

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Διερεύνηση της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης  
στην αλληλοπαθητική ικανότητα της ελαιοκράμβης  
(Study of the N-fertilization effect on the allelopathic  
potential of oilseed rape)**

Πτυχιακή διατριβή  
**Αντιγόνη Μάτη**

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Βασιλάκογλου, Αναπληρωτής Καθηγητής

**Λάρισα 2013**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

		Σελίδα
1	Εισαγωγή	
1.1	Ιστορικά στοιχεία για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης	2
1.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά ελαιοκράμβης	3
1.3	Οικολογικές απαιτήσεις της ελαιοκράμβης	4
1.4	Αλληλοπάθεια	5
1.5	Σκοπός πειραματικής εργασίας	8
2	Πειραματικό μέρος	9
2.1	Υλικά και Μέθοδοι	9
2.2	Διαδικασία εκχύλισης	10
2.3	Διαδικασία βιοδοκιμής	11
2.4	Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	12
3	Αποτελέσματα και συζήτηση	15
4	Συμπεράσματα	24
5	Βιβλιογραφία	25

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορικά στοιχεία για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης

Η ελαιοκράμβη είναι ετήσιο φυτό και ανήκει κυρίως στο είδος *Brassica napus* L. var. *napus* της οικογένειας των Σταυρανθών (Brassicaceae) (Πανούτσου κ.ά., 2005). Στην αγγλική γλώσσα είναι γνωστή με τον όρο *rare, oilseed rare, rara, rapeseed* και *canola*. Η ονομασία *canola* είναι συγκοπτόμενη και προέρχεται από τα αρχικά της φράσης 'Canadian Oilseed Low-Acid', την οποία χρησιμοποιούσε η τοπική κυβέρνηση της Μανιτόμπα (Καναδάς) για να χαρακτηρίσει το σπόρο κατά τη διάρκεια πειραμάτων που διενεργούσε. Σήμερα όμως αποτελεί εμπορική επωνυμία του σπόρου ελαιοκράμβης που περιέχει χαμηλά ποσοστά σε ερουκικό οξύ, αλλά και σε θειο-γλυκοζίτες (Περδικάρης και Αθανασόπουλος, 2005). Η καταγωγή της ελαιοκράμβης δεν είναι σαφώς προσδιορισμένη, αλλά είναι πολύ πιθανό να κατάγεται από την περιοχή της Ευρασίας. Οι πρώτες πληροφορίες αναφέρουν ότι το είδος αυτό καλλιεργούνταν το 2000 π.Χ στην Ινδία, Κίνα και Ισπανία για την παραγωγή λαδιού για φωτισμό. Αναφέρεται επίσης ως τόπος καταγωγής η νοτιοανατολική Ευρώπη (Γαλανοπούλου-Σενδουκά, 2002). Στην Ευρώπη, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης φέρεται να άρχισε τον 13<sup>ο</sup> αιώνα, αν και ήταν γνωστή ως καλλιέργεια από τη Ρωμαϊκή εποχή και το Μεσαίωνα. Την εποχή εκείνη το κραμβέλαιο χρησιμοποιούνταν κυρίως για φωτισμό, αλλά και για τη διατροφή του πολύ φτωχού πληθυσμού. Κατά τον 17<sup>ο</sup> και 18<sup>ο</sup> αιώνα το κραμβέλαιο χρησιμοποιούνταν ευρέως για φωτισμό, αλλά και ως λιπαντικό. Σήμερα, έχει γίνει σημαντικό προϊόν του διεθνούς εμπορίου, κυρίως για τη χρήση του ως λιπαντικό για πρώτη ύλη για την παραγωγή βιο-ντίζελ (Βακάκης κ.ά., 2007). Παγκοσμίως, το κραμβέλαιο παράγεται από ποικιλίες διαφόρων ειδών του γένους *Brassica*, όπως *Brassica napus*, *Brassica campestris*, *Brassica juncea* (Indian mustard) και *Brassica carinata* (Ethiopian mustard). Το είδος *Brassica napus* καλλιεργείται ως χειμερινή καλλιέργεια στην Ευρώπη και στην Κίνα και ως θερινή καλλιέργεια στην Αυστραλία. Το είδος *Brassica juncea* καλλιεργείται στην Ινδία και στην Κίνα. Τέλος το είδος *Brassica carinata* καλλιεργείται στην Αιθιοπία και στη Βορειοανατολική Αφρική (Berry και Spink, 2006). Το είδος *Brassica napus* είναι ανθεκτικό στις αντίξοες

καιρικές συνθήκες του χειμώνα, ενώ το είδος *Brassica carinata* παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι οι καρποί του (κέρατα) δεν ανοίγουν εύκολα, ελαχιστοποιώντας έτσι τις απώλειες σε σπόρους κατά την ωρίμανση και συγκομιδή (Namatov κ.ά., 2005).



**Εικόνα 1.** Καλλιέργεια ελαιοκράμβης.

## **1.2. Βοτανικά χαρακτηριστικά ελαιοκράμβης**

Η κύρια ρίζα είναι επιμήκης, βαθιά, οξύληκτη, με πολυάριθμες πλάγιες ρίζες, που φθάνουν σε βάθος 5-7,5 cm. Όταν επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες, το φυτό αναπτύσσει βαθύτερο ριζικό σύστημα. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ του τύπου του ριζικού συστήματος και της αντοχής του φυτού στην έλλειψη εδαφικής υγρασίας, που είναι πολύ σημαντικό για τις αποδόσεις του στις ξηροθερμικές περιοχές (Βακάκης κ.ά., 2007). Ο κύριος βλαστός διακλαδίζεται σε δευτερεύοντες που αναφέρονται ως πλάγιοι. Ο αριθμός των πλάγιων βλαστών ποικίλει, ανάλογα με την ποικιλία και το περιβάλλον. Οι πλάγιοι βλαστοί που εκπτύσσονται στις μασχάλες των υψηλότερων φύλλων επί του κυρίου στελέχους, καθώς αυτό επιμηκύνεται, καταλήγουν συνήθως σε ταξιανθία. Το ύψος του κύριου στελέχους του φυτού ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία. Κυμαίνεται από 50 cm μέχρι 2 m και κατά μέσο όρο 80-150 cm. Παρόλα αυτά, ορισμένες νέες ποικιλίες είναι βραχύτερες κατά το στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (Βακάκης κ.ά., 2007). Τα φύλλα εκφύονται κατ'

εναλλαγή και φέρουν εγκοπές. Είναι έλλοβα, με εξέχον κεντρικό νεύρο Τα πρώτα μπλε-πράσινα φύλλα σχηματίζουν ρόδακα, ιδιαίτερα κατά τη φθινοπωρινή σπορά, από τον οποίο εκφύονται αργότερα, μετά το λήθαργο του χειμώνα, νέα φύλλα και το κεντρικό στέλεχος (Γαλανοπούλου–Σενδουκά, 2002). Ο αριθμός των φύλλων του κύριου στελέχους, ενώ βασικά είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας, μπορεί να ποικίλει από 5 μέχρι 12 στις ποικιλίες ανοιξιιάτικης σποράς και 40 ή και περισσότερα στις ποικιλίες φθινοπωρινής σποράς (Βακάκης κ.ά., 2007). Τα άνθη έχουν συνήθως έντονο κίτρινο χρώμα και φέρονται σε ταξιανθίες βότρες που βρίσκονται στο άκρο του κύριου στελέχους και των διακλαδώσεών του. Η ανθοφορία αρχίζει από τη βάση της ταξιανθίας (Γαλανοπούλου–Σενδουκά, 2002). Οι σπόροι σχηματίζονται σε λεπτά και μυτερά στο άκρο κέρατα και όταν ωριμάζουν μετατρέπονται από πράσινοι σε γυαλιστερούς μαύρους. Η ωρίμανση είναι διαδοχική, γι' αυτό οι σπόροι των κατώτερων κεράτων μπορούν να διασπαρθούν προτού ωριμάσουν τα ανώτερα κέρατα (Βακάκης κ.ά., 2007).

### **1.3. Οικολογικές απαιτήσεις ελαιοκράμβης**

Η ελαιοκράμβη ευδοκιμεί σε περιοχές με ήπιο χειμώνα και άνοιξη με μέτριες θερμοκρασίες και αρκετές βροχοπτώσεις. Θεωρείται φυτό ευρείας προσαρμοστικότητας που καλύπτει όλη σχεδόν τη ζώνη του σίτου, διότι αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και  $-18^{\circ}\text{C}$  (Γαλανοπούλου–Σενδουκά, 2002). Η ελαιοκράμβη συγκαταλέγεται στην κατηγορία ουδέτερων σε φωτοπεριοδισμό φυτών, αν και ορισμένες ποικιλίες φαίνεται να αντιδρούν στον φωτοπεριοδισμό. Σε αυτήν ακριβώς την αντίδρασή τους στηρίζεται ουσιαστικά και η διάκριση των ποικιλιών σε φθινοπωρινής (αντιδρούν στον φωτοπεριοδισμό) και ανοιξιιάτικης καλλιέργειας (ουδέτερα φωτοπεριοδισμού). Τα φυτά των ποικιλιών χειμερινής καλλιέργειας την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα, όπου η ημέρα έχει μικρή διάρκεια, παραμένουν στο στάδιο της ροζέτας. Με την άνοδο της θερμοκρασίας και καθώς η διάρκεια της ημέρας αυξάνεται κατά την άνοιξη του επόμενου έτους, αναπτύσσονται κανονικά και φθάνουν στο στάδιο της ανθοφορίας (Βακάκης κ.ά., 2007). Όσον αφορά τη θερμοκρασία, η ελαιοκράμβη κατά το στάδιο

της βλαστικής ανάπτυξης προσαρμόζεται σε θερμοκρασίες ημέρας από 5°C έως 27°C, ενώ είναι φυτό ανθεκτικό στον παγετό σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Οι ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στις χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να αντέξουν στη χιονοκάλυψη, όμως η θερμοκρασία των -10°C χωρίς χιονοκάλυψη θεωρείται ως η ελάχιστη κρίσιμη θερμοκρασία για την επιβίωση των φυτών των περισσότερων ποικιλιών (Βακάκης κ.ά., 2007). Ως προς το έδαφος, η ελαιοκράμβη δεν είναι απαιτητική καλλιέργεια. Γενικά, μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη, προτιμά όμως τα γόνιμα εδάφη με ικανοποιητική (αλλά όχι υπερβολική) υγρασία, με μέτρια περιεκτικότητα σε ασβέστιο και με τιμές pH 4,2-8,2 (με άριστες τιμές 6-7,5) (Σφήκας, 1988).

#### 1.4. Αλληλοπάθεια

Τα ζιζάνια δεν ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά μόνο για τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, το νερό, το φως και το χώρο, αλλά πολλά από αυτά εκκρίνουν ουσίες που αναστέλλουν το φύτεμα 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 (Βασιλάκογλου, 2012). 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 (*Avena* spp.), η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η κύπερη (*Cyperus* spp.), το κίρσιο (*Cirsium arvense*) και η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*) έχει βρεθεί ότι παράγουν τοξικές ουσίες και εκδηλώνουν αλληλοπάθεια. Από τα καλλιεργούμενα φυτά, τα σιτηρά (σίκαλη, σιταρόβριζα, κριθάρι, βρώμη, ρύζι, καλαμπόκι), τα ψυχανθή (βίκος, μηδική,

τριφύλλι), το ζαχαρότευτλο, η σόγια και ο ηλιάνθος παράγουν τέτοιες ουσίες και ασκούν αλληλοπαθητική επίδραση στα ζιζάνια (Corcuera κ.ά., 1992; Putman και DeFrank, 1983). Η παραγωγή αυτών των ουσιών γίνεται σε όλα τα μέρη του φυτού (ρίζες, βλαστό, φύλλα, άνθη) και η απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον γίνεται 1. με εξάτμιση (αφορά τις πτητικές αλληλοπαθητικές ουσίες), 2. με έκπλυση από τα φύλλα και το βλαστό, 3. με έκκριση από τις ρίζες και 4. με την 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 τη βιοσύνθεση τους σε πέντε μεγάλες ομάδες: στα αλκαλοειδή, τα φαινυλοπροπάνια, τα στεροειδή, τα τερπενοειδή και τις ακετογενίνες (Βασιλάκογλου, 2012). Ορισμένες από τις αλληλοπαθητικές ουσίες που παράγονται από τα φυτά βρέθηκε ότι είναι το κουμαρικό οξύ, το υδροξυβενζοϊκό και το νανιλικό οξύ. Ειδικότερα, οι ουσίες αυτές απομονώθηκαν στο μεσόφυλλο και την επιδερμίδα, αλλά δε βρέθηκαν στο αγωγό σύστημα των φυτών (Corcuera κ.ά., 1992). Για το λόγο αυτό οι παραπάνω ερευνητές συμπέραναν ότι οι προαναφερθείσες ουσίες παράγονται στα φύλλα, αλλά δεν μετακινούνται στα υπόλοιπα τμήματα του φυτού.

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).

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες επιδρούν σε ορισμένες λειτουργίες 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).

Ο επιτυχής έλεγχος των ζιζανίων είναι ουσιώδης για την παραγωγή της ελαιοκράμβης (Martin κ.ά., 2001), και οι ποικιλίες με χαρακτηριστικά που παρέχουν μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα (χρόνος εμφάνισης, συσσώρευση βιομάζας ή ύψος φυτού) ίσως αποτελούν την καλύτερη επιλογή για την καταστολή της ανάπτυξης και της παρεμβολής των ζιζανίων (Beckie κ.ά., 2008). Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στην ανταγωνιστική ικανότητα των ποικιλιών ελαιοκράμβης

εναντίον των ζιζανίων (Beckie κ.ά., 2008). Τα υβρίδια ελαιοκράμβης εμφανίστηκαν ως πιθανός τρόπος αύξησης της απόδοσης, λόγω ετέρωσης (Dierpenbrock, 2000) και επίσης λόγω της μεγαλύτερης ανταγωνιστικής τους ικανότητας σε σχέση με τις καθαρές σειρές (Zand και Beckie, 2002).

Έρευνες που έγιναν διεθνώς σχετικά με την αλληλοπαθητική δράση σε διάφορα είδη ζιζανίων (Purvis, κ.ά., 1985; Putman και DeFrank, 1983; Rosenthal κ.ά., 1985; Shilling, κ.ά., 1985). Επιπλέον, βρέθηκε ότι η καλλιέργεια του κριθαριού αναστέλλει το φύτεμα 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 διάφορες ουσίες, προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού (αλληλοπαθητικές ουσίες) (Ben-Hammouda κ.ά., 2001). Από τον προσδιορισμό των συστατικών των εκχυλισμάτων των φυτών αυτών βρέθηκε ότι η ανασταλτική τους ιδιότητα οφειλόταν στο αλκαλοειδές gramine (Ahmad, κ.ά., 1985).

Ακόμη, οι Dhima κ.ά. (2006a, 2006b) σε πειράματα διερεύνησης της δυνατότητας αντιμετώπισης των ετησίων 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. Οι Perez και Ormero-Nunez (1993) βρήκαν ότι τα φυτά της σίκαλης μείωσαν κατά 84% τη βιομάζα της αγριοβρώμης σε σχέση με τα φυτά του σιταριού. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η διαφορά αυτή οφειλόταν στην τοξική δράση των αλληλοπαθητικών ουσιών (μπεζοξαζινόνες) που εκκρίνονταν από τις ρίζες των φυτών της σίκαλης. Ειδικότερα, οι ερευνητές υποστήριξαν ότι με τη χρήση αυτών των φυτών μπορούσε να επιτευχθεί η αντιμετώπιση των ζιζανίων,



χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση είναι ο προσδιορισμός των ποικιλιών χειμερινών σιτηρών που να παράγουν αλληλοπαθητικές ουσίες και προκαλούν καθυστέρηση ή αναστολή του φυτρώματος και της ανάπτυξης των ζιζανίων.

Η αλληλοπάθεια αποτελεί βασικό συστατικό της παρέμβασης στα ζιζάνια των φυτών και θα μπορούσε να δράσει συμπληρωματικά στον ολοκληρωμένο έλεγχο των ζιζανίων (Kim και Shin, 2003). Όλα τα είδη του γένους *Brassica* περιλαμβάνουν γλυκοζινολικές ενώσεις, ουσίες που δεν είναι φυτοτοξικές όμως διασπώνται σε ισοθειοκυανικά ή θειοκυανικά (Fenwick κ.ά., 1989). Τα ισοθειοκυανικά ενδέχεται να συμβάλουν στην αλληλοπαθητική επίδραση, που παρατηρείται με την αποσύνθεση ιστών των φυτών *Brassica* (Al-Khatib κ.ά., 1997). Επίσης, έχει αναφερθεί πως πολλά ισοθειοκυανικά και θειοκυανικά αποτελούν ισχυρούς αναστολείς της βλάστησης των σπόρων και της ανάπτυξης των φυτών (Ju κ.ά., 1983; Dale, 1986; Teasdale και Taylorson, 1986; Bialy κ.ά., 1990).

### **1.5. Σκοπός πειραματικής εργασίας**

Η εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Γεωργικής Παραγωγής, καθώς και η Βιολογική Γεωργία προϋποθέτουν την εύρεση νέων μεθόδων αντιμετώπισης των ζιζανίων και ελαχιστοποίηση της χρήσης ή τη μη χρήση των χημικώς συντιθέμενων ζιζανιοκτόνων. Οι στόχοι της έρευνας αυτής ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην αλληλοπαθητική ικανότητα των υδατικών εκχυλισμάτων τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης εναντίον της αγριοβρώμης (*Avena sterilis* L.), της παπαρούνας (*Paraver rhoeas* L.) και του άγριου σιναπιού (*Sinapis arvensis* L.), που αποτελούν τρία από τα σημαντικότερα χειμερινά ζιζάνια στην Ελλάδα (Damanakis, 1983).

## 2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1. Υλικά και Μέθοδοι

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τεχνολογικού και Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Λάρισας, κατά τη χρονική περίοδο Μάρτιος 2008 – Οκτώβριο 2008. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα δείγματα υπέργειων τμημάτων τεσσάρων υβριδίων ελαιοκραμβης ('Elan', 'Titan', 'PR46w31', 'PR45w04'). Το φυτικό υλικό πάρθηκε από το αγρόκτημα του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, όπου αξιολογήθηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης (0 και 15 kg N ανά στρέμμα) στην ανταγωνιστική ικανότητα και απόδοση των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης, κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 2005-06 και 2006-07, στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος. Τα δείγματα λήφθηκαν στο στάδιο της ανθοφορίας και αποξηράθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C, αφού κόπηκαν προηγουμένως σε τμήματα των 5 cm. Στη συνέχεια αλέστηκαν σε μύλο Wiley (40 mesh) (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά βάζα και θερμοκρασία -15 °C έως ότου χρησιμοποιηθούν για το πείραμα διερεύνησης της αλληλοπαθητικής ικανότητας.

Η αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής ικανότητας και της επίδρασης της δόσης των εκχυλισμάτων τεσσάρων υβριδίων ελαιοκραμβης ('Elan', 'Titan', 'PR46w31', 'PR45w04') που δέχθηκαν διαφορετική αζωτούχο λίπανση έγινε με τη βοήθεια βιοδοκιμών. Ειδικότερα, αξιολογήθηκε η φυτοτοξική δράση των εκχυλισμάτων αυτών εναντίον ενός χειμερινού αγρωστώδους (αγριοβρώμη) και δύο χειμερινών πλατύφυλλων ζιζανίων (αγριοσινάπι, παπαρούνα). Οι σπόροι των ζιζανίων συλλέχθηκαν από αγρούς της περιοχής της Θεσσαλονίκης τον Αύγουστο του 2007 και διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4 °C μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις βιοδοκιμές. Επιπλέον, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- ◆ γυάλινα βάζα των 400 ml
- ◆ κωνικές φιάλες των 500 ml

- ◆ γυάλινα σιφώνια των 10 και 20 ml
- ◆ γυάλινα χωνιά
- ◆ πλαστικά μπουκάλια των 200 ml
- ◆ τουρλοπάνι
- ◆ πλαστικά τριβλία διαμέτρου 8,5 cm
- ◆ περλίτης (αδρανές υλικό που συγκρατεί την υγρασία)
- ◆ διηθητικό χαρτί
- ◆ πλαστικοί δίσκοι
- ◆ πλαστικές σακούλες

## 2.2. Διαδικασία εκχύλισης

Τα αλεσμένα φυτικά δείγματα των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των εκχυλισμάτων. Ειδικότερα, παρασκευάστηκαν υδατικά εκχυλίσματα (w/v) σε γυάλινα δοχεία των 400 mL με προσθήκη 1,25, 2,5, 5,0 ή 10,0 g κάθε φυτικού δείγματος σε 200 mL απιονισμένο νερό (ώστε να επιτευχθούν συγκεντρώσεις 0,63, 1,25, 2,5 και 5,0%, αντίστοιχα) και ανακίνηση σε οριζόντιο δοχείο ανάδευσης για 4h σε 200 rpm (Εικόνα 2). Τα διαλύματα διηθήθηκαν από τέσσερα στρώματα από τουρλοπάνι, ώστε να απομακρυνθούν τα υπολείμματα των ινών (Εικόνα 3), φυγοκεντρήθηκαν στα 1750g σε φυγόκεντρο διαμέτρου στροφείου 30 cm για 1 h και τα υπερκείμενα διηθήθηκαν από ένα στρώμα φίλτρου διήθησης (Whatman No.42, W.&R. Balston, Maidstone, Kent, UK) (Εικόνα 4). Τα εκχυλίσματα αποθηκεύτηκαν στους 4° C για 2-3 ημέρες, μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις βιοδοκιμές. Υπήρχαν τρεις επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα, δηλαδή επίπεδο αζώτου (5 και 15 kg ανά στρέμμα) x συγκέντρωση (0,63, 1,25, 1,50 και 5,00 g 100 mL<sup>-1</sup>) x υβρίδιο ('Elan', 'Titan', 'PR46w31', 'PR45w04') ελαιοκράμβης. Οι εκχυλίσεις επαναλήφθηκαν στο χρόνο με τα δείγματα του λήφθηκαν το δεύτερο έτος του πειράματος αγρού.



**Εικόνα 2.** Ανακίνηση βάζων σε οριζόντια μηχανή.

### **2.3. Διαδικασία βιοδοκιμής**

Για την αξιολόγηση της φυτοτοξικότητας των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης στα ζιζάνια αγριοβρώμη, παπαρούνα και άγριο σινάπι, πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές σε πλαστικά τριβλία (Petri-dishes) των 8,5 cm σε διάμετρο. Ειδικότερα, αξιολογήθηκαν το φύτρωμα, το μήκος της ρίζας και το νωπό βάρος των δύο ζιζανίων σε περλίτη (αδρανές υλικό που δεν προσροφά αλληλοπαθητικές ουσίες) μετά από προσθήκη των υδατικών εκχυλισμάτων καθενός από τα υβρίδια ελαιοκράμβης. Για την παπαρούνα, εκτιμήθηκε μόνο το φύτρωμα, λόγω του μικρού μεγέθους των σποροφύτων της.

Κατά τη βιοδοκιμή, σπόροι παπαρούνας και άγριου σιναπιού (200 και 50, αντίστοιχα) τοποθετήθηκαν σε πλαστικά τριβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm και καλύφθηκαν από 5 g περλίτη. Τα ανοιχτά τριβλία Petri δέχθηκαν την προσθήκη 15 mL εκχυλίσματος ελαιοκράμβης/τριβλίο Petri από εκχύλισμα, καθενός από τα υβρίδια ελαιοκράμβης. Ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν τριβλία που είχαν δεχθεί προσθήκη απιονισμένου νερού. Υπήρχαν δύο τριβλία Petri για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (επίπεδο αζώτου x υβρίδιο ελαιοκράμβης x συγκέντρωση εκχυλίσματος) και τα τριβλία Petri τυχαιοποιήθηκαν σε ρηχούς, πλαστικούς δίσκους. Στη συνέχεια,

οι δίσκοι καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες, ώστε να διατηρηθεί η υγρασία των τριβλίων. Κατόπιν, οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης φυτών και σε συνθήκες θερμοκρασίας  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  και φωτοπεριόδου 8h φως/16h σκοτάδι για 14 ημέρες. Μετά το πέρας του χρόνου επώασης, τα φυτά απομακρύνθηκαν από τα τριβλία Petri, απομακρύνθηκε προσεκτικά ο περλίτης και αξιολογήθηκε το φύτερωμα (από τα δύο τριβλία Petri που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε συνδυασμένο παράγοντα), το μήκος της ρίζας και το συνολικό νωπό βάρος (μόνο των σπόρων που είχαν βλαστήσει). Τα δεδομένα εκφράστηκαν ως ποσοστό του μάρτυρα (τριβλία με απιονισμένο νερό). Οι βιοδοκιμές επαναλήφθηκαν στο χρόνο με τα εκχυλίσματα του λήφθηκαν το δεύτερο έτος του πειράματος αγρού. Κατά τη διάρκεια των βιοδοκιμών δεν παρατηρήθηκε προσβολή από μύκητες στα τριβλία.



**Εικόνα 3.** Απομάκρυνση φυτικών ιστών με τουρλοπάνι.

#### **2.4. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων**

Τα δεδομένα των βιοδοκιμών αναλύθηκαν στο χρόνο χρησιμοποιώντας παραγωγικό πειραματικό σχέδιο με 3 επαναλήψεις (υβρίδια ελαιοκράμβης x συγκέντρωση). Τα δεδομένα πριν την ανάλυση μετατράπηκαν σε  $\log(x+1)$ , προκειμένου να μειωθεί η ετερογένειά τους, αλλά οι μέσοι όροι που παρουσιάζονται έχουν προέλθει από επαναμετατροπή.

Οι γραμμική, τετραγωνική, υπερβολική, εκθετική και λογαριθμική εξισώσεις εξετάστηκαν για την καταλληλότητά τους για να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ του φυτρώματος, του μήκος ρίζας ή του νωπού βάρους των ζιζανίων και της συγκέντρωσης των υδατικών εκχυλισμάτων της ελαιοκράμβης. Η εξίσωση με τον υψηλότερο ρυθμισμένο συντελεστή προσδιορισμού ( $R_o^2$ ) και των  $F$  τιμών θεωρήθηκε η καταλληλότερη. Σε αυτές τις εξισώσεις, το φυτόωμα, το μήκος ρίζας ή το νωπό βάρος (% του μάρτυρα) ήταν η εξαρτώμενη μεταβλητή ( $Y$ ), ενώ η συγκέντρωση του υδατικού εκχυλίσματος ελαιοκράμβης (ξηρό βάρος 100 g mL<sup>-1</sup>) ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή ( $X$ ). Επίσης, η φυτοτοξική επίδραση της δόσης των εκχυλισμάτων ελαιοκράμβης υπολογίστηκε με τη μέθοδο Whole-range (An κ.ά., 2005). Ο δείκτης αναστολής υπολογίστηκε από την εξίσωση #1 (Liu κ.ά., 2007).

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

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, μήκος ρίζας ή νωπό βάρος), το  $R(0)$  είναι η αντίδραση του φυτού σε συγκέντρωση 0 g ξηρού βάρους 100 mL<sup>-1</sup> (μάρτυρας) και το  $f(D)$  αναπαριστά τη μεταβολή του χαρακτηριστικού του φυτού. Το φυτόωμα, το μήκος ρίζας και το νωπό βάρος των ζιζανίων, όπως επηρεάστηκαν από κάθε συνδυασμένο παράγοντα (αζωτούχο λίπανση x υβρίδιο ελαιοκράμβης x συγκέντρωση) και οι αντίστοιχοι δείκτες αναστολής ( $I$ ) υπολογίστηκαν χωριστά για κάθε επανάληψη χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα WESIA (Whole-range Evaluation of the Strength of Inhibition in Allelopathic-bioassay) software (Liu κ.ά., 2007) και κατόπιν χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA).

Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε για κάθε ζιζάνιο χωριστά με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος MSTAT-C, ενώ η εξεύρεση των εξισώσεων συμμεταβολής με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS.



**Εικόνα 4.** Συλλογή εκχυλισμάτων σε πλαστικά μπουκάλια.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι αναλύσεις των δεδομένων των βιοδοκιμών έδειξαν ότι το φύτερωμα, το μήκος ρίζας και το συνολικό νωπό βάρος της αγριοβρώμης, του άγριου σινάπιου και της παπαρούνας, στις περισσότερες περιπτώσεις, επηρεάστηκαν σημαντικά από το έτος ( $P < 0,001$ ), την αζωτούχο λίπανση ( $P < 0,001$ ), το υβρίδιο ελαιοκράμβης ( $P < 0,001$ ), τη συγκέντρωση του υδατικού εκχυλίσματος ( $P < 0,001$ ) και την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ( $P < 0,001$ ). Για το λόγο αυτό, οι τιμές της αλληλεπίδρασης έτος x αζωτούχο λίπανση x υβρίδιο ελαιοκράμβης x συγκέντρωση υδατικού εκχυλίσματος παρουσιάζονται στα σχήματα 1, 2 και 3. Στις περισσότερες περιπτώσεις το φύτερωμα της αγριοβρώμης και του άγριου σινάπιου επηρεάστηκε λιγότερο από ό,τι το μήκος της ρίζας και το συνολικό νωπό βάρος των ζιζανίων (Σχήματα 1 και 2). Ωστόσο, το φύτερωμα των τριών χειμερινών ζιζανίων αναστάλθηκε πλήρως από τη μέγιστη συγκέντρωση των υδατικών εκχυλισμάτων ( $5 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ ) όλων των υβριδίων ελαιοκράμβης.

Το φύτερωμα, το μήκος της ρίζας και το συνολικό νωπό βάρος των χειμερινών ζιζανίων μειώθηκαν με την αύξηση της συγκέντρωσης του υδατικού εκχυλίσματος της ελαιοκράμβης (Σχήματα 1, 2 και 3). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα των Teasdale και Taylorson (1986), οι οποίοι βρήκαν ότι η αναστολή του φυτρώματος του αιματόχορτου [*Digitaria sanguinalis* (L) Scop.] αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης των ισοθιοκυανικών ουσιών.

Η διερεύνηση των καταλληλότερων εξισώσεων συμμεταβολής έδειξε ότι η πολυωνυμική εξίσωση δευτέρου βαθμού ( $y = a + bx + cx^2$ ) περιέγραφε καλύτερα, στις περισσότερες περιπτώσεις, τη σχέση μεταξύ φυτρώματος, μήκους ρίζας ή συνολικού νωπού βάρους των ζιζανίων αγριοβρώμη και άγριο σινάπι και της αύξησης της συγκέντρωσης του υδατικού εκχυλίσματος της ελαιοκράμβης (Σχήματα 1 και 2). Ωστόσο, η εκθετική εξίσωση ( $y = a * b^x$ ) περιέγραψε καλύτερα, στις περισσότερες περιπτώσεις, τη μεταβολή του φυτρώματος της παπαρούνας και της αύξησης της συγκέντρωσης του υδατικού εκχυλίσματος της ελαιοκράμβης (Σχήμα 3). Οι κλίσεις των καμπυλών (παράμετροι  $b$ ) που υπολογίστηκαν από τις εξισώσεις των δεδομένων φυτρώματος, μήκους ρίζας και συνολικού νωπού βάρους των ζιζανίων αγριοβρώμη και άγριο σινάπι έδειξαν ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η μείωση



των παραπάνω χαρακτηριστικών των ζιζανίων ήταν μεγαλύτερη κατά το δεύτερο έτος, σε σύγκριση με τη μείωση που προκάλεσαν τα δείγματα του πρώτου έτους. Η διαφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί στις μεγαλύτερες ποσότητες αλληλοχημικών που παρήγαγε η ελαιοκράμβη το δεύτερο έτος, ως αποτέλεσμα της μεγαλύτερης ικανότητας φωτοσύνθεσης που παρατηρήθηκε στο πείραμα αγρού κατά το δεύτερο έτος (τα δεδομένα αυτά δεν παρουσιάζονται).

Ο υπολογισμός των συντελεστών αναστολής με το πρόγραμμα WESIA έδειξε ότι η αναστολή του φυτρώματος, του μήκους της ρίζας και του συνολικού νωπού βάρους της αγριοβρώμης που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα της ελαιοκράμβης κατά το πρώτο έτος κυμαινόταν από 61,5-72,4%, 63,9-85,7% και 59,9-74,6%, αντίστοιχα (Πίνακας 1). Η αντίστοιχη αναστολή που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα κατά το δεύτερο έτος ήταν 44,1-84,5%, 79,9-88,5% και 69,2-89,1%. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αζωτούχος λίπανση δεν επηρέασε τη φυτοτοξικότητα των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης κατά το πρώτο έτος, πιθανόν λόγω της ικανοποιητικής αρχική περιεκτικότητας του εδάφους σε άζωτο. Ωστόσο, η αζωτούχος λίπανση κατά το δεύτερο έτος είχε ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα των εκχυλισμάτων των υβριδίων ελαιοκράμβης, σε ό,τι αφορά το φύτρωμα και το συνολικό νωπό βάρος της αγριοβρώμης. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συνήθως αυξάνεται με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης (Asare και Scarisbrick, 1995), γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη συγκέντρωση φυτοτοξικών ουσιών και μπορεί να θεωρηθεί ως παράγοντας της μεγαλύτερης φυτοτοξικότητας των εκχυλισμάτων ελαιοκράμβης. Κατά μέσο όρο, η μεγαλύτερη ανασταλτική δράση στο φύτρωμα, το μήκος ρίζας και το νωπό βάρος της αγριοβρώμης κατά το πρώτο έτος, προκλήθηκε από το υβρίδιο PR45w04 (74,0%), ενώ η μεγαλύτερη ανασταλτική δράση στην αγριοβρώμη κατά το δεύτερο έτος προκλήθηκε από τα εκχυλίσματα του υβριδίου PR46w31 (80,7%).

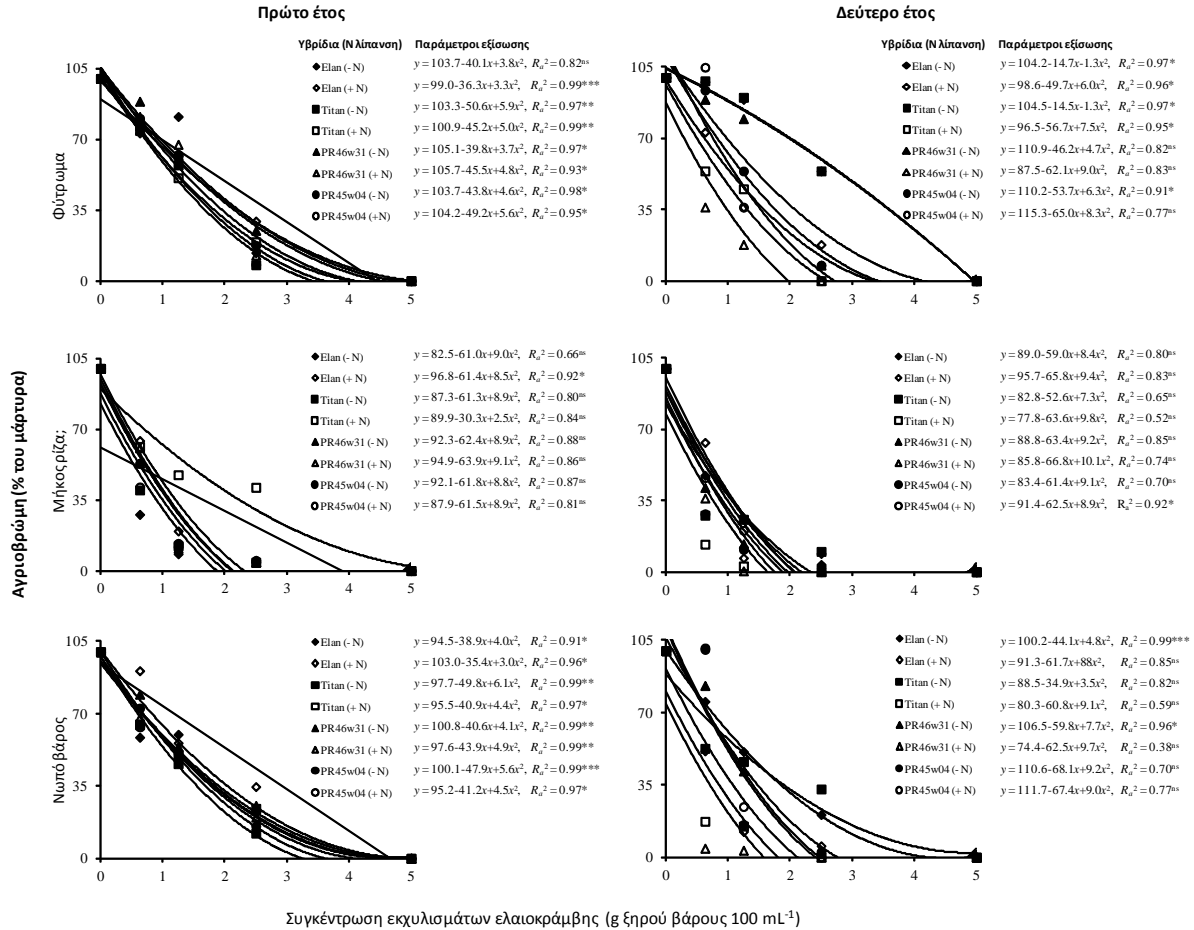
Από τα εκχυλίσματα ελαιοκράμβης του πρώτου έτους, η αναστολή του φυτρώματος, του μήκους ρίζας και του συνολικού νωπού βάρους του άγριου σινάπιου κυμαινόταν από 58,7-73,4%, 64,3-74,2% και 54,3-78,5%, αντίστοιχα (Πίνακας 2). Η αντίστοιχη αναστολή που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα του δεύτερου έτους ήταν 73,2-83,8%, 72,1-84,6% και 74,3-85,2%. Και τα δύο έτη, η αζωτούχος λίπανση δεν επηρέασε, στις περισσότερες περιπτώσεις, τη

φυτοτοξικότητα των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης. Κατά μέσο όρο, η μεγαλύτερη αναστολή στο φύτευμα, το μήκος ρίζας και το νωπό βάρος του άγριου σιναπιού κατά το πρώτο έτος προκλήθηκε από το υβρίδιο PR45w04 (74,4%), ενώ η μεγαλύτερη αναστολή κατά το δεύτερο έτος προκλήθηκε από το υβρίδιο PR46w31 (81,3%) και αμέσως μετά από το υβρίδιο Τιτάν (81,1%).

Η αναστολή της βλάστησης της παπαρούνας που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα της ελαιοκράμβης κατά το πρώτο έτος κυμαινόταν από 65,7-84,0% (Πίνακας 2). Η αντίστοιχη αναστολή που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα κατά το δεύτερο έτος ήταν 41,9-85,7%. Η αζωτούχος λίπανση δεν επηρέασε, στις περισσότερες περιπτώσεις, τη φυτοτοξικότητα των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης κατά το πρώτο έτος. Ωστόσο, η αζωτούχος λίπανση κατά το δεύτερο έτος είχε ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα των υβριδίων ελαιοκράμβης στη βλάστηση της παπαρούνας. Η μεγαλύτερη αναστολή του φυτρώματος της παπαρούνας κατά το πρώτο έτος προκλήθηκε από το υβρίδιο Elan (80,3%), ενώ η μεγαλύτερη αναστολή κατά το δεύτερο έτος προκλήθηκε από το υβρίδιο PR46w31 (78,8%) και αμέσως μετά από το υβρίδιο PR45w04 (77,1%).

Οι διαφορές που καταγράφηκαν μεταξύ των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης, ως προς την αναστολή στο φύτευμα, το μήκος ρίζας και το συνολικό νωπό βάρος των τριών χειμερινών ζιζανίων μπορεί να αποδοθεί στις διαφορές τους στο είδος, τη συνολική ποσότητα και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων αλληλοπαθητικών ουσιών. Λαμβάνοντας υπόψη τη χημεία των ουσιών που εμπλέκονται στην αλληλοπάθεια, οι Fenwick κ.ά. (1989) ανέφεραν πως το γένος *Brassica* παράγει γλυκοζινολικές ενώσεις (μη φυτοτοξικές ουσίες) που διασπώνται όμως σε ισοθειοκυανικά ή θειοκυανικά. Έχει αναφερθεί πως πολλά ισοθειοκυανικά και θειοκυανικά αποτελούν ισχυρούς αναστολείς της βλάστησης των σπόρων και της ανάπτυξης των φυτών (Ju et al., 1983; Dale, 1986; Teasdale και Taylorson, 1986; Bialy et al., 1990; Al-Khatib et al., 1997). Ιδιαίτερα, ισοθειοκυανικά μεθυλίου, βενζολίου και β-φαινυλαιθυλίου ήταν ικανοί αναστολείς της βλάστησης των σπόρων (Teasdale και Taylorson, 1986; Dale, 1986), ενώ τα ιοντικά θειοκυανικά ανέστειλαν την ανάπτυξη της ρίζας ή του βλαστού του λάχανου (*Brassica oleracea* L.), του φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L.) και του καπνού (*Nicotiana tabacum* L.) (Ju et al., 1983). Επίσης, οι Al-Khatib et al. (1997) ανακάλυψαν, σε ένα πείραμα

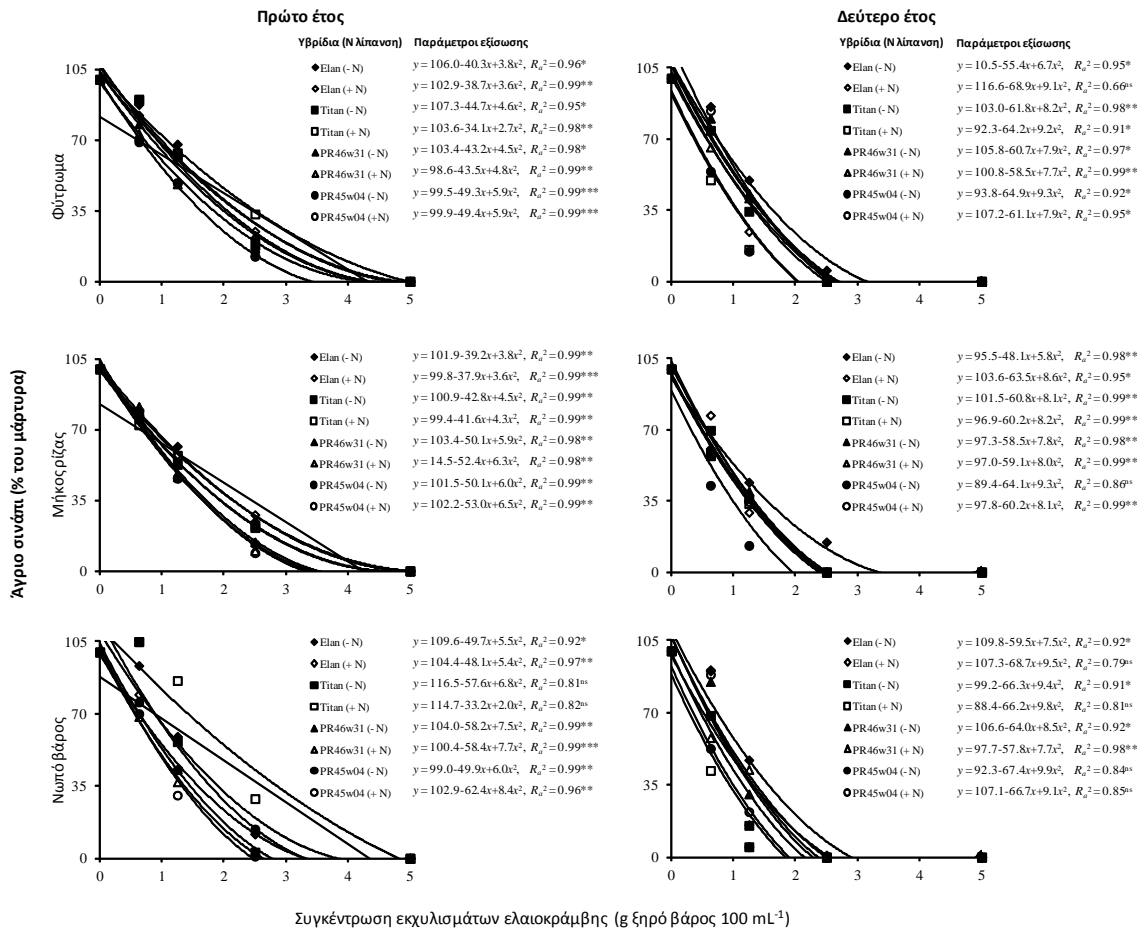
κλειστών δοχείων, ότι τα ισοθιοκυανικά του μεθυλίου, του φαινυλίου και του αιθυλίου ανέστειλαν τη βλάστηση και την ανάπτυξη της μουχρίτσας [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.], του τραχύ βλήτου (*Amaranthus retroflexus* L.) και του μπιζελιού (*Pisum sativum* L.) περισσότερο από ό,τι τα ισοθιοκυανικά του βενζυλίου, του βουτυλίου, του προπυλίου και του β-φαινυλαιθυλίου.



**Σχήμα 1.** Αναστολή (% του μάρτυρα) του φυτρώματος, του μήκους ρίζας και του συνολικού βάρους της αγριοβρώμης, εξαιτίας της επίδρασης των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης. Οι γραμμές αναπαριστούν εξισώσεις δευτέρου βαθμού [τα δεδομένα πριν την ANOVA μετατράπηκαν σε  $\log(x + 1)$ , αλλά οι μέσοι όροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι αυτοί που προέκυψαν από την επαναμετατροπή].

- N, δίχως αζωτούχο λίπανση; + N, με αζωτούχο λίπανση;  $R_a^2$ , ρυθμισμένος συντελεστής προσδιορισμού.

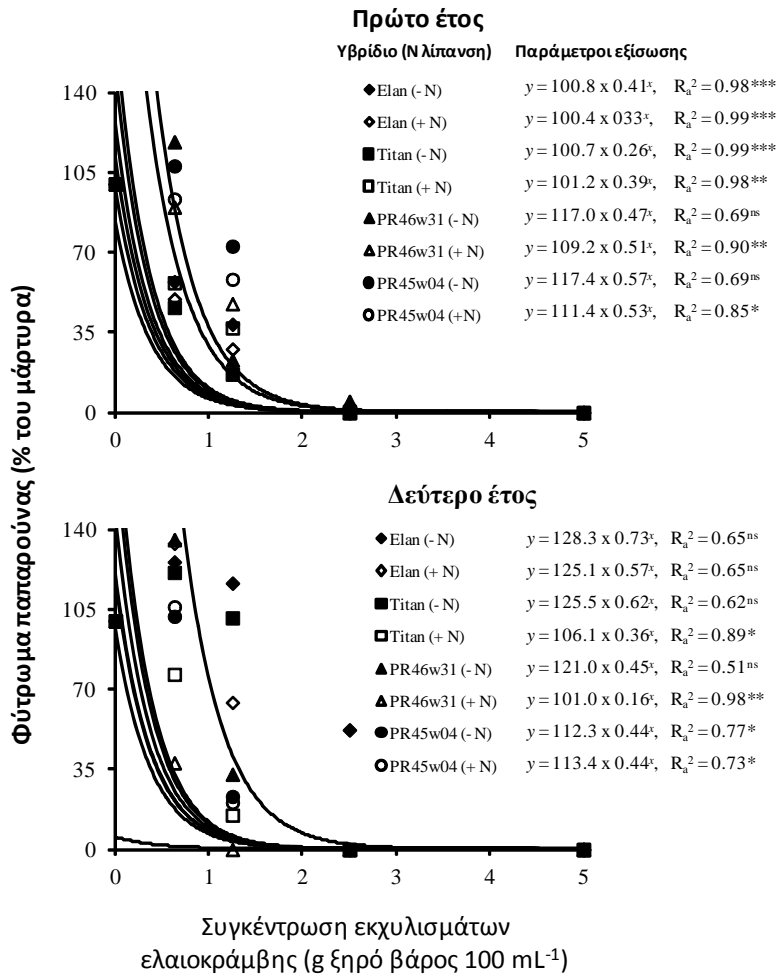
\*, \*\*, \*\*\* Σημαντικότητα των F-τιμών σε 0,05, 0,01 και 0,001 πιθανότητα, αντίστοιχα. ns, μη σημαντικό.



**Σχήμα 2.** Αναστολή (% του μάρτυρα) του φυτρώματος, του μήκους ρίζας και του συνολικού βάρους του άγριου σιναπιού, εξαιτίας της επίδρασης των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης. Οι γραμμές αναπαριστούν εξισώσεις δευτέρου βαθμού [τα δεδομένα πριν την ANOVA μετατράπηκαν σε  $\log(x + 1)$ , αλλά οι μέσοι όροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι αυτοί που προέκυψαν από την επαναμετατροπή].

- N, δίχως αζωτούχο λίπανση; + N, με αζωτούχο λίπανση;  $R_a^2$ , ρυθμισμένος συντελεστής προσδιορισμού.

\*, \*\*, \*\*\* Σημαντικότητα των F-τιμών σε 0,05, 0,01 και 0,001 πιθανότητα, αντίστοιχα. ns, μη σημαντικό.



**Σχήμα 3.** Αναστολή (% του μάρτυρα) του φυτρώματος της παπαρούνας, εξαιτίας της επίδρασης των εκχυλισμάτων των τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης. Οι γραμμές αναπαριστούν εκθετικές εξισώσεις [τα δεδομένα πριν την ANOVA μετατράπηκαν σε  $\log(x + 1)$ , αλλά οι μέσοι όροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι αυτοί που προέκυψαν από την επαναμετατροπή]. - N, δίχως αζωτούχο λίπανση; + N, με αζωτούχο λίπανση;  $R_a^2$ , ρυθμισμένος συντελεστής προσδιορισμού.

\*, \*\*, \*\*\* Σημαντικότητα των  $F$ -τιμών σε 0,05, 0,01 και 0,001 πιθανότητα, αντίστοιχα. ns, μη σημαντικό.

**Πίνακας 1.** Αναστολή της ανάπτυξης της αγριοβρώμης που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης. Οι συντελεστές αναστολής υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα WESIA (Whole-range Evaluation of the Strength of Inhibition in Allelopathic-bioassay) .

Υβρίδιο	Αγριοβρώμη									
	Φύτρωμα		Μήκος ρίζας				Συνολικό νωπό βάρος			
	Αζωτούχος λίπανση									
	-	+	-	+	-	+	-	+		
Έτος 1	Συντελεστής αναστολής (%)									
Elan	64.4 fgh <sup>†</sup>	63.7 fgh	85.7 a	79.9 a	66.8 fg	59.9 h				
Titan	72.4 cd	69.6 de	84.0 a	63.9 b	74.6 cde	67.5 fg				
PR46w31	61.5 h	67.4 ef	82.8 a	82.3 a	64.3 gh	70.6 ef				
PR45w04	67.0 efg	71.0 cde	82.5 a	83.8 a	72.0 def	67.8 fg				
Έτος 2										
Elan	44.4 i	70.1 cde	82.4 a	82.9 a	69.2 fg	82.8 b				
Titan	44.1 i	78.9 b	79.9 a	88.5 a	67.4 fg	85.9 ab				
PR46w31	62.8 gh	84.5 a	84.4 a	87.3 a	75.8 cde	89.1 a				
PR45w04	70.8 cde	74.6 bc	85.5 a	83.4 a	77.4 c	77.2 cd				

<sup>†</sup>Οι μέσοι όροι κάθε στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, σύμφωνα με το Fisher's protected LSD test και  $P = 0,05$ .

**Πίνακας 2.** Αναστολή της ανάπτυξης του άγριου σιναπιού και της παπαρούνας που προκλήθηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα τεσσάρων υβριδίων ελαιοκράμβης. Οι συντελεστές αναστολής υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα WESIA (Whole-range Evaluation of the Strength of Inhibition in Allelopathic-bioassay) .

Υβρίδιο	Άγριο σινάπι						Παπαρούνα									
	Φύτρωμα		Μήκος ρίζας		Συνολικό νωπό βάρος		Φύτρωμα									
	Αζωτούχος λίπανση															
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+						
Έτος 1	Συντελεστής αναστολής (%)															
Elan	61.3	ef†	63.3	ef	64.3	f	64.5	f	65.7	f	70.0	def	78.8	bcde	81.8	abc
Titan	63.6	ef	58.7	f	67.7	ef	67.7	ef	68.0	ef	54.3	g	84.0	ab	79.8	bcd
PR46w31	66.8	de	67.4	de	71.7	de	72.8	de	76.2	cd	77.9	c	75.7	def	73.3	ef
PR45w04	73.4	cd	73.3	cd	72.8	de	74.2	cd	73.9	cde	78.5	bc	65.7	h	72.4	fg
Έτος 2																
Elan	73.2	cd	75.9	c	72.1	de	78.8	bc	74.3	cde	78.7	abc	41.9	j	66.6	gh
Titan	78.4	abc	83.8	a	78.5	bc	80.2	ab	80.5	abc	85.2	a	59.6	i	79.9	bcd
PR46w31	76.6	c	77.8	abc	79.3	abc	79.7	ab	77.8	c	78.9	abc	71.9	fg	85.7	a
PR45w04	83.5	ab	76.9	bc	84.6	a	79.8	ab	84.8	ab	78.4	bc	77.2	cdef	77.0	cdef

†Οι μέσοι όροι κάθε στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, σύμφωνα με το Fisher's protected LSD test και  $P = 0,05$ .



#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι:

1. Αλληλοπαθητικές ουσίες παράγονται από τα φυτά ελαιοκράμβης.
2. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες της ελαιοκράμβης επηρεάζουν αρνητικά το φύτερωμα και την ανάπτυξη των ζιζανίων αγριοβρώμη, άγριο σινάπι και παπαρούνα.
3. Η αζωτούχος λίπανση δεν επηρέασε, στις περισσότερες περιπτώσεις, σημαντικά την αλληλοπαθητική ικανότητα της ελαιοκράμβης, ιδιαίτερα σε εδάφη με επάρκεια αζώτου.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmad, M .U. L. M. Libbey, J. F. Barbour, and R. A. Scanlan. 1985. Isolation and characterization of products from the nitrosation of the alkaloid gamines. *Food and Chemical Toxicology* 23:841-847
- Al-Khatib, K., C. Libbey, and R. Boydston. 1997. Weed suppression with *Brassica* green manure crops in green pea. *Weed Sci.* 45:439-445.
- An, M., J.E. Pratley, T. Haig, and D.L. Liu. 2005. Whole-range assessment: a simple method for analysing allelopathic dose-response data. *Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine* 3:245-260.
- Asare, E. and D.H. Scarisbrick. 1995. Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Res.* 44:41-46.
- Βακάκης και Συνεργάτες (Σύμβουλοι Αγροτικής Ανάπτυξης). 2007. Ελαιοκράμβη. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Βασιλάκογλου, Ι. 2012. Σύγχρονη Ζιζανιολογία. 2<sup>η</sup> Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη, αθήνα. Σελ. 488.
- Beckie, H.J, E.N. Johnson, R.E. Blackshaw, and Y. Gan. 2008. Weed suppression by canola and mustard cultivars. *Weed Technol.* 22:182-185.
- Ben–Hammouda, M., H. Ghorbal, R. J. Kremer, and O. Oueslati.2001. Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedlings growth of bread and durum wheats. *Agronomie* 21:65-71.
- Berry, M., Spink, J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *The Journal of Agricultural Science* 144: 381-392.
- Bialy, Z., W. Oleszek, J. Lewis, and G.R. Fenwick. 1990. Allelopathic potential of glucosinolates (mustard oil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant and Soil* 129:277-281.
- Γαλανοπούλου - Σενδούκα Στέλλα. 2002. Βιομηχανικά Φυτά. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Corcuera, L.J., V.H. Argandoua and G.E.Zuniga. 1992. Allelochemicals in wheat and barley: role in plant-insect interactions. 9: 119-127.
- Dale, J.E. 1986. Decline in phytotoxicity of benzyl isothiocyanate formulated as

- granules. *Weed Sci.* 34:325-327.
- Damanakis, M.E. 1983. Weed species in wheat fields of Greece - 1982, 1983 survey. *Zizaniology* 1:85-90.
- Δήμας Κ., Ι. Βασιλάκογλου, Α. Λιθουργίδης και Η. Ελευθεροχωρινός. 2004. Διερεύνηση ανταγωνιστικής-αλληλοπαθητικής ικανότητας δέκα ποικιλιών κριθαριού. 13<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρείας. Ορεστιάδα 10-12 Νοεμβρίου 2004. Περιλήψεις Ανακοινώσεων σελ. 31.
- Dhima, K.V., I.B. Vasilakoglou, I.G. Eleftherohorinos, and A.S. Lithourgidis. 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., I.B. Vasilakoglou, I.G. Eleftherohorinos, and A.S. Lithourgidis. 2006b. Allelopathic potential of winter cereal cover crop mulches on grass weed suppression and sugarbeet development. *Crop Science* 46:1682-1691.
- Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Res.* 67:35-49.
- Fenwick, G.R., R.K. Heaney, and R. Mawson. 1989. Glucosinolates. In: Toxicants of plant origin. Volume II: Glycosides (Ed. P.R. Cheeke), pp. 97-141. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ju, H.Y., B.B. Bible, and C. Chong. 1983. Influence of ionic thiocyanate on growth of cabbage, bean, and tobacco. *J. Chem. Ecol.* 9:1255-1262.
- Καλμπουρτζή, Κ.Λ. 1992. Αλληλοπάθεια σε αγροοικοσυστήματα. *Ζιζανιολογία* 2:223-231.
- Kim, K.U. and Shin, D.H. (2003). The importance of allelopathy in breeding new cultivars. In: *Weed management for developing countries* (Ed. R. Labrada), pp. 195-210. FAO Plant Production and Protection Paper 120 (Addendum 1), FAO, Rome.
- Liu, D.L., M. An, and H. Wu. 2007. Implementation of WESIA: Whole-range evaluation of the strength of inhibition in allelopathic-bioassay. *Allelopathy J.* 19:203-214.
- Martin, S.G., R.C. Van Acker, and L.F. Friesen. 2001. Critical period of weed control in spring canola. *Weed Sci.* 49:326-333.

- Namatov, I., Nikolaou, A. and Panoutsou, C. 2005. "Rapeseed, as a potential feedstock for biodiesel in Greece". 14th European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Paris 16-21 October 2005.
- Πανούτσου, Κ., Λυχνάρης, Β., Ναμάτοβ, Ε. και Νικολάου, Α. 2005 "Βιοκαύσιμα στην Ελλάδα". Δυνατότητες παραγωγής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. 30 Εθνικό Συνέδριο. RENES. 23- 25 Φεβρουαρίου 2005. Αθήνα.
- Περδικάρης, Α., Αθανασόπουλος, Β. 2005. Η ελαιοκράμβη: βοτανικά χαρακτηριστικά, χρήσεις, νέες ποικιλίες. Περιοδικό Αγρότυπος (February 1, 2005).
- Perez, P.J. and J. Ormeno-Nunez. 1993. Weed growth interference from temperate cereals: the effect of a hydroxamic-acid exuding rye (*Secale cereale* L.) cultivar. Weed Research 33:115-119.
- Purvis, C.E., R.S. Jessop and J.V. Lovett. 1985. Selective regulation of germination and growth of annual weeds by crop residues. Weed Research 25:415-421.
- Putman, A.R. and J. Defrank. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. Crop Protection 2:173-181.
- Rosenthal, S.S., D.M. Maddox and J. Brenetti. 1985. Biological control methods. Pp. 65-94. In Principals of weed control in California Thomson Publications, Fresno.
- Shilling, D.G., R.A. Liberl and A.D. Worsham. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Trificum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaf weeds and the isolation and identification of phytotoxins. Pp. 243-271. In A.C. Thompson (ed). The Chemistry of Allelopathy. ACS Symposium Series 268, American Chemical Society, Washington D.C.
- Σφήκας, Α. 1988. Βιομηχανικά Φυτά II. Εκδόσεις Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Teasdale, J.R. and R.B. Taylorson. 1986. Weed seed response to methyl isothiocyanate and metham. Weed Sci. 34:520-524.
- Zand, E. and H.J. Beckie. 2002. Competitive ability of hybrid and open-pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Can. J. Plat Sci. 82:473-480.