

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

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

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Αξιολόγηση σκευασμάτων πελαργονικού οξέος και άλλων φυσικών
προϊόντων ως προς την διαχείριση ζιζανίων

Ελένη Α. Ράπτη

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ηλίας Τραυλός, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα

2021

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

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Αξιολόγηση σκευασμάτων πελαργονικού οξέος και άλλων φυσικών προϊόντων ως προς την διαχείριση ζιζανίων

“Evaluation of formulations of pelargonic acid and other natural products for weed management”

Ελένη Α. Ράπτη

Εξεταστική Επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Γαρυφαλλιά Οικονόμου, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Αξιολόγηση σκευασμάτων πελαργονικού οξέος και άλλων φυσικών προϊόντων ως προς την διαχείριση ζιζανίων

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχόμενη και έντονη χρήση των χημικών συνθετικών ζιζανιοκτόνων έχει δημιουργήσει προβλήματα παγκοσμίως. Το κυριότερο από αυτά είναι η ανθεκτικότητα που εμφανίζουν τα ζιζάνια στα χημικά ζιζανιοκτόνα, με αποτέλεσμα η διαχείρισή τους να μην είναι επαρκής. Λόγω λοιπόν αυτής της εξέλιξης η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα ασχολείται με την εύρεση νέων τρόπων διαχείρισης των ζιζανίων που παράλληλα θα συνάδουν με τα πρότυπα των συστημάτων αειφορικής γεωργίας. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση του πελαργονικού οξέος και άλλων φυσικών προϊόντων με στόχο την διαχείριση των ζιζανίων. Συγκεκριμένα για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά σκευάσματα πελαργονικού οξέος PA1 (pelargonic acid 18.67% + maleic hydrazide 3%), PA2 (pelargonic acid 50% w/v), PA3 (pelargonic acid 3.102% w/v + maleic hydrazide 0.459% w/v), PA4 (pelargonic acid 18.67%), τρία προϊόντα με αιθέρια έλαια από μανούκα (EO1), λεμονόχορτο (EO2) και πεύκο (EO3), αλεσμένοι σπόροι σε μορφή σκόνης από αραβόσιτο (AC) και μουκούνα (AM). Επίσης, δημιουργήθηκαν κάποια μίγματα (M1, M2) από τα παραπάνω, εκ των οποίων το M1 περιείχε πελαργονικό οξύ (PA1) με αιθέριο έλαιο από μανούκα (EO1) και το M2 περιείχε πελαργονικό οξύ (PA1) με αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου (EO2), αλλά και συνδυασμοί των προϊόντων PA&AC (πελαργονικό οξύ με άλευρο από αραβόσιτο) και PA&AM (πελαργονικό οξύ με άλευρο από μουκούνα). Οι παραπάνω εφαρμογές εφαρμόστηκαν σε διαφορετικά είδη ζιζανίων ανάλογα με το πείραμα, αυτά τα ζιζάνια ήταν *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Galium aparine*, *Bromus dianthus* και σε ένα καλλιεργούμενο το *Triticum spp.*.

Και τα τέσσερα σκευάσματα (PA1, PA2, PA3, PA4) που περιείχαν πελαργονικό οξύ ήταν πιο δραστικά στο πλατύφυλλο (*Galium aparine*) σε σύγκριση με τα αγρωστώδη (*Lolium rigidum*, *Avena sterilis*) που εφαρμόστηκαν. Παρατηρήθηκε η διασυστηματικότητα του αιθέριου ελαίου από μανούκα (EO1) όταν χρησιμοποιείται ως ζιζανιοκτόνο. Ο συνδυασμός του πελαργονικού οξέος με παραφινικό έλαιο αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Καλύτερα από τα δύο μίγματα έδρασε εκείνο που περιείχε το αιθέριο έλαιο μανούκα σε ανάμιξη με πελαργονικό οξύ (M1), παρέχοντας επαρκή έλεγχο των ζιζανίων. Ο συνδυασμός του πελαργονικού οξέος με τα άλευρα των σπόρων προκάλεσε επιβράδυνση της βλάστησης και μείωσαν των αριθμό των φυτών. Συνολικά φάνηκε ότι πιο ανθεκτικό ζιζάνιο από τα προαναφερθέντα υπήρξε ο *B. dianthus*.

Επιστημονική περιοχή: Φυσικά Ζιζανιοκτόνα

Λέξεις κλειδιά: πελαργονικό οξύ, αιθέρια έλαια, φυσικά προϊόντα, αειφορική διαχείριση ζιζανίων

Evaluation of formulations of pelargonic acid and other natural products for weed management

Faculty of Crop Science
Laboratory of Agronomy

ABSTRACT

The persistent and intense use of synthetic herbicides has caused problems worldwide. The most important is the resistance that weeds had developed to chemical herbicides, resulting to insufficient weed management. Therefore, the world scientific community is working to find new approaches in the control procedure of weeds, which are also in line with the standards of sustainable farming systems. The purpose of this study is to assess pelargonic acid and other natural products, aiming to a desirable management of the weeds.

In this study were used four different formulations of pelargonic acid PA1 (pelargonic acid 18.67% + maleic hydrazide 3%), PA2 (pelargonic acid 50% w/v), PA3 (acid 3.102% w/v + maleic hydrazide 0.459% w/v), PA4 (pelargonic acid 18.67%), three essential oils, which derived from Manuka (EO1), Lemongrass (EO2), Pine (EO3) and ground grains in powder form from *Zea mays* (AC) and *Mucuna pruriens* (AM). In addition, were created two mixtures M1 and M2, of which M1 contained pelargonic acid (PA1) with Manuka oil (EO1) and the other contained pelargonic acid (PA1) with lemongrass oil (EO2). Subsequently, the rest of the natural products were combined with pelargonic acid, specifically PA&AM (pelargonic acid with *Mucuna* seeds) and PA&AC (pelargonic acid with *Mucuna* seeds). The treatments above were applied to different weed species depending on the experiment, these weeds were *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Galium aparine*, *Bromus dianthus* and one cultivar of *Triticum* spp.

The applications of pelargonic acid (PA1, PA2, PA3, PA4) formulations indicated an increased effectiveness on broadleaf (*G. aparine*) in contrast with the grass weeds (*L. rigidum* and *A. sterilis*). As for essential oils, the manuka oil showed a systemic activity as bioherbicide. Moreover, the combination of paraffinic oil and pelargonic acid increased the efficacy. The mixture with the manuka oil and pelargonic acid provided sufficient control of weeds. While the combination of pelargonic acid with the powder form grains showed deceleration of growth and decreased the density of species. Overall the most resistant weed was *B. dianthus*.

Scientific area: Natural herbicides

Key words: pelargonic acid, essential oils, natural products, sustainable weed management

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα μελέτη. Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Τραυλό Ηλία για την ανάθεση της εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας, την καθοδήγηση, τις συμβουλές και την βοήθεια σε όλη την πειραματική πορεία και συγγραφής της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο και την Καθηγήτρια κ. Οικονόμου Γαρυφαλλιά για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή αλλά και για την βοήθειά τους σε όλο το διάστημα που διήρκησε το μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Ζιζάνια.....	9
1.1.1 Γεωργικές πρακτικές και εμφάνιση επιβλαβών οργανισμών	9
1.1.2 Διαχωρισμός ζιζανίων	9
1.1.3 Παραδείγματα σημαντικών ζιζανίων.....	10
1.1.3.1 Ήρα (<i>Lolium</i> spp.).....	10
1.1.3.2 Αγριοβρώμη (<i>Avena</i> spp.)	11
1.1.3.3 Βρόμος (<i>Bromus</i> spp.)	11
1.1.3.4 Κολλιτσίδα (<i>Galium</i> spp.).....	12
1.2 Προβλήματα και Διαχείριση Ζιζανίων	12
1.2.1 Μέθοδοι Αντιμετώπισης Ζιζανίων.....	12
1.2.2 Ανθεκτικότητα και χημική ζιζανιοκτονία	15
1.3 Αλληλοπάθεια	19
1.3.1 Διερεύνηση του φαινομένου	19
1.3.2 Είδη Αλληλοπάθειας	20
1.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλοπάθεια.....	21
1.3.4 Φυτά με αλληλοπαθητικές ιδιότητες	21
1.3.4.1 Καλλιεργούμενα	21
1.3.4.2 Ζιζάνια και αλληλοπαθητικό δυναμικό.....	22
1.3.5 Η Αλληλοπάθεια στην διαχείριση των ζιζανίων	22
1.3.6 Εφαρμογή της αλληλοπάθειας σε γεωργικές δράσεις	23
1.4 Φυσικά προϊόντα ως νέα εργαλεία στην διαχείριση ζιζανίων	23
1.4.1 Φυσικά ζιζανιοκτόνα.....	23
1.4.1.1 Πελαργονικό οξύ.....	24
1.4.1.2 Αιθέρια Έλαια	25
1.4.2 Ακατέργαστα φυτικά προϊόντα	26
1.4.2.1 Άλευρα από σπόρους.....	26
1.5 Στόχος Μεταπτυχιακής Μελέτης.....	27
2. Υλικά και Μέθοδοι	28
2.1. Συλλογή φυτικού υλικού και προετοιμασία σπόρων.....	28
2.2. Πειραματικές επεμβάσεις.....	29
2.2.1 Επεμβάσεις 1 ^{ου} πειράματος	29

2.2.2	Επεμβάσεις 2 ^{ου} πειράματος	31
2.2.3	Επεμβάσεις 3 ^{ου} πειράματος	32
2.2.4	Επεμβάσεις 4 ^{ου} πειράματος	32
2.3	Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας κάθε επέμβασης στα φυτά στόχους.	33
2.3.1	Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας κάθε φυσικού ζιζανιοκτόνου έναντι των ζιζανίων στόχων.	33
2.3.2	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δόσεων του φυσικού ζιζανιοκτόνου με παραφινικό λάδι και χωρίς έναντι των ζιζανίων στόχων.	33
2.3.3	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των αλεύρων και του συνδυασμού τους με το πελαργονικό έναντι των ζιζανίων στόχων.	33
2.3.4	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του αλεύρου, του πελαργονικού και του συνδυασμού τους.	34
3.	Αποτελέσματα	35
3.1	Αποτελέσματα 1 ^{ου} πειράματος	35
3.1.1	Ύψος <i>L. rigidum</i>	35
3.1.2	Ξηρό βάρος <i>L. rigidum</i>	36
3.1.3	Ύψος <i>A. sterilis</i>	38
3.1.4	Ξηρό βάρος <i>A. sterilis</i>	39
3.1.5	Ύψος <i>G. aparine</i>	41
3.1.6	Ξηρό βάρος <i>G. aparine</i>	42
3.2	Αποτελέσματα 2 ^{ου} πειράματος	44
3.2.1	NDVI	44
3.2.2	Νωπό βάρος	48
3.3	Αποτελέσματα 3 ^{ου} πειράματος	52
3.3.1	Ύψος	52
3.3.2	Πυκνότητα	57
3.4	Αποτελέσματα 4 ^{ου} πειράματος	61
3.4.1	Ύψος <i>L. rigidum</i> σε ατομικό φυτοδοχείο	61
3.4.2	Ύψος Normanno σε ατομικό φυτοδοχείο	62
3.4.3	Ύψος <i>L. rigidum</i> & Normanno σε κοινό φυτοδοχείο	63
3.4.4	Νωπό βάρος σε κοινό φυτοδοχείο	64
4.	Συζήτηση	66
4.1	Πελαργονικό οξύ, Αιθέρια έλαια & Μίγματα	66
4.2	Πελαργονικό οξύ και Παραφινικό έλαιο	69

4.3 Πελαργονικό οξύ, άλευρα σπόρων & συνδυασμοί	70
4.4 Πελαργονικό οξύ, άλευρο από αραβόσιτο & συνδυασμοί (σε καλλιεργούμενο και σε ζιζάνιο)	72
5. Συμπεράσματα	74
6. Βιβλιογραφία	76

1. Εισαγωγή

1.1 Ζιζάνια

1.1.1 Γεωργικές πρακτικές και εμφάνιση επιβλαβών οργανισμών

Η εξημέρωση των άγριων ειδών πυροδότησε την χειραγώγηση της φύσης μέσω των γεωργικών πρακτικών. Αν και το όφελος των γεωργικών πρακτικών ήταν μέγιστο για τις καλλιέργειες, δημιουργήθηκαν παράλληλα προβλήματα που αφορούν την βιωσιμότητα, προκαλώντας έμμεσο κίνδυνο στην υγεία του ανθρώπου αλλά και των υπόλοιπων οργανισμών. Για παράδειγμα μέσω των αρδευτικών πρακτικών έχει αυξηθεί η περιεκτικότητα των αλάτων και παράλληλα έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα νεροκρατήματος (waterlogging) στα καλλιεργούμενα εδάφη. Οι συνεχόμενες καλλιέργειες εξαντλούν τα εδάφη από θρεπτικά συστατικά και οργανική ουσία. Η άροση φθείρει την δομή του εδάφους, οξειδώνει την οργανική ουσία και παράγονται συμπιεσμένα στρώματα στο υπέδαφος. Πολλά άγρια είδη φυτών, ζώων και μικροοργανισμών εμφανίστηκαν ως επιβλαβείς οργανισμοί καλλιεργητικών φυτών, λόγω της καταστροφής των φυσικών οικοτόπων τους. Κανένα είδος δεν πρέπει να εξαλείφεται από την φύση αλλά ούτε να διαταράσσεται συνεχώς το περιβάλλον που ζει. Έτσι λοιπόν, μέσω των γεωργικών πρακτικών αυξήθηκε ο πληθυσμός και η ποικιλομορφία των επιβλαβών οργανισμών (Tasawar et al., 2017).

1.1.2 Διαχωρισμός ζιζανίων

Σύμφωνα με τον ανθρωποκεντρικό ορισμό, ένα φυτό το οποίο αναπτύσσεται εκεί που δεν είναι επιθυμητό, καλείται ζιζάνιο. Όμως το ζιζάνιο όντας αυτοφυές φυτό συνεισφέρει στην λειτουργική βιοποικιλότητα σε ένα αγρό-οικοσύστημα και βάσει αυτού πρέπει να σχεδιάζονται οι μέθοδοι αντιμετώπισής του (Βυζαντινόπουλος, 2012).

Τα ζιζάνια εμφανίζουν χαρακτηριστικές μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές με τα καλλιεργούμενα φυτά. Οι διαφορές που παρατηρούνται φορούν (1) τον ταχύτερο ρυθμό φυτρώματος των σπόρων, (2) την ταχύτερη και πλούσια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, (3) τον ταχύτερο ρυθμό απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων και νερού, (4) την ταχύτερη ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας, (5) τον μεγαλύτερο δείκτη της φυλλικής επιφάνειας, (6) τον υψηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης, (7) την αντοχή στην μείωση και στην διάρκεια φωτός, (8) την μεγαλύτερη βιομάζα, (9) το μεγαλύτερο ύψος και (10) την μικρότερη εξάρτηση της ανάπτυξής τους από τις εδαφικές και τις κλιματικές συνθήκες (Ελευθεροχωρινός, 2008). Από την άλλη όταν η πυκνότητα των ζιζανίων είναι μεγάλη τότε τα περισσότερα ανταγωνίζονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο ανταγωνισμός με το καλλιεργούμενο φυτό (Ελευθεροχωρινός, 2008). Αυτές οι διαφορές αιτιολογούν την μείωση της απόδοσης στα καλλιεργούμενα, όταν όλοι οι παράγοντες ανταγωνισμού (μεταξύ ζιζανίου και καλλιεργούμενου) παραμένουν σταθεροί.

Τα ζιζάνια μειώνουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών μέχρι 5% στις ανεπτυγμένες χώρες, 10% στις αναπτυσσόμενες και 25% στις υπανάπτυκτες (Akobundu, 1987). Στις βιομηχανικές και στις

αναπτυσσόμενες χώρες τα ζιζάνια εξακολουθούν να προκαλούν απώλειες στις αποδόσεις των καλλιεργούμενων φυτών, λόγω του ανταγωνισμού που δημιουργείται με το καλλιεργούμενο για την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, νερού, χώρου και φωτός, παρά την χρήση της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση τους (Βυζαντινόπουλος, 2012).

1.1.3 Παραδείγματα σημαντικών ζιζάνιων

1.1.3.1 Ήρα (*Lolium* spp.)

Η Ήρα ανήκει στην οικογένεια Poaceae, στο γένος *Lolium* spp., το οποίο περιλαμβάνει τα είδη *L. perenne* (πολυετής ήρα) που χρησιμοποιείται ως χλοοτάπητας, το *L. multiflorum* (πολυανθής ήρα), το *L. rigidum* (λεπτή ήρα), *L. persicum* που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και άλλα.

Καταγωγή και Εξάπλωση

Αναφέρεται ότι η ήρα είναι φυτό ιθαγενές στις Μεσογειακές χώρες της Νότιας Ευρώπης, της Βόρειας Αφρικής και στον Ασιατικό κόλπο και ότι εισήχθη σκόπιμα στην Αυστραλία ως είδος βόσκησης και ύστερα αποτέλεσε σημαντικό καλλιεργητικό ζιζάνιο της Νότιας Αυστραλίας (Niknam et al., 2002).

Το *L. rigidum* ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο θα βρεθεί, δηλαδή τις κλιματικές, εδαφικές και γεωργικές συνθήκες, παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα, φαινοτυπική πλαστικότητα και παραλλακτικότητα (Kloot, 1983). Το *L. rigidum* αναπτύσσεται σε μεσογειακά περιβάλλοντα και αποτελεί πλέον ένα σημαντικό είδος ζιζανίου παγκοσμίως, ενώ αρχικά εισήχθη ως καλλιέργεια βοσκοτόπων (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009). Κατατάσσεται στα ετήσια, χειμερινά ζιζάνια και εμφανίζεται κυρίως στις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών και με μικρότερη συχνότητα σε άλλες χειμερινές, πρώιμες ανοιξιάτικες, καθώς και φυτρώνει το φθινόπωρο και νωρίς την άνοιξη αλλά και σε πολυετείς (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009; Goggin et al., 2012). Στην Ελλάδα εμφανίζεται σε καλλιεργημένες και ακαλλιέργητες εκτάσεις και θεωρείται ένα από τα κυριότερα χειμερινά αγρωστώδη ζιζάνια. Είναι εξαιρετικά ανταγωνιστική και σύμφωνα με έρευνες από όλο τον κόσμο, σε συνθήκες υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας πίεσης επιλογής είναι πιθανό να δημιουργήσει ανθεκτικούς πληθυσμούς (Hear, 2010).

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η ήρα είναι φυτό όρθιας ανάπτυξης αλλά συναντάται και ως έρπον. Όσον αφορά τον βλαστό είναι κυλινδρικός, τραχύς και όρθιος με μια μικρή κλίση, δημιουργεί πολλά αδέρφια, έχει γόνατα και είναι πορφυρός στην βάση του. Το έλασμα των φύλλων της είναι τραχύ, φέρει αυλάκωση και γυαλίζει στην κάτω επιφάνεια ενώ στην άνω είναι επίπεδο και διαγράφονται διαμήκεις φλέβες αλλά παραμένει γυαλιστερό. Έτσι, δίνει την αίσθηση μακροσκοπικά ότι γυαλίζει. Στα νεαρά στάδια τα φύλλα είναι στενά και όρθια.

Η λεπτή ήρα (*L. rigidum*) ανθίζει από τον Μάρτιο μέχρι τον Μάιο και η ταξιανθία της είναι στενός, λεπτός και επιμήκης στάχης, χρώματος γκρι-μωβ και μήκους 20-30 εκατοστά. Έχει πολυανθή σταχύδια, κάθε ανθίδιο έχει τρεις κίτρινους ανθήρες και ο χιτώνας των ανθιδίων δεν καταλήγει σε άγανο. Επίσης, οι σπόροι είναι πολύ μικροί, σχετικά επίπεδοι και ελαφριοί με αποτέλεσμα να μπορούν να μεταφερθούν με τον αέρα. Το χρώμα των σπόρων είναι ίδιο με εκείνο του αχύρου και το έμβρυό τους είναι ευκρινές από τα εξωτερικά τοιχώματα. (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009; Ελευθεροχωρινός, 2008). Επιπλέον, παράγει άφθονους σπόρους. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι σε καλλιέργεια σίτου παρήγαγε 31.000-45.000 ανά τετραγωνικό μέτρο (Rerkasem et al., 1980). Αναπαράγεται αποκλειστικά με αυτούς και εύκολα εξαπλώνεται από πιστοποιημένους σπόρους αλλά και από σπόρους που κρατήθηκαν από τους καλλιεργητές. Σημαντικό είναι να εφαρμόζεται καταπολέμηση σε πρώιμο στάδιο, διότι διαφορετικά απλώς καταστέλλεται η ανάπτυξή της (Δημητρακοπούλου, 2016).

1.1.3.2 Αγριοβρώμη (*Avena spp.*)

Η αγριοβρώμη ανήκει στην οικογένεια Poaceae στο γένος *Avena spp.* και στην Ελλάδα επικρατούν δύο είδη. Αυτά είναι η *A. sterilis* που παρατηρείται στα χειμερινά σιτηρά και *A. fatua* σπανιότερα στα όψιμα χειμερινά αλλά και στα ανοιξιάρικα σιτηρά (Λόλας, 2013).

Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *A. sterilis*

Η αγριοβρώμη είναι φυτό όρθιας ανάπτυξης με βλαστό που φτάνει σε ύψος 50-150 cm. Διαφοροποιείται από τα χειμερινό σιτηρό λόγω της έλλειψης ωτίων, ενώ περιλαμβάνει γλωσσίδιο όπως και τα υπόλοιπα. Το γλωσσίδιο είναι ευδιάκριτο, ελλειψοειδές και σχισμένο κατά θέσεις. Όσον αφορά τα φύλλα το έλασμα τους είναι τραχύ και από τις δύο πλευρές και περιλαμβάνει ράβδωση στην μέση. Διαφοροποιείται και στα φύλλα από τα υπόλοιπα σιτηρά καθώς το έλασμα του φύλλου της αγριοβρώμης είναι αριστερόστροφο. Η ταξιανθία είναι φόβη, ανοιχτή, χαλαρή με λεπτές διακλαδώσεις (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009).

Πολλαπλασιάζεται μόνο με σπόρους και κάθε φυτό παράγει 400-600 σπόρους (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009). Ένα μέρος των σπόρων ωριμάζουν νωρίτερα από τα χειμερινά σιτηρά και υπάρχει περίπτωση οι σπόροι να βρίσκονται σε κατάσταση λήθαργου έως και 7 χρόνια (Λόλας, 2013). Οι σπόροι είναι επιμήκεις, φέρει άγανο μακρύ το οποίο κάμπτεται στην μέση και έχει μαύρες τρίχες στην πλευρά του εμβρύου σπόρους (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009).

1.1.3.3 Βρόμος (*Bromus spp.*)

Ανήκει στην οικογένεια Poaceae και έχουν καταγραφεί 4 είδη του γένους *Bromus*. Αυτά είναι τα *B. arvensis*, *B. jaronicus*, *B. tectorum* και *B. sterilis*, με ιδιαίτερο ζιζανιολογικό ενδιαφέρον για το τελευταίο (Λόλας, 2013).

Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *B. sterilis*

Ανήκει στα ετήσια χειμερινά ζιζάνια και εξαπλώνεται ταχέως στα χειμερινά σιτηρά καθώς υπάρχει έλλειψη ζιζανιοκτόνου που να το περιορίζει. Ο βλαστός του φέρει τρίχες, είναι λείος στην κορυφή, όρθια ανάπτυξης φτάνοντας σε ύψος 30-100 cm. Όπως και η αγριοβρώμη έτσι και ο βρόμος δεν φέρει ωτία, ενώ το γλωσσίδιο είναι μεγάλο λευκό και οδοντωτό. Το έλασμα των φύλλων του είναι δεξιόστροφο. Η ταξιανθία του είναι φόβη, αραιή με μακριές εύκαμπτες διακλαδώσεις και ανθίζει από Μάιο έως Ιούνιο. Παράγει 200 - 300 σπόρους το κάθε φυτό, οι οποίοι είναι επιμήκεις και φέρουν άγανο. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι χάνουν την βιωσιμότητά τους σε μικρό χρονικό διάστημα. (Λόλας, 2013; Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009).

1.1.3.4 Κολλιτσίδα (*Galium* spp.)

Η κολλιτσίδα ανήκει στην οικογένεια Rubiaceae και ζιζανιολογικό ενδιαφέρον στην Ελλάδα εμφανίζουν τρία είδη. Αυτά τα είδη είναι *G. spurium*, το οποίο συναντάται περισσότερο στα χειμερινά σιτηρά, το *G. tricornutum* και το *G. aparine* που συναντάται σπανιότερα. Η εξάπλωσή τους αφορά όλη την Ευρώπη. (Λόλας, 2013).

Μορφολογικά χαρακτηριστικά του *G. aparine*

Το *G. aparine* είναι ένα ετήσιο χειμερινό ζιζάνιο εξαιρετικά απαιτητικό σε σχέση με τα είδη που αναφέρθηκαν. Ο βλαστός του έχει έρπουσα έκφυση ή αναρριχώμενη, φτάνει σε ύψος 30 – 150 cm, έχει τετραγωνική διατομή, διακλαδίζεται και φέρει ακανθώδεις τρίχες. Τα φύλλα του είναι λογχοειδή και στενά, φέροντας στην άνω επιφάνεια των φύλλων άκαμπτες τρίχες. Κάθε φυτό παράγει περίπου 300- 400 σπόρους, έχουν σφαιρική μορφή (4 – 6 mm), με μια ουλή στο ένα άκρο και καλύπτονται από αγκάθια. Τέλος, ανθίζει από τον Μάιο μέχρι τον Μάρτιο. (Λόλας, 2013; Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009).

1.2 Προβλήματα και Διαχείριση Ζιζανίων

Στην πάροδο των χρόνων με τον ανταγωνισμό να προκαλεί μείωση στην απόδοση του καλλιεργούμενου φυτού, δημιουργήθηκαν τεχνικές διαχείρισης των ζιζανίων που διαφοροποιούνται ανάλογα με τον βιολογικό κύκλο των φυτών, το μέγεθος της προσβολής, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τους σκοπούς της διαχείρισης και έχουν στόχο να επηρεάσουν την πυκνότητα και την ανάπτυξη των ζιζανίων (Κραββαρίτη, 2010). Η διαχείριση των ζιζανίων αφορά τον συστηματικό συνδυασμό αρχών και μεθόδων για την πρόληψη των ζημιών σε ένα αγρό-οικοσύστημα (Γιαννοπολίτης, 1995; Λόλας, 2013)

1.2.1 Μέθοδοι Αντιμετώπισης Ζιζανίων

Οι σημαντικές απώλειες στις καλλιέργειες που προκαλούνται από τα ζιζάνια έχουν οδηγήσει στην διαχείριση των ζιζανίων με μεθόδους ελέγχου που σύμφωνα με τους Zimdahl και Anderson

(2007) διακρίνονται σε προληπτικές, καλλιεργητικές, φυσικές, μηχανικές, βιολογικές και χημικές.

Προληπτικά μέτρα

Η πρόληψη αποτελεί εξαιρετικό και ίσως μοναδικό εργαλείο για την διαχείριση κάποιων ζιζανίων όπως είναι τα παρασιτικά (Οροβάγγη), πολυετή (βέλιουρας), επιβλαβή (μαρτιάκος) και εισβολείς (Λόλας, 2013). Επίσης, σε πολλές χώρες είναι υποχρεωτική για συγκεκριμένα ζιζάνια (Λόλας, 2013). Τα προληπτικά μέτρα περιλαμβάνουν την χρήση σπόρου σποράς, κοπριάς, νερού άρδευσης και άλλων υλικών απαλλαγμένα από σπόρους ζιζανίων ή/ και όργανα αγενούς αναπαραγωγής των ζιζανίων. Επίσης, μείζονος σημασίας είναι ο επιμελής καθαρισμός των μέσων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιοχές μολυσμένες από ζιζάνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αποτελεσματικότητα των παραπάνω μειώνεται ή εξαλείφεται όταν οι σπόροι των ζιζανίων μπορούν να μεταφερθούν με τον άνεμο, το νερό ή τα ζώα. (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Καλλιεργητικά Μέτρα

Στα καλλιεργητικά μέτρα συγκαταλέγονται (α) η αμειψισπορά, (β) η καλή προετοιμασία της σποροκλίνης, (γ) ο κατάλληλος χρόνος σποράς, (δ) η επιλογή σπόρου με ομοιόμορφο μέγεθος, (ε) η πυκνότητα σποράς, (ζ) η ορθολογική χρήση του νερού, (η) η αντιμετώπιση εχθρών, όπως τα έντομα και οι μύκητες, (θ) η ψευδοσπορά, (ι) η χρήση ανταγωνιστικών ή αλληλοπαθητικών ποικιλιών (Ελευθεροχωρινός, 2008; Λόλας, 2013). Εκτός από τα προαναφερόμενα, η μικτή καλλιέργεια προκαλεί σε ικανοποιητικό βαθμό αποκλεισμό των ζιζανίων, πέρα από τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα που έχει (Δημόκας, 2015). Επίσης, επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, μειωμένη διάβρωση και έλεγχος των ζιζανίων με μικρότερο κόστος.

Από τα παραπάνω, η αμειψισπορά ή αλλιώς η εναλλαγή καλλιεργειών, δείχνει να είναι το σπουδαιότερο για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Βέβαια, απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της είναι οι καλλιέργειες που εναλλάσσονται να έχουν διαφορετικό βιολογικό κύκλο, δηλαδή να χρησιμοποιούνται χειμερινές και ανοιξιάτικες, και με αυτόν τον τρόπο να χρησιμοποιούνται πληθώρα μέτρων αντιμετώπισης και αποτελεσματικά ζιζανιοκτόνα. Το χαρακτηριστικό της πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα εναλλαγής του χρησιμοποιούμενου ζιζανιοκτόνου, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την πιθανότητα δημιουργίας ανθεκτικών βιοτύπων (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Ωστόσο, παγκόσμια ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι τα παραπάνω μέτρα δεν εξαλείφουν την ζιζανιοχλωρίδα αλλά συμβάλλουν στον μερικό έλεγχο των ζιζανίων. Σημαντικός παράγοντας της μειωμένης αποτελεσματικότητας αποτελούν το είδος της καλλιέργειας και των ζιζανίων αλλά και οι κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Φυσική μέθοδος

Στις φυσικές μεθόδους περιλαμβάνονται:

- Εδαφοκάλυψη,
- Ηλιοαπολύμανση,
- Κατάκλιση

Η κάλυψη του εδάφους δρα μέσω αδρανών υλικών όπως είναι το πριονίδι, το άχυρο, ξερά χόρτα, φυτικά υπολείμματα και φύλλα πλαστικού. Στοχεύοντας στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης των φυτών λόγω της αντίστασης των υλικών και των συνθηκών σκότους. Αποτελεί μια ακριβή μέθοδο όταν χρησιμοποιούνται τα φύλλα πλαστικού και βρίσκει εφαρμογή σε βιολογικές καλλιέργειες. Επιπλέον, στην εδαφοκάλυψη χρησιμοποιούνται φυτά κάλυψης (cover crops) από καλλιέργειες ψυχανθών ή αγρωστωδών και εφαρμόζονται σε δενδροκαλλιέργειες, συμβάλλοντας στον εμπλουτισμό των συστατικών του εδάφους (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Κατά την ηλιοαπολύμανση χρησιμοποιούνται διαφανή ή αδιαφανή πλαστικά υλικά κάλυψης που καλύπτουν το έδαφος σε περιόδους έντονης και διαρκούς ακτινοβολίας (Tranlos et al., 2009). Αποτελεί μία από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης ζιζανίων. Σε αυτό που πλεονεκτεί σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους είναι ότι καταπολεμά τα ζιζάνια στο στάδιο του σπόρου, δηλαδή σε ένα στάδιο που αρκετά ζιζανιοκτόνα εδάφους αδυνατούν να επιτύχουν (Λόλας, 2013).

Η κατάκλιση ή αποστράγγιση είναι μια μέθοδος που στηρίζεται στην διαχείριση του νερού, δηλαδή στοχεύει στις υδατικές ανάγκες των ζιζανίων ανάλογα με το αν είναι υδροχαρή και μη. Συγκεκριμένα, κατά την κατάκλιση δημιουργούνται συνθήκες ανοξίας στα μη υδροχαρή ζιζάνια, ενώ κατά την αποστράγγιση στερείται το νερό από τα υδροχαρή και κατά συνέπεια νεκρώνονται. Αποτελεί μια μέθοδο που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν αλλά βρίσκει και εφαρμογές μέχρι και σήμερα (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Μηχανική Μέθοδος

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την εκρίζωση, αποξήλωση και απόθεση με εξοπλισμό που λειτουργεί με ή χωρίς το χέρι για τον διαχωρισμό των ζιζανίων και ακολουθείται από τους αρχαίους χρόνους (Young et al., 2014). Συγκεκριμένα, το βοτάνισμα, την κατεργασία του εδάφους, την κοπή των ζιζανίων και το κάψιμο των ζιζανίων.

Χημική μέθοδος

Σε αυτή την μέθοδο χρησιμοποιούνται χημικά μέσα για τον έλεγχο των ζιζανίων, που στηρίζονται στην εκλεκτικότητα του τρόπου δράσης των συνθετικών ουσιών που περιέχουν τα ζιζανιοκτόνα και έχει συμβάλει έντονα στον αγροτικό τομέα με θετικές αλλά και αρνητικές επιδράσεις (Λόλας, 2013). Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο όφελος της μεθόδου βασίζεται στην αποτελεσματικότητά της, η οποία είναι μεγάλη και γρήγορη. Επίσης, μείωσε το κόστος

παραγωγής των αγροτικών προϊόντων, βρίσκοντας εφαρμογή σε γραμμικές καλλιέργειες, όπως αυτές των χειμερινών σιτηρών και εξασφαλίζοντας την έγκαιρη καταπολέμηση των ζιζανίων, μέσω της προφυτρωτικής εφαρμογής, που είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί εξαλείφεται ο ανταγωνισμός που δημιουργείται με τα καλλιεργούμενα φυτά στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους. Τέλος, χαρακτηρίζεται από την ευκολία εφαρμογής, φαίνεται να μην επηρεάζει την δομή του εδάφους αλλά να την προστατεύει και να δρα έντονα έναντι των πολυετών ζιζανίων. Εν αντιθέσει, υπάρχουν περιπτώσεις που δεν δρα τόσο αποτελεσματικά εξαιτίας των περιβαλλοντικών συνθηκών, του τύπου του εδάφους, το είδος και το στάδιο ανάπτυξης των ζιζανίων. Εκτός από αυτό, δρουν σε οργανισμούς που δεν αποτελούν στόχο, εμφανίζουν υπολειμματική δράση. Όμως το κυριότερο πρόβλημα που δημιουργούν τα ζιζανιοκτόνα, λόγω της αλόγιστης και μη ορθολογικής χρήσης τους, είναι ότι πολλαπλασιάζουν τις πιθανότητες δημιουργίας ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων και εκτός από αυτό, ρυπαίνουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα και προκαλούν φυτοτοξικότητες στην καλλιέργεια (Λόλας, 2013).

Στην χημική καταπολέμηση γίνεται χρήση ζιζανιοκτόνων διαφορετικών κατηγοριών, δηλαδή μπορεί να είναι χημικά συντιθέμενα, φυσικά αλλά και να έχουν δημιουργηθεί από παράγωγα φυσικών τοξινών. Για παράδειγμα, αλληλοχημικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ζιζανιοκτόνων φυσικής προέλευσης. Τα πλεονεκτήματα αυτών των φυσικών ζιζανιοκτόνων περιλαμβάνουν την χαμηλή διαλυτότητά τους στο νερό, την απουσία αλογονωμένων μορίων, εμφανίζουν διαφορετικούς τρόπους δράσης, πιο συγκεκριμένη αντίδραση με τα ζιζάνια, χαμηλότερες αναγκαίες συγκεντρώσεις για την δραστηριότητα και χαμηλότερα επίπεδα περιβαλλοντικής ζημιάς (Macías et al., 2014). Βέβαια, η αλόγιστη και υπερβολική χρήση των ζιζανιοκτόνων και ειδικά τα τελευταία χρόνια εκτιμάται ότι έχει αμβλύνει το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ρύπανσης και παράλληλα με αυτό συνεπάγεται το κατά πόσο είναι πλέον ασφαλή για την υγεία του καταναλωτή τα προϊόντα που παράγονται από τις καλλιέργειες (Σουλτογιάννη, 2007).

1.2.2 Ανθεκτικότητα και χημική ζιζανιοκτονία

Τα ζιζάνια θεωρούνται ως μία από τις σημαντικότερες απειλές για την γεωργική παραγωγή, δεδομένου ότι επηρεάζουν έμμεσα την παραγωγή των καλλιεργειών μέσω του ανταγωνισμού τους με την καλλιέργεια για θρεπτικά συστατικά, αποτελούν εστία ανάπτυξης εχθρών των καλλιεργειών, μειώνουν την απόδοση και την ποιότητα με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους της επεξεργασίας (Zimdahl, 2018). Ο χημικός έλεγχος παραμένει ο συνήθης τρόπος διαχείρισης των ζιζανίων. Δυστυχώς, η εξάρτηση από τα ζιζανιοκτόνα έχει δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα, όπως είναι ο πιθανός τραυματισμός των καλλιεργειών ή φυτών που δεν αποτελούν στόχο και η ύπαρξη υπολειμμάτων στο νερό και στο έδαφος προκαλώντας ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια (Li et al., 2003; Meksawat et al., 2010; Pot et al., 2011). Ένα ακόμα σημαντικό πρόβλημα που προκύπτει από την συστηματική χρήση των συνθετικών

ζιζανιοκτόνων αποτελεί η συνεχόμενη ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε αυτά από επιβλαβή ζιζάνια συμπεριλαμβανομένων των *Amaranthus*, *Conyza*, *Echinochloa*, και *Lolium* spp., τα οποία έχουν την ικανότητα να αναπτύσσουν γρήγορα ανθεκτικότητα σε ευρύ φάσμα δράσης των ζιζανιοκτόνων (Hear, 2014).

Σύμφωνα με τους LeBaron και Gressel (1982), η ικανότητα των ζιζανίων να αποκτούν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα έχει οριστεί ως η μείωση της ανταπόκρισης των πληθυσμών στα ζιζανιοκτόνα. Επίσης υποστηρίζουν ότι ο όρος «ανθεκτικότητα» διαφοροποιείται από τον όρο «ανεκτικότητα». Η Αμερικανική επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει ότι η ανθεκτικότητα αφορά την ικανότητα ανοχής των ειδών στην έκθεση ενός επιβλαβούς παράγοντα για αυτά, χωρίς να τραυματίζονται. Ενώ επισημαίνει ότι η ανεκτικότητα είναι η ικανότητα της φυσιολογικής ανάπτυξης των ειδών όταν εκτίθενται σε έναν δυνητικά επιβλαβή παράγοντα, όπως επισημαίνει στο βιβλίο του ο Vencil (2002). Το πρόβλημα λοιπόν, εντοπίζεται στην μετατροπή του πληθυσμού σε ανθεκτικό βιότυπο, αυτό παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι δεν αλλάζουν τα είδη αλλά ο τρόπος ελέγχου. Μέχρι και το 2005 έχουν αναγνωρισθεί 304 ανθεκτικοί βιότυποι από 182 είδη (109 δικότυλα & 73 μονοκότυλα). Τα ανθεκτικά είδη έχουν βρεθεί σε περισσότερα από 270.000 αγρούς σε 59 χώρες. Οι περισσότερες περιπτώσεις αφορούν στις ΗΠΑ. Πολλά παραδείγματα επιβεβαιώνουν το πρόβλημα αλλά παράλληλα μεγαλώνει και η ανησυχία. (Zimdahl, 2007).

Λόγω λοιπόν, των αμέτρητων προκλήσεων που έχουν προκύψει από τα χημικά ζιζανιοκτόνα, τέτοιων που το κόστος για τον έλεγχο των ζιζανίων και οι περιορισμοί άλλων μεθόδων ελέγχου, να απαιτούν τώρα την ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών και την ενσωμάτωσή τους τουλάχιστον, στις υπάρχουσες πρακτικές διαχείρισης των ζιζανίων. Οι εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να βασίζονται σε βιολογικές προσεγγίσεις, δηλαδή στον εμβολιαστικό βιολογικό έλεγχο και στην αλληλοπάθεια (Tasawar et al., 2017), άλλωστε δεδομένα δείχνουν ότι οι φυτοτοξικές ουσίες που εκκρίνονται από τα φυτά δείχνουν να μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των ζιζανίων (Einhellig & Leather, 1988) και να αποτελέσει εναλλακτικό εργαλείο διαχείρισης των ζιζανίων για την φυτική παραγωγή (Bhowmik & Inderjit, 2003). Αν και οι αλληλοχημικές ουσίες δεν μπορούν να καταστείλουν τα ζιζάνια ολοκληρωτικά, μπορούν να αναμειχθούν με ζιζανιοκτόνα για την βελτίωση του ελέγχου των ζιζανίων και την μείωση των ποσοτήτων των ζιζανιοκτόνων χωρίς να διακινδυνεύει το επίπεδο ελέγχου. Αρκετές καλλιέργειες αλλά και ζιζάνια έχουν παρουσιάσει αλληλοπαθητικές επιδράσεις εναντίον αρκετών ειδών ζιζανίων (Verdeguer et al., 2009).

Βιολογική μέθοδος

Αφορά την αντιμετώπιση ζιζανίων χρησιμοποιώντας διάφορους βιολογικούς παράγοντες. Στοχεύει στον περιορισμό των ζιζανίων και στην εξάλειψη του είδους. Ανάλογα με τον

οργανισμό που χρησιμοποιείται διακρίνεται στην κλασσική , στην χρήση βιοζιζανιοκτόνων και στον έλεγχο μέσω της αλληλοπάθειας (Λόλας, 2013).

(α) Κλασσική βιολογική μέθοδος

Η εφαρμογή της αφορά την εισαγωγή ή απελευθέρωση φυσικών εχθρών ή παρασίτων. Κινείται αυτόνομα χωρίς κάποια παραπάνω επέμβαση και ελέγχει την ζιζανιοχλωρίδα. Σημαντική προϋπόθεση θεωρείται ότι δεν διαταράσσει το περιβάλλον που τοποθετείται, το οποίο συνεπάγεται και την έλλειψη αρνητικής δράσης έναντι κάποιου οργανισμού που δεν αποτελεί στόχος. Μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί εξειδικευμένη δράση, με αποτέλεσμα να χρειάζονται παραπάνω βιολογικοί παράγοντες σε συστήματα που εμφανίζονται διαφορετικά είδη από ζιζάνια-στόχους, απαιτώντας ταυτόχρονα μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι την εμφάνιση της αποτελεσματικότητας (Δημόκας, 2015; Λόλας, 2013).

(β) Βιοζιζανιοκτόνα (Bioherbicides)

Η διαφορά της με την κλασσική έγκειται στην χρήση μόνο μικροοργανισμών, όπως μύκητες και βακτήρια, συνήθως χρησιμοποιούνται φυτοπαθογόνοι μύκητες με εξειδικευμένη δράση. Η εφαρμογή της γίνεται με ψεκαστικά μέσα, προκαλώντας ομοιόμορφη νέκρωση ή αναστολή στην αύξηση του ζιζανίου, θυμίζοντας τον τρόπο δράσης των ζιζανιοκτόνων, γι' αυτό τα ψεκαστικά βιοσκευάσματα ονομάζονται «βιοζιζανιοκτόνα» (bioherbicides). (Ελευθεροχωρινός, 2008). Για να είναι αποτελεσματική η δράση χρειάζεται να έχουν χαμηλή ή μηδενική παθογόνο δράση έναντι των οργανισμών που δεν αποτελούν στόχο, να μπορούν να εισχωρούν στα φυτά και τέλος όπως και τα ζιζανιοκτόνα να έχουν την δυνατότητα δράσης σε ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες (Λόλας, 2013).

(γ) Βιολογικός έλεγχος με αλληλοπάθεια

Αφορά αυτοφυή ή καλλιεργούμενα φυτά, τα οποία δρουν έναντι των ζιζανίων εκκρίνοντας χημικές ουσίες, οι οποίες αναστέλλουν το φύτεμα ή την ανάπτυξη των ζιζανίων. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι χρησιμοποιούνται τα υπολείμματα φυτών που έχουν αλληλοπαθητικές δράσεις και προκαλούν μείωση στο φύτεμα των σπόρων και στην ανάπτυξη των ζιζανίων, τέτοια φυτά είναι το κριθάρι, το σόργο και η ελαιοκράμβη (Λόλας, 2013).

(δ) Βιολογική μέθοδος με ανώτερα ζώα

Σε πολυετείς φυτείες ή δενδρώδεις καλλιέργειες γίνεται ελεγχόμενη βόσκηση με βοοειδή και αιγοπρόβατα, και αν μειωθούν σημαντικά τα προβλήματα που δημιουργούνται από τα ζιζάνια τότε θεωρείται βιολογικός έλεγχος (Δημόκας, 2015).

Βιοτεχνολογική μέθοδος

Η γεωργική βιοτεχνολογία έχει προσεγγίσει τον τομέα της ζιζανιολογίας σε τέσσερις κλάδους. Τα βιοζιζανιοκτόνα, τα φυσικά ζιζανιοκτόνα, την δημιουργία ανθεκτικών ειδών-ποικιλιών σε κάποια ζιζανιοκτόνα και στην χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών. Ένας κλάδος που αξιολογείται αρκετά από τους ερευνητές αφορά τα φυσικά ζιζανιοκτόνα, λόγω των προβλημάτων που αναφέρθηκαν. Τα φυσικά ζιζανιοκτόνα αποτελούνται από χημικές ουσίες απλές ή σύνθετες, οι οποίες έχουν απομονωθεί από φυτά (αλληλοπαθητικές ουσίες) ή μικροοργανισμούς, έχουν καθαριστεί και στοχεύουν στον περιορισμό της ζιζανιοχλωρίδας (Λόλας, 2013). Σύμφωνα με ερευνητικές μελέτες στο εξωτερικό έχει παρατηρηθεί ότι φυτά, όπως το καλαμπόκι, η μηδική, το ρύζι, εκκρίνουν ουσίες που έχουν ζιζανιοκτόνο δράση (Khanh et al., 2005). Από την άλλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ζιζανιοκτόνα συνθετικά παράγωγα φυσικών ουσιών, δηλαδή συνθετικές χημικές ουσίες που η σύνθεσή τους έχει βασιστεί στην χημική σύσταση φυτοτοξικών ουσιών. Ένα παράδειγμα σε αυτή την υποκατηγορία είναι ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στις τρικετόνες και είναι παράγωγα της φυσικής τοξίνης λεπτοσπερμόνη (leptospermane), (Λόλας, 2013).

Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση ζιζανίων

Στο πέρασμα των χρόνων, η προσπάθεια μείωσης ή/και εξάλειψης των πληθυσμών των ζιζανίων, μέσω χημικών μεθόδων που δημιούργησαν προβλήματα και βιολογικών που εμφανίζουν δυσκολίες στην εφαρμογή, προέκυψε το σύστημα της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Σταύρου, 2008). Πρόκειται για μια μέθοδο που συνδυάζει διάφορες τεχνικές, οι οποίες αλληλοσυμπληρώνονται, διότι η αντιμετώπιση των ζιζανίων δεν μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή μιας μονάχα τεχνικής. Για την δημιουργία προγραμμάτων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης λαμβάνονται υπόψη οι διαθέσιμες μέθοδοι, οι γνώσεις που επικρατούν εκείνη την στιγμή και αναλόγως χρησιμοποιείται, έπειτα αξιολογείται και εν τέλει βελτιώνεται έτσι ώστε να φέρει όσο το δυνατό καλύτερα αποτελέσματα. Για αυτό τον λόγο το πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης στοχεύει στο βέλτιστο αποτέλεσμα και όχι στην αντικατάσταση των προαναφερθέντων μεθόδων.

Η επιτυχημένη αειφορική διαχείριση των ζιζανίων απαιτεί τον συνδυασμό τεχνικών και όχι την χρήση μόνο μίας. Ο βιολογικός έλεγχος είναι εύκολο να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους επειδή, ιδανικά, με μία εφαρμογή μπορεί να αυτό-συντηρηθεί. Για να είναι αποτελεσματική, ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης απαιτεί γνώση των σχέσεων μεταξύ ζιζανίου και καλλιέργειας. Σύμφωνα με τον Wapshere και άλλους ερευνητές (1989), έχει αναφερθεί ότι εφόσον ο στόχος αφορά την αειφορική διαχείριση και όχι την ετήσια, η γνώση των οικολογικών σχέσεων απαιτείται. Επιτυχής διαχείριση ζιζανίων σημαίνει ότι ζιζανιοπληθυσμός μπορεί να μειωθεί και να διατηρηθεί σε σημείο που να μην προκαλεί οικονομικό κόστος (Zimdahl, 2007).

Βέβαια, τα ζιζανιοκτόνα συνεχίζουν να αποτελούν το βασικό εργαλείο στα περισσότερα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων. Ωστόσο, η εκτεταμένη χρήση συνθετικών ζιζανιοκτόνων απειλεί σοβαρά τόσο το περιβάλλον όσο και την δημόσια υγεία (Macias, 1995). Η ανάπτυξη των φυσικών προϊόντων ως ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα και φυτοφάρμακα και ο ρόλος τους στον βιο-έλεγχο των φυτικών ασθενειών υπόσχονται την μείωση των περιβαλλοντικών και υγειονομικών κινδύνων (Rice E. , 1995).

1.3 Αλληλοπάθεια

1.3.1 Διερεύνηση του φαινομένου

Παρεμβολή (Interference) είναι ο όρος που αποδίδεται στις δυσμενείς επιδράσεις που προκαλούν τα φυτά στην ανάπτυξη κάποιου άλλου φυτού (Zimdahl, 2018).

Ο ανταγωνισμός (Competition) είναι μέρος της παρέμβασης και συμβαίνει, λόγω της εξάντλησης ή της μη διαθεσιμότητας ενός ή περισσότερων περιορισμένων πόρων (Zimdahl, 2018).

Η αλληλοπάθεια (Allelopathy) αποτελεί μια άλλη μορφή παρέμβασης, που εμφανίζεται όταν ένα φυτό, διαμέσου ενός ζωντανού ή ενός φθίνοντος ιστού, παρεμβαίνει στην ανάπτυξη ενός άλλου φυτού χρησιμοποιώντας έναν χημικό αναστολέα (Zimdahl, 2018).

Βάσει των παραπάνω προκύπτει ότι η Παρεμβολή είναι το αποτέλεσμα του Ανταγωνισμού και της Αλληλοπάθειας (Interference = Competition + Allelopathy), όπως αναφέρει ο Zimdahl στο βιβλίο του. Τα δύο φαινόμενα του ανταγωνισμού και της αλληλοπάθειας συμβαίνουν ταυτόχρονα και δεν είναι δυνατή η απομόνωση του κάθε φαινομένου, για αυτό συνήθως χρησιμοποιείται ο όρος παρεμβολή όταν περιγράφεται κάποια από τις δύο μορφές αλληλεπίδρασης.

Τα φυτά και η μικροχλωρίδα παράγουν συλλογικά μια τεράστια ποικιλία ενώσεων διαφορετικής χημικής φύσης, η πλειονότητα των οποίων δεν φαίνεται να έχει ρόλο στον πρωταρχικό μεταβολισμό που είναι αναγκαίος για την ανάπτυξη και την εξέλιξη του φυτού. Αυτές οι μικρού βάρους χημικές ενώσεις αναφέρονται ως δευτερεύοντα φυτικά προϊόντα ή δευτερεύοντες μεταβολίτες. Ορισμένες τάξεις των δευτερευόντων μεταβολιτών ονομάζονται αλληλοχημικές έχοντας διεγερτικές ή/και ανασταλτικές επιδράσεις στην ανάπτυξη, στην υγεία και στην συμπεριφορά γειτονικών φυτών (Rice, 1974). Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται ως αλληλοπάθεια, ένας όρος που πρώτα εφαρμόστηκε από τον (Molish, 1937). Γενικά καθορίστηκε από κάποιους ερευνητές ως άμεσες ή έμμεσες βιοχημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυτών και δυνητικά από μικροοργανισμούς, μέσω της απελευθέρωσης των αλληλοχημικών ουσιών από τα φυτά (Weston & Duke, 2003). Τα φυτά απελευθερώνουν στο περιβάλλον αλληλοπαθητικές ουσίες άλλοτε άμεσα και άλλοτε έμμεσα. Συγκεκριμένα, η άμεση απελευθέρωση συμβαίνει μέσω της εξάτμισης από τα φύλλα, της έκκρισης από τις ρίζες ή της έκλυσης των φύλλων ή φυτικών

υπολειμμάτων με το νερό της βροχής. Έναντι, η έμμεση απελευθέρωση αυτών των ουσιών αφορά την μικροβιακή αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων (Γουρνάκη, 2012). Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, η αλληλοπάθεια αναφέρεται ως μια διεργασία που περιλαμβάνει δευτερεύοντες μεταβολίτες που παράγονται από φυτά συμπεριλαμβανομένων και μικροοργανισμών, ιών, μυκήτων που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την εξέλιξη των οργανισμών (Imtiyaz et al., 2017).

1.3.2 Είδη Αλληλοπάθειας

Η αυτό-τοξικότητα είναι μια μορφή αλληλοπάθειας στην οποία τα είδη αναστέλλουν την ανάπτυξη ατόμων του ίδιου είδους, απελευθερώνοντας αυτό-τοξίνες στο περιβάλλον (Singh et al. , 1999). Τέτοιες αυτό-τοξίνες μπορούν είτε να αναστείλουν, είτε να καθυστερήσουν την βλάστηση και την ανάπτυξη συγγενικών ειδών (Miller, 1996). Πολλές αυτό-τοξίνες (φαινόλες, μομιλακτόνη Β, αρτεμινίνη, φαινολικά οξέα και κυκλικό υδροξυαμικό οξύ) που σχετίζονται με την εξασθένηση συνεχόμενων καλλιεργειών, έχουν μελετηθεί σε διαφορετικά φυτά (Kato-Noguchi et al., 2002; Nakano et al., 2006; Li et al., 2012; Ni et al., 2012). Αυτές συχνά απελευθερώνονται από το φυτό-δότη προς τον αποδέκτη μέσω εξάτμισης, απόπλυσης, έκκρισης από την ρίζα ή σήψης (Inderjit et al. , 2006).

Για παράδειγμα, συνεχής καλλιέργεια του καπνού οδηγεί συχνά σε σημαντική μείωση της απόδοσης και της ποιότητας κατά την επόμενη καλλιεργητική περίοδο, χωρίς αυτό να οφείλεται πάντα σε επιβλαβείς οργανισμούς, στην γονιμότητα του εδάφους ή στις κλιματικές προκλήσεις (Chou, 1995, 1999; Chi et al., 2013). Σε αυτό το γεγονός δεν έχει οριστικοποιηθεί ότι ευθύνεται η αυτό-τοξικότητα αλλά αποτελεί σημαντικό παράγοντα συνεισφοράς. Ωστόσο, ελάχιστα είναι γνωστά για την ταυτότητα των αυτό-τοξικών ενώσεων που υπάρχουν στις εκκρίσεις της ρίζας. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τέτοιες ενώσεις εμφανίζονται τακτικά (Deng et al., 2017). Για παράδειγμα, σύμφωνα με μια μελέτη στην αυτό-τοξικότητα του καπνού φάνηκε ότι οι φθαλικοί εστέρες είναι οι κύριοι αυτό-τοξικοί παράγοντες που εκκρίνουν οι ρίζες του καπνού, επιδρώντας στην βλαστική ανάπτυξη των σπόρων και στην μετέπειτα ανάπτυξή τους και έχουν σημαντικό ρόλο στην αυτό-τοξικότητά του (Deng et al., 2017). Ένα άλλο παράδειγμα αφορά την μηδική, όταν σπέρνεται μηδική αμέσως μετά από μηδική, τότε η αυτο-τοξικότητα εκδηλώνεται με πιο αραιό φύτρωμα, μειωμένη εγκατάσταση νεαρών φυταρίων και συνήθως μειωμένη απόδοση. Η εκδήλωση της αυτο-τοξικότητας στην μηδική είναι πιθανό να προκαλείται από την χημική αλληλεπίδραση διαφόρων υδατοδιαλυτών ουσιών, όπως η μεδικαρπίνη, η κουμαρίνη, το χλωρογενικό οξύ κ.α., που εκκρίνονται από τα χλωρά τμήματά της. Όμως από διάφορες μελέτες προκύπτει ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ αλληλοπαθητικής ικανότητας και αυτο-τοξικότητας (Juan & Tsuzuki, 2002; Chon et al. , 2000). Βέβαια, αν και τα αποτελέσματα ερευνών δεν συμφωνούν μεταξύ τους όσον αφορά το χρονικό διάστημα για την ασφαλή εγκατάσταση νέα

καλλιέργειας, κρίνεται απαραίτητη η παρεμβολή μιας άλλης καλλιέργειας για τουλάχιστον ένα έτος (Miller, 1996; Seguin et al., 2002).

1.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλοπάθεια

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλοπάθεια στα φυτά είναι ποικίλοι. Σχετίζονται με μορφολογικούς, φυσιολογικούς και οικολογικούς παράγοντες, οι οποίοι αφορούν την πυκνότητα των φυτών, τον βιολογικό κύκλο τους, την ηλικία και τις συνθήκες του φυτού. Επιπλέον, από το περιβάλλον και τους κλιματικούς παράγοντες στους οποίους αναπτύσσεται το φυτό, από εδαφικούς παράγοντες δηλαδή φυσικούς και χημικούς παράγοντες, που επηρεάζουν τις αλληλοχημικές ουσίες και κατ' επέκταση την αλληλοπάθεια (Inderjit & Keating, 1999), όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τον ανταγωνισμό που δημιουργείται μεταξύ των φυτών (Πρίφτη, 2012), και βιολογικούς που αφορούν τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Τέλος, από στρεσογόνους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Inderjit & Keating, 1999). Η καταπόνηση που μπορεί να δημιουργηθεί από τις ακραίες θερμοκρασίες, την έλλειψη εδαφικής υγρασίας, το pH, τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά, την UV ακτινοβολία και σε συνδυασμό με τον τύπο του εδάφους, επηρεάζουν την εκδήλωση της αλληλοπάθειας. Ακόμα, οι προσβολές των εντόμων, των παθογόνων ή μη μικροοργανισμών της ριζόσφαιρας, επιδρούν στην παραπάνω εκδήλωση. Τέλος, οι επεμβάσεις των ανθρώπων μέσω των φυτοφαρμάκων, των ενεργοποιητών και των αντιφυτοτοξικών ενώσεων που προστίθενται σε μία καλλιέργεια παίζουν σημαντικό ρόλο (Πρίφτη, 2012).

1.3.4 Φυτά με αλληλοπαθητικές ιδιότητες

Μεταξύ των καλλιεργειών εμφανίζεται αλληλοπάθεια, η οποία εκδηλώνεται κυρίως με την ελάττωση της αποδοτικότητας και διαταράσσει την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών. Αυτή η διαταραχή μπορεί να είναι αποτέλεσμα παρεμπόδισης ή διέγερσης των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, ίσως και ο συνδυασμός τους ή ακόμα και λόγω ουσιών που παράγονται από διάφορους οργανισμούς (Δήμος, 2015). Στην περίπτωση των γεωργικών εκτάσεων, η επιρροή της αλληλοπάθειας έχει αποδειχθεί μεταξύ των καλλιεργειών και μεταξύ των ζιζανίων και των καλλιεργειών (Vynnyan, 2002).

1.3.4.1 Καλλιεργούμενα

Υπάρχουν καλλιέργειες όπως αυτές του κριθαριού, της σίκαλης, της βρώμης και του σόργου, των οποίων τα υπολείμματα τους περιορίζουν τον πληθυσμό των ζιζανίων σε αρκετές κηπευτικές καλλιέργειες. Η φυτοτοξικότητα που δημιουργείται από την αποσύνθεση των υπολειμμάτων των φυτών, σχετίζεται άμεσα με την χημική άμυνα εναντίον των εχθρών και των παθογόνων (Gierl & Frey, 2001). Πληθώρα αλληλοπαθητικών ουσιών εμφανίζονται στον Ηλιάνθο (*Helianthus annuus*). Συγκεκριμένα, μια ομάδα φαινολικών αλληλοχημικών ουσιών που παρεμποδίζουν κυρίως τα δικότυλα φυτά, είναι οι ηλιανουόλες. Επίσης, τα εκχυλίσματα του ηλιάνθου έχουν ανασταλτική δράση ως προς την αύξηση διαφόρων ζιζανίων αλλά και καλλιεργούμενων φυτών, ενώ η ενσωμάτωση των υπολειμμάτων του στο έδαφος μπορεί να

μειώσει την πυκνότητα των δικότυλων ζιζανίων κατά 66% (Anaya, 1999). Μελέτες έχουν δείξει ότι τα υδατικά εκχυλίσματα ηλίανθου ανέστειλαν την ανάπτυξη κάποιων δυσεξόνωτων ζιζανίων όπως είναι η αγριοβαμβακιά (*Abutilon theophrasti*), ο τάτουλας (*Datura stramonium*), η Ιπόμοια (*Ipomoea purpurea*), μειώνοντας παράλληλα την αύξηση της Σόγιας (*Glycine max*) και του Σόργου (*Sorghum spp.*) (Leather, 1983a, 1983b; Leather et al., 1983 a, b).

Πρακτικά γίνεται χρήση των παραπάνω καλλιεργειών σε συστήματα αμειψισποράς, δημιουργώντας ένα λιγότερο μολυσμένο έδαφος από τους σπόρους ζιζανίων ή ακόμα και απαλλαγμένο από μερικά επιβλαβή ή πολύ ανταγωνιστικά ζιζάνια, για τις ευαίσθητες στον ανταγωνισμό των ζιζανίων καλλιέργειες, που ακολουθούν (Πασπάτης, 1998). Και άλλες καλλιέργειες είναι γνωστό ότι έχουν αλληλοπαθητικές επιδράσεις σε άλλες καλλιέργειες, όπως τα τεύτλα (*Beta vulgaris L.*), το λούπινο (*Lupinus luteus L.*), ο αραβόσιτος (*Zea mays L.*), το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum L.*), η βρώμη (*Avena sativa L.*) και το κριθάρι (*Hordeum vulgare L.*) (Rice, 1984), ενώ σε συνθήκες χωραφιού έχει καταδειχθεί η αλληλοπαθητική δράση του αχύρου (Shilling et al., 1985). Επομένως, οι καλλιεργητές θα πρέπει να έχουν υπόψη την αλληλοπαθητική αλληλεπίδραση μεταξύ των φυτικών ειδών προκειμένου να προσαρμόσουν την αλληλουχία των καλλιεργειών τους (Oueslati, 2003).

1.3.4.2 Ζιζάνια και αλληλοπαθητικό δυναμικό

Ορισμένα ζιζάνια λόγω των αλληλοχημικών που εκκρίνουν παρεμποδίζουν την νιτροποίηση του αζώτου, αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί στα γεωργικά εδάφη για την διατήρηση της ισορροπίας του αζώτου, καθώς το αμμωνιακό άζωτο δεν εκπλένεται εύκολα από την άρδευση ή την βροχή όπως συμβαίνει με το νιτρικό (Rice, 1984; Πασπάτης, 1991). Πολλές αναφορές έχουν γίνει σχετικά με την ύπαρξη αλληλοπαθητικού δυναμικού στα ζιζάνια και εκτιμάται ότι αξιοποιούν αυτή την αλληλοπαθητική τους ικανότητα στο μέγιστο, ώστε να παράξουν τις κατάλληλες ποσότητες αλληλοχημικών ουσιών και να γίνουν πιο ανταγωνιστικά από τα ήδη υπάρχοντα καλλιεργούμενα προκειμένου να επιβιώσουν και να εξαπλωθούν. Στις καλλιέργειες προκαλείται σημαντική οικονομική ζημιά από διάφορα επιβλαβή και δυσκολοεξόνωτα ζιζάνια εκ των οποίων πολλά εμφανίζουν αλληλοπαθητικό δυναμικό. Το αντίκτυπο που έχει η δράση των ζιζανίων στα καλλιεργούμενα εκφράζεται με τις χαμηλότερες αποδόσεις, λόγω της τροποποίησης που επιφέρουν τα ζιζάνια στην ανόργανη θρέψη των φυτών που ανταγωνίζονται (Πασπάτης, 1998; Chandler, 1985). Ζιζάνια που εμφανίζουν αλληλοπαθητική ικανότητα είναι η Ήρα η πολυανθής (*Lolium multiflorum*), η Αγριάδα (*Cynodon dactylon*), η Δακτυλίδα (*Dactylis glomerata*) κ.α. (Μπούρμπος, 2008).

1.3.5 Η Αλληλοπάθεια στην διαχείριση των ζιζανίων

Πιο πρόσφατα ευρήματα δείχνουν ότι η συμβολή της αλληλοπάθειας για την συνολική καταστολή των ζιζανίων παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον και αποδείχθηκε ότι έχει την δυνατότητα να συμβάλλει σημαντικά στην καταστολή των ζιζανίων στα σιτηρά (Reiss et al., 2018). Γενικά έχει υποστηριχθεί από διάφορες ερευνητικές μελέτες, ότι το αποτέλεσμα της

καταστολής των ζιζανίων καθορίζεται από τον συνδυασμό των ανταγωνιστικών και αλληλοπαθητικών ιδιοτήτων της καλλιέργειας (Worthington et al., 2013; Bertholdsson, 2011). Ωστόσο, η συγγενική σημασία των αλληλοπαθητικών και των ανταγωνιστικών γνωρισμάτων παραμένει (Reiss et al., 2018).

1.3.6 Εφαρμογή της αλληλοπάθειας σε γεωργικές δράσεις

Η κατάλληλη αξιοποίηση της αλληλοπάθειας σε συνδυασμό με τα κατάλληλα μέτρα θα μπορούσε να προκαλέσει ριζικές αλλαγές αγρονομικής σημασίας (Σουλτογιάννη, 2007). Όπως είναι γνωστό, τα συνθετικά χημικά σκευάσματα έχουν μεγάλο μερίδιο ευθύνης στην ρύπανση του περιβάλλοντος, γι' αυτό η χρήση της βιολογικής καταπολέμησης που μπορεί να επηρεάσει μεγάλο αριθμό ζιζανίων, μπορεί να βοηθήσει στην μείωσή της (Σουλτογιάννη, 2007). Επιπροσθέτως, το έδαφος που έχει εδραιωμένο ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, βελτιώνεται και ποιοτικά αλλά και η οργανική ουσία που διαθέτει με την προσθήκη θρεπτικών και άλλων ουσιών που παράγονται από υπολείμματα καλλιεργειών (Xuan et al., 2005). Η αλληλοπάθεια θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την βιώσιμη παραγωγή τροφίμων (Jabran et al., 2008). Αρκετά φυτά είναι πιθανοί υποψήφιοι για να χρησιμοποιηθούν οι αλληλοχημικές τους ουσίες για τον έλεγχο των επιβλαβών ζιζανίων (Marwat et al., 2008). Η επίδραση των αλληλοχημικών ουσιών εξαρτάται από τις χημικές ενώσεις που παρίστανται στο φυτό δότη (Afridi et al., 2013), και σύμφωνα με τον Rice έχει απομονωθεί μια μυριάδα χημικών ενώσεων από φυτά που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την καταστολή των ζιζανίων (Rice, 1974). Τα αλληλοπαθητικά φυτά απελευθερώνουν ορισμένες χημικές ουσίες που αναστέλλουν, εφόσον βρίσκονται σε υψηλότερη συγκέντρωση, την βλαστική ικανότητα των σπόρων των ζιζανίων, την ανάπτυξη των φυτών και την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών (Abhilasha et al., 2008). Ωστόσο, είναι γενικά αποδεκτό ότι σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, οι φαινολικές ουσίες εμφανίζουν διεγερτικές επιδράσεις στην βλάστηση των σπόρων και στην ανάπτυξη των φυτών (Ghareib et al., 2010). Τα αλληλοπαθητικά υδατικά εκχυλίσματα σε συνδυασμό με μειωμένες δόσεις ζιζανιοκτόνων μπορούν να δράσουν συνεργιστικά στην καταστολή των ζιζανίων (Razzaq et al., 2012).

1.4 Φυσικά προϊόντα ως νέα εργαλεία στην διαχείριση ζιζανίων

1.4.1 Φυσικά ζιζανιοκτόνα

Η ανάπτυξη φυσικών ζιζανιοκτόνων που έχουν ως βάση είτε οργανικά οξέα είτε αιθέρια έλαια θα μπορούσαν να μειώσουν το αρνητικό αντίκτυπο. Έχουν μικρότερη διάρκεια σε σύγκριση με τα συνθετικά, είναι πιο οικολογικά και επίσης έχουν διαφορετικούς τρόπους δράσης, το οποίο μπορεί να εμποδίσει την δημιουργία ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων (Ibáñez et al., 2019; Muñoz et al., 2020). Τα οργανικά οξέα, τα αιθέρια έλαια, τα ακατέργαστα φυτικά προϊόντα και άλλες φυτικές ουσίες που προέρχονται από φυτικούς ιστούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικά ζιζανιοκτόνα σε βιολογικά και σε αειφορικά γεωργικά

συστήματα (Dayan et al., 2009). Μεταξύ των μελών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής υπάρχουν διαφωνίες σχετικά με την χρήση αυτών των φυσικών ουσιών, λόγω της έλλειψης τοξικολογικών δεδομένων σε εμπορική κλίμακα (Pavela et al., 2016). Αν και υπάρχουν αυτές οι ανησυχίες, παράλληλα τα δεδομένα μέχρι τώρα σχετικά με τα περισσότερα αιθέρια έλαια και τις κύριες ενώσεις τους δεν είναι τοξικά ή επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία (Bakkali et al., 2008). Τέτοια φυσικά ζιζανιοκτόνα είναι μερικές φορές λιγότερο επικίνδυνα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την υγεία του ανθρώπου σε σύγκριση με τα εμπορικά συνθετικά ζιζανιοκτόνα. Στην περίπτωση του πελαργονικού οξέος, έχει εκτιμηθεί ότι η τοξικότητα σε μη οργανισμούς που δεν είναι στόχοι, όπως τα πτηνά, τα ψάρια και οι μέλισσες σημειώθηκε ελάχιστη ή καθόλου τοξικότητα (EFSA, 2013). Η χημική ουσία αποσυντίθεται γρήγορα τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό, με αποτέλεσμα να μην συσσωρεύεται. Όμως για να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανοί τραυματισμοί των φυτών που δεν είναι στόχοι, οι χρήστες πρέπει να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις όπως είναι η αποφυγή του ψεκασμού τις ημέρες που έχει αέρα και μεγάλων σταγονιδίων. Ωστόσο, οι ετικέτες των προϊόντων περιγράφουν τις προφυλάξεις που χρειάζεται να παίρνουν οι χρήστες, ώστε το οξύ να μη έρθει σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια αφού είναι ερεθιστικό (Wahlberg et al., 2003).

1.4.1.1 Πελαργονικό οξύ

Το πελαργονικό οξύ (PA) ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$, n-nonanoic acid) είναι ένα κορεσμένο, με 9-άνθρακες λιπαρό οξύ (C9:0), που εμφανίζεται ως εστέρας στο αιθέριο έλαιο του *Pelargonium spp.* και μπορεί να προέλθει από του φυτικούς ιστούς διαφόρων φυτικών ειδών (Coleman et al., 2008; Crmaric et al., 2018; Ciriminna et al., 2019). Το πελαργονικό οξύ χρησιμοποιείται ως μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο και αποτελεί κατάλληλο εργαλείο για τους κήπους ή για επαγγελματική χρήση παγκοσμίως (Muñoz et al., 2020; Coleman et al., 2008). Εφαρμόζεται ως καθολικό ζιζανιοκτόνο επαφής, το οποίο στοχεύει στις κυτταρικές μεμβράνες και έχει ως αποτέλεσμα το σπάσιμο και κατά επέκταση την ζημιά των μεμβρανών (Ciriminna et al., 2019; Dayan et al., 2014). Οι φυτοτοξικές επιδράσεις που προκαλούνται μετά τον ψεκασμό του είναι εμφανείς σε αρκετά μικρό χρονικό διάστημα και τα συμπτώματα περιλαμβάνουν φυτοτοξικότητες στα φυτά και στα κύτταρα, τα οποία γρήγορα ξεκινούν να οξειδώνονται και να παρατηρούνται νεκρώσεις στα επίγεια μέρη των φυτών (Lebecque et al., 2019). Η πιθανή χρήση του πελαργονικού οξέος ως βιολογικό ζιζανιοκτόνο στέκεται ως ένας ελκυστικός μη-χημικός τρόπος για τον έλεγχο των ζιζανίων, ο οποίος θα μπορούσε να ενσωματωθεί αποτελεσματικά σε συνδυασμό με άλλες οικολογικές τεχνικές στην διαχείριση ζιζανίων σε σημαντικές καλλιέργειες, όπως η σόγια (Kanatats et al., 2020). Αρκετά εμπορικά σκευάσματα πελαργονικού οξέος συνδυάζονται με μαλεϊκή υδραζίδη (1,2-dihydro-3,6-pyridazinedione), η οποία αποτελεί έναν συστηματικό ρυθμιστή ανάπτυξης του φυτού και έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως ζιζανιοκτόνο (Shoene et al., 1949). Η μαλεϊκή υδραζίδη (1, 2-dihydropyridazine-3, 6-dione), είναι μια ορμονική ουσία που

συντέθηκε και πρώτη φορά εισήχθη από τις ΗΠΑ το 1949, με κρυσταλλική δομή και παρόμοια δομή με την βάση της ουρακίλης (Shoene et al., 1949; Naylor et al., 1950; Cradwick et al., 1976). Μετά την εφαρμογή στο φύλλωμα, η μαλεική υδραζίδη μεταφέρεται στους μεριστωματικούς ιστούς, έχοντας κινητικότητα στον φλοιώδη και στον ξυλώδη ιστό (Meyer et al., 1987). Αν και ο τρόπος δράσης δεν είναι ακριβής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την καταστολή φυτών σε καλλιέργειες όπως είναι του κρεμμυδιού και του καρότου όπως και στον έλεγχο επιζήμιων παρασιτικών ζιζανίων, όπου τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα είναι περιορισμένα Covarelli, 2002; Boyd, 2006; Venezian et al., 2017).

1.4.1.2 Αιθέρια Έλαια

Τα αιθέρια έλαια προέρχονται από ποικιλία αρωματικών, βιομάζας, χωροκατακτητικών ή βρώσιμων φυτών, τα οποία έχουν την δυνατότητα χρήσης ως μη εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα (Dayan et al., 2009; Dhanapal et al., 1998; Vasilakoglou, 2007; Rassaeifar et al., 2013). Ομοίως με το πελαργονικό οξύ, το φύλλωμα των ζιζανίων καταστρέφεται σε μικρό χρονικό διάστημα από την εφαρμογή τους και είναι πιο αποτελεσματικό έναντι των νεαρών φυτών (Dayan et al., 2010). Το έλαιο από μανούκα (*Manuca*) έχει απομονωθεί από τα φύλλα του *Leptospermum scoparium* (J. R. Forst. & G. Forst.) και η χρήση του είναι αποδεκτή σε συνθήκες οργανικών συστημάτων (Dayan et al., 2009). Το ενεργό συστατικό του είναι η λεπτοσπερμόνη (*leptospermonone*), μια φυσική β-τρικετόνη, η οποία στοχεύει το ένζυμο *p*-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD), όπως και τα αντίστοιχα συνθετικά ζιζανιοκτόνα μεσοτριόνη (*mesotrione*) και σουλκοτριόνη (*sulcotrione*) (Dayan et al., 2007, 2011; Owens et al., 2013). Το αιθέριο έλαιο από λεμονόχορτο προέρχεται είτε από το *Cymbopogon citratus* (Stapf.) ή το *C. flexuosus* (D.C.) και περιέχει περισσότερο από 80% κιτράλη (*citral*) και επίσης κυκλοφορεί στο εμπόριο ως οργανικό ζιζανιοκτόνο, του οποίου ο τρόπος δράσης περιλαμβάνει την αναστολή του πολυμερισμού των μικροσωληνίσκων του φυτού (Chaimovitch et al., 2010). Το αιθέριο έλαιο από λεμονόχορτο δρα ως ζιζανιοκτόνο επαφής και η δραστική του ουσία δεν μεταφέρεται, οπότε επιδρά μόνο στα μέρη του φυτού στα οποία ψεκάζεται (Dayan et al., 2009). Το αιθέριο έλαιο από πεύκο, επίσης, υπάρχει στο εμπόριο ως υδατικό γαλάκτωμα 10% για την διαχείριση των ζιζανίων ως φυσικό ζιζανιοκτόνο (Dayan et al., 2009). Έχει προέλθει από την απόσταξη με ατμό των βελόνων, των κλαδιών και των καρπών του *Pinus sylvestris* (L.) αλλά και από ένα μεγάλο εύρος άλλων ειδών που ανήκουν στο γένος *Pinus* spp. και περιλαμβάνει τερπενικές αλκοόλες και σαπωνοποιημένα λιπαρά οξέα. Μονοτερπένια, όπως τα α- και β-πινένιο, μπορούν να αυξήσουν την συγκέντρωση της μαλοναλδεΐδης (*malondialdehyde*), προλίνης και το υπεροξειδίου του υδρογόνου, προκαλώντας υπεροξειδωση των λιπιδίων και την επαγωγή οξειδωτικής καταπόνησης στα ζιζάνια (De Martino et al., 2010; Witzke et al., 2010).

1.4.2 Ακατέργαστα φυτικά προϊόντα

1.4.2.1 Άλευρα από σπόρους

Από πειραματικά δεδομένα έχει παρατηρηθεί ότι κατά την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων εκλύονται τοξικές ουσίες, οι οποίες προκαλούν περιορισμό στην βλάστηση των σπόρων. Κατά την αποσύνθεση υπολειμμάτων αραβόσιτου (*Zea mays* L.) παρατηρήθηκε περιορισμός στην βλάστηση των σπόρων αλλά και καταστολή της επιμήκυνσης των ριζιδίων σπόρων μαρουλιού. Πέρα από την περιοριστική δράση των υπολειμμάτων, φαίνεται ότι περιοριστικά μπορούν να δράσουν και οι σπόροι από αραβόσιτο, αλλά και άλλων φυτών όπως οι σπόροι σιταριού, σιναπιού και άλλοι ελαιούχοι της οικογένειας Brassicaceae (Rick et al., 2008; D'Avino et al., 2015). Έχει παρατηρηθεί ικανοποιητικός έλεγχος ζιζανίων από άλευρα ελαιούχων σπόρων. Αποτελούν παραπροϊόντα ελαιούχων σπόρων της οικογένειας Brassicaceae και έχει παρατηρηθεί ότι η ζιζανιοκτόνος δράση διαφοροποιείται ανάλογα τις γλυκοσυνολάτες (glucosinolates) αλλά και ανάλογα το είδος του ζιζανίου με αποτέλεσμα να ανταποκρίνονται διαφορετικά στην δράση των σπόρων. Ωστόσο, η ζιζανιοκτόνος δράση των αλεύρων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως νέο εργαλείο για τον έλεγχο των ζιζανίων για τους παραγωγούς λαχανικών. Παράλληλα, περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα θρεπτικών συστατικών που είναι κατάλληλα για τον εμπλουτισμό του εδάφους και έχει παρατηρηθεί μείωση των εκπομπών N₂O. (Korres et al., 2019). Για παράδειγμα, το άλευρο από αραβόσιτο σε μορφή σκόνης χρησιμοποιείται ως προφυτρωτικό φυσικό ζιζανιοκτόνο και η δράση του συμβάλλει στον περιορισμό της βλάστησης των σπόρων. Επίσης, η αποτελεσματικότητά του περιλαμβάνει και τον περιορισμό σε πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια (Bingaman & Christians, 1995). Αποτελεί ένα υψηλού κόστους προϊόν επειδή χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί σε υψηλές δόσεις (ακόμα και σε 2 t/ha) (Korres et al., 2019).

1.5 Στόχος Μεταπτυχιακής Μελέτης

Η παρούσα πειραματική μελέτη είχε στόχο την αξιολόγηση και την σύγκριση διαφορετικών φυσικών προϊόντων στοχεύοντας στην ενσωμάτωσή τους σε βιώσιμα γεωργικά συστήματα (είτε στα πλαίσια βιολογικής, είτε αειφορικής γεωργίας). Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά προϊόντα πελαργονικού οξέος, τρία από αιθέρια έλαια, δύο άλευρα που προήλθαν από σπόρους φυτών αλλά και ο συνδυασμός αυτών των προϊόντων, δηλαδή δημιουργία μιγμάτων πελαργονικού οξέος με δύο αιθέρια έλαια και ο συνδυασμός πελαργονικού οξέος με δύο άλευρα σπόρων. Τα παραπάνω προϊόντα χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικούς πληθυσμούς ζιζανίων όπως *Lolium rigidum*, *Avena sterilis*, *Galium aparine*, *Bromus dianthus* και σε ένα καλλιεργούμενο το *Triticum spp.* Η μελέτη διεξήχθη στο εργαστήριο Γεωργίας του τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Συλλογή φυτικού υλικού και προετοιμασία σπόρων.

Στην παρούσα μελέτη για την διεξαγωγή των τεσσάρων πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό φυτικό υλικό αλλά με κοινή προετοιμασία, όπως φαίνεται στην συνέχεια. Για την εκτέλεση του 1^{ου} πειράματος χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από φυτά τοπικών ελληνικών πληθυσμών ήρας (*Lolium rigidum* Gaud.), αγριοβρώμης (*Avena sterilis* L.) και κολλιτσίδας (*Galium aparine* L.), οι οποίοι συλλέχθηκαν από αγρούς που καλλιεργούσαν σιτάρι των νομών Φθιώτιδας, Βοιωτίας και Λάρισας, αντίστοιχα, κατά την διάρκεια του Ιουνίου 2019 (πίνακας 1). Για το 2^ο και το 3^ο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν πληθυσμοί ήρας (*Lolium rigidum* Gaud.) και βρόμου (*Bromus dianthus* L.), εκ των οποίων επιλέχθηκαν ανθεκτικοί και ευαίσθητοι βιότυποι για το κάθε φυτό, δηλαδή οι b.17 και b.53 για την ήρα και b.as. και b.al. για τον βρόμο. Ενώ για το 4^ο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν φυτά ήρας και σιταριού (*Triticum* spp.) και συγκεκριμένα της ποικιλίας Normanno. Συλλέχθηκαν οι σπόροι 20 φυτών και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Πίνακας 1. Είδη ζιζανίων, νομοί και γεωγραφικές θέσεις συλλογής.

Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα	Νομός	Θέση
Λεπτή ήρα	<i>Lolium rigidum</i> Gaud.	Φθιώτιδα	39°08'07" N, 22°24'56" E
Αγριοβρώμη	<i>Avena sterilis</i> L.	Βοιωτία	38°24'41" N, 23°00'40" E
Κολλιτσίδα	<i>Galium aparine</i> L.	Λάρισα	39°25'51" N, 22°45'47" E

Οι σπόροι των ζιζανίων διαχωρίστηκαν, στέγνωσαν και αποθηκεύτηκαν σε χαρτοσακούλες, οι οποίες τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο. Οι δέκα από τους συλλεγόμενους σπόρους, από κάθε είδος ζιζανίου, σπάρθηκαν σε φυτοδοχεία (12 × 13 × 5 cm³) στις 18 Νοεμβρίου 2019 όσον αφορά το 1^ο πείραμα και στις 14 Ιανουαρίου 2020 για το 2^ο και το 3^ο πείραμα. Ενώ για το 4^ο πείραμα οι δέκα από τους συλλεγόμενους σπόρους, από κάθε φυτό (ήρα και σιτάρι), σπάρθηκαν σε φυτοδοχεία (18 × 28 × 9 cm³) στις 25 Φεβρουαρίου 2020. Τα φυτά τοποθετήθηκαν στα φυτοδοχεία μεμονωμένα, δηλαδή σπάρθηκαν ξεχωριστά τα φυτά της ήρας με του σιταριού ανά φυτοδοχείο για την κάθε επέμβαση, αλλά και σε συνδυασμό δηλαδή στο ίδιο φυτοδοχείο σπάρθηκαν φυτά ήρας και σιταριού για την κάθε επέμβαση. Σε όλα τα φυτοδοχεία τοποθετήθηκε μίγμα εδάφους, συγκεκριμένα συλλέχθηκε χώμα που ήταν καθαρό από ζιζάνια

από τον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, και τύρφη σε αναλογία 1:1 (ο/ο). Το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι αργιλοπηλώδες (CL) με pH 7.29 (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά εδάφους πειραματικού αγρού του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Χαρακτηριστικά εδάφους	Τιμή
CaCO ₃	15.99 %
Οργανική ουσία	2.37 %
NO ₃ ⁻	104.3 ppm
P	9.95 ppm
Na ⁺	110 ppm
pH	7.29

Όλα τα φυτοδοχεία ποτίστηκαν επαρκώς και τοποθετήθηκαν στον αγρό. Στην συνέχεια, γινόταν τυχαία μετακίνηση κάθε 5 ημέρες, έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη ανάπτυξη σε όλα τα φυτά, καθ' όλη την διεξαγωγή του πειράματος κατά την χρονική περίοδο 18 Νοέμβρη έως 28 Δεκέμβρη 2019 για το 1^ο πείραμα, 14 Ιανουαρίου έως 29 Φεβρουαρίου 2020 για το 2^ο πείραμα, την περίοδο 14 Ιανουαρίου έως 13 Μαρτίου 2020 για το 3^ο και για την περίοδο 25 Φεβρουαρίου έως 13 Μαΐου για το 4^ο πείραμα. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων οι κλιματικές συνθήκες που παρατηρήθηκαν ήταν τυπικές του ελληνικού κλίματος (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Μέσος όρος μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών (°C) και ύψος βροχής (mm) που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος.

Μήνες	Μέγιστη θ. (°C)	Ελάχιστη θ. (°C)	Ύψος βροχής (mm)
Νοέμβριος	21.3	14.2	4.0
Δεκέμβριος	15.6	9.2	2.9
Ιανουάριος	12,3	4,7	1,5
Φεβρουάριος	15	5,9	1,2
Μάρτιος	17,2	8	1,6
Μάιος	26,2	15,5	1,2

2.2. Πειραματικές επεμβάσεις

2.2.1 Επεμβάσεις 1^{ου} πειράματος

Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά σκευάσματα που περιείχαν πελαργονικό οξύ και αιθέρια έλαια μεμονωμένα αλλά και ο συνδυασμός αυτών, με στόχο την πιθανή ζιζανιοκτόνο δράση. Συγκεκριμένα, τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον ψεκασμό των ζιζανίων-στόχων ήταν τα εξής PA1 (3Stunden Bio-Unkrautfrei, Bayer Garten, Germany) και PA2 (Beloukha Garden, Belchim Crop Protection NV/SA, Technologielaan 7, 1840 Londerzeel, Belgium) περιείχαν μόνο συγκεντρώσεις πελαργονικού οξέος όπως φαίνεται στον πίνακα 4, ενώ PA3 και PA4 (Finalsan

Ultima, W. Neudorff GmbH KG, Emmerthal, Germany) περιείχαν πελαργονικό οξύ και μαλεϊκή υδραζίδη (Πίνακας 4). Επιπλέον, τα αιθέρια έλαια αφορούσαν EO1 (Manuka oil, *Leptospermum scoparium*, Salvia, India), EO2 (Lemon grass, *Cymbopogon citratus*, Sheer Essence, India) και EO3 (Pine oil, *Pinus sylvestris*, Sheer Essence, India) χρησιμοποιήθηκαν σε συγκέντρωση 5%.

Οι επεμβάσεις εφαρμόστηκαν στις 20 Δεκεμβρίου όταν τα φυτά είχαν φτάσει το φαινολογικό στάδιο των 2-3 πραγματικών φύλλων, με βάση το στάδιο 12-13 της κλίμακας BBCH για την λεπτή ήρα και την αγριοβρώμη, και το φαινολογικό στάδιο των 3-4 πραγματικών φύλλων, με βάση το στάδιο 13-14 της κλίμακας BBCH για την κολλιτσίδα.

Πίνακας 4. Πειραματικές επεμβάσεις 1^{ου} πειράματος (φυσικά ζιζανιοκτόνα).

Επεμβάσεις	Ενεργή ουσία σε (g/L) ή (mL/L)	Δόση (L/στρέμμα)	Ενεργή ουσία ανά μονάδα επιφάνειας (g/στρέμμα) ή (mL/στρέμμα)	Συμβολισμός
Μάρτυρας	-	-	-	-
Πελαργονικό οξύ 18.67%	18,67 ¹	20	373,4 ³	PA1
Πελαργονικό οξύ 50%	50 ¹	20	1000 ³	PA2
Πελαργονικό οξύ 3.102% + Μαλεϊκή υδραζίδη 0.459%	3,102 ¹	20	620,4 ³	PA3
Πελαργονικό οξύ 18.67% + Μαλεϊκή υδραζίδη 3 %	18,67 ¹ + 3 ¹	20	373,4 ³ + 60 ³	PA4
Έλαιο από Μανούκα 5%	5 ²	20	100 ⁴	EO1
Έλαιο από Λεμονόχορτο 5%	5 ²	20	100 ⁴	EO2
Έλαιο από Πεύκο 5%	5 ²	20	100 ⁴	EO3
Πελαργονικό οξύ 18.67% + Μαλεϊκή υδραζίδη 3% + Έλαιο από Μανούκα 5%	18,67 ¹ + 3 ¹ + 5 ²	20	373,4 ³ + 60 ³ + 100 ⁴	M1

Πελαργονικό οξύ 18.67% + Μαλεϊκή υδραζίδη 3% + Έλαιο από Λεμονόχορτο 5%	$18,67^1 + 3^1 + 5^2$	20	$373,4^3 + 60^3 + 100^4$	M2
--	-----------------------	----	--------------------------	----

¹ Τα δεδομένα αναφέρονται στην ενεργή δραστική ουσία που περιέχουν τα τέσσερα διαφορετικά πελαργονικά σκευάσματα. Η ενεργή δραστική ουσία εκφράζεται σε g/L. ² Τα δεδομένα αναφέρονται στην ενεργή δραστική ουσία που περιέχουν τα τρία διαφορετικά προϊόντα από αιθέρια έλαια. Η ενεργή δραστική ουσία εκφράζεται σε mL/L. ³ Τα δεδομένα αναφέρονται στην ποσότητα της ενεργής δραστικής ουσίας που περιέχουν τα τέσσερα διαφορετικά πελαργονικά σκευάσματα ανά μονάδα επιφάνειας Η ποσότητά τους εκφράστηκε σε (g/στρέμμα). ⁴ Τα δεδομένα αναφέρονται στην ποσότητα της ενεργής δραστικής ουσίας που περιέχουν τα τρία διαφορετικά προϊόντα από αιθέρια έλαια. Η ποσότητά τους εκφράστηκε σε (mL/στρέμμα).

2.2.2 Επεμβάσεις 2^{ου} πειράματος

Χρησιμοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές δόσεις ένα σκεύασμα που περιείχε πελαργονικό οξύ και συνδυάστηκε για κάποιες επεμβάσεις με παραφινικό έλαιο, στοχεύοντας στην πιθανή ζιζανιοκτόνο δράση. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5, τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον ψεκασμό των ζιζανίων-στόχων ήταν ένα εμπορικό σκεύασμα πελαργονικού οξέος (Finalsan Ultima, W. Neudorff GmbH KG, Emmerthal, Germany) που περιείχε και μαλεϊκή υδραζίδη και ένα σκεύασμα παραφινικού ελαίου (AtPlus, Syngenta Hellas A.E.B.E).

Οι επεμβάσεις εφαρμόστηκαν στις 14 Φεβρουαρίου όταν τα φυτά είχαν φτάσει το φαινολογικό στάδιο των 2-3 πραγματικών φύλλων, με βάση το στάδιο 12-13 της κλίμακας BBCH για την λεπτή ήρα και τον βρόμο.

Πίνακας 5. Πειραματικές επεμβάσεις 2^{ου} πειράματος.

Επέμβαση	Δόση (mL/L)	Συμβολισμός
Μάρτυρας	-	-
Πελαργονικό οξύ 18.67% + Μαλεϊκή υδραζίδη 3%	100	LD
	200	DD
Παραφινικό έλαιο 60%	5	LD. Atplus
		DD. Atplus

2.2.3 Επεμβάσεις 3^{ου} πειράματος

Χρησιμοποιήθηκαν άλευρα από σπόρους μουκούνας (*Mucuna pruriens* L.) και αραβοσίτου (*Zea mays* L.) μεμονωμένα αλλά και σε συνδυασμό με ένα ετοιμόχρηστο σκεύασμα πελαργονικού οξέος, στοχεύοντας στην πιθανή καταστολή ή/και τον περιορισμό της ανάπτυξης των ζιζανίων στόχων. Συγκεκριμένα, το ετοιμόχρηστο προϊόν που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Finalsan Ultima (W. Neudorff GmbH KG, Emmerthal, Germany) που περιείχε πελαργονικό οξύ σε συνδυασμό με μαλεϊκή υδραζίδη.

Οι επεμβάσεις εφαρμόστηκαν στις 14 Ιανουαρίου αμέσως μετά την σπορά των ζιζανίων στόχων. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε ένα στρώμα από άλευρο πάνω από το χώμα σε όλες τις επεμβάσεις εκτός από του μάρτυρα. Επίσης, για τις επεμβάσεις που αφορούσαν τον συνδυασμό αλεύρου και πελαργονικού οξέος, πάνω από το στρώμα του αλεύρου έγινε ο ψεκασμός.

Πίνακας 6. Πειραματικές επεμβάσεις 3^{ου} πειράματος.

Επεμβάσεις	Συμβολισμός
Μάρτυρας	-
Άλευρο από σπόρους μουκούνας	AM
Άλευρο από σπόρους μουκούνας + Πελαργονικό οξύ 3.102% + Μαλεϊκή υδραζίδη 0.459%	AM & PA
Άλευρο από σπόρους αραβοσίτου	AC
Άλευρο από σπόρους αραβοσίτου + Πελαργονικό οξύ 3.102% + Μαλεϊκή υδραζίδη 0.459%	AC & PA

2.2.4 Επεμβάσεις 4^{ου} πειράματος

Χρησιμοποιήθηκε άλευρο από σπόρους καλαμποκιού (*Zea mays* L.), ετοιμόχρηστο σκεύασμα πελαργονικού οξέος (Finalsan Ultima, W. Neudorff GmbH KG, Emmerthal, Germany) μεμονωμένα αλλά και ο συνδυασμός των παραπάνω για κάθε φυτό. Στοχεύοντας στην καταστολή ή/και τον περιορισμό της ανάπτυξης του ζιζανιού και στην φυσιολογική ανάπτυξη του σιταριού.

Οι επεμβάσεις εφαρμόστηκαν στις 25 Φεβρουαρίου αμέσως μετά την σπορά των φυτών. Συγκεκριμένα, για τις επεμβάσεις με το άλευρο, δημιουργήθηκε ένα στρώμα πάνω από τον

σπόρο που είχε σπαρθεί, ενώ για τις επεμβάσεις που αφορούσαν το πελαργονικό, έγινε ψεκασμός στο χώμα πάνω από τον σπαρμένο σπόρο. Τέλος, για τον συνδυασμό των παραπάνω επεμβάσεων, έγινε στρωμάτωση του αλεύρου και ακολούθησε ο ψεκασμός του με πελαργονικό.

Πίνακας 7. Πειραματικές επεμβάσεις πειράματος 4^{ου} πειράματος.

Επεμβάσεις	Συμβολισμός
Μάρτυρας	-
Άλευρο από αραβόσιτο	corn
Πελαργονικό οξύ 3.102% + Μαλεϊκή υδραζίδη 0.459%	pa
Άλευρο από αραβόσιτο + Πελαργονικό οξύ 3.102% + Μαλεϊκή υδραζίδη 0.459%	c & pa

2.3 Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας κάθε επέμβασης στα φυτά στόχους.

2.3.1 Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας κάθε φυσικού ζιζανιοκτόνου έναντι των ζιζανίων στόχων.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των φυσικών ζιζανιοκτόνων έναντι των ζιζανίων-στόχων, μετρήθηκαν το ύψος και το νωπό βάρος δύο φυτών ανά φυτοδοχείο για κάθε είδος ζιζανίου στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση. Το νωπό βάρος μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας.

2.3.2 Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δόσεων του φυσικού ζιζανιοκτόνου με παραφινικό λάδι και χωρίς έναντι των ζιζανίων στόχων.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δόσεων του ζιζανιοκτόνου με παραφινικό λάδι και χωρίς έναντι των ζιζανίων-στόχων, μετρήθηκε ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI) στις 1, 3 και 7 ημέρες και το νωπό βάρος στις 1, 3, 7 και 16 ημέρες μετά την επέμβαση, ανά φυτοδοχείο για κάθε είδος ζιζανίου. Για την μέτρηση του νωπό βάρος χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας.

2.3.3 Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των αλεύρων και του συνδυασμού τους με το πελαργονικό έναντι των ζιζανίων στόχων.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των αλεύρων και του πελαργονικού οξέος έναντι των ζιζανίων-στόχων, μετρήθηκαν το ύψος (cm) των φυτών στις 34, 42, 51 και 59 ημέρες μετά την σπορά και η πυκνότητα (%) στις 28, 34, 42, 51 και 59 ημέρες μετά την σπορά.

2.3.4 Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του αλεύρου, του πελαργονικού και του συνδυασμού τους.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του αλεύρου, του πελαργονικού και του συνδυασμού τους, μετρήθηκαν το ύψος (cm) στις 21, 35, 50, 61, 69 και 78 ημέρες μετά την σπορά και το νωπό βάρος (g) των φυτών στις 35, 50, 61, 69 και 78 ημέρες μετά την σπορά.

3. Αποτελέσματα

3.1 Αποτελέσματα 1^{ου} πειράματος

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα που προέκυψαν από το συγκεκριμένο πείραμα αναλύθηκαν μέσω ANOVA χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Statgraphics® Centurion XVI. Τα δεδομένα από το νωπό βάρος και το ύψος των ζιζανίων εκφράστηκαν ως ποσοστό της καταγεγραμμένης τιμής του μάρτυρα, ο οποίος δεν δέχτηκε καμία επέμβαση. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά κατά Fisher, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό των μέσων ορών έτσι ώστε να εκφράσει την αποτελεσματικότητα του κάθε ζιζανιοκτόνου που εφαρμόστηκε σε κάθε είδος ζιζανίου που μελετήθηκε.

3.1.1 Ύψος *L. rigidum*

Στην 1 DAT, το ύψος των φυτών της λεπτής ήρας καταγράφηκε στο 63% στα φυτά της επέμβασης PA3, ενώ η εφαρμογή των EO1 και PA1 εκτιμήθηκαν στο 55-56% συγκρινόμενα με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Οι επεμβάσεις EO2, PA2 και PA4 εμφάνισαν 58-62% χαμηλότερο ύψος στα φυτά της λεπτής ήρας σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ παρόμοια ήταν η αποτελεσματικότητα της επέμβασης του μίγματος από αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου και πελαργονικού οξέος. Η αποτελεσματικότητα του μίγματος από αιθέριο έλαιο Μανούκα και πελαργονικό οξύ όπως και η αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου από πεύκο ήταν αυξημένη σε σύγκριση με τις τέσσερις επεμβάσεις που αναφέρθηκαν. Κατά την δεύτερη μέτρηση 3DAT, παρατηρήθηκε μείωση κατά 46% του ύψους σε σύγκριση με τον μάρτυρα, στην εφαρμογή της επέμβασης PA3 ενώ τα αιθέρια έλαια από λεμονόχορτο και πεύκο προκάλεσαν περίπου 18 και 19% υψηλότερη, αντίστοιχα. Επίσης, το ύψος των φυτών της λεπτής ήρας παρατηρήθηκε σε 43% του μάρτυρα κατά την εφαρμογή PA1, ενώ με την εφαρμογή των PA2, PA4 και EO1 προκλήθηκε 67-73% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ομοίως, η αποτελεσματικότητα των δύο μιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, προκάλεσαν μείωση σε επίπεδο 74-76% σε σύγκριση με την τιμή των φυτών που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση και αποδείχθηκε ως η πιο αποτελεσματική έναντι της λεπτής ήρας. Κατά την τελική μέτρηση που αφορούσε τις 7DAT, η αποτελεσματικότητα της επέμβασης PA3 ήταν παρόμοια με τις προηγούμενες δύο μετρήσεις, ενώ η PA1 ήταν κατά 11% πιο αποτελεσματική από την PA3. Οι εφαρμογές με αιθέρια έλαια από λεμονόχορτο και πεύκο έδωσαν 62-64% χαμηλότερα φυτά σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ η αποτελεσματικότητα του PA4 ήταν ανάλογη με των παραπάνω δύο επεμβάσεων. Η επέμβαση PA2 ήταν ακόμα πιο αποτελεσματική, καθώς το ύψος του φυτού ήταν στο 28% του μάρτυρα, ενώ το μίγμα M2 έδωσε 79% χαμηλότερα φυτά λεπτής ήρας σε σχέση με τον μάρτυρα. Το αιθέριο έλαιο από Μανούκα όταν χρησιμοποιήθηκε ως μίγμα με το πελαργονικό οξύ (M1), αποτέλεσε την πιο αποτελεσματική επέμβαση έναντι των φυτών της λεπτής ήρας, καθώς μείωσε σε επίπεδο 92-93% (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Η Επίδραση στο ύψος των φυτών της λεπτής ήρας από εφαρμογές φυσικών ζιζανιοκτόνων στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράζεται ως ποσοστό του μάρτυρα.

Επέμβαση	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	44 cb	43 b	40 ab
PA2	38 bcd	27 def	28 cd
PA3	63 a	54 a	51 a
PA4	42 bcd	33 cde	35 bc
EO1	45 b	28 cdef	8 e
EO2	40 bcd	36 bc	38 bc
EO3	37 de	35 bcd	36 bc
M1	36 e	24 f	7 e
M2	40 bcd	26 ef	21 d
LSD (0.05)	7	8	11
P-Value	***	***	**

¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

²*, **, ***= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.1.2 Ξηρό βάρος *L. rigidum*

Κατά την πρώτη μέτρηση στη 1 DAT, παρατηρήθηκε ότι το PA3 μείωσε το βάρος της λεπτής ήρας κατά 41 % συγκρίνοντάς το με τον μάρτυρα, ενώ η μείωση της βιομάζας ήταν κατά 13% υψηλότερη στην περίπτωση του PA1. Παρόμοια φάνηκε να είναι η αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων από Μανούκα, Λεμονόχορτο και Πεύκο καθώς το νωπό βάρος της λεπτή ήρας καταγράφηκε ως το 38-42% του μάρτυρα εξαιτίας της εφαρμογής τους, ενώ η μείωση της βιομάζας κατά την εφαρμογή του PA4 επηρεάστηκε στο 59% σε σύγκριση με την τιμή που εμφάνισαν τα φυτά του μάρτυρα. Το μίγμα με λάδι από Μανούκα και πελαργονικό οξύ έδρασε κατά 63% χαμηλότερα στο νωπό βάρος της λεπτής ήρας σε σχέση με την τιμή που καταγράφηκε στα φυτά του μάρτυρα ενώ όμοια ήταν η αποτελεσματικότητα του μίγματος που περιείχε λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ. Κατά την δεύτερη μέτρηση, δηλαδή στις 3 DAT, φάνηκε ότι η επέμβαση PA3 ήταν κατά 48% χαμηλότερη από τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση και επίσης η επέμβαση με PA2 ήταν περίπου κατά 10% πιο αποτελεσματική από το PA3. Η

αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου από λεμονόχορτο παρέμεινε περίπου η ίδια με αυτή της πρώτης μέτρησης, ενώ το νωπό βάρος της λεπτής ήρας παρατηρήθηκε στο 34 και στο 37% του μάρτυρα όταν εφαρμόστηκαν οι επεμβάσεις PA4 και EO3, αντίστοιχα. Η εφαρμογή του μίγματος με λάδι από λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ, όπως και η επέμβαση PA4 έδωσαν κατά 71% χαμηλότερο νωπό βάρος σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ το λάδι από μανούκα παρείχε την καλύτερη αποτελεσματικότητα από όλες τις πειραματικές επεμβάσεις έναντι της λεπτής ήρας. Στην τελευταία μέτρηση στις 7ΗΜΣ, παρατηρήθηκε μείωση της βιομάζας κατά 47% για την επέμβαση PA3 σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ η αποτελεσματικότητα των PA1, EO2 και PA4 ήταν 12, 13 και 16% υψηλότερη από την επίδραση του PA3. Αυξανόμενη ήταν η αποτελεσματικότητα που είχε η εφαρμογή του PA2 και του αιθέριου ελαίου από πεύκο στο νωπό βάρος της λεπτής ήρας το οποίο καταγράφηκε ως το 30 και 33% του μάρτυρα, ενώ το μίγμα από λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ παρατηρήθηκε 77% χαμηλότερο νωπό βάρος σε σύγκριση με την τιμή του μάρτυρα. Η μείωση της βιομάζας έφτασε το επίπεδο του 90% συγκρινόμενο με τον μάρτυρα στην επέμβαση του αιθέριου ελαίου και ομοίως του μίγματος με αιθέριο έλαιο από Μανούκα και πελαργονικό οξύ (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Επίδραση των επεμβάσεων των φυσικών ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος της λεπτής ήρας στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Το ξηρό βάρος της λεπτής ήρας εκφράστηκε ως % του μάρτυρα.

Επέμβαση	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	46 b	42 ab	41 b
PA2	34 d	29 cde	30 cd
PA3	59 a	52 a	53 a
PA4	41 bcd	37 bcd	37 b
EO1	41 bcd	27 de	10 e
EO2	42 bc	39 bc	40 b
EO3	38 cd	34 bcd	33 cd
M1	37 cd	22 e	6 e
M2	36 cd	29 cde	23 d
LSD (0.05)	8	10	11
P-Value	**	**	***

¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

^{2*}, ^{**}, ^{***}= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.1.3 Ύψος *A. sterilis*

Σχετικά με το **ύψος** των φυτών της **αγριοβρώμης**, παρατηρήθηκε ότι την 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό (DAT), η εφαρμογή της επέμβασης PA3 το μείωσε στο 53% του μάρτυρα, ενώ οι τιμές που καταγράφηκαν από τις επεμβάσεις με τα αιθέρια έλαια μανούκα και πεύκου ήταν παρόμοιες, όμως πιο αυξημένες από τη PA3. Το εύρος που κυμάνθηκε το ύψος ήταν μεταξύ 36 και 38% του μάρτυρα για τις επεμβάσεις PA4 και PA1, ενώ σχεδόν η ίδια μείωση του ύψους παρουσιάστηκε και στην εφαρμογή του λεμονόχορτου. Η εφαρμογή PA2 μείωσε το ύψος των ζιζανίων κατά 71% σε σύγκριση με τον μάρτυρα, αντίθετα η μείωση που παρουσιάστηκε σε σύγκριση με τον μάρτυρα με την εφαρμογή του μίγματος που περιείχε πελαργονικό οξύ και μανούκα (M1) ήταν 30%. Αυτό το μίγμα (M1) ήταν περίπου κατά 6% πιο αποτελεσματικό από το μίγμα που περιείχε λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M2). Στις 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό, παρατηρήθηκε ότι η επέμβαση PA3 παρέμεινε η λιγότερο αποτελεσματική από όλες τις άλλες επεμβάσεις, αφού η αποτελεσματικότητα έναντι της αγριοβρώμης ήταν κατά 9, 10 και 13% χαμηλότερη από τις αντίστοιχες τιμές των επεμβάσεων EO3, PA1 και PA4, αντίστοιχα. Παρόμοιες τιμές παρατηρήθηκαν στο ύψος των φυτών, όταν εφαρμόστηκαν οι επεμβάσεις με αιθέρια έλαια από μανούκα και λεμονόχορτο, και συγκεκριμένα στο 31 και 34% του μάρτυρα, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η επέμβαση PA2 υπήρξε η πιο αποτελεσματική σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις πελαργονικού οξέος που εφαρμόστηκαν έναντι της αγριοβρώμης, δηλαδή στην PA2 καταγράφηκε κατά 73% χαμηλότερο ύψος σε σχέση με τον μάρτυρα. Η αποτελεσματικότητα του μίγματος που περιείχε λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M2) ήταν παρόμοια με εκείνη της επέμβασης PA2, ενώ η ανάμειξη μανούκα και πελαργονικό οξύ (M1) αποτέλεσε την αποτελεσματικότερη επέμβαση από όλες έναντι των φυτών αγριοβρώμης, καθώς μείωσε το ύψος σχεδόν στο 80% συγκρίνοντάς το με το ύψος των φυτών που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Η τελευταία μέτρηση αφορούσε τον ψεκασμό μετά από 7 ημέρες (DAT), όπου επιβεβαιώθηκε ότι η επέμβαση PA3 ήταν η λιγότερο αποτελεσματική από τις υπόλοιπες, καθώς η τιμή του ύψους των φυτών της αγριοβρώμης δεν ξεπέρασε το 54% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Οι επεμβάσεις που περιείχαν αιθέρια έλαια από λεμονόχορτο και πεύκο χαρακτηρίστηκαν κατά 10-11% πιο αυξημένης αποτελεσματικότητας από την αντίστοιχη επέμβαση PA3, και παρόμοια φάνηκε να είναι η μείωση του ύψους των φυτών από τις εφαρμογές των επεμβάσεων PA4 και PA1. Το μίγμα με λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M2) ήταν πιο αποτελεσματικό από τις επεμβάσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, καθώς το ύψος των φυτών της αγριοβρώμης αφορούσε το 19% του μάρτυρα, ύστερα από αυτή την εφαρμογή. Έπειτα, η εφαρμογή με το αιθέριο έλαιο από μανούκα φάνηκε να είναι ακόμα πιο αποτελεσματική, ενώ η μείξη του με πελαργονικό οξύ (M1) προκάλεσε την μεγαλύτερη μείωση του ύψους των φυτών, η οποία αφορούσε το 92% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Πίνακας 10. Η επίδραση των φυσικών ζιζανιοκτόνων στο ύψος φυτών αγριοβρώμης στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε ως % του μάρτυρα.

Επέμβαση	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	38 bc	36 b	35 ab
PA2	29 c	27 cde	24 cd
PA3	53 a	46 a	42 a
PA4	36 bc	33 bc	32 bc
EO1	44 ab	31 bcd	12 ef
EO2	37 bc	34 bc	34 ab
EO3	42 b	37 b	35 ab
M1	30 c	20 e	8 f
M2	36 bc	25 de	19 de
LSD (0.05)	9	7	9
P-Value	*	**	***

¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

²*,**,***= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.1.4 Ξηρό βάρος *A. sterilis*

Όσον αφορά την **αγριοβρώμη**, στην 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό (DAT) παρατηρήθηκε ότι στην PA3 μειώθηκε το **βάρος** κατά 52% σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ η μείωση της βιομάζας ήταν κατά 12-15% υψηλότερη όταν εφαρμόστηκαν οι PA4 και η PA1. Η αποτελεσματικότητα της επέμβασης PA2 ήταν σημαντικά υψηλότερη καθώς αποδείχθηκε ότι το ξηρό βάρος της αγριοβρώμης ήταν κατά 73% λιγότερο από του μάρτυρα. Τα αιθέρια έλαια που προήλθαν από το μανούκα, το λεμονόχορτο και το πεύκο έδειξαν παρόμοια αποτελεσματικότητα, καθώς το ξηρό βάρος της αγριοβρώμης κυμάνθηκε μεταξύ 36 και 42% του μάρτυρα. Το μίγμα που περιείχε λάδι από μανούκα και πελαργονικό οξύ (M1) είχε παρόμοια δράση με την επέμβαση PA2 και παράλληλα φάνηκε ότι το παραπάνω μίγμα ήταν 6% πιο αποτελεσματικό από το μίγμα με λάδι από λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M2). Κατά την δεύτερη μέτρηση που έγινε στις 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό (DAT), καταγράφηκε το ξηρό βάρος της αγριοβρώμης στο 44% του μάρτυρα όταν εφαρμόστηκε η επέμβαση PA3, ενώ αντίστοιχα και η τιμή που καταγράφηκε από την εφαρμογή αιθέριου ελαίου από πεύκο ήταν στο 35% του μάρτυρα. Οι επεμβάσεις PA1 και PA4

ήταν κατά 11 και 14% πιο αποτελεσματικές από την επέμβαση PA3 αλλά και ελαφρώς πιο αποτελεσματικές από την επέμβαση με αιθέριο έλαιο από πεύκο. Οι επεμβάσεις με αιθέρια έλαια που περιείχαν λεμονόχορτο και μανούκα χαρακτηρίστηκαν με παρόμοια αποτελεσματικότητα, καθώς οι εφαρμογές τους έδειξαν 69-72% μείωση της βιομάζας. Η εφαρμογή PA2 ήταν ακόμα πιο δραστική και η αποτελεσματικότητά της ήταν ανάλογη με εκείνη από το μίγμα που περιείχε πελαργονικό οξύ και λάδι από λεμονόχορτο (M2). Πιο αποτελεσματική έναντι της αγριοβρώμης αποδείχθηκε η εφαρμογή του μίγματος που περιείχε μανούκα και πελαργονικό οξύ (M1) αφού το ξηρό βάρος μειώθηκε κατά 82% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα από την τελευταία μέτρηση, δηλαδή στις 7 ημέρες με τον ψεκασμό (DAT), απέδειξαν ότι η επέμβαση PA3 ήταν η λιγότερο αποτελεσματική έναντι της αγριοβρώμης, αφού το ξηρό βάρος του ζιζανίου ήταν 41% του μάρτυρα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές που παρατηρήθηκαν από τις επεμβάσεις PA4, PA1, EO2 και EO3 κυμάνθηκαν μεταξύ 31-33% του μάρτυρα. Η αποτελεσματικότητα του μίγματος από λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M1) ήταν ανάλογη με εκείνη της επέμβασης PA2, και οι δύο επεμβάσεις ήταν σημαντικά υψηλότερες καθώς οι τιμές του ξηρού βάρους που καταγράφηκαν ήταν χαμηλότερες κατά 77 και 83%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το αιθέριο έλαιο που προήλθε από μανούκα προκάλεσε μείωση της βιομάζας σε επίπεδο υψηλότερο από 90%, ενώ το μίγμα που περιείχε αιθέριο έλαιο από μανούκα και πελαργονικό οξύ (M1) μείωσε την βιομάζα του ζιζανίου κατά 96% σε σύγκριση με την τιμή των φυτών που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Η επίδραση των φυσικών ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών αγριοβρώμης στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό (DAT). Το ξηρό βάρος των φυτών εκφράστηκε ως % του μάρτυρα.

Επέμβαση	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	36 bcd	33 bc	33 ab
PA2	27 e	24 de	23 bc
PA3	48 a	44 a	41 a
PA4	33 cde	30 bcd	31 ab
EO1	42 ab	28 bcd	7 de
EO2	36 bcd	31 bcd	32 ab
EO3	39 bc	35 b	32 ab
M1	28 de	18 e	4 e
M2	34 bcde	25 cde	17 cd
LSD (0.05)	9	8	11

P-Value

*

**

¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

²*, **, ***= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.1.5 Ύψος *G. aparine*

Το ύψος των φυτών της κολλιτσίδας μειώθηκε κατά 64 και 67% σε σχέση με τον μάρτυρα, όταν εφαρμόστηκαν οι επεμβάσεις με τα αιθέρια έλαια μανούκα και λεμονόχορτο, αντίστοιχα, στις πρώτες 24 ώρες μετά τον ψεκασμό. Η αποτελεσματικότητα του μίγματος μανούκα και πελαργονικό οξύ (M1) ήταν κατά 11% υψηλότερη από την αντίστοιχη, κατά την εφαρμογή μόνο του αιθέριου ελαίου (EO1). Παράλληλα παρόμοια διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ του δεύτερου μίγματος (M2) και της εφαρμογής του αιθέριου ελαίου από λεμονόχορτο (EO2). Επίσης, το ύψος των ζιζανίων καταγράφηκε κατά 21% του μάρτυρα κατά την εφαρμογή της επέμβασης με αιθέριο έλαιο από πεύκο, ενώ ανάλογη τιμή καταγράφηκε για την επέμβαση PA3 που ήταν στο 20% του μάρτυρα. Ακόμα καλύτερη ήταν η αποτελεσματικότητα που καταγράφηκε από τις επεμβάσεις PA4 και PA1, των οποίων η εφαρμογή μείωσε το ύψος των φυτών της κολλιτσίδας κατά 86-87% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Πιο αποτελεσματική αποδείχθηκε η επέμβαση PA2, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες πειραματικές επεμβάσεις που μελετήθηκαν, καθώς η εφαρμογή της μείωσε σχεδόν κατά 92% το ύψος του ζιζανίου σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα από την δεύτερη μέτρηση, δηλαδή στις 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό, έδειξαν ότι το ύψος των ζιζανίων κυμάνθηκε μεταξύ 27 και 29% για τις επεμβάσεις από τα αιθέρια έλαια μανούκα και λεμονόχορτο, αντίστοιχα. Το αιθέριο έλαιο από πεύκο αποδείχθηκε κατά 10% πιο αποτελεσματικό έναντι της κολλιτσίδας, από ότι των δύο ελαίων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το μίγμα από λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ (M2) φάνηκε να έχει παρόμοια αποτελεσματικότητα με την αντίστοιχη από το αιθέριο έλαιο πεύκου, ενώ το μίγμα με μανούκα και πελαργονικό οξύ ήταν ελαφρώς πιο αποτελεσματικό έναντι του πλατύφυλλου ζιζανίου. Όσον αφορά τις επεμβάσεις που περιείχαν πελαργονικό οξύ παρατηρήθηκε ότι, η PA3 μείωσε το ύψος των φυτών της κολλιτσίδας κατά 88% και οι PA2, PA4 και PA1 κυμάνθηκαν μεταξύ του 94 και 96% σε σύγκριση με τα φυτά της κολλιτσίδας που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Τέλος, στις 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό, παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή του αιθέριου ελαίου από λεμονόχορτο ήταν η λιγότερο αποτελεσματική επέμβαση έναντι της κολλιτσίδας, ενώ το αιθέριο έλαιο από πεύκο ήταν κατά 9% πιο αποτελεσματικό. Οι ίδιες μειώσεις στο ύψος των φυτών καταγράφηκαν για την PA3 και το αιθέριο έλαιο μανούκα, καθώς η εφαρμογή και των δύο κυμάνθηκε στο 89% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το ύψος των φυτών της κολλιτσίδας καταγράφηκε μόνο στο 5, 6 και 8% του μάρτυρα έπειτα από την εφαρμογή των επεμβάσεων

PA4, PA1 και M2, ενώ ταυτόχρονα και η επέμβαση PA2 αλλά και το μίγμα M1 εξόντωσαν ολοκληρωτικά τα φυτά της κολλιτσίδας (Πίνακας 12).

Πίνακας 12. Η επίδραση στο ύψος των φυτών της κολλιτσίδας από τις εφαρμογές φυσικών ζιζανιοκτόνων στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Treatment	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	14 def	6 cd	6 cd
PA2	8 f	4 d	0 d
PA3	20 cde	12 bc	11 bc
PA4	13 ef	6 cd	5 cd
EO1	36 a	27 a	11 bc
EO2	33 ab	29 a	27 a
EO3	21 cd	19 b	18 b
M1	25 c	13 bc	0 d
M2	26 bc	16 b	8 cd
LSD (0.05)	8	7	9
P-Value	***	***	**

¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

²*, **, ***= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.1.6 Ξηρό βάρος *G. aparine*

Σε γενικές γραμμές όλες οι πειραματικές επεμβάσεις αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικές κατά της κολλιτσίδας παρά κατά των αγρωστώδων που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα, οι επεμβάσεις με αιθέρια έλαια από μανούκα και λεμονόχορτο προκάλεσαν 67-70% μείωση στην βιομάζα σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ η μείωση της βιομάζας που προκλήθηκε από τα δύο μίγματα κυμάνθηκε μεταξύ 76 και 78% σε σύγκριση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση, όπως έγινε αντιληπτό στην πρώτη μέτρηση, δηλαδή στις πρώτες 24 ώρες μετά τον ψεκασμό. Στην ίδια μέτρηση παρατηρήθηκε ότι το αιθέριο έλαιο από πεύκο δρα πιο αποτελεσματικά σε σχέση με τα άλλα δύο αιθέρια έλαια που εφαρμόστηκαν, καθώς μετά την εφαρμογή του τα φυτά της κολλιτσίδας εμφάνισαν κατά 81% χαμηλότερο ξηρό βάρος σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παρόμοια αποτελεσματικότητα είχε η επέμβαση PA3, όμως και οι υπόλοιπες

επεμβάσεις που αφορούσαν τα σκευάσματα με πελαργονικό οξύ έδωσαν ιδιαίτερα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, το ξηρό βάρος των φυτών της κολλιτσίδας καταγράφηκε ως 5, 10 και 12% του μάρτυρα όταν εφαρμόστηκαν οι επεμβάσεις PA2, PA4 και PA1, αντίστοιχα. Στις 3 ημέρες μετά τον ψεκάσμό (DAT), παρατηρήθηκε ότι το αιθέριο έλαιο από πεύκο ήταν κατά 7-11% πιο αποτελεσματικό από εκείνο με μανούκα και λεμονόχορτο. Όμοια φάνηκε να είναι και η αποτελεσματικότητα των δύο μιγμάτων, στα οποία η βιομάζα της κολλιτσίδας καταγράφηκε ως 12-15% του μάρτυρα, μετά την εφαρμογή τους. Η επέμβαση PA3 μείωσε την βιομάζα των ζιζανίων κατά 90% και ακόμα καλύτερη αποτελεσματικότητα παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις PA4 και PA1, ενώ στην επέμβαση PA2 τα φυτά της κολλιτσίδας σχεδόν εξοντώθηκαν. Στις 7 ημέρες μετά τον ψεκάσμό (DAT), η αποτελεσματικότητα από τις επεμβάσεις με τα αιθέρια έλαια από λεμονόχορτο και πεύκο ήταν παρόμοιες, ενώ από το μανούκα καταγράφηκε αυξημένη αποτελεσματικότητα, δηλαδή στο 92%. Το ίδιο αποτέλεσμα παρατηρήθηκε στην επέμβαση PA3, ενώ οι PA4 και PA1 προκάλεσαν μείωση του ξηρού βάρους κατά 96-97% σε σχέση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν καμία επέμβαση. Το ξηρό βάρος των ζιζανίων καταγράφηκε στο 6% του μάρτυρα στην περίπτωση της εφαρμογής μίγματος με αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου και πελαργονικού οξέος (M2), ενώ οι επεμβάσεις PA2 και M1 εξόντωσαν ολοκληρωτικά τα φυτά της κολλιτσίδας (Πίνακας 13).

Πίνακας 13. Η επίδραση των εφαρμογών από φυσικά ζιζανιοκτόνα στο ξηρό βάρος των φυτών της κολλιτσίδας στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκάσμό (DAT). Το ξηρό βάρος των φυτών εκφράστηκε ως % του μάρτυρα.

Treatment	1 DAT	3 DAT	7 DAT
PA1	12 def	5 cd	4 d
PA2	5 f	2 d	0 d
PA3	17 cde	10 bc	8 bc
PA4	10 ef	5 cd	3 d
EO1	33 a	23 a	8 bc
EO2	30 ab	27 a	25 a
EO3	19 cd	16 b	14 b
M1	22 c	12 b	0 d
M2	24 bc	15 b	6 bc
LSD (0.05)	8	6	9

P-Value

**

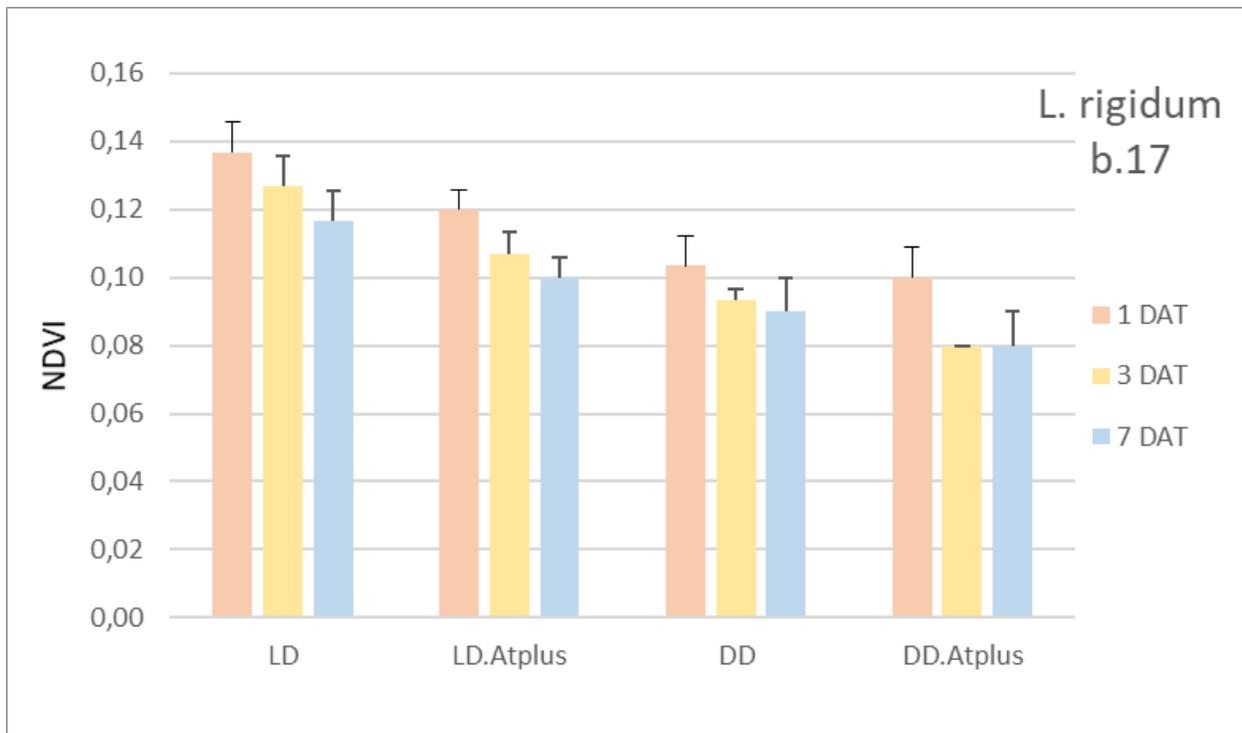
¹Τα διαφορετικά γράμματα στις σειρές υποδηλώνουν την σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων της αύξησης? Για κάθε ζιζανιοκτόνο σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

²*, **, ***= σημαντικό στο 0.05, 0.01 και 0.001, αντίστοιχα.

3.2 Αποτελέσματα 2^{ου} πειράματος

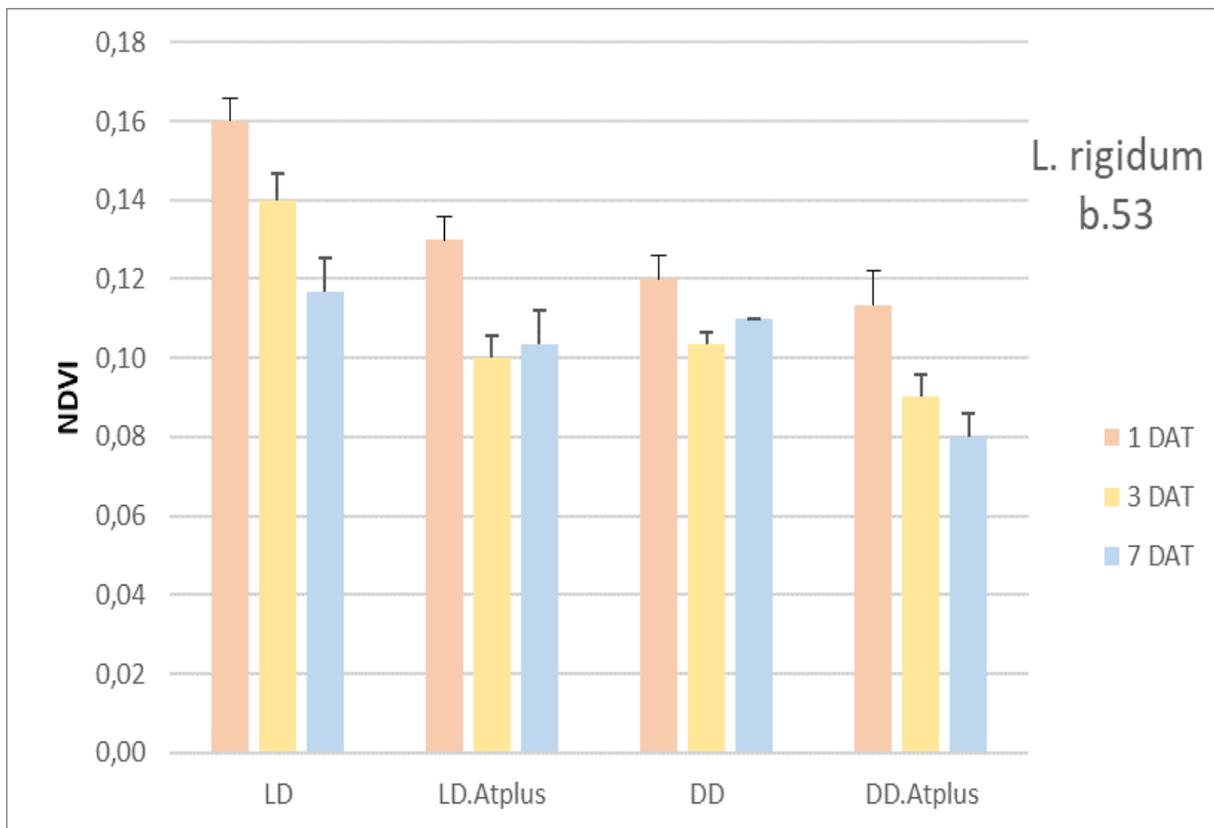
3.2.1 NDVI

Όσον αφορά τον **ανθεκτικό βιότυπο της ήρας** φαίνεται ότι μετά την εφαρμογή της χαμηλής δόσης (LD) πελαργονικού οξέος επηρεάζεται ο δείκτης βλάστησης (NDVI) σε σύγκριση με τον μάρτυρα και στις τρεις μετρήσεις (1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό), όπως φαίνεται στον γράφημα 1.1. Συγκεκριμένα, την 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό η τιμή του δείκτη βλάστησης φτάνει στο 0,14 και αντίστοιχα ακολουθούν οι μειωμένες τιμές 0,13 και 0,12 μετά από 3 και 7 ημέρες από την επέμβαση. Στην επέμβαση με την χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος σε συνδυασμό με το παραφινικό έλαιο (LD.Atplus) παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση του δείκτη βλάστησης σε σύγκριση με την προηγούμενη επέμβαση. Δηλαδή στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό μετρήθηκαν οι ακόλουθες τιμές 0,12, 0,11 και 0,10 αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Στις επόμενες δύο επεμβάσεις που αφορούν την διπλάσια δόση με πελαργονικό οξύ (DD) και τον συνδυασμό αυτής της δόσης με παραφινικό έλαιο (DD.Atplus) παρατηρήθηκε ότι στην 1^η μέτρηση (1 DAT) μεταξύ των τιμών δεν υπήρξε διακύμανση, αφού οι μετρήσεις έδωσαν την ίδια τιμή (0,10). Το ίδιο συνέβη και στις 3 και στις 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό, δηλαδή οι τιμές έφτασαν στο 0,09 και 0,08 αντίστοιχα και για τις δύο επεμβάσεις (DD & DD.Atplus). Όμως αυτές οι τιμές δείχνουν ότι σε σύγκριση με τον μάρτυρα αλλά και με τις προηγούμενες δύο επεμβάσεις (LD και LD.Atplus) η επίδραση στον δείκτη βλάστησης ήταν μεγαλύτερη. Αξίζει να σημειωθεί ότι στατιστικά σημαντικές φάνηκαν να είναι οι διαφορές μεταξύ όλων των επεμβάσεων και ιδιαίτερα μεταξύ των LD.Atplus και DD.Atplus.



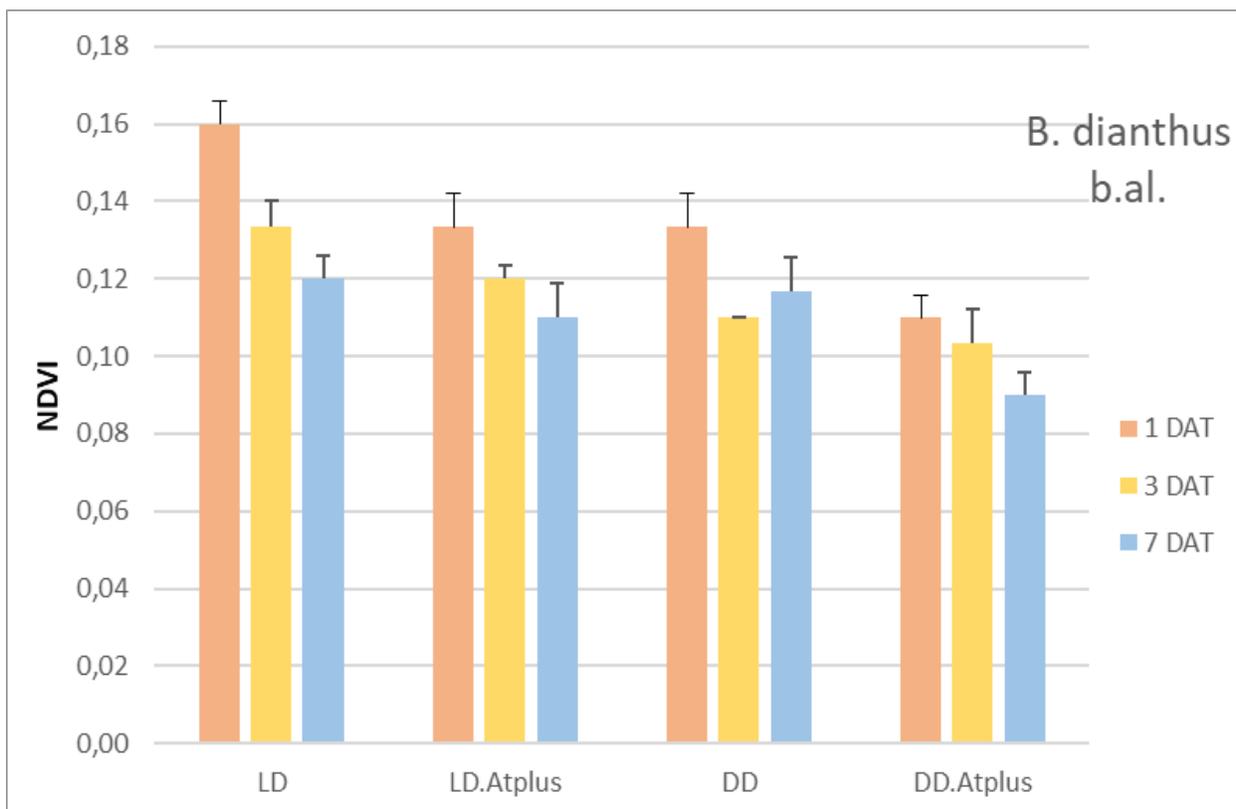
Γράφημα 1.1. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στην βλάστηση των ανθεκτικών βιοτύπων της ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Η επίδραση στην βλάστηση των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Τα αποτελέσματα από τον **ευαίσθητο βιότυπο της ήρας** δεν φάνηκαν να διαφέρουν σημαντικά από τον ανθεκτικό βιότυπο, όμως διέφεραν σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τις πρώτες ημέρες μετά τον ψεκασμό (1 και 3 DAT) στην επέμβαση με την χαμηλότερη δόση πελαργονικού οξέος (LD) αν και μειώθηκε ο δείκτης βλάστησης 0,16 και 0,14 του μάρτυρα αντίστοιχα, δεν μειώθηκε τόσο όσο στις υπόλοιπες επεμβάσεις. Την 7^η ημέρα μετά την επέμβαση σημειώθηκε η τιμή 0,12 για τον δείκτη βλάστησης, ίδια τιμή με εκείνη του βιοτύπου b.17 στις 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό. Για τις επεμβάσεις LD.Atplus, DD και DD.Atplus παρατηρήθηκε μείωση στον δείκτη βλάστησης με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ του 0,11 – 0,13 του μάρτυρα. Τις υπόλοιπες ημέρες 3 και 7 DAT παρατηρήθηκε ότι όλες οι τιμές και για τις τρεις επεμβάσεις που αναφέρθηκαν ήταν κάτω από 0,11 σε σύγκριση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Πιο αποτελεσματική φάνηκε να είναι η επέμβαση που συνδυάζει την διπλάσια δόση πελαργονικού οξέος με το παραφινικό λάδι (DD.Atplus) στις 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό, κατά την οποία η μείωση του δείκτη βλάστησης έφτασε το 0,08, όπως φαίνεται στο γράφημα 1.2. Παράλληλα, κατά την διάρκεια του πειράματος και συγκεκριμένα των μετρήσεων που αφορούσαν τις 7 ημέρες παρατηρήθηκε αύξηση του δείκτη βλάστησης σε σύγκριση με τις τιμές που είχε πάρει στις 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό. Συγκεκριμένα, στην επέμβαση DD η τιμή αυξήθηκε κατά 0.01 στις 7 ημέρες μετά.



Γράφημα 1.2. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στην βλάστηση (NDVI) των ευαίσθητων βιοτύπων ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Η επίδραση στην βλάστηση των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

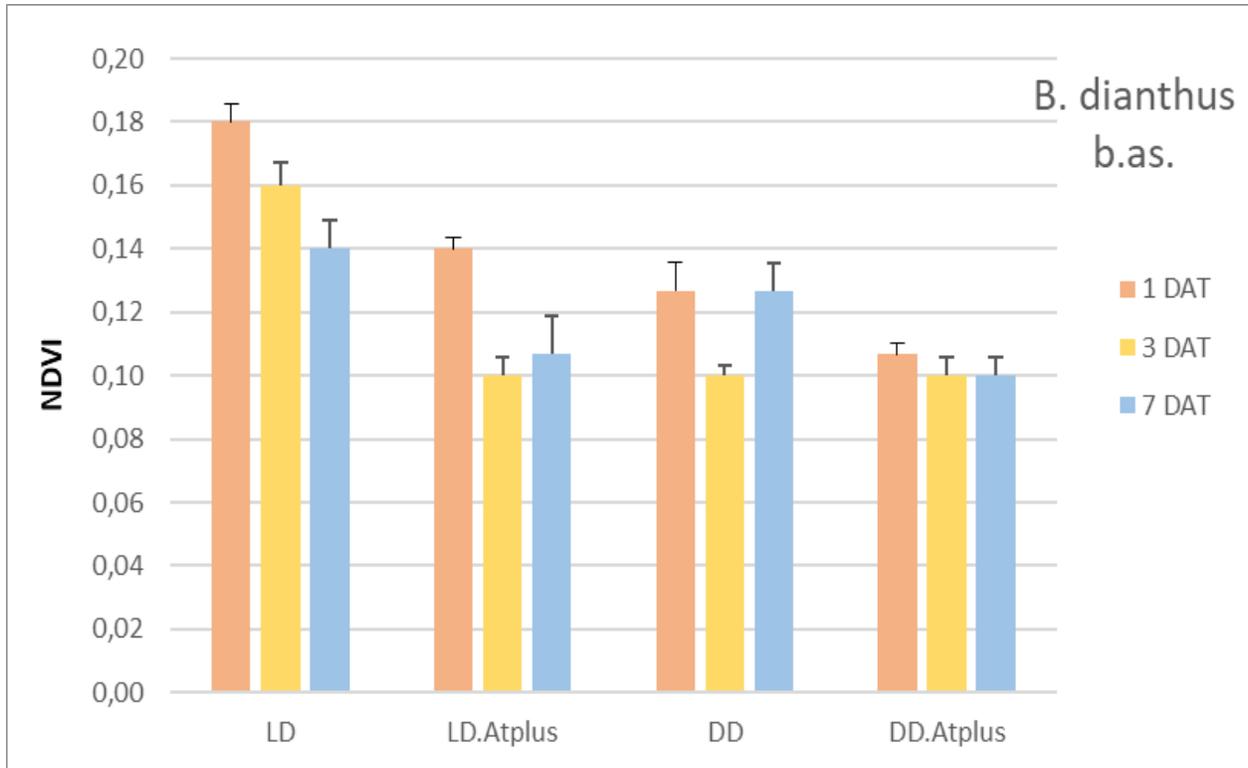
Στο γράφημα 1.3, φαίνεται ότι την 1^η ημέρα μετά τον ψεκάσμο, ο δείκτης βλάστησης των φυτών που αφορούσαν τον **ευαίσθητο βιότυπο βρόμου** στην επέμβαση με την χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος (LD) έφτασε στο 0,16 του μάρτυρα. Στην δεύτερη μέτρηση η τιμή μειώθηκε κατά 0,03, ίδια τιμή με την επέμβαση που συνδυάζει πελαργονικό με παραφινικό έλαιο (LD.Atplus) στην 1^η μέτρηση (1 DAT). Ενώ η τιμή στην 3^η μέτρηση (7 DAT) της LD είναι ίδια με εκείνη της LD.Atplus κατά την 2^η μέτρηση (3 DAT), δηλαδή 0,12. Η τελευταία μέτρηση στις 7 ημέρες μετά τον ψεκάσμο έφτασε στο 0,11 μετά από την εφαρμογή χαμηλής με παραφινικό έλαιο (LD.Atplus). Από την άλλη σημειώθηκε κοινή τιμή στην 1^η μέτρηση μετά από την εφαρμογή των επεμβάσεων LD.Atplus και DD. Όμως για τις επόμενες μετρήσεις της διπλάσιας δόσης η τιμή ήταν 0,11 για την 2^η μέτρηση, ενώ για την 3^η μέτρηση υπήρξε αύξηση του δείκτη βλάστησης κατά 0,01. Τέλος, όσον αφορά την διπλάσια δόση με παραφινικό έλαιο παρατηρήθηκαν οι πιο χαμηλές τιμές σε σχέση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση και σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Συγκεκριμένα, οι τιμές ήταν 0,11, 0,10 και 0,09 στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκάσμο, όπως φαίνεται και στο γράφημα 1.3.



Γράφημα 1.3. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στην βλάστηση των ευαίσθητων βιοτύπων βρόμου με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Η επίδραση στην βλάστηση των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Όσον αφορά τα φυτά του **ανθεκτικού πληθυσμού του βρόμου** τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τον δείκτη βλάστησης φάνηκαν να διαφοροποιούνται μεταξύ των επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, η χαμηλή δόση έδρασε λιγότερο περιοριστικά στην ευρωστία των φυτών σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Ιδιαίτερα την 1^η ημέρα μετά τον ψεκασμό που σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή, δηλαδή 0,18 του μάρτυρα, και στην συνέχεια των μετρήσεων μειώθηκε σε 0,16 και 0,14 στις 3 και 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό, αντίστοιχα. Στις υπόλοιπες επεμβάσεις οι τιμές ήταν χαμηλότερες. Συγκεκριμένα, η χαμηλή δόση σε συνδυασμό με παραφινικό έλαιο (LD.Atplus), ενώ στην 1^η μέτρηση η τιμή ήταν 0,14 στην 2^η μέτρηση μειώθηκε κατά 0,04. Αντίθετα, στις 7 ημέρες από τον ψεκασμό παρατηρήθηκαν φαινόμενα αναβλάστησης με αποτέλεσμα η τιμή να αυξηθεί κατά 0,01 από την τιμή της προηγούμενης μέτρησης. Παρόμοια εικόνα εμφάνισε και η επέμβαση με την διπλάσια δόση, στην οποία ο δείκτης βλάστησης ήταν 0,13 και 0,10 στις αντίστοιχες μετρήσεις (1 & 3 DAT). Ενώ στις 7 ημέρες από τον ψεκασμό αυξήθηκε κατά 0,03 από την τιμή της 2^{ης} μέτρησης. Οι χαμηλότερες τιμές που παρατηρήθηκαν για αυτόν τον βιότυπο στον δείκτη βλάστησης ήταν στην επέμβαση με την διπλάσια δόση

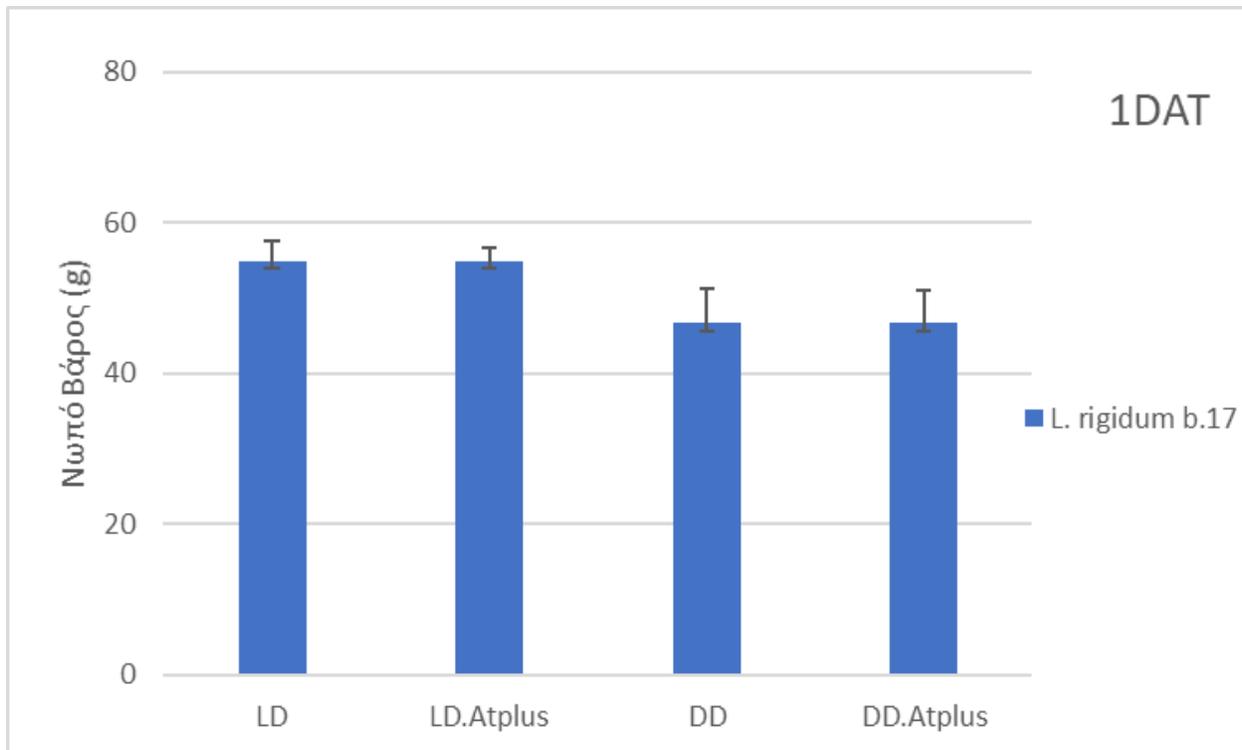
πελαργονικού οξέος σε συνδυασμό με το παραφινικό έλαιο (DD.Atplus), όπου οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 0,11 και 0,10 του μάρτυρα στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (γράφημα 1.4).



Γράφημα 1.4. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στην βλάστηση των ανθεκτικών βιοτύπων βρόμου με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, στις 1, 3 και 7 ημέρες μετά την επέμβαση (DAT). Η επίδραση στην βλάστηση των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

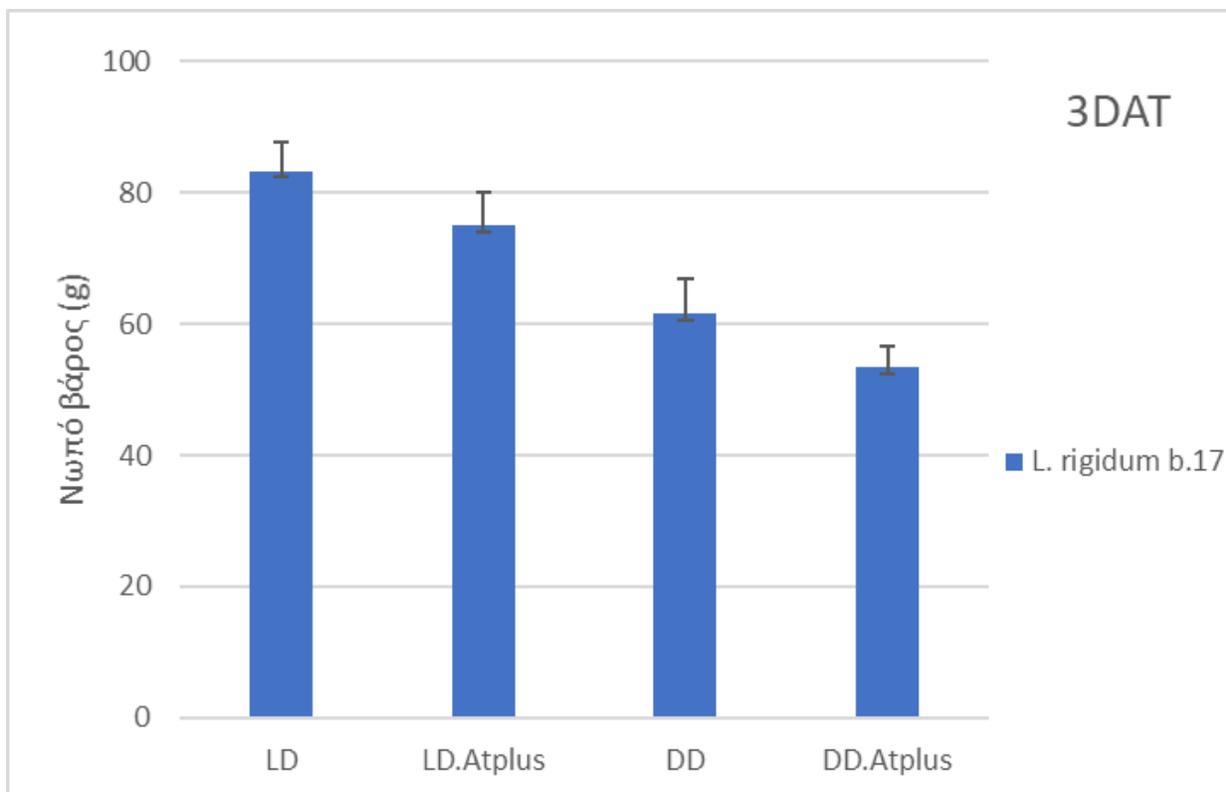
3.2.2 Νωπό βάρος

Κατά την μέτρηση του νωπού βάρους του ανθεκτικού βιοτύπου της ήρας παρατηρήθηκε ότι την 1^η ημέρα μετά την επέμβαση ανεξάρτητα την δόση παρατηρήθηκαν παρόμοιες τιμές. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι η χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος (LD) και ο συνδυασμός της με παραφινικό λάδι έδωσαν την ίδια τιμή (55%) σε σύγκριση με τον μάρτυρα και παρομοίως η τιμή της διπλής δόσης (DD) και η τιμή από τον συνδυασμό της με παραφινικό (DD.Atplus) ήταν κοινή (47% του μάρτυρα), όπως φαίνεται και στο γράφημα 1.5. Η συνολική εικόνα δείχνει ότι οι επεμβάσεις που αφορούσαν την χαμηλή δόση μείωσαν το βάρος του φυτού περίπου στο 45%, ενώ η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων που αφορούσαν την διπλάσια δόση ήταν καλύτερη καθώς η μείωση του νωπού βάρους των φυτών ξεπέρασε το 50%.



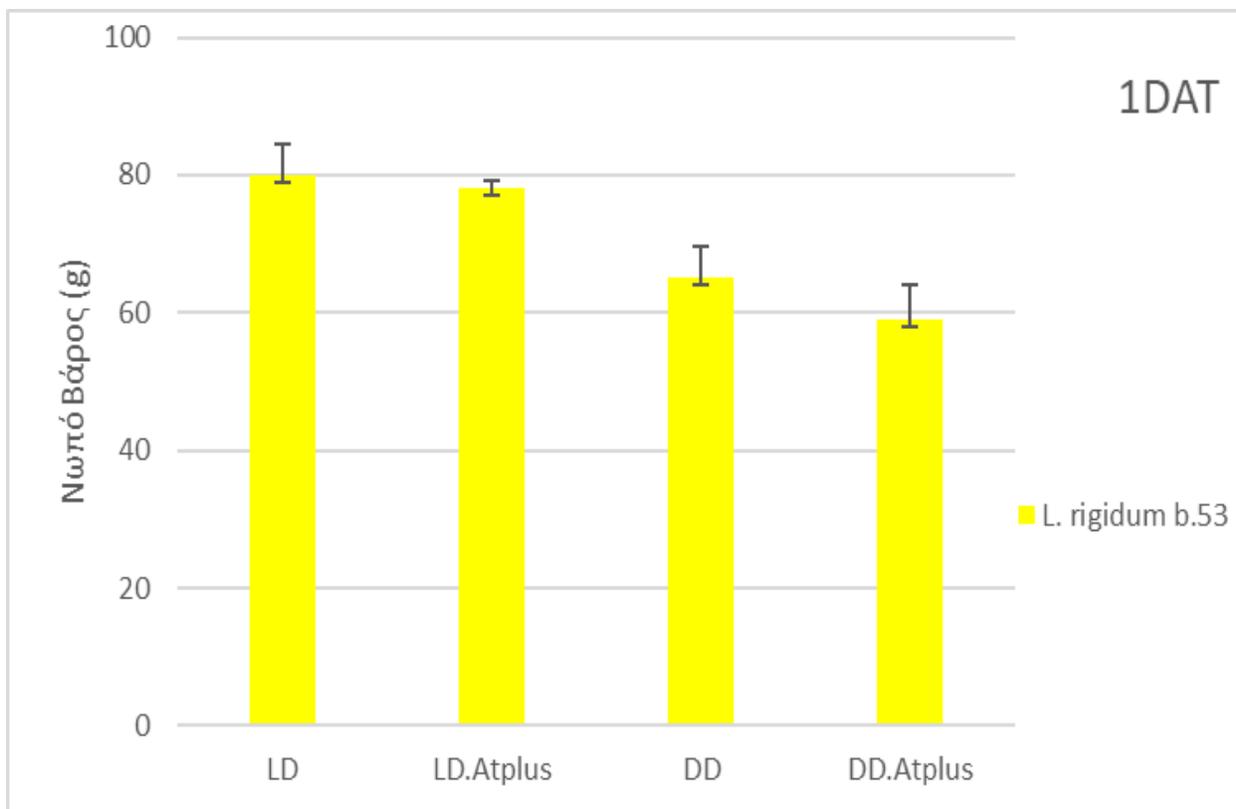
Γράφημα 1.5. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στο νωπό βάρος των ανθεκτικών βιοτύπων της ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, κατά την 1 ημέρα μετά τον ψεκάσμο (DAT). Η επίδραση στο νωπό βάρος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Σύμφωνα με το γράφημα 1.6, παρατηρήθηκε ότι στις 3 ημέρες μετά τον ψεκάσμο οι τιμές του νωπού βάρους των φυτών αυξήθηκαν σε σύγκριση με την 1 ημέρα μετά τον ψεκάσμο (γράφημα 1.5), με αποτέλεσμα την μείωση της αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, η χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος (LD) προκάλεσε κατά 17% μείωση του νωπού βάρους σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ενώ η πιο αποτελεσματική επέμβαση στις 3 ημέρες φάνηκε να είναι η διπλή δόση πελαργονικού οξέος σε συνδυασμό με παραφινικό λάδι (DD.Atplus) που προκάλεσε μείωση βάρους κατά 47%. Οι τιμές των άλλων δύο επεμβάσεων, σε αυτό το χρονικό διάστημα (3 DAT), που αφορούσαν την χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος σε συνδυασμό με το παραφινικό λάδι (LD.Atplus) και την διπλάσια δόση πελαργονικού οξέος (DD) ήταν 75 και 62% του μάρτυρα, αντίστοιχα.



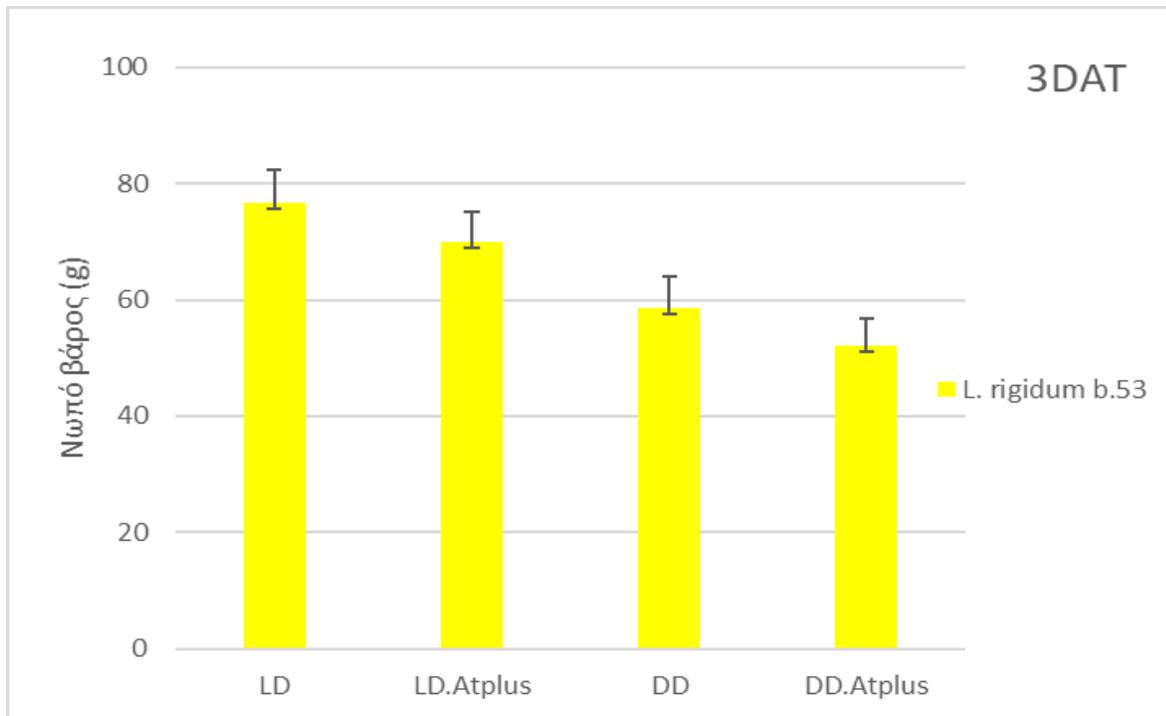
Γράφημα 1.6. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στο νωπό βάρος των ανθεκτικών βιοτύπων της ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, κατά την 3 ημέρα μετά τον ψεκάσμό (DAT). Η επίδραση στο νωπό βάρος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Όσον αφορά τα φυτά από τον **ευαίσθητο βιότυπο της ήρας** παρατηρήθηκε ότι οι τιμές του **νωπού βάρους** όλων των επεμβάσεων την 1 ημέρα μετά τον ψεκάσμό δεν μειώθηκαν ιδιαίτερα. Σύμφωνα με τις μετρήσεις που προέκυψαν από τα δεδομένα, οι επεμβάσεις με την χαμηλή δόση πελαργονικού οξέος (LD) και ο συνδυασμός της με παραφινικό λάδι (LD.Atplus) προκάλεσαν μείωση του βάρους των φυτών σε επίπεδο 12%. Αντίθετα, η επέμβαση με την διπλάσια δόση πελαργονικού οξέος (DD) προκάλεσε μείωση σε επίπεδο 23% και ακολούθως η επέμβαση με την διπλάσια δόση σε συνδυασμό με το παραφινικό λάδι (DD.Atplus) σε 40%. Αυτό σημαίνει ότι η διπλάσια δόση σε συνδυασμό με το παραφινικό λάδι (DD.Atplus) έδρασε καλύτερα από τις υπόλοιπες εφαρμογές σε αυτό το χρονικό διάστημα. (Γράφημα 1.7).



Γράφημα 1.7. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στο νωπό βάρος των ευαίσθητων βιοτύπων της ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, κατά την 1 ημέρα μετά τον ψεκάσμο (DAT). Η επίδραση στο νωπό βάρος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Στην συνέχεια του πειράματος, στο χρονικό διάστημα των 3 ημέρων μετά τον ψεκάσμο στα φυτά του **ευαίσθητου βιοτύπου της ήρας** το νωπό βάρος είχε μειωθεί σε σύγκριση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Η τιμή της επέμβασης που αφορούσε την χαμηλή δόση του πελαργονικού οξέος (LD) ήταν 77% του μάρτυρα στις 3 ημέρες μετά τον ψεκάσμο (βλ. γράφημα 1.8), δηλαδή καλύτερη σε σύγκριση με αυτή της 1 ημέρας μετά την επέμβαση που ήταν 88% του μάρτυρα (γράφημα 1.7). Αποτελεσματικότερες στις 3 ημέρες μετά τον ψεκάσμο ήταν και οι υπόλοιπες επεμβάσεις που ακολούθησαν (LD.Atplus, DD και DD.Atplus) δίνοντας τις εξής τιμές 70, 59 και 57% του μάρτυρα, αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επέμβαση με την διπλάσια δόση σε συνδυασμό με το παραφινικό λάδι (DD.Atplus) ήταν η πιο αποτελεσματική και σε αυτό το χρονικό διάστημα, καθώς η μείωση του βάρους έφτασε σε επίπεδο 43% (βλ. γράφημα 1.8).



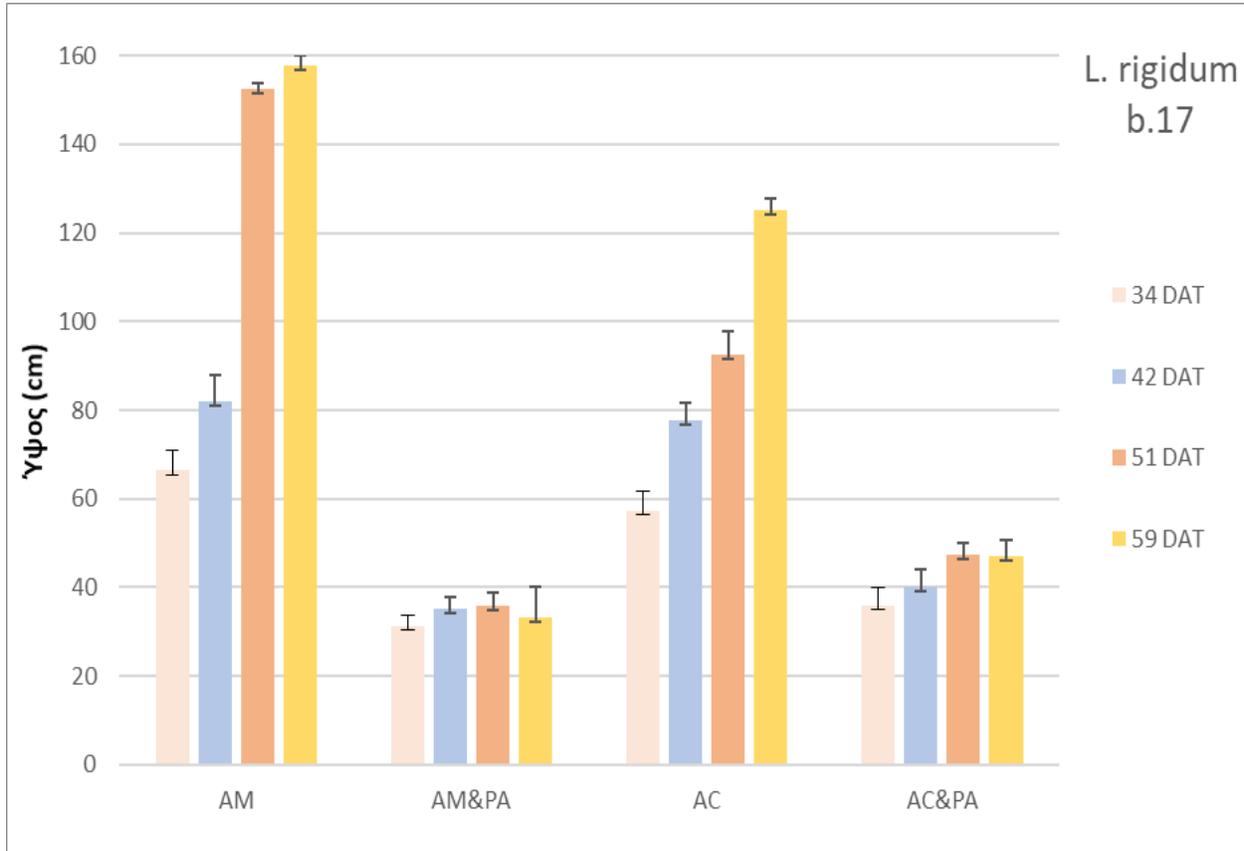
Γράφημα 1.8. Η επίδραση των δόσεων πελαργονικού οξέος στο νωπό βάρος των ευαίσθητων βιοτύπων της ήρας με την εφαρμογή παραφινικού λαδιού και χωρίς, την 3 ημέρα μετά τον ψεκασμό (DAT). Η επίδραση στο νωπό βάρος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

3.3 Αποτελέσματα 3^{ου} πειράματος

3.3.1 Ύψος

Σχετικά με **το ύψος των φυτών του ανθεκτικού βιοτύπου της λεπτής ήρας** παρατηρήθηκαν διάφορες διακυμάνσεις ανάλογα την πειραματική επέμβαση. Συγκεκριμένα, στα φυτά που εφαρμόστηκε το άλευρο από μουκούνα (AM) φάνηκε ότι τις πρώτες ημέρες (34 και 42 DAT) τα φυτά δεν ξεπέρασαν τον μάρτυρα άλλα παράλληλα η διαφορά στο ύψος δεν ήταν μεγάλη, καθώς οι τιμές αντιστοιχούσαν σε 66 και 82% του μάρτυρα. Όμως στην συνέχεια του πειράματος, κατά το χρονικό διάστημα των 51 και 59 ημερών από την εφαρμογή της επέμβασης επεμβάσεων τα φυτά ξεπέρασαν τον μάρτυρα (100%) με τιμές που αντιστοιχούσαν σε 152 και 158%. Από την άλλη πλευρά η εφαρμογή του αλεύρου από μουκούνα σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ (AM&PA) έδειξε να επηρεάζει το ύψος των ζιζανίων καθώς οι τιμές που παρατηρήθηκαν ήταν 31, 35, 47 και 33% του μάρτυρα τις αντίστοιχες μέρες 34, 42, 51 και 59 μετά την εφαρμογή. Η επόμενη εφαρμογή που αφορούσε το άλευρο από καλαμπόκι (AC) αρχικά επηρέασε το ύψος των φυτών της ήρας, αφού στις 34 ημέρες μετά την επέμβαση φάνηκε να περιορίζει το ύψος των φυτών στο 43% όμως στην συνέχεια των ημερών σταμάτησε αυτή η δράση με αποτέλεσμα στις 59 ημέρες μετά την επέμβαση τα φυτά να ξεπερνούν τον μάρτυρα δίνοντας τιμές σε επίπεδο 125% , παρόμοια δράση με εκείνη που εμφάνισαν τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε άλευρο μουκούνας. Η τελευταία επέμβαση αφορούσε τον συνδυασμό από

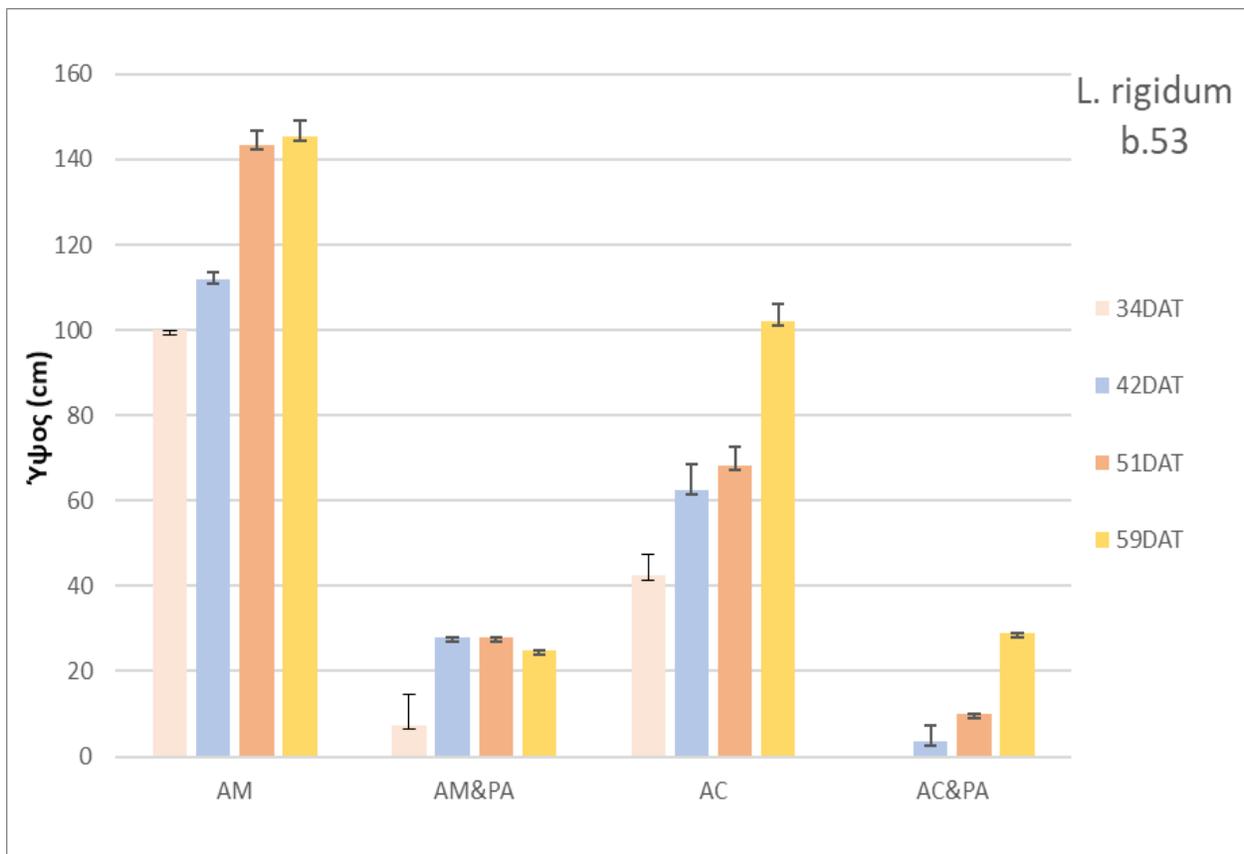
άλευρο καλαμποκιού και πελαργονικού οξέος (AC&PA) σημειώνοντας παρόμοια δράση με εκείνη που αφορούσε τον συνδυασμό πελαργονικού οξέος με το αλεύρο μουκούνας. Συγκεκριμένα, η αποτελεσματικότητα σχετικά με την μείωση του ζιζανίου έφτασε σε επίπεδο γύρω στο 70% το οποίο φάνηκε στις 59 ημέρες μετά την επέμβαση. (Βλ. γράφημα 1.9).



Γράφημα 1.9. Η επίδραση στο ύψος της ήρας (ανθεκτικός βιότυπος) από τα αλεύρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζει ο παράγοντας του **ύψους** που σχετίζεται με τα φυτά **ήρας** που προήλθαν από τον **ευαίσθητο βιότυπο**. Στην επέμβαση με το αλεύρο μουκούνας (AM) παρατηρήθηκε ότι το ύψος δεν επηρεάστηκε καθόλου σε σύγκριση με τον μάρτυρα και επιπλέον όσο περνούσαν οι ημέρες από την εφαρμογή τα φυτά εμφάνιζαν μεγαλύτερα ποσοστά από το μάρτυρα. Αυτό φαίνεται στο γράφημα 1.10, κατά το οποίο στις 34 ημέρες από την επέμβαση η τιμή του ύψους ήταν 100% του μάρτυρα και έπειτα τον ξεπέρασε με τιμές 112, 143 και 145% στις αντίστοιχες ημέρες των 42, 51 και 59 μετά την επέμβαση. Αντίθετα, η εφαρμογή του αλεύρου μουκούνας σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ (AM&PA) αποδείχθηκε αποτελεσματική εφαρμογή καθώς στις 34 ημέρες μετά την επέμβαση η τιμή του ύψους ήταν 7% του μάρτυρα, δηλαδή η μείωση του ύψους έφτασε σε επίπεδο 93%. Τις επόμενες ημέρες από την επέμβαση, δηλαδή στις 42, 51 και 59, οι τιμές που προέκυψαν ήταν 28, 28 και 25% του

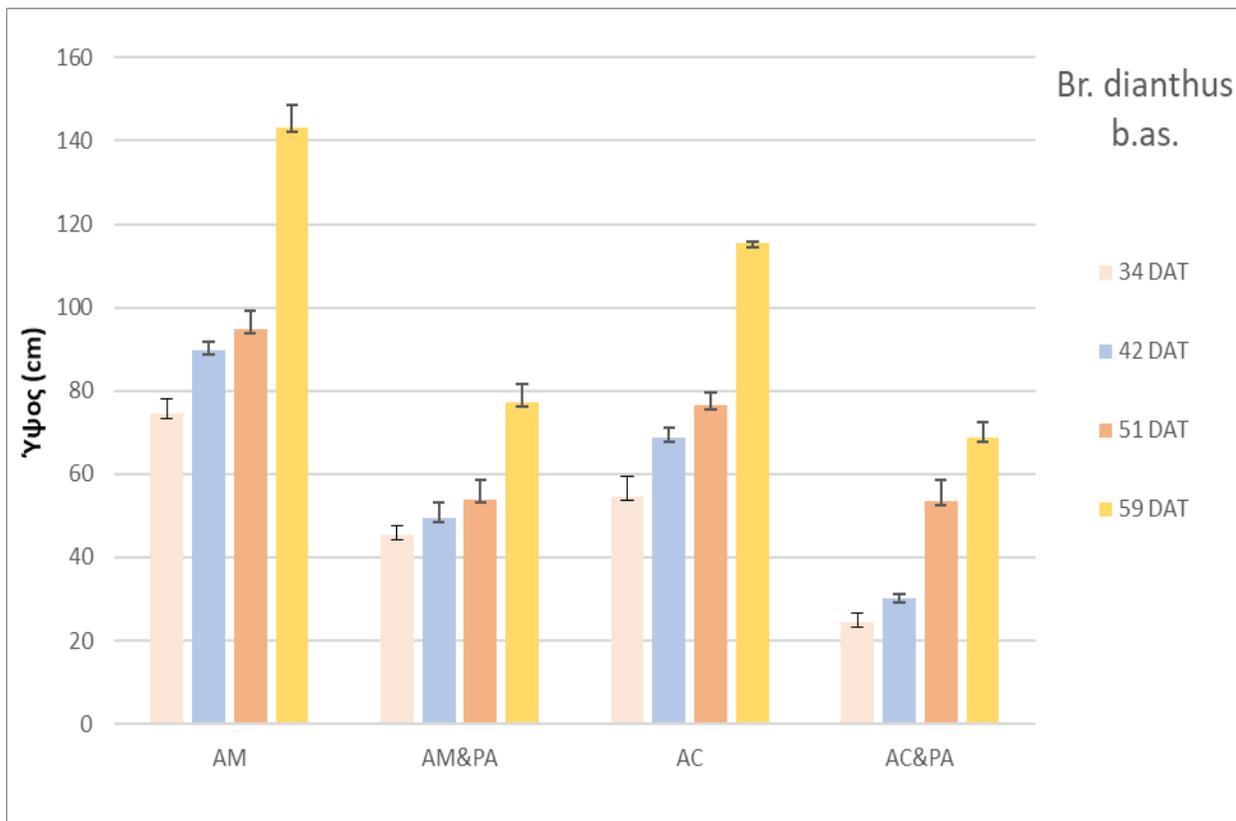
μάρτυρα, αντίστοιχα. Εφαρμόζοντας το άλευρο από καλαμπόκι (AC) το ύψος των φυτών στις 34 ημέρες από την επέμβαση ήταν 42% του μάρτυρα αλλά σταδιακά οι τιμές αυξήθηκαν διαδοχικά σε 62 και 68% του μάρτυρα στις 42 και 51 ημέρες μετά την επέμβαση αντίστοιχα, ενώ στο 102% του μάρτυρα έφτασε στις 59 ημέρες. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή από άλευρο αραβοσίτου σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ (AC&PA) στο διάστημα των 34 ημερών από την εφαρμογή κατέστειλε ολοκληρωτικά τα φυτά, όπως φαίνεται στο γράφημα 1.10, αλλά και στο γράφημα 1.14 στο οποίο φαίνεται η μέτρηση της πυκνότητας. Επίσης, αποδείχθηκε ότι ήταν συνολικά η επέμβαση (AC&PA) με την καλύτερη αποτελεσματικότητα, όχι μόνο τις πρώτες ημέρες (34 και 42DAT) αλλά και στην συνέχεια (51 και 59 DAT). Συγκεκριμένα, στις 42 ημέρες μετά την επέμβαση η μείωση του ύψους έφτασε σε επίπεδο 94%, στις 51 ημέρες στο 90% και στις 59 ημέρες στο 71%.



Γράφημα 1.10. Η επίδραση στο ύψος της ήρας (ευαίσθητος βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

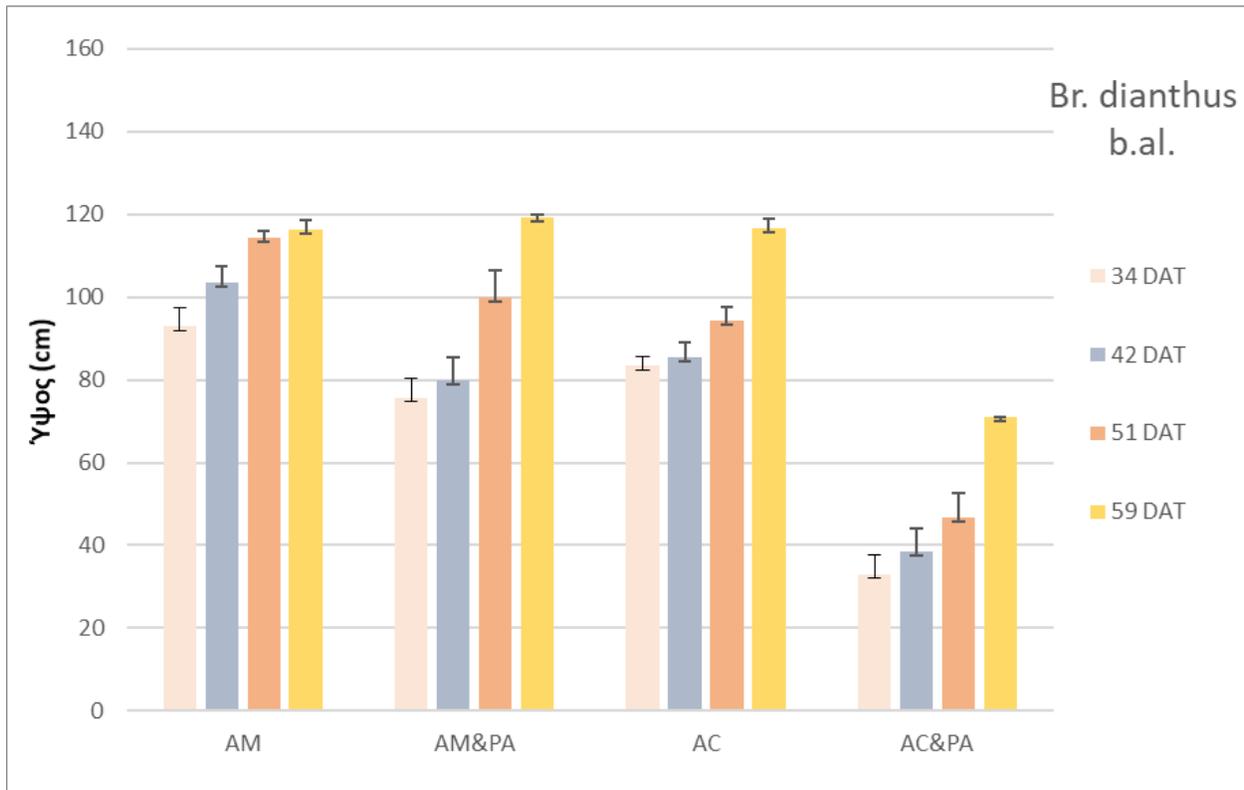
Σχετικά με το **ύψος**, παρατηρήθηκε ότι η επέμβαση με το άλευρο μουκούνας (AM) δεν έδρασε έντονα στην μείωση του ύψους στα φυτά του **βρόμου** που προήλθαν από τον **ανθεκτικό**

βιότυπο. Στις 34 ημέρες μετά την επέμβαση η τιμή ήταν 74% του μάρτυρα, στις 42 και 51 ημέρες έφτασε στο 90 και 95%, ενώ στην τελευταία μέτρηση στις 59 ημέρες το ύψος των φυτών ξεπέρασε τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση με τιμή 140%. Παρόμοια εικόνα παρατηρήθηκε και στην επέμβαση με το άλευρο από καλαμπόκι (AC) που ενώ αρχικά στις 34 ημέρες μετά την εφαρμογή η τιμή ήταν στο 55% του μάρτυρα στις 59 ημέρες το ύψος των φυτών ξεπέρασε τον μάρτυρα φτάνοντας σε επίπεδο 115%. Αντίθετα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στις επόμενες επεμβάσεις, καθώς ο συνδυασμός των δύο αλεύρων με πελαργονικό οξύ έδρασε πιο περιοριστικά για τον παράγοντα του ύψους. Συγκεκριμένα, η επέμβαση που αφορούσε το άλευρο μουκούνας σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ (AM&PA) ήταν για τις 34 πρώτες ημέρες κατά 55% περιοριστική, ενώ η επέμβαση με τον συνδυασμό από άλευρο καλαμποκιού και πελαργονικού (AC&PA) ήταν ακόμα πιο αποτελεσματική στον περιορισμό του ύψους των φυτών για το ίδιο χρονικό διάστημα, κατά 76%. Συνεχίζοντας στις 42, 51 και 59 ημέρες μετά την εφαρμογή στην επέμβαση AM&PA παρατηρήθηκαν οι τιμές 49, 54 και 77 % του μάρτυρα, αντίστοιχα. Η συνολική εικόνα της επέμβασης AC&PA ήταν η πιο καλή σε σύγκριση με τις προηγούμενες τρεις, αφού οι τιμές που ακολούθησαν και τις επόμενες μέρες κυμάνθηκαν 30, 53 και 69% του μάρτυρα. (Γράφημα 1.11).



Γράφημα 1.11. Η επίδραση στο ύψος του βρόμου (ανθεκτικός βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

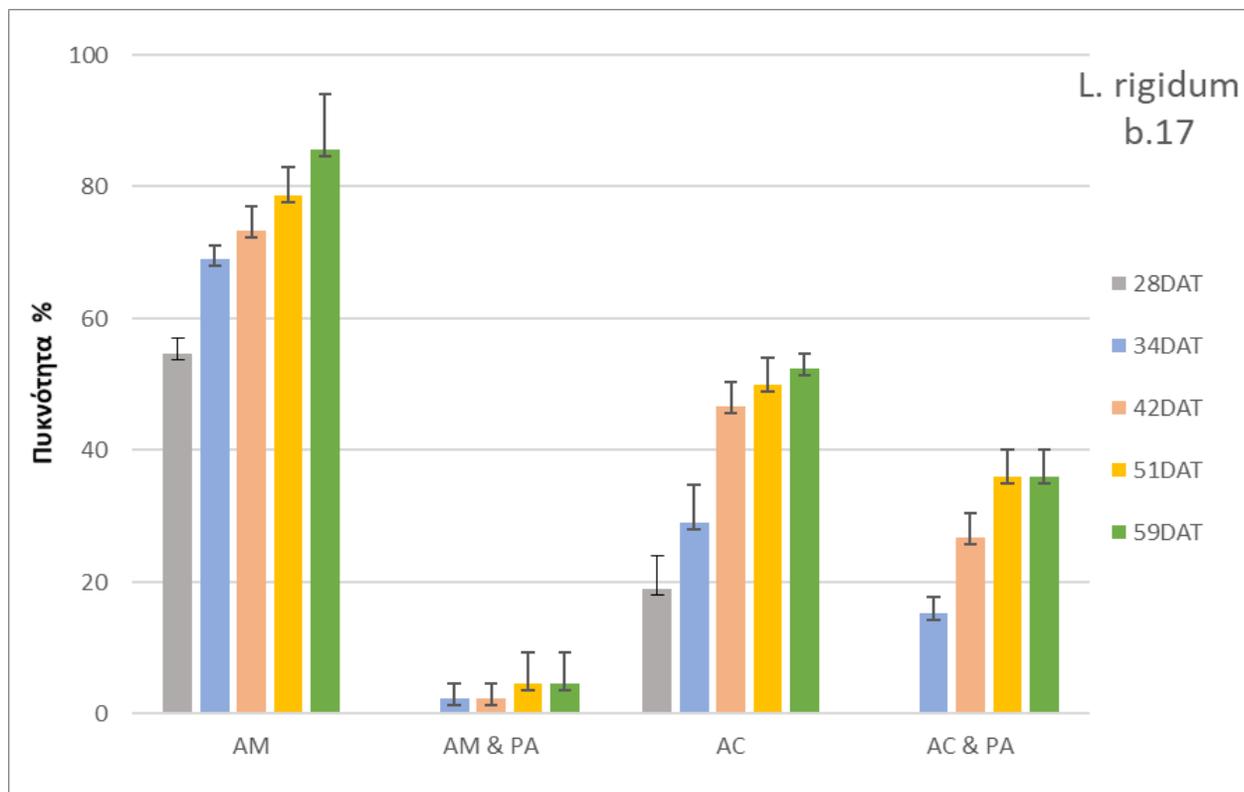
Από την άλλη μεριά όσον αφορά το ύψος, τα φυτά από τον **ευαίσθητο βιότυπο βρόμου** επηρεάστηκαν λιγότερο στις περισσότερες επεμβάσεις σε σύγκριση με τα παραπάνω φυτά που μελετήθηκαν. Ιδιαίτερα οι επεμβάσεις που σχετίζονται με τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού (AM και AC) περιόρισαν το ύψος των φυτών σε ποσοστό που δεν ξεπερνά το 15%, αντίθετα στις 59 ημέρες μετά την εφαρμογή ξεπέρασαν το ύψος των φυτών που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Σχετικά με την επέμβαση που είχε άλευρο μουκούνας σε συνδυασμό με πελαργονικό οξύ (AM&PA) στις 34 ημέρες μετά την εφαρμογή η τιμή του ύψους των φυτών σε σύγκριση με τον μάρτυρα ήταν 76% και στις 41 ημέρες έφτασε το 80% του μάρτυρα. Αποτελεσματικότερη στην μείωση του ύψους αποδείχθηκε η επέμβαση που αφορούσε το άλευρο από καλαμπόκι σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ (AC&PA) καθώς τα φυτά ήταν χαμηλότερα στις 34 ημέρες με τιμή 33% του μάρτυρα, δηλαδή η μείωση του ύψους ήταν σε επίπεδο 67%. Στις 51 ημέρες μετά την εφαρμογή αυτής της επέμβασης η τιμή που παρατηρήθηκε ήταν στο 47% του μάρτυρα, όπως φαίνεται στο γράφημα 1.12.



Γράφημα 1.12. Η επίδραση στο ύψος του βρόμου (ευαίσθητος βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

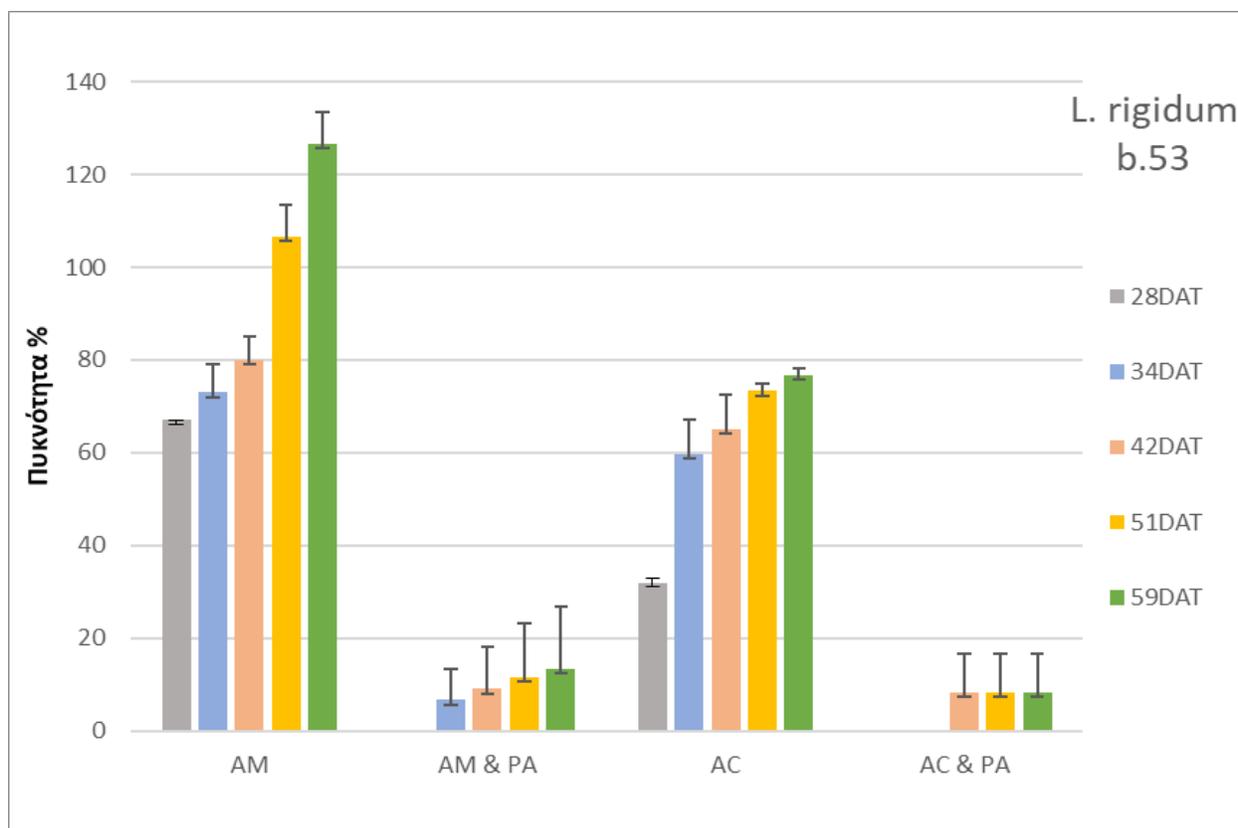
3.2.2 Πυκνότητα

Σχετικά με την **πυκνότητα**, μετά την εφαρμογή του αλεύρου μουκούνας (AM) παρατηρήθηκε ότι τα φυτά του **ανθεκτικού βιοτύπου ήρας** περιορίστηκαν τις πρώτες 28 ημέρες με τιμή που ήταν στο 55% του μάρτυρα. Στην συνέχεια, παρατηρήθηκε αύξηση των ποσοστών κατά τις επόμενες μετρήσεις στις 34, 42 και 51 ημέρες μετά την εφαρμογή, ενώ η τελική τιμή έφτασε μέχρι το 86% του μάρτυρα στις 59 ημέρες. Ωστόσο, η επόμενη επέμβαση που αφορούσε τον συνδυασμό πελαργονικού οξέος με άλευρο μουκούνας (AM & PA) προκάλεσε έντονο περιορισμό του ζιζανίου αφού τις πρώτες 28 ημέρες δεν φύτρωσαν τα φυτά και έπειτα η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής ήταν υψηλή. Συγκεκριμένα, ο περιορισμός των ζιζανίων έφτασε σε επίπεδο αποτελεσματικότητας του 98% στις 34 και 42 ημέρες μετά την επέμβαση ενώ στις 51 και 59 ημέρες μετά από την επέμβαση ο περιορισμός ήταν στο 95%. Επίσης, στην επέμβαση με το άλευρο από καλαμπόκι (AC) παρατηρήθηκε ότι κατά το χρονικό διάστημα του πειράματος καμία τιμή δεν ξεπέρασε το 55% του μάρτυρα. Ιδιαίτερα τις πρώτες 28 ημέρες της εφαρμογής η πυκνότητα των φυτών ήταν στο 19% του μάρτυρα και στις 34 ημέρες έφτασε στο 29% του μάρτυρα. Επιπλέον, στο γράφημα 2.5 αναπαρίσταται η τελευταία επέμβαση του πειράματος που συνδύαζε το πελαργονικό οξύ με το άλευρο από καλαμπόκι (AC&PA) η οποία κατέστειλε ολοκληρωτικά την ανάπτυξη των ζιζανίων τις πρώτες 28 ημέρες, όπως και η επέμβαση που συνδύαζε το άλευρο μουκούνας με το πελαργονικό οξύ. Στις 34 ημέρες μετά την εφαρμογή, η αποτελεσματικότητα της επέμβασης περιόρισε την ανάπτυξη των ζιζανίων κατά 85%, ενώ τις επόμενες ημέρες 42, 51 και 59 οι τιμές της πυκνότητας έφτασαν μέχρι το 36% του μάρτυρα.



Γράφημα 1.13. Η επίδραση στην πυκνότητα της ήρας (ανθεκτικός βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Η πυκνότητα των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

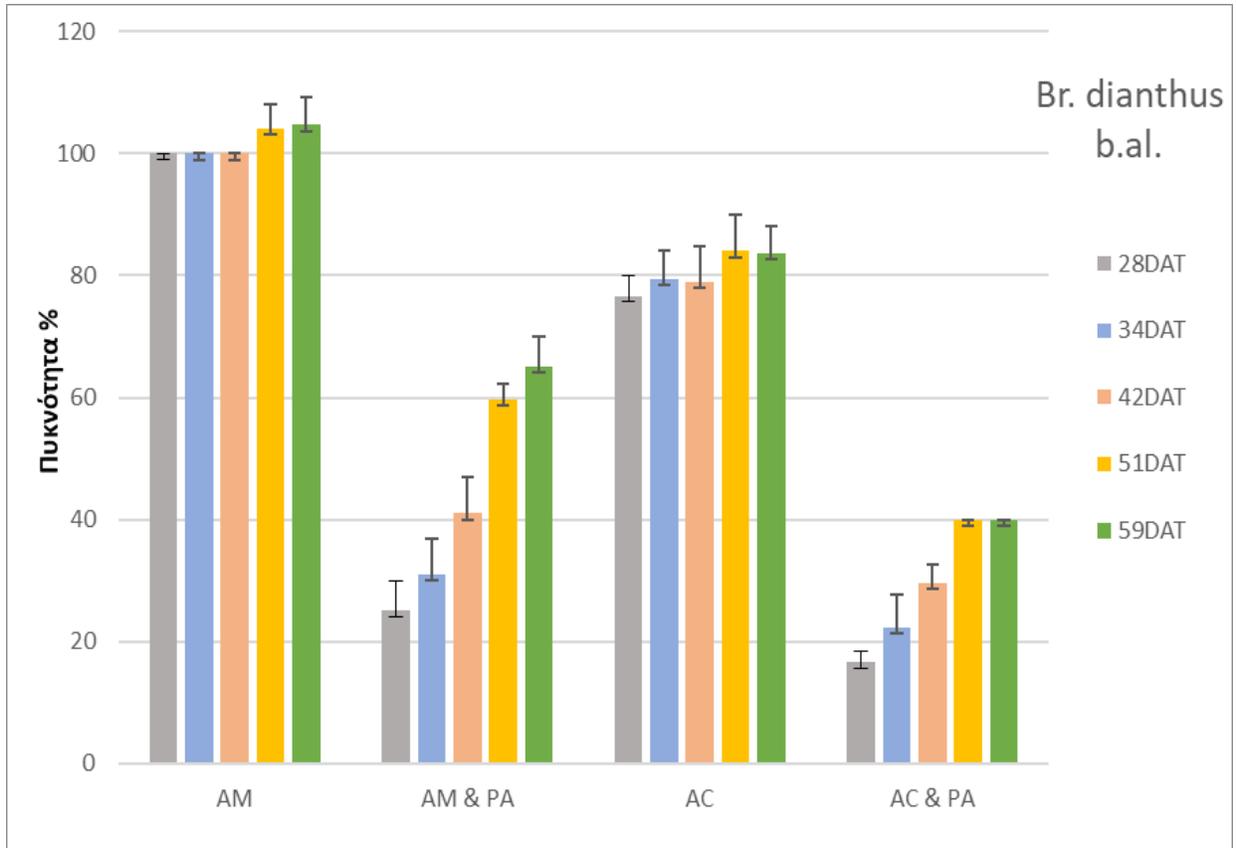
Όσον αφορά τον **ευαίσθητο βιότυπο** του πληθυσμού της ήρας φάνηκε ότι αρχικά η **πυκνότητα** περιορίστηκε μετά την εφαρμογή του αλεύρου μουκούνας (AM) τις πρώτες 28 ημέρες στο 67% του μάρτυρα, όμως κατά την τελική μέτρηση στις 51 και 59 ημέρες μετά την επέμβαση ο πληθυσμός των φυτών ξεπέρασε εκείνων που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση (γράφημα 2.6). Εφαρμόζοντας άλευρο καλαμποκιού (AC) παρατηρήθηκε ότι καμία τιμή δεν υπερέβη το 77% του μάρτυρα. Συγκεκριμένα, η τιμή της πυκνότητας ήταν στο 32% του μάρτυρα στις 28 ημέρες μετά την επέμβαση. Παράλληλα, στην επέμβαση που συνδυάζει το άλευρο μουκούνας με το πελαργονικό οξύ (AM & PA) παρατηρήθηκε παρόμοια εικόνα με εκείνη των επεμβάσεων AM & PA και AC & PA του ανθεκτικού βιοτύπου (γράφημα 2.5), καθώς ο πληθυσμός των φυτών τις πρώτες 28 ημέρες δεν αναπτύχθηκε. Επίσης, η αποτελεσματικότητα της επέμβασης AM & PA περιορίσε τον αριθμό των φυτών κατά 93, 91, 88 και 87% κατά το χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών από την επέμβαση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η εφαρμογή του συνδυασμού πελαργονικού οξέος με άλευρο καλαμποκιού (AC & PA) στον πληθυσμό των ζιζανίων καθώς δεν αναπτύχθηκαν ούτε στις 28 ημέρες, ούτε στις 34 ημέρες μετά την επέμβαση αλλά επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι στις μετρήσεις των επόμενων ημερών 42, 51 και 59 μετά την επέμβαση η αποτελεσματικότητα της πυκνότητας ήταν στο 92%.



Γράφημα 1.14. Η επίδραση στην πυκνότητα της ήρας (ευαίσθητος βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Η πυκνότητα των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Ο αριθμός των φυτών από τον **ευαίσθητο πληθυσμό του βρόμου** δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή του αλεύρου της μουκούνας (AM), αφού η πυκνότητα έφτασε στο 100%, όπως και τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση (γράφημα 2.7), στις 28, 34 και 42 ημέρες μετά από αυτή την επέμβαση. Στις μετρήσεις των επόμενων ημερών 51 και 59 μετά την εφαρμογή αυτού του αλεύρου ο πληθυσμός αυξήθηκε σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Υψηλά ποσοστά του αριθμού των φυτών παρατηρήθηκαν και στην επέμβαση με το άλευρο μουκούνας (AC), αφού η τιμή που περιόρισε περισσότερο τον πληθυσμό των φυτών φτάνοντας το 84%. Αντίθετα έδρασαν οι επόμενες επεμβάσεις που αφορούσαν τον συνδυασμό των αλεύρων με το πελαργονικό οξύ (AM&PA και AC&PA). Συγκεκριμένα, στις 28 ημέρες μετά την επέμβαση η τιμή της πυκνότητας έφτασε 25 και 17% για την επέμβαση που συνδυάζε το πελαργονικό οξύ με το άλευρο της μουκούνας και η επόμενη που το συνδυάζε με άλευρο καλαμποκιού, αντίστοιχα. Στις 34 ημέρες μετά την επέμβαση, οι τιμές των εφαρμογών που αναφέρθηκαν ήταν 31 και 22% του μάρτυρα, αντίστοιχα, δηλαδή η αποτελεσματικότητα της επέμβασης AC&PA περιόρισε τον αριθμό των φυτών κατά 78%. Τέλος, η τελευταία μέτρηση που έγινε στις 59 ημέρες η τιμή της πυκνότητας ήταν στο 65% του μάρτυρα για την επέμβαση που συνδυάζε το πελαργονικό οξύ με το άλευρο μουκούνας (AM&PA), ενώ η επέμβαση που συνδυάζε το άλευρο καλαμποκιού με το

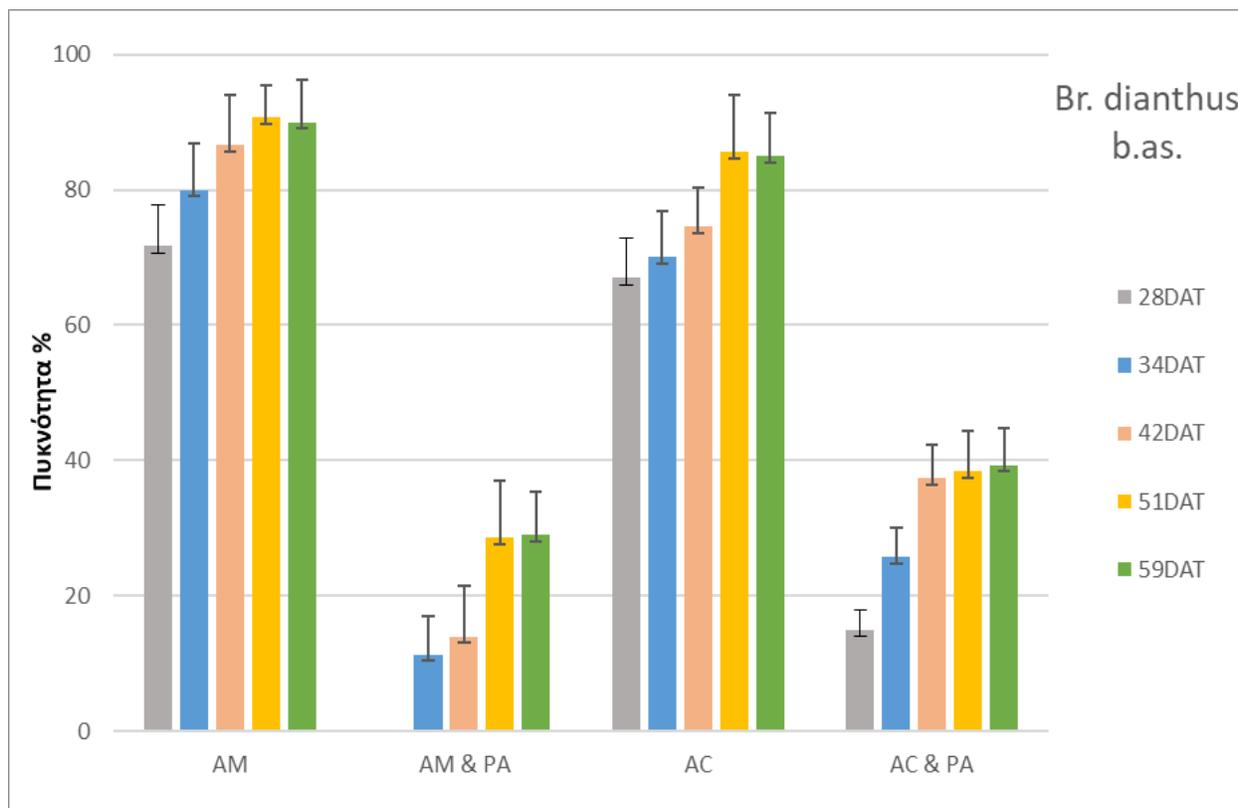
πελαργονικό οξύ (AC&PA) κατά το χρονικό διάστημα των 51 και 59 ημερών περιορίσε την πυκνότητα των φυτών κατά 60%.



Γράφημα 1.15. Η επίδραση στην πυκνότητα του βρόμου (ευαίσθητος βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Η πυκνότητα των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

Συνεχίζοντας με τον **ανθεκτικό πληθυσμό του βρόμου**, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές στην **πυκνότητα** των φυτών ακολούθησαν διαδοχική αύξηση από τις 28 ημέρες μέχρι τις 51, σχετικά με τις επεμβάσεις που αφορούσαν τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού, ξεκινώντας από το 71% και φτάνοντας το 91% του μάρτυρα, αντίστοιχα. Όμως κατά την μέτρηση των 59 ημερών παρατηρήθηκε μείωση των τιμών και στις δύο επεμβάσεις που αναφέρθηκαν, δηλαδή η τιμή της πυκνότητας ήταν στο 78% του μάρτυρα για την εφαρμογή με άλευρο μουκούνας και στο 67% του μάρτυρα για την επέμβαση με το άλευρο καλαμποκιού. Όπως φαίνεται στο γράφημα 1.16, στην επόμενη επέμβαση που αφορούσε το άλευρο μουκούνας σε συνδυασμό με το πελαργονικό οξύ παρατηρήθηκε 100% περιορισμός του πληθυσμού στις 28 ημέρες μετά από την επέμβαση, ενώ στις 34 και 42 ημέρες μετά την εφαρμογή οι τιμές του αριθμού των φυτών ήταν 11 και 14% του μάρτυρα (γράφημα 1.16), δηλαδή η αποτελεσματικότητα στον περιορισμό

του ανθεκτικού ζιζανίου κυμάνθηκε περίπου στο 88% σε εκείνες τις μετρήσεις. Ανάλογα έδρασε και η εφαρμογή του συνδυασμού πελαργονικού οξέος με το άλευρο από καλαμπόκι (AC&PA), καθώς περιορίστηκε η πυκνότητα των φυτών κατά 85% στις 28 ημέρες και η τιμή της πυκνότητας στις 34 ημέρες μετά από την επέμβαση ήταν στο 26% του μάρτυρα. Στις μετρήσεις που έγιναν τις επόμενες ημέρες (42, 51 και 59 DAT) η τιμή της πυκνότητας δεν ξεπέρασε το 40% του μάρτυρα (γράφημα 1.16).



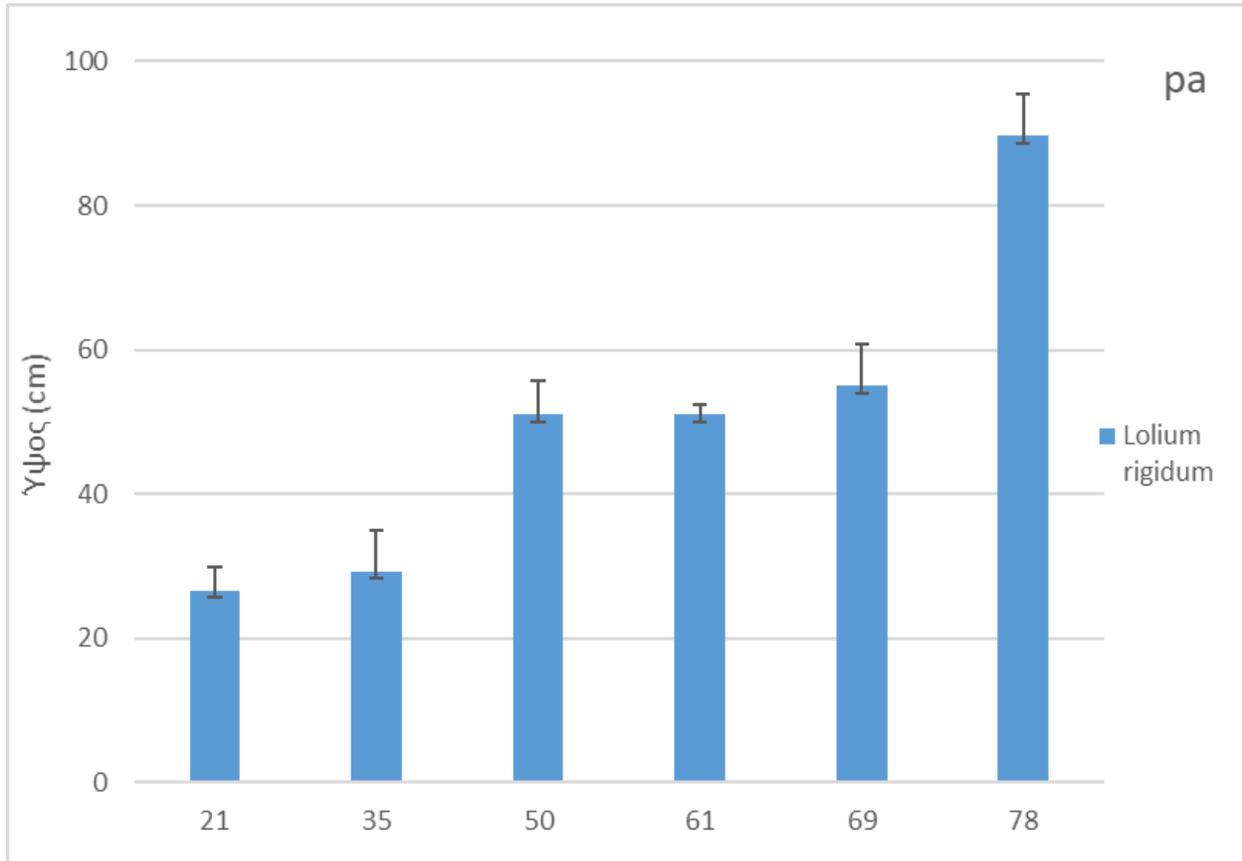
Γράφημα 1.16. Η επίδραση στην πυκνότητα του βρόμου (ανθεκτικός βιότυπος) από τα άλευρα μουκούνας και καλαμποκιού και ο συνδυασμός του καθενός με πελαργονικό οξύ στο χρονικό διάστημα των 34, 42, 51 και 59 ημερών μετά από τις επεμβάσεις (DAT). Η πυκνότητα των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

3.4 Αποτελέσματα 4^{ου} πειράματος

3.4.1 Ύψος *L. rigidum* σε ατομικό φυτοδοχείο

Στο γράφημα 1.17 φαίνεται η μεταβολή του **ύψους** των φυτών της **ήρας** κατά το χρονικό διάστημα 21, 35, 50, 61, 69 και 78 ημερών από την εφαρμογή πελαργονικού οξέος, όταν σπάρθηκε μεμονωμένα σε φυτοδοχείο. Παρατηρήθηκε μείωση του ύψους σε σύγκριση με τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση, κατά 73% και κατά 71% στις 21 και 35 ημέρες μετά την επέμβαση, αντίστοιχα. Στο διάστημα των επόμενων ημερών 50, 61 και 69, οι μεταβολές δεν ήταν έντονες, καθώς οι τιμές του ύψους ήταν 51 έως 55% του μάρτυρα. Στην συνέχεια των

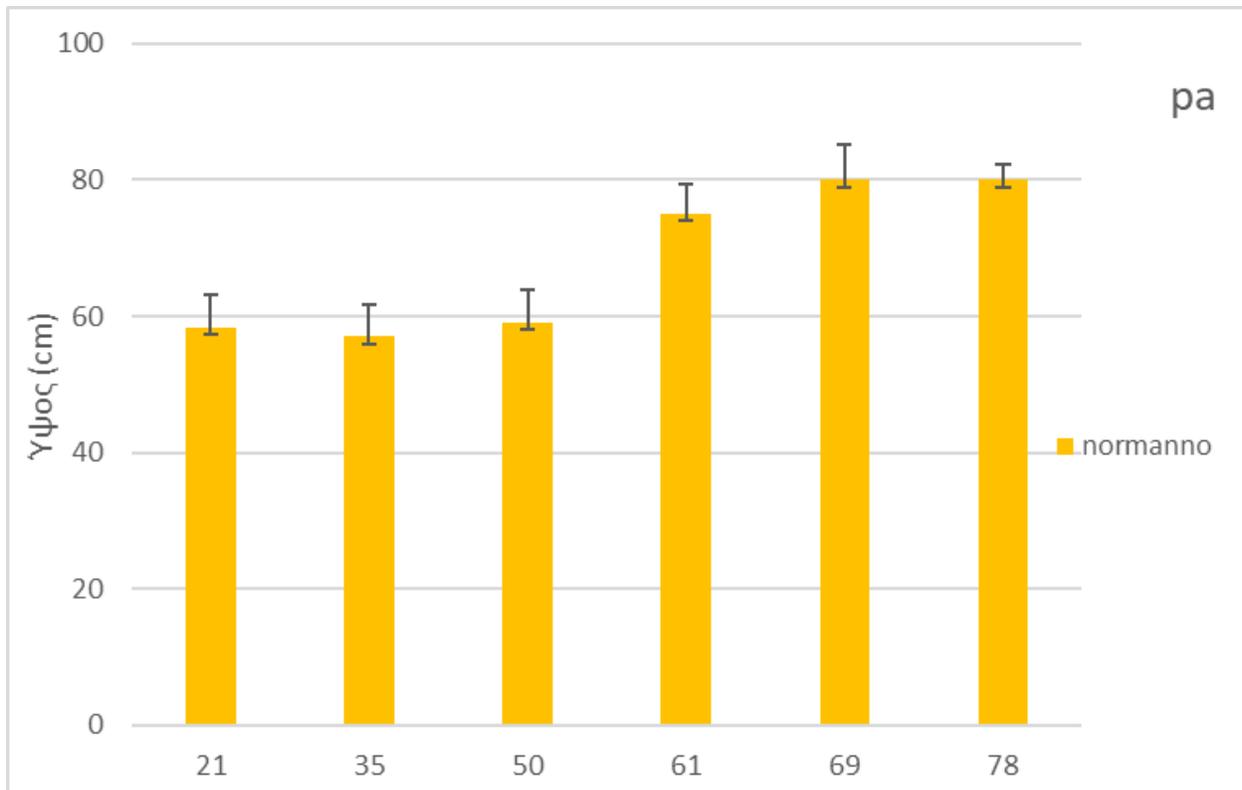
μετρήσεων στις 78 ημέρες από την επέμβαση η τιμή του ύψους έφτασε στο 90% του μάρτυρα, αυτό δείχνει ότι η αποτελεσματικότητα του πελαργονικού μειώνεται στην διάρκεια των ημερών.



Γράφημα 1.17. Η επίδραση του πελαργονικού οξέος στο ύψος της ήρας στις 21, 35, 50, 61, 69, 78 ημέρες μετά την επέμβαση. Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

3.4.2 Ύψος Normanno σε ατομικό φυτοδοχείο

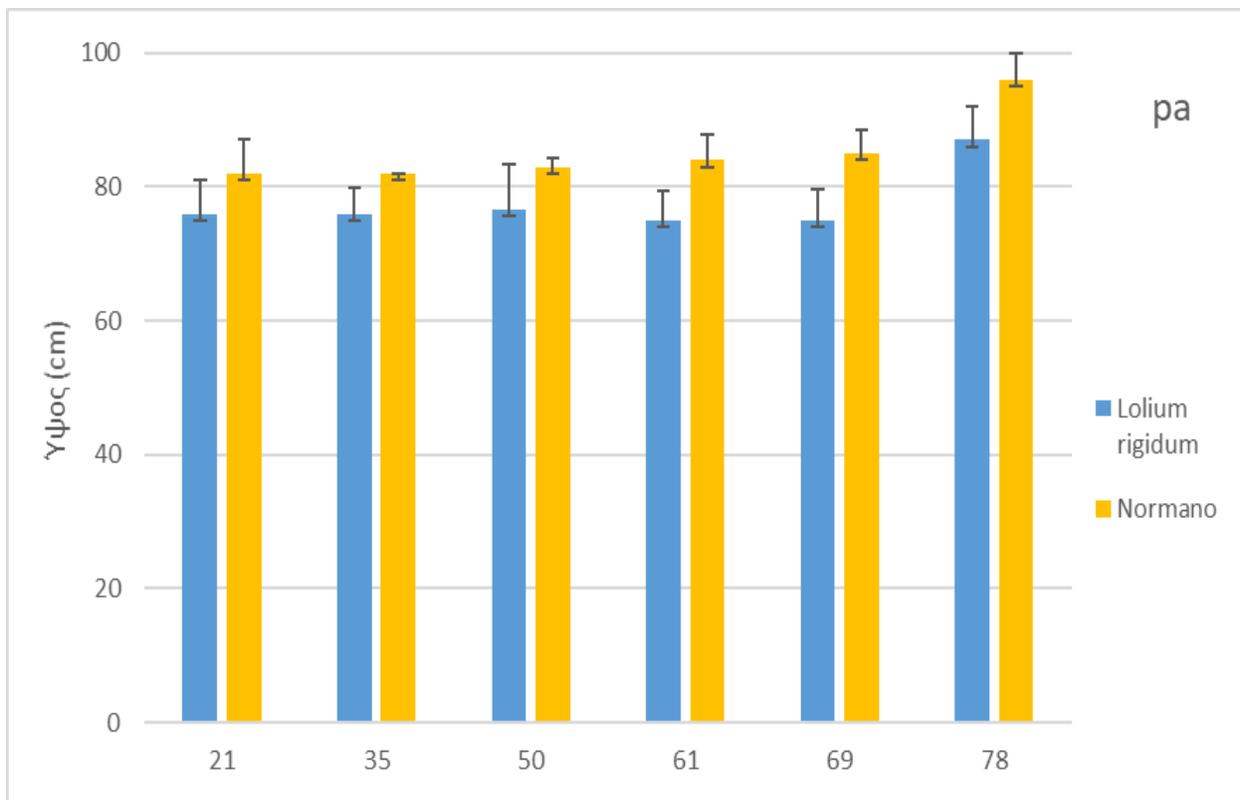
Σχετικά με το **ύψος** των φυτών του **σιταριού** που αναπτύχθηκαν σε ξεχωριστό φυτοδοχείο από τα φυτά της ήρας, παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις μετά την εφαρμογή πελαργονικού οξέος. Συγκεκριμένα, στο διάστημα των 21, 35 και 50 ημερών από την εφαρμογή η αποτελεσματικότητα της επέμβασης αυξανόταν, δηλαδή οι αντίστοιχες τιμές του ύψους ήταν 67, 63 και 54% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Αυτό σταμάτησε στην επόμενη μέτρηση όπου η αποτελεσματικότητα άρχισε να μειώνεται, αφού στο διάστημα των 61 μέχρι και των 78 ημερών οι τιμές του ύψους των φυτών κυμάνθηκαν γύρω στο 80% του μάρτυρα. (Γράφημα 1.18).



Γράφημα 1.18. Η επίδραση του πελαργονικού οξέος στο ύψος του σιταριού στις 21, 35, 50, 61, 69, 78 ημέρες μετά την επέμβαση. Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

3.4.3 Ύψος *L. rigidum* & Normanno σε κοινό φυτοδοχείο

Στο γράφημα 1.19, αναπαρίσταται το **ύψος** των φυτών της **ήρας** και του **σιταριού**, που σπάρθηκαν **σε κοινό φυτοδοχείο**, μετά την δράση του πελαργονικού οξέος κατά το χρονικό διάστημα των 21, 35, 50, 61, 69 και 78 ημερών. Συνολικά φαίνεται ότι το ζιζάνιο δεν ανταποκρίθηκε με τον ίδιο τρόπο στην δράση του πελαργονικού οξέος, όπως ανταποκρίθηκε όταν σπάρθηκε σε ξεχωριστό φυτοδοχείο (γράφημα 1.19). Συγκεκριμένα, οι τιμές του ύψους κυμάνθηκαν από 75 έως 87% του μάρτυρα (γράφημα 1.19), δηλαδή η αποτελεσματικότητα του πελαργονικού στο ύψος των φυτών της ήρας ήταν περίπου στο 13 έως 20%. Από την άλλη μεριά, το σιτάρι παρουσίασε παρόμοια εικόνα με εκείνη που παρουσίασε όταν σπάρθηκε μόνο του στο φυτοδοχείο. Δηλαδή η αποτελεσματικότητα άρχισε να αυξάνεται διαδοχικά, από τις 21 μέχρι τις 50 ημέρες από την εφαρμογή του πελαργονικού οξέος στο ύψος των φυτών και στην συνέχεια ξεκίνησε η μείωσή της. Στις 61 ημέρες από την επέμβαση το ύψος του σιταριού φάνηκε να έχει την μικρότερη τιμή που ήταν στο 67% του μάρτυρα και άρα την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα (κατά 33%) σε όλη την πειραματική περίοδο.

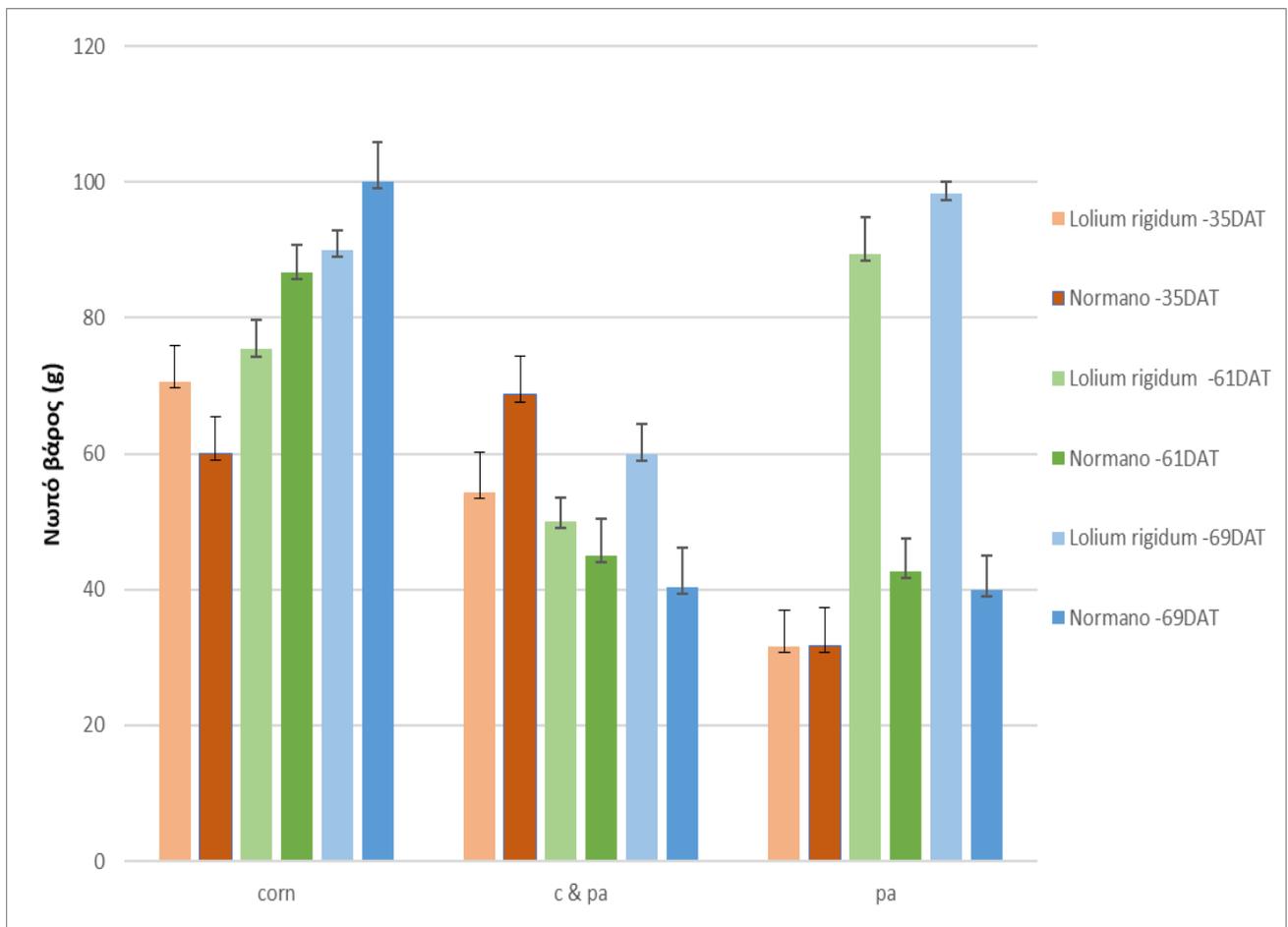


Γράφημα 1.19. Η επίδραση του πελαργονικού οξέος στο ύψος της ήρας και του σιταριού (σε κοινό φυτοδοχείο) στις 21, 35, 50, 61, 69, 78 ημέρες μετά την επέμβαση. Το ύψος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

3.4.4 Νωπό βάρος σε κοινό φυτοδοχείο

Στο γράφημα 1.20, περιγράφεται η δράση της κάθε επέμβασης στο βάρος των φυτών της **ήρας** και του **σιταριού** όταν σπάρθηκαν σε κοινό φυτοδοχείο στο χρονικό διάστημα των 35, 61 και 69 ημερών από τις επεμβάσεις. Στην επέμβαση που αφορά το άλευρο του καλαμποκιού (corn) φάνηκε ότι το βάρος των φυτών της ήρας επηρεάστηκε σε επίπεδο 71, 75 και 90% στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα των 35, 61 και 69 ημερών από την εφαρμογή, δηλαδή η αποτελεσματικότητα του αλεύρου μειωνόταν στην διάρκεια του χρόνου. Το βάρος του σιταριού, στην ίδια επέμβαση (corn), έδειξε να επηρεάζεται αρχικά κατά 60% του μάρτυρα, ενώ στην συνέχεια άρχισαν τα ποσοστά να αυξάνονται, αφού οι τιμές αφορούσαν το 87% του μάρτυρα στις 61 ημέρες και το 100% του μάρτυρα στις 69 ημέρες από την επέμβαση. Αντίθετα εξαιρετική διακύμανση των τιμών του βάρους παρουσιάστηκε κατά την εφαρμογή του συνδυασμού πελαργονικού οξέος με άλευρο καλαμποκιού (c & pa), κατά την οποία σχετικά με το φυτό της ήρας στις 35 ημέρες η τιμή του βάρους ήταν 54% του μάρτυρα, στην συνέχεια αυξήθηκε η αποτελεσματικότητα στις 61 ημέρες με τιμή 40% του μάρτυρα και στην συνέχεια μειώθηκε με τιμή που έφτασε στο 60% του μάρτυρα στις 69 ημέρες από την επέμβαση. Τα φυτά του σιταριού σε αυτή την επέμβαση

ανταποκρίθηκαν διαφορετικά καθώς στην αρχή η αποτελεσματικότητα του συνδυασμού ήταν περίπου στο 30%, ενώ στην συνέχεια αυξήθηκε στο 63% και παρέμεινε και στην επόμενη μέτρηση (69DAT) στο 60%. Τέλος, στην επέμβαση που εφαρμόστηκε μόνο πελαργονικό οξύ (pa) παρατηρήθηκε ότι η τιμή του βάρους των φυτών της ήρας αλλά και του σιταριού ήταν στο 32% του μάρτυρα, δηλαδή η αποτελεσματικότητα της επέμβασης ήταν δραστική σχεδόν κατά 70%. Όμως οι επόμενες μετρήσεις στις 61 και 69 ημέρες μείωσαν εξαιρετικά την αποτελεσματικότητα του πελαργονικού οξέος στα φυτά της ήρας, καθώς η τιμή του βάρους ήταν 89 και 98% του μάρτυρα, αντίστοιχα. Αντίθετα, στις 61 ημέρες από τη επέμβαση, η τιμή του νωπού βάρους των φυτών του σιταριού ξεπέρασε ελάχιστα το 40% του μάρτυρα όμως στην συνέχεια το πελαργονικό οξύ περιόρισε το βάρος και στις 69 ημέρες από την επέμβαση, αφού η τιμή του ήταν λίγο μεγαλύτερη από το 30% του μάρτυρα.



Γράφημα 1.20. Η επίδραση από άλευρο καλαμποκιού, πελαργονικό οξύ και ο συνδυασμός αυτών σε φυτά ήρας και σιταριού (σε κοινό φυτοδοχείο) στις 35, 61 και 69 ημέρες μετά την επέμβαση. Το νωπό βάρος των φυτών εκφράστηκε % του μάρτυρα.

4. Συζήτηση

4.1 Πελαργονικό οξύ, Αιθέρια έλαια & Μίγματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φανέρωσαν την διαφορετική αποτελεσματικότητα που είχαν τα τέσσερα σκευάσματα που περιείχαν πελαργονικό οξύ έναντι διαφορετικών ειδών ζιζανίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα πλατύφυλλα ζιζάνια, όπως η κολλιτσίδα, εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε σχέση με τα αγρωστώδη, ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις πελαργονικού οξέος ήταν πιο δραστικές (όπως PA2). Τα ευρήματά μας έρχονται σε αντίθεση με τα αντίστοιχα των Muñoz et al., οι οποίοι παρατήρησαν ότι όλα τα ζιζανιοκτόνα που συντίθενται με πελαργονικό οξύ καταφέρνουν να εξαφανίσουν ολοκληρωτικά τα φυτά της *Avena fatua* (L.) στις 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό, ενώ δεν φαίνονται σημαντικές διαφορές σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών σκευασμάτων που περιείχαν πελαργονικό οξύ (Muñoz et al., 2020). Ο ανεπαρκής έλεγχος της λεπτής ήρας και της αγριοβρώμης, όταν χρησιμοποιήθηκαν οι χαμηλές συγκεντρώσεις πελαργονικού οξέος επιβεβαιώνεται με τα αποτελέσματα μιας άλλης έρευνας όπου η εφαρμογή πελαργονικού οξέος σε συγκέντρωση 2% (ο/ο) προκάλεσε μόνο κατά 20% ολικό έλεγχο των ζιζανίων (Coleman et al., 2008). Ωστόσο, οι ίδιοι επιστήμονες επισημαίνουν ότι η ίδια επέμβαση έλεγξε πλατύφυλλα ζιζάνια, όπως το *Abutilon theophrastii* Medic. μόνο κατά 31%. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αντιφατικό με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπου η πλειονότητα των επεμβάσεων με πελαργονικό οξύ παρείχε εξαιρετικό έλεγχο της κολλιτσίδας ακόμη και στις 24 ώρες μετά τον ψεκασμό. Επιπλέον, έγινε αντιληπτό ότι στις 7 ημέρες μετά τον ψεκασμό, σε όλες τις επεμβάσεις μειώθηκε το βάρος και το ύψος της κολλιτσίδας. Η αποτελεσματικότητα των σκευασμάτων πελαργονικού οξέος ως ζιζανιοκτόνα υπό πραγματικές συνθήκες αγρού αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και ταυτόχρονα άγνωστη περιοχή για την επιστημονική κοινότητα. Δεν υπάρχουν πολλές έρευνες που να έχουν αξιολογήσει σε επίπεδο αγρού τον έλεγχο της ζιζανιοχλωρίδας και να προσδιορίζουν τις καλλιέργειες που θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την υιοθέτηση αυτών των πρακτικών έναντι των ζιζανίων. Παρ' όλα αυτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζουν τα αποτελέσματα από μια πρόσφατη έρευνα που έλαβε χώρα στην Ελλάδα, από τους Kanatas et al., όπου έγινε εφαρμογή πελαργονικού οξέος σε συνδυασμό με την μαλεϊκή υδραζίδα για την καθολική διαχείριση των ζιζανίων πριν την σπορά καλλιέργειας σόγιας μέσω της τεχνικής της ψευδοσποράς. Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι ο συνδυασμός ψευδοσποράς με την εφαρμογή πελαργονικού οξέος μειώνει την πυκνότητα των ετήσιων ζιζανίων κατά 95% σε σύγκριση με την κανονική διαδικασία σποροκλίνης, υποδεικνύοντας ότι το πελαργονικό οξύ ως ζιζανιοκτόνο μπορεί να είναι το ίδιο αποτελεσματικό με το glyphosate έναντι των ετήσιων ζιζανίων όταν εφαρμόζεται η τεχνική της ψευδοσποράς, όπου η καλλιέργεια είναι έτοιμη να εγκατασταθεί και να επωφεληθεί από την εξάλειψη των ζιζανίων πριν την σπορά της (Kanatas et al., 2020). Από την μία πλευρά, φαίνεται ότι οι τεχνικές στην ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων, συμπεριλαμβανομένων και των καλλιεργητικών πρακτικών, όπως είναι η τεχνική της ψευδοσποράς, μπορούν να ενισχύσουν την ζιζανιοκτόνο δράση του πελαργονικού οξέος υπό

συνθήκες αγρού. Μια υπόθεση, βασισμένη στα παραπάνω, θα μπορούσε να είναι ότι σε επίπεδου ελέγχου των ζιζανίων με ζιζανιοκτόνα που περιέχουν πελαργονικό οξύ, θα ήταν επαρκής εάν ακολουθούσε η σπορά μιας δυναμικής και ανταγωνιστικής καλλιέργειας. Έχει αναφερθεί πρόσφατα στην Ελλάδα ότι οι ανταγωνιστικές καλλιέργειες κριθαριού (*Hordeum vulgare* L.) έναντι κάποιων ζιζανίων που προκαλούν έντονα προβλήματα, όπως η λεπτή ήρα και η αγριοβρώμη, μπορούν να προαχθούν αν έχει προηγηθεί η εφαρμογή βιολογικού ελέγχου των ζιζανίων πριν την σπορά (Kanatas et al., 2020). Από την άλλη πλευρά, μετά την εφαρμογή του νονανοϊκού οξέος, δεν υπήρξε μείωση των ζιζανίων στις 1 και 2 ημέρες μετά την επέμβαση και στις δύο πειραματικές περιοχές, όπως και στις επαναλήψεις στον πειραματικό αγρό κατά την πειραματική μελέτη των Martelloni et al., όπου η επέμβαση ήταν παρόμοια με την PA4 που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη (Martelloni et al., 2020). Η εξήγηση που προκύπτει για αυτά τα αποτελέσματα είναι ότι τα ζιζάνια, στα οποία εφαρμόστηκαν τα φυσικά ζιζανιοκτόνα, δεν ήταν στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης, ώστε να δράσουν τα ζιζανιοκτόνα. Προηγούμενη μελέτη αναφέρει ότι το νονανοϊκό οξύ χρειάζεται να εφαρμόζεται σε πολύ νεαρά στάδια ή σε μικρά φυτά για τον αποδοκτό έλεγχο των ζιζανίων (Webber et al., 2012), και προτείνονται επαναλαμβανόμενες εφαρμογές (Webber et al., 2014). Ωστόσο, στην παρούσα πειραματική μελέτη παρατηρήθηκε ότι στις αυξημένες συγκεντρώσεις πελαργονικού οξέος ως σκεύασμα φυσικού ζιζανιοκτόνου μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικό έλεγχο των αγρωστώδων ζιζανίων και να έχει ελάχιστη επίδραση σε πλατύφυλλα. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με την αντίστοιχη μελέτη των Rowley et al., οι οποίοι παρατήρησαν ενδιάμεση μείωση στην κάλυψη του εδάφους από ζιζάνια, στην πυκνότητα και στο ξηρό βάρος των ζιζανίων εξαιτίας της υψηλής δόσης του νονανοϊκού που χρησιμοποιήθηκε ($39 \text{ L a.i. ha}^{-1}$) από την συνιστώμενη δόση της ετικέτας. Άλλοι επιστήμονες βρήκαν ενδιάμεση μείωση στην Japanese stiltgrass (*Microstegium vimineum* Trin.) στην κάλυψη εδάφους σε σύγκριση με τον μάρτυρά τους εξαιτίας της εφαρμογής πελαργονικού οξέος σε δόση $11.8 \text{ kg a.i. ha}^{-1}$ συγκέντρωσης 5% (o/o) (Ward et al., 2012).

Όσον αφορά την δράση της μαλεϊκής υδραζίδης, δεν φάνηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά πιθανόν λόγω των μετρήσεων που τελείωσαν στις 7 ημέρες και όχι σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παρ' όλα αυτά η χρήση προϊόντων που περιέχουν πελαργονικό οξύ σε συνδυασμό με μαλεϊκή υδραζίδα αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο. Η εξήγηση που θα μπορούσε να δοθεί στην παραπάνω πρόταση είναι ότι η μαλεϊκή υδραζίδα έχει συστηματική δράση και μπορεί να μεταφερθεί στους μεριστωματικούς ιστούς, έχοντας κινητικότητα και στον φλοιώδη και ξυλώδη ιστό (Meyer et al., 1987). Αν και ο τρόπος δράσης δεν είναι ξεκάθαρος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τον έλεγχο παρασιτικών ζιζανίων όπως είναι η Οροβάγχη (*Orobancha* spp.) (Covarelli, 2002; Boyd, 2006; Venezian et al., 2017). Αυτό είναι πολύ σημαντικό, δεδομένου ότι ένας παράγοντας που περιορίζει την δυναμική του πελαργονικού οξέος ως ζιζανιοκτόνο είναι η απουσία συστηματικής δράσης, με την μαλεϊκή

υδραζίδη να παρεμποδίζει την αναβλάστηση των ζιζανίων και παράλληλα να εξασφαλίζει τον μακροπρόθεσμο έλεγχο (Webber et al., 2014).

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επίσης έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο από το φυτό μανούκα αποτελεί πιθανή λύση στο πρόβλημα με την συστηματική δράση των φυσικών ζιζανιοκτόνων. Ακόμα και χωρίς την ανάμειξή του με το πελαργονικό οξύ φαίνεται να αυξάνει την αποτελεσματικότητα έναντι όλων των ζιζανίων συγκριτικά με τα υπόλοιπα αιθέρια έλαια και τις επεμβάσεις με τα σκευάσματα που περιείχαν πελαργονικό οξύ. Στην μελέτη των Dayan et al., το αιθέριο έλαιο από μανούκα και η κύρια δραστική ουσία του, λεπτοσπερμόνη (leptospermonene), παρέμεινε στο έδαφος μέχρι 7 ημέρες και με χρόνο ημιζωής 18 και 15 ημέρες μετά την επέμβαση, αντίστοιχα. Τέτοια ευρήματα επιβεβαιώνουν την συστηματική δράση του ελαίου από μανούκα και έτσι αυτό θα μπορούσε να γίνει χρήσιμο εργαλείο σχετικά με τους περιοριστικούς παράγοντες των φυσικών ζιζανιοκτόνων. Οι Dayan et al., επίσης κατέγραψαν 68, 57, 93, 88, 73 και 50% χαμηλότερη βιομάζα για τα χηνοπόδιο (*Amaranthus retroflexus* L.), velvetleaf, περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis* L.), hemp sesbania [*Sesbania exaltata* (Raf.) Rydb. ex A.W. Hill], *Digitaria sanguinalis* (L.) και μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli* L. P. Beauv.), συγκρίνοντάς τα με τον μάρτυρα, αντίστοιχα, όταν αναμιχθηκε το έλαιο από λεμονόχορτο και μανούκα και εφαρμόστηκε ως μίγμα στα ζιζάνια στόχους που αναφέρθηκαν προηγουμένως (Dayan et al., 2011). Τα αιθέρια έλαια από πεύκο και λεμονόχορτο προκάλεσαν μείωση της βιομάζας στην λεπτή ήρα και στην αγριοβρώμη σε εύρος μεταξύ 60 και 70% ενώ υπήρξαν πιο αποτελεσματικά έναντι του πλατύφυλλου είδους της κολλιτσίδας. Σε μια πειραματική μελέτη του Young το έλαιο από πεύκο περιόρισε τα *Vicia villosa* (Roth), *Erodium botrys* [(Cav.) Bertol.], και *Hordeum murinum* (L.), τουλάχιστον στο 83%, αλλά για τα *Centaurea solstitialis* (L.), *Bromus hordeaceus* (L.), ο έλεγχος ποτέ δεν ξεπέρασε το επίπεδο του 85% (Young, 2004). Σε ένα πείραμα των Roopraiboonprapat et al., που διεξήχθη σε θερμοκήπιο σημειώθηκε ότι το αιθέριο έλαιο από λεμονόχορτο σε συγκεντρώσεις 1.25, 2.5, 5 και 10% (o/o) ήταν φυτοτοξικό έναντι της μουχρίτσας, αφού παρατηρήθηκαν στα φύλλα συμπτώματα μάρανσης στις πρώτες 6 ώρες μετά τον ψεκασμό. Οι ίδιοι επιστήμονες επισημαίνουν ότι η χλωροφύλλη α, β και τα καροτενοειδή που περιείχαν μειώθηκαν υπό αυξημένες συγκεντρώσεις του αιθέριου ελαίου, υποδεικνύοντας ότι το έλαιο από λεμονόχορτο παρενέβη στο φωτοσυνθετικό μεταβολισμό των ζιζανίων (Roopraiboonprapat et al., 2013). Αν και η δυνατότητα ζιζανιοκτόνου δράσης υπάρχει στα αιθέρια έλαια, πολλές μελέτες έχουν καταλήξει στους περιορισμούς που έχουν λόγω της δράσης τους που είναι επαφής και όχι διασυστηματική (Dayan et al., 2007, 2009, 2011; Young, 2004; Roopraiboonprapat et al., 2013). Γενικά, καταστρέφουν το εξωτερικό στρώμα του φυλλώματος που έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία αποξήρανση ή το κάψιμο των νεαρών ιστών (Dayan et al., 2009). Ωστόσο, πλευρικά μεριστώματα τείνουν να ανακάμπτουν και γίνονται αναγκαίες επιπλέον επεμβάσεις των αιθέριων ελαίων, ώστε να ελεγχθεί η αναβλάστηση (Young, 2004). Τα εμπορικά σκευάσματα με αιθέρια έλαια χρειάζεται να εφαρμόζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις, συχνά σε 10% ή περισσότερο ανά όγκο, η οποία αντιστοιχεί σε 50 με 500 λίτρα της ενεργής

δραστικής ανά εκτάριο (Dayan et al., 2010). Οι περιορισμοί της εφαρμογής, είτε του λεμονόχορτο είτε του πεύκου, για τον έλεγχο των ζιζανίων είναι παρόμοιοι με εκείνους που παρατηρήθηκαν στην περίπτωση των πελαργονικών οξέων ως ζιζανιοκτόνα. Το έλαιο από μανούκα διαφέρει από τα υπόλοιπα αιθέρια έλαια στο ότι περιέχει μεγάλη ποσότητα από διάφορα φυσικές β-τρικετόνες (natural b-triketones), συμπεριλαμβανομένης και την λεπτοσπερμόνης, η οποία ευθύνεται για την διασυστηματική δράση του συγκεκριμένου ελαίου (Douglas et al., 2004). Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης είναι το ικανοποιητικό αποτέλεσμα της εφαρμογής του μίγματος από μανούκα και πελαργονικό οξύ στα ζιζάνια στόχους. Αυτός ο συνεργισμός αποδείχθηκε αποτελεσματικός στην βελτίωση του ελέγχου των ζιζανίων σε σύγκριση με τα παρασκευάσματα πελαργονικού οξέος, τα αιθέρια έλαια λεμονόχορτου και πεύκου που χρησιμοποιήθηκαν μόνα τους. Αυτό αποτελεί το βασικό πόρισμα της μελέτης, παρέχοντας πληροφορίες για την βελτίωση του ελέγχου των ζιζανίων είτε στα πλαίσια βιολογικής, είτε αειφορικής γεωργίας. Όμοια ήταν τα αποτελέσματα των Coleman and Penner, οι οποίοι βρήκαν ότι η προσθήκη διαμμωνικού (diammonium) και σουκινικού (succinate) οξέος βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των παρασκευασμάτων πελαργονικού οξέος σε επίπεδο 200%, ενώ λακτικού οξέος (L-Lactic acid) και γλυκολικού οξέος βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα των παρασκευασμάτων πελαργονικού οξέος στα velvetleaf και *Chenopodium album* (L.), σε επίπεδο 138% ακόμα και υπό συνθήκες αγρού (Coleman et al., 2008).

4.2 Πελαργονικό οξύ και Παραφινικό έλαιο

Στο 2^ο πείραμα της παρούσας μελέτης αποδείχθηκε ότι η αυξημένη δόση έδρασε εντονότερα σε σχέση με την μειωμένη (όπως φάνηκε στο 1^ο πείραμα). Σύμφωνα με μια έρευνα που χρησιμοποιήθηκαν διάφορες συνθέσεις τοξικών ουσιών, ανάμεσα σε αυτές και το πελαργονικό οξύ, αποδείχθηκε ότι οι επιλεκτικά χαμηλές δόσεις μπορούν να επηρεάσουν το μέγεθος πυκνών πληθυσμών του φυτού *Lactuca sativa*, δηλαδή ενός πληθυσμού με αργή ανάπτυξη, όμως η χρήση υψηλών δόσεων φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο τους πληθυσμούς γρήγορης ανάπτυξης (Belz et al., 2018). Η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών με πελαργονικό οξύ εξαρτάται από την δόση και αυτό επιβεβαιώνεται και από μία έρευνα στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τρεις δόσεις [3%, 6.5% και 10% (o/o)] εμπορικού σκευάσματος που περιείχε πελαργονικό οξύ που φάνηκε ότι όσο αυξανόταν η δόση τόσο αυξανόταν και ο περιορισμός των ζιζανίων και όσο νεότερο ήταν το φυτό τόσο καλύτερη ήταν η αποτελεσματικότητα (Charles L. Webber et al., 2006). Επίσης, σε μια άλλη έρευνα η εφαρμογή πελαργονικού οξέος σε συγκέντρωση 2% (o/o) προκάλεσε μόνο 20% περιορισμό των ζιζανίων (Coleman et al., 2008).

Παράλληλα, σύμφωνα με τα ευρήματα του πειράματος της παρούσας μελέτης φάνηκε ότι οι επεμβάσεις που συνδυάστηκαν με το παραφινικό έλαιο έδρασαν καλύτερα από εκείνες που δέχθηκαν μεμονωμένα την δόση του πελαργονικού οξέος. Αυτά τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με μία μελέτη στην οποία πραγματοποιήθηκε ο συνδυασμός κάποιων ουσιών με παραφινικό

έλαιο αλλά και χωρίς, ως προς την αντιμετώπιση ενός μύκητα (yellow Sigatoka) που προσβάλλει τα φύλλα της μπανανιάς και σημειώθηκε ότι λιγότερο αποτελεσματική ήταν η επέμβαση που δεν είχε παραφινικό έλαιο (Samuelian et al., 2016). Συνδυάζοντας τα δύο παραπάνω αποτελέσματα, δηλαδή την εξάρτηση της αποτελεσματικότητας από την δόση και την εφαρμογή του παραφινικού ελαίου, επιβεβαιώνεται το δεδομένο που φανερώθηκε κατά την ολοκλήρωση του πειράματος, το οποίο αφορά την επέμβαση στην οποία χρησιμοποιήθηκε η διπλάσια δόση σε συνδυασμό με το παραφινικό έλαιο, δηλαδή ο εντονότερος περιορισμός σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εφαρμογές. Εκτός από τα παραπάνω, όπως αναφέρθηκε το συγκεκριμένο πείραμα αφορούσε δύο αγρωστώδη ζιζάνια, την λεπτή ήρα και τον βρόμο. Αντίστοιχη έρευνα υποστηρίζει ότι ζιζανιοκτόνα που περιέχουν πελαργονικό οξύ καταστρέφουν ολοκληρωτικά κάποια αγρωστώδη, όπως η αγριοβρώμη (Muñoz, et al., 2020). Αυτό επιβεβαιώνεται σε ένα βαθμό για τον πληθυσμό της ήρας στις πρώτες ημέρες μετά τον ψεκάσμο καθώς έδρασε αρκετά αποτελεσματικά, ενώ ταυτόχρονα αντιτίθεται στην παρούσα μελέτη για τον πληθυσμό του βρόμου καθώς παρουσιάστηκαν φαινόμενα αναβλάστησης την 7^η ημέρα μετά τον ψεκάσμο και τις πρώτες ημέρες δεν φάνηκε ιδιαίτερη επίδραση. Επίσης, αποδείχθηκε πιο ανθεκτικός στην εφαρμογή του πελαργονικού οξέος σε σχέση με την ήρα, συγκεκριμένα το πελαργονικό οξύ έδρασε αποτελεσματικότερα την 7^η ημέρα κατά της ήρας. Όμως το παραπάνω δεν μπορεί προς το παρόν να επιβεβαιωθεί διαμέσου της βιβλιογραφίας, επειδή το πελαργονικό οξύ αφορά μία νέα ερευνητική διέξοδο στον τρόπο διαχείρισης των ζιζανίων. Βέβαια, σύμφωνα με δεδομένα της ερευνητικής κοινότητας υποστηρίζεται ότι ο βρόμος είναι από τα ζιζάνια εξαιρετικού ενδιαφέροντος, λόγω της ανθεκτικότητας που εμφανίζει στα χημικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπισή του. Όπως αναφέρεται στο πείραμα των Nakka κ.α., στο οποίο διερευνήθηκε η ανθεκτικότητα των ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα στην καλλιέργεια του σιταριού, ενώ ο έλεγχος του βρόμου γινόταν με επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα δράσης με αναστολείς του ενζύμου ALS, ο ανθεκτικός του τύπος εμφάνισε διασταυρούμενη ανθεκτικότητα σε άλλες δραστικές ουσίες που αφορούν τους αναστολείς του ενζύμου ALS, λόγω μετάλλαξης του σημείου στόχου του ζιζανιοκτόνου (Nakka et al., 2019). Μέσω αυτής της πειραματικής έρευνας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η αντιμετώπιση του βρόμου αποδεικνύεται ολοένα και πιο δύσκολη.

4.3 Πελαργονικό οξύ, άλευρα σπόρων & συνδυασμοί

Με την ολοκλήρωση αυτού του πειράματος φάνηκε η διαφορετική αποτελεσματικότητα των εφαρμογών ανάλογα το είδος του αλεύρου που χρησιμοποιήθηκε (μουκούνας ή αραβοσίτου) και τον συνδυασμό τους με πελαργονικό οξύ. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που προέκυψαν φανέρωσαν περιορισμό των ζιζανίων σχετικά με τον παράγοντα του ύψους και της πυκνότητας, κυρίως τις πρώτες ημέρες. Η επιστημονική κοινότητα έχει δημοσιεύσει στο παρελθόν έρευνες σχετικά με την χρήση αλεύρων που προέρχονται από σπόρους φυτών, εκ των οποίων προκλήθηκε περιορισμός στην ανάπτυξη των ζιζανίων και σε κάποιες περιπτώσεις και των καλλιεργούμενων φυτών. Για παράδειγμα, σε έρευνα του πανεπιστημίου Μοντάνα

υποστηρίζεται ότι δεν βλάστησε κανένας σπόρος της ήρας όταν εφαρμόστηκε η μεγαλύτερη δόση του πειράματος ($9 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2}$) από άλευρο σιταριού (Gough et al., 1999). Μια άλλη έρευνα που διεξήχθη σε συνθήκες θερμοκηπίου επιβεβαίωσε την καταστολή των ζιζανίων, μετά από εφαρμογή αλεύρου από σπόρους μουστάρδας, σε βιολογική καλλιέργεια κρεμμυδιού (Pannacci et al., 2017). Στην παρούσα μελέτη το άλευρο αραβοσίτου περιόρισε σε έντονο βαθμό τον πληθυσμό της ήρας με αποτελεσματικότητα γύρω στο 75% και τους δύο βιότυπους στις μετρήσεις που λήφθηκαν τις πρώτες ημέρες. Σύμφωνα με τους Bingaman και Christians, αποδείχθηκε ότι το άλευρο από αραβόσιτο αποτελεί ένα νέο εργαλείο για την διαχείριση πλατύφυλλων και αγρωστώδων ζιζανίων. Αυτό το υποστήριξαν με μια πειραματική έρευνα υπό συνθήκες θερμοκηπίου εφαρμόζοντας το άλευρο αραβοσίτου σε διάφορους σπόρους ζιζανίων με αποτέλεσμα τον περιορισμό της επιβίωσης του πληθυσμού, την μείωση του μήκους του βλαστιδίου και της ανάπτυξης της ρίζας (Bingaman and Christians, 1995). Σύμφωνα με μια άλλη μελέτη αποδείχθηκε ότι η εφαρμογή από άλευρο αραβοσίτου μείωσε σε μεγάλο ποσοστό (80% ανάλογα την δόση) την βλάστηση των ζιζανίων αλλά και των λαχανικών (McDade, 1999).

Σε αντίθεση, άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι το άλευρο αραβοσίτου επηρέασε ελάχιστα την ανάπτυξη των πλατύφυλλων ζιζανίων το πρώτο χρονικό διάστημα του πειράματος ενώ στην συνέχεια των ημερών αυξήθηκε ο πληθυσμός και σε γενικές γραμμές δεν υπήρξε ολοκληρωτική καταστροφή των ζιζανίων μετά την εφαρμογή του (Isaaca et al., 2007). Κάποια από τα δεδομένα του 3^{ου} πειράματος συμβαδίζουν με την μελέτη που μόλις αναφέρθηκε, αφού φάνηκε ότι τα άλευρα που χρησιμοποιήθηκαν δεν περιόρισαν το ύψος του πληθυσμού των ζιζανίων αλλά αντίθετα το αύξησε στις τελευταίες ημέρες των μετρήσεων (51 και 59 DAT). Συγκεκριμένα, κυρίως το άλευρο που προήλθε από σπόρους μουκούνας και σε μικρότερο βαθμό το άλευρο από αραβόσιτο, προκάλεσαν αύξηση του ύψους των φυτών σε τέτοιο βαθμό που ξεπέρασαν τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο φαινόμενο της όρμησης (hormesis) που σύμφωνα με τους (Agathokleous et al., 2019), αποτελεί ένα διφασικό φαινόμενο που εξαρτάται από την δόση, δηλαδή οι χαμηλές δόσεις διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών, ενώ οι υψηλές δόσεις την περιορίζουν, όταν οι οργανισμοί εκτίθενται σε στρεσογόνους παράγοντες. Σχετικά με τον παράγοντα της πυκνότητας εμφανίστηκαν πάλι δεδομένα όρμησης (hormesis) μετά την εφαρμογή του αλεύρου μουκούνας κατά τις τελευταίες πάλι μετρήσεις του πειράματος, αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σύγκριση με το ύψος. Γενικά, η βιβλιογραφία που αφορά την χρήση της μουκούνας ως εργαλείο διαχείρισης των ζιζανίων είναι περιορισμένη. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες η εγκατάσταση του φυτού σε καλλιέργειες δεν προκαλεί καταστολή της ζιζανιοχλωρίδας αλλά φαίνεται είτε να μην την επηρεάζει είτε να την ενισχύει, όπως υποστηρίζουν στο πείραμα τους οι Isaacs κ.α.. Άλλες έρευνες δείχνουν ότι τα υπολείμματα μουκούνας έχουν μακροπρόθεσμα καταστολή των ζιζανίων (μετά από τρία χρόνια σε αγρό) (Isaaca et al., 2007).

Στο πείραμα όμως υπήρξαν και επεμβάσεις που αφορούσαν τον συνδυασμό των παραπάνω αλεύρων με το πελαργονικό οξύ. Αυτές οι εφαρμογές εμφάνισαν αντίθετη εικόνα σε σύγκριση με εκείνη που μόλις αναφέρθηκαν. Με λίγα λόγια οι πληθυσμοί των φυτών της ήρας και του βρόμου περιορίστηκαν έντονα και ως προς τον αριθμό αλλά και ως προς το ύψος των φυτών. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός πελαργονικού οξέος με άλευρο μουκούνας περιορίσε τους βιότυπους της ήρας κατά 98% ενώ του βρόμου κατά 80% τις πρώτες ημέρες ενώ η εφαρμογή του συνδυασμού πελαργονικού οξέος με άλευρο από αραβόσιτο περιορίσε τους πληθυσμούς κατά 95% και 80%, αντίστοιχα. Το παραπάνω αποτέλεσμα είναι πιθανό να οφείλεται στην συνεργιστική δράση μεταξύ των δύο βιολογικών παραγόντων διαχείρισης των ζιζανίων, δηλαδή των αλεύρων (μουκούνας και αραβοσίτου) και του πελαργονικού οξέος. Παρόμοια έρευνα έχει διεξαχθεί, χρησιμοποιώντας ακατέργαστη γλυκερίνη σε συνδυασμό με άλευρα ελαιούχων σπόρων της οικογένειας Brassicaceae. Συγκεκριμένα, αυτός ο συνδυασμός προκάλεσε περιορισμό στην ανάπτυξη σπόρων σε *in vivo* και σε *in vitro* δοκιμές ανάλογα την δόση των δύο παραγόντων (D'Avino et al., 2015). Αντίστοιχη έρευνα που να συνδυάζει δύο πρακτικές για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, έλαβε χώρα στον ελλαδικό χώρο, εφαρμόζοντας την τεχνική της ψευδοσποράς και του πελαργονικού οξέος σε επίπεδο αγρού για την εγκατάσταση της σόγιας. Μέσω αυτής της συνεργιστικής σχέσης, δηλαδή μιας καλλιεργητικής πρακτικής και ενός φυσικού ζιζανιοκτόνου αποδείχθηκε ότι μειώνεται η πυκνότητα των ετησίων ζιζανίων σε ικανοποιητικό βαθμό (95%) προσφέροντας την καλύτερη εγκατάσταση της καλλιέργειας (Kanatats et al., 2020).

4.4 Πελαργονικό οξύ, άλευρο από αραβόσιτο & συνδυασμοί (σε καλλιεργούμενο και σε ζιζάνιο)

Στο τελικό πείραμα της διπλωματικής διατριβής χρησιμοποιήθηκε ένα καλλιεργούμενο και ένα ζιζάνιο, ώστε να διερευνηθεί εκτενέστερα η δράση του πελαργονικού οξέος, του αλεύρου από αραβόσιτο αλλά και ο συνδυασμός αυτών. Τα δεδομένα εμφάνισαν ετερογένεια καθώς διαφορετικά αποτελέσματα εμφανίστηκαν όταν το κάθε φυτό σπάρθηκε σε μεμονωμένο φυτοδοχείο και διαφορετικά όταν το σιτάρι και η ήρα σπάρθηκαν στο ίδιο φυτοδοχείο. Συγκεκριμένα, η ήρα όταν σπάρθηκε σε ατομικό φυτοδοχείο φάνηκε να περιορίζεται έντονα και ως προς το ύψος αλλά και ως προς το βάρος με την εφαρμογή του πελαργονικού οξέος, αντίθετα στο κοινό φυτοδοχείο ενώ στην πρώτη μέτρηση φάνηκε να επηρεάζεται στην συνέχεια εμφάνισε απότομη εκθετική αύξηση. Η δράση του πελαργονικού οξέος μπορεί να γίνει φυτοτοξική στο νωπό βάρος ετήσιων ζιζανίων προκαλώντας μείωση 45-70% σε δόση 3% (o/o), υποστηρίζουν οι Pline κ.α.. Σε μελέτες που παρατηρήθηκε η δράση του πελαργονικού οξέος, όπως και η προαναφερόμενη, φάνηκε ότι όταν χρησιμοποιείται χωρίς την εφαρμογή κάποιας άλλης ουσίας που να επηρεάζει τα ζιζάνια, η αποτελεσματικότητα της επίδρασης του πελαργονικού οξέος εξαρτήθηκε από το εύρος της κάλυψης της ζιζανιοχλωρίδας αλλά και το μέγεθος τους (Pline et al., 2000).

Από την άλλη μεριά το βάρος του σιταριού φάνηκε να επηρεάζεται έντονα κατά 70% από την εφαρμογή του πελαργονικού οξέος και όταν σπάρθηκε μεμονωμένα αλλά και στο κοινό φυτοδοχείο. Αυτό επαληθεύεται και με τα δεδομένα των Charles κ.α., των οποίων η έρευνα αφορούσε διαδοχικές εφαρμογές πελαργονικού οξέος σε καλλιέργεια πιπεριάς. Παρατήρησαν ότι ο μέγιστος τραυματισμός των φυτών της καλλιέργειας έφτασε σε επίπεδο 7, 8 και 13% στην πρώτη ημέρα της εφαρμογής στις αντίστοιχες δόσεις των 5, 10 και 15 lb/acre. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής των καρπών, της βιομάζας της καλλιέργειας και του βάρους των καρπών (Webber et al., 2014). Αντίστοιχη έρευνα των Webber κ.α., έδειξε ότι η καλλιέργεια της κολοκύθας σε δεδομένα αγρού επηρεάστηκε από την εφαρμογή του πελαργονικού οξέος. Συγκεκριμένα, οι δόσεις των 5, 10 και 15 lb/acre προκάλεσαν κατά 4.4, 8 και 12.5% τραυματισμό στην καλλιέργεια, αντίστοιχα, την ένατη ημέρα των διαδοχικών εφαρμογών με πελαργονικό οξύ (Webber et al., 2014). Η εικόνα που παρατηρήθηκε στο ύψος του σιταριού δεν ήταν παρόμοια, καθώς φάνηκε να μην επηρεάζεται τόσο έντονα, δηλαδή η μέγιστη επίδραση του πελαργονικού έφτασε σχεδόν στο 30%.

Η επέμβαση με το άλευρο από αραβόσιτο έδειξε ότι το βάρος και των δύο φυτών επηρεάστηκε στις πρώτες μετρήσεις, συγκεκριμένα στο 30% για την ήρα και 40% για το σιτάρι όμως στην συνέχεια η δράση του μειωνόταν μέχρι και την τελευταία μέτρηση με αποτέλεσμα η αποτελεσματικότητα να μειωθεί στο 10% για την ήρα και 0% για το σιτάρι.

Ο συνδυασμός του αλεύρου από αραβόσιτο με το πελαργονικό οξύ φάνηκε να επηρεάζει το βάρος και στα δύο φυτά. Στην πρώτη μέτρηση το σιτάρι επηρεάστηκε λιγότερο από τον συνδυασμό (30%) όμως στην συνέχεια των μετρήσεων το βάρος μειώθηκε κι άλλο με αποτέλεσμα να φτάσει το επίπεδο μείωσης στο 60%, ενώ ταυτόχρονα η ήρα ενώ επηρεάστηκε στις πρώτες μετρήσεις κατά 46% μετά εμφανίστηκε αντίστοιχη απότομη αύξηση και τελικά η αποτελεσματικότητα μειώθηκε φτάνοντας το 40%. Όπως φαίνεται στην πειραματική μελέτη των D'Avino et al., ο συνδυασμός βιολογικών προϊόντων περιορίζει την βλάστηση και καλλιεργείων. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή αλεύρων σε συνδυασμό με ακατέργαστη γλυκερίνη προκάλεσε επιβράδυνση στην βλάστηση των σπόρων σόργου, καθώς τα φυτά που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση βλάστησαν στις 7 ημέρες ενώ τα φυτά που δέχθηκαν την παραπάνω επέμβαση βλάστησαν στις 28 ημέρες (D'Avino et al., 2015).

5. Συμπεράσματα

Μέχρι σήμερα δεν έχουν διεξαχθεί πειραματικές μελέτες σχετικά με την πιθανότητα ζιζανιοκτόνου δράσης του πελαργονικού οξέος, των αιθέριων ελαίων και την ανάμειξη αυτών ως φυσικά ζιζανιοκτόνα έναντι ζιζανίων μείζονος σημασίας για την Ελλάδα. Σε κάθε περίπτωση, αξίζει να σημειωθεί ότι η αποτελεσματικότητα του πελαργονικού οξέος για τα αγρωστώδη εξαρτάται από την δόση, καθώς οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρείχαν μεγαλύτερο έλεγχο κατά της λεπτής ήρας και της αγριοβρώμης σε σύγκριση με τα παρασκευάσματα πελαργονικού οξέος που αφορούσαν χαμηλότερες δόσεις. Επίσης, η λεπτή ήρα επηρεάστηκε λιγότερο από τις επεμβάσεις σε σχέση με την αγριοβρώμη. Σε αντίθεση, όλες οι επεμβάσεις με πελαργονικό οξύ παρείχαν επαρκή έλεγχο κατά της κολλιτσίδας υποδεικνύοντας ότι ο έλεγχος των πλατύφυλλων ζιζανίων μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή φυσικών ζιζανιοκτόνων με βάση το πελαργονικό οξύ. Από την άλλη ο συνδυασμός του πελαργονικού οξέος με παραφινικό έλαιο φάνηκε να ενισχύει την δράση του έναντι της λεπτής ήρας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αποτελεσματικότητα του πελαργονικού εξαρτάται από την δόση, έτσι λοιπόν αποδείχθηκε ότι η διπλάσια δόση σε συνδυασμό με το παραφινικό έλαιο ήταν η πιο δραστική σε όλες τις μετρήσεις. Πέρα από τα συμπεράσματα μετά από τον ψεκασμό του πελαργονικού οξέος σε νεαρά φυτά, ενδιαφέροντα ήταν και εκείνα που προέκυψαν από τον ψεκασμό στο έδαφος. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι συμβάλλει στην συνολική μείωση της βιομάζας του σιταριού είτε όταν ψεκάζεται μόνο πελαργονικό είτε όταν συνδυάζεται με ένα φυσικό προϊόν, όπως είναι τα άλευρα. Αυτός ο τραυματισμός της καλλιέργειας επισημαίνει την καθολική δράση του πελαργονικού οξέος. Αντίθετα, παρατηρήθηκε ότι η δράση του δεν ήταν τόσο αποτελεσματική έναντι της ήρας όταν σπάρθηκε στο ίδιο φυτοδοχείο με το σιτάρι, ο λόγος αυτού του αποτελέσματος θα μπορούσε να είναι η ανταγωνιστικότητα του ζιζανίου.

Σχετικά με την ζιζανιοκτόνο δυνατότητα των αιθέριων ελαίων που μελετήθηκαν, όπως το λεμονόχορτο και το πεύκο παρείχαν μέτριο έλεγχο των αγρωστώδων, ενώ η αποτελεσματικότητα έναντι της κολλιτσίδας ήταν ελαφρώς υψηλότερη. Τα αποτελέσματα των τριών μετρήσεων για κάθε είδος ζιζανίου υποδεικνύουν ότι τα έλαια από λεμονόχορτο και πεύκο δρουν ως ζιζανιοκτόνα επαφής, ενώ το έλαιο από μανούκα δείχνει να δρα διασυστηματικά. Συγκεκριμένα, το έλαιο από μανούκα ήταν αρκετά αποτελεσματικό έναντι όλων των ζιζανίων στόχων που αξιολογήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων και της λεπτής ήρας. Επιπλέον, το μίγμα με το πελαργονικό οξύ και το έλαιο από μανούκα παρείχε επαρκή έλεγχο σε όλα τα ζιζάνια που μελετήθηκαν και φάνηκε να είναι πιο αποτελεσματικό από το μίγμα που περιείχε λεμονόχορτο και πελαργονικό οξύ.

Επιπλέον, σημαντικά είναι τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά από την εφαρμογή των αλεύρων που προήλθαν από τους σπόρους της μουκούνας και του αραβοσίτου, καθώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει αντίστοιχη ελληνική έρευνα. Προκάλεσαν μέτριο περιορισμό στα ζιζάνια στόχους κατά τις πρώτες μετρήσεις με κυρίαρχο το άλευρο από αραβόσιτο, όμως παρατηρήθηκε ότι η αποτελεσματικότητα και των δύο αλεύρων μειωνόταν στον χρόνο. Στις τελικές μετρήσεις παρατηρήθηκε το φαινόμενο της όρμησης, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις τα φυτά μετά

από την εφαρμογή κυρίως του άλευρου από μουκούνα, ξεπερνούσαν την ανάπτυξη των φυτών που δεν δέχθηκαν κάποια επέμβαση. Επίσης, σε όλες τις μετρήσεις που αφορούσαν τις εφαρμογές των αλεύρων ο βρόμος φάνηκε να είναι πιο ανθεκτικός από την λεπτή ήρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η εντονότερη δράση του πελαργονικού εμφανίστηκε όταν συνδυάστηκε με τα άλευρα μουκούνας και αραβοσίτου προκαλώντας επιβράδυνση στην βλάστηση των φυτών αλλά και μείωση στην πυκνότητα, όπως φάνηκε στην ήρα και στον βρόμο όταν έγινε ο ψεκασμός πελαργονικού οξέος πάνω από το στρώμα των αλεύρων. Συγκεκριμένα όσον αφορά τους βιότυπους της ήρας παρατηρήθηκε μηδενική ανάπτυξη των πληθυσμών στις πρώτες μετρήσεις και διατήρηση της αποτελεσματικότητάς τους σε υψηλά ποσοστά στις επόμενες μετρήσεις. Αν και ο βρόμος φάνηκε πιο ανθεκτικός σε σύγκριση με την ήρα, ο αριθμός των φυτών επηρεάστηκε σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Ευρύτερη και πιο στοχευμένη έρευνα χρειάζεται για να αξιολογηθούν περισσότερο οι φυσικές ουσίες και οι συνδυασμοί τους για να βελτιστοποιηθεί η χρήση τους ως φυσικά ζιζανιοκτόνα ή και ως μίγματα φυσικών ζιζανιοκτόνων με στόχο την στρατηγική διαχείριση των ζιζανίων με χαρακτήρα βιολογικής αλλά και αειφορικής γεωργίας, υπό διαφορετικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες.

Προτάσεις

- **Συνδυασμός καλλιεργητικών τεχνικών με φυσικά ζιζανιοκτόνα.**
- **Καλλιέργειες μικρού βιολογικού κύκλου σε συνδυασμό με πελαργονικό οξύ.**
- **Ανταγωνιστικές καλλιέργειες σε συνδυασμό με άλευρο από αραβόσιτο για προφυτρωτική ζιζανιοκτονία.**
- **Άλευρο από σπόρους μουκούνας ως οργανικό λίπασμα.**

6. Βιβλιογραφία

Ελληνική:

Βυζαντινόπουλος, Σ. (2012). Ζιζανιολογία και Αειφόρος Αγροτική Ανάπτυξη. Ζιζανιολογία Γεωργία και Αστικό Πράσινο.

Γιαννοπολίτης, Κ. (1995). Τα ζιζάνια στην πατάτα και η αντιμετώπιση τους. Σελ. 182-185.

Γουρνάκη, Μ. (2012). Επίδραση της οργανικής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα και στην αλληλοπάθεια του *Chenopodium quinoa*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Δημητρακοπούλου, Η.-Ε. (2016). Επίδραση φυτικών υπολειμμάτων αρωματικών φυτών στην ζιζανιοχλωρίδα. Μεταπτυχιακή Εργασία.

Δήμος, Α. (2015). Τα Αιθέρια Έλαια στη Φυτοπροστασία.

Δημόκας, Γ. (2015). Βιολογική Γεωργία-Μέθοδοι καταπολέμησης.

Ελευθεροχωρινός, Η. (2008). Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης (3η έκδοση). In Ε. Η.Γ., Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης (3η έκδοση) (σελ. 408). Αθήνα: Αγρότυπος.

Ελευθεροχωρινός Η.Γ.; Γιαννοπολίτης Γ.Ν.. (2009). Ζιζάνια: Οδηγός Αναγνώρισης. Ζιζάνια: Οδηγός Αναγνώρισης (σελ. 270). Αθήνα: Αγρότυπος αε.

Κραβαρίτη, Α. (2010). Μηχανική Καταπολέμηση Ζιζανίων με χρήση Νέων Τεχνολογιών. Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly.

Λόλας, Π. Χ. (2013). Τύχη και Συμπεριφορά στο Περιβάλλον. In Λ. Π. Χ., Ζιζάνια-Ζιζανιοκτόνα "Τύχη και Συμπεριφορά στο Περιβάλλον" (σελ. 589). Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία.

Μπούρμπος, Β. (2008). Η αλληλοπάθεια στην οικολογική φυτοπαθολογία, Αθήνα.

Πασπάτης, Ε. (1998). Φυτορρυθμιστικές ουσίες. Ο ρόλος τους στα φυτά και οι εφαρμογές τους στις καλλιέργειες. Αθήνα.

Πασπάτης, Ε. (1991). Αλληλοπάθεια. Σημειώσεις από παραδόσεις μαθημάτων σε Σεμινάριο Επιμόρφωσης Γεωπόνων σε θέματα Οικολογικής Γεωργίας, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Πρίφτη, Α. (2012). Μελέτη του Αλληλοπαθητικού Δυναμικού της Οξαλίδας (*Oxalis pes-caprae*).

Σταύρου, Ι. (2008). Επισκόπηση ζιζανίων σε καλλιέργειες Μπανάνας, Επαρχία Πάφου. Sulfuron έναντι της μικρόκαρπης κολλιτσίδας (*Galium spurium*).

Σουλτογιάννη, Α. (2007). Αλληλοπάθεια στην Μηδική.

Ξένη:

Abhilasha, D., Quintana, N., Vivanco, J., Joshi, J. (2008). Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* L. restrain the native European flora? *J. Ecol.* 96, 993-1001.

Afridi, R.A., Khan, M.A., Hussain, Z., Saleem, S., Khan, S., Afridi, K., Ali, M. (2013). Allelopathic effects of rice straw extract on different crops and weeds. *ARN J. Agric. Biol. Sci.* 8, 411-418.

Agathokleous E., ZhaoZhong Feng, Ivo Iavicoli, Calabrese E. J. (2019). The two faces of nanomaterials: A quantification of hormesis in algae and plants. *Environment International* 131, 105044.

Akobundu, I. O. (1987). "Weed Science in the Tropics: Principles and Practices". Wiley, Chichester, UK.

Anaya, A. (1999). Allelopathy as a tool in the management of biotic resources. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 18, 697-739.

Anderson I.C. and Cruce R.M. (1995). Tillage and allelopathic aspects of the corn-soybean rotation effects. In "Allelopathy: Organisms, Processes and Applications" (Inderjit, K. M. M. Dakshini, (pp. 184-192). Washington, DC: American Chemical Society.

Belz R. G., Patama M., Sinkkonen A. (2018). Low doses of six toxicants change plant size distribution in dense. *Science of the Total Environment* 631–632, 510–523.

Bertholdsson, N. (2011). Use of multivariate statistics to separate allelopathic and competitive factors influencing weed suppression ability in winter wheat. *Weed Res.* 51, 273-283.

Bhowmik, P.C., Inderjit. (2003). Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop Prot.* 22, 661-671.

Bingaman Barbara R. and Christians Nick E. (1995). Greenhouse Screening of Corn Gluten Meal as a Natural Control Product for Broadleaf and Grass Weeds. *Hortscience* 30(6):1256–1259.

Boyd, D.R. *The Food We Eat: An International Comparison of Pesticide Regulations*, David Suzuki Foundation: Vancouver, Canada, 2006.

Chaimovitsh, D.; Abu-Abied, M.; Belausov, E.; Rubin, B.; Dudai, N.; Sadot, E. Microtubules are an intracellular target of the plant terpene citral. *Plant J.* 2010, 61, 399–408.

Chandler, J. (1985). Assessment of the allelopathic effect of weeds on field crops on the Humid Midsouth. In Thompson, A.C. (ed), *The Chemistry of Allelopathy*. Washington D.C.: American Chemical Society.

Chi W C, Chen Y A, Hsiung Y C, Fu S F, Chou C H, Trinh NN, Chen Y C, Huang H J. (2013). Autotoxicity mechanism of *Oryza sativa*: Transcriptome response in rice roots exposed to ferulic acid. *BMC Genomics.* 14: 351.

Chon, S.-U., Coutts J. H., Nelson C.J. (2000). "Effects of Light, Growth Media, and Seedling Orientation on Bioassays of Alfalfa Autotoxicity." *Agronomy Journal* 92:715-720.

Chou, C. H. (1995). Allelopathy and sustainable agriculture. In Inderjit, Dakshini K. M. M., Einhellig F A (eds.) *Allelopathy: Organisms, Processes and Applications*. ACS Symposium Series 582. American Chemical Society, Washington D.C., p. 211-223.

Chou, C. H. (1999). Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. *Crit. Rev. Plant Sci.* 18:609–636.

Ciriminna, R.; Fidalgo, A.; Ilharco, L.M.; Pagliaro, M. Herbicides based on pelargonic acid: Herbicides of the bioeconomy. *Biofuels Bio prod. Biorefining* 2019, 13, 1476–1482.

Coleman, R.; Penner, D. Organic acid enhancement of pelargonic acid. *Weed Technol.* 2008, 22, 38–41.

Covarelli, L. Studies on the control of broomrape (*Orobanche ramosa* L.) in Virginia tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Beiträge Tabakforschung Int.* 2002, 20, 77–81.

Cox, C. Ten reasons not to use pesticides. *J. Pest. Ref.* 2006, 26, 10–12.

Crmaric, I.; Keller, M.; Krauss, J.; Delabays, N. Efficacy of natural fatty acid based herbicides on mixed weed stands. *Jul. Kühn Arch.* 2018, 458, 327– 332.

Dayan, F.E.; Cantrell, C.L.; Duke, S.O. Natural products in crop protection. *Bioorg. Med. Chemistry* 2009, 17, 4022–4034.

Dayan, F.E.; Duke, S.O. Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiol.* 2014, 166, 1090–1105.

Dayan, F.E.; Duke, S.O. Natural products for weed management in organic farming in the USA. *Outlooks Pest Manag.* 2010, 21, 156–160.

Dayan, F.E.; Duke, S.O.; Sauldubois, A.; Singh, N.; McCurdy, C.; Cantrell, C.L. P-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase is a herbicidal target site for b-triketones from *Leptospermum scoparium*. *Phytochemistry* 2007, 68, 2004–2014.

Dayan, F.E.; Howell, J.; Marais, J.P.; Ferreira, D.; Koivunen, M. Manuka oil, a natural herbicide with preemergence activity. *Weed Sci.* 2011, 59, 464–469.

D'Avino L., Matteo R., Malaguti L., Pagnotta E., Righetti L., Ugolini L., Lazzeri L., (2015). Synergistic inhibition of the seed germination by crude glycerin and defatted oilseed meals. *Elsevier Industrial Crops and Products* 75: 8–14.

De Martino, L.; Mancini, E.; Almeida, L.F.R.D.; Feo, V.D. The antigerminative activity of twenty-seven monoterpenes. *Molecules* 2010, 15, 6630–6637.

Deng J., Zhang Y., HU J., JIAO J., HU Feng, LI H. and Zhang S. (2017). Autotoxicity of Phthalate Esters in Tobacco Root Exudates: Effects on Seed Germination and Seedling Growth. *Pedosphere* 27(6), 1073-1082.

Dhanapal, G.N.; Struik, P.C.; Timmermans, P.C.J.M.; Borg, S.J. Post-emergence control of broomrape with natural plant oils. *J. Sustain. Agric.* 1998, 11, 5–12.

Douglas, M. H.; van Klink, J. W.; Smallfield, B. M.; Perry, N. B.; Anderson, R. E.; Johnstone, P.; Weavers, R. T. Essential oils from New Zealand manuka: triketone and other chemotypes of *Leptospermum scoparium*. *Phytochemistry* 2004, 65, 1255–1264.

Einhellig, F.A. and Leather G.R. (1988). "Potentials for Exploiting Allelopathy to Enhance Crop Production". *Journal of Chemical Ecology* 14: 1829-1844.

Ezeagu I.E., Maziya-Dixon B. and G. Tarawali G. (2003). Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *Mucuna* accessions from Nigeria. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1: 129-139.

Forney, D. R., and Foy, C. L. (1985). Phytotoxicity of products from rhizospheres of a sorghum sudangrass hybrid (*S. bicolor* X *S. sudanese*). *Weed Sci.* 33, 490-497.

Fujii, Y. (2003). Allelopathy in the natural and agricultural ecosystems and isolation of potent allelochemicals from Velvet bean (*Mucuna pruriens*) and Hairy vetch (*Vicia villosa*). *Biological Sciences in Space*, Vol.17 No.1: 6-13.

Ghareib, H.R.A., Abdelhamed, M.S., Ibrahim, O.H. (2010). Antioxidative effect of the acetone fraction and vanillic acid from *Chenopodium murale* on tomato plants. *Weed Biol. Manag.* 10, 64-72.

Goggin, D.E., S. B. Powles & K.J Steadman. (2012). Understanding *Lolium Rigidum* seeds: the key to managing a problem weed? *Agronomy*, 2: 222-239.

Gough R.E., Carlstrom R. (1999). Wheat Gluten Meal Inhibits Germination and Growth of Broadleaf and Grassy Weeds. *Hortscience* 34(2):269–270.

Gierl A. & Frey M. (2001). Evolution of benzoxazinone biosynthesis and indole production in maize. *Planta* 213: 493–498.

Heap, I. (2010). *International Survey of Herbicide Resistant Weeds (ISHRW)*.

Heap, I. Herbicide resistant weeds. In Integrated pest management, Pimentel, D.; Peshin, R., Eds.; Springer: Dordrecht, Netherlands, 2014; Volume 3, pp. 281–301.

Ibáñez, M.D.; Blázquez, M.A. Phytotoxic effects of commercial *Eucalyptus citriodora*, *Lavandula angustifolia*, and *Pinus sylvestris* essential oils on weeds, crops, and invasive species. *Molecules* 2019, 24, 2847.

Imtiyaz H.; Singh N.B.; Singh A.; Singh H. (2017). Allelopathic potential of sesame plant leachate against *Cyperus*. *Annals of Agrarian Science*, 141-147.

Inderjit and K. I. Keating. (1999). *Allelopathy: Principles, Procedures, Processes and Promises for Biological Control*. Academic Press.

Inderjit, Callaway R M, Vivanco J M. (2006). Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? *Trends Plant Sci.* 11:574–580.

Isaaca W.A.P., Brathwaite R.A.I., Cohen J.E., Bekele I. (2007). Effects of alternative weed management strategies on *Commelina diffusa* Burm. infestations in Fairtrade banana (*Musa* spp.) in St. Vincent and the Grenadines. *Crop Protection* 26, 1219–1225.

Jabran, K., Cheema, Z.A., Farooq, M., Basra, S.M.A., Hussain, M., Rehman, H. (2008). Tank mixing of allelopathic crop water extracts with pendimethalin helps in the management of weeds in canola (*Brassica napus*) field. *Int. J. Agric. Biol.* 10, 293-296.

Kanatas, P.; Travlos, I.; Papastylianou, P.; Gazoulis, I.; Kakabouki, I.; Tsekoura, A. Yield, quality and weed control in soybean crop as affected by several cultural and weed management practices. *Not. Bot. Hort. Agrobot.* 2020, 48, 329–341.

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

Kato-Noguchi H, Ino T, Sata N, Yamamura S. (2002). Isolation and identification of a potent allelopathic substance in rice root exudates. *Physiol. Plant.* 115, 401-405.

Kloot, P. (1983). The genus *Lolium* in Australia. *Australian Journal of Botany* 31: 421-435.

Khanh, T.D., Chung M.I., Xuan T.D., Tawata S. (2005). "The Exploitation of Crop Allelopathy in Sustainable Agricultural Production". *Journal of Agronomy and Crop Science* 191:1, 172-184.

Korres Nicholas E., Nilda R. Burgos, Ilias Travlos, Maurizio Vurro, Thomas K. Gitsopoulos, Vijaya K. Varanasi, Stephen O. Duke, Per Kudsk, Chad Brabham, Christopher E. Rouse, Reiofeli Salas-Perez. (2019). New directions for integrated weed management: Modern technologies, tools and knowledge discovery. *Agronomy*, Volume 155.

Leather, G.R. (1983a). Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. *Weed Sci.*13, 37-42.

Leather, G.R. (1983b). Weed control using allelopathic crop plants. *J. Chem. Ecol.* 9, 983-990.

Lebecque, S.; Lins, L.; Dayan, F.E.; Fauconnier, M.L.; Deleu, M. Interactions between natural herbicides and lipid bilayers mimicking the plant plasma membrane. *Front. Plant Sci.* 2019, 10, 329–340.

Li Z F, Yang Y Q, Xie D F, Zhu L F, Zhang Z G, Lin W X. (2012). Identification of autotoxic compounds in fibrous roots of *Rehmannia* (*Rehmannia glutinosa* Libosch.). *PLoS One* 7: e28806.

Li, Y.; Sun, Z.; Zhuang, X.; Xu, L.; Chen, S.; Li, M. Research progress on microbial herbicides. *Crop Prot.* 2003, 22, 247–252.

Macias, F. (1995). Allelopathy in search for natural herbicide models. In "Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications" (Indejit, K. M. M. Dakshini, and F. A. Einhellig, Eds.). American Chemical Society, Washington, DC.

Macías F.A., A. Oliveros-Bastidas, D. Marín, C. Carrera, N. Chinchilla, J.M.G. Monillo. (2008). Plant biocommunicators: their phytotoxicity, degradation studies and potential use as herbicide models. *Phytochem. Rev.* 7, 179-194.

Macías F.A., A. Oliveros-Bastidas, D. Marín, N. Chinchilla, D. Castellano, J.M.G. Monillo. (2014). Evidence for an allelopathic interaction between rye and wild oats. *J. Agric. Food Chem.* 62, 9450-9457.

Martelloni, L.; Frasconi, C.; Sportelli, M.; Fontanelli, M.; Raffaelli, M.; Peruzzi, A. Flaming, glyphosate, hot foam and nonanoic acid for weed control: A comparison. *Agronomy* 2020, 10, 129.

Marwat, K.B., Khan, M.A., Nawaz, A., Amin, A. (2008). *Parthenium hysterophorus* L. A potential source of bioherbicide. *Pak. J. Bot.* 40, 1933-1942.

McDade, M. C. (1999). Corn gluten meal and corn gluten hydrolysate for weed control. Iowa State University Capstones, Theses and Dissertations. 17376.

Meksawat, S.; Pornprom, T. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. *Weed Biol. Manag.* 2010, 10, 16–24.

Meyer, S.A.; Sheets, T.J.; Selmann, H. Maleic hydrazide residues in tobacco and their toxicological implications. In *Review of Environmental Contamination and Toxicology*, Ware, G.W., Ed.; Springer-Verlag: New York, USA, 1987; Volume 98, pp. 43–61.

Miller, D. A. (1996). Allelopathy in forage crop systems. *Agron. J.* 88: 854-859.

Molish, H. (1937). *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathie*. Jena: Fisher.

Muñoz, M.; Torres-Pagán, N.; Peiró, R.; Guijarro, R.; Sánchez-Moreiras, A.M.; Verdeguer, M. Phytotoxic effects of three natural compounds: Pelargonic acid, carvacrol, and cinnamic aldehyde, against problematic weeds in Mediterranean crops. *Agronomy* 2020, 10, 791.

Nakano H., Morita S., Shigemori H., Hasegawa K. (2006). Plant growth inhibitory compounds from aqueous leachate of wheat straw. *Plant Growth Regul.* 48:215-219.

Nakkaa S., Jugulam M., Peterson D., Asif M. (2019). Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems. *The crop journal*, 750-760.

Ni L X, Acharya K, Hao X Y, Li S Y. (2012). Isolation and identification of an anti-algal compound from *Artemisia annua* and mechanisms of inhibitory effect on algae. *Chemosphere* 88: 1051-1057.

Niknam S.R., M. Moerkerk & R. Cousens. (2002). Weed seed contamination in cereal and pulse crops. 13th Australian Weeds Conference: weeds "threats now and forever?" Sheraton Perth Hotel. 8-13 September 2002, Perth, Western Australia.

Oueslati, O. (2003). Allelopathy in two durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96, 161-163.

Owens, D.K.; Nanayakkara, N.P.D.; Dayan, F.E. In planta mechanism of action of leptospermone: impact of its physico-chemical properties on uptake, translocation, and metabolism. *J. Chem. Ecol.* 2013, 39, 262–270.

Pannacci, E.; Lattanzi, B.; Tei, F. (2017). Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop Protection* 96, 44e58.

Poonpaiboonpipat, T.; Pangnakorn, U.; Suvunnamek, U.; Teerarak, M.; Charoenying, P.; Laosinwattana, C. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Ind. Crop. Prod.* 2013, 41, 403–407.

Pot, V.; Benoit, P; Le Menn, M.; Eklo, O.M.; Sveistrup, T.; Kvaerner, J. Metribuzin transport in undisturbed soil cores under controlled water potential conditions: experiments and modeling to evaluate the risk of leaching in a sandy loam soil profile. *Pest Manag. Sci.* 2011, 67, 397–407.

Rassaeifar, M., Hosseini, N.; Asl, N.H.H.; Zandi, P.; Aghdam, A.M. Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus*' essential oil on seed germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cynodon dactylon*. *Trakia J. Sci.* 2013, 11, 73–81.

Razzaq, A., Cheema, Z.A., Jabran, K., Hussain, M., Farooq, M., Zafar, M. (2012). Reduced herbicide doses used together with allelopathic sorghum and sunflower water extracts for weed control in wheat. *J. Plant Prot. Res.* 52, 281-285.

Rerkasem, K.; Stearn, W.R; Goodchild, N.A. (1980). Associated growth of wheat and annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *Proceeding of the 2nd International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, Slagelse, Denmark: Department of Weed Control and Pesticide Ecology,* 407-414.

Pline W. A., Hatzios K.K., Hagood E. S. (2000). Weed and Herbicide-Resistant Soybean (*Glycine max*) Response to Glufosinate and Glyphosate Plus Ammonium Sulfate and Pelargonic Acid. *Weed Technology: Volume 14:667–674.*

Reiss A., I. S. Fomsgaard, Solvejg K. Mathiassen, Per Kudsk. (2018). Weed suppressive traits of winter cereals: Allelopathy and competition. *Biochemical Systematics and Ecology* 76, 35-41.

Rice, E. L. (1974). *Allelopathy*. Norman Oklahoma: Academy Press.

Rice, E. (1984). *Allelopathy*. In *Academic press* (p. 422). New York.

Rice, E. (1995). "Biological Control of Weeds and Plant Diseases: Advances in Applied Allelopathy". Univ. of Oklahoma Press, Norman.

Rick A. Boydston and Treva Anderson, Steven F. Vaughn. (2008). Mustard (*Sinapis alba*) Seed Meal Suppresses Weeds in Container-grown Ornamentals. *Hortscience* 43(3):800–803.

Rowley, M.A.; Ransom, C.V.; Reeve, J.R.; Black, B.L. Mulch and organic herbicide combinations for in-row orchard weed suppression. *Int. J. Fruit Sci.* 2011, 11, 316–331.

Samuelian S., Wright C., Vawdrey L.L. (2016). Evaluation of chlorothalonil and paraffinic oil alone and in combinations with registered fungicides for the control of yellow Sigatoka (*Mycosphaerella musicola*) of bananas in Northern Queensland, Australia. *Crop Protection* 82 45e50.

Seguin, P., Sheafter C. C., Schmitt M.A., Russelle M.P., Randal G.W. (2002). "Effects of Reseeding Delay, Original Stand Age, and Cultivar." *Agronomy Journal* 94: 775-781.

Schoene, D. L.; Hoffmann, O.L. Maleic hydrazide, a unique growth regulant. *Science* 1949, 109, 588–590.

Shilling, D.G., Liebel, R.A., Worsham, A.D. (1985). Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: the suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In T. A. C. (Ed.), *The Chemistry of Allelopathy: Biological Interaction Among Plants* (pp. 243–271). Washington, DC: American Chemical Society Symposium Series No. 268.

Singh H. P., Batish D. R., Kohli R. K. (1999). Autotoxicity: Concept organisms, and ecological significance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 18:757-772.

Tasawar Abbas, Zahir A. Zahir, Muhammad Naveed, Robert J. Kremer. (2017). Limitations of Existing Weed Control Practices Necessitate Development of Alternative Techniques Based on Biological Approaches. *Advances in Agronomy*, Volume 147, Chapter Five.

Travlos I.S., Economou G., Kotoulas V.E., Kanatas P.J., Kontogeorgos A.N., Karamanos A.I. (2009). Potential effects of diurnally altering temperatures on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) tuber sprouting. *J. Arid Environ.* 73 (1), 22-25.

Vasilakoglou, I. Herbicidal potential of essential oils of oregano or marjoram (*Origanum* spp.) and basil (*Ocimum basilicum*) on *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. and *Chenopodium album* L. weeds. *Allelopathy J.* 2007, 20, 297–306.

Venezian, A., Dor, E., Achdari, G., Plakhine, D., Smirnov, E., Hershendorff, J. The influence of the plant growth regulator maleic hydrazide on Egyptian broomrape early developmental stages and its control efficacy in tomato under greenhouse and field conditions. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 691.

Verdeguer, M., Blazquez, M.A., Boira, H. (2009). Phytotoxic effects of *Lantana camara* *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriosephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean summer crops. *Biochem. Syst. Ecol.* 37, 362-369.

Vyvyan, J. (2002). Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron* 58, 1631-1646.

Ward, J.S.; Todd, L.M. Nonchemical and herbicide treatments for management of Japanese stiltgrass (*Microstegium vimineum*). *Invasive Plant Sci. Manag.* 2012, 5, 9–19.

Webber, C.L., III; Shrefler, J.W.; Brandenberger, L.P.; Davis, A.R. AXXE® (Pelargonic Acid) and Racer® (Ammonium Nonanoate): Weed Control Comparisons; Vegetable Weed Control Studies; Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Department of Horticulture & Landscape Architecture: Stillwater, OK, USA, 2012; pp. 1–4.

Webber, C. L., III; Taylor M. J.; Shrefler, J. W. (2014). Weed Control in Sweet Bell Pepper Using Sequential Postdirected Applications of Pelargonic Acid. *HortTechnology* 24(6).

Webber, C. L., III; Shrefler, J. W. (2006). Pelargonic Acid Weed Control Parameters. *Hortscience*, Vol. 41(4).

Webber, C.L., III; Taylor, M.J.; Shrefler, J.W. Weed control in yellow squash using sequential post directed applications of pelargonic acid. *HortTechnology* 2014, 24, 25–29.

Weston, L. A. & Duke, S. O. (2003). Weed and crop allelopathy. *Critical Reviews and Plant Sciences*, pp. 22(3-4), 367-389.

Witzke, S.; Duelund, L.; Kongsted, J.; Petersen, M.; Mouritsen, O.G.; Khandelia, H. Inclusion of terpenoid plant extracts in lipid bilayers investigated by molecular dynamics simulations. *J. Phys. Chem.* 2010, 114, 15825–15831.

Worthington, M., Reberg-Horton, C. (2013). Breeding cereal crops for enhanced weed suppression: optimizing allelopathy and competitive ability. *J. Chem. Ecol.* 39, 213-231.

Xuan, T.D. and Tsuzuki, E. (2002). Varietal Differences in Allelopathic Potential of Alfalfa. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188(1) 2-7.

Xuan, T.D., Tawata S., Khanh T.D., Chung I.M. (2005). “Decomposition of Allelopathic Plants in Soil”. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 162-171.

Young, S.L., Pierce, F.J., Nowak, P. (2014). Introduction: Scope of the Problem-Rising Costs and Demand for Environmental Safety for Weed Control. In: *Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems*. In D. T. Springer.

Young, S. L. Natural product herbicides for control of annual vegetation along roadsides. *Weed Technol.* 2004, 18, 580–587.

Zimdahl, R. L. (2007). *Fundamentals of Weed Science* (3rd edition).

Zimdahl, R. L. *Fundamentals of Weed Science*, 5th ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018.