

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**Διερεύνηση αλληλοπαθητικής ικανότητας ένδεκα
χειμερινών σιτηρών εναντίον ζιζανίων και
καλλιεργούμενων φυτών**

Πτυχιακή διατριβή
Ζαρχανή Βασιλική

Επιβλέπων καθηγητής
Ιωάννης Βασιλάκογλου
Επίκουρος Καθηγητής Ζιζανιολογίας

Λάρισα 2004

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αλληλοπάθεια είναι το φαινόμενο της παραγωγής και απελευθέρωσης στο περιβάλλον τοξικών χημικών ουσιών από τα φυτά. Οι ουσίες αυτές είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού και αναστέλλουν το φύτερωμα ή περιορίζουν την ανάπτυξη των φυτών που ανήκουν σε διαφορετικά είδη. Με βάση τη βιοσύνθεσή τους, οι ουσίες αυτές ανήκουν στα αλκαλοειδή, τα φαινυλοπροπάνια, τα στεροειδή, τα τερπενοειδή και τις ακετογενίνες (Βασιλάκογλου, 2004· Rosenthal κ.ά., 1985). Ζιζάνια όπως η αγριοβρώμη, η αγριάδα, ο βέλιουρας, η κύπερη, το κίρσιο και η περιπλοκάδα έχει βρεθεί ότι παράγουν τοξικές ουσίες και εκδηλώνουν αλληλοπάθεια. Από τα καλλιεργούμενα φυτά, τα σιτηρά (σίκαλη, σιπαρόβριζα (*tritico-secale*), κριθάρι, βρώμη, ρύζι, καλαμπόκι), τα ψυχανθή (βίκος, μηδική, τριφύλλι), το ζαχαρότευτλο, η σόγια και ο ηλιάνθος παράγουν τέτοιες ουσίες και ασκούν αλληλοπαθητική επίδραση στα ζιζάνια. Η παραγωγή αυτών των ουσιών γίνεται σε όλα τα μέρη του φυτού (ρίζες, βλαστό, φύλλα, άνθη) και η απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον γίνεται με 1. εξάτμιση ή 2. έκπλυση από τα φύλλα και το βλαστό, 3. έκκριση από τις ρίζες και 4. αποσύνθεση των φυτών στο έδαφος (Βασιλάκογλου, 2004).

Η αλληλοπαθητική δράση μεταξύ των ζιζανίων και των καλλιεργούμενων φυτών είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση, την ανάπτυξη των ζιζανίων και συχνά στη σύνθεση των φυσικών οικοσυστημάτων (Dhima κ.ά., 2000).

Έρευνες που έγιναν διεθνώς σχετικά με την αλληλοπαθητική δράση των χειμερινών σιτηρών έδειξαν ότι το κριθάρι, παράλληλα με την ανταγωνιστική του ικανότητα έχει και αλληλοπαθητική δράση σε διάφορα είδη ζιζανίων (Martiy & Redeuiacher, 1960· Overland, 1966· Putyay & Degrouk, 1979, 1983· Sterusiek κ.α, 1982· Lirdi & Worshays, 1983· Suilling, κ.α, 1985· Purtnis, κ.α, 1985· Rosenthal κ.α, 1985). Από τον προσδιορισμό των συστατικών των εκχυλισμάτων των φυτών αυτών βρέθηκε ότι η ανασταλτική τους ιδιότητα οφείλονταν στο αλκαλοειδές *gramine* (Ahmad κ.ά., 1985). Επιπλέον, βρέθηκε ότι η καλλιέργεια του κριθαριού αναστέλλει το φύτερωμα των σπόρων διαφόρων ζιζανίων, την αύξηση και την παραγωγή τους σε σπόρο, όχι μόνο επειδή αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό από το σιτάρι, αλλά επειδή εκκρίνει στο

έδαφος διάφορες ουσίες, προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού (αλληλοπαθητικές ουσίες) (Ben-Hammouda κ.ά., 2001).

Οι Perez και Ormeno-Nunez (1993) βρήκαν ότι τα φυτά της σίκαλης μείωσαν κατά 84% τη βιομάζα της αγριοβρώμης σε σχέση με τα φυτά του σιταριού. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η διαφορά αυτή οφειλόταν στην τοξική δράση των αλληλοπαθητικών ουσιών (μπεζοξαζινόνες) που εκκρίνονταν από τις ρίζες των φυτών της σίκαλης. Ειδικότερα, οι ερευνητές υποστήριξαν ότι με τη χρήση αυτών των φυτών μπορούσε να επιτευχθεί η αντιμετώπιση των ζιζανίων, χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση είναι ο προσδιορισμός των ποικιλιών χειμερινών σιτηρών που να παράγουν αλληλοπαθητικές ουσίες και προκαλούν καθυστέρηση ή αναστολή του φυτρώματος και της ανάπτυξης των ζιζανίων.

Σκοπός πειραματικής εργασίας

Η εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης γεωργικών προϊόντων και της βιολογικής γεωργίας προϋποθέτει τη χρήση φυτικών ουσιών για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν σχετικά με την αλληλοπαθητική δράση των χειμερινών σιτηρών, έδειξαν ότι το κριθάρι και η σίκαλη, παράλληλα με την ανταγωνιστική τους ικανότητα, έχουν και αλληλοπαθητική δράση σε διάφορα είδη ζιζανίων (Martin & Rademacher, 1960· Overland, 1966· Putnan και Defrank, 1979,1983· Steinsien, 1982· Liebl και Worsham, 1983· Shilling, 1985).

Ο σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να διερευνηθεί η φυτοτοξικότητα ένδεκα χειμερινών σιτηρών (2 κριθαριών, 3 πληθυσμών σίκαλης και 6 σιταρόβριζων) στην φυτρωτική ικανότητα και ανάπτυξη των ζιζανίων μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*) και σπονδυλωτή σετάρια (*Setaria verticillata*), καθώς και των καλλιεργούμενων φυτών βαμβακιού (*Gossypium hirsutum*) και καλαμποκιού (*Zea mays*).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Υλικά και μέθοδοι

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα Εργαστήρια Ζιζανιολογίας και Γεωργικής Χημείας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Λάρισας κατά την χρονική περίοδο Απρίλιος 2004 - Αύγουστος 2004. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένα δείγματα υπέργειων τμημάτων 11 χειμερινών σιτηρών, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα χειμερινά σιτηρά πάρθηκαν από το Αγρόκτημα του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στο οποίο και καλλιεργήθηκαν κατά την καλλιεργητική περίοδο 2003-2004 στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος. Η δειγματοληψία έγινε στο στάδιο του φουσκώματος έως την έναρξη εμφάνισης της ταξιανθίας και τα δείγματα αποξηράνθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C, αφού κόπηκαν προηγουμένως σε τμήματα των 10 cm. Στη συνέχεια αλέστηκαν σε μύλο (40 mesh) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά βάζα και θερμοκρασία -15 °C, έως ότου χρησιμοποιηθούν για το πείραμα διερεύνησης της αλληλοπαθητικής ικανότητάς τους.

Η αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής ικανότητας των χειμερινών σιτηρών έγινε με τη βοήθεια βιοδοκιμών στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν εκχυλίσματα των φυτών και αξιολογήθηκε η φυτοτοξική δράση τους εναντίον 2 ζιζανίων (μουχρίτσα και σετάρια) και δύο καλλιεργούμενα φυτά (βαμβάκι και καλαμπόκι). Οι σπόροι των ζιζανίων συλλέχθηκαν από αγρούς της περιοχής Θεσσαλονίκης τον Αύγουστο του 2003 και διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4 °C μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις βιοδοκιμές. Επιπλέον, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν και τα κάτωθι υλικά:

- γυάλινα βάζα των 400 ml
- κωνικές φιάλες των 500 ml
- γυάλινα σιφώνια των 10 και 20 ml
- γυάλινα χωνιά
- πλαστικά μπουκάλια των 200 ml
- τουρλοπάνι
- πλαστικά τριβλία (διαμέτρου 8,5 cm)

- περλίτης (αδρανές υλικό που συγκρατεί την υγρασία)
- διηθητικό χαρτί
- πλαστικοί δίσκοι
- αδιαφανείς πλαστικές σακούλες

Πίνακας 1. Ποικιλίες χειμερινών σιτηρών που αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

α/α	Είδος	Ποικιλία
1	<i>Hordeum vulgare</i>	Αθηναΐδα
2	<i>Hordeum vulgare</i>	Θεσσαλονίκη
3	<i>Secale cereale</i>	Πληθυσμός Κορυτσάς
4	<i>Secale cereale</i>	Πληθυσμός Γερμανικός
5	<i>Secale cereale</i>	Πληθυσμός Φλώρινας
6	Triticosecale	Θίσβη
7	Triticosecale	Νιόβη
8	Triticosecale	Βροντή
9	Triticosecale	Catria
10	Triticosecale	Βρυτώ
11	Triticosecale	Άρτεμις

Διαδικασία εκχύλισης

Για κάθε ένα χειμερινό σιτηρό, τοποθετήθηκαν 4 ή 8 g ξηρού και αλεσμένου φυτικού υλικού σε γυάλινα βάζα των 400 ml. Στη συνέχεια, σε κάθε βάζο προστέθηκαν 200 ml απιονισμένο νερό. Τα βάζα ανακινήθηκαν σε οριζόντια μηχανή ανακίνησης για 4 ώρες στις 200 στροφές/λεπτό. Κατόπιν, το περιεχόμενο κάθε βάζου περάστηκε από τετραπλό στρώμα από τουρλοπάνι προκειμένου να απομακρυνθεί το φυτικό υλικό. Το εκχύλισμα φυγοκεντρήθηκε για μία ώρα στις 3000 στροφές/λεπτό και στη συνέχεια το υπερκείμενο περάστηκε από διηθητικό χαρτί Νο 4. Τέλος, τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια των 200 ml και διατηρήθηκαν στο ψυγείο (4 °C) μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών.

Διαδικασία της βιοδοκιμής

Κατά τη διεξαγωγή των βιοδοκιμών με ζιζάνια, 50 σπόροι μουχρίτσας ή 60 σπόροι σπονδυλωτής σετάριας τοποθετήθηκαν περιμετρικά σε διηθητικό χαρτί που βρίσκονταν σε πλαστικά τριβλία διαμέτρου 8,5 εκατ. Κατόπιν, οι σπόροι καλύφθηκαν με 2 gr περλίτη και στη συνέχεια έγινε προσθήκη 8 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας) σε κάθε τριβλίο.

Στις βιοδοκιμές με τα καλλιεργούμενα φυτά, 10 σπόροι βαμβακιού ή 6 σπόροι καλαμποκιού τοποθετήθηκαν περιμετρικά σε πλαστικά τριβλία διαμέτρου 8,5 εκατ. Κατόπιν, οι σπόροι καλύφθηκαν με 5 gr περλίτη και στη συνέχεια έγινε προσθήκη 15 ml εκχυλίσματος ή απιονισμένου νερού (μάρτυρας) σε κάθε τριβλίο.

Τα τριβλία καλύφθηκαν με τα πλαστικά καπάκια και τοποθετήθηκαν τυχαία σε πλαστικούς δίσκους. Κατόπιν, οι δίσκοι καλύφθηκαν μαύρες πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών (συνθήκες σκότους και θερμοκρασίας 27 ± 3 °C), στον οποίο παρέμειναν για επτά ημέρες. Μετά την πάροδο του χρόνου αυτού, απομακρύνθηκε ο περλίτης από τα φυτά της σετάριας, της μουχρίτσας, του βαμβακιού και του καλαμποκιού και μετρήθηκε ο αριθμός των σπόρων που βλάστησε, το μήκος των ριζών και το συνολικό βάρος των φυτών που βλάστησαν. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών κάθε τριβλίου και οι τιμές αυτές εκφράστηκαν ως % αναστολή του χαρακτηριστικού (φύτρωμα, νωπό βάρος, μήκος ρίζας) που αξιολογήθηκε. Το ποσοστό αυτό υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση 1 (Chung κ.ά., 2001).

$$\text{Αναστολή \%} = \frac{\text{Μέσος όρος μάρτυρα} - \text{Μέσος όρος εκχυλίσματος}}{\text{Μέσος όρος μάρτυρα}} \times 100 \quad [1]$$

Χρησιμοποιήθηκε το παραγοντικό σχέδιο (11 x 2) που περιελάμβανε τα εκχυλίσματα των 11 χειμερινών σιτηρών (Πίνακας 1) σε 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις (2 και 4 gr αλεσμένου ξηρού φυτικού υλικού / 100 ml απιονισμένο νερό). Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο με

3 επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (χειμερινό σιτηρό x συγκέντρωση). Το πείραμα διεξήχθη 2 φορές. Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε για κάθε φυτό δείκτη χωριστά.

Αποτελέσματα

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα εκχυλίσματα των 11 χειμερινών σιτηρών επηρέασαν ελάχιστα το φύτρωμα της μουχρίτσας. Η αύξηση της συγκέντρωσης από σε 2 σε 4 g αλεσμένου ξηρού δείγματος σε 100 ml απιονισμένο νερό προκάλεσε και ελαφρώς μεγαλύτερη μείωση στο φύτρωμα του ζιζανίου (Σχήμα 1). Η μεγαλύτερη μείωση προκλήθηκε από τη μεγάλη συγκέντρωση του κριθαριού Αθηναΐδα (39%).

Αντίθετα με το φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος της μουχρίτσας επηρεάστηκε σημαντικά από τις περισσότερες επεμβάσεις. Τη μεγαλύτερη μείωση του νωπού βάρους προκάλεσε ξανά ή μεγάλη συγκέντρωση του κριθαριού Αθηναΐδα (69%). Εξίσου μεγάλη μείωση του νωπού βάρους προκάλεσαν και οι μεγάλες συγκεντρώσεις του κριθαριού Θεσσαλονίκη (52%), των πληθυσμών σίκαλης Φλώρινας (51%) και Γερμανίας (52%) και των σιταρόβριζων Βρυτώ (45%) και Catria (54%). Αντίθετα, τη μικρότερη μείωση κατά μέσο όρο προκάλεσαν η σίκαλη της Κορυτσάς (12%) και η σιταρόβριζα Θίσβη (8%). Επίσης, το νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της μουχρίτσας μειώθηκε περισσότερο εκεί όπου εφαρμόστηκαν οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων (Σχήμα 1).

Τα δεδομένα του μήκους ρίζας της μουχρίτσας έδειξαν ότι τη μεγαλύτερη μείωση προκάλεσε η μεγάλη συγκέντρωση του κριθαριού Αθηναΐδα (70%) και της σιταρόβριζας Άρτεμις (48%) (Σχήμα 1). Αντίθετα, η μικρότερη μείωση προκλήθηκε από τη σίκαλη Φλώρινας και τη σιταρόβριζα Βρυτώ (15 και 13% κατά μέσο όρο, αντίστοιχα). Οι υπόλοιπες επεμβάσεις προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση στο μήκος ρίζας της μουχρίτσας.

Σε αντίθεση με το φύτρωμα της μουχρίτσας, όλες οι επεμβάσεις και ειδικότερα οι μεγάλες συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων επηρέασαν σημαντικά το φύτρωμα της σπονδυλωτής σετάριας (Σχήμα 2). Τη μεγαλύτερη μείωση και σε αυτή την περίπτωση προκάλεσε η μεγάλη συγκέντρωση του κριθαριού Αθηναΐδα (64%). Τη μικρότερη μείωση προκάλεσαν οι μικρές συγκεντρώσεις και ειδικότερα αυτών των σιταρόβριζων Βροντή, Catria και Βρυτώ (12, 10 και 12%, αντίστοιχα). Οι υπόλοιπες επεμβάσεις προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση στο φύτρωμα της σπονδυλωτής σετάριας.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η μικρή συγκέντρωση όλων των εκχυλισμάτων επηρέασε ελάχιστα το συνολικό νωπό βάρος της σπονδυλωτής σετάριας (Σχήμα 2). Αντίθετα, η μεγάλη συγκέντρωση προκάλεσε μείωση του νωπού βάρους κατά 81% για το κριθάρι Αθηναΐδα και 67% για τη σιταρόβριζα Catria. Τη μικρότερη μείωση, σε ό,τι αφορά τη μεγάλη συγκέντρωση, προκάλεσε η σίκαλη Κορυτσάς (6%), ενώ τα εκχυλίσματα των υπόλοιπων σιτηρών προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση.

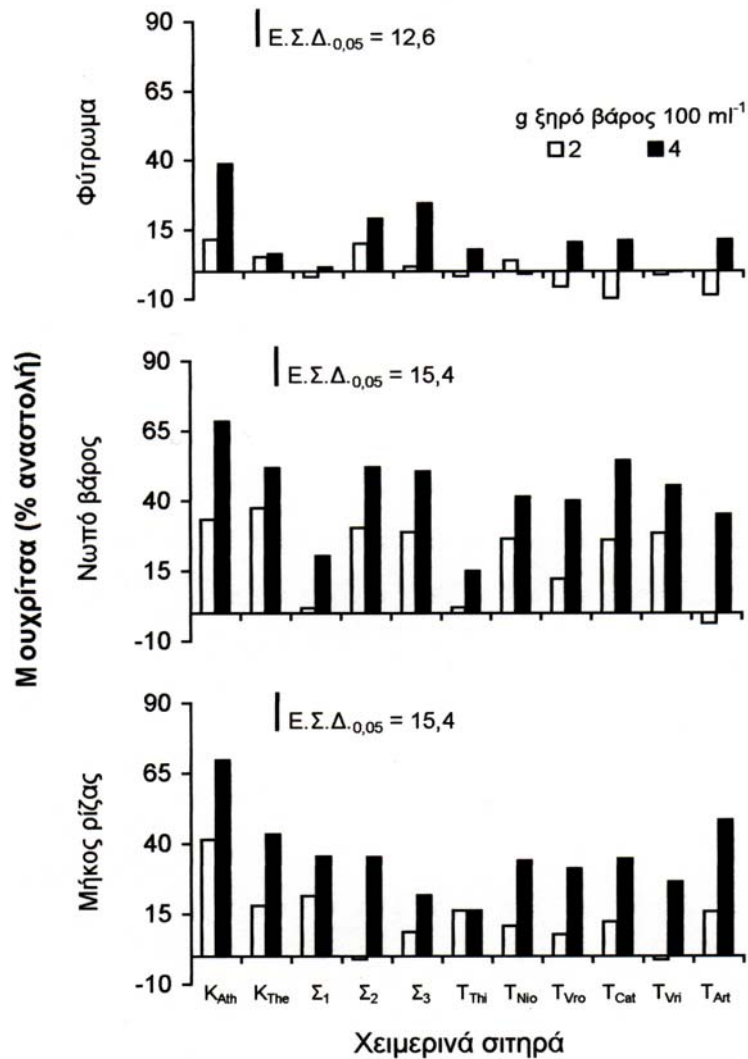
Τα αποτελέσματα της σπονδυλωτής σετάριας έδειξαν ότι σχεδόν όλες οι επεμβάσεις προκάλεσαν σημαντική μείωση στο μήκος της ρίζας (Σχήμα 2). Τα εκχυλίσματα του κριθαριού Αθηναΐδα και της σιταρόβριζας Άρτεμις προκάλεσαν τη μεγαλύτερη μείωση του μήκους ρίζας (70 και 55% κατά μέσο όρο των δύο συγκεντρώσεων, αντίστοιχα). Η μικρότερη μείωση προκάλεσε η μικρή συγκέντρωση των σιταρόβριζων Θίσβη και Νιόβη.

Τα εκχυλίσματα των χειμερινών σιτηρών που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν μέτρια μείωση στη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού (Σχήμα 3). Τη μεγαλύτερη μείωση προκάλεσε η συγκέντρωση των 4 gr/100ml της σιταρόβριζας Νιόβη (55%). Αντίθετα, τη μικρότερη μείωση προκάλεσε η σίκαλη Φλώρινας (3% κατά μέσο όρο των δύο συγκεντρώσεων), ενώ οι υπόλοιπες ποικιλίες προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση.

Παρόμοια με το φύτευμα του βαμβακιού, το συνολικό νωπό βάρος επηρεάστηκε μέτρια από τα εκχυλίσματα των χειμερινών σιτηρών (Σχήμα 3). Η μεγαλύτερη μείωση στο νωπό βάρος προκλήθηκε από τη μεγάλη συγκέντρωση των εκχυλισμάτων. Ειδικότερα, η μεγάλη συγκέντρωση της σιταρόβριζας Νιόβη προκάλεσε 54% μείωση, ενώ η αντίστοιχη μείωση που προκάλεσε η Catria ήταν 48%. Κατά μέσο όρο των δύο συγκεντρώσεων, τη μικρότερη μείωση στο νωπό βάρος προκάλεσε σίκαλη Φλώρινας (13%).

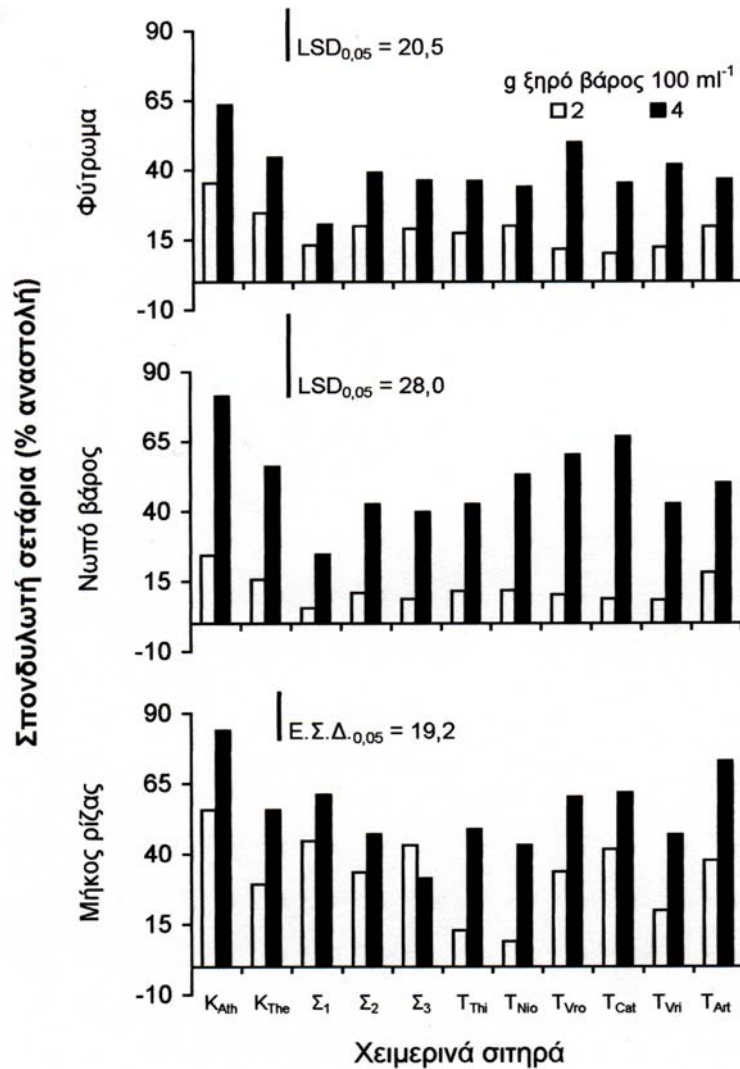
Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το μήκος ρίζας του βαμβακιού επηρεάστηκε ελάχιστα από τα εκχυλίσματα των περισσότερων χειμερινών σιτηρών (Σχήμα 3). Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη μείωση στο μήκος ρίζας προκάλεσε η σιταρόβριζα Νιόβη (43% κατά μέσο όρο των δύο συγκεντρώσεων). Αντίθετα, τη μικρότερη μείωση προκάλεσε η σίκαλη Φλώρινας (0%).

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του βαμβακιού, το φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του καλαμποκιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα εκχυλίσματα των 11 χειμερινών σιτηρών (Σχήμα 4).



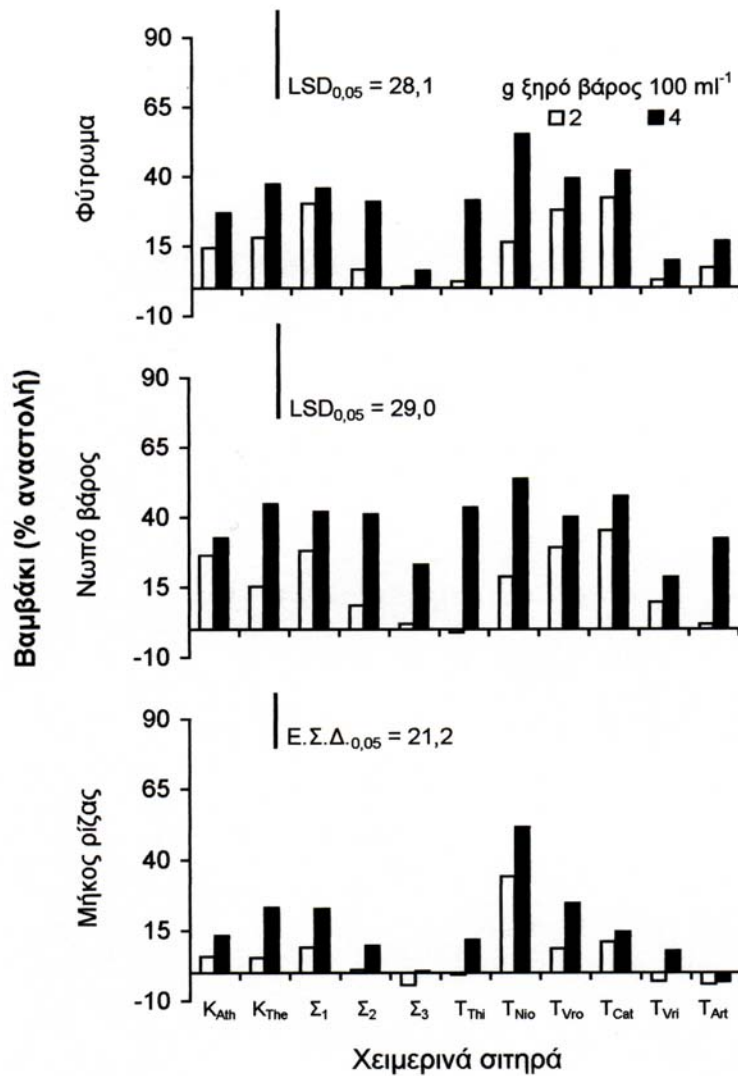
Σχήμα 1. Επίδραση εκχυλισμάτων 11 χειμερινών σιτηρών στο φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*). Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

Κ_{Ath}: κριθάρι Αθηναΐδα, **Κ_{The}**: κριθάρι Θεσσαλονίκη **Σ₁**: σίκαλη Κορυτσάς, **Σ₂**: σίκαλη Γερμανίας, **Σ₃**: σίκαλη Φλώρινας, **Τ_{Thi}**: σιταρόβριζα Θίσβη **Τ_{Nio}**: σιταρόβριζα Νιόβη, **Τ_{Vro}**: σιταρόβριζα Βροντή, **Τ_{Cat}**: σιταρόβριζα Catria, **Τ_{Vri}**: σιταρόβριζα Βρυτώ, **Τ_{Art}**: σιταρόβριζα Άρτεμις.



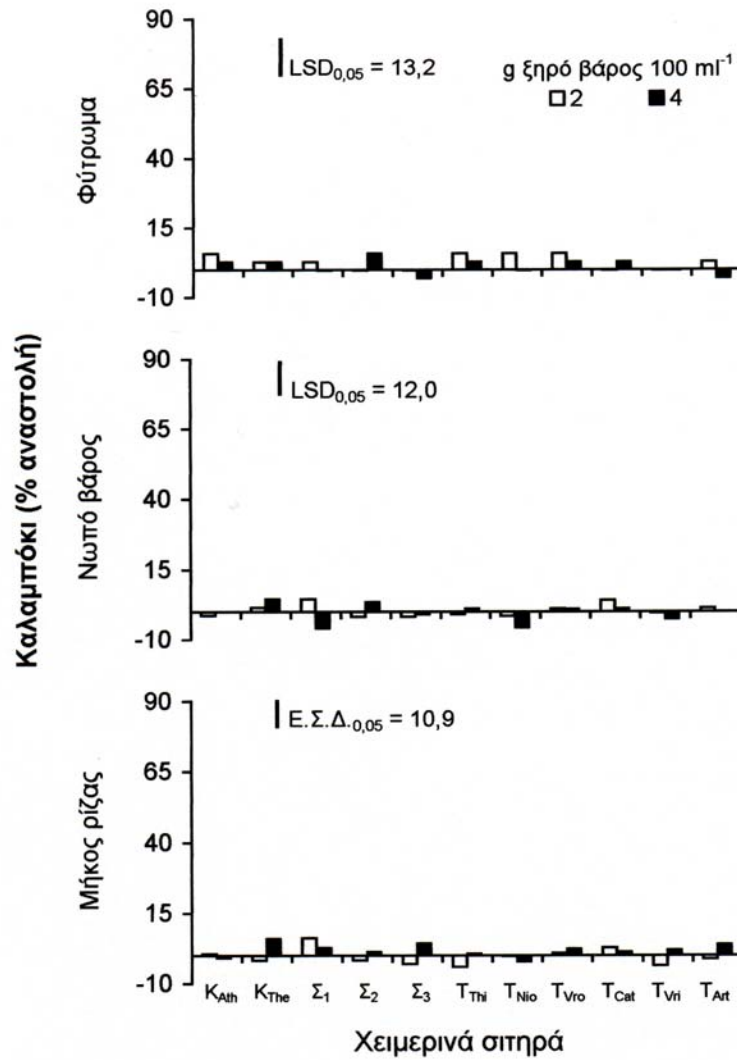
Σχήμα 2. Επίδραση εκχυλισμάτων 11 χειμερινών σιτηρών στο φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας της σπονδυλωτής σετάριας (*Setaria verticillata*). Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

K_{Ath}: κριθάρι Αθηναίδα, **K_{The}**: κριθάρι Θεσσαλονίκη **Σ₁**: σίκαλη Κορυτσάς, **Σ₂**: σίκαλη Γερμανίας, **Σ₃**: σίκαλη Φλώρινας, **T_{Thi}**: σιταρόβριζα Θίσβη **T_{Nio}**: σιταρόβριζα Νιόβη, **T_{Vro}**: σιταρόβριζα Βροντή, **T_{Cat}**: σιταρόβριζα Catria, **T_{Vri}**: σιταρόβριζα Βρυτώ, **T_{Art}**: σιταρόβριζα Άρτεμις.



Σχήμα 3. Επίδραση εκχυλισμάτων 11 χειμερινών σιτηρών στο φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του βαμβακιού (*Gossypium hirsutum*). Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

K_{Ath}: κριθάρι Αθηναΐδα, **K_{The}:** κριθάρι Θεσσαλονίκη **Σ₁:** σίκαλη Κορυτσάς, **Σ₂:** σίκαλη Γερμανίας, **Σ₃:** σίκαλη Φλώρινας, **T_{Thi}:** σιταρόβριζα Θίσβη **T_{Nio}:** σιταρόβριζα Νιόβη, **T_{Vro}:** σιταρόβριζα Βροντή, **T_{Cat}:** σιταρόβριζα Catria, **T_{Vri}:** σιταρόβριζα Βρυτώ, **T_{Art}:** σιταρόβριζα Άρτεμις.



Σχήμα 4. Επίδραση εκχυλισμάτων 11 χειμερινών σιτηρών στο φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας του καλαμποκιού (*Zea mays*). Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. **K_{Ath}**: κριθάρι Αθηναίδα, **K_{The}**: κριθάρι Θεσσαλονίκη **Σ₁**: σίκαλη Κορυτσάς, **Σ₂**: σίκαλη Γερμανίας, **Σ₃**: σίκαλη Φλώρινας, **T_{Thi}**: σιταρόβριζα Θίσβη **T_{Nio}**: σιταρόβριζα Νιόβη, **T_{Vro}**: σιταρόβριζα Βροντή, **T_{Cat}**: σιταρόβριζα Catria, **T_{Vri}**: σιταρόβριζα Βρυτώ, **T_{Art}**: σιταρόβριζα Άρτεμις.

Συζήτηση

Η μείωση που παρατηρήθηκε στο φύτρωμα, το συνολικό νωπό βάρος και το μήκος ρίζας των φυτών δεικτών πιθανώς να οφείλεται στην ύπαρξη τοξικών ουσιών στα εκχυλίσματα των 11 χειμερινών σιτηρών. Παρόμοιες ουσίες που κατατάσσονται στην ομάδα των μπεζοξαζινονών και των αλκαλοειδών έχουν προσδιοριστεί σε διάφορους πληθυσμούς σίκαλης και ποικιλίες κριθαριού, αντίστοιχα (Ahmad κ.ά., 1985· Ben-Hammouda κ.ά., 2001· Burgos κ.ά., 1999).

Οι διαφορές στη δράση μεταξύ των εκχυλισμάτων των 11 σιτηρών πιθανώς να οφείλεται σε διαφορές στη χημική σύσταση και τη συγκέντρωση των αλληλοπαθητικών ουσιών σε αυτά (Chung κ.ά., 2001). Τα εκχυλίσματα της ποικιλίας κριθαριού Αθηναΐδα ήταν τα περισσότερο τοξικά από αυτά που αξιολογήθηκαν. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στη μεγαλύτερη δραστικότητα των αλκαλοειδών έναντι των μπεζοξαζινονών και στη μεγάλη συγκέντρωση αυτών των ουσιών στα εκχυλίσματα της Αθηναΐδας.

Η αύξηση της συγκέντρωσης από 2 σε 4 g αλεσμένου ξηρού φυτικού υλικού ανά 100 ml απιονισμένου νερού προκάλεσε την αύξηση της δραστικότητας όλων σχεδόν των εκχυλισμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Einhellng και Souza (1992) και Nimbai κ.ά. (1996).

Το φύτρωμα και η ανάπτυξη της μουχρίτσας επηρεάστηκαν λιγότερο από ό,τι εκείνα της σπονδυλωτής σετάριας. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη μικρότερη ενδογενή ευαισθησία της μουχρίτσας και στα σκληρότερα και αδιαπέραστα τοιχώματα στους σπόρους της, γεγονός που οδήγησε σε αδυναμία των αλληλοπαθητικών ουσιών να εισέλθουν σε αυτούς τους σπόρους.

Τα καλλιεργούμενα φυτά του βαμβακιού και του καλαμποκιού επηρεάστηκαν ελάχιστα έως μέτρια από την επίδραση των εκχυλισμάτων των χειμερινών σιτηρών. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στο μεγαλύτερο μέγεθος των σπόρων, σε σύγκριση με εκείνο των ζιζανίων, και στα σκληρότερα τοιχώματα των σπόρων αυτών. Ειδικότερα για το καλαμπόκι, η ύπαρξη των μπεζοξαζινονών (DIBOA) σε αυτό πιθανώς να οδήγησε στην αδυναμία των εκχυλισμάτων να μειώσουν το φύτρωμα και την ανάπτυξή του.

Συμπεράσματα

Ουσίες δευτερογενούς μεταβολισμού όπως οι μπεζοξαζινόνες και τα αλκαλοειδή βρίσκονται στους ιστούς των χειμερινών σιτηρών όπως το κριθάρι, η σίκαλη και η σιταρόβριζα. Οι ουσίες αυτές εκδηλώνουν φυτοτοξική δράση εναντίον ζιζανίων όπως η μουχρίτσα και η σπονδυλωτή σετάρια, ενώ επηρεάζουν πολύ λιγότερο τα καλλιεργούμενα φυτά όπως το καλαμπόκι και το βαμβάκι. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει μελλοντικά σε χρησιμοποίηση των ουσιών αυτών ως φυσικά ζιζανιοκτόνα στα πλαίσια εφαρμογής προγραμμάτων ολοκληρωμένης παραγωγής γεωργικών προϊόντων και προϊόντων βιολογικής γεωργίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmad, M.U., L.M. Libbey, J.F. Barbour, and R.A. Scanlan. 1985. Isolation and characterization of products from the nitrosation of the alkaloid gramine. *Food and Chemical Toxicology* 23:841-847.
- Βασιλάκογλου, Ι. 2004. Ζιζανιολογία. Διδακτικές σημειώσεις. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας. Σελ. 301.
- Ben-Hammouda, M., H. Ghorbal, R.J. Kremer, and O. Oueslati. 2001. Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedlings growth of bread and durum wheats. *Agronomie* 21:65-71.
- Burgos, N.R., R.E. Talbert, and J.D. Mattice. 1999. Cultivar and age differences in the production of allelochemicals by *Secale cereale*. *Weed Science* 47:481-485.
- Chung, I.M., J.K. Ahn, and S.J. Yun. 2001. Assessment of allelopathic potential of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection* 20:921-928.
- Dhima, K.V., I.G. Eleftherohorinos and I.B. Vasilakoglou. 2000. Interference between *Avena sterilis*, *Phalaris minor* and five barley cultivars. *Weed Research* 40: 549-559.
- Einhellig, F.A. and I.F. Souza. 1992. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *Journal of Chemical Ecology* 18:1-11.
- Lopez-Castaneda, C., R.A. Richards and G.D. Farquhar. 1995. Variation in early vigor between wheat and barley. *Crop Science* 35: 472-479.
- Nimbal, C.I., J.F. Pedersen, C.N. Yerkes, L.A. Weston, and S.C. Weller. 1996. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:1343-1347.
- Perez, P.J. and J. Ormeno-Nunez. 1993. Weed growth interference from temperate cereals: the effect of a hydroxamic-acid exuding rye (*Secale cereale* L.) cultivar. *Weed Research* 33: 115-119.
- Purvis, C.E., R.S. Jessop and J.V. Lovett. 1985. Selective regulation of germination and growth of annual weeds by crop residues. *Weed Research* 25: 415-421.
- Putnam, A.R. and J. DeFrank. 1979. Use of allelopathic cover crops to inhibit weeds. *Science* 36: 580-582.

- Putnam, A.R. and J. DeFrank. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection* 2: 173-181.
- Rosenthal, S.S., D.M. Maddox and J. Brenetti. 1985. Biological control methods. Pp. 65-94. In *Principles of weed control in California*. Thomson Publications, Fresno.
- Shilling, D.G., R.A. Liberl and A.D. Worsham. 1985. Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaf weeds and the isolation and identification of phytotoxins. Pp. 243-271. In A.C. Thompson (ed). *The Chemistry of Allelopathy*. ACS Symposium Series 268, American Chemical Society, Washington D.C.
- Steinsiek, J.W., L.R. Oliver and F.C. Collins. 1982. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected species. *Weed Science* 30: 495-497.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 2. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων φυτρώματος της μουχρίτσας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	331,7	2,76	0,1005
Επαναλήψεις (Τ)	4	117,6	0,98	
Σιτηρό (Σ)	10	798,3	6,64	0,0000
Τ x Σ	10	465,2	3,87	0,0002
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	4344,3	36,12	0,0000
Τ x ΣΥ	1	984,3	8,18	0,0053
Σ x ΣΥ	10	333,4	2,77	0,0052
Τ x Σ x ΣΥ	10	155,6	1,29	0,2475
Σφάλμα	84	120,3		

Πίνακας 3. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων νωπού βάρους της μουχρίτσας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	4866,7	26,9	0,0000
Επαναλήψεις (Τ)	4	442,0	2,4	0,0528
Σιτηρό (Σ)	10	2446,1	13,5	0,0000
Τ x Σ	10	616,0	3,4	0,0009
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	17280,3	95,6	0,0000
Τ x ΣΥ	1	551,9	3,1	0,0843
Σ x ΣΥ	10	225,8	1,2	0,2729
Τ x Σ x ΣΥ	10	239,2	1,3	0,2319
Σφάλμα	84	180,8		

Πίνακας 4. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων μήκους ρίζας της μουχρίτσας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	13794,5	77,1	0,0000
Επαναλήψεις (Τ)	4	845,4	4,7	0,0017
Σιτηρό (Σ)	10	1754,1	9,8	0,0000
Τ x Σ	10	929,9	5,2	0,0000
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	16517,8	92,3	0,0000
Τ x ΣΥ	1	598,2	3,3	0,0711
Σ x ΣΥ	10	307,7	1,7	0,0897
Τ x Σ x ΣΥ	10	181,7	1,0	0,4378
Σφάλμα	84	179,0		

Πίνακας 5. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων φυτρώματος της σπονδυλωτής σετάριας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	1,4	0,0043	
Επαναλήψεις (Τ)	4	149,1	0,5	
Σιτηρό (Σ)	10	787,3	2,5	0,0123
Τ x Σ	10	569,6	1,8	0,0763
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	14908,4	46,7	0,0000
Τ x ΣΥ	1	755,4	2,4	0,1279
Σ x ΣΥ	10	213,3	0,7	
Τ x Σ x ΣΥ	10	775,6	2,4	0,0136
Σφάλμα	84	319,6		

Πίνακας 6. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων νωπού βάρους της σπονδυλωτής σετάριας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	4932,5	8,3	0,0050
Επαναλήψεις (Τ)	4	354,1	0,6	
Σιτηρό (Σ)	10	1123,3	1,9	0,0580
Τ x Σ	10	1064,3	1,8	0,0749
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	49373,5	83,0	0,0000
Τ x ΣΥ	1	1169,5	2,0	0,1645
Σ x ΣΥ	10	438,3	0,7	
Τ x Σ x ΣΥ	10	337,8	0,6	
Σφάλμα	84	594,7		

Πίνακας 7. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων μήκους ρίζας της σπονδυλωτής σετάριας εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	8156,2	29,2	0,0000
Επαναλήψεις (Τ)	4	55,6	0,2	
Σιτηρό (Σ)	10	1925,2	6,9	0,0000
Τ x Σ	10	918,7	3,3	0,0012
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	17383,5	62,3	0,0000
Τ x ΣΥ	1	876,8	3,1	0,0799
Σ x ΣΥ	10	564,3	2,0	0,0408
Τ x Σ x ΣΥ	10	189,1	0,7	
Σφάλμα	84	279,1		

Πίνακας 8. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων φυτρώματος του βαμβακιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	5345,5	17,9	0,0001
Επαναλήψεις (Τ)	4	380,9	1,3	0,2854
Σιτηρό (Σ)	10	1715,6	5,8	0,0000
Τ x Σ	10	1063,2	3,7	0,006
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	8090,3	27,1	0,0000
Τ x ΣΥ	1	247,1	0,8	
Σ x ΣΥ	10	351,5	1,2	0,3167
Τ x Σ x ΣΥ	10	302,1	1,0	0,4395
Σφάλμα	84	298,2		

Πίνακας 9. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων νωπού βάρους του βαμβακιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	123,0	0,4	
Επαναλήψεις (Τ)	4	412,4	1,3	0,2786
Σιτηρό (Σ)	10	1141,0	3,6	0,0005
Τ x Σ	10	973,9	3,1	0,0024
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	16325,9	51,3	0,0000
Τ x ΣΥ	1	119,1	0,4	
Σ x ΣΥ	10	485,7	1,5	0,1447
Τ x Σ x ΣΥ	10	383,8	1,2	0,2995
Σφάλμα	84	318,4		

Πίνακας 10. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων μήκους ρίζας του βαμβακιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Παραλλακτικότητας				
Χρόνος (Τ)	1	1620,5	9,5	0,0028
Επαναλήψεις (Τ)	4	732,9	4,3	0,0032
Σιτηρό (Σ)	10	1918,0	11,3	0,0000
Τ x Σ	10	2792,3	16,4	0,0000
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	3551,6	20,8	0,0000
Τ x ΣΥ	1	80,2	0,5	
Σ x ΣΥ	10	98,7	0,6	
Τ x Σ x ΣΥ	10	65,5	0,4	
Σφάλμα	84	170,4		

Πίνακας 11. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων φυτρώματος του καλαμποκιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Παραλλακτικότητας				
Χρόνος (Τ)	1	0,0	0,0	
Επαναλήψεις (Τ)	4	213,4	53,4	
Σιτηρό (Σ)	10	477,9	47,8	
Τ x Σ	10	357,3	35,7	
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	83,5	83,5	0,2621
Τ x ΣΥ	1	0,0	0,0	
Σ x ΣΥ	10	375,9	37,6	
Τ x Σ x ΣΥ	10	1276,0	127,6	0,0497
Σφάλμα	84	5503,2	65,5	

Πίνακας 12. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων νωπού βάρους του καλαμποκιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	8,1	0,1	
Επαναλήψεις (Τ)	4	113,9	2,1	0,0877
Σιτηρό (Σ)	10	41,7	0,8	
Τ x Σ	10	81,6	1,5	0,1516
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	21,0	0,4	
Τ x ΣΥ	1	0,0	0,0	
Σ x ΣΥ	10	52,9	1,0	
Τ x Σ x ΣΥ	10	94,1	1,7	0,0855
Σφάλμα	84	54,2		

Πίνακας 13. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων μήκους ρίζας του καλαμποκιού εκφρασμένων ως % αναστολή (με βάση το μάρτυρα).

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	1,5	0,0	
Επαναλήψεις (Τ)	4	36,6	0,8	
Σιτηρό (Σ)	10	39,3	0,9	
Τ x Σ	10	45,8	1,0	0,4282
Συγκέντρωση (ΣΥ)	1	182,5	4,1	0,0464
Τ x ΣΥ	1	1,5	0,0	
Σ x ΣΥ	10	46,7	1,0	0,4132
Τ x Σ x ΣΥ	10	55,3	1,2	0,2788
Σφάλμα	84	44,6		