



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ

Δ.Π.Μ.Σ. ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Cirsium arvense – *Taraxacum officinale* – *Datura stramonium*

ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΖΙΖΑΝΙΑ

ΡΟΓΚΟΤΗ ANNA

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Δήμας Κίτσιος

ΙΩΑΝΝΙΝΑ

2010



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την τριμελή επιτροπή, αποτελούμενη από τους Δρ Κίτσιο Δήμα, Επίκουρο Καθηγητή Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Δρ Ιωάννη Βασιλάκογλου, Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Λάρισας και Δρ Τριαντάφυλλο Αλμπάνη, Καθηγητή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και υπεύθυνο του Δ.Π.Μ.Σ. «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες».

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Κίτσιο Δήμα που μου παρείχε τη δυνατότητα εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας στο χώρο του Εργαστηρίου Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, καθώς και για την επιστημονική καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της εργασίας.

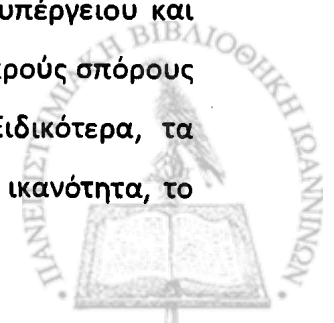
Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ Ιωάννη Βασιλάκογλου, που με τη συμβολή και τις υποδείξεις του συνέβαλε ουσιαστικά στην ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και για το ότι μου παρείχε τη δυνατότητα διεξαγωγής μέρους της εργαστηριακής έρευνας της εργασίας στο Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης Αθανάσιο Ρούμπο για την υποστήριξή του στην υλοποίηση της εργασίας, τον κ. Ιωάννη Καραγιαννίδη, Ειδικό Τεχνικό Προσωπικό του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης για τη βοήθειά του στη διεξαγωγή των εργαστηριακών πειραμάτων καθώς και τον Ελευθέριο Αναστασίου για την πολύτιμη βοήθεια και τη στήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης εργασίας.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών (βιοδοκιμές) διερευνήθηκε η αλληλοπαθητική ικανότητα και η φυτοτοξική δράση δύο χειμερινών ζιζανίων [κίρσιο (*Cirsium arvense* L.) και αγριοράδικο (*Taraxacum officinale* L.)] στη φυτρωτική ικανότητα και ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών σιτάρι (*Triticum aestivum* L.) και φακή [*Lens culinaris* (L.) Medik. subsp *culinaris*], καθώς και των ζιζανίων αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.) και ήρα (*Lolium rigidum* L.). Επίσης, διερευνήθηκε η αλληλοπαθητική επίδραση του θερινού ζιζανίου τάτουλα (*Datura stramonium* L.) στη φυτρωτική ικανότητα και ανάπτυξη του αραβόσιτου (*Zea mays* L.) και βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.), καθώς και του ζιζανίου μουχρίτσα [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.]. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν κατά το έτος 2009 στα Τεχνολογικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα Θεσσαλονίκης και Λάρισας. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου δεν επηρέασαν σημαντικά τη βλάστηση των σπόρων του σιταριού, της φακής και των ζιζανίων αγριοβρώμη και ήρα. Ωστόσο, η ανάπτυξη της φακής μειώθηκε σημαντικά σχεδόν σε όλες τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν, ενώ η ανάπτυξη του σιταριού αυξήθηκε σημαντικά. Ειδικότερα, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη και ήρα) από ό,τι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων από 0,5 σε 4%, τόσο του υπέργειου όσο και του υπόγειου τμήματος προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη και ήρα). Επιπλέον, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος μείωσαν σε μεγαλύτερο βαθμό την ανάπτυξη και τη φυτρωτική ικανότητα της ήρας και λιγότερο της αγριοβρώμης. Όσον αφορά το αγριοράδικο, η ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή) και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) επηρεάστηκε περισσότερο από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος από ό,τι η φυτρωτική τους ικανότητα. Η ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) μειώθηκαν σημαντικά από την επίδραση των εκχυλισμάτων, ενώ η ανάπτυξη του σιταριού αυξήθηκε σημαντικά. Επιπλέον, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης της ήρας από ό,τι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του τάτουλα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στα φυτά με μικρούς σπόρους (μουχρίτσα) και λιγότερο στα φυτά με μεγάλους σπόρους (αραβόσιτο). Ειδικότερα, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος επηρέασαν περισσότερο τη φυτρωτική ικανότητα, το

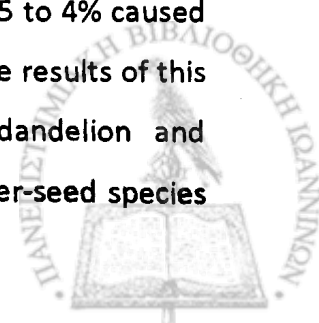


νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της μουχρίτσας από ό,τι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος. Επίσης, η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων από 0,5 σε 4%, συνολικά, προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή της βλάστησης και της ανάπτυξης και των τριών φυτών που μελετήθηκαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι από τα εκχυλίσματα και των τριών ζιζανίων (κίρσιο, αγριοράδικο, τάτουλας) περισσότερο επηρεάστηκαν τα φυτά με μικρούς σπόρους (ζιζάνια) και λιγότερο τα φυτά με μεγάλους σπόρους (καλλιεργούμενα φυτά). Επιπλέον, τα εκχυλίσματα και των τριών ζιζανίων επηρέασαν περισσότερο την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών και των ζιζανίων και λιγότερο τη φυτρωτική τους ικανότητα.



SUMMARY

The allelopathic potential (phytotoxicity) of two winter weeds [canada thistle (*Cirsium arvense* L.) and dandelion (*Taraxacum officinale* L.)] on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* (L.) Medik. Subsp *culinaris*), as well as on germination and growth of two winter weeds [winter wild oat (*Avena sterilis* L.) and ryegrass (*Lolium rigidum* L.)] was examined in laboratory using a Perlite-based bioassay. Regarding summer plants, the allelopathic activity of jimsonweed (*Datura stramonium* L.) on germination and growth of corn (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.), as well as on germination and growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) was also investigated. The experiments were carried out during 2009 in the Technological Educational Institutes of Thessaloniki and Larissa. The phytotoxic effects of stem/leaf extracts of the three weeds (canada thistle, dandelion and jimsonweed) were investigated separately from that of their root extracts. The results of the study indicated that the stem/leaf and root extracts of canada thistle did not significantly affect the seed germination of wheat, lentil or both winter weeds (winter wild oat and ryegrass). However, the lentil growth was reduced by all canada thistle extracts, whereas wheat growth was increased. In particular, the stem/leaf extracts of canada thistle caused greater lentil and winter weeds growth reduction (fresh weight and root length) than its root extracts. Generally, germination, root length and total fresh weight of lentil and winter weeds were reduced with the increase of the extract concentration from 0.5 to 4%. In addition, the stem/leaf extracts of canada thistle reduced more the ryegrass seed germination and growth than those of winter wild oat. Regarding dandelion, the growth of wheat, lentil and both winter weeds was affected by the stem/leaf extracts more than the germination. The growth (fresh weight and root length) of lentil and both winter weeds was also significantly reduced by the dandelion extracts, while the wheat growth was increased significantly. In addition, the dandelion stem/leaf extracts caused growth inhibition of ryegrass greater than the root extracts. All jimsonweed extracts were more phytotoxic against barnyardgrass (species with small seeds) than against corn (species with large seeds). In particular, the jimsonweed stem/leaf extracts affected more the barnyardgrass germination, fresh weight and root length compared to root extracts. Also, the increasing of extract concentration from 0.5 to 4% caused greater germination and growth inhibition of the three species investigated. The results of this study indicated that the extracts of the three weeds (canada thistle, dandelion and jimsonweed) influenced more the small-seed species (weeds) and less the larger-seed species



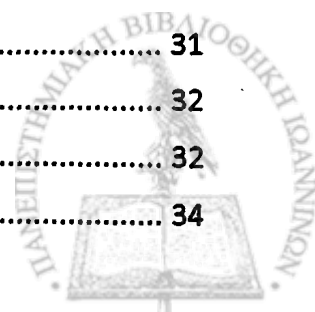
(crops). In addition, crop and weed growth was affected by the extracts of the three weeds more than their germination.

UNIVERSITY OF BRISTOL

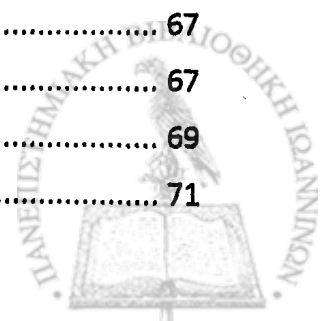
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	1
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	2
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	2
Κεφάλαιο 2. Αλληλοπάθεια.....	4
2.1 Γενικά.....	4
2.2 Αλληλοπάθεια και αυτοπάθεια.....	6
2.3 Αλληλοπάθεια και ανταγωνισμός.....	6
2.4 Ιστορικά στοιχεία για την αλληλοπάθεια.....	7
Κεφάλαιο 3. Αλληλοπαθητικές αλληλεπιδράσεις στα αγροτικά οικοσυστήματα.....	9
3.1 Αλληλοπαθητικά ζιζάνια.....	9
3.2 Αλληλοπαθητικές καλλιέργειες.....	10
Κεφάλαιο 4. Χημική σύνθεση αλληλοπαθητικών ουσιών.....	13
4.1 Φυτικές φαινόλες.....	13
4.2 Φυτικά τερπενοειδή.....	16
4.3 Φυτικά αλκαλοειδή.....	17
4.4 Άλλες χημικές ομάδες.....	18
Κεφάλαιο 5. Παραγωγή και απελευθέρωση αλληλοπαθητικών ουσιών.....	22
5.1 Τρόποι απελευθέρωσης.....	22
Κεφάλαιο 6. Παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλοπάθεια και την παραγωγή αλληλοπαθητικών ουσιών.....	25
6.1 Μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά.....	25
6.2 Βιότοπος και κλιματολογικοί παράγοντες.....	26
6.2.1 Εδαφολογικοί παράγοντες.....	26
6.2.2 Δυσμενείς συνθήκες (stress).....	28
Κεφάλαιο 7. Μηχανισμοί δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών.....	29
7.1 Τροποποίηση των κυτταρικών μεμβρανών.....	30
7.2 Επίδραση στη φωτοσύνθεση.....	31
7.3 Επίδραση στην αναπνοή.....	32
7.4 Επίδραση στην πρόσληψη ανόργανων συστατικών.....	32
7.5 Επίδραση στο μεταβολισμό πρωτεϊνών και νουκλεϊνικών οξέων.....	34



7.6 Επίδραση στη βλάστηση του σπόρου	34
7.7 Επίδραση στη φελλοποίηση – απόφραξη αγγείων.....	34
7.8 Οξειδωτική πίεση.....	34
Κεφάλαιο 8. Ο ρόλος της αλληλοπάθειας στα γεωργικά συστήματα	36
8.1 Φυτά κάλυψης και ενσωμάτωση φυτικής μάζας.....	36
8.2 Αλληλοπαθητικές ουσίες ως ζιζανιοκτόνα	38
8.3 Αλληλοπαθητικές ουσίες ως ρυθμιστές αύξεσης.....	40
8.4 Αλληλοπαθητικές ουσίες και διαχείριση παρασίτων	40
Κεφάλαιο 9. Βιοδοκιμές ελέγχου αλληλοπαθητικής δραστηριότητας	42
Κεφάλαιο 10. Μορφολογία και βιολογία των υπο διερεύνηση ζιζανιών	45
10.1 Κίρσιο - <i>Cirsium arvense</i>	45
10.2 Αγριοράδικο - <i>Taraxacum officinale</i>	46
10.3 Τάτουλας - <i>Datura stramonium</i>	47
ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ	
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	48
Κεφάλαιο 11. Διερεύνηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού του ζιζανίου κίρσιο και της φυτοτοξικής δράσης του	49
11.1 Εισαγωγή	49
11.2 Επίδραση στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή.....	51
11.2.1 Υλικά και μέθοδοι.....	51
11.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	54
11.2.3 Συμπεράσματα	57
11.3 Επίδραση στα ζιζάνια αγριοβρώμη και ήρα	60
11.3.1 Υλικά και μέθοδοι.....	60
11.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	60
11.3.3 Συμπεράσματα	63
Κεφάλαιο 12. Διερεύνηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού του ζιζανίου αγριοράδικο και της φυτοτοξικής δράσης του	66
12.1 Εισαγωγή	66
12.2 Επίδραση στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή.....	67
12.2.1 Υλικά και μέθοδοι.....	67
12.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	69
12.2.3 Συμπεράσματα	71



12.3 Επίδραση στα ζιζάνια αγριοβρώμη και ήρα	75
12.3.1 Υλικά και μέθοδοι.....	75
12.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	75
12.3.3 Συμπεράσματα	78
Κεφάλαιο 13. Διερεύνηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού του ζιζανίου τάτουλα και της φυτοτοξικής δράσης του.....	81
13.1 Εισαγωγή	81
13.2 Επίδραση στα καλλιεργούμενα φυτά αραβόσιτο και βαμβάκι.....	83
13.2.1 Υλικά και μέθοδοι.....	83
13.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	85
13.3 Επίδραση στο ζιζάνιο μουχρίτσα.....	91
13.3.1 Υλικά και μέθοδοι.....	91
13.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση	91
13.3.3 Συμπεράσματα	92
Κεφάλαιο 14. Γενικά συμπεράσματα	94
Βιβλιογραφία.....	96
Παράρτημα. Στατιστική ανάλυση των δεδομένων (Ανονα)	108



ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αποτελεί το πρώτο στάδιο της έρευνας και έχει ως στόχο να προσδιορίσει το πεδίο της έρευνας, να αναγνωρίσει τα κενά της γνώσης και να καθορίσει τους στόχους της μελέτης. Η διαδικασία αυτή είναι συνεχής και επαναληπτική, καθώς η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα της έρευνας και να αποφευχθεί η επανάληψη ήδη γνωστών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βοηθά στην κατανόηση του πλαισίου της έρευνας, στην επιλογή των μεθόδων και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο και προσπάθεια, αλλά είναι απαραίτητη για την επιτυχία της έρευνας. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βοηθά στην κατανόηση του πλαισίου της έρευνας, στην επιλογή των μεθόδων και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σχέσεις μεταξύ των φυτών και του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται επηρεάζονται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Sinkkonen 2006) και η ανάπτυξη και η εξέλιξη των φυτών συχνά τροποποιούνται από την παρουσία άλλων φυτών του ίδιου ή διαφορετικού είδους (Mamolos & Kalburjtji 2001). Η βιοποικιλότητα και η ποικιλομορφία πολλών φυσικών οικοσυστημάτων ορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την αλληλοπάθεια και τον ανταγωνισμό, που αποτελούν κύριους μηχανισμούς αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυτών.

Πολλά φυτά έχουν αλληλοπαθητικό δυναμικό και απελευθερώνουν πολυάριθμες χημικές ουσίες στο έδαφος. Οι ουσίες αυτές, όταν παρουσιάζονται στη σωστή ποσότητα, μορφή, συγκέντρωση και την κατάλληλη στιγμή, εμποδίζουν ή υποκινούν την ανάπτυξη άλλων φυτικών ειδών όπως και τη συχνότητα εμφάνισης διαφόρων παρασίτων (ζιζάνια, νηματώδεις, έντομα και ασθένειες) (Narwal 2006, Zimdahl 1993). Μπορούν δηλαδή να δρουν σαν ελκυστικά, απωθητικά, διεγερτικά ή και παρεμποδιστές αύξησης.

Η αξιοποίηση φυτοτοξικών ποικιλιών στην εναλλαγή καλλιεργειών, η εφαρμογή φυτών κάλυψης και ενσωματούμενης φυτικής μάζας με αλληλοπαθητικό δυναμικό και η χρήση φυσικών ζιζανιοκτόνων είναι αποτελεσματικές μη χημικές μέθοδοι ελέγχου των ζιζανίων και των φυσικών ασθενειών, στην οικολογικά βιώσιμη γεωργία (Narwal 2006, Kohli κ.ά. 2006). Ωστόσο, η απόδειξη της αλληλοπάθειας ως στρατηγική παρέμβασης σε ανταγωνιστικές καλλιέργειες, είναι μια δύσκολη διαδικασία διότι διάφοροι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης λειτουργούν παράλληλα και δυσχεραίνουν το διαχωρισμό των αλληλοπαθητικών επιδράσεων από τις υπόλοιπες βιοτικές και αβιοτικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα (Williamson 1990).

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση, μέσω της διεξαγωγής πειραμάτων ελεγχόμενων συνθηκών (βιοδοκιμές εκχυλισμάτων), του αλληλοπαθητικού δυναμικού των ζιζανίων κίρσιο (*Cirsium arvense*), αγριοράδικο (*Taraxacum officinale*) και τάτουλα (*Datura stramonium*). Η αλληλοπαθητική τους δράση προσδιορίστηκε μέσω της φυτοτοξικής επίδρασής τους σε συγκεκριμένα καλλιεργούμενα φυτά και ζιζάνια. Τα καλλιεργούμενα φυτά που επιλέχθηκαν για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών ήταν το βαμβάκι, το σιτάρι, η φακή και ο αραβόσιτος, ενώ από τα ζιζάνια χρησιμοποιήθηκαν η ήρα, η αγριοβρώμη και η μουχρίτσα. Από τα αποτελέσματα αναμένεται να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με το ρόλο της αλληλοπάθειας στην παρέμβαση των τριών αυτών ζιζανίων στα γεωργικά οικοσυστήματα,

αλλά και για την πιθανή χρησιμοποίηση της αλληλοπάθειας των φυτών στην αειφόρο γεωργία.



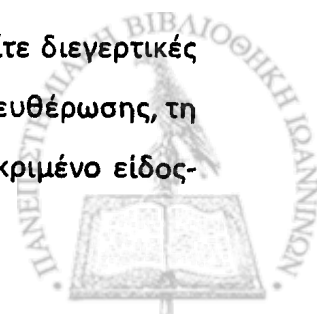
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος αλληλοπάθεια προέρχεται από τις δύο ελληνικές λέξεις «αλληλο» και «πάσχω» και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Molisch το 1937. Αναφέρεται στις βιοχημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ οργανισμών, οι οποίες εκδηλώνονται μετά από την παραγωγή και την απελευθέρωση δραστικών οργανικών χημικών ουσιών στο περιβάλλον (Mallik 2008α, Inderjit & Keating 1999, Weston 1996, Zimdahl 1993, Καλμπουρτζή 1992). Το 1996, η Διεθνής Εταιρεία Αλληλοπάθειας (International Allelopathy Society) όρισε την αλληλοπάθεια ως «κάθε διαδικασία που βασίζεται σε δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από φυτά, φύκια, βακτήρια, μύκητες και επηρεάζει την ανάπτυξη και την εξέλιξη της γεωργίας και των βιολογικών συστημάτων» (Chou 2006). Αυτές οι χημικές ουσίες ονομάζονται αλληλοπαθητικές και όταν απελευθερώνονται υπό κατάλληλες συνθήκες και σε επαρκείς ποσότητες στο περιβάλλον, κυρίως στη ριζόσφαιρα, μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη γειτονικών φυτών (Rice 1984). Το φυτό που απελευθερώνει αλληλοπαθητικές ουσίες προσδιορίζεται ως φυτό-δότης, ενώ το φυτό που επηρεάζεται ως φυτό-στόχος ή φυτό-δέκτης (Inderjit & Keating 1999).

Η αλληλοπάθεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κυριαρχία φυτών, στη διαδοχή, στο σχηματισμό των φυτοκοινοτήτων, στη βλάστηση και στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών, τόσο άμεσα μέσω της απελευθέρωσης χημικών ουσιών στο περιβάλλον όσο και έμμεσα, επηρεάζοντας τη χημική σύσταση του εδάφους και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών της ριζόσφαιρας (Muller 1969, Whittaker & Feeny 1970, Rice 1984, Rizvi & Rizvi 1992). Οι αλληλοπαθητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ καλλιεργειών, ζιζανίων και δέντρων είναι, γενικά, επιβλαβείς για τα φυτά-δέκτες, αλλά παρέχουν επιλεκτικό πλεονέκτημα στα φυτά-δότες (Kohli κ.ά. 2006, Mallik 2008α).

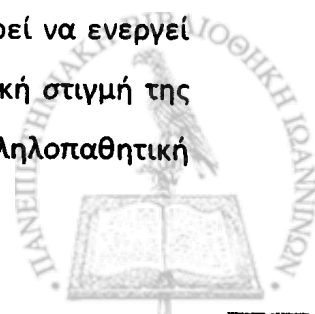
Οι χημικές ουσίες που εμπλέκονται στην αλληλοπάθεια παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία και έχουν συχνά πολλαπλούς ρόλους. Μία ένωση μπορεί να παραχθεί και να απελευθερωθεί για διαφορετικούς σκοπούς ταυτόχρονα ή αποκλειστικά και μόνο, λόγω της αλληλοπαθητικής της δράσης κατά άλλων φυτών. Επίσης χημικές ουσίες που αποδεδειγμένα για μη αλληλοπαθητικούς σκοπούς μπορούν να επηρεάσουν κάποιο φυτό απλά από σύμπτωση (Kohli κ.ά. 2006). Οι αλληλοπαθητικές επιδράσεις μπορεί να είναι είτε διεγερτικές είτε ανασταλτικές, ανάλογα με το χημικό τύπο, τη συγκέντρωση, το ρυθμό απελευθέρωσης, τη δράση και την τύχη της ενεργού ένωσης στο περιβάλλον καθώς και το συγκεκριμένο είδος-



στόχο (Inderjit & Keating 1999). Ωστόσο, κάθε ουσία που σε συγκεκριμένη συγκέντρωση είναι ανασταλτική για κάποια λειτουργία ενός φυτού, είναι πιθανό να αποδειχθεί διεγερτική σε κάποια μικρότερη συγκέντρωση και αντιστρόφως (Putnam 1988, Willis 2007), ενώ ένας μεγάλος αριθμός χημικών ουσιών παρουσιάζουν δραστικότητα σε χαμηλές ή ακόμη και εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (Macías κ.ά. 2001). Ο Molisch εισήγαγε τον όρο αλληλοπάθεια για να περιγράψει τόσο τις ανασταλτικές όσο και τις διεγερτικές επιδράσεις των χημικών ουσιών. Η συντρυπτική πλειοψηφία των μελετών βέβαια, έχει επικεντρωθεί στις ανασταλτικές επιδράσεις της, ενώ οι έρευνες σχετικά με τις διεγερτικές είναι ελάχιστες και κατά συνέπεια, η αλληλοπάθεια αντιμετωπίζεται συνήθως ως επιβλαβές φαινόμενο (Willis 2007).

Αλληλοπαθητικές αλληλεπιδράσεις εμφανίζονται σε διάφορες μορφές: α. μεταξύ μικροοργανισμών (βακτηρίων με βακτήρια, μυκήτων με βακτήρια, φυκών με βακτήρια, μυκήτων με μύκητες, φυκών με φύκη), β. μεταξύ φυτών με μικροοργανισμούς, γ. μεταξύ φυτών με φυτά (καλλιεργούμενων φυτών με καλλιεργούμενα φυτά, καλλιεργούμενων φυτών με ζιζάνια, ζιζανίων με ζιζάνια), δ. μεταξύ φυτών με έντομα, ε. μεταξύ εντόμων με έντομα (Rice 1984, Chou 2006). Η πηγή των ενεργών ουσιών μπορεί να είναι ζώντα φυτά, φυτικά υπολείμματα, βακτήρια ή μύκητες του εδάφους, μυκόρριζες ή παθογόνοι μικροοργανισμοί, ενώ σε μία συγκεκριμένη αλληλεπίδραση μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα πολλοί οργανισμοί (Seigler 1996).

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού, δηλαδή δε συμμετέχουν σε κάποια γνωστή φυσιολογική λειτουργία και παράγονται μέσω των κύριων μεταβολικών οδών υδατανθράκων, λιπών και αμινοξέων (Miller 1996, Lotina-Hennsen κ.ά. 2006, Βασιλάκογλου 2008). Μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί πάνω από 100.000 διαφορετικοί δευτερογενείς μεταβολίτες που προέρχονται από φυτά και μύκητες και η συγκέντρωσή τους μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να φθάσει στο 5% του ξηρού βάρους τους (Willis 2007). Οι αλληλοπαθητικές ουσίες απελευθερώνονται στο περιβάλλον με διάφορους τρόπους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και ο τρόπος και ο χρόνος απελευθέρωσης μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη δράση τους. Αν και χημικές ουσίες με αλληλοπαθητική δραστηριότητα μπορεί να υπάρχουν σε ιστούς πολλών ειδών, αυτό δε σημαίνει ότι θα προκαλέσουν αλληλοπαθητικές επιδράσεις. Η ίδια ένωση μπορεί να ενεργεί ενίοτε ως αλληλοπαθητική ανάλογα με τον οργανισμό, τον τρόπο και τη χρονική στιγμή της απελευθέρωσής της ή τις ειδικές περιβαλλοντικές παραμέτρους. Έτσι, ο όρος αλληλοπαθητική



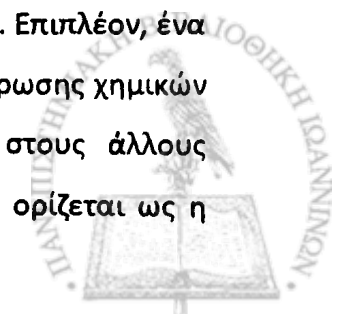
ουσιαστικά αφορά το ρόλο που διαδραματίζει η ένωση και όχι την πραγματική χημική ταυτότητά της (Inderjit & Duke 2003, Zimdahl 1993).

2.2 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΠΑΘΕΙΑ

Στις περιπτώσεις που η αλληλοπάθεια εκδηλώνεται σε φυτά του ίδιου είδους, καλείται αυτοπάθεια (autotoxicity) (Liu κ.ά. 2008, Gawronska & Golisz 2006). Η αυτοπάθεια είναι ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο το φυτό αυτοεκφυλίζεται όταν καλλιεργείται για μεγάλο χρονικό διάστημα στο έδαφος, από την υπερβολική συσσώρευση των τοξικών ουσιών που τα ίδια παράγουν. Για παράδειγμα, πολλά φυτά παράγουν τοξικά αλκαλοειδή, σε μεγάλες ποσότητες όταν αναπτύσσονται σε φτωχά σε άζωτο εδάφη, για να μειώσουν τον ανταγωνισμό άλλων φυτών ή και αυτοδηλητηριάζονται για να μειώσουν την ίδια τους την πυκνότητα, ενώ διάφορα αιθέρια έλαια, γνωστά για τις φυτοτοξικές επιδράσεις τους, θεωρείται ότι είναι επίσης αυτοτοξικά (Friedman & Waller 1985, Τραυλός 2007). Φυτά που παράγουν δευτερογενείς μεταβολίτες με αυτοτοξικό δυναμικό έχουν αναπτύξει μεθόδους έτσι ώστε να αποφεύγουν τα ίδια τον κίνδυνο και οι μέθοδοι αυτές μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των φυτών. Ανεξάρτητα πάντως από τον τρόπο απελευθέρωσης, δηλητηρίαση των φυτών μπορεί να συμβεί μόνο μετά την απορρόφηση των χημικών ουσιών, συνήθως από τις ρίζες (Inderjit & Keating 1999, Friedman & Waller 1985). Τεχνικά, η αυτοπάθεια διαφέρει από την αλληλοπάθεια καθώς αφορά το ίδιο το φυτό, ενώ η αλληλοπάθεια αναφέρεται στις επιδράσεις ενός φυτού σε ένα άλλο. Επιπλέον, οι αλληλοπαθητικές επιδράσεις μπορεί να είναι τόσο διεγερτικές όσο και ανασταλτικές, ενώ οι αυτοτοξικές είναι μόνο ανασταλτικές (Inderjit & Keating 1999).

2.3 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

Έως τα τέλη του 1960, ο όρος αλληλοπάθεια εφαρμόστηκε ως διευκρίνιση των μηχανισμών αλληλεπίδρασης των φυτών καθώς θεωρήθηκε δύσκολο να διαχωριστεί η επίδραση της αλληλοπάθειας από την επιρροή άλλων σημαντικών παραγόντων όπως ο ανταγωνισμός (Bais κ.ά. 2003). Παρ' όλο που οι επιδράσεις της αλληλοπάθειας και του ανταγωνισμού είναι δύσκολο να διαχωριστούν στο φυσικό περιβάλλον, αυτό έχει επιτευχθεί σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Weston 1996). Επιπλέον, ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι η αλληλοπάθεια λειτουργεί μέσω απελευθέρωσης χημικών ουσιών στο περιβάλλον και ότι από αυτές εξαρτάται η επίδρασή της στους άλλους οργανισμούς (Rice 1984, Inderjit & Keating 1999). Αντίθετα, ο ανταγωνισμός ορίζεται ως η



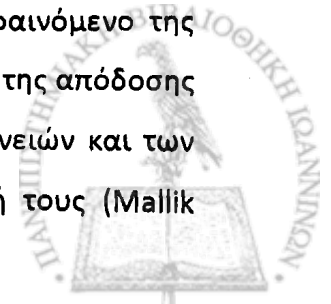
διαδικασία κατά την οποία δύο ή περισσότεροι οργανισμοί προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τους ίδιους πόρους, είτε πρόκειται για θρεπτικά συστατικά, νερό, φως ή απλά χώρο και λαμβάνει χώρα εξαιτίας της εξάντλησης ή της έλλειψης ενός ή περισσότερων από αυτούς (Zimdahl 1993, Rice 1984). Σε γενικές γραμμές, ο ανταγωνισμός θεωρείται ως ένα είδος αρνητικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυτών και είναι εξαιρετικά σημαντικός, δεδομένου ότι επηρεάζει τον πρωτογενή μεταβολισμό (Inderjit & Keating 1999).

Οι Fuerst και Putnam (1983) αναφέρουν ότι τα κριτήρια επιβεβαίωσης της αλληλοπαθητικής δράσης ενός φυτού περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό των συμπτωμάτων της παρέμβασης, την απομόνωση, τη δοκιμή, το χαρακτηρισμό και τη σύνθεση της αλληλοπαθητικής ουσίας καθώς και την ποσοτικοποίηση της ουσίας που απελευθερώνεται, μετακινείται και απορροφάται (Fuerst & Putnam 1983, Mamolos & Kalburtji 2001). Ωστόσο, οι Dekker κ.ά. (1983) αναφέρουν ότι η χρήση μίας σειράς προτύπων πυκνότητας παρέχει ένα χρήσιμο πειραματικό σχεδιασμό για τη μελέτη της αλληλοπάθειας, ενώ οι Thijs κ.ά. (1994) διαπίστωσαν ότι πειραματικά σχέδια που περιλαμβάνουν διάφορες πυκνότητες φυτών είναι κατάλληλα για τη διάκριση μεταξύ ανταγωνισμού και αλληλοπάθειας.

Παρ' όλ' αυτά, ορισμένοι βιολόγοι θεωρούν την αλληλοπάθεια μέρος του ανταγωνισμού. Ο Muller (1969) πρότεινε τη χρήση του όρου παρέμβαση για την αναφορά στη συνολική επίδραση ενός φυτού σε ένα άλλο, όρος που περιλαμβάνει τόσο την αλληλοπάθεια όσο και τον ανταγωνισμό (Rice 1984). Η αλληλοπάθεια και ο ανταγωνισμός ενεργούν πάντα ταυτόχρονα και μεταξύ των περισσότερων ειδών συνήθως υπερισχύουν οι ανταγωνιστικές παρά οι αλληλοπαθητικές επιδράσεις. Ωστόσο, οι μηχανισμοί δράσης της αλληλοπάθειας είναι πιο σύνθετοι και η αλληλοπάθεια μπορεί να επηρεάσει τα είδη ή και τα στάδια ανάπτυξής τους με διαφορετικό τρόπο (Willis 2007).

2.4 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ

Το γεγονός ότι τα φυτά επηρεάζουν γειτονικά φυτά μέσω της απελευθέρωσης χημικών ουσιών στο περιβάλλον είναι γνωστό από την αρχαιότητα. Η γνώση αυτής της μορφής αλληλεπίδρασης των φυτών έχει χρησιμοποιηθεί στη γεωργία από τους προϊστορικούς χρόνους με τη χρήση προτύπων καλλιέργειας και την εφαρμογή μεθόδων, όπως η αμειψισπορά και η συγκαλλιέργεια. Έλληνες και Ρωμαίοι παρατήρησαν το φαινόμενο της χημικής επίδρασης των φυτών και εφάρμοσαν τη γνώση αυτή, για τη διατήρηση της απόδοσης και τη καλή διαχείριση των καλλιεργειών, τον έλεγχο των ζιζανίων, των ασθενειών και των παρασίτων και την ελαχιστοποίηση των παρεμβολών για την καταπολέμησή τους (Mallik



2008β). Επιπλέον, οι ανταγωνιστικές δράσεις ορισμένων ειδών σε φυτά χαμηλής βλάστησης και σε κοντινές καλλιέργειες είναι επίσης γνωστές στον άνθρωπο εδώ και αιώνες (Rizvi & Rizvi 1992, Willis 2004).

Ο Θεόφραστος (περ. 372-285 π.Χ.) ήταν ο πρώτος που παρατήρησε το φαινόμενο της αλληλοπάθειας, επισημαίνοντας τις επιβλαβείς επιδράσεις του λάχανου και της δάφνης στο αμπέλι. Ανέφερε, ακόμα, ότι το ρεβίθι, σε αντίθεση με άλλα ψυχανθή εξασθενεί το έδαφος, καταστρέφει τα ζιζάνια και επηρεάζει την ανάπτυξη των μετέπειτα καλλιεργειών (Aliotta κ.ά. 2008, Rice 1984, Sinkkonen 2006). Ο Κάτων ο Πρεσβύτερος (234-140 π.Χ.) και ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος (23-79 μ.Χ.) αναφέρουν ότι το ρεβίθι, το κριθάρι, η τριγωνέλλα (*Trigonella foenum-graecum*) και το ρόβι (*Vicia ervilia*) καταστρέφουν το καλαμπόκι. Επίσης ο Πλίνιος διαπίστωσε ότι φυτά όπως η καρυδιά και η φτέρη απελευθερώνουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον (Aliotta κ.ά. 2008, Rice 1984).

Ο Culpeper (1633: αναφορά στο Rice 1984) παρατήρησε ότι ο βασιλικός δεν αναπτύσσεται κοντά σε φυτά απήγανου (*Ruta graveolens*), όπως και το λάχανο κοντά στο αμπέλι, ενώ ο De Candolle (1832: αναφορά στο Rice 1984) υποστήριξε ότι εκκρίσεις καλλιεργούμενων φυτών μπορούν να προκαλέσουν εδαφολογικά προβλήματα και ότι η εναλλαγή καλλιεργειών μπορεί να περιορίσει το πρόβλημα. Επίσης, οι Stickney και Hoy (1881: αναφορά στο Chou 2006, Rice 1984) ανέφεραν την επιβλαβή επίδραση της μαύρης καρυδιάς (*Juglans nigra*) στην ανάπτυξη των γειτονικών φυτών, την οποία απέδωσαν στο δηλητηριώδη χαρακτήρα του χυμού του φύλλου του φυτού. Αργότερα ο Massey (1925: αναφορά στο Inderjit & Keating 1999) υποστήριξε ότι δύο είδη καρυδιάς (οι *Juglans nigra* και *Juglans cinerea*), προκαλούσαν μαρασμό της μηδικής, της τομάτας και της πατάτας και ο Davis (1928: αναφορά στο Inderjit & Keating 1999) συσχέτισε την τοξικότητα της μαύρης καρυδιάς με τη συνθετική γιουγκλόνη (juglone). Τέλος, ο Molisch (1937: αναφορά στο Mallik 2008α) συμπέρανε, μέσω απλών εργαστηριακών πειραμάτων, ότι χημικές ουσίες φυτικής προέλευσης έχουν τη δυνατότητα να επιφέρουν αλλαγή στα επίπεδα πληθυσμών μέσω της επιρροής τους στην ανάπτυξη των γειτονικών φυτών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΑ

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΑ ΖΙΖΑΝΙΑ

Στα γεωργικά οικοσυστήματα, τα ζιζάνια, ανταγωνίζονται με τα καλλιεργούμενα φυτά για τους πόρους (εδαφική υγρασία, θρεπτικά στοιχεία, ηλιακή ακτινοβολία), παρεμβαίνουν στη διαχείριση των καλλιεργειών, μειώνουν την απόδοσή τους και υποβαθμίζουν την ποιότητά τους προξενώντας τεράστιες οικονομικές απώλειες (Kohli κ.ά. 2006). Επιπλέον, μεγάλος αριθμός ζιζανίων είναι γνωστό ότι αναπτύσσει αλληλοπαθητική δραστηριότητα, η οποία τα καθιστά ανταγωνιστικώς ισχυρότερα εναντίον ενός ή περισσοτέρων ειδών καλλιεργούμενων φυτών (Zimdahl 1993). Η αγριάδα, η αγριοβρώμη, το αιματόχορτο, ο βέλιουρας, η λουβουδιά, το κίρσιο και η μουχρίτσα είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα ζιζανίων για τα οποία έχει διαπιστωθεί ότι παράγουν τοξικές ουσίες και εκδηλώνουν αλληλοπάθεια. Πιο συγκεκριμένα, ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), ζιζάνιο που έχει μελετηθεί πολύ όσον αφορά το αλληλοπαθητικό του δυναμικό, επηρεάζει σημαντικά διάφορες καλλιέργειες (Βασιλάκογλου 2008). Για παράδειγμα, οι Vasilakoglou κ.ά. (2005) αναφέρουν ότι τα εκχυλίσματα του βέλιουρα επηρεάζουν τη φυτρωτική ικανότητα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του βαμβακιού, της μουχρίτσας, της σπονδυλωτής σετάριας και του αραβόσιτου. Το αιματόχορτο (*Digitaria sanguinalis*) παρεμποδίζει την ανάπτυξη του αραβόσιτου καθώς επίσης αναστέλλει τη βλάστηση των σπόρων μερικών καλλιεργούμενων ειδών όπως το βαμβάκι. Η λουβουδιά (*Chenopodium album*) προκαλεί αναστολή της βλάστησης του σιταριού και της ανάπτυξης των ριζών του αραβόσιτου ενώ επηρεάζει τα ζαχαρότευτλα και την ελαιοκράμβη. Η αγριοβρώμη (*Avena fatua*) παρεμποδίζει τη βλάστηση μερικών ετήσιων ζιζανίων και των καλλιεργούμενων φυτών σιτάρι, κριθάρι και λινάρι (*Linum usitatissimum*) (Rice 1984, Βασιλάκογλου 2008). Σύμφωνα με τον Rice (1984), σπόροι και υπολείμματα μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*) περιέχουν ουσίες με ανασταλτικές ιδιότητες που παρεμποδίζουν τη βλάστηση μερικών σπόρων και την ανάπτυξη καλλιεργούμενων φυτών όπως το καλαμπόκι, η σόγια, το ρύζι και το σιτάρι. Ο ίδιος επίσης αναφέρει ότι υπολείμματα του κίρσιου (*Cirsium arvense*) μειώνουν σημαντικά την ανάπτυξη του ζαχαρότευτλου, του σιταριού και της μηδικής, ενώ επηρεάζουν και πολλές άλλες καλλιέργειες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ορισμένα από τα ζιζάνια για τα οποία έχει αναφερθεί ότι προκαλούν αλληλοπαθητικές επιδράσεις σε καλλιεργούμενα φυτά.



3.2 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Διάφορα καλλιεργούμενα φυτά παρουσιάζουν αλληλοπαθητική δράση ή είναι αυτοτοξικά (Batish κ.ά. 2001). Η απελευθέρωση χημικών ουσιών από αυτά στο έδαφος μπορεί να επηρεάσει άμεσα τις επόμενες καλλιέργειες, προκαλώντας μικροβιακή ανισορροπία, αλλαγή στην οργανική ύλη του εδάφους, αύξηση της διαρροής ιόντων και διαταραχή στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών (Kohli κ.ά. 2006). Επιπλέον, οι αλληλοπαθητικές ουσίες που παραμένουν στο έδαφος, εξαιτίας της παρουσίας των υπολειμμάτων των καλλιεργούμενων φυτών, παρεμποδίζουν το φύτευμα των ευαίσθητων φυτών της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου (Singh κ.ά. 2001, Batish κ.ά. 2001, Βασιλάκογλου 2008).

Πίνακας 1. Ζιζάνια που προκαλούν αλληλοπαθητικές επιδράσεις σε καλλιεργούμενα φυτά (Βασιλάκογλου 2008).

Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα	Επηρεαζόμενες καλλιέργειες
Αγριάδα	<i>Cynodon dactylon</i>	κριθάρι, σόγια, βαμβάκι
Άγριο σινάπι	<i>Sinapis arvensis</i>	πολλά είδη
Αγριομπαμπακιά	<i>Abutilon theophrasti</i>	πολλά είδη
Αρτεμισία	<i>Artemisia vulgaris</i>	αγγούρι
Βρωμολάχανο	<i>Cardaria draba</i>	μηδική, σιτάρι
Γλυστρίδα	<i>Portulaca oleracea</i>	μηδική, τομάτα, σιτάρι
Ήρα	<i>Lolium rigidum</i>	βρώμη, μαρούλι, τριφύλλι
Κύπερη	<i>Cyperus spp.</i>	ελαιοκράμβη, αγγούρι, βαμβάκι, σόγια, κριθάρι, ρύζι, σόργο, ραπάνι, τομάτα
Περικοκλάδα	<i>Convolvulus arvensis</i>	σιτάρι
Τάτουλας	<i>Datura stramonium</i>	πολλά είδη
Τραχύ βλήτο	<i>Amaranthus retroflexus</i>	σιτάρι, σόγια

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ορισμένα είδη φυτών για τα οποία έχει διαπιστωθεί ότι τα υπολείμματά τους επηρεάζουν αρνητικά τη βλάστηση καλλιεργούμενων φυτών. Επίσης, πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι καλλιεργούμενα φυτά έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν φυτοτοξικές ουσίες στο περιβάλλον και να παρεμποδίζουν τη βλάστηση και την ανάπτυξη των ζιζανίων. Τα σιτηρά (βρώμη, σίκαλη, ρύζι, κριθάρι, αραβόσιτος), τα ψυχανθή (βίκος, μηδική, τριφύλλι), η ελαιοκράμβη, τα ζαχαρότευτλα, η σόγια, το σόργο και ο ηλίανθος ανήκουν στα καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπαθητικές ιδιότητες (Πίνακας 3).

Πίνακας 2. Είδη καλλιεργούμενων φυτών, για τα οποία έχει βρεθεί ότι εκδηλώνουν αλληλοπάθεια στα καλλιεργούμενα φυτά που ακολουθούν κατά την αμειψισπορά (Βασιλάκογλου 2008, Perez 1990, Xuan & Tsuzuki 2002).

Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα	Επόμενη καλλιέργεια
Ηλιανθος	<i>Helianthus annuus</i>	αραβόσιτος, κριθάρι, σιτάρι, μαρούλι, τομάτα, φακή
Ζαχαρότευτλα	<i>Beta vulgaris</i>	βαμβάκι
Κριθάρι	<i>Hordeum vulgare</i>	σινάπι
Λάχανο	<i>Brassica oleracea</i>	μαρούλι, τομάτα
Σόργο	<i>Sorghum bicolor</i>	τομάτα
Σπαράγγι	<i>Asparagus officinales</i>	τομάτα
Ρύζι	<i>Oryza sativa</i>	μαρούλι
Φασόλι	<i>Phaseolus vulgaris</i>	μπιζέλι, σιτάρι
Σίκαλη	<i>Secale cereale</i>	βρώμη
Σιτάρι	<i>Triticum aestivum</i>	σόγια
Μηδική	<i>Medicago sativa</i>	μηδική, μαρούλι
Αρωματικά φυτά		αραβόσιτος

Μερικές από τις ιδιαίτερα σημαντικές καλλιέργειες που παρουσιάζουν αυτοπάθεια είναι το κριθάρι, το ρύζι, το σιτάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, η μηδική, το σπαράγγι, το λάχανο, το αγγούρι, το καρότο, ο μάραθος, το καρπούζι, η μελιτζάνα, η τομάτα και το μπιζέλι (Singh κ.ά. 2001, Khanh κ.ά. 2005, Batish κ.ά. 2001).



Πίνακας 3. Τα σπουδαιότερα είδη καλλιεργούμενων φυτών που προκαλούν αλληλοπαθητικές επιδράσεις σε ζιζάνια (Βασιλάκογλου 2008, Fay & Duke 1977, Perez 1990, Wu κ.ά. 1998, Fujii 1992, Lin κ.ά. 1992, Olofsdotter & Navarez 1996).

Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα	Επηρεαζόμενα ζιζάνια
Αραβόσιτος	<i>Zea mays</i>	πολλά είδη
Βαμβάκι	<i>Gossypium hirsutum</i>	
Βασιλικός	<i>Ocinum basilicum</i>	λουβουδιά, μουχρίτσα
Βίκος	<i>Vicia faba</i>	
Βρώμη	<i>Avena sativa</i>	Brassica kaber
Ελαιοκράμβη	<i>Brassica napus</i>	άγριο σινάπι
Ζαχαρότευτλα	<i>Beta vulgaris</i>	
Ηλιάνθος	<i>Helianthus annuus</i>	τραχύ βλήτο, τάτουλας
Κριθάρι	<i>Hordeum vulgare</i>	άγριο σινάπι, μουχρίτσα
Μηδική	<i>Medicago sativa</i>	
Ρίγανη	<i>Origanum vulgare</i>	λουβουδιά, μουχρίτσα
Ρύζι	<i>Oryza sativa</i>	μουχρίτσα, κύπερη, <i>Ammania coccinea</i> , <i>Hetheranthera limosa</i>
Σίκαλη	<i>Secale cereale</i>	μουχρίτσα, λουβουδιά, βλήτο, ήρα, αγριοβρώμη
Σόγια	<i>Glycine max</i>	αγριομελιτζάνα, βέλιουρας, βλήτο, αγριοπαμπακιά, σετάρια
Σόργο	<i>Sorghum bicolor</i>	φεστούκα, τραχύ βλήτο
Σιτάρι	<i>Triticum aestivum</i>	μουχρίτσα, λουβουδιά, βλήτο, ήρα, βρόμος
Τριφύλλι	<i>Trifolium spp.</i>	

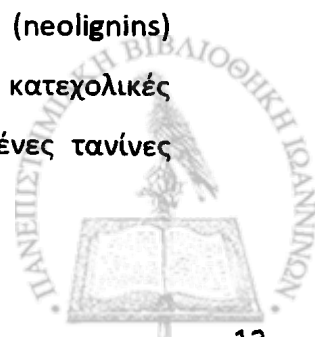


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Η ποικιλομορφία των αλληλοπαθητικών ουσιών που παράγονται από τα φυτά είναι μεγάλη και η δομή τους ποικίλει από απλούς υδρογονάνθρακες μέχρι σύνθετες πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις (Weston 1996). Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν να ταξινομηθούν σε μεγάλες χημικές ομάδες με βάση τη βιοσύνθεσή τους και ο Rice (1984) πρότεινε το παρακάτω σύστημα ταξινόμησης: (1) παράγωγα κινναμωμικού οξέως (cinnamic acid derivatives), (2) κουμαρίνες (coumarins), (3) απλές φαινόλες (simple phenols) ή παράγωγα βενζοϊκού οξέος (benzoic acid derivatives), γαλλικό οξύ (gallic acid) και πρωτοκατεχικό οξύ (protocatechic acid), (4) φλαβονοειδή (flavonoids), (5) συμπυκνωμένες και υδρολυόμενες τανίνες (condensed & hydrolyzable tannins), (6) τερπενοειδή (terpenoids) και στεροειδή (steroids), (7) υδατοδιαλυτά οργανικά οξέα (water-soluble organic acids), απλά λιπαρά οξέα (straight chain fatty acids), (8) ναφθοκινόνες (naphthoquinones), ανθρακινόνες (anthraquinones) και σύνθετες κινόνες (complex quinones), (9) αμινοξέα (aminoacids) και πολυπεπτίδια (polypeptides), (10) αλκαλοειδή (alkaloids) και κυανοϋδρίνια (cyanohydrins), (11) γλυκοζίτες σουλφιδίων σιναπέλαιου (sulfide mustard oil glycosides) (12) πουρίνες (purines) και νουκλεοσίδια (nucleosids). Από την πολυμορφία των αλληλοπαθητικών ουσιών, είναι προφανές ότι η αλληλοπάθεια περιλαμβάνει πολλαπλούς μηχανισμούς και τρόπους δράσης (Lotina-Hennsen 2006).

4.1 ΦΥΤΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ

Στο σύνολο τους οι φαινόλες είναι το άθροισμα διαλυτών πολυμερών (τανίνες) και μονομερών (φαινολικό οξύ και φλαβονοειδή) (Inderjit & Keating 1999). Οι κύριες κατηγορίες των φαινολών είναι (i) απλές φαινόλες (simple phenols) και βενζοκινόνες (benzoquinones) (C_6) και (ii) φαινολικά οξέα (phenolic acids) (C_6-C_1), ακετοφαινόλες (acetophenones) και phenylacetic acids (C_6-C_2), υδροξυκινναμικά οξέα (Hydroxycinnamic acids), φαινυλοπροπάνια (phenylpropanes), κουμαρίνες (coumarins), ισοκουμαρίνες (isocoumarins), και χρωμόνες (chromones) (C_6-C_3), ναφθοκινόνες (naphthoquinones) (C_6-C_4), ξανθόνες (xanthones) ($C_2-C_1-C_6$), στυλβένια (stilbenes) και ανθρακινόνες (anthraquinones) ($C_6-C_2-C_6$), φλαβονοειδή (flavonoids) και ισοφλαβονοειδή (isoflavonoids) ($C_6-C_3-C_6$), λιγνάνες (lignans) και νεολιγνίνες (neolignins) [$(C_6-C_3)_2$], βιοφλαβονοειδή (bioflavonoids) [$(C_6-C_3-C_6)_2$], λιγνίνες (lignins) [$(C_6-C_3)_i$], κατεχολικές μελανίνες (catechol melanins) [$(C_6)_6$], φλαβολάνες (flavolans) και συμπυκνωμένες τανίνες (condensed tannins) [$(C_6-C_3-C_6)_n$] (Inderjit & Keating 1999).



Οι φαινολικές ενώσεις είναι υδατοδιαλυτές και θα μπορούσαν εύκολα να εκπλυθούν από τα φύλλα και το βλαστό με τη βροχή (Fischer κ.ά. 1994). Ωστόσο, μπορεί εξαιρετικά υδατοδιαλυτές ενώσεις να έχουν χαμηλή βιολογική δράση, ενώ ελαφρώς υδατοδιαλυτές υψηλή (Weidenhamer κ.ά. 1993). Στοιχεία δείχνουν ότι πολλά είδη φαινολικών ενώσεων παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίσταση των φυτών σε λοιμώξεις από μύκητες, βακτήρια, ιούς και ασθένειες (Rice 1984). Επίσης, οι αλληλοπαθητικές ενώσεις της παραπάνω ομάδας αναστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών, μεταβάλλοντας: 1. τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, λόγω της προσκόλλησης των αλληλοπαθητικών ουσιών στους υποδοχείς των μεμβρανών 2. τις υδατικές σχέσεις των φυτών, 3. το ρυθμό φωτοσύνθεσης, 4. το ρυθμό αναπνοής και 5. το ρυθμό πρόσληψης καλίου και νιτρικών από τις ρίζες (Βασιλάκογλου 2008). Τέλος, διάφορα φαινολικά οξέα επηρεάζουν την πρόσληψη ανόργανων συστατικών και προκαλούν μείωση της συγκέντρωσης θρεπτικών ουσιών στους ιστούς (Einhellig 1996).

- Phenylpropanoids

Τα φαινυλοπροπανοειδή ως δομικά υλικά των κυτταρικών τοιχωμάτων και ως χρωστικές σχετίζονται με μία ευρεία ποικιλία ρόλων στα φυτά, συμπεριλαμβανομένης της άμυνας ενάντια στα φυτοφάγα και στα μικρόβια.

Cinnamic & benzoic acids

Πολλά σχετικά απλά παράγωγα του κινναμωμικού οξέος (C6C3-ενώσεις ή phenylpropanoids) απαντώνται συχνά στα φυτά (Seigler 2006). Μεταξύ των πιο γνωστών ενώσεων είναι το καφεϊκό οξύ (caffeic acid), το φερουλικό οξύ (ferulic acid), το π-κουμαρικό οξύ (p-coumaric acid), το πρωτοκατεχικό οξύ (protocatechuic acid), το σιναπικό οξύ (sinapic acid) και το βανιλικό οξύ (vanillic acid) (Dalton 1989). Τα παράγωγα των κινναμωμικών και βενζοϊκών οξέων φαίνεται ότι αλληλεπιδρούν με τις μεμβράνες των κυττάρων καθώς μεταβάλλουν τη διαπερατότητά τους και καταστρέφουν την ακεραιότητά τους. Η μεταβολή στη διαπερατότητα των μεμβρανών έχει ως αποτέλεσμα αφενός την έξοδο διαφόρων ανιόντων και κατιόντων από το κύτταρο και αφετέρου την παρεμπόδιση εισόδου άλλων στοιχείων σε αυτό (Βασιλάκογλου 2008). Επιπρόσθετα αλληλοπαθητικές ουσίες της ομάδας αυτής, έχει βρεθεί ότι μειώνουν την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και την υδραυλική αγωγιμότητα των ριζών (Seigler 2006) και επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική ικανότητα. Συγκεκριμένα, μειώνουν το ρυθμό αξιοποίησης του διοξειδίου του άνθρακα καθώς μειώνουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και αυξάνουν την αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων



(Βασιλάκογλου 2008). Το κινναμωμικό οξύ είναι γνωστό ότι είναι αυτοτοξικό για το φυτό *Parthenium Argentatum* (Seigler 1998).

Coumarins

Οι κουμαρίνες συναντώνται συχνά στα φυτά και πολλές από αυτές είναι ιδιαίτερα ενεργές και μπορεί να προκαλέσουν είτε θετικές είτε αρνητικές αλληλοπαθητικές επιδράσεις (Abenavoli κ.ά. 2001). Ειδικότερα, αναστέλλουν τη μίτωση, ενώ ανταγωνίζονται τη δράση του αμπισισικού οξέος και ενεργοποιούν τη σύνθεση του αιθυλενίου. Επιπλέον, μειώνουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης καθώς προκαλούν κλείσιμο των στοματίων (Βασιλάκογλου 2008).

Lignans & lignins

Τέσσερες φυτοτοξικές λιγνάνες από το *Leucorhylum frutescens*, ευθύνονται για τη φυτοτοξική δραστηριότητα αυτού του είδους. Τρεις από αυτές τις ενώσεις, οι *diyangambin*, *eriyangambin* και *diasesartemin*, αναστέλλουν όλες τις φάσεις της κυτταρικής διαίρεσης των ριζών του κρεμμυδιού (Seigler 2006).

Flavonoids

Τα φλαβονοειδή βρίσκονται ουσιαστικά σχεδόν σε όλα τα φυτά και ο ρόλος τους στην επικοινωνία είναι γνωστός. Εκκρίνονται ενεργά από τις ρίζες πολλών φυτών και απελευθερώνονται από υπολείμματα φύλλων. Πολλά φλαβονοειδή φαίνεται να εμπλέκονται στη δέσμευση του αζώτου (Seigler 2006), ενώ παρεμποδίζουν τη μεταφορά ηλεκτρονίων στις μεμβράνες των μιτοχονδρίων και την υδρόλυση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Βασιλάκογλου 2008).

Quinones

Πολλές κινόνες είναι γνωστές δευτερογενείς ενώσεις διαφόρων φυτικών ειδών (Seigler 1998) όπως το σόργο και άλλα συναφή είδη, τα οποία έχουν την ικανότητα να αναστέλλουν την ανάπτυξη διαφόρων ανταγωνιστικών ζιζανίων (Seigler 2006). Για παράδειγμα, η ουσία *sorgoleone* που παράγεται από το σόργο, είναι γνωστό ότι αναστέλλει τη φωτοσύνθεση (Βασιλάκογλου 2008).

Naphthoquinones

Η ναφθοκινόνη *juglone* είναι ένα από τα γνωστότερα παραδείγματα αλληλοπαθητικών ενώσεων. Αυτή η ένωση, προέρχεται συνήθως από είδη καρυδιάς και έχει τη δυνατότητα να αναστέλλει την ανάπτυξη πολλών φυτών, ενώ απελευθερώνεται κυρίως μέσω εκκρίσεων των ριζών, αλλά και από τα φύλλα και τους καρπούς (Seigler 1998).



- Tannins

Οι τανίνες μειώνουν τη συγκέντρωση του οξυγόνου στα μιτοχόνδρια και διακόπτουν τη ροή των ηλεκτρονίων σε αυτά, με αποτέλεσμα έτσι μείωση του ρυθμού αναπνοής. Επιπλέον, ανταγωνίζονται τη δράση των γιββερελλινών, παρεμποδίζουν τη δράση της DNA πολυμεράσης και μειώνουν τη μεταφορά των πρωτεϊνών (Βασιλάκογλου 2008).

4.2 ΦΥΤΙΚΑ ΤΕΡΠΕΝΟΕΙΔΗ

Τα τερπενοειδή διακρίνονται σε μονο- (mono-) (C_{10}), σεσκι- (sesqui-) (C_{15}), δι- (di-) (C_{20}), τρι- (tri-) (C_{30}), και τετρα- (tetra-) τερπενοειδή (C_{40}). Ορισμένα από αυτά παράγονται αποκλειστικά και μόνο για αμυντικούς σκοπούς, ως αντίδραση δηλαδή, σε επιθέσεις παθογόνων μικροοργανισμών και εντόμων. Τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την επαγωγή των εν λόγω τερπενοειδών δεν ανιχνεύονται σε υγιή φυτά αλλά είναι γνωστό ότι εμφανίζονται σε μολυσμένα (Takabayashi κ.ά. 1994, Gershenzon 1994). Τα τερπενοειδή είναι η δεύτερη μεγαλύτερη ομάδα (μετά από τις φαινόλες) των δευτερογενών μεταβολιτών που εμπλέκονται στην αλληλοπάθεια. Το αλληλοπαθητικό δυναμικό των μονοτερπενοειδών (π.χ., camphene, 1,8-cineole, α -pinene, β -pinene, dipentene, α -phellandrene, p-cymene, piquerol A, piquerol B, limonene, borneol, και pulegone) έχει εξεταστεί από διάφορους μελετητές (Inderjit & Keating 1999). Οι Weidenhamer κ.ά. (1993) αναφέρουν ότι τα ακόρεστα διαλύματα μονοτερπενοειδών σε ένα φυσικό σύστημα μπορεί να εμφανίζουν σημαντική αλληλοπαθητική δραστηριότητα.

- Terpenes

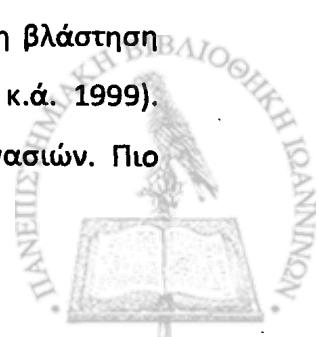
Τα τερπένια είναι η μεγαλύτερη ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών σε φυτά και μύκητες και πολλές αλληλοπαθητικές ουσίες ανήκουν σε αυτή την ομάδα (Seigler 2006).

Monoterpenes

Πολλά μονοτερπένια (π.χ. cineole) είναι φυτοτοξικά και πολλά έχουν προταθεί ως αρχικές δομές ζιζανιοκτόνων. Αρκετά πτητικά μονοτερπένια προκαλούν αναστολή της βλάστησης των σπόρων καθώς επίσης εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών (Seigler 2006).

Diterpenes

Το clerodane, διτερπένιο από το *Viguiera tucumanensis*, αναστέλλει τόσο τη βλάστηση όσο και την ανάπτυξη της ρίζας του βέλιουρα και της λουβουδιάς (Vaccarini κ.ά. 1999). Επιπλέον, οι ορμόνες των φυτών Gibberellins εμπλέκονται σε μία σειρά διεργασιών. Πιο



συγκεκριμένα, επιβραδύνουν τη γήρανση των φύλλων και των καρπών και διεγείρουν τη βλάστηση των σπόρων (Seigler 2006).

Sesquiterpenes

Τα σесκιτερπένια είναι μεταξύ των πλέον πολυάριθμων δευτερογενών μεταβολιτών. Οι ουσίες αυτές (π.χ. artemisin) είναι συχνά βιολογικά ενεργές. Πολλά φυτά που παράγουν σесκιτερπενικές λακτόνες (π.χ. *Taraxacum*) φαίνεται να έχουν αλληλοπαθητικές ιδιότητες. Αν και η φυτοτοξική δραστηριότητα τους δε μπορεί να αποδοθεί εξ' ολοκλήρου σε αυτές τις ενώσεις, ορισμένα σесκιτερπένια έχουν αναμφίβολα ανασταλτική δράση (Seigler 2006). Για παράδειγμα, η ομάδα των χελιαννανών η οποία περιλαμβάνει τις αλληλοπαθητικές ουσίες heliannane και heliannuol (A - K), ουσίες που παράγονται κυρίως στα φύλλα του ηλιάνθου και προκαλούν μείωση της βλάστησης και της ανάπτυξης αγρωστωδών και δικοτυλήδων φυτών (Βασιλάκογλου 2008).

Triterpenes & steroids

Τα περισσότερα τριτερπένια (π.χ. ailanthone, holacanthone, quaucarubolone, charaquinone) φαίνεται να είναι ιδιαίτερα φυτοτοξικά ενώ οι στερόλες είναι κοινά συστατικά των μεμβρανών των φυτών. Συμμετέχουν στην ανάπτυξη των σωλήνων της γύρης, τη μεσογονάτια επιμήκυνση και θεωρούνται ρυθμιστές αύξησης των φυτών (Seigler 2006).

4.3 ΦΥΤΙΚΑ ΑΛΚΑΛΟΕΙΔΗ

Τα αλκαλοειδή φέρουν άτομα αζώτου σε ετεροκυκλικό δακτύλιο ή πλευρική αλυσίδα και έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή για την αλληλοπαθητική τους δραστηριότητα ενώ γενικά εμφανίζονται στα φυτά ως άλατα οργανικών οξέων (Wink 1983, Rice 1984). Πολλά, για παράδειγμα τα scopolamine, hyoscyamine, theophylline, theobromine, paraxanthine, colchicine, podophyllotoxin και vinblastine, έχει αναφερθεί ότι έχουν αλληλοπαθητικές ιδιότητες (Wink & Twardowski 1992, Wink & Latz-Brüning 1995). Επιπλέον, οι Wink και Latz-Brüning (1995) αναφέρουν ότι πολλά αλκαλοειδή (aconitine, berberine, caffeine, cinchonine, harmaline, lobeline, quinidine, quinine, songuinarine) επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις του DNA, την DNA πολυμεράση, την πρωτεϊνική σύνθεση και τη σταθερότητα των μεμβρανών.



4.4 ΑΛΛΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ

- Fatty acids

Τα λιπαρά οξέα και τα παράγωγά τους είναι από τα πιο κοινά λιπιδία των φυτών και προέρχονται από το ακετυλο-συνένζυμο Α (acetyl-CoA) και το μαλονυλο-συνένζυμο Α (malonyl-CoA). Τα λιπαρά οξέα μετατρέπονται μέσα στα φυτά σε πολλούς άλλους τύπους βιοδραστικών ενώσεων (Seigler 2006).

- Waxes

Οι κηροί είναι σύνθετα μείγματα υδρογονανθράκων, αλδεϋδών, αλκοολών, οξέων και εστέρων διαμορφωμένων από λιπαρά οξέα. Οι σύνθετοι εστέρες του υδροξυλιπαρού οξέως που συχνά περιέχουν φαινολικά υλικά, εναποτίθενται στην επιδερμική επιφάνεια των κυττάρων των φυτών και είναι σημαντικοί για την προστασία των φυτών από την ξήρανση και από την επίθεση μυκήτων και βακτηρίων (Seigler 2006).

- Polyketides

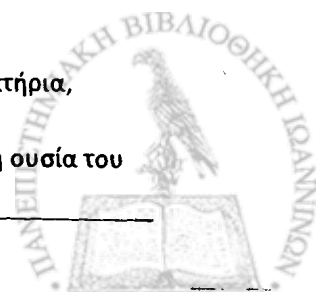
Τα πολυκετίδια είναι κοινά προϊόντα μυκήτων και λειχήνων, αλλά παράγονται ευρέως και από ανώτερα φυτά (Seigler 2006). Τα πολυκετίδια ανήκουν στις φυτοτοξίνες που χρησιμοποιούν οι μύκητες για να επιτεθούν στα φυτά. Οι ενώσεις αυτές συχνά συμμετέχουν στη ρήξη των μεμβρανών και επιτρέπουν στο μύκητα να απορροφήσει τα θρεπτικά συστατικά του φυτού ξενιστή. Ορισμένες από τις ενώσεις αυτές, όπως η πατουλίνη (patulin), είναι ταυτόχρονα ισχυρά μυκοτοξικές, φυτοτοξικές και αλληλοπαθητικές ουσίες (Seigler 1998).

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται ορισμένες αλληλοπαθητικά ενεργές χημικές ομάδες, ενώ στους Πίνακες 5 και 6 εμφανίζονται κάποιες από τις σημαντικότερες αλληλοπαθητικές ουσίες που έχουν προσδιοριστεί και παράγονται από φυτά όπως και οι στερεοχημικοί τύποι μερικών εξ' αυτών.

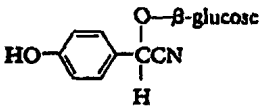

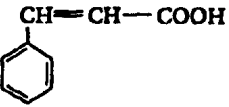
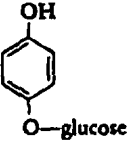
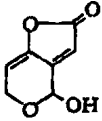
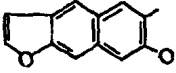
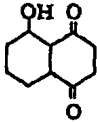
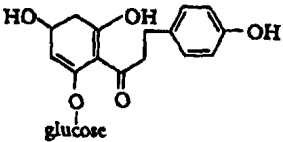
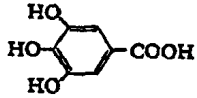
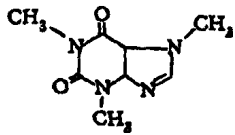


Πίνακας 4. Χημικές ομάδες που παρουσιάζουν αλληλοπαθητική δράση (Rice 1984, Seigler 1998, 2006, Wink 1993, Wink κ.ά. 1999).

Χημική ομάδα	Αλληλοπαθητική δράση
Φυτικές φαινόλες	<p>Ferulic acid Αναστέλλει την πρωτεϊνική σύνθεση σε μονοκύτταρους οργανισμούς, κυτταροκαλλιέργειες, σπόρους και φυτά.</p> <p>C6-C1 & C6-C3 compounds Αναστέλλουν τη βλαστική ικανότητα και την ανάπτυξη πολλών φυτών.</p> <p>Allylbenzenes Stilbenes Isoflavonoids Hydrolysable tannins Παρουσιάζουν αντιμυκητιακή δράση και είναι φυτοαλεξίνες.</p>
Φυτικά τερπενοειδή	<p>Tetranortriterpenoids & decanortriterpenoids Αναστέλλουν ή διεγείρουν τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των ριζών και των βλαστών.</p> <p>Saponins</p>
Φυτικά αλκαλοειδή	<p>Pyridine alkaloids Η νικοτίνη αναστέλλει την ανάπτυξη των ριζιδίων του κάρδαμου και είναι τοξική για τα φυτά <i>Lemna</i>.</p> <p>Pyrrolidine & piperidine alkaloids, tropane & pelletierine alkaloids Παράγωγα του anthranilic acid Αλληλοπαθητική δραστηριότητα παρουσιάζουν τα: arborine, rutacridone, skimmianine, 6-methoxydictamnine, γ-fagarine, και graveoline.</p> <p>Isoquinoline & benzylisoquinoline alkaloids Επιδρούν σε βασικούς μοριακούς στόχους: παρεμβάλλουν στο DNA, αναστέλλουν την DNA πολυμεράση, το RNA και τη σύνθεση των πρωτεϊνών.</p> <p>Παράγωγα των phenylalanine & tyrosine Η colchicine αναστέλλει την κυτταρική διαίρεση.</p> <p>Παράγωγα των monoterpenes Παρεμβάλλουν στο DNA, αναστέλλουν την DNA πολυμεράση, το RNA και τη σύνθεση των πρωτεϊνών.</p> <p>Παράγωγα των terpenes Η solanine αναστέλλει το RNA και την πρωτεϊνική σύνθεση και προκαλεί αιμόλυση των μεμβρανών των μικροοργανισμών. Η καφεΐνη και τα συγγενή αλκαλοειδή είναι γνωστό ότι έχουν αλληλοπαθητική δραστηριότητα.</p>
Παράγωγα των amino acids	<p>Non-protein amino acids Έχουν ένα ευρύ φάσμα βιολογικών δραστηριοτήτων και πολλά είναι τοξικά επειδή αντικαθιστούν τα πρωτεϊνικά αμινοξέα σε διάφορες διαδικασίες στα φυτά και στα μικρόβια.</p> <p>Cyanogenic glycosides Το dhurrin αναπτύσσει έντονη ανασταλτική δραστηριότητα εναντίον πολλών ανταγωνιστικών ειδών.</p> <p>Glucosinolates Προέρχονται από διάφορα πρωτεϊνικά αμινοξέα. Κάποια από αυτά έχει αποδειχθεί ότι έχουν ανασταλτική δράση κατά της βλάστησης των σπόρων και της ανάπτυξης των φυτών.</p>
Acetylenic compounds	Συμμετέχουν σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυτών και φυκών.
Lactones	Είναι ισχυρά αντιμικροβιακές ενώσεις και κοινές ουσίες σε πολλούς σπόρους.
Shikimic acid	Αποτελεί βασικό ενδιάμεσο στοιχείο σχηματισμού πολυάριθμων τύπων δευτερογενών ενώσεων σε βακτήρια, μύκητες και φυτά.
Benzoxazolinones	Σε αυτή την ομάδα ανήκει η ενεργή αλληλοπαθητική ουσία του αραβόσιτου και του σιταριού.



Πίνακας 5. Αλληλοπαθητικές ουσίες που έχουν απομονωθεί από φυτά και οι στερεοχημικοί τύποι τους (Zim Dahl 1993).

Χημικό όνομα	Χημική ομάδα	Στερεοχημικός τύπος
Dhurrin	Cyanogenic glucoside	
Allylthiocyanate	Thiocyanate	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{NCS}$
Camphor	Monoterpene	
Acetic acid	Aliphatic acid	CH_3COOH
Cinnamic acid	Aromatic acid	
Arbutin	Phenolic compound	
Patulin	Simple lactone	
Psoralen	Furanocoumarin	
Juglone	Quinine	
Phlorizin	Flavonoid	
Gallic acid	Tannin	
Caffeine	Alkaloid	

Πίνακας 6. Ορισμένες από τις σπουδαιότερες αλληλοπαθητικές ουσίες καλλιεργούμενων φυτών (Βασιλάκογλου 2008, Kohli κ.ά. 2006).

Αλληλοπαθητικές ουσίες	Καλλιεργούμενο φυτό
Benzoxazinoids	<i>Zea mays</i>
Gossypol	<i>Gossypium hirsutum</i>
Eugenol, linalool	<i>Ocimum basilicum</i>
Scopoletin, phenolic acids	<i>Avena sativa</i>
Glucosinolates	<i>Brassica napus</i>
Heliannanes, tambulin, kukulcanin, melampolide	<i>Helianthus annuus</i>
Gramine, hordenine	<i>Hordeum vulgare</i>
Medicarpin, sativan, canavanine, saponins, phenolic acids (ferulic, chlorogenic, salicylic)	<i>Medicago sativa</i>
Thymol, carvanol	<i>Origanum vulgare</i>
Phenolic acids	<i>Oryza sativa</i>
Benzoxazinoids, phenol acids (ferulic, p-hydroxybenzoic, salicylic, o-coumarin, succinic)	<i>Secale cereal</i>
Benzoxazinoids, phenolic acids, sterols	<i>Triticum aestivum</i>
Sorgoleone, hydroxybenzoic acid, p-coumarin acid, dhurin	<i>Sorghum bicolor</i>
Phenolic acids, isoflavonoids	<i>Trifolium sp.</i>
Fatty acids, fagomine, 4-Pipedone 2-piperdinemethenol	<i>Fagopyrum esculentum</i>



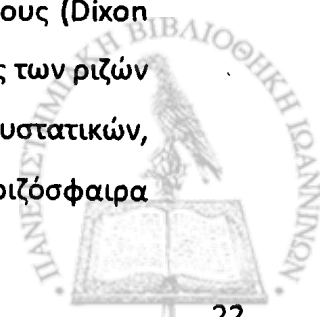
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ουσιών γίνεται ουσιαστικά από όλα τα μέρη του φυτού (ρίζες, φύλλα, βλαστός, άνθη, καρποί) ενώ η απελευθέρωσή τους εξαρτάται από το περιβάλλον και γίνεται κυρίως με: 1. εξάτμιση από τα φύλλα, όταν οι ουσίες αυτές είναι έντονα πτητικές, 2. έκπλυση από τα φύλλα και το βλαστό, ιδιαίτερα για τις υδατοδιαλυτές ουσίες, 3. έκκριση από τις ρίζες, 4. αποδόμηση των αλληλοπαθητικών υπολειμμάτων στο έδαφος και 5. διασπορά γύρης που περιέχει αλληλοπαθητικές ουσίες (Khanh κ.ά. 2005, Mallik 2008β, Miller 1996, Βασιλάκογλου 2008). Επιπλέον, ο Miller (1996) αναφέρει ότι σύμφωνα με τους Giesel και Holm (1964), Elmore (1980) και Friedman και Waller (1983) οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν να αποδεσμευθούν από σπόρους στο έδαφος.

Η αλληλοπάθεια μπορεί να περιλαμβάνει τόσο τις άμεσες, όσο και τις έμμεσες χημικές επιδράσεις από ένα φυτό σε ένα άλλο, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να μεσολαβεί ένας τρίτος οργανισμός. Για παράδειγμα, διάφορα πολύπλοκα μόρια που παράγονται κατά τη μικροβιακή δραστηριότητα στη διάρκεια της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων μπορούν να προκαλέσουν αλληλοπαθητικές επιδράσεις, ενώ υπάρχουν φυτά που διεγείρουν την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών που παράγουν φυτοξικές ουσίες (Miller 1996, Weidenhamer 2008). Γενικά, οι αλληλοπαθητικές επιδράσεις μπορεί να οφείλονται: 1. στην άμεση απελευθέρωση χημικών ενώσεων από το φυτό-δότη, 2. στα αποδομημένα ή τροποποιημένα προϊόντα ενώσεων που απελευθερώνονται, ως αποτέλεσμα αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων του εδάφους ή του νερού, 3. στις επιδράσεις των ενώσεων που απελευθερώνονται στις φυσικές, χημικές, βιολογικές ιδιότητες του εδάφους ή του νερού ή 4. στην απελευθέρωση των βιολογικά δραστικών ενώσεων από ένα τρίτο είδος (Inderjit & Keating 1999).

5.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ

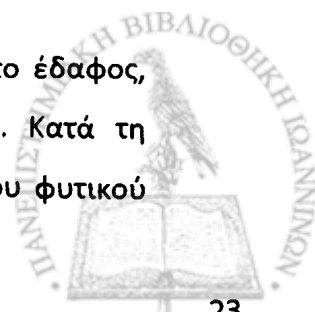
Έχει αποδειχθεί ότι πολλά είδη φυτών παράγουν πτητικούς αναστολείς ανάπτυξης άλλων φυτών ή μικροοργανισμών, οι περισσότεροι από τους οποίους όμως δεν έχουν προσδιοριστεί (Rice 1984). Επιπλέον, τα ανώτερα φυτά παράγουν μεγάλο αριθμό ουσιών δευτερογενούς μεταβολισμού διαφορετικής σύνθεσης και χαμηλού μοριακού βάρους (Dixon 2001), πολλές από τις οποίες εκκρίνονται από τις ρίζες. Παρ' όλο που ο κύριος ρόλος των ριζών είναι η δομική υποστήριξη των φυτών και η πρόσληψη νερού καί θρεπτικών συστατικών, ορισμένα φυτά έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν μία σειρά ενώσεων στη ριζόσφαιρα



(Weir & Vivanco 2008). Οι αλληλοπαθητικές χημικές ουσίες που εκκρίνονται από τις ρίζες παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση στη χημική τους σύνθεση και έχουν ισχυρή βιολογική δραστηριότητα (Inderjit & Duke 2003). Έως και το 21% του συνόλου του φωτοσυνθετικά δεσμευμένου άνθρακα από τα φυτά μεταφέρεται στη ριζόσφαιρα μέσω εκκρίσεων από τις ρίζες (Seigler 2006), επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τις φυσικές, βιοχημικές και οικολογικές ιδιότητες της ριζόσφαιρας (Weir & Vivanco 2008). Υπάρχουν επίσης στοιχεία ότι οι ρίζες ορισμένων φυτών ανταποκρίνονται σε ορισμένες βιοτικές απαιτήσεις εκκρίνοντας δευτερογενείς μεταβολίτες, πρωτεΐνες και πτητικές ουσίες (Bais κ.ά. 2002). Στην πραγματικότητα, είναι πιθανό ότι η μεγάλη ποικιλία των δευτερογενών μεταβολιτών προέκυψε εν μέρει μέσω της φυσικής προσαρμογής των φυτών για βελτίωση των αμυντικών τους μηχανισμών έναντι μικρόβιων, εντομών ή άλλων φυτών. Πολλές αλληλοπαθητικά ενεργές ουσίες, όπως οι φαινολικές ενώσεις, τα τερπενοειδή, τα αλκαλοειδή, τα στεροειδή, τα πολυακετυλένια και τα αιθέρια έλαια φαίνεται να έχουν ένα ευρύτερο ρόλο στην άμυνα των φυτών (Lovett κ.ά. 1989, Inderjit & Keating 1999).

Οι φυσικά παραχθείσες τοξίνες των φυτών που έχουν χαρακτηριστεί μέχρι σήμερα ανήκουν σε πολλές χημικές κατηγορίες και προκαλούν ποικίλες επιδράσεις σε διάφορα είδη. Οι επιδράσεις αυτές κυμαίνονται από καταστολή της βλάστησης των σπόρων έως αναστολή της ανάπτυξης των σποροφύτων και βλάβες στους μεριστωματικούς ιστούς, κάτι που σημαίνει ότι και οι μηχανισμοί δράσης αυτών των τοξινών είναι επίσης διαφορετικοί (Weir & Vivanco 2008). Σύμφωνα με τον Chou (2006), ο Rovira (1971) ανέλυσε διεξοδικά τους μηχανισμούς και τους παράγοντες που επηρεάζουν τις εκκρίσεις των ριζών, ενώ η έρευνα των Lyon και Wilson (1921: αναφορά στο Rice 1984) έδειξε ότι οι ρίζες πολλών καλλιεργούμενων φυτών εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες διαφόρων οργανικών ενώσεων, ακόμη και υπό συνθήκες αποστείρωσης (Willis 2007). Επιπλέον, ο Chou (2006) αναφέρει ότι έχουν βρεθεί περισσότερες από 20 φαινολικές ενώσεις κατά την αποσύνθεση υπολειμμάτων καλλιεργούμενων φυτών και εκκρίσεων ριζών, ενώ πολλά είδη ανόργανων και οργανικών ενώσεων έχουν προσδιοριστεί από φύλλα φυτών. Παρ' όλο που πολλά είδη φυτοτοξικών ενώσεων έχουν προσδιοριστεί από εκχυλίσματα διαφόρων τμημάτων φυτών αυτό δε σημαίνει ότι θα εκπλυθούν ή θα εκκριθούν από το φυτό. Ωστόσο, υδατοδιαλυτές τοξίνες μπορούν να απελευθερωθούν στο περιβάλλον και μετά από το θάνατο του φυτού (Rice 1984).

Είναι γνωστό ότι ορισμένη ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων παραμένει στο έδαφος, ιδιαίτερα σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις μετά τη συγκομιδή των καλλιεργειών. Κατά τη διάρκεια της μικροβιακής αποσύνθεσης και της ενζυμικής αποδόμησης αυτού του φυτικού

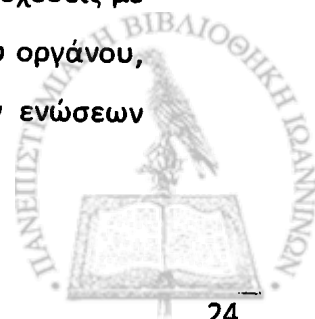


υλικού, μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών απελευθερώνεται στο έδαφος, πολλές από τις οποίες παρουσιάζουν βιολογικές δραστηριότητες, όπως αναστολή της βλάστησης των σπόρων και της ανάπτυξης των φυτών και μείωση της απόδοσης πολλών καλλιεργούμενων φυτών (Chou & Patrick 1976, McCalla 1971). Ειδικότερα οι μικροοργανισμοί του εδάφους *Fusarium*, *Pseudomonas* και *Thielaviopsis* συμμετέχουν πλήρως και ενεργά κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος (Chou 2006). Επιπλέον, υδατοδιαλυτοί αναστολείς εκλύονται εύκολα από τα φυτικά υπολείμματα, καθώς οι διάφορες μεμβράνες των φυτών χάνουν τη διαφορική διαπερατότητά τους (Rice 1984). Οι αλληλοπαθητικές ενώσεις που απελευθερώνονται κατά τη διαδικασία αυτή είναι μικρού μήκους λιπαρά οξέα, φαινολικά οξέα ή αλκαλοειδή. Η απελευθέρωση των οργανικών ενώσεων κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των υπολειμμάτων διαφοροποιείται σημαντικά από παράγοντες του περιβάλλοντος. Ειδικά, σε συνθήκες κακής αποστράγγισης, συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες οργανικών ενώσεων οι οποίες δρουν ανασταλτικά στην ανάπτυξη των καλλιεργειών προκαλώντας μείωση της απόδοσής τους (Chou 2006).

Ορισμένα είδη φυτών αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στην παρουσία αλληλοπαθητικών ουσιών σε σχέση με άλλα. Όταν μία φυτοτοξίνη, όπως οι αλληλοπαθητικές ουσίες, απορροφηθεί από ένα φυτό, παρεμβαίνει σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες του (Inderjit & Duke 2003). Η κίνηση των αλληλοπαθητικών ουσιών μέσα στα φυτά σε αρκετές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ότι συμβαίνει μέσω του αγωγού ιστού. Πειραματικά δεδομένα άλλωστε δείχνουν ότι ουσίες, όπως οι ρυθμιστές αύξησης, κινούνται μέσω του φλοιώματος. Ο ρυθμός κίνησης των ρυθμιστών αύξησης μέσω του φλοιώματος επηρεάζεται από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η ένταση του φωτός και η διαθεσιμότητα των διαφόρων ανόργανων στοιχείων (Rice 1984). Ωστόσο, ο Rice (1984) αναφέρει ότι οι Hitchcock και Zimmerman (1935) έδειξαν ότι ρυθμιστές αύξησης που εφαρμόστηκαν στο έδαφος και που απορροφήθηκαν από τις ρίζες κινήθηκαν –προφανώς– προς τα πάνω μέσα στα φυτά μέσω της διαπνοής.

- Πιθανή μετακίνηση μεταξύ φυτών και μυκήτων μέσω των μυκορριζών

Τα περισσότερα χερσαία φυτά –αναφέρονται περίπου 200 είδη αγγειόσπερμων και γυμνόσπερμων– αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις, δηλαδή αμοιβαίως επωφελείς σχέσεις με μύκητες μέσω των ριζιδίων τους και έτσι προκύπτει ο σχηματισμός ενός ιδιαίτερου οργάνου, που ονομάζεται μυκόρριζα. Πιθανόν πολλά είδη χημικών και αλληλοπαθητικών ενώσεων διέρχονται μέσω αυτών των σχηματισμών (Rice 1984, Πατακιούτας 2007).

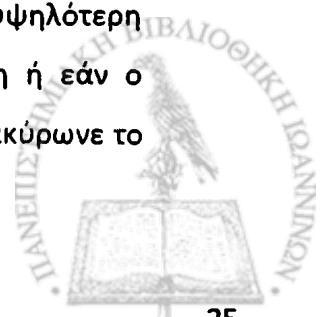


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Η αλληλοπάθεια είναι ένα φαινόμενο που εξαρτάται από τη συγκέντρωση και τη διαλυτότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον μαζί με ένα τεράστιο αριθμό άλλων δευτερογενών μεταβολιτών (Lotina-Hennsen κ.ά. 2006). Η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ουσιών από τα φυτά ρυθμίζεται από συγκεκριμένα γονίδια (Chou 2006), αλλά η ποσότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών που απελευθερώνεται στο έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα της βιομάζας και την πυκνότητα των φυτών. Η τοξικότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης και του ρυθμού απελευθέρωσής τους σε μία δεδομένη χρονική στιγμή (Williamson & Weidenhamer 1990) και οι ουσίες αυτές επηρεάζουν τους μικροοργανισμούς του εδάφους με τέτοιο τρόπο που μεταβάλουν σημαντικά την οικολογία του περιβάλλοντος. Τόσο η τοξικότητα μίας συγκεκριμένης αλληλοπαθητικής ουσίας σε μία δεδομένη συγκέντρωση, όσο και η αντίδραση των φυτών σε αυτή, επηρεάζεται σημαντικά από παράγοντες του περιβάλλοντος όπως η ποιότητα και η ένταση του φωτός, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων (N, P, K, B, Ca, Mg και S), η υγρασία του εδάφους και η θερμοκρασία, καθώς και από την παρουσία άλλων αλληλοπαθητικών ουσιών (Weidenhamer 1996, Mamolos & Kalburtji 2001). Επιπλέον, διαδικασίες όπως η προσρόφηση, η βιολογική αποδόμηση και η απορρόφηση επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ποσοτική και ποιοτική διαθεσιμότητά τους. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να επηρεάσουν το χρόνο παραμονής, τη δράση, τη συγκέντρωση και γενικότερα την πορεία των αλληλοπαθητικών ενώσεων στο περιβάλλον (Inderjit & Keating 1999, Gniazdowska & Bogatek 2005, Weidenhamer 1996).

6.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η πυκνότητα των φυτικών ειδών-στόχων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αντίδρασή τους στις αλληλοπαθητικές ενώσεις (Thijs κ.ά. 1994, Weidenhamer 1996). Σύμφωνα με τον Weidenhamer (2008) η ποσότητα των διαθέσιμων αλληλοπαθητικών ουσιών που μπορεί να προσληφθεί από κάθε είδος-στόχο μειώνεται με την αύξηση της πυκνότητάς τους, ενώ οι Inderjit και Keating (1999) αναφέρουν ότι είναι ενδιαφέρον το κατά πόσο η υψηλότερη πυκνότητα των ειδών-στόχων θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση ή εάν ο ανταγωνισμός μεταξύ τους –που οφείλεται στην αύξηση της πυκνότητάς τους– θα ακύρωνε το πλεονέκτημα της αυξημένης πυκνότητας.



Επιπλέον, οι Inderjit και Keating (1999) τόνισαν τη σημασία του βιολογικού κύκλου και της ηλικίας του φυτού-δότη, ενώ ο Rice (1984) αναφέρει ότι και ο τρόπος ανάπτυξης του φυτού επηρεάζει την έκφραση της αλληλοπαθειας. Για παράδειγμα, τα πολυετή ζιζάνια συχνά προκαλούν αλληλοπαθητικές επιδράσεις στα φυτά με τη συνεχή παρουσία τους και την κυκλική αναπλήρωση των αλληλοπαθητικών χημικών ουσιών στη ριζόσφαιρα, ενώ ζιζάνια με πυκνά ριζωματώδη υπόγεια τμήματα [π.χ., η κύπερη (*Cyperus rotundus*)] έχουν περισσότερες πιθανότητες να ενισχύσουν τη συγκέντρωση των αλληλοπαθητικών ενώσεων στο έδαφος. Ωστόσο, ο βιολογικός κύκλος ενός φυτού δεν είναι σταθερός και επηρεάζεται σημαντικά από περιβαλλοντικούς παράγοντες, οπότε ακόμα και φυτά του ίδιου είδους που αναπτύσσονται στο ίδιο περιβάλλον ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό στην αλληλοπαθητική τους δράση (Inderjit & Keating 1999, Rice 1984). Παράλληλα, η ευαισθησία των φυτών-στόχων μπορεί επίσης να διαφέρει σημαντικά, καθιστώντας μία ορισμένη συγκέντρωση αλληλοπαθητικών ουσιών φυτοτοξική σε ορισμένα μόνο στάδια της ανάπτυξής τους (Inderjit & Duke 2003).

6.2 ΒΙΟΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Ο βιότοπος είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το αλληλοπαθητικό δυναμικό ενός είδους. Η ποσότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών που παράγονται από τα φυτά-δότες αλλά και η επίδραση που θα προκαλέσουν στα φυτά-στόχους επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές (κλιματικές και εδαφικές) συνθήκες όπως ο αέρας, η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους, η ακτινοβολία, η ένταση και η διάρκεια του φωτός (Rice 1984, Weston 1996). Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και τη διαθεσιμότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών.

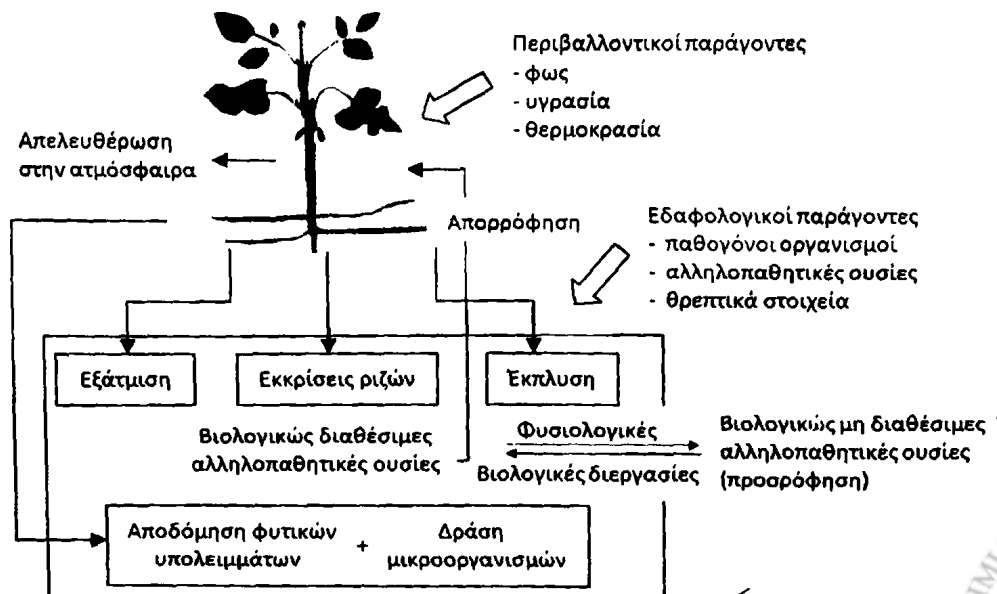
6.2.1 Εδαφολογικοί παράγοντες

Οι φυσικοχημικοί παράγοντες του εδάφους επηρεάζουν σημαντικά την τύχη των αλληλοπαθητικών ουσιών, δηλαδή τη διατήρηση, τη μετατροπή και τη μεταφορά τους από τις ρίζες του φυτού-δότη στις ρίζες του φυτού-στόχου. Αυτό συμβαίνει εν μέρει επειδή η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής μίας χημικής ουσίας ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από παράγοντες του υπεδάφους (Inderjit 2001, Inderjit & Duke 2003, Rice 1984, Dalton 1989, Blum 1996). Η προσρόφηση επηρεάζει την κίνηση και τη διαθεσιμότητα των αλληλοπαθητικών ενώσεων (Inderjit & Keating 1999), ενώ ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζουν η σύσταση, το pH, ο οργανικός άνθρακας και το διαθέσιμο άζωτο του εδάφους (Rice 1984, Dalton 1989, Blum 1996). Για παράδειγμα, το pH επηρεάζει την απορρόφηση και τη σταθεροποίηση των

ανόργανων ιόντων καθώς και την επακόλουθη συσσώρευση των θρεπτικών συστατικών (Nilsson κ.ά. 1982, Blum 1996, Facelli & Pickett 1991). Είναι επίσης γνωστό, ότι η διαθεσιμότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά επηρεάζει σημαντικά τις ποσότητες των αλληλοπαθητικών ουσιών που παράγονται από τα φυτά και συνεπώς την αλληλοπαθητική τους δραστηριότητα (Inderjit & Keating 1999, Rice 1984). Επιπλέον, τα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους (π.χ. pH, οργανικός άνθρακας, ανόργανα ιόντα) συχνά αλλάζουν μετά την προσθήκη των φυτικών υπολειμμάτων του φυτού-δότη και οι αλλαγές αυτές έχει αποδειχθεί ότι τροποποιούν τη δράση των αλληλοπαθητικών ουσιών (Blum κ.ά. 1992).

Οι μικροοργανισμοί του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο στην αλληλοπάθεια καθώς έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη διαθεσιμότητα, το χρόνο παραμονής και τη δράση των αλληλοπαθητικών ουσιών (Inderjit & Keating 1999, Rice 1984). Μπορούν δηλαδή να τροποποιήσουν και να υποβαθμίσουν τις αλληλοπαθητικές ενώσεις, καθιστώντας τις λιγότερο ή περισσότερο τοξικές και να επηρεάσουν τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους. Πολλά βακτηριακά είδη έχει αναφερθεί ότι έχουν αυτή τη δυνατότητα (Rice 1984, Lotina-Hennsen κ.ά. 2006).

Οι αλληλοπαθητικές ενώσεις είναι παρούσες στο έδαφος εκτός από ελεύθερη και σε δεσμευμένη μορφή. Ωστόσο, χημικές ενώσεις που δεσμεύονται (προσροφώνται) από σωματίδια του εδάφους μπορούν να απελευθερωθούν στο διάλυμα του εδάφους μέσω των δράσεων μικροοργανισμών και μυκήτων (Inderjit & Keating 1999). Για παράδειγμα, οι Novak κ.ά. (1995) αναφέρουν ότι οι μυκηλιακές υφές μπορούν να διαπεράσουν το οργανικό στρώμα



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση των βιολογικών και αβιοτικών παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή και διαθεσιμότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών (Mamolos & Kalburtji 2001, Inderjit & Keating 1999).

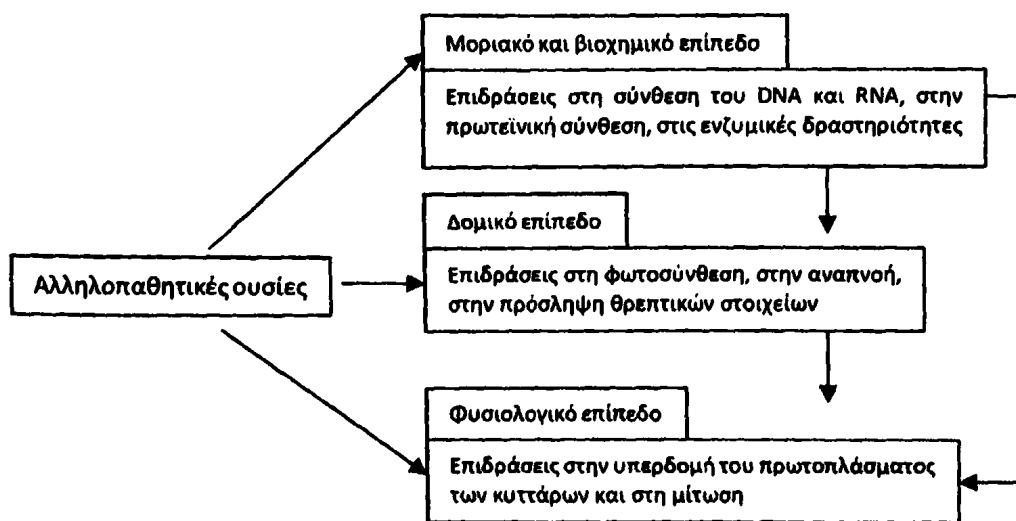
ή το εσωτερικό στρώμα της αργίλου και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση των δεσμευμένων μορφών των αλληλοπαθητικών ενώσεων.

6.2.2 Δυσμενείς συνθήκες (stress)

Η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ουσιών από τα φυτά καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και οι διάφορες αβιοτικές καταπονήσεις επηρεάζουν την ποσότητα και τη διαθεσιμότητα των αλληλοπαθητικών ουσιών (Einhellig 1996, Inderjit & Keating 1999). Τα φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες ανεπάρκειας θρεπτικών ουσιών, υψηλής έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, χαμηλής ή υψηλής υγρασίας του εδάφους, πολύ χαμηλών ή πολύ υψηλών θερμοκρασιών εμφανίζουν συχνά υψηλότερες συγκεντρώσεις αλληλοπαθητικών ενώσεων στους φυτικούς ιστούς σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε ιδανικές συνθήκες καλλιέργειας (Einhellig 1996, Zimdahl 1993). Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ανταγωνισμός που προκαλείται από άλλα είδη φυτών και η παρουσία ενός ζιζανιοκτόνου ή ενός παθογόνου οργανισμού αποτελούν συνθήκες στις οποίες η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ουσιών είναι επίσης εντονότερη (Βασιλάκογλου 2008). Προσβολές από ασθένειες ή έντομα μπορεί να επηρεάσουν το αλληλοπαθητικό δυναμικό ενός φυτού, καθώς τα φυτά παράγουν χημικές ουσίες για να περιορίσουν τη βλάβη που προκαλείται (Einhellig 1996). Για παράδειγμα, η μόλυνση από πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς προκαλεί σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολών και άλλων χημικών ενώσεων στα φυτά (Rice 1984). Γενικά, σε δυσμενείς συνθήκες ενισχύεται η παραγωγή των αλληλοπαθητικών ουσιών, ενώ αυξάνεται και η ευαισθησία των περισσότερων φυτών στη δράση τους (Einhellig 1996, Inderjit & Keating 1999, Zimdahl 1993 Βασιλάκογλου 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Οι περισσότερες αλληλοπαθητικές ουσίες χαρακτηρίζονται ως περίπλοκες δραστικές ουσίες που μπορούν να επηρεάσουν φυσιολογικές διεργασίες των φυτών-στόχων. Επιδρούν μέσω ποικίλων μηχανισμών και η δραστηριότητά τους δεν μπορεί να εξηγηθεί από ένα μόνο τρόπο δράσης. Γενικά οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορεί να δρουν ως αντιπαρασιτικές, αντιμυκητιακές ή αντιβακτηριακές, ως φυτοτοξίνες, ως ελκυστικά ή απωθητικά, ως ρυθμιστές αύξησης και ως παρεμποδιστές ή διεγερτικά βλάστησης, επηρεάζοντας μεγάλο αριθμό βιοχημικών αντιδράσεων με αποτέλεσμα την τροποποίηση διάφορων μοριακών, βιοχημικών, δομικών και φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών (Seigler 1996, Gniazdowska & Bogatek 2005, Lotina-Hennsen κ.ά. 2006). Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορεί να είναι επιλεκτικές στη δράση τους ή τα φυτά μπορεί να είναι επιλεκτικά στις αντιδράσεις τους. Επιπλέον, η δράση των ουσιών αυτών περιπλέκεται ακόμα περισσότερο καθώς ένα φυτό συνήθως παράγει περισσότερες από μία δραστικές ενώσεις (Seigler 1996) και έτσι η πλειονότητα των αλληλοπαθητικών επιδράσεων οφείλεται σε ποικιλία αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ενώσεων αυτών (Gniazdowska & Bogatek 2005). Διάφοροι τρόποι δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών σχετίζονται με την αναστολή και την τροποποίηση της ανάπτυξης των φυτών παρεμβαίνοντας είτε άμεσα στην κυτταρική διαίρεση και στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων –διεργασίες υπεύθυνες για την ανάπτυξη των φυτών– είτε έμμεσα μέσω της αλληλεπίδρασής τους με ορμόνες που επιδρούν στην αναπνοή, στο μεταβολισμό και στη φωτοσύνθεση (Gniazdowska & Bogatek 2005, Leather & Einhellig 1988, Zhou & Yu 2006) (Σχήμα 2).

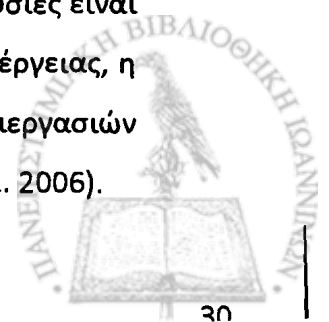


Σχήμα 2. Τρόποι δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών (Gniazdowska & Bogatek 2005).

Γενικά, οι μηχανισμοί δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών μπορεί να είναι: 1. διαφοροποίηση και αναστολή της κυτταρικής διαίρεσης, τροποποίηση της δημιουργίας του κυτταρικού τοιχώματος, επίδραση στην υπερδομή του κυττάρου, 2. τροποποίηση της δομής, λειτουργίας και διαπερατότητας των μεμβρανών, 3. διαταραχή του μεταβολισμού (αναπνοή και φωτοσύνθεση), 4. διαταραχή της λειτουργίας (άνοιγμα και κλείσιμο) των στομάτων, 5. επίδραση στη βιοσύνθεση και στο μεταβολισμό πρωτεϊνών, λιπιδίων και αμινοξέων, 6. επίδραση στην ορμονική ανάπτυξη, 7. αναστολή ή διέγερση της ενζυμικής δραστηριότητας, 8. παρεμπόδιση της ανάπτυξης ριζικών τριχιδίων, 9. επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και νερού 10. τροποποίηση της δράσης και διαταραχή του μεταβολισμού των φυτικών ορμονών, 11. τροποποίηση της ενεργητικής μεταφοράς, 12. επίδραση στη βλάστηση της γύρης, σπορίων και σπόρων, 13. αναστολή ή/και αποδόμηση της σύνθεσης χρωστικών ουσιών, 14. αναστολή της νιτροποίησης βακτηρίων, 14. διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου, 15. τροποποίηση του DNA και RNA και παρεμπόδιση της μεταγωγής σήματος, 16. φελλοποίηση/απόφραξη αγγείων κλπ. Από τα παραπάνω επιβεβαιώνεται ότι ο μηχανισμός δράσης των περισσότερων αλληλοπαθητικών ουσιών είναι παρόμοιος με εκείνο των ζιζανιοκτόνων (Leather & Einhellig 1988, Seigler 1996, Lotina-Hennsen κ.ά. 2006, Zhou & Yu 2006, Chou 2006, Βασιλάκογλου 2008). Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι μηχανισμοί δράσης ορισμένων αλληλοπαθητικών ουσιών.

7.1 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΙΚΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν να αυξήσουν τη διαλυτότητα των φωσφολιπιδίων, κύριο συστατικό της μάζας των κυτταρικών μεμβρανών, διαταράσσοντας έτσι τη λειτουργία της μεμβράνης και ως εκ τούτου να προκαλέσουν αναστολή της ανάπτυξης. Μπορούν επίσης να αλλοιώσουν τη διαπερατότητα και τη ρευστότητα των μεμβρανών ή να μεταβάλουν τα πολυπρωτεϊνικά σύμπλοκά τους, παρεμποδίζοντας ή τροποποιώντας έτσι τις φυσιολογικές μεμβρανικές διεργασίες (Lotina-Hennsen κ.ά. 2006, Rice 1984). Η κυτταρική μεμβράνη ελέγχει τη μεταφορά μορίων εντός και εκτός του κυττάρου, διαβιβάζει τα σήματα από το περιβάλλον στο εσωτερικό των κυττάρων, συμμετέχει στη σύνθεση και τη συγκρότηση των μορίων του κυτταρικού τοιχώματος και διαχωρίζει το ενδοκυττάριο από το εξωκυττάριο περιβάλλον, προστατεύοντας με τον τρόπο αυτό τα εσωτερικά οργάνια. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες είναι πιθανόν να επιδρούν σε κάποια από αυτές τις λειτουργίες. Ωστόσο, η παραγωγή ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται από τα κύτταρα για την πραγματοποίηση των βιοχημικών διεργασιών τους, αποτελεί πρωταρχικό στόχο των αλληλοπαθητικών ουσιών (Lotina-Hennsen κ.ά. 2006).



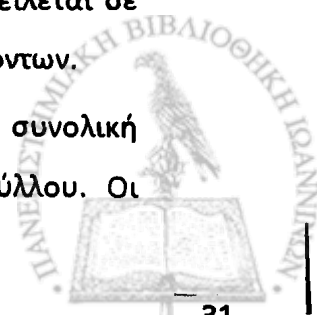
Πίνακας 7. Μηχανισμοί δράσης διάφορων αλληλοπαθητικών ουσιών (Leather & Einhellig 1988, Inderjit & Duke 2003, Zhou & Yu 2006).

Μηχανισμός δράσης	Χημική ουσία
Επιμήκυνση κυττάρων	Phenolic acids, tannins
Διαίρεση κυττάρων	Volatile terpenes, coumarins, camphor, 1,8-Cineole
Διαπερατότητα μεμβράνης	Phenolic acids
Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων	Phenolic acids, ferulic, syringic, caffeic, benzoic, vanillic, cinnamic acids
Σύνθεση χλωροφύλλης	Coumarins, Phenolic acids, vanillic, ferulic, p-coumaric acids, juglone, artemisin
Φωτοσύνθεση	Phenolic acids, scopoletin, juglone
Σύνθεση πρωτεϊνών	Phenolic acids, coumarins
Ενζυμική δραστηριότητα	Phenolic acids
Αναπνοή	Juglone, volatile terpenes, phenolic acids
Σύνθεση DNA και RNA	Benzoic, vanillic, cinnamic, ferulic acids
Υδατικές σχέσεις	Phenolic acids
Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη	Ferulic acid, monoterpenes, secalonic acid, phenolic acids
Λειτουργία των μεμβρανών της ρίζας	Juglone
Στοματική αγωγιμότητα	Phenolic acids, juglone, hydroxybenzoic acid, hydroquinone
Υδατικό δυναμικό	Hydroxybenzoic acid, ferulic acid
Μεταφορά ηλεκτρονίων κατά τη φωτοσύνθεση	Caffeic acid, polyphenols, hydroxybenzoic acid, hydroquinone, tricolorin A

7.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Οι διαταραχές της φωτοσύνθεσης είναι από τις πιο συχνά παρατηρούμενες επιδράσεις πολλών αλληλοπαθητικών ουσιών και υπάρχουν αρκετές μελέτες σχετικά με αυτόν τον τρόπο παρέμβασής τους (Rice 1984, Gniazdowska & Bogatek 2005). Είναι προφανές ότι οι ουσίες αυτές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση των τριών βασικών διαδικασιών της φωτοσύνθεσης: τον έλεγχο της παροχής CO₂ από τα στόματα, τη θυλακοειδή μεταφορά ηλεκτρονίων (φωτεινή αντίδραση), καθώς και το φωτοσυνθετικό κύκλο του άνθρακα (σκοτεινή αντίδραση). Για παράδειγμα, μείωση της αφομοίωσης του CO₂ έχει ευρέως παρατηρηθεί σε πολλά φυτά μετά από την έκθεσή τους σε αλληλοπαθητικές ουσίες (Zhou & Yu 2006). Επιπρόσθετα, οι Einhellig και Kuan (1971) όπως και ο Turner (1972) παρατήρησαν αυξημένη στοματική αγωγιμότητα εξαιτίας της επίδρασης αλληλοπαθητικών ουσιών, ενώ οι Zhou και Yu (2006) αναφέρουν ότι η επίδρασή τους στο άνοιγμα των στομάτων μπορεί να οφείλεται σε διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου, της ορμονικής ισορροπίας ή της απορρόφησης ιόντων.

Η ανάπτυξη και η απόδοση των φυτών συνήθως συσχετίζεται τόσο με τη συνολική επιφάνεια των φύλλων όσο και με το ρυθμό φωτοσύνθεσης ανά μονάδα φύλλου. Οι



αλληλοπαθητικές ουσίες επηρεάζουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης άμεσα ή έμμεσα, καθώς μειώνουν σημαντικά τη φυτική βιομάζα και την επιφάνεια των φύλλων, εμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη των φυτών. Ειδικότερα, οι Zhou και Yu (2006) αναφέρουν ότι μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, τουλάχιστον εν μέρει, προκαλείται λόγω του κλεισίματος των στομάτων, ενώ η μείωση της ικανότητας σύλληψης φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που ευθύνεται για τη μειωμένη φωτοσυνθετική παραγωγικότητα.

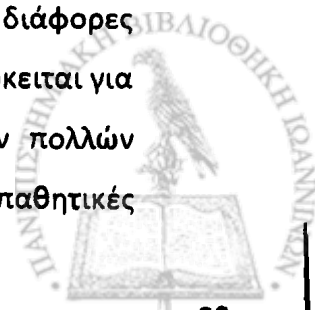
Επιπλέον, σε φυτά υπό την επίδραση αλληλοπαθητικών ουσιών έχει αναφερθεί μειωμένη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, κάτι που μπορεί να προκαλέσει αναστολή της ανάπτυξής τους (Inderjit & Keating 1999). Η χλωροφύλλη ως βασικό συστατικό των χρώμο-πρωτεϊνικών συμπλεγμάτων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση, οπότε οποιαδήποτε αλλαγή στην περιεκτικότητά της αναμένεται να επιφέρει αλλαγή και στη φωτοσύνθεση. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν να μειώσουν τη συσσώρευση χλωροφύλλης με τρεις τρόπους: με αναστολή της σύνθεσής της, με διέγερση της αποδόμησής της ή και με τους δύο (Zhou & Yu 2006), ενώ ο Rice (1984) αναφέρει ότι μερικές αλληλοπαθητικές ουσίες μπορεί να παρεμποδίσουν τη σύνθεση της πορφυρίνης (πρόδρομης ουσίας της βιοσύνθεσης της χλωροφύλλης). Λόγω των ανεπιθύμητων επιδράσεων των αλληλοπαθητικών ουσιών στη φωτοσύνθεση οι αλληλοπαθητικές ουσίες φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιολογική γεωργία (Gniazdowska & Bogatek 2005).

7.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες επηρεάζουν διάφορες διεργασίες της αναπνοής όπως η πρόσληψη O_2 , η οξειδωση του NADH, η παραγωγή ATP και η μεταφορά ηλεκτρονίων (Inderjit & Keating 1999). Ειδικότερα, ο Rice (1984) αναφέρει ότι η αναπνευστική δραστηριότητα στους μονοκυττάρους οργανισμούς και στα όργανα των ανώτερων φυτών επηρεάζεται αρνητικά από πολλές αλληλοπαθητικές ουσίες.

7.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Η απορρόφηση ανόργανων συστατικών είναι βασικής σημασίας για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή όλων των οργανισμών και πολλά στοιχεία δείχνουν ότι διάφορες αλληλοπαθητικές ουσίες επιδρούν στο ρυθμό απορρόφησής τους. Ως εκ τούτου, πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό μηχανισμό δράσης ο οποίος έχει κινήσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών (Rice 1984). Αν και πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι διάφορες αλληλοπαθητικές



ουσίες εμποδίζουν ή διεγείρουν την απορρόφηση ανόργανων συστατικών, λίγες από αυτές διευκρινίζουν αυτό το μηχανισμό δράσης. Η απορρόφηση ανόργανων συστατικών είναι από τις πιο ενεργοβόρες διαδικασίες των φυτικών κυττάρων και πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι οι επιδράσεις των αλληλοπαθητικών ουσιών στην αναπνοή και τη φωτοσύνθεση σχετίζονται με τη μειωμένη πρόσληψη ανόργανων συστατικών. Συνεπώς, η επίδραση αυτή μπορεί να είναι αποτέλεσμα ανεπαρκούς συντεθειμένης ποσότητας ATP στα κύτταρα (Gniazdowska & Bogatek 2005, Rice 1984). Για παράδειγμα, μεγάλη μείωση του επιπέδου ATP/ADP ανιχνεύθηκε σε σπόρους *S. Alba*, μετά από έκθεσή του σε αλληλοπαθητικές ουσίες φύλλων ηλιάνθου (Gniazdowska & Bogatek 2005). Επιπρόσθετα, η μείωση της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων – όπως άζωτο, φώσφορο, κάλιο και μαγνήσιο– που προκαλείται από την παρουσία των αλληλοπαθητικών ουσιών έχει ως αποτέλεσμα αναστολή της βλάστησης, μείωση του υδατικού δυναμικού και της σπαργής του φυτού και τελικά μείωση της ανάπτυξής του (Βασιλάκογλου 2008, Gniazdowska & Bogatek 2005). Ωστόσο, η επίδραση αυτή των αλληλοπαθητικών ουσιών είναι σταθερά εξαρτώμενη από τη συγκέντρωσή τους και από το συγκεκριμένο είδος του φυτού-στόχου (Inderjit & Keating 1999).

Δεδομένου ότι οι πρώτοι οργανισμοί που έρχονται σε επαφή με τις αλληλοπαθητικές ουσίες στο έδαφος είναι οι μικροοργανισμοί, η μικροβιακή σύνθεση του εδάφους καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις αλληλοπαθητικές ουσίες. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορεί να περιορίσουν πληθυσμούς μικροοργανισμών οι οποίοι συμμετέχουν ενεργά στις φάσεις του αζώτου, όπως τα αζωτοδεσμευτικά και τα υπεύθυνα για τη νιτροποίηση βακτήρια. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα αφενός τη μείωση του ρυθμού αζωτοδέσμευσης και αφετέρου τη μεταβολή της ισορροπίας του αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου στο έδαφος. Αυτό επηρεάζει την πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών από τα φυτά και κατ' επέκταση την παραγωγικότητά τους (Rice 1984, Βασιλάκογλου 2008). Επιπλέον, η αλληλοπάθεια θα μπορούσε άμεσα να επηρεάσει τα απονιτροποιητικά βακτήρια και συνεπώς την απονιτροποίηση, διαδικασία απαραίτητη για την ολοκλήρωση του κύκλου του αζώτου στα οικοσυστήματα (Rice 1984). Εκτός αυτού, οι αλληλοπαθητικές ουσίες συμβάλλουν στη μείωση του πληθυσμού και άλλων ωφέλιμων μικροοργανισμών όπως οι μυκόρριζες. Καθώς οι μυκόρριζες βοηθούν το φυτό να προσλαμβάνει από το έδαφος περισσότερα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία (ιδίως φώσφορο) μείωση του πληθυσμού τους μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της πρόσληψης θρεπτικών ουσιών (Βασιλάκογλου 2008).



7.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΚΑΙ ΝΟΥΚΛΕΪΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ

Έχει αναφερθεί ότι πολλές αλληλοπαθητικές ουσίες παρεμβαίνουν στην πρωτεϊνική σύνθεση, στο μεταβολισμό του RNA και του DNA και στο μεταβολισμό των ενζύμων και των αμινοξέων (Wink & Twardowski 1992, Inderjit & Keating 1999, Rice 1984). Οι Wink και Latz-Brüning (1995) αναφέρουν ότι πολλά αλκαλοειδή επιδρούν στην DNA πολυμεράση, στην πρωτεϊνική σύνθεση και στη σταθερότητα των μεμβρανών. Ειδικότερα, οι Baziramakenga κ.ά. (1997) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επίδραση των αλληλοπαθητικών ουσιών στα νουκλεϊνικά οξέα και στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών αποτελεί έναν από τους σημαντικούς μηχανισμούς δράσης τους.

7.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ

Αναστολή ή καθυστέρηση της βλάστησης του σπόρου από την επίδραση αλληλοπαθητικών ουσιών έχει αναφερθεί για το σόργο, το σιτάρι, τον ηλίανθο και τη σίκαλη (Inderjit & Duke 2003, Inderjit & Callaway 2003, Weston & Duke 2003). Οι ανασταλτικές επιδράσεις των αλληλοπαθητικών ουσιών στη βλάστηση των σπόρων φαίνεται να επιτυγχάνονται μέσω της διακοπής του κυτταρικού μεταβολισμού και όχι από βλάβη των κυτταρικών οργανιδίων. Επιπλέον, η κινητοποίηση του θρεπτικού αποθέματος, διαδικασία που συνήθως διεξάγεται με ταχύ ρυθμό κατά τα πρώτα στάδια της βλάστησης του σπόρου, φαίνεται να καθυστερεί ή να μειώνεται (Gniazdowska & Bogatek 2005).

7.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΦΕΛΛΟΠΟΙΗΣΗ – ΑΠΟΦΡΑΞΗ ΑΓΓΕΙΩΝ

Ο Rice (1984) αναφέρει ότι οι Bogdan και Grodzinsky εργάστηκαν κατά τη δεκαετία του 1970 στην επίδραση των αλληλοπαθητικών ενώσεων στη φελλοποίηση και στην απόφραξη αγγείων των ξυλώδων στοιχείων. Παρατήρησαν ότι υδατικά εκχυλίσματα πολλών αλληλοπαθητικών φυτικών ειδών προκαλούν αμαύρωση, φελλοποίηση και απόφραξη αγγείων ξυλώδων στοιχείων σε πολλά υπό δοκιμή είδη. Το συμπέρασμα ήταν ότι οι αλληλοπαθητικά δραστικές ουσίες μάλλον ευνοούν το σχηματισμό μηχανικών φραγμών διείσδυσης τοξινών στα φυτά.

7.8 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Μία από τις επιδράσεις των αλληλοπαθητικών ουσιών είναι η ανεξέλεγκτη παραγωγή και συσσώρευση δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) στα φυτικά κύτταρα (Gniazdowska &



Bogatek 2005). Προϊόντα των αντιδράσεων των ROS μπορούν να παρεμποδίσουν την ομαλή λειτουργία των νουκλεϊκών οξέων και των ενζύμων, να προκαλέσουν καταστροφή των μεμβρανών και να επιφέρουν διαταραχή του μεταβολισμού. Η ταχεία παραγωγή ROS εξαιτίας των αλληλοπαθητικών ουσιών παρουσιάζει κάποιες ομοιότητες με την αντίδραση των κυττάρων στη μόλυνση από παθογόνους μικροοργανισμούς, καθώς και την αντίδρασή τους στις αβιοτικές πιέσεις (Gniazdowska & Bogatek 2005).

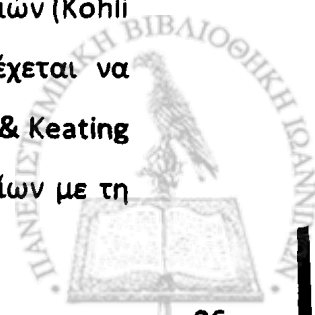


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η αλληλοπάθεια αποτελεί σημαντικό μηχανισμό αλληλεπίδρασης των φυτών διαδραματίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στη βιοποικιλότητα των φυσικών οικοσυστημάτων. Μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση της πυκνότητας και της κατανομής των ειδών και σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να περιορίσει σοβαρά την ποικιλομορφία μίας κοινότητας φυτών (Putnam κ.ά 1983). Η φυτοτοξικότητα των υπολειμμάτων των φυτών έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό (Putnam κ.ά. 1983) και αλληλοπαθητικά φυτά αναγνωρίζονται ως πιθανές πηγές επιλεκτικών ζιζανιοκτόνων (Putnam & Defrank 1983). Η χρήση χημικών ουσιών με αλληλοπαθητική δράση μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση των ζιζανίων καθώς και των ασθενειών των φυτών, περιορίζοντας κατά αυτό τον τρόπο τη σημερινή εξάρτηση από τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Inderjit & Keating 1999, Willis 2004, Kohli κ.ά. 2006 Duke κ.ά. 2007). Μία προσέγγιση της χρήσης αυτής είναι ο προσδιορισμός και η απομόνωση των αλληλοπαθητικά ενεργών χημικών ουσιών που παράγονται από τα φυτά και εν συνεχεία ο εντοπισμός και η μεταφορά των γονιδίων που εμπλέκονται βιοχημικά στην παραγωγή αυτών των ουσιών σε εμπορικές ποικιλίες. Μία δεύτερη προσέγγιση είναι ο βιώσιμος έλεγχος των ζιζανίων και παρασίτων με χρήση αλληλοπαθητικών φυτών σε διάφορα καλλιεργητικά συστήματα (αμειψισπορά, συγκαλλιέργειες) και η ενσωμάτωση φυτοτοξικών υπολειμμάτων στο έδαφος (Duke κ.ά. 2007, Putnam κ.ά. 1983, Batish κ.ά. 2001, Singh κ.ά. 2001, Kohli κ.ά. 2006, Zimdahl 1993).

8.1 ΦΥΤΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ

Η ικανότητα των φυτών κάλυψης (cover & smother crops) να απελευθερώνουν τοξικές ουσίες και να δημιουργούν δυσμενές περιβάλλον για τη βλάστηση και την ανάπτυξη των ζιζανίων εξηγεί τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των φυτών αυτών στη διαχείριση των γεωργικών οικοσυστημάτων (Inderjit & Keating 1999, Narwal 2006, Kohli κ.ά. 2006, Dhima κ.ά. 2009). Η διάρκεια παραμονής όμως, των υπολειμμάτων των φυτών κάλυψης στην επιφάνεια του εδάφους καθορίζει τη χρονική περίοδο ελέγχου των ζιζανίων (Bhowmik & Inderjit 2003). Γενικά η επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων μειώνεται μετά από 4-6 εβδομάδες λόγω της απώλειας της μάζας τους και της διακοπής της κατανομής των αλληλοπαθητικών ουσιών (Kohli κ.ά. 2006). Ωστόσο, οι αλληλοπαθητικές επιδράσεις ενός φυτού κάλυψης ενδέχεται να διαφέρουν όταν ενσωματώνονται στο έδαφος διαφορετικά μέρη του φύτου (Inderjit & Keating 1999). Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την αλληλοπαθητική αναστολή των ζιζανίων με τη



χρήση φυτών κάλυψης όπως το σόργο (Weston κ.ά. 1989, Alsaadawi κ.ά. 1986), η σίκαλη (Barnes & Putnam 1987, Yenish κ.ά. 1995), το σιτάρι (Crutchfield κ.ά. 1985), το φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum*) (Tominaga & Uezu 1995) και το μαύρο σινάπι (*Brassica nigra*) (Bell & Muller 1973, Weston 1996). Από τα παραπάνω το σόργο, το σιτάρι και η σίκαλη όπως επίσης και το κριθάρι και η βρώμη έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την αναστολή πλατύφυλλων ζιζανίων (Narwal 2006, EINHELLIG & LEATHER 1988) (Πίνακας 3).

Η ενσωμάτωση φυτικής μάζας (cover crops mulches ή green manure) αλληλοπαθητικών φυτών λειτουργεί ως κάλυμμα προστασίας και μέσω της φυσικής της αποδόμησης απελευθερώνονται ουσίες οι οποίες μειώνουν τη φυτρωτική ικανότητα και την ανάπτυξη των ζιζανίων. Η ενσωμάτωση στο έδαφος αλληλοπαθητικών φυτών όπως το κριθάρι, η σίκαλη, η σιταρόβριζα και ο ηλίανθος τα οποία έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν φυτοτοξικές ουσίες στο περιβάλλον, παρεμποδίζει τη βλάστηση διαφόρων ειδών ζιζανίων και η μέθοδος αυτή έχει αυξήσει σε πολλές περιπτώσεις την απόδοση φυτών μεγάλης καλλιέργειας, όπως η σόγια, τα ζαχαρότευτλα, ο αραβόσιτος, το βαμβάκι και τα φασόλια (Βασιλάκογλου 2008). Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται ορισμένα καλλιεργούμενα φυτά που χρησιμοποιούνται ως ενσωματούμενη φυτική μάζα για την αναστολή διαφόρων ζιζανίων.

Πίνακας 8. Καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται ως ενσωματούμενη φυτική μάζα και παρουσιάζουν ικανότητα αναστολής ζιζανίων (Kohli κ.ά. 2006).

Καλλιέργειες	Επηρεαζόμενα ζιζάνια
<i>Brassica napus</i>	λουβουδιά, τραχύ βλήτο, καψέλλα, κοχία, μουχρίτσα, σετάρια πράσινη, <i>Solanum sarrachoides</i> , <i>Cenchrus longispinus</i>
<i>Brassica hirta</i> <i>Brassica juncea</i>	καψέλλα, τραχύ βλήτο, σετάρια πράσινη, <i>Kochia scoraria</i>
<i>Brassica rapa</i> <i>Brassica napus</i>	τραχύς ζωχός, <i>Matricaria inodora</i>
<i>Trifolium incarnatum</i> <i>Trifolium pretense</i>	λουβουδιά, άγριο σινάπι, <i>Ipomea lacunosa</i>

Οι παραπάνω πρακτικές εκμεταλλεύονται πρωτίστως τις αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται και περιορίζουν τη βλάστηση και ανάπτυξη των ζιζανίων αλλά και δευτερευόντως τη βιομάζα που προστίθεται στο έδαφος, η οποία συμβάλλει στην ενσωμάτωση οργανικής ύλης στη ριζόσφαιρα και επηρεάζει τη μικροβιακή οικολογία και τις θρεπτικές συνθήκες του εδάφους (Mallik 2008α, Kohli κ.ά. 2006). Παράλληλα, ενισχύεται η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας του εδάφους και περιορίζεται η διάβρωσή του (Βασιλάκογλου 2008). Ωστόσο, η παραγωγή και απελευθέρωση των αλληλοπαθητικών ουσιών

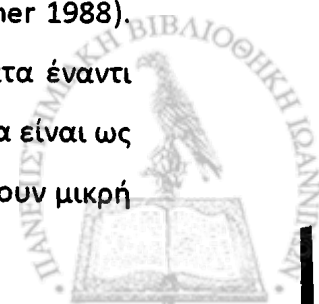


από τα φυτά που χρησιμοποιούνται ως ενσωματούμενη φυτική μάζα επηρεάζεται σημαντικά από: 1. το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, 2. την ποικιλία του κάθε είδους, 3. τις περιβαλλοντικές συνθήκες και 4. το χρόνο ενσωμάτωσής τους στο έδαφος (Inderjit & Keating 1999). Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να οδηγήσει σε εξάντληση της εδαφικής υγρασίας –σε περιόδους ξηρού χειμώνα και άνοιξης– ενώ λόγω της παρουσίας των υπολειμμάτων ευνοείται η ανάπτυξη διάφορων πληθυσμών εντόμων και παθογόνων του εδάφους και πιθανώς περιορίζεται η δράση των ζιζανιοκτόνων που μπορεί να εφαρμοστούν αργότερα. Επιπλέον, οι αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται στο έδαφος μπορεί να επηρεάσουν ευαίσθητα καλλιεργούμενα φυτά, μειώνοντας τη φυτρωτική τους ικανότητα (Βασιλάκογλου 2008).

8.2 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΩΣ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ

Τα χημικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα συνεχίζουν να αποτελούν βασικό στοιχείο των περισσότερων ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης ζιζανίων. Ωστόσο, η εκτεταμένη χρήση τους δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία και τα συμβατικά συνθετικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα γίνονται όλο και λιγότερο αποτελεσματικά εναντίον διαφόρων πληθυσμών ζιζανίων. Πολλά ζιζάνια έχουν γίνει ανθεκτικά σε σημαντικές κατηγορίες ζιζανιοκτόνων όπως οι τριαζίνες (s-triazines) και οι δινιτροανιλίνες (dinitroanilines) (Inderjit & Keating 1999). Παράλληλα, η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σχετικά με τα προβλήματα που συνδέονται με την υπερβολική χρήση των χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων στη γεωργία είναι σοβαρό κίνητρο για την ανακάλυψη βιολογικά ενεργών φυσικών προϊόντων από ανώτερα φυτά, που να είναι το ίδιο ή περισσότερο αποτελεσματικά από τα συνθετικά αγροχημικά προϊόντα και πολύ ασφαλέστερα (Narwal 2006, Inderjit & Keating 1999).

Η ικανότητα ορισμένων αλληλοπαθητικών ουσιών να αναστέλλουν αποτελεσματικά την ανάπτυξη διαφόρων φυτών οδήγησε στην προσπάθεια χρησιμοποίησής τους ως εναλλακτική στρατηγική διαχείρισης των ζιζανίων στα αγρο-οικοσυστήματα (Narwal 2006, Bhowmik & Inderjit 2003, Inderjit & Keating 1999, Weir & Vivanco 2008). Ορισμένοι φυτικοί και μικροβιακοί μεταβολίτες έχουν άμεση δυνατότητα εφαρμογής, ενώ άλλοι μπορούν να τροποποιηθούν για να ενισχυθεί η βιολογική τους δραστηριότητα (Einhellig & Leather 1988). Οι Duke κ.ά. (2000) αναφέρουν ότι οι φυσικές ενώσεις έχουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των συνθετικών, καθώς σε αντίθεση με ένα μεγάλο μέρος αυτών, τα φυσικά προϊόντα είναι ως επί το πλείστον υδατοδιαλυτά, βιοδιασπώμενα, παρουσιάζουν επιλεκτικότητα και έχουν μικρή

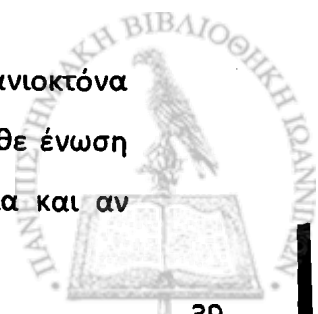


υπολειμματική δράση. Ως εκ τούτου, η χρήση ουσιών από μικροοργανισμούς (φυσικές τοξίνες) ή ανώτερα φυτά (αλληλοπαθητικές ουσίες) είτε άμεσα ως ζιζανιοκτόνα είτε έμμεσα ως κατευθυντήριες δομές σύνθεσης νέων κατηγοριών ζιζανιοκτόνων, θα μπορούσε να αποδειχθεί ως περιβαλλοντικά ήπια μέθοδος ελέγχου (Kohli κ.ά. 2006, Weston 1996). Επιπρόσθετα, υπάρχουν αρκετές ενθαρρυντικές μελέτες σχετικά με τις εναλλακτικές αλληλοπαθητικές μεθόδους διαχείρισης ζιζανίων και στη δασοκομία, καθώς η εντατική εφαρμογή των αγροχημικών στη διαχείριση των δασών είναι επίσης συνήθης και οι επιπτώσεις των ζιζανιοκτόνων σε μη ξυλώδη φυτά, σε ζωικούς πόρους και στην ποιότητα των υδάτων είναι δυσμενείς (Mallik 2008α).

Αλληλοπαθητικές ουσίες διαφόρων φυτών όπως τα αρωματικά και τα αγρωστώδη έχουν ήδη διερευνηθεί για τον πιθανό ρόλο τους στη διαχείριση των ζιζανίων (Inderjit & Keating 1999, Βασιλάκογλου 2008). Μία από τις πρώτες αλληλοπαθητικές ενώσεις που προσδιορίστηκε σε ανώτερα φυτά, ήταν η 1,8-Cineole. Το cinmethylin, η δομή του οποίου είναι παρόμοια με την 1,8-Cineole, εξελίχθηκε ως ζιζανιοκτόνο και χρησιμοποιείται εμπορικά για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Ρυθμίζει την ανάπτυξη πολλών ετήσιων αγρωστωδών και αναστέλλει ορισμένα είδη πλατύφυλλων. Αν και παράγεται συνθετικά θα μπορούσε να παραχθεί από τη γνωστή αλληλοπαθητική ουσία (Zimdahl 1993, Bhowmik & Inderjit 2003). Άλλα, φυσικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως εμπορικά ζιζανιοκτόνα είναι τα triketone, bialaphos, glufosinate και dicamba (Bhowmik & Inderjit 2003).

Οι σπουδαιότερες αλληλοπαθητικές ενώσεις, για τις οποίες έχει γίνει ή γίνεται προσπάθεια ανάπτυξής τους σε ζιζανιοκτόνα είναι τα monoterpenes, οι sesquiterpene lactones, οι benzoxazinones, το quinolinic acid, οι leptospermones και τα αιθέρια έλαια (Xuan κ.ά. 2005, Kohli κ.ά. 2006), ενώ έχει αναφερθεί ότι σημαντικό ρόλο στη διαχείριση των ζιζανίων διαδραματίζουν και το allyl isothiocyanate (μαύρο σινάπι), τα λιπαρά οξέα (φαγόπυρο), τα ισοφλαβονοειδή, οι φαινόλες (*Melilotus spp.*), η scoroletin (βρώμη), τα hydroxamic acids (σιτηρά), το dhurrin και το sorgoleone (σόργο) (Weston 1996). Επίσης, πολλές από τις φαινολικές ενώσεις (π.χ. salicylic acid και p-hydroxybenzoic acid), σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, είναι αποτελεσματικές κατά των ζιζανίων και σχετικά μη-επιλεκτικές. Ωστόσο, συνθετικές δομικές τροποποιήσεις των εν λόγω ενώσεων μπορεί να αυξήσουν τη δραστηριότητά τους και την επιλεκτικότητά τους (Bhowmik & Inderjit 2003).

Σημαντικό, βέβαια, είναι πριν από τη χρήση αλληλοπαθητικών ουσιών ως ζιζανιοκτόνα να εξεταστούν τα ακόλουθα: 1. ποια είναι η ελάχιστη συγκέντρωση στην οποία κάθε ένωση παρουσιάζει φυτοτοξική δραστηριότητα, 2. αν η ένωση διαχωρίζεται με ακρίβεια και αν



μπορεί να προσδιοριστεί, 3. ποιος είναι ο χρόνος παραμονής της ένωσης στο έδαφος, 4. αν η ένωση επηρεάζει τη μικροβιακή οικολογία και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, 5. ποιος είναι ο τρόπος δράσης της ένωσης, 6. αν η ένωση έχει τυχόν δυσμενείς επιπτώσεις στην επιθυμητή καλλιέργεια, 7. αν η ένωση είναι ασφαλής από άποψη υγείας και 8. κατά πόσο η παραγωγή της ένωσης σε εμπορική κλίμακα είναι συμφέρουσα (Bhowmik & Inderjit 2003). Γενικά, το ιδιαίτερα υψηλό κόστος παραγωγής αλλά και η δυσκολία τυποποίησης ζιζανιοκτόνων με βάση αλληλοπαθητικές ουσίες, αποτελούν από τα σημαντικότερα προβλήματα ανάπτυξής τους (Βασιλάκογλου 2008).

8.3 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΩΣ ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΑΥΞΗΣΗΣ

Οι ρυθμιστές αύξησης είναι μη θρεπτικές ουσίες που ελέγχουν την ανάπτυξη, την εξέλιξη και τη σύνθεση των φυτών και των λειτουργιών τους, αλληλεπιδρώντας με τις ενδογενείς ομάδες, τις φυτοορμόνες. Η δράση τους περιλαμβάνει την καθυστέρηση της ανάπτυξης και της δημιουργίας ανθέων, την επιτάχυνση της ωρίμανσης ή της γήρανσης και την παραγωγή βιομάζας. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες παρέχουν μία πολλά υποσχόμενη πηγή νέων ενώσεων ρυθμιστών αύξησης και πιο συγκεκριμένα οι agrostemin, triacantanol και brassinolide έχουν δείξει σημαντική αύξηση των αποδόσεων φυτών μεγάλης καλλιέργειας (Narwal 2006).

8.4 ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΣΙΤΩΝ

Εκτός από τη διαχείριση ζιζανίων, οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για τον έλεγχο διαφόρων επιβλαβών παρασίτων, όπως νηματώδεις, μύκητες και έντομα (Singh κ.ά. 2001) και ο ρόλος τους στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυτών και εντόμων έχει λάβει ιδιαίτερη προσοχή τα τελευταία χρόνια (Narwal 2006). Διάφορα φυτά και είδη ζιζανίων αναφέρεται ότι έχουν αντιμυκητιακή δράση (Kohli κ.ά. 2006) ενώ άλλα ότι έχουν ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για την απώθηση ή τη δηλητηρίαση παράσιτων (Narwal 2006). Επιπλέον, αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται από υπολείμματα καλλιεργειών μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης παθογόνων μικροοργανισμών του εδάφους (Kohli κ.ά. 2006). Στην πραγματικότητα, τα φυτικά προϊόντα και οι αλληλοπαθητικές ουσίες προσφέρουν μία από τις περισσότερο περιβαλλοντικά βιώσιμες μεθόδους ελέγχου των ασθενειών των φυτών. Παραδείγματα αλληλοπαθητικών ουσιών που βρίσκονται στα φυτά και συνήθως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο παρασίτων είναι τα τοξικά αμινοξέα, οι αναστολείς της πρωτεάσης, τα αλκαλοειδή, τα cyanogenic glycosides, οι φαινόλες, οι τανίνες και τα phytohaemagglutinins (Narwal 2006). Σε ορισμένες

περιπτώσεις αλληλοπαθητικές ουσίες όπως οι βενζοξαζινόνες των σιτηρών, οι σαπωνίνες της μηδικής και οι θειούχες ενώσεις των σταυρανθών, συμβάλλουν στη μείωση του πληθυσμού διαφόρων εχθρών και παθογόνων μικροοργανισμών του εδάφους, όπως τα *Fusarium*, *Thielaviopsis*, *Aphanomyces* και *Meloidogyne* (Khanh κ.ά. 2005, Βασιλάκογλου 2008), ενώ οι Gaspar κ.ά. (1999) αναφέρουν ότι τα τριτερπενοειδή και άλλες αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται από το σιτάρι παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμυνα των φυτών, λειτουργώντας ως μεταφορείς σήματος. Τέλος, από τα φυτά *Agrostemma githago* και *Azadirachia indica* έχουν απομονωθεί συστατικά τα οποία χρησιμοποιούνται ως ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, μυκητοκτόνα και νηματοδοκτόνα (Chou 2006).

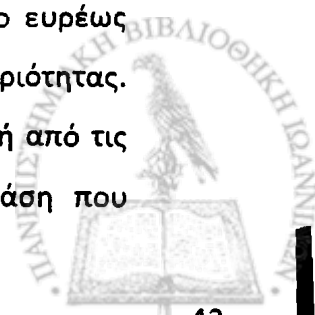


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Οι βιοδοκιμές εκχυλισμάτων είναι χρήσιμα και απαραίτητα εργαλεία μελέτης της ικανότητας των φυτών για παραγωγή αλληλοπαθητικών ουσιών και αξιολόγησης της αλληλοπαθητικής δραστηριότητάς τους. Η πιο διαδεδομένη βιοδοκιμή για την εξέταση της αλληλοπαθητικής δραστηριότητας ενός εκχυλίσματος είναι η τεχνική βλάστησης σπόρου σε τρυβλία petri με διηθητικό χαρτί, περλίτη, άμμο, χώμα ή άγαρ (Haugland & Brandsaeter 1996). Η ακρίβεια των στοιχείων της βιολογικής ανάλυσης για την αξιολόγηση των εμφανώς φυτοτοξικών φυσικών ενώσεων, εξαρτάται από τη φυσιολογική και βιοχημική ικανότητα αντίδρασης του υπό βιοδοκιμή οργανισμού και των μηχανισμών δράσεων των αλληλοπαθητικών ουσιών (Leather & Einhellig 1988). Μεταξύ των πολλών κριτηρίων της φυτοτοξικότητας μίας αλληλοπαθητικής ουσίας είναι η βιωσιμότητα των σπόρων (αναστολή ή διέγερση των σπόρων), η μορφολογία των ριζών (επιμήκυνση ριζιδίου) και η ανάπτυξη των σποροφύτων (μέτρηση μήκους και βάρους ορισμένων μερών του φυτού) (Leather & Einhellig 1988, Gniazdowska & Bogatek 2005). Γενικά υπάρχουν δύο είδη μετρήσεων για τον έλεγχο της βιολογικής δραστηριότητας των αλληλοπαθητικών ουσιών: μετρήσεις συγκεκριμένης βιολογικής δραστηριότητας (π.χ. αναστολή της φωτοσύνθεσης) ή μετρήσεις ορισμένων δεικτών της ανάπτυξης (π.χ. βλαστική ικανότητα, ξηρό βάρος ρίζας) (Haugland & Brandsaeter 1996).

Η πιθανότητα ότι περισσότερες από μία αλληλοπαθητικές ουσίες που ενεργούν ταυτόχρονα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να είναι υπεύθυνες για τα παρατηρηθέντα αλληλοπαθητικά αποτελέσματα καθιστά τις βιοδοκιμές εξαιρετικά ευαίσθητες πειραματικές μεθόδους (Leather & Einhellig 1988). Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ευαισθησία μίας βιοδοκιμής και διαφορετικά είδη δοκιμής μπορεί να έχουν διαφορετική ευαισθησία σε συγκεκριμένες αλληλοπαθητικές ενώσεις ή υδατικά εκχυλίσματα. Σε μερικές μελέτες, ο κύριος στόχος είναι να ταξινομηθούν διάφορα είδη σύμφωνα με την ευαισθησία τους στις δραστικές ουσίες, αλλά σε άλλες είναι να επιλεγθεί το πιο ευαίσθητο είδος για την ανίχνευση των χαμηλών ορίων των αλληλοπαθητικών ενώσεων (Haugland & Brandsaeter 1996).

Η αναστολή ή η διέγερση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη βιοδοκιμή για τον προσδιορισμό της αλληλοπαθητικής δραστηριότητας. Ωστόσο, η διαδικασία βλάστησης του σπόρου είναι πιθανότατα λιγότερο κατανοητή από τις υπόλοιπες λειτουργίες των φυτών (Leather & Einhellig 1988). Η βιοχημική δράση που

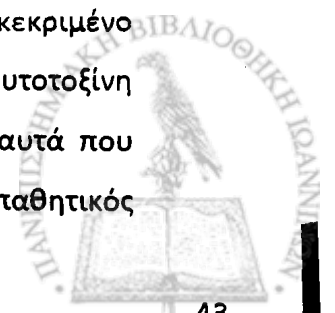


σχετίζεται με τη βλάστηση του σπόρου δεν είναι ξεκάθαρη, οπότε συγκεκριμένα συμπεράσματα σχετικά με τους αλληλοπαθητικούς μηχανισμούς είναι δύσκολο να εξαχθούν. Φαίνεται όμως, ότι ο τρόπος δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών περιλαμβάνει τη διαφοροποίηση των μεμβρανών, με αποτέλεσμα την απώλεια τόσο μεταβολιτών όσο και της ικανότητας να δημιουργηθεί το απαραίτητο ωσμωτικό δυναμικό για την επιμήκυνση των κυττάρων (Leather & Einhellig 1988).

Η μέτρηση του μήκους ρίζας για τον προσδιορισμό αλληλοπαθητικών ουσιών είναι συχνά περισσότερο αξιόπιστη μέθοδος από εκείνη της βλάστησης των σπόρων (Leather & Einhellig 1988), παρ' όλο που και οι δύο είναι εξαιρετικά ευαίσθητες σε υψηλά (100 ppm) ωσμωτικά δυναμικά (Bell 1974). Τα διαφορετικά υπό μελέτη είδη παρουσιάζουν ποικίλη ευαισθησία στο ωσμωτικό δυναμικό, το οποίο επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα μίας βιοδοκιμής (Haugland & Brandsaeter 1996). Έτσι, οι συγκεντρώσεις του καθαρού εκχυλίσματος πρέπει να αξιολογούνται πριν από την εφαρμογή (Bell 1974). Σε γενικές γραμμές, οι βιοδοκιμές αυτές είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για τον προσδιορισμό των επιδράσεων των αλληλοπαθητικών ουσιών στις υπεύθυνες ορμόνες πολλαπλασιασμού των κυττάρων, στην αναπνοή και στην κυτταρική διαίρεση (Leather & Einhellig 1988).

Η μορφολογία των σποροφύτων που καλλιεργούνται υπό την επίδραση αλληλοπαθητικών ουσιών μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες. Ειδικότερα, ο ανώμαλος σχηματισμός ρίζας δείχνει τον τρόπο δράσης των ενώσεων, ενώ η ανάπτυξη δευτερευόντων πλευρικών ριζών εις βάρος της κύριας ρίζας υποδηλώνει διακοπή της ορμονικής ισορροπίας. Οι βιοδοκιμές αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν μετρήσεις του μήκους και του βάρους διαφόρων τμημάτων των φυτών όπως, για παράδειγμα, μετρήσεις της περιοχής των φύλλων που μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την αναστολή της ανάπτυξης των φυτών (Lotina-Hennsen 2006).

Για τον προσδιορισμό περιπτώσεων στις οποίες μπορεί να εμφανίζεται αλληλοπαθητική δραστηριότητα χρησιμοποιούνται επίσης πειράματα θερμοκηπίου ή αγρού, με ποικίλη πυκνότητα ανάπτυξης φυτών. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται με διαφορετικές πυκνότητες σε έδαφος που περιέχει φυτοτοξικές ουσίες παρατηρείται διαφορά στο μέγεθος της αναστολής καθώς οι φυτοτοξικές επιδράσεις εξαρτώνται από την πυκνότητα φύτευσης. Κατά την καλλιέργεια φυτών σε μικρή πυκνότητα σε ένα δεδομένο έδαφος που περιέχει συγκεκριμένο ποσό φυτοτοξίνης, τα φυτά λαμβάνουν μεγαλύτερη ποσότητα από τη διαθέσιμη φυτοτοξίνη και ως εκ τούτου υφίστανται μεγαλύτερη αναστολή ανάπτυξης σε σύγκριση με αυτά που αναπτύσσονται σε υψηλές πυκνότητες. Από αυτό επίσης φαίνεται ότι ο αλληλοπαθητικός



μηχανισμός λειτουργεί αντίθετα από τον ανταγωνισμό καθώς η ανάπτυξη των φυτών ευνοείται σε μεγάλες πυκνότητες (Weidenhamer 2008).

Γενικά, αν και η ικανότητα σύνθεσης αλληλοπαθητικών ουσιών διαφόρων ειδών έχει αποδειχθεί σε πειράματα εργαστηρίου, είναι απαραίτητη και η διεξαγωγή αντίστοιχων πειραμάτων αγρού για την επαρκή εξήγηση της αλληλεπίδρασης των φυτών. Παρ' όλα αυτά, τα περισσότερα πειράματα δεν μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα στον αγρό, λόγω των διαφορετικών κλιματολογικών, εδαφικών και βιολογικών συνθηκών (Zimdahl 1993). Ειδικότερα, οι αλληλοπαθητικές ουσίες είναι πιθανόν να εμφανίσουν μειωμένη αποτελεσματικότητα σε συνθήκες αγρού, συνήθως λόγω: 1. της μικρής συγκέντρωσής τους, 2. της μικρής υπολειμματικής διάρκειάς τους στο έδαφος, 3. της αδυναμίας απελευθέρωσής τους από τους ιστούς του φυτού που τις παράγει, 4. του μεταβολισμού τους σε μη φυτοτοξικές ουσίες από τα υπόλοιπα είδη φυτών, 5. της αδυναμίας τους να εισέλθουν στους ιστούς των φυτών (Βασιλάκογλου 2008).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

10.1 ΚΙΡΣΙΟ - *CIRSIUM ARVENSE*

Το κίρσιο ανήκει στο γένος *Cirsium* της οικογένειας *Asteraceae*. Είναι δίοικο, πολυετές, δικοτυλήδονο ζιζάνιο, των χειμερινών και ανοιξιάτικων καλλιεργειών. Πολλαπλασιάζεται με σπόρους και τμήματα ριζών που φέρουν βλαστικούς οφθαλμούς, σε αποστάσεις από 6 έως 12 cm και φυτρώνει από το τέλος του χειμώνα μέχρι το τέλος της άνοιξης. Το βαθύ και εκτεταμένο ριζικό του σύστημα καθώς και η ταχύτατη εξάπλωσή του το καθιστούν από τα πλέον ανταγωνιστικά ζιζάνια. Τα σπορόφυτα έχουν σκούρες πράσινες, ωοειδείς, σαρκώδεις και έμμισχες κοτυληδόνες, άνισου μεγέθους, με βραχύ και σκληρό μίσχο. Η υποκοτύλη είναι πράσινη και δεν έχει τρίχες. Ο βλαστός έχει όρθια έκφυση και φέρει γωνιώδεις αυλακώσεις. Ακόμα, είναι πολυπλευρικός, πράσινος και καλυμμένος από χνούδι ενώ το ύψος του κυμαίνεται από 40 έως 150 cm. Τα φύλλα είναι πράσινα, ωοειδή ή λογχοειδή, βαθιά σχισμένα, ελαφρώς οδοντωτά και ακανθωτά. Επιπλέον, έχουν ευδιάκριτα μεσαία νεύρα, τραχιά υφή και τρίχες στην κάτω επιφάνεια. Τα κατώτερα φύλλα είναι στενόμακρα, έμμισχα σε διάταξη ροζέτας, ενώ τα ανώτερα φύλλα είναι σχεδόν άμισχα, και εναλλασσόμενα. Φέρει άνθη κατά κεφαλές και οι ταξιανθίες του είναι δισκοειδείς μη ερμαφρόδιτες ή ατελείς δίοικες. Ανθοφορεί από τον Ιούνιο μέχρι τον Οκτώβριο και τα άνθη του έχουν απαλό μοβ χρώμα (Εικόνες 1 και 2). Περιβάλλονται επίσης από βράκτια που δεν φέρουν αγκάθια. Ο καρπός είναι αιχάινιο και ο σπόρος πράσινος, λείος και μήκους 4 mm.). Κάθε φυτό παράγει 4.000-5.000 σπόρους, οι οποίοι φυτρώνουν σε μικρό βάθος και με θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 15°C. Η βιωσιμότητά τους φθάνει τα 20 χρόνια. Η ρίζα έχει τη δυνατότητα δημιουργίας έρπουσων ριζών με τις οποίες το ζιζάνιο αναπαράγεται αγενώς.



Εικόνες 1 και 2. Άνθη κίρσιου

Το ριζικό του σύστημα είναι βαθύ και εκτεταμένο. Είναι χαρακτηριστικό ότι το μήκος των ριζών μπορεί να φτάσει σε ένα έτος τα 12 m σε πλάγια ανάπτυξη και το 1 m σε βάθος. Προτιμά τα καλώς στραγγιζόμενα πηλώδη και γόνιμα, πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία εδάφη (Τσαπικούνης 2002, Βασιλάκογλου 2004, "Plantpro" 2005)

10.2 ΑΓΡΙΟΡΑΔΙΚΟ - *TARAXACUM OFFICINALE*

Το αγριοράδικο ανήκει στο γένος *Taraxacum* της οικογένειας *Compositae* (*Asteraceae*). Είναι πολυετές, πώδες, δικοτυλήδονο, χειμερινό και εαρινό φυτό χωρίς στέλεχος. Έχει όρθια έκφυση και το ύψος του δεν ξεπερνάει τα 30 cm. Πολλαπλασιάζεται κυρίως εγγενώς με σπόρους που ωριμάζουν ταχύτατα και μεταφέρονται με τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις και λιγότερο αγενώς με τμήματα ριζών. Φυτρώνει την άνοιξη και ανθίζει από το Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο. Οι κοτυληδόνες είναι πράσινες, ωοειδείς και έμμισχες. Η υποκοτύλη είναι πράσινη. Ο βλαστός είναι απλός, κοντός πράσινος και κυλινδρικός. Έχει όρθια έκφυση και το ύψος κυμαίνεται από 3 έως 30 cm. Τα φύλλα του είναι πράσινα, έμμισχα και βρίσκονται σε διάταξη ροζέτας. Είναι λογχοειδή, οδοντωτά και λοβωτά. Επιπλέον, έχουν ευδιάκριτα νεύρα, λεία υφή και τρίχες στην κάτω επιφάνεια και στο κέντρο αναπτύσσονται περισσότερα από ένα ανθικά στελέχη (Εικόνα 3). Τα άνθη είναι κίτρινα και βρίσκονται σε κεφάλια (Εικόνα 4). Ο ποδίσκος είναι μακρύς και έχει τρίχες. Ανθοφορεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Ιούνιο. Ο καρπός είναι αιχάιιο και κάθε φυτό αγριοράδικου μπορεί να παράγει από 200 έως 5000 σπόρους (Εικόνα 5). Οι σπόροι είναι καστανοί έως μαύροι με μήκος από 2,5 έως 3,5 mm. Η ρίζα είναι χοντρή, πασσαλώδης και έχει τη δυνατότητα να δίνει νέα φυτά. Το αγριοράδικο προτιμά τα βαθιά, πηλώδη και πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία εδάφη αλλά προσαρμόζεται στα περισσότερα (Βασιλάκογλου 2004, «Πικραλίδα-Ταραξάκο»).



Εικόνα 3. Φυτό αγριοράδικου



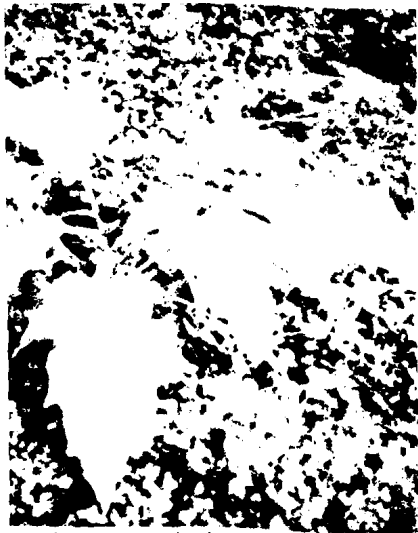
Εικόνα 4. Άνθος αγριοράδικου



Εικόνα 5. Καρπός αγριοράδικου

10.3 ΤΑΤΟΥΛΑΣ – *DATURA STRAMONIUM*

Ο τάτουλας ανήκει στο γένος *Datura* της οικογένειας *Solanaceae*. Είναι ετήσιο, εαρ και δικοτυλήδονο φυτό. Είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικό ζιζάνιο καθώς η έντονη υπόγεια υπέργεια ανάπτυξή του το φέρνουν σε πλεονεκτική θέση έναντι των καλλιεργούμενων φυτι. Πολλαπλασιάζεται με σπόρους, φυτρώνει τους μήνες Απρίλιο-Μάιο και ανθίζει από τον Ιού μέχρι το Σεπτέμβριο. Το νεαρό σπορόφυτο έχει δύο κοτυληδόνες επιμήκεις, έμμισχες ι μυτερές, σαρκώδεις και πράσινου χρώματος και η υποκοτύλη είναι πράσινη. Ο βλαστός είναι λείος, χόντρος, κυλινδρικός, με έντονη διακλάδωση στο ανώτερο τμήμα, έχει όρθια έκφυα χρώμα πράσινο και το ύψος του κυμαίνεται μεταξύ 50-120 cm. Τα φύλλα των ανεπτυγμένων φυτών είναι φαρδιά, ωοειδή, με μεγάλο μίσχο και ακανόνιστη οδόντωση, σκούρα πράσινα χωρίς ευδιάκριτα νεύρα, με λεία υφή και χωρίς τρίχες. Επιπλέον, τα φύλλα είναι έμμισχα και εναλλασσόμενα (Εικόνα 6). Τα άνθη του είναι χοανοειδή, φαρδιά, λευκά ή ελαφρώς ροδόχροα, με πράσινο σωληνοειδή κάλυκα και βρίσκονται μεμονωμένα στις διακλαδώσεις του βλαστού. Ο ποδίσκος του άνθους είναι κοντός, χωρίς τρίχες (Εικόνα 7). Ο καρπός είναι κάψα έχει βαθουλωτή επιφάνεια και φέρει ακανθώδες περίβλημα (Εικόνα 8). Οι σπόροι έχουν νεφροειδές σχήμα και είναι μαύροι. Παράγει 100-360 σπόρους ανά κάψα οι οποίοι διατηρούν τη φυτρωτική τους ικανότητα για πολλά χρόνια. Η ρίζα είναι χονδρή, αβαθής και διακλαδισμένη. Ο τάτουλας προτιμά τα θερμά, ξηρά και πηλώδη εδάφη θερμών περιοχών (Τσαπικούνης 2002, Βασιλάκογλου 2004, "Plantpro" 2005).



Εικόνα 6. Φυτό τάτουλα



Εικόνα 7. Άνθος τάτουλα



Εικόνα 8. Καρπός τάτουλα

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

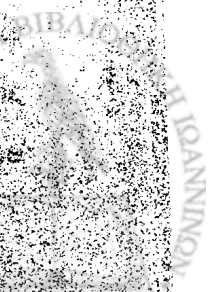
ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

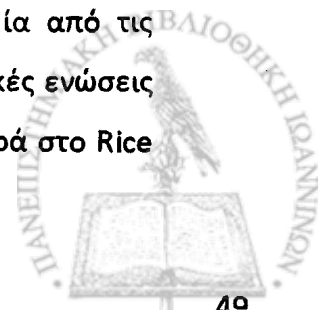


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΚΙΡΣΙΟ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ

11.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κύρια συστατικά που έχουν προσδιοριστεί στο κίρσιο είναι φλαβονοειδή, στερόλες, τριτερπένια, πολυακετυλένια και υδρογονάνθρακες (Nazaruk 2008, Jordon-Thaden & Louda 2003). Συγκεκριμένα, τα φλαβονοειδή μπορούν να βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις σχεδόν σε όλα τα φυτικά όργανα, περιλαμβανομένων των μίσχων, των φύλλων και των ανθέων. Τα κυριότερα είναι τα apigenin, cirsimaritin, kaempferol, luteolin, pectolinarin και linarin το οποίο βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα. Άλλα φλαβονοειδή που έχουν προσδιοριστεί στο κίρσιο είναι τα acacetin, astragalin, isokaempferide, apigenin-7-glucoside, apigenin-7-rhamnoglucoside, kaempferol-3-O-galactose, 3-O-methylkaempferol, pectolinarigen, quercetin, rutin, syringing και tricin-5-O-glucoside (Jordon-Thaden & Louda 2003, Wallace 1974, Rendyuk κ.ά. 1977). Οι δεύτεροι πιο κοινοί δευτερογενείς μεταβολίτες που απαντώνται στο κίρσιο, είναι στερόλες και τριτερπένια, ομάδες με κυριότερη ουσία την taraxasterol (Dutta κ.ά. 1972, Jordon-Thaden & Louda 2003), ενώ πολυακετυλένια και άλλοι υδρογονάνθρακες είναι κοινές και χαρακτηριστικές ουσίες των ριζών των φυτών του γένους *Cirsium*. Οι ουσίες αυτές, επηρεάζουν το μυκητοειδή αποικισμό και, επιπλέον, στοιχεία δείχνουν ότι μπορούν να επηρεάσουν και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ξενιστών των φυτών. Για παράδειγμα, οι Jordon-Thaden και Louda (2003) αναφέρουν ότι οι Eskelesen και Crabtree (1995) βρήκαν πως πολυακετυλένια του *Cirsium arvense* δρούσαν ως αλληλοπαθητικές ουσίες ενάντια σε γειτονικά φυτά. Οι κυριότερες ουσίες αυτών των ομάδων είναι οι tridelyrolacetylenes, arlotaxene, 1-pentadecene, 1-heptadecene, 1,8,11-heptadecatriene (Jordon-Thaden & Louda 2003) και δύο παράγωγα της arlotaxene, 8,9-epoxyheptadeca-1,11,14-triene και 8,9-dihydroxyheptadeca-1,11,14-triene τα οποία έχουν απομονωθεί από τις ρίζες του φυτού (Binder κ.ά. 1992).

Το κίρσιο επηρεάζει αλληλοπαθητικά διάφορες καλλιέργειες δρώντας ανασταλτικά κυρίως στη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων (Khalid κ.ά. 2002). Διάφοροι ερευνητές έχουν αναφερθεί στις αλληλοπαθητικές επιδράσεις του και εργαστηριακά αλλά και πειράματα αγρού έχουν πραγματοποιηθεί για τον καθορισμό της φυτοτοξικότητάς του. Μία από τις πρώτες παρατηρήσεις σχετικά με το ότι διάφορα φυτά επηρεάζονται από τις χημικές ενώσεις που εκλύονται από τις ρίζες του κίρσιου έγινε από τον De Candolle (1832: αναφορά στο Rice



1984), ο οποίος ανέφερε ότι η παρουσία του ζιζανίου στον αγρό επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη της βρώμης. Αργότερα ο Von Uslar (1844: αναφορά στο Willis 2007) χαρακτήρισε το κίρσιο ως φυτοξικό άλλων φυτών και ανέφερε ότι εκχυλίσματα ριζών του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο ζιζανίων.

Διάφοροι μελετητές διαπίστωσαν ότι η ενσωμάτωση υπολειμμάτων φυτικού υλικού στο έδαφος προκάλεσε μείωση της ανάπτυξης της πράσινης σετάριας (*Setaria viridis*), του κριθαριού, του τραχύ βλήτου (Bendall 1975, Stachon & Zimdahl 1980) και του αγγουριού (Stachon & Zimdahl 1980). Οι Stachon και Zimdahl (1980) αναφέρουν ότι η μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών που αναπτύσσονται μαζί με το κίρσιο οφείλεται κυρίως στην αλληλοπαθητική του δραστηριότητα, ενώ σε πειράματα εργαστηρίου παρατήρησαν ότι παρ' όλο που τα εκχυλίσματα αιθανόλης ριζών και φύλλων κίρσιου προκάλεσαν αναστολή του μήκους ρίζας όλων των παραπάνω ειδών, δεν επηρέασαν τη φυτρωτική ικανότητα του κριθαριού και του αγγουριού.

Σε σχετικά πειράματα με την αλληλοπαθητική δραστηριότητα του κίρσιου ο Bendall (1975) παρατήρησε αναστολή της βλάστησης και της ανάπτυξης της πολυετούς ήρας (*Lolium perenne*) και του κριθαριού. Ο ίδιος επίσης αναφέρει ότι τα εκχυλίσματα ριζών και φύλλων κίρσιου μείωσαν τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων του τριφυλλιού κατά 87% και 14%, αντίστοιχα. Οι Helgeson και Konzak διαπίστωσαν ακόμη ότι εκχυλίσματα κίρσιου προκάλεσαν αναστολή της βλάστησης και της ανάπτυξης του λιναριού και του σιταριού (1950: αναφορά στο Willis 2007), ενώ οι Kazinczi κ.ά. (2004α) οι οποίοι αξιολόγησαν τις αλληλοπαθητικές επιδράσεις του κίρσιου στο μήκος ρίζας και τη φυτρωτική ικανότητα του σιταριού, του αραβόσιτου, του κάρδαμου (*Lebidium sativum*) και του ηλίανθου, παρατήρησαν ότι οι ανασταλτικές επιδράσεις εξαρτιόνταν από το είδος του φυτού-δέκτη, τα φυτικά τμήματα και τις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων.

Τη φυτοτοξικότητα του κίρσιου επίσης διερεύνησαν οι Akhtar κ.ά. (2001) οι οποίοι βρήκαν ότι εκχυλίσματα κίρσιου διαφόρων συγκεντρώσεων μείωσαν το μήκος ρίζας δύο ζιζανίων του σιταριού, συγκεκριμένα της μικρής φάλαρης (*Phalaris minor*) και της κοινής πόας (*Poa annua*). Ωστόσο αναφέρουν ότι ο βαθμός επιρροής στο μήκος του βλαστού της μικρής φάλαρης διέφερε ανάλογα με τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων, ενώ τόσο το μήκος βλαστού της κοινής πόας όσο και η φυτρωτική ικανότητα και των δύο ζιζανίων δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Ο Wilson (1981) παρατήρησε ότι σε περιοχές όπου ήταν αυξημένη η πυκνότητα φυτών κίρσιου ήταν μειωμένη η πυκνότητα των *Kochia scoraria*, *Iva xanthifolia* και *Hordeum jubatum* και το αντίθετο. Ανέφερε ότι η ενσωμάτωση ριζών και βλαστών κίρσιου στο έδαφος

μείωσε την ανάπτυξη του ζαχαρότευτλου, της μηδικής, του σιταριού και σε μικρότερο βαθμό του φασολιού και αραβόσιτου. Τόσο τα υπολείμματα των βλαστών όσο και των ριζών ήταν τοξικά για τις καλλιέργειες και οι επιδράσεις των υπολειμμάτων διήρκεσαν περίπου 60 ημέρες. Σύμφωνα με τον Rice (1984) ο Βυκολονα (1971) διαπίστωσε ότι η αναστολή της ανάπτυξης των ριζών του σιταριού και του κάρδαμου οφείλεται στο ότι οι τοξίνες του κίρσιου μειώνουν τη μιτωτική δραστηριότητά τους και αναφέρει πως την ίδια επίδραση προκαλούν στη σίκαλη.

Πολλοί μελετητές, βέβαια, έχουν τονίσει και την αυτοτοξική δράση του κίρσιου (Bendall 1975, Wilson 1981). Ο Bendall (1975) και ο Wilson (1981) βρήκαν ότι τα εκχυλίσματα ριζών και φύλλων αλλά και η ενσωμάτωση υπολειμμάτων κίρσιου στο έδαφος προκαλούν μείωση της βλάστησης και της ανάπτυξης φυτών του ίδιου είδους.

11.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΦΑΚΗ

11.2.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του κίρσιου (*Cirsium arvense*) στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή. Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα δείγματα του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος του κίρσιου που συλλέχθηκαν από το Αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης το καλοκαίρι του 2009, όταν τα φυτά ήταν στο στάδιο έναρξης εμφάνισης της ταξιανθίας. Τα δείγματα κόπηκαν σε τμήματα των 20 cm και ακολούθως αποξηράθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C. (Εικόνα 9). Στη συνέχεια, αλέστηκαν σε μύλο (40 mesh) (Εικόνα 10) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά βάζα και ακολούθως σε καταψύκτη θερμοκρασίας -15 °C έως ότου χρησιμοποιηθούν για την παραλαβή των εκχυλισμάτων.

Η διαδικασία παραλαβής των εκχυλισμάτων έγινε σε γυάλινα βάζα των 400 ml. Ειδικότερα, σε κάθε βάζο τοποθετήθηκε δείγμα 1, 2, 4 και 8 g φυτικού υλικού (αντίστοιχα για κάθε τμήμα του φυτού) και 200 ml απιονισμένου νερού ώστε να προκύψουν συγκεντρώσεις των 0,5, 1, 2 και 4%. Ακολούθως, το περιεχόμενο του κάθε βάζου, αφού προηγήθηκε ανακίνηση σε οριζόντια μηχανή ανάδευσης (tehtnica zelezniki EV-402) (Εικόνα 11) για 4 ώρες στις 200 στροφές/λεπτό, περάστηκε από τετραπλό στρώμα τουρλοπανιού και από διηθητικό χαρτί N° 4 προκειμένου να απομακρυνθεί το φυτικό υλικό (Εικόνα 12). ✓



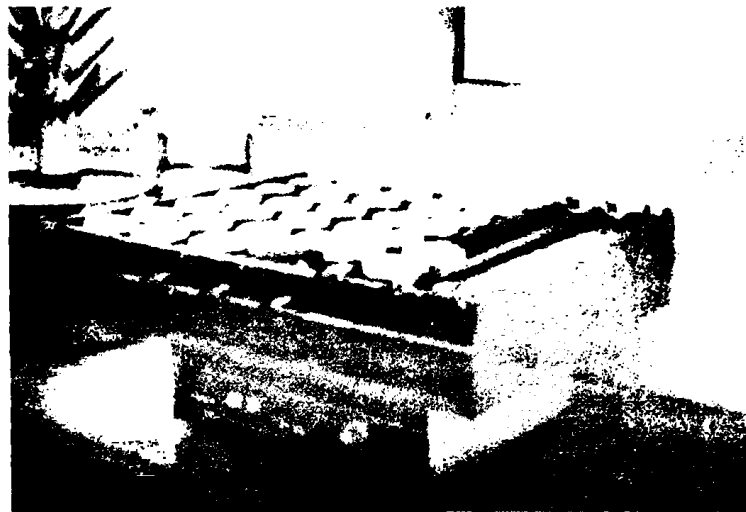


Εικόνα 9. Αποξηραμένο φυτικό υλικό κίρσιου

Τέλος, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια των 200 ml διατηρήθηκαν στο ψυγείο (4 °C), έως ότου χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή βιοδοκιμών.



Εικόνα 10. Μύλος



Εικόνα 11. Μηχανή ανάδευσης

Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 12 και 10 σπόροι των καλλιεργούμενων φυτών σιτάρι και φα (φυτά δείκτες). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβί προστέθηκαν 10 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας) (Εικόνες 14 και 15). τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 23 ± 2 °C .

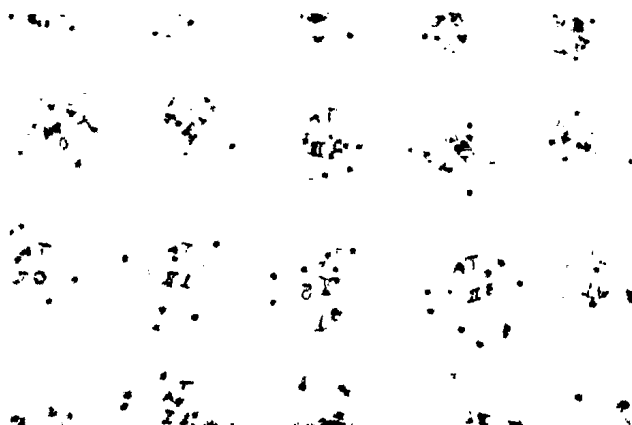




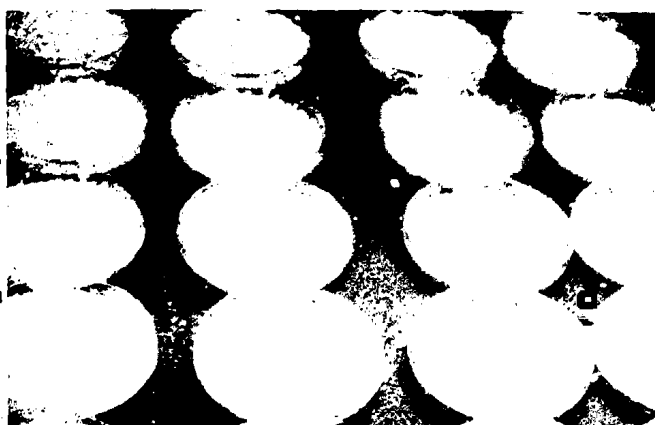
Εικόνα 12. Στάδιο εκχύλισης



Εικόνα 13. Θάλαμος ανάπτυξης



Εικόνα 14. Τοποθέτηση σπόρων στα τρυβλία



Εικόνα 15. Τοποθέτηση περλίτη στα τρυβλία

Μετά από οκτώ ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό υψώ βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών αυτών και οι τιμές αυτές εκφράστηκαν ως % του μάρτυρα. Το ποσοστό αυτό υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση (1). Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το πλήρες τυχαίο με 4 επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (τμήμα φυτού x συγκέντρωση). Το πείραμα διεξήχθη 2 φορές.

$$\% \text{ του μάρτυρα} = \frac{\text{Μέσος όρος εκχυλίσματος}}{\text{Μέσος όρος μάρτυρα}} \times 100 \quad (1)$$

Στατιστική ανάλυση

Για την επεξεργασία των δεδομένων των βιοδοκιμών εφαρμόστηκε συνδυαστική ανάλυση παραλλακτικότητας (Analysis of variances/ANOVA), τεσσάρων παραγόντων (μεταβλητών) (Πίνακας 9). Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος MSTAT-C. Ως κριτήριο για τη σύγκριση των μέσων αριθμητικών τιμών,



χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ_{0,05}) σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ($P = 0,05$) και για 36 βαθμούς ελευθερίας.

Πίνακας 9. Παράγοντες ANOVA

Παράγοντας	Εύρος τιμών
Επαναλήψεις	4
Συγκεντρώσεις εκχυλισμάτων	4
Τμήμα φυτού	2
Επαναλήψη πειράματος	2

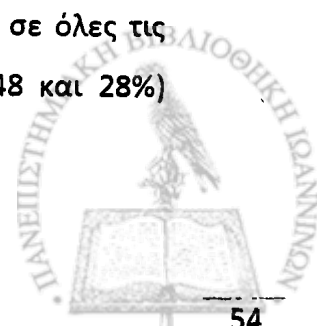
11.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

11.2.2.1 Επιδράσεις στο σιτάρι

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων του φυτού δείκτη (σιτάρι) δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζανίου κίρσιου. Ωστόσο, το νωπό βάρος του σιταριού επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,05$) και από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,05$), ενώ το μήκος ρίζας επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,01$).

Τα εκχυλίσματα τόσο του υπόγειου όσο και του υπέργειου τμήματος δεν προκάλεσαν σημαντική αναστολή της βλάστησης των σπόρων του σιταριού. Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη αναστολή προκάλεσε η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος του κίρσιου (Σχήμα 3). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Stachon & Zimdahl (1980), οι οποίοι βρήκαν ότι εκχυλίσματα κίρσιου δεν επηρέασαν τη φυτρωτική ικανότητα του κριθαριού και του αγγουριού.

Το νωπό βάρος του σιταριού επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του κίρσιου ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους, ενώ επίσης αυξήθηκε από την επίδραση των εκχυλισμάτων του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του ζιζανίου (Σχήμα 3). Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή των χαμηλών συγκεντρώσεων (0,5 και 1%) των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος αύξησαν το νωπό βάρος κατά 8 και 13%, αντίστοιχα, σε σχέση με το μάρτυρα. Αντίθετα η υψηλή συγκέντρωση 4% μείωσε το συνολικό βάρος κατά 11% (Σχήμα 3). Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος αύξησαν το νωπό βάρος του σιταριού σε όλες τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν. Τη μεγαλύτερη αύξηση στο νωπό βάρος (48 και 28%) προκάλεσαν οι συγκεντρώσεις 0,5 και 2%, αντίστοιχα (Σχήμα 3).



Τα δεδομένα του μήκους ρίζας έδειξαν ότι όλες οι συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων (υπόγειο και υπέργειο) του κίρσιου, προκάλεσαν αύξηση του μήκους ρίζας του σιταριού (Σχήμα 3). Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη αύξηση προκάλεσαν οι χαμηλές συγκεντρώσεις (0,5 και 1%) του υπέργειου τμήματος (100 και 77%, αντίστοιχα). Οι ίδιες συγκεντρώσεις του υπόγειου τμήματος αύξησαν το μήκος ρίζας κατά 54 και 71%, αντίστοιχα. Ωστόσο, οι Kazinczi κ.ά. (2004α) παρατήρησαν ότι οι ανασταλτικές επιδράσεις του κίρσιου στο μήκος ρίζας του σιταριού, του αραβόσιτου και του ηλίανθου εξαρτιόνταν από το είδος του φυτού-δέκτη, τα φυτικά τμήματα και τις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων.

Γενικά, η φυτρωτική ικανότητα του σιταριού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από καμία συγκέντρωση των δύο φυτικών τμημάτων (υπόγειο, υπέργειο), ενώ σχεδόν όλα τα εκχυλίσματα αύξησαν το μήκος ρίζας και το νωπό βάρος του σιταριού.

11.2.2.2 Επιδράσεις στη φακή

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων της φακής, όπως και στο σιτάρι, δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του κίρσιου σε καμία από τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν. Αντίθετα, το συνολικό νωπό βάρος της φακής επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,05$). Το μήκος ρίζας επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο - υπόγειο) ($P < 0,05$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,01$).

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου, σχεδόν σε όλες τις συγκεντρώσεις, δεν προκάλεσαν αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας της φακής. Η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% (0,5 σε 4 g αλεσμένου ξηρού δείγματος σε 100 ml απιονισμένου νερού) προκάλεσε αναστολή της βλάστησης των σπόρων της φακής μόνο 2% (Σχήμα 4). Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα αυτά οι Khalid κ.ά. (2002) αναφέρουν ότι το κίρσιο επηρεάζει αλληλοπαθητικά διάφορα καλλιεργούμενα φυτά αναστέλλοντας τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων τους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του κίρσιου προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης της φακής σε σχέση με τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος (Σχήμα 4). Γενικά, η αύξηση της συγκέντρωσης σχεδόν όλων των εκχυλισμάτων από 0,5 σε 4% προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του συνολικού νωπού βάρους της φακής. Ειδικότερα, τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος στις χαμηλές συγκεντρώσεις

(0,5 και 1%) μείωσαν το συνολικό νωπό βάρος της φακής κατά 11 και 10%, αντίστοιχα, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις (2 και 4%) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό της φακής κατά 15 και 23%, αντίστοιχα. Αντίθετα, οι χαμηλές συγκεντρώσεις (0,5 και 2%) των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος μείωσαν το συνολικό νωπό βάρος της φακής μόνο κατά 3 και 5%, αντίστοιχα, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις (2 και 4%) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 14 και 34%, αντίστοιχα.

Συνολικά, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος σε όλες τις συγκεντρώσεις προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή του μήκους ρίζας της φακής (26 έως 66%) σε σχέση με τα αντίστοιχα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος (25 έως 44%). Η αύξηση της συγκέντρωσης σχεδόν όλων των εκχυλισμάτων από 0,5 σε 4% προκάλεσε σταδιακά μεγαλύτερη αναστολή του μήκους ρίζας της φακής (Σχήμα 4). Ειδικότερα, η χαμηλή συγκέντρωση (0,5%) των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος μείωσε το μήκος ρίζας της φακής κατά 25 και 26%, αντίστοιχα. Αντίθετα, η υψηλή συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος προκάλεσε μείωση του μήκους ρίζας της τάξης του 44 και 66%, αντίστοιχα.

Γενικά, η επίδραση όλων των εκχυλισμάτων του κίρσιου στη φυτρωτική ικανότητα της φακής δεν ήταν στατιστικά σημαντική, καθώς σε καμία συγκέντρωση δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μείωση της βλάστησης των σπόρων, σε αντίθεση με το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας. Σε παρόμοια αποτελέσματα, σχετικά όμως με τη φυτοτοξικότητα του κίρσιου στο κριθάρι και το αγγούρι, κατέληξαν και οι Stachon και Zimdahl (1980). Συνολικά, τα εκχυλίσματα των υψηλών συγκεντρώσεων του υπέργειου τμήματος προκάλεσαν τη μεγαλύτερη αναστολή τόσο του νωπού βάρους όσο και του μήκους ρίζας, ενώ με την αύξηση της συγκέντρωσης παρατηρήθηκε ανάλογη αύξηση της αναστολής και των δύο χαρακτηριστικών.



Εικόνες 16 και 17. Επίδραση των εκχυλισμάτων κίρσιου στη φυτρωτική ικανότητα και στην ανάπτυξη της φακής

11.2.3 Συμπεράσματα

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου σε όλες τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν δεν επηρέασαν σημαντικά τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων και των δυο καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή).

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου μείωσαν την ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής. Αντίθετα, αύξησαν το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του σιταριού σχεδόν σε όλες τις συγκεντρώσεις.

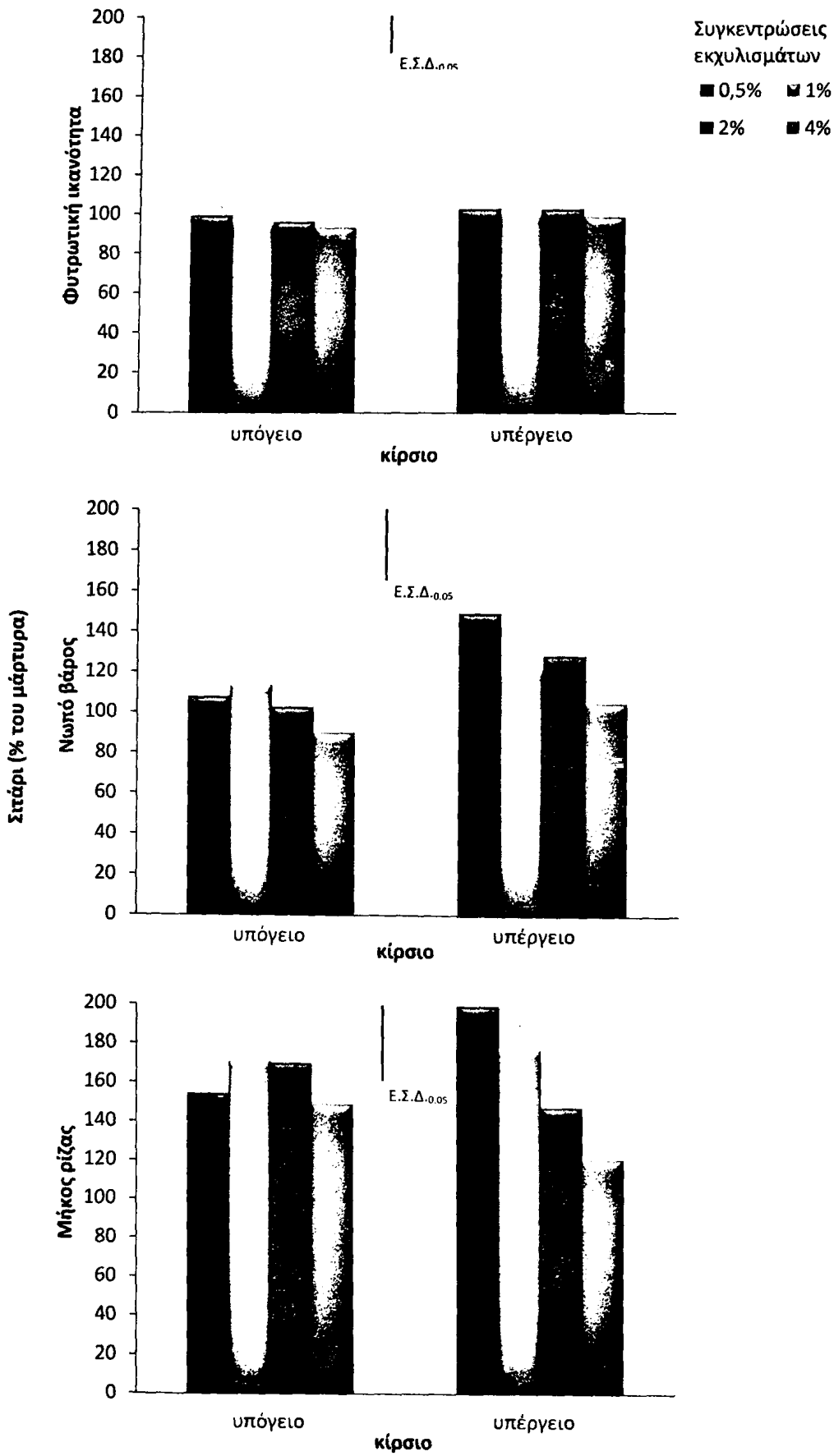
Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου από 0,5 σε 4% προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής.

11.2.3 Συμπεράσματα

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου σε όλες τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν δεν επηρέασαν σημαντικά τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων και των δυο καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή).

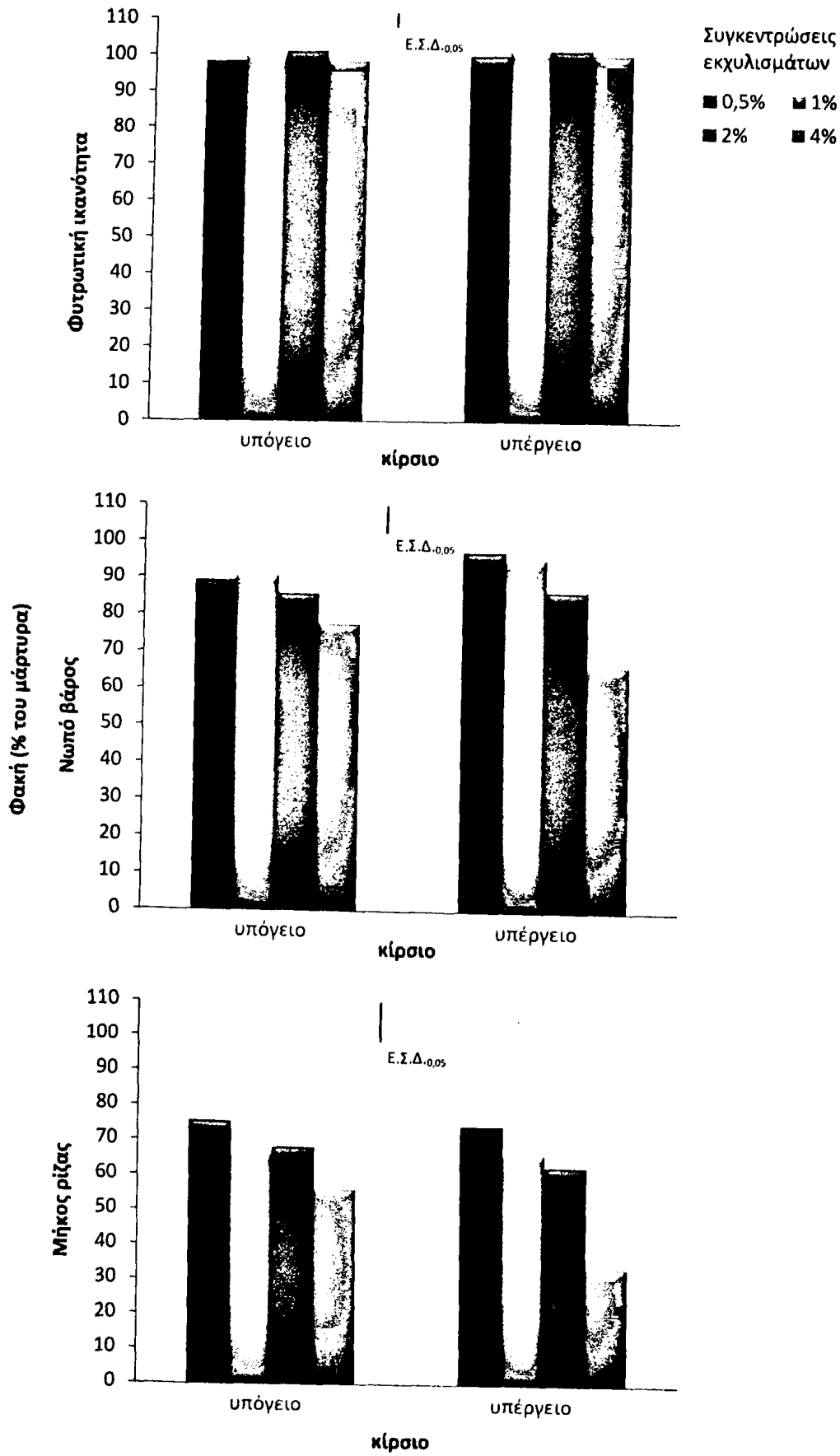
Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου μείωσαν την ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής. Αντίθετα, αύξησαν το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του σιταριού σχεδόν σε όλες τις συγκεντρώσεις.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου από 0,5 σε 4% προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής.



Σχήμα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζανίου κίρσιο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας του σιταριού. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των δύο βιοδοκιμών.





Σχήμα 4. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του κίρσιο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της φακής. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι δύο βιοδοκιμών.



11.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΖΙΖΑΝΙΑ ΑΓΡΙΟΒΡΩΜΗ ΚΑΙ ΗΡΑ

11.3.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του κίρσιου (*Cirsium arvense*) στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή. Η συλλογή και η διαδικασία των εκχυλισμάτων περιγράφεται στην παράγραφο 11.2.1.

Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 20 και 30 σπόροι των ζιζανίων αγριοβρώμη και ήρα (φυτά δείκτες). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβλίο προστέθηκαν 10 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας). Τα τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών σε συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 23 ± 2 °C. Μετά από δώδεκα ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Ο υπολογισμός, η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, διεξήχθη με τη μεθοδολογία που περιγράφεται επίσης στην παράγραφο 11.2.1.

11.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

11.3.2.1 Επιδράσεις στην αγριοβρώμη

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα της αγριοβρώμης επηρεάστηκε σημαντικά μόνο από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων του κίρσιου ($P < 0,01$), ενώ το συνολικό νωπό βάρος της αγριοβρώμης επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων του κίρσιου ($P < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το μήκος ρίζας της αγριοβρώμης επηρεάστηκε από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων (υπέργειο, υπόγειο) από 0,5 σε 4% προκάλεσε σταδιακή μείωση της φυτρωτικής ικανότητας της αγριοβρώμης. Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις 2 και 4% του υπέργειου τμήματος μείωσαν τη φυτρωτική ικανότητα κατά 12 και 28%, αντίστοιχα. Αντίθετα



η αντίστοιχη αναστολή από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος ήταν της τάξεως του 2 και 12%, αντίστοιχα.

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κίρσιου ήταν περισσότερο φυτοτοξικά από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος (Σχήμα 5). Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων (υπέργειο, υπόγειο) από 0,5 σε 4% προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση του νωπού βάρους της αγριοβρώμης. Στις υψηλές συγκεντρώσεις (2 και 4%) των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους της αγριοβρώμης (11 και 42%, αντίστοιχα), ενώ η αντίστοιχη μείωση από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος ήταν 3 και 10%, αντίστοιχα.

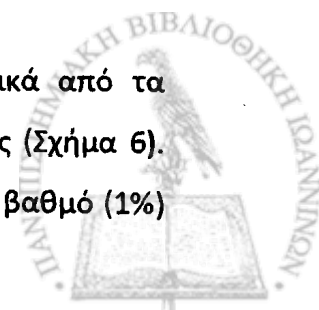
Όπως και στην περίπτωση της φυτρωτικής ικανότητας και του συνολικού νωπού βάρους, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κίρσιου (συγκεντρώσεις 1, 2 και 4%) προκάλεσαν σημαντική αναστολή του μήκους ρίζας της αγριοβρώμης, ενώ τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος ειδικά στις χαμηλές συγκεντρώσεις προκάλεσαν αύξηση του χαρακτηριστικού αυτού (Σχήμα 5). Ωστόσο, η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος επίσης αύξησε σε μικρό βαθμό το μήκος ρίζας της αγριοβρώμης. Τη μεγαλύτερη αναστολή (45%) στο μήκος ρίζας της αγριοβρώμης προκάλεσε η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου.

Γενικά, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος ήταν περισσότερο φυτοτοξικά από ότι του υπόγειου και για τα τρία υπό αξιολόγηση χαρακτηριστικά. Σε σχετική μελέτη, οι Akhtar κ.ά. (2001) διαπίστωσαν επίσης ότι ο βαθμός της φυτοτοξικότητας του κίρσιου στην κοινή πόα και στη μικρή φάλαρη διέφερε ανάλογα με συγκέντρωση των εκχυλισμάτων, ενώ οι Bendall (1975), Stachon και Zimdahl (1980) αναφέρουν αναστολή του μήκους ρίζας και της ανάπτυξης της πράσινης σετάριας και του τραχύ βλήτου, από εκχυλίσματα κίρσιου.

11.3.2.2 Επιδράσεις στην ήρα

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της ήρας επηρεάστηκαν σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα της ήρας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του κίρσιου σε καμία από τις συγκεντρώσεις (Σχήμα 6). Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση 0,5% του υπόγειου τμήματος αύξησε σε μικρό βαθμό (1%)

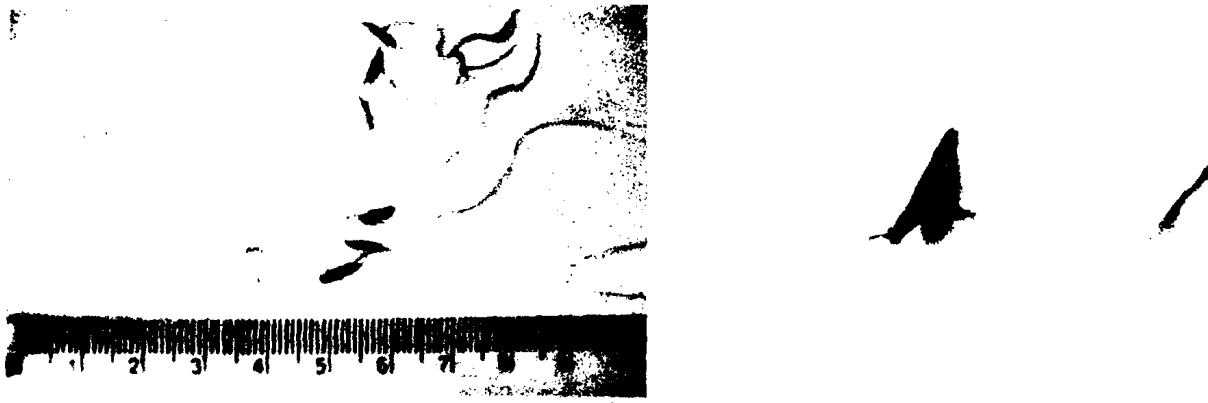


τη φυτρωτική ικανότητα, ενώ οι άλλες συγκεντρώσεις μείωσαν τη βλάστηση της ήρας από 3 έως 8%. Όσον αφορά το υπέργειο τμήμα, οι συγκεντρώσεις 0,5 και 1% δεν επηρέασαν ιδιαίτερα τη φυτρωτική ικανότητα της ήρας. Ωστόσο, η περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης σε 2 και 4% προκάλεσε μείωση της φυτρωτικής ικανότητας της ήρας. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις 2 και 4% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος μείωσαν τη βλάστηση της ήρας κατά 7 και 65%, αντίστοιχα.

Το νωπό βάρος της ήρας, επίσης, δεν επηρεάστηκε σημαντικά σε καμία από τις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος του κίρσιου. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος από 0,5 σε 4% μείωσε το συνολικό νωπό βάρος της ήρας από 2 έως 6% (Σχήμα 6). Ωστόσο, η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος αύξησε σε μικρό βαθμό (3%) το συνολικό νωπό βάρος της ήρας, ενώ η περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης μείωσε το χαρακτηριστικό αυτό. Ειδικότερα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις 2 και 4% μείωσαν το συνολικό νωπό βάρος κατά 16 και 76%, αντίστοιχα.

Το μήκος ρίζας της ήρας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος σε καμία από τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν (Σχήμα 6). Οι συγκεντρώσεις (0,5, 1 και 2%) των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος αύξησαν σε μικρό βαθμό το μήκος ρίζας της ήρας (2 έως 5%), ενώ αντίθετα η μεγαλύτερη συγκέντρωση (4%) προκάλεσε μείωση της τάξεως του 5%. Επίσης, η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου αύξησε το μήκος ρίζας της ήρας κατά 4%. Ωστόσο, η περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης προκάλεσε σημαντική μείωση του μήκους ρίζας. Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις 1 και 2% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου μείωσαν το μήκος ρίζας της ήρας κατά 15 και 68%, αντίστοιχα, ενώ τη μεγαλύτερη αναστολή (96%) προκάλεσε η συγκέντρωση 4%.

Γενικά, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κίρσιου προκάλεσαν σημαντικά μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας των σπόρων, του συνολικού νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της ήρας από ότι τα αντίστοιχα εκχυλίσματα του υπόγειου. Η επίδραση των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος του κίρσιου και στα τρία υπό αξιολόγηση χαρακτηριστικά δε ήταν στατιστικά σημαντική, καθώς σε καμία συγκέντρωση δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη αναστολή. Σε παρόμοια μελέτη, ο Bendall (1975) παρατήρησε ότι εκχυλίσματα κίρσιου προκαλούν αναστολή της βλάστησης και της ανάπτυξης της πολυετούς ήρας.



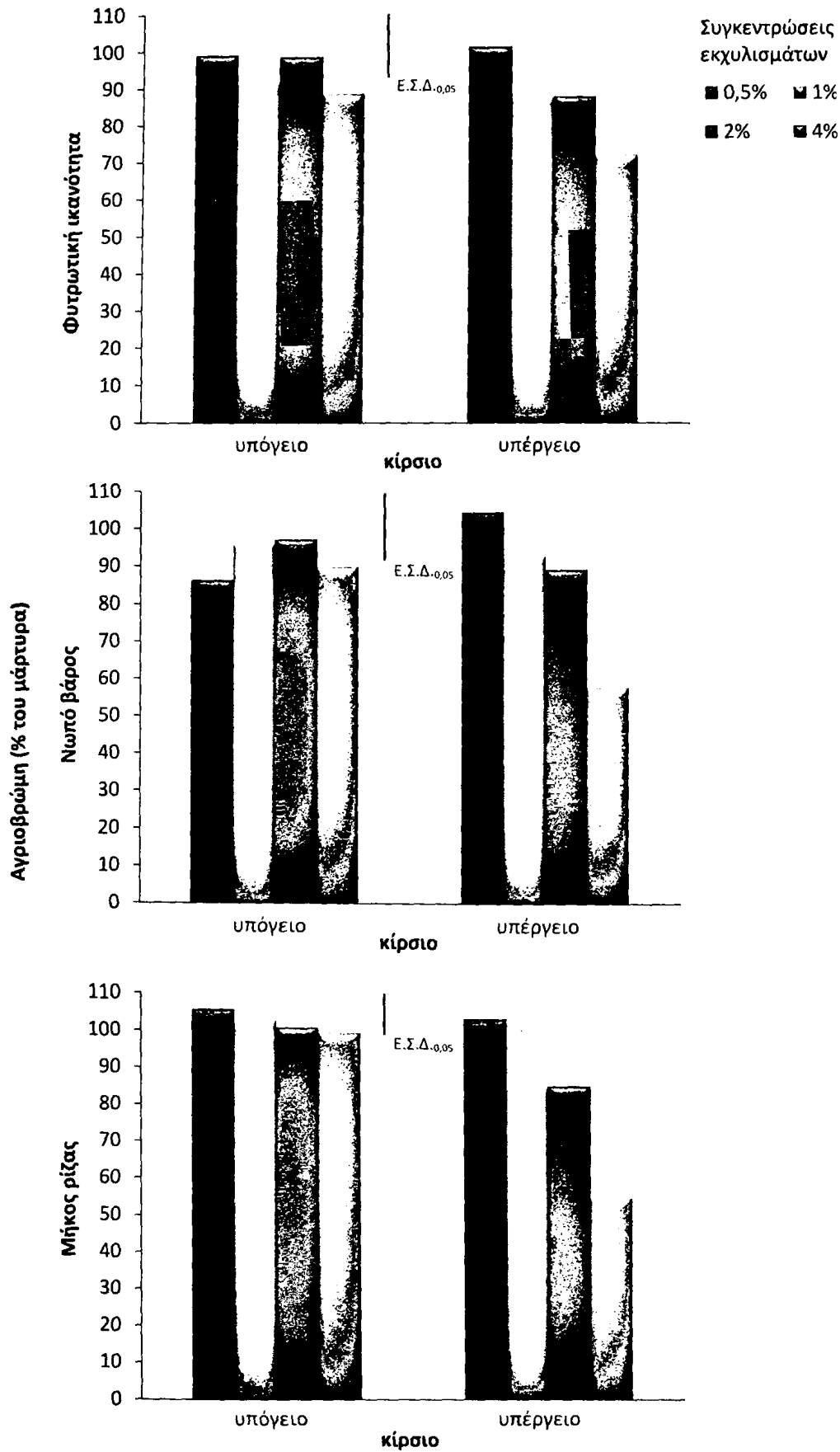
Εικόνα 18 και 19. Επίδραση των εκχυλισμάτων του κίρσιου στο μήκος ρίζας της ήρας.

11.3.3 Συμπεράσματα

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κίρσιου ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας και δυο ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.

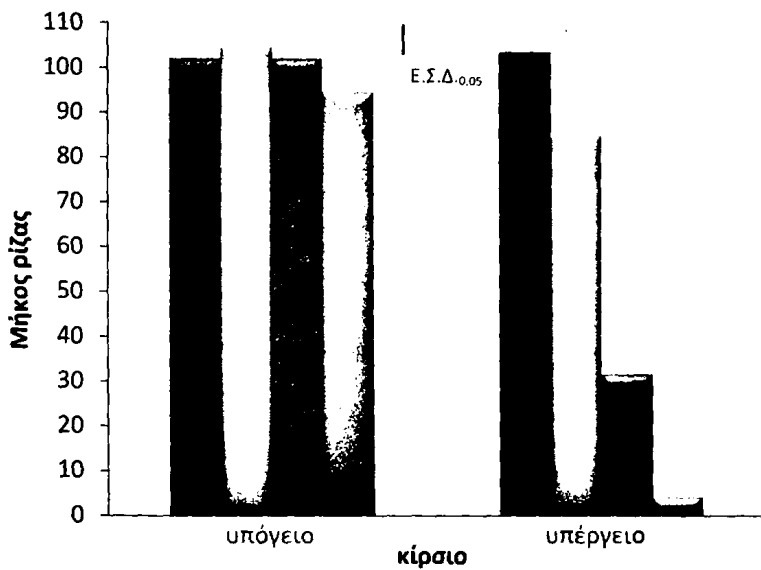
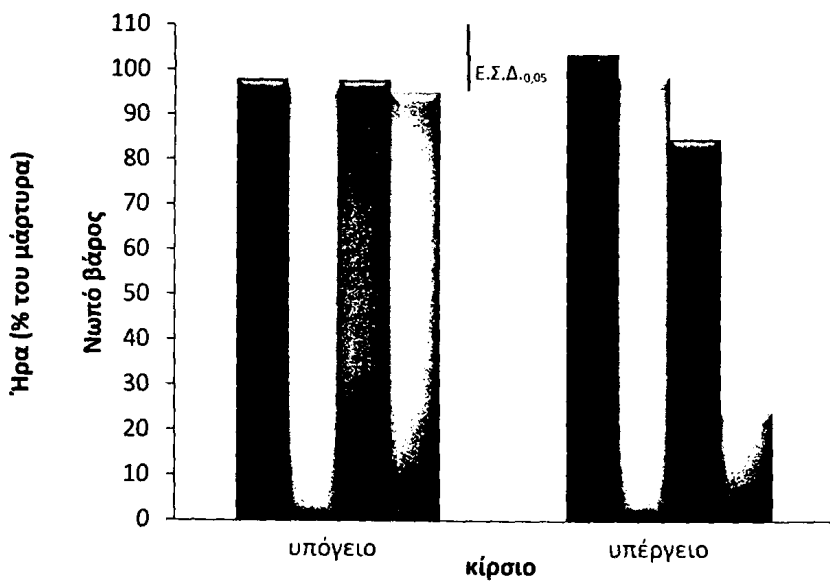
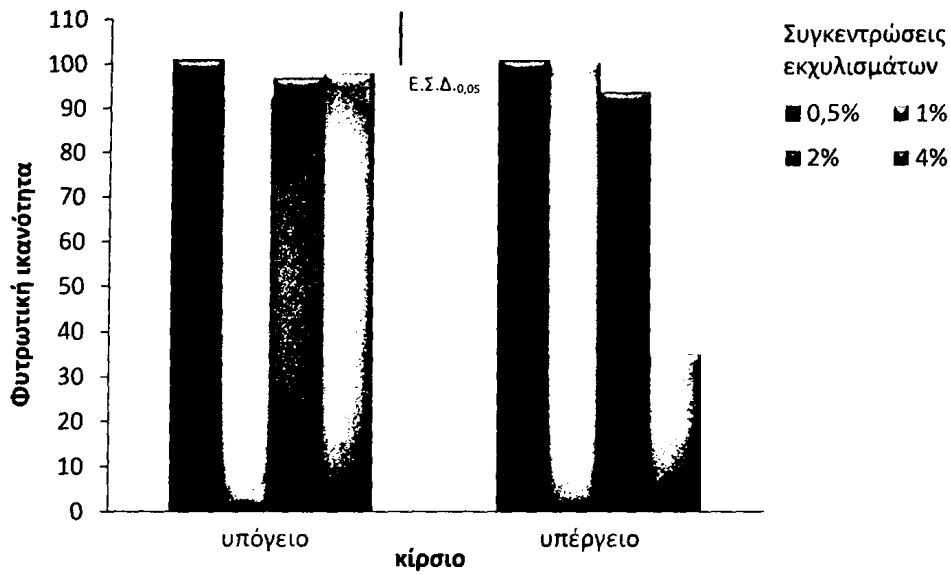
Η υψηλή συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου ήταν περισσότερο φυτοτοξική στην φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της ήρας από ότι της αγριοβρώμης.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του κίρσιου από 0,5 σε 4% προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας και της ανάπτυξης (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) και των δυο ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα).



Σχήμα 5. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματ κίρσιο στο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και μήκος ρίζας της αγριοβρώμης. Οι τιμέ όροι των δύο βιοδοκιμών.





Σχήμα 6. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος το κίρσιο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της ήρας. Οι τιμές είναι οι μέσοι δύο βιοδοκιμών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΑΓΡΙΟΡΑΔΙΚΟ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ

12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κύρια συστατικά του αγριοράδικου ανήκουν στις χημικές ομάδες των φλαβονοειδών, των οξέων και των κουμαρίνων.

- Οξέα

Στο αγριοράδικο περιέχονται αρκετά φαινολικά οξέα εκ των οποίων τα *caffeic*, *chicoric* (*dicafeoyltartaric*), *monocaffeoyltartaric*, *chlorogenic acids* και παράγωγα του *hydroxycinnamic acid*, βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε όλα τα τμήματα του φυτού. Επίσης, έχουν αναφερθεί τα *palmitic*, *gallic*, *ascorbic acids* καθώς και τα λιπαρά οξέα, *oleic*, *linoleic* και *linolenic acids*. Τα *chicoric acid* και *monocaffeoyltartaric acid* είναι τα βασικά φαινολικά συστατικά στα άνθη, στις ρίζες και στα φύλλα. Ειδικότερα στις ρίζες του φυτού περιέχονται τα *caffeic* και *chlorogenic acids*, ενώ το *p-hydroxyphenylacetic acid* βρίσκεται σε ιστούς φύλλων και ρίζας (Williams κ.ά. 1996, Schutz κ.ά. 2005, Rodriguez-Fragoso κ.ά. 2008, "Dandelion coffee" 2009).

- Φλαβονοειδή

Τα κύρια φλαβονοειδή συστατικά που περιέχονται στις ρίζες του φυτού είναι τα *luteolin*, *quercetin*, *rutin* και *chrysoeriol*, ενώ σε ιστούς ανθέων έχουν προσδιοριστεί μόνο τα φλαβονοειδή *luteolin* και *chrysoeriol* καθώς και παράγωγα φλαβονοειδών (Hu & Kitts 2005, Williams κ.ά. 1996, Rodriguez-Fragoso κ.ά. 2008, "Dandelion coffee" 2009). Ως κύρια συστατικά φύλλων και ανθέων του φυτού έχουν προσδιοριστεί φλαβονοειδείς γλυκοζίτες (*flavonoid glycosides*) όπως οι *luteolin-7-glucoside*, *luteolin-7-rutinoside*, *isorhamnetin-3-glucoside*, *apigenin-7-glucoside* και *quercetin-7-glucoside*. Αν και έχουν βρεθεί φλαβονοειδείς γλυκοζίτες σε όλους τους ιστούς του φυτού εκτός από τις ρίζες, αυτοί βρίσκονται σε πολύ μικρά ποσοστά εν συγκρίσει με τα παράγωγα του *hydroxycinnamic acid* που είναι παρόντα σε όλο το φυτό (Williams κ.ά. 1996, Schutz κ.ά. 2005, "Dandelion coffee" 2009).

- Κουμαρίνες

Από ιστούς φύλλων του φυτού έχουν απομονωθεί οι κουμαρίνες *scopoletin*, *cichoriin* και *aesculin* (Williams κ.ά. 1996, Schutz κ.ά. 2005).

Άλλα συστατικά που περιέχονται στο αγριοράδικο είναι τα τερπενοειδή, τα τριτερπενοειδή (*oleanolic* και *ursolic acids*), τα σεσκιτερπένια, τα τριτερπένια (*beta-amyrin*,

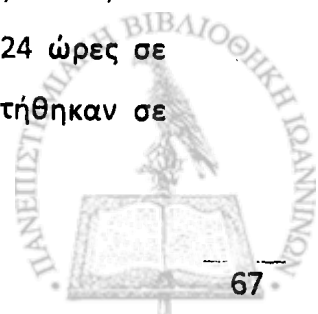
taraxol και taraxerol) και ο γλυκοζίτης arigenin. Επίσης τα άνθη του φυτού περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις της ουσίας taraxanthin (Williams κ.ά. 1996, Akashi κ.ά. 1994, Gyenes & Beres 2006).

Τα συστατικά taraxacin, taraxerin, taraxerol και taraxasterol τα οποία έχει βρεθεί ότι απελευθερώνονται από τις ρίζες του αγριοράδικου αναστέλλουν τη βλάστηση και την ανάπτυξη των αγρωστωδών (Gyenes & Beres 2006), ενώ σύμφωνα με τους Hussain κ.ά. (2004) ο Zebunisa (1984) αναφέρει ότι το αγριοράδικο είναι πιθανό να αναστέλλει αλληλοπαθητικά την ανάπτυξη και να μειώνει την απόδοση διαφόρων καλλιεργούμενων φυτών. Ειδικότερα, οι Gyenes και Beres (2006) μελέτησαν τις αλληλοπαθητικές επιδράσεις του αγριοράδικου στη φυτρωτική ικανότητα σπόρων φυτών της οικογένειας Gramineae και Fabaceae [*Lolium perenne* (πολυετής ήρα), *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra* (ερυθρά φεστούκα), *Dactylis glomerata* (δακτυλίδα), *Poa pratensis* (πόα), *Lotus corniculatus* (λωτός ο κερατιοφόρος), *Trifolium repens* (τριφύλλι το έρπον), *Trifolium fragiferum*, *Bromus inermis* (άγρια βρώμη), *Bromus erectus* (βρόμος ο ορθοφυής)]. Σε πειράματα με υδατικά εκχυλίσματα και εκχυλίσματα αιθανόλης και ακετόνης, υπόγειου και υπέργειου τμήματος του φυτού, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της φυτρωτικής ικανότητας των σπόρων των παραπάνω ειδών. Πιο συγκεκριμένα, τα εκχυλίσματα ακετόνης και αιθανόλης των ριζών προκάλεσαν γενικά μεγαλύτερη αναστολή της βλάστησης από τα αντίστοιχα υδατικά εκχυλίσματα, ενώ όλα τα εκχυλίσματα των φύλλων ήταν γενικά λιγότερο ανασταλτικά. Επίσης, η βλάστηση των υπό εξέταση ειδών μειωνόταν όσο αυξανόταν η συγκέντρωση των εκχυλισμάτων.

12.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΦΑΚΗ

12.2.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του αγριοράδικου (*Taraxacum officinale*) στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή. Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα δείγματα του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος του αγριοράδικου που συλλέχθηκαν από το Αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης το καλοκαίρι του 2009, όταν τα φυτά ήταν στο στάδιο έναρξης εμφάνισης της ταξιανθίας. Τα δείγματα κόπηκαν σε τμήματα των 20 cm και ακολούθως αποξηράθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C. Στη συνέχεια, αλέστηκαν σε μύλο (40 mesh) και τοποθετήθηκαν σε



πλαστικά βάζα και ακολούθως σε καταψύκτη θερμοκρασίας -15 °C έως ότου χρησιμοποιηθούν για την παραλαβή των εκχυλισμάτων.

Η διαδικασία παραλαβής των εκχυλισμάτων έγινε σε γυάλινα βάζα των 400 ml. Ειδικότερα, σε κάθε βάζο τοποθετήθηκε δείγμα 1, 2, 4 και 8 g φυτικού υλικού (αντίστοιχα για κάθε τμήμα του φυτού) και 200 ml απιονισμένου νερού ώστε να προκύψουν συγκεντρώσεις των 0,5, 1, 2 και 4%. Ακολούθως, το περιεχόμενο του κάθε βάζου, αφού προηγήθηκε ανακίνηση σε οριζόντια μηχανή ανάδευσης (tehtnica zelezniki EV-402) για 4 ώρες στις 200 στροφές/λεπτό, περάστηκε από τετραπλό στρώμα τουρλοπανιού και από διηθητικό χαρτί N° 4 προκειμένου να απομακρυνθεί το φυτικό υλικό. Τέλος, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια των 200 ml και διατηρήθηκαν στο ψυγείο (4 °C), έως ότου χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών.

Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 12 και 10 σπόροι των καλλιεργούμενων φυτών σιτάρι και φακή (φυτά δείκτες). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβλίο προστέθηκαν 10 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας). Τα τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών σε συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 23±2 °C. Μετά από οκτώ ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών αυτών και οι τιμές αυτές εκφράστηκαν ως % του μάρτυρα. Το ποσοστό αυτό υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση (1). Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο με 4 επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (τμήμα φυτού x συγκέντρωση). Το πείραμα διεξήχθη 2 φορές.

$$\% \text{ του μάρτυρα} = \frac{\text{Μέσος όρος εκχυλίσματος}}{\text{Μέσος όρος μάρτυρα}} \times 100 \quad (1)$$

Στατιστική ανάλυση

Για την επεξεργασία των δεδομένων των βιοδοκιμών εφαρμόστηκε συνδυαστική ανάλυση παραλλακτικότητας (Analysis of variances/ANOVA), τεσσάρων παραγόντων (μεταβλητών) (Πίνακας 9). Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος MSTAT-C. Ως κριτήριο για τη σύγκριση των μέσων αριθμητικών τιμών,

χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ_{0,05}) σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ($P = 0,05$) και για 36 βαθμούς ελευθερίας.

12.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

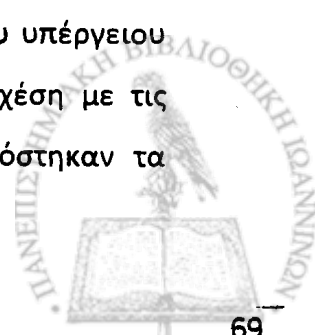
12.2.2.1 Επιδράσεις στο σιτάρι

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα του σιταριού επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,05$). Το συνολικό νωπό βάρος επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και το μήκος ρίζας του σιταριού επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,05$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,05$).

Η φυτρωτική ικανότητα του σιταριού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου σε καμία από τις συγκεντρώσεις. Όλες οι συγκεντρώσεις (εκτός της συγκέντρωσης 1%) των εκχυλισμάτων και των δύο τμημάτων (υπόγειο και υπέργειο) μείωσαν τη φυτρωτική ικανότητα του σιταριού. Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη αναστολή προκάλεσε η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων και των δύο φυτικών τμημάτων, 21% για το υπόγειο τμήμα και 11% για το υπέργειο. Αντίθετα η συγκέντρωση 1% αύξησε τη φυτρωτική ικανότητα του σιταριού κατά 1 και 7%, αντίστοιχα (Σχήμα 7).

Το νωπό βάρος επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου στις τέσσερις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις (0,5 και 1%) των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος αύξησαν το νωπό βάρος του σιταριού, ενώ αντίθετα οι υψηλές συγκεντρώσεις (2 και 4%) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό (Σχήμα 7). Ωστόσο, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος μείωσαν το νωπό βάρος (11%) μόνο στην υψηλή συγκέντρωση (4%). Ειδικότερα, το νωπό βάρος του σιταριού αυξήθηκε κατά 10 και 16%, εκεί που εφαρμόστηκαν τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος 0,5 και 1%, αντίστοιχα. Αντίθετα, η αύξηση της συγκέντρωσης σε 2 και 4% προκάλεσε μείωση του νωπού βάρους της τάξης του 3 και 26%, αντίστοιχα.

Το μήκος ρίζας του σιταριού αυξήθηκε σημαντικά κατά την εφαρμογή των εκχυλισμάτων του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου σε όλες τις συγκεντρώσεις (Σχήμα 7). Γενικά, μεγαλύτερη αύξηση της ρίζας προκάλεσαν τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος σε σχέση με το υπόγειο, όπως και οι χαμηλές συγκεντρώσεις σε σχέση με τις υψηλές. Ειδικότερα, το μήκος ρίζας αυξήθηκε περισσότερο εκεί που εφαρμόστηκαν τα



εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος στις συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% και λιγότερο στη συγκέντρωση 4%. Πιο συγκεκριμένα, το μήκος ρίζας αυξήθηκε κατά 57, 43, 36 και 20% (0,5, 1, 2 και 4% συγκέντρωση, αντίστοιχα) από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος. Ωστόσο, η αντίστοιχη αύξηση από την εφαρμογή των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος ήταν 71, 86, 75 και 8%, αντίστοιχα.

Γενικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η φυτρωτική ικανότητα του σιταριού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του ζιζανίου, ενώ στις περισσότερες συγκεντρώσεις το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας αυξήθηκαν σημαντικά. Ειδικότερα, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε για το μήκος ρίζας κατά την εφαρμογή των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος. Αντίθετα, έχει αναφερθεί ότι τα συστατικά taraxacin, taraxerin, taraxerol, taraxasterol, τα οποία εκλύονται από τις ρίζες του αγριοράδικου αναστέλλουν τη βλάστηση και ανάπτυξη των αγρωστωδών φυτών (Gyenes & Beres 2006), καθώς επίσης ότι το αγριοράδικο πιθανώς καταστέλλει αλληλοπαθητικά την ανάπτυξη και απόδοση καλλιεργούμενων φυτών (Hussain κ.ά. 2004).

12.2.2.2 Επιδράσεις στη φακή

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της φακής επηρεάστηκαν με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου. Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων της φακής δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου σε καμία από τις συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν. Ωστόσο, το νωπό βάρος επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,05$) και το μήκος ρίζας από το τμήμα του φυτού ($P < 0,05$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Γενικά, η φυτρωτική ικανότητα της φακής δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την εφαρμογή των εκχυλισμάτων του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου σε καμία από τις συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, η φυτρωτική ικανότητα μειώθηκε σε πολύ μικρό βαθμό από 0,6 έως 3%. Αντίθετα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας μειώθηκαν σημαντικά σε όλες τις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων και των δύο τμημάτων (Σχήμα 8).

Σε όλες τις συγκεντρώσεις, το νωπό βάρος μειώθηκε περισσότερο από τα εκχυλίσματα του υπόγειου από ότι του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου. Ωστόσο, η αύξηση της συγκέντρωσης και στις δυο περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή. Οι συγκεντρώσεις

0,5 και 1% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το νωπό βάρος της φακής κατά 19 και 18%, αντίστοιχα, ενώ η αντίστοιχη μείωση από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος ήταν της τάξεως του 9 και 11%, αντίστοιχα (Σχήμα 8). Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος σε 2 και 4% προκάλεσαν μείωση του νωπού βάρους κατά 28 και 29%, ενώ η αντίστοιχη μείωση από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος ήταν της τάξεως του 13 και 28%, αντίστοιχα.

Το μήκος ρίζας της φακής, κατά μέσο όρο των συγκεντρώσεων, μειώθηκε περισσότερο από τα εκχυλίσματα του υπόγειου από ότι του υπέργειου τμήματος (Σχήμα 8). Τη μικρότερη αναστολή προκάλεσαν οι συγκεντρώσεις 0,5 και 1% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος, ενώ τη μεγαλύτερη αναστολή προκάλεσε η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων και των δύο τμημάτων του αγριοράδικου. Οι συγκεντρώσεις 0,5 και 1% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το μήκος ρίζας της φακής κατά 23 και 21%, αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις του υπέργειου τμήματος προκάλεσαν μείωση της τάξεως μόνο 2 και 4%, αντίστοιχα. Οι συγκεντρώσεις 2 και 4% του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος μείωσαν το μήκος ρίζας της φακής κατά 29 και 40% και 29 και 46%, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η φυτρωτική ικανότητα της φακής δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα από τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου. Αντίθετα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας μειώθηκαν σημαντικά, ειδικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.



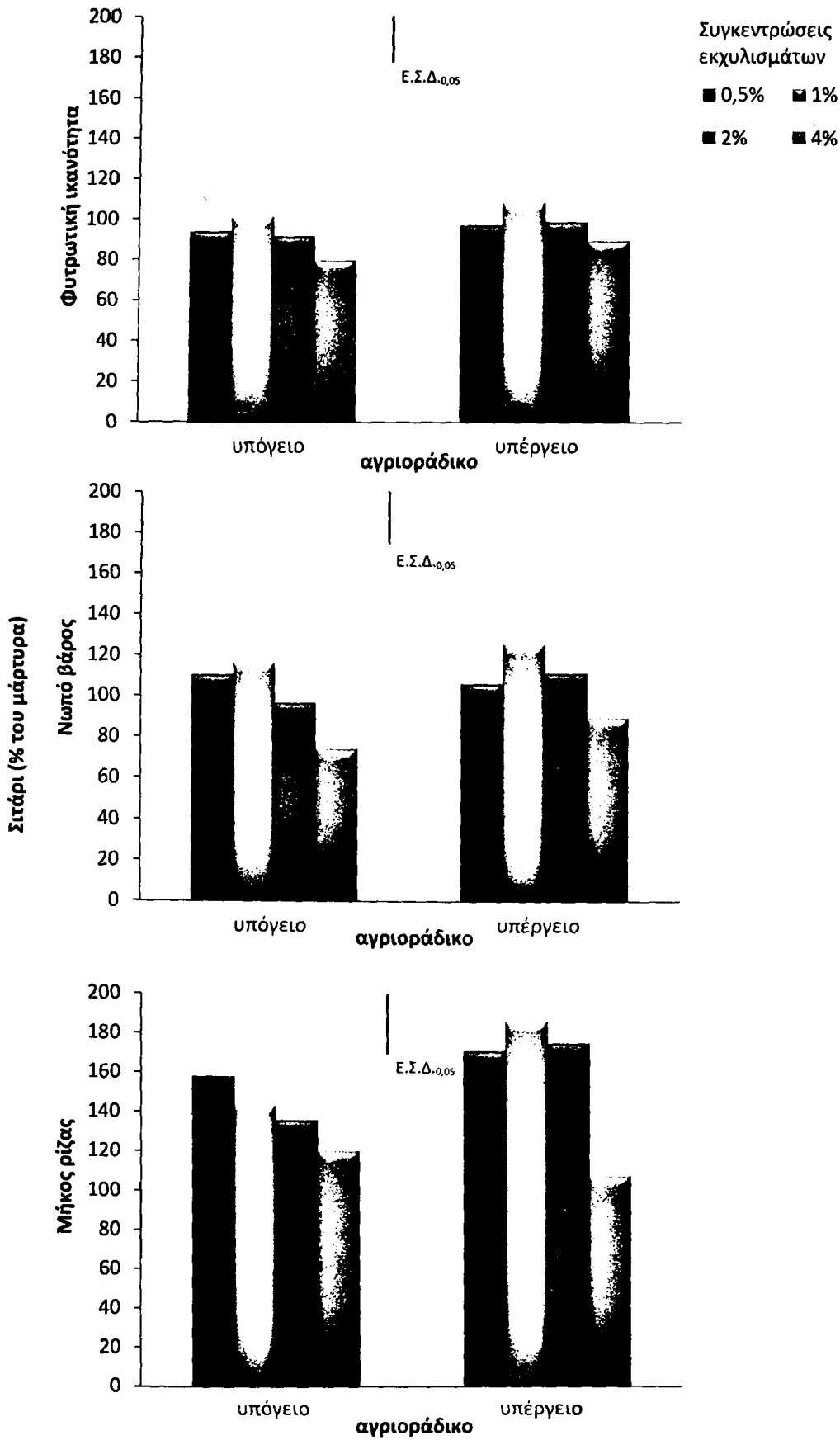
Εικόνες 20 και 21. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζανίου αγριοράδικου στη φυτρωτική ικανότητα και στην ανάπτυξη της φακής.

12.2.3 Συμπεράσματα

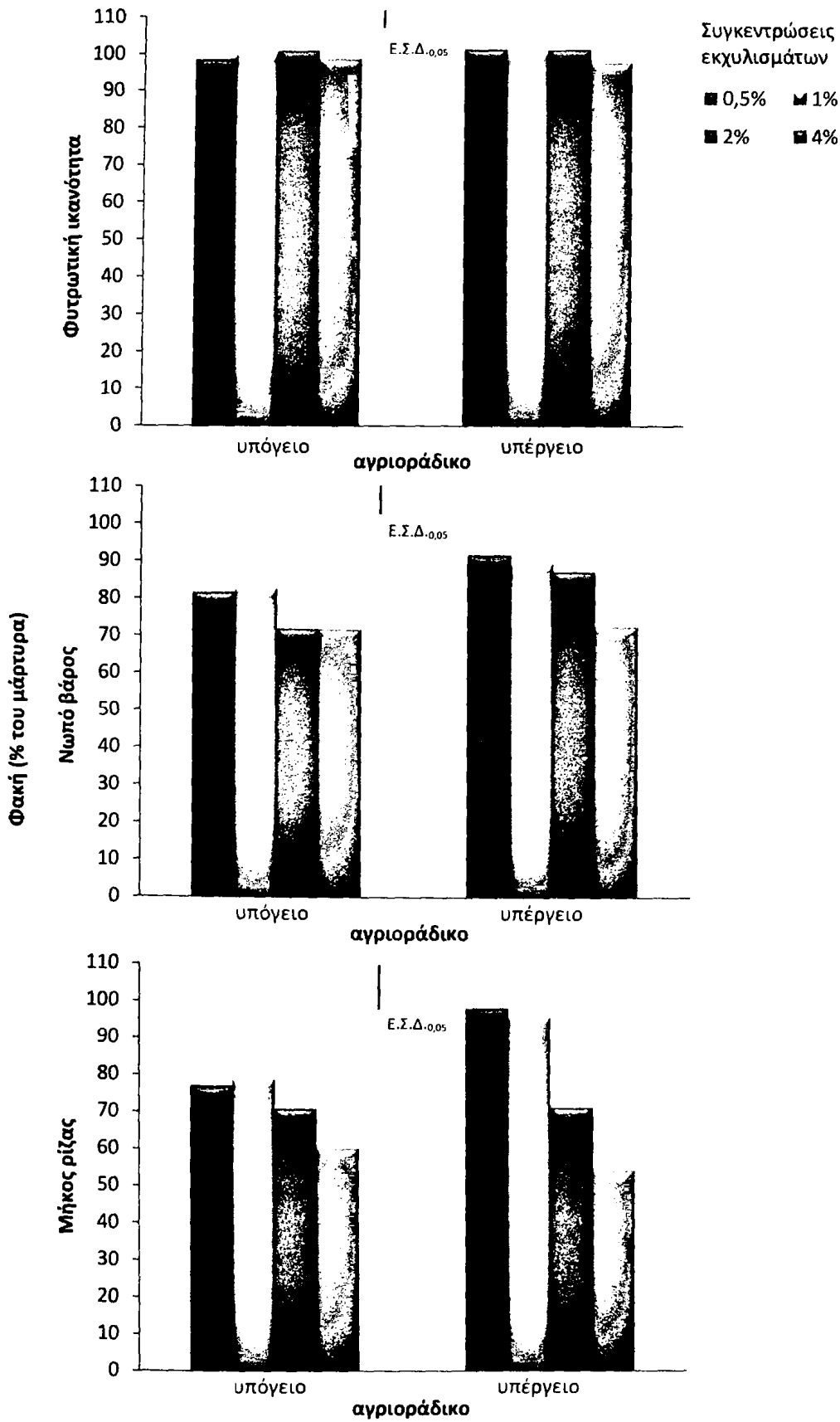
Η φυτρωτική ικανότητα και των δυο καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή) δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου.

Το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του σιταριού αυξήθηκαν σημαντικά και η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στο μήκος ρίζας κατά την εφαρμογή των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου.

Αντίθετα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της φακής μειώθηκαν σημαντικά, ειδικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου.



Σχήμα 7. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζανίου αγριοράδικο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας του σιταριού. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των δύο βιοδοκιμών.



Σχήμα 8. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος αγριοράδικο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της φακής. Οι τιμές είναι οι μέσες τιμές των δύο βιοδοκιμών.



12.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΖΙΖΑΝΙΑ ΑΓΡΙΟΒΡΩΜΗ ΚΑΙ ΗΡΑ

12.3.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του κίρσιου (*Cirsium arvense*) στα καλλιεργούμενα φυτά σιτάρι και φακή. Η συλλογή και η διαδικασία των εκχυλισμάτων περιγράφεται στην παράγραφο 12.2.1.

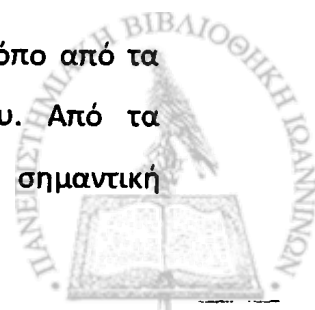
Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 20 και 30 σπόροι των ζιζανίων αγριοβρώμη και ήρα (φυτά δείκτες). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβλίο προστέθηκαν 10 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας). Τα τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών σε συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 23 ± 2 °C. Μετά από δώδεκα ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Ο υπολογισμός, η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, διεξήχθη με τη μεθοδολογία που περιγράφεται επίσης στην παράγραφο 12.2.1.

12.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

12.3.2.1 Επιδράσεις στην αγριοβρώμη

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της αγριοβρώμης επηρεάστηκαν με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου. Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα της φακής επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,05$). Το νωπό βάρος επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,01$) και τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το μήκος ρίζας επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,001$)

Η φυτρωτική ικανότητα της αγριοβρώμης επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου. Από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος μόνο η συγκέντρωση 4% προκάλεσε σημαντική



αναστολή (16%) στη βλάστηση των σπόρων της αγριοβρώμης (Σχήμα 9). Αντίθετα, οι άλλες τρεις συγκεντρώσεις (0,5, 1, και 2%) μείωσαν τη φυτρωτική ικανότητα της αγριοβρώμης από 1 έως 4%. Ωστόσο, όλες οι συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος, κυρίως οι υψηλές συγκεντρώσεις, προκάλεσαν σημαντική αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας. Το χαρακτηριστικό αυτό της αγριοβρώμης μειώθηκε περισσότερο με την αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4%. Συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη αναστολή (39%) προκάλεσε η συγκέντρωση 4%, ενώ τη μικρότερη (9%) η συγκέντρωση 0,5%. Οι άλλες δύο συγκεντρώσεις (1 και 2%) προκάλεσαν ενδιάμεση αναστολή (20 και 32%, αντίστοιχα).

Το νωπό βάρος της αγριοβρώμης επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα και των δύο τμημάτων του αγριοράδικου (υπόγειο και υπέργειο). Επίσης, τόσο για το υπόγειο όσο και για το υπέργειο τμήμα, η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων προκάλεσε υψηλότερη αναστολή του νωπού βάρους (Σχήμα 9). Συγκεκριμένα, για το υπόγειο τμήμα υψηλότερη αναστολή παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση 4% (40%) και χαμηλότερη στη συγκέντρωση 1% (15%). Η συγκέντρωση 2% προκάλεσε ενδιάμεση αναστολή (32%). Επίσης, τη μεγαλύτερη αναστολή (40%) στο νωπό βάρος προκάλεσε η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου, ενώ τη μικρότερη (1%) η συγκέντρωση 0,5%.

Όσον αφορά το μήκος ρίζας, το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου (Σχήμα 9). Η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων αλλά και η συγκέντρωση 1% του υπέργειου τμήματος αύξησαν το μήκος ρίζας της αγριοβρώμης από 2 έως 4%. Αντίθετα, οι υπόλοιπες συγκεντρώσεις προκάλεσαν σημαντική αναστολή. Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις 1, 2 και 4% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το μήκος ρίζας της αγριοβρώμης κατά 8, 22 και 30%, αντίστοιχα, ενώ οι συγκεντρώσεις 2 και 4% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος κατά 19 και 53%.

Γενικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4%, στις περισσότερες περιπτώσεις, προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της αγριοβρώμης. Επιπλέον, η συγκέντρωση 4% του υπέργειου τμήματος προκάλεσε τη μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της αγριοβρώμης. Οι Gyenes και Beres (2006) σε σχετική μελέτη τους αναφέρουν σημαντική μείωση της βλάστησης δέκα διαφορετικών ζιζανίων, ανάλογη με την αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων.

12.3.2.2 Επιδράσεις στην ήρα

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της ήρας επηρεάστηκαν με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου. Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,05$). Το νωπό βάρος της ήρας επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το μήκος ρίζας επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος επηρέασαν με διαφορετικό τρόπο τη φυτρωτική ικανότητα της ήρας (Σχήμα 10). Από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος σημαντική αναστολή (26%) προκάλεσε μόνο η συγκέντρωση 4%, καθώς οι άλλες τρεις συγκεντρώσεις (0,5, 1 και 2%) μείωσαν τη βλάστηση μόλις 2 με 6%. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για το υπόγειο τμήμα, όπου η συγκέντρωση 4% μείωσε τη φυτρωτική ικανότητα κατά 12%, ενώ οι άλλες τρεις συγκεντρώσεις (0,5, 1 και 2%) προκάλεσαν μείωση μόλις 2 με 7%.

Το νωπό βάρος της ήρας επηρεάστηκε σημαντικά μόνο από την υψηλή συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων και των δύο τμημάτων (υπόγειο και υπέργειο). Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους της ήρας (Σχήμα 10). Συγκεκριμένα, από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος τη μεγαλύτερη αναστολή (15%) προκάλεσε η συγκέντρωση 4%, ενώ τη μικρότερη (5%) οι συγκεντρώσεις 0,5 και 1%. Η συγκέντρωση 2% προκάλεσε ενδιάμεση αναστολή (12%). Επίσης, τη μεγαλύτερη αναστολή (46%) στο νωπό βάρος της ήρας προκάλεσε η συγκέντρωση 4% του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου, ενώ τη μικρότερη (5%) η συγκέντρωση 0,5%.

Τα δεδομένα του μήκους ρίζας έδειξαν ότι το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου (Σχήμα 10). Και για τα δύο τμήματα, η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% προκάλεσε σταδιακά αυξημένη αναστολή του μήκους ρίζας της ήρας. Γενικά, περισσότερο φυτοτοξικά ήταν τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος από ότι του υπόγειου. Ωστόσο, η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων και των δύο τμημάτων αύξησε σε μικρό βαθμό (1%) το μήκος ρίζας της ήρας. Αντίθετα, οι άλλες συγκεντρώσεις και των δύο τμημάτων μείωσαν σημαντικά το

χαρακτηριστικό αυτό. Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις 1, 2 και 4% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το μήκος ρίζας της ήρας κατά 3, 9 και 12%, αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις του υπέργειου τμήματος κατά 7, 37 και 77%, αντίστοιχα.

Γενικά, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος ήταν περισσότερο φυτοτοξικά από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του αγριοράδικου. Τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου επηρέασαν περισσότερο το μήκος ρίζας και λιγότερο τη φυτρωτική ικανότητα της ήρας. Η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% στις περισσότερες περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της ήρας. Επιπλέον, η υψηλή συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της ήρας. Σε σχετική μελέτη των Gyenes και Beres (2006), αναφέρεται ότι σε δέκα ζιζάνια, μεταξύ των οποίων η πολυετής ήρα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της φυτρωτικής ικανότητας των σπόρων από εκχυλίσματα αγριοράδικου.

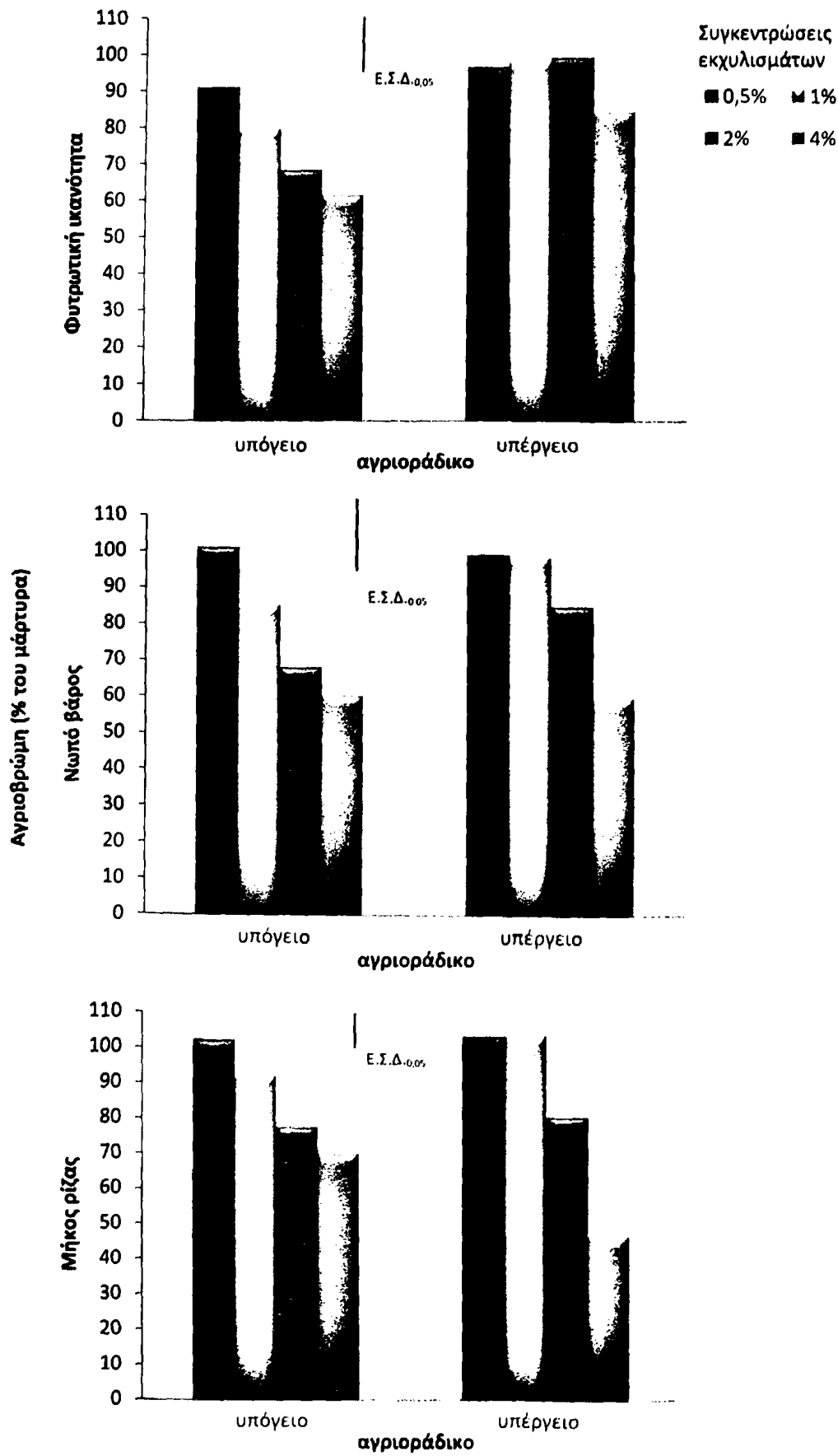
12.3.3 Συμπεράσματα

Τα εκχυλίσματα του αγριοράδικου επηρέασαν περισσότερο το μήκος ρίζας και λιγότερο τη φυτρωτική ικανότητα και των δυο ζιζανίων.

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή του μήκους ρίζας και των δύο ζιζανίων από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.

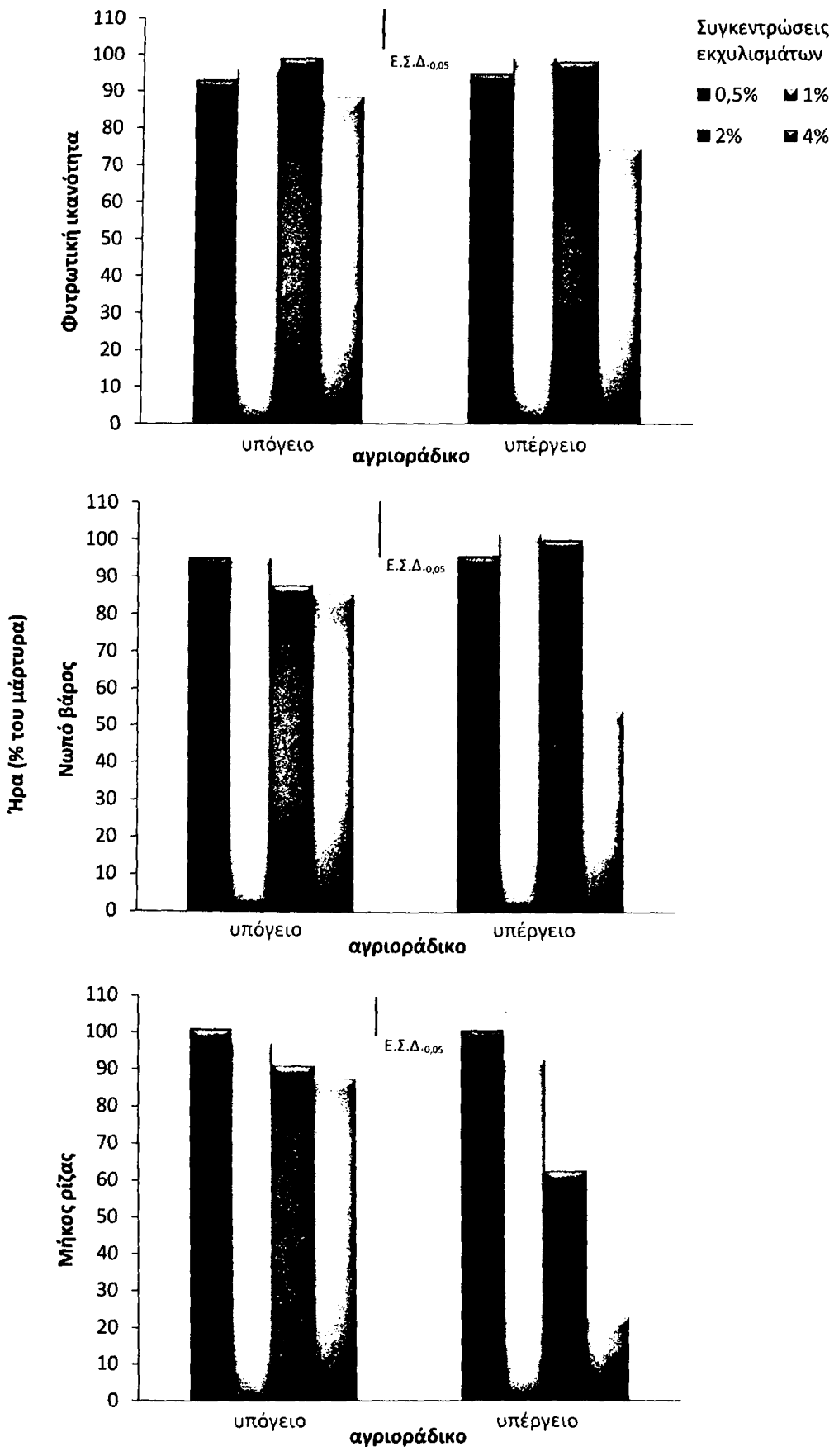
Η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% στις περισσότερες περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας και των δυο ζιζανίων.

Η μεγάλη συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας και των δυο ζιζανίων.



Σχήμα 9. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος 1 αγριοράδιου στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της αγριοβρώμης. Οι τιμές μέσα όροι των δύο βιοδοκιμών.





Σχήμα 10. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματι αγριοράδικο στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της ήρας. Οι τιμές είν των δύο βιοδοκιμών.

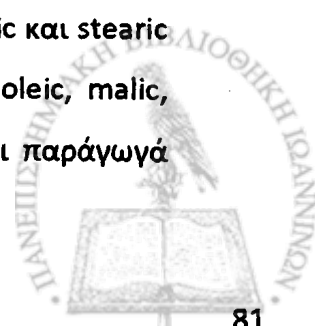


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΤΑΤΟΥΛΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ

13.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλα τα τμήματα του τάτουλα περιέχουν αλκαλοειδή και κυρίως αλκαλοειδή του τροπανίου (tropane alkaloids), υοσκαμίνη (hyoscyamine), σκοπολαμίνη-υοσκίνη (scopolamine-hyoscyne), σκιμιαμίνη (skimmiamine), λιτορίνη (littorine) και ατροπίνη (atropine) τα οποία συντίθενται σε πολλά σολανοειδή φυτά (Zabetakis κ.ά. 1998, Dugan κ.ά. 1989, Khalid κ.ά. 2002, Argo κ.ά. 2007, Ραβίον κ.ά. 2009, Sharova κ.ά. 1977). Η ατροπίνη και η υοσκαμίνη ήταν από τα πρώτα αλκαλοειδή που απομονώθηκαν και προσδιορίστηκε η χημική δομή τους (Argo κ.ά. 2007), ενώ η σκοπολαμίνη (υοσκίνη) και η υοσκαμίνη εμφανίζουν αλληλοπαθητική δραστηριότητα (Levitt & Lovett 1984). Η σκοπολαμίνη για παράδειγμα είναι γνωστό ότι παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυταρίων ορισμένων καλλιεργητικών ειδών (Lovett & Potts 1987). Γενικά έχει θεωρηθεί ότι τα αλκαλοειδή του τροπανίου παρεμβαίνουν στο μηχανισμό κατά τον οποίο τα ένζυμα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση του τροφικού αποθέματος, συντίθενται ή απελευθερώνονται κατά τη βλάστηση των σπόρων. Ένας τέτοιος μηχανισμός μπορεί να είναι η σύνθεση ή η απελευθέρωση α-αμυλάσης, η οποία είναι υπεύθυνη για τη θραύση του αμύλου κατά τη βλάστηση των σπόρων δημητριακών (Lovett & Potts 1987). Η περιεκτικότητα του φυτού σε αλκαλοειδή ανέρχεται σε ποσοστό 0,2 έως 0,5%, εκ των οποίων η υοσκαμίνη συνιστά τα 2/3 της συνολικής ποσότητας και η σκοπολαμίνη το υπόλοιπο ανάλογα με το τμήμα του φυτού, το στάδιο ανάπτυξής του και την ηλικία του (Argo κ.ά. 2007, Mirzamatov and Lutfullin 1986, Λαγουδάκης 2007). Η σκοπολαμίνη και η υοσκαμίνη περιέχονται στις ρίζες, στα φύλλα, στα άνθη και στους σπόρους (Lovett & Potts 1987, Robins κ.ά. 1991, Dugan κ.ά. 1989) και ενώ τα συστατικά των φύλλων είναι κατά κύριο λόγο τα ίδια με αυτά των σπόρων, συνήθως περιέχουν υψηλότερη συγκέντρωση αλκαλοειδών, κάτι που τους καθιστά ισχυρότερους (Grieve). Οι An κ.ά. (2003) αναφέρουν ότι σύμφωνα με τον Mothes (1955), η συγκέντρωση αλκαλοειδών στους σπόρους αυξάνεται έως την πλήρη ωρίμανση και στη συνέχεια η παραγωγή τους μειώνεται. Γενικά έχει βρεθεί ότι τα φρέσκα τμήματα του φυτού περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα αλκαλοειδών από τα αποξηραμένα (Grieve).

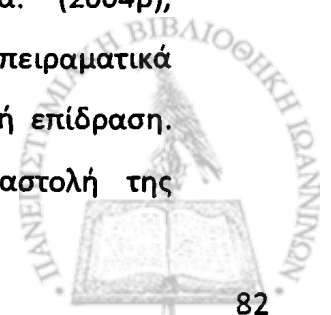
Άλλες ουσίες που περιέχονται στον τάτουλα είναι λιπαρά οξέα (oleic, palmitic και stearic acids), καρβοξυλικά οξέα (acetic, caffeic, chlorogenic, citric, formic, fumaric, linoleic, malic, ferulic, ketoglutaric, lactic και succinic acids), κετόνες (acetone), κούμαρινες και παράγωγά



τους (aesculetin και umbelliferone), πυριδίνες (pyridine) και παράγωγά τους (acotinic acid), αλκόολες (methanol και sitosterol), φλαβονοειδή (tannin και rutin), λακτόνες (daturalactone και withanolides) και φυτοαλεξίνες (lubimin, hydroxylubimin και sesquiterpenoid phytoalexins) (Sharova κ.ά. 1977, Ραβίον κ.ά. 2009, Evans κ.ά. 1984, Elakovich 1987). Ο τάτουλας, τέλος, περιέχει ποικιλία ενώσεων οι οποίες δρουν ως φυσική άμυνα ενάντια σε φυτοπαθογόνα, συμπεριλαμβανομένων των μυκήτων, ιών, βακτηρίων και εντόμων (Dugan κ.ά. 1989).

Ο τάτουλας παρουσιάζει αλληλοπαθητική δράση εναντίον πολλών ζιζανίων (Lovett κ.ά. 1981) και καλλιεργητικά είδη (Lovett & Potts 1987) και πολλοί έχουν μελετήσει την αλληλοπαθητική του δράση. Τα αλκαλοειδή υοσκαμίνη και σκοπολαμίνη απελευθερώνονται από τους σπόρους ή άλλα μέρη του φυτού και η αλληλοπαθητική του δράση συνδέεται κυρίως με αυτά (Lovett & Potts 1987). Οι Lovett κ.ά. (1981) μελέτησαν τις επιδράσεις υδατικών εκχυλισμάτων διαφόρων συγκεντρώσεων από σπόρους και φύλλα τάτουλα στο λινάρι και τα εκχυλίσματα υψηλών συγκεντρώσεων ήταν ιδιαίτερος ανασταλτικός για τη βλάστηση και κυρίως για τη ριζική επιμήκυσή του. Χημική ανάλυση των εκχυλισμάτων έδειξε την ύπαρξη αλκαλοειδών του τροπανίου και ιδιαίτερα σκοπολαμίνης, ενώ σε πειράματα καθαρής σκοπολαμίνης και υοσκαμίνης φάνηκε ότι και τα δύο αυτά αλκαλοειδή ήταν τα κύρια ενεργά συστατικά της αλληλοπαθητικής δράσης του τάτουλα. Τα παρατηρούμενα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με αυτά του Enanari (1949: αναφορά στο Lovett κ.ά. 1981) ο οποίος σε πειράματά του με καθαρά αλκαλοειδή έδειξε ότι ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις τους ανέστειλαν τη φυσιολογική διαδικασία, οι χαμηλές συγκεντρώσεις συχνά δρούσαν διεγερτικά.

Σε πειράματα των Levitt κ.ά. (1984) και Levitt και Lovett (1984) σχετικά με τις αλληλοπαθητικές ιδιότητες των αλκαλοειδών των σπόρων του τάτουλα και τις επιδράσεις τους στην ανάπτυξη του ηλίανθου, διαπιστώθηκε ότι το είδος του εδάφους και οι κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες επηρεάζουν τη διάρκεια της αλληλοπαθητικής δράσης η οποία μπορεί να διαρκέσει έως και 8 μήνες, κάτι που για φυτικό προϊόν θεωρείται υψηλή φυτοτοξικότητα (Putnam 1988). Η αναστολή της ριζικής ανάπτυξης του ηλίανθου γενικά μειώθηκε με την πάροδο του χρόνου, σημειώνοντας όμως διακυμάνσεις (Levitt κ.ά. 1984), καθώς η ποσότητα των αλκαλοειδών που εκπλύεται από τους σπόρους του τάτουλα μειώνεται με το χρόνο (Lovett & Potts 1987). Τις αλληλοπαθητικές επιδράσεις του τάτουλα στη φυτρωτική ικανότητα του ηλίανθου μελέτησαν επίσης οι Kazinczi κ.ά. (2004β), χρησιμοποιώντας όμως εκχυλίσματα ριζών και φύλλων. Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματά τους τα εκχυλίσματα ριζών έδειξαν τη μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση. Άλλες μελέτες έδειξαν ότι τα αλκαλοειδή του τάτουλα προκάλεσαν αναστολή της



κινητοποίησης των λιπιδίων και επιβράδυναν το μεταβολισμό του τροφικού αποθέματος, κυρίως του άμυλου, κατά τη βλάστηση των σπόρων του ηλιάνθου, χωρίς όμως να εμφανιστούν βλάβες στα κύτταρα ή στα οργανίδια (Levitt κ.ά. 1984).

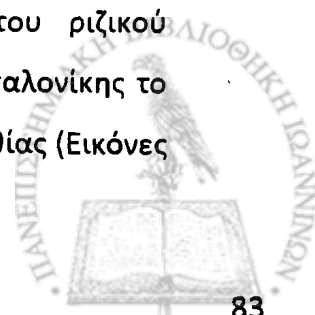
Οι Wang κ.ά. (2009) σύγκριναν την αλληλοπαθητική δραστηριότητα διαφορετικών τμημάτων (βλαστών, ριζών και φύλλων) του τάτουλα στη βλάστηση και στην ανάπτυξη του σουσαμιού (*Sesamum indicum*) και του *Pennisetum sp.* και παρατήρησαν ότι τα εκχυλίσματα των φύλλων προκάλεσαν τη μεγαλύτερη αναστολή. Επίσης, σε άλλες μελέτες έχει αποδειχθεί η ικανότητα του τάτουλα να επιδρά αλληλοπαθητικά στο σιτάρι, στο αγγούρι, στο ραπάνι (*Raphanus sativus*) (Shen κ.ά. 2005), στο σινάπι (Oudhia & Tripathi 2000) και στο κριθάρι (An κ.ά. 2003).

Το αλληλοπαθητικό δυναμικό του τάτουλα έχει μελετηθεί και ως προς τη δυνατότητα περιορισμού των ζιζανίων. In vitro πειράματα των Sondhia και Swan (2002) με υδατικά εκχυλίσματα μεθανόλης, χλωροφορμίου και διαιθυλεστέρα (diethyl ester) καρπών και σπόρων τάτουλα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα των καρπών περιόρισαν σημαντικά τη βλάστηση και την ανάπτυξη της ρίζας και του βλαστού του ρυζιού και της μικρής μουχρίτσας (*Echinochloa colophonum*). Ωστόσο, τα εκχυλίσματα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά ως προς το ζιζάνιο σε σχέση με το ρύζι. Τα υδατικά διαλύματα μεθανόλης των σπόρων του ανέστειλαν τελείως τη βλάστηση της μουχρίτσας και μείωσαν σημαντικά την ανάπτυξη των ριζών και βλαστών του ρυζιού, ακολουθούμενα από τα διαλύματα διαιθυλεστέρα και χλωροφορμίου. Ωστόσο, πειράματα θερμοκηπίου των Hong κ.ά. (2004) σε καλλιέργειες αναποφλοιώτου ρυζιού, έδειξαν ότι ο τάτουλας προκάλεσε ισχυρή αναστολή των ζιζανίων φτάνοντας το 90% χωρίς να βλάψει την καλλιέργεια.

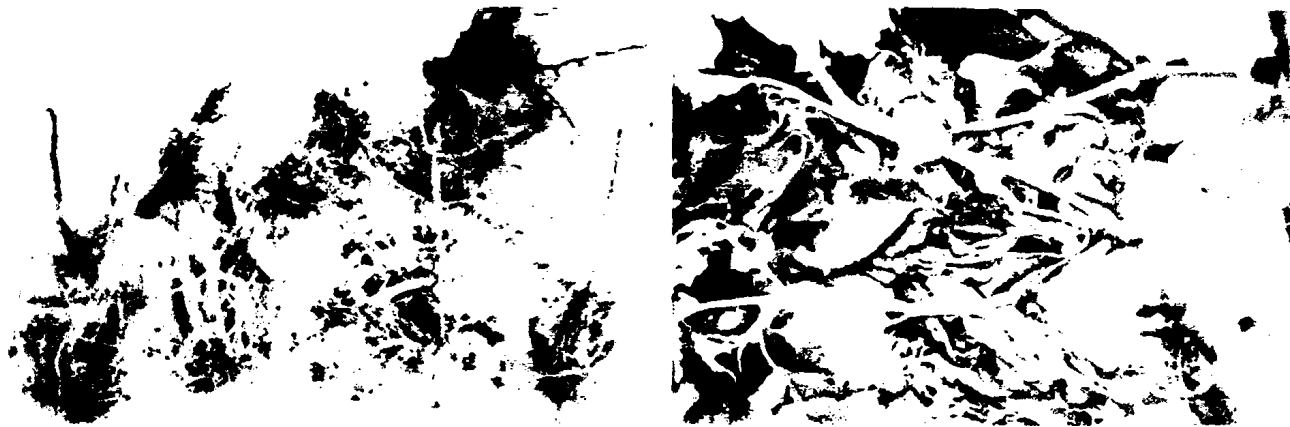
13.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΦΥΤΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙ

13.2.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του τάτουλα (*Datura stramonium*) στα καλλιεργούμενα φυτά αραβόσιτος και βαμβάκι. Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα δείγματα του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος του τάτουλα που συλλέχθηκαν από το Αγρόκτημα του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης το καλοκαίρι του 2009, όταν τα φυτά ήταν στο στάδιο έναρξης εμφάνισης της ταξιανθίας (Εικόνες



22 και 23). Τα δείγματα κόπηκαν σε τμήματα των 20 cm και ακολούθως αποξηράθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C. Στη συνέχεια, αλέστηκαν σε μύλο (40 mesh) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά βάζα και ακολούθως σε καταψύκτη θερμοκρασίας -15 °C έως ότου χρησιμοποιηθούν για την παραλαβή των εκχυλισμάτων.



Εικόνες 22 και 23. Φυτικό υλικό υπόγειου και υπέργειου τμήματος τάτουλα

Η διαδικασία παραλαβής των εκχυλισμάτων έγινε σε γυάλινα βάζα των 400 ml. Ειδικότερα, σε κάθε βάζο τοποθετήθηκε δείγμα 1, 2, 4 και 8 g φυτικού υλικού (αντίστοιχα για κάθε τμήμα του φυτού) και 200 ml απιονισμένου νερού ώστε να προκύψουν συγκεντρώσεις των 0,5, 1, 2 και 4%. Ακολούθως, το περιεχόμενο του κάθε βάζου, αφού προηγήθηκε ανακίνηση σε οριζόντια μηχανή ανάδευσης (tehtnica zelezniki EV-402) για 4 ώρες στις 200 στροφές/λεπτό, περάστηκε από τετραπλό στρώμα τουρλοπανιού και από διηθητικό χαρτί N° 4 προκειμένου να απομακρυνθεί το φυτικό υλικό. Τέλος, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια των 200 ml και διατηρήθηκαν στο ψυγείο (4 °C), έως ότου χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών.

Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 10 σπόροι των καλλιεργούμενων φυτών αραβόσιτος και βαμβάκι (φυτά δείκτες). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβλίο προστέθηκαν 15 ml και 10 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας) για τον αραβόσιτο και το βαμβάκι αντίστοιχα. Τα τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών σε συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 27±2 °C. Μετά από οκτώ ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών αυτών και οι τιμές αυτές εκφράστηκαν ως % του μάρτυρα. Το ποσοστό αυτό υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση (1). Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε



ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο με 4 επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (τμήμα φυτού x συγκέντρωση). Το πείραμα διεξήχθη 2 φορές.

$$\% \text{ του μάρτυρα} = \frac{\text{Μέσος όρος εκχυλίσματος}}{\text{Μέσος όρος μάρτυρα}} \times 100 \quad (1)$$

Στατιστική ανάλυση

Για την επεξεργασία των δεδομένων των βιοδοκιμών εφαρμόστηκε συνδυαστική ανάλυση παραλλακτικότητας (Analysis of variances/ANOVA), τεσσάρων παραγόντων (μεταβλητών) (Πίνακας 9). Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος MSTAT-C. Ως κριτήριο για τη σύγκριση των μέσων αριθμητικών τιμών, χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ_{0,05}) σε επίπεδο σημαντικότητας 95% ($P = 0,05$) και για 36 βαθμούς ελευθερίας.

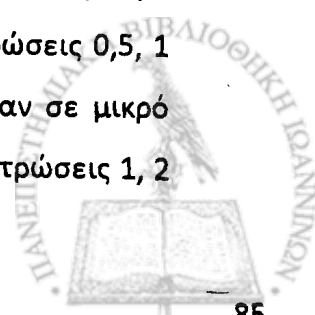
13.2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

13.2.2.1 Επιδράσεις στον αραβόσιτο

Τα πειραματικά δεδομένα και η στατιστική τους επεξεργασία έδειξαν ότι η φυτρωτική ικανότητα και το συνολικό νωπό βάρος του αραβόσιτου επηρεάστηκε σημαντικά από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και την αλληλεπίδραση τμήμα φυτού x συγκέντρωση εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το μήκος ρίζας του αραβόσιτου επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,01$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Η φυτρωτική ικανότητα του αραβόσιτου δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του τάτουλα στις συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2%. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση 0,5% προκάλεσε μικρή αύξηση της βλάστησης (2%), ενώ οι υπόλοιπες συγκεντρώσεις (1 και 2%) μείωσαν τη φυτρωτική ικανότητα έως 3%. Αντίθετα, η συγκέντρωση 4% του υπόγειου τμήματος προκάλεσε αναστολή της τάξεως του 27%. Ωστόσο, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος (0,5, 1, 2% και 4%) προκάλεσαν αναστολή από 1 έως 8%.

Τα δεδομένα του νωπού βάρους έδειξαν ότι το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάστηκε με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του τάτουλα. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% του υπόγειου τμήματος και η συγκέντρωση 0,5% του υπέργειου αύξησαν σε μικρό βαθμό (1 έως 2%) το νωπό βάρος του αραβόσιτου (Σχήμα 11). Αντίθετα οι συγκεντρώσεις 1, 2



και 4% του υπέργειου τμήματος μείωσαν το νωπό βάρος κατά 4, 9 και 20%, αντίστοιχα, ενώ η συγκέντρωση 4% του υπόγειου προκάλεσε αναστολή της τάξεως του 40%.

Το μήκος ρίζας του αραβόσιτου επηρεάστηκε σημαντικά μόνο από τη συγκέντρωση 4% και των δύο τμημάτων του τάτουλα. Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση 4% των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος προκάλεσε αναστολή της τάξεως του 35 και 14%, αντίστοιχα. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% και των δύο τμημάτων αύξησαν το μήκος ρίζας του αραβόσιτου από 1 έως 5%.

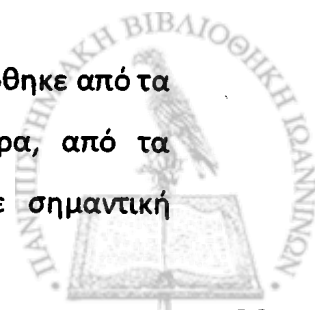
Γενικά, σημαντική αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας του αραβόσιτου παρατηρήθηκε από τη συγκέντρωση 4% του υπόγειου τμήματος, ενώ η συγκέντρωση 4% και των δύο τμημάτων (υπόγειο και υπέργειο) μείωσαν σημαντικά το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του αραβόσιτου. Την ιδιαίτερα ανασταλτική επίδραση εκχυλισμάτων τάτουλα υψηλών συγκεντρώσεων αναφέρουν και οι Lovett κ.ά. (1981) στη βλάστηση και το μήκος ρίζας του λιναριού. Επίσης, από τα πειραματικά αποτελέσματα των Kazinczi κ.ά. (2004β) φαίνεται ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος τάτουλα προκάλεσαν τη μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση στη φυτρωτική ικανότητα του ηλίανθου.

Επιπλέον, οι χαμηλές συγκεντρώσεις του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος του τάτουλα επέδρασαν σε μικρό βαθμό διεγερτικά στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας του αραβόσιτου. Σχετικά, ο Evaragi (1949: αναφορά στο Lovett κ.ά. 1981) απέδειξε ότι ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις καθαρών αλκαλοειδών ανέστειλαν τη φυσιολογική διαδικασία, οι χαμηλές συχνά δρούσαν διεγερτικά.

13.2.2.2 Επίδρασεις στο βαμβάκι

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του βαμβακιού επηρεάστηκαν με διαφορετικό τρόπο από τα εκχυλίσματα του τάτουλα. Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,05$) και από τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το νωπό βάρος επηρεάστηκε σημαντικά μόνο από την συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$). Το μήκος ρίζας επηρεάστηκε σημαντικά από το τμήμα του φυτού (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,05$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,05$).

Η φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού, στις περισσότερες περιπτώσεις μειώθηκε από τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του τάτουλα. Ειδικότερα, από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος μόνο η συγκέντρωση 4% προκάλεσε σημαντική



αναστολή (22%) στη βλάστηση των σπόρων του βαμβακιού, ενώ οι υπόλοιπες συγκεντρώσεις (0,5, 1, και 2%) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 7, 9 και 9%, αντίστοιχα. (Σχήμα 12). Ωστόσο, τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος του τάτουλα σε όλες τις συγκεντρώσεις προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας του βαμβακιού από τα αντίστοιχα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος. Ειδικότερα οι συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 15, 15 και 11%, αντίστοιχα, ενώ η συγκέντρωση 4% προκάλεσε αναστολή της τάξεως του 33%.

Το νωπό βάρος του βαμβακιού επηρεάστηκε με παρόμοιο τρόπο από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του τάτουλα. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων στις περισσότερες περιπτώσεις, προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του νωπού βάρους του βαμβακιού (Σχήμα 12). Από τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος τη μεγαλύτερη αναστολή (40 και 39%, αντίστοιχα) προκάλεσε η συγκέντρωση 4%, ενώ τη μικρότερη προκάλεσε η συγκέντρωση των εκχυλισμάτων 0,5% (4 και 8%, αντίστοιχα). Οι συγκεντρώσεις (1 και 2%) προκάλεσαν ενδιάμεση αναστολή.

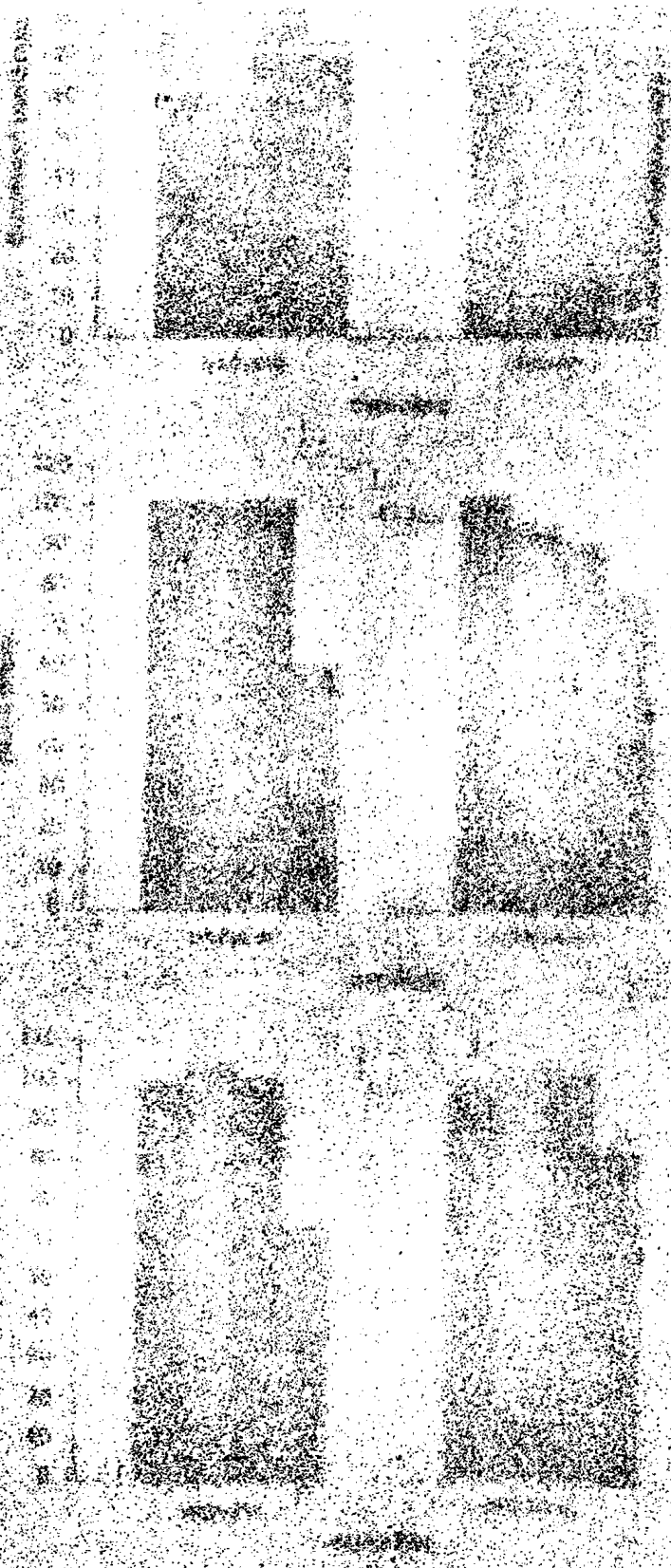
Το μήκος ρίζας του βαμβακιού επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα και των δυο τμημάτων, ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% και στις δυο περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή του μήκους ρίζας του βαμβακιού (Σχήμα 12). Γενικά, τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος ήταν περισσότερο φυτοτοξικά από ότι του υπόγειου τμήματος. Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις 0,5, 1, 2 και 4% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το μήκος ρίζας του βαμβακιού κατά 3, 9, 19 και 37%, αντίστοιχα. Ωστόσο, οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 8, 9, 30 και 57%, αντίστοιχα.

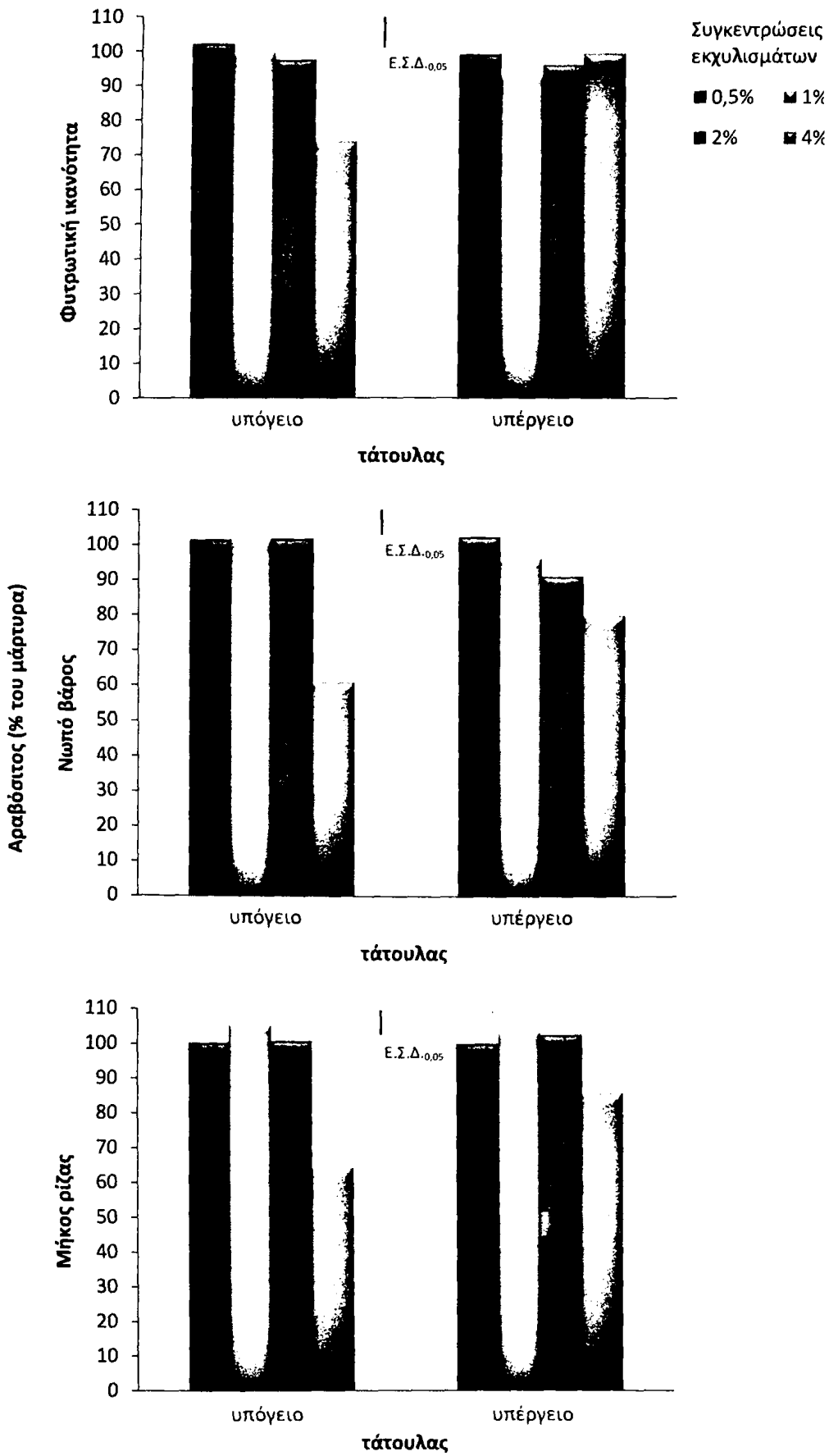
Γενικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του τάτουλα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στο μήκος ρίζας του βαμβακιού από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος, ενώ τα εκχυλίσματα του τάτουλα επηρέασαν περισσότερο το μήκος ρίζας και λιγότερο τη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού. Η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4%, στις περισσότερες περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας του βαμβακιού. Επιπλέον, η συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας του βαμβακιού. Σε παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με τη φυτοτοξικότητα του τάτουλα κατέληξαν οι Shen κ.ά. (2005) οι οποίοι αναφέρουν ότι ο τάτουλας προκάλεσε σημαντική αναστολή στο σιτάρι, στο

αγγούρι και στο ραπάνι. Επιπλέον, φυτοτοξική δράση του τάτουλα έχει αναφερθεί στη ριζική ανάπτυξη του ηλιανθου (Levitt κ.ά. 1984) και στο κριθάρι (An κ.ά. 2003).



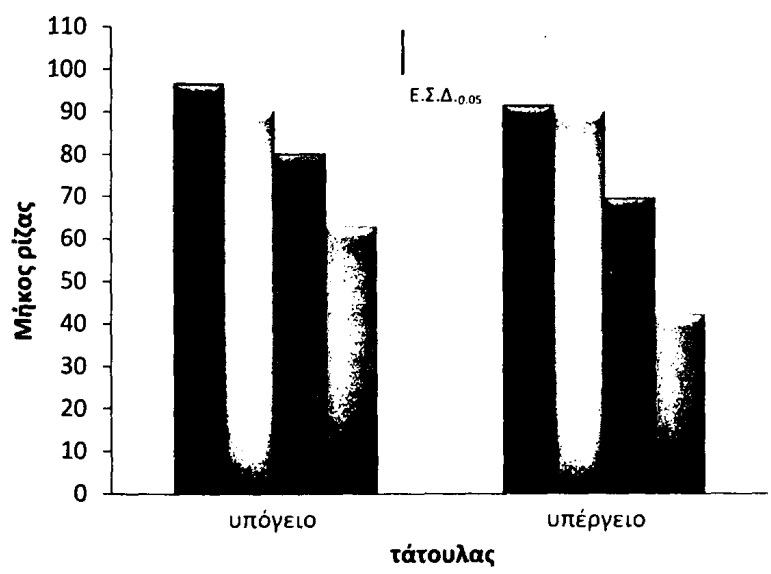
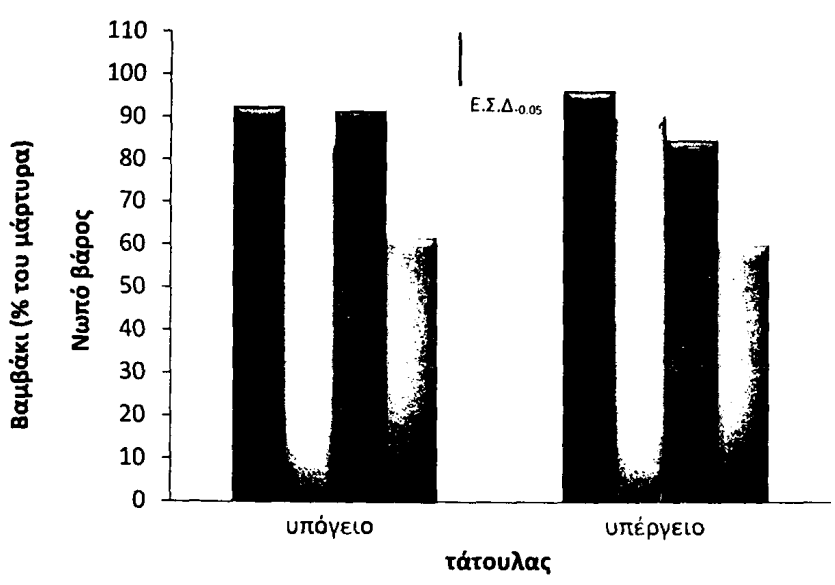
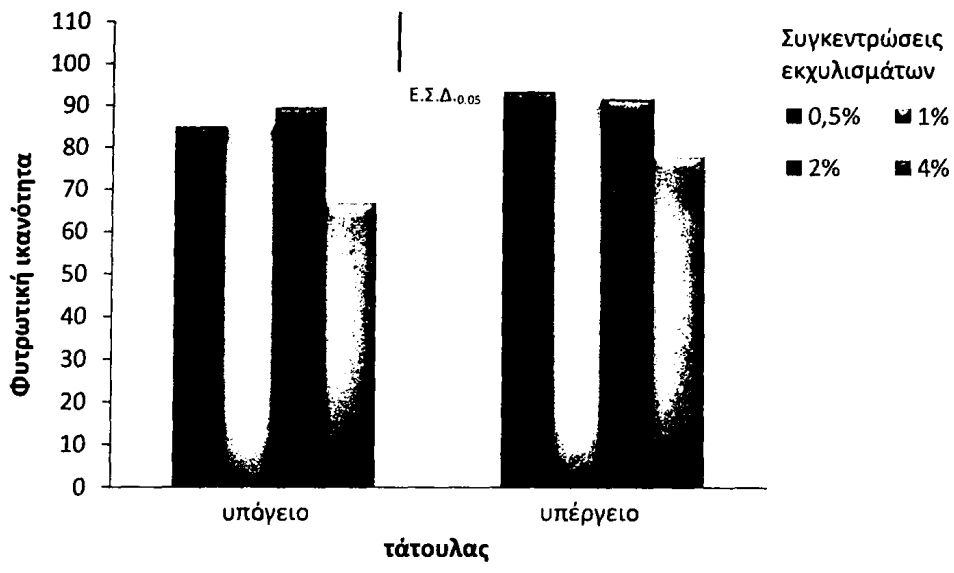
αγγούρι και στο ραπάνι. Επιπλέον, φυτοτοξική δράση του τάτουλα έχει αναφερθεί στη ριζική ανάπτυξη του ηλίανθου (Levitt κ.ά. 1984) και στο κριθάρι (An κ.ά. 2003).





Σχήμα 11. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήμα τάτουλα στη φυτρωτική, στο νωπό βάρος ικανότητα και στο μήκος ρίζας του αραβόσιτου. Οι τιμές είναι μέσες τιμές των δύο βιοδοκιμών.





Σχήμα 12. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζι τάτουλα στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας του βαμβακιού. Οι τιμές είναι οι όροι των δύο βιοδοκιμών.



13.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΖΙΖΑΝΙΟ ΜΟΥΧΡΙΤΣΑ

13.3.1 Υλικά και μέθοδοι

Σε πειράματα ελεγχόμενων συνθηκών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό και η φυτοτοξική δράση του τάτουλα (*Datura stramonium*) στο ζιζάνιο μουχρίτσα. Η συλλογή και η διαδικασία των εκχυλισμάτων περιγράφεται στην παράγραφο 13.2.1.

Οι βιοδοκιμές έγιναν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 8,5 cm στα οποία τοποθετήθηκαν αντίστοιχα 30 σπόροι της μουχρίτσας (δείκτης). Ακολούθως, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 g περλίτη και σε κάθε τρυβλίο προστέθηκαν 15 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας). Τα τρυβλία καλύφθηκαν με πλαστικά καπάκια, τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους, καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών σε συνθήκες σκότους και σε θερμοκρασία 27 ± 2 °C. Μετά από δέκα ημέρες αξιολογήθηκε η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών που βλάστησαν. Ο υπολογισμός, η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, διεξήχθη με τη μεθοδολογία που περιγράφεται επίσης στην παράγραφο 13.2.1.

13.3.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

13.3.2.1 Επιδράσεις στη μουχρίτσα

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της μουχρίτσας επηρεάστηκαν σημαντικά από τα εκχυλίσματα των τμημάτων του τάτουλα (υπέργειο, υπόγειο) ($P < 0,001$), τη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων ($P < 0,001$) και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$).

Ειδικότερα, η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων της μουχρίτσας μειώθηκε κατά 17, 11 και 30% από τις συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος του τάτουλα, αντίστοιχα. Επίσης, η συγκέντρωση 0,5% των εκχυλισμάτων του υπέργειου τμήματος μείωσε τη φυτρωτική ικανότητα της μουχρίτσας κατά 21% (Σχήμα 13). Αντίθετα, οι άλλες συγκεντρώσεις (4% του υπόγειου τμήματος και 1, 2 και 4% του υπέργειου τμήματος) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 100%.

Η ανάπτυξη (συνολικό νωπό βάρος) της μουχρίτσας, επίσης, επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του τάτουλα σε όλες τις

συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν. Οι συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος μείωσαν το συνολικό νωπό βάρος της μουχρίτσας από 48 έως 57% (Σχήμα 13). Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις (4% του υπόγειου τμήματος και 1, 2 και 4% του υπέργειου τμήματος) μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό κατά 100%.

Τα δεδομένα του μήκους ρίζας έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις 0,5, 1 και 2% των εκχυλισμάτων του υπόγειου τμήματος του τάτουλα μείωσαν το χαρακτηριστικό αυτό της μουχρίτσας κατά 15, 43 και 72%, αντίστοιχα, ενώ η συγκέντρωση 4% προκάλεσε μείωση της τάξης του 100% (Σχήμα 13). Ωστόσο, η συγκέντρωση 0,5% του υπέργειου τμήματος μείωσε το μήκος ρίζας της μουχρίτσας κατά 49%, ενώ οι συγκεντρώσεις 1, 2 και 4% του ίδιου τμήματος κατά 100%.

Γενικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του τάτουλα προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας των σπόρων, του συνολικού νωπού βάρους και του μήκους ρίζας της μουχρίτσας από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος. Επιπλέον, τα εκχυλίσματα και των δύο τμημάτων του τάτουλα μείωσαν περισσότερο το νωπό βάρος και λιγότερο τη φυτρωτική ικανότητα της μουχρίτσας. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με μελέτη των Sondhia και Swan (2002) οι οποίοι αναφέρουν ότι ο τάτουλας περιορίσε σημαντικά τη βλάστηση και την ανάπτυξη της μικρής μουχρίτσας και των Hong κ.ά. (2004) όπου σε πειράματά τους ο τάτουλας προκάλεσε ισχυρή αναστολή (έως 90%) των υπό μελέτη ζιζανίων.

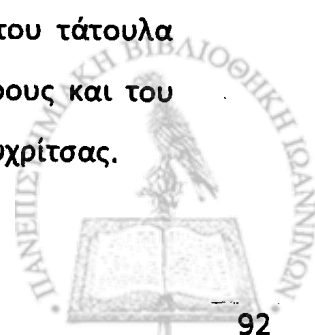
13.3.3 Συμπεράσματα

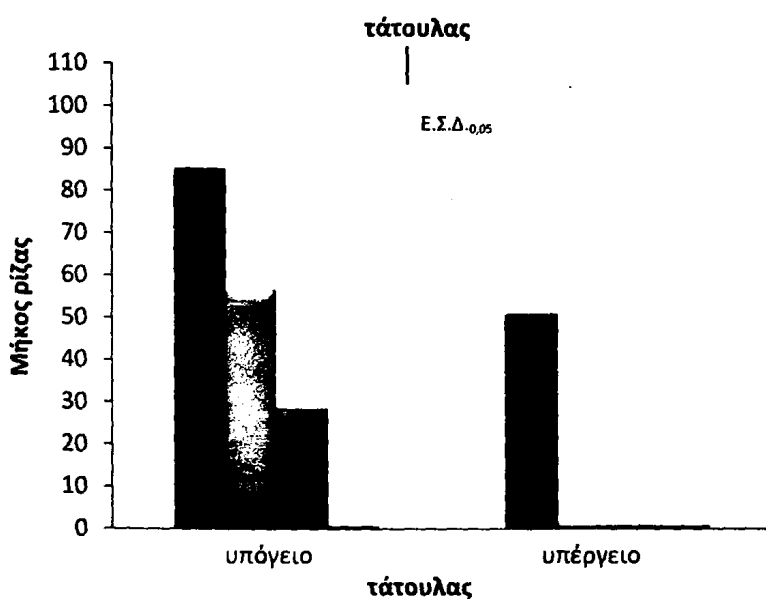
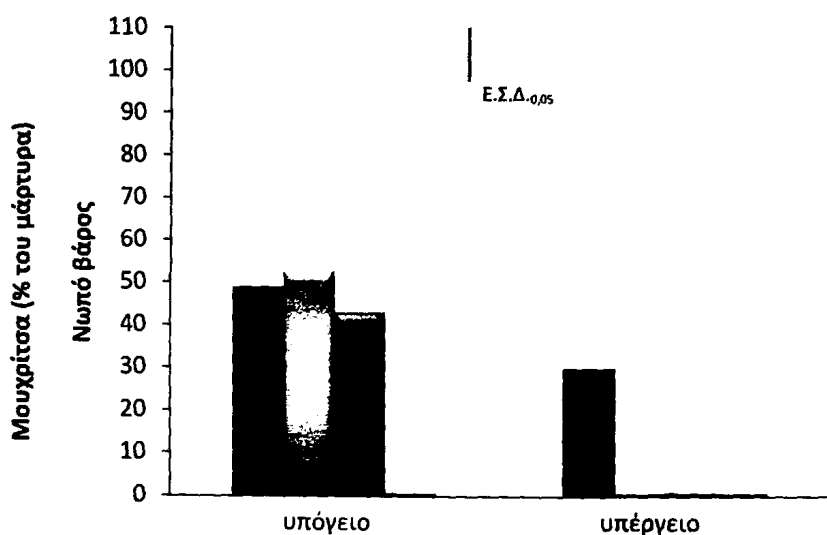
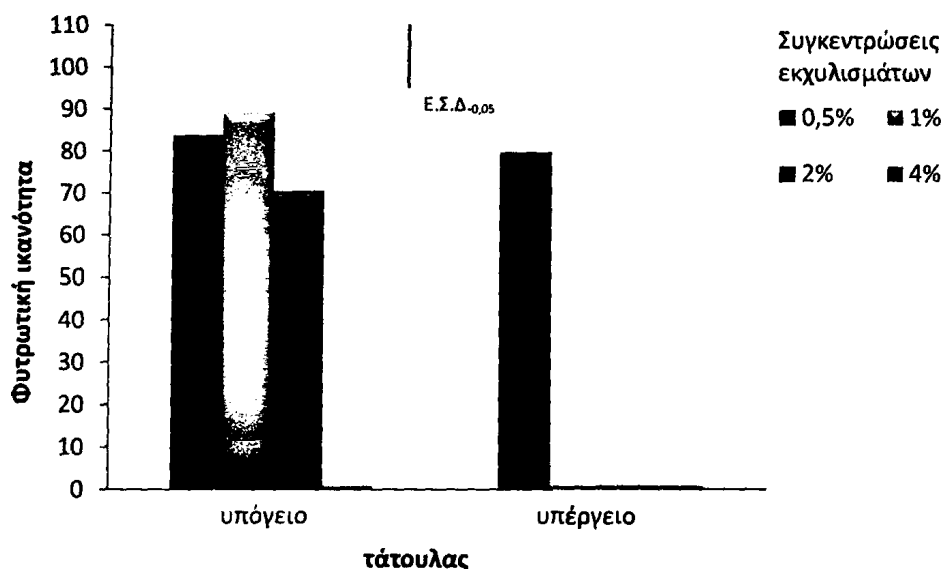
Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του ζιζανίου τάτουλα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στη μουχρίτσα και λιγότερο στον αραβόσιτο.

Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του ζιζανίου τάτουλα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στη μουχρίτσα (φυτρωτική ικανότητα, νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας) από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.

Η αύξηση της συγκέντρωσης από 0,5 σε 4% στις περισσότερες περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας του αραβόσιτου, του βαμβακιού και της μουχρίτσας.

Η υψηλή συγκέντρωση (4%) των εκχυλισμάτων και των δυο τμημάτων του τάτουλα προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας των δυο καλλιεργούμενων φυτών (αραβόσιτος, βαμβάκι) και της μουχρίτσας.





Σχήμα 13. Επίδραση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπόγειου και υπέργειου τμήματος του ζιζανίου τάτουλα στη φυτρωτική ικανότητα, στο νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας της μουχρίτσας. Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των δύο βιοδοκιμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και του υπόγειου τμήματος του κίρσιου δεν επηρέασαν σημαντικά τη φυτρωτική ικανότητα των σπόρων των καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή) και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα).
2. Η ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής μειώθηκε σημαντικά σχεδόν σε όλες τις συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων του κίρσιου, ενώ η ανάπτυξη του σιταριού αυξήθηκε σημαντικά.
3. Η ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) επηρεαστήκαν περισσότερο από τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του κίρσιου από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.
4. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του κίρσιου από 0,5 σε 4% προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα).
5. Τα εκχυλίσματα του κίρσιου, ειδικά του υπέργειου τμήματος, ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στην ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) και τη φυτρωτική ικανότητα της ήρας και λιγότερο της αγριοβρώμης.
6. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου επηρέασαν περισσότερο την ανάπτυξη (νωπό βάρος και στο μήκος ρίζας) των καλλιεργούμενων φυτών (σιτάρι, φακή) και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) και λιγότερο τη φυτρωτική ικανότητά τους.
7. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του αγριοράδικου προκάλεσαν μεγαλύτερη αναστολή της ανάπτυξης (συνολικό νωπό βάρος, μήκος ρίζας) της ήρας από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.
8. Η ανάπτυξη (νωπό βάρος και μήκος ρίζας) της φακής και των ζιζανίων (αγριοβρώμη, ήρα) μειώθηκαν σημαντικά από την επίδραση των εκχυλισμάτων του αγριοράδικου, ενώ αντίθετα η ανάπτυξη του σιταριού αυξήθηκε σημαντικά.
9. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου και υπόγειου τμήματος του τάτουλα ήταν περισσότερο φυτοτοξικά στο ζιζάνιο μουχρίτσα και λιγότερο στον αραβόσιτο.
10. Τα εκχυλίσματα του υπέργειου τμήματος του τάτουλα επηρέασαν περισσότερο τα χαρακτηριστικά της μουχρίτσας (φυτρωτική ικανότητα, νωπό βάρος και μήκος ρίζας) από ότι τα εκχυλίσματα του υπόγειου τμήματος.

11. Η αύξηση της συγκέντρωσης των εκχυλισμάτων του τάτουλα από 0,5 σε 4% στις περισσότερες περιπτώσεις προκάλεσε μεγαλύτερη αναστολή της φυτρωτικής ικανότητας, του νωπού βάρους και του μήκους ρίζας και των τριών φυτών που μελετήθηκαν.

12. Τα εκχυλίσματα και των τριών ζιζανίων (κίρσιο, αγριοράδικο, τάτουλας) επηρέασαν περισσότερο τα φυτά με μικρούς σπόρους (ζιζάνια) και λιγότερο τα φυτά με μεγάλους σπόρους (καλλιεργούμενα φυτά).

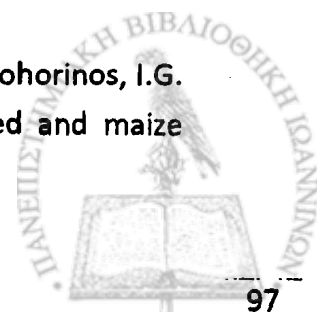
13. Τα εκχυλίσματα και των τριών ζιζανίων επηρέασαν περισσότερο την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών και των ζιζανίων και λιγότερο τη φυτρωτική τους ικανότητα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

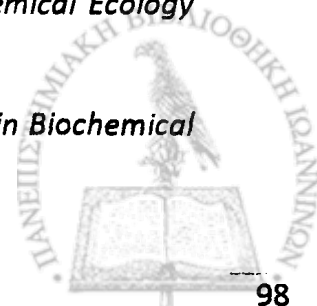
1. Abenavoli, M.R., De Santis, C., Sidari, M., Sorgonà, A., Badiani, M. and Cacco, G. (2001). Influence of coumarin on the net nitrate uptake in durum wheat. *New Phytologist* 150:619-627.
2. Akashi, T., Furuno, T., Takeyoshi, T. and Ayabe, S.-I. (1994). Biosynthesis of Triterpenoids in Cultured Cells, and Regenerated and Wild Plant Organs of *Taraxacum officinale*. *Phytochemistry* 36:303-308.
3. Akhtar, N., Javaid, A. and Bajwa, R. (2001). Herbicidal Activity of Aqueous Extracts of *Cirsium Arvense* and *Ageratum conyzoides* Against Weeds of Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4:1364-1367.
4. Aliotta, G., Malik, A.U. and Pollio A. (2008). Historical Examples of Allelopathy and Ethnobotany from Mediterranean Region. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York, USA, 11-24.
5. Alsaadawi, I.S., Al-Uqaili, J.K., Alrubeaa, A.J. and Al-Hadithy, S.M. (1986). Allelopathic suppression of weed and nitrification by selected cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Chemical Ecology* 12:209-219.
6. An, M., Liu, D.L., Johnson, I.R. and Lovett, J.V. (2003). Mathematical Modelling of Allelopathy: II. The Dynamics of Allelochemicals from Living Plants in the Environment. *Ecological Modelling* 161:53-66.
7. Arroo, R., Woolley, J. and Oksman-Caldentey, K.-M. (2007). Henbane, Belladonna, Datura and Duboisia. *Biotechnology in Agriculture and Forestry* 61:189-204.
8. Bais, H.P., Walker, T.S., Stermitz, F.R., Hufbauer, R.A. and Vivanco, J.M. (2002). Enantiomeric-Dependent Phytotoxic and Antimicrobial Activity of (±)-Catechin. A Rhizosecreted Racemic Mixture from Spotted Knapweed. *Plant Physiology* 128:1173-1179.
9. Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M. and Vivanco, J.M. (2003). Allelopathy and Exotic Plant Invasion: From Molecules and Genes to Species Interactions. *Science* 301:1377-1380.
10. Barnes, J.P. and Putnam, A.R. (1987). Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Chemical Ecology* 13:889-906.
11. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K. and Kaur, S. (2001). Crop Allelopathy and Its Role in Ecological Agriculture. In Kohli, R.K., Singh, H.P. and Batish D.R. (eds.) *Allelopathy in agroecosystems*. Food Products Press, NY, USA, 121-161.



12. Baziramakenga, R., Leroux, G.D., Simard, R.R. and Nadeau, P. (1997). Allelopathic effects of phenolic acids on nucleic acid and protein levels in soybean seedlings. *Canadian Journal of Botany* 75:445-450.
13. Bell, D.T. and Muller, C.H. (1973). Dominance of California Annual Grasslands by *Brassica nigra*. *American Midland Naturalist* 90:277-299.
14. Bendall, G.M. (1975). The allelopathic activity of Canada thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop) in Tasmania. *Weed Research* 15:77-81.
15. Bhowmik, P.C. And Inderjit (2003). Challenges and Opportunities in Implementing Allelopathy for Natural Weed Management. *Crop Protection* 22: 661-671.
16. Binder, R.G., Benson, M., Hadwn, F.W. and French, R.C (1992). Aplotaxene Derivatives from *Cirsium arvense*. *Phytochemistry* 31:1033-1034.
17. Blum, U. (1996). Allelopathic Interactions Involving Phenolic Acids. *Journal of Nematology* 28(3):259-267.
18. Blum, U., Gerig, T.M., Worsham, A.D., Holappa, L.D. and King, L.D. (1992). Allelopathic activity in wheat-conventional and wheat-no-till soils: development of soil extract bioassays. *Journal of Chemical Ecology* 18(12):2191-2221.
19. Chou, C.H. (2006). Introduction to allelopathy. In Reigosa, M. J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 1-10.
20. Chou, C.H. and Patrick, Z.A. (1976). Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. *Journal of Chemical Ecology* 2(3):369-387.
21. Crutchfield, D.A., Wicks, G.A. and Burnside, O.C. (1985). Effect of Winter Wheat (*Triticum aestivum*) Straw Mulch Level on Weed Control. *Weed Science* 34:110-114.
22. Dalton, B.R. (1989). Physicochemical and biological processes affecting the recovery of exogenously applied ferulic acid from tropical forest soils. *Plant and Soil* 115:13-22.
23. "Dandelion coffee", (2009).
 Στην http://en.wikipedia.org/wiki/Dandelion_coffee.
 Πρόσβαση στις 20/11/2009.
24. Dekker, J.H., Meggitt, W.F. and Putnam, A.R. (1983). Experimental methodologies to evaluate allelopathic plant interactions: The abutilon theophrasti-Glycine max Model. *Journal of Chemical Ecology* 9(8):945-981.
25. Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Gatsis, T.D., Panou-Philotheou, E. and Elftherohorinos, I.G. (2009). Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. *Field Crops Research* 110:235-241.



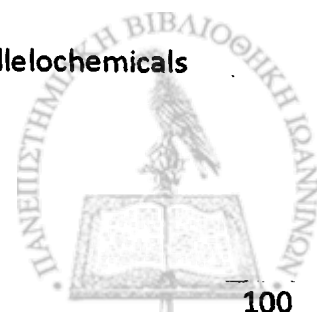
26. Dixon, R.A. (2001). Natural products and plant disease resistance. *Nature* 411:843-847.
27. Dugan, G.M., Gumbmann, M.R. and Friedman, M. (1989). Toxicological Evaluation of Jimson Weed (*Datura stramonium*) Seed. *Food and Chemical Toxicology* 27:501-510.
28. Duke, S.O. and Oliva, A. (2004). Mode of Action of Phytotoxic Terpenoids. In Macias, F.A., Galindo, J.C.G., Molinillo, J.M.G. and Cutler, H.G. (eds.) *Allelopathy: chemistry and mode of action of allelochemicals*. CRC Press, USA, 201-216.
29. Duke, S.O., Baerson S.R., Rimando, A.M., Pan, Z., Dayan, F.E. and Belz, R.G. (2007), Biocontrol of Weeds with Allelopathy: Conventional and Transgenic Approaches. In Vurro, M. and Gressel, J. (eds.) *Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management*, Gualdo Tadino, Italy, 8–19 September 2006. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 75-85.
30. Duke, S.O., Romagni, J.G. and Dayan, F.E. (2000). Natural Products as Sources for New Mechanisms of Herbicidal Action. *Crop Protection* 19: 583-589.
31. Dutta, C.P., Ray, L.P.K. and Roy, D.N. (1972). Taraxasterol and its Derivatives from *Cirsium arvense*. *Phytochemistry* 11:2267-2269.
32. Einhellig, F.A. (1996). Interactions Involving Allelopathy in Cropping Systems. *Agronomy Journal* 88: 886-893.
33. Einhellig, F.A. and Kuan, L. (1971). Effects of Scopoletin and Chlorogenic Acid on Stomatal Aperture in Tobacco and Sunflower. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 98(3):155-162.
34. Einhellig, F.A. and Leather, G.R (1988). Potentials for Exploiting Allelopathy to Enhance Crop Production. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1829-1844.
35. Elakovich, S.D. (1987). Sesquiterpenes as Phytoalexins and Allelopathic Agents. In Fuller, G. and Nes, D.W. (eds.) *Ecology and Metabolism of Plant lipids*. American Chemical Society, Washington, USA, 93-108.
36. Evans, W.C., Grout, R.J. and Mensah M.L.K. (1984). Withanolides of *Datura* Spp. and Hybrids. *Phytochemistry* 23:1717-1720.
37. Facelli, J.M. and Pickett, S.T.A. (1991). Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review* 57(1):1-32.
38. Fay, P.K. and Duke, W.B. (1977). An Assessment of Allelopathic Potential in *Avena* Germ Plasm. *Weed Science* 25(3):224-228.
39. Fischer, N.H., Williamson, G.B., Weidenhamer, J.D. and Richardson, D.R. (1994). In search of Allelopathy in the Florida scrub: The role of terpenoids. *Journal of Chemical Ecology* 20(6):1355-1380.
40. Friedman, J. and Waller, G.R. (1985). Allelopathy and Autotoxicity. *Trends in Biochemical Sciences* 10: 47-50.



41. Fuerst, E.P. and Putnam, A.R. (1983). Separating the Competitive and Allelopathic Components of Interference: Theoretical Principles. *Journal of Chemical Ecology* 9: 937-944.
42. Fujii, Y. (1992). The potential biological control of paddy weeds with allelopathy: allelopathic effect of some rice varieties. In *Proc. Int. Symposium on Biological Control and Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds in Asia*. National Agricultural Research Center, Tsukuba, Japan, 305-320.
43. Gaspar, E.M., das Neves, H.J.C. and Pereira, N.M.A. (1999). Triterpenoids and Other Potentially Active Compounds from Wheat Straw: Isolation, Identification, and Synthesis. In Cutler, H.G. and Cutler, S.J. (eds.) *Biologically active natural products: agrochemicals*. CRC Press, USA, 69-80.
44. Gawronska, H. and Golisz, A. (2006). Allelopathy and biotic stress. In Reigosa, M. J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 211-228.
45. Gershenzon, J. (1994). Metabolic costs of terpenoid accumulation in higher plants. *Journal of Chemical Ecology* 20(6):1281-1328.
46. Gliessman, S.R. (1983). Allelopathic Interactions in Crop-Weed Mixtures: Applications for Weed Management. *Journal of Chemical Ecology* 9: 991-999.
47. Gniazdowska, A. and Bogatek, R. (2005). Allelopathic Interactions between Plants. Multi Site Action of Allelochemicals. *ACTA Physiologiae Plantarum* 27: 395-407.
48. Grieve, M. A. Modern Herbal – Thornapple.
Στην <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/t/thorna12.html>.
Πρόσβαση στις 7/7/2009.
49. Gyenes, V. and Beres, I. (2006). The Allelopathic Potential of Common Dandelion (*Taraxacum officinale* WEB.). *Journal of Plant Diseases and Protection* 20:471-478.
50. Haig, T. (2008). Allelochemicals in Plants. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer Science, New York, USA, 63-104.
51. Haugland, E. and Brandsaeter, L.O. (1996). Experiments in Bioassay Sensitivity in the Study of Allelopathy. *Journal of Chemical Ecology* 22: 1845-1859
52. Hong, N.H., Xuan, T.D., Tsuzuki, E., Terao, H., Matsuo, M. and Khanh T.D. (2004). Weed Control of Four Higher Plant Species in Paddy Rice Fields in Southeast Asia. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190:59-64.



53. Hu, C. and Kitts, D.D. (2005). Dandelion (*Taraxacum officinale*) Flower Extract Suppresses both Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide and Prevents Lipid Oxidation in Vitro. *Phytomedicine* 12:588-597.
54. Hussain, F., Murad, A. and Durrani, M.J (2004). Weed Communities in the Wheat Fields of Mastuj, District Chitral, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 10:101-108.
55. Inderjit (2001). Soil: Environmental effects on allelochemical activity. *Agronomy Journal* 93:79-84.
56. Inderjit and Callaway, R.M. (2003). Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256:1-11.
57. Inderjit and Duke, S.O. (2003). Ecophysiological Aspects of Allelopathy. *Planta* 217: 529-539.
58. Inderjit and Keating, K.I. (1999). Allelopathy: Principles, Procedures, Processes, and Promises for Biological Control. In Sparks, D.L. (ed.). *Advances in Agronomy* 67: 141-231.
59. Jordon-Thaden, I.E. and Louda, S.M. (2003). Chemistry of *Cirsium* and *Carduus*: A Role in Ecological Risk Assessment for Biological Control of Weeds? *Biochemical Systematics and Ecology* 31:1353-1396.
60. Kazinczi G., Beres I., Mikulas J. and Nadasy, E. (2004 α). Allelopathic Effect of *Cirsium arvense* and *Asclepias syriaca*. *Journal of Plant Diseases and Protection (Special Issue)* 19: 301–308.
61. Kazinczi G., Beres I., Horvath J. and Takacs A.P. (2004 β). Sunflower (*Helianthus annuus*) as recipient species in allelopathic research. *Herbologia* 5(2):1-9.
62. Khalid, S., Ahmad, T. and Shad, R.A. (2002). Use of Allelopathy in Agriculture. *Asian Journal of Plant Sciences* 1:292-297.
63. Khanh, T.D., Chung, M.I., Xuan, T.D. and Tawata, S. (2005). The Exploitation of Crop Allelopathy in Sustainable Agricultural Production. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191(3):172-184.
64. Kohli, R.K., Batish, D.R. and Singh, H.P. (2006). Allelopathic Interactions in Agroecosystems. In Reigosa, M.J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 465-494.
65. Leather, G.R. (1983). Weed Control Using Allelopathic Crop Plants. *Journal of Chemical Ecology* 9: 983-989.
66. Leather, G.R. and Einhellig, F.A. (1988). Bioassay of Naturally Occurring Allelochemicals for Phytotoxicity. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1821-1828. ✓



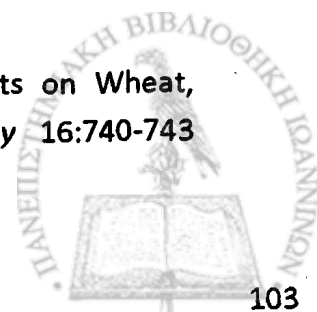
67. Levitt J. and Lovett J.V. (1984). Activity of Allelochemicals of *Datura stramonium* L. (Thorn-Apple) in Contrasting Soil Types. *Plant and Soil* 79:181-189.
68. Levitt, J., Lovett, J.V. and Garlick, P.R. (1984). *Datura stramonium* Allelochemicals: Longevity in Soil, and Ultrastructural Effects on Root Tip Cells of *Helianthus annuus* L. *New Phytologist* 97:213-218.
69. Lin, J., Smith Jr., R.J. and Dilday, R.H. (1992). Allelopathic activity of rice germplasm on weeds. *Proc. Southern Weed Science Society* 45:99.
70. Liu, Y.H., Zeng, R.S., An, M., Mallik, A.U. and Luo, S.M. (2008). Autotoxicity in Agriculture and Forestry. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo, S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer Science, New York, USA, 283-302.
71. Lotina-Hennsen, B., King-Diaz, B., Aguilar, M.I. and Hernandez Terrones, M.G. (2006). Plant Secondary Metabolites. Targets and Mechanisms of Allelopathy. In Reigosa, M. J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 229-266.
72. Lovett, J.V. and Potts, W.C. (1987). Primary Effects of Allelochemicals of *Datura stramonium* L. *Plant and Soil* 98:137-144.
73. Lovett, J.V., Levitt, J., Duffield, A.M. and Smith, N.G. (1981). Allelopathic Potential of *Datura stramonium* L. (Thorn-Apple). *Weed Research* 21:165-170.
74. Lovett, J.V., Ryuntyu, M.Y. and Liu, D.L. (1989). Allelopathy, Chemical Communication, and Plant Defense. *Journal of Chemical Ecology* 15: 1193-1202.
75. Macias, F.A., Molinillo, J.M.G., Galindo, J.C.G., Varela, R.M., Simonet, A.M. and Castellano, D. (2001). The Use of Allelopathic Studies in the Search for Natural Herbicides. *Journal of Crop Production* 4(2):237-255.
76. Mallik, A.U. (2000). Challenges and Opportunities in Allelopathy - Research: A Brief Overview. *Journal of Chemical Ecology* 26: 2007-2009.
77. Mallik, A.U. (2008α). Allelopathy: Advances, Challenges and Opportunities. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo, S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer Science, New York, USA, 25-38.
78. Mallik, A.U. (2008β). Introduction: Allelopathy Research and Application in Sustainable Agriculture and Forestry. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo, S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer Science, New York, USA, 1-9.
79. Mamolos, A. P. and Kalburtji K. L. (2001). Significance of Crop Rotation. *Journal of crop production* 4: 197-218.



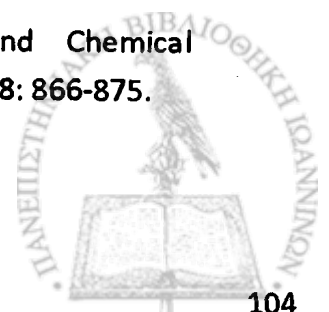
80. McCalla, T.M. (1971). Studies on phytotoxic substances from soil microorganisms and crop residues at Lincoln, Nebraska. In National Research Council, *Biochemical Interactions Among Plants*. National Academy of Sciences, Washington D.C., USA, 39-43.
81. Miller, D.A. (1996). Allelopathy in Forage Crop Systems. *Agronomy Journal* 88: 854-859.
82. Mirzamatov, R. T. and Lutfullin, K. L. (1986). Dynamics of the Accumulation of Alkaloids in *Datura stramonium*. *Chemistry of Natural Compounds* 22:359.
83. Muller, C.H. (1969). Allelopathy as a factor in ecological process. *Plant Ecology* 18:348-357.
84. Narwal, S.S. (2006). Allelopathy in Ecological Sustainable Agriculture. In Reigosa, M.J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 537-564.
85. Nazaruk, J. (2008). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content in *Cirsium* Five Species from North–East Region of Poland. *Fitoterapia* 79:194-196.
86. Nilsson, S.I., Miller, H.G. and Miller, J.D. (1982). Forest Growth as a Possible Cause of Soil and Water Acidification: An Examination of the Concepts. *Oikos* 39:40-49.
87. Novak, J.M., Jayachandran, K., Moorman, T.B. and Weber, J.B. (1995). Sorption and binding of organic compounds in soils and their relation to bioavailability. In: Skipper, H.D. and Turco, R.F. (eds.) *Bioremediation: Science and Application*. SSSA Special Publication 43, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, 13-31.
88. Olofsdotter, M., and Navarez, D. (1996). Allelopathic rice for *Echinochloa crus-galli* control. p. 1175-1181. In H. Brown et al. (ed.) Proc. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark.
89. Oudhia, P. and Tripathi, R.S. (2000). Germination of Mustard as Affected by Allelopathy of *Datura stramonium* L. *Agricultural Science Digest* 20:257-258.
90. Pavlov, A., Beskov, S., Weber, J. and Bley, T. (2009). Hyoscyamine Biosynthesis in *Datura stramonium* Hairy Root in vitro Systems with Different Ploidy Levels. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 157:210-225.
91. Perez, F.J. (1990). Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena sativa* and *A. Fatua*. *Phytochemistry* 29(3):773-776.
92. "PlantPro", ιστοσελίδα πιλοτικού προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω του προγράμματος Leonardo da Vinci.
Στην <http://www.plantprotection.hu/modulok/gorog/>
Πρόσβαση στις 7/7/2009.
93. Putnam, A.R. (1988). Allelochemicals from Plants as Herbicides. *Weed Technology* 2(4):510-518.



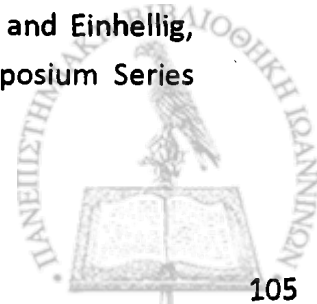
94. Putnam, A.R. (1994). Phytotoxicity of Plant Residues. In Unger, P.W. (ed.) *Managing agricultural residues*. CRC Press, USA, 285-314.
95. Putnam, A.R. and Defrank, J. (1983). Use of Phytotoxic Plant Residues for Selective Weed Control. *Crop Protection* 2: 173-181.
96. Putnam, A.R., Defrank, J. and Barnes, J.P. (1983). Exploitation of Allelopathy for Weed Control in Annual and Perennial Cropping Systems. *Journal of Chemical Ecology* 9: 1001-1010.
97. Rendyuk, T.D., Shreter, A.I., Shelyuto, V.L. and Glyzin, V.I. (1977). A Flavonoid Glycoside from *Cirsium arvense*. *Chemistry of Natural Compounds* 13:244.
98. Rice, E.L. (1984). *Allelopathy* (Second Edition). Academic Press, London, UK.
99. Rizvi, S.J.H. and Rizvi, V. (1992). *Allelopathy: basic and applied aspects*. Chapman & Hall, London, UK.
100. Robins, R.J., Parr, A.J. and Walton, N.J. (1991). Studies on the Biosynthesis of Tropane Alkaloids in *Datura stramonium* L. Transformed Root Cultures. *Planta* 183:196-201.
101. Rodriguez-Fragoso, L., Reyes-Esparza, J., Burchiel, S.W., Herrera-Ruiz, D. and Torres, E. (2008). Risks and Benefits of Commonly Used Herbal Medicines in Mexico. *Toxicology and Applied Pharmacology* 227:125-135.
102. Schutz, K., Kammerer, D.R., Carle, R. and Schieber, A. (2005). Characterization of Phenolic Acids and Flavonoids in Dandelion (*Taraxacum officinale* WEB. ex WIGG.) Root and Herb by High-Performance Liquid Chromatography/Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19:179-186.
103. Seigler, D.S. (1996). Chemistry and Mechanisms of Allelopathic Interactions. *Agronomy Journal* 88: 876-885.
104. Seigler, D.S. (1998). *Plant secondary metabolism*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
105. Seigler, D.S. (2006). Basic Pathways for the Origin of Allelopathic Compounds. In Reigosa, M. J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 11-62.
106. Sharova, E.G., Arinova, C.Yu. and Abdilalimov, O.A. (1977). Alkaloids of *Hyoscyamus niger* and *Datura stramonium*. *Chemistry of Natural Compounds* 13:117-118.
107. Shelyuto, V.L., Glyzin, V.I. and Ban'kovskii A.I. (1970). Flavonoids of *Cirsium arvense*. *Chemistry of Natural Compounds* 6: 366.
108. Shen, H., Guo, H. and Huang G. (2005). Allelopathy of Different Plants on Wheat, Cucumber and Radish Seedlings. *Chinese Journal of Applied ecology* 16:740-743 (Abstract).



109. Singh, H.P., Batish, D.R. and Kohli, R.K. (2001). Allelopathy in Agroecosystems: An Overview. In Kohli, R.K., Singh, H.P. and Batish D.R. (eds.) *Allelopathy in agroecosystems*. Food Products Press, NY, USA, 1-42.
110. Sinkkonen, A. (2006). Ecological relationships and allelopathy. In Reigosa, M.J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 375-394.
111. Sondhia, S. and Swain, D. (2002). Allelopathic effects of *Datura stramonium* L. on Rice and *Echinochloa colonum*. *Allelopathy Journal* 10:133-140.
112. Stachon, W.J. and Zimdahl, R.L. (1980). Allelopathic Activity of Canada Thistle (*Cirsium arvense*) in Colorado. *Weed Science* 28:83-86.
113. Takabayashi, T., Dicke, M and Posthumus, M. (1994). Volatile herbivore-induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factors. *Journal of Chemical Ecology* 20(6):1329-1354.
114. Thijs, H., Shann, J.R. and Weidenhamer, J.D. (1994). The Effect of Phytotoxins on Competitive Outcome in a Model System. *Ecology* 75(7):1959-1964.
115. Tominaga T. and Uezu T. (1995) Weed suppression by buckwheat. In Matano, T. and Ujihasa, A. (eds.) *Current Advances in Buckwheat Research. Volume 2. Proceedings of the 6th International Symposium of Buckwheat*. Shinshu University Press, Nagano, Japan, 693-697.
116. Turner, N.C. (1972). Stomatal Behavior of *Avena Sativa* Treated with Two Phytotoxins, Victorin and Fusicoccin. *American Journal of Botany* 59(2):133-136.
117. Vaccarini, C.E., Palacios, S.M., Meragelmanb, K.M. and Sosa, V.E. (1999). Phytogrowth-inhibitory activities of a clerodane from *Viguiera tucumanensis*. *Phytochemistry* 50:227-230.
118. Vasilakoglou, I., Dhima, K. and Eleftherohorinos, I. (2005). Allelopathic Potential of Bermudagrass and Johnsongrass and Their Interference with Cotton and Corn. *Agronomy Journal* 97:303-313.
119. Wallace, J.W. (1974). Tricin-50glucoside and other Flavonoids of *Cirsium arvense*. *Phytochemistry* 13:2320-2321.
120. Wang, H., Cheng, Y., Yuan, X., Fang, X. and Song, S. (2009). Comparative Study on Allelopathy of Different Parts of Plant *Datura Stramonium*. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 13 (Abstract).
121. Weidenhamer, J.D (1996). Distinguishing Recourse Competition and Chemical Interference: Overcoming the Methodological Impasse. *Agronomy Journal* 88: 866-875.



122. Weidenhamer, J.D (2008). Allelopathic Mechanisms and Experimental Methodology. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York, USA, 119-136.
123. Weidenhamer, J.D., Macias, F.A., Fischer, N.H. and Williamson, G.B. (1993). Just how insoluble are monoterpenes? *Journal of Chemical Ecology* 19(8):1799-1807.
124. Weir, T.L. and Vivanco, J.M. (2008). Allelopathy: Full circle from Phytotoxicity to Mechanisms of Resistance. In Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo S.M. (eds.) *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York, USA, 105-118.
125. Weston, L.A. (1996). Utilization of Allelopathy for Weed Management in Agroecosystems. *Agronomy Journal* 88:860-866.
126. Weston, L.A. and Duke, S.O. (2003). Weed and Crop Allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22:367-389.
127. Weston, L.A., Harmon, R. and Mueller, S. (1989). Allelopathic potential of sorghum-sudangrass hybrid (sudex). *Journal of Chemical Ecology* 15(6):1855-1865.
128. Whittaker, R.H. and Feeny, P.P. (1971). Allelochemicals: Chemical Interactions between Species. *Science* 171:757-770.
129. Williams, C.A., Goldstone, F. and Greenham, J. (1996). Flavonoids, Cinnamic Acids and Coumarins from the Different Tissues and Medicinal Preparations of *Taraxacum officinale*. *Phytochemistry* 42:121-127.
130. Williamson, G.B. and Weidenhamer, J.D. (1990). Bacterial Degradation of Juglone: Evidence Against Allelopathy? *Journal of Chemical Ecology* 16(5):1739-1742.
131. Willis, R.J. (2004). *Justus Ludewig von Uslar, and the First Book on Allelopathy*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
132. Willis, R.J. (2007). *The History of Allelopathy*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
133. Wilson Jr., R.G. (1981). Effect of Canada Thistle (*Cirsium arvense*) Residue on Growth of Some Crops, *Weed Science* 29:159-164
134. Wink, M. (1983). Inhibition of seed germination by quinolizidine alkaloids. *Planta* 158:365-368.
135. Wink, M. (1993). Allelochemical properties or the raison d'être of alkaloids. In Cordell, G.A. (ed.) *The Alkaloids, Volume 43*. Academic Press, UK, 1-117.
136. Wink, M. and Latz-Brüning, B. (1995). Allelopathic Properties of Alkaloids and Other Natural Products: Possible Modes of Action. In Inderjit, Dakshini, K.M.M. and Einhellig, F.A. (eds.) *Allelopathy. Organisms, Processes and Applications*. ACS Symposium Series 582, ACS Books, Washington DC, USA, 117-126.



137. Wink, M. and Twardowski, T. (1992). Allelochemical properties of alkaloids. Effects on plants, bacteria and protein biosynthesis. In Rizvi, S.J.H. and Rizvi, V. (eds.) *Allelopathy: basic and applied aspects*. Chapman & Hall, London, UK, 129-150.
138. Wink, M., Latz-Brüning, B. and Schmeller, T. (1999). Biochemical Effects of Allelopathic Alkaloids. In Inderjit, Dakshini, K.M.M. and Foy, C.F. (eds.) *Principles and practices in plant ecology: Allelochemical interactions*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 411-422.
139. Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D., Haig, T. and Verbeek, B. (1998). Differential allelopathic potential among wheat accessions to annual ryegrass. In Michalk, D.L. and Pratley, J.E. (eds.) *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference*. NSW, Wagga-Wagga, 567-571.
140. Xuan, T.D. and Tsuzuki, E. (2002). Varietal Differences in Allelopathic Potential of Alfalfa. *Journal of Agronomy and Crop Science* 188(1):2-7.
141. Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D. and Min, C.I. (2005). Biological Control of Weeds and Plant Pathogens in Paddy Rice by Exploiting Plant Allelopathy: an overview. *Crop Protection* 24: 197-206.
142. Yenish, J.P., Worsham, A.D. and Chilton, W.S. (1995). Disappearance of DIBOA-Glucoside, DIBOA, and BOA from Rye (*Secale cereale* L.) Cover Crop Residue. *Weed Science* 43:18-20.
143. Zabetakis, I., Edwards, R., Hamilton, J.T.G. and O'Hagan, D. (1998). The biosynthetic relationship between littorine and hyoscyamine in transformed roots of *Datura stramonium*. *Plant Cell Reports* 18:341-345.
144. Zhou, Y.H. and Yu, J.Q. (2006). Allelochemicals and Photosynthesis. In Reigosa, M. J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. (eds.) *Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 127-140.
145. Zimdahl, R.L., (1993). *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, San Diego, USA.
146. Βασιλάκογλου, Ι. (2004). Ζιζάνια, Αναγνώριση και Αντιμετώπιση. Σταμούλη, Αθήνα.
147. Βασιλάκογλου, Ι. (2008). Σύγχρονη Ζιζανιολογία. Σταμούλη, Αθήνα.
148. Καλμπουρτζή, Κ.Λ. (1992). Αλληλοπάθεια σε αγροοικοσυστήματα. *Ζιζανιολογία* 2:223-231.
149. Λαγουδάκης, Ν., (2007). *Datura stramonium* L.
Στην http://mde-didaktiki.biol.uoa.gr/mde4/lagoudakis/datura_stramonium_1.htm.
Πρόσβαση στις 1/8/2009.
150. Πατακιούτας Γ. (2007), Διδακτικές σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες», Ιωάννινα.



151. «Πικραλίδα – Ταραξάκο (*Taraxacum officinale*)».
Στην http://www.dolo.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=175&Itemid=51
Πρόσβαση στις 10/11/2009.
152. Τραυλός Η. (2007), Διδακτικές σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος «Αγροχημεία και Βιολογικές Καλλιέργειες», Ιωάννινα.
153. Τσαπικούνης, Φ.Α (2002). *Ζιζάνια, Χρήσιμα Στοιχεία για τη Βιολογία και την Καταπολέμησή τους* (Β' Έκδοση). Σταμούλη, Αθήνα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΑΝΟΒΑ)

Experiment Model Number 20:

Two Factor Randomized Complete Block Design with Split Plot
Combined over Locations

Factorial ANOVA for the factors:

Location (Var 4: Repetition time) with values from 1 to 2

Replication (Var 1: Replications) with values from 1 to 4

Factor A (Var 3: Weed part) with values from 1 to 2

Factor B (Var 2: Concentrations) with values from 1 to 4

Data file: WHEATC

Title: Cirsium allelopathy on wheat

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	8244.640	8244.640	8.5673	0.0264
3	R(L)	6	3720.343	620.057	0.6443	
4	Factor A	1	3.151	3.151	0.0033	
5	LA	1	5424.322	5424.322	5.6366	0.0552
-7	Error	6	5774.034	962.339		
8	Factor B	3	17667.649	5889.216	5.5946	0.0030
9	LB	3	2220.647	740.216	0.7032	
12	AB	3	13655.943	4551.981	4.3242	0.0106
13	LAB	3	8492.538	2830.846	2.6892	0.0608
-15	Error	36	37896.085	1052.669		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	210.250	210.250	0.2269	
3	R(L)	6	13344.889	2224.148	2.4008	0.1553
4	Factor A	1	7669.381	7669.381	8.2784	0.0282
5	LA	1	3074.702	3074.702	3.3189	0.1183
-7	Error	6	5558.571	926.429		
8	Factor B	3	8057.188	2685.729	3.1956	0.0349
9	LB	3	787.848	262.616	0.3125	
12	AB	3	2727.378	909.126	1.0817	0.3691
13	LAB	3	707.056	235.685	0.2804	
-15	Error	36	30255.764	840.438		



Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	259.210	259.210	2.0334	0.2038
3	R(L)	6	568.350	94.725	0.7431	
4	Factor A	1	341.326	341.326	2.6776	0.1529
5	LA	1	341.326	341.326	2.6776	0.1529
-7	Error	6	764.846	127.474		
8	Factor B	3	224.704	74.901	0.3107	
9	LB	3	588.931	196.310	0.8143	
12	AB	3	16.216	5.405	0.0224	
13	LAB	3	831.120	277.040	1.1492	0.3425
-15	Error	36	8678.568	241.071		



Data file:LENTILC
 Title: Cirsium allelopathy on lentil

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	25448.225	25448.225	299.1599	0.0000
3	R(L)	6	3041.964	506.994	5.9600	0.0236
4	Factor A	1	807.981	807.981	9.4983	0.0216
5	LA	1	898.501	898.501	10.5624	0.0175
-7	Error	6	510.394	85.066		
8	Factor B	3	7647.490	2549.163	23.2528	0.0000
9	LB	3	534.268	178.089	1.6245	0.2008
12	AB	3	1340.636	446.879	4.0763	0.0137
13	LAB	3	2141.738	713.913	6.5121	0.0012
-15	Error	36	3946.623	109.628		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	170.629	170.629	4.7688	0.0717
3	R(L)	6	1402.618	233.770	6.5335	0.0190
4	Factor A	1	6.439	6.439	0.1800	
5	LA	1	104.295	104.295	2.9149	0.1386
-7	Error	6	214.682	35.780		
8	Factor B	3	4772.258	1590.753	35.6332	0.0000
9	LB	3	237.568	79.189	1.7739	0.1696
12	AB	3	832.943	277.648	6.2194	0.0016
13	LAB	3	333.202	111.067	2.4879	0.0760
-15	Error	36	1607.127	44.642		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	40.641	40.641	10.9575	0.0162
3	R(L)	6	60.764	10.127	2.7305	0.1235
4	Factor A	1	14.251	14.251	3.8422	0.0977
5	LA	1	1.501	1.501	0.4046	
-7	Error	6	22.254	3.709		
8	Factor B	3	43.132	14.377	1.1474	0.3432
9	LB	3	17.632	5.877	0.4691	
12	AB	3	4.752	1.584	0.1264	
13	LAB	3	17.502	5.834	0.4656	
-15	Error	36	451.073	12.530		



Data file: LENTILC
 Title: Cirsium allelopathy on lentil

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	25448.225	25448.225	299.1599	0.0000
3	R(L)	6	3041.964	506.994	5.9600	0.0236
4	Factor A	1	807.981	807.981	9.4983	0.0216
5	LA	1	898.501	898.501	10.5624	0.0175
-7	Error	6	510.394	85.066		
8	Factor B	3	7647.490	2549.163	23.2528	0.0000
9	LB	3	534.268	178.089	1.6245	0.2008
12	AB	3	1340.636	446.879	4.0763	0.0137
13	LAB	3	2141.738	713.913	6.5121	0.0012
-15	Error	36	3946.623	109.628		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	170.629	170.629	4.7688	0.0717
3	R(L)	6	1402.618	233.770	6.5335	0.0190
4	Factor A	1	6.439	6.439	0.1800	
5	LA	1	104.295	104.295	2.9149	0.1386
-7	Error	6	214.682	35.780		
8	Factor B	3	4772.258	1590.753	35.6332	0.0000
9	LB	3	237.568	79.189	1.7739	0.1696
12	AB	3	832.943	277.648	6.2194	0.0016
13	LAB	3	333.202	111.067	2.4879	0.0760
-15	Error	36	1607.127	44.642		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	40.641	40.641	10.9575	0.0162
3	R(L)	6	60.764	10.127	2.7305	0.1235
4	Factor A	1	14.251	14.251	3.8422	0.0977
5	LA	1	1.501	1.501	0.4046	
-7	Error	6	22.254	3.709		
8	Factor B	3	43.132	14.377	1.1474	0.3432
9	LB	3	17.632	5.877	0.4691	
12	AB	3	4.752	1.584	0.1264	
13	LAB	3	17.502	5.834	0.4656	
-15	Error	36	451.073	12.530		



Data file:WILDOATC

Title: Cirsium allelopathy on wild oat

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	7519.058	7519.058	54.4932	0.0003
3	R(L)	6	459.608	76.601	0.5552	
4	Factor A	1	6518.544	6518.544	47.2421	0.0005
5	LA	1	4367.558	4367.558	31.6532	0.0013
-7	Error	6	827.890	137.982		
8	Factor B	3	6077.034	2025.678	25.6858	0.0000
9	LB	3	1876.972	625.657	7.9334	0.0003
12	AB	3	3699.358	1233.119	15.6361	0.0000
13	LAB	3	1394.230	464.743	5.8930	0.0022
-15	Error	36	2839.094	78.864		

Variable 6: Fresh weight

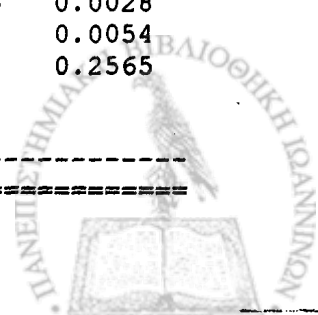
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	246.490	246.490	1.1719	0.3206
3	R(L)	6	1304.279	217.380	1.0335	0.4846
4	Factor A	1	635.040	635.040	3.0192	0.1330
5	LA	1	601.476	601.476	2.8596	0.1418
-7	Error	6	1261.999	210.333		
8	Factor B	3	5062.446	1687.482	7.2567	0.0006
9	LB	3	2115.751	705.250	3.0328	0.0417
12	AB	3	5088.339	1696.113	7.2938	0.0006
13	LAB	3	697.738	232.579	1.0002	0.4039
-15	Error	36	8371.511	232.542		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1401.567	1401.567	6.1096	0.0483
3	R(L)	6	843.466	140.578	0.6128	
4	Factor A	1	831.601	831.601	3.6251	0.1056
5	LA	1	983.606	983.606	4.2877	0.0838
-7	Error	6	1376.421	229.403		
8	Factor B	3	3250.184	1083.395	5.6656	0.0028
9	LB	3	2856.357	952.119	4.9791	0.0054
12	AB	3	807.364	269.121	1.4074	0.2565
13	LAB	3	430.337	143.446	0.7501	
-15	Error	36	6884.070	191.224		



Data file: RYEGRASC

Title: Cirsium allelopathy on ryegrass

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	214.256	214.256	4.0898	0.0896
3	R(L)	6	160.548	26.758	0.5108	
4	Factor A	1	32027.577	32027.577	611.3525	0.0000
5	LA	1	12.691	12.691	0.2423	
-7	Error	6	314.328	52.388		
8	Factor B	3	29465.373	9821.791	300.5953	0.0000
9	LB	3	155.882	51.961	1.5903	0.2087
12	AB	3	22247.559	7415.853	226.9617	0.0000
13	LAB	3	534.234	178.078	5.4501	0.0034
-15	Error	36	1176.281	32.674		

Variable 6: Fresh weight

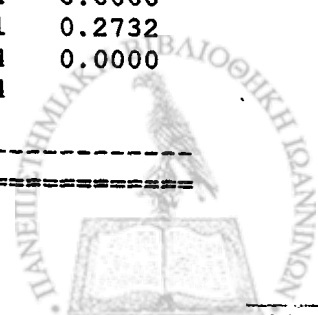
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	647.703	647.703	10.0228	0.0194
3	R(L)	6	1279.809	213.302	3.3007	0.0859
4	Factor A	1	5764.606	5764.606	89.2038	0.0001
5	LA	1	141.610	141.610	2.1913	0.1893
-7	Error	6	387.737	64.623		
8	Factor B	3	16836.257	5612.086	36.1715	0.0000
9	LB	3	888.682	296.227	1.9093	0.1455
12	AB	3	14896.051	4965.350	32.0031	0.0000
13	LAB	3	362.825	120.942	0.7795	
-15	Error	36	5585.483	155.152		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1920.631	1920.631	59.0252	0.0003
3	R(L)	6	1191.486	198.581	6.1028	0.0223
4	Factor A	1	3510.562	3510.562	107.8873	0.0000
5	LA	1	0.250	0.250	0.0077	
-7	Error	6	195.235	32.539		
8	Factor B	3	11752.856	3917.619	38.6734	0.0000
9	LB	3	410.606	136.869	1.3511	0.2732
12	AB	3	12501.341	4167.114	41.1364	0.0000
13	LAB	3	261.779	87.260	0.8614	
-15	Error	36	3646.799	101.300		



Data file:WHEATT

Title: Taraxacum allelopathy on wheat

Variable 5: Root length

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	633.781	633.781	0.7118	
3	R(L)	6	13045.708	2174.285	2.4418	0.1508
4	Factor A	1	6984.781	6984.781	7.8443	0.0311
5	LA	1	12990.300	12990.300	14.5887	0.0088
-7	Error	6	5342.599	890.433		
8	Factor B	3	28090.948	9363.649	15.0966	0.0000
9	LB	3	3873.544	1291.181	2.0817	0.1198
12	AB	3	8003.531	2667.844	4.3012	0.0108
13	LAB	3	24799.949	8266.650	13.3279	0.0000
-15	Error	36	22328.993	620.250		

Variable 6: Fresh weight

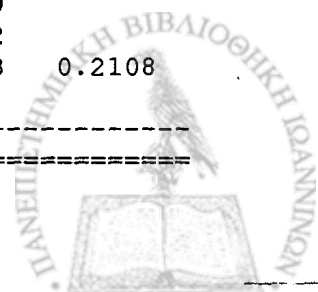
A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	4942.090	4942.090	13.6457	0.0102
3	R(L)	6	10054.584	1675.764	4.6270	0.0422
4	Factor A	1	1247.856	1247.856	3.4455	0.1128
5	LA	1	678.602	678.602	1.8737	0.2201
-7	Error	6	2173.027	362.171		
8	Factor B	3	12677.823	4225.941	9.0964	0.0001
9	LB	3	642.091	214.030	0.4607	
12	AB	3	1005.753	335.251	0.7216	
13	LAB	3	5176.063	1725.354	3.7138	0.0200
-15	Error	36	16724.649	464.574		

Variable 7: Germination

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	38.131	38.131	0.1347	
3	R(L)	6	991.789	165.298	0.5838	
4	Factor A	1	623.751	623.751	2.2030	0.1883
5	LA	1	45.901	45.901	0.1621	
-7	Error	6	1698.799	283.133		
8	Factor B	3	3253.987	1084.662	3.0274	0.0419
9	LB	3	559.932	186.644	0.5209	
12	AB	3	89.427	29.809	0.0832	
13	LAB	3	1699.672	566.557	1.5813	0.2108
-15	Error	36	12898.297	358.286		



Data file: LENTILT
 Title: Taraxacum allelopathy on lentil

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	6121.107	6121.107	54.6597	0.0003
3	R(L)	6	1616.416	269.403	2.4057	0.1548
4	Factor A	1	1086.526	1086.526	9.7024	0.0207
5	LA	1	29100.096	29100.096	259.8552	0.0000
-7	Error	6	671.915	111.986		
8	Factor B	3	10021.381	3340.460	34.6921	0.0000
9	LB	3	2689.439	896.480	9.3103	0.0001
12	AB	3	2007.162	669.054	6.9484	0.0008
13	LAB	3	3376.593	1125.531	11.6891	0.0000
-15	Error	36	3466.397	96.289		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	421.789	421.789	36.2091	0.0009
3	R(L)	6	453.268	75.545	6.4852	0.0193
4	Factor A	1	1113.056	1113.056	95.5519	0.0001
5	LA	1	2293.213	2293.213	196.8641	0.0000
-7	Error	6	69.892	11.649		
8	Factor B	3	2191.705	730.568	14.8788	0.0000
9	LB	3	176.593	58.864	1.1988	0.3241
12	AB	3	438.031	146.010	2.9736	0.0444
13	LAB	3	806.122	268.707	5.4725	0.0033
-15	Error	36	1767.652	49.101		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	40.323	40.323	3.3426	0.1173
3	R(L)	6	110.385	18.398	1.5251	0.3106
4	Factor A	1	1.690	1.690	0.1401	
5	LA	1	14.440	14.440	1.1970	0.3159
-7	Error	6	72.380	12.063		
8	Factor B	3	81.703	27.234	1.6277	0.2000
9	LB	3	30.703	10.234	0.6117	
12	AB	3	29.815	9.938	0.5940	
13	LAB	3	42.565	14.188	0.8480	
-15	Error	36	602.335	16.732		



Data file:WILDOATT

Title: Taraxacum allelopathy on wild oat

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	6362.057	6362.057	33.2261	0.0012
3	R(L)	6	186.505	31.084	0.1623	
4	Factor A	1	53.108	53.108	0.2774	
5	LA	1	5942.483	5942.483	31.0349	0.0014
-7	Error	6	1148.866	191.478		
8	Factor B	3	19551.282	6517.094	89.6969	0.0000
9	LB	3	4646.889	1548.963	21.3189	0.0000
12	AB	3	2717.601	905.867	12.4677	0.0000
13	LAB	3	6514.108	2171.369	29.8853	0.0000
-15	Error	36	2615.647	72.657		

Variable 6: Fresh weight

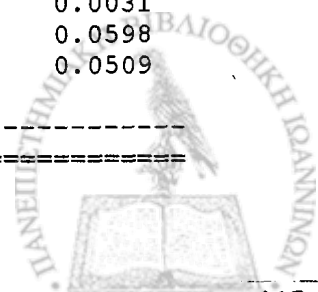
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	293.266	293.266	6.9791	0.0384
3	R(L)	6	624.425	104.071	2.4767	0.1471
4	Factor A	1	779.806	779.806	18.5576	0.0050
5	LA	1	7.023	7.023	0.1671	
-7	Error	6	252.124	42.021		
8	Factor B	3	15016.834	5005.611	17.7696	0.0000
9	LB	3	847.057	282.352	1.0023	0.4030
12	AB	3	1119.502	373.167	1.3247	0.2815
13	LAB	3	657.420	219.140	0.7779	
-15	Error	36	10141.022	281.695		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	76.126	76.126	1.1771	0.3196
3	R(L)	6	837.574	139.596	2.1585	0.1857
4	Factor A	1	5886.726	5886.726	91.0255	0.0001
5	LA	1	136.890	136.890	2.1167	0.1959
-7	Error	6	388.027	64.671		
8	Factor B	3	3752.361	1250.787	7.5795	0.0005
9	LB	3	2750.261	916.754	5.5554	0.0031
12	AB	3	1338.581	446.194	2.7039	0.0598
13	LAB	3	1411.044	470.348	2.8502	0.0509
-15	Error	36	5940.769	165.021		



Data file: RYEGRAST

Title: Taraxacum allelopathy on ryegrass

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	119.083	119.083	1.0647	0.3419
3	R(L)	6	432.356	72.059	0.6443	
4	Factor A	1	9459.994	9459.994	84.5842	0.0001
5	LA	1	7104.382	7104.382	63.5220	0.0002
-7	Error	6	671.047	111.841		
8	Factor B	3	20124.005	6708.002	79.7676	0.0000
9	LB	3	805.863	268.621	3.1943	0.0349
12	AB	3	10651.864	3550.621	42.2219	0.0000
13	LAB	3	3305.811	1101.937	13.1036	0.0000
-15	Error	36	3027.395	84.094		

Variable 6: Fresh weight

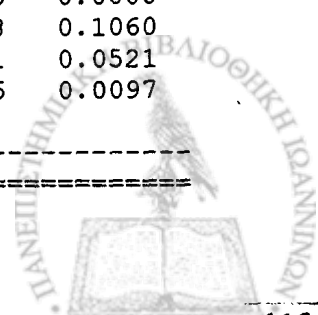
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	73.102	73.102	0.3978	
3	R(L)	6	976.492	162.749	0.8856	
4	Factor A	1	156.876	156.876	0.8536	
5	LA	1	1372.703	1372.703	7.4694	0.0340
-7	Error	6	1102.662	183.777		
8	Factor B	3	8309.856	2769.952	18.4983	0.0000
9	LB	3	1247.506	415.835	2.7770	0.0552
12	AB	3	4507.693	1502.564	10.0345	0.0001
13	LAB	3	2576.359	858.786	5.7352	0.0026
-15	Error	36	5390.661	149.741		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	379.763	379.763	2.4798	0.1664
3	R(L)	6	1102.217	183.703	1.1996	0.4154
4	Factor A	1	121.275	121.275	0.7919	
5	LA	1	52.744	52.744	0.3444	
-7	Error	6	918.837	153.140		
8	Factor B	3	2918.034	972.678	11.0696	0.0000
9	LB	3	577.503	192.501	2.1908	0.1060
12	AB	3	745.783	248.594	2.8291	0.0521
13	LAB	3	1162.939	387.646	4.4116	0.0097
-15	Error	36	3163.308	87.870		



Data file: CORN
 Title: Datura allelopathy on corn

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	524.410	524.410	19.4017	0.0045
3	R(L)	6	71.974	11.996	0.4438	
4	Factor A	1	461.176	461.176	17.0622	0.0061
5	LA	1	817.960	817.960	30.2622	0.0015
-7	Error	6	162.174	27.029		
8	Factor B	3	8703.631	2901.210	89.7389	0.0000
9	LB	3	3788.024	1262.675	39.0564	0.0000
12	AB	3	1401.595	467.198	14.4512	0.0000
13	LAB	3	3289.694	1096.565	33.9184	0.0000
-15	Error	36	1163.861	32.329		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	254.004	254.004	34.3696	0.0011
3	R(L)	6	263.528	43.921	5.9431	0.0238
4	Factor A	1	17.326	17.326	2.3445	0.1766
5	LA	1	369.120	369.120	49.9461	0.0004
-7	Error	6	44.342	7.390		
8	Factor B	3	10054.261	3351.420	98.4857	0.0000
9	LB	3	2641.594	880.531	25.8755	0.0000
12	AB	3	2080.865	693.622	20.3829	0.0000
13	LAB	3	2472.786	824.262	24.2220	0.0000
-15	Error	36	1225.062	34.029		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1674.856	1674.856	46.5467	0.0005
3	R(L)	6	196.174	32.696	0.9087	
4	Factor A	1	155.626	155.626	4.3251	0.0828
5	LA	1	411.076	411.076	11.4244	0.0149
-7	Error	6	215.894	35.982		
8	Factor B	3	1732.272	577.424	9.2539	0.0001
9	LB	3	1653.362	551.121	8.8324	0.0002
12	AB	3	2680.622	893.541	14.3201	0.0000
13	LAB	3	2801.132	933.711	14.9638	0.0000
-15	Error	36	2246.323	62.398		



Data file: COTTON
 Title: Datura allelopathy on cotton

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	828.720	828.720	7.2574	0.0359
3	R(L)	6	880.424	146.737	1.2850	0.3843
4	Factor A	1	1320.414	1320.414	11.5634	0.0145
5	LA	1	2156.442	2156.442	18.8849	0.0048
-7	Error	6	685.134	114.189		
8	Factor B	3	16968.481	5656.160	74.0998	0.0000
9	LB	3	425.402	141.801	1.8577	0.1543
12	AB	3	954.315	318.105	4.1674	0.0124
13	LAB	3	1457.398	485.799	6.3643	0.0014
-15	Error	36	2747.940	76.332		

Variable 6: Fresh weight

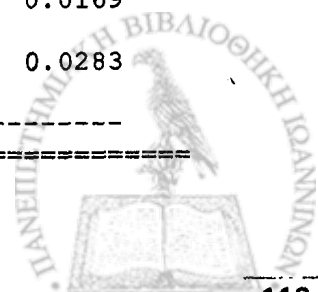
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	761.070	761.070	4.8004	0.0710
3	R(L)	6	284.101	47.350	0.2987	
4	Factor A	1	8.194	8.194	0.0517	
5	LA	1	924.920	924.920	5.8339	0.0522
-7	Error	6	951.262	158.544		
8	Factor B	3	10420.958	3473.653	29.7826	0.0000
9	LB	3	1681.081	560.360	4.8044	0.0065
12	AB	3	405.197	135.066	1.1580	0.3391
13	LAB	3	1413.553	471.184	4.0399	0.0142
-15	Error	36	4198.814	116.634		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1278.062	1278.062	14.2342	0.0093
3	R(L)	6	743.315	123.886	1.3798	0.3529
4	Factor A	1	723.610	723.610	8.0591	0.0296
5	LA	1	1572.122	1572.122	17.5092	0.0058
-7	Error	6	538.730	89.788		
8	Factor B	3	3501.351	1167.117	8.4853	0.0002
9	LB	3	1599.331	533.110	3.8759	0.0169
12	AB	3	188.316	62.772	0.4564	
13	LAB	3	1398.997	466.332	3.3904	0.0283
-15	Error	36	4951.635	137.545		



Data file: BARNY

Title: Datura allelopathy on barnyardgrass

Variable 5: Root length

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1596.003	1596.003	58.1228	0.0003
3	R(L)	6	443.040	73.840	2.6891	0.1270
4	Factor A	1	14304.160	14304.160	520.9247	0.0000
5	LA	1	349.690	349.690	12.7349	0.0118
-7	Error	6	164.755	27.459		
8	Factor B	3	41427.586	13809.195	246.0235	0.0000
9	LB	3	2041.464	680.488	12.1235	0.0000
12	AB	3	6538.254	2179.418	38.8283	0.0000
13	LAB	3	2618.401	872.800	15.5497	0.0000
-15	Error	36	2020.665	56.130		

Variable 6: Fresh weight

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	16890.251	16890.251	428.4062	0.0000
3	R(L)	6	243.475	40.579	1.0293	0.4865
4	Factor A	1	13124.566	13124.566	332.8929	0.0000
5	LA	1	8871.285	8871.285	225.0122	0.0000
-7	Error	6	236.555	39.426		
8	Factor B	3	12789.790	4263.263	43.9556	0.0000
9	LB	3	6366.157	2122.052	21.8790	0.0000
12	AB	3	6716.267	2238.756	23.0823	0.0000
13	LAB	3	4142.740	1380.913	14.2377	0.0000
-15	Error	36	3491.648	96.990		

Variable 7: Germination

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	1094.783	1094.783	6.6791	0.0415
3	R(L)	6	319.725	53.287	0.3251	
4	Factor A	1	26744.514	26744.514	163.1653	0.0000
5	LA	1	203.419	203.419	1.2410	0.3079
-7	Error	6	983.463	163.911		
8	Factor B	3	53523.352	17841.117	115.8061	0.0000
9	LB	3	3775.054	1258.351	8.1679	0.0003
12	AB	3	24726.998	8242.333	53.5007	0.0000
13	LAB	3	447.533	149.178	0.9683	
-15	Error	36	5546.169	154.060		

