώνα στον Βόλο. Στην Εικόνα 80 απεικονίζονται ενδεικτικά τα plots των επεμβάσεων ένα μήνα και τρεις μήνες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων το 2022. Για τις ανάγκες του παρόντος πειράματος επιλέχθηκαν οι μετρήσεις του glyphosate, MCPA, και του συνδυασμού τους, ενώ εγκαταστάθηκαν και τεμάχια όπου

εφαρμόστηκε το ζιζανιοκτόνο επαφής pyraflufen-ethyl και άλλα όπου τα φυτά ψεκάστηκαν με βάση τη σύσταση ζιζανιοκτονίας που εξάγει το σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Όπως περιεγράφηκε στη μεθοδολογία, με τη χρήση του συστήματος προτείνεται μία μείωση της τάξης του 28% στη συνολική ποσότητα του ζιζανιοκτόνου (glyphosate+MCPA) που απαιτείται για τουλάχιστον 70% έλεγχο του ζιζανίου.

Και τα τρία έτη του πειραματισμού παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($p < 0.0001$; Πίνακας 53, 54, 55). Ο υψηλότερος έλεγχος του ζιζανίου επιτεύχθηκε κάθε χρονιά με τη μίξη του glyphosate με το MCPA, ακολουθούμενη από το glyphosate μόνο του. Η ζιζανιοκτονία με μειωμένες δόσεις και προερχόμενη από το σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων προσέφερε έλεγχο της τάξης του **84-91%**, ένα αποτέλεσμα που κρίνεται ως πολύ σημαντικό. Επίσης, όλες οι επεμβάσεις που περιείχαν τα ζιζανιοκτόνα glyphosate και MCPA (στις συνιστώμενες ή μειωμένες δόσεις) δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τη μείωση της βιομάζας του ζιζανίου 90 ημέρες μετά τις εφαρμογές και στον αριθμό των καρπών που παράχθηκαν. Συγκεκριμένα για τη τελευταία παράμετρο, η μειωμένη δόση του μείγματος προσέφερε πολύ υψηλή μείωση του αριθμού των παραγόμενων καρπών και τα τρία έτη. Επομένως, το αποτέλεσμα της παρούσας έρευνας είναι ότι παρότι μειώνεται η δόση των ζιζανιοκτόνων δεν μειώνεται η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής. Για όλες τις επεμβάσεις και τα έτη υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, εκτός από το παράγοντα έτος και τα πειραματικά έτη (Πίνακας 56).

Πίνακας 53: Έλεγχος (%) φυτών *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

	2020	2021	2022
Αψέκαστος μάρτυρας	0% (± 0.0) e	0% (± 0.0) e	0% (± 0.0) e
pyraflufen-ethyl	29% (± 1.7) d	10% (± 2.3) d	13% (± 1.8) d
glyphosate	92% (± 2.1) ab	93% (± 1.6) ab	91.3% (± 2.9) ab
MCPA	65% (± 3.9) c	72.5% (± 4.9) c	84.5% (± 3.8) bc
glyphosate+MCPA	98.3% (± 1.2) a	100% (± 0.0) a	94.3% (± 2.2) ab
DSS	90% (± 2.5) b	91% (± 2.9) b	84% (± 2) c
LSD	6.7%	7.7%	7.1%
F Ratio	315.59	295.13	320.42
P value	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Πίνακας 54: Βιομάζα ανά m^2 φυτών *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

	2020	2021	2022
Αψέκαστος μάρτυρας	244 (± 22.8) a	183.5 (± 7.3) a	271.3 (± 31.8) a
pyraflufen-ethyl	121.3 (± 8.3) b	88 (± 6.3) b	81 (± 3.7) b
glyphosate	74.3 (± 5.3) c	44.3 (± 1.9) d	47.8 (± 3.6) bc
MCPA	82.3 (± 5.3) c	66.5 (± 10.4) c	59.8 (± 4.2) bc
glyphosate+MCPA	32.5 (± 3.1) d	17 (± 1.9) e	30 (± 4.8) c
DSS	22 (± 4.1) d	29.3 (± 1.5) de	53.8 (± 6.2) bc
LSD	31.38	17.56	40.56
F Ratio	58.64	104.99	43.46

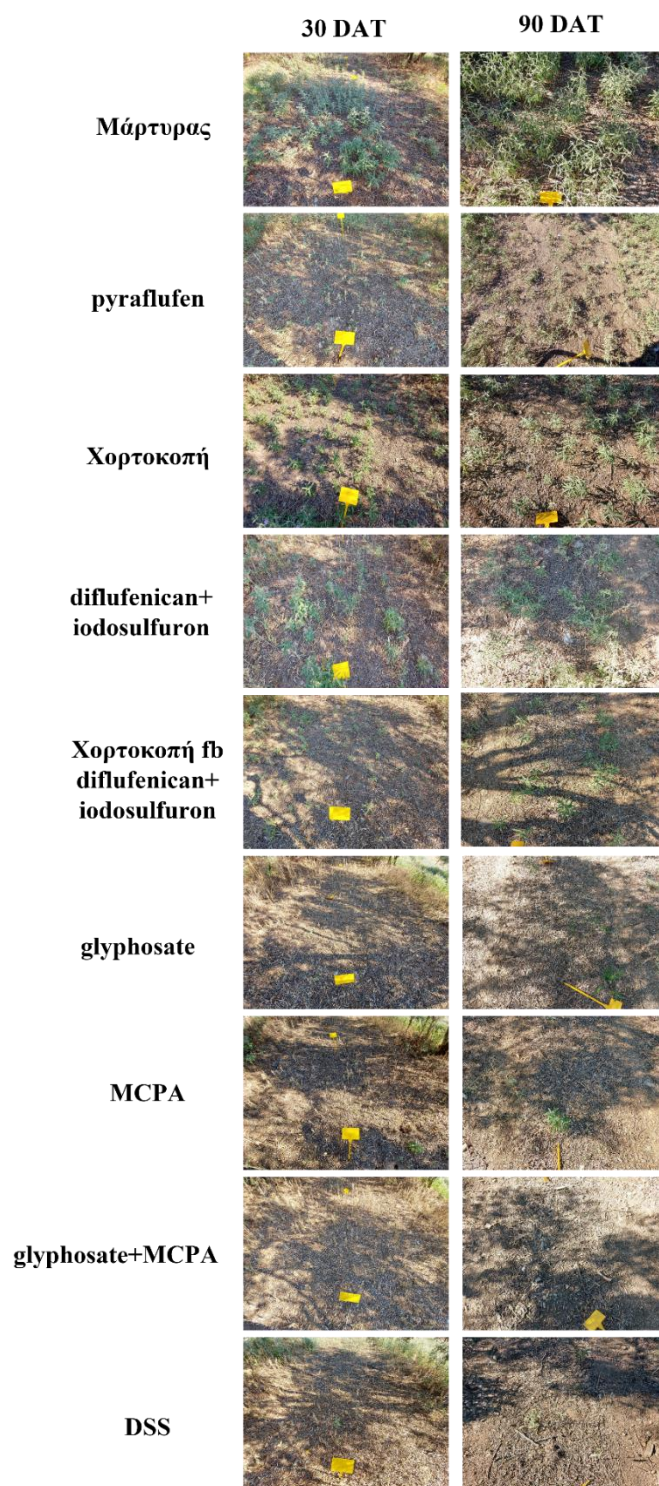
<i>Pvalue</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001
---------------	---------	---------	---------

Πίνακας 55: Αριθμός καρπών ανά m² φυτών *Solanum elaeagnifolium* 90 ημέρες μετά την εφαρμογή χημικών, μηχανικών και συνδυασμού μεθόδων για τρία πειραματικά έτη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων

	2020	2021	2022
Αψέκαστος μάρτυρας	3599.5 (±266.5) a	1992.8 (±83.1) a	2475 (±220.6) a
pyraflufen-ethyl	282.5 (±27.8) b	185.8 (±21.6) b	382.5 (±69.1) b
glyphosate	16 (±6.9) b	10.3 (±2.3) c	0 (±0.0) c
MCPA	23 (±3.5) b	15.8 (±4.6) c	6.3 (±2.8) c
glyphosate+MCPA	0 (±0.0) b	0 (±0.0) c	0 (±0.0) c
DSS	22.5 (±3.2) b	4.3 (±2.2) c	0 (±0.0) c
<i>LSD</i>	325.2	104.3	280.4
<i>F Ratio</i>	174.39	518.05	110.11
<i>Pvalue</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Πίνακας 56: Ανάλυση διακύμανσης για την αξιολόγηση της επίδρασης του πειραματικού έτους, της επέμβασης και του συνδυασμού τους στο καθορισμό των τιμών του ελέγχου, της βιομάζας και του αριθμού των καρπών φυτών *Solanum elaeagnifolium*

Πηγή	BE	AT	MT	F Ratio	Prob > F
Έλεγχος (%)					
Επεμβάσεις	5	10,608663	2,121733	912,3914	<,0001
Έτος	2	0,002758	0,001379	0,5931	0,5562
Επεμβάσεις*Έτος	10	0,180392	0,018039	7,7572	<,0001
Σφάλμα	54	0,125575	0,002325		
Σύνολο	71	10,917388			
Βιομάζα					
Επεμβάσεις	5	348586,9	69717,38	156,9704	<,0001
Έτος	2	8028,36	4014,18	9,038	0,0004
Επεμβάσεις*Έτος	10	17795,97	1779,6	4,0068	0,0004
Σφάλμα	54	23983,75	444,1		
Σύνολο	71	398394,99			
Αριθμός καρπών					
Επεμβάσεις	5	69679578	13935916	472,4423	<,0001
Έτος	2	1023165	511582	17,3432	<,0001
Επεμβάσεις*Έτος	10	4494777	449478	15,2378	<,0001
Σφάλμα	54	1592871	29498		
Σύνολο	71	76790391			



Εικόνα 80: Ενδεικτική απεικόνιση της αποτελεσματικότητας χημικών ζιζανιοκτόνων, χορτοκοπής, συνδυασμού μεθόδων, και χρήση συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων εναντίον του ζιζανίου *Solanum elaeagnifolium* σε ελαιώνα 30 και 90 ημέρες μετά την εφαρμογή. Οι φωτογραφίες μεταξύ των δύο ημερομηνιών απεικονίζουν τα ίδια plots για κάθε επέμβαση

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος επιβεβαιώνουν ότι η μείωση των δόσεων των ζιζανιοκτόνων με ταυτόχρονη διατήρηση της αποτελεσματικότητας εναντίον του *S. elaeagnifolium* είναι εφικτή και πιο βιώσιμη για τους παραγωγούς.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Βιολογία – Οικολογία – Φυσιολογία του *Solanum elaeagnifolium*

Τα πειράματα που διεξήχθησαν στα πλαίσια της παρούσας διδακτορικής διατριβής ανέδειξαν ότι το *S. elaeagnifolium* δικαιολογημένα θεωρείται ένα από τα πλέον δυσεξόντωτα χωροκατακτητικά είδη, κυρίως λόγω δύο χαρακτηριστικών: (i) του ταυτόχρονου αγενούς και εγγενούς πολλαπλασιασμού, όπου κατά τον πρώτο ο πολλαπλασιασμός των ριζών έπειτα από εδαφοκατεργασία είτε η απρόσκοπτη επέκτασή τους σε αδιατάρακτα εδάφη προκαλεί την ταχεία εξάπλωση του ζιζανίου, και κατά τον δεύτερο το ζιζάνιο έχει τη δυναμική να παράγει χιλιάδες σπόρους πληρώνοντας με αυτό το τρόπο τη τράπεζα σπόρων του εδάφους, και (ii) της ευρείας του προσαρμοστικότητας σε αντίξοες συνθήκες για την ανάπτυξη του, όπου σε συνδυασμό με την ικανότητα του να αναβλαστάνει μετά από αποτυχημένες μεθόδους διαχείρισης οδηγούν στον εγκλιματισμό και τη κυριαρχία του σε υποβαθμισμένους και μη οικοτόπους.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των αγρονομικών χαρακτηριστικών φυτών που έχουν δεχθεί χορτοκοπή υποδεικνύουν ότι εάν η χορτοκοπή πραγματοποιηθεί πριν το στάδιο της ανθοφορίας όπου χρονικά συμπίπτει με το τέλος της άνοιξης (ή το μήνα Μάιο για τις Ελληνικές συνθήκες) τότε είναι πολύ μεγάλη η πιθανότητα να παρατηρηθούν αναβλαστήσεις και τα φυτά να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο παρότι μπορεί να δέχονται κόστος έπειτα από την εφαρμογή. Εάν ωστόσο η χορτοκοπή πραγματοποιηθεί όταν τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο της ανθοφορίας που συμπίπτει με την έναρξη του καλοκαιριού (ή τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο για την Ελλάδα) τότε τα φυτά μπορούν ακόμα να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο αλλά παρουσιάζουν σημαντικά μειωμένη σποροπαραγωγική ικανότητα. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν όλες οι μεταβλητές που συντελούν στη σποροπαραγωγή του ζιζανίου, όπως ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, η διάμετρος του καρπού, το μέγεθος του σπόρου, ο αριθμός των σπόρων ανά καρπό, αλλά και ο συνολικός αριθμός των σπόρων ανά φυτό.

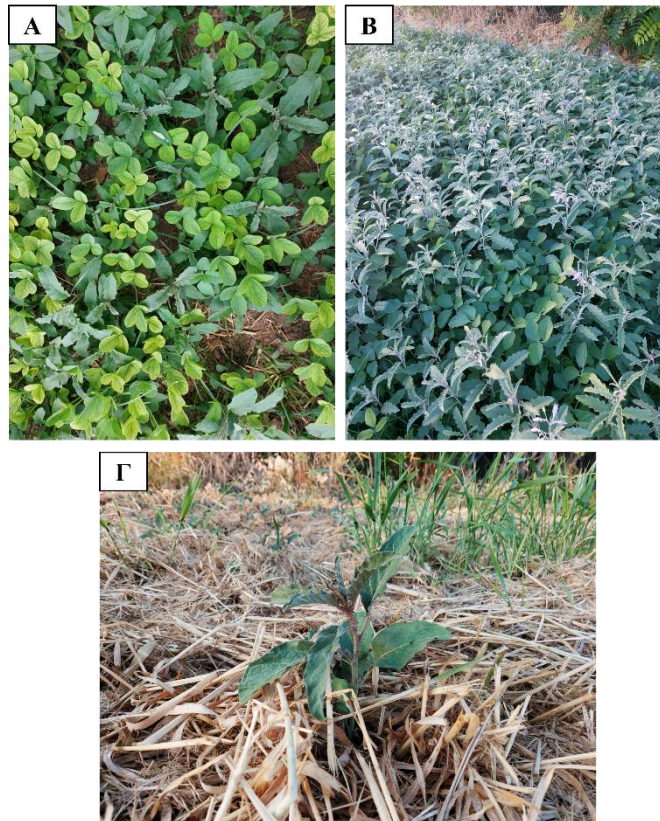
Όπως αποδείχθηκε από το Πείραμα 3.1.4, τα φυτά που προκύπτουν από αγενή πολλαπλασιασμό του ζιζανίου έχουν ένα προβάδισμα στην ανάπτυξη σε σχέση με τα φυτά που προκύπτουν από εγγενή πολλαπλασιασμό (Εικόνα 81). Η ανάπτυξη μεγαλύτερου ριζικού συστήματος από τα φυτά που προέρχονται από έρπουσες ρίζες είναι ένδειξη της ικανότητας του ζιζανίου να βρίσκει νερό και θρεπτικά συστατικά σε μεγαλύτερα



Εικόνα 81: Πείραμα φυτοδοχείων (A) και σύγκριση υπέργειου και ριζικού συστήματος φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από σπόρο (B) και έρπουσες ρίζες (Gamma)

βάθη σε σχέση με τα φυτά που προέρχονται από σπόρο, όταν βρίσκονται την ίδια στιγμή στο ίδιο περιβάλλον. Αυτό το χαρακτηριστικό δικαιολογεί την αναποτελεσματικότητα πολλών διασυστηματικών ζιζανιοκτόνων, αλλά και άλλων μηχανικών μέσων καταπολέμησης των ζιζανίων, να μειώσουν το δυναμικό αναπαραγωγής του ζιζανίου καθώς είναι δύσκολο να μετακινηθεί μία δραστική ουσία στο ευρύ ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται πολύ γρήγορα. Το συγκεκριμένο πείραμα που διεξάχθηκε σε περιορισμένες συνθήκες ανάπτυξης σε φυτοδοχεία υποδεικνύει ότι σε εδάφη όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του ζιζανίου ενδέχεται να είναι ακόμα μεγαλύτερα και πιο σημαντικά για την εξάπλωσή του. Οι Davis et al. (1945) αναφέρουν ότι οι έρπουσες ρίζες μπορούν να φτάσουν σε βάθος μεγαλύτερο από 274 εκ. σε αμμοπηλώδες έδαφος. Αναλυτικά, αναφέρουν ότι σε αυτό τον τύπο εδάφους το 45% των έρπουσων ριζών βρίσκεται έως τα πρώτα 30 εκ. κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, το 80% έως τα 120 εκ. και το 99% έως τα 274 εκ. βάθος. Σε βαρύ αργιλώδες έδαφος οι ρίζες του έχουν βρεθεί να εκτείνονται μέχρι και 120 εκ. σε βάθος (Tideman, 1960). Σύμφωνα με τον Catt (1970), ο τεμαχισμός των έρπουσων ριζών λόγω κατεργασίας όταν το έδαφος βρίσκεται στο ρώγο του, είναι δυνατό να δώσει νέες βλαστήσεις καθώς κομμάτια μήκους ακόμα και 0.5 ίντσας ή 1.27 εκ. φέρουν βλαστητικούς οφθαλμούς. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων της διδακτορικής διατριβής έδειξαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντική επίδραση του μήκους και του βάθους των έρπουσων ριζών στον αριθμό των βλαστών που προκύπτουν από τα τεμαχισμένα κομμάτια της ρίζας. Σε πείραμα σε ελεγχόμενες συνθήκες που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα, η σταθερή θερμοκρασία των 25 °C και η φωτοπερίοδος με διάρκεια 12 h οδήγησε στο φύτρωμα του ~22% των σπόρων, που ξεκίνησε την 8^η μέρα έως την 22^η μέρα, ενώ πέρα από αυτή τη μέρα δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω φύτρωμα των σπόρων (Formozis et al., 2021). Σε ελεγχόμενες συνθήκες κάτω από 12 h φωτοπερίοδο και εναλλασσόμενες θερμοκρασίες 20/30 °C, το ποσοστό φυτρώματος των σπόρων δεν ξεπέρασε το 42% (Rutherford, 1976). Στις 8 ημέρες εμφανίστηκε η πρώτη ανάδυση φυταρίου από σπόρο του *S. elaeagnifolium* σε πείραμα θερμοκηπίου στις ΗΠΑ όπου οι θερμοκρασίες ήταν 22/30 °C νύκτα/ημέρα (Bryson et al., 2012). Η υποβολή των σπόρων του *S. elaeagnifolium* στους 80 °C αύξησε το φύτρωμα των σπόρων από το 36% στο 45%, όταν αυτοί τοποθετήθηκαν υπό συνθήκες εναλλασσόμενων θερμοκρασιών 20/30 °C υπό συνθήκες φωτισμού για 16 h, ενώ ο μέσος χρόνος φυτρώματος μετρήθηκε στις δύο εβδομάδες (Chou et al., 2012). Το φως φαίνεται να μην επηρεάζει το φύτρωμα των σπόρων του *S. elaeagnifolium* καθώς υπό συνθήκες εναλλασσόμενων θερμοκρασιών 10/25 °C φύτρωσε ικανοποιητικά και υπό την παρουσία αλλά και απουσία φωτός (Podda et al., 2015). Υπό συνθήκες εναλλασσόμενων θερμοκρασιών και συγκεκριμένα 20/30 °C, ο Rutherford (1976) παρατήρησε ότι το ποσοστό φυτρώματος ανέρχεται σχεδόν στο 69% μετά από διαβροχή μίας ώρας σε τρεχούμενο νερό και εκτοξεύεται περίπου στο 79% και 90% ύστερα από διαβροχή για 24 και 120 ώρες, αντίστοιχα, 50 ημέρες μετά τις εφαρμογές. Ωστόσο, ένα σημαντικό ποσοστό σπόρων φυτρώνει κατά τις πρώτες 8 μέρες και συγκεκριμένα περίπου το 18 % ύστερα από μία ώρα διαβροχής με τρεχούμενο νερό, το 45% ύστερα από μία ημέρα, και τέλος το 70% ύστερα από 120 ώρες (Rutherford, 1976).

Η κάλυψη του εδάφους με υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας ή φυτών κάλυψης δεν ήταν αρκετή για να αποτρέψει τη βλάστηση του ζιζανίου, με αποτέλεσμα να περάσει σε ύψος τη σόγια στα πριν αυτή φτάσει στην ανθοφορία, κάτι που θα αναλυθεί στο επόμενο πείραμα (Εικόνα 82).



Εικόνα 82: Απεικόνιση της ανάπτυξης φυτών *Solanum elaeagnifolium* μεταξύ των γραμμών καλλιέργειας σόγιας (Α), της κυριαρχίας του ζιζανίου εναντίον της σόγιας (Β), και της ανάπτυξης νέων βλαστών μετά από χορτοκοπή και μέσα από υπολείμματα καλλιέργειας σιταριού

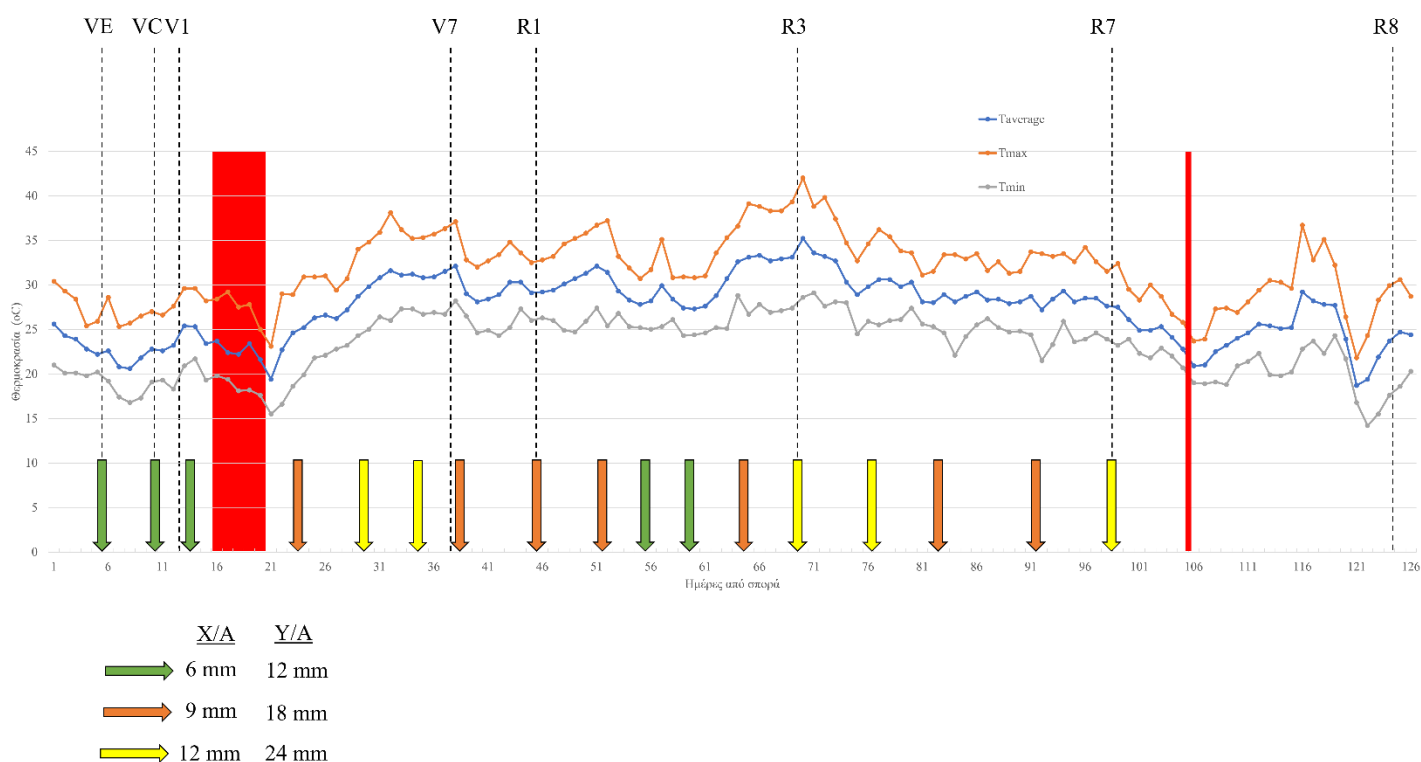
4.2. Ανταγωνισμός του *Solanum elaeagnifolium* με καλλιέργεια σόγιας

Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου όσον αφορά τις αποδόσεις της σόγιας μπορεί να αναλυθούν με διαφορετικές προσεγγίσεις.

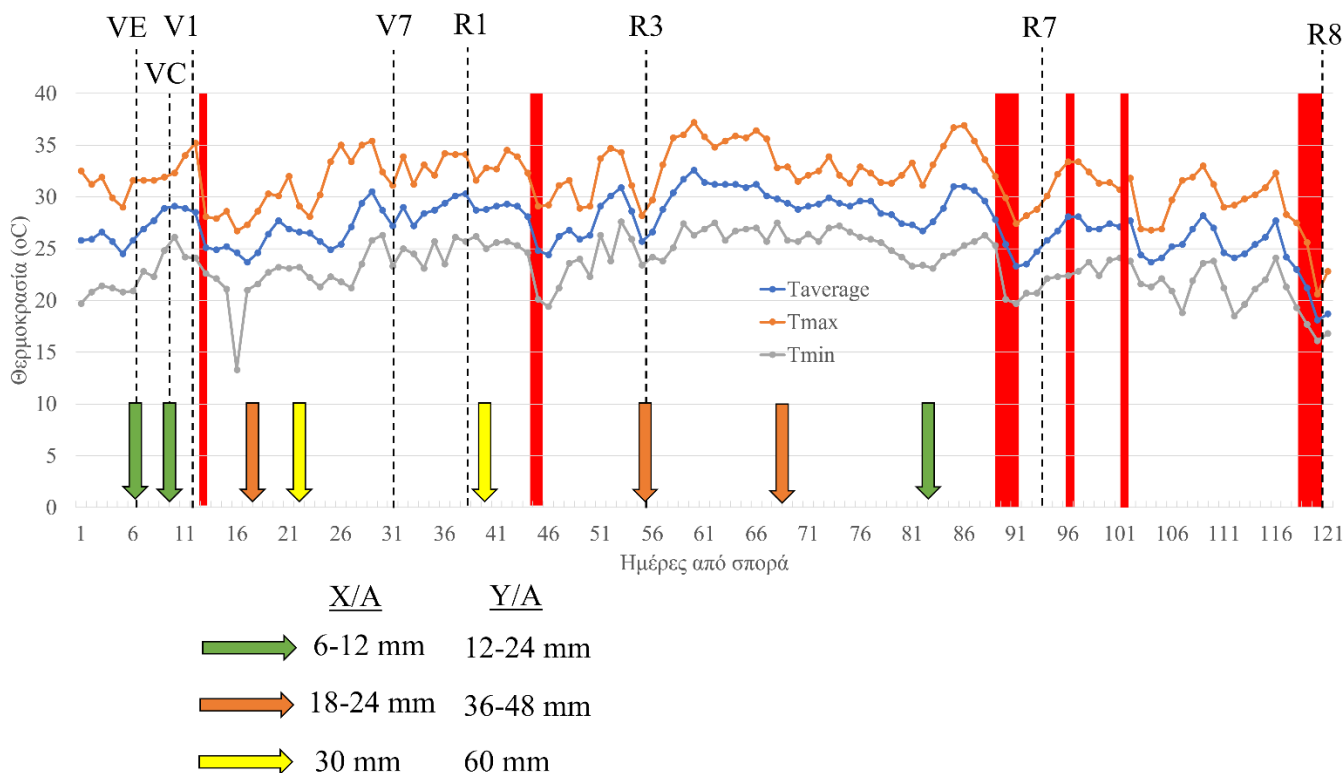
Απαιτήσεις σε νερό

Αρχικά, η ποσότητα του νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο ήταν 188.2 mm για τα φυτά που βρίσκονταν στη χαμηλή άρδευση και 341.2 mm για τα φυτά που βρίσκονταν στην υψηλή άρδευση. Παρότι και τις δύο χρονιές η ποσότητα της άρδευσης ήταν σταθερή, δηλαδή 153 mm για τα τεμάχια που δέχθηκαν χαμηλή άρδευση και 306 mm για τα τεμάχια που δέχθηκαν υψηλή άρδευση, η ποσότητα νερού που προέκυψε από βροχόπτωση ήταν πολύ μεγαλύτερη τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Συγκεκριμένα, το 2022 η καλλιέργεια δέχθηκε 263.4 mm ποσότητας νερού από άρδευση και βροχόπτωση στα τεμάχια της χαμηλής άρδευσης και 416.4 mm στα τεμάχια της υψηλής άρδευσης. Επομένως, είναι αντιληπτό ότι τα φυτά της δεύτερης χρονιάς δέχθηκαν επιπρόσθετα 75.2 mm βροχής, όπου ο μεγαλύτερος όγκος νερού έτυχε να πέσει προς το τέλος Αυγούστου κατά το γέμισμα των σπόρων και την ωρίμανση. Παρότι αυτή η διαφορά φαινομενικά θα οδηγούσε σε υψηλότερες αποδόσεις των φυτών της δεύτερης χρονιάς, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αποδόσεις ήταν σημαντικά μικρότερες σε σχέση με τη πρώτη χρονιά. Μία υπόθεση που μπορεί να γίνει είναι ότι η υψηλή ποσότητα βροχής που έπεσε προς το τέλος της

ωρίμανσης των σπόρων επηρέασε αρνητικά τις αποδόσεις, ενώ μία άλλη υπόθεση είναι ότι επηρέασε το γέμισμα των σπόρων η αλλαγή που πραγματοποιήθηκε στη συχνότητα των αρδεύσεων. Για την τελευταία, είναι κρίσιμο να τονιστεί ότι ο αγρός αρδεύτηκε συνολικά 17 φορές κατά τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο με συχνότητα ανά μία εβδομάδα περίπου, ενώ το δεύτερο χρόνο επιλέχθηκε να πραγματοποιείται άρδευση περίπου ανά δύο εβδομάδες και ο αγρός αρδεύτηκε συνολικά 8 φορές. Αυτή η αλλαγή προέκυψε γιατί κατά το πρώτο χρόνο τα φυτά δέχθηκαν υψηλά ποσά νερού σε στάδια που δεν υπήρχαν υψηλές ανάγκες (έως V7) με αποτέλεσμα να αυξηθεί το ύψος τους σε βαθμό όπου παρατηρήθηκε μη ανεκτό πλάγιασμα κατά τη συγκομιδή (Εικόνες 83 και 84). Κατά τη συγκομιδή της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου δεν παρατηρήθηκε πλάγιασμα σε κανένα τεμάχιο, ανεξαρτήτως από το ποσό του νερού που δέχθηκαν τα φυτά, κάτι το οποίο είναι πιο ορθό από καλλιεργητική άποψη και διευκολύνει τη (μηχανική) συγκομιδή. Τα ακανόνιστα σε ύψος νερού ποτίσματα ενδέχεται να επηρέασαν τα βλαστητικά και αναπαραγωγικά στάδια της σόγιας, καθώς όπως διακρίνεται από τα μετεωρολογικά δεδομένα και τις ημερομηνίες άρδευσης και βροχόπτωσης, τα φυτά το δεύτερο χρόνο παρουσίασαν πιο σύντομο κύκλο κατά 5 ημέρες συνολικά αλλά και στα επιμέρους στάδια σε σχέση με τα φυτά της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου. Συγκεκριμένα, η έναρξη της ανθοφορίας (όπου σηματοδοτείται ως το στάδιο των πολύ υψηλών αναγκών της σόγιας σε νερό) ξεκίνησε περίπου στις 45 ημέρες από τη σπορά τη πρώτη καλλιεργητική περίοδο ενώ τη δεύτερη ξεκίνησε περίπου στις 38 ημέρες.



Εικόνα 83: Αποτύπωση των σταδίων ανάπτυξης της σόγιας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2021) με βάση τη θερμοκρασία, τις ημέρες από τη σπορά και τις αρδεύσεις. Με διακεκομμένες γραμμές εμφανίζονται στα στάδια ανάπτυξης σε συγκεκριμένες ημέρες από τη σπορά ενώ τα χρωματιστά βέλη απεικονίζουν τις μέρες όπου πραγματοποιήθηκε άρδευση. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τις ημέρες βροχόπτωσης. Στις 126 ημέρες έγινε η συγκομιδή της σόγιας. Όπου VE=ανάδυση, VC=κοτυληδόνας ξεδιπλωμένες, V1=πρώτο τρίφυλλο, V7=έβδομο τρίφυλλο, R1=έναρξη άνθησης, R3=έναρξη σχηματισμού λοβών, R7=έναρξη ωρίμανσης, και R8=πλήρης ωρίμανση



Εικόνα 84: Αποτύπωση των σταδίων ανάπτυξης της σόγιας κατά το πρώτο έτος του πειράματος (2022) με βάση τη θερμοκρασία, τις ημέρες από τη σπορά και τις αρδεύσεις. Με διακεκομμένες γραμμές εμφανίζονται στα στάδια ανάπτυξης σε συγκεκριμένες ημέρες από τη σπορά ενώ τα χρωματιστά βέλη απεικονίζουν τις μέρες όπου πραγματοποιήθηκε άρδευση. Οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τις ημέρες βροχόπτωσης. Στις 121 ημέρες έγινε η συγκομιδή της σόγιας. Όπου VE=ανάδυση, VC=κοτυληδόνας ξεδιπλωμένες, V1=πρώτο τρίφυλλο, V7=έβδομο τρίφυλλο, R1=έναρξη άνθησης, R3=έναρξη σχηματισμού λοβών, R7=έναρξη ωρίμανσης, και R8=πλήρης ωρίμανση

Συνολικά, ο ανταγωνισμός του *S. elaeagnifolium* με τη καλλιέργεια σόγιας οδήγησε σε **μείωση των αποδόσεων της σόγιας μεταξύ 63.65-65.38%** στα τεμάχια της χαμηλής άρδευσης και **10.25-33.27%** στα τεμάχια της υψηλής άρδευσης. Η υψηλή άρδευση έδειξε να βελτιώνει τα αγρονομικά χαρακτηριστικά της σόγιας και να αυξάνει την ανταγωνιστική της ικανότητα έναντι του ζιζανίου.

Η ξηρασία μπορεί να δράσει ως ανασταλτικός παράγοντας του δυναμικού αναπαραγωγής και εισβολής του ζιζανίου. Σε πείραμα θερμοκηπίου αποδείχθηκε ότι υπό συνθήκες επάρκειας νερού το ζιζάνιο παρήγαγε περισσότερους από 3.400 σπόρους ανά φυτό, συσώρευσε 49-66% περισσότερη βιομάζα, και ανέπτυξε >60% περισσότερη φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες χαμηλής άρδευσης (Travlos, 2013). Αυτά τα χαρακτηριστικά του ζιζανίου υποδεικνύουν ότι η διαθεσιμότητα νερού είναι καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του *S. elaeagnifolium* και είναι ενδεικτικά της ικανότητας του ζιζανίου να εξαπλώνεται, να εγκαθίσταται και να κυριαρχεί σε περιοχές με επαρκή τροφοδοσία νερού και υψηλή εδαφική υγρασία. Ο αμφιστοματικός τύπος των φύλλων είναι ένα χαρακτηριστικό που καθιστά το *S. elaeagnifolium* ξηρομορφικό, και του επιτρέπει να απορροφάει με μεγαλύτερη αποδοτικότητα το CO₂ και να προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες συνθήκες των ημιάνυδρων περιοχών, όπως της Μεσογείου (Christodoulakis et al., 2009). Το *S. elaeagnifolium* έχει αρνητική συσχέτιση με τη σκίαση, καθώς η

αύξηση της που προκαλείται από τη φυτεία της καλλιέργειας (crop canopy) οδηγεί σε μείωση του ύψους, του αριθμού των φύλλων, της συσσώρευσης ξηρού βάρους, της παραγωγής καρπών, της φωτοσυνθετικής ικανότητας, και της συγκέντρωσης μη-δομικών υδρογονανθράκων (non-structural carbohydrates – TNC) στις ρίζες (Boyd and Murray, 1982a). Ωστόσο, η αρνητική επίδραση της αυξανόμενης σκίασης είναι πιο ορατή σε φυτά που προκύπτουν από σπόρο και όχι από φυτά που προέρχονται από έρπουσες ρίζες του φυτού, καθώς αυτά είναι πιο ανεκτικά στη σκίαση λόγω της αναπλήρωσης θρεπτικών στοιχείων που βρίσκονται αποθηκευμένα στα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα.

Η εμφάνιση των πρώτων ανθέων παρατείνεται στη περίπτωση όπου οι σπόροι ή τις έρπουσες ρίζες φυτρώνουν και βλαστήσουν πρώιμα την άνοιξη, ωστόσο ο μεγαλύτερος βιολογικός κύκλος οδηγεί στη παραγωγή περισσότερων καρπών και κατά συνέπεια σπόρων (Zhu et al., 2012). Οι ίδιοι συγγραφείς παρατήρησαν ότι φυτά που προέρχονται από έρπουσες ρίζες ανθίζουν 20-30 μέρες νωρίτερα από φυτά που προέρχονται από σπόρο, υπό τη προϋπόθεση ότι η ανάπτυξη τους ξεκινάει την άνοιξη (Σεπτέμβριος-Νοέμβριος για το Νότιο Ημισφαίριο). Συγκεκριμένα, τα φυτά που προέρχονται από έρπουσες ρίζες χρειάζονται περίπου 80 και 63 ημέρες εάν η ανάπτυξη τους ξεκινήσει το Μάρτιο και τον Απρίλιο, αντίστοιχα, ενώ τα φυτά που προέρχονται από σπόρο χρειάζονται 110 και 84 ημέρες, αντίστοιχα (Zhu et al., 2013 c). Τα φυτά που αναπτύσσονται από νωρίς την άνοιξη (Μάρτιο-Απρίλιο) χρειάζονται περίπου 1006-872 βαθμοημέρες (Growing Degree Days-GDD), αντίστοιχα, για να ανθήσουν σε θερμοκρασία βάσης $T_{base}=10^{\circ}\text{C}$, ενώ τα φυτά που προέρχονται από έρπουσες ρίζες 706 και 643 GDD, αντίστοιχα (Zhu et al., 2013c). Για το φύτεμα των σπόρων την άνοιξη σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, έχει αναφερθεί ότι απαιτούνται περίπου 12.7-25.4 mm βροχής (Turner et al., 2021).

Η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών είναι μία από τις πιο σημαντικές αρνητικές επιδράσεις του ζιζανίου στη γεωργική παραγωγή. Η αλληλοπάθεια του ζιζανίου επηρεάζει αρνητικά καλλιεργούμενα φυτά όπως το σιτάρι και το βαμβάκι (Balah and AbdelRazek, 2020). Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι εκχυλίσματα του *S. elaeagnifolium* επηρεάζουν αρνητικά το μήκος του ριζιδίου σε ποικιλίες βαμβακιού (Mkula, 2006). Η αλληλοπάθεια πιθανώς οφείλεται σε δευτερογενείς μεταβολίτες που βρίσκονται στα τριχώματα στα φύλλα του ζιζανίου (Bothma, 2006). Οι ώριμοι καρποί βρέθηκαν να έχουν μεγαλύτερη αλληλοπάθεια εναντίον του βαμβακιού σε σχέση με τα φύλλα (Mkula, 2006). Το *S. elaeagnifolium* επηρεάζει δυσμενώς τόσο το μαλακό όσο και το σκληρό σιτάρι, αλλά μεγαλύτερη ευαισθησία εμφανίζει το σκληρό (Albarni et al., 2012). Στην Ιορδανία αναφέρθηκε ότι οι καλλιεργητές πιπεριάς ότι τα έξοδα για τον έλεγχο του ζιζανίου ήταν υπέρογκα και αναποτελεσματικά, καθώς παρατηρήθηκαν αναβλαστήσεις που οδήγησαν σε χαμηλές αποδόσεις (Qasem, 2014). Στην Αυστραλία, έχει αναφερθεί ότι το ζιζάνιο μπορεί να οδηγήσει σε έως και 25% μείωση της αξίας χρήσης γης (Stanton et al., 2011a) και έως και 70% μείωση αποδόσεων των σιτηρών (Hawker, 2004). Στη περιοχή Eyre Peninsula, οι απώλειες στη παραγωγή κυμαίνονται μεταξύ 5-15% σε βαριά εδάφη, ενώ σε ελαφριά και αμμώδη εδάφη είναι υψηλότερες αγγίζοντας το 30-50% (Feuerherdt, 2010). Στις ΗΠΑ, μπορεί να προκαλέσει έως και 50% μείωση των αποδόσεων στο σιτάρι (Sforza and Jones, 2007). Το βαμβάκι είναι εξίσου ευάλωτο καθώς ανταγωνίζεται με το ζιζάνιο για τη διαθέσιμο εδαφικό νερό (Green et al., 1988), και μονάχα ένα φυτό *S. elaeagnifolium* σε 10 μέτρα στη γραμμή του βαμβακιού μπορεί να προκαλέσει 0.31-0.35% απώλεια στη παραγωγή (Smith et al., 1990) και 1.54% μείωση της απόδοσης σε ίνα (Green et al., 1987). Η απώλεια σε

ίνα βαμβακιού ανέρχεται στο 50% υπό την παρουσία 32 φυτών *S. elaeagnifolium* ανά 10 μέτρα γραμμής βαμβακιού. Οι μειώσεις των αποδόσεων της αραχίδας λόγω του ανταγωνισμού της καλλιέργειας με το *S. elaeagnifolium* ανέρχονται σε 17% εάν ανταγωνίζονται για τέσσερις εβδομάδες, 53% εάν ανταγωνίζονται για οκτώ εβδομάδες και 66% εάν ανταγωνίζονται δώδεκα εβδομάδες ή περισσότερο (Hackett et al., 1987). Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της μηδικής δέχθηκε μειώσεις της τάξης του 8-26% λόγω του ανταγωνισμού με το *S. elaeagnifolium* (Travlos et al., 2013). Στην Αίγυπτο και ειδικότερα στο Δυτικό Μεσογειακό κομμάτι της χώρας προκαλεί 30% μείωση στις αποδόσεις κριθαριού (Amer, 2021). Στη Τυνησία το ζιζάνιο βρέθηκε σε μία πολύ μεγάλη έκταση με αρδευόμενες καλλιέργειες (>2300 στρέμματα) προκαλώντας μειώσεις αποδόσεων στις ετήσιες θερινές καλλιέργειες (Sayari et al., 2021). Στο Μαρόκο, βρέθηκε ότι αν δεν ελεγχθεί καθόλου το ζιζάνιο μπορεί να προκαλέσει έως και 64% μείωση των αποδόσεων στον αραβόσιτο, ενώ επηρεάζονται αρνητικά το βάρος των 1000 κόκκων και ο αριθμός των κόκκων ανά σπάδικα λόγω του ανταγωνισμού (Baye and Bouhache, 2007), ενώ μετά την εισαγωγή του στη χώρα έχει μειωθεί η αξία της γης κατά 25% (Gmira et al., 1998).

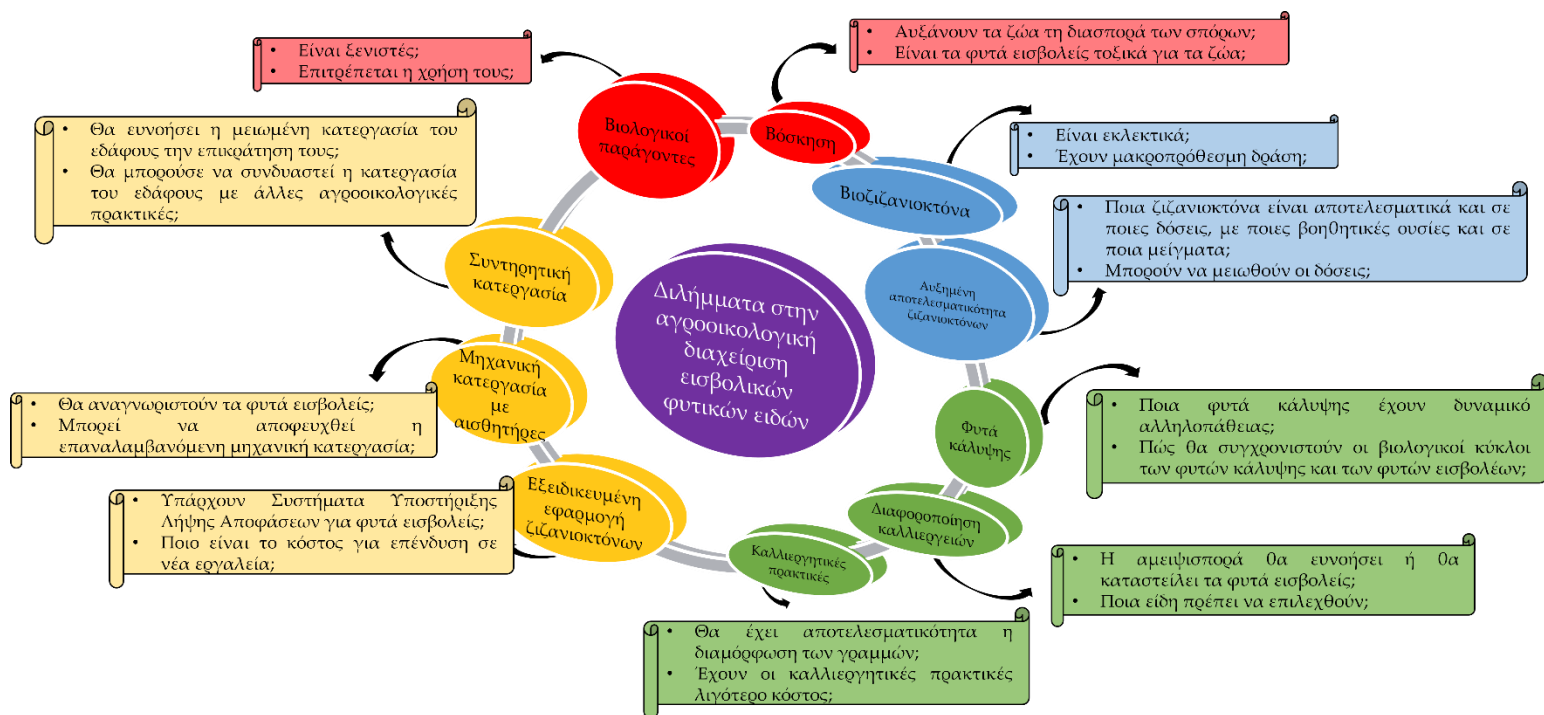
4.3. Ολοκληρωμένη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium*

Οι σύγχρονες απαιτήσεις της αγοράς για πιο ασφαλή, δίκαιη και βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση οδήγησαν στη μείωση των φυτοφαρμάκων και στην υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών που προστατεύουν τους επικονιαστές, τα ζώα, τους οργανισμούς μη-στόχους και τον χρήστη, ενώ παράλληλα βελτιώνουν την υγεία του εδάφους, τους δείκτες βιοποικιλότητας και την ανθεκτικότητα των γεωργικών συστημάτων στην κλιματική αλλαγή, την ενέργεια και τις μεταβολές στην αγορά φυτοφαρμάκων. Ιδιαίτερα στην Ευρώπη, η νομοθεσία για τη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων κατά 50% τα επόμενα χρόνια και οι στρατηγικές "από το αγρόκτημα στο πιάτο" και αυτή της βιοποικιλότητας έχουν οδηγήσει σε δραματική μείωση των διαθέσιμων λύσεων για τη διαχείριση των ζιζανίων. Ωστόσο, η επιτυχής διαχείριση των ζιζανίων υποβοηθείται από μια σειρά παλαιών και νέων εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων μη χημικών μεθόδων, νέων τεχνολογιών, καινοτόμων καλλιεργητικών πρακτικών και ανταγωνιστικού ποικιλιών. Αυτές συνοψίζονται στην Εικόνα 85.



Εικόνα 85: Μη-χημικά εργαλεία, νέες τεχνολογίες, καινοτόμες καλλιεργητικές πρακτικές και ανταγωνιστικό πολλαπλασιαστικό υλικό για την ολοκληρωμένη και αγροοικολογική διαχείριση των ζιζανίων

Παρόλο που πολλές από αυτές τις τεχνικές είναι απλές, προσιτές και αποτελεσματικές, οι αγρότες εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν σημαντικά διλήμματα. Ορισμένα από αυτά (όπως το εύρος εφαρμογής, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας των εφαρμογών, ο αντίκτυπος στους οργανισμούς μη στόχους κ.λπ.) διερευνώνται εντατικά τα τελευταία χρόνια για τα κοινά ζιζάνια σε πολλές χώρες. Στην Εικόνα 86 παρουσιάζεται ένας κατάλογος κοινών διλημμάτων για την αγροοικολογική διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών, κάποια από τα οποία επιχείρησε να πραγματευτεί η παρούσα διδακτορική διατριβή.



Εικόνα 86: Διλήμματα που αντιμετωπίζουν παραγωγοί, γεωργικοί σύμβουλοι και ερευνητές σχετικά με την αγροοικολογική διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών

Πρόβλεψη της εισβολής του ζιζανίου και αξιολόγηση κινδύνου

Η αφθονία και η διασπορά των φυτών εισβολέων έχουν βρεθεί να έχουν θετική συσχέτιση με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, το δίκτυο των αυτοκινητοδρόμων, και τα λιμάνια (κυρίως σε νησιά) (Dimitrakopoulos et al., 2022). Η δημιουργία βάσεων δεδομένων για φυτά εισβολείς και η ανάπτυξη λιστών παρακολούθησης (watch lists), όπως περιγράφεται από τους Faulkner et al. (2014), μπορεί να αποτελέσει γρήγορο, αξιόπιστο και σημαντικό εργαλείο βιοελέγχου για την αποφυγή φυτικών εισβολών.

Το *S. elaeagnifolium* έχει χαρακτηριστεί σε πάρα πολλές χώρες παγκοσμίως ως ένα από τα χειρότερα φυτά εισβολείς που πλήττουν σε μεγάλο βαθμό πολλές αροτραίες ετήσιες και πολυετείς καλλιέργειες, τη κτηνοτροφία και τον άνθρωπο. Η ανάγκη διαχείρισης του ζιζανίου εκτείνεται από το πεδίο ενός μεμονωμένου αγρού ή μιας συγκεκριμένης περιοχής και αφορά ένα ευρύ φάσμα οικοσυστημάτων και περιοχών. Για την αντιμετώπιση του *S. elaeagnifolium* έχει κινητοποιηθεί και ο FAO (2011) ενθαρρύνοντας τις ενέργειες περιορισμού του ζιζανίου σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, σχηματίζοντας ένα πλαίσιο επιτήρησης του ζιζανίου για το Ιράκ, την Ιορδανία, τον Λίβανο και τη Συρία (Brunel et al., 2013). Στο Μαρόκο έχει συσταθεί από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 μία εθνική επιτροπή για την αντιμετώπιση του ζιζανίου, ενώ οι έρευνες και τα προγράμματα που αφορούν το ζιζάνιο είναι πολλαπλά κινητοποιώντας τόσο τους ερευνητές όσο και τους παραγωγούς και τους φορείς χάραξης πολιτικής (Taleb and Bouhache, 2006). Ο πειραματισμός σε μεγάλη κλίμακα στο Μαρόκο αποδεικνύει ότι απαιτείται να υιοθετηθεί ως μία ορθή ερευνητική προσέγγιση με σκοπό την διάδοση στους παραγωγούς βέλτιστων πρακτικών για τη διαχείριση του ζιζανίου (Baye et al., 2007). Στη Τυνησία, ο Mekki (2006) πρότείνει τη χάραξη εθνικού σχεδίου δράσης για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium* με σκοπό την επισκόπηση άνδρων και ημιάνδρων περιοχών για τη παρουσία του ζιζανίου, την έγκαιρη αποφυγή εισαγωγής του και την εφαρμογή της νομοθεσίας και των διάφορων μεθόδων ελέγχου ώστε να περιοριστεί η εξάπλωση του περαιτέρω. Οι Sayari et al. (2016) αναδεικνύουν τη

σημαντικότητα της συστηματικής επισκόπησης προσβεβλημένων αγρών από το *S. elaeagnifolium*. Σε μία περιοχή της Victoria στην Αυστραλία, επιδιώχθηκε για κάποια χρόνια η συντονισμένη προσπάθεια ερευνητών, παραγωγών και συμβούλων για τον περιορισμό της εξάπλωσης του ζιζανίου μέσω του ψεκασμού με picloram σε μία ζώνη 3-6 m γύρω από τα χωράφια (McKenzie, 1976a). Στόχος πρέπει να γίνεται η εξόντωση του ζιζανίου (extirpation) η οποία πρέπει να στοχεύει στην εξάλειψη του ζιζανίου σε μεγάλη κλίμακα που θα στοχεύει επίσης στην αποφυγή νέων εισβολών (Panetta, 2015). Η παλαιότερη καταγεγραμμένη παγκοσμίως προσπάθεια εξάλειψης του *S. elaeagnifolium* πραγματοποιήθηκε στην Αριζόνα, ΗΠΑ, όπου ο συνδυασμός καλλιεργητικών πρακτικών, χημικών μεθόδων και η επιλογή των πλέον ανταγωνιστικών καλλιεργειών μείωσαν σημαντικά τη δυναμική του ζιζανίου (Davis et al., 1945). Στην Νότιο Αφρική, το ελπιδοφόρο πρόγραμμα εξάλειψης του ζιζανίου που ξεκίνησε το 1968 διακόπηκε μετά από τέσσερα χρόνια, καθώς η έκταση όπου είχε προσβληθεί αριθμούσε ήδη χιλιάδες εκτάρια (Wilson et al., 2013). Οι Brunel et al. (2013) αναφέρουν ότι στη Μεσόγειο έχει καταγραφεί μόνο μία προσπάθεια συστηματικής εξάλειψης του ζιζανίου το 2009 στη περιοχή του Mahdia στη Τυνησία όπου οι προσβολές ήταν ακόμα μικρές, ενώ στη Γαλλία έχει αποπειραθεί και πετύχει η εξάλειψη του ζιζανίου στη περιοχή Châteauneuf-les-Martigue και έχει αναφερθεί μία προσπάθεια επισκόπησης του ζιζανίου στη περιοχή του Languedoc (Fried, 2011). Η επισκόπηση για νέες προσβολές πρέπει να πραγματοποιείται περισσότερα από 20 χρόνια μετά από τις προσπάθειες εξάλειψης του ζιζανίου, σύμφωνα με τον Carter (1992). Στην Ελλάδα εφαρμόζονται τακτικές χορτοκοπές (κυρίως σε αστικά περιβάλλοντα) με σκοπό την αποφυγή του σχηματισμού καρπών από το ζιζάνιο και τη παραγωγή σπόρων.

Στο Πίνακα 57, αναφέρονται οι περιορισμοί παγκοσμίως στην διατήρηση, εμπορία ή μεταφορά πολλαπλασιαστικών οργάνων του ζιζανίου.

Πίνακας 57: Περιορισμοί, απαγορεύσεις και ρυθμίσεις της διατήρησης, εμπορίας και μεταφοράς πολλαπλασιαστικών οργάνων του *Solanum elaeagnifolium* σε διάφορες χώρες

Χώρα	Απαγόρευση ή οδηγία	Αναφορά
Αυστραλία	Εξάλειψη ή έλεγχος σε γεωργικές εκτάσεις όπου το ζιζάνιο βρίσκεται σε ζώνη απαγόρευσης, πολιτεία Victoria	Smith and Faithful, 1998
Αυστραλία	Στις περιοχές Adelaide και Mount Lofty Ranges απαγορεύεται η πώληση του φυτού ή οποιοδήποτε μέρους του και η μεταφορά του, ενώ οι ιδιοκτήτες γης πρέπει να ελέγχουν το ζιζάνιο στις εκτάσεις τους και η αρχή NRM μπορεί να ανακτήσει το κόστος για τον έλεγχο του ζιζανίου στις άκρες των δρόμων από τους ιδιοκτήτες γειτονικών εκτάσεων	Natural Resources Management Act 2004 (NRM Act), Government of South Australia
Αυστραλία (NSW)	Οποιοσδήποτε απαγορεύεται να εισάγει στη πολιτεία ή να πουλήσει το ζιζάνιο σύμφωνα με το μέτρο <i>Mandatory measure (Division 8, Clause 33, Biosecurity Regulation 2017)</i>	NSW (2017)
Ρωσία	Το <i>S. elaeagnifolium</i> συμπεριλαμβάνεται στις λίστες των ζιζανίων καραντίνας	Order of the Russian Minister of Agriculture No. 673 of December 26, 2007; EPPO, 2006

Καναδάς	Το <i>S. elaeagnifolium</i> συγκαταλέγεται στην εθνική λίστα των απαγορευμένων σπόρων δυσεξόντων ζιζανίων	Weed Seed Orders, 2016 (SOR/2016-93)
Λευκορωσία	Απαγορεύεται να βρεθεί το ζιζάνιο σε εισαγόμενους σπόρους	Fried, 2011
Ουκρανία	Απαγορεύεται να βρεθεί το ζιζάνιο σε εισαγόμενους σπόρους	Fried, 2011

Επισκόπηση του ζιζανίου

Σύμφωνα με τους Sayari et al. (2021) η γνώση του επιπέδου της εισβολής του *S. elaeagnifolium* είναι πρωταρχικό βήμα για τη προτεραιοποίηση των δράσεων για τη διαχείριση του ζιζανίου. Μία επιτυχημένη πρωτοβουλία πραγματοποιήθηκε στη Μέση Ανατολή από τον Food and Agriculture Organization (FAO) στα πλαίσια του έργου TCP/RAB/3301: “Management of the Invasive Plant *Solanum elaeagnifolium* in the Near- East”, επιτρέποντας την έγκαιρη αναγνώριση και καταγραφή του ζιζανίου στη Συρία, το Λίβανο, την Ιορδανία και το Ιράκ (Bouhache and Gbéhouou, 2014). Αυτή η δράση είχε ως αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση και την εκπαίδευση παραγωγών και γεωργικών συμβούλων με στόχο την καλύτερη διαχείριση των εισβολών. Η χρήση μοριακών τεχνικών για την ανάλυση της γενετικής ποικιλότητας διαφορετικών πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* σε μία ή πολλές περιοχές προτείνεται ως ένα εργαλείο για την αξιολόγηση της ανταγωνιστικότητας και του δυναμικού εισβολής του ζιζανίου, καθώς και τη δημιουργία στοχευμένων πρακτικών διαχείρισης (Qasem et al., 2019).

Διαχείριση του ζιζανίου

Η διαχείριση του *S. elaeagnifolium* αποτελεί μία πραγματική πρόκληση για τους παραγωγούς λόγω των ιδιαίτερων μορφολογικών και αναπαραγωγικών χαρακτηριστικών που φέρει. Για αυτούς τους λόγους η εφαρμογή ενός μόνο μέσου ελέγχου (όπως οι καθολικοί και επαναλαμβανόμενοι ψεκασμοί) κρίνεται αναποτελεσματικός, ενώ απαιτείται ο συνδυασμός διάφορων χημικών, μηχανικών, και φυσικών μεθόδων για την επίτευξη επαρκούς ελέγχου βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Στην Οκλαχόμα στις ΗΠΑ, το ζιζάνιο έγινε μεγάλο πρόβλημα στη παραγωγή βαμβακιού όταν μετά από χρόνια συνεχών εφαρμογών προσπαρτικών ζιζανιοκτόνων που ενσωματώνονται και μειωμένης κατεργασίας δεν υπήρχε έλεγχος του ζιζανίου (Smith et al., 1990). Για το μακροπρόθεσμο έλεγχο του ζιζανίου είναι απαραίτητες εναλλακτικές όπως: (1) μείγματα ζιζανιοκτόνων, (2) εφαρμογή βιολογικών και φυσικών σκευασμάτων, (3) προσθήκη ελαίων και επιφανειοδραστικών ουσιών, (4) χρήση φυτών κάλυψης (cover crops), (5) μειωμένη εδαφοκατεργασία και (6) νέες τεχνικές καλλιέργειας. Κάποιες από αυτές τις πρακτικές εμφανίζονται στην Εικόνα 87. Η εφαρμογή της βόσκησης από μηρυκαστικά δεν θεωρείται ιδιαίτερη αποδεκτή μέθοδο για τον έλεγχο του ζιζανίου, καθώς τα φυτικά του μέρη είναι τοξικά για τα ζώα (Wu et al., 2016). Για παράδειγμα στην Ιορδανία, μία χώρα όπου το ζιζάνιο έχει ευρέως εξαπλωμένο, η διαχείριση περιλαμβάνει βαθιά άροση, χορτοκοπές, την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, βοτανίσματα, κατεργασία του εδάφους και χρήση φυτικών υπολειμμάτων (Qasem, 2014). Αυτές οι μέθοδοι θα βασίζονται στις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Ζιζανίων (Integrated Weed Management-IWM), στοχεύοντας στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων μόνο όταν κρίνεται απαραίτητο, στη προστασία της διάβρωσης και υποβάθμισης των εδαφών, και στην διατήρηση και αύξηση της βιοποικιλότητας. Η συμφωνία αυτής της στρατηγικής με τις επιταγές της

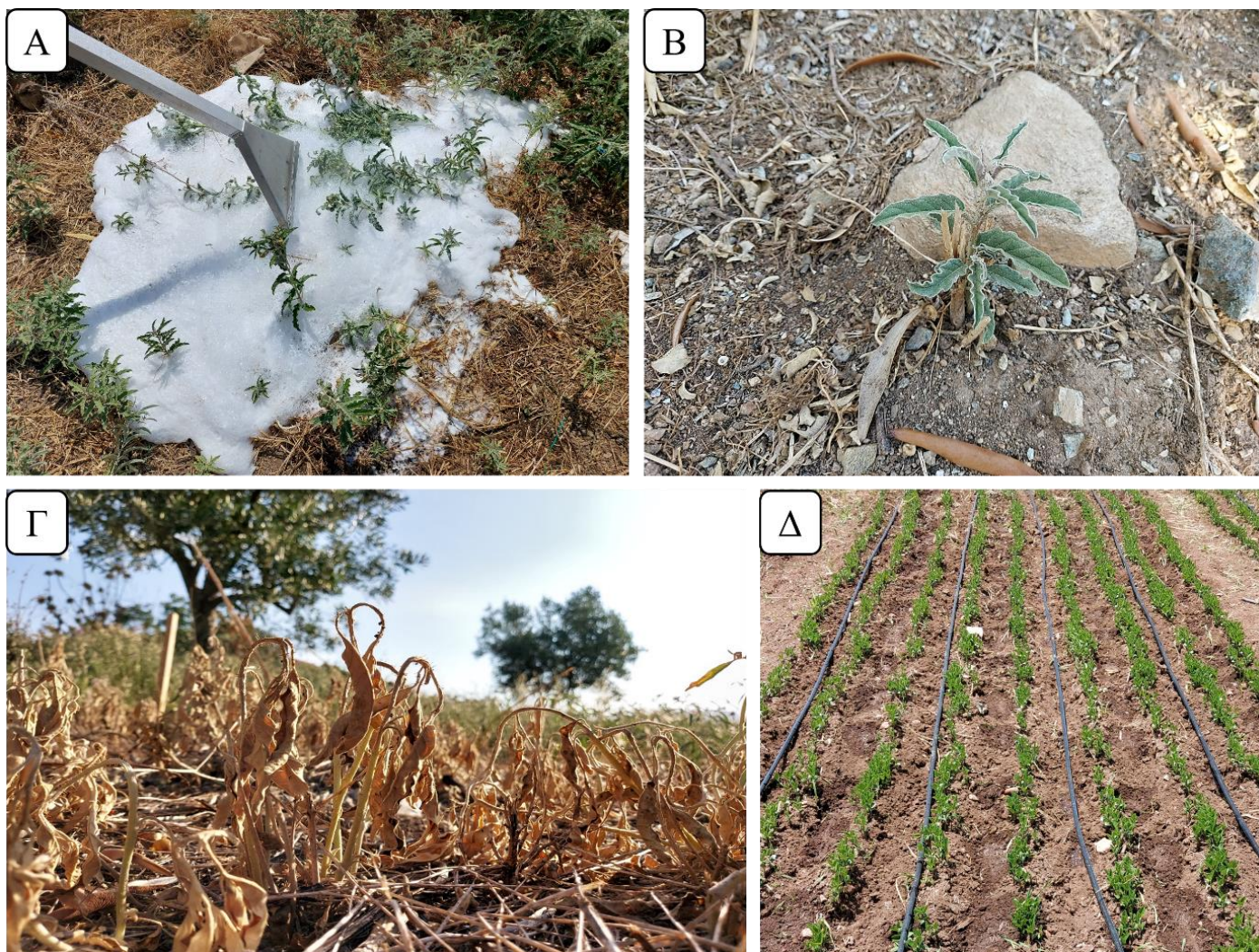
Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη Πράσινη Συμφωνία (EU Green Deal) η οποία είναι σε ισχύ και αποσκοπεί στη μείωση της εφαρμογής χημικών στη γεωργία κατά 50% μέχρι το 2030 και στην επίτευξη του στόχου για την εξασφάλιση ότι το 75% των εδαφών θα είναι υγιή μέχρι το 2030, αναμένεται να κρίνει την αποτελεσματικότητα στην διαχείριση του *S. elaeagnifolium*. Οι πρωταρχικοί στόχοι για τη διαχείριση του ζιζανιού είναι η αποφυγή της παραγωγής σπόρων και ο περιορισμός νέων βλαστήσεων από τα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα (Olckers and Zimmermann, 1991). Στην Αυστραλία η διαχείριση του *S. elaeagnifolium* βασίζεται πρωταρχικώς σε χημικά μέσα στη περίπτωση απομονωμένων ή μικρών προσβολών ώστε να περιοριστεί η εξάπλωση, μία στρατηγική ωστόσο που δεν είναι εφικτή σε μεγάλη κλίμακα λόγω του κόστους των ζιζανιοκτόνων και των παράπλευρων επιδράσεων σε καλλιέργειες και τη φυσική βλάστηση (Lefoe et al., 2020).

Μία σύνοψη των κύριων ερευνών για την διαχείριση του *S. elaeagnifolium* παγκοσμίως δίνονται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 58).

Πίνακας 58: Σύνοψη ενδεικτικών πειραμάτων διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium* και καταγραφή των αποτελεσμάτων τους ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του ζιζανιού

Επέμβαση (Χώρα)	Επεμβάσεις	Στάδιο ανάπτυξης ζιζανιού	Αποτελέσματα	Αναφορά
Ζιζανιοκτονία (Ιορδανία)	triclopyr 2,4-D glyphosate	Πριν ή κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας	Μείωση του ξηρού βάρους των βλαστών και των καρπών. Έως και 68% μείωση της πυκνότητας με διπλή εφαρμογή στα φυτά που αναβλάστησαν μετά τη πρώτη εφαρμογή. Σχεδόν πλήρης εξάλειψη του <i>S. elaeagnifolium</i> τρία χρόνια μετά από εφαρμογές με triclopyr	Qasem (2014)
Ζιζανιοκτονία (Ελλάδα)	Άλας ισοπροπυλαμίνης glyphosate+2,4-D	Άνθηση	Το μείγμα glyphosate σε μορφή άλατος ισοπροπυλαμίνης και 2,4-D παρείχε 91% έλεγχο του ζιζανιού	Tataridas et al. (2021c)
Ζιζανιοκτονία (Ελλάδα)	picloram glyphosate	Κατά τη διάρκεια της πλήρους ανθοφορίας ή στο ανάπτυξης μεταξύ του πράσινου ανώριμου καρπού και του κίτρινου ώριμου καρπού	Σημαντική μείωση της ανάδυσης νέων φυταρίων του ζιζανιού την επόμενη χρονιά	Eleftherochorinos et al. (1993)
Ζιζανιοκτονία (Ελλάδα)	glufosinate glyphosate tembotrione	Νεαρό βλαστητικό στάδιο (ύψος φυτού 10-15 εκ.) και έναρξη	Ιδιαίτερα υψηλός έλεγχος του ζιζανιού και στα δύο στάδια ανάπτυξης με glufosinate και glyphosate. Επαρκής έλεγχος του ζιζανιού σε νεαρό βλαστητικό στάδιο με tembotrione	Gitsopoulos et al. (2017)

		ανθοφορίας (ύψος φυτού 30-35 εκ.)		
Ζιζανιοκτονία (ΗΠΑ)	glyphosate	Πριν ή κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας (ύψος φυτού < 40 εκ.)	Μία μονή εφαρμογή του glyphosate σε νεαρό βλαστητικό στάδιο παρείχε υψηλό έλεγχο, μείωσε την πυκνότητα του ζιζανίου και αύξησε την απόδοση του βαμβακιού με επαναλαμβανόμενες εφαρμογές για 3 χρόνια	Choudary and Bordovsky (2006)
Ζιζανιοκτονία (Αυστραλία)	2,4-D picloram glyphosate metsulfuron methyl triclopyr aminopyralid	Νωρίς κατά την ανθοφορία	Το μείγμα 2,4-D+picloram+metsulfuron methyl ήταν αποτελεσματικό για τον έλεγχο του <i>S. elaeagnifolium</i> κατά τη διάρκεια της σεζόν. Για τον μακροπρόθεσμο έλεγχο και την αποφυγή της παραγωγής σπόρων, τα μείγματα που περιέχουν picloram θεωρούνται αξιόπιστες επιλογές, ενώ το glyphosate μπορεί να είναι μια οικονομική εναλλακτική	Wu et al. (2016)
Ζιζανιοκτονία (Νότιος Αφρική)	bromacil tebuthiuron	Μεταξύ ανώριμου και ώριμου καρπού	Το μείγμα bromacil+tebuthiuron οδήγησε στο μακροπρόθεσμο έλεγχο του <i>S. elaeagnifolium</i>	Viljoen et al. (2011)
Μείγματα ζιζανιοκτόνων και φυτών κάλυψης (Αυστραλία)	Ζιζανιοκτόνα picloram glyphosate Φυτά κάλυψης <i>Digitaria eriantha</i> <i>Digitaria milanjiana</i> <i>Medicago sativa</i> <i>Panicum coloratum</i>	-	Το picloram και το glyphosate μείωσαν τη πυκνότητα των βλαστών του ζιζανίου. Τα φυτά κάλυψης ανταγωνίστηκαν ισχυρά το ζιζάνιο και μείωσαν τη πυκνότητα των βλαστών, τη παραγωγή σπόρων και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος	Stanton et al. (2011)
Φυτά κάλυψης (Νότιος Αφρική)	<i>Digitaria eriantha</i> <i>Medicago sativa</i>	-	Το <i>Digitaria eriantha</i> , παρεμπόδισε μερικώς την ανάπτυξη του ζιζανίου	Viljoen and Wassermann (2004)
Βιολογικοί παράγοντες (Νότιος Αφρική)	<i>Leptinotarsa texana</i>	-	Το έντομο <i>Leptinotarsa texana</i> Schaeffer μπορεί να μειώσει τη βλαστητική ανάπτυξη του ζιζανίου, ενώ δεν τρέφεται με τους καρπούς του φυτού	Hoffmann et al. (1998)



Εικόνα 87: Ολοκληρωμένη διαχείριση του *S. elaeagnifolium*. Α: Εφαρμογή ζεστού ατμού (hot foam), Β: Χορτοκοπή και έλεγχος αναβλαστήσεων, Γ: Εφαρμογή μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, Δ: Επιλογή στενότερων γραμμών φύτευσης

Βόσκηση και καύση

Η στοχευμένη καύση αυξάνει τη πυκνότητα του ζιζανίου καθώς οδηγεί στην εκβλάστηση νέων βλαστών (Qasem, 2014) και κρίνεται ως αναποτελεσματική για τον έλεγχο του ζιζανίου ήδη από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα (Davis et al., 1945). Επίσης, η εφαρμογή ζεστού αφρού (hot foam), που είναι μία νέα μέθοδος ζιζανιοκτονίας, σε φυτάρια που βρίσκονται στην έντονη βλαστητική τους ανάπτυξη οδηγεί σε αύξηση των βλαστών του ζιζανίου λίγες εβδομάδες μετά την εφαρμογή, όπως αποδείχθηκε σε πείραμα αγρού στο Εργ. Γεωργίας του Γ.Π.Α. (περισσότερες λεπτομέρειες περιγράφονται παρακάτω στα αποτελέσματα του πειράματος 3.3.3). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί είτε γιατί τα ετήσια ζιζάνια που βρίσκονται στο χωράφι καταπολεμούνται και το *S. elaeagnifolium* κυριαρχεί, είτε γιατί οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν τη δημιουργία νέων βλαστών λειτουργώντας ως αβιοτικός παράγοντας πίεσης των έρπουσων ριζών. Ωστόσο, η εφαρμογή ζεστού ατμού στο στάδιο της ανθοφορίας καταπολέμησε επαρκώς το ζιζάνιο αποτρέποντας το σχηματισμό καρπών.

Η στοχευμένη βόσκηση από αίγες είναι ένα ακόμα εργαλείο για τον περιορισμό του κινδύνου εξάπλωσης του ζιζανίου σε ξηρικές περιοχές και λιβαδικές εκτάσεις (Mellado et al., 2008). Στην Αυστραλία, παρατηρήθηκε ότι σε μεμονωμένες περιπτώσεις η

πυκνότητα των βλαστών του ζιζανίου μειώθηκε έως και 75% μετά από συνεχόμενη βόσκηση ή υπό το συνδυασμό βόσκησης και ψεκασμών με ζιζανιοκτόνα (Hawker, 2004). Ωστόσο, στο Μεξικό δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της πυκνότητας του ζιζανίου μετά από βόσκηση από αίγες (del Carmen Martinez-Ruiz et al., 2022).

Μηχανικά μέσα

Τα μηχανικά μέσα που περιλαμβάνουν κατεργασία του εδάφους (tillage) δέχονται εκτενή κριτική όσον αφορά την αποτελεσματικότητα εναντίον του *S. elaeagnifolium*. Η επαναλαμβανόμενη εδαφοκατεργασία οδηγεί στην κλωνική αναπαραγωγή του ζιζανίου καθώς οι έρπουσες ρίζες του τεμαχίζονται και δημιουργούνται πολλαπλές νέες μικρότερες σε μήκος έρπουσες ρίζες που διασπείρονται αρκετά εύκολα και έχουν την δυναμική να παράγουν πολλαπλούς νέους βλαστούς (Boyd et al., 1984; Olckers and Zimmermann, 1991). Για αυτό το λόγο έχει προταθεί η εφαρμογή της μη κατεργασίας του εδάφους (no-tillage) για την αποφυγή αναπαραγωγής και διασποράς του ζιζανίου (Wu et al., 2016). Οι έρπουσες ρίζες του ζιζανίου έχουν τη ικανότητα να αναβλαστάνουν ακόμα και σε βάθος μεγαλύτερο από 5 εκ., όπως αποδεικνύεται από ένα πείραμα φυτοδοχείων που πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο (Stanton et al., 2011b). Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές και για ανάπτυξη νέων φυτών από έρπουσες ρίζες που είναι θαμμένες ακόμα και 50 εκ. στο έδαφος (Boyd et al., 1984; Travlos, 2013). Επομένως, πρέπει να αποφεύγεται ο εκτεταμένος τεμαχισμός των ριζών του ζιζανίου. Στην έρευνα των Stanton et al. (2011b) αναδείχθηκε ότι το μήκος των έρπουσων ριζών που προκύπτουν από τεμαχισμό έπειτα από κατεργασία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο δυναμικό ανάπτυξης του ζιζανίου καθώς οι έρπουσες ρίζες με μεγάλο μήκος (>5 εκ.) παρουσιάζουν μεγαλύτερη βιομάζα βλαστών και ριζών σε σχέση με τα μικρότερα. Μετά από τρία χρόνια πειραματισμού για τον έλεγχο του του *S. elaeagnifolium* σε καλλιέργεια βαμβακιού στις ΗΠΑ, παρατηρήθηκε ότι η πυκνότητα του ζιζανίου αυξήθηκε 14 φορές μετά από δύο εφαρμογές κατεργασίας του εδάφους για τρία χρόνια (Choudhary and Bordovsky, 2006). Η χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή (tiller) σε ξηρό έδαφος το καλοκαίρι έχει προταθεί ως μέσο για την έως και 95% μείωση του ζιζανίου το επόμενο έτος (Catt, 1970). Η χορτοκοπή είναι ακόμα μία τεχνική η οποία απαιτεί αρκετό κόστος και ανθρωποώρες για τον έλεγχο του ζιζανίου που χρησιμοποιείται κυρίως σε αστικά περιβάλλοντα (πάρκα, πλάγια δρόμων) και πολυετείς καλλιέργειες. Στην Ελλάδα, η τακτική χορτοκοπή αποτελεί ένα σημαντικό μέσο για το περιορισμό των νέων βλαστήσεων σε πολυετείς καλλιέργειες (Kotoula-Syka, 2011). Ωστόσο, η χορτοκοπή στο *S. elaeagnifolium* έχει αναφερθεί ότι μπορεί να αυξήσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά προσαρμογής και άμυνας εναντίον εχθρών (Chavana et al., 2021). Συγκεκριμένα, η πρώτη γενιά σπόρων και φυταρίων από πληθυσμούς που δέχονταν χορτοκοπή τουλάχιστον για τρία συναπτά έτη έδειξε να φέρει μεγαλύτερο βάρος σπόρων, πιο γρήγορο ρυθμό φυτρώματος και μεγαλύτερο ειδικό μήκος ριζών (specific root length) από τους σπόρους και τα φυτάρια που προέρχονταν από πληθυσμούς που δεν δέχονταν χορτοκοπές. Το πρώτο χαρακτηριστικό υποδεικνύει ότι οι πιο βαρείς σπόροι θα φυτρώσουν νωρίτερα και καλύτερα, το δεύτερο χαρακτηριστικό ότι ο ρυθμός φυτρώματος είναι ένδειξη του δυναμικού εισβολής του ζιζανίου και το τρίτο χαρακτηριστικό ότι το ζιζάνιο μπορεί να προσλάβει πιο αποδοτικά τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Στα πειράματα που διεξάχθηκαν για τρία έτη στο Βόλο σε ελαιώνα, αποδείχτηκε ότι η χορτοκοπή και ο συνδυασμός της με ζιζανιοκτόνα αποτελεί ένα καλό εργαλείο για τη μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου, χωρίς ωστόσο να έχει επίδραση στις αναβλαστήσεις την επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

Φυτά κάλυψης

Εκτός από την κατεργασία του εδάφους και τις χορτοκοπές, έρευνα έχει πραγματοποιηθεί και γύρω από τη χρήση φυτών κάλυψης ή φυτών υπολειμμάτων για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης του *S. elaeagnifolium*. Τα φυτά κάλυψης *Digitaria eriantha* Steud. και *Digitaria milanjiana* (Rendle) Stapf ανταγωνίζονται ισχυρά το *S. elaeagnifolium* και μειώνουν αισθητά τη πυκνότητα του ζιζανίου (Stanton et al., 2011a). Οι Viljoen and Wassermann (2004) μελέτησαν τη πιθανή παρεμπόδιση του ζιζανίου χρησιμοποιώντας φυτά κάλυψης κάτω από ξηρικές συνθήκες για τέσσερα έτη και συγκεκριμένα τα πολυετή (*Medicago sativa* L. και *Digitaria eriantha* Steud.) και το ετήσιο είδος (*Avena sativa* L.). Και τα τρία είδη ανταγωνίστηκαν ισχυρά το ζιζάνιο, αλλά μόνο το *D. eriantha* παρείχε μερική παρεμπόδιση της ανάπτυξης του ζιζανίου υπό συνθήκες έλλειψης νερού. Αναγνωρίζοντας τη δυναμική της μηδικής (*M. sativa*) να ανταγωνίζεται αποτελεσματικά το ζιζάνιο, ο FAO (2011) προτείνει την εναλλαγή των καλλιεργειών όπου είναι εφικτό με την καλλιέργεια μηδικής. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Travlos et al. (2013), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η επιλογή μίας ανταγωνιστικής ποικιλίας μηδικής είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας το πρώτο χρόνο. Στο Μαρόκο, οι παραγωγοί γνώριζαν ότι η μηδική και η μέντα μπορούσαν να περιορίσουν τη δυναμική του ζιζανίου, πριν ακόμα ξεκινήσουν επιστημονικές έρευνες για τη διαχείριση του (Ameur et al., 2007). Οι συχνές κοπές της μηδικής θεωρούνται ένα αποτελεσματικό μέσο για την ελάτωση της πυκνότητας του ζιζανίου. Η εδαφοκάλυψη με πλαστικά δείχνει να μην αποτελεί αποτελεσματικό μέτρο ελέγχου του ζιζανίου, καθώς έχει αναφερθεί ότι μπορεί να τα τρυπήσει με ευκολία και να αναπτυχθεί (Qasem, 2014).

Χημικές μέθοδοι

Για να επιτευχθεί η εξάντληση του δυναμικού ανάπτυξης του ζιζανίου, είχε υιοθετηθεί η εφαρμογή αποτελεσματικών διασυστηματικών ζιζανιοκτόνων (Eleftherohorinos et al., 1993), όπως το glyphosate. Το glyphosate είναι ένα διασυστηματικό, ευρέως φάσματος, μεταφυτρωτικό, μη-εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο που ελέγχει ένα ευρύ φάσμα αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων (Travlos et al., 2017). Η χρήση του εναντίον του *S. elaeagnifolium* έχει ερευνηθεί εναντίον Ελληνικών βιοτύπων του ζιζανίου (Eleftherohorinos et al., 1993; Gitsopoulos et al., 2017; Tataridas et al., 2021b; Tataridas et al., 2021c). Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής ανέδειξαν ότι το glyphosate ως άλας ισοπροπυλαμίνης είναι ικανό να μειώσει τη πυκνότητα των φυτών *S. elaeagnifolium* μακροπρόθεσμα. Η εφαρμογή του glyphosate στη δόση των 360 g δ.ο./στρ. το καλοκαίρι ή το φθινόπωρο μπορεί να μειώσει σημαντικά τις νέες βλαστήσεις του *S. elaeagnifolium* την επόμενη άνοιξη (Eleftherohorinos et al., 1993). Οι Gitsopoulos et al. (2017) παρατήρησαν ότι η εφαρμογή glyphosate υπό τη μορφή άλατος ισοπροπυλαμίνης στη δόση των 360 g δ.ο./στρ. παρείχε υψηλό έλεγχο του ζιζανίου πέντε εβδομάδες μετά την εφαρμογή, ενώ η αποτελεσματικότητα ανήλθε κοντά στο 90% όταν το ζιζανιοκτόνο εφαρμόστηκε σε νεαρό βλαστητικό στάδιο ή στην αρχή την άνθησης. Το glyphosate στη δόση των 215 g a.e./στρ. στο στάδιο του πράσινο ανώριμου καρπού με τη προσθήκη θεικού αμμωνίου 5% παρείχε περισσότερο από 90% έλεγχο του *S. elaeagnifolium* την επόμενη χρονιά (Bouhache and Gbehounou, 2014). Αξιοσημείωτο είναι ότι η εφαρμογή του glyphosate στο Μαρόκο στις δόσεις είτε των 144 g a.e./στρ. είτε των 216 g a.e./στρ. και είτε υπό τη προσθήκη επιφανειοδραστικής ουσίας ή όχι, οδήγησαν σε 71-93% μείωση της βλαστικότητα των σπόρων όταν το ζιζανιοκτόνο εφαρμόστηκε κατά τη

πλήρη άνθηση (Baye, 2007). Αντίθετα, όταν το glyphosate εφαρμόστηκε κατά το στάδιο του ανώριμου πράσινου καρπού παρεμπόδισε το φύτρωμα των σπόρων μόνο 2-12%. Οι μειωμένες δόσεις του glyphosate κατά την εφαρμογή το φθινόπωρο (από 80 g σκευάσματος/στρ.) έχει αποδειχθεί ότι παρέχουν σχεδόν παρόμοιο έλεγχο (>93%) με τις υψηλότερες δόσεις (έως 170 g σκευάσματος/στρ.) και τουλάχιστον 77% μείωση των βλαστών της επόμενης περιόδου, υποδεικνύοντας ότι μακροπρόθεσμα είναι εφικτή η μείωση της πυκνότητας του ζιζανίου χωρίς να απαιτούνται υψηλές εισροές (Dotray and Keeling, 1996). Οι πολλαπλές εφαρμογές με glyphosate ή άλλα διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα μειώνουν αισθητά τη πυκνότητα των βλαστών του ζιζανίου τόσο κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου, όσο και τα επόμενα έτη. Ωστόσο, μία μονή εφαρμογή του glyphosate ήταν αρκετή για να μειώσει σημαντικά τη πυκνότητα του *S. elaeagnifolium* και να αυξήσει την απόδοση ίνας βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.) σε μια μελέτη που διήρκησε τρία έτη, διατηρώντας παραπλήσιες αποδόσεις με τη διπλή και τριπλή εφαρμογή του glyphosate και μειώνοντας τα κόστη για τον έλεγχο του ζιζανίου (Choudhary and Bordovsky, 2006). Συγκεκριμένα, η πυκνότητα των βλαστών του ζιζανίου μετά από τρία χρόνια εφαρμογών μειώθηκε κατά 12% με μία μόνο εφαρμογή με glyphosate στο στάδιο των 4-6 φύλλων του βαμβακιού, κατά 50% όταν εφαρμόστηκε το ζιζανιοκτόνο στο στάδιο των 4-6 φύλλων και ξανά τρεις εβδομάδες αργότερα, κατά 70% όταν εφαρμόστηκε νωρίς στη καλλιεργητική περίοδο και ξανά στο στάδιο όπου είχε ανοίξει το 20% των καψών, ενώ μειώθηκε κατά 89% όταν έγιναν τρεις εφαρμογές με glyphosate και στα τρία στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού. Σε πείραμα αγρού που πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α. για την αποτελεσματικότητα διαφορετικών αλάτων του glyphosate εναντίον φυτών που βρίσκονταν είτε στο στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης, είτε στο στάδιο της άνθησης, είτε στο στάδιο του καρπού, αποδείχτηκε ότι η επιλογή του σωστού άλατος του σκευάσματος έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα του glyphosate (Tataridas et al., 2021c). Αναλυτικά, τα άλατα καλίου και ισοπροπυλαμίνης, ο συνδυασμός άλατος ισοπροπυλαμίνης με αμμωνίου, και το μείγμα άλατος ισοπροπυλαμίνης και 2,4-D παρείχαν 92-97% έλεγχο του ζιζανίου σε φυτά που βρίσκονταν στη βλαστητική ανάπτυξη. Στο στάδιο της ανθοφορίας, το ποσοστό ελέγχου είχε μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των επεμβάσεων (37-91%) ενώ στο στάδιο της καρποφορίας ο έλεγχος ήταν υψηλός (77-100%). Τα άλατα καλίου είχαν τη μικρότερη αποτελεσματικότητα στο στάδιο της άνθησης, ενώ το μείγμα glyphosate σε μορφή άλατος ισοπροπυλαμίνης με 2,4-D παρείχε τον υψηλότερο έλεγχο (91%), υποδεικνύοντας ότι είναι μία αποτελεσματική επιλογή για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium*. Ωστόσο, σε πειράματα αγρού στην Αυστραλία παρατηρήθηκε ότι ο συνδυασμός glyphosate με 2,4-D δεν παρείχε σταθερό έλεγχο σε δύο αγρούς, διότι στο ένα πεδίο ο αριθμός των βλαστών μειώθηκε κατά 61% στη διάρκεια 3 ετών, ενώ στο άλλο πεδίο παρέμεινε σταθερός (Stanton et al., 2011a). Η αναβλάστηση μετά από την εφαρμογή 2,4-D βρέθηκε να είναι πιο γρήγορη μετά από διαδοχικές εφαρμογές σε βοσκότοπους στην Αυστραλία, σε σχέση με το glyphosate, όπου η δράση στα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα ήταν πιθανώς μεγαλύτερη (Leys and Cuthbertson, 1976). Στο Μαρόκο, προτείνονται σε πολυετείς καλλιέργειες (όπως οι ελαιώνες και τα εσπεριδοειδή) ή μετά από τη συγκομιδή ετήσιων καλλιεργειών, και μόνο στη περίπτωση όπου παρατηρούνται έντονες προσβολές, τα ζιζανιοκτόνα glyphosate, sulfosate και aminotriazole (Baye et al., 2007).

Για τον μακροπρόθεσμο έλεγχο των νέων βλαστήσεων συστήνεται μία επαναληπτική εφαρμογή με glyphosate ή άλλο ζιζανιοκτόνο με υπολειμματική διάρκεια, όπως το picloram, αργότερα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ή το φθινόπωρο (Wu et al., 2016). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς, το βέλτιστο στάδιο για την

εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου είναι το στάδιο της άνθησης, έτσι ώστε να αποφευχθεί η παραγωγή σπόρων σε ικανοποιητικό βαθμό. Στην Αυστραλία επίσης προτείνεται το στάδιο της άνθησης ή νωρίς κατά την καρπόδεση για τον ψεκασμό με μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα όπως το 2,4-D, το picloram και το glyphosate (Ensbeay, 2009). Το στάδιο της ανθοφορίας και της καρποφορίας δεν είναι, βέβαια, το βέλτιστο για τον έλεγχο των έρπουσων ριζών του ζιζανίου (Wu et al., 2016). Ωστόσο, προτείνεται ο ψεκασμός με picloram που φέρει υπολειμματική δράση το φθινόπωρο με στόχο τις έρπουσες ρίζες του ζιζανίου (Stanton et al., 2011a). Ο ψεκασμός με glyphosate στο στάδιο της άνθησης του ζιζανίου σε δόσεις μεταξύ 216 και 288 g δ.ο./στρ. μείωσε σημαντικά το ξηρό βάρος των βλαστών και των καρπών, όταν ακολούθησε και δεύτερος επαναληπτικός ψεκασμός που στόχευσε τις αναβλαστήσεις του ζιζανίου (Qasem, 2014). Στην ίδια μελέτη αποδείχθηκε ότι η συνθετική αυξίνη 2,4-D και ο διφενυλεθέρας oxyfluorfen παρείχαν μέτριο προς επαρκή έλεγχο του *S. elaeagnifolium* παρότι παρατηρήθηκαν αναβλαστήσεις. Το 2,4-D στη δόση των 224 g a.e./στρ. πριν την άνθηση θεωρείται μία αποτελεσματική εφαρμογή για την καταστολή της ανάπτυξης του ζιζανίου (Catt, 1970). Το 2,4-D στη δόση των 720 g a.e. ha⁻¹ απέδωσε 90% έλεγχο του *S. elaeagnifolium* 30 μέρες μετά την εφαρμογή, ενώ τα ζιζανιοκτόνα bromoxynil και prosulfuron δεν ήταν αποτελεσματικά (Rosales-Robles et al., 2013). Η εφαρμογή με triclopyr, ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιούταν ευρύτατα εναντίον του ζιζανίου, στη δόση των 138 g δ.ο./στρ. παρείχε μακροπρόθεσμο απόλυτο έλεγχο κατά τη διάρκεια των τριών ετών του πειραματισμού. Σε μελέτη στο Τέξας (ΗΠΑ), το triclopyr στη δόση των 175 ml σκευάσματος ανά στρέμμα οδήγησε σε περισσότερο από 80% έλεγχο του ζιζανίου έξι εβδομάδες μετά την εφαρμογή (Runge et al., 2018). Ωστόσο σε κοινή μελέτη σε Ελλάδα και ΗΠΑ, το triclopyr στις δόσεις των 150 και 300 g δ.ο./στρ. δεν παρείχε έλεγχο του ζιζανίου (Eleftherochorinos et al., 1993). Η μικρή φυλλική επιφάνεια του *S. elaeagnifolium* που είναι εκτεθειμένη στην απορρόφηση της δραστικής ουσίας αποτελεί ένα σημαντικό εμπόδιο για την εφαρμογή διασυστηματικών ζιζανιοκτόνων εναντίον του ζιζανίου εμποδίζοντας τη μεταφορά του ζιζανιοκτόνου στο εκτενές δίκτυο των έρπουσων ριζών και αποτρέποντας την επίτευξη υψηλής αποτελεσματικότητας (Viljoen et al., 2011). Οι Kidston et al. (2007) προτείνουν ότι η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων αυξάνεται όταν εφαρμόζονται μετά από περίοδο βροχοπτώσεων όπου το *S. elaeagnifolium* έχει έντονη μεταβολική δραστηριότητα. Το ίδιο αποδεικνύεται και από τον πειραματισμό σε μεγάλη κλίμακα που πραγματοποιήθηκε στο Μαρόκο, όπου το glyphosate στη δόση των 216 g a.e./στρ. ήταν πιο αποτελεσματικό σε αγρούς όπου είχαν δεχθεί προηγουμένως άρδευση ή είχε βρέξει (Baye et al., 2007). Η εφαρμογή του μεταφυτρωτικού ζιζανιοκτόνου tembotrione στη δόση των 14.85 g δ.ο./στρ. παρείχε αποδεκτό έλεγχο >80% έξι εβδομάδες μετά την εφαρμογή σε φυτά που βρίσκονταν σε νεαρό βλαστητικό στάδιο (Gitsopoulos et al., 2017). Ωστόσο, η μίξη του tembotrione με το ζιζανιοκτόνο επαφής bentazone οδήγησε σε μειωμένο έλεγχο του *S. elaeagnifolium*. Σε ένα άλλο πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα βρέθηκε ότι οι εφαρμογές με tembotrione στις δόσεις από 10 έως 15 g δ.ο./στρ. και σε μονές ή επαναλαμβανόμενες εφαρμογές σε φυτά ύψους έως 15 εκ. ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικές, καθώς τα φυτά δεν άνθησαν και υπήρχε έως και 80% έλεγχος των βλαστών του *S. elaeagnifolium* (Gitsopoulos et al., 2015). Σε πείραμα φυτοδοχείων που πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α. βρέθηκε ότι τα ζιζανιοκτόνα 2,4-D (δόση 90 g δ.ο./στρ.), glufosinate (δόση 75 g δ.ο./στρ.), και το μείγμα ζιζανιοκτόνων glyphosate με pyraflufen-ethyl (δόση 216 και 1.1 g δ.ο./στρ., αντίστοιχα) παρείχαν 95-100% έλεγχο του ζιζανίου (Tataridas et al., 2021b). Αντίθετα, οι παρεμποδιστές της οξειγαλακτικής συνθέσεως florasulam (δόση 0.75 g δ.ο./στρ.)

και foramsulfuron (δόση 6.3 g δ.ο./στρ.), η συνθετική αυξίνη clopyralid (δόση 12.53 g δ.ο./στρ.), το diquat (δόση 100 g δ.ο./στρ.), το bentazone (δόση 144 g δ.ο./στρ.), και το propyzamide (δόση 187.5 g δ.ο./στρ.) ήταν αναποτελεσματικό ως προς τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium* καθώς οδήγησαν σε πολύ χαμηλό έλεγχο του ζιζανίου. Η εφαρμογή των παρεμποδιστών της οξειγαλακτικής συνθετάσης (ALS inhibitors), imazapyr και imazethapyr δεν παρείχε περισσότερο από 65% και 57%, αντίστοιχα σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Τέξας, ΗΠΑ (Grichar and Dotray, 2015). Η χρήση και μίξη ζιζανιοκτόνων που έχουν διαφορετικό μηχανισμό δράσης έχει προταθεί για την καταπολέμηση του ζιζανίου. Η μίξη των ζιζανιοκτόνων 2,4-D+dicamba+triclopyr+pyraflufen απέδωσε 91% έλεγχο = 40 ημέρες μετά την εφαρμογή κατά την άνθηση του ζιζανίου (Umeda, 2017). Η εφαρμογή κατά την έναρξη της άνθησης του μείγματος 2,4-D, picloram και metsulfuron methyl παρείχε 90% έλεγχο του ζιζανίου (Wu et al., 2016). Στην ίδια έρευνα αποδείχθηκε, ωστόσο, ότι ο μακροπρόθεσμος έλεγχος επιτεύχθηκε όταν χρησιμοποιήθηκε το ζιζανιοκτόνο picloram. Η εφαρμογή του μείγματος ζιζανιοκτόνων (triclopyr+picloram+aminopyralid), αλλά και το picloram μόνο του, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο κρίθηκαν ως ιδιαίτερα αποτελεσματικά εναντίον του *S. elaeagnifolium*, όμως το υψηλό κόστος τους σε σχέση με άλλα γνωστά ζιζανιοκτόνα και η υπολειμματική δράση του picloram αποτελούν εμπόδια για την ευρεία αξιοποίηση παρόμοιων υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων (Stanton et al., 2011a). Το aminopyralid παρείχε 97-100% έλεγχο του ζιζανίου κατά το έτος που εφαρμόστηκε (Sleugh et al., 2009). Το ζιζανιοκτόνο επαφής glufosinate που είναι παρεμποδιστής της συνθετάσης της γλουταμίνης στη δόση των 150 g δ.ο./στρ. παρείχε 95% έλεγχο του ζιζανίου και οδήγησε σε σημαντική μείωση του νωπού βάρους των φυτών μία εβδομάδα από την εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε όταν τα φυτά ήταν σε νεαρό βλαστητικό στάδιο ή στην αρχή της άνθησης (Gitsopoulos et al., 2017). Ωστόσο, ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας πρέπει να πραγματοποιείται και την επόμενη χρονιά με σκοπό τον έλεγχο της δυναμικής του ζιζανίου. Για παράδειγμα, το ζιζανιοκτόνο aminocyclopyrachlor δοκιμάστηκε το 2009-2010 στις ΗΠΑ και βρέθηκε ότι παρείχε 45-87% έλεγχο ένα χρόνο μετά την εφαρμογή (μεταξύ των δόσεων 3.5 και 14 g δ.ο./στρ., αντίστοιχα), παρότι ο έλεγχος ήταν απόλυτος έως και 4 μήνες μετά την εφαρμογή (Baumann et al., 2012). Το μείγμα των ζιζανιοκτόνων bromacil και tebuthiuron που έχει υπολειμματική δράση στο έδαφος και δεν ξεπλένεται εύκολα από το νερό των βροχοπτώσεων λόγω των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των μορίων, βρέθηκε ότι παρέχει μακροπρόθεσμο έλεγχο του *S. elaeagnifolium* σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Νότιο Αφρική, ενώ τα ζιζανιοκτόνα imazapyr και hexazinone δεν οδήγησαν σε μακροπρόθεσμο έλεγχο του ζιζανίου (Viljoen et al., 2011). Στο Μαρόκο δεν συστήνεται η εφαρμογή του bromacil σε μεγάλες εκτάσεις λόγω του υψηλού του κόστους, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί σε βαριά προσβεβλημένους αγρούς με εσπεριδοειδή ηλικίας άνω των τεσσάρων ετών (Baye et al., 2007). Η χρήση προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων δεν ενδείκνυται για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium* καθώς έχει διαπιστωθεί η μικρή έως μέτρια αποτελεσματικότητά τους. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή προφυτρωτικά των ζιζανιοκτόνων pendimethalin στη δόση των 67 g a.i. ha⁻¹, metolachlor στη δόση των 213 g a.i. ha⁻¹, prodiamine στη δόση των 168 g a.i. ha⁻¹, και dithiopyr στη δόση των 56 g a.i. ha⁻¹, δεν ξεπέρασε το 70% στον έλεγχο του ζιζανίου οκτώ εβδομάδες μετά την εφαρμογή (Henry et al., 2009). Σε καλλιέργεια βαμβακιού στη Συρία, το trifluralin κατάφερε μόνο να περιορίσει το φύτρωμα του ζιζανίου αλλά δεν είχε καμία επίδραση στις αναβλαστήσεις (Mouemar, 2006). Στη παρούσα διδακτορική διατριβή, βρέθηκε ότι τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα pendimethalin, benfluralin, S-metolachlor και isoxaben έχουν ικανοποιητική

αποτελεσματικότητα στη παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων του ζιζανίου (Πείραμα 3.3.1.2). Για τη μείωση της ποσότητας του ζιζανιοκτόνου που εφαρμόζεται, έχει αναφερθεί ότι η μηχανική κατεργασία μερικές εβδομάδες πριν τον ψεκάσμο μπορεί να περιορίσει το πληθυσμό του ζιζανίου έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν μικρότερες δόσεις ζιζανιοκτόνων (Ameur et al., 2007).

Τα εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium* είναι ελάχιστα παγκοσμίως, ενώ κάποια σκευάσματα και δραστικές που ήταν ή παραμένουν διαθέσιμες, απεικονίζονται στο Πίνακα 59, σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στοιχεία στις ετικέτες τους. Τα ζιζανιοκτόνα που είναι εγκεκριμένα για χρήση στις ΗΠΑ ενδέχεται να μην είναι εγκεκριμένα σε όλες τις πολιτείες. Μερικές δραστικές εμπεριέχονται σε πολλαπλά σκευάσματα από διαφορετικές εταιρείες, για αυτό το λόγο παρουσιάζονται μόνο ενδεικτικά κάποια από αυτά. Οι εταιρείες κάτοχοι των ζιζανιοκτόνων αναφέρονται με κάθε επιφύλαξη και πάντα με βάση την ηλεκτρονική αναφορά καθώς ενδέχεται να είναι διαφορετικοί μετά την υποβολή αυτής της διατριβής καθώς προκύπτουν συγχωνεύσεις ή εξαγορές των δικαιωμάτων. Στις περισσότερες των περιπτώσεων προτείνεται στην ετικέτα συμπληρωματικός ψεκάσμος με στόχο τις αναβλαστήσεις του ζιζανίου ή και η προσθήκη επιφανειοδραστικών ουσιών για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των ζιζανιοκτόνων.

Πίνακας 59: Εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για την αντιμετώπιση του *Solanum elaeagnifolium* σε σε διάφορες χώρες έως και το 2022

Δραστική ουσία	Σκεύασμα	Εταιρεία	Συνιστώμενη δόση	Χώρα	Αναφορά
aminopyralid	Milestone®	Corteva	4-6 fl oz/acre ή 28-49 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/land-management/milestone.html
aminopyralid + florpyrauxifen (Rinskor™)	DuraCor™	Corteva	12 fl oz/acre ή 84 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/pasture-management/duracor.html
aminopyralid + metsulfuron methyl	Chaparral™	Corteva	2-3 fl oz/acre ή 14-21 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/pasture-management/chaparral.html
aminopyralid + 2,4-D	GrazonNext®	Corteva	24-34 fl oz/acre ή 168-238 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/pasture-management/grazonnext-hl.html
aminopyralid + florpyrauxifen (Rinskor™)	TerraVue™	Corteva	2-2.85 fl oz/acre ή 14-19.95 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/land-management/terravue.html
picloram	Tordon® 22K	Corteva	16-32 fl oz/acre ή 112-224 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.corteva.us/product-s-and-solutions/pasture-management/tordon-22k.html#anchor_1
fluroxypyr	Starane® Advanced	Corteva	45-60 ml σκευάσματος/στρ.	Αυστραλ ία	https://www.corteva.com.au/products-and-solutions/crop-protection/starane-advanced.html#anchor_4

dicamba (3,6-dichloro-o-anisic acid)	DiFlexx®	Bayer Crop Science	16-32 fl oz/acre ή 112-224 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.cropscience.bayer.us/products/herbicides/diflexx/labels-msds
dicamba + tembotrione	DiFlexx DUO®	Bayer Crop Science	24-40 fl oz/acre ή 168-280 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.cropscience.bayer.us/products/herbicides/diflexx-duo/labels-msds
glyphosate series	RoundUp® series and RT3®	Bayer Crop Science	48 fl oz/acre ή ~ 336 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.cropscience.bayer.us/products/herbicides
dicamba + 2,4-D	WeedMaster®	NuFarm	32 fl oz/acre ή 224 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://nufarm.com/uscrop/product/weedmaster/
dicamba	Clash®	NuFarm	16-32 fl oz/acre ή 112-224 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://nufarm.com/uscrop/product/clash/
glufosinate	Liberty® 280 SL	BASF	32-43 fl oz/acre ή 224-300 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://agriculture.basf.us/crop-protection/products/herbicides/liberty.html
diflufenzopyr + dicamba	Distinct®	BASF	32-128 fl oz/acre ή 896 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://agriculture.basf.us/crop-protection/products/herbicides/distinct.html
pyridate	TOUGH® 5 EC	Belchim	24 fl oz/acre ή 168 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://www.belchimusa.com/products/tough-5ec-ag.html
flucarbazone + fluroxypyr + bromoxynil + MCPA	X1973ab herbicide	Arysta LifeScience	19.5 fl oz/acre ή 136.5 ml σκευάσματος/στρ.	ΗΠΑ	https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:799684034378::NO::P8_PUID,P8_RINUM:531244,70506-617
fluroxypyr	TOMAHAWK® 200 EC	ADAMA	250 ml σκευάσματος ανά 100 l νερού	Νότιος Αφρική	https://www.adama.com/south-africa/en/products/herbicides/tomahawk200ec
fluroxypyr	Flotilla	FMC	37.5 ml σκευάσματος/στρ.	Αυστραλία (NSW)	http://www.fmccrop.com.au/en/products/herbicides/flotilla.htm

Φυσικά ζιζανιοκτόνα και βοηθητικές ουσίες (adjuvants)

Η χρήση των φυσικών ή βιολογικών ζιζανιοκτόνων είναι μία πολλά υποσχόμενη στρατηγική για τη καταπολέμηση των ζιζανίων, η οποία έρχεται επίσης σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των χημικών φυτοπροστατευτικών κατά 50% έως το 2030. Η αποτελεσματικότητα αιθέριων ελαίων, φυσικών και βιολογικών ζιζανιοκτόνων έχει ερευνηθεί ενδελεχώς τα τελευταία χρόνια, ενώ υπάρχουν σημαντικές ανασκοπήσεις της υπάρχουσας βιβλιογραφίας παγκοσμίως (Dayan et al. 2009; Dayan and Duke, 2014; Radhakrishnan et al., 2018; Korres et al., 2019; Samada and Tambunan, 2020; Abd-ElGawad et al., 2021; Hasan et al., 2021). Η χρήση φυτικών εκχυλισμάτων από φυτά του γένους *Eucalyptus* δείχνουν να έχουν φυτοτοξικές ιδιότητες και μπορούν να παρεμποδίσουν το φύτρωμα των σπόρων και να αναστείλουν την ανάπτυξη των φυταρίων του *S. elaeagnifolium* κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης (Zhang et al., 2012), παρεμποδίζοντας έως και 91% την ανάπτυξη των ριζών

(Stanton et al., 2008). Συγκεκριμένα, το αιθέριο έλαιο από εκχύλισμα φύλλων του *Eucalyptus salubris* F. Muell. που περιείχε υψηλή περιεκτικότητα του μορίου 1,8-cineole, είχε υψηλή παρεμποδιστική δράση στο φύτρωμα των σπόρων (73%), και στο μήκος των βλαστών και ριζών του ζιζανίου, 75.7% και 82%, αντίστοιχα. Το φύτρωμα των σπόρων παρεμποδίστηκε ισχυρά λόγω της αλληλοπάθειας που προκλήθηκε από εκχυλίσματα των φύλλων των δασικών ειδών *Quercus pubescens* Willd., *Pinus brutia* Ten., *Cupressus sempervirens* L., *Quercus coccifera* L. (Formozis et al., 2021). Συγκεκριμένα, τα εκχυλίσματα των φύλλων του *P. brutia* οδήγησαν στην έναρξη του φυτρώματος των σπόρων του *S. elaeagnifolium* μόλις την 18^η μέρα από την έναρξη του πειράματος, ενώ οι σπόροι του μάρτυρα ξεκίνησαν να φυτρώνουν από την 8^η μέρα. Αυτό το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την διαχείριση των νέων βλαστήσεων του ζιζανίου και την έγκαιρη διαχείρισή τους. Τα εκχυλίσματα του ίδιου ίδιους περιόρισαν σημαντικά την αναβλάστηση των ριζών (6.67%) ενώ η αναβλάστηση των ριζών του μάρτυρα ξεπέρασε το 50%.

Η προσθήκη βοηθητικών ουσιών (adjuvants) όπως συγκεκριμένα επιφανειοδραστικά (surfactants) αυξάνει την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων. Η προσθήκη θεικού αμμωνίου (ammonium sulfate) στο glyphosate στη δόση των 216 g a.e./στρ. οδήγησε σε αύξηση του έλεγχου του *S. elaeagnifolium* (Baye, 2007). Η προσθήκη 2% θεικού αμμωνίου και 0.5% μη-ιονικού επιφανειοδραστικού στο glyphosate οδήγησε σε πολύ υψηλό έλεγχο του ζιζανίου και μείωση των βλαστών της επόμενης περιόδου (Dotray and Keeling, 1996). Η προσθήκη 5% tallow amine ethoxylate ή 5% θειικό αμμώνιο στο glyphosate στη δόση των 115 g δ.ο./στρ. είχε ως αποτέλεσμα σχεδόν παρόμοιο έλεγχο με το glyphosate στη δόση των 231 g δ.ο./στρ. χωρίς τη προσθήκη επιφανειοδραστικού, κάτι που σημαίνει ότι με τη προσθήκη προσκολλητικών ή βελτιωτικών ουσιών μπορεί να μειωθεί η εισροή ζιζανιοκτόνων διατηρώντας παράλληλα επαρκή έλεγχο του *S. elaeagnifolium* (Bouhache et al., 1993). Ωστόσο, η προσθήκη επιφανειοδραστικού στο glyphosate δεν απέδωσε κάποιο ιδιαίτερο αποτέλεσμα στο έλεγχο του ζιζανίου σε πειράματα που διεξήχθησαν σε Ελλάδα και ΗΠΑ (Eleftherochorinos et al., 1993). Στα πειράματα που διεξήχθησαν στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής σε ελαιώνα στον Βόλο δείχθηκε ότι η προσθήκη επιφανειοδραστικού στο glyphosate δεν προσφέρει κάποια αλλαγή στην αποτελεσματικότητα του glyphosate στην περίπτωση όπου εφαρμοζόταν μόνο του εναντίον του ζιζανίου.

Βιολογικοί παράγοντες

Με βάση τις προηγούμενες στρατηγικές για τη διαχείριση του ζιζανίου, αποδεικνύεται ότι η αποτελεσματικότητα των διάφορων μεθόδων ποικίλλει και αρκετές φορές οι εφαρμογές έχουν αναφερθεί ως αναποτελεσματικές είτε ως πολύ ακριβές. Για αυτό το λόγο ερευνήθηκε και πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή βιολογικών παραγόντων (biological agents) προς εξαπόλυση. Διάφοροι φυσικοί εχθροί όπως έντομα και νηματώδεις, έχει βρεθεί ότι τρέφονται με το φύλλωμα, τα άνθη ή τους σπόρους του ζιζανίου. Ωστόσο, στη ζώνη αυτοφυούς βλάστησης του ζιζανίου στο Μεξικό, δεν υπάρχει φυσικός εχθρός που να προσβάλλει τις έρπουσες ρίζες, διατηρώντας την αποτελεσματικότητα μόνο εναντίον της υπέργεια βλάστησης (Wapshere, 1987). Ένα επιτυχημένο έντομο για τον έλεγχο του *S. elaeagnifolium* είναι το *L. texana* Schaeffer της οικογένειας Chrysomelidae το οποίο εισήχθη στη Νότιο Αφρική από τις ΗΠΑ το 1992 (Lefoe et al., 2020) μέσω πολλαπλών εξαπολύσεων σε πέντε περιοχές (Olckers et al., 1999) και σύμφωνα με τους Olckers et al. (1999) αποτελεί τη πρώτη προσπάθεια παγκοσμίως για εγκατάσταση του εντόμου εναντίον ενός φυτού της οικογένειας

Solanaceae. Η Νότια Αφρική ήταν από τις πρώτες χώρες που χρησιμοποίησαν φυσικούς εχθρούς εναντίον του ζιζανίου στα μέσα της δεκαετίας του '70 (Olckers and Zimmermann, 1991), ενώ η Αυστραλία καταχώρησε το *S. elaeagnifolium* ως φυτό που μπορεί να δεχτεί βιολογική καταπολέμηση το 1985 (Field et al., 2009), ενώ θεωρείται καλός στόχος για βιολογική καταπολέμηση με βάση πρόσφατη λίστα που βαθμολογούσε τον αντίκτυπο και την ανάγκη ελέγχου διάφορων φυτών εισβολέων στη χώρα (Paynter et al., 2009). Σύμφωνα με τους Sheppard et al. (2006), το *S. elaeagnifolium* συγκαταλέγεται στη λίστα με τα είκοσι κύρια ζιζάνια που μπορούν να δεχθούν βιολογική καταπολέμηση στην Ευρώπη. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Νότια Αφρική για τη καταλληλότητα φυσικών εχθρών ως προς την αντιμετώπιση του ζιζανίου ανέδειξε ότι τα ενδημικά είδη εντόμων δεν είναι επαρκή για τον έλεγχο, για αυτό είναι απαραίτητες οι εισαγωγές εχθρών από άλλα περιβάλλοντα (Hill et al., 1993). Οι Hoffmann et al. (1998) μελέτησαν την ζημιά στη φυλλική επιφάνεια του *S. elaeagnifolium* που προκαλείται από διάφορα είδη εντόμων και πρότειναν ότι το έντομο *L. texana* θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά το δυναμικό ανάπτυξης της βλάστησης του ζιζανίου παρότι δεν τρέφεται με τους σπόρους, υποδεικνύοντας ότι η μακρόχρονη χρήση είναι απαραίτητη για την εξάντληση των αποθεμάτων των υπόγειων πολλαπλασιαστικών οργάνων για αναβλάστηση. Το *L. texana* τρέφεται μόνο με τη φυλλική επιφάνεια του ζιζανίου και όχι με τους καρπούς ή το ριζικό σύστημα του, ωστόσο φυτά που αποφυλλώνονται γρήγορα παράγουν λιγότερους καρπούς και σπόρους (Klein, 2007). Η εξαπόλυση του *L. texana* παρείχε παραπλήσια αποτελεσματικότητα με τις χημικές μεθόδους σε πείραμα αγρού σε ηλιάνθο στη Νότιο Αφρική, διατηρώντας παράλληλα μικρότερα κόστη για το παραγωγό (Pitso, 2010), ενώ αναφορές από την ίδια χώρα υποδεικνύουν ότι η πλήρης αποφύλλωση του ζιζανίου έχει παρατηρηθεί κατά περιπτώσεις σε πολλές δεκάδες στρέμματα (Klein, 2007). Στην Αυστραλία δεν έγιναν συστηματικές προσπάθειες εξαπόλυσης του εντόμου λόγω της μη προσαρμογής του εντόμου στις νότιες ζώνες της χώρας όπου καλλιεργούνται τα σιτηρά, παρότι μία νεότερη μελέτη για τη κλιματική προσαρμογή του *L. texana* με τη χρήση του μοντέλου CLIMEX υποδεικνύει ότι το έντομο θα μπορούσε να προσαρμοστεί στις περιοχές όπου έχει εισβάλει το *S. elaeagnifolium* (Senaratne et al., 2008).

Η εισαγωγή του εντόμου *Frumenta nephelomicta* Meyrick στη Νότια Αφρική δεν είχε την ίδια τύχη με το *L. texana* καθώς απέτυχε να εγκατασταθεί πιθανόν λόγω των ξηρικών συνθηκών (Adamski and Brown, 2002; Sheppard et al., 2006). Το ίδιο συνέβη και με το έντομο *Leptinotarsa defecta* Stal του οποίου η παρουσία είναι σπάνια και ο αντίκτυπος στο ζιζάνιο ανεπαίσθητος (Olckers et al., 1999). Το έντομο *Gratiana lutescens* (Boheman) εισήχθη το 1973 στη Νότια Αφρική αλλά αποδείχθηκε ότι τρέφεται και με φυτικά μέρη και άλλων φυτών της οικογένειας Solanaceae, όπως η μελιτζάνα (*Solanum melongena*), και για αυτό το λόγο απορρίφθηκε (Olckers et al., 1999). Κάποια πειράματα σε κελιά (cage tests) έδειξαν ότι και τα *L. texana* και *L. defecta* θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημιές στη μελιτζάνα, ωστόσο αναφορές από τις ΗΠΑ και συγκεκριμένα το Τέξας που αναφέρουν οι Olckers and Zimmermann (1991) λένε ότι η καλλιέργεια της μελιτζάνας δεν προσβάλλεται από το *L. texana* παρόλο τους μεγάλους πληθυσμούς του εντόμου και τη παρουσία του *S. elaeagnifolium*. Βέβαια οι Olckers and Hulley (1994) θεωρούν ότι τα έντομα *L. texana* και *L. defecta* δεν θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντικούς εχθρούς για τη καλλιέργεια της μελιτζάνας καθώς στη συγκεκριμένη χώρα δεν καλλιεργείται εκταταμένα, οι εναλλαγές των καλλιεργειών περιορίζουν την εξάπλωση των εντόμων, και δεν φαίνεται να προσβάλουν τη καλλιέργεια στη ζώνη φυσικής της βλάστησης, δηλαδή την Αμερική. Για αυτό το λόγο, θα πρέπει να διεξάγεται ενδελεχής έρευνα για

φυτά (τόσο καλλιεργούμενα όσο και αυτοφυή) που είναι πιθανοί φορείς των εντόμων. Για παράδειγμα οι Lefoe et al. (2020) έλεγξαν την εκλεκτικότητα του *L. texana* στην Αυστραλία ιεραρχώντας τα φυτά πιθανούς στόχους με βάση εάν: (1) έχουν οικονομική σημασία, δηλαδή είναι καλλιεργούμενα φυτά σε μικρή ή μεγάλη έκταση, (2) είναι αυτοφυή αλλά χρησιμοποιούνται τα προϊόντα τους για κάποια χρήση, (3) είναι κομμάτι της κουλτούρας ή της ιστορίας ενός τόπου, (4) έχουν βιογεωγραφική και οικολογική ομοιότητα με το *S. elaeagnifolium*, (5) εάν είναι γνωστοί φορείς και (6) είναι ήδη υπό διατήρηση. Εντός της οικογένειας Solanaceae, το *S. elaeagnifolium* εμφανίζεται ως πρωτεύων ξενιστής του *L. texana*, ενώ ως δευτερεύοντες ξενιστές εμφανίζονται τα *S. melongena*, *S. rostratum*, *S. carolinense* και *S. dulcamara* (SPHDS, 2018).

Η αποτελεσματικότητα κάποιων φυτοφάγων εντόμων που στοχεύουν τα σολανοειδή δεν είναι πάντα δεδομένη καθώς το ζιζάνιο αναπαράγεται κατά βάση με αγενή πολλαπλασιαστικά όργανα (Olckers and Zimmermann, 1991). Για αυτό το λόγο κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή φυσικών εχθρών του ζιζανίου που τρέφονται με σπόρους, πέρα από το φύλλωμα (Hill et al., 1993). Οι Kwong et al. (2008) ιεραρχούν τα κριτήρια με τα οποία συνηθίζεται να επιλέγεται ένας φυσικός εχθρός, περιγράφοντας ότι η χρήση βιολογικών παραγόντων ενδείκνυται στη περίπτωση όπου τα διαθέσιμα μέσα για τη διαχείριση των ζιζανίων είναι αναποτελεσματικά ή φέρουν υψηλό κόστος και το ζιζάνιο προκαλεί αρνητικό αντίκτυπο στη γεωργική παραγωγή ή/και το περιβάλλον και δεν φέρει πιθανές χρήσεις, ενώ ο φυσικός εχθρός είναι εκλεκτικός ως προς το ζιζάνιο και μπορεί να εγκλιματιστεί στο περιβάλλον που θα εξαπολυθεί.

Ο νηματώδης *Orrina phyllobia* (Thorne, 1934) Brzeski, 1981 ή *Nothanguina phyllobia* (Thorner) έχει καταγραφεί ως φυσικός εχθρός του *S. elaeagnifolium* και η παρουσία του έχει καταγραφεί στις ΗΠΑ, το Μεξικό και την Ινδία (Sforza and Jones, 2007). Αυτός ο νηματώδης αποτελεί υποχρεωτικό παράσιτο που τρέφεται με τη φυλλική επιφάνεια, τους βλαστούς και τα άνθη του ζιζανίου (Skinner et al., 1980) και κυρίως με τα νεαρά εκπυσσόμενα φύλλα (Parker, 1986), οδηγώντας σε πολύ υψηλή μείωση της βιομάζας του φυλλώματος (Northam and Orr, 1982). Οι Robinson et al. (1978) συμπέραναν ότι τα συμπτώματα είναι πιο έντονα μετά από διαβροχή του φυλλώματος με νερό διότι κινητοποιούνται οι νηματώδεις, υποδεικνύοντας ότι ο συνδυασμός της άρδευσης με την εξαπόλυση του νηματώδη θα ήταν ένα ιδανικό βιολογικό εργαλείο για τον έλεγχο του ζιζανίου. Στη περιοχή του Guanajuato, Μεξικό, επιβεβαιώθηκε η προσβολή του ζιζανίου και οι ζημιές στη φυλλική του επιφάνεια από τον νηματώδη μέσω μοριακών τεχνικών (Gómez et al., 2016). Ωστόσο, η εξαπόλυση φυσικών εχθρών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση όπου υπάρχουν σε κοντινή απόσταση καλλιεργούμενα είδη του γένους *Solanum* sp. όπως η τομάτα (*Solanum lycopersicum*), η μελιτζάνα (*Solanum melongena*), και η πατάτα (*Solanum tuberosum*) που ανήκουν στην οικογένεια Solanaceae. Σύμφωνα με τους Field et al. (2009) ο νηματώδης *Ditylenchus phyllobius* (Thorne) Filip'ev ή *O. phyllobia* δεν είναι κατάλληλος για εξαπόλυση στην Αυστραλία καθώς παρουσιάζει μειωμένη εκλεκτικότητα προσβάλλοντας πολλά είδη του γένους *Solanum*. Σε αξιολόγηση της εκλεκτικότητας του *O. phyllobia* βρέθηκε ότι πέρα από το *S. elaeagnifolium* και το *S. melongena*, ξενιστές του νηματώδη ήταν ακόμη τα είδη *S. coccineum*, *S. burchellii*, και *S. panduriforme* (Scott, 1991).

Έλεγχος απαιτείται επιπλέον και σε περιοχές όπου το ζιζάνιο αυτοφύεται όπως στο Τέξας των ΗΠΑ (Kariyat and Chavana, 2018). Για τον έλεγχο των καταλληλότερων εχθρών του *S. elaeagnifolium* που θα μπορούσαν να εισαχθούν και να εξαπολυθούν σε μια χώρα, χρειάζεται να κατανοηθεί πλήρως ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές του κλίματος και των γονοτύπων του ζιζανίου μεταξύ της χώρας εισαγωγής και της

φυσικής ζώνης του εχθρού. Για παράδειγμα, μία ανάλυση της καταλληλότητας 30 εχθρών προς εξαπόλυση εναντίον του ζιζανίου στην Αυστραλία ανέδειξε ότι πιθανοί βιολογικοί παράγοντες μπορούν να αναζητηθούν στις κεντρικές περιοχές της Χιλής και της Αργεντινής, διότι το κλίμα σε αυτές τις περιοχές είναι παρόμοιο με αυτό της Αυστραλίας, ευνοώντας πιθανώς τη δράση των εχθρών (Kwong et al., 2008). Οι κλιματικοί παράγοντες (όπως οι βροχοπτώσεις κατά το χειμώνα) είναι ακόμη ένας παράγοντας που περιορίζει τη χρήση βιολογικών παραγόντων (όπως ο νηματώδης *O. phyllobia* και τα έντομα *Gargaphia* spp. *L. texana*, *L. defecta*, *Gratiana pallidula*, *Trichobaris texana*, *Frumenta nephalomicta*, και *Zonosemeta vittigera*) στην Αυστραλία (Wapshere, 1987). Αντίστοιχα, περιοχές που βρέχονται από τη λεκάνη της Μεσογείου και περιοχές της Κεντρικής και Νότιας Αφρικής παρουσιάζουν υψηλή ομοιότητα με τη περιοχή Brownsville στις ΗΠΑ, όπου βρίσκεται στη ζώνη φυσικής βλάστησης του ζιζανίου (Sforza and Jones, 2007). Αξιοσημείωτο είναι ότι η Νότιος Αφρική περιέχει έναν από τους πέντε τύπους Μεσογειακού κλίματος, υποδεικνύοντας ότι φυσικοί εχθροί θα μπορούσαν να εξαπολυθούν και στις χώρες γύρω από τη Μεσόγειο (Sforza and Jones, 2007). Οι ίδιοι συγγραφείς έχουν δημοσιεύσει την αναλυτικότερη μέχρι σήμερα αναφορά για τους φυσικούς εχθρούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βιολογική καταπολέμηση του *S. elaeagnifolium*. Σύμφωνα με τους Hill et al. (1993) σε μελέτη τους στη Νότιο Αφρική, βρέθηκε ότι περισσότερο ολιγοφάγα έντομα προσβάλλουν το *S. elaeagnifolium* από πολυφάγα. Στο μέλλον πρέπει να πραγματοποιηθούν μελέτες εκλεκτικότητας εντόμων που είναι γνωστά για την χρήση τους σε άλλα φυτικά είδη (κυρίως της οικογένειας Solanaceae), όπως το κολεόπτερο *Metriona elatior* (Medal et al., 1999) και το κολεόπτερο *Platyphora semiviridis* (Olckers, 1998). Μία αναλυτική λίστα των εντόμων που βρέθηκαν στο *S. elaeagnifolium* τη δεκαετία του 60' τις ΗΠΑ περιγράφεται από τον Goeden (1971).

Ο Πίνακας 60 συνοψίζει όλα τα έντομα, νηματώδεις και εχθρούς που έχουν βρεθεί να προσβάλλουν το *S. elaeagnifolium*.

Πίνακας 60: Βιολογικοί παράγοντες που τρέφονται με φυτικά μέρη ή έχουν ως ξενιστή τους το *Solanum elaeagnifolium*

Φυτικό μέρος	Εχθρός	Είδος	Οικογένεια ή τάξη	Χώρα	Αναφορά
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Oberea trigonalis</i> Breuning	Cerambycidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Epilachna hirta</i> (Thunberg)	Coccinellidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Epilachna lupina</i> Mulsant	Coccinellidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Sciobius pullus</i> (Sparman)	Curculionidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Chaetocnema</i> sp. (AcRh 465)	Chrysomelidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Conchyloctenia hybrida</i> (Boheman)	Chrysomelidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Decaria</i> sp. (AcRh 513)	Chrysomelidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993

Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Leptinotarsa defecta</i> Stal, 1859	Chrysomelidae	Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Gratiana pallidula</i> (Boheman, 1854)	Chrysomelidae	Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Φύλλωμα	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Metriora elatior</i> (Klug)	Chrysomelidae	Ουρουγουάη	de Leon et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Acanthocoris sp.</i> (AcRh 559)	Coreidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Acanthocoris spinosus</i> Signoret	Coreidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Anoplocnemis curvipens</i> Fabricius	Coreidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Spilostethus sp.</i> (AcRh 559)	Lygaeidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Spilostethus sp.</i> (AcRh 574)	Lygaeidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Oxyrachis delalandei</i> Fairmaire	Membracidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	AcRh 546	Pentatomidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Gargaphia arizonica</i>	Tingidae	Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Φύλλωμα	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Gargaphia opacula</i> Uhler, 1893	Tingidae	Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Φύλλωμα	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Eublemma sp.</i> (AcRh 644)	Noctuidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Heliothis armigera</i> (Hubner)	Noctuidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Φύλλωμα	Νηματώδης	<i>Orrina phyllobia</i> (Thorne, 1934) Brzeski, 1981	Tylenchida	ΗΠΑ, Μεξικό, Αργεντινή, Ινδία	Olckers and Zimmermann, 1991; Gómez et al., 2016
Βλαστοί	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Trichobaris texana</i> LeConte, 1876	Curculionidae	ΗΠΑ, Μεξικό	Wapshere, 1988; Olckers and Zimmermann, 1991; Sforza and Jones, 2007
Άνθη	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Carpophilus sp.</i>	Nitidulidae	Αργεντινή	Olckers and Zimmermann, 1991
Άνθη	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Pria sp.</i> (AcRh 504)	Nitidulidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Άνθη	Έντομο (θυσανόπτερα)	Διάφορα		Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993

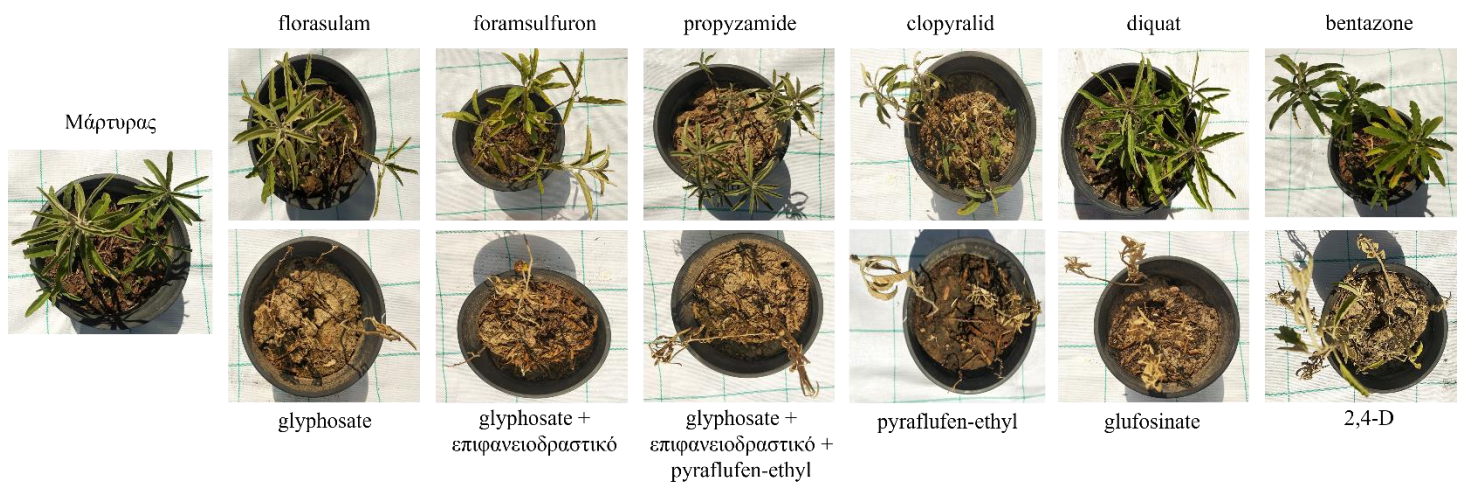
Άνθη	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Symmetrischema ardeola</i>	Gelechiidae	Αργεντινή	Olckers and Zimmermann, 1991
Άνθη	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Anthonomus sp.</i>	Curculionidae	ΗΠΑ, Μεξικό	Olckers and Zimmermann, 1991
Καρποί	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Daraba laisalis</i> (Walker)	Pyraustidae	Νότιος Αφρική	Hill et al., 1993
Σπόροι	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Arvelius albopunctatus</i> (De Geer)	Pentatomidae	Αργεντινή	Olckers and Zimmermann, 1991
Σπόροι	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Conotrachelus bisignatus</i> (Boh.)	Curculionidae	Αργεντινή	Olckers and Zimmermann, 1991
Καρποί/Σπόροι	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Spilostethus furculus</i> (H.S.)	Lygaeidae	Νότιος Αφρική	Olckers and Hulley, 1991
Καρποί/Σπόροι	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Frumenta nephelomicta</i> Meyrick, 1930	Gelechiidae	Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Καρποί/Σπόροι	Έντομο (δίπτερο)	<i>Zonosemata vittigera</i> Coquillett, 1899	Tephritidae	ΗΠΑ, Μεξικό	Wapshere, 1988; Sforza and Jones, 2007
Βλαστοί/Σπόροι	Έντομο (λεπιδόπτερο)	<i>Frumenta solanophaga</i> Busck, 1939	Gelechiidae	Μεξικό	Adamski and Brown, 2002
Φύλλωμα/Καρποί/Σπόροι	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus)	Pentatomidae	Νότιος Αφρική	Olckers and Hulley, 1991; Hill et al., 1993
Φύλλωμα/Καρποί/Σπόροι	Έντομο (ημίπτερο)	<i>Dryadocoris apicalis</i> (Herrich-Schaeffer)	Pentatomidae	Νότιος Αφρική	Olckers and Hulley, 1991; Hill et al., 1993
Φύλλωμα/Βλαστοί/Άνθη	Έντομο (κολεόπτερο)	<i>Leptinotarsa texana</i> Schaeffer	Chrysomelidae	ΗΠΑ	Olckers et al., 1999; Kariyat and Chavana, 2018

Ολοκληρωμένη διαχείριση

Τα ζιζανιοκτόνα προτείνεται να εφαρμόζονται κατά την άνθηση με σκοπό την παρεμπόδιση παραγωγής σπόρων, ενώ προτείνεται οι ετικέτες των ζιζανιοκτόνων να συμπεριλαμβάνουν και εφαρμογές αποτελεσματικών σκευασμάτων το φθινόπωρο με στόχο τα υπόγεια πολλαπλασιαστικά όργανα (Stanton et al., 2010). Οι Bouhache and Gbèhouou (2014) προτείνουν τα ζιζανιοκτόνα επαφής να εφαρμόζονται στην άνθηση του ζιζανίου ενώ τα διασυστηματικά μετά την άνθηση, όπου τα επίπεδα των μη-δομικών υδρογονανθράκων (non-structural carbohydrates, TNC) αυξάνονται όσο το φυτό πλησιάζει προς το σχηματισμό των καρπών και την ωρίμανση. Ο Baye (2007) συμπέρανε ότι το glyphosate έχει αυξημένη αποτελεσματικότητα εναντίον του ζιζανίου όταν εφαρμόζεται στο στάδιο την πλήρους άνθησης και πριν τη καρποφορία, ενώ ο έλεγχος είναι υψηλότερος σε αρδευόμενες εκτάσεις και υπό τις συνθήκες επάρκειας

νερού. Αντίθετα, οι Sayari and Mekki (2021) προτείνουν η εφαρμογή του glyphosate να γίνεται στο στάδιο του πράσινου ανώριμου καρπού διότι είναι το βέλτιστο στάδιο για τη κινητοποίηση των αποθηκευμένων υδρογονανθράκων. Το τμήμα της εταιρείας Corteva™ Agriscience στις ΗΠΑ προτείνει για τη διαχείριση του ζιζανίου σε βοσκοτόπους την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων aminopyralid+florpyrauxifen ή aminopyralid+2,4-D κατά την άνθηση, ενώ προτείνει την επανάληψη της εφαρμογής για πλήρη έλεγχο (Corteva, 2021). Στη περίπτωση όπου απαιτείται ο έλεγχος του ζιζανίου σε ετήσιες καλλιέργειες τότε οι εφαρμοζόμενες δόσεις δεν είναι αρκετές για τον έλεγχο του ζιζανίου και κυρίως των έρπουσων ριζών που προκαλούν τις αναβλαστήσεις. Σε βοσκοτόπους στην Αυστραλία προτείνεται η εφαρμογή fluoxypyr ή aminopyralid+2,4-D (Kidston et al., 2010). Στο Μαρόκο προτείνονται προφυτρωτικά τα ζιζανιοκτόνα metolachlor και atrazine σε καλλιέργεια αραβοσίτου, και τα fluometuron, pendimethalin και trifluralin στη καλλιέργεια βαμβακιού, ενώ μεταφυτρωτικά προτείνονται για τη καλλιέργεια αραβοσίτου συνθετικές αυξίνες έως το στάδιο των 4-6 φύλλων (Baye et al., 2007).

Τα πολλαπλά πειράματα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών συνθετικών ζιζανιοκτόνων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής ανέδειξαν ότι μόνο παρά ελάχιστα οδήγησαν σε υψηλή αποτελεσματικότητα εναντίον του ζιζανίου, συμφωνώντας με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχουν τρεις κατηγορίες ζιζανιοκτόνων ως προς την αποτελεσματικότητα τους εναντίον του *S. elaeagnifolium*: (1) αυτά που έχουν μηδενική ή ελάχιστη αποτελεσματικότητα, όπως οι παρεμποδιστές του ενζύμου ALS, τα ζιζανιοκτόνα επαφής diquat και bentazone, η συνθετική αυξίνη clopyralid, καθώς και τα φυσικά ζιζανιοκτόνα πελαργονικό οξύ και αιθέριο έλαιο άγριου κύμινου, (2) αυτά που έχουν ικανοποιητική έως υψηλή αποτελεσματικότητα τόσο κατά τη χρονιά της εφαρμογής, όπως το glufosinate και το pyraflufen-ethyl, όσο και στη μείωση του αριθμού των βλαστών που θα αναδυθούν την επόμενη χρονιά, όπως το glyphosate, το 2,4-D, το MCPA και οι συνδυασμοί τους (Εικόνα 88), και τέλος (3) σε αυτά που ενδέχεται να μην καταπολεμούν αποτελεσματικά το ζιζάνιο αλλά προκαλούν μείωση του δυναμικού ανάπτυξης του και κατά επέκταση της σποροπαραγωγικής του ικανότητας, εξαντλώντας τα αποθέματα των υπόγειων πολλαπλασιαστικών οργάνων. Στη τελευταία κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν πολλά ζιζανιοκτόνα τα οποία όμως πρέπει να εφαρμοστούν στο στάδιο της ανθοφορίας, όπου έχει ξεκινήσει η μετακίνηση σημαντικών συγκεντρώσεων θρεπτικών συστατικών από τα διάφορα αποθησαυριστικά όργανα προς τα άνθη και το σχηματισμό των καρπών και σπόρων.



Εικόνα 88: Αποτελεσματικότητα διαφορετικών συνθετικών ζιζανιοκτόνων εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* στο βλαστητικό στάδιο που προέρχονταν από αγενή πολλαπλασιασμό 28 ημέρες μετά την εφαρμογή.

Εναλλακτικά προτείνεται η εγκατάσταση αλληλοπαθητικών ως προς το *S. elaeagnifolium* φυτών ή δένδρων, όπως οι ευκάλυπτοι (Zhang et al., 2012). Η χρήση ανταγωνιστικών φυτών κάλυψης σε βοσκοτόπους (pastures) έχει προταθεί ως μέσο μείωσης της παραγωγής σπόρων του ζιζανίου και εξάντλησης του ριζικού του συστήματος, επιτρέποντας τη διαχείριση του ζιζανίου μετά από στοχευμένες χρονικά εφαρμογές ζιζανιοκτόνων (Stanton et al., 2011a). Η μειωμένη κατεργασία του εδάφους είναι ακόμη ένα μέτρο που επιδραδύνει την εξάπλωση του *S. elaeagnifolium* (Stanton et al., 2007).

Η επιλογή φυσικών εχθρών του *S. elaeagnifolium* που στοχεύουν την υπέργεια βλάστηση κρίνεται ως αποτελεσματική εναλλακτική για την παρεμπόδιση παραγωγής σπόρων και την περαιτέρω εξάπλωση του ζιζανίου (Sforza and Jones, 2007). Βιολογικοί παράγοντες όπως νηματώδεις και έντομα που τρέφονται με τη φυλλική επιφάνεια του ζιζανίου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερα προγράμματα διαχείρισης (Sforza and Jones, 2007). Η εξαπόλυση φυσικών εχθρών του *S. elaeagnifolium* είναι μία μέθοδος που δεν έχει διερευνηθεί στην Ελλάδα, αλλά μπορεί να αποδώσει πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους Sforza and Jones (2007), το κλίμα πολλών περιοχών της Ελλάδας είναι παρόμοιο με αυτό της περιοχής Brownsville, στις Νότιες ΗΠΑ στα σύνορα με το Μεξικό, υποδεικνύοντας ότι εκεί μπορούν να αναζητηθούν βιολογικοί παράγοντες που προσβάλλουν το ζιζάνιο και να εισαχθούν προς εξαπόλυση. Παραμετροποιώντας τα βήματα που χρειάζονται για τη διενέργεια ενός προγράμματος βιολογικού ελέγχου του ζιζανίου στην Αυστραλία, εξάγεται ότι σε κάθε χώρα μπορεί: (1) να διεξαχθούν μοριακές μελέτες των πληθυσμών του *S. elaeagnifolium* σε σύγκριση με πληθυσμούς από τη ζώνη που αυτοφύεται (ΗΠΑ και Μεξικό), (2) να γίνει ανάλυση της γενετικής παραλλακτικότητας, της οικολογίας και της δυναμικής των πληθυσμών, (3) να γίνει αξιολόγηση των ενδημικών ειδών φυσικών εχθρών και της εκλεκτικότητας και αποτελεσματικότητας τους, και τέλος (4) να γίνει αξιολόγηση των φυσικών εχθρών στη ζώνη αυτοφύησης του ζιζανίου (Kwong et al., 2006). Σύμφωνα με τον Klein (2007) οι φυσικοί εχθροί είναι πιο αποτελεσματικοί από τα ζιζανιοκτόνα σε ξηρικές καλλιέργειες καθώς η εξαπόλυση τους αποτελεί πιο φθηνή λύση. Επίσης, προτείνεται η μετατροπή τους σε βοσκοτόπους με σπορά πολυετών φυτών κάλυψης που ανταγωνίζονται το *S. elaeagnifolium*, τα οποία σε συνδυασμό με τη πολυετή παρουσία των φυσικών εχθρών και τη συνεχή αποφύλλωση θα μειώσουν τη δυναμική του ζιζανίου. Ωστόσο, προσοχή απαιτείται κατά την

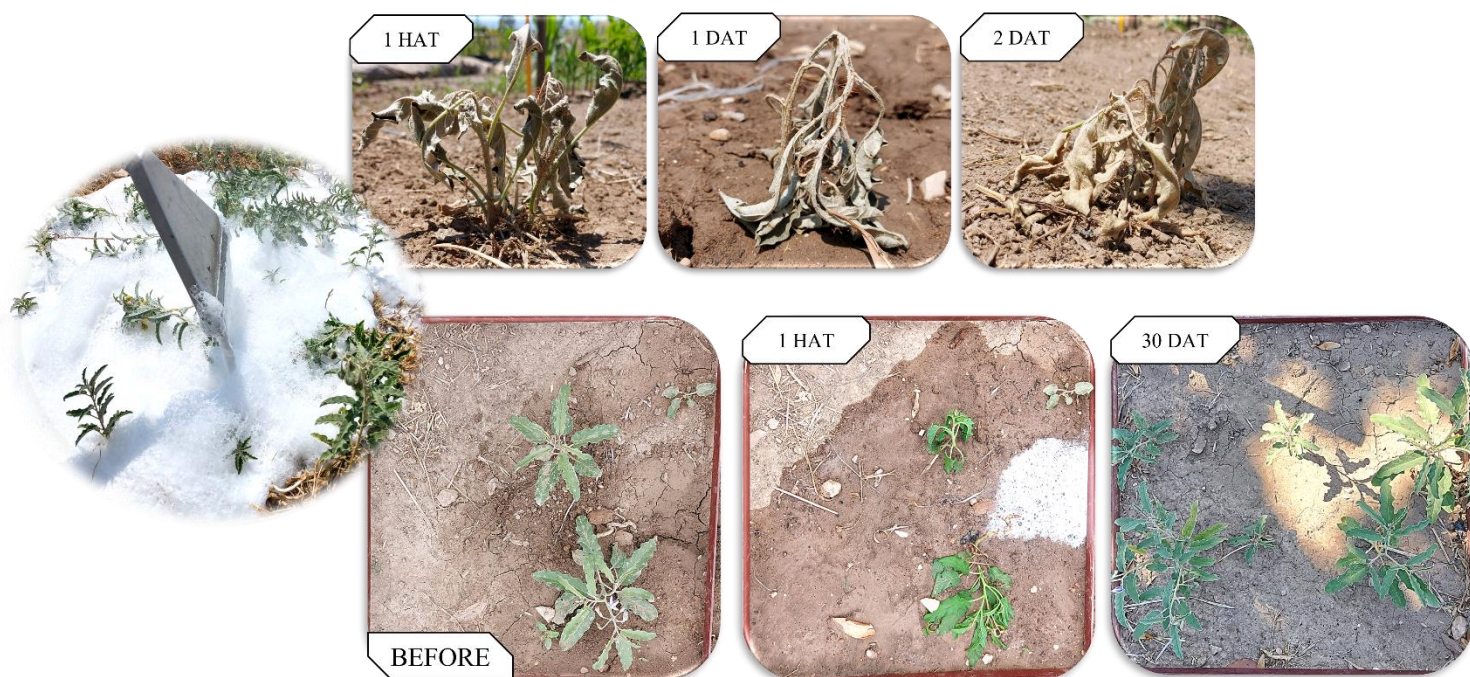
εδαφοκατεργασία το χειμώνα για να μην καταστραφεί ο πληθυσμός των εντόμων στο έδαφος. Τα ζώα κτηνοτροφής θα μπορούσαν να είναι μία εναλλακτική της εξαπόλυσης φυσικών εχθρών εναντίον του *S. elaeagnifolium*, καθώς η συχνή βόσκηση ελαττώνει το δυναμικό του ριζικού συστήματος του ζιζανίου και οδηγεί σε αποφύλλωση και αποφυγή σχηματισμού καρπών (Hawker, 2004). Προσοχή χρειάζεται όμως στη περίπτωση όπου η έντονη βόσκηση οδηγήσει σε διασπορά των πολλαπλασιαστικών οργάνων του ζιζανίου.

Επίσης, προτείνεται η δημιουργία νέων αποτελεσματικών φυσικών ζιζανιοκτόνων που θα έχουν ως βάση φυτοτοξικές ουσίες από εκχυλίσματα φυτικών ειδών, όπως τα φύλλα του ευκαλύπτου (Zhang et al., 2012).

Στην Αυστραλία προτείνεται η τακτική επισκόπηση για νέες προσβολές ως εναλλακτική της εξάλειψης ήδη εγκατεστημένων πληθυσμών όπου επιδιώκεται ο περιορισμός περαιτέρω εξάπλωσης του ζιζανίου (Carter, 1992). Σύμφωνα με τον ίδιο, όταν η προσβολή είναι κάτω από 20 στρέμματα, τότε ο συστηματικός έλεγχος και επισκόπηση του ζιζανίου περιορίζει την εξάπλωση του, ενώ όταν οι προσβολές είναι μεγαλύτερες από 40 στρέμματα τότε η εξάλειψη είναι αδύνατη. Οι αρδευόμενες εκτάσεις θεωρούνται ιδανικό περιβάλλον για την εγκατάσταση και εξάπλωση του *S. elaeagnifolium* και για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται συστηματική καταγραφή της ζιζανιοχλωρίδας σε αυτές (Kriticos et al., 2010). Οι Adjim and Kazi Tani (2018) προτείνουν να γίνεται υποχρεωτικά κομποστοποίηση της κοπριάς ώστε να μην φέρει σπόρους που μπορούν να προκαλέσουν νέες εισβολές.

Η χρήση ζεστού αφρού, όπως αναδείχτηκε από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium* όταν αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στο στάδιο της ανθοφορίας ή λίγο πριν την έναρξη της καρποφορίας. Αυτά τα στάδια συμπίπτουν με τους θερινούς ξηρικούς μήνες για τις συνθήκες της Ελλάδας (Ιούλιο-Αύγουστο). Εάν η εφαρμογή γίνει νωρίτερα τότε θα οδηγήσει σε αποτυχία καθώς θα παρατηρηθούν σύντομα αναβλαστήσεις που προέρχονται από το εκτενές ριζικό σύστημα του ζιζανίου, ενώ αν γίνουν αργότερα ενώ έχουν σχηματιστεί οι καρποί τότε ενδέχεται να επηρεάσει θετικά και το φύτρωμα των σπόρων, κάτι το οποίο δεν έχει αποδειχτεί και χαίρει περαιτέρω έρευνας στο μέλλον. Πιο αναλυτικά η εφαρμογή ζεστού αφρού κατά την έναρξη της ανθοφορίας (Ιούλιος) το 2021 είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση κατά 16% της πυκνότητας των φυτών σε σχέση με τον μάρτυρα, παρόλο που μειώθηκε κατά 2.8 φορές η παραγωγή καρπών, ένα αποτέλεσμα που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη μείωση της σποροπαραγωγικής ικανότητας του ζιζανίου (Εικόνα 89). Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική για την αντιμετώπιση ζιζανίων σε πολυετείς καλλιέργειες (Antonopoulos et al., 2023), ενώ η παρούσα διατριβή έρχεται να αναδείξει την σημαντικότητα της μεθόδου για τη διαχείριση πολυετών ζιζανίων η οποία δεν έχει μελετηθεί εκτενώς παγκοσμίως. Οι εφαρμογές ζεστού αφρού αντιπροσωπεύουν μια νέα ιδέα στον τομέα της θερμικής καταπολέμησης ζιζανίων. Η συνολική αποτελεσματικότητα του ζεστού αφρού ήταν συγκρίσιμη με εκείνη του glyphosate, ενώ ήταν ικανοποιητική σε ένα ευρύ φάσμα πλατύφυλλων ζιζανίων, σύμφωνα με τους Antonopoulos et al. (2022). Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απομονώνει τους φυτικούς ιστούς του ζιζανίου από τον περιβάλλοντα αέρα τη στιγμή της επεξεργασίας και μεταφέρει όλη τη θερμική ενέργεια σε αυτούς αντί να διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Επομένως, τα κρίσιμα διλλήματα που ανακύπτουν για τη χρήση του ζεστού αφρού εναντίον του *S. elaeagnifolium* είναι: (1) η αποτελεσματικότητα σε βάθος χρόνου καθώς οι αναβλαστήσεις είναι βέβαιο ότι θα προκύψουν λόγω του αγενούς πολλαπλασιασμού του ζιζανίου, (2) η κατανάλωση νερού που είναι ιδιαίτερα υψηλή (περίπου 12 λίτρα ανά λεπτό εφαρμογής) και αποτελεί

πρόβλημα σε περιοχές με έλλειψη νερού, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες όπου το ζιζάνιο αναπτύσσεται, και (3) η εφαρμογή του σε γραμμικές αροτραίες ή πολυετείς καλλιέργειες καθώς δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα η μέθοδος ώστε να εφαρμόζεται σε γεωργικές εκτάσεις.



Εικόνα 89: Απεικόνιση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής ζεστού αφρού (hot foam) 1 ώρα (HAT), 1, 2, και 30 ημέρες μετά την εφαρμογή (DAT) σε φυτά *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας κατά την εφαρμογή. Το quadrat που απεικονίζεται πριν την εφαρμογή, 1 ώρα μετά και 30 ώρες μετά είναι το ίδιο ώστε να αναδειχθεί η ικανότητα αναβλάστησης του ζιζανίου μετά την εφαρμογή ζεστού αφρού

Οι ακαλλιέργητες εκτάσεις αποτελούν το ιδανικό περιβάλλον για την ανεμπόδιστη αναπαραγωγή του ζιζανίου και την εξάπλωση των πολλαπλασιαστικών του οργάνων, λειτουργώντας ως τροφοδότης μελλοντικών προσβολών σε παρακείμενους αγρούς και περιοχές. Προσοχή πρέπει να αποδίδεται και στις προσπάθειες αναδάσωσης διότι μπορούν να ευνοήσουν την εγκατάσταση του *S. elaeagnifolium* (Ganatsas et al., 2012). Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και η συνεχής καταπολέμηση των νέων βλαστήσεων του *S. elaeagnifolium* κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο δεν δικαιολογείται λόγω του υψηλού κόστους των εφαρμογών, τη μειωμένη αποτελεσματικότητα λόγω των αναβλαστήσεων και τη περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω της αύξησης των χημικών εισροών και των αερίων του θερμοκηπίου. Ο Klein (2007) υποστηρίζει ότι η εξαπόλυση φυσικών εχθρών του ζιζανίου μπορεί να πραγματοποιηθεί απρόσκοπτα σε μη καλλιεργήσιμες εκτάσεις με σκοπό τον έλεγχο των πληθυσμών του ζιζανίου. Η εκτεταμένη βόσκηση σε αυτές τις περιοχές αποτελεί κρίσιμο σημείο προς συζήτηση διότι έχει αποδειχθεί ότι τα ζώα μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ανάπτυξη του ζιζανίου αλλά μπορούν επίσης να διασπείρουν τους σπόρους του. Οι Adjim and Kazi Tani (2018) προτείνουν την απαγόρευση της βόσκησης σε περιοχές που είναι προσβεβλημένες από το *S. elaeagnifolium*.

Το *S. elaeagnifolium* ανταγωνίζεται ισχυρά ετήσιες καλλιέργειες, όπως το βαμβάκι, η σόγια και ο αραβόσιτος, ενώ οι επιπτώσεις είναι μεγαλύτερες σε καλλιέργειες αργής

πρώτης ανάπτυξης. Στη καλλιέργεια του βαμβακιού προτείνεται η άμεση καταπολέμηση του ζιζανίου σε νεαρό στάδιο, καθώς παράλειψη ή αποτυχία στον έλεγχο του θα οδηγήσει σε ταχεία εξάπλωση του και μείωση των αποδόσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα (Choudhary and Bordovsky, 2006). Το αρδευόμενο βαμβάκι έχει βρεθεί να ανταγωνίζεται καλύτερα το *S. elaeagnifolium* από το ξηρικό (Green et al., 1987). Σε περιοχές όπου η εισβολή του *S. elaeagnifolium* είναι μέτρια ή μεγάλη, προτείνεται η βαθιά άροση (>30 εκ.) και η εισαγωγή της μηδικής με σκοπό την εξάντληση των αποθεμάτων του ριζικού συστήματος του ζιζανίου λόγω των συχνών κοπών της καλλιέργειας και του ανταγωνισμού με το ζιζάνιο (Ameur et al., 2007). Η επιλογή καλλιεργειών με γρήγορη ανάπτυξη ή η επιλογή πυκνής και στενής φύτευσης προσφέρει την απαραίτητη σκίαση και κάλυψη του εδάφους ώστε να περιοριστεί η ανάπτυξη του *S. elaeagnifolium* (Davis et al., 1945). Σε εθνική βάση προτείνεται η δημιουργία οδηγών ορθών πρακτικών που θα παρουσιάζουν τα πλέον αποτελεσματικά ζιζανιοκτόνα για την αντιμετώπιση του *S. elaeagnifolium*, όπως παρουσιάζεται στο Μαρόκο από τον Bouhache (2010).

4.4. Ο ρόλος των Συστημάτων Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων

Τα πειράματα που διεξήχθησαν στη παρούσα διατριβή είχαν ως στόχο τη δημιουργία ενός Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Απόφασης για τη διαχείριση του *S. elaeagnifolium* με χημικά και μηχανικά μέσα. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν στοιχεία της βιολογίας και οικολογίας του ζιζανίου και αξιολογήθηκαν φυσικά, χημικά, καλλιεργητικά και μηχανικά μέσα για την εύρεση του ιδανικού σταδίου, των κατάλληλων συνδυασμών και των βέλτιστων μειωμένων δόσεων ζιζανιοκτόνων για την επιτυχή καταπολέμηση του. Όλη αυτή η προσπάθεια μεταφέρθηκε σε ένα υπάρχον εμπορικό σύστημα από τη Δανία (IPMwise) που έχει αναπτυχθεί από την IPMConsult. Το συγκεκριμένο DSS βρίσκεται σε εμπορική και λειτουργική μορφή στην Ισπανία, τη Γερμανία και τη Νορβηγία όπου σε όλες τις χώρες παραμετροποιήθηκαν οι αλγόριθμοι και τροφοδοτήθηκαν με δεδομένα για την αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων σε μεταβλητές δόσεις και μηχανικών μέσων εναντίον ετήσιων και πολυετών ζιζανίων. Αντίστοιχα, στα πλαίσια της διατριβής πραγματοποιήθηκε η παραμετροποίηση του συστήματος με συμπλήρωση δεδομένων και γνώσης γύρω από την αποτελεσματικότητα διάφορων μεθόδων για τη διαχείριση φυτών *S. elaeagnifolium* που προέρχονται είτε από εγγενή είτε από αγενή πολλαπλασιασμό (<https://ipmwrcgr.azurewebsites.net/>).

Στην παρούσα έκδοση του το σύστημα περιλαμβάνει τη καλλιέργεια της ελιάς με τρία στάδια ανάπτυξης (BBCH 60: άνθηση, BBCH 71: καρπόδεση, BBCH 80: ωρίμανση καρπού), δύο ζιζάνια (*S. elaeagnifolium* από σπόρο και *S. elaeagnifolium* από ρίζες), επτά στάδια ανάπτυξης του ζιζανίου (0-1 φύλλα, 2-3 φύλλα, 4-5 φύλλα, 6-8 φύλλα, >8 φύλλα, άνθηση, καρποφορία), έξι κατηγορίες πυκνότητας στο τετραγωνικό (1/2-1 φυτά/m², 2-10 φυτά/m², 11-50 φυτά/m², 51-150 φυτά/m², 151-300 φυτά/m², 301-600 φυτά/m²) και έντεκα στόχους αποτελεσματικότητας (ολοκληρωμένη διαχείριση, 0%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, και 97%). Το σύστημα δίνει συμβουλές για την αποφυγή ανθεκτικότητας σε συγκεκριμένους μηχανισμούς δράσης ζιζανιοκτόνων που έχουν ενσωματωθεί στη πλατφόρμα. Συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα του διδακτορικού κρίθηκε ότι τα πλέον αποτελεσματικά ζιζανιοκτόνα αποτελούν το συνθετικό ζιζανιοκτόνο επαφής pyraflufen-ethyl (παρεμποδιστής PPO), το φυσικό ζιζανιοκτόνο πελαργονικό οξύ, τα συνθετικά διασυστηματικά ζιζανιοκτόνα MCPA και 2,4-D (συνθετικές αυξίνες), το διασυστηματικό μη-καθολικό ζιζανιοκτόνο glyphosate (παρεμποδιστής EPSPS) και ο συνδυασμός του MCPA με το glyphosate.

Επιπρόσθετα, έχει προστεθεί και η δυνατότητα χορτοκοπής. Η βάση δεδομένων ανανεώνεται συνεχώς και στο μέλλον θα προστεθούν περισσότερα ζιζανιοκτόνα και καλλιέργειες. Οι δόσεις των ζιζανιοκτόνων αφορούν τις δραστικές ουσίες και όχι συγκεκριμένα σκευάσματα, παρότι στο μέλλον αναμένεται να προστεθούν. Επομένως κάθε φορά πρέπει να υπολογίζεται η συγκέντρωση των δραστικών ουσιών στο σκευάσμα πριν την εφαρμογή. Οι τιμές που εισήχθησαν για μία μονάδα δραστικής ουσίας είναι ενδεικτικές και δεν έχουν να κάνουν με συγκεκριμένα σκευάσματα. Οι συμβουλές που εξάγει το σύστημα προκύπτουν μετά από την επιλογή όλων των ανωτέρων επιλογών από λίστες και αφορούν τι εφαρμογή πρέπει να πραγματοποιηθεί και ποιες δόσεις πρέπει να επιλεγθούν αν η βέλτιστη λύση είναι τα ζιζανιοκτόνα (Εικόνες 90-93). Η συμβουλή των δόσεων ή των μεθόδων συνοδεύεται από το κόστος της εφαρμογής. Όπως γίνεται αντιληπτό, η φθηνότερη και πλέον αποτελεσματική λύση για τη διαχείριση φυτών που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό αναμένεται να περιλαμβάνει μεγαλύτερες ποσότητες ζιζανιοκτόνων από τη περίπτωση όπου στο χωράφι βρίσκονται φυτά που προέρχονται από σπόρο. Επίσης, όσο μεγαλύτερο είναι το στάδιο ανάπτυξης τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η δόση του ζιζανιοκτόνου που απαιτείται για υψηλή αποτελεσματικότητα. Στη παρούσα φάση, το σύστημα περιλαμβάνει τέσσερα εργαλεία: [1] το εργαλείο συμβουλευτικής (*consultation tool*) όπου εξάγονται συμβουλές με βάση τις επιλογές που θα δώσει ο χρήστης, [2] το προφίλ (*profile tool*) όπου ο χρήστης μπορεί να λάβει για συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης του ζιζανίου μία λίστα με την αποτελεσματικότητα 5 δόσεων των ζιζανιοκτόνων (1/8, 1/4, 1/2, 1, και 2 φορές η συνιστώμενη δόση), τον στόχο αποτελεσματικότητας για ολοκληρωμένη διαχείριση με βάση τα φυτά ανά τετραγωνικό, και την απαραίτητη δόση με βάση τα φυτά ανά τετραγωνικό, [3] τη σύνοψη (*overview tool*) όπου ο χρήστης λαμβάνει γνώση για την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων στη συνιστώμενη τους δόση και της χορτοκοπής εναντίον συγκεκριμένου σταδίου ανάπτυξης του ζιζανίου, και [4] το εργαλείο μίγματος (*mixture tool*) όπου επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει εκείνος τα ζιζανιοκτόνα και τις δόσεις που θέλει ώστε να δει την αποτελεσματικότητα του μείγματος εναντίον του *S. elaeagnifolium* σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης.

A Consultation			© 2022 - IPM Consult ApS
Crop: Olives	Version (efficacy targets): Intended to be safe	Crop growth stage: 60 Flowering	
Water stress: None	Temperature: 8 °C - 14 °C	Find lowest: Cost (Price)	
Solanum elaeagnifolium (seedlings): 2-3 leaves, 2 - 10 pl/m ² , 86%			
Suggestions	Price (€/ha)	MOA	
> 2,4-D (358 ml)	5.01	O*	
> Pyraflufen-ethyl (10.8 ml)	5.38	Clo	
> Mowing (1 Treatm.)	40		
> MCPA (951 ml)	152.19	O*	
> Glyphosate (1300 ml)	194.95	G	

B Consultation			© 2022 - IPM Consult ApS
Crop: Olives	Version (efficacy targets): Intended to be safe	Crop growth stage: 60 Flowering	
Water stress: None	Temperature: 8 °C - 14 °C	Find lowest: Cost (Price)	
Solanum elaeagnifolium (rhizomes): 2-3 leaves, 2 - 10 pl/m ² , 89%			
Suggestions	Price (€/ha)	MOA	
▼ Glyphosate (1657 ml)	248.6	G	
Tradename	Dose / ha	Max dose / ha	Unit
Glyphosate	1657.322	2700	ml
Price (€/ha)	MOA		
248.6	G		
Weed name	Expected effect (%)	Desired effect (%)	Sufficient effect by IPM (%)
Solanum elaeagnifolium (rhizomes)	88	89	89

Γ Consultation			© 2022 - IPM Consult ApS
Crop: Olives	Version (efficacy targets): Intended to be safe	Crop growth stage: 60 Flowering	
Water stress: None	Temperature: 8 °C - 14 °C	Find lowest: Cost (Price)	
Solanum elaeagnifolium (seedlings): Flowering, 51 - 150 pl/m ² , 93%		Solanum elaeagnifolium (rhizomes): Flowering, 11 - 50 pl/m ² , 92%	
One or more weeds need control > 0% but no known control measures can provide such efficacy. You may try to lower the efficacy targets above. In general, bigger weeds, cold and dry conditions increase the necessary herbicide dose rates.			
If you have excluded some mode of actions above to prevent development of herbicide resistance, the number of measures can also be reduced.			

Εικόνα 90: Σύσταση ζιζανιοκτονίας με χρήση του εργαλείου consultation του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise. Προτάσεις εφαρμογής εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από σπόρο και βρίσκονται στα 2-3 φύλλα και σε πυκνότητα 2-10 φυτά/m² (Α); Πρόταση εφαρμογής εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* που προέρχονται από αγενή πολλαπλασιασμό και βρίσκονται στα 2-3 φύλλα και σε πυκνότητα 2-10 φυτά/m² (Β); Πρόταση ενέργειας στη περίπτωση όπου βρίσκονται ταυτόχρονα στον αγρό φυτά *Solanum elaeagnifolium* και από εγγενή και από αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο της άνθησης και σε πυκνότητα 51-150 φυτά/m² (Γ)

Crop: Olives | Crop growth stage: 60 Flowering | Herbicide: Glyphosate (2700 ml) | Weed size: 4-5 leaves

Show columns: Efficacy of 5 doses Efficacy targets Doses

Buttons: See profile, Print

Profile © 2022 - IPM Consult ApS

Herbicide: Glyphosate (2700 ml) | Crop: Olives | Version (efficacy targets): Intended to be safe
 Crop growth stage: Flowering | Weed size: 4-5 leaves | Water stress: None
 Temperature: 8 °C - 14 °C

Weed species	Efficacy at 5 doses					IPM efficacy targets at pl/m2						Necessary dose at pl/m2					
	1/8	1/4	1/2	1/1	2/1	< 1.	< 10.	< 50.	< 150.	< 300.	< 600.	< 1	< 10	< 50	< 150	< 300	< 600
Solanum elaeagnifolium (rhizomes)	5	27	69	93	98	85	89	92	94	95	97	1903	2182	2497	2812	3028	3713
Solanum elaeagnifolium (seedlings)	8	35	76	95	99	80	86	90	93	95	97	1451	1711	1981	2301	2639	3236

Εικόνα 91: Αποτύπωση του προφίλ του ζιζανιοκτόνου glyphosate εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό με χρήση του εργαλείου profile του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.

Crop: Olives | Weed size: 4-5 leaves | Weed density: 2 - 10 pl/m2 | Relative dose: 1/1 | Effect: Absolute effects (%) | Order: Herbicide Weed name

Show columns: All

My herbicides are OFF. You can modify this setting in: [My herbicides](#)

Buttons: See overview, Print

Overview © 2022 - IPM Consult ApS

Crop: Olives | Version (efficacy targets): Intended to be safe | Weed density: 2 - 10 pl/m2
 Weed size: 4-5 leaves | Water stress: None | Temperature: 8 °C - 14 °C
 Relative dose: 1/1 | Effect: Absolute effects (%)

Herbicide	Growth stage	Dose	Solanum elaeagnifolium (rhizomes)	Solanum elaeagnifolium (seedlings)
2,4-D	60 - 80	600 ml	76	98
Glyphosate	60 - 80	2700 ml	93	95
MCPA	60 - 80	1600 ml	80	90
Mowing	60 - 80	1 Treatm.	70	90
Pelargonic acid	60 - 80	10880 ml	8	32
Pyraflufen-ethyl	60 - 80	21 ml	67	94

Εικόνα 92: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας της χορτοκοπής και ζιζανιοκτόνων στη συνιστώμενη δόση εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο των 4-5 φύλλων με χρήση του εργαλείου overview του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.

Crop Olives **Crop growth stage** 60 Flowering
Weed size 2-3 leaves
Herbicide Glyphosate (2700 ml) **Dose** 1500 **Herbicide** MCPA (1600 ml) **Dose** 800 **Herbicide** ---- Select ---- **Dose** 0 **Herbicide** ---- Select ---- **Dose** 0

Show columns: Tankmix components Efficacy targets

Mixture © 2022 - IPM Consult ApS
 Herbicide: Glyphosate (1500 ml) Herbicide: MCPA (800 ml) Crop: Olives
 Version (efficacy targets): Intended to be safe Crop growth stage: Flowering Weed size: 2-3 leaves
 Water stress: None Temperature: 8 °C - 14 °C

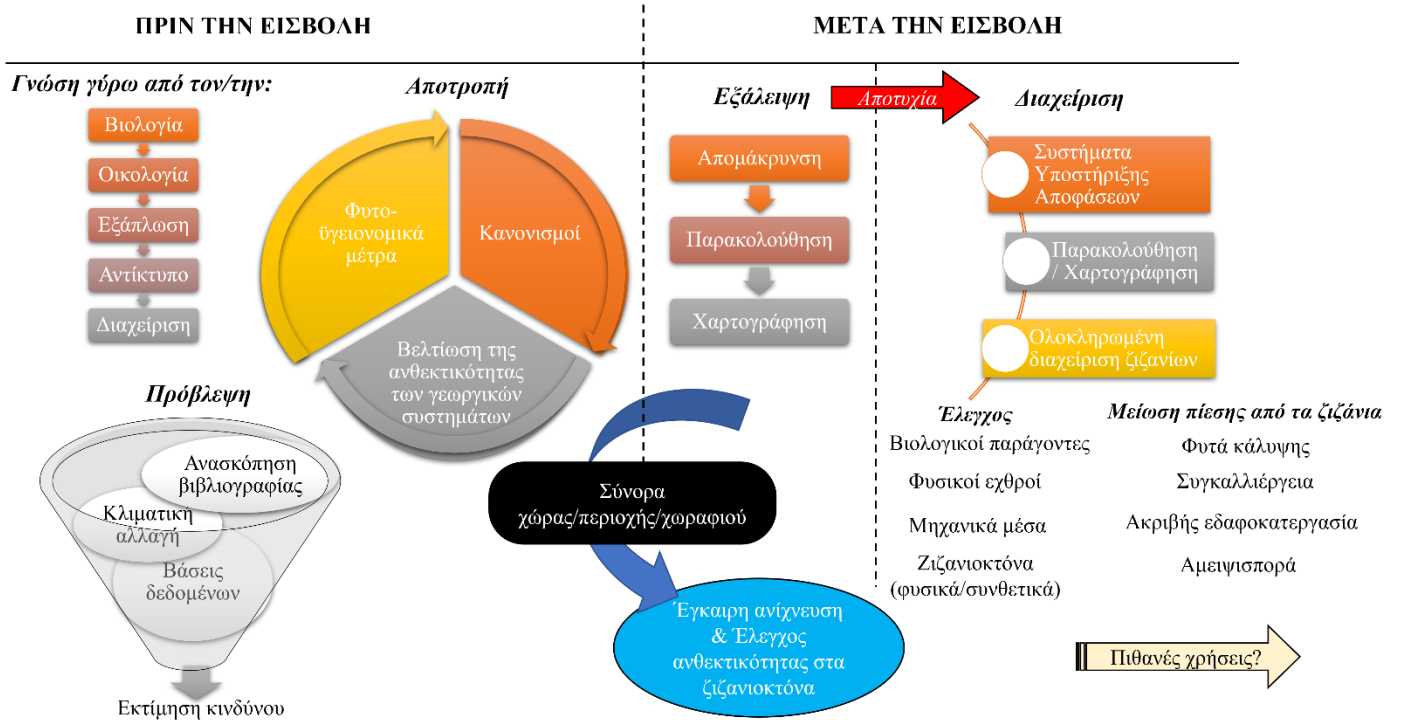
Weed species	Effect			IPM efficacy targets at pl/m2					
	Mixture	Glyphosate	MCPA	< 1	< 10	< 50	< 150	< 300	< 600
Solanum elaeagnifolium (rhizomes)	94	86	66	85	89	92	94	95	97
Solanum elaeagnifolium (seedlings)	96	89	81	80	86	90	93	95	97

Εικόνα 93: Αποτύπωση της αποτελεσματικότητας μείγματος ζιζανιοκτόνων σε μεταβαλλόμενες δόσεις εναντίον φυτών *Solanum elaeagnifolium* προερχόμενα από εγγενή και αγενή πολλαπλασιασμό στο στάδιο των 2-3 φύλλων με χρήση του εργαλείου mixture του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων IPMwise.

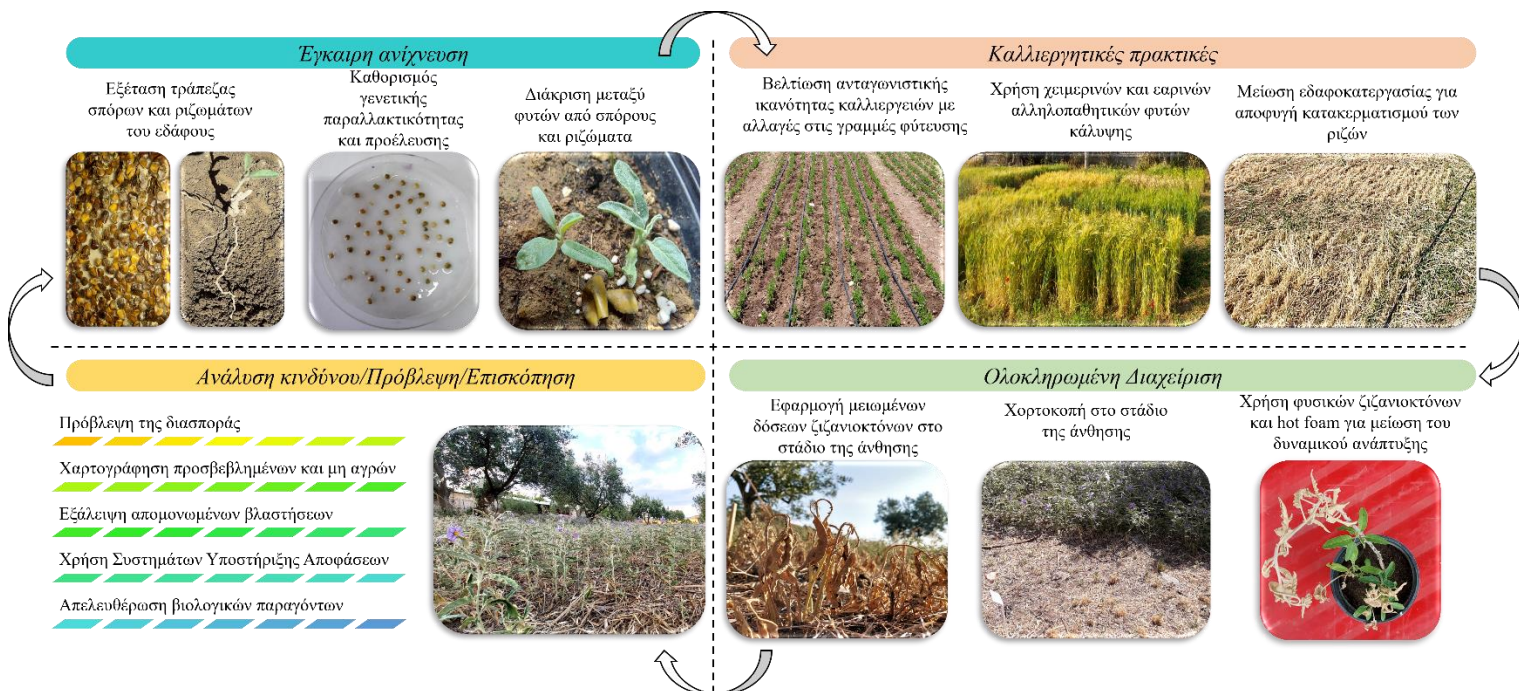
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, η ενασχόληση με την ολοκληρωμένη διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών όπως το *S. elaeagnifolium* παραμένει μία πρόκληση που περιλαμβάνει πολλά βήματα και αποφάσεις πριν την εισβολή και μετά από αυτή. Η ανάπτυξη γνώσης γύρω από την βιολογία, την οικολογία, τη διασπορά, τον αντίκτυπο και τη διαχείριση του ζιζανίου είναι απαραίτητη για την λήψη αποφάσεων που θα οδηγήσουν στην αποφυγή της εισβολής με εφαρμογή φυτουγειονομικών μέτρων, κανονισμών και ενίσχυσης της ανθεκτικότητας των γεωργικών συστημάτων, όπου ταυτόχρονα με την πρόβλεψη της διασποράς του και την εκτίμηση κινδύνου θα υψώσουν ανάχωμα για την εγκατάσταση του σε νέες περιοχές (Εικόνα 94). Αφού καταγραφεί μία νέα εισβολή από το ζιζάνιο, η εξάλειψη του είναι το πρώτο βήμα όπου ακόμα και εάν αποτύχει, πρέπει να υιοθετηθούν διάφορες τεχνικές, μέθοδοι και στρατηγικές για τη διαχείρισή του μακροπρόθεσμα (Εικόνα 95 και 96). Το πόρισμα της παρούσας διατριβής είναι ότι το εισβολικό φυτό *S. elaeagnifolium* θα συνεχίσει να εξαπλώνεται και να κυριαρχεί σε νέους οικοτόπους και γεωργικά συστήματα εφόσον δεν εφαρμοστούν ολοκληρωμένα και αγροοικολογικά μέτρα για τη διαχείριση του σε συνδυασμό με την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών όπως τα Συστήματα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας με το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό κόστος.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή θα συμβάλει στην πληρέστερη γνώση της βιολογίας, της οικολογικής προσαρμοστικότητας και της διασποράς του *S. elaeagnifolium* για τον σχεδιασμό στρατηγικών ολοκληρωμένης διαχείρισης του ζιζανίου σε πολυετείς καλλιέργειες, μέσω της χρήσης του Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων *IPMwise*® το οποίο προσαρμόστηκε με βάση τις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα για να παράσχει συστάσεις ζιζανιοκτονίας για τη διαχείριση του ζιζανίου που προέρχονται από αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμό. Η γνώση της ανταγωνιστικής ικανότητας του ζιζανίου και των επιπτώσεων σε μία σημαντική αροτραία καλλιέργεια όπως η σόγια, προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την αναγνώριση του ζιζανίου ως κύριο εχθρό των ετήσιων ανοιξιάτικων καλλιεργειών γεωργικής σημασίας για την Ελλάδα, όπως ο αραβόσιτος και το βαμβάκι. Η ανάλυση δε πολλών και διαφορετικών χημικών και μη-χημικών μεθόδων, καθώς και συνδυασμών τους, για τη διαχείριση του ζιζανίου αναμένεται να έχει σημαντική συμβολή στη λήψη των αποφάσεων περί της αναγκαιότητας ή μη των επεμβάσεων με συνθετικά ζιζανιοκτόνα, αλλά και του βέλτιστου σταδίου ανάπτυξης του ζιζανίου όπου πρέπει αυτά να εφαρμοστούν ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα με τη ταυτόχρονη μείωση των απαιτούμενων δόσεων και του κόστους.



Εικόνα 94: Ολοκληρωμένη διαχείριση εισβολικών φυτικών ειδών πριν και μετά την εισβολή



Εικόνα 95: Οδηγός διαχείρισης του *Solanum elaeagnifolium*

Οικότοπος	Μέθοδος	<i>S. elaeagnifolium</i> Στάδιο ανάπτυξης	Εποχή	Στόχοι
Αροτραίες καλλιέργειες (αραβόσιτος, βαμβάκι, σόγια, αραχίδα, οπωροκηπευτικά)	<ul style="list-style-type: none"> • Στενή φύτευση • Φυτά κάλυψης • Ανταγωνιστικές ποικιλίες/υβρίδια • Αμειψισπορά • Εφαρμογές ζιζανιοκτόνων σε εντοπισμένες θέσεις 	Λήθαργος, βλάστηση	Νωρίς την άνοιξη	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση πίεσης του ζιζανίου • Μείωση της τράπεζας σπόρων του εδάφους • Αύξηση σκίασης και φυτοκάλυψης • Διευκόλυνση συγκομιδής • Μείωση απωλειών των αποδόσεων
Πολυετείς καλλιέργειες (ελαιώνες, εσπεριδοειδή, αμπελώνες)	<ul style="list-style-type: none"> • Χορτοκοπή • (Αλληλοπαθητικά) φυτά κάλυψης • Καθολικές εφαρμογές ζιζανιοκτόνων 	Πριν ή κατά την διάρκεια της ανθοφορίας	Αργά την άνοιξη έως τα μέσα καλοκαιριού	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτροπή σχηματισμού καρπών και παραγωγής σπόρων • Εξάντληση αποθησαυριστικών ουσιών στις ρίζες • Διευκόλυνση γεωργικών πρακτικών
Πλαϊνά τμήματα αυτοκινητοδρόμων (οδικό δίκτυο)	<ul style="list-style-type: none"> • Χορτοκοπή • Καθολικές εφαρμογές ζιζανιοκτόνων • Απελευθέρωση βιολογικών παραγόντων • Ευρεία σπορά επιθυμητών φυτικών ειδών 	Πριν ή κατά την διάρκεια της ανθοφορίας για τη χορτοκοπή. Από την βλαστητική ανάπτυξη έως την ανθοφορία για αποφυλλωτικούς βιολογικούς παράγοντες	Νωρίς την άνοιξη έως τα τέλη καλοκαιριού	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτροπή σχηματισμού καρπών και παραγωγής σπόρων • Εξάντληση αποθησαυριστικών ουσιών στις ρίζες • Περιορισμός του δυναμικού εξάπλωσης
Λιβαδικές εκτάσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Εντοπισμένη βόσκηση • Απελευθέρωση βιολογικών παραγόντων 	Βλαστητική ανάπτυξη έως ανθοφορία	Νωρίς την άνοιξη έως τα μέσα καλοκαιριού	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτροπή σχηματισμού καρπών και παραγωγής σπόρων • Εξάντληση αποθησαυριστικών ουσιών στις ρίζες • Πλεονέκτημα στην αυτοφυή γλωρίδα
Αστικές περιοχές (πάρκα, παρτέρια, πλαϊνά δρόμων)	<ul style="list-style-type: none"> • Βοτάνισμα • Εφαρμογές φυσικών ζιζανιοκτόνων σε εντοπισμένες θέσεις 	Βλαστητική ανάπτυξη έως καρποφορία	Νωρίς την άνοιξη έως φθινόπωρο	<ul style="list-style-type: none"> • Εξάλειψη περιορισμένων βλαστήσεων
Εγκαταλελειμμένες περιοχές	<ul style="list-style-type: none"> • Καθολικές εφαρμογές ζιζανιοκτόνων • Εντοπισμένη βόσκηση • Απελευθέρωση βιολογικών παραγόντων 	Φυτάριο έως καρποφορία	Νωρίς την άνοιξη έως φθινόπωρο	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση τράπεζας σπόρων εδάφους • Πλεονέκτημα στην αυτοφυή γλωρίδα

Εικόνα 96: Προτεινόμενες μέθοδοι για την ολοκληρωμένη διαχείριση του *Solanum elaeagnifolium* σε διαφορετικά περιβάλλοντα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Ολοκληρωμένη ονομασία	Σύντμηση
<i>Αγγλική</i>	
Analysis Of Variance	ANOVA
Centre for Agriculture and Bioscience International	CABI
European Plant Protection Organization	EPPO
Food and Agriculture Organization	FAO
Quantum yield	Fv/Fm
Growing Degree Days	GDD
Invasive Plant Species	IPS
Integrated Weed Management	IWM
Least Significant Difference	LSD
Temperature	T
Unmanned Aerial Vehicles	UAV
Water Use Efficiency	WUE
<i>Ελληνική</i>	
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών	ΓΠΑ
Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο	ΕΤΣ
Ημέρες από σπορά	ΗΑΣ
Ημέρες από εφαρμογή	ΗΑΕ
Ημέρες από φύτευμα	ΗΑΦ
Ημέρες από ανάδυση	ΗΑΑ
Σχέδιο Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων	ΤΠΟ

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-ElGawad, A. M., El Gendy, A. E. N. G., Assaeed, A. M., Al-Rowaily, S. L., Alharthi, A. S., Mohamed, T. A., Nassar, M. I., Dewir, Y. H., & Elshamy, A. I. (2021). Phytotoxic effects of plant essential oils: A systematic review and structure-activity relationship based on chemometric analyses. *Plants*, 10(1), 36. <https://dx.doi.org/10.3390/plants10010036>
- Abernathy, J.R., and Keeling, J.W. (1979). Silverleaf nightshade control in cotton with glyphosate. *In Proceedings of Southern Weed Science Society*, 32, 380.
- Adamski, D., & Brown, J. W. (2002). A new species of Frumenta Busck (Lepidoptera: Gelechiidae: Gnorimoschemini) from México: a potential biocontrol agent against *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 104(4), 1029-1035.
- Adjim, Z., & Kazi Tani, C. (2015). Some effects of temperature on germination of *Solanum elaeagnifolium* Cav., an invasive weed in Algeria. *Glob. J. Agric. & Agric. Sc*, 3, 236-238.
- Adjim, Z., & Kazi Tani, C. (2018). L'infestation par *Solanum elaeagnifolium* menace l'Algérie. *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 73, 4, 569-581.
- Albarni, N.M.I., Al-Mouemar, A., & Ibrahim, G. (2012). The allelopathic effect of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) extracts on germination and seedling growth of wheat. *Tishreen University Journal-Biological Sciences Series*, 34(4).
- Al-Hamaideh, K. D., Dmour, I., El-Elimat, T., & Afifi, F. U. (2020). UPLC-MS profile and anti-proliferative activity of the berries of an aggressive wild-growing weed: *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae). *Tropical Journal of Natural Product Research*, 4(12), 1131-1138. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v4i12.16>
- Ali, M., Yar, P., Salman Khan, S. M., Hussain, W., Hussain, K., Hussain, G., ... & Bussmann, R. W. (2022). Land use and land cover modification and its impact on biodiversity and the ecosystem services in District Kurram, Pakistan. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*, 21(3), 365-388.
- Almeida, J. D., & Freitas, H. (2006). Exotic naturalized flora of continental Portugal-A reassessment. *Botanica complutensis*, 30, 117.
- Amer, W. M. (2021). The Worst Invasive Species to Egypt. In *Invasive Alien Species: Observations and Issues from Around the World*, 1, 112-138.
- Amer, W.M., Abouwarda, A.M., El Garf, I.A., Dawoud, G.T.M., & Abdelmohsen, G. (2013). Phytochemical composition of *Solanum elaeagnifolium* Cav. and its antimicrobial activity. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied sciences*, 2(6), pp. 1282-1306.
- Ameur, A., Baye, Y., Bouhache, M., & Taleb, A. (2007). Review of control methods against silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Morocco. *EPPO Bulletin*, 37(1), 137-144.
- Andrieu, F., Coste, J-M., & Delaumone, P. (2017). Troisième contribution à la flore de l'Hérault. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire naturelle de l'Hérault*, 156, p.7.
- Ansong, M., & Pickering, C. (2013). Are weeds hitchhiking a ride on your car? A systematic review of seed dispersal on cars. *PLoS One*, 8(11), e80275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080275>
- Antonopoulos, N., Kanatas, P., Gazoulis, I., Tataridas, A., Ntovakos, D., Ntaoulis, V. N., ... & Travlos, I. (2023). Hot foam: Evaluation of a new, non-chemical weed control option in perennial crops. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100063>
- Arabsalmani, M., Farahani, E., & Saeedi, H. R. (2014). Introduction and identification of *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles in cotton farms. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 2(1), 35-54. <https://doi.org/10.22092/ijcr.2014.100643>
- Arianoutsou, M., Bazos, I., Delipetrou, P., & Kokkoris, Y. (2010). The alien flora of Greece: taxonomy, life traits and habitat preferences. *Biological Invasions*, 12(10), 3525-3549. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9749-0>
- Aydi Ben Abdallah, R., Jabnoun-Khiareddine, H., Nefzi, A., Mokni-Tlili, S., & Daami-Remadi, M. (2016). Biocontrol of Fusarium wilt and growth promotion of tomato plants using

- endophytic bacteria isolated from *Solanum elaeagnifolium* stems. *Journal of Phytopathology*, 164(10), 811-824. <https://doi.org/10.1111/jph.12501>
- Aymeni, A. (1996). Notes breus (fauna). *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 64:73-80.
- Badawy, A., Zayed, R., Ahmed, S., & Hassanean, H. (2013). Phytochemical and pharmacological studies of *Solanum elaeagnifolium* growing in Egypt. *Journal of Natural Products*, 6, 156-167.
- Baig, T. H., Garcia, A. E., Tiemann, K. J., & Gardea-Torresdey, J. L. (1999, May). Adsorption of heavy metal ions by the biomass of *Solanum elaeagnifolium* (Silverleaf night-shade). In *Proceedings of the 1999 conference on Hazardous Waste Research* (Vol. 131).
- Baker, D. C., Keeler, R. F., & Gaffield, W. (1989). Pathology in hamsters administered *Solanum* plant species that contain steroidal alkaloids. *Toxicon*, 27(12), 1331-1337.
- Bakkour, F., El-Meamar, A., & Z. El-Naser, Z. (2021). Effect of spraying glyphosate herbicide on *Solanum elaeagnifolium* in uncultivated fields and on physicochemical and biological soil characteristics. *Arab Journal of Plant Protection*, 39(4): 296-308. <https://doi.org/10.22268/AJPP-39.4.296308>
- Balah, M. A. (2020). Weed control ability of Egyptian Natural Products against annual, perennial and parasitic weeds. *Acta Ecologica Sinica* 40, 492-499. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2020.10.005>
- Balah, M. A., & AbdelRazek, G. M. (2020). Pesticidal activity of *Solanum elaeagnifolium* Cav. Leaves against nematodes and perennial weeds. *Acta Ecologica Sinica*, 40(5), 373-379.
- Balah, M. A., Hassany, W. M., & Kobici, A. A. (2022). Allelopathy of invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav.: an investigation in germination, growth and soil properties. *Journal of Plant Protection Research*. <https://doi.org/10.24425/jppr.2022.140297>
- Balah, M. A., Hassany, W. M., & Mousa, E. A. (2021). Response of invasive *Solanum elaeagnifolium* Cav. seed germination and growth to different conditions and environmental factors. *Biologia*, 76(5), 1409-1418. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00736-7>
- Balavivekananthan, S., Xavier, T. F., Kumar, S. S., & Sabitha, R. (2021). Antibacterial activity of *Solanum elaeagnifolium* Cav. stem and leaf extract against human pathogenic bacteria. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(3), 1339-1345. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2021.00238.9>
- Baldé, A. (2013). Relatório Detecção de Tuta Absoluta (Myerick, 1917) em Cabo Verde. <http://www.portaldocohecimento.gov.cv/handle/10961/3693>
- Barwant, M., Ugale, Y., Ghotekar, S., Basnet, P., Nguyen, V. H., Pansambal, S., ... & Karande, V. (2021). Plant-Mediated Biological Synthesis of Ag-Ago-Ag₂O Nanocomposites Using Leaf Extracts of *Solanum Elaeagnifolium* for Antioxidant, Anticancer, and DNA Cleavage Activities. *Research Square*. [10.21203/rs.3.rs-973781/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-973781/v1)
- Baumann, P.A., Janak, T.W., Matocha, M.E., & Castner, E.P. (2012). performance of aminocyclopyrachlor for pernicious weed and brush management in Texas pastures and rangeland. In *Proceedings of Weed Science Society of America*, 318.
- Baye (2007). Influence of certain factors on *Solanum elaeagnifolium* Cav. control by glyphosate and amitrole. *EPPO Bulletin*, 37(1), 153-155. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01097.x>
- Baye, Y., & Bouhache, M. (2007). Etude de la compétition entre la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) et le maïs de printemps (*Zea mays* L.). *EPPO Bulletin*, 37(1), 129-131.
- Baye, Y., Ameer, A., Bouhache, M., & Taleb, A. (2007). Strategy for the chemical control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Morocco. *EPPO Bulletin*, 37(1), 145-152. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01092.x>
- Bellue, M.K., Britton, E.A. & Fueller, T.C. (1959). Weed Seed Handbook. *Spec. Publ. Calif. Dep. Agric.*, 275, p. 70.
- Ben-Ghabrit, S., Bouhache, M., Birouk, A., & Bon, M.C. (2016). Historique et caractérisation de l'invasion de la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.# SOLEL) au Maroc. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, 10, 37-56.
- Ben-Ghabrit, S., Bouhache, M., birouk, A., & Bon, M.C. (2019). Macromorphological variation of the invasive Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) and its relation to

- climate and altitude in Morocco. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(2), 243-251.
- Black, R., & Bartlett, D.M. (2020). Biosecurity frameworks for cross-border movement of invasive alien species. *Environ Sci Policy* 105:113-119 doi.org/10.1016/j.envsci.2019.12.011
- Bodansky, A. (1916). The chymase of *Solanum elaeagnifolium*. *Journal of Biological Chemistry*, 27(1), 103-105.
- Bothma, A. (2006). *Allelopathic potential of silverleaf nightshade (Solanum elaeagnifolium Cav.)* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Bouhache, M. & Gbehounou, G. (2013) Current situation of *Solanum elaeagnifolium* Cav. invasion in the Near East (Iraq, Jordan, Lebanon and Syria). Abstract of a paper presented at the 1st Mediterranean Workshop on *Solanum elaeagnifolium* (Thessaloniki, GR, 2013-06-04/06).
- Bouhache, M. & Gbehounou, G. (2014). Current situation of *Solanum elaeagnifolium* Cav. invasion in Near-East countries (Iraq, Jordan, Lebanon and Syria). *Revue Marocaine de Protection des Plantes* 6, 29-36.
- Bouhache, M. (2010). *Solanum elaeagnifolium* Cav.: a threat to agriculture and environment in Mediterranean region. *Moroccan Journal of Plant Protection*, 1, 1-11.
- Bouhache, M., Boulet, C., & Mounir, H. (1993). Lutte chimique contre *Solanum elaeagnifolium* Cav. dans les zones non cultivées. *Al Awamia*, 83, 139-152.
- Boukhris-Bouhachem, S., Hulle, M., Rouzé-Jouan, J., Glais, L., & Kerlan, C. (2007). *Solanum elaeagnifolium*, a potential source of Potato virus Y (PVY) propagation. *EPPO bulletin*, 37(1), 125-128. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01095.x>
- Boussetta, A., Benhamou, A. A., Barba, F. J., Idrissi, M. E., Grimi, N., & Moubarik, A. (2021). Valorization of *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles Weeds as a New Lignocellulosic Source for the Formulation of Lignin-Urea-Formaldehyde Wood Adhesive. *The Journal of Adhesion*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/00218464.2021.1999232>
- Boyd, J. W., & Murray, D. S. (1982a). Effects of shade on silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). *Weed Science*, 30(3), 264-269.
- Boyd, J. W., & Murray, D. S. (1982b). Growth and development of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). *Weed Science*, 30(3), 238-243.
- Boyd, J. W., Murray, D. S., & Tyrll, R. J. (1984). Silverleaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, origin, distribution, and relation to man. *Economic botany*, 38(2), 210-217.
- Branquart E, Brundu G, Buholzer S, Chapman D, Ehret P, Fried G, Starfinger U, van Valkenburg J and Tanner R, A prioritization process for invasive alien plant species incorporating the requirements of EU Regulation no. 1143/2014. *EPPO Bulletin* 46:603-617 (2016). doi.org/10.1111/epp.12336
- Brunel, S. (2011). Pest risk analysis for *Solanum elaeagnifolium* and international management measures proposed. *EPPO bulletin*, 41(2), 232-242.
- Brunel, S., Brundu, G., & Fried, G. (2013). Eradication and control of invasive alien plants in the Mediterranean Basin: towards better coordination to enhance existing initiatives. *EPPO Bulletin*, 43(2), 290-308. <https://doi.org/10.1111/epp.12041>
- Brunel, S., Schrader, G., Brundu, G., and Fried, G. (2010). Emerging invasive alien plants for the Mediterranean Basin. *EPPO bulletin* 40:219-238 doi.org/10.1111/j.1365-2338.2010.02378.x
- Bryson, C. T., Reddy, K. N., & Byrd, J. D. (2012). Growth, development, and morphological differences among native and nonnative prickly nightshades (*Solanum* spp.) of the southeastern United States. *Invasive Plant Science and Management*, 5(3), 341-352. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-11-00062.1>
- Buchmann, S. L., & Cane, J. H. (1989). Bees assess pollen returns while sonicating *Solanum* flowers. *Oecologia*, 81(3), 289-294.
- Burrows, G. E., White, R. G., Harper, J. D., Heady, R. D., Stanton, R. A., Zhu, X., Hu, W., & Lemerle, D. (2013). Intrusive trichome bases in the leaves of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*; Solanaceae) do not facilitate fluorescent tracer uptake. *American Journal of Botany*, 100(12), 2307-2317.

- Carter, R.J. (1992). Co-ordinated control of silverleaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, reduces its spread rate. In *Proceedings of the 1st International Weed Control Congress*, 2, 109-12. (Monash University, Melbourne, Australia).
- Casasayas i Fornell, T. (1989). La flora al·lòctona de Catalunya. Catàleg raonat de les plantes vasculares exòtiques que creixen sense cultiu al NE de la Península Ibèrica. pp. 63
- Catt, M.J. (1970). The distribution and control. of silver-leafed nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) in South Australia. In *the Proceedings of the 4th Australian Weeds Conference, Hobart, Tasmania*, 355-356.
- Chafik, Z., Bouhache, M., Berrichi, A., & Taleb, A. (2013). Etat de l'Infestation par la Morelle Jaune *Solanum elaeagnifolium* (Cav.) dans la région orientale du Maroc. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, (4), 59-66.
- Chamberlain, S., Barve, V., Mcglinn, D., Oldoni, D., Desmet, P., Geffert L, et al. (2021). rgbif: interface to the global biodiversity information facility API. R package version 3.5.2, 7.
- Chavana, J., Singh, S., Vazquez, A., Christoffersen, B., Racelis, A., & Kariyat, R. R. (2021). Local adaptation to continuous mowing makes the noxious weed *Solanum elaeagnifolium* a superweed candidate by improving fitness and defense traits. *Scientific reports*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85789-z>
- Chávez-Garay, D. R., Gutiérrez-Méndez, N., Valenzuela-Soto, M. E., & García-Triana, A. (2016). Partial characterization of a plant coagulant obtained from the berries of *Solanum elaeagnifolium*. *CyTA-Journal of Food*, 14(2), 200-205. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2015.1080763>
- Chiarini, F. E. (2014). Variation in rDNA loci of polyploid *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae). *New Zealand Journal of Botany*, 52(3), 277-284. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2014.888087>
- Chiarini, F. E., Scaldaferrro, M. A., Bernardello, G., & Acosta, M. C. (2018). Cryptic genetic diversity in *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae) from South America. *Australian Journal of Botany*, 66(7), 531-540. <https://doi.org/10.1071/BT17245>
- Chou, Y. F., Cox, R. D., & Wester, D. B. (2012). Smoke water and heat shock influence germination of shortgrass prairie species. *Rangeland Ecology & Management*, 65(3), 260-267. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00093.1>
- Choudhary, M., & Bordovsky, D. G. (2006). Timing of glyphosate application on control of silverleaf nightshade and glyphosate-resistant cotton yield. *Weed technology*, 20(1), 198-203. <http://dx.doi.org/10.1614/WT-04-132R2.1>
- 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>
- Cirujeda, A., Pardo, G., Anzalone, A., Leon, M., Fernández-Cavada, S., Ochoa, M. J., & Zaragoza, C. (2005). Presencia de *Solanum elaeagnifoolium* cav. en el norte de España. In *Malherbología ibérica y magrebi: soluciones comunes a problemas comunes* (pp. 195-200). Universidad de Huelva.
- Clements, D.R., & Jones, V.L. (2021). Rapid evolution of invasive weeds under climate change: present evidence and future research needs. *Front Agron* 3:664034. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.664034>
- Cockerell, T. D. A. (1898). The Diverse Floras of the Rocky Mountain Region. *Science*, 7(175), 625-627.
- Contreras-Cisneros, A. J., Mata-González, R., Trejo-Calzada, R., Pedroza-Sandoval, A., Prado-Tarango, D., & Abdallah, M. A. (2022). Carbon and nitrogen stocks through time in abandoned croplands of the Comarca Lagunera, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 327, 107828. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107828>
- Cooley, A. W. and D. T. Smith. 1973. Silverleaf nightshade (whiteweed) establishment from seed and clipped seedlings. *Weed and Herbicide Research in West Texas*. Texas Agric. Exp. Stn. Prog. Rep. 3197-3209. pp. 6-8.

- Corteva Agriscience (2021). Weed Identification Guide. <https://www.flipsnack.com/pastureandlandmanagement/corteva-range-pasture-weed-id-guide/full-view.html>
- Cosa, M. T., Bruno, G., & Dottori, N. (1998). Anatomía de los órganos vegetativos en *Solanum juvenale* y su comparación con *S. elaeagnifolium* (Solanaceae). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 69(1), 9-22.
- Cossu, T.A., Lozano, V., Stuppy, W., and Brundu, G. (2020). Seed contaminants: an overlooked pathway for the introduction of non-native plants in Sardinia (Italy). *Plant Biosyst* 154:843-850 <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1701123>
- Cuthbertson, E. G. (1976). Morphology of the underground parts of silverleaf nightshade. *Proceedings of the Fifth Australian Weeds Conference*, pp. 90-91.
- Dana, E. D., Sanz-Elorza, M., & Sobrino, E. (2001). Plant Invaders in Spain [Check-List]. *Lazaroa*, 22, 12.
- Davis, C. H., Smith, T. J., & Hawkins, R. S. (1945). Eradication of white horse nettle in Southern Arizona. *Agricultural Experiment Station, University of Arizona, Tucson, Bulletin.*, 195, 1-14.
- Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2014). Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant physiology*, 166(3), 1090-1105. <https://doi.org/10.1104/pp.114.239061>
- Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 17(12), 4022-4034. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046>
- De Beer, H. (1985). Silverleaf bitter apple causes concern. *Farming in South Africa, Weeds*, A, 6, 1-4.
- de Leon, R. P., Morelli, E., & Wainer, P. G. (1993). Observaciones de campo sobre la biología de *Metrona elatior* (Col.: Chrysomelidae) en *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae) del Uruguay. *Entomophaga*, 38(4), 461-464.
- del Carmen Martínez-Ruiz, E., Guillen-Muñoz, J. M., Ángel-García, O., Carrillo-Moreno, D. I., de Santiago, M. D. L. A., Contreras-Villarreal, V., Francisco Gerardo Véliz-Deras & Alemán, L. G. (2022). Effect of grazing frequency of goats on the suppression of three species of plants in the rangeland. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), e3081. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3081>
- del Rocío Martínez-Ruiz, N., Enriquez, S. F., Vázquez-Nájera, R. E., & López-Díaz, J. A. (2013). Microbiological quality of asadero cheese manufactured with a plant based coagulant from *Solanum elaeagnifolium*. *Food and Nutrition Sciences*, 2013, 4, 75-81. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.47A009>
- Dellow, J.J. (1993). Distribution of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) in the sheep/wheat belt of New South Wales. *In the Proceedings of the 10th Australian Weeds Conference/ 14th Asian-Pacific Weed Science Society*, 131.
- Dimitrakopoulos, P. G., Koukoulas, S., Michelaki, C., & Galanidis, A. (2022). Anthropogenic and environmental determinants of alien plant species spatial distribution on an island scale. *Science of The Total Environment*, 805, 150314. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150314>
- Dotray, P.A., and Keeling, J.W. (1996). Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) control in cotton with glyphosate at reduced rates. *Texas journal of agriculture and natural resources*, 9, 33-41.
- DPI (2010). *Solanum elaeagnifolium*, Regionally Prohibited Weeds Information Sheet. Department of Primary Industries, Landscape Protection Portfolio, February 2010.
- Dyrmann M, Mortensen AK, Linneberg L, Høye TT and Bjerger K, Camera assisted roadside monitoring for invasive alien plant species using Deep Learning. *Sensors* 21:6126 (2021). <https://doi.org/10.3390/s21186126>
- Echeverría-Londoño, S. (2017). *Diversification patterns of Solanum L. (Solanaceae), plant macroecology and responses to land-use change* (Doctoral dissertation, Imperial College London). pp. 75.

- Elabbar, F. A., Bozkeha, N. M., & El-Tuonsia, A. T. (2014). Extraction, separation and identification of compounds from leaves of *Solanum elaeagnifolium* Cav.(Solanaceae). *International Current Pharmaceutical Journal*, 3(3), 234-239.
- Eleftherohorinos, I. G., Bell, C. E., & Kotoula-Syka, E. (1993). Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) control with foliar herbicides. *Weed technology*, 7(4), 808-811.
- Ensbe, R., 2009. Noxious and environmental weed control handbook, a guide to weed control in non-crop, aquatic and bushland situations, fourth ed. Department of Industry and Investment, Orange, NSW, p. 71.
- EPPO (2012). *Solanum elaeagnifolium* found in a vineyard in France. *EPPO Reporting Service no. 02*, 2012/041 (<https://gd.eppo.int/reporting/article-1868>)
- EPPO. (2006). Pest Risk Analysis for *Solanum Elaeagnifolium* (Cav.). 06-17702
- Esquivel, J. F., & Esquivel, S. V. (2009). Identification of cotton fleahopper (Hemiptera: Miridae) host plants in central Texas and compendium of reported hosts in the United States. *Environmental entomology*, 38(3), 766-780.
- Faulkner, K. T., Robertson, M. P., Rouget, M., & Wilson, J. R. (2014). A simple, rapid methodology for developing invasive species watch lists. *Biological Conservation*, 179, 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.014>
- Feki, H., Koubaa, I., & Damak, M. (2014). Secondary metabolites and antioxidant activity of seed extracts from *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Mediterranean journal of chemistry*, 2(5), 639-647. <http://dx.doi.org/10.13171/mjc.2014.05.01.22>
- Feki, H., Koubaa, I., Jaber, H., Makni, J., & Damak, M. (2013). Characteristics and chemical composition of *Solanum elaeagnifolium* seed oil. *J. Eng. Appl. Sci.(Asian Res. Publ. Netw.)*, 8(9), 708-12.
- Feuerherdt, L. (2010). Management plan for silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) in South Australia. *Government of South Australia: NRM Biosecurity*.
- Field, R. P., Kwong, R. M., & Sagliocco, J. L. (2009). Host specificity of *Ditylenchus phyllobius*, a potential biological control agent of silver-leaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia. *Plant Protection Quarterly*, 24(4), 141-145.
- Flora of Israel Online, *Solanum elaeagnifolium* Cav. Available at <https://flora.org.il/en/plants/SOLELA/>
- Follak, S., Eberius, M., Essl, F., Fördös, A., Sedlacek, N., and Trognitz, F. (2018). Invasive alien plants along roadsides in Europe. *EPPO Bulletin* 48:256-265 doi.org/10.1111/epp.12465
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (2011). *Iraq and Syria Under Attack from Devastating Alien Weed: Silverleaf Nightshade Takes Root in Lebanon and Jordan too*. Working Sheet 24-05-2011. Available at <https://www.fao.org/news/story/en/item/75333/icode/>
- Ford, A. J., Dotray, P. A., Keeling, J. W., Wilkerson, J. B., Wilcut, J. W., & Gilbert, L. V. (2011). Site-specific weed management in cotton using WebHADSS™. *Weed Technology*, 25(1), 107-112. <https://doi.org/10.1614/WT-D-10-00060.1>
- Formozis, G., Tsakalimi, M., & Ganatsas, P. (2021). Are Mediterranean forest ecosystems under the threat of invasive species *Solanum elaeagnifolium*?. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 14(3), 236. <https://doi.org/10.3832/ifor3706-014>
- Fried, G. (2011). Note d'alerte initiale sur *Solanum elaeagnifolium*. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Laboratoire de la santé des végétaux. Unité Expertise Risques Biologiques. LSV_MO_2011_026. 3 pp.
- Ganatsas, P., Tsitsoni, T., Tsakalimi, M., & Zagas, T. (2012). Reforestation of degraded Kermes oak shrublands with planted pines: effects on vegetation cover, species diversity and community structure. *New forests*, 43(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9262-z>
- García-Forteza, E., Gramazio, P., Vilanova, S., Fita, A., Mangino, G., Villanueva, G., ... & Plazas, M. (2019). First successful backcrossing towards eggplant (*Solanum melongena*) of a New World species, the silverleaf nightshade (*S. elaeagnifolium*), and characterization of interspecific hybrids and backcrosses. *Scientia Horticulturae*, 246, 563-573. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.018>

- Gaži-Baskova, V. & Šegulja, N. 1978: Nove vrste roda *Solanum* (Solanaceae) u flori Jugoslavije. *Biosistematika* 4 (1): 67-74. Beograd.
- Gervilla C, Rita J and Cursach J, Contaminant seeds in imported crop seed lots: a non-negligible human-mediated pathway for introduction of plant species to islands. *Weed Res* 59:245-253 (2019). <https://doi.org/10.1111/wre.12362>
- Gioria, M., Le Roux, J.J., Hirsch, H., Moravcová, L., and Pyšek, P. (2019). Characteristics of the soil seed bank of invasive and non-invasive plants in their native and alien distribution range. *Biol Invasions* 21:2313-2332 <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01978-y>
- Gitsopoulos T.K., Damalas, C.A., & Georgoulas, I. (2015). A first approach of chemical control of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) with the herbicide tembotrione. In: Proceedings of EWRS Workshop 'Optimizing herbicide use in an integrated weed management (IWM) context'. Heraklion, Crete: 2015. p.32.
- Gitsopoulos, T. K., Damalas, C. A., & Georgoulas, I. (2017). Chemical options for the control of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). *Planta Daninha*, 35. e017162035. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100064>
- Gmira, N., Douira, A., & Bouhache, M. (1998). Ecological grouping of *Solanum elaeagnifolium*: a principal weed in the irrigated Tadla plain (central Morocco). *Weed Research*, 38, 87-94.
- Goeden, R. D. (1971). Insect ecology of silverleaf nightshade. *Weed science*, 19(1), 45-51.
- Gómez, E.M., Ramírez Suárez, A., Cuevas Ojeda, J., & Martínez Gómez, D. (2016). Identification and phylogenetic analysis of the leaf-galling nematode *Orrina phyllobia* affecting *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Guanajuato, Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(2), 184-199. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1601-2>
- González-González, R. M., Barragán-Mendoza, L., Peraza-Campos, A. L., Muñoz-Valencia, R., Ceballos-Magaña, S. G., & Parra-Delgado, H. (2019). Validation of an HPLC-DAD method for the determination of plant phenolics. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29, 689-693. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2019.06.002>
- Gopurenko, D., Wang, A., Zhu, X., Lepschi, B. J., & Wu, H. (2014). Origins and diversity of exotic silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) present in Australia as determined by sequence analysis of a chloroplast intergenic spacer region. In *19th Australasian Weeds Conference. Hobart, TAS, Australia: Tasmanian Weed Society* (pp. 392-395).
- Green, J. D., Murray, D. S., & Stone, J. F. (1988). Soil water relations of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science*, 36(6), 740-746.
- Green, J. D., Murray, D. S., & Verhalen, L. M. (1987). Full-season interference of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science*, 35(6), 813-818.
- Grichar, W. J., & Dotray, P. A. (2015). Influence of spray tip and spray volume on the efficacy of imazapic and imazethapyr on selected weed species. *Journal of Experimental Agriculture International*, 75-86. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/17209>
- Gutiérrez-Méndez, N., Balderrama-Carmona, A., García-Sandoval, S. E., Ramírez-Vigil, P., Leal-Ramos, M. Y., & García-Triana, A. (2019). Proteolysis and rheological properties of cream cheese made with a plant-derived coagulant from *Solanum elaeagnifolium*. *Foods*, 8(2), 44. <https://doi.org/10.3390/foods8020044>
- Hackett, N. M., Murray, D. S., & Weeks, D. L. (1987). Interference of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) on Spanish peanuts (*Arachis hypogaea*). *Peanut Science*, 14(1), 39-41.
- Hadžiblahović S., Karaman V. & Bulić, Z. (2004). *Solanum eleagnifolium* Cav. - a new neotophyt in the flora of Montenegro. *Proceedings of the 2nd Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation*, 25-29. 10. 2003, Ohrid. Special issues of Macedonian Ecological Society, Vol. 6, Skopje.
- Haidar, M. & Sabra, A. (2015). *Solanum elaeagnifolium*: A new invasive weed in Lebanon. *CIHEAM Watch Letter no 33*, June 2015.

- Hamouda, A. B., Chaieb, I., Zarrad, K., & Laarif, A. (2015a). Insecticidal activity of methanolic extract of silverleaf nightshade against *tribolium castaneum*. *International Journal of Entomological Research*, 3(1), 23-28.
- Hamouda, A. B., Zarrad, K., Laarif, A., & Chaieb, I. (2015b). Insecticidal effect of *Solanum elaeagnifolium* extracts under laboratory conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(3), 187-190.
- Hamouda, A.B., Ikbal, C., Ghofrane, J., & Asma, L. (2014). 1st Africa-International Allelopathy Congress in Sousse-Tunisia, on February 6-9. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18908.49287>
- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M. S., Rosli, A. M., & Hamdan, H. (2021). Bioherbicides: an eco-friendly tool for sustainable weed management. *Plants*, 10(6), 1212. <https://doi.org/10.3390/plants10061212>
- Hawas, U. W., Soliman, G. M., Abou El-Kassem, L. T., Farrag, A. R. H., Mahmoud, K., & León, F. (2013). A new flavonoid C-glycoside from *Solanum elaeagnifolium* with hepatoprotective and curative activities against paracetamol-induced liver injury in mice. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 68(1-2), 19-28.
- Hawker, V. (2004). Controlling silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), a deep-rooted perennial weed, with herbicides and grazing. In *Proceedings of the 14th Australian Weeds Conference*, 267.
- Hawker, V., Preston, C., & Baker, J. (2006). Genetic variation within and among silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) populations in South Australia. *15th Australian Weeds Confere*, 176.
- Heap, J. W. (2014). Silverleaf nightshade: progress and prospects for management of a new Australian WoNS. In *19th Australasian Weeds Conference, "Science, Community and Food Security: the Weed Challenge", Hobart, Tasmania, Australia, 1-4 September 2014* (pp. 166-169). Tasmanian Weed Society.
- Heap, J. W., & Carter, R. J. (1999). The biology of Australian weeds. 35. *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Plant Protection Quarterly*, 14, 2-12.
- Heap, J. W., & Honan, I. (1993, September). Weed seed excretion by sheep—temporal patterns and germinability. In *Proceedings of the 10th Australian Weeds Conference and 14th Asian Pacific Weed Science Society Conference* (pp. 431-434). Brisbane, Australia: Primary Industries (SA).
- Henderson, L. (2001). Alien weeds and invasive plants. *Alien weeds and invasive plants*. p. 35.
- Henderson, M., & Anderson, J.G. (1966). Common weeds in South Africa. Pretoria: Botanical Research Institute, Department of Agricultural Technical Services; 1966. p. 276–277.
- Henry, G.M., Bates, A.N., & McKenney, C.B. (2009). Tolerance of evening primrose (*Oenothera elata* Kunth) transplants to preemergence herbicides. In *Proceedings of Weed Science Society of America*, 49, 212.
- Hernández, L., Carranza, P., Cobos, L. E., López, L. I., Ascasio, J. A., & Silva, S. Y. (2017). Bioguided fractionation from *Solanum elaeagnifolium* to evaluate toxicity on cellular lines and breast tumor explants. *Vitae*, 24(2), 124-131. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n1a05>
- Hill, M.P., Hulley, P.E., & Olckers, T. (1993). Insect herbivores on the exotic weeds *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles and *S. sisymbriifolium* Lamarck (Solanaceae) in South Africa. *African entomology*, 1(2), 175-182.
- Hoffmann, J. H., Moran, V. C., & Impson, F. A. C. (1998). Promising results from the first biological control programme against a solanaceous weed (*Solanum elaeagnifolium*). *Agriculture, ecosystems & environment*, 70(2-3), 145-150. <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.3.22>
- Holzinger, J. M. (1892). List of plants collected by CS Sheldon and MA Carleton in Indian Territory in 1891. *Contributions from the United States National Herbarium*, 1(6), 189-219.
- Hong, J. R., Joo, M. J., Hong, M. H., Jo, S. J., & Kim, K. J. (2014). *Solanum elaeagnifolium* Cav.(Solanaceae), an unrecorded naturalized species of Korean flora. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 44(1), 18-21. <http://dx.doi.org/10.11110/kjpt.2014.44.1.18>

- Houachri, T., Bolonio, D., Llamas, A., Rodríguez-Fernández, J., El Gazza, M., Mittelbach, M., ... & Canoira, L. (2018). Fatty acid methyl esters (FAME) from oleaginous seeds grown in arid lands. Part II: *Ibicella lutea*, *Onopordum nervosum*, *Peganum harmala*, *Smyrnum olusatrum* and *Solanum elaeagnifolium*. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(12), 1434-1441. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1476612>
- Houda, M., Derbré, S., Jedy, A., Tlili, N., Legault, J., Richomme, P., ... & Saidani-Tounsi, M. (2014). Combined anti-ages and antioxidant activities of different solvent extracts of *Solanum elaeagnifolium* Cav (Solanaceae) fruits during ripening and related to their phytochemical compositions. *EXCLI journal*, 13, 1029-1042.
- Hsu, T. W., & Tseng, Y. H. (2003). *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae): A noxious weed newly naturalized to Taiwan. *Endemic Species Research*, 5, 49-51.
- İlçİM, A., & Behçet, L. (2007). *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 31(6), 577-579.
- Ilcim, A., Uludug, A., & Uremis, I. (2016). New records of *Solanum elaeagnifolium* Cav. from Turkey. In *Proceedings of the 2nd Croatian Symposium on invasive species, Zagreb, Croatia*, 21-22, XI.
- Islam N, Rashid MM, Wibowo S, Xu CY, Morshed A, Wasimi SA, Moore S and Rahman SM, Early weed detection using image processing and machine learning techniques in an Australian chilli farm. *Agriculture* 11:387 (2021). <https://doi.org/10.3390/agriculture11050387>
- Jankauski, M., Ferguson, R., Russell, A., & Buchmann, S. (2021). Structural dynamics of real and modeled *Solanum* stamens: implications for pollen ejection by buzzing bees. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.10.25.465809>
- Kanatas, P., Travlos, I. S., Gazoulis, I., Tataridas, A., Tsekoura, A., & Antonopoulos, N. (2020). Benefits and limitations of decision support systems (DSS) with a special emphasis on weeds. *Agronomy*, 10(4), 548. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040548>
- Kariyat, R. R., & Chavana, J. (2018). Field data on plant growth and insect damage on the noxious weed *Solanum elaeagnifolium* in an unexplored native range. *Data in brief*, 19, 2348-2351. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.07.022>
- Kasper, S., Chavana, J., Sasidharan, L., Racelis, A., & Kariyat, R. (2021). Exploring the role of soil types on defense and fitness traits of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*), a worldwide invasive species through a field survey in the native range. *Plant Signaling & Behavior*, 16(11), 1964163. <https://doi.org/10.1080/15592324.2021.1964163>
- Kaur, S., Kaur, R., and Chauhan, B.S. (2018). Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Prot* 103:65-72 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011>
- Keeler, R. F., Baker, D. C., & Gaffield, W. (1990). Spirosolane-containing *Solanum* species and induction of congenital craniofacial malformations. *Toxicol*, 28(8), 873-884.
- Khan, M.U, Gautam, G., Jan, B., Zahiruddin, S., Parveen, R. & Ahmad, S. (2022). Vitamin D from Natural Sources: Hope for the Future, *Phytomedicine Plus* doi: <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100248>
- Khanas, M. (1996). Etude de la variabilité morphologique et cytologique chez les populations à fleurs violette et blanche de la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) au Tadla. Mémoire pour l'obtention du D.E.S. Université Mohamed V. Fac. Scienc., Rabat, Morocco.
- 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.
- Kidston, J., Ferguson, N., & Scott, M. (2010). Weed control in pastures and lucerne 2010. *Industry & Investment NSW. Available online*. <https://www.industry.nsw.gov.au/>
- Kidston, J., Thompson, R., & Johnson, A. (2007). Primefact 237 Silverleaf Nightshade. New South Wales Department of Primary Industries, Orange, NSW, p. 5.
- Klein, H. (2007). The satansbos leaf beetle. *Biological Control of Solanum Weeds (Solanaceae Potato Family)*. Pretoria, ARC-PPRI.

- Knapp, S. (2009). Synopsis and lectotypification of *Solanum* (Solanaceae) species endemic in the West Indies *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, vol. 66, núm. 1, enero-junio, 2009, pp. 65-84.
- Knapp, S., Sagona, E., Carbonell, A. K., & Chiarini, F. (2017). A revision of the *Solanum elaeagnifolium* clade (Elaeagnifolium clade; subgenus *Leptostemonum*, Solanaceae). *PhytoKeys*, (84), 1. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.84.12695>
- Knapp, S., Vorontsova, M. S., & Särkinen, T. (2019). Dichotomous keys to the species of *Solanum* L. (Solanaceae) in continental Africa, Madagascar (incl. the Indian Ocean islands), Macaronesia and the Cape Verde Islands. *PhytoKeys*, 127, 39. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.127.34326>
- Korres, N. E., Burgos, N. R., Travlos, I., Vurro, M., Gitsopoulos, T. K., Varanasi, V. K., Duke, S.O., Kudsk, P., Brabham C., Rouse, C.E., & Salas-Perez, R. (2019). New directions for integrated weed management: Modern technologies, tools and knowledge discovery. *Advances in Agronomy*, 155, 243-319. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.01.006>
- Kotoula-Syka, E. (2011). *Solanum elaeagnifolium*, an increasing problem in Greece. In Brunel S, Uludag A, Fernandez-Galiano E, Brundu G (Eds.) *Proceedings of the 2nd International Workshop on Invasive Plants in the Mediterranean Type Regions of the World*, 2010-08-02/06, Trabzon, Turkey pp. 400-403.
- Kotowska D, Pärt T and Žmihorski M, Evaluating Google Street View for tracking invasive alien plants along roads. *Ecol Indic* 121:107020 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107020>
- Kouassi, B., Prohens, J., Gramazio, P., Kouassi, A. B., Vilanova, S., Galán-Ávila, A., Herraiz, F.J., Kouassi, A., Seguí-Simarro, J.M. & Plazas, M. (2016). Development of backcross generations and new interspecific hybrid combinations for introgression breeding in eggplant (*Solanum melongena*). *Scientia Horticulturae*, 213, 199-207. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.10.039>
- Krigas, N., & Kokkini, S. (2004). A survey of the alien vascular flora of the urban and suburban area of Thessaloniki, N Greece. *Willdenowia*, 34(1), 81-99. <https://doi.org/10.3372/wi.34.34108>
- Krigas, N., Tsiadouli, M. A., Katsoulis, G., Votsi, N. E., & van Kleunen, M. (2021). Investigating the invasion pattern of the alien plant *Solanum elaeagnifolium* Cav. (silverleaf nightshade): environmental and human-induced drivers. *Plants*, 10(4), 805. <https://doi.org/10.3390/plants10040805>
- Krigas, N., Votsi, N.E., Katsoulis, G., & Tsiadouli, M. (2016). Climate creates limitations, soil disturbance favours and roads pave the way for the invasion of *Solanum elaeagnifolium* CAV. (Solanaceae), even in protected areas. In: *Proceedings of the "8th Congress of the Hellenic Ecological Society: 150+ Years of Ecology-Structures, Dynamics and Survival Strategies"*. Thessaloniki (Greece) 20-23 Oct 2016. Hellenic Ecological Society, Greece, pp. 127.
- Kriticos, D., Crossman, N.D., Ota, N. & Scott, J.K. (2010). Climate change and invasive plants in South Australia. Canberra, Australia: CSIRO Climate Adaptation Flagship 86-92 <https://doi.org/10.4225/08/584ee71e75171>
- Kriticos, D.J., Maywald, G.F., Yonow, T., Zurcher, E.J., Herrmann, N.I. & Sutherst, R.W. (2015). CLIMEX Version 4: Exploring the Effects of Climate on Plants, Animals and Diseases; CSIRO: Canberra, Australia.
- Kriticos, D.J., Webber, B.L., Leriche, A., Ota, N., Macadam, I., Bathols, J. & Scott, J.K. (2012) CliMond: global high resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 53-64. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2011.00134.x <https://www.climond.org/>
- Kwong, R. M., Sagliocco, J. L., Weiss, J., Hunt, T., & Morfe, T. (2008). Feasibility of biological control of silverleaf nightshade in Australia. In *Proceedings of the 16th Australian Weeds Conference, Cairns Convention Centre, North Queensland, Australia* (pp. 18-22).
- Kwong, R., Sagliocco, J. L., Weiss, J., Hunt, T., Morfe, D., & Kularatne, D. (2006). Feasibility of biological control of solanaceous weeds of temperate Australia; silverleaf nightshade,

- Solanum elaeagnifolium* Cav. and prairie ground cherry, *Physalis viscosa* L. North Sydney, Australia: Meat and Livestock Australia.
- Lasić, A., Jasprica, N. & Ruščić, M. (2010). Neophytes in the city of Mostar (Bosnia and Herzegovina). 3th Croatian Botanical Congress, Abstracts: 121, Murter.
- Lefoe, G., Haegi, L., Rumpff, L., Gopurenko, D., Slater, A. T., Butler, K., & Hauser, C. E. (2020). Assessing the fundamental host-range of *Leptinotarsa texana* Schaeffer as an essential precursor to biological control risk analysis. *Biological Control*, 143, 104165. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104165>
- Lehan, N.E., Murphy, J.R., Thorburn, L.P., and Bradley, B.A. (2013). Accidental introductions are an important source of invasive plants in the continental United States. *Am J Bot* 100:1287-1293 <https://doi.org/10.3732/ajb.1300061>
- Lei, R., Yan, Z., Hu, F., Zhu, S., Xiong, Y., & Fan, X. (2017). Rapid identification of quarantine invasive *Solanum elaeagnifolium* by real-time, isothermal recombinase polymerase amplification assay. *RSC advances*, 7(83), 52573-52580. <https://doi.org/10.1039/c7ra10781a>
- Leys, A.R., & Cuthbertson, E.G. (1976). Chemical control of silverleaf nightshade in winter annual pastures. In *Proceedings of the Fifth Australian Weeds Conference*, 49.
- Loesener, T. (1913). *Plantae Selerianae VIII*. Unter Mitwirkung von Fachmännern fortgesetzt und veröffentlicht. *Verh. Bot. Vereins Prov. Brandenburg*, 55, 151-194.
- Martín-Vélez, V., Montalvo, T., Afán, I., Sánchez-Márquez, A., Aymí, R., Figuerola, J., Lovas-Kiss, A. & Navarro, J. (2022). Gulls living in cities as overlooked seed dispersers within and outside urban environments. *Science of The Total Environment*, 153535. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153535>
- Maslo, S. (2015). Alien flora of the city of Mostar (Bosnia and Herzegovina). *Herbologia*, 15(2). <https://doi.org/10.5644/Herb.15.2.01>
- Maslo, S. (2016). Preliminary list of invasive alien plant species (IAS) in Bosnia and Herzegovina. *Herbologia*, 16(1), 1-14. <https://doi.org/10.5644/Herb.16.1.01>
- Matevski, V. (2000): *Solanum elaeagnifolium* Cav. and *S. cornutum* Lam. a new species of the adventitious flora in Republic of Macedonia. *Ekol. Zast. Zivot. Sred.*, Vol. 7, No.1-2, 55-59, Skopje.
- Maxzud, M. K., & Zygadlo, J. A. (1991). Variación de alcanos foliares en algunas especies argentinas de *Solanum* (Solanaceae). In *Anales de Biología* (No. 17, pp. 137-140). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- McCleery, E. M. (1907). Stellate hairs and peltate scales of Ohio plants.
- McKenzie, D.N. (1976a). Silverleaf nightshade – community attitudes on containment. In *the Proceedings of the 5th Australian Weeds Conference, Melbourne*, p. 177-178.
- McKenzie, D.N. (1976b). Silverleaf nightshade—another perennial problem. In *Proceedings of the Australian Weeds Conference, Melbourne* (pp. 3-9).
- McLaren, D. A., Morfe, T. A., Honan, I., & Holtcamp, R. (2004). Distribution, economic impact and attitudes towards silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia. In *the Proceedings of the 14th Australian Weeds Conference*, 701.
- Medal, J. C., Pitelli, R. A., Santana, A., Gandolfo, D., Gravena, R., & Habeck, D. H. (1999). Host specificity of *Metriona elatior*, a potential biological control agent of tropical soda apple, *Solanum viarum*, in the USA. *BioControl*, 44, 421-436.
- Meddour, R., Sahar, O., & Fried, G. (2020). A preliminary checklist of the alien flora of Algeria (North Africa): taxonomy, traits and invasiveness potential. *Botany Letters*, 167(4), 453-470. <https://doi.org/10.1080/23818107.2020.1802775>
- Mekki, M. (2006). Potential threat of *Solanum elaeagnifolium* Cav. to the Tunisian fields. In: *Invasive Plants in the Mediterranean-Type Regions of the World*. (Brunel, S., Ed.). Council of European Publishing, Strasbourg, France. 165-170.
- Mekki, M. (2007). Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). *EPPO bulletin*, 37(1), 114-118.
- Mellado, M., García, J. E., Arévalo, J. R., & Pittroff, W. (2008). Replacement value of *Solanum elaeagnifolium* for alfalfa hay offered to growing goats. *Journal of arid environments*, 72(11), 2034-2039.

- Mellado, M., Olvera, A., Dueñez, J., & Rodríguez, A. (2004). Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *Journal of Applied Animal Research*, 26(2), 93-100.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Lozano, E. A., Dueñez, J., Aguilar, C. N., & Arévalo, J. R. (2012). The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) cover. *Journal of Arid Environments*, 84, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.03.012>
- Mellouk, K., Soualeh, N., Meziani, S., Linder, M., Boughrara, B., Soulimani, R., & Legseir, B. (2017). Evaluation of the biological activity of plant extracts of Algerian *Solanum elaeagnifolium*. *Research Journal Of Pharmaceutical Biological And Chemical Sciences*, 8(1), 64-75.
- Milovic, M. (2001). A contribution to the knowledge of the neophytic flora of the County of Sibenik and Knin (Dalmatia, Croatia). *Natura Croatica*, 10(4), 277.
- Mito, T., & Uesugi, T. (2004). Invasive alien species in Japan: the status quo and the new regulation for prevention of their adverse effects. *Global Environmental Research*, 8(2), 171-193.
- Mkula, N. P. (2006). *Allelopathic interference of silverleaf nightshade (Solanum elaeagnifolium Cav.) with the early growth of cotton (Gossypium hirsutum L.)* (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Monsivais, B.M., Aviles, K.P., & Martínez, Q.M. (2021). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr) Kumm. en Sustratos a Base de *Solanum elaeagnifolium* (Cavanilles) y *Salsola kali* (Linn). *Instituto de Ciencias Biomédicas. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia*, 1135.
- Mouemar, A.A. (2006). La Morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), une espèce envahissante des cultures cotonnières du Nord de la Syrie. In: *Invasive Plants in the Mediterranean-Type Regions of the World*. (Brunel, S., Ed.). Council of European Publishing, Strasbourg, France. 248.
- Mudavath, C.N. & Arey, L. (2017). *Solanum elaeagnifolium* reported from Andhra Pradesh. *EPTRI-ENVIS Newsletter: Eastern Ghats*, 23(2), 5.
- Natural History Museum (2020). Data Portal Query on "Elaeagnifolium Clade specimens" created at 2020-08-23 18:52:16.005498 PID <https://doi.org/10.5519/qd.9oi8i2xu>. Subset of "Elaeagnifolium clade (Solanum)" (dataset) PID <https://doi.org/10.5519/0007624>.
- Néstor, G. M., Dely Rubí, C. G., & Héctor, J. C. (2012). Exploring the Milk-Clotting Properties of a Plant Coagulant from the Berries of *S. elaeagnifolium* var. Cavanilles. *Journal of food science*, 77(1), C89-C94.
- Nigra, H. M., Alvarez, M. A., & Giulietti, A. M. (1989). The influence of auxins, light and cell differentiation on solasodine production by *Solanum eleagnifolium* Cav. calli. *Plant cell reports*, 8(4), 230-233.
- Njeh, F., Feki, H., Koubaa, I., Hamed, N., Damak, M., Ayadi, A., ... & Mezghani-Jarraya, R. (2016). Molluscicidal activity of *Solanum elaeagnifolium* seeds against *Galba truncatula* intermediate host of *Fasciola hepatica*: Identification of β -solamarine. *Pharmaceutical biology*, 54(4), 726-731.
- Northam, F. E., & Orr, C. C. (1982). Effects of a Nematode on Biomass and Density of Silverleaf Nightshade. *Journal of Range Management*, 35(4), 536-537. <https://doi.org/10.2307/3898625>
- NSW (2017). Western regional strategic weed management plan 2017-2022. *Western Local Land Services in partnership with Western Regional Weed Committee*.
- Olckers, T. (1998). Biology and host range of *Platyphora semiviridis*, a leaf beetle evaluated as a potential biological control agent for *Solanum mauritianum* in South Africa. *BioControl*, 43(2), 225-239.
- Olckers, T., & Hulley, P. E. (1991). Seed damage by three local Heteroptera species on the exotic weed *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*. 54, 269-270.

- Olckers, T., & Hulley, P.E. (1994). Resolving ambiguous results of host-specificity tests: the case of two *Leptinotarsa* species (Coleoptera: Chrysomelidae) for biological control of *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae) in South Africa. *African Entomology*, 2, 137–144.
- Olckers, T., & Zimmermann, H. G. (1991). Biological control of silverleaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, and bugweed, *Solanum mauritanum*, (Solanaceae) in South Africa. *Agriculture, ecosystems & environment*, 37(1-3), 137-155.
- Olckers, T., Hoffmann, J. H., Moran, V. C., Impson, F. A. C., & Hill, M. P. (1999). The initiation of biological control programmes against *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles and *S. sisymbriifolium* Lamarck (Solanaceae) in South Africa. *African Entomology Memoir*, 1, 55-63.
- Osuna Ávila, P., Flores Margez, J. P., & Corral Díaz, B. (2021). Seasonal dynamic of arbuscular mycorrhizae and endophytic dark septate fungi in association with roots of *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Botanical Sciences*, 99(2), 291-304. <https://doi.org/10.17129/botsci.2769>
- Pandža, M., & Stančić, Z. (1999). New localities of the species *Datura innoxia* Miller and *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae) in Croatia. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 8(2), 117-124.
- Panetta, F. D. (2015). Weed eradication feasibility: lessons of the 21st century. *Weed Research*, 55(3), 226-238. <https://doi.org/10.1111/wre.12136>
- Panetta, F. D., & Mitchell, N. D. (1991). Bioclimatic prediction of the potential distributions of some weed species prohibited entry to New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34(3), 341-350.
- Parker, P. E. (1986). Nematode control of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*); a biological control pilot project. *Weed Science*, 34(S1), 33-34.
- Parsons, W.T. & Cuthbertson, E.G. (2001). Noxious Weeds of Australia, third ed. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia, pp. 609-612.
- Paynter, Q., Hill, R., Bellgard, S., & Dawson, M. (2009). Improving targeting of weed biological control projects in Australia. *Land and Water Australia, Canberra*.
- Perrings, C., Dehnen-Schmutz, K., Touza, J., and Williamson, M. (2005). How to manage biological invasions under globalization. *Trends Ecol Evol* 20:212-215 doi.org/10.1016/j.tree.2005.02.011
- Petanidou, T., Godfree, R. C., Song, D. S., Kantsa, A., Dupont, Y. L., & Waser, N. M. (2012). Self-compatibility and plant invasiveness: comparing species in native and invasive ranges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(1), 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2011.08.003>
- Petanidou, T., Price, M. V., Bronstein, J. L., Kantsa, A., Tscheulin, T., Kariyat, R., Krigas, N., Mescher, M.C., De Moraes, C.M., & Waser, N. M. (2018). Pollination and reproduction of an invasive plant inside and outside its ancestral range. *Acta Oecologica*, 89, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.03.008>
- Philippi, R. A. (1893, January). Comparacion de las floras i faunas de la República de Chile i Arjentina. In *Anales de la Universidad de Chile* (pp. ág-529).
- Piltz, J. W., Stanton, R. A., & Wu, H. (2017). Effect of ensiling and in sacco digestion on the viability of seeds of selected weed species. *Weed Research*, 57(6), 382-389. <https://doi.org/10.1111/wre.12269>
- Pitso, D. C. (2010). *A biophysical and economic evaluation of biological and chemical control methods for Solanum elaeagnifolium (Silverleaf Nightshade) in the Limpopo province, South Africa* (Master's thesis, University of Cape Town).
- Plazas, M., Vilanova, S., Gramazio, P., Rodríguez-Burruezo, A., Fita, A., Herraiz, F. J., ... & Prohens, J. (2016). Interspecific hybridization between eggplant and wild relatives from different genepools. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 141(1), 34-44.
- Podda, L., Santo, A., Puddu, S., Biagini, L., & Bacchetta, G. (2015, September). Germination ecophysiology of three invasive Solanaceae species in Sardinia (Italy). In *II International Plant Science Conference. 110th Congresso della Società Botanica Italiana. Pavia, Italy*. pp. 46.

- Qasem, J. R. (2014). Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) in the Jordan Valley: Field survey and chemical control. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(6), 639-646. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513132>
- Qasem, J. R. (2019). Branched broomrape (*Orobancha ramosa* L.) control in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by trap crops and other plant species in rotation. *Crop Protection*, 120, 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.021>
- Qasem, J. R., Al Abdallat, A. M., & Hasan, S. M. (2019). Genetic diversity of *Solanum elaeagnifolium*, an invasive problematic weed in Jordan. *Weed Research*, 59(3), 222-234. <https://doi.org/10.1111/wre.12360>
- Quadri, L. E. N., & Giulietti, A. M. (1993). Effect of elicitation on the accumulation of solasodine by immobilized cells of *Solanum eleagnifolium* Cav. *Enzyme and microbial technology*, 15(12), 1074-1077.
- Radhakrishnan, R., Alqarawi, A. A., & Abd_Allah, E. F. (2018). Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and environmental safety*, 158, 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>
- Radwan, M. M., Badawy, A., Zayed, R., Hassanin, H., ElSohly, M. A., & Ahmed, S. A. (2015). Cytotoxic flavone glycosides from *Solanum elaeagnifolium*. *Medicinal Chemistry Research*, 24(3), 1326-1330. <https://doi.org/10.1007/s00044-014-1219-2>
- Rai, P.K., & Singh, J.S. (2020). Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecol Indic* 111:106020 doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020
- Rammou, D. L., Astaras, C., Migli, D., Boutsis, G., Galanaki, A., Kominos, T., & Youlatos, D. (2022). European ground squirrels at the edge: current distribution status and anticipated impact of climate on Europe's southernmost population. *Land*, 11(2), 301. <https://doi.org/10.3390/land11020301>
- Rascon, A. E., Tiemann, K. J., Dokken, K., Gamez, G., Parsons, J. G., Chianelli, R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2000). Study of the binding mechanism of heavy metals by inactivated tissues of *Solanum elaeagnifolium*. In *Proceedings of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research* (pp. 361-369).
- Ripoll, J., Bon, M. C., & Jones, W. (2011). Optimization of the genomic DNA extraction method of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), an invasive plant in the cultivated areas within the Mediterranean region. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 15(1), 95-100.
- Robinson, A. F., Orr, C. C., & Abernathy, J. R. (1978). Distribution of *Nothanguina phyllobia* and its potential as a biological control agent for silver-leaf nightshade. *Journal of Nematology*, 10(4), 362.
- Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Creamer, R., & Liddell, C. (2002). Pepper mottle virus causing disease in chile peppers in southern New Mexico. *Plant disease*, 86(6), 603-605.
- Rosales-Robles, E., Sánchez-de la Cruz, R., & Rodríguez-del Bosque, L. Á. (2013). Nozzle type does not change herbicide effectiveness of prosulfuron, bromoxynil and 2, 4-D. *Agrociencia*, 47(3), 245-253.
- Roy, H., Scalera, R., Booy, O., Branquart, E., Gallardo, B., Genovesi, P., ... & Sheehan, R. (2015). ARES (2014) 2425342-22/07/2014. Organisation and running of a scientific workshop to complete selected invasive alien species (IAS) risk assessments. pp. 196.
- Rubenstein JM, Hulme PE, Buddenhagen CE, Rolston MP and Hampton JG, Weed seed contamination in imported seed lots entering New Zealand. *Plos one* 16:e0256623 (2021). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256623>
- Rubio, A., Wright, K., & Longing, S. (2022). Bee and flowering plant communities in a riparian corridor of the lower Rio Grande River (Texas, USA). *Environmental Entomology*, 51(1), 229-239. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab108>
- Runge, T.A., Falk, A.D., Pawelek, K.A., Smith, F.S., & Schuster, G.L. (2018). Herbicide efficacy on the control of silverleaf nightshade. *Texas A&M University-Kingsville, Kingsville, TX*

- Rutherford, P. A. (1978). Effect of time of immersion in running and still water on the germination of silver-leaf nightshade. In *Proceedings of the First Conference of the Council of Australian Weed Science Societies held at National Science Centre, Parkville, Victoria, Australia, 12-14 April 1978* (pp. 372-378). Council of Australian Weed Science Societies.
- Samada, L. H., & Tambunan, U. S. F. (2020). Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 20(2), 66-76. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2020.66.76>
- Sastry, K. S., Mandal, B., Hammond, J., Scott, S. W., Briddon, R. W., Sastry, K. S., ... & Briddon, R. W. (2019). *Solanum elaeagnifolium* (Silverleaf nightshade). *Encyclopedia of Plant Viruses and Viroids*, 2250-2251.
- Sayari, N., & Mekki, M. (2021). Invasive Alien Plants Management in Tunisia. In *Agriculture Productivity in Tunisia Under Stressed Environment* (pp. 155-172). Springer, Cham.
- Sayari, N., Brundu, G., & Mekki, M. (2016). Mapping and monitoring an invasive alien plant in Tunisia: Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) a noxious weed of agricultural areas. *Tunis J Plant Prot*, 11, 219-227.
- 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.
- Scaldeferro, M., Chiarini, F., Santiñaque, F. F., Bernardello, G., & Moscone, E. A. (2012). Geographical pattern and ploidy levels of the weed *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae) from Argentina. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8), 1833-1847. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9807-9>
- Schultz, B. (2011). *The Noxious Weed Seedbank: Out of Sight--out of Mind and Eventually Out of Control*. University of Nevada Cooperative Extension.
- Scott, M. B. (1991). A lost range study of *Orrina phyllobia*. a potential biocontrol agent of satansbos (*Solanum elaeagnifolium*) in South Africa. *Phytophylactica*, 23(4), 315.
- Senaratne, K. A. D. W., Palmer, W. A., & Sutherst, R. W. (2008). Applications of CLIMEX modelling leading to improved biological control. In *Proceedings of the 16th Australian Weeds Conference. Queensland Weeds Society, Brisbane* (pp. 234-236).
- Sforza, R. E. N. E., & Jones, W. A. (2007). Potential for classical biocontrol of silverleaf nightshade in the Mediterranean Basin. *EPPO bulletin*, 37(1), 156-162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01109.x>
- 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.
- Shimono, A., Kanbe, H., Nakamura, S., Ueno, S., Yamashita, J., and Asai, M. (2020). Initial invasion of glyphosate-resistant *Amaranthus palmeri* around grain-import ports in Japan. *Plants, People, Planet* 2:640-648 <https://doi.org/10.1002/ppp3.10156>
- Siebert, M. W. (1975). Candidates for the biological control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae) in South Africa. 1. Laboratory studies on the biology of *Gratiana lutescens* (Boh.) and *Gratiana pallidula* (Boh.) (Coleoptera: Cassididae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 38(2), 297-304.
- Siebert, S., Henrich, V., Frenken, K. & Burke, J. (2013). Global Map of Irrigation Areas version 5; Rheinische Friedrich-Wilhelms-University: Bonn, Germany; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Singleton, J. J., Mangat, P. K., Shim, J., Vavra, C., Coldren, C., & Angeles-Shim, R. B. (2020). Cross-species transferability of *Solanum* spp. DNA markers and their application in assessing genetic variation in silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) populations from Texas, USA. *Weed Science*, 68(4), 396-404. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.25>
- Skinner, J. A., Orr, C. C., & Robinson, A. F. (1980). Histopathogenesis of the galls induced by *Nothanguina phyllobia* in *Solanum elaeagnifolium*. *Journal of Nematology*, 12(2), 141.
- Sleugh, B.S., Peterson, V.F., Halstvedt, M., Whitson, T.D., Dewey, S.A., Lym, R.G., Knezevic, S.Z., & DiTomaso, J.M. (2009). Aminopyralid: new efficacy research on noxious and invasive weeds. In *Proceedings of Western Society of Weed Science*, 62, 27.

- Smith, B. S., Pawlak, J. A., Murray, D. S., Verhalen, L. M., & Green, J. D. (1990). Interference from established stands of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) on cotton (*Gossypium hirsutum*) lint yield. *Weed Science*, 38(2), 129-133.
- Smith, D. and Faithful, I. (1998). Silverleaf nightshade. *Landcare notes. State of Victoria, Department of Natural Resources and Environment*, 1-4.
- SPHDS (2018). National Diagnostic Protocol for Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Australian Government, Department of Agriculture
- Standley, P. C. (1916). Comparative notes on the floras of New Mexico and Argentina. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 6(9), 236-244.
- Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2007). Regeneration of silverleaf nightshade root segments from various depths. In *NSW Weeds Conference* (pp. 1-7). NSW Weeds/University of Wollongong.
- Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2010). Herbicide control of summer active perennial weeds in southern Australia. In *Proceedings of the 17th Australian Weeds Conference. Christchurch* (pp. 452-454).
- Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2011a). Root regenerative ability of silverleaf nightshade ('*Solanum elaeagnifolium*'Cav.) in the glasshouse. *Plant Protection Quarterly*, 26(2), 54-56.
- Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2011b). Integrated management of silverleaf nightshade. In *Proceedings of the 23rd Asian-Pacific Weed Science Society Conference* (pp. 544-548).
- Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2012). Factors affecting silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) germination. *Weed Science*, 60(1), 42-47. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00105.1>
- Stanton, R., Wu, H., An, M., & Lemerle, D. (2008). Home among the gum trees—not necessarily so for silverleaf nightshade. In *Proceedings of the 16th Australian Weeds Conference. Cairns* (pp. 330-332).
- Stešević, D., & Petrović, D. (2010). Preliminary list of plant invaders in Montenegro. *Biologica Nyssana*, 1(1-2), 35-42.
- Tabassum, S., & Leishman, M.R. (2019). It doesn't take two to tango: increased capacity for self-fertilization towards range edges of two coastal invasive plant species in eastern Australia. *Biol Invasions* 21:2489-2501 doi.org/10.1007/s10530-019-01989-9
- Taleb, A. & Bouhache, M. (2006). Actual knowledge on the invasive plants in Morocco. In: *Invasive Plants in the Mediterranean-Type Regions of the World*. (Brunel, S., Ed.). Council of European Publishing, Strasbourg, France. 99–107.
- Taleb, A., Bouhache, M., Ameer, A., & Baye, Y. (2007). Etat actuel de l'infestation par la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) au Maroc. *EPPO Bulletin*, 37(1), 119-124.
- Tataridas, A., Jabran, K., Kanatas, P., Oliveira, R.S., Freitas, H., & Travlos, I. (2022a) Early detection, herbicide resistance screening, and integrated management of invasive plant species: a review. *Pest Management Science*, 78, 3957-3972. <https://doi.org/10.1002/ps.6963>
- Tataridas, A., Kanatas, P., & Travlos, I. (2021a). Effect of a winter cover crop on maize production and management of the invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. *The Frontiers of Science and Technology in Crop Breeding and Production, Maize Research Institute, Zemun Polje*, 8-9 June 2021. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31978.85447/1>
- Tataridas, A., Kanatas, P., & Travlos, I. (2022b). Streamlining agroecological management of invasive plant species: the case of *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Diversity*, 14, 1101. <https://doi.org/10.3390/d14121101>
- Tataridas, A., Kanatas, P., Chatzigeorgiou, A., Zannopoulos, S., & Travlos, I. (2022c). Sustainable crop and weed management in the era of the EU Green Deal: A Survival Guide. *Agronomy*, 12(3), 589. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030589>
- Tataridas, A., Oliveira, R.S., Frazão, L., Moreira, M., Travlos, I., & Freitas, H. (2022d). *Solanum elaeagnifolium* Cav. presence confirmed in Portugal. *EPPO Bulletin*, 52(2), 499-504. <https://doi.org/10.1111/epp.12858>
- Tataridas, A., Smyri, E., Kanatas, P., & Travlos, I. (2021b). Efficacy of post-emergence herbicides against *Solanum elaeagnifolium* Cav.: A major threat for soybean production.

- The Frontiers of Science and Technology in Crop Breeding and Production, Maize Research Institute, Zemun Polje*, 8-9 June 2021. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24429.10725>
- Tataridas, A., Zervopoulou, A., & Travlos, I. (2021c). Efficacy of different glyphosate formulations against the invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav. *The Invasive Plants Working Group of EWRS workshop "Our path after covid-19"*, Palic, Serbia, 23-24 September 2021. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22661.06887>
- Tayal, M., & Kariyat, R. (2021). Examining the role of buzzing time and acoustics on pollen extraction of *Solanum elaeagnifolium*. *Plants*, 10(12), 2592. <https://doi.org/10.3390/plants10122592>
- Tayal, M., Chavana, J., & Kariyat, R. R. (2020). Efficiency of using electric toothbrush as an alternative to a tuning fork for artificial buzz pollination is independent of instrument buzzing frequency. *BMC ecology*, 20(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00278-7>
- Thinakaran, J., Pierson, E., Kunta, M., Munyaneza, J. E., Rush, C. M., & Henne, D. C. (2015). Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*), a reservoir host for 'Candidatus Liberibacter solanacearum', the putative causal agent of zebra chip disease of potato. *Plant Disease*, 99(7), 910-915. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-14-1254-RE>
- Tideman, A. F. (1960). Tomato weed in South Australia (*Solanum elaeagnifolium* Cav. In *Proceedings of the 2nd Australian Weeds Conference, Canberra, A.C.T.* (Vol. 64).
- Tiwari, U. L., Ravikumar, K., Balachandran, N., & Sharma, S. K. (2016). Some new records of plants from the state of Rajasthan, India. *Journal of Threatened Taxa*, 8(3), 8632-8637. <http://dx.doi.org/10.11609/jott.2012.8.3.8632-8637>
- Travlos, I. S. (2013). Responses of invasive silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) populations to varying soil water availability. *Phytoparasitica*, 41(1), 41-48. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0262-0>
- Travlos, I. S., Gatos, A., & Kanatas, P. J. (2013). Interference between silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. *Hellenic Plant Protection Journal*, 6(1), 41-48.
- Travlos, I., Cheimona, N., & Bilalis, D. (2017). Glyphosate efficacy of different salt formulations and adjuvant additives on various weeds. *Agronomy*, 7(3), 60. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030060>
- Tsaballa, A., Nikolaidis, A., Triikka, F., Ignea, C., Kampranis, S. C., Makris, A. M., & Argiriou, A. (2015). Use of the de novo transcriptome analysis of silver-leaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) to identify gene expression changes associated with wounding and terpene biosynthesis. *BMC genomics*, 16(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1738-3>
- Tscheulin, T., & Petanidou, T. (2013). The presence of the invasive plant *Solanum elaeagnifolium* deters honeybees and increases pollen limitation in the native co-flowering species *Glaucium flavum*. *Biological Invasions*, 15(2), 385-393. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0293-y>
- Tscheulin, T., Petanidou, T., & Settele, J. (2009a). Invasive weed facilitates incidence of Colorado potato beetle on potato crop. *International Journal of Pest Management*, 55(2), 165-173. <https://doi.org/10.1080/09670870802660684>
- Tscheulin, T., Petanidou, T., Potts, S. G., & Settele, J. (2009b). The impact of *Solanum elaeagnifolium*, an invasive plant in the Mediterranean, on the flower visitation and seed set of the native co-flowering species *Glaucium flavum*. *Plant Ecology*, 205(1), 77-85. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9599-y>
- Tscheulin, T., Petanidou, T., Zografou, C., & Pantelis, K. (2008). Invading the Mediterranean: study of *Solanum elaeagnifolium*, a successful invasive plant from C. America. *Earth Conference, University of the Aegean, Mitilini*.
- Turner, N. J., Sanchez, J., Vavra, C., Dhaliwal, L. K., Emendack, Y., Coldren, C., & Angeles-Shim, R. B. (2021). Seed germination dynamics of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) and implications for effective weed management. *Weed Biology and Management*, 21(3), 146-155. <https://doi.org/10.1111/wbm.12233>
- Uludag, A., Gbehounou, G., Kashefi, J., Bouhache, M., Bon, M. C., Bell, C., & Lagopodi, A. L. (2016). Review of the current situation for *Solanum elaeagnifolium* in the Mediterranean Basin. *EPPO Bulletin*, 46(1), 139-147. <https://doi.org/10.1111/epp.12266>

- Umeda, K. (2017). Postemergence herbicide control of bindweed and silverleaf nightshade in bermudagrass. *Research Progress Reports, Western Society of Weed Science*. Available online <http://www.wsweedscience.org/publications/research-reports/>
- Vallejo-Marín, M., Nunes, C. E. P., & Russell, A. L. (2021). Anther cones increase pollen release in buzz-pollinated *Solanum* flowers. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.10.02.462843>
- Vargas-Requena, C. L., Vega, F. J., Santoyo, A. H., & Ofoghi, H. (2009). Isolation and activity of a protein cucumisin like of *Solanum elaeagnifolium*. *New Biotechnology*, Vol. 25, Supplement, p. S291. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2009.06.659>
- Véla, E., Rebbas, K., Meddour, R., & de Bélair, G. (2013). Notes et compléments sur quelques taxons traités dans les volumes 1 à 4. Note sur quelques xénophytes nouveaux pour l'Algérie (et la Tunisie). *Addenda. Notes. Xénophytes*. p. 372.
- Vigna, M. R., Fernández, O. A., & Brevedan, R. E. (1981). Biología y control de *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Revisión bibliográfica). *Revista Fac. Agron. Veteri*, 2, 79-89.
- Vila, M., Bartomeus, I., Dietzsch, A. C., Petanidou, T., Steffan-Dewenter, I., Stout, J. C., & Tscheulin, T. (2009). Invasive plant integration into native plant–pollinator networks across Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1674), 3887-3893. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1076>
- Viljoen, B. D., & Wassermann, V. D. (2004). Suppression of Silver-leaf bitter apple (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) by cultivated pasture crops under dry-land conditions: a preliminary study. *South African Journal of Plant and Soil*, 21(1), 63-66. <https://doi.org/10.1080/02571862.2004.10635024>
- Viljoen, B. D., Stoltz, C. W., & Rijst, M. V. D. (2011). Preliminary evaluation of soil-residual herbicides for the control of silver-leaf bitter apple (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). *South African Journal of Plant and Soil*, 28(2), 85-89. <https://doi.org/10.1080/02571862.2011.10640017>
- Villanueva, G., Rosa-Martínez, E., Şahin, A., García-Fortea, E., Plazas, M., Prohens, J., & Vilanova, S. (2021). Evaluation of advanced backcrosses of eggplant with *Solanum elaeagnifolium* introgressions under low N conditions. *Agronomy*, 11(9), 1770. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091770>
- Vladimirov, V., Bancheva, S., & Delcheva, M. (2015). *Solanum elaeagnifolium* (Solanaceae), a new alien species for the Bulgarian flora. *Fl. Medit*, 25, 121-125.
- Wapshere, A. H. (1987). Prospects for the biological control of silver-leaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, in Australia. In *Proceedings of Eighth Australian Weeds Conference*, 104.
- 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. *Tech. Commun. No. 214*, Plant Protection Research Institute, Department of Agriculture and Water Supply, South Africa
- Watts, S., & Kariyat, R. (2021). Picking sides: feeding on the abaxial leaf surface is costly for caterpillars. *Planta*, 253(4), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03592-6>
- Whitehurst, L.E., Cunard, C.E., Reed, J.N., Worthy, S.J., Marsico, T.D., Lucardi, R.D., and Burgess, K.S. (2020). Preliminary application of DNA barcoding toward the detection of viable plant propagules at an initial, international point-of-entry in Georgia, USA. *Biol Invasions* 22:1585-1606 <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02204-w>
- Williams, A. (1914). *Solanaceae of Ohio*. p. 239-240.
- Wilson, J. R., Ivey, P., Manyama, P., & Nanni, I. (2013). A new national unit for invasive species detection, assessment and eradication planning. *South African Journal of Science*, 109(5), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1590/sajs.2013/20120111>
- Wu, H., Stanton, R., & Lemerle, D. (2016). Herbicidal control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Australia. *Crop Protection*, 88, 58-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.001>
- Yannitsaros, A. & Economidou, E. (1974). Studies on the adventive flora of Greece – I. General remarks on some recently introduced taxa. *Candollea*, 29, 111-119.
- Young BE, Lee MT, Frey M, Barnes K and Hopkins P, Using Citizen Science observations to develop managed area watch lists. *Nat Areas J* 41:307-314 (2021). <https://doi.org/10.3375/21-8>

- Zammouri, S., & Mnari-Hattab, M. (2014). First report of *Solanum elaeagnifolium* as natural host of Tomato yellow leaf curl virus species (TYLCV and TYLCSV) in Tunisia. *Journal of Plant Pathology*, 96(2).
- Zernov, A. S., & Mirzayeva, S. N. (2016). *Solanum elaeagnifolium* Cavara, a new invasive species in the Caucasus. *Wulfenia*, 23, 253-256.
- Zhang, J., An, M., Wu, H., Li Liu, D., & Stanton, R. (2012). Chemical composition of essential oils of four Eucalyptus species and their phytotoxicity on silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia. *Plant Growth Regulation*, 68(2), 231-237. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9711-5>
- Zhang, W., Fan, X., Zhu, S., Zhao, H., & Fu, L. (2013). Species-specific identification from incomplete sampling: applying DNA barcodes to monitoring invasive *Solanum* plants. *PLoS One*, 8(2), e55927. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055927>
- Zhu, X. C., Burrows, G., Wu, H., Raman, H., Stanton, R., & Lemerle, D. (2011). Identification of silverleaf nightshade using microsatellite markers and microstructure. In *23rd Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Cairns, Australia*.
- Zhu, X. C., Raman, H., Wu, H., Lemerle, D., Burrows, G. E., & Stanton, R. (2013a). Development of SSR markers for genetic analysis of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) and related species. *Plant molecular biology reporter*, 31(1), 248-254. <https://doi.org/10.1007/s11105-012-0473-z>
- Zhu, X., Gopurenko, D., Haegi, L. A. R., & Wu, H. (2018). Molecular identification of *Solanum elaeagnifolium* in Australia using DNA barcoding, a solution for better management. In *21st Australasian Weeds Conference. Sydney, New South Wales: Weed Society of New South Wales* (pp. 307-311).
- Zhu, X., Wu, H., Raman, H., Lemerle, D., Stanton, R., & Burrows, G. E. (2013b). Genetic variation in '*Solanum elaeagnifolium*' in Australia using SSR markers. *Plant Protection Quarterly*, 28(3), 88-91.
- Zhu, X., Wu, H., Stanton, R., Burrows, G. E., Lemerle, D., & Raman, H. (2013c). Time of emergence impacts the growth and reproduction of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). *Weed Biology and Management*, 13(3), 98-103.
- Zhu, X., Wu, H., Stanton, R., Raman, H., Lemerle, D., & Burrows, G. (2012). The impact of emergence time on silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) development and growth. In *18th Australasian Weeds Conference (2012)* (pp. 329-332). Weed Society of Victoria.
- Zizka, A., Silvestro, D., Andermann, T., Azevedo, J., Duarte Ritter, C., Edler, D., et al. (2019). CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. *Methods Ecol Evol* 10: 744-751
- Набиева, Ф. Х., Ибрагимов, А. Ш., & Гусейнова, И. М. (2021, August). Новая местонахождение и фитоценозы *Solanum elaeagnifolia* Cav.-апшеронский район азербайджана / New location and phytocenosis *Solanum elaeagnifolium* Cav. - Apsheron district Azerbaijan. In *The 2nd International scientific and practical conference "Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects" (August 1-3, 2021) MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2021. 407 p.* (p. 36).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΓΕΩΡΓΙΑ, ΦΥΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (2018). Δ. Μπιλάλης, Π.Θ. Παπαστυλιανού. Η.Σ. Τραυλός. Εκδόσεις Πεδίο
- ZIZANIOLOGIA KAI GEORΓIA (2022). Η. Τραυλός, Π. Κανάτας. Εκδόσεις Πεδίο