



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

**Η επίδραση της παρουσίας ζιζανίων στο αλληλοπαθητικό δυναμικό
διαφόρων οικότυπων κουφάγκαθου (*Silybum marianum*)
[Weeds effects on allelopathic potential of different milk thistle
(*Silybum marianum*) ecotypes]**

Πτυχιακή διατριβή

Τρίγκα Ελένη

Χατζηαποστόλου Χρύσα

Επιβλέπων καθηγητής
Δρ. Ιωάννης Βασιλάκογλου

Λάρισα 2019

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή αποτελεί το τελευταίο τμήμα των σπουδών μας στο Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων (κατεύθυνση φυτικής παραγωγής) του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλίας.

Θα θέλαμε σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσουμε πρωτίστως τον καθηγητή μας κ. Ιωάννη Βασιλάκογλου που μας πρότεινε αυτό το ενδιαφέρον θέμα και μας βοήθησε κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος και της συγγραφής της ερευνητικής εργασίας. Επίσης ευχαριστούμε την υποψήφια διδάκτορα κα. Αθανασία Τσιαούση, αλλά και τον συμφοιτητή μας Κλοντιάν Ταφάι, οι οποίοι συνέβαλλαν σημαντικά στην υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 ΤΟ ΦΥΤΟ ΚΟΥΦΑΓΚΑΘΟ	3
1.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	5
1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	5
1.4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ	6
1.4.1 ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ	7
1.4.1.1 ΕΛΑΙΟ	7
1.4.1.2 ΤΥΡΙ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΙ	8
1.5 ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	8
1.6 ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΟΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑ	11
1.7 ΧΡΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ	11
1.8 ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ	11
1.9 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	12
1.10 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ	13
1.11 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	15
2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	16
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	16
2.1.1 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	16
2.1.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΓΡΟΥ	16
2.1.3 ΥΛΙΚΑ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	17
2.1.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ	18
2.1.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	19
2.1.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	21
2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	22
2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	25
3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	26

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το φυτό κουφάγκαθο

Το είδος *Silybum marianum* (L.) Gaertn, κοινώς γνωστό ως κουφάγκαθο, είναι ένα ετήσιο ή διετές, ποώδες, χειμερινό ή εαρινό φυτό και ανήκει στην οικογένεια Asteraceae. Προέρχεται από την περιοχή της Μεσογείου, αλλά έχει εξαπλωθεί σε άλλες χώρες της Ευρώπης, της Ασίας, της Αυστραλίας και της Αμερικής (Morazzoni και Bombardelli, 1995). Αναπτύσσεται ως αυτοφυές φυτό, αλλά και καλλιεργείται, σε όλο τον κόσμο.

Το κουφάγκαθο είναι γνωστό από την αρχαιότητα. Είναι επίσης γνωστό ως σίλλυβο, mary's thistle, blessed milk thistle, holy thistle και variegated thistle. Το όνομα του γένους, *Silybum*, αποδίδεται στον Διοσκουρίδη, τον Έλληνα γιατρό του πρώτου αιώνα, που έδωσε το όνομα σε έναν αριθμό εδώδιμα φυτά για να τα περιγράψει. Το συγκεκριμένο είδος ονόματος *S. marianum* διατηρεί το μύθο που λέει ότι το λευκό στίγμα που περιβάλλει τη νεύρωση των φύλλων ήταν αποτέλεσμα μιας σταγόνα γάλακτος της Παναγίας, καθώς έπεσε απαλά πάνω στην επιφάνεια του φύλλου. Αυτό το φαρμακευτικό φυτό παραδοσιακά χρησιμοποιείται ως γαλακτογόνος (διεγείρει την παραγωγή γάλακτος), συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην προέλευση της λέξης της κοινής ονομασίας.

Απαντάται σε ποικιλία καλλιεργούμενων εδαφών, αλλά και σε ακαλλιέργητες εκτάσεις και στις άκρες των δρόμων (Βασιλάκογλου και Δήμας, 2017). Είναι ανθεκτικό στην ξηρασία, γεγονός που του επιτρέπει να καλλιεργηθεί σε μη αρδευόμενα εδάφη. Επίσης, δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και μπορεί να καλλιεργηθεί σε άγονα εδάφη. Έχει αποδειχθεί επίσης ότι το *S. marianum* μπορεί να αναπτυχθεί και σε εδάφη βεβαρημένα με βαρέα μέταλλα, όπως το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος και το ραδιενεργό κάισιο. Έχει αποδειχθεί ότι τα στοιχεία Cd, Pb, Ta Cu και Mn συσσωρεύονται κυρίως στις ρίζες και στα φύλλα, ενώ ο ψευδάργυρος συσσωρεύεται στα στελέχη και τα φύλλα. Εντούτοις, η κυριότερη ουσία που παράγεται από το φυτό αυτό (η σιλυμαρίνη) και το έλαιο που εξάγεται από τους σπόρους του είναι απαλλαγμένα από αυτά τα μέταλλα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτό το είδος έχει την ασυνήθιστη ικανότητα, όχι μόνο να συσσωρεύει τον μόλυβδο και τον ψευδάργυρο στις ρίζες του, αλλά και να τα μετακινεί και αποθηκεύει σε υπέργεια τμήματα, παρά το γεγονός ότι δεν θεωρείται φυτό υπερσυσσωρευτής βαρέων μετάλλων. Με βάση αυτά τα ευρήματα, το *S. marianum* μπορεί να θεωρείται ως φυτό ανεκτικό, που έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται σε εδάφη με ευρύ φάσμα βαρέων μετάλλων (del Rio-Celestino κ.ά., 2006).

Το κουφάγκαθο είναι ιθαγενές στην Ευρώπη αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Νότια Αμερική. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής είναι διαθέσιμο ως διαιτητικό συμπλήρωμα. Μάλιστα, ο καρπός και οι σπόροι των φυτών έχουν χρησιμοποιηθεί για περισσότερα από 2000 χρόνια ως θεραπεία για διαταραχές του ήπατος και της χολής. Το ενεργό συστατικό του κουφάγκαθου είναι η σιλυμαρίνη, ένα μείγμα φλαβονοειδών που αποτελείται από 4 ισομερή: σιλυβινίνη, ισοσιβαλινίνη, σιλυχριστίνη και σιλιδιανίνη. Η σιλυμαρινίνη συσσωρεύεται στο περικάρπιο και στο φλοιό του σπόρου. Η περιεκτικότητα των φλαβονοειδών κυμαίνεται συνήθως από 1,5% έως 3,5% του βάρους των καρπών (Morazzoni και Bombardelli, 1995). Προσέτι, οι σπόροι χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο που κυμαίνεται από 8,1 έως 37,5 mg 100 g⁻¹ (Sadowska κ.ά., 2011).

Ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης του κουφάγκαθου το καθιστά φυτό ελκυστικό για σκοπούς βιοενέργειας σε βροχερά μεσογειακά περιβάλλοντα, όπου το είδος μπορεί να αναπτυχθεί με χαμηλές ή μέτριες εισροές (χωρίς άρδευση, χαμηλή αζωτούχο λίπανση ή φυτοπροστασία). Ο Sulas κ.ά. (2008) και ο Ledda κ.ά. (2013) μελέτησαν το *S. marianum* και το *Cynara cardunculus* στη Σαρδηνία υπό συνθήκες χαμηλών εισροών εφαρμόζοντας μόνο 35 kg ha⁻¹ αζωτούχο λίπανση και χωρίς άρδευση. Οι ερευνητές ανέφεραν μια παραγωγικότητα των 16 έως 20 t ha⁻¹ ολικής ξηρής βιομάζας, απόδοση σημαντικά υψηλότερη από εκείνη της αγκινάρας. Η χημική ανάλυση της βιομάζας έδειξε παρόμοια σύνθεση μεταξύ αυτών των καλλιεργειών με μέση περιεκτικότητα τέφρας 14%. Έχει επίσης αναφερθεί ότι ο λόγος παραγωγής προς την εισερχόμενη ενέργεια για την απόδοση του ήταν καλύτερη από εκείνη άλλων ειδών που καλλιεργούνται για ενεργειακούς σκοπούς (Sulas κ.ά., 2008). Σύμφωνα με τους Sulas κ.ά. (2008) και Ledda κ.ά. (2013) ο ετήσιος κύκλος ζωής του *S. marianum* επιτρέπει στον παραγωγό ευελιξία σε ό,τι αφορά το καλλιεργητικό πρόγραμμά του.

Σύμφωνα με τους Sadowska κ.ά. (2011), οι καρποί του *S. marianum* περιέχουν συνολικά 16,5% πρωτεΐνη. Τα υποπροϊόντα, μετά την εκχύλιση του ελαίου και της σιλυμαρίνης, αναφέρονται ως άλευρο σπόρων ή στερεά απόβλητα (Li κ.ά., 2013). Το περιεχόμενο πρωτεΐνης σε αλεύρι σπόρου είναι 21,5% -23,3% (Li κ.ά., 2013). Παρ'όλα αυτά, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μπορεί να αυξηθεί με τη ζύμωση των στερεών αποβλήτων (Li κ.ά., 2013). Η πρωτεΐνη των καρπών του *S. marianum* χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε γλουταμικό οξύ. Το συνολικό περιεχόμενο των κύριων αμινοξέων κυμαίνεται από 32,33 έως 38,24 g σε 100 g πρωτεΐνη, ανάλογα με την πρώτη ύλη. Εντούτοις, είναι δύσκολο να προσδιοριστούν τα αμινοξέα που περιέχονται στην πρωτεΐνη του *S. marianum*, εφόσον κανένας από τους ερευνητές δεν αναφέρει το περιεχόμενο της (πρωτεΐνη) σε τρυπτοφάνη.

Το *S. marianum* καλλιεργείται και ως διακοσμητικό φυτό για τα ασυνήθιστα και ελκυστικά φύλλα του. Στην Πολωνία, οι αγρότες σπέρνουν μερικές φορές το *S. marianum* σε εδάφη που βρίσκονται κοντά σε δάση, για να κάνουν περισσότερο δύσκολο για τα άγρια ζώα να φτάσουν σε καλλιεργούμενα χωράφια λόγω των αγκαθωτών φύλλων του φυτού. Επιπλέον, το κουφάγκαθο είναι κοινό ζιζάνιο στις καλλιέργειες δημητριακών. Επίσης, αυτό το ζιζάνιο συνήθως συναντάται σε χώρους αποβλήτων και κατά μήκος των οδών (Karkanis κ.ά., 2011).

1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Το κουφάγκαθο ανήκει στο άθροισμα των Αγγειοσπέρμων, στην τάξη των Asterales, στην οικογένεια Asteraceae, στο γένος *Silybum* και στο είδος *Silybum marianum*. Συνώνυμά του είναι τα *Carduus marianus* L. και *Mariana mariana* (L.) Hill.

1.3 Βοτανική περιγραφή

Το όνομα του γένους προέρχεται από μια ελληνική λέξη 'Silybon' ή 'Silybos' που σημαίνει φούντα ή νους. Το γένος *Silybum* έχει δύο είδη *S. eburneum* και *S. marianum*. Η διασταύρωση μεταξύ *S. marianum* και *S. eburneum* έχει δώσει φυτά F1 γενεάς, τα οποία έχουν ποικιλόμορφο φύλλο που είναι χαρακτηριστικό του *S. marianum*. Οι απόγονοι της F2 γενεάς έχουν πολύ πράσινα και ποικιλόμορφα φύλλα σε αναλογία περίπου 3:1. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι το χρώμα των φύλλων οφείλεται σε κυρίαρχο γονίδιο και ότι τα δύο είδη είναι πολύ κοντά από γενετική άποψη.

Το κουφάγκαθο είναι ετήσιο ή διετές ποώδες φυτό. Αυτοφύεται σε χέρσα μέρη και στις άκρες των δρόμων σε όλη την Ελλάδα. Η εποχή άνθισης του φυτού είναι από το Μάιο έως τον Αύγουστο. Η ρίζα του είναι πασσάλωδης, μεγάλου βάθους (Βασιλάκογλου και Δήμας, 2017). Η υποκοτύλη είναι πράσινη και δεν έχει τρίχες. Ο βλαστός είναι πράσινος, κυλινδρικός, όρθιας έκφυσης, χωρίς τρίχες στην επιφάνεια του, αλλά έχει ευδιάκριτα κίτρινα έως ερυθρά νεύρα. Το μέγιστο ύψος του φυτού μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης και τον γονότυπο, μεταξύ 0,7 και 2,5 m (Andrzejewska κ.ά., 2011). Το κουφάγκαθο έχει μονοποδιακό σύστημα διακλάδωσης. Η κλίση της διακλάδωσης είναι βαθιά επηρεασμένη από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και την πυκνότητα σποράς. Ο αριθμός των δευτερευόντων κλάδων μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 10 όταν το κουφάγκαθο καλλιεργείται (Ram κ.ά., 2005), αλλά απομονωμένα φυτά μπορούν να έχουν έως και 20 δευτερεύοντες κλάδους (Andrzejewska κ.ά., 2011). Στην

ωρίμανση, οι πλευρικοί βλαστοί συνήθως φθάνουν ή και υπερβαίνουν το ύψος του κεντρικού στελέχους.

Τα φύλλα του είναι μεγάλα, πράσινα, έμμισχα με άσπρες κηλίδες στην επάνω επιφάνεια, δίλοβα και αγκαθωτά. Τα πρώτα φύλλα σχηματίζουν ρόδακα, ενώ αργότερα η διάταξη τους γίνεται κατ' εναλλαγή.

Τα άνθη είναι κόκκινα, μεγάλου μήκους και βρίσκονται σε επάκρια κεφάλια, τα οποία περιβάλλονται από μακριά ακανθωτά βράκτια. Είναι ερμαφρόδιτα, σωληνωτά σε σχήμα, με κόκκινη-μοβ ή λευκή στεφάνη. Τα βράκτια δεν καλύπτονται από τρίχες. Ο ποδίσκος είναι μακρύς και η ανθοφορία γίνεται από το Μάιο μέχρι το Σεπτέμβριο (Βασιλάκογλου και Δήμας, 2017).

Ο καρπός είναι μελανό αχαίνιο με λευκό πάππο. Οι καρποί είναι μεγάλες κεφαλές που βρίσκονται στην κορυφή των στελεχών (κύριου και δευτερευόντων). Ο σπόρος είναι καστανός έως μαύρος με μήκος 6-7 mm. Το κουφάγκαθο είναι κατά κύριο λόγο αυτογονιμοποιούμενο. Το σχήμα των κόκκων γύρης είναι ωοειδές.

Ο συνολικός αριθμός κεφαλών ανά φυτό αλλάζει σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες καλλιέργειας και κυμαίνεται μεταξύ 2 και 55 (Ram κ.ά., 2005; Andrzejewska κ.ά., 2011). Οι αποδόσεις των καρπών, ανάλογα με τις συνθήκες καλλιέργειας, μπορούν να κυμανθούν μεταξύ 0,25 και 1,80 t ha⁻¹ (Andrzejewska κ.ά., 2015, Andrzejewska κ.ά., 2011; Karkanis κ.ά., 2011). Αντίθετα, η συνολική παραγωγή ξηρής βιομάζας κυμαίνεται μεταξύ 16 και 20 t ha⁻¹, μετά από φθινοπωρινή σπορά και στις κλιματικές συνθήκες της Μεσογείου (Sulas κ.ά., 2008; Ledda κ.ά., 2013). Ολόκληρες κεφαλές, φύλλα και μίσχοι αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα το 26%, 30% και 44% της συνολικής φυτικής βιομάζας (Ledda κ.ά., 2013).

1.4 Πιθανές χρήσεις και αποδόσεις

Οι τρυφεροί ανθοφόροι βλαστοί και τα φύλλα του κουφάγκαθου τρώγονται μαγειρεμένοι ή ωμοί και έχουν την ικανότητα να απομακρύνουν την περίσσεια υγρών από τον οργανισμό και να είναι τονωτικοί του οργανισμού. Το φυτό είναι εξαιρετικό προαγωγό της έκκρισης γάλακτος και είναι ασφαλές για τις θηλάζουσες μητέρες. Χρησιμοποιείται, επίσης για να αυξήσει την έκκριση και τη ροή της χολής από το ήπαρ και χοληδόχο κύστη.

Οι σπόροι του κουφάγκαθου χρησιμοποιούνται ως πηγή πολλών флаβονοειδών. Το εκχυλισμένο έλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως θεραπεία για πολλές ασθένειες συμπεριλαμβανομένης της ιογενούς ηπατίτιδας και της κίρρωσης. Ερευνητές έχουν αναφέρει ότι το φαρμακολογικώς δραστικό συστατικό του εκχυλίσματος (σιλυμαρίνη) αποτελείται από ισομερές μίγμα флаβονοειδών, σιλυχριστίνης, σιλυδιανίνης,

διαστερεοϊσομερής σιλυβίνης και ισοσιλυβίνης. Επίσης, έχει αναφερθεί από διάφορους συντάκτες, ότι η περιεκτικότητα σε έλαιο του *Silybum marianum* L. ποικίλλει από 28 έως 45% β/β σπόρων.

1.4.1 Ανθρώπινη διατροφή

Το *S. marianum* καταναλώνεται από διάφορες τοπικές αγροτικές κοινότητες της λεκάνης της Μεσογείου εδώ και αιώνες. Νεαροί σαρκώδεις μίσχοι, σπόροι και βλαστοί του *S. marianum* αποτελούν παραδοσιακά εδέσματα για τους Άραβες. Στη Σαρδηνία (Ιταλία), τα νεαρά κεφάλια και τα στελέχη τρώγονται ακατέργαστα μετά το ξεφλούδισμα. Στην Ισπανία, το *S. marianum* παραδοσιακά χρησιμοποιείται ως λαχανικό για σαλάτες ή τρώγεται βρασμένο και τηγανητό (Morales κ.ά., 2014). Μάλιστα, οι Morales κ.ά. (2014) πρότειναν την πώληση φύλλων του *S. marianum* (μετά την αφαίρεση των σπονδύλων) ως λαχανικό. Σύμφωνα με τους ερευνητές, θα μπορούσε να είναι μια εμπορική ευκαιρία για αγροτικές περιοχές και ένα ενδιαφέρον προϊόν για τους καταναλωτές, διότι οι μεσαίες ραβδώσεις των βασικών φύλλων του *S. marianum* παρέχουν μεγαλύτερη ίνα, Ca και K σε σύγκριση με πολλά συμβατικά λαχανικά.

Τα τελευταία χρόνια οι καρποί του *S. marianum* έχουν διατεθεί στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ ως συμπλήρωμα διατροφής υπό διάφορες μορφές: ολόκληροι σπόροι, σκόνες σπόρων, καρύκευμα, σκόνη βοτάνων, σάκοι τσαγιού, εκχύλισμα σπόρου με βάση το αλκοόλ, εκχύλισμα σπόρου με βάση το λάδι, κάψουλες και μαλακά πήγματα. Αυτά τα προϊόντα μπορούν, όπως και τα διάφορα φυτικά προϊόντα, να μολυνθούν με μυκοτοξίνες (Tournas κ.ά., 2012). Ωστόσο, σε σύγκριση με τα επίπεδα μόλυνσης της αφλατοξίνης στα φιστίκια, τα καρύδια, το καλαμπόκι και την πιπεριά, τα επίπεδα που βρέθηκαν στο κουφάγκαθο ήταν εξαιρετικά χαμηλά (Tournas κ.ά., 2012).

1.4.1.1 Έλαιο

Σε ό,τι αφορά το περιεχόμενο σε κορεσμένα οξέα, το έλαιο του *S. marianum* είναι παρόμοιο με το έλαιο κολοκύθας, αλλά έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε παλμιτικό οξύ, το οποίο έχει αναγνωριστεί ως άμεσα υπεύθυνο για η αύξηση του επιπέδου της χοληστερόλης. Η περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα οξέα, συμπεριλαμβανομένου του ελαϊκού οξέος, είναι η ίδια με εκείνη του ηλιέλαιου, ενώ τα πολυακόρεστα οξέα είναι παρόμοια με τα έλαια του αραβοσίτου και της σόγιας. Το έλαιο του *S. marianum* διαφέρει σημαντικά από το έλαιο της ελιάς (*Olea europaea*), φυτό που αναπτύσσεται στις ίδιες περιοχές εμφάνισης του *S. marianum*. Σήμερα, το έλαιο του *S. marianum* παράγεται εμπορικά και διατίθενται στο

εμπόριο ως ειδικό λάδι διατροφής, εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε λινολεϊκό οξύ, το οποίο είναι σημαντικό για την ανθρώπινη διατροφή, εφόσον αυτό το οξύ υπάρχει σε ελάχιστες τροφές. Προσέτι, συνιστάται το λάδι κουφάγκαθου να χρησιμοποιείται για τρόφιμα δίχως θέρμανση, εξαιτίας της υπεροχής του σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Σύμφωνα με τον Szczucinska, κ.ά. (2003), το έλαιο του *S. marianum* που περιέχει 0,8% σιλυμαρίνη μπορεί να προστεθεί στο βούτυρο ή στο λαδί ως αντιοξειδωτικό. Επιπλέον, το έλαιο είναι πλούσιο σε βασικά λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, στερόλες και βιταμίνη E και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του στην παρασκευή τροφής ή σε ανάμιξη με άλλα φυτικά έλαια.

1.4.1.2 Τυρί και αλεύρι

Η παρουσία ασπαρτικών πεπτιδάσεων με ιδιότητες πήξης γάλακτος έχουν ανιχνευθεί σε ακατέργαστα υδατικά εκχυλίσματα των λουλουδιών του *S. marianum* (Vairo Cavalli κ.ά., 2008). Ως εκ τούτου, τα ένζυμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του τυριού από το γάλα των μικρών μηρυκαστικών (Vairo Cavalli κ.ά., 2008).

Το άλευρο που λαμβάνεται μετά την εκχύλιση του λαδιού περιέχει 7,5% έλαιο και συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλη 25,2 mg ισοδύναμο γαλλικού οξέος ανά γραμμάριο αλεύρου (Parry κ.ά., 2008). Η περιεκτικότητα σε φαινόλες και οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του αλεύρου είναι υψηλότερες από ό,τι σε παρόμοιο αλεύρι από κολοκύθα, μαϊντανό και κάρδαμο. Για το λόγο αυτό, οι Parry κ.ά. (2008) συνιστούν την ενσωμάτωση αυτού του αλεύρου στην ανθρώπινη διατροφή.

1.5 Φαρμακευτικές ιδιότητες

Η παλαιότερη αναφορά χρήσης του κουφάγκαθου ανήκει στον Διοσκουρίδη, ο οποίος συνέστησε το βότανο αυτό ως θεραπεία μετά από τσιμπήματα φιδιών. Ο Πλίνιος (23-79 μ.Χ.) ανέφερε ότι ο χυμός του φυτού μετά από ανάμιξη με μέλι ενδείκνυται για "αποτοξίνωση της χολής". Το κουφάγκαθο αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως αντίδοτο για τοξίνες του ήπατος στη μέση ηλικία και χρησιμοποιήθηκε αργότερα από το Βρετανικό βοτανολόγο Culpepper για την ανακούφιση των διαταραχών του ήπατος. Το 1898, οι ιατροί Felter και Lloyd αναγνώρισαν ότι το βότανο ήταν καλό για την "αποσυμφόρηση" του ήπατος, της σπλήνας και του νεφρού. Οι ιθαγενείς Αμερικανοί έχουν χρησιμοποιήσει το κουφάγκαθο για τη θεραπεία των εξανθημάτων και άλλων δερματικών παθήσεων. Οι ομοιοπαθητικοί ιατροί έχουν χρησιμοποιήσει παρασκευάσματα από τους σπόρους για τη θεραπεία ποικίλων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένων του ίκτερου, των χολόλιθων, της περιτονίτιδας, της αιμορραγίας, της

βρογχίτιδας και των κισμών. Προσέτι, το κουφάγκαθο χρησιμοποιείται σήμερα για τη θεραπεία της ηπατικής δυσλειτουργίας. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων στη Γερμανία το πρότεινε ως φαρμακευτικό φυτό για τη θεραπεία πεπτικών διαταραχών, δηλητηρίασης και αλκοολισμού, αλλά και ως συμπλήρωμα φαρμακευτικής αγωγής για τη θεραπεία του αυξημένου (διευρυμένου) ήπατος (Blumenthal και Busse, 1998).

Επιπλέον, ο Βρετανός βοτανολόγος Gerard χαρακτήρισε το κουφάγκαθο ως 'την καλύτερη θεραπεία που αναπτύσσεται κατά όλων των ασθενειών μελαγχολίας'. Μελαγχολία ένας όρος που συχνά εξομοιώνεται με κατάθλιψη και αντλεί το όνομά του από τις ελληνικές λέξεις 'Μαύρη' 'χολή' και αντιμετωπίστηκε ιστορικά με τα βότανα του ήπατος, εκτός από τα φυτά που ενισχύουν τη διάθεση.

Έχουν τεκμηριωθεί πολυάριθμες πειραματικές και κλινικές μελέτες, ότι το *Silybum marianum* με την αντιοξειδωτική δραστηριότητα του και άλλες προστατευτικές ιδιότητες του ήπατος είναι ένα μοναδικό ηπατο-προστατευτικό μέσο. Η σιλυμαρίνη είναι το κύριο συστατικό του *Silybum marianum* που έχει τεκμηριωθεί ότι είναι εξαιρετικά ηπατο-προστατευτικό. Έχει χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία πολυάριθμων δυσλειτουργιών του ήπατος, λειτουργικών βλαβών ή εκφυλιστικής νέκρωσης. Αν και οι μηχανισμοί δράσης του δεν είναι πλήρως κατανοητοί, φαίνεται ότι ενεργεί με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των αντιοξειδωτικών και αντιφλεγμονωδών δραστηριοτήτων, διότι λειτουργεί ως ρυθμιστής διαπερατότητας των κυττάρων και σταθεροποιητή της κυτταρικής μεμβράνης, διεγείροντας την αναγέννηση του ήπατος και αναστέλλοντας την απόθεση ιών κολλαγόνου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κίρρωση.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις ιδιότητες της σιλυμαρίνης στις ιατρικές, φαρμακευτικές και κτηνιατρικές επιστήμες, καθώς και στην ευρύτερη χρήση της σε διάφορες θεραπείες (Abenavoli κ.ά., 2010). Έχει βρεθεί ότι εκτός από την ηπατο-προστατευτική επίδρασή τους, οι φλαβονολίνες παρουσιάζουν επίσης αντιοξειδωτικές, αντι-φλεγμονώδεις, υπολιπιδαιμικές, νευροτροφικές και νευροπροστατευτικές ιδιότητες (Abenavoli κ.ά., 2010). Η ουσία σιλυμαρίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πρόληψη ή τη μείωση της χημειοθεραπείας, καθώς και στην προστασία από την τοξικότητα που προκαλείται από την ακτινοθεραπεία (Ladas και Kelly, 2003., Abenavoli κ.ά., 2010). Η σιλυμαρίνη είναι ένα μείγμα από φλαβονοειδή σύμπλοκα, είναι το ενεργό συστατικό που προστατεύει το ήπαρ και τα νεφρικά κύτταρα από τις τοξικές επιδράσεις των φαρμάκων, συμπεριλαμβανομένων της χημειοθεραπείας. Αν και το κουφάγκαθο δεν έχει αλλάξει σημαντικά την πορεία της χρόνιας ηπατικής νόσου, έχει μειώσει τα επίπεδα των ηπατικών ενζύμων και κατέδειξε αντιφλεγμονώδη δράση και

επέδρασε στη διαμόρφωση των T-κυττάρων. Υπάρχουν ισχυρά προ-κλινικά στοιχεία για την ηπατο-προστατευτική και αντικαρκινογόνο δράση της σιλυμαρίνης, συμπεριλαμβανομένων της αναστολής της ανάπτυξης των καρκινικών κυττάρων στον άνθρωπο, όπως του προστάτη, του δέρματος, του μαστού και των τραχηλικών κυττάρων. Το κουφάγκαθο θεωρείται ασφαλές και καλά ανεκτό από το στομάχι, ενώ σπάνια αναφέρεται αλλεργική αντίδραση. Στις περισσότερες κλινικές δοκιμές αυστηρής μεθοδολογίας, χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένα και καλά καθορισμένα προϊόντα και δοσολογίες. Αυτά είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση του δυναμικού της σιλυμαρίνης κατά της ηπατικής τοξικότητας, της χρόνιας ηπατικής νόσου και του ανθρώπινου καρκίνου. Επίσης, η σιλυμαρίνη λειτουργεί ως ισχυρό αντιοξειδωτικό που σταθεροποιεί κυτταρικές μεμβράνες, διεγείρει μονοπάτια αποτοξίνωσης, αναγεννά τους ιστούς του ήπατος, αναστέλλει την ανάπτυξη μερικών καρκινικών κύτταρων και αυξάνει την αποτελεσματικότητα ορισμένων χημειοθεραπευτικών μέσων. Η δράση της σιλυμαρίνης περιλαμβάνει πολλούς μηχανισμούς που επηρεάζουν το ήπαρ και άλλα πεπτικά όργανα. Σε αντίθεση με άλλα βότανα, το κουφάγκαθο έχει ισχυρές προκλινικές ενδείξεις για ηπατοπροστασία και αντικαρκινικές επιδράσεις. Ωστόσο, οι άνθρωποι που υποφέρουν από πέτρα στα νεφρά θα πρέπει να αποφεύγουν να τρώνε φύλλα κουφάγκαθου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε οξαλικό οξύ (Morales κ.ά., 2014).

Το κουφάγκαθο αφήνει συσσωρευμένο νιτρικό άζωτο στο έδαφος, όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε έδαφος πλούσιο σε άζωτο. Η πρόσληψη νιτρικών αλάτων συνιστά σοβαρό κίνδυνο για την υγεία, εξαιτίας της οξειάς και καρκινογόνου δράσης του. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να εφαρμοστεί μια κατάλληλη αγροκομική τεχνική, προκειμένου να ελεγχθεί η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα στη φυτική βιομάζα που παράγεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ο Jadayil κ.ά. (1999), εφόσον απέδειξαν ότι η περιεκτικότητα των σπόρων σε σίδηρο αφομοιώνεται από τους αρουραίους και οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας σε αιμοσφαιρίνη στο αίμα τους, πρότειναν ότι η ίδια αφομοίωση θα μπορούσε να λάβει χώρα στους ανθρώπους.

Το κουφάγκαθο χαρακτηρίζεται ως ασφαλές φυτό, καθώς δεν περιλαμβάνεται στον κατάλογο των βοτάνων που περιέχουν τοξικές, εθιστικές, ψυχοτρόπες ή άλλες επιβλαβείς ουσίες, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων. Όλοι οι καρποί του κουφάγκαθου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ωφέλιμα ακόρεστα λιπαρά οξέα και στην παρουσία φθοριούχων λιπαρών οξέων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα για τον εμπλουτισμό των τροφίμων. Βέβαια, η διαδικασία αυτή πρέπει να είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς της Ε.Ε. (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2008).

1.6 Εντομοκτόνος ιδιότητα

Σε ορισμένες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι εκχυλίσματα αιθανόλης από τους σπόρους του κουφάγκαθου έχουν εντομοκτόνες ιδιότητες. Ειδικότερα, τα εκχυλίσματα αυτά έχουν υψηλή αποτελεσματικότητα εναντίον της πράσινης αφίδας που προσβάλλει την ροδακινιά και του αλευρώδη που εμφανίζεται στα θερμοκήπια. Πιθανώς, λοιπόν, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοδιασπώμενων γεωργικών φαρμάκων, κατάλληλων για βιολογική καλλιέργεια.

1.7 Χρήση στη βιομηχανία καλλυντικών

Η αντιοξειδωτική δράση της σιλυβίνης μπορεί να αξιοποιηθεί στην παρασκευή καλλυντικών για την προστασία του δέρματος (Singh και Agarwal, 2002). Επιπλέον, η σιλυβίνη μπορεί επίσης να προστατέψει το δέρμα από την υπεριώδη ακτινοβολία. Το λάδι που εξάγεται από τους σπόρους κουφάγκαθου που περιέχουν περίπου 1% σιλυμαρίνη είναι ένα καλό υλικό για την παραγωγή καλλυντικών κρεμών (Szcucinska κ.ά., 2003).

Χρησιμοποιώντας αλεύρι από σπόρους κουφάγκαθου ο Baranowska κ.ά. (2003) ανέπτυξαν μια διαδικασία για την ενζυματική υδρόλυση των πρωτεϊνών του αλεύρου και την κλασματοποίηση των πεπτιδίων. Μάλιστα, έδειξαν ότι τα απομονωμένα πεπτιδία αναστέλλουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών με μια δραστηριότητα συγκρίσιμη με τη δραστηριότητα των συντηρητικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στα καλλυντικά και τα φαρμακευτικά προϊόντα.

Στην κοσμητική βιομηχανία, η σιλυμαρίνη και η σιλυβίνη έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον, κυρίως για την καταπολέμηση της γήρανσης και δημιουργία προϊόντων κατά των ελεύθερων ριζών. Ωστόσο, η απορρόφηση σιλυβίνης από το δέρμα είναι περιορισμένη. Αυτό το πρόβλημα έχει λυθεί με μια νέα τεχνολογία κατά την οποία γίνεται συνδυασμός με φωσφολιπίδια. Έτσι, η σιλυβίνη μετατρέπεται σε σύμπλοκα που μπορούν να διαπεράσουν τις μεμβράνες πιο εύκολα. Αυτό το μοριακό σύμπλεγμα ονομάζεται φυτόσωμα. Πολλά δημοφιλή τυποποιημένα φυτικά εκχυλίσματα συμπεριλαμβανομένου του κουφάγκαθου είναι σήμερα διαθέσιμα στο εμπόριο. Η βιοδιαθεσιμότητα, η καλή διείσδυση στο δέρμα, η ασφάλεια και η σταθερότητα αυτών των σκευασμάτων έχουν τεκμηριωθεί. Σήμερα, τα φυτοσωμικά σκευάσματα χρησιμοποιούνται ως λειτουργικά καλλυντικά, αλλά έχουν επίσης πολλές εφαρμογές στη φαρμακευτική βιομηχανία και στην κτηνιατρική (Semalty κ.ά., 2010).

1.8 Ζωοτροφές

Το κουφάγκαθο και τα παρασκευάσματα σιλυμαρίνης χρησιμοποιούνται, είτε ως συμπλήρωμα ζωοτροφών με σκοπό τη βελτίωση της υγείας και της παραγωγικότητας των ζώων, είτε για θεραπευτικούς σκοπούς. Σύμφωνα με εμπειρογνώμονες στη διατροφή των μηρυκαστικών (Pihat κ.ά., 1999) τα πράσινα μέρη του φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή φλαβονολιγνών, με σκοπό να βελτιώσουν την υγεία των ζώων, καθώς και την ποιότητα του κρέατός τους. Εντούτοις, η πεπτικότητα, η ενεργειακή αξία και η πρόσληψη από τα ζώα του χόρτου κουφάγκαθου είναι μικρότερα από εκείνα του κριθαριού (Pihat κ.ά., 1999).

Στη διατροφή των ζώων, το εκχύλισμα σιλυμαρίνης έχει χρησιμοποιηθεί συχνότερα από ό,τι οι σπόροι του κουφάγκαθου και η χορτομάζα του. Μάλιστα, οι χρήσεις των σπόρων ή της σιλυμαρίνης ως συμπλήρωμα διατροφής των ζώων εκτροφής βελτίωσαν ορισμένους δείκτες υγείας αυτών (Tedesco κ.ά., 2004; Muhammad κ.ά., 2012). Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις όπου δεν επιτεύχθηκαν θετικά αποτελέσματα, αυτό μπορεί να οφείλεται σε μη-κατάλληλες δόσεις σιλυμαρίνης (Tedesco κ.ά., 2004; Schiavone κ.ά., 2007) ή σε ανεπαρκή πεπτικότητα και αποδόμηση της σιλυμαρίνης από τα μηρυκαστικά.

1.9 Βιοκαύσιμα

Η ενέργεια από βιομάζα, ιδιαίτερα το βιοντίζελ, είναι μια από τις πιο εύκολες και φθηνότερες πηγές ενέργειας που προέρχονται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που έχει θετικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στην οικονομία. Το βιοντίζελ είναι συγκριτικά πιο ευεργετικό σε σύγκριση με το υψηλής ταχύτητας ντίζελ. Γενικά, παράγεται από βιομάζα, η οποία είναι ανανεώσιμη, μη τοξική και βιοδιασπώμενη. Σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ, έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και άλλα στοιχεία που προκαλούν ρύπανση κατά την καύση. Σε παγκόσμια κλίμακα, τα αποθέματα ζωοτροφών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ προέρχονται από βρώσιμα έλαια. Αλλά μια τέτοια πρώτη ύλη μπορεί να προκαλέσει μερικά σημαντικά προβλήματα όπως ο ανταγωνισμός με καλλιέργειες τροφίμων, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το κόστος του βιοντίζελ (Lee και Liu, 2003). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, το κουφάγκαθο είναι μια καλή πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Η καλλιέργεια του βιοαερίου μπορεί να παραχθεί, είτε από ολόκληρα τα φυτά, είτε από τα υπολείμματα μετά τη συγκομιδή των σπόρων. Στην Πολωνία, η απόδοση των υπολειμμάτων μετά την αφαίρεση των σπόρων είναι περίπου 50 t ha^{-1} με περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία 25% (Andrzejewska κ.ά., 2011).

Στην Κίνα, το βιοντίζελ παράγεται κυρίως από έλαια, συμπεριλαμβανομένων τους σπόρους ελαιοκράμβης, σόγιας, αλλά και καστορέλαια. Πρόσφατες μελέτες όμως δείχνουν ότι υπάρχουν εναλλακτικές, μη εδώδιμες, καλλιέργειες που δίνουν έλαια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες. Μια από τις εναλλακτικές καλλιέργειες είναι το κουφάγκαθο, το οποίο χρησιμοποιείται από τη φαρμακοβιομηχανία, αλλά και για παραγωγή βιοντίζελ.

1.10 Αλληλοπάθεια

Τα ζιζάνια δεν ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά μόνο για τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, το νερό, το φως και το χώρο, αλλά μερικά από αυτά εκκρίνουν ουσίες που αναστέλλουν το φύτρωμα ή την αύξηση των καλλιεργούμενων φυτών. Είναι πλέον γνωστό ότι μερικά ζιζάνια ζημιώνουν άλλα καλλιεργούμενα ή αυτοφυή φυτά με τις χημικές ουσίες που εκκρίνουν στο χώρο ανάπτυξής τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αλληλοπάθεια (Ελευθεροχωρινός, 2002). Η αλληλοπάθεια, η οποία εκδηλώνεται μετά από προσθήκη στο περιβάλλον κάποιας τοξικής χημικής ουσίας, διαφέρει από τον ανταγωνισμό, ο οποίος είναι αποτέλεσμα της περιορισμένης διαθεσιμότητας ενός παράγοντα απαραίτητου για την αύξηση των φυτών (Καλμπουρτζή, 1992). Γενικά, η αλληλοπαθητική δράση μεταξύ των ζιζανίων και των καλλιεργούμενων φυτών είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση, την ανάπτυξη των ζιζανίων και συχνά τη σύνθεση των φυσικών οικοσυστημάτων (Βασιλάκογλου, 2012). Ζιζάνια όπως η αγριοβρώμη, η αγριάδα, ο βέλιουρας, η κύπερη, το κίρσιο και η περιπλοκάδα έχει βρεθεί ότι παράγουν τοξικές ουσίες και εκδηλώνουν αλληλοπάθεια. Από τα καλλιεργούμενα φυτά, τα σιτηρά [σικάλη, σιταρόβριζα (*tritico-secale*), κριθάρι, βρώμη, ρύζι, αραβόσιτος], τα ψυχανθή (βίκος, μηδική, τριφύλλι), τα ζαχαρότευτλα, η σόγια και ο ηλιάνθος παράγουν τέτοιες ουσίες και ασκούν αλληλοπαθητική επίδραση στα ζιζάνια (Corcuera κ.ά., 1992, Putnam και DeFrank, 1979). Η παραγωγή αυτών των ουσιών γίνεται σε όλα τα μέρη του φυτού (ρίζες, βλαστό, φύλλα, άνθη) και η απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον γίνεται με 1. εξάτμιση ή 2. έκπλυση από τα φύλλα και το βλαστό, 3. έκκριση από τις ρίζες και 4. αποσύνθεση των φυτών στο έδαφος (Βασιλάκογλου, 2012). Οι χημικές ουσίες στις οποίες αποδίδεται η αλληλοπάθεια είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού και εκτός από λίγες εξαιρέσεις, όλες αυτές (χημικές ουσίες) μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την βιοσύνθεση τους σε πέντε μεγάλες ομάδες: στα αλκαλοειδή, τα φαινυλοπροπάνια, τα στεροειδή, τα τερπενοειδή και της ακετογενίνες (Βασιλάκογλου, 2012). Η παραγωγή των ουσιών αυτών επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι τα θρεπτικά στοιχεία, η θερμοκρασία, το φως, η υγρασία και η ηλικία του φυτού

(Καλμπουρτζή, 1992). Ορισμένες από τις αλληλοπαθητικές ουσίες που παράγονται από τα φυτά βρέθηκε ότι είναι το ρ-κουμαρικό οξύ, το υδροξυβενζοϊκό, το νανιλικό οξύ και το κουμαρικό οξύ.

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες επιδρούν σε ορισμένες βιοχημικές και φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Αυτές είναι: 1. η επιμήκυνση των κυττάρων και η ανάπτυξη ριζικών τριχιδίων, 2. η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, 3. η φωτοσύνθεση, 4. η αναπνοή, 5. το άνοιγμα των στοματίων, 6. η σύνθεση των πρωτεϊνών και 7. η αύξηση που οφείλεται σε ορμονική δράση (Καλμπουρτζή, 1992).

Έρευνες που έγιναν διεθνώς σχετικά με την αλληλοπαθητική δράση σε διάφορα είδη ζιζανίων (Putnam και DeFrank, 1979; Purvis, κ.ά., 1985; Rosenthal κ.ά., 1985; Steinsiek κ.ά., 1982; Shilling κ.ά., 1985). Από τον προσδιορισμό των συστατικών των εκχυλισμάτων των φυτών αυτών βρέθηκε ότι η ανασταλτική τους ιδιότητα οφειλόταν στο αλκαλοειδές gramine (Ahmad, κ.ά., 1985). Επιπλέον, βρέθηκε ότι η καλλιέργεια του κριθαριού αναστέλλει το φύτευμα των σπόρων διαφόρων ζιζανίων, την αύξηση και την παραγωγή τους σε σπόρο, όχι μόνο επειδή αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό από το σιτάρι, αλλά και εξαιτίας του ότι εκκρίνει στο έδαφος 15 διάφορες ουσίες, προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού (αλληλοπαθητικές ουσίες) (Ben Hammouda κ.ά., 2001).

Ακόμη, οι Dhima κ.ά. (2006a, 2006b) σε πειράματα διερεύνησης της δυνατότητας αντιμετώπισης των ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων μουχρίτσα, σπονδυλωτή σετάρια και αιματόχορτο με ενσωμάτωση στο έδαφος φυτικής μάζας χειμερινών σιτηρών, βρήκαν ότι ικανοποιητική αντιμετώπιση των τριών προαναφερθέντων ζιζανίων στις καλλιέργειες αραβοσίτου, βαμβακιού και ζαχαρότευτλου μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων, αλλά με φθινοπωρινή σπορά του κριθαριού Αθηναΐδα. Οι ίδιοι ερευνητές (Δήμας κ.ά., 2004) σε πειράματα που έγιναν για να διερευνηθεί η ανταγωνιστική-αλληλοπαθητική ικανότητα δέκα ποικιλιών κριθαριού εναντίον των χειμερινών ζιζανίων, βρήκαν ότι η ανταγωνιστική-αλληλοπαθητική ικανότητα του κριθαριού διαφέρει μεταξύ των ποικιλιών και ότι η επιλογή ποικιλίας με μεγάλη ανταγωνιστική-αλληλοπαθητική ικανότητα μπορεί να περιορίσει σημαντικά τη χρήση των ζιζανιοκτόνων για την αντιμετώπιση των χειμερινών ζιζανίων.

Γενικά, η αλληλοπαθητική δράση μεταξύ των ζιζανίων και των καλλιεργούμενων φυτών είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση, την ανάπτυξη των ζιζανίων και συχνά τη σύνθεση των φυσικών οικοσυστημάτων (Βασιλάκογλου, 2005). Επομένως, η αλληλοπάθεια παίζει σπουδαίο ρόλο σε ένα αγροσύστημα και είναι προφανές ότι η

καλύτερη κατανόηση της αλληλοπάθειας θα βοηθήσει τη φυτική ανάπτυξη και την ανάπτυξη περισσότερο αποτελεσματικών αγροσυστημάτων.

1.11 Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του πειράματος ήταν η αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής ικανότητας εννέα οικότυπων κουφάγκαθου (οι σπόροι συλλέχθηκαν από εννέα γεωγραφικές περιοχές) οι οποίοι (οικότυποι) αναπτύχθηκαν σε συνθήκες ανταγωνισμού (ασκάλιστα) και έλλειψης ανταγωνισμού (σκαλισμένα) και με τα χειμερινά ζιζάνια. Τα αποτελέσματα του πειράματος θα συμβάλλουν στην κατανόηση της παρεμβολής (ανταγωνισμός + αλληλοπάθεια) που εκδηλώνουν οι οικότυποι κουφάγκαθου σε συνθήκες αγρού.

2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Υλικά και μέθοδοι

Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε στο Αγρόκτημα του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλίας κατά τον Νοέμβριο της καλλιεργητικής περιόδου 2017/18. Ο πειραματικός αγρός το προηγούμενο έτος ήταν ακαλλιέργητος, ενώ ήταν μολυσμένος από τα ζιζάνια παπαρούνα (*Paraver rhoeas* L.), στελλάρια (*Stellaria media* L.), καπνόχορτο (*Fumaria officinalis* L.), πολυκόμπι (*Polygonum aviculare* L.), βερόνικα (*Veronica hederifolia* L.) και λουβουδιά (*Chenopodium album* L.). Το γεγονός της ύπαρξης των ζιζανίων επιβεβαιώθηκε από οπτικές μετρήσεις που έγιναν την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο, εφόσον το αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν ο ανταγωνισμός των ζιζανίων στην ανάπτυξη του κουφάγκαθου.

2.1.1 Επεμβάσεις και πειραματικό σχέδιο

Κατά τη διάρκεια του πειράματος αξιολογήθηκε η αποδοτικότητα εννέα οικότυπων κουφάγκαθου. Ειδικότερα, οι εννέα οικότυποι που αξιολογήθηκαν στο πείραμα ήταν: επτά Ελληνικοί (E1: αγρόκτημα Τ.Ε.Ι./Θεσσαλίας, E2: Β.Ι.Π.Ε. Καρδίτσας, E3: Καστοριά, E5: Θεσσαλονίκη, E6: Σπαρτή, E8: Γόννοι Λάρισας και E9: Μυρίνα Καρδίτσας) και δύο Βουλγαρίας (E4 και E7). Οι σπόροι σπάρθηκαν με το χέρι σε αποστάσεις 50 cm μεταξύ των γραμμών και 20 cm επί της γραμμής, προκειμένου να επιτευχθεί συνολικός 10.000 σπόρων ανά στρέμμα. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο πλήρων, υποδιαιρεμένων τεμαχίων, σε ελεύθερη διάταξη και με τέσσερις επαναλήψεις. Τα κύρια τεμάχια αποτελούσαν οι 9 οικότυποι κουφάγκαθου, ενώ τα υποτεμάχια αποτελούσε η παρουσία (συνθήκες ανταγωνισμού) ή η μη παρουσία (συνθήκες έλλειψης ανταγωνισμού) των ζιζανίων. Το μέγεθος των υποτεμαχίων ήταν (5 x 3 m) και κάθε υποτεμάχιο περιλάμβανε έξι γραμμές κουφάγκαθου.

2.1.2 Συλλογή δειγμάτων αγρού

Στις 19 Απριλίου 2018 ξεκίνησε η δειγματοληψία του κουφάγκαθου. Συλλέχτηκε δείγμα από κάθε τεμάχιο, σκαλισμένο και ασκάλιστο. Προτού κοπεί το κάθε φυτό μετρήθηκε το ύψος της κορυφής του και έπειτα τα δείγματα του κάθε τεμαχίου ζυγίστηκαν. Από κάθε

οικότυπο πάρθηκαν δείγματα περίπου 10 φύλλων. Όταν ολοκληρώθηκε η δειγματοληψία της πρώτης μέρας, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε δίσκους και μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο ώστε να αρχίσει η φυσική τους αποξήρανση.

Στις 21 Απριλίου 2018 ολοκληρώθηκε η δειγματοληψία και όλα τα δείγματα ήταν τοποθετημένα στους δίσκους και μέσα στο θερμοκήπιο για αποξήρανση. Την άλλη μέρα τα δείγματα γυρίστηκαν από την άλλη πλευρά για πιο εύκολη αποξήρανση και αποφυγή ανάπτυξης παθογόνων. Στις 27 Απριλίου 2018 αφού τα δείγματα είχαν αποξηραθεί εντελώς τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες.

Στις 8 Μαΐου 2018 οι σακούλες με τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο της Γεωργικής Χημείας για θρυμματισμό. Απομακρύνθηκε το κεντρικό νεύρο διότι είχε μεγάλο μέγεθος και θρυμματίστηκε το υπόλοιπο φυτικό μέρος. Σε πρώτη φάση θρυμματίστηκαν στο μπλέντερ και έπειτα στο μύλο του εργαστηρίου για να βγει το τελικό προϊόν.

2.1.3 Υλικά βιοδοκιμών

Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Γάντια
- Ζυγαριά
- Πριόνι
- Πλαστικοί δίσκοι
- Μούλτι
- Σέσουλα
- Ζυγαριά ακριβείας
- Μύλος
- Χάρτινες σακούλες
- Γυάλινα βάζα 400ml
- Τουρλοπάνι
- Διηθητικό χαρτί
- Αδιαφανείς πλαστικές σακούλες
- Κωνικές φιάλες 500ml
- Γυάλινο σιφόνι
- Γυάλινα χωνιά
- Πλαστικά μπουκάλια των 200ml
- Πλαστικά τριβλία (διαμέτρου 8.5 cm)
- Περλίτης (αδρανές υλικό που συγκρατεί την υγρασία)

2.1.4 Διαδικασία εκχύλισης

Στις 5 Ιουνίου 2018 για κάθε οικότυπο κουφάγκαθου τοποθετήθηκαν 2,5, 5 και 10 g ξηρού και αλεσμένου φυτικού υλικού σε γυάλινα βάζα των 400 ml. Στη συνέχεια, σε κάθε βάζο προστέθηκαν 200 ml απιονισμένου νερού ώστε να επιτευχθούν συγκεντρώσεις 1,25, 2,5 και 5,0 % αντίστοιχα. Τα βάζα ανακινήθηκαν σε οριζόντια μηχανή ανακίνησης για 4 ώρες στις 200 στροφές/λεπτό (Εικόνα 1). Κατόπιν, το περιεχόμενο κάθε βάζου διαχωρίστηκε με τουρλοπάνι προκειμένου να απομακρυνθεί το φυτικό υλικό (Εικόνα 2). Στη συνέχεια, το υπερκείμενο περάστηκε από διηθητικό χαρτί Νο 4. Τέλος, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια των 200 ml για να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών (Εικόνα 3).



Εικόνα 1. Ανακίνηση βάζων για 4 ώρες σε θερμοκρασία 20 °C.



Εικόνα 2. Διήθηση εκχυλισμάτων από τουρλοπάνι.



Εικόνα 3. Τοποθέτηση εκχυλισμάτων σε πλαστικά φιαλίδια.

2.1.5 Διαδικασία βιοδοκιμών

Κατά τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών με φυτό δείκτη το φθινοπωρινό ζιζάνιο λεπτή ήρα (*Lolium rigidum*) τοποθετήθηκαν 50 σπόροι του ζιζανίου ανά πλαστικό τριβλίο διαμέτρου 8,5 cm. Κατόπιν οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και στη συνέχεια έγινε προσθήκη 10 ml εκχυλίσματος των οικότυπων κουφάγκαθου (Εικόνα 4). Στα τριβλία του μάρτυρα (συγκέντρωση 0%) έγινε προσθήκη 10 ml απιονισμένου νερού (Εικόνα 5). Στη συνέχεια, τα τριβλία καλύφθηκαν με τα πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν πλήρως σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με μαύρες πλαστικές σακούλες και οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών (συνθήκες σκότους και θερμοκρασίας 19 °C) στον οποίο παρέμειναν για δέκα ημέρες (Εικόνα 6). Μετά από την πάροδο του χρόνου αυτού, απομακρύνθηκε ο περλίτης από τα φυτά της λεπτής ήρας, μετρήθηκε ο αριθμός των σπόρων που βλάστησε και το μήκος των ριζών τους. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών κάθε τριβλίου και οι τιμές αυτές εκφράστηκαν ως % του μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρως τυχαιοποιημένο με 3 επαναλήψεις.

Επιπλέον, η φυτοτοξική επίδραση της δόσης των εκχυλισμάτων του κουφάγκαθου στη λεπτή ήρα υπολογίστηκε με τη μέθοδο Whole-range assessment (An κ.ά., 2005). Ο δείκτης αναστολής υπολογίστηκε από την εξίσωση 1 (Liu κ.ά., 2007).

$$I = D_c \int^{D_n} [R(0) - f(D)] dD / \int_0^{D_n} R(0) dD \quad [1]$$

Σε αυτή την εξίσωση, οι συγκεντρώσεις που μελετήθηκαν κυμάνθηκαν από 0 έως D_n , το D_c είναι το κατώφλι της δόσης στην οποία η αντίδραση του φυτού είναι ίδια με αυτή του μάρτυρα και πάνω από αυτή έχουμε αναστολή του χαρακτηριστικού (φύτρωμα ή μήκος

ρίζας), το $R(0)$ είναι η αντίδραση του φυτού σε συγκέντρωση $0 \text{ g ξηρού βάρους } 100 \text{ mL}^{-1}$ (μάρτυρας) και το $f(D)$ αναπαριστά τη μεταβολή του χαρακτηριστικού του φυτού.



Εικόνα 4. Τοποθέτηση σπόρων και περλίτη σε πλαστικά τριβλία.



Εικόνα 5. Εμποτισμός με 10 ml εκχυλίσματος.



Εικόνα 6. Τοποθέτηση των τριβλίων στο θάλαμο ανάπτυξης φυτών.



Εικόνα 7. Μέτρηση του μήκους των ριζών *Lolium rigidum* που φύτευσαν.

2.1.6 Στατιστική ανάλυση

Τα παραγοντικό σχέδιο (οικότυποι κουφάγκαθου x παρουσία ζιζανίων x συγκέντρωση εκχυλίσματος) χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων. Το στατιστικό πρόγραμμα MST-A-C χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA), ενώ το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση διαφορών σε $P=0,05$.

Οι δείκτες αναστολής (I) υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα WESIA (Whole-range Evaluation of the Strength of Inhibition in Allelopathic-bioassay) (Liu κ.ά., 2007).

2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

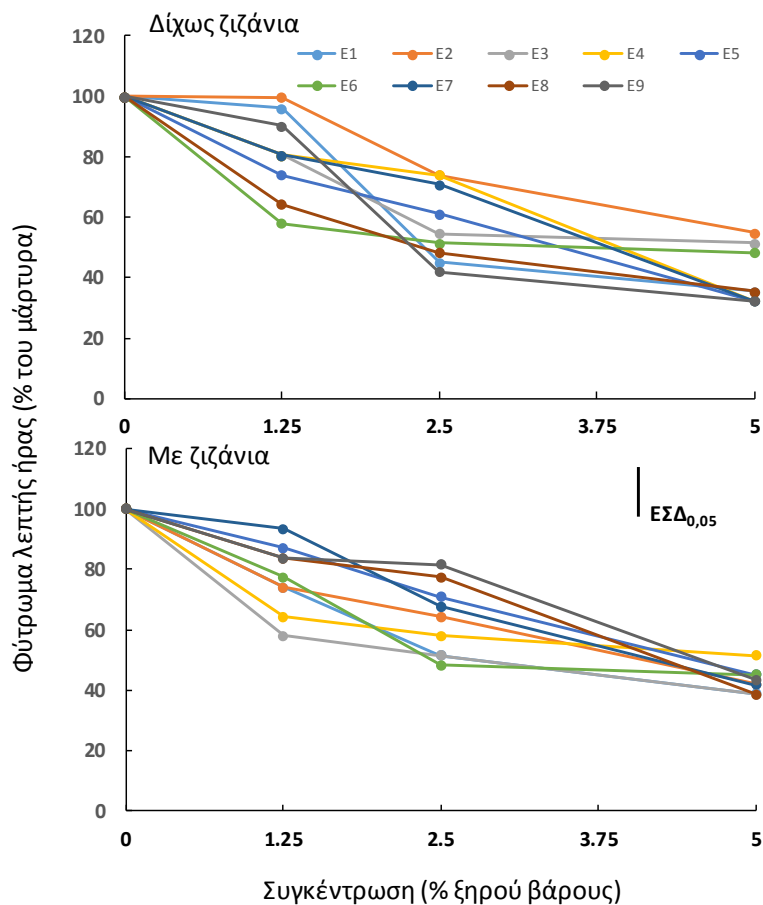
Η ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA) έδειξε ότι η βλάστηση και το μήκος ρίζας της λεπτής ήρας επηρεάστηκε από τον οικότυπο ($P < 0,001$), την παρουσία των ζιζανίων ($P < 0,01$) και τη συγκέντρωση ($P < 0,001$), καθώς και από τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Η αύξηση της συγκέντρωσης από 1,25% σε 5% προκάλεσε επιπλέον μείωση στη βλάστηση και το μήκος ρίζας της λεπτής ήρας (Σχήματα 1 και 2). Η συγκέντρωση του 5% των εκχυλισμάτων των οικότυπων που αναπτύχθηκαν δίχως τον ανταγωνισμό των ζιζανίων προκάλεσε, κατά μέσο όρο, μείωση της βλάστησης κατά 61% (Σχήμα 1). Η αντίστοιχη μείωση των εκχυλισμάτων των οικότυπων που αναπτύχθηκαν με ανταγωνισμό ζιζανίων ήταν, κατά μέσο όρο, 57%. Σχετικά με το μήκος ρίζας της λεπτής ήρας, η συγκέντρωση του 5% των εκχυλισμάτων των οικότυπων που αναπτύχθηκαν δίχως τον ανταγωνισμό των ζιζανίων προκάλεσε, κατά μέσο όρο, μείωση κατά 65% (Σχήμα 2), ενώ η αντίστοιχη μείωση των εκχυλισμάτων των οικότυπων που αναπτύχθηκαν με ανταγωνισμό ζιζανίων ήταν, κατά μέσο όρο, 57%. Σε συνθήκες δίχως ανταγωνισμό ζιζανίων, τη μεγαλύτερη μείωση (94,3%) στο μήκος ρίζας προκάλεσαν οι οικότυποι E1 και E7. Σε συνθήκες ανταγωνισμού, τη μεγαλύτερη μείωση (11,0%) προκάλεσαν οι οικότυποι E7 και E8.

Οι Tsioussi κ.ά. (2019) βρήκαν ότι τα εκχυλίσματα του κουφάγκαθου μείωσαν σημαντικά τη βλάστηση και το μήκος ρίζας των ζιζανίων λεπτή ήρα και μικρόκαρπη φάλαρη (*Phalaris minor* Retz.). Μάλιστα, οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν ότι η αύξηση της συγκέντρωσης προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση και αυτό πιθανώς οφείλονταν στην παρουσία μεγαλύτερης συγκέντρωσης αλληλοπαθητικών ουσιών. Οι Lombado κ.ά. (2009) βρήκαν ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες caffeoylquinic acids και arigenin 7-O-glucuronide βρίσκονταν στα εκχυλίσματα άγριων και καλλιεργούμενων οικότυπων άγριας αγκινάρας (*Cynara cardunculus* L.). Προσέτι, οι Scavo κ.ά. (2018) βρήκαν ότι τα υδατικά εκχυλίσματα της άγριας αγκινάρας μείωσαν τη βλάστηση των ζιζανίων τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus* L.), διπλόταξη (*Diploaxis erucoides* (L.) DC.) και αντράκλα (*Portulaca oleracea* L.). Σύμφωνα με τους Ibrahim κ.ά. (2007), το μίγμα ισομερών τεσσάρων φλαβονολιγνανών (silychristin, silydianin, silybin και isosilybin), γνωστό ως 3-oxyflavone silymarin, παράγεται στους ιστούς του κουφάγκαθου.

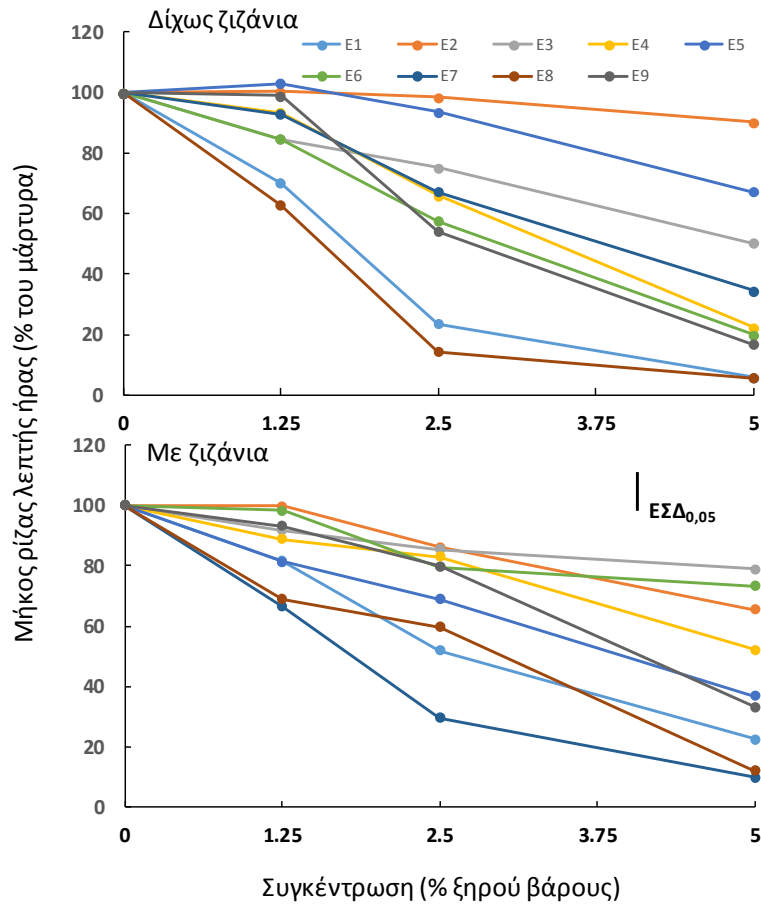
Σχετικά με τους δείκτες αναστολής, για τη βλάστηση της λεπτής ήρας κυμάνθηκαν από 21,87% έως 45,18% (Πίνακας 1). Οι δείκτες αναστολής για το μήκος ρίζας κυμάνθηκαν από 2,64% έως 67,06%. Ομοίως, οι Tsioussi κ.ά. (2019) βρήκαν ότι ο δείκτης αναστολής της

βλάστησης και του μήκους ρίζας της λεπτής ήρας από το εκχύλισμα του κουφάγκαθου (οικότυπος Λάρισας) κυμάνθηκε από 33,28% έως 47,56%.



Σχήμα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων εννέα οικότυπων κουφάγκαθου και της παρουσίας ζιζανίων στο φύτευμα του ζιζανιού λεπτή ήρα (*Lolium rigidum*).

E1: αγρόκτημα Τ.Ε.Ι./Θεσσαλίας, E2: Β.Ι.Π.Ε. Καρδίτσας, E3: Καστοριά, E4: Βουλγαρία_1, E5: Θεσσαλονίκη, E6: Σπαρτή, E7: Βουλγαρία_2, E8: Γόννοι Λάρισας και E9: Μυρίνα Καρδίτσας.



Σχήμα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων εννέα οικότυπων κουφάγκαθου και της παρουσίας ζιζανίων στο μήκος ρίζας του ζιζανίου λεπτή ήρα (*Lolium rigidum*).

E1: αγρόκτημα Τ.Ε.Ι./Θεσσαλίας, E2: Β.Ι.Π.Ε. Καρδίτσας, E3: Καστοριά, E4: Βουλγαρία_1, E5: Θεσσαλονίκη, E6: Σπαρτή, E7: Βουλγαρία_2, E8: Γόννοι Λάρισας και E9: Μυρίνα Καρδίτσας.

Πίνακας 1. Δείκτες αναστολής της βλάστησης και του μήκους ρίζας της λεπτής ήρας όπως επηρεάστηκαν από τον οικότυπο του κουφάγκαθου και την παρουσία ζιζανίων.

Οικότυπος κουφάγκαθου	Δείκτης αναστολής (I %)			
	Βλάστηση		Μήκος ρίζας	
	Δίχως ζιζάνια	Με ζιζάνια	Δίχως ζιζάνια	Με ζιζάνια
E1	37,04	41,22	61,18	41,54
E2	21,87	35,05	2,64	14,26
E3	35,05	45,18	25,79	13,11
E4	31,34	34,61	33,98	20,90
E5	38,63	28,00	10,45	32,26
E6	42,53	40,01	39,56	14,69
E7	32,73	28,46	30,36	58,84
E8	45,17	27,75	67,06	45,24
E9	39,93	25,03	39,79	24,92
E.Σ.Δ.(0,05)		10,55		8,69

E1: αγρόκτημα Τ.Ε.Ι./Θεσσαλίας, E2: Β.Ι.Π.Ε. Καρδίτσας, E3: Καστοριά, E4: Βουλγαρία_1, E5: Θεσσαλονίκη, E6: Σπαρτή, E7: Βουλγαρία_2, E8: Γόννοι Λάρισας και E9: Μυρίνα Καρδίτσας.

2.3 Συμπέρασμα

Ουσίες με φυτοτοξική δράση βρίσκονται στα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κουφάγκαθου. Οι ουσίες αυτές επηρέασαν σημαντικά τη βλάστηση και την ανάπτυξη του ζιζανίου λεπτή ήρα (*Lolium rigidum*). Συνεπώς, η υψηλή ανταγωνιστική ικανότητα του κουφάγκαθου που παρατηρείται στον αγρό μπορεί εν μέρει να οφείλεται και στην εκδήλωση αλληλοπάθειας εναντίον των ζιζανίων.

3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Abenavoli L., Capasso R., Milic N., Capasso F. 2010. Milk thistle in liver diseases: past, present, future. *Phytotherapy Research* 24:1423-1432.
- Ahmad M.U., Libbey L.M., Barbour J.F., Scanlan R.A. 1985. Isolation and characterization of products from the nitrosation of the alkaloid gamines. *Food and Chemical Toxicology*. 23:841-847.
- Ahmad M., Zafar M., Sultana S., Azam A., Khan M.A. 2013. The Optimization of biodiesel production from a novel source of wild non-edible oil yielding plant *Silybum Marianum*. *International Journal of Green Energy* 11:589–594.
- Alemardan A., Karkanis A., Salehi R. 2013. Breeding objectives and selection criteria for milk thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.]. *Not Bot Horti Agrobo* 41:340-347.
- An M., Pratley J.E., Haig T., Liu D.L. 2005. Whole-range assessment: a simple method for analysing allelopathic dose-response data. *Nonlin. Biol. Toxicol. Med.* 3:245-259.
- Andrzejewska J., Martinelli T., Sadowska K. 2015. *Silybum marianum*: non-medical exploitation of the species. *Annals of Applied Biology* 167:285-297.
- Andrzejewska J., Sadowska K., Mielcarek S. 2011. Effect of sowing date and rate on the yield and flavonolignan content of the fruits of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) grown on light soil in a moderate climate. *Industrial Crops and Products* 33:462-468.
- Baranowska B., Kurzepa K., Marczak E., Szczucinska A., Lipkowski A.W. 2003. Utilization of milk thistle seed waste. II. Biologically active peptides from milk thistle seed waste. *Oleiste – Oilseed Crops* 24:725-732.
- Ben Hammouda M., Ghorbal H., Kremer R.J., Ouslatt O. 2011. Autotoxicity of barley. *Journal of Plant Nutrition* 25:1155-1161.
- Blumenthal M., Busse WR. 1998. *The Complete German Commission E Monographs: Therapeutic Guide to Herbal Medicines*. Austin, Tex: American Botanical Council.
- Corcuera L.J., Argandona V.H., Niga G.E. 1992. Allelochemicals in wheat and barley: role in plant-insect interactions. In: S. J. H. Rizvi and V. Rizvi [Eds.]. *Allelopathy, basic and applied aspects*. London, England: Chapman and Hall. pp. 119-127.
- Del Rio-Celestino M.D., Font R., Moreno-Rojas R., De Haro-Bailon A. 2006. Uptake of lead and zinc by wild plants growing on contaminated soils. *Industrial Crops and Products* 24:230–237.

- Dhima K.V., Vasilakoglou I.V., Eleftherohorinos I.G., Lithourgidis A. 2006a. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on Grass weed suppression and corn development. *Crop Science* 46:345-352.
- Dhima K.V., Vasilakoglou I.V., Eleftherohorinos I.G., Lithourgidis A. 2006b. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and sugar beet development. *Crop Science* 46:1682-1691.
- Grabowicz M., Piłat J., Mikołajczak J. 2001. Effect of silage from *Silybum marianum* (L.) Gaertn. on the dairy cow production. *Annals of Warsaw Agricultural University - Animal Science, Special Issue*. pp. 313 –317.
- Ibrahim M.M., Ottai M.E.S., El-Mergawi R.A. 2007. Selfing mating effect on growth traits and silymarin production of some selected lines among milk thistle (*Silybum marianum* L.) varieties. *World J. Agric. Sci.* 3:97-104.
- Jadayil S.A., Tukan S.K., Takruri H.R. 1999. Bioavailability of iron from four different local food plants in Jordan. *Plant Foods for Human Nutrition* 54:285–294.
- Karkanis A., Bilalis D., Efthimiadou A. 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. *Industrial Crops and Products* 34:826-829.
- Ladas E.J., Kelly K.M. 2003. Milk thistle: is there a role for its use as an adjunct therapy in patients with cancer? *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 3:411–416.
- Ledda L., Deligios P., Farci R., Sulas L. 2013. Biomass supply for energetic purposes from some *Carduae* species grown in Mediterranean farming systems. *Industrial Crops and Products* 47:218-226.
- Lee D.Y., Liu Y. 2003. Molecular structure and stereochemistry of silybin A, silybin B, isosilybin A, and isosilybin B, isolated from *Silybum marianum* (milk thistle). *J Nat Prod.* 66:1171-1174.
- Li F., Li F., Zhao T., Mao G., Zou Y., Zheng D., Takase M., Feng W., Wu X., Yang L. 2013. Solid-state fermentation of *industrialia*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97:6725-6737.
- Lombardo S., Pandino G., Mauro R., Mauromicale G. 2009. Variation of phenolic content in globe artichoke in relation to biological, technical and environmental factors. *Ital. J. Agron.* 4:181-189.
- Morazzoni P., Bombardelli E. 1995. *Silybum marianum* (*Carduus marianus*). *Fitoterapia* 66:3-42.
- Muhammad D., Chand N., Khan S., Sultan A., Mushtaq M., Rafiullah. 2012. Hepatoprotective role of milk thistle (*Silybum marianum*) in meat type chicken fed aflatoxin B1 contaminated feed. *Pakistan Veterinary Journal* 32:443-446.

- Parry J.W., Cheng Z., Moore J., Yu L.L. 2008. Fatty acid composition, antioxidant properties, and antiproliferative capacity of selected cold-pressed seed flours. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85:457-464.
- Piłat J., Mikołajczak J., Grabowicz M., Kaczmarek I. 1999. Zastosowanie zielonek z całych roślin ostropestu plamistego (*Silybum marianum* L., Gaertn.) w żywieniu bydła. [Application of whole crop *Silybum marianum* (L.) Gaertn. in feeding of cattle]. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu (Konferencje XXII)*, 361, 105-110.
- Purvis C.E., Jessop R.S., Lovett J.V. 1985. Selective regulation of germination and growth of annual weeds by crop residues. *Weed Research* 25:415-421.
- Putnam A.R., Defrank J., Jane P. 1983. Barnes exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. *Journal of Chemical Ecology* 9:1001-1010.
- Putnam, A.R., Defrank J. 1979. Use of allelopathic cover crops to inhibit weeds. *Science* 36:580-582.
- Ram G., Bhan M.K., Gupta K.K., Thaker B., Jamwal U., Pal S. 2005. Variability pattern and correlation studies in *Silybum marianum* Gaertn. *Fitoter* 76:143-147.
- Rosenthal S.S., Maddox D.M., Brenetti J. 1985. Biological control methods. In *Principals of weed control in California* Thomson Publications, Fresno. pp. 65-94.
- Sadowska K., Andrzejewska J., Woropaj-Janczak M. 2011. Effect of weather and agrotechnical conditions on the content of nutrients in the fruits of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus* 3:197-207.
- Scavo A., Restuccia A., Pandino G., Onofri A., Mauromicale G. 2018. Allelopathic effects of *Cynara cardunculus* L. leaf aqueous extracts on seed germination of some Mediterranean weed species. *Ital. J. Agron.* 13:119-125.
- Schiavone A., Righi F., Quarantelli R., Bruni P., Serventi P., Fusari A. 2007. Use of *Silybum marianum* fruit extract in broiler chicken nutrition: influence on performance and meat quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 91:256-260.
- Semalty A., Semalty M., Rawat M.S.M., Franceschi F. 2010. Supramolecular phospholipids–polyphenolics interactions: the PHYTOSOME[®] strategy to improve the bioavailability of phytochemicals. *Fitoterapia* 81:306-314.
- Shilling D.G., Liberl R.A., Worsham A.D. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaf weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In A.C. Thompson (ed). *The Chemistry of Allelopathy*. ACS Symposium Series 268, American Chemical Society, Washington D.C. pp. 243-271.

- Singh R.P., Agarwal R. 2002. Flavonoid antioxidant silymarin and skin cancer. *Antioxidants & Redox Signaling* 4:655-663.
- Steinsiek J.W., Oliver L.R., Collins F.C. 1982. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected species. *Weed Science* 30:495-497.
- Sulas L., Ventura A., Murgia L. 2008. Phytomass production from *Silybum marianum* for bioenergy. *Options Mediterraneennes. Series A.* 79:487-490.
- Szczucinska A., Lipkowski A.W., Baranowska B., Walisiewicz-Niedbalska W., Rzycki K., Maciuszczak-Kotlarek H. 2003 Utylizacja odpadu nasion ostropestu plamistego. I. Olej z ostropestu plamistego jako antyutleniacz [Utilisation of milk thistle seed waste. Part I. Milk thistle oil as antioxidant]. *Rosliny Oleiste - Oilseed Crops* 25:717-724.
- Tedesco D., Tava A., Galletti S., Tameni M., Varisco G., Costa A., Steidler S. 2004. Effect of silymarin, a natural hepatoprotector in periparturient Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:2239-2247.
- Tsiaousi A., Vasilakoglou I., Gravalos I., Koutroubas S.D. 2019. Comparison of milk thistle (*Silybum marianum*) and cardoon (*Cynara cardunculus*) productivity for energy biomass under weedy and weed-free conditions. *European Journal of Agronomy* 110:125924.
- Tournas V.H., Sapp C., Trucksess M.W. 2012. Occurrence of aflatoxins in milk thistle herbal supplements. *Food Addit. Contam.* 29:994-999.
- Vairo Cavalli S., Silva S.V., Cimino C., Malcata F.X., Priolo N. 2008. Hydrolysis of caprine and ovine milk proteins, brought about by aspartic peptidases from *Silybum marianum* flowers. *Food Chem.* 106:997-1003.

Ελληνική

- Βασιλάκογλου Ι. 2005. Ζιζανιολογία. Διδακτικές σημειώσεις. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας . Σελ .320.
- Βασιλάκογλου Ι. 2012. Σύγχρονη Ζιζανιολογία. 2^η Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ. 488.
- Βασιλάκογλου Ι., Δήμας Κ. 2017. Ζιζάνια. Σύγχρονος Οδηγός Αναγνώρισης και Αντιμετώπισης. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Δαρόγλου Η., Παναγιώτου Β. 2018. Σύγκριση αποδοτικότητας άγριας αγκινάρας και κουφάγκαθου (*Silybum marianum*) σε συνθήκες ανταγωνισμού και μη ανταγωνισμού ζιζανίων κατά το δεύτερο έτος της καλλιέργειας. Πτυχιακή Διατριβή, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλίας, Λάρισα.

Δήμας Κ., Βασιλάκογλου Ι., Λιθουργίδης Α., Ελευθεροχωρινός Η. 2004. Διερεύνηση ανταγωνιστικής-αλληλοπαθητικής ικανότητας δέκα ποικιλιών κριθαριού. 13^ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρίας. Ορεστιάδα 10-12 Νοεμβρίου 2004. Περιλήψεις Ανακοινώσεων, σελ. 31.

Ελευθεροχωρινός Η.Γ. 2002. Ζιζανιολογία. Αγρότυπος. Αθήνα. σελ. 420.

Καλμπουρτζή Κ.Α. 1992. Αλληλοπάθεια σε αγροοικοσυστήματα. Ζιζανιολογία 2:223-231.