



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Φυτιατρική και Περιβάλλον»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ζιζανιοκτόνων σε καλλιέργεια φασολιού

(*Phaseolus vulgaris* L.)»

Γεωργία Καραστέργιου



Επιβλέπων Καθηγητής: Καρκάνης Ανέστης, Επίκουρος Καθηγητής

Βόλος, 2021

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ζιζανιοκτόνων σε καλλιέργεια φασολιού
(*Phaseolus vulgaris* L.)»

Γεωργία Καραστέργιου

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

- Καρκάνης Ανέστης, (Επιβλέπων)

Επίκουρος Καθηγητής, Γνωστικό αντικείμενο: Ζιζανιολογία, Τμήμα Γεωπονίας
Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

- Τσιρόπουλος Νικόλαος (Μέλος)

Καθηγητής, Γνωστικό αντικείμενο: Χημεία με έμφαση στην Ανάλυση και τον
Προσδιορισμό οργανικών ουσιών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος

- Πετρόπουλος Σπυρίδων (Μέλος)

Επίκουρος Καθηγητής, Γνωστικό αντικείμενο: Λαχανοκομία, Τμήμα Γεωπονίας
Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Copyright © Γεωργία Καραστέργιου, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

«Εγώ η Γεωργία Καραστέργιου, είμαι η συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.»

«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από την κα. Γεωργία Καραστέργιου».

Ευχαριστίες

Στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Καρκάνη Ανέστη, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες για τη συνεχή καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια για να ολοκληρωθεί με επιτυχία το πείραμα καθώς και η συγγραφή της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Ακόμη για τις ωφέλιμες και σημαντικές συμβουλές που μου προσέφερε, αποτελώντας σημαντικά εφόδια για την μετέπειτα ζωή και επαγγελματική μου αποκατάσταση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους καθηγητές, κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και κ. Πετρόπουλο Σπυρίδων, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τις χρήσιμες υποδείξεις και εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους κατά τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας.

Την προπτυχιακή φοιτήτρια Έφη Καρύκη για το εκπληκτικά ομαδικό κλίμα συνεργασίας μεταξύ ημών και τη συμβολή της κατά τη διάρκεια υλοποίησης του πειράματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Ιωάννη και Φρειδερίκη, για την εμπιστοσύνη και τη στήριξη που μου έδειξαν, καθώς και τη θεία μου Έλλη για τη συμπαράσταση και την ενθάρρυνση σε όλα τα χρόνια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω τη μεταπτυχιακή μου διατριβή στην αδερφή μου, Μαρία, για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθεια, τις χρήσιμες συμβουλές, τις κατευθυντήριες γραμμές που έχω λάβει από εκείνη και με συνοδεύουν σε κάθε βήμα της ζωής μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Ταξινόμηση, Καταγωγή και Εξάπλωση του φασολιού	3
1.1.1 Ταξινόμηση	3
1.1.2 Καταγωγή	4
1.1.3 Εξάπλωση	5
1.2 Μορφολογία φυτού	6
1.3 Οικολογικές απαιτήσεις	9
1.3.1 Κλίμα	9
1.3.2 Έδαφος	10
1.4 Καλλιεργητική τεχνική και Παραγόμενα προϊόντα	11
1.4.1 Καλλιεργητική τεχνική	11
1.4.2 Παραγόμενα Προϊόντα και θρεπτική αξία	18
1.5 Εχθροί και Ασθένειες	20
1.5.1 Εχθροί	21
1.5.2 Ασθένειες	21
1.6 Ζιζάνια	22
1.7 Αντιμετώπιση ζιζανίων	23
1.7.1 Ζιζανιοκτόνα	24
1.7.2 Μη χημικές μέθοδοι καταπολέμησης των ζιζανίων στο φασόλι	26
1.7.3 Συνδυασμός των ζιζανιοκτόνων με άλλες μεθόδους	28
1.8 Σκοπός μελέτης	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	30
2.1 Πειραματικός Αγρός	30
2.2 Πειραματική διαδικασία	32
2.2.1 Κατεργασία εδάφους	32
2.2.2. Σπορά	33
2.2.3. Επεμβάσεις για την καταπολέμηση των ζιζανίων	34
2.3 Μετρήσεις σε φυτά φασολιού και ζιζάνια	36
2.4 Στατιστική ανάλυση	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
3.1 Αποτελέσματα σχετικά με τα φυτά φασολιού	39
3.1.1 Ύψος των φυτών φασολιού	39
3.1.1.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)	39

3.1.2 Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά φασολιού	43
3.1.3 Νωπό βάρος των φυτών φασολιού	47
3.1.4 Ξηρό βάρος των φυτών φασολιού	50
3.1.5 Αριθμός λοβών ανά φυτό	54
3.1.6 Απόδοση (νωπό βάρος λοβών) ανά στρέμμα	55
3.2 Αποτελέσματα για το σύνολο των ζιζανίων	56
3.2.1 Συνολικός αριθμός ζιζανίων	56
3.2.2 Νωπό βάρος ζιζανίων	58
3.2.3 Ξηρό βάρος ζιζανίων	61
3.3. Αποτελέσματα σχετικά με την αντράκλα και το τριβόλι	64
3.3.1 Αντράκλα	65
3.3.2 Τριβόλι	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	78
4.1 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων εναντίον των παρόντων ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού	78
4.1.1 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο σύνολο των υπαρχόντων ζιζανίων	78
4.1.2 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο ζιζάνιο αντράκλα.....	78
4.1.3 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο ζιζάνιο τριβόλι.....	79
4.2 Επίδραση της καταπολέμησης των ζιζανίων στην ανάπτυξη του φασολιού	80
4.3 Κύρια Συμπεράσματα.....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84

Περίληψη

Το κοινό φασόλι (*Phaseolous vulgaris*), που ανήκει στην οικογένεια Fabaceae, καλλιεργείται παγκοσμίως και θεωρείται λαχανικό με μεγάλη εμπορική αξία, δεδομένου ότι αποτελεί σπουδαία πηγή απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για τον άνθρωπο. Ένας ανασταλτικός παράγοντας κατά την ανάπτυξη του, που προκαλεί σημαντική μείωση των αποδόσεων της καλλιέργειας, είναι τα ζιζάνια. Η παρούσα έρευνα διεξήχθη στο αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος στο Βελεστίνο Μαγνησίας την περίοδο Ιούνιος-Αύγουστος 2020 και στόχο είχε την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοσμένων ζιζανιοκτόνων κατά των ζιζανίων. Στο πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις, περιλαμβάνοντας 4 επεμβάσεις στην καθεμία από αυτές: τον ασκάλιστο μάρτυρα, το bentazone/imazamox, το pendimethalin και το συνδυασμό του bentazone/imazamox και του pendimethalin. Το ζιζανιοκτόνο pendimethalin εφαρμόστηκε προφυτρωτικά, ενώ το ζιζανιοκτόνο bentazone/imazamox εφαρμόστηκε μεταφυτρωτικά. Οι μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος αφορούσαν διάφορα χαρακτηριστικά των φυτών του φασολιού (ύψος, νωπό βάρος, ξηρό βάρος, αριθμός λοβών, νωπό βάρος λοβών και σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης) και των ζιζανίων (πυκνότητα, νωπό βάρος και ξηρό βάρος). Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου ANOVA και στη συνέχεια η σύγκριση των μέσων όρων έγινε χρησιμοποιώντας την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD test). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στη επέμβαση pendimethalin+bentazone/imazamox καταγράφηκε η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ενάντια στα υπάρχοντα ζιζάνια, σε σχέση με την μεμονωμένη εφαρμογή του pendimethalin ή του bentazone/imazamox. Η καλύτερη αντιμετώπιση των ζιζανίων στη συγκεκριμένη επέμβαση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας. Όσον αφορά τα ζιζάνια αντράκλα και τριβόλι, τα οποία βρίσκονταν σε μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα ζιζάνια στο συγκεκριμένο αγρό, διαπιστώθηκε ότι εκτός από τη μεταχείριση pendimethalin+bentazone/imazamox, πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα είχε και η μεμονωμένη εφαρμογή της δραστικής ουσίας pendimethalin.

Abstract

The common bean (*Phaseolous vulgaris*), which is a member of family Fabaceae, is grown worldwide for human consumption, while it is considered vegetable with high commercial value since it is a great source of essential nutrients. Weeds are an important inhibitory factor for plants growth, while it is causes a decrease in crop yields. The present study was conducted during the period June-August 2020 at the experimental farm of the Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment, and aimed to evaluate the efficacy of several herbicides. This experiment included 3 replications with 4 treatments (untreated control, bentazone/imazamox, pendimethalin, pendimethalin+bentazone/imazamox). Pendimethalin was applied directly after sowing, while the herbicide bentazone/imazamox was applied post-emergence. During the experiment, measurements on specific characteristics of common bean plants (height, fresh weight, dry weight, pods number, fresh pod weight-yield and relative chlorophyll concentration) and weeds (density, fresh weight and dry weight) were carried out. The data were analyzed using the statistical method ANOVA and then the comparison of the means was done using the least significant difference (LSD test). Our results showed that the combination of the two herbicides pendimethalin+ bentazone/mazamox, provided the greatest efficacy against the existing weeds, in comparison to the individual application of the herbicides pendimethalin or bentazone/imazamox. Due to highest weed control in the treatment pendimethalin+ bentazone/imazamox an increase in crop yield was achieved. It also important to mention that *Portulaca oleracea* and *Tribulus terrestris* were the weeds with the highest density at the field, while the herbicides pendimethalin+bentazone/imazamox and pendimethalin provided high efficacy against these species.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ταξινόμηση, Καταγωγή και Εξάπλωση του φασολιού

1.1.1 Ταξινόμηση

Το φασόλι (common bean) ανήκει στην τάξη Fabales, στην οικογένεια Fabaceae στην υποοικογένεια Papilionoideae, στη φυλή Phaseoleae και στο γένος *Phaseolus* (Gepts, 2001). Το γένος *Phaseolus* περιλαμβάνει περίπου 80 καλλιεργούμενα και άγρια είδη. Τα πέντε εξημερωμένα είδη αυτού του γένους είναι (Bellucci et al., 2014; OECD, 2016):

- *Phaseolus vulgaris* L. (common bean): είναι το πιο ευρέως καλλιεργημένο είδος
- *Phaseolus lunatus* L. (lima bean)
- *Phaseolus coccineus* L. (runner bean): καλλιεργείται σε Γουατεμάλα, Ονδούρα και Μεξικό.
- *Phaseolus acutifolius* (terary bean): καλλιεργείται σε Μεξικό και νοτιοδυτικές ΗΠΑ
- *Phaseolus dumosus/polyanthus* (year bean): καλλιεργείται σε δυτική Γουατεμάλα και Μεξικό.

Όσον αφορά τις ποικιλίες του κοινού φασολιού (*Phaseolus vulgaris*) είναι περισσότερες από 40.000 με ένα ευρύ φάσμα μορφολογικών και αγρονομικών χαρακτηριστικών και η επιλογή τους καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το δυναμικό απόδοσης, την αντοχή σε παθογόνους οργανισμούς και την προσαρμογή σε μια συγκεκριμένη περιοχή εγκατάστασης της καλλιέργειας (Singh et al., 1991 ; Sandoval-Avila et al., 1994 ; Jones, 1999). Χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο ανάπτυξης τους:

1. Νάνες ποικιλίες. Οι νάνες ποικιλίες αναπτύσσονται πολύ γρήγορα, φτάνουν σε ύψος τα 30-50 cm, σχηματίζουν πολλές διακλαδώσεις, έχουν μικρότερα και λιγότερα μεσογονάτια διαστήματα σε σχέση με τις ημι-αναρριχώμενες και αναρριχώμενες ποικιλίες, περιορισμένη περιέλιξη για αυτό δεν χρειάζονται στήριξη, ευαισθησία στο μήκος της ημέρας και αυξημένη κατανομή βιομάζας

κατά το στάδιο της αναπαραγωγής, παράγουν καρπό σε μικρότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τις ποικιλίες των άλλων δύο κατηγοριών και είναι εύκολο σε αυτές να εφαρμοστεί μηχανοποιημένη σπορά και συγκομιδή (Kwak et al., 2012; Χα και Πετρόπουλος, 2014).

2. Ημιαναρριχώμενες ποικιλίες. Οι συγκεκριμένες ποικιλίες έχουν ύψος, που κυμαίνεται μεταξύ 50 και 120 cm. Το πάχος του κύριου στελέχους του φυτού είναι πιο μικρό σε σχέση με εκείνο των νάνων ποικιλιών και το μήκος του καθορίζεται ανάλογα με τον αριθμό των κόμβων ανά στέλεχος και τον αριθμό των σπόρων των παραγόμενων λοβών (García et al., 1997; Χα και Πετρόπουλος, 2014). Αναπτύσσονται καλύτερα σε δροσερές, ορεινές και μικρής διάρκειας ημέρας περιοχές (Singh and Schwartz, 2010).
3. Αναρριχώμενες ποικιλίες. Οι αναρριχώμενες ποικιλίες παρουσιάζουν ορθή επιμήκυνση, αυξάνονται πιο αργά σε σχέση με τις νάνες και φτάνουν σε ύψος τα 2-3 m. Χρειάζονται απαραίτητως στήριξη πάνω σε πασσάλους για να περιελίσσονται γύρω από τα στηρίγματα, ώστε να μπορούν να αναρριχώνται και να αναπτύσσονται. Οι βλαστοί τους είναι αρκετά λεπτοί με μεγάλα μεσογονάτια διαστήματα και ελάχιστες διακλαδώσεις. Σχετικά με το μήκος του κύριου στελέχους του φυτού εξαρτάται από τον αριθμό των κόμβων ανά στέλεχος και τον αριθμό των σπόρων των παραγόμενων λοβών (García et al., 1997; Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.1.2 Καταγωγή

Μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν, έχουν αποκαλύψει ότι οι πρώτες άγριες μορφές του *Phaseolus vulgaris* L. ανακαλύφθηκαν στη κεντρική Αμερική και σε περιοχές των Άνδεων στη Λατινική Αμερική. Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία, που συλλέχθηκαν από τους επιστήμονες αποδεικνύουν ότι το άγριο φασόλι βρέθηκε αρχικά σε μία περιοχή των Άνδεων στο βόρειο Περού και τον Ισημερινό, από όπου επεκτάθηκε βόρεια προς Κολομβία, Κεντρική Αμερική και Μεξικό και νότια προς νότιο Περού, Βολιβία και Αργεντινή. Με το πέρασμα των χρόνων οι ποικιλίες του κοινού φασολιού υπέστησαν γενετικές μεταβολές με αποτέλεσμα να επιτευχθεί από τους ανθρώπους η εξημέρωση τους στο Μεξικό πριν από 7000 χρόνια. Η εξημέρωση του πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητα στις περιοχές της κεντρικής Αμερικής και στις

περιοχές της Λατινικής Αμερικής (Kaplan, 1965 ; Gepts et al., 1986; Kami et al., 1995; Chacón et al., 2005).

1.1.3 Εξάπλωση

Η εξάπλωση των ποικιλιών από τα κέντρα προέλευσης πραγματοποιήθηκε προς διαφορετικές κατευθύνσεις. Ο Kaplan (1965) υποδηλώνει ότι οι μορφές φασολιών, που είχαν βρεθεί σε περιοχές μεταξύ Μεξικού και Παναμά αναφέρει ότι εξαπλώθηκαν στις νοτιοδυτικές ΗΠΑ, διασπάρθηκαν προς τη Βραζιλία και οι Paredes και Gepts (1995) αναφέρουν ότι εισήχθησαν εκτεταμένα στη Χιλή. Από την άλλη πλευρά οι ποικιλίες που είχαν ανακαλυφθεί στις περιοχές των Άνδεων επεκτάθηκαν αρχικά στην Ευρώπη, την Αφρική και τις βορειοανατολικές ΗΠΑ (Graham and Ranalli, 1997). Σε πρόσφατες μελέτες, που διεξήχθησαν, παρατηρήθηκε ότι στη Βραζιλία, στη Κίνα και σε διάφορες χώρες της Αφρικής λόγω της ροής γονιδίων υπάρχουν γονότυποι και των δύο τύπων. Αυτό παρατηρήθηκε και στην Ευρώπη, με υψηλότερη συχνότητα για τους τύπους που προέρχονται από τις Άνδεις, όπως αποδείχτηκε από τους Gepts και Bliss (1988), Lioi (1989) και επιβεβαιώθηκε μερικά χρόνια αργότερα από τους Logozzo et al. (2007). Ωστόσο, στο ανατολικό τμήμα της Ευρώπης, το ποσοστό του Μεσοαμερικανικού τύπου τείνει να αυξάνεται, με μέγιστο ποσοστό 46% στην Ελλάδα (Bellucci et al., 2014). Το *Phaseolus vulgaris* στην αρχή δεν παρουσίαζε κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τους καλλιεργητές, καθώς οι αποδόσεις του ήταν αρκετά χαμηλές. Αυτό συνέβαινε, καθώς δεν είχαν ανακαλυφθεί τρόποι καταπολέμησης των προβλημάτων, τα οποία ευθύνονταν για τη μείωση της παραγωγής. Παρόλο αυτά, πολλές φορές το φασόλι καλλιεργούνταν στο πλαίσιο της επιβίωσης. Το ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια στράφηκε αργότερα όταν δημιουργήθηκαν βελτιωμένες ποικιλίες και αναπτύχθηκαν αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης των αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων, οι οποίοι δημιουργούσαν προβλήματα κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη πρακτικών αειφόρου γεωργίας, η σωστή επιλογή καλής ποιότητας σπόρων και η διαρκής προσπάθεια με τη χρήση μοριακών τεχνικών για την επίτευξη βελτίωσης της αντοχής του φυτού ενάντια στο βιοτικό και αβιοτικό στρες θα συμβάλλουν στη δημιουργία σταθερής και υψηλής απόδοσης της καλλιέργειας, οδηγώντας περαιτέρω στην εξάπλωση της σε όλο τον κόσμο (Graham and Ranalli, 1997).

1.2 Μορφολογία φυτού

Το κοινό φασόλι χαρακτηρίζεται ως ένα ποώδες φυτό με το ύψος του να καθορίζεται από την ποικιλία, που θα επιλεγθεί για να καλλιεργηθεί (Χα και Πετρόπουλος 2014).

Βλαστός

Ο κύριος βλαστός του φυτού δημιουργείται από τον εμβρυικό άξονα του σπόρου και έχει κυλινδρικό ή γωνιώδες σχήμα. Οι κλάδοι του ιδίως τα νεότερα τμήματα των στελεχών είναι επιστρωμένα με κοντό τρίχωμα, το οποίο προσφέρει μερική προστασία στο φυτό, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος πρόκλησης ασθένειας και προσβολής από έντομα. Το μήκος και η πυκνότητα των τριχών εξαρτάται από την κάθε ποικιλία. Το πάχος του κεντρικού βλαστού εξαρτάται από το γονότυπο της κάθε ποικιλίας, ενώ ο αριθμός των στελεχών και το μοτίβο διακλάδωσης εξαρτάται τόσο από το γονότυπο της ποικιλίας όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Miklas and Singh, 2007; OECD, 2016).

Φύλλα

Η ύπαρξη μακριών και ίσιων τριχών πάνω στα πρώτα και τα μετέπειτα κύρια φύλλα του φυτού είναι εμφανής. Η παρουσία των τριχών παρεμποδίζει 1) την ανάπτυξη μυκητιακών σπορίων π.χ. του μύκητα *Uromyces appendiculatus* και 2) σε μεγάλο βαθμό τον τραυματισμό των ιστών των φύλλων του φυτού από διάφορα έντομα, όπως από το είδος *Empoasca fabae* (Pillemer and Tingey, 1978; Mmbaga and Steadman, 1992). Με αυτόν τον τρόπο τα φυτά φασολιού αποκτούν αντοχή σε προσβολές από ορισμένους παθογόνους μικροοργανισμούς και έντομα. Οι δύο κοτυληδόνες, που φέρονται πάνω στον ίδιο κόμβο, είναι διατεταγμένες αντίθετα. Πιο πάνω κατά μήκος των στελεχών, σε κάθε κόμβο εναλλάξ είναι τοποθετημένο ένα φύλλο, που αποτελείται από τρία φυλλάρια. Το πλήρως ανεπτυγμένο φύλλο έχει ένα μακρύ μίσχο (> 7 cm). Οι διαστάσεις των φυλλαρίων είναι 8-15 cm x 5-10 cm και έχουν μικρό σε μήκος ποδίσκο. Το σχήμα των φυλλαρίων παρουσιάζει μικρές διαφορές ανάλογα με την ποικιλία, αλλά σε γενικές γραμμές η βάση τους είναι διευρυμένη και το άκρο τους είναι μυτερό. Τα φυλλάρια της βάσης είναι ασύμμετρα

και ωοειδή ή λογχοειδή, ενώ το κορυφαίο φυλλάριο είναι συχνά συμμετρικό, ωοειδές ή λογχοειδές και παρουσιάζει ποικιλία στο πλάτος και το μήκος του (Singh et al., 1991 ; Miklas and Singh, 2007; OECD, 2016).

Άνθη

Το άνθος του *P. vulgaris* αποτελείται από δέκα στήμονες εκ των οποίων οι εννιά έχουν τα νήματα τους συνδεδεμένα δημιουργώντας ένα σωλήνα που περιβάλλει την ωοθήκη και ο ένας είναι ελεύθερος, ξεχωριστός από τους άλλους και βρίσκεται πάνω από την ωοθήκη. Το στίγμα διαθέτει ελλειψοειδές σχήμα, ο στύλος έχει σπειροειδή μορφή και η ωοθήκη, που περιέχει 5 έως 8 ή μέχρι και 10 σπερματικές βλάστες, είναι επιφυής. Ο κάλυκας διαθέτει πέντε σέπαλα. Η στεφάνη αποτελείται από πέντε ανόμοια πέταλα: τα δύο κατώτερα πέταλα της στεφάνης ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας την καρίνα, η οποία περιβάλλει τους στήμονες, τα δύο πλευρικά πέταλα που ονομάζονται πτέρυγες και ένα μεγάλο τυπικό πέταλο διατεταγμένο προς τα έξω που ονομάζεται πέτασος. Τα άνθη μπορεί να έχουν λευκό, ροζ ή μωβ χρωματισμό, ανάλογα με την καλλιεργούμενη ποικιλία. Η ταξιανθία που σχηματίζουν είναι βότρυς, αποτελούμενη από 6 έως 8 άνθη η καθεμία. Οι ταξιανθίες σχηματίζονται είτε επάκρια των βλαστών είτε από τις μασχάλες των φύλλων. Η δομή και η μορφολογία των ανθέων συμβάλλουν κυρίως στην πραγματοποίηση αυτό-επικονίασης. Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να συμβεί σταυρεπικονίαση αλλά σε ποσοστό μικρότερο του 2%, όπως έχουν δείξει οι περισσότερες έρευνες. Μπορεί να προκύψει από διάφορα είδη μελισσών αλλά και άλλων εντόμων, όπως θρίπες, τα οποία θεωρούνται πιθανοί φορείς γύρης και είναι υπεύθυνα για τη σταυρογονιμοποίηση μεταξύ φυτών φασολιών που καλλιεργούνται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Έρευνες έδειξαν όμως ότι στην περίπτωση που τα φυτά φασολιών απέχουν τρία - δέκα μέτρα ή και περισσότερο, τότε η πιθανότητα σταυρεπικονίασης πλησιάζει το 0%. Βέβαια κάποιες φορές είναι απαραίτητο να συμβεί σταυρογονιμοποίηση π.χ. για την ύπαρξη γενετικής ποικιλομορφίας και τη δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών του συγκεκριμένου είδους. Η άνθιση ξεκινά 25-40 ημέρες μετά τη σπορά ανάλογα με την ποικιλία και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν και πραγματοποιείται κατά τις πρωινές μέχρι και τις πρώτες μεσημβρινές ώρες (Wells et al., 1988; Graham and Ranalli, 1997; Ibarra-Perez et al., 1997; Ferreira et al., 2007; Faria et al., 2010; Χα και Πετρόπουλος, 2014; OECD, 2016).

Καρπός- Σπόρος

Ανάμεσα στις διάφορες ποικιλίες του κοινού φασολιού εντοπίζονται κάποιες διαφορές στο μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα των καρπών αλλά και των σπόρων. Ο καρπός του είναι ένας λοβός με ελάχιστο μήκος 8 cm και μέγιστο μήκος 20 cm και πλάτος το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0,5-2 cm (OECD, 2016). Οι ώριμοι λοβοί είναι ίσιοι ή ελαφρώς καμπύλοι και αποκτούν κυλινδρικό ή πεπλατυσμένο σχήμα. Κατά το πλείστον έχουν πράσινο χρώμα με εξαίρεση κάποιες ποικιλίες οι οποίες παράγουν λοβούς με κίτρινο/κόκκινο χρώμα με κηλίδες διαφόρων χρωμάτων. Όσο περισσότερο ωριμάζει ο καρπός, τόσο οι σπόροι στο εσωτερικό των λοβών γίνονται πιο εμφανείς (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Ο καρπός αποτελείται συνήθως από πέντε έως οκτώ σπόρους, αλλά ενδέχεται να παραχθούν έως και 12 σπόροι ανά λοβό (OECD, 2016). Οι σπόροι μπορεί να έχουν νεφροειδές, ελλειπτικό και πεπλατυσμένο, ή επίμηκες και στρογγυλεμένο σχήμα. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων στους σπόρους των διάφορων ποικιλιών (άσπρο/κίτρινο/καφέ/μαύρο με στίγματα ή χωρίς). Σχετικά με το μέγεθος των σπόρων, ο ένας σπόρος μπορεί να ζυγίζει από 50 mg έως περισσότερα από 2 g (Graham and Ranalli, 1997 ; Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Ρίζα

Οι ρίζες του *P. vulgaris* είναι γενικά ινώδεις. Το ριζικό του σύστημα αποτελείται από μία πασσαλώδη κεντρική ρίζα και πολλές πλευρικές ρίζες. Η κύρια ρίζα φτάνει σε μεγάλο βάθος στο έδαφος, ενώ οι πλευρικές ρίζες συνήθως αναπτύσσονται εντός 15 εκατοστών. Επάνω στις ρίζες των φυτών σχηματίζεται ένας μεγάλος αριθμός φυματίων μικρού μεγέθους (<2 mm), τα οποία έχουν χαμηλή ικανότητα δέσμευσης του αζώτου. Οι ρίζες των φυτών εκκρίνουν συγκεκριμένες ουσίες οι οποίες διεγείρουν τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, με αποτέλεσμα την εισχώρηση των βακτηρίων στα φυμάτια και την αποίκισή τους στις ρίζες. Έτσι οι ρίζες αναπτύσσουν μία συμβιωτική σχέση με τα βακτήρια τα οποία δεσμεύουν άζωτο από την ατμόσφαιρα και το μεταβιβάζουν στα φυτά τα οποία με τη σειρά τους προσφέρουν στα βακτήρια οξυγόνο και οργανικά οξέα, ως πηγή άνθρακα και ενέργειας. Όμως κάποια είδη και στελέχη του γένους *Rhizobium* ενδέχεται να έχουν μικρή ή καθόλου ικανότητα δέσμευσης του αζώτου, μπορεί να

συμβεί καθυστέρηση της εμφάνισης των φυματίων στο ριζικό σύστημα, να υπάρχει ανεπαρκής μάζα φυματίων στις ρίζες ή να προκύψει αδυναμία των φυματίων να σχηματίζονται επάνω τους με αποτέλεσμα τη μειωμένη διαθεσιμότητα αζώτου στο φυτό. (Isoi and Yoshida, 1991 ; Miklas and Singh, 2007 ; OECD, 2016).

1.3 Οικολογικές απαιτήσεις

1.3.1 Κλίμα

Το κοινό φασόλι ευδοκίμει σε εύκρατο κλίμα ως ετήσιο και σε τροπικά κλίματα ως ετήσιο ή πολυετές μικρής σχετικά διάρκειας ζωής. Αναπτύσσεται καλά κατά τη διάρκεια θερμών και με λιγοστές βροχοπτώσεις περιόδων. Οι θερμοκρασίες, στις οποίες βλαστάνουν οι σπόροι κυμαίνονται μεταξύ 15°C και 30°C. Βέβαια η βέλτιστη θερμοκρασία είναι 22°C - 26°C με τη βλάστηση τους να πραγματοποιείται εντός 6-8 ημερών από τη σπορά. Η άριστη, για την ανάπτυξη του, μέση θερμοκρασία που πρέπει να επικρατεί την ημέρα είναι 15°C - 20°C (Χα και Πετρόπουλος, 2014 ; FAO, 2020). Στην περίπτωση που επικρατούν διαφορετικές συνθήκες, είναι πιθανόν να προκύψουν τα παρακάτω:

- Όταν η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από 12°C ή πάνω από 35°C γίνεται αντιληπτή η αδυναμία βλάστησης των σπόρων (Χα και Πετρόπουλος, 2014).
- Όταν η ελάχιστη μέση θερμοκρασία ημέρας είναι μικρότερη των 10° C, αυτό έχει επίπτωση στην ανάπτυξη και την άνθιση του φυτού (FAO, 2020).
- Θερμοκρασία μεγαλύτερη των 30 °C γίνεται αιτία για να προκληθεί πτώση των ανθέων, ζημιώνοντας την παραγωγή (Χα και Πετρόπουλος, 2014).
- Κατά το χρονικό διάστημα της άνθισης, οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορούν να προκαλέσουν πτώση των ανθέων και να επιδράσουν αρνητικά στην παραγωγή των σπόρων (Russo and Perkins-Veazie, 1992).
- Συνδυαστικά η μειωμένη άρδευση και ο ζεστός καιρός επιφέρουν ατελή γονιμοποίηση των ανθέων. Αυτό έχει ως αντίκτυπο τη μείωση στην παραγωγή (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

- Η υπερβολική βροχή και ο ζεστός καιρός σε συνδυασμό, έχουν ως συνέπεια ανθόρροια και καρπόπτωση. Ακόμη οδηγούν στην πρόκληση ασθενειών, καθώς επωφελείται η ανάπτυξη των παθογόνων οργανισμών (FAO, 2020).
- Στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια της καρπόδεσης επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, δημιουργούνται λοβοί με μικρά ή καθόλου σπέρματα. Αυτό συμβαίνει, καθώς ο ψυχρός καιρός προκαλεί μείωση στο ρυθμό ανάπτυξης των σπερμάτων στο εσωτερικό των λοβών (Χα και Πετρόπουλος, 2014).
- Σε συνθήκες παγετού αδυνατεί να επιβιώσει, καθώς αποτελεί ένα φυτό πολύ ευαίσθητο στις αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες (Χα και Πετρόπουλος, 2014) .

Για τις περισσότερες ποικιλίες φασολιών, η φωτοπερίοδος δε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ανάπτυξη τους (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.3.2 Έδαφος

Το φασόλι δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις εδάφους, για αυτό το λόγο μπορεί να καλλιεργηθεί σε εδάφη διαφόρων τύπων. Βέβαια επωφελείται όταν αναπτύσσεται σε εδάφη τα οποία χαρακτηρίζονται ως βαθιά, ελαφριά, καλά αποστραγγιζόμενα και γόνιμα, είναι πλούσια σε οργανική ουσία και διαθέτουν pH που κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 6,5 (Χα και Πετρόπουλος, 2014; FAO, 2020).

Το κοινό φασόλι παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στην αλατότητα του εδάφους και σε υψηλά επίπεδα επέρχεται μεγάλη μείωση της παραγωγής. Αυτό συμβαίνει και όταν βρίσκεται υπό την επίδραση υψηλής εδαφικής υγρασίας, λόγω προσβολής των ριζών από παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης όταν καλλιεργείται σε πολύ βαριά ή πολύ αλκαλικά ή με πολύ μεγάλη συγκέντρωση βορίου εδάφη, η απόδοση του φασολιού μειώνεται σημαντικά (Χα και Πετρόπουλος, 2014; FAO, 2020).

Η θερμοκρασία εδάφους πρέπει να είναι γύρω στους 15°C για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η βλάστηση των σπόρων των φασολιών. Η διάρκεια της βλάστησης είναι περίπου 12 ημέρες στους 18 ° C και περίπου 7 ημέρες στους 25 ° C (FAO, 2020).

1.4 Καλλιεργητική τεχνική και Παραγόμενα προϊόντα

1.4.1 Καλλιεργητική τεχνική

1.4.1.1 Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους περιλαμβάνει την πρωτογενή και τη δευτερογενή κατεργασία του εδάφους, πριν εκτελεστεί η σπορά του φασολιού.

- Πρωτογενής κατεργασία εδάφους. Το όργανο διενεργείται σε βάθος 22-25 cm και συμβάλλει στην επίτευξη κοπής, αναστροφής, μετατόπισης και θρυμματισμού του εδάφους. Εάν παρατηρείται συμπύκνωση του εδάφους κάτω από το βάθος των 22-25 cm, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί βαθιά χαλάρωση του εδάφους (Τσατσαρέλης, 2006 ; Birkás et al., 2014).
- Δευτερογενής κατεργασία εδάφους. Οι διεργασίες της δευτερογενούς κατεργασίας πραγματοποιούνται σε βάθος 10-12 cm ή 12-14 cm και στόχο έχουν τη ρύθμιση της υγρασίας και του αερισμού του εδάφους, την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, την εκρίζωση, καταστροφή και ενσωμάτωση των ζιζανίων, το ψιλοχωματισμό, την ισοπέδωση του εδάφους και την ενσωμάτωση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και άλλων φυτοφαρμάκων (Τσατσαρέλης, 2006 ; Birkás et al., 2014).

Το έδαφος, εκεί όπου τοποθετείται ο σπόρος, πρέπει να έχει βάθος 5-6 cm και να είναι θρυμματισμένο γύρω από τους σπόρους για να επιτραπεί η μεταφορά νερού που απαιτείται για τη βλάστηση. Επίσης, θεωρείται αναγκαίο να είναι επίπεδο, διότι έτσι διευκολύνεται η σπορά σε ομοιόμορφο βάθος, διατηρείται ομοιόμορφα υγρό το έδαφος και εξασφαλίζεται καλύτερη επαφή μεταξύ του σπόρου και του εδάφους, αυξάνοντας την απορρόφηση της υγρασίας (Birkás et al., 2014).

1.4.1.2 Λίπανση

Το φασόλι θεωρείται ότι είναι ένα φυτό με λιγιστές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία για τη σωστή ανάπτυξη του. Πριν από τη σπορά είναι απαραίτητη η συλλογή δειγμάτων για τον έλεγχο της γονιμότητας του εδάφους και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, ώστε να επιτευχθεί σωστός προσδιορισμός των ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν, προκειμένου να αναπτυχθεί σωστά το φυτό και να προκύψει υψηλή παραγωγή (Davis and Brick, 2009).

Αζωτο

Στην περίπτωση που πρόκειται για παραγωγή μικρής κλίμακας ή οικιακή παραγωγή ή η παρουσία και η αποτελεσματικότητα των ριζοβακτηρίων είναι μεγάλη, ή η καλλιέργεια φασολιού σπέρνεται μετά από καλλιέργειες που έχουν λιπανθεί με υψηλές ποσότητες αζώτου και στο έδαφος υπάρχουν περισσότερα από 30 ppm αζώτου, τότε δεν ενδείκνυται προσθήκη του στοιχείου αυτού. Παρόλο που το φασόλι δεσμεύει και συγκρατεί αρκετή ποσότητα αζώτου από το περιβάλλον των ριζών του με τη βοήθεια των βακτηρίων του γένους *Rhizobium*, πολλές φορές δεν επαρκεί, ιδίως όταν πρόκειται για μία μεγάλης κλίμακας παραγωγή φασολιού. Είναι απαραίτητο τότε να γίνεται προσθήκη κατάλληλης ποσότητας αζώτου, ανάλογα βέβαια με τη διαθεσιμότητα του στο έδαφος (Davis and Brick, 2009). Για να προκύψουν οι βέλτιστες αποδόσεις απαιτείται εξισορρόπηση μεταξύ του δεσμευόμενου αζώτου, του διαθέσιμου αζώτου στο έδαφος και της εφαρμογής λιπάσματος αζώτου (Lamb et al., 2014). Υπάρχουν τρεις τρόποι προσθήκης αζώτου στα φυτά φασολιού:

1. Εμβολιασμός με βακτήρια του γένους *Rhizobium* και προσθήκη λιπασμάτων αζώτου (Franzen, 2017).

2. Μόνο προσθήκη λιπασμάτων αζώτου. Αν στο έδαφος υπάρχουν 0-10 ppm αζώτου, 11-20 ppm αζώτου και 21-30 ppm αζώτου, τότε πρέπει να γίνει προσθήκη 7,4 Kg /στρέμμα, 5,1 Kg /στρέμμα και 2,8 Kg/στρέμμα, αντίστοιχα. Το λίπασμα αζώτου μπορεί να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στην επιφάνεια του εδάφους και έπειτα να γίνει ενσωμάτωση του (Broadcast). Ένας άλλος τρόπος είναι η τοποθέτηση του συνήθως 2 ίντσες (5.08 cm) οριζόντια μακριά από το σπόρο και 2 ίντσες κάτω/πάνω /και στις δύο πλευρές του σπόρου (Bandng). Αυτή η απόσταση είναι απαραίτητη για να μειωθεί ο

κίνδυνος τοξικότητας, επειδή το φασόλι παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στα άλατα (Mahler, 2001; Davis and Brick, 2009; Franzen, 2017).

3. Μόνο εμβολιασμός με τη χρήση κατάλληλου στελέχους βακτηρίων σταθεροποίησης αζώτου, κατά τη σπορά. Ο εμβολιασμός με τα βακτήρια του συγκεκριμένου είδους πάνω στην ποικιλία είναι πιο οικονομικός και φιλικός προς το περιβάλλον σε σχέση με την προσθήκη λιπασμάτων, αλλά η ανακάλυψη μιας διαδικασίας με την οποία θα επιτευχθεί μεγαλύτερη σταθεροποίηση του αζώτου θα συντελούσε στην αύξηση της αποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου (Buetow et al., 2017 ; Franzen, 2017).

Όταν υπάρχουν πολλά υπολείμματα από την προηγούμενη καλλιέργεια πιθανόν να χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες N, ώστε να πραγματοποιηθεί η αποσύνθεση τους πιο γρήγορα. Όμως χρειάζεται μεγάλη προσοχή σχετικά με τις ποσότητες αζώτου που χρησιμοποιούνται, καθώς υπερβολική ποσότητα προκαλεί ανθόρροια, επιβράδυνση στη διαδικασία της ωρίμανσης, ιδανικές συνθήκες για τη δραστηριότητα των εντόμων και την ανάπτυξη μυκήτων και βακτηρίων (Davis and Brick, 2009 ; Franzen, 2017).

Φωσφόρος

Η εφαρμογή του θρεπτικού στοιχείου φωσφόρου πρέπει να γίνεται στη περιοχή των ριζών με ενσωμάτωση επειδή το στοιχείο αυτό δεν παρουσιάζεται κινητικότητα στο έδαφος. Η μέθοδος Banding κατά τη σπορά θεωρείται η πιο αποτελεσματική για την εφαρμογή του φωσφόρου (Franzen, 2017). Η προσθήκη κατάλληλης ποσότητας φωσφόρου εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του στο έδαφος. Αν το επίπεδο του φωσφόρου στο έδαφος έχει χαρακτηριστεί ως χαμηλό, δηλαδή 0-3 ppm χρησιμοποιώντας στη μέθοδο προσδιορισμού το εκχυλιστικό διάλυμα AB-DTPA ή 0-6 ppm με το εκχυλιστικό διάλυμα NaHCO₃, τότε απαιτούνται 4,5 kg P₂O₅/στρέμμα, αν είναι μέτριο, δηλαδή 4-7 ppm (με AB-DTPA) ή 7-14 ppm (με NaHCO₃), χρειάζονται 2,3 kg P₂O₅/στρέμμα και αν είναι υψηλό δηλαδή >7 ppm (με AB-DTPA) ή >14 ppm (με NaHCO₃), δεν πρέπει να τοποθετηθεί ποσότητα φωσφόρου στο έδαφος (Davis and Brick, 2009).

Κάλιο

Σχετικά με την προσθήκη καλίου η πιο συνηθισμένη μέθοδος για την εφαρμογή του αποτελεί η Broadcast ακολουθούμενη από την ενσωμάτωση του στο έδαφος πριν από τη σπορά σε ποσότητες ανάλογες με εκείνες που υπάρχουν ήδη στο έδαφος. Αν στο έδαφος η ποσότητα του καλίου είναι χαμηλή, δηλαδή 0-60 ppm, τότε απαιτούνται 4,5 kg K₂O/στρέμμα, αν είναι μέτρια, δηλαδή 61-120 ppm, χρειάζονται 2,3 kg K₂O/στρέμμα και αν είναι υψηλή, δηλαδή >120 ppm, δε χρειάζεται καθόλου προσθήκη καλίου στο έδαφος (Davis and Brick, 2009).

Άλλα θρεπτικά στοιχεία

Σχετικά με άλλα θρεπτικά στοιχεία που πρέπει να υπάρχουν επαρκώς στο έδαφος κατά την διάρκεια καλλιέργειας του φασολιού είναι ο ψευδάργυρος (Zn), ο σίδηρος (Fe), το θείο (S), το βόριο (B), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το μολυβδαίνιο (Mo) και το μαγνήσιο (Mg). Όταν παρουσιάζεται ανεπάρκεια κάποιων από των παραπάνω στοιχείων είναι απαραίτητη η προσθήκη τους, προκειμένου να προκύψει μία καλλιέργεια υψηλών αποδόσεων (Davis and Brick, 2009).

1.4.1.3 Σπορά

Η σπορά του φασολιού μπορεί να πραγματοποιηθεί την Άνοιξη, γύρω στις αρχές Μάιου, όταν αρχίσουν να επικρατούν οι κατάλληλες θερμοκρασίες εδάφους, ώστε να είναι εφικτή η βλάστηση των σπόρων. Στην περίπτωση που έχει προηγηθεί καλλιέργεια άλλου φυτού το φθινόπωρο, η σπορά του φασολιού μπορεί να ξεκινήσει από αρχές Ιουνίου (Birkás et al., 2014). Συνήθως η σπορά γίνεται απευθείας στον αγρό. Μόνο όταν οι συνθήκες είναι ακατάλληλες για τη βλάστηση των σπόρων πρέπει να γίνει αρχικά σπορά σε σπορείο και έπειτα μεταφύτευση στον αγρό. Αυτό θα συμβάλει στην καλύτερη ανάπτυξη των σποροφύτων. Το βάθος σποράς κυμαίνεται από 2-7 cm ανάλογα με την εδαφική σύσταση και το μέγεθος του σπόρου της κάθε ποικιλίας. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί η σπορά του φασολιού:

1. Με το χέρι, όταν πρόκειται για οικιακή ή μικρής κλίμακας παραγωγή.
2. Με σπαρτική μηχανή, στην περίπτωση που η παραγωγή γίνεται σε εμπορική κλίμακα.

Η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε γραμμικά είτε σε όρχους (θέσεις). Στην πρώτη περίπτωση απαραίτητη αρχικά είναι η δημιουργία αυλακιών, έπειτα η τοποθέτηση των σπόρων και στη συνέχεια η κάλυψη τους κάτω από το έδαφος. Όταν πρόκειται για σπορά νάνων ποικιλιών, ο αριθμός των φυτών ανά στρέμμα είναι περίπου 25.000 και οι αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών είναι περίπου 50-60 cm και πάνω στη γραμμή σποράς 10-15 cm. Σχετικά με τις αναρριχώμενες/ημιαναρριχώμενες ποικιλίες, τοποθετούνται περίπου 12.000 φυτά/στρέμμα και οι αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών είναι περίπου 80-120 cm και επί της γραμμής είναι 20-25cm. Στη δεύτερη περίπτωση, σε κάθε θέση τοποθετούνται 4-6 σπόροι, έπειτα αφού φυτρώσουν γίνεται αραίωση, όταν τα νεαρά φυτά βρίσκονται στο στάδιο των 2 πραγματικών φύλλων και τελικά σε κάθε όρχο αφήνονται 3-4 φυτά. Για την σπορά κατά θέσεις και προς τις δυο κατευθύνσεις υπάρχει απόσταση περίπου 80-100 cm. Οι αποστάσεις σποράς που θα εφαρμοστούν σε κάθε περίπτωση εξαρτώνται από τον τρόπο ανάπτυξης της ποικιλίας, την εποχή σποράς, τη γονιμότητα του εδάφους και σε μεγάλο βαθμό από τη μέθοδο συγκομιδής (Χα και Πετρόπουλος, 2014 ; Agrogen S.A., 2018 ; FAO, 2020).

1.4.1.4 Άρδευση

Η άρδευση, κυρίως την περίοδο που τα φυτά είναι ακόμη νεαρά, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια φασολιού, καθώς βελτιώνει το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών, οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγή και συντελεί στη επίτευξη μέγιστων αποδόσεων. Πριν και μετά τη σπορά είναι απαραίτητη η άρδευση, ώστε να παραμένει η επιφάνεια του εδάφους υγρή. Σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, οι απαιτήσεις σε νερό κυμαίνονται μεταξύ 300-500 mm ανάλογα με α) τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, β) την ποικιλία που χρησιμοποιείται, γ) τη χρονική στιγμή που πραγματοποιήθηκε η σπορά και δ) κατά την περίοδο ωρίμανσης εξαρτώνται από το εάν γίνεται συγκομιδή ξερού ή νωπού φασολιού (Χα και Πετρόπουλος, 2014 ; FAO, 2020). Σχετικά με την καλλιέργεια που προορίζεται για νωπά φασόλια, η άρδευση συνεχίζεται μέχρι πριν από την τελευταία συγκομιδή, ενώ στην καλλιέργεια που παράγονται ξηρά φασόλια, η άρδευση σταματά περίπου 20-25 ημέρες πριν από τη συγκομιδή (FAO, 2020). Το νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση της καλλιέργειας του φασολιού είναι απαραίτητο να χαρακτηρίζεται από πολύ μικρή περιεκτικότητα σε άλατα (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Η έλλειψη και η περίσσεια νερού επιδρούν αρνητικά στην καλλιέργεια, καθώς μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις της. Η έλλειψη νερού προκαλεί (Χα και Πετρόπουλος, 2014 ; FAO, 2020):

- Επιβράδυνση στην ανάπτυξη των φυτών
- Ανομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών
- Πτώση των ανθέων
- Πτώση των καρπών
- Κατά την καρπόδεση, παραμορφωμένους, μικρούς, κοντούς και αποχρωματισμένους καρπούς

Η περίσσεια νερού προκαλεί (Χα και Πετρόπουλος, 2014 ; FAO, 2020):

- Ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών, ιδιαίτερα στην περιοχή ριζών
- Πτώση των ανθέων
- Πτώση των καρπών

Υπάρχουν τρεις τρόποι άρδευσης της καλλιέργειας φασολιού (Χα και Πετρόπουλος, 2014):

1. Στάγδην άρδευση
2. Άρδευση με τεχνητή βροχή
3. Άρδευση με αυλάκια

Υπό άρδευση και σε ευνοϊκά περιβάλλοντα, η απόδοση της καλλιέργειας κυμαίνεται στα 600-800 kg νωπών φασολιών/στρέμμα και 150-200 kg ξηρών φασολιών/στρέμμα (FAO, 2020).

1.4.1.5 Συγκομιδή

Ανάλογα με το αν η καλλιέργεια προορίζεται για παραγωγή νωπών ή ξηρών φασολιών διαφέρει ο χρόνος συγκομιδής.

- Η συνολική διάρκεια ανάπτυξης για τα φασόλια που προορίζονται για νωπή κατανάλωση είναι 60 έως 90 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες (OECD, 2016 ; FAO, 2020). Η συγκομιδή τους αρχίζει 45-80 ημέρες μετά τη σπορά, δηλαδή όταν οι λοβοί

έχουν αποκτήσει έντονο πράσινο χρώμα, είναι τρυφεροί και δεν έχουν προλάβει να διογκωθούν οι σπόροι (Agrogen S.A., 2018).

- Για τα ξηρά φασόλια η συνολική διάρκεια ανάπτυξης είναι 90- 120 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες (OECD, 2016 ; FAO, 2020). Στο στάδιο που οι λοβοί αποκτούν κίτρινο χρώμα, είναι ξηροί και εύθραυστοι, τότε οι σπόροι έχουν φτάσει σε ωρίμανση. Στο στάδιο αυτό η περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία είναι περίπου 50%, όμως η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν οι σπόροι αποκτήσουν περιεκτικότητα σε υγρασία 15-16%, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος σπασίματος και καταστροφής των σπόρων (Nowatzki, 2019). Στην περίπτωση που οι σπόροι χάσουν επιπλέον υγρασία πριν από τη συγκομιδή, θα προκληθεί ρήξη των λοβών με συνέπεια σημαντική μείωση στην παραγωγή (OECD, 2016).

Η διάρκεια της συγκομιδής καθορίζεται με βάση την καλλιεργούμενη ποικιλία και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Αφού η ολοκληρωθεί η συγκομιδή μεταφέρονται σε ψυκτικούς θαλάμους για την αποφυγή μείωσης της μετασυλλεκτικής ζωής του καρπού, όσον αφορά τα νωπά φασόλια (Agrogen S.A., 2018). Ενώ τα φυτά των φασολιών που προορίζονται για τη λήψη του σπόρου, αφήνονται στο χωράφι ή σε κάποιο άλλο μέρος ή σε σιλό ξήρανσης για να μειωθεί η υγρασία. Έπειτα πραγματοποιείται το αλώνισμα (Jones, 1999).

Η συγκομιδή των καρπών και το αλώνισμα γίνονται χειρωνακτικά στις εξής 2 περιπτώσεις: 1. στις αναπτυσσόμενες χώρες και 2. στις αναπτυγμένες χώρες στην περίπτωση των μικρών εκμεταλλεύσεων. Όμως στην περίπτωση εμπορικής παραγωγής στις αναπτυγμένες χώρες, οι διαδικασίες συγκομιδής και το αλώνισμα πραγματοποιούνται με τη χρήση μηχανών (Jones, 1999).

Η προσεκτική συγκομιδή διαδραματίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στην απόδοση του φασολιού. Τυχόν λάθη στο συγκεκριμένο στάδιο της καλλιέργειας θα μπορούσαν να αναιρέσουν όλες τις ωφέλειες των καλλιεργητικών πρακτικών που έχουν προηγηθεί και να οδηγήσουν σε σημαντικές απώλειες της παραγωγής (Jones, 1999).

1.4.2 Παραγόμενα Προϊόντα και θρεπτική αξία

Τα προϊόντα που παράγονται από το κοινό φασόλι και καταναλώνονται από τον άνθρωπο είναι (Χα και Πετρόπουλος, 2014):

- Οι σπόροι. Οι αποξηραμένοι σπόροι του αποτελούν το πιο σημαντικό όσπριο παγκοσμίως για άμεση κατανάλωση.
- Οι καρποί. Καταναλώνονται ως λαχανικό μαγειρεμένοι.
- Τα φύλλα. Τα φύλλα μόνο ορισμένων ποικιλιών καταναλώνονται ως λαχανικό σε ορισμένες χώρες.

Το φασόλι άλλοτε καλλιεργείται για την παραγωγή ξηρών σπόρων και άλλοτε για την παραγωγή νωπών λοβών. Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται κάποιες πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή ξηρών και νωπών φασολιών.

Πίνακας 1. Ετήσια παραγωγή ξηρών φασολιών για το έτος 1998, 2008, 2018 σε Ελλάδα, Ευρωπαϊκή Ένωση και παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή: FAOSTAT, 2020).

Ετήσια παραγωγή ξηρών φασολιών (τόνοι)			
Έτος	Ελλάδα	Ευρωπαϊκή Ένωση	Παγκοσμίως
1998	22179	274879	16609308
2008	18719	130051	21893433
2018	18229	401609	30434280

Πίνακας 2. Ετήσια παραγωγή νωπών φασολιών για το έτος 1998, 2008, 2018 σε Ελλάδα, Ευρωπαϊκή Ένωση και παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή: FAOSTAT, 2020).

Ετήσια παραγωγή νωπών φασολιών (τόνοι)			
Έτος	Ελλάδα	Ευρωπαϊκή Ένωση	Παγκοσμίως
1998	70080	955075	9114653
2008	65482	864182	18954409
2018	57860	693305	24752675

Πίνακας 3. Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή ξηρών φασολιών για το έτος 2018
(Πηγή: FAOSTAT, 2020)

Χώρα	Ετήσια παραγωγή ξηρών φασολιών (τόνοι)
Ινδία	6220000
Μιανμάρ (Βιρμανία)	4779927
Βραζιλία	2915030
Κίνα	1337552
Μεξικό	1196156
Κένυα	765977
Αιθιοπία	607929
Αργεντινή	473389
Ρουάντα	454174
Καζακστάν	409800

Πίνακας 4. Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή νοπών φασολιών για το έτος 2018
(Πηγή: FAOSTAT, 2020).

Χώρα	Ετήσια παραγωγή νοπών φασολιών (τόνοι)
Κίνα	19909982
Ινδονησία	939598
Ινδία	715141
Τουρκία	580949
Ταϊλάνδη	315293
Αίγυπτος	284299
Ιταλία	163824
Μαρόκο	148392
Ισπανία	138925
Μπαγκλαντές	134860

Το κοινό φασόλι (*Phaseolous vulgaris*) καλλιεργείται παγκοσμίως, θεωρείται το πιο σημαντικό όσπριο που παράγεται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο και έχει τη μεγαλύτερη εμπορική αξία σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες καλλιέργειες οσπρίων (Broughton et al., 2003). Το φασόλι έχει υψηλή θρεπτική διατροφική αξία και η πρόσληψη του ευεργετεί τον άνθρωπο, καθώς αποτελεί σημαντική πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών κυρίως φολικού οξέος, διαιτητικών ινών, υδατανθράκων, μία από τις καλύτερες πηγές σιδήρου και πολύτιμη πηγή χαλκού και ψευδαργύρου. Επίσης ωφελεί την υγεία του, καθώς περιέχει φυτοχημικά, αντιοξειδωτικά συστατικά, τα φλαβονοειδή (Jones, 1999 ; OECD, 2016)

1.5 Εχθροί και Ασθένειες

Το *Phaseolus vulgaris* προσβάλλεται από πληθώρα εντόμων και παθογόνων μικροοργανισμών τα οποία προκαλούν σημαντικές απώλειες απόδοσης και μείωση της ποιότητας των σπόρων. Οι μέσες απώλειες απόδοσης κυμαίνονται από 20% - 100%. Ολική απώλεια παραγωγής ενδέχεται να προκύψει στην περίπτωση που η παρουσία εντόμων ή παθογόνων οργανισμών και η δημιουργία ακατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης καλλιέργειας (π.χ. λανθασμένες πρακτικές διαχείρισης, δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες) δράσουν συνδυαστικά (Graham and Vance, 2003; Singh and Schwartz, 2010). Από την έρευνα των Balardin et al. (1997) προκύπτει ότι η γεωγραφική τοποθεσία της εκάστοτε καλλιέργειας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σχετικά με το είδος/τα είδη, που θα την προσβάλλουν.

Προκειμένου να περιοριστεί η μείωση της παραγωγής, εξαιτίας της παρουσίας εντόμων ή παθογόνων οργανισμών, απαιτείται μια ολοκληρωμένη διαχείριση που μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση πιστοποιημένων σπόρων, τη συγκαλλιέργεια, την εφαρμογή αγρανάπαυσης για τη μείωση του πληθυσμού των εντόμων, την πραγματοποίηση κατεργασία εδάφους για την καταστροφή μολυσμένων φυτικών ιστών, τη χρήση βιολογικού και χημικού ελέγχου και τη δημιουργία και αξιοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών (Jones, 1999; Beaver et al., 2003; Coyne et al., 2003).

1.5.1 Εχθροί

Οι πιο συνηθισμένοι εχθροί, που προσβάλλουν το *Phaseolus vulgaris* και οδηγούν σε μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας, μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το τμήμα του φυτού που προσβάλλουν (OECD, 2016):

- Έντομα που προσβάλλουν το στέλεχος των σποροφύτων: Προνύμφες του *Elasmopalpus lignosellus*, προνύμφες του *Agrotis ipsilon*, προνύμφες του *Spodoptera spp.*, προνύμφες του *Teratopactus nodicollis*.
- Έντομα που τρέφονται με φύλλα του φυτού: Ενήλικα του *Diabrotica spp.*, ενήλικα του *Cerotoma spp.*, προνύμφες του *Liriomyza spp.*, προνύμφες του *Omiodes indicate*, προνύμφες του *Urbanus proteus*, προνύμφες του *Helicoverpa armigera*.
- Έντομα που τρέφονται με ρίζες του φυτού : Προνύμφες του *Diabrotica spp.*, προνύμφες του *Cerotoma spp.*, προνύμφες του *Teratopactus nodicollis*.
- Έντομα που απομυζούν το χυμό από τις κάτω επιφάνειες των φύλλων του φυτού: *Polyphagotarsonemus latus*, *Tetranychus urticae*.
- Έντομα που προσβάλλουν το λοβό και τους σπόρους του φυτού : *Maruca vitrata*, *Spodoptera spp.*, *Etiella zinchenella*, *Nezara viridula*, *Euschistus heros*, *Piezodorus guildini*, *Thyanta perditor*, *Edessa meditabunda* , *Chinavia spp.*, προνύμφες του *Helicoverpa armigera*.

1.5.2 Ασθένειες

Οι κυριότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί, που προσβάλλουν το *Phaseolus vulgaris* και προκαλούν ζημιά κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, είναι οι παρακάτω (OECD, 2016):

- Μύκητες
 - *Phoma exigua* var. *diversispora*: Η ασθένεια που προκαλεί ονομάζεται ασκοχύτωση (ascochyta blight).
 - *Phoma exigua* var. *exigua*: Η ασθένεια που προκαλεί ονομάζεται ασκοχύτωση (ascochyta blight).
 - *Fusarium solani*: Η ασθένεια που προκαλεί ονομάζεται φουζαρίωση (fusarium root rot).
 - *Rhizoctonia solani* Η ασθένεια που προκαλεί ονομάζεται ριζοκτονίαση (rhizoctonia root rot).

- Βακτήρια
 - *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*: Η ασθένεια που προκαλεί ονομάζεται κηλιδωτή βακτηρίωση (Bacterial brown spot).

1.6 Ζιζάνια

Ένας από τους κυριότερους λόγους μείωσης της ποσότητας και της ποιότητας των φασολιών αποτελούν τα ζιζάνια. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται σημαντικά την καλλιέργεια φασολιού για τα θρεπτικά στοιχεία, το νερό και το φως. Το *Phaseolus vulgaris* L. δε θεωρείται ισχυρός ανταγωνιστής των ζιζανίων και παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία όταν αναπτύσσεται παρουσία τους (Stagnari and Pisante, 2011). Ανάλογα με την πυκνότητα των ζιζανίων, το είδος ζιζανίων και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας που βρίσκεται κατά την εμφάνιση των ζιζανίων, ποικίλλει το μέγεθος της ζημιάς που προκαλείται (Blackshaw, 1991; Wilson, 1993 ; Chikoye et al., 1995). Έχει αναφερθεί ότι ο αριθμός των λοβών είναι η παράμετρος που ίσως επηρεάζεται περισσότερο αρνητικά από τον ανταγωνισμό των ζιζανίων με την καλλιέργεια (Woolley et al., 1993). Ενδέχεται να προκύψει μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας έως και 96%, στην περίπτωση που υπάρχουν ζιζάνια σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας φασολιού (Amador-Ramirez et al., 2001). Στον πίνακα 5 αναφέρονται τα ζιζάνια, που καταγράφηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα.

Πίνακας 5. Ζιζάνια, που αναπτύχθηκαν στην καλλιέργεια φασολιού του συγκεκριμένου πειράματος.

Κοινό όνομα	Λατινικό όνομα	Κατάταξη
1) Αντράκλα/ Γλυστρίδα	<i>Portulaca oleracea</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο
2) Ηλιοτρόπιο	<i>Heliotropium europaeum</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο
3) Κύπερη	<i>Cyperus spp.</i>	Κυπεροειδές πολυετές είδος
4) Λουβουδιά	<i>Chenopodium album</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο
5) Περικοκλάδα	<i>Convolvulus arvensis</i>	Πολυετές πλατύφυλλο
6) Σετάρια	<i>Setaria spp.</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο αγρωστώδες
7) Στύφνος/Αγριοτοματιά	<i>Solanum nigrum</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο
8) Τριβόλι	<i>Tribulus terrestris</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο
9) Χρωζοφόρα	<i>Chrozophora tinctoria</i>	Ετήσιο ανοιξιάτικο πλατύφυλλο

1.7 Αντιμετώπιση ζιζανίων

Η διαχείριση των ζιζανίων σε μια καλλιέργεια φασολιού αποτελεί μέγιστης σημασίας πρακτική για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης της καλλιέργειας. Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι σημαντικό να πραγματοποιείται σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, καθώς η παρουσία τους μειώνει την παραγωγή αλλά και δυσκολεύει τις διαδικασίες της συγκομιδής και του αλωνίσματος της καλλιέργειας. Βέβαια η καταπολέμηση τους κρίνεται αναγκαία σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Stagnari and Pisante, 2011). Η χρονική αυτή περίοδος

ονομάζεται κρίσιμη περίοδος καταστολής των ζιζανίων. Οι Knezevic et al. (2002) την κρίσιμη αυτή περίοδο την όρισαν ως μία περίοδο, κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, στην οποία τα ζιζάνια πρέπει να καταπολεμώνται, διατηρώντας την καλλιέργεια ανέπαφη από την επίδραση τους, προκειμένου οι απώλειες παραγωγής να προληφθούν. Αυτό σημαίνει ότι η παρέμβαση των ζιζανίων πριν ή μετά την κρίσιμη αυτή περίοδο δεν προκαλεί σημαντικές μειώσεις στις αποδόσεις. Ακόμη και όταν η απομάκρυνση των ζιζανίων πραγματοποιηθεί μόνο αυτό χρονικό διάστημα, αρκεί για να αποφευχθούν οι μεγάλες απώλειες απόδοσης στην καλλιέργεια φασολιού (Ngouajio et al., 1997). Γενικά, η κρίσιμη περίοδος καταστολής των ζιζανίων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και για αυτό το λόγο μπορεί να τροποποιηθεί, διαφέροντας σε κάθε μία περίπτωση. Για να καθοριστεί, λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παρακάτω παράγοντες:

- Η πυκνότητα των ζιζανίων (Beckett et al., 1988; Blackshaw, 1991; Chikoye et al., 1995).
- Ο συνδυασμός των ειδών των ζιζανίων ανάμεσα στην καλλιέργεια (Sibuga and Bandeen, 1980)
- Ο χρόνος εμφάνισης των ζιζανίων (Chikoye et al., 1995)
- Η ένταση φωτός (McLachlan et al., 1993a ; Holt, 1995)
- Το είδος της καλλιέργειας και η ποικιλία (Van Acker et al., 1993 ; Woolley et al., 1993 ; Ford and Pleasant, 1994)
- Ο χρόνος σποράς των καλλιεργειών (Stagnari and Pisante, 2011)
- Η πυκνότητα της καλλιέργειας και το μοτίβο σποράς (Moomaw and Martin, 1984 ; McLachlan et al., 1993a ; Ahmadvand et al., 2009)
- Η θερμοκρασία και η υγρασία (McLachlan et al., 1993a, 1993b)
- Η γονιμότητα του εδάφους (Evans et al., 2003).

1.7.1 Ζιζανιοκτόνα

Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων μπορεί να προσφέρει υψηλή απόδοση στην καλλιέργεια φασολιού, παρέχοντας μεγάλη αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των ζιζανίων ακόμη και όταν η καταπολέμηση τους πραγματοποιείται αποκλειστικά και μόνο με αυτόν τον τρόπο, όπως αποδείχτηκε στο πείραμα των Rana et al. (1999) και των Sadeghipour and Ghaffari Khaligh (2002). Η καταπολέμηση των ζιζανίων με χημικό τρόπο μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν ή μετά την εμφάνιση των

καλλιεργούμενων φυτών (Stagnari and Pisante, 2011). Στον πίνακα 6 αναγράφονται οι εγκεκριμένες δραστικές ουσίες, που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα για την καταπολέμηση των ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού.

Πίνακας 6. Δραστικές ουσίες ζιζανιοκτόνων εγκεκριμένες για την καλλιέργεια φασολιού στην Ελλάδα (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2020).

Ζιζανιοκτόνα και καλλιέργεια φασολιού

1. Aclonifen	8. Imazamox
2. Benfluralin	9. Metobromuron
3. Bentazone	10. Pendimethalin
4. Clomazone	11. Propaquizafop
5. Cycloxydim	12. Propyzamide
6. Diclofop-methyl	13. Quizalofop-p-ethyl
7. Diquat	14. Quizalofop-p-tefuryl

Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τα εξής ζιζανιοκτόνα:

1. Bentazone/imazamox (Cogum® SL). Η δραστική ουσία bentazone ανήκει στην ομάδα των βενζοθειαδιαζινονών, που θεωρούνται αναστολείς του φωτοσυστήματος II της φωτοσύνθεσης. Η δραστική ουσία imazamox ανήκει στην ομάδα των μιδαζολινονών, που αναστέλλουν το ένζυμο οξικογαλακτική συνθεάση. Έτσι παρεμποδίζεται η βιοσύνθεση τριών αμινοξέων: της βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αναστολή της κυτταροδιαίρεσης, αναστολή στην ανάπτυξη των φυτών, χλώρωση, νέκρωση μεριστωματικών ιστών και τέλος νέκρωση των φυτών ύστερα από μερικές εβδομάδες. Το Cogum® SL εφαρμόζεται μεταφυτρωτικά. Στο φασόλι τα ζιζάνια που καταπολεμά είναι τα παρακάτω: αγριοβαμβακιά, αγριοϊβίσκος, αγριοπιπεριά, αγροτοματιά, αντράκλα, ασπροκέφαλος, βερόνικα, βλήτα, ζωχός, καλινσόγκα, καπνόχορτο, καψέλλα, κολλητσίδα, λαπάτσα, λουβουδιά, μαύρο σινάπι, μουχρίτσα, παπαρούνα, πολυκόμπι, σινάπι, σισύμπριο, τάτουλας, χαμομήλι. Απορροφάται από το φύλλωμα αλλά και από το ριζικό σύστημα των φυτών και μεταφέρεται διασυστηματικά σε όλα τα μέρη του

φυτού-ζιζανίου. Τα συμπτώματα που προκαλούνται είναι αρχικά ανασχεση της ανάπτυξης, έπειτα κιτρίνισμα, νέκρωση του φυλλώματος και στο τέλος επέρχεται η νέκρωση των φυτών εντός 1-2 εβδομάδων (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017; Basf, 2019a).

2. Pendimethalin (Stomp® Aqua 455 CS). Το pendimethalin ανήκει στην ομάδα των δινιτροανιλινών, που θεωρούνται αναστολείς της μίτωσης. Συγκεκριμένα παρεμποδίζουν τη συμμετοχή της τουμπουλίνης στο σχηματισμό της ατράκτου κατά την κυτταροδιαίρεση. Η τουμπουλίνη σχηματίζει σύμπλοκο με τα ζιζανιοκτόνα με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο πολυμερισμός της και η παραγωγή των μικροσωληνίσκων, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για το σχηματισμό της ατράκτου στη μίτωση. Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα που προκαλείται στα φυτά είναι η διόγκωση των ριζών στη μεριστωματική περιοχή και η αδυναμία σχηματισμού πλάγιων ή δευτερογενών ριζών. Το Stomp® Aqua 455 CS εφαρμόζεται ανάλογα με την καλλιέργεια, προσπαρτικά με ενσωμάτωση, προφυτρωτικά στην επιφάνεια του εδάφους, με ενσωμάτωση πριν τη μεταφύτευση, ή νωρίς μεταφυτρωτικά. Είναι εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο και απορροφάται τόσο από τις ρίζες όσο και από τα φύλλα. Καταπολεμά ετήσια αγρωστώδη ζιζάνια, όπως τα είδη: αιματόχορτο, μουχρίτσα, πράσινη σετάρια, σπονδυλωτή σετάρια, τα οποία θεωρούνται ευαίσθητα ζιζάνια και ετήσια πλατύφυλλα ζιζάνια, όπως τα είδη: άγριο σινάπι, αναγαλλίς, αναρριχώμενο πολύγωνο, αντράκλα/γλυστρίδα, βερόνικα, βλήτο πλαγιαστό, βλήτο τραχύ, ζωγός, ηλιοτρόπιο κοινό, κουφάγκαθο, λουβουδιά, μαρτιάκος, παπαρούνα, πολυκόμπι, στελλάρια, στύφνος, τριβόλι, τα οποία χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητα ζιζάνια στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017 ; Basf, 2019b).

1.7.2 Μη χημικές μέθοδοι καταπολέμησης των ζιζανίων στο φασόλι

Άλλοι τρόποι καταπολέμησης των ζιζανίων στη συγκεκριμένη καλλιέργεια αποτελούν **α) το βοτάνισμα και β) η μηχανική μέθοδος.**

α) Η αφαίρεση των ζιζανίων με το χέρι ή χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι χρησιμοποιείται συχνά και πραγματοποιείται κατά την κρίσιμη περίοδο (Graham and Ranalli, 1997).

Στο πείραμα των Sadeghipour and Ghaffari Khaligh (2002), υψηλή απόδοση (527,6 g/m²) στην καλλιέργεια φασολιού επετεύχθη, πραγματοποιώντας δύο φορές χειρωνακτικό βοτάνισμα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το βοτάνισμα σε μικρή καλλιεργούμενη έκταση είναι οικονομικά αποδεκτό και ταυτόχρονα δεν απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα πραγματοποίησης του. Τα αποτελέσματα του παραπάνω πειράματος υποδεικνύουν τη σπουδαιότητα του βοτανίσματος στην καλλιέργεια φασολιών.

β) Σε χαμηλές πυκνότητες ζιζανίων, η κατεργασία εδάφους μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη των ζιζανίων, όπως αποδείχθηκε στο πείραμα των Amador-Ramirez et al. (2001). Επίσης, οι Lovely et al. (1958) απέδειξαν ότι με δευτερογενή κατεργασία του εδάφους πριν από την εμφάνιση των ζιζανίων η ζημιά από την προσβολή τους περιορίστηκε κατά 80%. Σύμφωνα με την έρευνα των Pullen and Cowell (1997) αποδείχτηκε ότι ο καταλληλότερος χρόνος για τον έλεγχο των ζιζανίων με δευτερογενή κατεργασία εδάφους είναι από το διάστημα ανάπτυξης των κοτυληδόνων έως το διάστημα ανάπτυξης των δύο πραγματικών φύλλων των ζιζανίων.

Οι παραπάνω μέθοδοι χρησιμοποιούνται κυρίως 1) στις αναπτυσσόμενες χώρες και 2) σε συστήματα βιολογικής καλλιέργειας (Ngouajio et al., 1997; Stagnari and Pisante, 2011). Όμως σε άλλες περιπτώσεις η χρήση τους μεμονωμένα αποφεύγεται να πραγματοποιείται, καθώς αυτές οι μέθοδοι παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα:

- Το βοτάνισμα δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί σε παραγωγή μεγάλης κλίμακας, απαιτεί υψηλή διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού με αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλού κόστους, αποτελεί μία εξαιρετικά χρονοβόρα διαδικασία και δεν προσφέρει ικανοποιητικό αποτέλεσμα επειδή ο χρόνος απομάκρυνσης των ζιζανίων δεν είναι πάντα σωστός και κατάλληλος (Ngouajio et al., 1997; Sadeghipour and Ghaffari Khaligh, 2002).
- Η μηχανική μέθοδος απαιτεί μεγάλο κόστος και χρονική διάρκεια για να επιτευχθεί και δεν είναι συχνά απόλυτα επιτυχής (Stagnari and Pisante, 2011). Επίσης είναι αδύνατον να αντιμετωπίσει τα ζιζάνια που βρίσκονται πάνω στις γραμμές σποράς και πάντα υπάρχει ο κίνδυνος τραυματισμού των ριζών και των στελεχών των φυτών που έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή τους και τη μείωση των αποδόσεων της καλλιέργειας (Vangessel et al., 1995; Amador-Ramirez et al., 2001; Jafari et al., 2013).

1.7.3 Συνδυασμός των ζιζανιοκτόνων με άλλες μεθόδους

Καθώς τα διαθέσιμα ζιζανιοκτόνα κάποιες φορές αδυνατούν να καταπολεμήσουν επαρκώς όλα τα είδη ζιζανίων που υπάρχουν σε έναν αγρό και καθώς οι μεγάλες ποσότητες από τη μεμονωμένη χρήση τους για ισχυρή αποτελεσματικότητα εναντίον των ζιζανίων αυξάνουν υπερβολικά το κόστος παραγωγής αλλά και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων (Integrated weed management, IWM) μπορούν να δράσουν συνδυαστικά με μη χημικές μεθόδους με αποτέλεσμα τη δημιουργία βέλτιστων στρατηγικών, ώστε να επιτευχθεί αποτελεσματικός και οικονομικός έλεγχος των ζιζανίων (Woolley et al., 1993; Vangessel et al., 1995; Ngouajio et al., 1997; Rana et al., 1999; Stagnari and Pisante, 2011). Οι συνδυασμοί μεθόδων που μπορούν να εφαρμοστούν στην καλλιέργεια φασολιού και να προσφέρουν ένα υψηλά μεγάλο ποσοστό καταπολέμησης των ζιζανίων είναι οι παρακάτω:

1. Ζιζανιοκτόνα και βοτάνισμα

Συμφώνα με την έρευνα των Sadeghipour and Ghaffari Khaligh (2002), τα αποτελέσματα τους απέδειξαν ότι η υψηλότερη απόδοση στην καλλιέργεια φασολιού ($581,1 \text{ g/m}^2$) επιτεύχθηκε με την άριστη καταπολέμηση των ζιζανίων χάρη στο συνδυασμό της εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου trifluralin και του βοτανίσματος δύο φορές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Επίσης, το πείραμα των Rana et al. (1999) αποκάλυψε ότι τα ζιζανιοκτόνα pendimethalin, fluchloralin, alachlor και metolachlor που χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με χειρωνακτικό βοτάνισμα προσέφεραν πολύ πιο επιτυχές αποτέλεσμα σε σχέση με την εφαρμογή του διπλού χειρωνακτικού βοτανίσματος. Με το συνδυασμό αυτών των μεθόδων τα ζιζανιοκτόνα εφαρμόστηκαν σε μικρότερες ποσότητες σε σχέση με τις ποσότητες, που χρησιμοποιήθηκαν όταν εφαρμόστηκαν μόνα τους για τον έλεγχο των ζιζανίων επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα και την παροχή υψηλών αποδόσεων και επιβαρύνοντας λιγότερο το περιβάλλον. Επομένως η χρήση ζιζανιοκτόνων και η εφαρμογή βοτανίσματος συνδυαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο ζιζανίων σε αγρούς στους οποίους καλλιεργείται το φασόλι.

2. Ζιζανιοκτόνα και μηχανική μέθοδος

Δυνατότητα βελτίωσης του ελέγχου των ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού μπορεί να επιτευχθεί θέτοντας σε εφαρμογή το συνδυασμό χημικής και μηχανικής μεθόδου. Οι Amador-Ramirez et al. (2001) επιβεβαιώνουν από τη μελέτη τους ότι τα ζιζανιοκτόνα EPTC + ethalfluralin, dimethenamid, imazethapyr + bentazone που χρησιμοποιήθηκαν, ιδίως εκείνα που δεν ήταν τόσο αποτελεσματικά, όταν συνδυάστηκαν με μηχανική κατεργασία εδάφους ακόμη και στην περίπτωση που τα ζιζάνια βρίσκονταν σε υψηλές πυκνότητες, συντέλεσαν σε πολύ πιο αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων σε σχέση με όταν εφαρμόστηκε μεμονωμένα η χημική και η μηχανική μέθοδος.

3. Ζιζανιοκτόνα και προληπτικά μέτρα

Ο συνδυασμός της χρήσης των ζιζανιοκτόνων ethalfluralin, bentazone, imazethapyr και imazamox, είτε εφαρμόζοντας τα μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό, και της υλοποίησης των πρακτικών των στενών σειρών και της υψηλής πυκνότητας φυτών μπορεί να ωφελήσει στο μέγιστο τη διαχείριση των ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού, όπως αποδείχθηκε στο πείραμα των Blackshaw et al. (2000). Με αυτόν το συνδυασμό, οι αποδόσεις της καλλιέργειας σημείωσαν πολύ μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με όταν πραγματοποιήθηκε σπορά σε στενές γραμμές και με αύξηση της πυκνότητας των φυτών αλλά χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων ή όταν εφαρμόστηκε το σύστημα παραγωγής της ευρείας σειράς και της χαμηλής πυκνότητας με παρουσία ζιζανιοκτόνων (Blackshaw et al., 2000). Τα φασόλια όταν αναπτύσσονται σε στενές σειρές σχηματίζουν πυκνό φύλλωμα κάτω από το οποίο δημιουργείται σκιά με αποτέλεσμα την ανάσχεση της βλάστησης των ζιζανίων στα τέλη της περιόδου (Holt, 1995). Επιλέγοντας σπορά σε στενές γραμμές και αύξηση της πυκνότητας των φυτών διευκολύνεται η μείωση του αριθμού των εφαρμογών ή/και των ποσοτήτων των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται. Γενικά η εφαρμογή αγρονομικών πρακτικών, κάνοντας τις καλλιέργειες ανταγωνιστικές, σε συνδυασμό με τη χρήση ζιζανιοκτόνων μπορούν να οδηγήσουν σε βελτιωμένη διαχείριση ζιζανίων (Blackshaw et al., 2000).

1.8 Σκοπός μελέτης

Δεδομένου ότι τα ζιζάνια αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα μείωσης της παραγωγής των καλλιεργειών μέσω του ανταγωνισμού τους με τα φυτά, υπάρχει μεγάλη αφθονία ερευνών και πειραμάτων εξετάζοντας την αποτελεσματικότητα δραστικών ουσιών ενάντια σε διάφορα είδη ζιζανίων, που προσβάλλουν διάφορες καλλιέργειες. Σχετικά με αυτό το θέμα, η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως στόχο την αξιολόγηση της δραστικότητας και της εκλεκτικότητας ζιζανιοκτόνων, εφαρμοσμένων σε ζιζάνια που αναπτύσσονταν σε συγκεκριμένο αγρό, σε καλλιέργεια φασολιού. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε, χρησιμοποιώντας το μάρτυρα χωρίς καμία επέμβαση και δύο ζιζανιοκτόνα είτε εφαρμόζοντας τα σε συνδυασμό είτε μεμονωμένα. Προκειμένου να μελετηθεί το συγκεκριμένο θέμα εξετάστηκαν συγκεκριμένες παράμετροι, που σχετίζονταν τόσο με την καλλιέργεια φασολιού όσο και με τα ζιζάνια. Στην καλλιέργεια φασολιού καταγράφηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά: το ύψος φυτών, το νωπό βάρος τους, το ξηρό βάρος τους, ο αριθμός λοβών, το νωπό βάρος λοβών και η σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης. Στα ζιζάνια καταγράφηκαν: η πυκνότητα, το νωπό βάρος και το ξηρό βάρος τους. Οι ληφθείσες παρατηρήσεις αναμένεται να αποκαλύψουν το βαθμό αποτελεσματικότητας των υπό μελέτη ζιζανιοκτόνων εναντίον των υπαρχόντων ζιζανίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός Αγρός

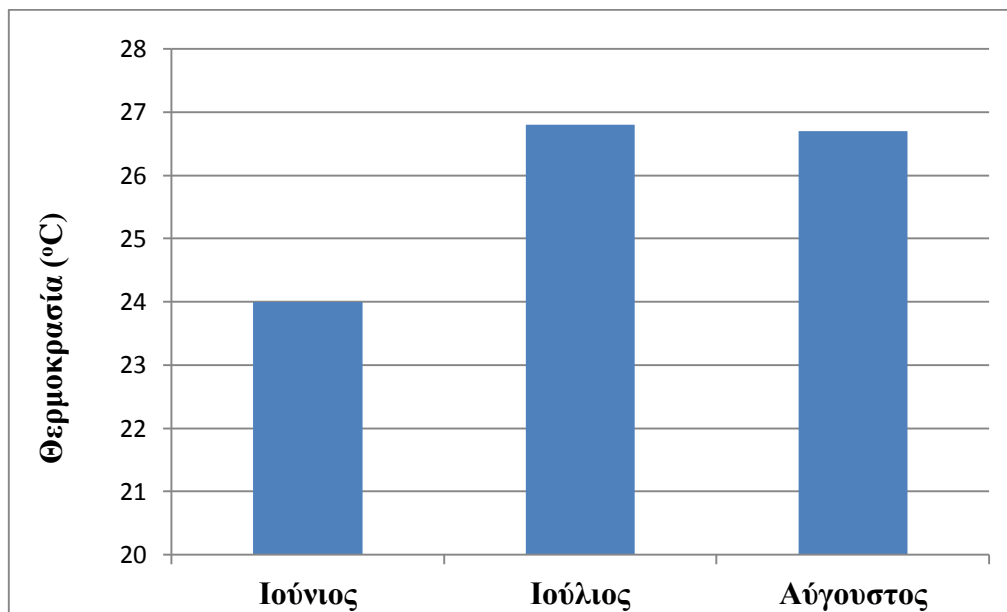
Το πείραμα της συγκεκριμένης έρευνας διεξήχθη στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Το κατάλληλο έδαφος και οι καιρικές συνθήκες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη της καλλιέργειας φασολιού. Το έδαφος του αγροτεμαχίου όπου πραγματοποιήθηκε το

πείραμα χαρακτηρίζεται ως αμμοαργιλοπηλώδες (άμμος 38%, άργιλος 26%, ιλύς 36%) με pH 7,4.

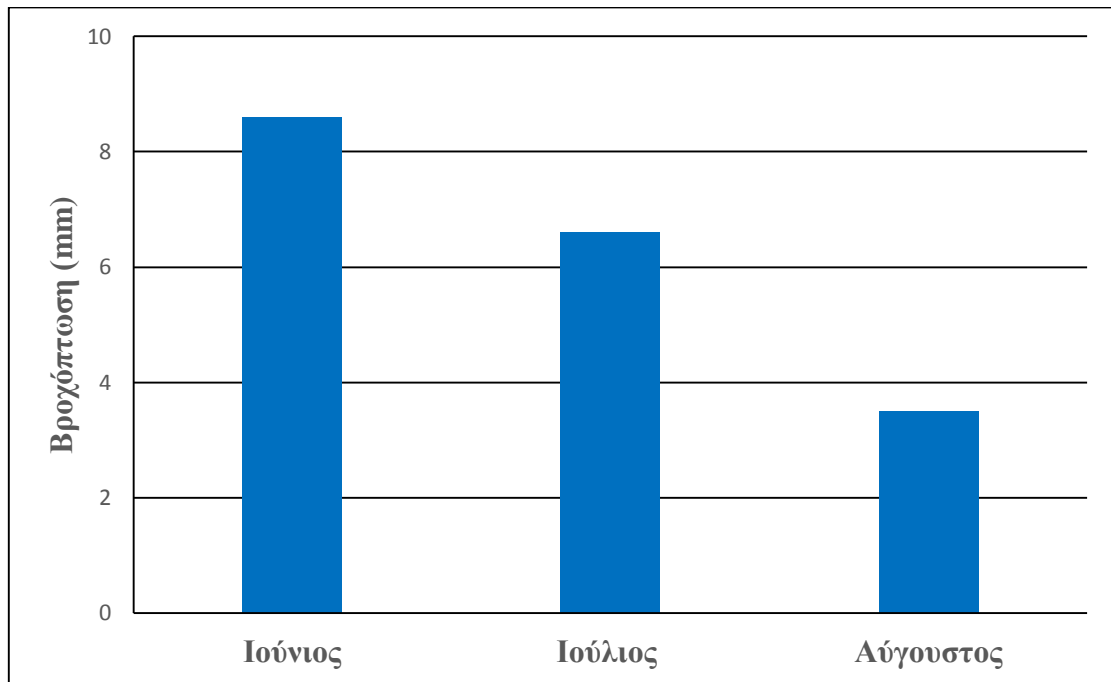


Εικόνα 1. Πειραματικός αγρός (20/06/2020)

Συλλέχθηκαν μετεωρολογικές πληροφορίες από το μετεωρολογικό σταθμό του αγροκτήματος. Στα παρακάτω διαγράμματα εκφράζονται παραστατικά η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο τους έτους 2020.



Διάγραμμα 1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την περίοδο ανάπτυξης του φασολιού στην περιοχή του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Διάγραμμα 2. Μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης κατά την περίοδο ανάπτυξης του φασολιού στην περιοχή του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα ο Ιούλιος ήταν ο μήνας με τη μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία (26,8 °C) σε σχέση με τον Ιούνιο (24 °C) και τον Αύγουστο (26,7 °C), ενώ ο Ιούνιος ήταν ο μήνας με το μεγαλύτερο μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης (8,6 mm) σε σύγκριση με τους άλλους δύο μήνες (6,6 mm για τον Ιούλιο και 3,5 mm για τον Αύγουστο).

2.2 Πειραματική διαδικασία

2.2.1 Κατεργασία εδάφους

Αρχικά τον Οκτώβριο του 2019 πραγματοποιήθηκε η πρωτογενής κατεργασία του εδάφους (όργωμα), με σκοπό την υποβοήθηση της ανάπτυξης της ρίζας του φυτού και της σωστής διαμόρφωσης της. Στη συνέχεια ακολούθησε δευτερογενής κατεργασία (φρεζάρισμα) το Μάιο του 2020, για να επιτευχθούν οι κατάλληλες συνθήκες για το φύτευμα των σπόρων και τη μετέπειτα ανάπτυξη των φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Τόσο η πρωτογενής όσο και η δευτερογενής κατεργασία του

εδάφους συντέλεσαν στη δημιουργία επιτυχημένης εγκατάστασης της καλλιέργειας φασολιού.



Εικόνα 2. Δευτερογενής κατεργασία εδάφους με καλλιεργητή στις 02/06/2020

2.2.2. Σπορά

Η σπορά του φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L.) πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά στις 02/06/2020 σε βάθος 3cm και σε αποστάσεις 50 cm μεταξύ των γραμμών σποράς και 8-10 cm μεταξύ των φυτών πάνω στη γραμμή. Η ποικιλία φασολιού που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Baroma. Μερικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ποικιλίας αναφέρονται παρακάτω:

- Είναι νάνα ποικιλία
- Είναι πολύ παραγωγική
- Έχει έναν ορθοφυή τρόπο ανάπτυξης που καθιστά τη συγκομιδή πολύ εύκολη
- Μπορεί να συλλεχθεί πολλές φορές
- Οι λοβοί έχουν σαρκώδη υφή
- Το πλάτος του λοβού είναι 20 mm.
- Είναι ανθεκτική στον *Bean common mosaic virus* (BCMV) και στον *Beet curly top virus* (BCTV)
- Έχει ωριμότητα σε 58 ημέρες
- Έχει μέτρια ευρωστία φυτού
- Έχει μεσαίο ύψος φυτού
- Έχει λευκό χρώμα λουλουδιών

- Έχει ανοιχτό και μεσαίο πράσινο χρώμα φύλλων
- Η διατομή του λοβού είναι επίπεδη
- Το μήκος λοβού είναι 14 cm
- Η διάμετρος λοβού είναι 20 mm
- Έχει λευκό χρώμα σπόρου

(Bakker Brothers, 2017).

Μετά τη σπορά του φασιολιού πραγματοποιήθηκε άρδευση και το φύτεμα της καλλιέργειας έγινε στις 10/06/2020. Έπειτα σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του πραγματοποιούνταν άρδευση ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2-3 φορές την εβδομάδα).

2.2.3. Επεμβάσεις για την καταπολέμηση των ζιζανίων

Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις, περιλαμβάνοντας 4 επεμβάσεις στην καθεμία από αυτές, τον ασκάλιστο μάρτυρα, 2 ζιζανιοκτόνα μεμονωμένα (pendimethalin, bentazone+imazamox) και ο συνδυασμός των 2 αυτών ζιζανιοκτόνων, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3. Σε άλλα πειραματικά τεμάχια στο συγκεκριμένο πειραματικό αγρό είχαν εφαρμοστεί άλλες μεταχειρίσεις οι οποίες δεν αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης στη συγκεκριμένη διατριβή (Διάγραμμα 3).

-	Stomp + Corum	-
-	Corum	Corum
Corum	Ασκάλιστος μάρτυρας	-
Stomp + Corum	-	Ασκάλιστος μάρτυρας
-	-	Stomp
Stomp	-	Stomp + Corum
Ασκάλιστος μάρτυρας	Stomp	-
Επανάληψη Α	Επανάληψη Β	Επανάληψη Γ

Διάγραμμα 3. Σχέδιο πειράματος στον αγρό με 4 επεμβάσεις σε καθεμία από τις 3 επαναλήψεις.

- Η επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Stomp Aqua 455CS (pendimethalin) πραγματοποιήθηκε στις 03/06/2020. Εφαρμόστηκε προφυτρωτικά στην επιφάνεια του εδάφους, χρησιμοποιώντας δόση 250 ml/στρέμμα δηλαδή 1,5 ml/6 m² και έπειτα πραγματοποιήθηκε άρδευση.
- Η επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Corum SL (bentazone/imazamox) έλαβε χώρα στις 23/06/2020. Εφαρμόστηκε καθολικά, μεταφυτρωτικά, όταν η καλλιέργεια βρισκόταν στο στάδιο των 2-3 πραγματικών φύλλων, χρησιμοποιώντας δόση 125 ml/στρέμμα δηλαδή 0,75 ml/6 m² και ταυτόχρονα έγινε χρήση και εφαρμογή του επιφανειοδραστικού παράγοντα alkylphenol alkoxylate (Kaytar SL) χρησιμοποιώντας 200ml/100L ψεκαστικού υγρού για τη βελτίωση της προσκόλλησης των σταγονιδίων του ψεκαστικού διαλύματος στις φυτικές επιφάνειες, ώστε να διασφαλιστεί μεγάλη αποτελεσματικότητα κατά των ζιζανίων.
- Στη συνδυασμένη εφαρμογή Stomp+Corum η εφαρμογή του Stomp έγινε προφυτρωτικά και του Corum μεταφυτρωτικά.

Για τις επεμβάσεις με τα παραπάνω ζιζανιοκτόνα έγινε χρήση ενός ψεκαστήρα ακριβείας, με ακροφύσια τύπου σκούπας, ο όγκος του ψεκαστικού υγρού ήταν 30 L/στρέμμα και η πίεση κατά τον ψεκασμό ρυθμίστηκε να βρίσκεται στο επίπεδο των 2,5 atm.



Εικόνα 3. Ασκάλιστος μάρτυρας
(01/07/2020)

Εικόνα 4. Εφαρμογή του
ζιζανιοκτόνου Corum (01/07/2020)



Εικόνα 5. Εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου Stomp (01/07/2020)

Εικόνα 6. Εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων Stomp και Corum (01/07/2020)

Λόγω της μη ιδιαίτερης προσβολής από παθογόνους οργανισμούς και έντομα, δε χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί στην καλλιέργεια κάποια επέμβαση κατά των οργανισμών αυτών.

2.3 Μετρήσεις σε φυτά φασολιού και ζιζάνια

Για τη μελέτη της αξιολόγησης της εκλεκτικότητας και της αποτελεσματικότητας των ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια του φασολιού πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις στις εξής ημερομηνίες:

- 01/07/2020 (στάδιο βλαστητικής ανάπτυξης του φασολιού)
- 10/07/2020 (στάδιο άνθισης του φασολιού)
- 21/07/2020 (στάδιο καρπόδεσης του φασολιού)
- 03/08/2020 (στάδιο συγκομιδής του φασολιού)

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας φασολιού, Ιουνίου – Αυγούστου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, συσχετιζόμενες με το υπέργειο τμήμα των φυτών σε α) φυτά φασολιού και β) ζιζάνια.

A) Φυτά φασολιού

Τα δείγματα των φυτών φασολιού λήφθηκαν από τις εσωτερικές σειρές των τεμαχίων, ώστε να πραγματοποιηθούν οι παρακάτω μετρήσεις:

- Ύψος φυτών φασολιού: Πραγματοποιήθηκε μέτρηση του ύψους 3 φυτών από κάθε επέμβαση σε κάθε τεμάχιο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες: 01/07/2020, 10/07/2020, 21/07/2020, 03/08/2020.
- Μέτρηση χλωροφύλλης: Η μέτρηση της χλωροφύλλης πραγματοποιήθηκε, υπολογίζοντας με το φορητό όργανο SPAD-502 chlorophyll meter (Konica Minolta Optics Inc.) το μέσο όρο της χλωροφύλλης του 3^{ου} φύλλου από την κορυφή 3 φυτών από κάθε επέμβαση. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες: 01/07/2020, 10/07/2020, 21/07/2020, 03/08/2020.
- Νωπό βάρος: Για τη μέτρηση του νωπού βάρους χρησιμοποιήθηκαν 3 φυτά από κάθε επέμβαση, τα οποία κόπηκαν και έπειτα τοποθετήθηκαν σε ζυγαριά ακριβείας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες: 01/07/2020, 10/07/2020, 21/07/2020, 03/08/2020.
- Ξηρό βάρος: Για την εύρεση του ξηρού βάρους χρησιμοποιήθηκαν 3 φυτά από κάθε επέμβαση, τα οποία αφού κόπηκαν για να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του νωπού βάρους, τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο. Οι μετρήσεις του ξηρού βάρους των φυτών φασολιού πραγματοποιούνταν με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας 2-3 ημέρες μετά την τοποθέτησή τους στο ξηραντήριο, στο οποίο η θερμοκρασία βρισκόταν στους 70 °C.
- Αριθμός λοβών: Η μέτρηση του αριθμού των λοβών πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά σε καθένα από τα 3 φυτά, που λαμβάνονταν από κάθε επέμβαση, στις 03/08/2020.
- Νωπό βάρος λοβών: Από τα 3 φυτά, που λήφθηκαν από κάθε επέμβαση, το βάρος του συνολικού αριθμού λοβών κάθε φυτού υπολογίστηκε στις 03/08/2020 χρησιμοποιώντας ζυγαριά ακριβείας.

B) Ζιζάνια

Η αναζήτηση και η μέτρηση παραμέτρων των ζιζανίων, που δρούσαν ανταγωνιστικά στην καλλιέργεια φασολιού, πραγματοποιήθηκε από μία έκταση 40 × 40 cm σε κάθε διαφορετική επέμβαση των Α, Β και Γ τεμαχίων. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν τα εξής:

- Αριθμός: Παρατηρήθηκε και μετρήθηκε ο αριθμός του κάθε παρόντος ζιζανίου στην έκταση 40 × 40 cm σε κάθε ξεχωριστή επέμβαση των Α, Β και Γ τεμαχίων την 01/07/2020, 10/07/2020 και 21/07/2020.
- Νωπό βάρος: Αφού πραγματοποιήθηκε κοπή του συγκεκριμένου αριθμού του κάθε ζιζανίου που υπήρχε στην έκταση 40 × 40 cm, το νωπό βάρος βρέθηκε τοποθετώντας τα σε ζυγαριά ακριβείας. Οι μετρήσεις νωπού βάρους πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες: 01/07/2020, 10/07/2020, 21/07/2020.
- Ξηρό βάρος: Μετά την κοπή και τη μέτρηση του νωπού βάρους του συγκεκριμένου αριθμού του κάθε ζιζανίου που υπήρχαν στην έκταση 40 × 40 cm, τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο σε θερμοκρασία 70 ° C . Η μέτρηση του ξηρού βάρους τους πραγματοποιούνταν 2-3 ημέρες μετά από την τοποθέτησή τους στο ξηραντήριο με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας.

Με την αποπεράτωση όλων των απαραίτητων μετρήσεων, η καλλιέργεια φασολιού έφτασε στο στάδιο ολοκλήρωσης του βιολογικού της κύκλου. Η συγκομιδή της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά στις 03/08/2020.



Εικόνα 7. Στάδιο συγκομιδής του φασολιού (03/08/2020)

2.4 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα, που λήφθηκαν από τις 4 επεμβάσεις των 3 επαναλήψεων, χρησιμοποιήθηκαν στη στατιστική μέθοδο της Ανάλυσης Διακύμανσης ή Ανάλυσης Διασποράς (ANOVA, Analysis of Variance) για να αναλυθούν, ώστε να παρατηρηθεί εάν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των τιμών των επεμβάσεων για καθεμία παράμετρο. Στις περιπτώσεις εκείνες, όπου διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων, οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν για να διαπιστωθεί ποιοι μέσοι όροι διαφέρουν από ποιους στατιστικά σημαντικά με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD test), με τη διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αποτελέσματα σχετικά με τα φυτά φασολιού

3.1.1 Ύψος των φυτών φασολιού

3.1.1.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Στην 1^η μέτρηση του πειράματος, το μικρότερο ύψος των φυτών του φασολιού

καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα (18 cm), ενώ η μεγαλύτερη τιμή του σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε πραγματοποιηθεί επέμβαση με τη δραστική ουσία pendimethalin (22,3 cm).

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ύψους έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του πειράματος. Συγκεκριμένα καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και του pendimethalin, του μάρτυρα και του bentazone/imazamox, του μάρτυρα και του pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ζιζανιοκτόνων (pendimethalin και bentazone/imazamox, pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox, bentazone/imazamox και pendimethalin+bentazone/imazamox (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ύψος των φυτών του φασολιού κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ύψους (cm)
Μάρτυρας	18,0 b
Pendimethalin	22,3 a
Bentazone/imazamox	21,8 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	21,2 a
LSD_{5%}	2,30
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	8,510
Τιμή P	0,014

3.1.1.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Κατά τη 2^η μέτρηση, η μικρότερη τιμή ύψους στα φυτά φασολιού σημειώθηκε στο μάρτυρα (21,8 cm), ενώ η μεγαλύτερη παρατηρήθηκε στα τεμάχια όπου είχε γίνει επέμβαση με bentazone/imazamox (24,3 cm).

Με την υλοποίηση της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων του ύψους προέκυψε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του πειράματος (Πίνακας 8). Αναλυτικά, υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και του pendimethalin, του μάρτυρα και του bentazone/imazamox, του μάρτυρα και του συνδυασμού των δύο ζιζανιοκτόνων, ενώ δεν φανερώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ζιζανιοκτόνων.

3.1.1.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Στην τρίτη μέτρηση, τα φυτά φασολιού που βρίσκονταν στα τεμάχια του μάρτυρα σημείωσαν το μικρότερο ύψος (29,4 cm), ενώ εκείνα που υπήρχαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το bentazone/imazamox είχαν το μεγαλύτερο ύψος (34,6 cm). Όπως φαίνεται στον πίνακα 9, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Με την δοκιμασία της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και καθενός από τα δύο ζιζανιοκτόνα αλλά και του συνδυασμού τους, ενώ μεταξύ των τριών ζιζανιοκτόνων δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 9).

3.1.1.4 Τέταρτη μέτρηση (03/08/2020)

Σύμφωνα με τις μετρήσεις στις 03/08/2020, παρατηρήθηκε ότι το μικρότερο ύψος (47,7 cm) διέθεταν τα φυτά φασολιού στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ το μεγαλύτερο ύψος (55,8 cm) σημείωσαν τα φυτά στην επέμβαση με το pendimethalin. Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων αποκαλύφθηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των εφαρμοσμένων επεμβάσεων. Οι διαφορές, που παρατηρήθηκαν, ήταν μεταξύ του μάρτυρα και καθεμίας από τις τρεις μεταχειρίσεις με τα ζιζανιοκτόνα,

ενώ μεταξύ των τριών ζιζανιοκτόνων δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 10).

Πίνακας 8. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ύψος των φυτών του φασολιού κατά τη 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ύψους (cm)
Μάρτυρας	21,8 b
Pendimethalin	23,4 a
Bentazone/imazamox	24,3 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	23,7 a
LSD_{5%}	1,49
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	6,337
Τιμή P	0,027

Πίνακας 9. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ύψος των φυτών του φασολιού κατά τη 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ύψους (cm)
Μάρτυρας	29,4 b
Pendimethalin	33,3 a
Bentazone/imazamox	34,6 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	33,8 a
LSD_{5%}	3,60
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	4,798
Τιμή P	0,049

Πίνακας 10. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ύψος των φυτών του φασολιού κατά τη 4^η μέτρηση (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ύψους (cm)
Μάρτυρας	47,7 b
Pendimethalin	55,8 a
Bentazone/imazamox	53,1 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	55,3 a
LSD_{5%}	4,15
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	9,658
Τιμή P	0,010

3.1.2 Συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά φασολιού

3.1.2.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Κατά την πρώτη μέτρηση του πειράματος, που πραγματοποιήθηκε 01/07/2020, η μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (39,5 τιμή SPAD) σημειώθηκε σε φυτά φασολιού στα τεμάχια του μάρτυρα, ενώ η μεγαλύτερη (41,5 τιμή SPAD) βρέθηκε στα φυτά στην επέμβαση όπου είχε εφαρμοστεί ο συνδυασμός των δύο ζιζανιοκτόνων. Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων των επεμβάσεων σχετικά με το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σημειώθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του πειράματος (Πίνακας 11).

3.1.2.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Όπως φαίνεται στον πίνακα 12, η μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (42,2 τιμή SPAD) παρουσιάστηκε στα φυτά φασολιού στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ η

μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (48,4 τιμή SPAD) καταγράφηκε στα φυτά των τεμαχίων όπου είχε εφαρμοστεί η δραστική ουσία bentazone/imazamox.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η περαιτέρω ανάλυση τους αποκάλυψε ότι οι διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα, ενώ δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα φυτά μεταξύ των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα.

3.1.2.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Στην τρίτη μέτρηση παρατηρήθηκε ότι η μικρότερη τιμή στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (39,0 τιμή SPAD) ήταν στα φυτά στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ η μεγαλύτερη τιμή (46,1 τιμή SPAD) εντοπίστηκε στα φυτά των μεταχειρίσεων με bentazone/imazamox. Αφού αναλύθηκαν στατιστικά τα δεδομένα παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι διαφορές ανιχνεύθηκαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με pendimethalin, με bentazone/imazamox και με pendimethalin + bentazone/imazamox. Επίσης, είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι μεταξύ των ζιζανιοκτόνων δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 13).

3.1.2.4 Τέταρτη μέτρηση (03/08/2020)

Σύμφωνα με τον πίνακα 14, η μικρότερη τιμή SPAD (39,2 τιμή SPAD) σημειώθηκε στα φυτά των τεμαχίων του μάρτυρα, ενώ η μεγαλύτερη τιμή SPAD (47,0 τιμή SPAD) παρουσιάστηκε στα φυτά στις επεμβάσεις του bentazone/imazamox.

Βάσει της στατικής ανάλυσης, αποδείχτηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων σχετικά με τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών φασολιού. Με τη δοκιμασία της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όχι μεταξύ των επεμβάσεων των ζιζανιοκτόνων, αλλά μεταξύ της επέμβασης του ασκάλιστου μάρτυρα και των επεμβάσεων τόσο με τη μεμονωμένη εφαρμογή όσο και με τη σε συνδυασμό εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων (Πίνακας 14).

Πίνακας 11. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά του φασολιού κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές SPAD
Μάρτυρας	39,5 a
Pendimethalin	41,0 a
Bentazone/imazamox	41,1 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	41,5 a
LSD_{5%}	-
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	0,894
Τιμή P	0,497

Πίνακας 12. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά του φασολιού κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές SPAD
Μάρτυρας	42,2 b
Pendimethalin	48,1 a
Bentazone/imazamox	48,4 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	47,3 a
LSD_{5%}	3,25
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	9,613
Τιμή P	0,010

Πίνακας 13. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά του φασολιού κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές SPAD
Μάρτυρας	39,0 b
Pendimethalin	45,9 a
Bentazone/imazamox	46,1 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	46,0 a
LSD_{5%}	4,51
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	7,334
Τιμή P	0,02

Πίνακας 14. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φυτά του φασολιού κατά την 4^η μέτρηση (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές SPAD
Μάρτυρας	39,2 b
Pendimethalin	45,1 a
Bentazone/imazamox	47,0 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	46,6 a
LSD_{5%}	4,19
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	8,957
Τιμή P	0,012

3.1.3 Νωπό βάρος των φυτών φασολιού

3.1.3.1 Πρώτη μέτρηση (01/07//2020)

Σύμφωνα με τον πίνακα 15, η χαμηλότερη τιμή νωπού βάρους (331,1 Kg/στρέμμα) στα φυτά φασολιού σημειώθηκε στην επέμβαση με bentazone/imazamox, ενώ η υψηλότερη τιμή (381,3 Kg/στρέμμα) διαπιστώθηκε στην επέμβαση του μάρτυρα.

Σύμφωνα με τη στατική ανάλυση των δεδομένων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων (Πίνακας 15).

3.1.3.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07//2020)

Στη 2^η μέτρηση, τα φυτά στην επέμβαση του ασκάλιστου μάρτυρα χαρακτηρίστηκαν από τη μικρότερη τιμή νωπού βάρους (677,2 Kg/στρέμμα), ενώ στα φυτά στην επέμβαση με το pendimethalin παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους (1507,7 Kg/στρέμμα). Από τον πίνακα 16, είναι εμφανές ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι διαφορές εντοπίζονται μεταξύ της επέμβασης του μάρτυρα και του pendimethalin, μεταξύ μάρτυρα και bentazone/imazamox, μεταξύ μάρτυρα και pendimethalin+bentazone/imazamox καθώς και μεταξύ pendimethalin και bentazone/imazamox. Ωστόσο, δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επεμβάσεις ανάμεσα στο pendimethalin+bentazone/imazamox και το pendimethalin και ανάμεσα στο pendimethalin+bentazone/imazamox και το bentazone/imazamox.

3.1.3.3 Τρίτη μέτρηση (21/07//2020)

Κατά την 3^η μέτρηση, παρατηρήθηκε ότι η μικρότερη τιμή νωπού βάρους (1331,2 Kg/στρέμμα) σημειώθηκε σε φυτά που βρίσκονταν σε τεμάχια του μάρτυρα, ενώ τη μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους (2830,8 Kg/στρέμμα) έδωσαν τα φυτά που αναπτύσσονταν στα τεμάχια όπου είχε πραγματοποιηθεί εφαρμογή του pendimethalin+bentazone/imazamox.

Η στατιστική ανάλυση, που πραγματοποιήθηκε, αποκάλυψε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων σχετικά με το νωπό βάρος των φυτών φασολιού (Πίνακας 17).

3.1.3.4 Τέταρτη μέτρηση (03/08//2020)

Στη 4^η μέτρηση, το χαμηλότερο νωπό βάρος (2446,6 g) σημειώθηκε στα φυτά στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ το υψηλότερο νωπό βάρος (5305,2 Kg/στρέμμα) μετρήθηκε στα φυτά στην επέμβαση με pendimethalin+bentazone/imazamox. Όπως φαίνεται από το πίνακα 18, η ανάλυση των δεδομένων στατιστικά εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων σχετικά με το δεδομένο αυτό χαρακτηριστικό. Αναλυτικά, οι διαφορές προέκυψαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων όπου είχε λάβει χώρα η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων τόσο μεμονωμένα όσο και συνδυαστικά. Αντίθετα, ανάμεσα στις επεμβάσεις μεταξύ των ζιζανιοκτόνων δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 15. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές νωπού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	381,3 a
Pendimethalin	331,4 a
Bentazone/imazamox	331,1 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	375,6 a
LSD_{5%}	-
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	0,360
Τιμή P	0,784

Πίνακας 16. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές νωπού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	677,2 c
Pendimethalin	1507,7 a
Bentazone/imazamox	1131,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	1354,0 ab
LSD_{5%}	354,32
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	12,473
Τιμή P	0,005

Πίνακας 17. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές νωπού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	1331,2 b
Pendimethalin	2764,8 a
Bentazone/imazamox	2553,2 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	2830,8 a
LSD_{5%}	259,17
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	86,487
Τιμή P	<0.001

Πίνακας 18. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 4^η μέτρηση (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές νωπού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	2446,6 b
Pendimethalin	5248,1 a
Bentazone/imazamox	5119,0 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	5305,2 a
LSD_{5%}	1157,95
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	17,278
Τιμή P	0,002

3.1.4 Ξηρό βάρος των φυτών φασολιού

3.1.4.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Στην 1^η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών φασολιού, η μικρότερη τιμή του (44,8 Kg/στρέμμα) παρατηρήθηκε στα φυτά στην επέμβαση με bentazone/imazamox, ενώ η μεγαλύτερη τιμή (54,3 Kg/στρέμμα) σημειώθηκε στα φυτά στην επέμβαση του μάρτυρα. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων φανέρωσε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων σχετικά με αυτήν την παράμετρο (Πίνακας 19).

3.1.4.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Κατά την πραγματοποίηση της δεύτερης μέτρησης, διαπιστώθηκε ότι το μικρότερο ξηρό βάρος (123,1 Kg/στρέμμα) κατείχαν τα φυτά στο μάρτυρα, ενώ το μεγαλύτερο ξηρό βάρος (256,8 Kg/στρέμμα) διέθεταν τα φυτά των τεμαχίων όπου είχε εφαρμοστεί η δραστική ουσία pendimethalin. Όπως φαίνεται στον πίνακα 20, η

στατιστική ανάλυση των δεδομένων παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του πειράματος. Οι διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του μάρτυρα και των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα καθώς και μεταξύ των μεταχειρίσεων με pendimethalin και εκείνων με bentazone/imazamox. Όμως μεταξύ του συνδυασμού και του pendimethalin αλλά και ανάμεσα στο συνδυασμό και το bentazone/imazamox δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

3.1.4.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Στην 3^η μέτρηση, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά στα τεμάχια του μάρτυρα είχαν το χαμηλότερο ξηρό βάρος (223.9 Kg/στρέμμα), ενώ εκείνα που αναπτύσσονταν εκεί όπου είχε εφαρμοστεί pendimethalin σημείωσαν το υψηλότερο ξηρό βάρος (497,2 Kg/στρέμμα). Ύστερα από την πραγματοποίηση τη στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων προσδιορίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της έρευνας για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στη δεδομένη αυτή μέτρηση (Πίνακας 21).

Πίνακας 19. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ξηρού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	54,3 a
Pendimethalin	45,4 a
Bentazone/imazamox	44,8 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	51,7 a
LSD_{5%}	-
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	0,387
Τιμή P	0,766

Πίνακας 20. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ξηρού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	123,1 c
Pendimethalin	256,8 a
Bentazone/imazamox	195,3 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	229,1 ab
LSD_{5%}	45,05
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	19,688
Τιμή P	0,002

Πίνακας 21. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ξηρού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	223,9 c
Pendimethalin	497,2 a
Bentazone/imazamox	440,6 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	481,9 a
LSD_{5%}	36,51
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	144,767
Τιμή P	<0,001

3.1.4.4. Τέταρτη μέτρηση (03/08/2020)

Στην 4^η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών φασολιού, διαπιστώθηκε ότι τη χαμηλότερη τιμή ξηρού βάρους (396,1 Kg/στρέμμα) και την υψηλότερη τιμή (888,2 Kg/στρέμμα) παρουσίασαν τα φυτά στην επέμβαση του μάρτυρα και τα φυτά στην επέμβαση με pendimethalin+bentazone/imazamox, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, που έλαβε χώρα, ήταν εμφανής η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων. Η επιπλέον ανάλυση φανέρωσε ότι οι στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν ανάμεσα στις επεμβάσεις του μάρτυρα και σε εκείνες των ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox), ενώ δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα (Πίνακας 22).

Πίνακας 22. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των φυτών του φασολιού κατά την 4^η μέτρηση (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Τιμές ξηρού βάρους (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	396,1 b
Pendimethalin	829,9 a
Bentazone/imazamox	796,8 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	888,2 a
LSD_{5%}	125,50
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	38,253
Τιμή P	<0,001

3.1.5 Αριθμός λοβών ανά φυτό

Στις 03/08/2020, που είχε πραγματοποιηθεί η μέτρηση του αριθμού των λοβών ανά φυτό, παρατηρήθηκε ότι ο μικρότερος αριθμός λοβών ανά φυτό (5,4 λοβοί/φυτό) σημειώθηκε στα φυτά στην επέμβαση του μάρτυρα, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός (10,7 λοβοί/φυτό) καταγράφηκε στα φυτά στην επέμβαση με pendimethalin. Αφού τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά εξακριβώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Με τη βοήθεια της δοκιμασίας του LSD διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο μάρτυρα και τα ζιζανιοκτόνα σε αντίθεση με τις επεμβάσεις ανάμεσα στα ζιζανιοκτόνα που δε επισημάνθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 23).

Πίνακας 23. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στον αριθμό των λοβών ανά φυτό φασολιού (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Αριθμός λοβών/φυτό
Μάρτυρας	5,4 b
Pendimethalin	10,7 a
Bentazone/imazamox	9,7 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	10,2 a
LSD_{5%}	2,91
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	8,163
Τιμή P	0,015

3.1.6 Απόδοση (νωπό βάρος λοβών) ανά στρέμμα

Όπως φαίνεται στον πίνακα 24, η μικρότερη απόδοση στην καλλιέργεια φασολιού (576,6 Kg/στρέμμα) προέκυψε σε φυτά στις επεμβάσεις του μάρτυρα, ακολούθησε η απόδοση (1659,4 Kg/στρέμμα) σε φυτά των τεμαχίων όπου είχε εφαρμοστεί bentazone/imazamox, έπειτα η απόδοση (1663,9 Kg/στρέμμα) σε φυτά των τεμαχίων όπου είχε εφαρμοστεί pendimethalin και η μεγαλύτερη απόδοση (1741,6 Kg/στρέμμα) σημειώθηκε σε φυτά των τεμαχίων όπου είχε εφαρμοστεί ο συνδυασμός των δύο ζιζανιοκτόνων (pendimethalin+bentazone/imazamox).

Βάσει της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων, φανερώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν. Οι διαφορές αυτές επικεντρώνονται μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα. Από την άλλη πλευρά, μεταξύ των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα δεν προσδιορίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 24).

Πίνακας 24. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην απόδοση των φυτών φασολιού (03/08/2020).

Επεμβάσεις	Kg / στρέμμα
Μάρτυρας	576,6 b
Pendimethalin	1663,9 a
Bentazone/imazamox	1659,4 a
Pendimethalin+bentazone/imazamox	1741,6 a
LSD_{5%}	339,16
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	32,313
Τιμή P	<0,001

3.2 Αποτελέσματα για το σύνολο των ζιζανίων

3.2.1 Συνολικός αριθμός ζιζανίων

3.2.1.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Κατά την 1^η μέτρηση, παρατηρήθηκε ότι ο μικρότερος αριθμός ζιζανίων (17 ζιζάνια/m²) σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε εφαρμοστεί pendimethalin, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός των ζιζανίων (85 ζιζάνια/m²) καταγράφηκε στην επέμβαση του ασκάλιστου μάρτυρα.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, που πραγματοποιήθηκε, φανέρωσε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του πειράματος. Η πιο λεπτομερής ανάλυση, χρησιμοποιώντας την ελάχιστη σημαντική διαφορά, έδειξε ότι οι επεμβάσεις του μάρτυρα με εκείνες του pendimethalin, του μάρτυρα με εκείνες του bentazone/imazamox, του μάρτυρα με εκείνες του pendimethalin+bentazone/imazamox διέφεραν στατιστικά σημαντικά, σε αντίθεση με τις επεμβάσεις μεταξύ των ζιζανιοκτόνων που δεν διέφεραν (Πίνακας 25).

Πίνακας 25. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα των ζιζανίων κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίων (φυτά/m ²)
Μάρτυρας	85,0 a
Pendimethalin	17,0 b
Bentazone/imazamox	41,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	19,0 b
LSD_{5%}	40,74
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	7,204
Τιμή P	0,021

3.2.1.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Οι παρατηρήσεις που πάρθηκαν κατά τη 2^η μέτρηση, επισημαίνουν ότι η εφαρμογή του συνδυασμού των δύο ζιζανιοκτόνων (pendimethalin+bentazone/imazamox) επέφερε τη μικρότερη πυκνότητα ζιζανίων (8 ζιζάνια/m²), ενώ η μεγαλύτερη τους πυκνότητα (148,5 ζιζάνια/m²) εντοπίστηκε στα τεμάχια του μάρτυρα (96 ζιζάνια/m²).

Με βάση τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των εφαρμοσμένων επεμβάσεων. Οι διαφορές βρέθηκαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox), ενώ μεταξύ pendimethalin και bentazone/imazamox, pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox, bentazone/imazamox και pendimethalin+bentazone/imazamox απουσίαζαν (Πίνακας 26).

Πίνακας 26. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα των ζιζανίων κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίων (φυτά/m²)
Μάρτυρας	96,0 a
Pendimethalin	18,0 b
Bentazone/imazamox	32,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	8,0 b
LSD_{5%}	61,94
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	4,890
Τιμή P	0,047

3.2.1.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Σύμφωνα με τον πίνακα 27, η επίδραση του pendimethalin+bentazone/imazamox είχε ως αποτέλεσμα τη μικρότερη πυκνότητα ζιζανίων (14 ζιζάνια/m²), ενώ η απουσία κάποιας επέμβασης (μάρτυρας) οδήγησε στη μεγαλύτερη πυκνότητα ζιζανίων (148,5 ζιζάνια/m²) κατά την 3^η μέτρηση. Μεταξύ των επεμβάσεων αποκαλύφθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και συγκεκριμένα οι διαφορές προσδιορίστηκαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα, εν αντιθέσει με τις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων μεταξύ τους που δε σημείωσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 27. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα των ζιζανίων κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίων (φυτά/m²)
Μάρτυρας	148,5 a
Pendimethalin	19,83 b
Bentazone/imazamox	39,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	14,0 b
LSD_{5%}	60,18
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	13,133
Τιμή P	0,005

3.2.2 Νωπό βάρος ζιζανίων

3.2.2.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Σχετικά με το νωπό βάρος των ζιζανίων στην 1^η μέτρηση, η μικρότερη τιμή (29,1 Kg/στρέμμα) καταγράφηκε κατά την εφαρμογή του

pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ η μεγαλύτερη τιμή (468,6 Kg/στρέμμα) σημειώθηκε εκεί όπου υπήρχε έλλειψη κάποιας επέμβασης.

Με τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που ελήφθησαν, διαπιστώθηκε η παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των συσχετιζόμενων με το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό των ζιζανίων επεμβάσεων. Πιο συγκεκριμένα στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ του μάρτυρα και του pendimethalin, του bentazone/imazamox και του pendimethalin+bentazone/imazamox, υπογραμμίζοντας ταυτόχρονα τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις τρεις εφαρμογές των ζιζανιοκτόνων (Πίνακας 28).

Πίνακας 28. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	468,6 a
Pendimethalin	34,2 b
Bentazone/imazamox	47,6 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	29,1 b
LSD_{5%}	138,08
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	29,294
Τιμή P	<0,001

3.2.2.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Στη 2^η μέτρηση του νωπού βάρους των ζιζανίων, η μικρότερη τιμή νωπού βάρους (30,3 Kg/στρέμμα) ήταν συνέπεια της επέμβασης με pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ η μεγαλύτερη τιμή (1236,3 Kg/στρέμμα)

προέκυψε στις επεμβάσεις του μάρτυρα. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων έδειξαν ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η επιπλέον ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, εντόπισε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο μάρτυρα και τις τρεις με ζιζανιοκτόνα επεμβάσεις, σε αντίθεση με τις τρεις χημικές επεμβάσεις που δεν προσδιορίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίνακας 29).

Πίνακας 29. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	1236,3 a
Pendimethalin	65,3 b
Bentazone/imazamox	93,3 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	30,3 b
LSD_{5%}	185,80
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	119,614
Τιμή P	<0,001

3.2.2.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Κατά την 3^η μέτρηση, το μικρότερο νωπό βάρος (93,15 Kg/στρέμμα) σημείωσαν τα ζιζάνια στα οποία είχε εφαρμοστεί ο συνδυασμός των δύο ζιζανιοκτόνων (pendimethalin+bentazone/imazamox), ενώ εκείνα που είχαν το μεγαλύτερο νωπό βάρος (3471,6 Kg/στρέμμα) ήταν όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί επέμβαση με τα ζιζανιοκτόνα (ασκάλιστος μάρτυρας).

Όπως φαίνεται στον πίνακα 30, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων που έλαβαν χώρα στο πείραμα. Η πιο εκτενής ανάλυση αποκάλυψε

ότι οι διαφορές παρουσιάστηκαν ανάμεσα στο μάρτυρα και τις επεμβάσεις με pendimethalin, ανάμεσα στο μάρτυρα και τις επεμβάσεις με bentazone/imazamox και τέλος ανάμεσα στο μάρτυρα και τη συνδυασμένη εφαρμογή των δύο προαναφερθέντων ζιζανιοκτόνων. Αλλά ανάμεσα στις τρεις επεμβάσεις με τα ζιζανιοκτόνα δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 30. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	3471,6 a
Pendimethalin	151,35 b
Bentazone/imazamox	217,8 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	93,15 b
LSD_{5%}	2456,14
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	5,467
Τιμή P	0,038

3.2.3 Ξηρό βάρος ζιζανίων

3.2.3.1 Πρώτη μέτρηση (01/07/2020)

Στην 1^η μέτρηση του ξηρού βάρους των ζιζανίων, τα ζιζάνια των τεμαχίων με pendimethalin+bentazone/imazamox διέθεταν το μικρότερο ξηρό βάρος (95,4 Kg/στρέμμα), ενώ εκείνα των τεμαχίων του μάρτυρα διέθεταν το μεγαλύτερο (76 Kg/στρέμμα). Μετά την ολοκλήρωση της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων εξακριβώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και συγκεκριμένα μεταξύ του μάρτυρα και των ζιζανιοκτόνων. Ανάμεσα στο pendimethalin και το bentazone/imazamox, στο pendimethalin και το

pendimethalin+bentazone/imazamox και στο bentazone/imazamox και το pendimethalin+bentazone/imazamox δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 31).

3.2.3.2 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 32, η μικρότερη τιμή ξηρού βάρους (7,6 Kg/στρέμμα) των ζιζανίων σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε γίνει χρήση του pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ η μεγαλύτερη τιμή (230,3 Kg/στρέμμα) προέκυψε εκεί όπου βρίσκονταν οι επεμβάσεις του μάρτυρα.

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που πάρθηκαν, έγινε φανερή η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων. Από την επιπλέον ανάλυση, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των ζιζανιοκτόνων σημειώνοντας συγχρόνως την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των τριών χημικών επεμβάσεων (Πίνακας 32).

Πίνακας 31. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά την 1^η μέτρηση (01/07/2020).

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	76,0 a
Pendimethalin	7,8 b
Bentazone/imazamox	10,87 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	5,4 b
LSD_{5%}	39,25
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	9,021
Τιμή P	0,012

Πίνακας 32. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020).

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	230,3 a
Pendimethalin	17,27 b
Bentazone/imazamox	25,33 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	7,60 b
LSD_{5%}	62,14
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	35,528
Τιμή P	<0,001

3.2.3.3 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Στην 3^η μέτρηση διαπιστώθηκε ότι στην επέμβαση του pendimethalin+bentazone/imazamox και την επέμβαση του μάρτυρα καταγράφηκε η μικρότερη (24,40 Kg/στρέμμα) και η μεγαλύτερη (741,9 Kg/στρέμμα) τιμή ξηρού βάρους στα υπάρχοντα ζιζάνια, αντίστοιχα.

Όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη δειγματοληψία, αναλύθηκαν στατιστικά κάνοντας εμφανείς τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Με τη χρήση της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς εξετάστηκαν οι διαφορές αυτές με ακρίβεια, τονίζοντας την ύπαρξη τους μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και του pendimethalin, του μάρτυρα και του bentazone/imazamox, του μάρτυρα και του συνδυασμού των δύο εφαρμοσμένων ζιζανιοκτόνων και παράλληλα υποδηλώνοντας την έλλειψη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των

επεμβάσεων που χρησιμοποιούνταν το pendimethalin, το bentazone/imazamox και το pendimethalin+bentazone/imazamox (Πίνακας 33).

Πίνακας 33. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020).

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	741,9 a
Pendimethalin	28,52 b
Bentazone/imazamox	42,45 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	24,4 b
LSD_{5%}	380,41
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	10,437
Τιμή P	0,009

3.3. Αποτελέσματα σχετικά με την αντράκλα και το τριβόλι

Η αντράκλα και το τριβόλι ήταν τα ζιζάνια που αποδείχτηκε στο πείραμα ότι βρίσκονταν σε μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα ζιζάνια, για αυτό στη συνέχεια για το καθένα θα αναφερθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, στις διάφορες επεμβάσεις. Όσον αφορά τα υπόλοιπα ζιζάνια, λόγω της μικρής τους πυκνότητας, δε γίνεται ξεχωριστή αναφορά στα αποτελέσματα που σημειώθηκαν για το καθένα, καθώς είναι αδύνατο να οδηγηθούμε σε ασφαλή συμπεράσματα.

3.3.1 Αντράκλα

3.3.1.1 Συνολικός αριθμός φυτών του ζιζανίου

3.3.1.1.1 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Κατά τη 2^η μέτρηση του πειράματος, ο μικρότερος συνολικός αριθμός του ζιζανίου αντράκλας και συγκεκριμένα μηδενικός αριθμός σημειώθηκε στις επεμβάσεις με pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός (36 φυτά/m²) καταγράφηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα, δηλαδή όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί καμία επέμβαση.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η περαιτέρω ανάλυση απέδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα (Πίνακας 34).

Πίνακας 34. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίου/m²
Μάρτυρας	36,0 a
Pendimethalin	3,0 b
Bentazone/imazamox	11,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 b
LSD_{5%}	16,69
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	11,484
Τιμή P	0,007

3.3.1.1.2 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

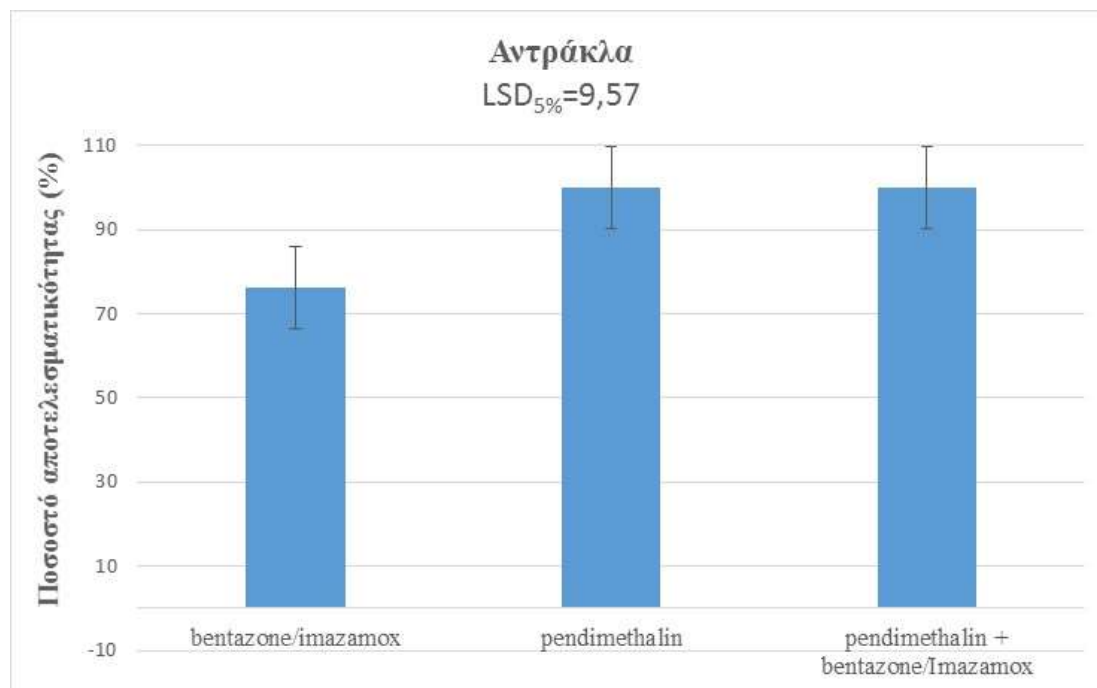
Όπως φαίνεται στον πίνακα 35, στις επεμβάσεις pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox ο αριθμός των φυτών αντράκλας ήταν μηδενικός. Ωστόσο, στις επεμβάσεις του μάρτυρα σημειώθηκε ο μεγαλύτερος συνολικός αριθμός ζιζανίων αυτού του είδους (41 φυτά/m²).

Πίνακας 35. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίου/m ²
Μάρτυρας	41,0 a
Pendimethalin	0 c
Bentazone/imazamox	10,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 c
LSD_{5%}	6,39
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	110,317
Τιμή P	<0,001

Η στατική ανάλυση των δεδομένων επισήμανε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων. Πιο συγκεκριμένα οι διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ μάρτυρα και pendimethalin, μεταξύ μάρτυρα και pendimethalin+bentazone/imazamox, μεταξύ μάρτυρα και bentazone/imazamox, μεταξύ pendimethalin και bentazone/imazamox και μεταξύ bentazone/imazamox και pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ μόνο μεταξύ pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 35). Είναι σημαντικό, να τονίσουμε ότι το ποσοστό αποτελεσματικότητας κατά της αντράκλας στις επεμβάσεις pendimethalin και

pendimethalin+bentazone/imazamox ήταν 100%, ενώ στην επέμβαση του bentazone/imazamox ήταν 75,6 % (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4. Ποσοστό αποτελεσματικότητας των ζιζανιοκτόνων bentazone/imazamox, pendimethalin, pendimethalin+bentazone/imazamox στις 21/07/2020.

3.3.1.2 Νωπό βάρος ζιζανίου

3.3.1.2.1 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Στη 2^η μέτρηση, παρατηρήθηκε ότι στην επέμβαση με pendimethalin+bentazone/imazamox το νωπό βάρος ήταν μηδενικό αφού δεν υπήρχαν καθόλου ζιζάνια του συγκεκριμένου είδους στα τεμάχια αυτά. Αντίθετα η μεγαλύτερη τιμή (642,7 Kg/στρέμμα) νωπού βάρους των φυτών αντράκλας σημειώθηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα. Μεταξύ των επεμβάσεων, από τη στατιστική ανάλυση, έγιναν εμφανείς οι στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ειδικότερα, στατιστικά σημαντικές διαφορές προσδιορίστηκαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και όλων των επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν με τα ζιζανιοκτόνα, ενώ απουσίαζαν μεταξύ των pendimethalin και bentazone/imazamox, μεταξύ pendimethalin και

pendimethalin+bentazone/imazamox καθώς και μεταξύ του bentazone/imazamox και του pendimethalin+bentazone/imazamox (Πίνακας 36).

Πίνακας 36. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος ζιζανίου (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	642,70 a
Pendimethalin	4,15 b
Bentazone/imazamox	31,30 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 b
LSD_{5%}	304,51
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	12,875
Τιμή P	0,005

3.3.1.2.2 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Κατά την 3^η μέτρηση, μηδενικό νωπό βάρος καταγράφηκε στα φυτά αντράκλας σε εκείνες τις επεμβάσεις, στις οποίες υπήρξε καθολική καταπολέμηση του ζιζανίου. Στις επεμβάσεις αυτές, τα ζιζάνια του συγκεκριμένου είδους βρίσκονταν υπό την επίδραση του pendimethalin και του συνδυασμού των δύο δραστικών ουσιών pendimethalin και bentazone/imazamox. Αντίθετα στο μάρτυρα παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους για τα φυτά της αντράκλας (988 Kg/στρέμμα). Αφού πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των στοιχείων που ελήφθησαν, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων της συγκεκριμένης μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίστηκαν ανάμεσα στις επεμβάσεις του ασκάλιστου μάρτυρα και σε εκείνες όπου έγινε εφαρμογή του pendimethalin, του bentazone/imazamox και του pendimethalin+bentazone/imazamox.

Συγχρόνως επισημάνθηκε η απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox και pendimethalin+bentazone/imazamox) (Πίνακας 37).

Πίνακας 37. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος ζιζανίου (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	988,0 a
Pendimethalin	0 b
Bentazone/imazamox	68,40 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 b
LSD_{5%}	524,31
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	10,191
Τιμή P	0,009

3.3.1.3 Ξηρό βάρος ζιζανίου

3.3.1.3.1 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Κατά τη 2^η μέτρηση του πειράματος, στις επεμβάσεις με pendimethalin+bentazone/imazamox, εφόσον δεν υπήρχαν ζιζάνια του συγκεκριμένου είδους, καταγράφηκε μηδενική τιμή ξηρού βάρους. Από την άλλη πλευρά, το ξηρό βάρος των φυτών της αντράκλας σημείωσε τη μεγαλύτερη τιμή (95,8 Kg/στρέμμα) στις επεμβάσεις του μάρτυρα.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων επισήμανε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των εφαρμοσμένων επεμβάσεων και συγκεκριμένα αποδείχτηκε ότι διαφορές υπήρχαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με το pendimethalin, με το bentazone/imazamox και με το

pendimethalin+bentazone/imazamox. Απεναντίας μεταξύ των ζιζανιοκτόνων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 38).

3.3.1.3.2 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Κατά την πραγματοποίηση της 3^{ης} μέτρησης, διαπιστώθηκε ότι στις επεμβάσεις του pendimethalin και του pendimethalin+bentazone/imazamox το ξηρό βάρος των φυτών της αντράκλας ήταν μηδενικό, αφού φυτά αυτού του είδους απουσίαζαν από τα συγκεκριμένα τεμάχια, εν αντιθέσει με τις επεμβάσεις του μάρτυρα στις οποίες καταγράφηκε η μεγαλύτερη τιμή (188,2 Kg/στρέμμα) ξηρού βάρους. Τα στοιχεία από τη δειγματοληψία, μετά τη στατιστική επεξεργασία τους, αποκάλυψαν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων. Με την ελάχιστη σημαντική διαφορά, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην επέμβαση του μάρτυρα και τη μεταχείριση με το pendimethalin, με το bentazone/imazamox και με τη συνδυασμένη δράση των δύο ζιζανιοκτόνων, σε αντίθεση με τις εφαρμογές μεταξύ των ζιζανιοκτόνων, στις οποίες δεν εντοπίστηκαν διαφορές (Πίνακας 39).

Πίνακας 38. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος ζιζανίου (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	95,8 a
Pendimethalin	0,96 b
Bentazone/imazamox	8,16 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 b
LSD_{5%}	28,37
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	32,209
Τιμή P	<0,001

Πίνακας 39. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος του ζιζανίου αντράκλας, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος ζιζανίου (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	188,2 a
Pendimethalin	0 b
Bentazone/imazamox	10,7 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	0 b
LSD_{5%}	87,04
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	13,511
Τιμή P	0,004

3.3.2 Τριβόλι

3.3.2.1. Συνολικός αριθμός φυτών του ζιζανίου

3.3.2.1.1 Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Σύμφωνα με τον πίνακα 40, η μικρότερη πυκνότητα του ζιζανίου τριβολιού (3 φυτά/m²) καταγράφηκε στα τεμάχια όπου είχε πραγματοποιηθεί ψεκασμός με pendimethalin+bentazone/imazamox, ενώ η μεγαλύτερη πυκνότητα του (34 φυτά/m²) σημειώθηκε σε εκείνα τα τεμάχια όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί κάποια χημική επέμβαση. Όπως προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, που έλαβαν χώρα στο πείραμα. Οι διαφορές αυτές επικεντρώνονται μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα, υποδηλώνοντας την ίδια στιγμή και την απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων.

3.3.2.1.2 Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Κατά την 3^η μέτρηση του αριθμού των φυτών του τριβολιού, ο μικρότερος συνολικός αριθμός ζιζανίων του συγκεκριμένου είδους (5 φυτά/m²) σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε γίνει εφαρμογή του pendimethalin+bentazone/imazamox. Από την άλλη πλευρά, ο μεγαλύτερος αριθμός ζιζανίων (26 ζιζάνια) καταγράφηκε στα τεμάχια του μάρτυρα. Όπως φαίνεται στον πίνακα 41, αφού πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των ληφθέντων στοιχείων, εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

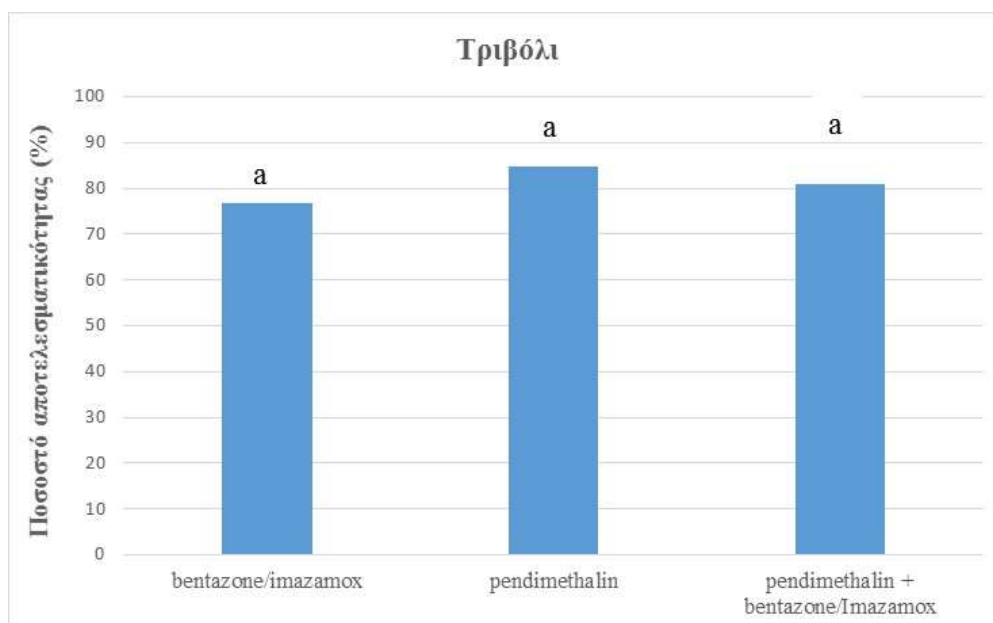
Η επιπλέον ανάλυση των δεδομένων απέδειξε ότι διαφορές υπήρχαν μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και του pendimethalin, μεταξύ του μάρτυρα και του bentazone/imazamox και ανάμεσα στο μάρτυρα και το συνδυασμό των δύο προαναφερθέντων ζιζανιοκτόνων, αλλά όσον αφορά τις χημικές επεμβάσεις δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ τους (Πίνακας 41). Σε αυτή τη μέτρηση τα ποσοστά αποτελεσματικότητας κατά του τριβολιού στις επεμβάσεις bentazone/imazamox, pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox ήταν 76,9%, 84,6% και 80,8%, αντίστοιχα (Διάγραμμα 5).

Πίνακας 40. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα του ζιζανίου τριβολιού, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίου (φυτά/m ²)
Μάρτυρας	34,0 a
Pendimethalin	5,0 b
Bentazone/imazamox	11,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	3,0 b
LSD_{5%}	8,05
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	37,462
Τιμή P	<0,001

Πίνακας 41. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στην πυκνότητα του ζιζανίου τριβολιού, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίου (φυτά/m ²)
Μάρτυρας	26,0 a
Pendimethalin	4,0 b
Bentazone/imazamox	6,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	5,0 b
LSD_{5%}	7,48
Ανάλυση της διασποράς	
Τιμή F	23,768
Τιμή P	<0,001



Διάγραμμα 5. Ποσοστό αποτελεσματικότητας των ζιζανιοκτόνων bentazone/imazamox, pendimethalin, pendimethalin+bentazone/imazamox στις 21/07/2020.

3.3.2.2. Νωπό βάρος ζιζανίου

3.3.2.2.1. Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Σύμφωνα με τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 10/07/2020, παρατηρήθηκε ότι η μικρότερη τιμή νωπού βάρους των φυτών του συγκεκριμένου είδους (13,2 Kg/στρέμμα) ήταν στις επεμβάσεις του pendimethalin+bentazone/imazamox, σε αντίθεση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα όπου σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους (426 Kg/στρέμμα).

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων φανέρωσε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων. Με επιπλέον ανάλυση διαπιστώθηκε ότι μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των χημικών επεμβάσεων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με τις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων μεταξύ τους, στις οποίες δεν εντοπίστηκαν διαφορές (Πίνακας 42).

Πίνακας 42. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος του ζιζανίου τριβολιού, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	426,0 a
Pendimethalin	27,7 b
Bentazone/imazamox	29,4 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	13,2 b
LSD_{5%}	232,45
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	8,991
Τιμή P	0,012

3.3.2.2.2. Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 43, η μικρότερη τιμή νωπού βάρους των φυτών του τριβολιού (13,9 Kg/στρέμμα) σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε γίνει εφαρμογή με pendimethalin+bentazone/imazamox. Απεναντίας στα τεμάχια του μάρτυρα καταγράφηκε η μεγαλύτερη νωπού βάρους (789,7 Kg/στρέμμα). Τα στοιχεία, που λήφθηκαν από το πείραμα, εξετάστηκαν και αναλύθηκαν στατιστικά, διαπιστώνοντας την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των εφαρμογών με τα ζιζανιοκτόνα. Αντίθετα ανάμεσα στις επεμβάσεις με pendimethalin και bentazone/imazamox, ανάμεσα στις επεμβάσεις με pendimethalin και pendimethalin+bentazone/imazamox, αλλά και ανάμεσα στις επεμβάσεις με bentazone/imazamox και pendimethalin+bentazone/imazamox δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 43. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο νωπό βάρος του ζιζανίου τριβολιού, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Νωπό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	789,7 a
Pendimethalin	66,7 b
Bentazone/imazamox	15,0 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	13,9 b
LSD_{5%}	547,12
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	5,768
Τιμή P	0,034

3.3.2.3. Ξηρό βάρος ζιζανίου

3.3.2.3.1. Δεύτερη μέτρηση (10/07/2020)

Σύμφωνα με τη μέτρηση στις 10/07/2020, που αφορούσε το ξηρό βάρος των ζιζανίων του τριβολιού, η μικρότερη τιμή του (2,73 Kg/στρέμμα) παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις όπου είχε εφαρμοστεί pendimethalin + bentazone/imazamox και η μεγαλύτερη τιμή (94,5 Kg/στρέμμα) καταγράφηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα.

Ύστερα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η πιο εξειδικευμένη ανάλυση αποκάλυψε ότι μεταξύ του μάρτυρα και του pendimethalin, μεταξύ του μάρτυρα και του bentazone/imazamox, καθώς επίσης και μεταξύ του μάρτυρα και του pendimethalin+bentazone/imazamox εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ενώ διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με τα ζιζανιοκτόνα δεν προσδιορίστηκαν (Πίνακας 44).

Πίνακας 44. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος του ζιζανίου τριβολιού, κατά την 2^η μέτρηση (10/07/2020)

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	94,5 a
Pendimethalin	8,3 b
Bentazone/imazamox	7,6 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	2,73 b
LSD_{5%}	54,53
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	7,872
Τιμή P	0,017

3.3.2.3.2. Τρίτη μέτρηση (21/07/2020)

Όπως παρατηρείται στον πίνακα 45, το μικρότερο ξηρό βάρος (2,8 Kg/στρέμμα) σημείωσαν τα ζιζάνια του τριβολιού στην επέμβαση του bentazone/imazamox, ενώ το μεγαλύτερο ξηρό βάρος (189,5 Kg/στρέμμα) εμφανίστηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα, κατά την 3^η μέτρηση του πειράματος.

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, αναλύθηκαν στατιστικά και εξακριβώθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων που είχαν πραγματοποιηθεί. Με τη χρήση της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς, προσδιορίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων με τη μεμονωμένη χρήση των δύο ζιζανιοκτόνων αλλά και μεταξύ των επεμβάσεων του μάρτυρα και των επεμβάσεων όπου είχε πραγματοποιηθεί εφαρμογή του συνδυασμού των δύο ζιζανιοκτόνων. Αντίθετα μεταξύ των χημικών επεμβάσεων δεν επισημάνθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 45).

Πίνακας 45. Επίδραση διαφόρων ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox, pendimethalin+bentazone/imazamox) στο ξηρό βάρος του ζιζανιού τριβολιού, κατά την 3^η μέτρηση (21/07/2020)

Επεμβάσεις	Ξηρό βάρος (Kg/στρέμμα)
Μάρτυρας	189,5 a
Pendimethalin	12,3 b
Bentazone/imazamox	2,8 b
Pendimethalin+bentazone/imazamox	3,4 b
LSD_{5%}	111,43
Ανάλυσης της διασποράς	
Τιμή F	8,122
Τιμή P	0,016

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων εναντίον των παρόντων ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού

4.1.1 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο σύνολο των υπαρχόντων ζιζανίων

Βάσει των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη για το σύνολο των αναπτυσσόμενων ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού, διαπιστώθηκε ότι ο συνδυασμός των δύο δραστικών ουσιών (pendimethalin+bentazone/imazamox) οδήγησε στην καλύτερη καταπολέμηση των ζιζανίων, επιτυγχάνοντας τη μεγαλύτερη μείωση της πυκνότητας τους (Εικόνα 8). Την υψηλή αυτή αποτελεσματικότητα του συνδυασμού, ακολουθούσε η μεμονωμένη χρήση του pendimethalin, η οποία συνέβαλλε στη διαχείριση των ζιζανίων σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Η εφαρμογή του bentazone/imazamox οδήγησε σε μείωση του αριθμού των ζιζανίων αλλά όχι σε τόσο ικανοποιητικό βαθμό σε σχέση με τις δύο προηγούμενες επεμβάσεις (Εικόνα 9). Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αποτελέσματα μιας μελέτης, που πραγματοποιήθηκε το 2019 σε καλλιέργεια μπιζελιού, στην οποία υποστηρίζεται ότι ο πιο ικανοποιητικός έλεγχος των ζιζανίων επιτυγχάνεται με τη χρήση του συνδυασμού ενός ζιζανιοκτόνου (pendimethalin) το οποίο εφαρμόζεται στο έδαφος και ενός άλλου (bentazone/imazamox) που εφαρμόζεται στο φύλλωμα (Delchev, G. and Delchev, D., 2019).

4.1.2 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο ζιζάνιο αντράκλα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, παρατηρήθηκε ότι κατά την τρίτη μέτρηση το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελεσματικότητας σημείωσε ο συνδυασμός των δύο δραστικών ουσιών επιτυγχάνοντας 100% αποτελεσματικότητα ενάντια στην αντράκλα. Εξαιρετική ζιζανιοκτόνο δράση κατά αυτού του ζιζανιού προσέφερε επίσης και η δραστική ουσία pendimethalin, η οποία σημείωσε και αυτή 100% αποτελεσματικότητα. Το ποσοστό αποτελεσματικότητας της δραστικής ουσίας

bentazone/imazamox ήταν χαμηλότερο σε σύγκριση με τις δύο προηγούμενες επεμβάσεις και συγκεκριμένα “άγγιζε” το 75,6%.

Σχετικά με τη δραστική ουσία pendimethalin, τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος συμφωνούν με τα αποτελέσματα της μελέτης των Frost and Hingston (2004). Στο πείραμα των παραπάνω συγγραφέων, το ποσοστό αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης δραστικής ουσίας βρέθηκε να είναι 100%, αποδεικνύοντας και σε αυτή τη μελέτη την ισχυρή ζιζανιοκτόνο δράση του pendimethalin ενάντια στην αντράκλα. Η ικανότητα της δραστικής αυτής ουσίας να καταπολεμά πολύ αποτελεσματικά το συγκεκριμένο ζιζάνιο αποδείχτηκε και στο πείραμα των Kristó et al. (2019). Στην έρευνα αυτή διαπιστώθηκε ότι η συγκεκριμένη δραστική ουσία προσέφερε 94% αποτελεσματικότητα εναντίον του ζιζανίου σύμφωνα με την παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε κατά το έτος 2019 σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του pendimethalin. Το χρονικό αυτό διάστημα ήταν αντίστοιχο με το διάστημα που μεσολάβησε από την εφαρμογή του μέχρι την τρίτη μέτρηση του συγκεκριμένου πειράματος.

Σχετικά με τη δραστική ουσία bentazone/imazamox, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης κατά την τρίτη μέτρηση παρουσιάζουν μία διαφορά σε σχέση με τα αποτελέσματα της μελέτης των Kristó et al. (2019). Πιο συγκεκριμένα αποδείχτηκε ότι αυτή η δραστική ουσία έδειξε μικρότερη ικανότητα να καταπολεμά την αντράκλα στην παρούσα μελέτη σε σύγκριση με την ικανότητα της στο παραπάνω πείραμα όπου διαπιστώθηκε ότι παρουσίαζε εξαιρετική ζιζανιοκτόνο δράση (100% αποτελεσματικότητα) εναντίον της, σύμφωνα με τις παρατηρήσεις οι οποίες έλαβαν χώρα κατά το έτος 2019 περίπου ένα μήνα μετά την εφαρμογή του bentazone/imazamox, όσο ήταν δηλαδή περίπου και το χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του μέχρι τη λήψη της συγκεκριμένης παρατήρησης στην παρούσα έρευνα.

4.1.3 Αποτελεσματικότητα των μελετηθέντων ζιζανιοκτόνων ενάντια στο ζιζάνιο τριβόλι

Κατά την τρίτη μέτρηση του πειράματος, το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελεσματικότητας ενάντια στο ζιζάνιο τριβόλι σημείωσε η δραστική ουσία pendimethalin με ποσοστό αποτελεσματικότητας 84,6%. Εξίσου πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα στην καταπολέμηση του τριβολιού σημείωσε και ο συνδυασμός των δύο δραστικών ουσιών pendimethalin+bentazone/imazamox, αφού η αποτελεσματικότητα

του "άγγιξε" το 80,8%, χωρίς να καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την επέμβαση του pendimethalin. Σχετικά με τη δραστική ουσία bentazone/imazamox το ποσοστό αποδοτικότητας της ήταν χαμηλότερο (76,9%) σε σχέση με εκείνο στις δύο προηγούμενες επεμβάσεις. Παρόλο που στην παρούσα μελέτη προέκυψε ότι η δραστική ουσία pendimethalin είχε αρκετά υψηλό ποσοστό αποτελεσματικότητας κατά του τριβολιού, στο πείραμα των Frost and Hingston (2004), όπου εφαρμόστηκε pendimethalin για την καταπολέμηση του, αποδείχτηκε ότι η αποδοτικότητα του ζιζανιοκτόνου ήταν αρκετά χαμηλότερη (66%).

4.2 Επίδραση της καταπολέμησης των ζιζανίων στην ανάπτυξη του φασολιού

Σχετικά με το ύψος των φυτών, όπως ήταν αναμενόμενο, το μικρότερο ύψος φυτών παρατηρήθηκε εκεί όπου τα ζιζάνια δεν καταπολεμήθηκαν με κάποιο τρόπο. Από την άλλη πλευρά το μεγαλύτερο ύψος φυτών (55,8 cm) κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας σημειώθηκε σε εκείνα τα τεμάχια όπου είχε εφαρμοστεί η δραστική ουσία pendimethalin για τον έλεγχο των ζιζανίων αλλά και κατά την εφαρμογή του pendimethalin+bentazone/imazamox το ύψος των φυτών φασολιού ήταν μεγάλο (55,3 cm) με πολύ μικρή διαφορά σε σχέση με εκείνο κατά την επέμβαση με pendimethalin. Βέβαια στο πείραμα των Mahgoub and Mukhtar (2014) εκεί όπου έγινε εφαρμογή με pendimethalin για τη διαχείριση των ζιζανίων, το μέγιστο ύψος φυτών ήταν αρκετά χαμηλότερο και τις δύο χρονιές που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις (23,5 cm και 20,7 cm, αντίστοιχα) σε σχέση με το μέγιστο ύψος που καταγράφηκε στο συγκεκριμένο πείραμα, υποδεικνύοντας ότι η καταπολέμηση των ζιζανίων με τη δραστική ουσία pendimethalin στο πείραμα μας έγινε πολύ αποτελεσματικά δίνοντας τη δυνατότητα στα φυτά φασολιού του συγκεκριμένου αγρού να σημειώσουν μία άριστη ανάπτυξη.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών φασολιού είναι ακόμη μία παράμετρος, που μελετήθηκε. Σε αντίθεση με το πείραμα του Kaushik (2006) όπου η χρήση των ζιζανιοκτόνων με δραστική ουσία την metsulfuron και την isoxaflutole προκάλεσε μείωση στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα του είδους *Phaseolus aureus*, σε αυτή τη μελέτη παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις όπου τα ζιζάνια καταπολεμήθηκαν κάτω από την επίδραση των ζιζανιοκτόνων (pendimethalin, bentazone/imazamox και του συνδυασμού των δύο ζιζανιοκτόνων) σε σχέση με την τιμή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης που

καταγράφηκε στα φυτά του μάρτυρα. Αυτό υποδηλώνει ότι τα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα, που χρησιμοποιήθηκαν, δεν προκαλούν καμία ζημιά και τοξικότητα στα φυτά του φασολιού.

Όσον αφορά τις παρατηρήσεις, που πάρθηκαν σχετικά με το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών φασολιού, η μικρότερη τιμή προέκυψε στα φυτά που βρίσκονταν σε ανταγωνισμό με τα ζιζάνια, ενώ η μεγαλύτερη τιμή σημειώθηκε στα τεμάχια όπου είχε πραγματοποιηθεί έλεγχος των ζιζανίων με pendimethalin+bentazone/imazamox. Υψηλό νωπό και ξηρό βάρος σημειώθηκε και εκεί όπου είχε πραγματοποιηθεί επέμβαση με pendimethalin. Στο πείραμα των Hamid et al. (2010) η τιμή του ξηρού βάρους που σημειώθηκε στα φυτά φασολιού κατά την επέμβαση με pendimethalin είναι αρκετά μικρότερη (228 Kg/στρέμμα) σε σύγκριση με εκείνη που καταγράφηκε στο συγκεκριμένο πείραμα (829,9 Kg/στρέμμα), δηλώνοντας ότι στην παρούσα μελέτη η δραστική ουσία pendimethalin επέδρασε πολύ αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των ζιζανίων και αύξησε σε μεγάλο βαθμό το βάρος των φυτών φασολιού.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό, που μελετήθηκε, ήταν ο αριθμός των λοβών ανά φυτό φασολιού. Ο μεγαλύτερος αριθμός λοβών ανά φυτό καταγράφηκε στην επέμβαση με pendimethalin. Γενικά, διαπιστώθηκε ότι είχαν περίπου το διπλάσιο αριθμό λοβών τα φυτά τα οποία αναπτύσσονταν σε περιβάλλον απαλλαγμένο από ζιζάνια ύστερα από τη καταπολέμηση τους με χημικό τρόπο σε σύγκριση με εκείνα τα φυτά, που συμβίωναν με ζιζάνια κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Αυτό υποδηλώνει ότι η χρήση ζιζανιοκτόνων για την καταπολέμηση των ζιζανίων ωφέλησε σε αρκετά μεγάλο βαθμό το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και στο πείραμα των Kebede et al. (2016), καθώς ο μεγαλύτερος αριθμός λοβών ανά φυτό λήφθηκε όταν τα ζιζάνια βρίσκονταν υπό την επίδραση του pendimethalin, ενώ ο μικρότερος αριθμός λοβών αποδείχθηκε ότι υπήρχε εκεί όπου τα φυτά αναπτύσσονταν παρουσία των ζιζανίων. Ωστόσο, στο πείραμα που έλαβε χώρα το 2014 αποδείχθηκε ότι ο αριθμός των λοβών/φυτό δεν επηρεάστηκε από την πραγματοποίηση χημικών επεμβάσεων κατά των εξεταζόμενων ζιζανίων (Mahgoub and Mukhtar, 2014).

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των φυτών, που μελετήθηκαν, αποτελεί η απόδοση της καλλιέργειας. Σχετικά με αυτό το χαρακτηριστικό, τα αποτελέσματα του πειράματος απέδειξαν ότι η υψηλότερη απόδοση για τα φυτά φασολιού επιτεύχθηκε στη μεταχείριση pendimethalin+bentazone/imazamox. Ακολουθούσαν οι αποδόσεις που προέκυψαν ύστερα από τη χρήση του pendimethalin και του bentazone/imazamox και τέλος, όπως προβλεπόταν, η μικρότερη τιμή

σημειώθηκε εκεί όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί κάποια επέμβαση. Αυτό έχει αποδειχθεί και στο πείραμα των Delchev and Barakova (2018) οι οποίοι τονίζουν ότι ο συνδυασμός των ζιζανιοκτόνων pendimethalin και bentazone/imazamox ενισχύει την καταπολέμηση των ζιζανίων, επιφέροντας υψηλότερη απόδοση στην καλλιέργεια μπιζελιού σε σύγκριση με τη μεμονωμένη χρήση των αντίστοιχων ζιζανιοκτόνων. Τα παραπάνω στοιχεία επιβεβαιώνονται και στη μελέτη των Jafari et al. (2013) όπου και εκεί αποδείχτηκε ότι η χρήση ζιζανιοκτόνων καταπολέμησε τα ζιζάνια, ενίσχυσε την αύξηση των φυτών, συνεισέφερε στην καλύτερη ανάπτυξη των λοβών του φασολιού και βελτίωσε τις αποδόσεις της καλλιέργειας.



Εικόνα 8. Επέμβαση με τα ζιζανιοκτόνα Stomp+Corum (10/07/2020)



Εικόνα 9. Επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Corum (10/07/2020).



Εικόνα 10. Ασκάλιστος μάρτυρας (21/07/2020)

4.3 Κύρια Συμπεράσματα

Οι χημικές επεμβάσεις, που εφαρμόστηκαν σε αυτή τη μελέτη, είχαν την ικανότητα να καταπολεμούν τα υπάρχοντα ζιζάνια άλλες βέβαια σε μεγαλύτερο και άλλες σε μικρότερο βαθμό χωρίς φυσικά να προκαλούν τοξικότητα στην καλλιέργεια φασολιού. Ο συνδυασμός των δύο ζιζανιοκτόνων (pendimethalin+bentazone/imazamox), προσέφερε τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, αφού μείωσε περισσότερο τον πληθυσμό των υπαρχόντων ζιζανίων αλλά και αύξησε περισσότερο τις αποδόσεις της καλλιέργειας σε σχέση με την μεμονωμένη εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου pendimethalin και του bentazone/imazamox. Από την άλλη πλευρά, μεταξύ των χημικών επεμβάσεων, η δραστική ουσία bentazone/imazamox αποδείχτηκε ότι παρείχε το μικρότερο αποτέλεσμα και για αυτό το λόγο μπορεί να θεωρηθεί ως μία μη ιδανική λύση για τη διαχείριση των ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού. Βέβαια είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι σχετικά με την καταπολέμηση της αντράκλας και του τριβολιού, δηλαδή των ζιζανίων που βρίσκονταν σε μεγαλύτερη πυκνότητα στον αγρό σε σχέση με τα υπόλοιπα, η μεμονωμένη εφαρμογή της δραστικής ουσίας pendimethalin προσέφερε εξίσου πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα με τη συνδυασμένη δράση των δύο ζιζανιοκτόνων.

Επομένως, ύστερα από την αναλυτική μελέτη των αποτελεσμάτων του πειράματος συμπεραίνεται ότι η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση των ζιζανίων και ότι σε καμία περίπτωση η καλλιέργεια φασολιού δεν πρέπει να αναπτύσσεται ταυτόχρονα με ζιζάνια, για την αποφυγή της μείωσης της απόδοσης. Επίσης, αποδεικνύεται ότι όσο αποτελεσματικότερη είναι η διαχείριση των ζιζανίων στην καλλιέργεια φασολιού τόσο μεγαλύτερες αποδόσεις προκύπτουν. Τέλος, διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων για την καταπολέμηση των ζιζανίων βελτιώνει την ανταγωνιστικότητα των φυτών και συμβάλλει στην καλύτερη ανάπτυξη σε όλα τα στάδια της ζωής τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Agrogen S.A. (2018). *Phaseolus vulgaris*. [Online]. Available at < <https://agrogen.gr/el/geoponikes-sumvoules/98-nopo-fasoli-kalliergeia>> [Accessed 20 November 2020].
- Basf. (2019a). Corum® SL. [Online]. Available at < <https://www.agro.basf.gr/el/Products/Corum-SL.html> > [Accessed 24 November 2020].
- Basf. (2019b). Stomp® Aqua 455 CS. [Online]. Available at < <https://www.agro.basf.gr/el/Products/Stomp-Aqua-455-CS.html> > [Accessed 24 November 2020].
- Ζιώγας, Β. και Μαρκόγλου, Α. (2017). Ζιζανιοκτόνα. Στο βιβλίο Γεωργική Φαρμακολογία. *Greenbooks Publications*, Αθήνα, pp. 556-559, 600-601, 627-631.
- Τσατσαρέλης, Κ.Α. (2006). Κατεργασία του εδάφους. Στο βιβλίο Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων: Κατεργασία του εδάφους και σπορά. *Εκδόσεις Γιαχούδη*, Θεσσαλονίκη, pp. 258-291.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2020). Κατάλογος δραστικών ουσιών κατά καλλιέργεια. [Online]. Available at < http://www.minagric.gr/syspest/syspest_crops.aspx > [Accessed 5 November 2020].
- Χα, Ι.Α. και Πετρόπουλος, Σ. (2014). Φασόλι (bean). Στο βιβλίο Γενική Λαχανοκομία και Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών: Ψυχανθή. *Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας*, Βόλος, pp. 605-624.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Ahmadvand, G., Mondani, F. and Golzardi, F. (2009). Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulturae* 121, 249-254.
- Amador-Ramirez, M.D., Wilson, R.G. and Martin, A.R. (2001). Weed control and dry bean (*Phaseolus vulgaris*) response to in-row cultivation, rotary hoeing, and herbicides. *Weed Technology* 15, 429–436.
- Bakker Brothers. (2017). Baroma VR Dwarf Slicing Bean green. [Online]. Available at <<https://bakkerbrothers.nl/database/Web/pmc/105566.pdf>> [Accessed 18 November 2020].
- Balardin, R.S., Jarosz, A.M. and Kelly, J.D. (1997). Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central, and North America. *Phytopathology* 87, 1184-1191.
- Beaver, J.S., Rosas, J.C., Myers, J., Acosta, J., Kelly, J.D., Nchimbi-Msolla, S., Misangu, R., Bokosi, J., Temple, S., Arnaud-Santana, E. and Coyne, D.P. (2003). Contributions of the Bean/Cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. *Field Crops Research* 82, 87–102.
- Beckett, T.H., Stoller, E.W. and Wax, L.M. (1988). Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays*). *Weed Science* 36, 764-769.
- Bellucci, E., Bitocchi, E., Rau, D., Rodriguez, M., Biagetti, E., Giardini, A., Attene, G., Nanni, L. and Papa, R. (2014). Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. In: *Genomics of plant genetic resources*. R. Tuberosa, A. Graner and E. Frison Eds. *Springer Netherlands*, Dordrecht, Netherlands, pp. 483-507.
- Birkás, M., Jug, D. and Kisić, I. (2014). Annual and perennial papilionaceous plants: Bean, French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In *Book of Soil Tillage: Tillage systems for the main field crops*. M. Birkás Ed. *Szent Istvan University Press*, Gödöllő, pp. 245-246.
- Blackshaw, R.E. (1991). Hairy nightshade (*Solatum sarrachoides*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* 39, 48-53.

- Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., Muendel, H.H., Saindon, G. and Li, X. (2000). Integration of cropping practices and herbicides improves weed management in dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Technology* 14, 327–336.
- Broughton, W.J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. and Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil* 252, 55–128.
- Buetow, R., Mehring, G.H., Kandel, H., Johnson, B. and Osorno, J.M. (2017). Nitrogen fertilization and inoculation effects on dry bean. *Agricultural Sciences* 8, 1065-1081.
- Chacón, M.I., Pickersgill, S.B. and Debouck, D.G. (2005). Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theoretical and Applied Genetics* 110, 432–444.
- Chikoye, D., Weise, S.F. and Swanton, C.J. (1995). Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density on white bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* 43, 375–380.
- Coyne, D.P., Steadman, J.R., Godoy-Lutz, G., Gilbertson, R., Arnaud-Santana, E.A., Beaver, J.S. and Myers, J.R. (2003). Contributions of the Bean/Cowpea CRSP to management of bean diseases. *Field Crops Research* 82, 155–168.
- Davis, J.G. and Brick, M.A. (2009). Fertilizing Dry Beans. [Online]. Available at < <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/fertilizing-dry-beans-0-539> > [Accessed 10 November 2020].
- Delchev, G. and Barakova, T. (2018). Efficacy of herbicides, herbicide combinations and herbicide tank mixtures on winter forage pea (*Pisum sativum* L.). *Research Journal of Agricultural Science* 50, 71-79.
- Delchev, G. and Delchev, D. (2019). Stability and selectivity of some herbicides, herbicide combinations and herbicide tank mixtures on winter forage pea (*Pisum sativum* L. var. arvense). *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 25, 53-58.
- Evans, S.P., Knezevic, S.Z., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A. and Blankenship, E.E. (2003). Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science* 51, 408-417.

- FAO. (2020). Bean. [Online]. Available at < <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/bean/en> > [Accessed 18 November 2020].
- FAOSTAT. (2020). Crops – beans, 2018. [Online]. Available at < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> > [Accessed 31 October 2020].
- Faria, J.C., Carneiro, G.E.S. and Aragão, F.J.L. (2010). Gene flow from transgenic common beans expressing the bar gene. *Genetically Modified Crops* 1, 94-98.
- Ferreira, J.L., Carneiro, J.E.S., Teixeira, A.L., Fortunata de Lanes, F., Cecon, P.R. and Borém, A. (2007). Gene flow in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica* 153, 165-170.
- Ford, G.T. and Pleasant, J.M. (1994). Competitive abilities of six corn (*Zea mays*) hybrids with four weed control practices. *Weed Technology* 8, 124-128.
- Franzen, D.W. (2017). Fertilizing Pinto, Navy and Other Dry Edible Bean. [Online]. Available at < <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/fertilizing-pinto-navy-and-other-dry-edible-bean>> [Accessed 19 November 2020].
- Frost, P.R. and Hingston, T.L. (2004). Evaluation of new herbicides for use in capsicums and chillies. In *Weed management: balancing people, planet, profit.*, Fourteenth Australian Weeds Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 6-9 September 2004. B. M. Sindel and S. B. Johnson Eds. Serve-Ag Research, PO Box 690, Devonport, Tasmania, Australia, pp. 261- 263.
- García, E.H., Peña-Valdivia, C.B., Rogelio Aguirre, J.R. and Muruaga, J.S.M. (1997). Morphological and agronomic traits of a wild population and an improved cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany* 79, 207–213.
- Gepts, P. (2001). *Phaseolus vulgaris* (Beans). In *Encyclopedia of Genetics*. S. Brenner and J.H.Miller Eds. *Academic Press*, pp 1444- 1445.
- Gepts, P. and Bliss, F.A. (1988). Dissemination pathways of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) deduced from phaseolin electrophoretic variability. II Europe and Africa. *Economic Botany* 42, 86–104.
- Gepts, P., Osborn, T.C., Rashka, K. and Bliss, F.A. (1986). Phaseolin-protein Variability in Wild Forms and Landraces of the Common Bean (*Phaseolus*

- vulgaris*): Evidence for Multiple Centers of Domestication. *Economic Botany* 40, 451-468.
- Graham, P.H. and Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research* 53, 131-146.
- Graham, P.H. and Vance, C.P. (2003). Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology* 131, 872–877.
- Hamid, S., Pathania, P.K., Rana, S.S., Sharma, J.J., Sood, S. and Sagar, V. (2010). Productivity of French bean as influenced by integrated nutrient and weed management. *Himachal Journal of Agricultural Research* 36, 20-27.
- Holt, J.S. (1995). Plant Responses to Light: A Potential Tool for Weed Management. *Weed Science* 43, 474-482.
- Ibarra-Perez, F.J., Ehdaie, B. and Waines, J.G. (1997). Estimation of outcrossing rate in common bean. *Crop Science* 37, 60-65.
- Isoi, T. and Yoshida, S. (1991). Low nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil Science and Plant Nutrition* 37, 559-563.
- Jafari, R., Rezai, S. and Shakaram, J. (2013). Evaluating effects of some herbicides on weeds in field bean (*Phaseolus vulgaris*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 6, 1150-1152.
- Jones, A.L. (1999). Post Production Operations. In *Phaseolus Bean: Post-harvest Operations*. D. Mejia and B. Lewis Eds. [Online]. Available at < <http://www.fao.org/3/a-av015e.pdf> > [Accessed 16 October 2020].
- Kami, J., Velásquez, V.B., Debouck, D.G. and Gepts, P. (1995). Identification of presumed ancestral DNA sequences of phaseolin in *Phaseolus vulgaris*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92, 1101-1104.
- Kaplan, L. (1965). Archaeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). *Economic Botany* 19, 358-368.

- Kaushik, S. (2006). Phytotoxicity of selected herbicides to mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.). *Environmental and Experimental Botany* 55, 41–48.
- Kebede, M., Sharma, J.J., Tana, T. and Nigatu, L. (2016). Evaluation of Integrated Weed Management Practices on Weeds and Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Ethiopia. *Journal of Science and Sustainable Development* 4, 1-14.
- Knezevic, S.Z., Evans, S.P., Blankenship, E.E., Van Acker, R.C. and Lindquist, J.L. (2002). Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science* 50, 773-786.
- Kristó, I., Tar, M., Vojnich, V.J. and Nagy, M.V. (2019). Effect of weed control technologies on chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and weeds. *Новітні агротехнології* 7 [Online]. Available at < <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204790>> [Accessed 15 December 2020).
- Kwak, M., Toro, O., Debouck, D.G. and Gepts, P. (2012). Multiple origins of the determinate growth habit in domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Annals of Botany* 110, 1573-1580.
- Lamb, J.A., Fernandez, F.G. and Kaiser, D.E. (2014). Understanding Nitrogen in Soils. [Online]. Available at < <https://extension.umn.edu/nitrogen/understanding-nitrogen-soils> > [Accessed 19 November 2020].
- Lioi, L. (1989). Geographical variation of phaseolin patterns in an old world collection of *Phaseolus vulgaris*. *Seed Science and Technology* 17, 317–324.
- Logozzo, G., Donnoli, R., Macaluso, L., Papa, R., Knüpfner, H. and Zeuli, P.S. (2007). Analysis of the contribution of Mesoamerican and Andean gene pools to European common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm and strategies to establish a core collection. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54, 1763–1779.
- Lovely, W.G., Weber, C.R. and Staniforth, D.W. (1958). Effectiveness of the rotary hoe for weed control in soybeans. *Agronomy Journal* 50, 621–625.

- Mahgoub, B.M. and Mukhtar, A. M. (2014). Effect of the herbicides oxyfluorfen and pendimethalin on weed control, growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences* 15, 19-24.
- Mahler, R.L. (2001). Fertilizer Placement. [Online]. Available at <<https://www.extension.uidaho.edu/publishing/pdf/CIS/CIS0757.pdf>> [Accessed 19 November 2020].
- Mclachlan, S.M., Tollenaar, M., Swanton, C.J. and Weise, S.F. (1993a). Effect of corn induced shading and temperature on rate of leaf appearance in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science* 41, 590-593.
- Mclachlan, S.M., Tollenaar, M., Swanton, C.J. and Weise, S.F. (1993b). Effect of corn induced shading on dry matter accumulation, distribution, and architecture of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science* 41, 568-573.
- Miklas, P.N. and Singh, S.P. (2007). Common Bean. In *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: Pulses, Sugar and Tuber Crops*. C. Kole Ed. *Springer Berlin Heidelberg New York*, pp 1-22.
- Mmbaga, M.T. and Steadman, J.R. (1992). Nonspecific resistance to rust in pubescent and glabrous common bean genotypes. *Phytopathology* 82, 1283- 1287.
- Moomaw, R.S. and Martin, A.R. (1984). Cultural practices affecting season-long weed control in irrigated corn (*Zea mays*). *Weed Science* 32, 460-467.
- Ngouajio, M., Foko, J. and Fouejio, D. (1997). The critical period of weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Cameroon. *Crop Protection* 16, 127-133.
- Nowatzki, J. (2019). Dry Bean Production Guide: Harvesting Dry Beans. [Online]. Available at < <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/dry-bean-production-guide>> [Accessed 20 November 2020].
- OECD. (2016). Common bean (*Phaseolus vulgaris*). In *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 6: OECD Consensus Documents*. *OECD Publishing, Paris*, pp 187- 210.

- Paredes, O.M. and Gepts, P. (1995). Extensive introgression of Middle American germplasm into Chilean common bean cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42, 29-41.
- Pillemer, E.A. and Tingey, W.M. (1978). Hooked trichomes and resistance of *Phaseolus vulgaris* to *Empoasca Fabae* (Harris). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 24, 83-94.
- Pullen, D.W.M. and Cowell, P.A. (1997). An evaluation of the performance of mechanical weeding mechanisms for use in high speed inter-row weeding of arable crops. *Journal of Agricultural Engineering Research* 67, 27-34.
- Rana, S.S., Rana, R.S., Jangpo, B. and Angiras, N.N. (1999). Studies on Integrated Weed Management in Rajmash (*Phaseolus vulgaris* L.) under Sangla Valley Conditions of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Weed Science* 31, 218-221.
- Russo, V.M. and Perkins-Veazie, P. (1992). Cultural practices affecting yield and nutrient content of dry bean. *Journal of Production Agriculture* 5, 323-327.
- Sadeghipour, O. and Ghaffari Khaligh, H. (2002). Effects of weeding and different herbicides on weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 4, 277-282.
- Sandoval-Avila, D. M., Michaels, T.E., Murphy, S.D. and Swanton, G.J. (1994). Effect of tillage practice and planting pattern on performance of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science* 74, 801-805.
- Sibuga, K.P and Bandeen, J.D. (1980). Effects of green foxtail and lamb's-quarters interference in field corn. *Canadian Journal of Plant Science* 60, 1419- 1425.
- Singh, S.P. Gepts, P. and Debouck D.G. (1991) Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 45, 379-396.
- Singh, S.P. and Schwartz, H.F. (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: A review. *Crop Science* 50, 2199-2223.
- Stagnari, F. and Pisante, M. (2011). The critical period for weed competition in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mediterranean areas. *Crop Protection* 30, 179-184.

- Van Acker, R.C., Swanton, C.J. and Weise, S.F. (1993). The critical period of weed control in soybean (*Glycine max* (L.) Merr). *Weed Science* 41, 194-200.
- Vangessel, M.J., Wiles, L.J., Schweizer, E.E. and Westra, P. (1995). Weed control efficacy and pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) tolerance to early season mechanical weeding. *Weed Technology* 9, 531-534.
- Wells, W.C., Isom, W.H. and Waines J.G. (1988). Outcrossing rates of six common bean lines. *Crop Science* 28, 177-178.
- Wilson, R.G. (1993). Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* 41, 607-610.
- Woolley, B.L., Michaels, T.E., Hall, M.R. and Swanton, C.J. (1993). The critical period of weed control in white bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* 41, 180-184.