

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Π.Μ.Σ Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας και Βελτίωσης Φυτών

*Επίδραση της οργανικής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα
και στην αλληλοπάθεια του *Chenopodium quinoa**



Γουρνάκη Γ. Μαρία

Γεωπόνος Γ.Π.Α

Αθήνα 2012

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Π.Μ.Σ Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας και Βελτίωσης Φυτών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Γουρνάκη Μαρία

Γεωπόνος Γ.Π.Α

*Επίδραση της οργανικής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα
και στην αλληλοπάθεια του *Chenopodium quinoa**

Επιβλέπων: κ. Μπιλάλης

Τριμελής Επιτροπή

- κ. Μπιλάλης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής
- κ. Ευθυμιάδης Παναγιώτης, Καθηγητής
- κ. Παπαστυλιανού Παναγιώτα, Επίκουρος Καθηγήτρια

Αθήνα 2012

Ευχαριστίες

Θεωρώ υποχρέωση μου να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους ανθρώπους, η συμβολή των οποίων ήταν καθοριστική στην πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης. Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα, κύριο Μπιλάλη Δημήτριο, επίκουρο καθηγητή, για το γεγονός ότι μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς και για την πολύτιμη συμβολή, καθοδήγηση και υποστήριξη κατά την διάρκεια της πραγματοποίησης της.

Θερμές ευχαριστίες στα μέλη της τριμελούς επιτροπής κυρία Παπαστυλιανού Παναγιώτα, επίκουρος καθηγήτρια και κύριο Ευθυμιάδη Παναγιώτη, καθηγητή, που με τις πολύτιμες παρατηρήσεις και διορθώσεις τους συνέβαλαν στην τελική μορφή της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης. Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τον κ. Τραυλό Ηλία, λέκτορα, για τη θετική και συμβουλευτική στάση απέναντί μου και την κ. Χελά Δήμητρα επίκουρος καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Ελλάδας για τις αναλύσεις των σαπωνίων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους του εργαστηρίου Γεωργίας για την συμπαράσταση που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Ακόμη, ευχαριστώ τους συναδέλφους μου Ιωάννη και Νικόλαο Κατσένιο για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια του πειράματος καθώς επίσης και τους προπτυχιακούς φοιτητές Θωμά Νταφόπουλο, Ελένη Καρούσου και Κωνσταντίνα Πλέσσια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Γεώργιο και Γεωργία, για την βοήθεια και την στήριξη τους και τον Παναγιώτη Δούση, γεωπόνο MSc, για τις πηγές, τις χρήσιμες συμβουλές και για την συμβολή του στην εκπόνηση της μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους έδειξαν υπομονή κατά την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	2
Περίληψη	11
Abstract	12
Κεφάλαιο 1.Εισαγωγή	13
1.1 Καταγωγή της κινόα.....	13
1.2 Ταξινόμηση της κινόα	15
1.3 Μορφολογία της κινόα	16
1.4 Καλλιεργητικές πρακτικές	18
1.4.1 Επίδραση της θερμοκρασίας και της φωτοπεριόδου στην κινόα.....	19
1.5 Ασθένειες και εχθροί.....	20
1.6 Χημική σύνθεση και διατροφική αξία.....	21
1.6.1 Σαπωνίνες.....	24
1.7 Βιολογική καλλιέργεια της κινόα και οι τεχνικές καλλιέργειας της	25
1.8 Βιολογική γεωργία	27
1.9 Γενικά για τα ζιζάνια	29
1.9.1 Ανταγωνισμός ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών	30
1.9.2 Βιολογική γεωργία και ζιζάνια.....	31
1.10 Αλληλοπάθεια ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών.....	34
1.10.1 Βιοσύνθεση, χημεία και μηχανισμός δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών. 36	
1.10.2 Διερεύνηση της αλληλοπάθειας	39
1.11 Αξιοποίηση της αλληλοπάθειας στη γεωργία.....	40
1.11.1 Ζιζάνια με αλληλοπάθεια εναντίον άλλων ζιζανίων	40
1.11.2 Ζιζάνια με αλληλοπαθητική δράση εναντίον καλλιεργούμενων φυτών	41
1.12 Διαπίστωση της αλληλοπάθειας.....	41
1.13 Αλληλοπαθητικά ζιζάνια	43
1.13.1 Αλληλοπαθητικά φαινόμενα μεταξύ καλλιεργειών.....	44
1.13.2 Παρεμπόδιση της ανάπτυξης ζιζανίων από τις καλλιέργειες.....	46
1.13.3 Αξιοποίηση αλληλοπάθειας και αλληλοχημικών.....	47
1.13.4 Χημική κατάταξη των αλληλοχημικών	49
1.13.4.1 Χημική σύσταση των αλληλοχημικών	49

1.13.5 Αλληλοπάθεια και υποκίνηση της αύξησης.....	51
1.14 Πληθυσμιακοί χαρακτηρισμοί ζιζανίων	53
1.14.1 Δείκτες ποικιλότητας	54
1.15 Σκοπός του πειράματος.....	55
Κεφάλαιο 2. Υλικά και μέθοδοι	56
2.1 Γενικά	56
2.2 Πείραμα αγρού	56
2.3 Πειραματικό μέρος.....	58
2.3.1 Εργαστηριακά πειράματα	58
2.3.2 Αξιολόγηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού του φυτού <i>Chenopodium quinoa</i>	58
2.4 Εργαστηριακές αναλύσεις.....	60
2.4.1 Μηχανική ανάλυση με τη μέθοδο Βουγιούκου.....	60
2.4.2 Ενεργότητα ιόντων υδρογόνου – pH.....	60
2.4.3 Οργανική ουσία	60
2.4.4 Ασβεστόλιθος - Ισοδύναμο CaCO ₃	61
2.4.5 Προσδιορισμός ολικού αζώτου σε φυτικούς ιστούς κατά KJELDAHL	61
2.4.6 Βάρος 1000 σπόρων	61
2.4.7 Πρωτεΐνες %.....	61
2.4.8 Σαπωνίνες %	61
2.5 Στατιστική επεξεργασία.....	61
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα	62
3.1 Πυκνότητα ζιζανίων	68
3.2 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά βρώμης με τη χρησιμοποίηση περλίτη	70
3.2.1 Υπόγειο τμήμα της βρώμης	80
3.3 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά μουχρίτσας με τη χρησιμοποίηση περλίτη	87
3.3.1 Υπόγειο τμήμα μουχρίτσας.....	92
3.4 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά αγριοβρώμης με τη χρησιμοποίηση περλίτη	96
3.4.1 Υπόγειο τμήμα αγριοβρώμης.....	101
3.5 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας με τη χρήση ριζοχώματος.....	103

Κεφάλαιο 4. Συζήτηση-Συμπεράσματα 109

I. Βιβλιογραφία..... 115

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Οι τύποι ταξιανθιών της κινόα.....	16
Εικόνα 2: Μορφολογικά χαρακτηριστικά της κινόα.....	17
Εικόνα 3: Τα φύλλα της κινόα.....	17
Εικόνα 4: Η άνθιση της κινόα και οι σπόροι της.....	18

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Η πορεία εξέλιξης του δείκτη Shannon κατά τη διάρκεια του πειράματος..	67
Διάγραμμα 2: Η πορεία εξέλιξης του δείκτη Simpson's κατά τη διάρκεια του πειράματος	67
Διάγραμμα 3: Επίδραση της λίπανσης στο βάρος των 1000 σπόρων στην καλλιέργεια κινόα	69
Διάγραμμα 4: Επίδραση της λίπανσης στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στους σπόρους στην καλλιέργεια κινόα.....	69
Διάγραμμα 5: Επίδραση της λίπανσης στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε σαπωνίνες στους σπόρους στην καλλιέργεια κινόα.....	70
Διάγραμμα 6: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα compost	71
Διάγραμμα 7: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα compost (φυτό 60 ΗΑΣ).....	73

- Διάγραμμα 8:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 53 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς 74
- Διάγραμμα 9:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά 76
- Διάγραμμα 10:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 53 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα μάρτυρα..... 77
- Διάγραμμα 11:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 60 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα μάρτυρα..... 79
- Διάγραμμα 12:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα compost για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά 81
- Διάγραμμα 13:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα compost για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά..... 82
- Διάγραμμα 14:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα μάρτυρα για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά..... 83
- Διάγραμμα 15:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα μάρτυρα για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά..... 84

- Διάγραμμα 16:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά..... 85
- Διάγραμμα 17:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά..... 86
- Διάγραμμα 18:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα compost..... 88
- Διάγραμμα 19:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου 89
- Διάγραμμα 20:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου 91
- Διάγραμμα 21:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα compost 93
- Διάγραμμα 22:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα χούμου..... 94
- Διάγραμμα 23:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα μάρτυρα..... 95
- Διάγραμμα 24:** Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα compost . 97

Διάγραμμα 25: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου	99
Διάγραμμα 26: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου.	100
Διάγραμμα 27: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα compost	102
Διάγραμμα 28: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα χούμου	102
Διάγραμμα 29: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα μάρτυρας (φυτό 53 ΗΑΣ)	103
Διάγραμμα 30: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της αγριοβρώμης σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control	104
Διάγραμμα 31: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control	105
Διάγραμμα 32: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα χούμου	106
Διάγραμμα 33: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control	107
Διάγραμμα 34: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control	108

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Χημική σύνθεση της κινόα καθώς και κάποιων δημητριακών και ψυχανθών	23
---	----

Πίνακας 2: Βασικά αμινοξέα στην κινόα και σε άλλα είδη διατροφής (g ανά 100 gr πρωτεΐνης).....	24
Πίνακας 3: Εδαφικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού.....	56
Πίνακας 4: Συγκεντρώσεις των τεμαχισμένων υλικών.....	59
Πίνακας 5: Ζιζάνια πειραματικού αγρού.....	62
Πίνακας 6: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της πρώτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	63
Πίνακας 7: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την πρώτη μέτρηση.....	63
Πίνακας 8: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της δεύτερης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	64
Πίνακας 9: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την δεύτερη μέτρηση.....	64
Πίνακας 10: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της τρίτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	65
Πίνακας 11: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την τρίτη μέτρηση.....	65
Πίνακας 12: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της τέταρτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	66
Πίνακας 13: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την τέταρτη μέτρηση.....	71
Πίνακας 14: Επίδραση της λίπανσης στο βάρος 1000 σπόρων, στην % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες.....	66
Πίνακας 14: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στο βάρος των 1000 σπόρων για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	68
Πίνακας 15a: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στο βάρος των 1000 σπόρων για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	68

Πίνακας 15β: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στους σπόρους για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	68
Πίνακας 15γ: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε σαπωνίνες στους σπόρους για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	68
Πίνακας 16: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	71
Πίνακας 17: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	80
Πίνακας 18: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	88
Πίνακας 19: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού μουχρίτσας (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	89
Πίνακας 20: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	97
Πίνακας 21: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$	101

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη προσπαθεί να διερευνήσει την επίδραση της οργανικής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα και στην αλληλοπάθεια της κινόα (*Chenopodium quinoa*). Σε πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών μελετήθηκε η αλληλοπαθητική δράση της κινόα στα ζιζάνια καθώς και η επίδραση του στη πυκνότητα των ζιζανίων λαμβάνοντας υπόψη και το είδος της λίπανσης. Η σπορά έγινε στις 23/3/2011. Γι αυτό το σκοπό συλλέχθηκαν και τεμαχίσθηκαν τμήματα της κινόα (ρίζες, βλαστοί, ταξιανθίες, φύλλα) τα οποία προερχόντουσαν από πειραματικά τεμάχια με ενσωμάτωση διαφόρων υποστρωμάτων (compost, χούμος, μάρτυρας). Έπειτα τοποθετήθηκαν σπόροι πάνω στα ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς και μελετήθηκε το φύτευμα και η ανάπτυξη του υπέργειου και υπόγειου μήκους των επιλεγθέντων φυτών (βρώμη, αγριοβρώμη, μουχρίτσα). Τέλος συλλέχθηκε έδαφος (υπόστρωμα compost και χούμου) κοντά από τη περιοχή των ριζών της κινόα και από περιοχή απουσία ριζών (υπόστρωμα μάρτυρα). Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σπόροι ζιζανίων έτσι ώστε να μελετηθεί κατά πόσο το επίπεδο της λίπανσης επηρεάζει το φύτευμα και την ανάπτυξη του υπέργειου και υπόγειου μήκους των επιλεγθέντων φυτών. Το υπόστρωμα επηρέασε το φύτευμα και την ανάπτυξη του υπέργειου και του υπόγειου μήκους των φυτών μας. Επιπρόσθετα παρατηρήθηκε πως οι σπόροι που τοποθετήθηκαν στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών παρουσίασαν μία αξιόλογη διαφορά σε σχέση με τους υπόλοιπους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Η παρατηρούμενη αυτή διαφορά εντοπίζεται στις τοξικότητες όσο και στο χρόνο φυτρώματος που παρουσίασαν τα επιλεγθέντα φυτά. Τέλος φαίνεται πως μόνο η ανάπτυξη της κινόα στον αγρό επηρέασε την εμφάνιση των ζιζανίων και όχι το είδος της λίπανσης που εφαρμόστηκε.

Abstract

The present postgraduate study tries to investigate the effect of the organic fertilization on the weed flora and on the allelopathy of quinoa (*Chenopodium quinoa*). In the experimental field of Agricultural laboratory which is situated in the farm of Agricultural University of Athens studies were made about the allelopathetic action of quinoa in the weeds as well as its effect in the density of weeds while taking into consideration the type of the fertilization. The seeding took place on the 23/3/2011. For this aim departments of quinoa were collected and were chopped (roots, shoots, inflorescence and leaves) which emanated from experimental items with the incorporation of various sublayers (compost, humus, witness). Then, seeds were placed on the incorporated plant webs so the budding and the growth of the length of the ground as well as the underground parts of the selected plants were studied (*Avena sativa*, *Avena sterilis*, *Echinochloa spp.*). Finally, ground was collected (sublayer compost and humus) from near the region of roots of quinoa and from the region absence of roots (sublayer of witness). Afterwards, seeds of weeds were placed so as to study how much the level of fertilization influences the budding and the growth of the length of the ground and underground parts of the selected plants. The sublayer influence the budding and the growth of the length of our plants above the ground and the underground. Besides it was observed that the seeds that were placed in the incorporated plant webs inflorescence presented an appreciable difference concerning the rest of the incorporated plant webs. This observing difference is located in toxicities as well as in the time of budding that presented the selected plants. Finally, it appears that only the growth of quinoa in the field has influenced the appearance of weeds and not the type of fertilization that was applied.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Το γένος *Chenopodium* (οικογένεια *Chenopodiaceae*) περιλαμβάνει περίπου 250 είδη (Giusti, 1970), που περιλαμβάνουν ποώδη, θαμνοειδή και δενδροειδή φυτά, αν και τα περισσότερα είδη είναι πολυετή (Wilson, 1990).

Το *Chenopodium spp.* έχει καλλιεργηθεί για αιώνες ως φυλλώδες λαχανικό (*Chenopodium album*) καθώς επίσης και ως σημαντικό δευτερογενές δημητριακό (*Chenopodium - quinoa* και *C. album*) για ανθρώπινη ή ζωική τροφή εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και της καλής ισορροπίας σε αμινοξέα, που περιέχουν λυσίνη (5,1-6,4%) και μεθειονίνη (0,4-1,0%) (Prakash & Pal, 1998; Bhargava et al., 2003a).

Το *Chenopodium quinoa Willd.* ανήκει στην ομάδα των καλλιεργειών που είναι γνωστή ως ψευδοδημητριακά (Cusack, 1984; Koziol, 1993) και περιλαμβάνει είδη της οικογένειας *Chenopodiaceae* όπως ο αμάραντος. Τα σιτηρά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και αμινοξέα, καθώς και μεγάλη ποικιλία βιταμινών και μετάλλων (Repo-Carrasco et al., 2003). Πρόσφατα, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για διάφορες χώρες (ειδικά στην Ευρώπη), που έχουν αρχίσει τις έρευνες για την εισαγωγή της καλλιέργειας της κινόα (Galwey, 1992; Jacobsen, 2003).

1.1 Καταγωγή της κινόα

Η κινόα (*Chenopodium quinoa, Willd*) είναι μία ιθαγενής καλλιέργεια της περιοχής των Άνδεων της Νότιας Αμερικής. Θεωρείται από τις αρχαιότερες καλλιέργειες της Αμερικανικής ηπείρου, όπου αρχαιολογικά ευρήματα στη Βόρεια Χιλή έδειξαν ότι η κινόα καλλιεργούνταν πριν το 3000 π.Χ. Ακόμη σε μία περιοχή του Περού η καλλιέργεια της κινόα πραγματοποιούνταν και πριν το 5000 π.Χ.

Το φυτό κινόα καλλιεργούνταν ευρέως στη περιοχή των Άνδεων, στη Κολομβία, στο Εκουαδόρ, στο Περού, στη Βολιβία και στη Χιλή πριν την Ισπανική κατάκτηση. Ωστόσο, οι συνήθειες και η παραδοσιακή διατροφή των ιθαγενών υποκαταστάθηκαν από ξένες καλλιέργειες όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Συνεπώς η κινόα καλλιεργούνταν είτε σε μικρές φυτείες σε αγροτικές περιοχές για οικογενειακή κατανάλωση είτε σαν φυσικός φράκτης για άλλες καλλιέργειες όπως πατάτας ή καλαμποκιού. Γι' αυτό το λόγο, η κινόα αναφέρεται ως «η τροφή των φτωχών».

Η κινόα καλλιεργείται σε υψίπεδα από 5° N στη Νότια Κολομβία μέχρι 30° N στη Βορειοανατολική Αργεντινή. Στο επίπεδο της θάλασσας η κινόα καλλιεργείται μεταξύ 35° N και 40° N, στη κεντρική Χιλή.

Στα τέλη του 1970, οι κύριες παραγωγικές περιοχές της κινόα ήταν η Κολομβία, η Χιλή, οι κοιλάδες των Άνδεων στο Περού, το Altiplano στη Βολιβία και Περού και στα υψίπεδα του Εκουαδόρ. Στο Περού και στη Βολιβία, η καλλιέργεια της κινόα είχε σπουδαία σημασία. Δε καλλιεργούνταν μόνο για οικογενειακή κατανάλωση αλλά επίσης και για εξαγωγή. Κοινές προσπάθειες τόσο από τις κυβερνήσεις όσο και από ερευνητικά ινστιτούτα συνέβαλλαν έτσι ώστε να αυξηθεί η παραγωγή της κινόα στις χώρες των Άνδεων. Η καλλιέργεια της κινόα είχε αρχίσει να επεκτείνεται από τη περιοχή των Άνδεων σε πολλές χώρες του κόσμου. Στη δεκαετία του 1980 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, η κινόα καλλιεργούνταν στο Κολοράντο. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το 1989, είχε αυξηθεί η εμπορική αξία του. Η κινόα εισήχθη στη Δανία το 1984. Περαιτέρω βελτιώσεις θα έκαναν την κινόα μια υποσχόμενη νέα καλλιέργεια για την Ευρωπαϊκή γεωργία (Valencia-Chamorro, 2004).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 μια Ευρωπαϊκή και Αμερικάνικη προσπάθεια επιχειρήθηκε. με σκοπό να προάγουν την τοπική ανταλλαγή αυτού του εξαιρετικού γενετικού υλικού την κινόα μεταξύ των ερευνητικών ινστιτούτων και των πανεπιστημίων. Στο σχέδιο, το οποίο ήταν χρηματοδοτούμενο από τον FAO, επιλέχτηκαν 25 καλλιεργούμενες ποικιλίες από 10 διαφορετικές χώρες: οχτώ από το Περού, τέσσερις από τη Βολιβία, δύο από το Εκουαδόρ, τη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και μία από την Αργεντινή, τη Βραζιλία, την Κολομβία και την Ολλανδία. Οι καλύτερες ποικιλίες από κάθε χώρα θα έπαιρναν μέρος στο πείραμα το οποίο θα διεξαγόταν σε τοπικό επίπεδο. Συνεπώς, από το σχέδιο αυτό αναμενόταν η ικανότητα να αναγνωριστούν, να εκτιμηθούν και να επιλεγτούν οι υποσχόμενοι γενότυποι της κινόα με υψηλές αποδόσεις και να καταγραφούν οι τεχνολογικές γνώσεις όσον αφορά τις καλλιεργητικές πρακτικές για την παραγωγή της κινόα οι οποίες θα είναι συμβατές με το αγροοικολογικό περιβάλλον καθώς επίσης και με τις απαιτήσεις διατροφής τόσο του παραγωγού όσο και του διεθνή καταναλωτή (Valencia-Chamorro, 2004).

1.2 Ταξινόμηση της κινόα

Η κινόα ανήκει στην οικογένεια των Chenopodiaceae, στο γένος *Chenopodium*. Το βοτανικό του όνομα είναι *Chenopodium quinoa*, Willd. Τα κοινά ονόματα που χρησιμοποιούσαν οι κάτοικοι των περιοχών των Άνδεων είναι: “quinua,” “parca” (Εκουαδόρ, Περού, Βολιβία), “supha,” “jopa,” “jupha,” “jiura,” “aara,” “ccallari,” “vocali” (Βολιβία), “quinhua” (Χιλή) και “suba,” “pasca” (Κολομβία).

Η ταξινόμηση της κινόα έγινε πρώτα με βάση το χρώμα του φυτού και των σπόρων. Αργότερα, βασίστηκε στους μορφολογικούς τύπους του φυτού. Παρά την ευρεία παρατηρημένη ποικιλία, η κινόα θεωρήθηκε ως ένα μοναδικό είδος. Για πρακτικούς λόγους, η κινόα, όπως και το καλαμπόκι, ταξινομείται ως ένα γένος.

Η πιο εκτενής συλλογή των διαφορετικών γενών της κινόα ανήκει στο Περού και στη Βολιβία όπου η καθεμία έχει πάνω από 2000 δείγματα οικότυπων. Ωστόσο, άλλες συλλογές υπάρχουν στην Αργεντινή, Κολομβία, Χιλή, Εκουαδόρ, Αγγλία, τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και την πρώην Σοβιετική Ένωση (Valencia-Chamorro, 2004).

Η κινόα η οποία έχει συλλεχθεί στο Εκουαδόρ, Περού και Βολιβία είναι ταξινομημένο σε 17 υποείδη, ωστόσο μπορεί να υπάρχουν περισσότερα γένη. Δυο τύποι ταξιανθιών περιγράφονται:

1. Σφαιρική: μικρές ομάδες ανθέων που διέρχονται από τον κύριο άξονα.
2. Τύπος βλήτου: μικρές ομάδες ανθέων που διέρχονται από δευτερογενή άξονα.

Σύμφωνα με αυτό, τα γένη της κινόα ταξινομούνται ακολούθως (εικόνα 1): σφαιρική ταξιανθία: Cajamarca, Copacabana, Cuzco, Challapata, Cochabamba, Sicuani, Junin, Ancash, Glorieta και Dulce, δεύτερον, ταξιανθία τύπου βλήτου: Achacachi, Puno, Real, Potosi, Puca, Sucre και Pichincha (Valencia-Chamorro, 2004).

Η κινόα αναπτύσσεται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι τα υψίπεδα των Άνδεων. Επίσης, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται ότι υπάρχουν πέντε οικότυποι οι οποίοι ταξινομούνται ως εξής: στο επίπεδο της θάλασσας, της κοιλάδας, του υποτροπικού, του salar και του altiplanic.

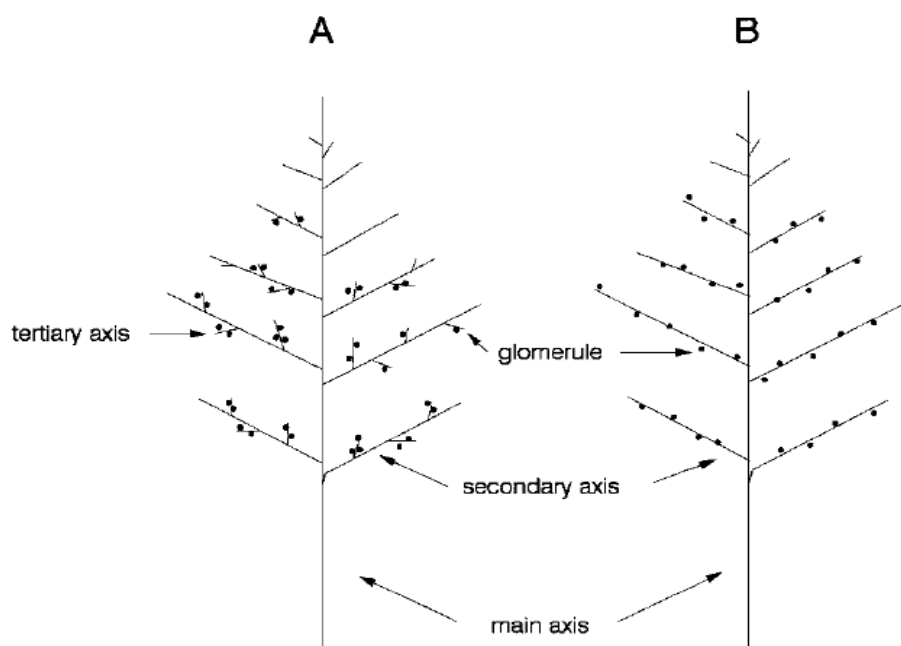


FIG. 1. Inflorescence types. A, Glomerulate inflorescence; B, amaranthiform inflorescence.

Εικόνα 1: Οι τύποι ταξιανθιών της κινόα.

1.3 Μορφολογία της κινόα

Η κινόα δεν είναι αληθινός σπόρος δημητριακών, αλλά χαρακτηρίζεται ως «ψευδοδημητριακό» το οποίο είναι δικότυλο, σε αντίθεση με τα δημητριακά τα οποία είναι μονοκότυλα. Παρόλο αυτά, η σύνθεση των κύριων συστατικών τόσο των σιτηρών όσο και της κινόα είναι ίδια.

Το ύψος της κινόα κυμαίνεται από 1 έως 3 m. Οι σπόροι βλαστάνουν πολύ γρήγορα μέσα σε λίγες ώρες μετά την έκθεση τους σε υγρασία. Οι ρίζες μπορεί να φτάσουν σε βάθος μέχρι τα 30 cm. Ο βλαστός είναι κυλινδρικός (3-5 cm σε διάμετρο), ο οποίος μπορεί να είναι ευθύς ή με διακλαδώσεις. Το χρώμα του ποικίλλει, ανάλογα της ποικιλίας, από άσπρο, κίτρινο, ή ανοιχτό καφέ μέχρι κόκκινο. Τα φύλλα έχουν σχήμα σαν «πόδι χήνας». Αποτελούνται από τους μίσχους και το έλασμα. Οι μίσχοι έχουν σχήμα αυλακωτό στην επάνω τους πλευρά. Το έλασμα του φυτού είναι πολύμορφο όπου μπορεί να είναι είτε ρομβοειδές ή τριγωνικό στα κατώτερα ελάσματα των φύλλων, είτε τριγωνικό ή λογχοειδές στα ανώτερα φύλλα (Valencia-Chamorro, 2004).



Εικόνα 2: Μορφολογικά χαρακτηριστικά της κινόα.



Εικόνα 3: Τα φύλλα της κινόα.

Η κινόα είναι ο καρπός της οικογένεια των Chenopodiaceae. Ο καρπός της κινόα είναι αχάινιο και παράγει μικρούς, σφαιρικούς σπόρους διαμέτρου 2 mm (250-500 σπόροι/g). Καλύπτεται από το περιγόνιο, το οποίο έχει το ίδιο χρώμα με το φυτό άσπρο, κίτρινο, γκρι, ανοιχτό καφέ, ροζ, μαύρο ή κόκκινο και απομακρύνεται εύκολα όταν ξεραθεί. Υπάρχουν άλλα δύο στρώματα τα οποία περιβάλλουν το σπόρο το περικάρπιο και το επισπέρμιο. Το περικάρπιο που προσκολλάται στο σπόρο, περιέχει τις σαπωνίνες οι οποίες προσδίδουν τη χαρακτηριστική πικρή γεύση. Το επισπέρμιο περιβάλλει το κυλινδρικό σπόρο σαν ένα λεπτό στρώμα. Το έμβρυο μπορεί να φτάσει το 60% του βάρους των σπόρων. Αυτό σχηματίζει ένα δακτυλίδι γύρω από το επισπέρμιο. Η υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης στην κινόα (16,5 %), αντίθετα από τα δημητριακά (10 %), εξηγείται από το υψηλό ποσοστό του εμβρύου (Valencia-Chamorro, 2004).



Εικόνα 4: Η καρποταξία της κινόα και οι σπόροι της.

1.4 Καλλιεργητικές πρακτικές

Η καλλιέργεια της κινόα είναι συνδεδεμένη με την αμειψισπορά που παρατηρείται στη πατάτα. Αυτή είναι η συνήθης πρακτική που βελτιώνει τις αποδόσεις της κινόα και έτσι διατηρείται η γονιμότητα του εδάφους. Επιπλέον, ο βιολογικός κύκλος διαφόρων παθογόνων μικροοργανισμών καταστρέφεται. Λόγω της υπολειμματικότητας των λιπασμάτων που έχουν εφαρμοστεί σε προηγούμενες καλλιέργειες, δεν χρειάζεται αζωτούχος λίπανση στη καλλιέργεια της κινόα. Η

καλλιέργεια του φυτού απαιτεί χαλαρό έδαφος το οποίο να μπορεί συγκρατεί ένα επαρκές ποσοστό υγρασίας.

Η κινόα ανέχεται μια ευρεία μεταβολή συνθηκών του pH του εδάφους που κυμαίνεται από 6 μέχρι 8,5. Το φυτό δεν επηρεάζεται από θερμοκρασίες κοντά στους $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ωστόσο, το φυτό ανέχεται υψηλές θερμοκρασίες όχι όμως πάνω από $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η κινόα είναι φυτό ανθεκτικό στον παγετό, μόνο όταν ο παγετός συμβεί πριν την άνθηση. Όταν όμως συμβεί μετά την άνθηση και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα άνθη είναι ευαίσθητα στο παγετό, τότε είναι δυνατό να σημειωθούν σημαντικές ζημιές. Η κινόα έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται ακόμη και σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 200 - 400 mm.

Η εποχή φύτευσης της κινόα κυμαίνεται από τον Αύγουστο, στα υψίπεδα των Άνδεων και μπορεί να επεκταθεί μέχρι τον Δεκέμβριο και σε ορισμένες περιοχές από το Φεβρουάριο μέχρι το Μάρτιο. Η κινόα σπέρνεται σε σειρές. Η απόσταση σποράς κυμαίνεται από 40-80 cm ανάλογα με τις γεωργικές μηχανικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται. Σε ξηρές περιοχές, οι σπόροι μπορεί να τοποθετηθούν στη βάση της αυλακιάς και μόλις σπαρθούν γίνεται κάλυψη τους με χώμα. Σε περιοχές με υψηλά ποσοστά βροχοπτώσεων οι σπόροι τοποθετούνται στη κορυφή του αυλακιού.

Η πυκνότητα της σποράς ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή. Έχει αναφερθεί από 0,4 έως 0,6 g m^{-2} στο Altirano της Βολιβίας από 0,5 έως 2,3 g m^{-2} στο Puno και από 0,8 έως 1,4 g m^{-2} στο Εκουαδόρ. Μια πυκνότητα των 1,2 g m^{-2} έχει συστηθεί στο Puno για μηχανική σπορά. Ωστόσο, η πυκνότητα σποράς θα μπορούσε να συσχετιστεί με της κλιματικές συνθήκες της περιοχής στις οποίες καλλιεργείται.

Η κινόα συγκομίζεται όταν ο καρπός γίνει σκληρός και ξηρός. Η φυσιολογική ωρίμανση μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε 70 με 90 μέρες από την άνθηση. Ακόμη η ωρίμανση, εξαρτώμενης της ποικιλίας, μπορεί να επιτευχθεί μεταξύ 5 και 8 μηνών.

Ο παραδοσιακός τρόπος συγκομιδής στηρίζεται στη χειρωνακτική εργασία. Τα φυτά είτε τραβιούνται είτε κόβονται με ένα δρεπάνι, έπειτα τοποθετούνται σε σωρούς για να ξεραθούν τελείως. Η απόδοση της κινόα κυμαίνεται από 45-500 g m^{-2} η οποία εξαρτάται από τη ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης (Valencia-Chamorro, 2004).

1.4.1 Επίδραση της θερμοκρασίας και της φωτοπερίοδου στην κινόα

Ο Bertero et al. (1999b) απέδειξε ότι η ευαισθησία στη φωτοπερίοδο της κινόα παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με το γεωγραφικό πλάτος προέλευσης του (μελέτη

εννέα ποικιλιών κινόα) και παρουσίαζε θετική συσχέτιση με τον ελάχιστο χρόνο που μεσολάβησε από την ανάδυση μέχρι την εμφάνιση των ορατών οφθαλμών, όταν οι παράμετροι θερμοκρασίας και φωτοπερίοδου λήφθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ωστόσο, όταν οι παράμετροι φωτοπερίοδου και θερμοκρασίας λήφθηκαν ως ανεξάρτητες (αλληλεπίδραση) δεν υπήρχε σημαντική συσχέτιση με το γεωγραφικό πλάτος προέλευσης. Επιπρόσθετα, οι μεταχειρίσεις σε φυτά κινόας μικρής ημέρας έδειξαν μια θετική ποσοτική ανταπόκριση για το χρόνο της άνθησης και για το συνολικό αριθμό των φύλλων ενώ η μέγιστη ανάπτυξη του σπόρου παρατηρήθηκε κάτω από συνθήκες μικρής ημέρας και χαμηλών θερμοκρασιών (Bertero et al., 1999a). Μια άλλη μελέτη (Bertero et al., 2000) απέδειξε ότι η ευαισθησία στη φωτοπερίοδο του φυλλοχρόνου μειώθηκε καθώς αυξανόταν το γεωγραφικό πλάτος της ποικιλίας προέλευσης. Η ευαισθησία της κινόα στη θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη στις ποικιλίες που προέρχονται από κρύα ή ξηρά κλίματα και μικρότερη για τις ποικιλίες που προέρχονται από υγρά και θερμά κλίματα. Η μελέτη του Bertero (2001) έδειξε ότι η μέση συχνότητα της ακτινοβολίας επιδρά στο φυλλοχρόνο της κινόα. Η ευαισθησία της κινόα στην ακτινοβολία έχει αναφερθεί ότι είναι μεγαλύτερη στις ποικιλίες που προέρχονται από το Περού, τη Βολιβία και τη νότια Χιλή, και μικρότερη σε εκείνες που προέρχονται από το Εκουαδόρ, το οποίο έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην φωτοπερίοδο και μεγαλύτερο φυλλόχρονο. Πειράματα που πραγματοποιήθηκαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος απέδειξαν ότι οι ποικιλίες της κινόα που μελετήθηκαν παρουσίασαν μια προαιρετική ανταπόκριση μικρής ημέρας όσον αφορά στη διάρκεια της ανάδυσης μέχρι την άνθηση (Bertero, 2003) και η διάρκεια όλων των φάσεων ανάπτυξης είναι ευαίσθητες στην φωτοπερίοδο.

1.5 Ασθένειες και εχθροί

Η πιο σημαντική μυκητολογική ασθένεια είναι ο περονόσπορος (*Peronospora farinose*) η οποία απαιτεί υψηλή υγρασία και θερμοκρασία που θεωρούνται ως οι ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης της. Ωστόσο, η ανάπτυξη της επιτυγχάνεται σε χαμηλές υγρασίες και θερμοκρασίες (6-10°C) οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο βόρειο Αλτιπλάνο. Το κύριο σύμπτωμα της ασθένειας είναι οι χλωρωτικές αλλοιώσεις στη πάνω επιφάνεια των φύλλων καθώς επίσης και ένα άσπρο ή μωβ μυκήλιο στη κάτω επιφάνεια.

Άλλη μυκητολογική ασθένεια προκαλείται από το μύκητα *Phoma exigua* var. *Fovaeta*. Χαμηλές θερμοκρασίες, υψηλή υγρασία καθώς και πληγές στα φυτά είναι από τους παράγοντες που βοηθούν στην ανάπτυξη της ασθένειας. Τα κύρια συμπτώματα είναι οι σκουρόχρωμες αλλοιώσεις με υαλώδη όψη (5-15 cm) στο στέλεχος και στις ταξιανθίες. Το στέλεχος συχνά συρρικνώνεται και το φυτό γίνεται χλωρωτικό και σταδιακά αποφυλλώνεται.

Ένας από τους σημαντικούς εχθρούς της κινόα είναι το έντομο *Scrobipalpus* sp. Σε περιόδους ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, η επίθεση των εντόμων είναι πιο έντονη. Η προνύμφη πρώτα καταστρέφει τα φύλλα και τις ταξιανθίες. Αργότερα, όταν το φυτό είναι ώριμο, η προνύμφη καταστρέφει το σύνθετο βότρυ και τους καρπούς. Μερικές φορές, όταν εμφανίζεται μία άσπρη σκόνη γύρω από τη βάση του φυτού είναι αποτέλεσμα της καταστροφής των σπόρων. Η θεραπεία πρέπει να εφαρμόζεται πριν τη συγκομιδή με σκοπό να εμποδιστεί η μόλυνση των σπόρων και κατ' επέκταση οι μετασυλλεκτικές απώλειες (Valencia-Chamorro, 2004).

1.6 Χημική σύνθεση και διατροφική αξία

Οι σπόροι της κινόα περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, ιχνοστοιχεία και βιταμίνες. Η χημική σύνθεση του εξαρτάται από την ποικιλία και το περιβάλλον στο οποίο καλλιεργείται (Valencia-Chamorro, 2004).

Πρωτεΐνες: Η περιεκτικότητα του σπόρου της κινόα σε πρωτεΐνη κυμαίνεται από 8 έως 22%, το οποίο ποσοστό είναι σε μεγαλύτερο μέσο όρο από τα κοινά δημητριακά όπως το ρύζι, σιτηρά και κριθάρι (Πίνακας 1). Ωστόσο, η πρωτεΐνη της κινόα είναι 50% μικρότερη σε σύγκριση με τα ψυχανθή. Στην κινόα, το μεγαλύτερο μέρος της πρωτεΐνης βρίσκεται στο έμβρυο.

Στα ψευδοδημητριακά, όπως η κινόα, οι αλβουμίνες και οι γλοβουλίνες είναι τα κυριότερα συστατικά των πρωτεϊνών τους (44-77% της συνολικής πρωτεΐνης) το οποίο είναι μεγαλύτερο από τις προλαμίνες (0,5-7,0%). Επιπλέον, η κινόα θεωρείται σπόρος απουσίας γλουτένης γιατί περιέχει ελάχιστη ή καθόλου προλαμίνη. Η κινόα παρέχει μια διατροφική, οικονομική, εύχρηστη πηγή τροφής η οποία είναι ιδανική για τους ανθρώπους με δυσανεξία στη γλουτένη.

Η κινόα έχει μια καλή ισορροπία αμινοξέων τα οποία σχηματίζουν τη πρωτεΐνη. Έχει εξαιρετικά υψηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη (πίνακας 2), ένα αμινοξύ το οποίο

δεν είναι άφθονο στο φυτικό βασίλειο. Είναι επίσης ένα καλό συμπλήρωμα διατροφής αντί για τα ψυχανθή τα οποία είναι συχνά χαμηλά σε περιεκτικότητα μεθειονίνης και κυστίνης.

Η διατροφική αξιολόγηση των πρωτεϊνών που περιέχονται στην κινόα έχει αναφερθεί σε πολλές μελέτες. Η αναλογία αποδοτικότητας των πρωτεϊνών της ακατέργαστης κινόα είναι 78-93% από ότι στη καζεΐνη. Τα ποσοστά αυτά αυξάνονται όταν η κινόα μαγειρευτεί και φθάνουν στο 102-105% σε σχέση με αυτά της καζεΐνης. Γι αυτό το λόγο η ποιότητα των πρωτεϊνών που περιέχει η κινόα ταιριάζει πολύ με τις πρωτεΐνες του γάλακτος (Valencia-Chamorro, 2004).

Υδατάνθρακες: Ένα από τα κύρια συστατικά στην κινόα αποτελούν οι υδατάνθρακες, οι οποίοι καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό που κυμαίνεται από 67% έως 74% σε ξηρό βάρος. Το άμυλο είναι περίπου 52-60%. Η σύνθεση του αμύλου ευρίσκεται στο περισπέρμιο του σπόρου. Επίσης το άμυλο μπορεί να εμφανιστεί είτε σαν απλή μονάδα είτε ως σφαιρικό σύνολο. Η περιεκτικότητα της αμυλόζης είναι περίπου 11% η οποία είναι χαμηλότερη από ότι στα δημητριακά, όπως για παράδειγμα, στο ρύζι (17%), στο σιτάρι (22%) και στο κριθάρι (26%).

Η διάμετρος του αμυλόκκου της κινόα κυμαίνεται από 0,4 έως 2,0 μm. Οι αμυλόκκοι της κινόα είναι μικρότεροι σε σχέση με εκείνους του καλαμποκιού (1-23 μm) και του σιταριού (2-40 μm). Οι μικροί αμυλόκοκοι παρουσιάζουν συχνά υψηλές θερμοκρασίες ζελατινοποίησης. Στη περίπτωση της κινόα η θερμοκρασία ζελατινοποίησης κυμαίνεται από 57 μέχρι 64 °C. Άλλοι υδατάνθρακες βρίσκονται σε μικρές ποσότητες όπως μονοσακχαρίτες (2%), δισακχαρίτες (2,3%), κυτταρίνες (2,5-3,9%), και πεντόζες (2,9-3,6%) (Valencia-Chamorro, 2004).

Λίπη, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία: Η περιεκτικότητα της κινόα σε λίπη κυμαίνεται από 2% έως 10%. Είναι πλούσια πηγή λιπαρών οξέων όπως λινολεϊκό οξύ και λινολενικό οξύ. Η κινόα αποτελεί καλή πηγή ιχνοστοιχείων. Περιέχει περισσότερο ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο και ψευδάργυρο από ότι τα κοινά δημητριακά. Καθαρίζοντας και πλένοντας τους σπόρους της κινόα μειώνεται η περιεκτικότητα τους σε ιχνοστοιχεία και πιο αναλυτικά κατά 12-15% μειώνεται η συγκέντρωση σε σίδηρο, ψευδάργυρο και κάλιο, κατά 27% σε χαλκό και κατά 3% σε μαγνήσιο. Η κινόα περιέχει περισσότερη ριβοφλαμίνη (B₂) και α-τοκοφερόλη από το ρύζι, το

κριθάρι ή το σιτάρι. Οι σπόροι της κινόα αποτελούν καλή πηγή βιταμίνης Ε (Valencia-Chamorro, 2004).

Φυτικά οξέα: Τα φυτικά οξέα βρίσκονται στα περισσότερα δημητριακά και ψυχανθή σε συγκεντρώσεις 1-3% του ξηρού βάρους. Ακόμη, βρίσκονται σε μερικά φρούτα και λαχανικά. Στα δημητριακά τα φυτικά οξέα βρίσκεται στο σπέρμα. Στους σπόρους της κινόα, τα φυτικά οξέα βρίσκονται στο εξωτερικό στρώμα καθώς επίσης και στο ενδοσπέρμιο. Αναφέρεται ότι ο μέσος όρος της συγκέντρωσης των φυτικών οξέων, σε πέντε ποικιλίες της κινόα, ήταν 1,18g ανά 100g (Valencia-Chamorro, 2004).

Έρευνες *in vivo* και *in vitro* έχουν δείξει ότι το φυτικό οξύ σχετίζεται με την ανόργανη απορρόφηση στο έντερο του ανθρώπινου οργανισμού, χάριν της ικανότητας να σχηματίζει αδιάλυτα σύμπλοκα με δυσθενή μέταλλα όπως σίδηρο, ψευδάργυρο και ασβέστιο. Ακόμη μικρά ποσοστά των ουσιών inositol hexaphosphate ή pentaphosphate μπορούν να μειώσουν την διαλυτότητα του σιδήρου (Valencia-Chamorro, 2004).

Η ουσία Inositol hexaphosphate (IP₆) βρίσκεται κυρίως σε ποικιλίες από το Εκουαδόρ: «γλυκό» INIAP-Tunkahuan (11,3 μmol g⁻¹) και «πικρή» INIAP-Ingapirca (8,6 μmol g⁻¹). Αυτές οι τιμές μειώνονται σχεδόν στο 0,3 μmol g⁻¹ μετά τη ζύμωση με σκοπό τη παραγωγή αλευριού.

Πίνακας 1: Χημική σύνθεση της κινόα % σε ξηρό βάρος καθώς και κάποιων δημητριακών και ψυχανθών (Valencia-Chamorro, 2004).

	κινόα	κριθάρι	καλαμπόκι	ρύζι	σιτάρι	βρώμη	σίκαλη	σόγια
Πρωτεΐνη	16,5	10,8	10,22	7,6	14,3	11,6	13,4	36,1
Λίπη	6,3	1,9	4,7	2,2	2,3	5,2	1,8	18,9
Ινώδεις ουσίες	3,8	4,4	2,3	6,4	2,8	10,4	2,6	5,6
Τέφρα	3,8	2,2	11,7	3,4	2,2	2,9	2,1	5,3
Υδατάνθρακες	69,0	80,7	81,1	80,4	78,4	69,8	80,1	34,1
Kcal 100g⁻¹								
Θερμιδική αξία	399	383	408	372	392	372	390	451

Πίνακας 2: Βασικά αμινοξέα στην κινόα και σε άλλα είδη διατροφής (g ανά 100 gr πρωτεΐνης) (Valencia-Chamorro, 2004).

	κινόα	καλαμπόκι	ρύζι	σιτάρι	φασόλι	γάλα	FAO
Ισολευκίνη	4,9	4,0	4,1	4,2	4,5	10,0	4,6
Λευκίνη	6,6	12,5	8,2	6,8	8,1	6,5	9,3
Λυσίνη	6,0	2,9	3,8	2,6	7,0	7,9	6,6
Μεθειονίνη	5,3	4,0	3,6	3,7	1,2	2,5	4,2
Φαινυλαλαλίνη	6,9	8,6	10,5	8,2	5,4	1,4	7,2
Θρεονίνη	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,7	4,3
Τρυπτοφάνη	0,9	0,7	1,1	1,2	1,1	1,4	1,7
Βαλλίνη	4,5	5,0	6,1	4,4	5,0	7,0	5,5

Διατροφικά προβλήματα: Οι σαπωνίνες και τα φυτικά οξέα είναι τα κυριότερα προβλήματα στην κινόα. Άλλοι παρεμποδιστές όπως η θρυψίνη και οι ταννίνες εμφανίζονται σε χαμηλότερα επίπεδα. Οι παρεμποδιστές θρυψίνης σε οχτώ ποικιλίες της κινόα (1,36 - 5,04 TIU mg⁻¹) ήταν χαμηλότερες από ότι της σόγιας (24,5 TIU mg⁻¹).

1.6.1 Σαπωνίνες

Οι σαπωνίνες είναι οι αντιδιατροφικοί παράγοντες που παρουσιάζονται στο σπόρο της κινόα. Η περιεκτικότητα των σαπωνίνων στους σπόρους των γλυκών γενοτύπων ποικίλλει από 0,2 έως 0,4 g/kg ξηράς ουσίας και στους πικρούς γενοτύπους από 4,7 έως 11,3 g/kg ξηράς ουσία (Mastebroek et al., 2000). Οι σαπωνίνες της κινόα είναι κυρίως γλυκοζιτικά τριτερπενοειδή, με τη γλυκόζη να αποτελεί περίπου το 80% του βάρους. Η περιεκτικότητα σε σαπωνίνες επηρεάζεται από το σύστημα έδαφος-νερό, και μάλιστα μεγάλο έλλειμμα νερού ελαττώνει τη περιεκτικότητα σε σαπωνίνες. Οι σαπωνίνες της κινόα είναι διαλυτές στη μεθανόλη ή στο νερό. Επιπρόσθετα η περιεκτικότητα σε σαπωνίνες διαφέρει στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Χαμηλή περιεκτικότητα σε σαπωνίνες έχουμε στο στάδιο ανάπτυξης ενώ υψηλή περιεκτικότητα στο στάδιο της ανθοφορίας. Αφαιρούνται είτε με την υγρή μέθοδο,

δηλαδή πλύση και τρίψιμο στο κρύο νερό, είτε με την ξηρά μέθοδο, δηλαδή ψήσιμο και αποφλοΐωση για να αφαιρεθούν τα εξωτερικά στρώματα (Risi & Galwey, 1984).

Σε εμπορική κλίμακα, οι σαπωνίνες αφαιρούνται με τη λειαντική αποφλοΐωση (Reichert et al., 1986), αλλά με αυτή την μέθοδο, μερικοί σαπωνίνες παραμένουν συνδεδεμένοι με το περισπέρμιο (Becker & Hanners, 1991). Η αφαίρεση των σαπωνίνων με την ξηρά μέθοδο μειώνει την περιεκτικότητα της κινόα σε βιταμίνες και σε ιχνοστοιχεία και οι απώλειες αυτές είναι σημαντικές στη περίπτωση του καλίου, του σιδήρου και του μαγγανίου (Ruales & Nair, 1992). Ωστόσο κάποιες σαπωνίνες μπορούν να σχηματίσουν αδιάλυτα σύμπλοκα με ορισμένα μέταλλα όπως είναι ο ψευδάργυρος και ο σίδηρος, όπου καθιστούν τα μέταλλα αυτά αδύνατα για απορρόφηση από το έντερο. Οι σαπωνίνες είναι επίσης γνωστές ότι συμβάλλουν στη μείωση του επιπέδου της χοληστερόλης στο αίμα (Oakenfull & Sidhu, 1990).

Οι σαπωνίνες έχουν μεγάλη βιομηχανική σημασία και χρησιμοποιούνται κατά την προετοιμασία των σαπουνιών, των απορρυπαντικών, των σαμπουάν, της μύρας, των πυροσβεστήρων και της φωτογραφίας, των καλλυντικών και των βιομηχανιών φαρμάκων (Johnson & Ward, 1993). Οι σαπωνίνες εντοπίζονται και σε τρόφιμα ευρείας κατανάλωσης όπως τα φιστίκια, το σπαράγγι, τα κρεμμύδια και το σπανάκι.

1.7 Βιολογική καλλιέργεια της κινόα και οι τεχνικές καλλιέργειας της

Η κινόα μπορεί να καλλιεργηθεί σε διάφορους τύπους εδαφών, συμπεριλαμβανομένων και των υποβαθμισμένων καθώς και σε εδάφη με μεγάλο εύρος σε τιμές pH (Jacobsen & Stolens, 1993; Tapia, 1979). Η σπορά μπορεί να γίνει σε σειρές και η απόσταση σποράς κυμαίνεται 25-50 cm ενώ το βάθος σποράς κυμαίνεται από 1-2 cm (Jacobsen, 2003).

Η κινόα ανταποκρίνεται καλά στην αζωτούχο λίπανση, αλλά τα υψηλά επίπεδα του διαθέσιμου αζώτου προκαλούν μείωση στην παραγωγή λόγω της αργής ωρίμανσης της κινόα και του έντονου πλαγιάσματος που παρατηρείται (Oelke et al., 1992). Εντούτοις, πρόσφατες μελέτες (Berti et al., 2000; Schulte-auf'm-Erley et al., 2005) προτείνουν ότι η κινόα ανταποκρίνεται έντονα στη λίπανση αζώτου και η απόδοση σε καρπό δεν παρουσίασε μείωση με τα αυξανόμενα ποσοστά N. Η εφαρμογή αζώτου αυξάνει την απόδοση σε σπόρο καθώς επίσης και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των σπόρων (Johnson και Ward, 1993). Μεγάλες ποσότητες φωσφόρου και ανθρακικού καλίου προκαλούν ανάπτυξη στο φυτό χωρίς να παρατηρείται

οποιαδήποτε αύξηση στην απόδοση σε σπόρο (Etchevers & Avila, 1979). Ωστόσο, ο Gandaiilas (1982) παρατήρησε ότι η κινόα δεν παρουσιάζει καμία απαίτηση για λίπανση καλίου ή φωσφόρου.

Η κινόα είναι μια ανθεκτική καλλιέργεια που έχει χαμηλές απαιτήσεις σε νερό, αν και η παραγωγή επηρεάζεται σημαντικά από την άρδευση (Oelke et al., 1992). Η υπερβολική άρδευση στο στάδιο των σποροφύτων προκαλεί ασθένειες, ενώ τέτοιες συνθήκες μετά από ανομοιόμορφη σπορά έχει ως αποτέλεσμα τη παραγωγή ψηλών φυτών χωρίς όμως να επιτυγχάνεται βελτίωση στη παραγωγής (Oelke et al., 1992).

Η μέγιστη παραγωγή της κινόα (1439 kg/ha) παρατηρήθηκε σε αμμοπηλώδη εδάφη όπου εφαρμοζόταν άρδευση με ποσότητα νερού 208 mm (Flynn, 1990), αλλά δεν μπορεί να θεωρηθεί ως δεδομένο καθώς η μελέτη περιορίστηκε σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και σε συγκεκριμένο τύπο εδάφους. Η χαμηλή απαίτηση σε νερό της κινόα την καθιστά κατάλληλη για καλλιέργεια σε περιοχές με χαμηλά ποσοστά βροχοπτώσεων και με προβλήματα άρδευσης.

Ο έλεγχος των ζιζανίων ασκεί σημαντική επίδραση στην απόδοση καρπού. Η απαραίτητη προσοχή στην καλλιέργεια της κινόα πρέπει να δίνεται στον τρόπο της σποράς, καθώς και στις ημερομηνίες σποράς λόγω της αργής αύξησης της κινόας κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων εβδομάδων όπου κατά τη διάρκεια της οποίας ο ανταγωνισμός από τα γρήγορα αυξανόμενα ζιζάνια είναι έντονος. Μια πρόιμη σπορά θα επέτρεπε στην κινόα να έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα ζιζάνια δεδομένου ότι τα φυτά της κινόα μπορούν να επιτύχουν μία ικανοποιητική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Το Pigweed, το kochia, τα lambsquarters και ο ηλιάνθος είναι τα κοινά ζιζάνια σε περιοχές της Βόρειας Αμερικής όπου καλλιεργείται η κινόα, ενώ τα ζιζάνια *Parthenium C. album* και *Sysmbrium* για τις βόρειες ινδικές πεδιάδες (Bhargava et al, 2006).

Η ξήρανση του φυτού και το σκόρπισμα των φύλλων δηλώνουν το ώριμο στάδιο του φυτού. Οι σπόροι μπορούν να αλωνιστούν με τις παραδοσιακές μεθόδους όπως τα ραβδιά ή τα ζώα, καθώς επίσης και από τις αλωνιστικές μηχανές (Risi & Galwey, 1984). Ένας μύλος αερίσματος και ένας διαχωριστής βαρύτητας είναι απαραίτητοι για να αφαιρέσουν τα υπολείμματα από το σπόρο μετά τη συγκομιδή (Oelke et al., 1992). Το συγκομισμένο κινόα πρέπει να είναι τελείως ξερό πριν από την αποθήκευση.

1.8 Βιολογική γεωργία

Η αυξανόμενη τελευταία ευαισθητοποίηση του κόσμου για προστασία του φυσικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την απαίτηση μιας μεγάλης μερίδας καταναλωτών για την παραγωγή υγιεινών και ασφαλών τροφίμων, απαλλαγμένων από φυτοφάρμακα και τοξικές ουσίες, έχουν δημιουργήσει πλέον τις βασικές προϋποθέσεις για τη διάδοση των βιολογικών καλλιεργειών.

Έτσι λοιπόν, καθώς μεγαλώνει η ζήτηση βιολογικών προϊόντων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και ένα σοβαρό εμπορικό κύκλωμα αρχίζει να αναπτύσσεται, το ενδιαφέρον γι' αυτό το σύστημα παραγωγής γίνεται όλο και πιο έντονο και η βιολογική γεωργία αποτελεί πλέον μια νέα πραγματικότητα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να εξασφαλιστεί το γνήσιο της βιολογικής παραγωγής και τη σήμανση αντίστοιχα ενός προϊόντος ως "βιολογικό", ενέκρινε τον Κανονισμό 2092/91 σχετικά με το βιολογικό τρόπο παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα προϊόντα και είδη διατροφής.

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει "αγκαλιάσει" το χώρο αυτό της γεωργίας, θεσμοθετώντας κίνητρα για την παραπέρα εξάπλωσή του. Για το λόγο αυτό συμπεριλαμβάνει με σαφήνεια την έννοια της βιολογικής και στον Κανονισμό 2078/92 όπου προβλέπονται ενισχύσεις για τους αγρότες που αποφασίζουν να εφαρμόσουν τις αρχές της, με στόχο να κάνει το γεωργό εκτός από παραγωγό και έναν συνειδητοποιημένο και ευαισθητοποιημένο πολίτη σε θέματα περιβάλλοντος.

Επειδή λοιπόν τα προϊόντα της βιολογικής καλλιέργειας τυγχάνουν ιδιαίτερης εκτίμησης από τους καταναλωτές, η βιολογική γεωργία αξίζει ιδιαίτερης προσοχής και μεταχείρισης από την πολιτεία και τους οργανωμένους φορείς και μεγάλης εμβάθυνσης στις πτυχές και τη φιλοσοφία της.

Στην Ελλάδα οι βιολογικές καλλιέργειες αποτελούν μια πρόκληση. Οι ήπιες κλιματολογικές συνθήκες, η μικρότερη ρύπανση με αγροχημικά και οι οικογενειακής μορφής γεωργικές εκμεταλλεύσεις σε μικρές εκτάσεις, ευνοούν την παραγωγή βιολογικών προϊόντων με καλές οργανοληπτικές ιδιότητες που απολαμβάνουν και καλύτερες τιμές από τα συμβατικά.

Πρέπει λοιπόν η βιολογική γεωργία να αντιμετωπιστεί με ιδιαίτερη σοβαρότητα από όλους τους φορείς και με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αξιοποιηθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Είναι μια ολιστική φιλοσοφική προσέγγιση, με στόχους την παραγωγή γεωργικών προϊόντων χωρίς χημικά κατάλοιπα και την ανάπτυξη μεθόδων παραγωγής φιλικών προς το περιβάλλον με έμφαση στη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους.

Αυτό πάντως που πρέπει να επισημανθεί είναι το γεγονός πως η υιοθέτηση της διαφορετικής αυτής αντίληψης στη γεωργική παραγωγή, προϋποθέτει και τη διαμόρφωση μιας βαθιάς οικολογικής συνείδησης από πλευράς παραγωγών αλλά και προσπάθειες για να αλλάξει το μοντέλο κατανάλωσης που ακολουθείται σήμερα και δίνει έμφαση κυρίως στην εμφάνιση του προϊόντος που καταναλώνεται και λιγότερο στην ποιότητά του.

Αν θελήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό της βιολογικής γεωργίας θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα σύστημα διαχείρισης και παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται σε φυσικές διεργασίες, στη μη χρησιμοποίηση χημικών συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και στη χρήση εναλλακτικών προς τη χημική μεθόδων αντιμετώπισης εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων, καθώς και στη χρησιμοποίηση τεχνικών παραγωγής, όπως η αμειψισπορά και η ανακύκλωση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων που διατηρούν τη φυσική ισορροπία και τη γονιμότητα του εδάφους.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει η Διεθνής Ομοσπονδία Κινημάτων Βιολογικής Γεωργίας (International Federation of Organic Agriculture Movements - IFOAM), «η βιολογική γεωργία αποτελεί έναν οικολογικά, κοινωνικά και οικονομικά μακροπρόθεσμο βιώσιμο τρόπο άσκησης της γεωργίας».

Η βιολογική γεωργία βασίζεται κυρίως:

- Στην χρησιμοποίηση κατά το δυνατόν ανανεώσιμων φυσικών πόρων σε τοπικό επίπεδο, στην δυναμικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία και στη βιοποικιλότητα του οικοσυστήματος που αποτελεί και τον κύριο παράγοντα στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του.
- Στην χρησιμοποίηση ιθαγενών ανθεκτικών φυτών και φυλών ζώων που έχουν προσαρμοστεί στις τοπικές συνθήκες καθώς και στην κατάλληλη επιλογή καλλιεργητικών τεχνικών και εναλλαγή καλλιεργειών, με προτίμηση στα μεικτά συστήματα γεωργίας (συνύπαρξη φυτικής και ζωικής παραγωγής στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις).

1.9 Γενικά για τα ζιζάνια

Ετήσια είναι τα ζιζάνια που συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε χρονική διάρκεια μικρότερη από ένα έτος. Τα ζιζάνια αυτά χωρίζονται συνήθως σε χειμερινά και θερινά. Τα πρώτα (χειμερινά ζιζάνια) «φυτρώνουν το φθινόπωρο ή το χειμώνα και συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο (παράγουν σπόρο) μέχρι την άνοιξη ή τις αρχές του θέρους». Τα είδη αγριοβρώμη (*Avena sterilis*), μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine*), αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*), χαμομήλι (*Chamomilla recutita*) και κοινή παπαρούνα (*Papaver rhoeas*) είναι ορισμένα από τα σημαντικότερα ζιζάνια της κατηγορίας αυτής. Τα δεύτερα (θερινά ζιζάνια) «φυτρώνουν την άνοιξη και συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο μέχρι το φθινόπωρο». Μερικά από τα σπουδαιότερα ζιζάνια της κατηγορίας αυτής είναι τα είδη τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus*), τάτουλας (*Datura stramonium*), λουβουδιά (*Chenopodium album*), αγριομπαμπακιά (*Abutilon theophrasti*), μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*), αντράκλα ή γλυστρίδα (*Portulaca oleracea*) και αγριοτοματιά (*Solanum nigrum*) (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Διετή είναι τα ζιζάνια που συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε δύο έτη. Τα ζιζάνια αυτά αναπτύσσονται σε ροζέτα κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους, ενώ στο δεύτερο έτος ανθίζουν, παράγουν σπόρο και πεθαίνουν. Τα ζιζάνια της κατηγορίας αυτής είναι πολύ λίγα και μεταξύ αυτών ανήκουν τα είδη βερμπάσκο (*Verbascum spp.*), αγριοκαρότο (*Daucus carota*), διετές κίρσιο (*Cirsium vulgare*) και μελίλωτος (*Melilotus spp.*) (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Πολυετή είναι τα ζιζάνια που έχουν βιολογικό κύκλο μεγαλύτερο από δύο έτη. Τα περισσότερα από αυτά αναπαράγονται με σπόρο και με όργανα αγενούς αναπαραγωγής. Τα σπουδαιότερα ζιζάνια της κατηγορίας αυτής είναι τα είδη αγριάδα (*Cynodon dactylon*), κύπερη (*Cyperus spp.*), βέλιουρας (*Sorghum halepense*), περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*) και πολυετές κίρσιο (*Cirsium arvense*) (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Τα ετήσια ζιζάνια αναπαράγονται κυρίως εγγενώς (με σπόρο), ενώ τα πολυετή ζιζάνια εγγενώς και αγενώς (με κάποιο ή κάποια από τα προαναφερθέντα όργανα αγενούς αναπαραγωγής). Το ζιζάνιο γλυστρίδα (*Portulaca oleracea*), αν και είναι ετήσιο είδος, αναπαράγεται με σπόρο και με τμήματα των χοντρών σαρκωδών στελεχών του (υπέργειοι βλαστοί).

1.9.1 Ανταγωνισμός ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών

Η μεγαλύτερη ζημιά που προκαλούν τα ζιζάνια στα καλλιεργούμενα φυτά προέρχεται κυρίως από τον ανταγωνισμό για θρεπτικά στοιχεία, νερό και φως, ο οποίος έχει ως συνέπεια τη σημαντική μείωση της απόδοσης και την υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Βέβαια, πριν εξεταστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ανταγωνισμό και οι επιδράσεις που έχουν στα καλλιεργούμενα φυτά και στα ζιζάνια, είναι απαραίτητο να οριστεί επακριβώς η έννοια του όρου αυτού και μάλιστα σε σύγκριση με την έννοια του όρου της αλληλοπάθειας, η οποία λαμβάνει χώρα ταυτοχρόνως με τον ανταγωνισμό και συχνά είναι δύσκολο να διαχωριστεί από αυτόν.

Ανταγωνισμός, σύμφωνα με τον Zimdahl (2007), είναι «η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ γειτνιαζόντων φυτών (ιδίου η διαφορετικού είδους) που συμβαίνει άπαν η άμεση διαθεσιμότητα ενός πόρου (θρεπτικά στοιχεία, νερό, φως) στο περιβάλλον δεν καλύπτει τη συνδυασμένη απαίτηση των γειτνιαζόντων φυτών».

Αλληλοπάθεια, σύμφωνα με τον Rice (1984), ορίζεται «η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ φυτών (ιδίου η διαφορετικού είδους) που λαμβάνει χώρα όταν το ένα φυτό απελευθερώνει χημικές ουσίες (αλληλοπαθητικές ουσίες) στο περιβάλλον που διεγείρουν η αναστέλλουν την αύξηση των άλλων φυτών». Επομένως, με βάση τους προαναφερθέντες ορισμούς, ο ανταγωνισμός μπορεί να χαρακτηριστεί ως έμμεση μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυτών αφού συμβαίνει για κάποιο παράγοντα ή πόρο (θρεπτικά στοιχεία, νερό, φως) του περιβάλλοντος, ενώ η αλληλοπάθεια ως άμεση μορφή αλληλεπίδρασης αφού προκαλείται σε κάποιο φυτό από χημικές ουσίες που απελευθερώνονται στο περιβάλλον ανάπτυξης του από κάποιο άλλο φυτό.

Η μελέτη του φαινομένου του ανταγωνισμού είναι πολύ δύσκολη επειδή, όπως προαναφέρθηκε, λαμβάνει χώρα ταυτοχρόνως με την αλληλοπάθεια και δεν μπορεί να διαχωριστεί (απομονωθεί) από αυτή. Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που αρκετοί ερευνητές στη μελέτη της μιας εκ των δύο προαναφερθεισών μορφών αλληλεπίδρασης δεν χρησιμοποιούν τον όρο ανταγωνισμός ή αλληλοπάθεια αλλά τον όρο «παρέμβαση-παρεμπόδιση-παρεμβολή (interference)», επειδή ο όρος αυτός περιλαμβάνει και τις δύο δυσκόλως διαχωριζόμενες μορφές αλληλεπίδρασης. Βέβαια, εκτός από την προαναφερθείσα δυσκολία κατά τη μελέτη του ανταγωνισμού, είναι επίσης δύσκολο και ορισμένες φορές αδύνατο να καθοριστεί εάν ο ανταγωνισμός

γίνεται για τα θρεπτικά στοιχεία, το νερό ή το φως ή και για τους τρεις παράγοντες, οι οποίοι αναπτύσσονται παρακάτω.

1.9.2 Βιολογική γεωργία και ζιζάνια

Τα ζιζάνια συχνά θεωρούνται ως η σημαντικότερη απειλή για την βιολογική καλλιέργεια (Penfold et al., 1995; Stonehouse et al., 1996; Clark et al., 1998), και ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες μείωσης της βιολογικής παραγωγής (Bond & Grundy, 2001).

Ο φόβος μίας μη αποτελεσματικής διαχείρισης των ζιζανίων αποτελεί την μόνη ένσταση των καλλιεργητών για την μετατροπή των χωραφιών τους από χωράφια συμβατικής σε χωράφια βιολογικής καλλιέργειας (Beveridge & Naylor, 1999). Στη βιολογική γεωργία στόχος μας είναι να διατηρήσουμε μια ισορροπία μεταξύ της καλλιέργειας και της φυτοκοινωνίας των ζιζανίων. Η πλήρης εξάλειψη των ζιζανίων δεν είναι ο στόχος των βιολογικών καλλιεργητών (Blake, 1990), παρ'ότι αυτά η ύπαρξη τους στο χωράφι μπορεί να είναι ταυτόχρονα και ευλογία αλλά και πρόβλημα (Streibig, 1988).

Το κύριο πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι βιοκαλλιεργητές είναι η αύξηση των πληθυσμών των ζιζανίων. Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές βελτιώσεις και στις καλλιεργητικές μεθόδους, και στην κατασκευή νέων μηχανημάτων και στην ανάπτυξη νέων μεθόδων όπως αυτή με την χρήση ατμού (Bond & Grundy, 2001). Σε ανάλυση της σχετικής συχνότητας των ζιζανίων σε χωράφι βιολογικής καλλιέργειας, που πραγματοποιήθηκε, μετά το πέρας τριών χρόνων από τη μετατροπή του, παρατηρήθηκε αύξηση της ποσότητας των σπόρων από 4050 m⁻² έως 17320 m⁻² (Albrecht & Sommer, 1998).

Η επίδραση της βιολογικής γεωργίας στην ζιζανιοχλωρίδα έχει ερευνηθεί από πολλούς ερευνητές (van Elsen, 1999).

Σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί, φαίνεται ότι υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλομορφία στην ζιζανιοχλωρίδα σε χωράφια βιολογικής καλλιέργειας σε σύγκριση με τα χωράφια συμβατικής καλλιέργειας (Hald, 1999; Rydberg & Milberg, 2000).

Από πειράματα του van Elsen (1999) όπου σύγκρινε χωράφια βιολογικής καλλιέργειας με αντίστοιχα συμβατικής καλλιέργειας, προέκυψε ότι ο μέσος όρος των ζιζανίων στα περιθώρια, στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας κυμαινόταν στο

25 (25,5) σε σύγκριση με τον αντίστοιχο της συμβατικής καλλιέργειας που ήταν γύρω στο 16 (15,8). Αντίστοιχα στο κέντρο του χωραφιού, οι αντίστοιχες τιμές ήταν 18 (19,5) και 2 (3,2) μόνο. Η διακύμανση του αριθμού των ειδών των ζιζανίων στα περιθώρια ήταν 9-46 στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας και 2-25 στα χωράφια συμβατικής καλλιέργειας. Τα αντίστοιχα νούμερα στο κέντρο των χωραφιών ήταν 7-30 και 0-11 αντίστοιχα.

Οι οικολογικές διαφορές μεταξύ των περιθωρίων και του κέντρου του χωραφιού είναι το φως, το διαφορετικό μικροκλίμα, η συμπίεση του εδάφους, η διαφορά στην τράπεζα των σπόρων, η ικανότητα των φυτών να εισβάλλουν από γειτονικά χωράφια. (van Elsen, 1999).

Σε πειράματα του ο Hald (1999) σε καλλιέργεια δημητριακών, παρατήρησε ότι η πυκνότητα των ζιζανίων σε χωράφια συμβατικής καλλιέργειας αποτελούσε το ένα τρίτο του αντίστοιχου των χωραφιών της βιολογικής καλλιέργειας. Οι διαφορές αυτές ήταν μεγαλύτερες για πλατύφυλλα ζιζάνια όπως τα είδη του γένους Fabaceae, Brassicaceae, Polygonaceae σε σύγκριση με τα αγρωστώδη (Hald, 1999; Kay & Gregory, 1998; Moreby et al., 1994).

Στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός πολυετών ζιζανίων. Ο μεγαλύτερος αριθμός των πολυετών ζιζανίων στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας οφείλεται στο γεγονός ότι καλλιεργούνται πολυετή είδη κατά την εναλλαγή των καλλιεργειών. Αυτός είναι και ο λόγος που πολλές φορές παρατηρούνται είδη του γένους *Rumex* στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας.

Συγκρίνοντας χωράφια βιολογικής καλλιέργειας με αντίστοιχα συμβατικής καλλιέργειας, έχει αποδειχθεί ότι σε συστήματα βιολογικής καλλιέργειας ο αριθμός των υπό εξαφάνιση ζιζανίων ήταν μεγαλύτερος στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας (Albrecht, 1998). Τα πιο σπάνια εμφανιζόμενα είδη *Silene noctiflora*, *Centaruea cyanus*, *Chrysanthemum segetum*, παρατηρούνται ενίοτε στα χωράφια βιολογικής καλλιέργειας αλλά όχι στα χωράφια συμβατικής καλλιέργειας (van Elsen, 1999). Άλλα σπάνια είδη που έχουν διαπιστωθεί ότι εμφανίζονται πιο συχνά σε χωράφια βιολογικής καλλιέργειας είναι τα *Ranunculus arvensis*, *Galeopsis angustifolius* κ.α.

Η αλληλεπίδραση της καλλιέργειας με τα ζιζάνια και η δυναμική των ζιζανίων μπορεί να επηρεαστεί από το πρόγραμμα της λίπανσης. Στα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας το πρόγραμμα λίπανσης στηρίζεται στα οργανικά λιπάσματα, τα οποία απελευθερώνουν θρεπτικά στοιχεία (κυρίως N) με ένα βραδύ ρυθμό σε σύγκριση με τα ανόργανα (Magdoff, 1995). Ο ρυθμός απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων

εξαρτάται από την αναλογία Ο: Ν της πηγής, τις ιδιότητες του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, τον τρόπο ενσωμάτωσης, τα οποία καθορίζουν την ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας που είναι ενσωματωμένη στο έδαφος (Mayrand., 1993). Η γρήγορη απελευθέρωση των θρεπτικών στοιχείων ευνοεί τα ζιζάνια και αυτό γιατί έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν τα θρεπτικά στοιχεία στα αρχικά στάδια ανάπτυξης τους πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με τα φυτά της καλλιέργειας (Jornsgard et al., 1996; Liebman & Davis, 2000), ένα χαρακτηριστικό που φαίνεται ότι λειτουργεί σαν ένα επιπλέον χαρακτηριστικό ανταγωνιστικότητας όταν η αρχική πυκνότητα των ζιζανίων είναι μεγάλη (Di Tomaso, 1995). Παρόλο που η αργή απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων δεν οδηγεί σε αύξηση της ανταγωνιστικότητας των ζιζανίων (Paul & Beauchamp, 1993; Liebman & Davis, 2000), μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη ζιζανίων που βλαστάνουν αργότερα και συμβάλλουν στην αναπλήρωση της τράπεζας σπόρων τα επόμενα χρόνια. Παρόμοια αντίδραση έχει παρατηρηθεί στο ζιζάνιο *Stellaria media* L. (Bastiaans & Drenth, 1999). Παρόλ' αυτά ο McCloskey et al. (1996) παρατήρησε μείωση του πληθυσμού *Stellaria media* L. κατά την διάρκεια 3 χρόνων όπου γινόταν εφαρμογή κοπριάς πουλερικών. Οι ίδιοι επιστήμονες παρατήρησαν αρνητική επίδραση της οργανικής λίπανσης στο είδος *Sinapis arvensis* L. ενώ ο πληθυσμός του *Gallium aparine* L. αυξήθηκε. Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν παρατηρηθεί αντικρουόμενα συμπεράσματα γι' αυτό καλό θα είναι να αποφεύγεται η γενίκευση των συμπερασμάτων για την επίδραση των οργανικών λιπασμάτων καθώς μπορεί να διαφέρει ανάλογα με α) την πηγή της οργανικής ουσίας β) τις κλιματικές συνθήκες γ) και την αφθονία των ειδών μέσα στην κοινωνία των ζιζανίων. Επίσης οργανικά λιπάσματα μπορούν να αποτελέσουν πηγή για να εισχωρήσουν σπόροι ζιζανίων στο καλλιεργούμενο χωράφι (Barberi, 2001). Οι Pleasant & Schlater (1994) παρατήρησαν ότι σε ένα κιλό κοπριάς βοειδών υπήρχαν παραπάνω από σαράντα δύο ζωτικοί σπόροι του είδους *Chenopodium album* L. Η χρήση των ζυμωμένων υποστρωμάτων μπορεί να αμβλύνει αυτό το πρόβλημα, και αυτό γιατί οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης είναι ικανές να αδρανοποιήσουν οποιοδήποτε σπόρο (De Luca & De Luca, 1997). Για να μειωθεί η ζωτικότητα των σπόρων απαιτείται η θερμοκρασία να διατηρείται στους 46 °C (Nishida et al., 1998), ενώ φαίνεται ότι η διάρκεια της κομποστοποίησης επηρεάζει λιγότερο (Ozores-Hampton et al., 1999).

Επίσης η αλληλεπίδραση καλλιέργειας και ζιζανίων και η δυναμική των ζιζανίων επηρεάζεται και από την διαχείριση της λίπανσης (Barberi, 2001).

Η αναγκαιότητα της έρευνας της αλληλεπίδρασης καλλιέργειας - ζιζανίων ισχυροποιείται και από την παρατήρηση ότι η διαχείριση της θρέψης στην βιολογική καλλιέργεια εξαρτάται και από το σύστημα κατεργασίας που χρησιμοποιείται, καθώς κάποια οργανικά πρόσθετα (π.χ. κοπριά) θα πρέπει να τοποθετούνται σε οργωμένα χωράφια ενώ άλλα (π.χ. καλλιέργειες κάλυψης) σε χωράφια που έχουν υποστεί μειωμένη κατεργασία. Ετήσια είδη όπως *Alopecurus myosuroides* Huds. (Cousens & Moss, 1990) και το *Bromus sterillis* L. (Froud-Williams, 1983), αναμένεται να αυξηθεί ο πληθυσμός τους με επιφανειακή ενσωμάτωση της οργανικής ουσίας στο έδαφος, και αυτό λόγω του ότι περιορίζεται η αδυναμία των σπόρων για την ανάδυση των φυτών. Η αλληλεπίδραση της καλλιέργειας με τα ζιζάνια καθώς επίσης και η δυναμική των ζιζανίων είναι οι προϋποθέσεις για την επιτυχημένη διαχείριση των ζιζανίων (Barberi, 2001).

Στα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας επιτρέπονται οι προ- και μεταφυτρωτικοί μηχανικοί τρόποι αντιμετώπισης των ζιζανίων, ο θερμικός τρόπος αντιμετώπισης, η χρήση πλαστικών και η χρήση αποικοδομημένων επιστρωμάτων. Παρόλ' αυτά συνιστάται η χρήση των καλλιεργητικών τρόπων αντιμετώπισης ούτως ώστε να περιορίσουμε την άμεση παρέμβαση στο ελάχιστο (Woodward & Lampkin, 1990). Ωστόσο πολλές φορές υπάρχει σύγκρουση όταν καλλιεργούμε νωρίς βοσκότοπους, με στόχο να διαχειριστούμε τα ζιζάνια, ενδέχεται να υπάρχει ο κίνδυνος της έκπλυσης των νιτρικών από το έδαφος (Mattisson et al., 1990; Colquhoun & Bellinder, 1996), και εντατική καλλιέργεια για να καταπολεμήσουμε τα μεγαλύτερα ζιζάνια μπορεί να οδηγήσει στη καταστροφή της δομής του εδάφους (Mattisson et al., 1990; Colquhoun & Bellinder, 1996). Παρόλ' αυτά η ανοργανοποίηση του εδαφικού αζώτου μετά την καλλιέργεια, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα επιπλέον πλεονέκτημα για την περαιτέρω ανάπτυξη της καλλιέργειας (Smith et al., 1994).

1.10 Αλληλοπάθεια ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών

Τα ζιζάνια και τα καλλιεργούμενα φυτά δεν ανταγωνίζονται μόνο μεταξύ τους για τα θρεπτικά στοιχεία, νερό και φως, αλλά μερικά από αυτά παράγουν και παράγουν και απεκκρίνουν ορισμένες ουσίες στο περιβάλλον τους, οι οποίες προκαλούν αναστολή ή διέγερση στο φύτρωμα των σπόρων ή/και στην αύξηση άλλων φυτών

(Rice, 1984; Putnam και Tang, 1986; Rizvi και Rizvi, 1992; Radosevich κ.ά., 1797; Aldrich και Kremer, 1997; Inderjit και Keating, 1999; Narwal, 1999; Vyvyan, 2002). Η πρώτη αναφορά ύπαρξης τέτοιας αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυτών έγινε από τον Θεόφραστο (300 π.Χ.), ενώ ο Δημόκριτος πολλά χρόνια πριν είχε αναφέρει ότι η αντιμετώπιση ορισμένων δενδρωδών ζιζανίων γινόταν με εφαρμογή στις ρίζες τους ενός μίγματος από άνθη ενός είδους λούπινου (*Lupinus spp.*) και χυμού του δηλητηριώδους ζιζανίου κώνειο (*Conium maculatum*) (Rizvi και Rizvi, 1992). Βέβαια, σύμφωνα με τους Inderjit και Keating (1999), η πρώτη επιστημονική διαπίστωση αυτής της μορφής αλληλεπίδρασης έγινε από τον Massey το 1925, όταν βρήκε ότι η ανάπτυξη φυτών τομάτας, πατάτας και μηδικής ήταν αδύνατη κάτω από δένδρα της μαύρης καρυδιάς (*Juglans nigra*) εξαιτίας της απελευθέρωσης κάποιων τοξικών ουσιών από αυτά τα δένδρα, οι οποίες προκαλούσαν αρχικώς μάρανση, στη συνέχεια ξήρανση και τελικώς νέκρωση στα αναπτυσσόμενα φυτά. Επίσης, σύμφωνα με τις ίδιες πηγές (Inderjit & Keating, 1999), ο Davis το 1928 συνέβαλε ακόμη περισσότερο στην κατανόηση αυτού του φαινομένου αφού βρήκε ότι η τοξική επίδραση των φυτών της μαύρης καρυδιάς στα φυτά της μηδικής και της τομάτας οφειλόταν στην ουσία γιουγκλόνη (juglone, προέρχεται από το *Juglans*), η οποία παράγεται εντός των φυτών της καρυδιάς και ακολούθως απεκκρίνεται από τις ρίζες τους στο περιβάλλον.

Ο όρος αλληλοπάθεια εισήχθηκε για πρώτη φορά στην επιστήμη από τον Γερμανό Hans Molisch το 1937 για να περιγράψει χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυτών, ενώ ο πρώτος ορισμός για την αλληλοπάθεια δόθηκε από τον Rice το 1984. Σύμφωνα με τον ορισμό του Rice (1984), ο οποίος προαναφέρθηκε στην ενότητα του ανταγωνισμού, αλληλοπάθεια είναι «η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ φυτών (ιδίου ή διαφορετικού είδους) που λαμβάνει χώρα όταν το ένα φυτό απελευθερώνει χημικές ουσίες (αλληλοπαθητικές ουσίες) στο περιβάλλον που διεγείρουν ή αναστέλλουν την αύξηση άλλων φυτών» ή κατά το συντομότερο «η αρνητική ή θετική επίδραση ενός φυτού (η/και μικροοργανισμού) σε άλλα φυτά μέσω της απελευθέρωσης χημικών ουσιών (αλληλοπαθητικών ουσιών) στο περιβάλλον». Ο όρος αλληλοπάθεια (allelopathy), κατά τον Zimdahl (2007), είναι σύνθετη ελληνική λέξη και προέρχεται από τη λέξη «allelo ή allelon (αλλήλων ή κάτι που λαμβάνει χώρα μεταξύ ατόμων)» και από τη ρίζα «pathos (πάθος = έντονο συναίσθημα που προκαλείται από άλλον = υποφέρω)». Επομένως, κατά την ερμηνεία του Zimdahl (2007), η αλληλοπάθεια είναι μια μορφή αρνητικής επίδρασης που υφίσταται ένα φυτό (υποφέρει) εξαιτίας των

τοξικών ουσιών (αλληλοπαθητικών ουσιών) που εκκρίνονται στο περιβάλλον ανάπτυξης του από κάποιο άλλο φυτό.

Οι Aldrich και Kremer (1997), σε αντίθεση με τον γενικό ορισμό του Rice (1984), αναφέρουν ότι «η αναστολή του φυτρώματος των σπόρων ή/και της αύξησης ορισμένων φυτών από τοξικές ουσίες που απελευθερώνονται στο περιβάλλον από φυτά του ιδίου και όχι άλλου είδους» δεν είναι αλληλοπάθεια αλλά αυτοπάθεια ή αυτοτοξικότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτοτοξικότητας είναι η περίπτωση της μη επιτυχούς εγκατάστασης νέου ροδακινεώνα σε αγρό παλαιού ροδακινεώνα (εξαιτίας της απελευθέρωσης αλληλοπαθητικών ουσιών στο περιβάλλον κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των ριζών των δένδρων της προηγούμενης καλλιέργειας), νέας μηδικής μετά από καλλιέργεια μηδικής ή νέας καλλιέργειας σπαραγγιού μετά από καλλιέργεια σπαραγγιού (Putnam & Tang, 1986; Rizvi & Rizvi, 1992; Inderjit & Keating, 1999; Narwal, 1999; Bashi κ.ά., 2001).

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες ορισμένων φυτών διεγείρουν και δεν αναστέλλουν το φυτόρωμα των σπόρων κάποιων άλλων φυτών (Vyvyan, 2002). Για παράδειγμα, οι ουσίες sorgoleone, alectrol και orobanchol, οι οποίες παράγονται αντιστοίχως εντός των φυτών των καλλιεργούμενων ειδών *Sorghum bicolor* (σόργο), *Vigna unguiculata* (είδος φασολιού) και *Trifolium pratense* (λειμώνιο τριφύλλι), διεγείρουν (σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις) και δεν αναστέλλουν το φυτόρωμα των σπόρων των παρασιτικών ζιζανίων *Striga*, *Alectra* και *Orobanche*. Αυτό σημαίνει ότι οι ουσίες αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μέσα αντιμετώπισης των τριών προαναφερθέντων παρασιτικών ζιζανίων, αφού η εφαρμογή τους μπορεί να διεγείρει το φυτόρωμα των σπόρων τους στην απουσία των ξενιστών τους και να προκαλέσει ως εκ τούτου τη νέκρωση τους λόγω της μη ύπαρξης των ξενιστών τους για παρασιτισμό. Το φυτόρωμα αυτών των σπόρων εξαιτίας της εφαρμογής των προαναφερθεισών ουσιών χαρακτηρίζεται και ως «φυτόρωμα αυτοκτονίας».

1.10.1 Βιοσύνθεση, χημεία και μηχανισμός δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών

Οι περισσότερες από τις αλληλοπαθητικές ουσίες είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού που βιοσυντίθενται σε διάφορα όργανα του φυτού (φύλλα, ρίζες, βλαστοί, άνθη και καρποί ή σπόροι). Βέβαια, σύμφωνα με τα δεδομένα του Rice (1984), τα παλαιότερα φύλλα των φυτών του ηλίανθου παράγουν μεγαλύτερες

ποσότητες αλληλοπαθητικών ουσιών (1139 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους) και ακολουθούν τα νεότερα φύλλα (737 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους), οι βλαστοί (383 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους) και οι ρίζες (303 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους).

Η ποσότητα των παραγόμενων αλληλοπαθητικών ουσιών εντός των φυτών επηρεάζεται σημαντικά από τους εδαφοκλιματολογικούς παράγοντες και μάλιστα τα φυτά παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αυτών των ουσιών όταν αναπτύσσονται σε αντίξοες συνθήκες (καταπόνησης) [1) έντονη ηλιακή ακτινοβολία, 2) έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, 3) έλλειψη εδαφικής υγρασίας, 4) υψηλή θερμοκρασία, 5) χαμηλή θερμοκρασία, 6) εφαρμογή φυτορρυθμιστικών ουσιών, 7) προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς και έντομα] (Rice, 1984; Aldrich & Kremer, 1997). Ειδικότερα, τα φυτά του ηλιάνθου έδειξαν ότι παράγουν 15 και 16 φορές μεγαλύτερες ποσότητες χλωρογενικού και ισοχλωρογενικού οξέος (αλληλοπαθητικών ουσιών), αντιστοίχως, όταν αναπτύσσονται σε συνθήκες έλλειψης αζώτου και νερού.

Οι περισσότερες αλληλοπαθητικές ουσίες ανήκουν από χημικής πλευράς στις φαινολικές ουσίες, στα τερπένια και στις αζωτούχες ενώσεις.

Οι φαινολικές ουσίες περιλαμβάνουν απλές φαινόλες, παράγωγα υδροξυβενζοϊκού, ακετοφαινόλες, παράγωγα οξικού φαινυλίου, παράγωγα υδροξυκινναμικού φαινυλοπροπανίου, κουμαρίνες, ναφθακινόνες, ξανθόνες, ανθρακινόνες, στυλβένια, λιγνάνες, φλαβονοειδή, διφλαβονοειδή, μελανίνες της κατεχόλης, υδρολυόμενες ταννίνες, λιγνίνες και συμπυκνωμένες ταννίνες (Inderjit & Keating, 1999).

Οι χαρακτηριστικότεροι εκπρόσωποι της ομάδας των τερπενίων (αποτελούν τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων) είναι το ισοπρένιο, τα μονοτερπένια (μενθόλη, καμφορά κ.ά.), σεσκιτερπένια (πλαστοκινόνη, αμπισικό κ.ά.), διτερπένια (φυτόλη, γιββερελικό κ.ά.), τριτερπένια (στεροειδή, σαπωνίνες), τετρατερπένια (φυτοένιο, καρτενοειδή) και τα πολυτερπένια (κόμμεα, γουταρπένια).

Η ομάδα των αζωτούχων ενώσεων περιλαμβάνει τα αλκαλοειδή, τις μεταλαίνες, τα μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, τις αμίνες, τα κυανογόνα γλυκοζίδια, τα θειογλυκοζίδια και τις πρωτεΐνες.

Η βιοσύνθεση των περισσότερων φαινολικών ουσιών γίνεται μέσω των οδών του σικιμικού οξέος (παράγονται και τα αρωματικά αμινοξέα φαινυλαλανίνη, τυροσίνη και τρυπτοφάνη) και του μηλονικού οξέος, ενώ η βιοσύνθεση των περισσότερων τερπενίων γίνεται μέσω της οδού του μεβαλονικού οξέος.

Ορισμένες αλληλοπαθητικές ουσίες που απομονώθηκαν από καλλιεργούμενα ή αυτοφυή φυτά και προσδιορίστηκαν χημικώς είναι οι παρακάτω (Aldrich & Kremer, 1997; Inderjit & Keating, 1999; Batish κ.ά., 2001; Vyvyan, 2002; Cornes, 2006):

- Αγκροστεμίνη (agrostemin): απομονώθηκε από φυτά του ζιζανίου γόγγολη (*Agrostema githago*).
- Βενζοξαζίνη ή βενζοξαζινόνη (DIBOA): απομονώθηκε από φυτά σίκαλης (*Secale cereale*) και σιταριού (*Triticum aestivum*).
- Βενζοξαζολινόνη (BOA): απομονώθηκε από φυτά σίκαλης και σιταριού.
- Γιουγκλόνη (juglone): κινόνη που απομονώθηκε από φυτά μαύρης καρυδιάς (*Juglans nigra*).
- Γκοσυπόλη (gossypol): απομονώθηκε από φυτά βαμβακιού (*Gossypium hirsutum*).
- Γκραμίνη ή χορντεμίνη (gramine, hordemine): απομονώθηκε από φυτά κριθαριού (*Hordeum vulgare*).
- Λεπτοσπερμόνη (leptospermone): τρικετόνη που απομονώθηκε από φυτά των ειδών *Callistemon citrinus* και *Leptospermum scoparium*.
- Σκοπολετίνη (scopoletin): κουμαρίνη που απομονώθηκε από φυτά αγριοβρώμης (*Avena fatua*), βρώμης (*Avena sativa*), κριθαριού και σιταριού.
- Σοργολεόνη (sorgoleone): υδροκινόνη που απομονώθηκε από φυτά σόργου (*Sorghum bicolor*).

Ο μηχανισμός δράσης ορισμένων αλληλοπαθητικών ουσιών είναι παρόμοιος με εκείνο των ήδη χρησιμοποιούμενων ζιζανιοκτόνων, ενώ άλλων ουσιών διαφέρει πλήρως και συνδέεται με νέες θέσεις ή φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών. Ειδικότερα, οι μελετηθείσες αλληλοπαθητικές ουσίες έδειξαν ότι αναστέλλουν 1) την επιμήκυνση των κυττάρων, 2) τη φωτοσύνθεση, 3) την αναπνοή, 4) την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, 5) το μεταβολισμό των πρωτεϊνών, 6) τη βιοσύνθεση των νουκλεϊκών οξέων (RNA πολυμεράση), 7) τη βιοσύνθεση των λιπιδίων (ακέτυλο-CoA τρανσκυκλάση), 8) το άνοιγμα των στοματίων, 9) τη δράση των ορμονών, 10) τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών (H^+ -ATPase, NADH οξειδάση), 11) τη φελλοποίηση και απόφραξη των αγγείων, 12) τη βιοσύνθεση αμινοξέων (συνθετάση της γλουταμίνης, αμινοτρανφεράση του ασπαρτικού) και 13) τη βιοσύνθεση χρωστικών (ALA συνθετάση) (Aldrich και Kremer, 1997; Vyvyan, 2002).

Η γνώση του τρόπου βιοσύνθεσης των αλληλοπαθητικών ουσιών και ειδικότερα των ενζύμων (γονιδίων μέσω των οποίων κωδικοποιούνται τα ένζυμα) που καταλύουν τις επιμέρους αντιδράσεις κατά τη βιοσύνθεση τους είναι απαραίτητη επειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της αλληλοπαθητικής ικανότητας ορισμένων φυτών μέσω της γενετικής βελτίωσης ή/και της γενετικής μηχανικής. Επίσης, η γνώση της χημείας και του μηχανισμού δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών είναι απαραίτητη επειδή αποτελεί στοιχείο απόδειξης της αλληλοπαθητικής ικανότητας ενός φυτού αλλά και διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την ανάπτυξη νέων ζιζανιοκτόνων.

1.10.2 Διερεύνηση της αλληλοπάθειας

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες απελευθερώνονται από τα φυτά στο περιβάλλον άμεσα ή έμμεσα. Ειδικότερα, η άμεση απελευθέρωση αυτών των ουσιών γίνεται μέσω εξάτμισης από τα φύλλα, απέκκρισης από τις ρίζες ή έκπλυσης από τα φύλλα των φυτών και από τα φυτικά τους υπολείμματα (με το νερό της βροχής). Αντιθέτως, η έμμεση απελευθέρωση των αλληλοπαθητικών ουσιών από τα φυτά λαμβάνει χώρα κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των φυτικών τους υπολειμμάτων. Επομένως, για το φαινόμενο της αλληλοπάθειας των φυτών μπορεί πλέον να λεχθεί ότι η αναστολή του φυτρώματος και της αύξησης ενός καλλιεργούμενου φυτού ή ζιζανίου λαμβάνει χώρα μέσω της απελευθέρωσης κάποιων χημικών ουσιών από ζωντανούς ή αποδομούμενους ιστούς άλλων φυτών (διαφορετικού είδους).

Η διερεύνηση του φαινομένου της αλληλοπάθειας, όπως προαναφέρθηκε, είναι πολύ δύσκολη επειδή λαμβάνει χώρα ταυτοχρόνως με τον ανταγωνισμό αλλά και επειδή κυρίως δεν μπορεί να διαχωριστεί (απομονωθεί) από αυτόν. Για παράδειγμα, η αρνητική επίδραση στο φυτό και στην ανάπτυξη ενός ζιζανίου από φυτικά υπολείμματα ενός αλληλοπαθητικού καλλιεργούμενου φυτού μπορεί να είναι αποτέλεσμα της τοξικής επίδρασης των αλληλοπαθητικών ουσιών (οι οποίες απελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των υπολειμμάτων) ή/και της έλλειψης θρεπτικών στοιχείων (ανταγωνισμός) ως συνέπεια της χρήσης τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους κατά την αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων (Aldrich και Kremer, 1997). Επίσης, η αλληλοπάθεια των φυτικών υπολειμμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις δεν εκδηλώνεται σε κάποιο φυτό επειδή επισκιάζεται από την επίδραση των αλλαγών των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών

του εδάφους (δομή, υγρασία, γονιμότητα, μικροβιακή δραστηριότητα), οι οποίες προκαλούνται από την ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων τέτοιων φυτικών υπολειμμάτων. Επιπροσθέτως, η εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων επί των αλληλοπαθητικών ουσιών των φυτών συχνά είναι αδύνατη επειδή η ακολουθούμενη διαδικασία της απομόνωσης αυτών των ουσιών παρέχει ουσίες διαφορετικές από εκείνες που παράγονται εντός των φυτών. Τέλος, η σύγκριση των αποτελεσμάτων της αλληλοπάθειας από τις περισσότερες δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες είναι αδύνατη εξαιτίας των διαφορετικών τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν στις εργασίες αυτές.

1.11 Αξιοποίηση της αλληλοπάθειας στη γεωργία

Η αλληλοπάθεια, παρά την προαναφερθείσα αδυναμία μελέτης και επακριβούς προσδιορισμού της, είναι σημαντικότερη μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών από ότι ο ανταγωνισμός, αφού μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση και τον τρόπο κατανομής των ζιζανίων, το μέγεθος της ζημιάς στα καλλιεργούμενα φυτά αλλά και τη δυνατότητα επιλογής των καλλιεργούμενων φυτών κατά την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς (Qasem και Foy, 2001). Επίσης, στην περίπτωση των αλληλοπαθητικών ζιζανίων με αντιμυκητολογικές ή/και αντιβακτηριακές ιδιότητες, αυτή μπορεί να συμβάλει στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση ορισμένων ασθενειών των καλλιεργούμενων φυτών.

1.11.1 Ζιζάνια με αλληλοπάθεια εναντίον άλλων ζιζανίων

Η αλληλοπαθητική δράση ορισμένων ζιζανίων εναντίον άλλων ζιζανίων μπορεί να έχει αρνητικές αλλά και θετικές προεκτάσεις στη γεωργία (Qasem και Foy, 2001). Για παράδειγμα, η εξάπλωση σε ένα βοσκότοπο ενός αλληλοπαθητικού είδους μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα βόσκησης ή να καταστήσει το βοσκότοπο απαγορευτικό για βόσκηση, αντιστοίχως. Αυτό συνέβη με το είδος *Aristida oligantha*, το οποίο, αν και είναι λιγότερο ανταγωνιστικό από άλλα είδη φυτών, επεκράτησε σε μια περιοχή εξαιτίας της αλληλοπαθητικής του επίδρασης, η οποία ήταν ισχυρότερη από την ανταγωνιστική επίδραση των ήδη εγκαταστημένων ανταγωνιστικότερων αλλά μη αλληλοπαθητικών ειδών (Aldrich και Kremer, 1997). Βέβαια, η επέκταση ενός τέτοιου είδους με αλληλοπαθητική επίδραση εναντίον των ανταγωνιστικότερων

ζιζανίων και όχι εναντίον ενός καλλιεργούμενου φυτού είναι επιθυμητή στο γεωργό επειδή περιορίζει τη ζημιά του καλλιεργούμενου φυτού από τον ανταγωνισμό των ανταγωνιστικότερων ζιζανίων.

Τα ζιζάνια με αλληλοπαθητική δράση εναντίον άλλων ζιζανίων, σύμφωνα με την ανασκόπηση των Qasem και Foy (2001), είναι περισσότερα από εξήντα και μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και ορισμένα είδη που είναι κοινά στη χώρα μας.

Τα προαναφερθέντα δείχνουν ότι η αλληλοπάθεια των ζιζανίων μπορεί να προκαλέσει αλλαγή της σύνθεσης των ειδών σε μία περιοχή. Βέβαια, η ιδιότητα αυτή μπορεί να επηρεάσει και τον τρόπο κατανομής και εμφάνισης των ζιζανίων στον αγρό. Αυτό πράγματι συμβαίνει με τα περισσότερα πολυετή ζιζάνια, τα οποία εμφανίζονται στον αγρό κατά κηλίδες λόγω κυρίως της ήδη επιβεβαιωθείσας αλληλοπαθητικής τους δράσης (αναστέλλει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων) και δευτερευόντως λόγω της περιορισμένης ικανότητας διασποράς τους μέσω των οργάνων αγενούς αναπαραγωγής τους.

1.11.2 Ζιζάνια με αλληλοπαθητική δράση εναντίον καλλιεργούμενων φυτών

Η αλληλοπαθητική δράση των ζιζανίων εναντίον ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών έχει μεγάλη σπουδαιότητα για τη γεωργία αφού περιορίζει τη δυνατότητα επιλογής των καλλιεργούμενων φυτών κατά την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση μεγάλης ποσότητας φυτικών υπολειμμάτων του ζιζανίου αγρόπυρο ή έλυμος [*Elytrigia* (*Agropyron*, *Elymus*) *repens*] καθιστά αδύνατη την εγκατάσταση των καλλιεργούμενων φυτών μηδικής, λιναριού, κριθαριού, βρώμης και σιταριού επειδή μειώνει κατά 52-81% το φύτερωμα των σπόρων και τον αριθμό των φυτών που τελικώς επιβιώνουν (Aldrich & Kremer, 1997). Βεβαίως, εκτός από το προαναφερθέν ζιζάνιο, τα διεθνή δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχουν περισσότερα από 200 είδη ζιζανίων με αλληλοπαθητική επίδραση σε καλλιεργούμενα φυτά (Qasem & Foy, 2001) και μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και ορισμένα είδη που είναι κοινά στη χώρα μας.

1.12 Διαπίστωση της αλληλοπάθειας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν είναι πάντοτε εύκολο να γίνουν αντιληπτά, ώστε να αντιμετωπισθούν ή να αξιοποιηθούν κατά περίπτωση, πολλά αλληλοπαθητικά

φαινόμενα. Έτσι έχει αναπτυχθεί σήμερα μια ορισμένη μεθοδολογία ώστε να διαπιστώνεται επιστημονικά κάθε περίπτωση αλληλοπάθειας. Στις μεθόδους που ακολουθούνται για το σκοπό αυτό περιλαμβάνονται (Πασπάτης, 1998):

1. Πειράματα αγρού

Με τέτοια πειράματα γίνεται δυνατό να διαπιστωθούν φαινόμενα αλληλεπίδρασης διαφόρων ειδών φυτών. Ακολουθούν άλλα πειράματα για την ταυτοποίηση του είδους της αλληλεπίδρασης (ανταγωνισμός, αλληλοπάθεια). Επίσης μελετάται η επίδραση των υπολειμμάτων μιας καλλιέργειας στην ανάπτυξη φυτών που σπέρνονται μετά από αυτήν. Στα πειράματα αγρού πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη όλοι οι πιθανοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την εμφάνιση μιας αλληλοπάθειας όπως τα μικρόβια, το φως κ.ά.

2. Πειράματα στο θερμοκήπιο και στο εργαστήριο

Οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες σε θέματα αλληλοπάθειας επικεντρώνονται σε περιπτώσεις που έχουν διαπιστωθεί ή υπάρχουν βάσιμες υποψίες για αυτό, από παρατηρήσεις στον αγρό. Ακόμα και πολύ εμφανείς περιπτώσεις αλληλοπάθειας χρειάζεται επαλήθευση στο εργαστήριο. Ανάλογα με το πιθανολογούμενο αλληλοχημικό εφαρμόζονται στο εργαστήριο διάφορες μέθοδοι. Για πτητικές ουσίες π.χ. παίρνουν από το άμεσο περιβάλλον του φυτού δείγματα αέρα ενώ για εξωκυτταρικές εκκρίσεις παίρνονται εκπλύματα φυτών από φύλλα, κλαδιά ή ρίζες. Επίσης και έδαφος μπορεί να παίρνεται σαν δείγμα και να χρησιμοποιείται σαν πηγή αλληλοχημικών.

Δεν μπορεί όμως το έδαφος να αποτελέσει σίγουρη πηγή αλληλοχημικών που είναι εκκρίματα ριζών αφού είναι γνωστό ότι η παραλαβή οργανικών ουσιών από το έδαφος είναι γενικά πολύ δύσκολη, ενώ μπορεί να σχηματιστούν άλλες ενώσεις κατά τη διαδικασία της παραλαβής.

Έχουν αναπτυχθεί και αναφέρονται στη σχετική με το θέμα βιβλιογραφίες πολλές μέθοδοι για την έκπλυση από το έδαφος ή τη συλλογή αλληλοχημικών από το ριζικό σύστημα φυτών για περαιτέρω ανάλυση και αξιοποίηση τους.

3. Χημική ανάλυση

Για να λυθούν τα δύσκολα προβλήματα που ανακύπτουν κατά απομόνωση και τον προσδιορισμό των αλληλοχημικών απαιτείται η χρησιμοποίηση των πλέον συγχρόνων μεθόδων και οργάνων αναλυτικής χημείας.

4. Προσθετικά και συνεργιστικά φαινόμενα

Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να καταβάλλεται ώστε να γίνει ξεκάθαρο το αν μία μόνο ουσία είναι υπεύθυνη για την αλληλοπάθεια ή περισσότερες που δρουν προσθετικά ή συνεργιστικά.

5. Επιστροφή στο εδαφικό σύστημα

Για την επιβεβαίωση μιας περίπτωσης αλληλοπάθειας πρέπει να εξασφαλιστεί η δράση του απομονωθέντος αλληλοχημικού μετά τη προσθήκη του στο εδαφικό σύστημα και στην αναλογία που έχει αρχικά απομονωθεί. Αυτό αντιμετωπίζει πολλές δυσκολίες λόγω των περιπτώσεων διασπάσεως ή εκπλύσεως των αλληλοχημικών.

1.13 Αλληλοπαθητικά ζιζάνια

Οι προκαλούμενες από τα ζιζάνια των διάφορων καλλιεργειών ζημιές συχνά οφείλονται και σε ανταγωνισμό και σε αλληλοπάθειες και γενικά μελέτες στον αγρό δεν μπορούν να ξεχωρίσουν ποτέ δρα κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες. Έχει πάντως αναφερθεί αλληλοπαθητικό δυναμικό για παραπάνω από 70 είδη ζιζανίων. Σε αυτά περιλαμβάνονται πολλά δυσεξόντωτα είδη και πολλά από αυτά που προκαλούν μεγάλες οικονομικές ζημιές στις διάφορες καλλιέργειες (Einhelling, 1985).

Ένα από τα πιο μελετημένα αλληλοπαθητικά ζιζάνια είναι το τροπικό αμερικανικό είδος *Parthenium hysterophorus* το οποίο έχει καταλάβει πολλές καλλιεργούμενες εκτάσεις της Ινδίας. Από αυτό έχουν απομονωθεί πολλά αλληλοχημικά περιλαμβανομένων των καφεϊκού, βανιλικού, φερουλικού, χλωρογενικού και ανισικού οξέος καθώς και της σεσκιτερπενικής λακτόνης parthenia. Αλληλοπαθητικές ιδιότητες έχουν τόσο το υπέργειο όσο και το υπόγειο μέρος του ζιζανίου. Αποξηραμένα φύλλα *Parthenium* όταν ενσωματωθούν στο έδαφος μειώνουν τις αποδόσεις τόσο της τομάτας όσο και των φασολιών ενώ παρεμποδίζεται και σχηματισμός φυματίων των συμβιωτικών αζωτοβακτηρίων στις ρίζες των ψυχανθών.

Η αύξηση του αραβοσίτου παρεμποδίζεται από υπολείμματα ριζών και έκπλυμα ολόκληρων φυτών του ζιζανίου *Setaria faberii*, καθώς επίσης και από ριζικά υπολείμματα των *Setaria glaura* και *Digitaria sanguinalis*, ριζώματα και υπολείμματα του *Agropyron repens*, του *Abutilon theophrasti* και του *Cyperus esculentus*. Ο βέλιουρας επίσης (*Sorghum halepense*) είναι ένα ζιζάνιο με αλληλοπαθητικές ιδιότητες έναντι πολλών καλλιεργούμενων φυτών, ενώ ενδιαφέρον από πλευράς τέτοιων ιδιοτήτων παρουσιάζουν και τα ζιζάνια *Rumex crispus*, *Ambrosia trifida*, *Xanthium strumarium*, *Helianthus tuberosus* και *Kochia scoraria*. Υδατικά εκχυλίσματα από τα ζιζάνια αυτά προκαλούν παρεμπόδιση της ανάπτυξης φυταρίων σόργου.

Πολλά αλληλοπαθητικά ζιζάνια έχει βρεθεί ότι τροποποιούν την ανόργανη θρέψη των φυτών και αυτή η δράση σε μια καλλιέργεια μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλότερες αποδόσεις (Einhelling, 1985).

1.13.1 Αλληλοπαθητικά φαινόμενα μεταξύ καλλιεργειών

Στις σχέσεις μεταξύ των καλλιεργειών περιλαμβάνονται και η αυτοτοξικότητα (autotoxicity, shelf inhibition) μεταξύ φυτών του ίδιου είδους και τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει η μια καλλιέργεια πάνω στην άλλη. Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να είναι υποκινητικά ή παρεμποδιστικά της αύξησης.

Οι γεωργοί είναι πολλές φορές σε θέση να γνωρίζουν για πόσα χρόνια μπορεί να αποδίδει ικανοποιητικά μια καλλιέργεια στο ίδιο χωράφι. Από κει και πέρα λένε ότι «αδυνάτισε» το χωράφι, γιατί η απόδοση, παρ' όλες τις φροντίδες, αρχίζει και πέφτει. Το πρόβλημα αυτό που παρουσιάζεται σε πολλά ψυχανθή μπορεί να οφείλεται στην αλληλοπάθεια. Στην περίπτωση του *Trifolium pretense* ισοφλαβονοειδείς τοξίνες καθώς και τοξίνες φαινολικού οξέος είναι αναμεμειγμένες στην εμφάνιση του προβλήματος.

Διαταραχές στην απορρόφηση του φωσφόρου φαίνεται ότι συντελούν στο «αδυνάτισμα» του εδάφους όπου καλλιεργείται το *Trifolium alexandrinum* ενώ αυτοτοξικότητα φαίνεται να συμβαίνει σε καλλιέργεια μηδικής (*Medicago sativa*) χωρίς όμως να έχουν προσδιοριστεί τα αλληλοχημικά που την προκαλούν. Καλλιέργειες σιτηρών μπορεί να αντιμετωπίσουν παρόμοια προβλήματα. Φυτείες σταριού (*Triticum aestivum*) που καλλιεργείται σε μεγάλες περιοχές των ΗΠΑ, της Αυστραλίας και της Ρωσίας, οδηγούνται καμιά φορά σε μειωμένες αποδόσεις,

ιδιαίτερα σε υγρές και ψυχρές εποχές όταν το άχυρο της προηγούμενης συγκομιδής έχει αφεθεί στο έδαφος. Από έρευνα έχει βρεθεί ότι κάποιο ρόλο παίζει στην περίπτωση αυτή μια ακόρεστη λακτόνη, το ratulin που παράγεται από ορισμένους μύκητες όπως το *Penicillium urticae* που αναπτύσσεται κατά την αποσύνθεση του άχυρου του σταριού. Συγχρόνως και άλλες τοξίνες συμμετέχουν στο φαινόμενο και πάντως και η δέσμευση του αζώτου και η αυτοτοξικότητα συμμετέχουν στην εμφάνιση της παρεμπόδισης της βλάστησης του σταριού από το άχυρο του. Είναι επίσης στατιστικά επιβεβαιωμένο ότι σε καλλιέργεια αραβοσίτου σε χωράφι που τον προηγούμενο χρόνο καλλιεργούταν αραβόσιτος, η απόδοση είναι μειωμένη σε σχέση με καλλιέργεια αραβοσίτου που ακολουθεί καλλιέργεια σόγιας και η διαφορά αυτή έχει βρεθεί ότι δεν οφείλεται σε μείωση της γονιμότητας του εδάφους. Οι διαφορές στην απόδοση στην περίπτωση αυτή μπορούν να οφείλονται είτε σε παρεμπόδιση από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας αραβοσίτου είτε σε διέγερση από τα υπολείμματα της καλλιέργειας σόγιας είτε σε συνδυασμό αυτών των δύο αιτιών (Yakle and Cruse, 1983).

Παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται στην περίπτωση που σόγια ακολουθεί καλλιέργεια ρυζιού, ενώ ένας μεγάλος αριθμός αποσυντιθέμενων φυτικών υπολειμμάτων παρουσιάζουν υψηλή φυτοτοξικότητα. Υπολείμματα βρώμης, σταριού, σόργου και αραβοσίτου περιέχουν υδατοδιαλυτά αλληλοχημικά μεταξύ των οποίων είναι τα φερουλικό, p-κουμαρικό, syringic, βανιλικό και p-υδροξύ-βενζοϊκό οξέα που επηρεάζουν την βλάστηση και την ανάπτυξη του σταριού, του αραβοσίτου και του σόργου. Επίσης υψηλότερα επίπεδα αυτών των φαινολικών οξέων έχουν βρεθεί όταν εφαρμόζονται καλλιεργητικές πρακτικές που αφήνουν σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους.

Υπάρχουν και άλλα παραδείγματα που δείχνουν ότι το φαινόμενο της αλληλοπάθειας εμφανίζεται σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων που εκτείνεται από τις λαχανοκομικές καλλιέργειες μέχρι τα δασικά οικοσυστήματα. Το σπαράγγι (*Asparagus officinalis*) παρουσιάζει τόσο αυτοτοξικότητα όσο και αλληλοπάθεια σε άλλα λαχανικά και μέρος της τοξικότητας του μπορεί να οφείλεται σε αλληλεπιδράσεις με παθογόνα είδη *Fusarium*.

Προφανώς οι συνθήκες της αποσύνθεσης των υπολειμμάτων, η αλληλοχημική αύξηση της έντασης μιας ασθένειας, η φύση των δευτερογενών προϊόντων της μικροβιακής δραστηριότητας και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αλληλοχημικών είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση αλληλοπάθειας μεταξύ

καλλιεργειών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι πολλά φυτικά υπολείμματα μπορεί να δρουν διεγερτικά. Από 20ετίας έχει αναφερθεί ότι μικρές ποσότητες κομμένης μηδικής που προστίθενται στο έδαφος διεγείρουν την αύξηση της τομάτας, του αγγουριού, του μαρουλιού και πολλών άλλων κηπευτικών. Σαν υπεύθυνο αλληλοχημικά απομονώθηκε το triacontanol μια αλκοόλη μεγάλου M.B. που είναι συστατικό του κηρώδους στρώματος μερικών φύλλων. Εφαρμογή όμως triacontanol στον αγρό δεν έδωσε σταθερά αποτελέσματα όσον αφορά την διέγερση της αύξησης.

Η ουσία agrostemmin που απομονώθηκε από το ζιζάνιο *Agrostemma githago* (γόγγολη) θεωρήθηκε ότι μπορεί να αυξήσει την απόδοση του σταριού. Το brassinolide, ένα στεροειδές που έχει διεγερτικές της αύξησης ιδιότητες σε πολύ μικρές ποσότητες, απομονώθηκε από γύρη γογγυλιού (rare). Ανάλογες χημικές ενώσεις, ονομαζόμενες brassinosteroids έχουν συντεθεί και μερικοί υποστηρίζουν ότι αποτελούν πρότυπο μιας νέας ομάδας φυτορρυθμιστικών ουσιών (Maugh, 1981).

1.13.2 Παρεμπόδιση της ανάπτυξης ζιζανίων από τις καλλιέργειες

Η ικανότητα των καλλιεργειών να καταστέλλουν την ανάπτυξη των ζιζανίων με την έκκριση αλληλοχημικών έχει άμεση πρακτική χρησιμότητα για την κατάστροψη ενός συστήματος αντιμετώπισης των ζιζανίων και αν η ικανότητα αυτή διαπιστωθεί ότι κληρονομείται τότε θα πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για την ενσωμάτωση αυτού του χαρακτηριστικού στις εμπορικές ποικιλίες της καλλιέργειας. Έτσι θα πρέπει α) να εντοπίζονται οι ποικιλίες και οι βιότυποι, που έχουν υψηλό αλληλοπαθητικά δυναμικό β) να απομονώνονται τα πρωτογενή αλληλοχημικά και γ) να αναπτύσσεται ένα πρωτόκολλο πειραμάτων αγρού για την εκτίμηση της σημασίας τους (Einhelling, 1985).

Για το αγγούρι, το *Panicum miliaceum* και το *Brassica hirta* έχει αποδειχθεί ότι ορισμένες ποικιλίες τους παρεμποδίζουν σημαντικά τον πληθυσμό των ζιζανίων στον αγρό αν και η παρεμπόδιση αυτή περιορίζεται σημαντικά όταν η χρονιά έχει πολλές βροχοπτώσεις (Lockerman και Putnam, 1979). Αλληλοπαθητικές ιδιότητες για την αντιμετώπιση ζιζανίων έχουν αποδειχθεί επίσης για τις καλλιέργειες σόγιας και ηλίανθου. Σε πειράματα στο θερμοκήπιο, χρησιμοποιώντας για δείκτες τα ζιζάνια *Helminthia echinoides* και *Alopecurus myosuroides*, τα αποτελέσματα ήταν αντιφατικά

αφού σε άλλες περιπτώσεις παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης ενώ σε άλλες διέγερση της.

Υπολείμματα καλλιεργειών κριθαριού, βρώμης, σιταριού, σίκαλης και σόργου ήταν πολύ αποτελεσματικά στον περιορισμό του πληθυσμού των ζιζανίων σε πολλές καλλιέργειες κηπευτικών φυτών.

Τα αγρωστώδη αυτά χρησιμοποιούνται σαν φυτά κάλυψης (cover crops) και αποξηραίνονται με χρήση glyphosate ή paraquat. Τα υπολείμματα του σόργου αποδείχθηκαν τα πλέον αποτελεσματικά προκαλώντας παρεμπόδιση των ζιζανίων που φθάνει και το 90%.

Πειράματα σε δένδρα και αμπέλια όπου σπάρθηκαν το φθινόπωρο τα μεταξύ των γραμμών διαστήματα με σίκαλη ή σιτάρι έδειξαν ότι δεν προκλήθηκε καμία μείωση της ανάπτυξης των καλλιεργειών ενώ η αντιμετώπιση των ζιζανίων ήταν άριστη. Υπάρχουν μάλιστα ενδείξεις ότι η παραγωγή των δένδρων με αυτή την πρακτική αυξάνεται σε σχέση με την μέθοδο αντιμετώπισης των ζιζανίων με ζιζανιοκτόνα. Τα υπολείμματα των φυτών κάλυψης που αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους, εκτός από τα αλληλοχημικά που εκλύουν, είναι μια πηγή παραγωγής φυτοτοξικών μικροβιακών προϊόντων που παράγονται από ένα πλήθος φυσικών διεργασιών και βοηθούν στην καταστολή της βλαστικότητας των σπόρων των ζιζανίων.

1.13.3 Αξιοποίηση αλληλοπάθειας και αλληλοχημικών

Η γνώση της αλληλοπάθειας και των αλληλοχημικών προσφέρει πολλές ελκυστικές δυνατότητες για την γεωργική πρακτική. Μια από αυτές τις δυνατότητες είναι και η χρήση αλληλοπαθητικών καλλιεργειών για την αντιμετώπιση των ζιζανίων καθώς και η απομόνωση, η παραγωγή και η χρήση των αλληλοχημικών ή των παραγώγων τους σαν ζιζανιοκτόνα και φυτορρυθμιστικές ουσίες. Για την αντιμετώπιση ορισμένων ζιζανίων, η προσοχή έχει στραφεί και στην διακοπή του λήθαργου των σπόρων τους. Είναι γνωστό ότι τα παρασιτικά ζιζάνια κουσκούτα (*Cuscuta sp.*), οροβάγχη (*Orobanche sp.*) και στρίγκα (*Striga sp.*), αν βλαστήσουν, χωρίς να υπάρχει ο κατάλληλος ξενιστής, πάνω στον οποίο θα προσκολληθούν για να παρασιτήσουν, σύντομα μαραίνονται και πεθαίνουν. Αλλά και σε πολλά κοινά ζιζάνια η μαζική διακοπή του λήθαργου των σπόρων τους δίνει τη δυνατότητα στον παραγωγό να τα καταστρέψει πριν σπαρθεί ή φυτευτεί μια καλλιέργεια.

Από αρκετά χρόνια καταβάλλονται προσπάθειες αξιοποίησης χημικών για τη διακοπή του λήθαργου των σπόρων και ήδη έχουν απομονωθεί ουσίες που διακόπτουν στο χωράφι το λήθαργο της οροβάγλης και της στρίγκα (strigol I, strigol II κ.ά.). Μερικές από αυτές τις δυνατότητες είναι σήμερα πρακτικά πραγματοποιήσιμες και είναι ευτύχημα ότι υπάρχουν μερικές από τις βασισμένες στην αλληλοπάθεια στρατηγικές που δεν απαιτούν ένα ακριβή προσδιορισμό των αλληλοχημικών και του τρόπου δράσης τους.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η πρακτική της εγκατάλειψης των φυτικών υπολειμμάτων μιας καλλιέργειας στην επιφάνεια του εδάφους συνδέεται με μια αλληλοπαθητική δραστηριότητα. Η ίδια αυτή πρακτική είναι συνδεδεμένη με την τεχνική της λεγόμενης «ελάχιστης καλλιέργειας του εδάφους» (minimum tillage) δεδομένων των πλεονεκτημάτων της τελευταίας όσον αφορά τη μείωση του κόστους, την προστασία εδάφους από την διάβρωση κ.λπ. Σύμφωνα με την τεχνική της ελάχιστης καλλιέργειας του εδάφους, οι σπόροι της καλλιέργειας σπέρνονται απευθείας μέσα στα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερα ζιζάνια αφού τα αλληλοχημικά που απελευθερώνονται από τα υπολείμματα αυτά παρεμποδίζουν την βλάστηση των σπόρων τους. Έτσι έχει βρεθεί ότι αραβόσιτος που σπέρνεται μέσα σε αποξηραμένη καλλιέργεια σταριού που χρησιμοποιείται σαν φυτό κάλυψης έχει 79% λιγότερα φυτά του ζιζανίου *Ipomoea spp.* σε σχέση με καλλιέργεια που έχει σπαρεί κανονικά στο έδαφος. Η βιομάζα των *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia* και *Amaranthus retroflexus* ήταν μειωμένες κατά 90% όταν η φύτευση μιας καλλιέργειας γίνεται μέσα σε αποξηραμένη σίκαλη. Από την σίκαλη έχουν απομονωθεί δύο αλληλοχημικά, τα β-phenyllactic και β-hydroxybutyric acids. Εκχυλίσματα σταριού περιέχουν ferulic acid το οποίο αποκαρβοξυλιώνεται από μικροοργανισμούς σε ένα πιο φυτοτοξικό στυρένιο, το 2-methyl-4-ethenyl-phenol. Οι φυσικοί παράγοντες που συνδέονται με την ελάχιστη καλλιέργεια του εδάφους και την ύπαρξη των υπολειμμάτων στην επιφάνεια είναι επίσης σημαντικοί μια που οι σπόροι των ζιζανίων βαθύτερων στρωμάτων δεν έρχονται προς τα επάνω και το φωτεινό ερέθισμα που απαιτούν μερικοί από αυτούς για να βλαστήσουν, δεν υπάρχει (Einhellung, 1985). Πρέπει όμως να τονιστεί ότι ούτε η αλληλοπάθεια ούτε η τεχνική της ελάχιστης καλλιέργειας του εδάφους μπορούν να θεωρηθούν πανάκεια στην αντιμετώπιση των ζιζανίων και κάτω από ορισμένες συνθήκες (υπερβολικές βροχοπτώσεις) μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας.

1.13.4 Χημική κατάταξη των αλληλοχημικών

Ο αριθμός και η ποικιλία των αλληλοπαθητικών ενώσεων είναι πολύ μεγάλος. Ταξινομούνται σε 14 χημικές κατηγορίες (Rise, 1984). Μεγάλες ομάδες είναι τα τερπενοειδή και τα στεροειδή, τα αλκαλοειδή και κυανοϋδρίνια (cyanohydrins), τα μεγάλου M.B. λιπαρά οξέα και πολυακετυλένια, οι ακόρεστες λακτόνες, οι ταννίνες, τα παράγωγα του cinnamic acid, του βενζοϊκού οξέος και άλλες απλές φαινόλες, κουμαρίνες και φλαβονοειδή. Πολλά από αυτά όπως το σύνολο των τερπενοειδών και των πολυακετυλενίων δρουν σε πτητική κατάσταση αλλά τα περισσότερα από τα αλληλοχημικά που τεκμηριωμένα δρουν στα αγροοικοσυστήματα περιλαμβάνουν υδατοδιαλυτές ενώσεις.

Μεγάλος αριθμός φαινολικών ενώσεων παίρνουν μέρος στην αλληλοπάθεια και παράγωγα του cinnamic acid, του βενζοϊκού οξέος και οι κουμαρίνες είναι από τα πιο συχνά ταυτοποιούμενα στα ανώτερα φυτά (Einhelling, 1985). Στα πιο κοινά αλληλοχημικά περιλαμβάνονται τα scopoletin, esculetin και τα οξέα φαινολικό, ferulic, p- coumaric, caffeic, vanillic, p-hydroxybenzoic και chlorogenic.

1.13.4.1 Χημική σύσταση των αλληλοχημικών

Οι αλληλοχημικές ουσίες, που προέρχονται από διάφορα φυτά και έχουν ζιζανιοκτόνο δράση, αντιπροσωπεύουν πολυάριθμες ομάδες χημικών ενώσεων που έχουν απομονωθεί σε περισσότερες από τριάντα οικογένειες φυτικών ειδών. Πολλά φυτικά είδη εκκρίνουν τοξικές ουσίες μέσω των ριζών τους (Hirano & Kira, 1977, Leather, 1983, Menges, 1987, Newman, 1982). Αυτές οι ουσίες υπάρχουν σε μη τοξικές μορφές, ενώ η τοξική τους φύση ενεργοποιείται συνήθως μετά από κάποιο stress ή μετά από την αποσύνθεση κάποιων φυτικών ιστών. Θα πρέπει επιπρόσθετα να επισημανθεί ότι η μη επιτυχής χρήση των αλληλοχημικών στον έλεγχο των ζιζανίων αφορά στην επιλεκτικότητα, στη δράση συγκεκριμένων τοξικών φυτικών υπολειμμάτων. Για παράδειγμα, τα υπολείμματα της σίκαλης ελέγχουν αποτελεσματικά τα ζιζάνια σε ένα μεγάλο φάσμα καλλιεργειών.

Οι περισσότερες αλληλοχημικές ουσίες (Putnam, 1983) ανήκουν σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

- 1) Αλκαλοειδή: Όπως η σκοπολαμίνη και η υοσκυαμίνη, από τον τάτουλα (*Datura stramonium*) και η καφεΐνη, από τα: *Cofea Arabica* και *Camelia sinensis*.

- 2) Υδατοδιαλυτά οργανικά οξέα και αλειφατικές ενώσεις: Όπως τα οξέα: μαλεϊκό, ιατρικό, ταρταρικό, οξικό και βουτυρικό, που παρεμποδίζουν την βλάστηση των σπόρων και άλατα οξικού, προπιονικού και βουτυρικού οξέος, που λαμβάνονται από την αποσύνθεση αραβοσίτου και σιταριού.
- 3) Βενζοξαζινόνες: Οι Hydroxamates, που λαμβάνονται από τα υπολείμματα του αραβοσίτου, της σίκαλης και του *Acanthus mollis*.
- 4) Κιναμικό οξύ και παράγωγα του: Όπως τα οξέα: Φερουλικό και p-κουμαρικό, από τα υπολείμματα αραβοσίτου, βρώμης, σόργου και σίτου, χλωρογενικό, από τον βέλιουρα, υδροβενζοϊκό (4-υδροξύ-βενζοϊκό) και βανιλλικό (βανιλλικό ή 4-υδροξύ- 3-μεθόξύ-βενζοϊκό), τα οποία και μετατρέπονται μερικώς στο έδαφος σε 002, ενώ το υπόλοιπο μέρος τους απορροφάται από τον χούμο του εδάφους (Martin & Rademacher, 1960).
- 5) Κουμαρίνες: Κουμαρίνη, από το *Melilotus alba*, εσκουλίνη, από τα *Phleum pratense* και *Aesculus hypocastaneum*, ψωραλένιο, από το *Psoralea subcaulis*, σκοπολετίνη (Pollock et al., 1954), η οποία και εκκρίνεται από διάφορα φυτικά είδη (όπως για παράδειγμα από τη βρώμη μέσω των ριζών).
- 6) Κυανιούχες ενώσεις: Δηλαδή γλυκοζίτες ή λιπίδια που ελευθερώνουν HCN, όπως: Ντουρίνη, η οποία και βρίσκεται στους σπόρους του *Sorghum spp.* (Konacs, 1972) και των ψυχανθών, αιθυλένιο, το οποίο και περιέχεται στα ώριμα φρούτα.
- 7) Πολυακετυλένια: Όπως η αγροπυρίνη, από το *Agropyron repens* και τα οξέα: μυριστικό και ελαϊκό, από το *Panicum aviculare*. Γενικά, ουσίες της ομάδας των πολυακετυλενίων περιέχονται σε αρκετά είδη της οικογένειας Compositaea, όπως στα *Centaurea repens*, *Erigeron spp.*, και *Solidago spp.*.
- 8) Κινόνες: Όπως οι p-βενζοκινόνες, που περιέχονται στα *Juglans nigra* και *Sorghum spp.* και η γνωστή γιουγκλόνη, από το *Juglans nigra*.
- 9) Λακτόνες: Όπως: η ρανουγκουλίνη, που ανιχνεύτηκε σε εκχυλίσματα φυτικών ιστών, ειδών του γένους *Ranunculus*, η πατουλίνη, η οποία και συνθέτεται από τον μύκητα *Penicillium sp.*, κατά την αποσύνθεση της καλαμιάς του σιταριού, το παρασορβικό οξύ, που λαμβάνεται από εκχύλιση φυτικών ιστών του *Sorbus aucuparia*.
- 10) Τερπενοειδή – Στεροειδή: Όπως η καμφορά και η κιννόλη, από το *Salvia spp.* ή ουσίες που ανιχνεύθηκαν στα: *Ambrosia artemisifolia*, *Parthenium hysterophorus* και *Centaurea spp.*

11) Φλαβονοειδή: Όπως η phloretin και η quercetin, που περιέχονται στο *Agropyron repens* και στα φασόλια (*Phaseolus vulgans*) και η phlondzin, που εκκρίνεται από τη ρίζα του *Malus pumila*.

Οι ουσίες που ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες, μπορεί να απαντώνται σε βλαστούς, φύλλα, ταξιανθίες, σπόρους ή ρίζες των διαφόρων φυτικών ειδών, καθώς και στα φυτικά υπολείμματα.

Επίσης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι στα αλληλοπαθητικά πειράματα που αφορούν στον προσδιορισμό των ουσιών που ευθύνονται για το αλληλοπαθητικό δυναμικό των φυτικών ειδών, κυρίως μελετάται η επίδραση των εκχυλισμάτων φυτικών τμημάτων στην βλαστική ικανότητα των σπόρων διαφόρων ειδών-δεικτών (Stowe, 1979).

Εντούτοις, σε συνθήκες αγρού τα πράγματα είναι διαφορετικά. Σε αυτή την περίπτωση οι ουσίες που ελευθερώνονται από το φυτό που έχει αλληλοπαθητικές ιδιότητες, συχνά προσροφώνται στο έδαφος και μετέχουν σε χημικές αντιδράσεις ή μικροβιακές μετατροπές, πριν φτάσουν στο φυτό δέκτη.

Τέλος, πρέπει να γνωρίζουμε ότι κατά κανόνα τα αλληλοπαθητικά φυτά που αναπτύσσονται σε θερμοκήπια, παράγουν μικρότερες ποσότητες αλληλοπαθητικών ουσιών συγκριτικά με την περίπτωση καλλιέργειας τους στον αγρό (Rice, 1984).

1.13.5 Αλληλοπάθεια και υποκίνηση της αύξησης

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η αλληλοπάθεια υπό την ευρεία έννοια περιλαμβάνει εκτός από την παρεμπόδιση της ανάπτυξης ενός φυτού από ένα άλλο φυτό και την περίπτωση υποκίνησης της αύξησης. Τέτοια παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω.

- Υποκίνηση της αύξησης βακτηρίων από βακτήρια.
- Υποκίνηση της αύξησης βακτηρίων από μύκητες.
- Υποκίνηση της αύξησης μυκήτων από βακτήρια.
- Υποκίνηση της αύξησης φυκών από βακτήρια.
- Υποκίνηση της αύξησης μυκήτων από μύκητες.
- Υποκίνηση της αύξησης και της ανάπτυξης φυτών από μικροοργανισμούς όπως συμβαίνει με την υπερβολική ανάπτυξη φυτών ρυζιού μετά από προσβολή από το μύκητα *Gibberella fujicuroi*. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις υποκίνησης της αύξησης του βαμβακιού από μύκητες που ζουν στη

ριζόσφαιρα του φυτού. Και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις τα αλληλοχημικά που παράγουν οι μύκητες είναι φυτορρυθμιστικές ουσίες που προάγουν την αύξηση. Η περίπτωση της προσβολής του ρυζιού από το μύκητα *Gibberella fujicuroi* ήταν και η αιτία της ανακάλυψης του gibberellic acid και της ομάδας των γιββερελλινών.

- Υποκίνηση της αύξησης μικροοργανισμών από ανώτερα φυτά.
- Υποκίνηση αύξησης ανωτέρων φυτών από άλλα ανώτερα φυτά.

α. Παρασιτικά φυτά: Η βλάστηση σπόρων *Striga* και *Orobanche* υποκινείται από εκκρίσεις αλληλοχημικών από τις ρίζες φυτών-ξενιστών των παρασίτων αλλά και μη ξενιστών. (Η ουσία *Strigol* που αναφέρθηκε και προηγούμενα παρήχθη από το βαμβάκι).

β. Μη παρασιτικά φυτά: Χώμα από τη ριζόσφαιρα του φυτού *Ambrosia psilostachya*, υποκινεί σε σημαντικό βαθμό την αύξηση άλλων φυτών που φυτρώνουν σ' αυτό. Επίσης το *Agrostema githago* (γόγγολη), ένα επικίνδυνο ζιζάνιο του σιταριού, εκκρίνει την *agrostemmin*, ένα αλκαλοειδές που αυξάνει την απόδοση του σιταριού. Μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και τεχνητά. Ένα άλλο αλληλοχημικό, το *triacontanol*, παράγεται από κομμένη μηδική, όταν αυτή προστίθεται στο έδαφος. Αυξάνει την ανάπτυξη φυτών όπως η τομάτα, το αγγούρι και το μαρούλι. Ένα στεροειδές επίσης το *brassinolide* που απομονώνεται από τη γύρη γογγυλιού καθώς και από γύρη του *Alnus sp.* υποκινεί την αύξηση του φασολιού. Υπάρχουν και μερικές άλλες ενώσεις (σεσκιτερπένια) που έχουν απομονωθεί από το πολυετές *Centaurea repens* καθώς και το ετήσιο *C. Solstitiali*, που υποκινούν την αύξηση της ρίζας του μαρουλιού.

Πάντως η ανακάλυψη αλληλοχημικών που να προκαλούν αύξηση της παραγωγής των καλλιεργειών είναι πολύ πιο δύσκολη από την διαπίστωση παρεμπόδισης της αύξησης. Η τροποποίηση του μεταβολισμού ενός φυτού που είναι απαραίτητη για μια δράση προς την κατεύθυνση της αύξησης της παραγωγής συνδέεται άμεσα με δυσκολίες στην εφαρμογή στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης ή στην χρήση της κατάλληλης δοσολογίας. Ενώ αλληλοχημικά όπως τα *triacontanol*, *brassinolide* και *agrostemmin* έχουν δείξει ικανότητες αύξησης της παραγωγής σε πολλές καλλιέργειες, σοβαρές διαφορές μεταξύ τοποθεσιών, γονότυπων και σταδίων εφαρμογής καθώς και δυσκολίες στο φορμουλάρισμα των σκευασμάτων, παρεμποδίζουν την εμπορική χρήση τους. Εφαρμογές συνθετικών αναλόγων των

αλληλοχημικών όπως η χρήση του dinoseb (2 sec-butyl-4,6-dinitrophenol) στον αραβόσιτο για την αύξηση της παραγωγής παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα. Η ιδέα όμως της εφαρμογής των αλληλοχημικών σαν φυτορρυθμιστικών ουσιών για την αύξηση της παραγωγής είναι πολύ ενδιαφέρουσα και αργά ή γρήγορα αυτό θα εφαρμοστεί και στην πράξη.

1.14 Πληθυσμιακοί χαρακτηρισμοί ζιζανίων

Οι πληθυσμοί των ζιζανίων που υπάρχουν σε μία περιοχή δεν κατανέμονται με την ίδια πυκνότητα παντού, δηλαδή υπάρχουν σημεία που εμφανίζονται με μεγαλύτερη πυκνότητα και σε άλλα με μικρότερη. Η αφθονία των ειδών μπορεί να εκφραστεί με πολλούς τρόπους. Ο υπολογισμός της εξαρτάται από τα είδη που ερευνούνται, από τον τύπο του ενδιαιτήματος (χωράφι ή δάσος), από τον στόχο της έρευνας και από το οικονομικό υπόβαθρο. Η συχνότητα του κάθε ζιζανίου εξαρτάται από το δείγμα που παίρνουμε. Η μέτρηση αυτή είναι εύκολη και αυτό γιατί το μόνο που χρειάζεται είναι η καταγραφή της παρουσίας ή της απουσίας του κάθε είδους στο δείγμα. Η συχνότητα είναι ένα μέγεθος με το οποίο ο ερευνητής δύσκολα οδηγείται σε λάθος συμπεράσματα.

Η πυκνότητα είναι ένα μέγεθος που μετρά τον αριθμό των ατόμων του κάθε είδους σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Είναι πιο περίπλοκη μέθοδος, παρέχει όμως περισσότερες πληροφορίες από την προηγούμενη μέθοδο. Ενώ η συχνότητα και η πυκνότητα είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα μεγέθη της αφθονίας, υπάρχουν κάποια προβλήματα στη χρήση τους, η πυκνότητα προϋποθέτει ότι ο ερευνητής μπορεί να ξεχωρίσει τα ζιζάνια μεταξύ τους σε αντίθεση με τη συχνότητα που δε χρειάζεται ο ερευνητής να έχει αυτή την ικανότητα. Άλλη μια δυσκολία είναι ότι κάποια άτομα του ίδιου είδους παρουσιάζουν διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά ανάλογα με την ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης ή το περιβάλλον. Επίσης, ρόλο παίζουν οι συνθήκες του περιβάλλοντος που μπορεί το είδος του ζιζανίου να επιβιώσει και να αναπαραχθεί. Ένας τρόπος να υπολογισθεί η επικείμενη κατανομή του είδους του ζιζανίου μας δίνει μια ιδέα για τις συνθήκες τις κλιματικές που μπορεί να επιβιώσει το φυτό. Αυτό δε σημαίνει ότι το είδος μπορεί να επιβιώσει σε αυτό το ενδιαίτημα γιατί η επιβίωση εξαρτάται και από μη κλιματικούς παράγοντες όπως είναι η αλληλεπίδραση με άλλα είδη και η έλλειψη ικανότητας εξάπλωσης. (Booth et al.,2003).

1.14.1 Δείκτες ποικιλότητας

Όλοι οι δείκτες ποικιλότητας που χρησιμοποιούνται κατά καιρούς βασίζονται σε νέες αντιλήψεις της έννοιας βιοποικιλότητας και δεν έχουν καμία σχέση με τους παραδοσιακούς δείκτες ποικιλότητας. Πολυάριθμοι δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί. Ο πιο δημοφιλής δείκτης ποικιλότητας είναι ίσως αυτός του Shannon-Wiener με τον τύπο:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

όπου s ο αριθμός των ειδών και p_i ($i= 1, \dots, s$) η (θεωρητική) πιθανότητα ένα άτομο να ανήκει στο i είδος.

Άλλος ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι ο αντίστοιχος Gini-Simpson, ο οποίος έχει διπλή χρήση είτε ως $1/D$ είτε $1-D$.

$$D = -\sum_{i=1}^s p_i^2$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραδοσιακοί δείκτες ποικιλότητας δεν εξαρτώνται από ταξινομικές σχέσεις μεταξύ των ειδών.

Η έννοια της ποικιλότητας των ειδών στην οικολογία έχει συζητηθεί έντονα από τους οικολόγους μέσα στα χρόνια. Η ποικιλότητα των ειδών είναι ένα μέγεθος που αποτελείται από δύο συστατικά. Το πρώτο συστατικό είναι ο αριθμός των ειδών σε μια κοινωνία (φυτοκοινωνιών) που οι οικολόγοι την ονομάζουν αφθονία των ειδών. Το δεύτερο συστατικό είναι η ομαλότητα των ειδών που αναφέρεται στο πως οι αφθονίες των ειδών (αριθμός των ατόμων, βιομάζα, αλληλοκάλυψη κ.α.) διανέμονται μεταξύ των ειδών. Για παράδειγμα σε μία κοινωνία που αποτελείται από 10 είδη αν το 90% των ατόμων που ανήκουν σε ένα μόνο είδος και το υπόλοιπο 10% διανέμεται μεταξύ 9 άλλων ειδών, η ομαλότητα θα θεωρείται μικρή. Από την άλλη μεριά, αν κάθε ένα από τα 10 είδη εξηγεί το 10% του συνολικού αριθμού των ατόμων, τότε η ομαλότητα (κατανομή) θεωρείται μέγιστη.

Όλα αυτά τα χρόνια έχει προταθεί ένα μεγάλο σύνολο από δείκτες με σκοπό να εκφράσουν την αφθονία και την ομαλότητα. Τέτοιοι δείκτες καλούνται δείκτες ομαλότητας και αφθονίας. Οι δείκτες που συνδυάζουν και την ομαλότητα και την αφθονία σε ένα μόνο μέγεθος είναι αυτό που ονομάζουμε δείκτες ποικιλομορφίας

(diversity indices). Η μεγαλύτερη κριτική όλων των δεικτών ποικιλομορφίας είναι ότι προσπαθούν να συνδυάσουν, και γι αυτό το λόγο φέρουν σύγχυση, έναν μεγάλο αριθμό μεταβλητών που χαρακτηρίζουν την δομή μιας κοινωνίας: 1) αριθμός των ειδών 2) την αφθονία 3) την ομοιογένεια και το μέγεθος της περιοχής (δείγμα).

Οι πληθυσμιακοί δείκτες συνδυάζουν την ομαλότητα και την αφθονία σε ένα μόνο μέγεθος. Γι αυτό ο Peet (1974) τους ονόμασε δείκτες ετερογένειας. Πιθανά το μεγαλύτερο εμπόδιο που έπρεπε να ξεπεραστεί για να χρησιμοποιήσουμε τους πληθυσμιακούς δείκτες είναι η ερμηνεία των στατιστικών αναλύσεων. Για παράδειγμα σε πολλές περιπτώσεις η τιμή του πληθυσμιακού δείκτη είναι αποτέλεσμα συνδυασμού της πληθυσμιακής αφθονίας και της ομαλότητας. Με άλλα λόγια η ίδια τιμή ενός πληθυσμιακού δείκτη μπορεί να ληφθεί από μία κοινωνία με χαμηλή αφθονία και υψηλή ομαλότητα ή από μία κοινωνία που χαρακτηρίζεται από υψηλή αφθονία και χαμηλή ομαλότητα. Κατ' επέκταση αν μας δοθεί η τιμή ενός πληθυσμιακού δείκτη είναι αδύνατο να πούμε ποια είναι η σχετική/συγκριτική σημασία/ σπουδαιότητα της αφθονίας των ειδών και της ομαλότητας. Παρόλο τα προβλήματα, οι οικολόγοι χρησιμοποιούν τους πληθυσμιακούς δείκτες στην ερευνά τους, συχνά αγνοώντας τα γνωστά προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση τους.

1.15 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης της οργανικής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα και στην αλληλοπάθεια του *Chenopodium quinoa*. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκε το αλληλοπαθητικό δυναμικό της καλλιέργειας της κινόα έναντι των ζιζανίων και ενός καλλιεργούμενου φυτού. Επιπρόσθετα μελετήθηκε κατά πόσο η πυκνότητα της κινόα επηρεάζει την εμφάνιση των ζιζανίων στον αγρό λαμβάνοντας υπόψη και το είδος της λίπανσης (χούμος, compost, μάρτυρας).

Κεφάλαιο 2 . Υλικά και μέθοδοι

2.1 Γενικά

Για την μελέτη του θέματος εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός, στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37° 59'01.83'' N, 23° 42'07.37'' E, 170 m από την επιφάνεια της θάλασσας) ο οποίος δέχεται διαχείριση ως βιολογικός αγρός από το 1995. Σε αυτό το χωράφι καλλιεργήθηκε κινόα από τον Μάρτιο του 2011 μέχρι τα τέλη Σεπτεμβρίου του 2011.

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τα εδαφικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού όπου πραγματοποιήθηκε η καλλιέργεια της κινόα. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως ελαφρώς αλκαλικό και αργιλοπηλώδες (CL), με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και υψηλή περιεκτικότητα σε Na⁺.

Πίνακας 3: Εδαφικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού.

CaCO₃	15,99%
Οργανική ουσία	1,47%
P (Κατά Olsen)	9,95 ppm
Na⁺	110 ppm
NO₃⁻	104,3 ppm
pH (1:1 H₂O)	7,29
Κοκκομετρική Σύσταση	Clay Loam

Επειδή παρατηρήθηκε ότι η καλλιέργεια της κινόα στον πειραματικό μας αγρό μείωσε τον αριθμό και την πυκνότητα των ζιζανίων αποφασίστηκε να σχεδιαστούν και να πραγματοποιηθούν τρία πειράματα ώστε να μελετηθεί κατά πόσο η πυκνότητα φύτευσης και η λίπανση έχει καθαριστικό ρόλο σε αυτή τη μείωση.

2.2 Πείραμα αγρού

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε στον αγρό ήταν το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) και περιελάμβανε τις τρεις επαναλήψεις της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας). Ο συνολικός αριθμός των υποτεμαχίων ήταν εννέα.

Στις 23/03/2011 έγινε η σπορά της καλλιέργειας της κινόα (*Chenopodium quinoa*). Η απόσταση σποράς ήταν 20 cm. Σε κάθε υποτεμάχιο με τη βοήθεια “quadrat” μετρήθηκε η πυκνότητα των ζιζανίων. Σε κάθε υποτεμάχιο έγινε δειγματοληψία από 2 “quadrat” και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων και για το σύνολο των ζιζανίων αλλά και για το σύνολο του κάθε ζιζανίου ξεχωριστά. Για να αξιολογηθούν οι μετρήσεις από τον αγρό χρησιμοποιήσαμε δύο δείκτες: τον δείκτη Shannon και τον δείκτη Simpson. Ο δείκτης Shannon, μερικές φορές αναφέρεται ως Shannon-Wiener Index ή Shannon-Weaver Index και είναι ένας από τους πολλούς δείκτες ποικιλότητας που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ποικιλομορφίας. Το πλεονέκτημα αυτού του δείκτη είναι ότι λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των ειδών και την ομαλότητα του είδους. Οι δείκτες Shannon και Simpson είναι οι δύο πιο διαδεδομένοι δείκτες για την εξέταση του συνόλου των χαρακτηριστικών της κοινότητας. Και οι δύο προέρχονται από μια λειτουργία που χρησιμοποιείται στον τομέα της πληροφόρησης και έχουν προσαρμοστεί από οικολόγους για να περιγράψουν το μέσο βαθμό αβεβαιότητας της πρόβλεψης. Η αβεβαιότητα της εμφάνισης αυξάνεται όταν ο αριθμός των ειδών διανέμονται όλο και πιο ομοιόμορφα μεταξύ των ειδών που ήδη υπάρχουν.

Ο δείκτης Simpson είναι ένα μέτρο της διαφορετικότητας. Στην οικολογία, συχνά χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της βιοποικιλότητας ενός οικοτόπου. Λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των ειδών που υπάρχουν, καθώς και την αφθονία του κάθε είδους. Δείκτης Simpson είναι $1 / D$. Η τιμή αυτού του δείκτη αρχίζει με το 1 ως το ελάχιστο δυνατό αριθμό. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει μια κοινότητα που περιέχει μόνο ένα είδος. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία. Η μέγιστη τιμή είναι ο αριθμός των ειδών (ή άλλης κατηγορίας που χρησιμοποιείται) στο δείγμα. Για παράδειγμα, αν υπάρχουν πέντε είδη στο δείγμα, τότε η μέγιστη τιμή είναι 5.

Πιο αναλυτικά, ο δείκτης Simpson είναι ένα μέτρο της ποικιλομορφίας που λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των ειδών που υπάρχουν, καθώς και τη σχετική αφθονία κάθε είδους.

$$D = 1 - \left(\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

- n = ο συνολικός αριθμός των οργανισμών ενός συγκεκριμένου είδους
- N = ο συνολικός αριθμός των οργανισμών όλων των ειδών

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες:

1. 26/04/2011 (34 ημέρες από τη σπορά)
2. 16/05/2011 (54 ημέρες από τη σπορά)
3. 07/06/2011 (76 ημέρες από τη σπορά)
4. 23/06/2011 (93 ημέρες από τη σπορά)

2.3 Πειραματικό Μέρος

2.3.1 Εργαστηριακά πειράματα

Πρώτο εργαστηριακό πείραμα: το πειραματικό σχέδιο που πραγματοποιήθηκε στον εργαστηριακό χώρο ήταν το σχέδιο των υποδιαιρεμένων τεμαχίων. Οι παράγοντες του πειράματος ήταν τρεις: το υπόστρωμα (compost, χούμος, μάρτυρας), το μέρος του φυτού (ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί, ρίζες) (ενσωμάτωση) και οι συγκεντρώσεις των ενσωματωμένων φυτικών ιστών (x, 2x).

Δεύτερο εργαστηριακό πείραμα: το πειραματικό σχέδιο που πραγματοποιήθηκε στο εργαστηριακό χώρο ήταν το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (ΕΤΣ) το οποίο περιελάμβανε δύο επαναλήψεις και τον παράγοντα υπόστρωμα (compost, χούμος, μάρτυρας).

2.3.2 Αξιολόγηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού του φυτού *Chenopodium quinoa*

➤ Παρεμποδιστική δράση υπολειμμάτων φυτικών ιστών

Η εκτίμηση της ικανότητας παραγωγής αλληλοχημικών ουσιών του είδους *Chenopodium quinoa* πραγματοποιήθηκε με την αξιολόγηση της παρεμποδιστικής δράσης των υπολειμμάτων του φυτού. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκαν σπόροι βρώμης, αγριοβρώμης και μουχρίτσας σε περλίτη, αφού πρώτα είχε γίνει ενσωμάτωση υπολειμμάτων και έτσι αξιολογήθηκε η παρεμπόδιση της ανάπτυξης του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος των φυτών. Τα υλικά της ενσωμάτωσης, τα οποία συλλέχθηκαν από τον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στις 16/6/2011 και προέρχονταν από τα αντίστοιχα

υποτεμάχια compost, χούμου και μάρτυρα, αποτελείτο από τα εξής τέσσερα τμήματα του φυτού: ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί και ρίζες. Τα φυτά που συλλέχθηκαν από τον αγρό βρίσκονταν στο στάδιο της ανθοφορίας. Μετά το διαχωρισμό και τη συλλογή τους σε σακούλες ανάλογα την προέλευση τους σε compost, χούμο και μάρτυρα, ακολούθησε τεμαχισμός τους και η κατάψυξη τους επί 12 ημέρες στους -17°C . Οι συγκεντρώσεις των τεμαχισμένων υλικών που τοποθετήθηκαν σε κάθε πλαστικό κυπελλάκι αναφέρεται αναλυτικά στο πίνακα 4.

Πίνακας 4: Συγκεντρώσεις των τεμαχισμένων υλικών.

Συγκεντρώσεις	x	2x
Ταξιανθίες	2,5	5
Φύλλα	2,5	5
Βλαστοί	4	8
Ρίζες	1	2

Στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε τις εξής επεμβάσεις: στη βρώμη χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα φυτικών υλικών ποσότητα x και 2x, στην αγριοβρώμη χρησιμοποιήθηκε ποσότητα x ενώ στην μουχρίτσα ποσότητα 2x. Ακόμη, εγκαταστάθηκαν σπόροι βρώμης, αγριοβρώμης και μουχρίτσας σε κυπελλάκια τα οποία δεν περιείχαν φυτικά υπολείμματα.

Έπειτα, στις 28/06/2011 διαβρέξαμε το μίγμα με 70 ml Complezal (1lt απιονισμένο H_2O και 5 ml Complezal 5+8+/-10) και την επομένη προσθέσαμε 30 ml απιονισμένου H_2O . Η ίδια διεργασία όπως περιγράφηκε και παραπάνω ακολουθήθηκε μέχρι την 7 ημέρα εναλλάξ. Μετά την 7 ημέρα έγινε αλλαγή στην ποσότητα διαβροχής όπου στα κυπελλάκια που περιείχαν ως υπόστρωμα ταξιανθίες και φύλλα χρησιμοποιούνταν 15 ml Complezal και απιονισμένο H_2O ενώ στα υπόλοιπα (βλαστούς και ρίζες) 12 ml. Κάθε δύο ημέρες πραγματοποιούνταν μέτρηση του υπέργειου τμήματος του κάθε φυτού. Στις 15 ημέρες από τη σπορά, μετρήθηκε το υπόγειο τμήμα της βρώμης, της αγριοβρώμης και της μουχρίτσας.

Η ίδια μεθοδολογία ακολουθήθηκε και για την δεύτερη επέμβαση όπου τα φυτά προέρχονταν από την περιοχή του Αγρινίου.

➤ Αξιολόγηση της αλληλοπάθειας παρουσία ριζογώματος

Στις 20/06/2011, από κάθε υποτεμάχιο του πειραματικού αγρού (compost, χούμου και μάρτυρα), απομακρύναμε φυτά 63 και 70 ημερών από τη σπορά με σκοπό τη συγκέντρωση χώματος από τη ριζόσφαιρα. Επιπλέον, συλλέξαμε χώμα από το διάδρομο του πειραματικού αγρού όπου δεν υπήρχε φυτό κινόα (control). Διαχωρίσαμε το χώμα σε 24 κυπελλάκια κάνοντας δύο επαναλήψεις για κάθε υποτεμάχιο, και τοποθετήσαμε τους σπόρους της βρώμης, της μουχρίτσας και της αγριοβρώμης ξεχωριστά σε κάθε υπόστρωμα (compost, χούμος, μάρτυρας και control). Για να σπάσει ο λήθαργος της αγριοβρώμης, τοποθετήσαμε τους σπόρους στη κατάψυξη στους -17°C .

Στη συνέχεια κάθε δύο μέρες γίνονταν διαβροχή του χώματος με 25 ml νερού στην αρχή και κατά το πέρας του πειράματος μειώθηκε κατά 10 ml. Κάθε δύο ημέρες πραγματοποιούνταν μέτρηση του υπέργειου τμήματος του κάθε φυτού. Στις 15 ημέρες από τη σπορά, μετρήθηκε το υπόγειο τμήμα της βρώμης και της αγριοβρώμης ενώ στις 22 ημέρες από τη σπορά πραγματοποιήθηκε μέτρηση για το ριζικό σύστημα της μουχρίτσας.

2.4 Εργαστηριακές Αναλύσεις

2.4.1 Μηχανική ανάλυση με τη μέθοδο Βουγιούκου: Η μηχανική ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων από την οποία καθορίζεται η κοκκομετρική τους σύσταση, έγινε με τη μέθοδο Βουγιούκου (Bouyoukos, 1951). Κατά τη μέθοδο αυτή, το εδαφικό δείγμα, γνωστού ξηρού βάρους, διασπείρεται σε μια στήλη ύδατος και η πυκνότητα του αιωρήματος μετράται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

2.4.2 Ενεργότητα ιόντων υδρογόνου – pH: Ο προσδιορισμός έγινε σε αιώρημα εδάφους-ύδατος 1:1 με ηλεκτρικό πεχάμετρο (Grewelling et al., 1965), αφού προηγουμένως το αιώρημα είχε αφεθεί για εξισορρόπηση επί μια ώρα (McClean, 1982). Το όργανο ρυθμίστηκε με τη βοήθεια ρυθμιστικών διαλυμάτων γνωστού pH.

2.4.3 Οργανική ουσία: Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας των εδαφικών δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο των Walkey-Black η οποία στηρίζεται στην

οξειδωση της οργανικής ουσίας με ένα οξειδωτικό μέσο (Page, 1982). Το οξειδωτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το διχρωμικό κάλι ($K_2Cr_2O_7-1 N$).

2.4.4 Ασβεστόλιθος - Ισοδύναμο $CaCO_3$: Για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου $CaCO_3$ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Bernard (Duchaufour, 1960). Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίστηκαν οι μορφές των ανθρακικών του εδάφους κυρίως μετά Ca^{2+} και Mg^{2+} και εκφράστηκαν σε gr $CaCO_3 / 100$ gr εδάφους.

2.4.5 Προσδιορισμός ολικού αζώτου σε φυτικούς ιστούς κατά KJELDAHL (υγρή καύση): Σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός του οργανικού και ανόργανου αζώτου, που βρίσκεται στους φυτικούς ιστούς, σε μορφή νιτρικών (NO_3^-) ή ακόμα και νιτρωδών (NO_2^-) αλάτων. Η μέθοδος περιλαμβάνει κατεργασία ενός δείγματος, που το διαλύουμε με πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95% και Σαλικιλικό σε μια φιάλη KJELDAHL.

2.4.6 Βάρος 1000 σπόρων: Ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας πενήντα (50) σπόροι και πολλαπλασιάστηκε το αποτέλεσμα με είκοσι (20).

2.4.7 Πρωτεΐνη %: Η περιεκτικότητα του ολικού αζώτου στους σπόρους πολλαπλασιασμένη με 6,24.

2.4.8 Σαπωνίνες %: Η περιεκτικότητα σε σαπωνίνες στους σπόρους υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας την αντίστροφη φάση της HPLC μεθόδου η οποία βασίζεται στο πρωτόκολλο που περιγράφεται από τους San Martin και Briones (2000). Για το διαχωρισμό των σαπωνίνων από τους σπόρους τοποθετήθηκαν οι σπόροι σε νερό στους $60^\circ C$ για 3 ώρες. Η αναλογία νερού προς σπόρους ήταν 15:1 (σε βάρος). Το εκχύλισμα φυγοκεντρήθηκε και το υπερκείμενο υγρό διηθήθηκε (μέγεθος πόρων 0,45 μm) και έπειτα αναλύθηκε με τη μέθοδο RP-HPLC (Martinez et al., 2009).

2.5 Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, εφαρμόστηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Statistica 8 (StatSoft 2007). Επιπρόσθετα η ανάλυση των δεικτών ποικιλότητας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού BIO-DAP.

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα

3.1 Πυκνότητα ζιζανίων

Στο πειραματικό αγρό όπου διεξήχθη το πείραμα εντοπίστηκαν τα εξής ζιζάνια τα οποία τα χωρίσαμε σε ετήσια και πολυετή (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Ζιζάνια πειραματικού αγρού.

Επιστημονική ονομασία	Οικογένεια	Κοινή ονομασία	Βιολογικός κύκλος
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	Βλήτο	Ετήσιο
<i>Chenopodium album</i>	Chenopodiaceae	Λουβουδιά	Ετήσιο
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Περιπλοκάδα	Πολυετές
<i>Fumaria officinalis</i>	Papaveraceae	Καπνόχορτο	Ετήσιο
<i>Lamium alexicauale</i>	Lamiaceae	Δωδεκάνθι	Ετήσιο
<i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae	Μολόχα	Διετές
<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	Αγριοντοματιά	Ετήσιο
<i>Tribulus terrestris</i>	Zygophyllaceae	Τριβόλι	Ετήσιο
<i>Urtica urens</i>	Urticaceae	Τσουκνίδα	Ετήσιο
<i>Phalaris aquatica L.</i>	Poaceae	Φάλλαρις	Πολυετές
<i>Chamomilla recutita</i>	Asteraceae	Χαμομήλι	Ετήσιο
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Solanaceae	Γερμανός	Πολυετές

Πρώτη μέτρηση

Με βάση την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 6) το είδος της λίπανσης (compost, χούμος και μάρτυρας) δεν επηρέασε τη συνολική πυκνότητα των ζιζανίων ($F=1,210$, $p=0,385$).

Πίνακας 6: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της πρώτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (WD: πυκνότητα ζιζανίων).

	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
WD1	42,111	2	84,222	1,210	0,385

Παρατηρούμε πως στη πρώτη μέτρηση παρουσιάστηκαν διαφορές όσον αφορά την εμφάνιση των ζιζανίων μεταξύ των τριών υποτεμαχίων (Πίνακας 7). Στο υποτεμάχιο όπου η λίπανση έγινε με compost παρατηρούμε πως η λουβουδιά εμφανίζεται σε μεγάλη συχνότητα. Στη περίπτωση του χούμου και του μάρτυρα έχουμε μεγαλύτερη εμφάνιση στο ζιζάνιο βλήτο και περιπλοκάδα αντίστοιχα. Σύμφωνα με τον δείκτη Shannon-Weiner (διάγραμμα 1), μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων υπάρχει στο υποτεμάχιο του μάρτυρα (απουσία οργανικού λιπάσματος) και μικρότερη στα υποτεμάχια όπου προστέθηκε χούμος. Το αντίθετο ισχύει με τον δείκτη Simpson's (διάγραμμα 2).

Πίνακας 7: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την πρώτη μέτρηση.

Είδος ζιζανίου	compost	χούμος	μάρτυρας
<i>Chenopodium album</i>	12	4	3
<i>Amaranthus retroflexus</i>	3	6	3
<i>Convolvulus arvensis</i>	5	1	5
<i>Lamium aplexicaule</i>	2	0	0
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0	0	2
# of Individuals (N)	22	11	13
# of Species (S)	4	3	4

Δεύτερη μέτρηση

Παρατηρούμε πως και στη δεύτερη μέτρηση η συνολική πυκνότητα των ζιζανίων δεν επηρεάζεται από το είδος της λίπανσης (compost, χούμος και μάρτυρα). Επισημαίνεται πως το $F=3,55$ και το αντίστοιχο $p=0,095$ (Πίνακας 8).

Πίνακας 8: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της δεύτερης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (WD: πυκνότητα ζιζανίων).

	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
WD2	389,777	2	779,555	3,554	0,0958

Στη δεύτερη μέτρηση ζιζανίων, παρατηρείται μια εντελώς διαφορετική εικόνα στα ζιζάνια του πειραματικού αγρού σε σύγκριση με τη πρώτη. Στο υποτεμάχιο, όπου εφαρμόστηκε λίπανση με compost και χούμο, παρουσιάστηκε σχεδόν ο ίδιος αριθμός ζιζανίων (Πίνακας 9). Και στις δυο περιπτώσεις το ζιζάνιο της λουβουδιάς εμφανίζεται σε μεγαλύτερη συχνότητα. Στο υποτεμάχιο όπου υπήρξε απουσία λιπάσματος (μάρτυρας), το ζιζάνιο της περιπλοκάδας ήταν το κυρίαρχο. Σύμφωνα με τον δείκτη Shannon-Weiner (διάγραμμα 1), μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων υπάρχει στο υποτεμάχιο του μάρτυρα, όπως και στην πρώτη μέτρηση και μικρότερη στα υποτεμάχια όπου προστέθηκε χούμος. Το αντίθετο ισχύει με τον δείκτη Simpson's (διάγραμμα 2).

Πίνακας 9: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την δεύτερη μέτρηση.

Είδος ζιζανίου	compost	χούμος	μάρτυρας
<i>Chenopodium album</i>	16	14	16
<i>Amaranthus retroflexus</i>	14	8	4
<i>Convolvulus arvensis</i>	11	3	20
<i>Chamomilla recutita</i>	1	1	2
<i>Lamium aplexicaule</i>	3	1	4
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0	1	6
<i>Fumaria officinalis</i>	4	1	3
<i>Phalaris aquatica L.</i>	1	1	3
<i>Urtica urens</i>	0	1	1
<i>Malva sylvestris</i>	0	0	0
# of Individuals (N)	50	31	59
# of Species (S)	7	9	9

Τρίτη μέτρηση

Το είδος της λίπανσης (compost, χούμος και μάρτυρας) δεν επηρεάζει τη συνολική πυκνότητα των ζιζανίων ($F=0,93$ και $p=0,442$), όπως φαίνεται και από τον πίνακα 10.

Πίνακας 10: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της τρίτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (WD: πυκνότητα ζιζανίων).

	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
WD3	107,111	2	214,222	0,937	0,442

Παρατηρούμε πως στη τρίτη μέτρηση ζιζανίων παρουσιάζεται μια εντελώς διαφορετική εικόνα στα ζιζάνια του πειραματικού αγρού μια παρόμοια εικόνα σε σύγκριση με την προηγούμενη (Πίνακας 11). Στα τρία υποτεμάχια το ζιζάνιο της λουβουδιάς εμφανίζεται σε μεγαλύτερη συχνότητα. Στο υποτεμάχιο όπου υπήρξε απουσία λιπάσματος (μάρτυρας), το ζιζάνιο της περιπλοκάδας ήταν το αμέσως επόμενο κυρίαρχο. Σύμφωνα με τον δείκτη Shannon-Weiner (διάγραμμα 1), μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων υπάρχει στο υποτεμάχιο του μάρτυρα, όπως και στις άλλες δυο μετρήσεις και μικρότερη στα υποτεμάχια όπου προστέθηκε compost. Το αντίθετο ισχύει με τον δείκτη Simpson's (διάγραμμα 2).

Πίνακας 11: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την τρίτη μέτρηση.

Είδος ζιζανίου	compost	χούμος	μάρτυρας
<i>Chenopodium album</i>	17	19	15
<i>Amaranthus retroflexus</i>	15	9	3
<i>Convolvulus arvensis</i>	11	3	15
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	3	3	2
<i>Tribulus terrestris</i>	3	3	5
<i>Chamomilla recutita</i>	0	1	1
<i>Urtica urens</i>	1	1	3
<i>Phalaris aquatica L.</i>	1	1	4
# of Individuals (N)	51	40	48

Τέταρτη μέτρηση

Παρατηρούμε πως και στη τελευταία μέτρηση η συνολική πυκνότητα των ζιζανίων δεν επηρεάζεται από το είδος της λίπανσης (compost, χούμος και μάρτυρα). Επισημαίνεται πως το $F=3,55$ και το αντίστοιχο $p=0,095$ (Πίνακας 12).

Πίνακας 12: Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων της τέταρτης μέτρησης για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (WD: πυκνότητα ζιζανίων).

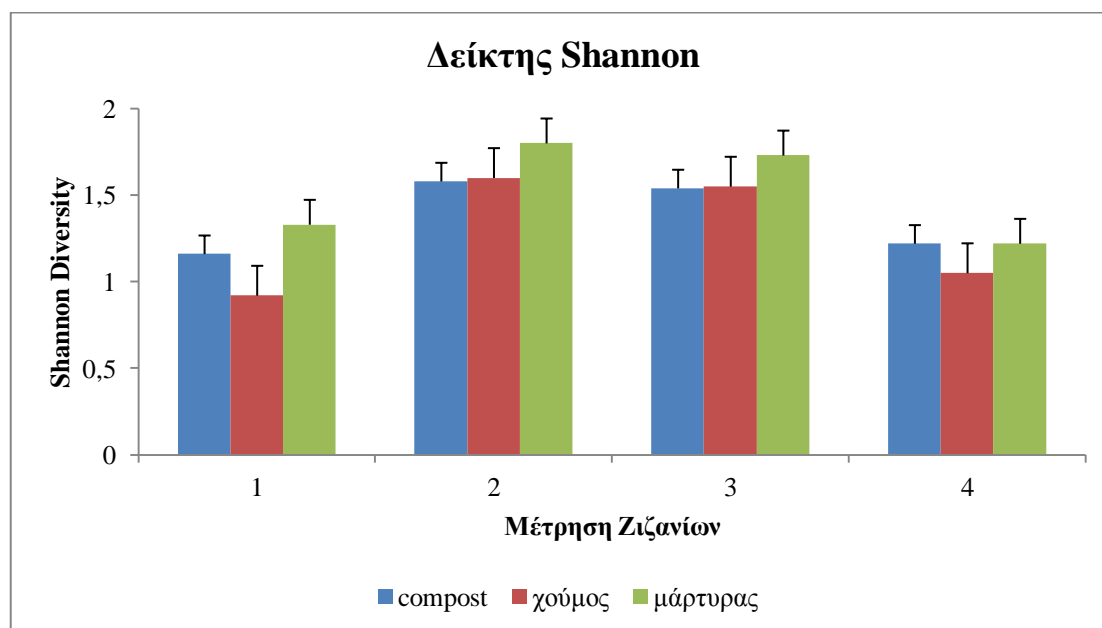
	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
WD4	5,333	2	10,667	0,055	0,946

Στη τελευταία μέτρηση ζιζανίων, παρατηρείται παρόμοια εικόνα στα ζιζάνια του πειραματικού αγρού σε σύγκριση με τις άλλες δυο μετρήσεις. Τόσο στα υποτεμάχια, όπου εφαρμόστηκε λίπανση με compost και χούμο, όσο και στα υποτεμάχια όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση, το ζιζάνιο της λουβουδιάς ήταν το κυρίαρχο (Πίνακας 13). Σύμφωνα με τον δείκτη Shannon - Weiner (διάγραμμα 1), μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων υπάρχει στο υποτεμάχιο του μάρτυρα, όπως και στις προηγούμενες μετρήσεις και μικρότερη στα υποτεμάχια όπου προστέθηκε χούμος. Το αντίθετο ισχύει με τον δείκτη Simpson's (διάγραμμα 2).

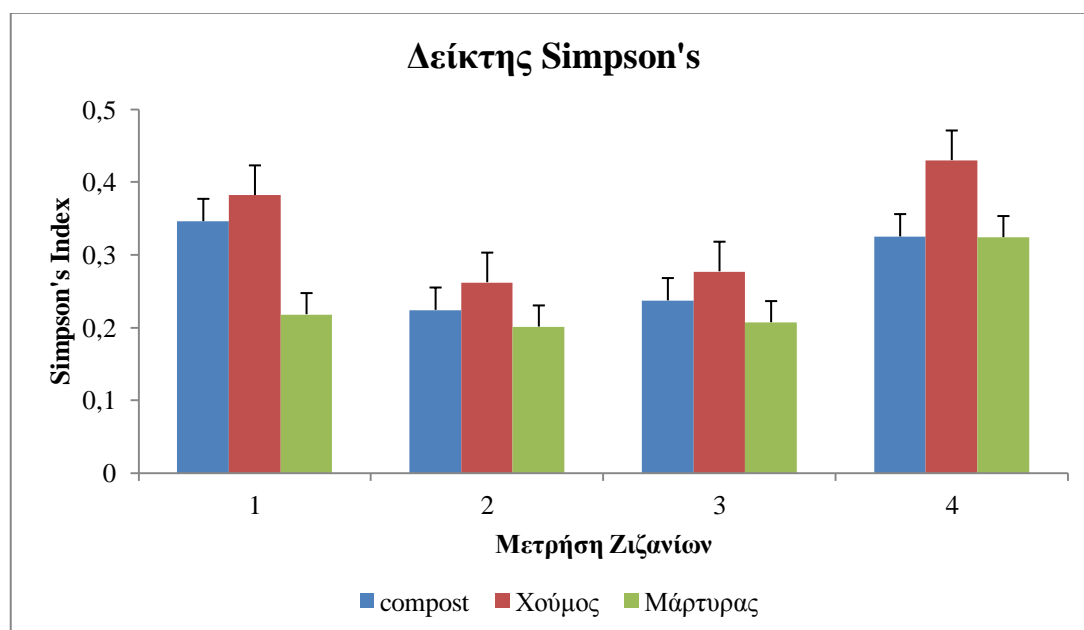
Πίνακας 13: Η πυκνότητα των ζιζανίων για την τέταρτη μέτρηση.

Είδος ζιζανίου	compost	χούμος	μάρτυρας
<i>Chenopodium album</i>	16	19	17
<i>Amaranthus retroflexus</i>	5	5	5
<i>Convolvulus arvensis</i>	4	3	5
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	6	3	6
# of Individuals (N)	31	30	33
# of Species (S)	4	4	4

Στα διαγράμματα 1 και 2, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι δείκτες Shannon και Simpson's αντίστοιχα για όλες τις μετρήσεις των ζιζανίων. Στα υποτεμάχια όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση παρατηρείται ο μεγαλύτερος δείκτης του Shannon, ενώ για τον αντίστοιχο δείκτη Simpson's στο υποτεμάχιο του μάρτυρα παρατηρείται η μικρότερη τιμή.



Διάγραμμα 1: Η πορεία εξέλιξης του δείκτη Shannon κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 2: Η πορεία εξέλιξης του δείκτη Simpson's κατά τη διάρκεια του πειράματος.

3.1.1 Βάρος 1000 σπόρων, % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες

Ο πίνακας 14 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της επίδρασης της λίπανσης στις εξής παραμέτρους: βάρος 1000 σπόρων, % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες.

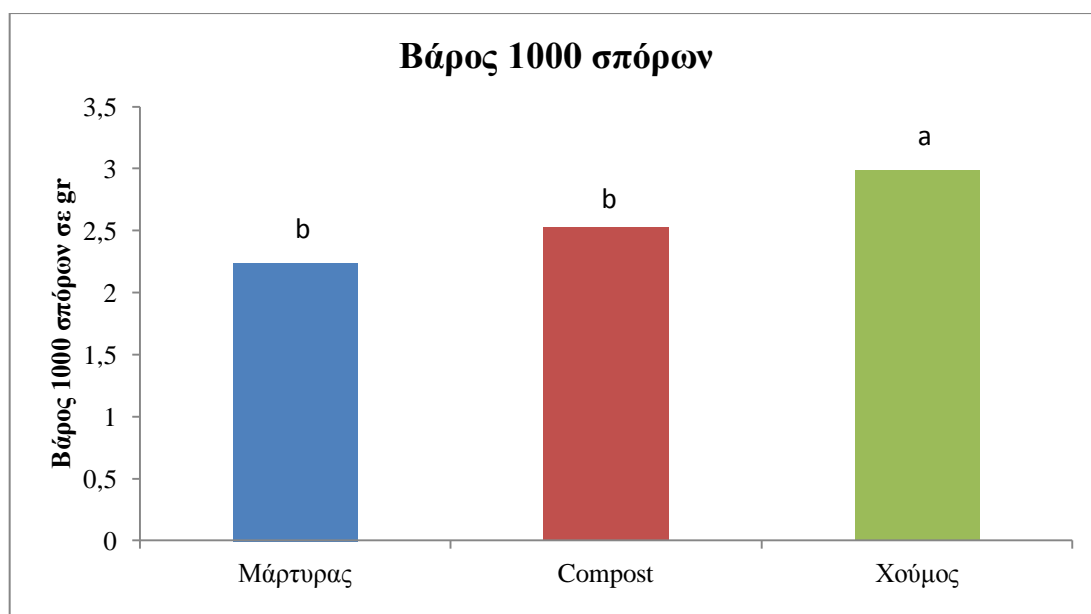
Πίνακας 14: Επίδραση της λίπανσης στο βάρος 1000 σπόρων, στην % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες.

Λίπανση	Βάρος 1000 σπόρων	Πρωτεΐνες %	Σαπωνίνες %
Μάρτυρας	2,21	14,32	0,31
Compost	2,34	15,34	0,34
Χούμος	2,98	16,23	0,37

Στο διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι οι σπόροι οι οποίοι προέρχονται από το υποτεμάχιο του χούμου παρουσίασαν το μεγαλύτερο βάρος εν αντιθέσει των άλλων δύο υποτεμαχίων. Ωστόσο, το μικρότερο βάρος 1000 σπόρων παρουσιάστηκε στο υποτεμάχιο όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση (μάρτυρας). Από την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 15) συμπεραίνουμε ότι όλες οι λιπάνσεις εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και το είδος της λίπανσης φαίνεται ότι επηρέασε το βάρος των χιλίων σπόρων. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάζει η % περιεκτικότητα των σπόρων της κινόα σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες (διαγράμματα 4 και 5). Αναλυτικότερα, το μεγαλύτερο ποσοστό σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες παρατηρείται στο υποτεμάχιο όπου εφαρμόστηκε η λίπανση του χούμου. Επιπρόσθετα, το μικρότερο ποσοστό των δύο προαναφερθέντων παραμέτρων εμφανίζεται στο υποτεμάχιο όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση (μάρτυρας).

Πίνακας 15α: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στο βάρος των 1000 σπόρων για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

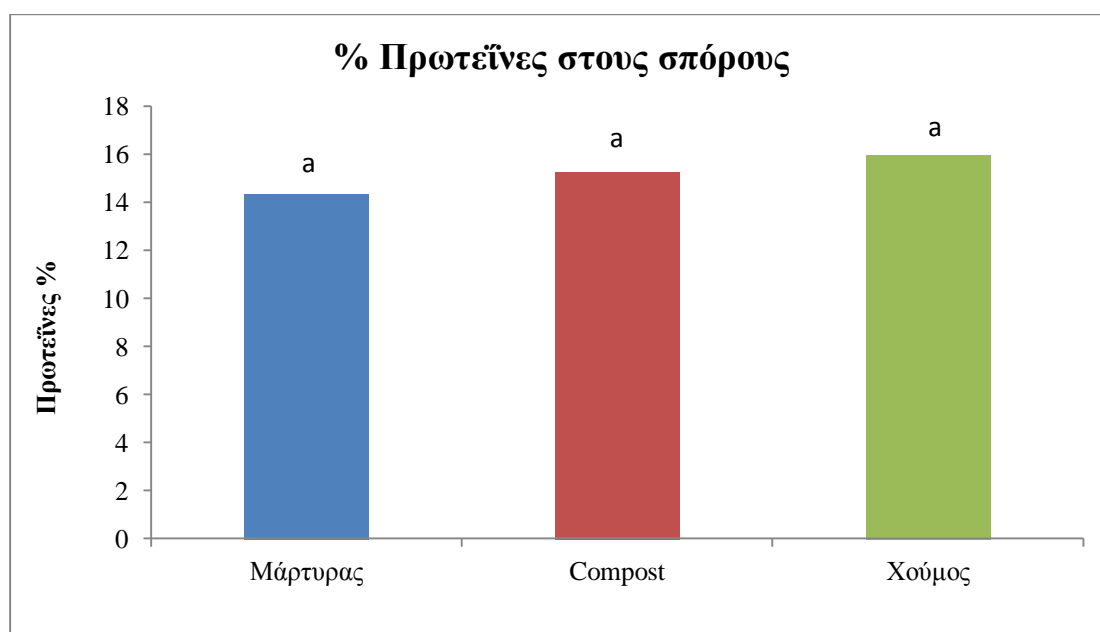
	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
Λίπανση	0,422	2	0,844	58,821	<0,05



Διάγραμμα 3: Επίδραση της λίπανσης στο βάρος των 1000 σπόρων στην καλλιέργεια κινόα.

Πίνακας 15β: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στους σπόρους για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

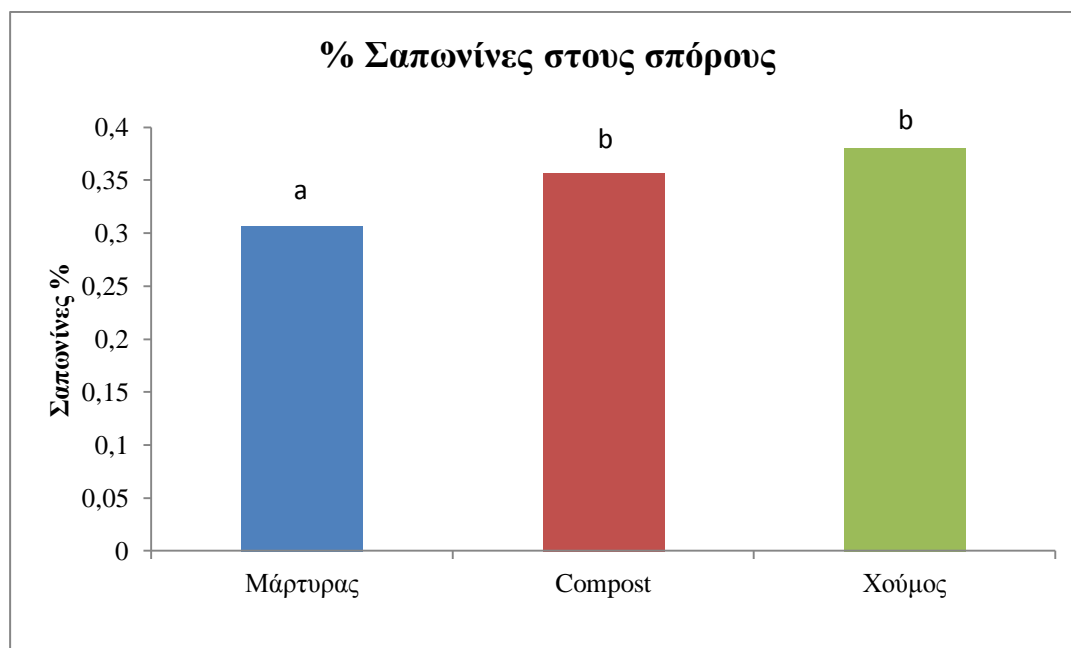
	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
Λίπανση	1,988	2	3,977	31,266	<0,05



Διάγραμμα 4: Επίδραση της λίπανσης στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στους σπόρους στην καλλιέργεια κινόα.

Πίνακας 15γ: Ανάλυση διασποράς της λίπανσης (compost, χούμος, μάρτυρας) στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε σαπωνίνες στους σπόρους για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Μέσο τετράγωνο	B.E.	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
Λίπανση	0,004	2	0,008	37,90	<0,05



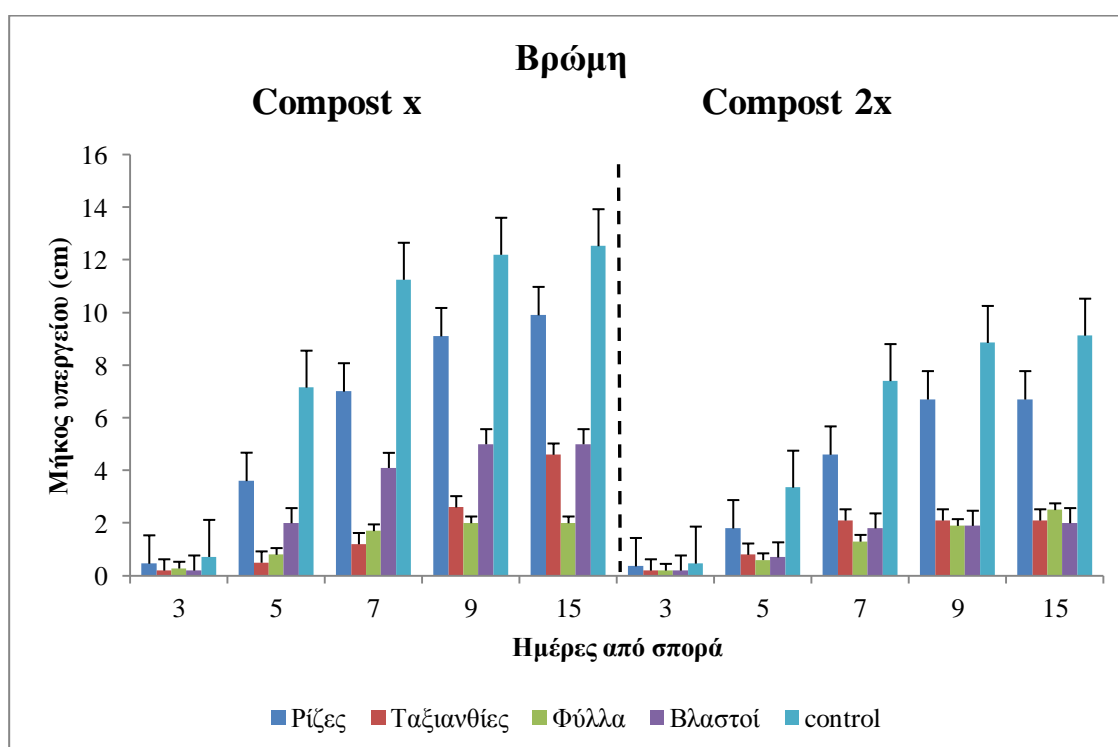
Διάγραμμα 5: Επίδραση της λίπανσης στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε σαπωνίνες στους σπόρους στην καλλιέργεια κινόα.

3.2 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά βρώμης με τη χρησιμοποίηση περλίτη

Με βάση την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 16) παρατηρούμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού παρουσιάζουν σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, παρατηρείται σημαντική επίδραση της συγκέντρωσης και της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων, υπόστρωμα και τμήμα φυτού στο υπέργειο μήκος του φυτού. Στο διάγραμμα 6 που αναφέρεται στη πρώτη επανάληψη, απεικονίζεται η επίδραση του τμήματος του φυτού (ρίζες, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί, control) και των συγκεντρώσεων των δύο επεμβάσεων, στην αύξηση του υπέργειου μήκους του σε συνάρτηση με το χρόνο, όπου παρατηρούμε μία ανομοιογενής αύξηση του μήκους του φυτού.

Πίνακας 16: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	258,819	3	86,273	45,152	<0,05
Τμήμα φυτού	194,890	3	64,963	34,000	<0,05
Συγκεντρώσεις	31,924	1	31,924	16,708	<0,05
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	104,309	9	11,590	6,066	<0,05
Υπόστρωμα x Συγκεντρώσεις	3,356	3	1,119	0,585	0,628
Τμήμα φυτού x Συγκεντρώσεις	0,237	3	0,079	0,041	0,988
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού x Συγκεντρώσεις	17,479	9	1,942	1,016	0,447

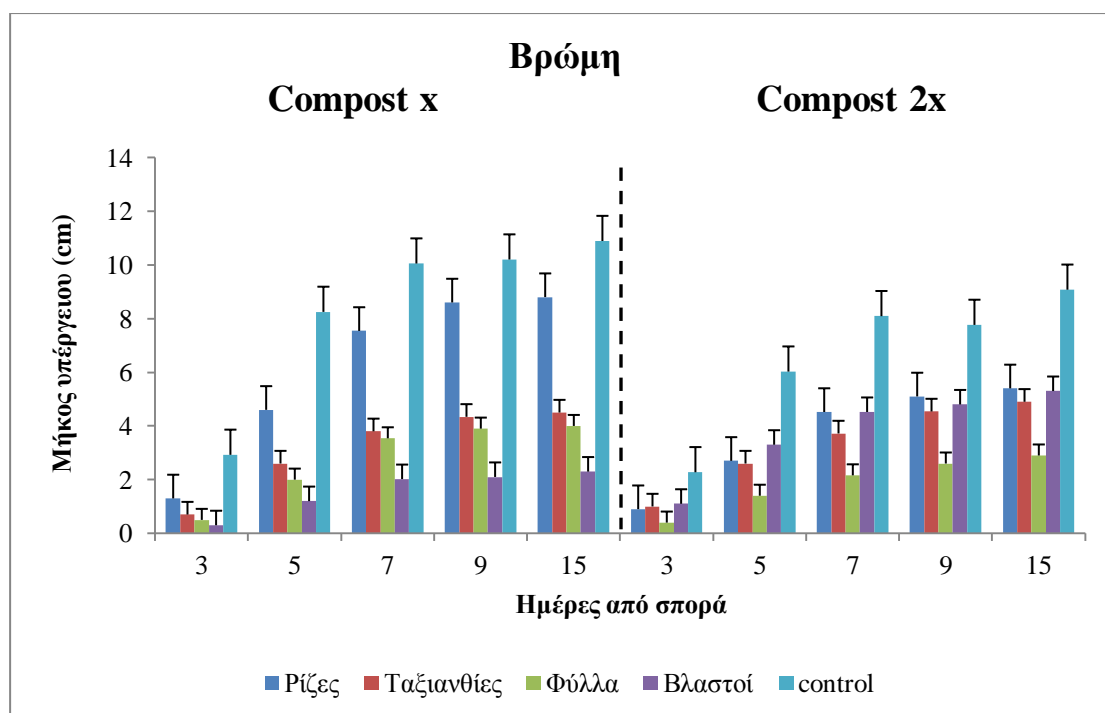


Διάγραμμα 6: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα compost.

Στο χρονικό διάστημα των 3 ημερών μετά τη σπορά, στη ποσότητα των x συγκεντρώσεων, παρατηρείται μια ανομοιογενής πορεία ανάπτυξης των τεσσάρων επιλεγμένων ενσωματωμένων φυτικών ιστών. Τελικά στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης παρατηρείται όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 6 στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως στους βλαστούς και στις ταξιανθίες και τέλος στα φύλλα. Στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των φύλλων και των βλαστών, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το ενδιάμεσο χρονικό διάστημα από τις 9 έως τις 15 ημέρες από τη σπορά.

Στην ποσότητα 2x, ωστόσο παρατηρούνται κάποιες σημαντικές διαφορές εν συγκρίσει με την αντίστοιχη ποσότητα x. Πιο αναλυτικά στις 3 ημέρες μετά τη σπορά, παρατηρείται μια παρόμοια αύξηση στο υπέργειο μήκος του φυτού όσον αφορά τις ενσωματώσεις των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων. Με την πάροδο του χρόνου, παρατηρείται ότι το μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης στις ενσωματώσεις των ριζών είναι σημαντικά υψηλότερο σε σύγκριση με τους υπόλοιπους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών παρατηρείται το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος, ενώ για το ίδιο χρονικό διάστημα ακολουθεί το μήκος που αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων. Επιπρόσθετα το μικρότερο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και βλαστών. Στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το χρονικό διάστημα των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως οι διαφορές εντοπίζονται στις ενσωματώσεις που παρουσιάζουν τα μικρότερα υπέργεια μήκη. Στην μεν πρώτη επέμβαση το μικρότερο υπέργειο μήκος παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των φύλλων ενώ στη δεύτερη το υπέργειο μήκος παρατηρείται ταυτόχρονα στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών και των βλαστών. Η διαφορά οφείλεται πιθανότατα στη διπλάσια συγκέντρωση υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκε.



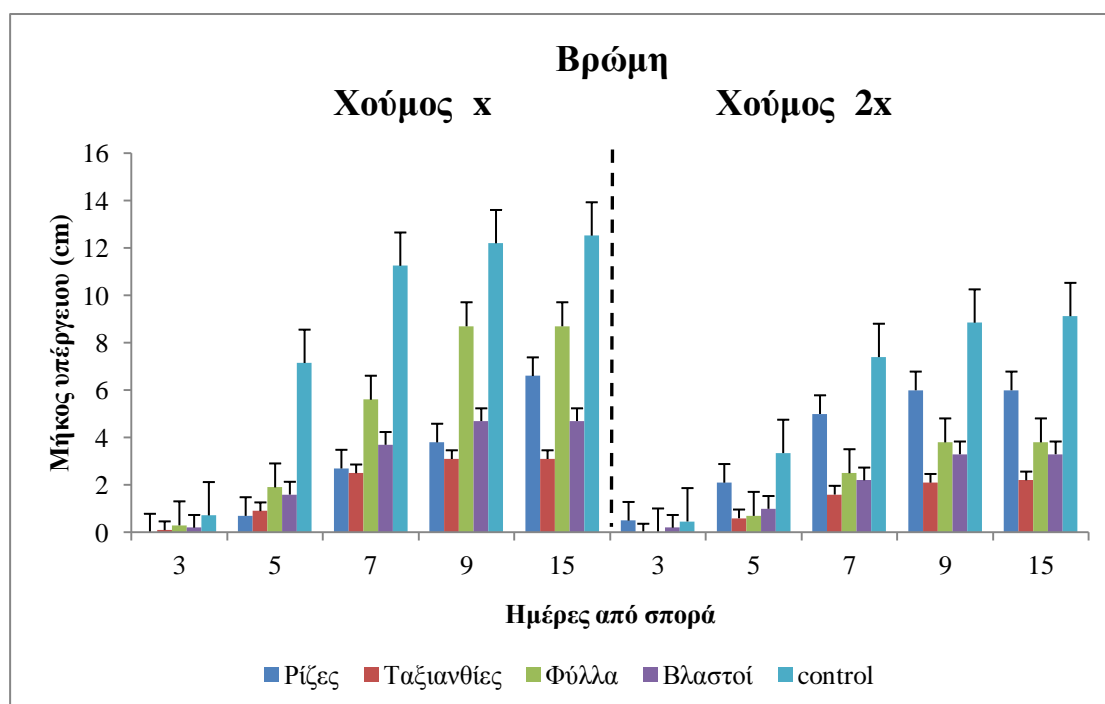
Διάγραμμα 7: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα compost (φυτό 60 ΗΑΣ).

Στο διάγραμμα 7 απεικονίζεται η συμπεριφορά του υπέργειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα χούμου, σε σχέση με το τμήμα του φυτού ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά και σε σχέση με τις συγκεντρώσεις για τις δύο επεμβάσεις x και 2x. Στην ποσότητα x, για το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Τελικά στις 15 ημέρες μετά από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος σημειώνεται στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί των ταξιανθιών, των φύλλων και των βλαστών.

Στην ποσότητα 2x, παρατηρείται παρόμοια εικόνα με την πρώτη. Πιο αναλυτικά με την πάροδο των ημερών από τη σπορά, τα μήκη του υπέργειου τμήματος ακολουθούν μια αυξητική τάση ώσπου τελικά στις 15 ημέρες από τη σπορά το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορούσε τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά, οι ενσωματώσεις των ταξιανθιών, των βλαστών και των φύλλων. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπέργειου τμήματος που

σημειώθηκαν στις επιλεγμένες ενσωματώσεις με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.

Από τη σύγκριση των δύο επεμβάσεων, παρατηρούμε, ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπέργειου τμήματος της βρώμης σημειώνονται στους ενσωματωμένους ιστούς των ριζών ενώ παρουσιάζονται κάποιες διαφορές όσον αφορά στα παρατηρούμενα μικρότερα μήκη των υπέργειων τμημάτων του φυτού. Στη μεν πρώτη περίπτωση το μικρότερο υπέργειο μήκος παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των βλαστών ενώ στη δεύτερη περίπτωση στις ενσωματώσεις των φύλλων.



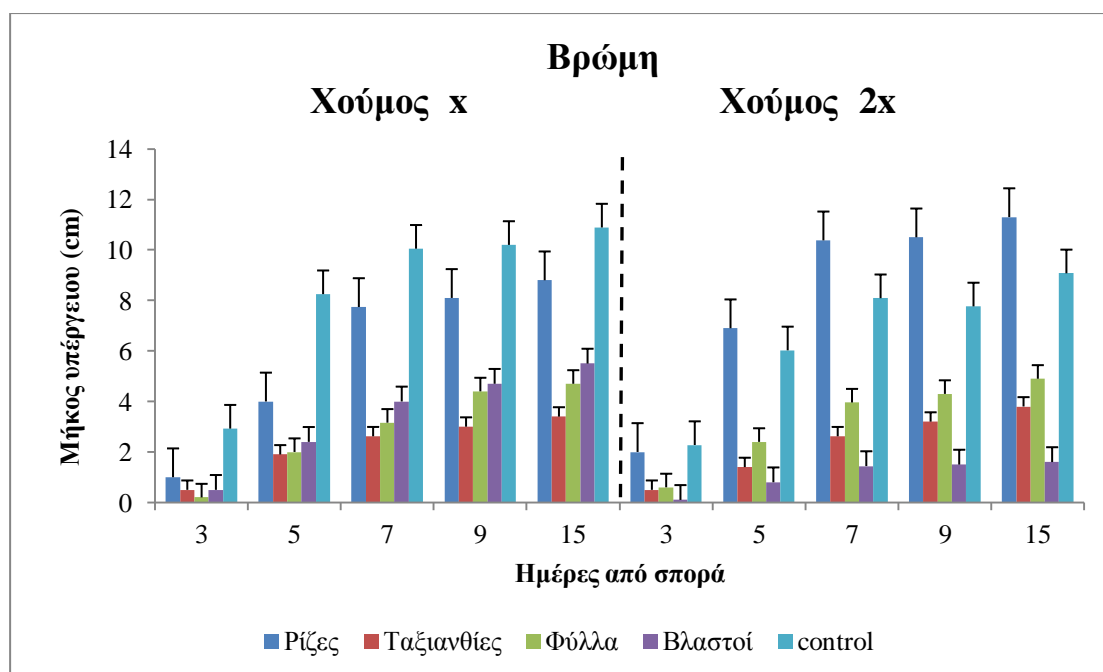
Διάγραμμα 8: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 53 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς.

Στο διάγραμμα 8 παρατηρείται η αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης για τις συγκεντρώσεις x και 2x φυτικών τμημάτων 53 ημερών από τη σπορά. Στην ποσότητα x, κατά το χρονικό διάστημα των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Στις 15 ημέρες μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων, ενώ το αμέσως επόμενο μικρότερο μήκος παρατηρείται στις ενσωματώσεις των ριζών, των βλαστών και των ταξιανθιών. Ακόμη, στους ενσωματωμένους

φυτικούς ιστούς τόσο των ταξιανθιών, των φύλλων όσο και των βλαστών παρατηρείται μια σταθερότητα στο υπέργειο μήκος. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπέργειου τμήματος που σημειώθηκαν στις επιλεγμένες ενσωματώσεις με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.

Στην ποσότητα 2x, παρατηρείται μια διαφορετική εικόνα εν συγκρίσει με την πρώτη. Αναλυτικότερα για το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, σημειώνεται μικρή αύξηση στα μήκη του υπέργειου τμήματος του φυτού και για τους τέσσερις ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς, μόνο που στη περίπτωση των ριζών είναι πιο έντονη. Ωστόσο, παρατηρούμε πως στις 3 ημέρες από τη σπορά, οι σπόροι που είχαν τοποθετηθεί στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών και των φύλλων, δεν είχαν εκπτυχθεί ακόμη.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε ότι τα μικρότερα μήκη του υπέργειου τμήματος της βρώμης σημειώνονται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών και για τις δύο συγκεντρώσεις ενώ παρουσιάζονται διαφορές όσον αφορά τα μεγαλύτερα υπέργεια τμήματα. Στη πρώτη περίπτωση, το μεγαλύτερο υπέργειο τμήμα της βρώμης αφορά στα φύλλα ενώ στη δεύτερη περίπτωση αφορά στις ρίζες. Επιπροσθέτως η αυξητική τάση των μηκών στην δεύτερη επέμβαση είναι σαφώς περιορισμένη συγκρινόμενη με αυτήν της πρώτης.



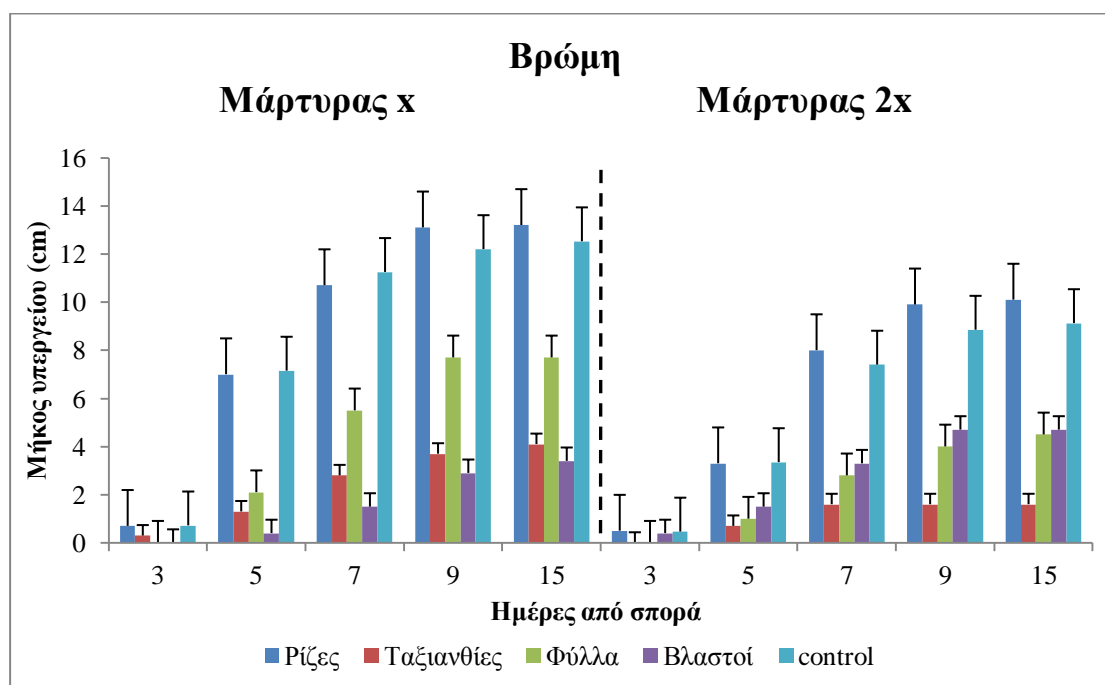
Διάγραμμα 9: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 9 απεικονίζεται η συμπεριφορά του υπέργειου τμήματος της βρώμης σε σχέση με το τμήμα του φυτού και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα χούμου. Στην ποσότητα x, για το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Με τη πάροδο των ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μία ταχεία αύξηση του υπέργειου μήκους που αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών. Τελικά στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης παρατηρείται όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 9 στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως στους βλαστούς και στα φύλλα και τέλος στις ταξιανθίες.

Στην περίπτωση της ποσότητας 2x, ωστόσο παρατηρούνται κάποιες σημαντικές διαφορές εν συγκρίσει με την πρώτη. Στο χρονικό διάστημα των 3 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των ριζών και το μικρότερο στις ενσωματώσεις των βλαστών. Οι συγκρίσεις τους, όμως, με το control, αποδεικνύουν πως η αύξηση αυτή, του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη. Στις ενσωματώσεις των ριζών, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το

χρονικό διάστημα των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά. Ωστόσο στις 15 ημέρες μετά τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης παρατηρείται στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως στα φύλλα και στις ταξιανθίες και τέλος στους βλαστούς.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπέργειου τμήματος σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών. Επιπροσθέτως η αυξητική τάση των μηκών στην πρώτη επέμβαση είναι σαφώς περιορισμένη συγκρινόμενη με αυτήν της δεύτερης. Οι διαφορές που παρουσιάζονται στα μικρότερα υπέργεια μήκη εντοπίζονται όπως ήδη έχουμε αναφέρει παραπάνω στη χρησιμοποιούμενη διαφορετική ποσότητα των ενσωματωμένων φυτικών ιστών.



Διάγραμμα 10: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 53 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα μάρτυρα.

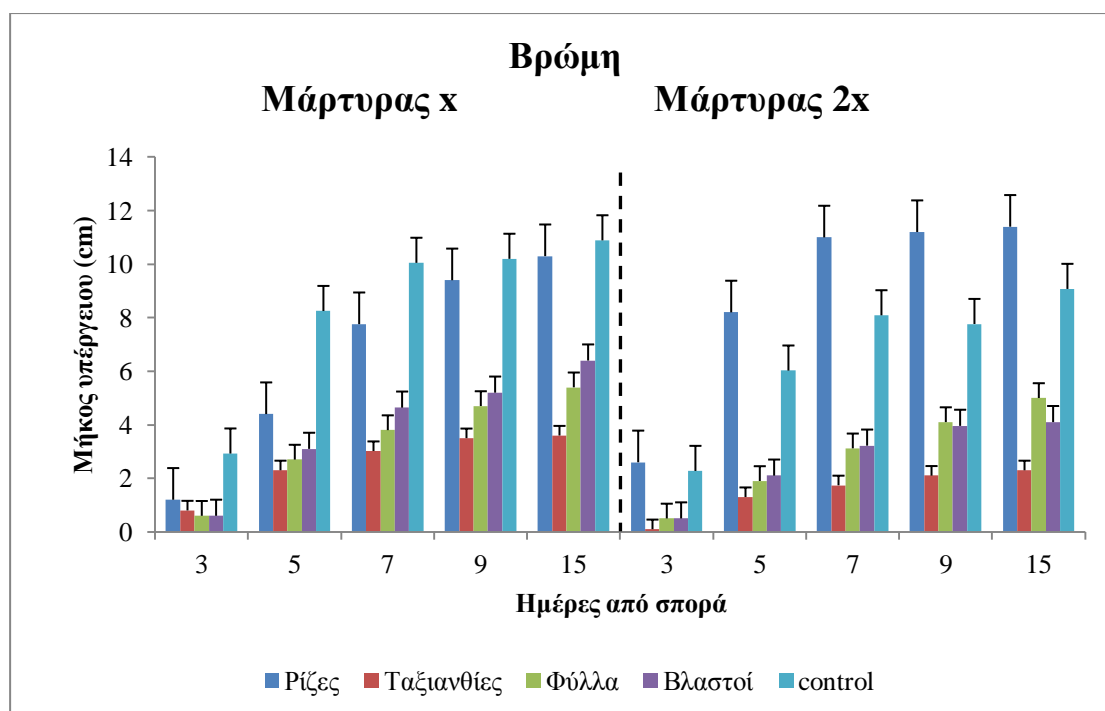
Στο διάγραμμα 10 απεικονίζεται η πορεία αύξησης του υπέργειου τμήματος της βρώμης στις ποσότητες x και 2x. Στην πρώτη περίπτωση, για το χρονικό διάστημα των 3 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται ότι οι σπόροι οι οποίοι είχαν τοποθετηθεί στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς φύλλων και βλαστών έχουν δεχτεί την παρεμποδιστική δράση των ουσιών της κινόα με αποτέλεσμα το μη φύτεμα τους. Στις 15 ημέρες μετά από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος

εντοπίζεται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών, ακολούθως των φύλλων και ταξιανθιών και τέλος των βλαστών. Στις ενσωματώσεις των φύλλων, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το χρονικό διάστημα των 9 έως 15 ημερών από τη σπορά.

Στη ποσότητα 2x, παρατηρείται παρόμοια εικόνα με την πρώτη. Αναλυτικότερα κατά το χρονικό διάστημα των 3 ημερών από τη σπορά οι σπόροι οι οποίοι είχαν τοποθετηθεί στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών και των φύλλων δεν είχαν εκπτυχθεί ακόμη. Ωστόσο, παρατηρείται μια μικρή αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς και η οποία είναι πιο έντονη στις ενσωματώσεις των ριζών. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μια σταθερότητα των μήκων του υπέργειου τμήματος όσον αφορά τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και των βλαστών. Στη πρώτη περίπτωση, αυτή η σταθερότητα απεικονίζεται για το χρονικό διάστημα από τις 7 έως τις 15 ημέρες ενώ αντίστοιχα στη δεύτερη περίπτωση για το χρονικό διάστημα από τις 9 έως τις 15 ημέρες από τη σπορά.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπέργειου τμήματος σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών και για τις δύο επεμβάσεις. Αντιθέτως, οι διαφορές μεταξύ των δύο επεμβάσεων εντοπίζονται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν το μικρότερο υπέργειο μήκος. Στη πρώτη περίπτωση της ποσότητας x, το μικρότερο μήκος παρατηρείται στις ενσωματώσεις των βλαστών ενώ στη δεύτερη περίπτωση της ποσότητας 2x το μικρότερο μήκος σημειώνεται στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών.

Στο διάγραμμα 11 απεικονίζεται η πορεία αύξησης του υπέργειου τμήματος στις ποσότητες x και 2x. Στην ποσότητα x, μετά την τρίτη ημέρα από τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 9 έως 15 ημερών από τη σπορά παρατηρείται μια σταθερή τιμή για τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Τελικά στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι ενσωματώσεις των βλαστών, των φύλλων και των ταξιανθιών. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπέργειου τμήματος που σημειώθηκαν στις επιλεγμένες ενσωματώσεις με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.



Διάγραμμα 11: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης συναρτήσει του τμήματος του φυτού (φυτό 60 ΗΑΣ) και των συγκεντρώσεων σε υπόστρωμα μάρτυρα.

Αντιθέτως, στην ποσότητα 2x, παρατηρείται ότι το υπέργειο μήκος του φυτού είναι σημαντικά υψηλότερο στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Στις 15 ημέρες μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως των φύλλων και των βλαστών και τέλος στις ταξιανθίες. Από τη σύγκριση των μήκων του υπέργειου τμήματος που σημειώθηκαν στις επιλεγμένες ενσωματώσεις με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη με εξαίρεση μόνο στις ενσωματώσεις των ριζών όπου είναι σαφώς μεγαλύτερη.

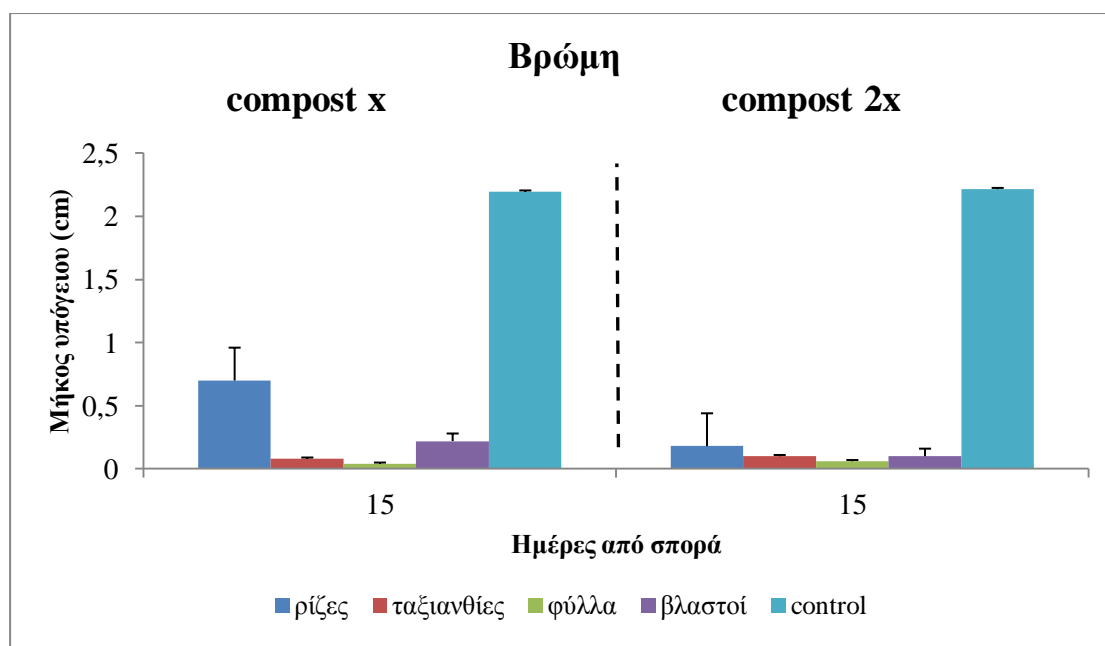
Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο διαφορετικές ποσότητες ενσωματωμένων φυτικών ιστών που χρησιμοποιήσαμε, παρατηρούμε ότι οι ομοιότητες τους αφορούν τα μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη του υπέργειου τμήματος του φυτού.

3.2.1 Υπόγειο τμήμα της βρώμης

Από τον πίνακα 17 συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση τόσο του υποστρώματος όσο και του τμήματος του φυτού στο μήκος του υπόγειου τμήματος της βρώμης με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Ακόμη, παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση του υποστρώματος και του τμήματος του φυτού ενώ οι συγκεντρώσεις δεν επηρεάζουν το υπόγειο μήκος του φυτού. Στο διάγραμμα 12 απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας), του τμήματος του φυτού και της αλληλεπίδρασης τους για τις δύο επεμβάσεις στην αύξηση του υπόγειου μήκους του φυτού.

Πίνακας 17: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	30,89605	3	10,29868	348,330	<0,05
Τμήμα φυτού	1,49612	3	0,49871	16,868	<0,05
Συγκεντρώσεις	0,00575	1	0,00575	0,194	0,662212
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	1,35207	9	0,15023	5,081	<0,05
Υπόστρωμα x Συγκεντρώσεις	0,10058	3	0,03353	1,134	0,350084
Τμήμα φυτού x Συγκεντρώσεις	0,02077	3	0,00692	0,234	0,871874
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού x Συγκεντρώσεις	0,04949	9	0,00550	0,186	0,994191

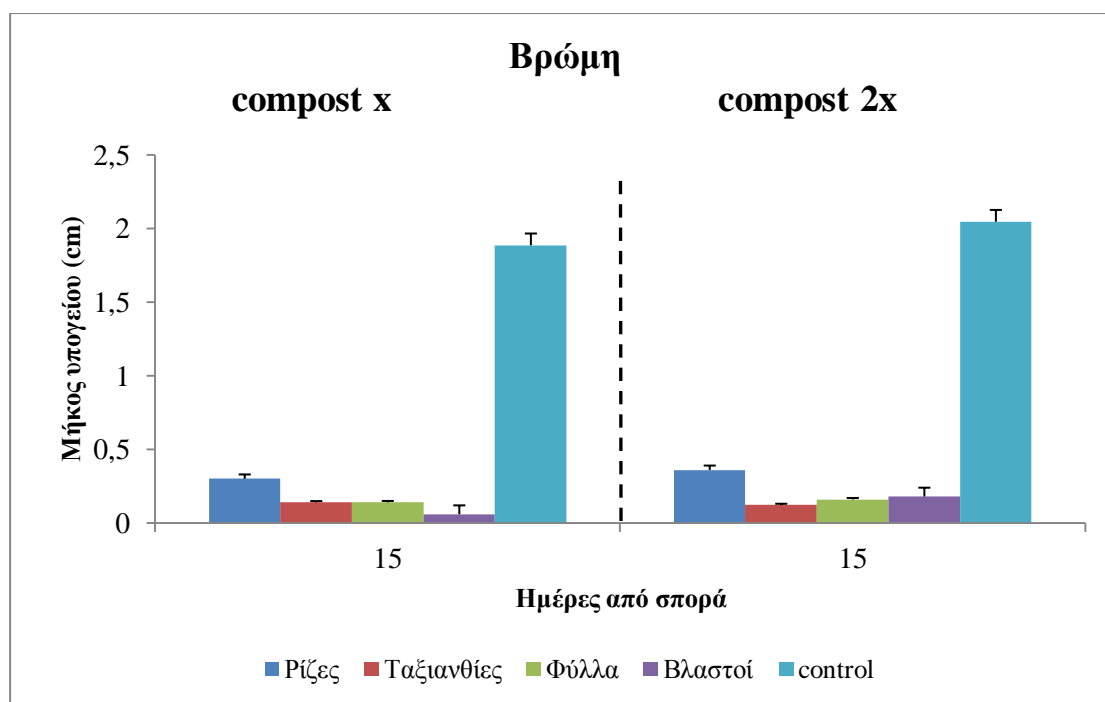


Διάγραμμα 12: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα compost για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 12, παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε σχέση με το τμήμα του φυτού στη πρώτη επέμβαση σε υπόστρωμα compost και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών. Ακολουθώντας, οι ενσωματώσεις των βλαστών και των ταξιανθιών και τέλος η ενσωμάτωση των φύλλων. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματώσεων.

Στη ποσότητα 2x, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών. Για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, το αμέσως επόμενο μεγαλύτερο υπέργειο μήκος απεικονίζεται στους βλαστούς και στις ταξιανθίες και τέλος στα φύλλα.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως η ομοιότητά τους αφορά στις ενσωματώσεις των ριζών και των φύλλων που παρουσιάζουν αντίστοιχα τα μεγαλύτερα και μικρότερα υπόγεια μήκη. Η ομοιότητα αυτή πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκέντρωση των ενσωματωμένων φυτικών ιστών που χρησιμοποιήθηκε δεν επηρέασε το υπόγειο τμήμα της βρώμης.



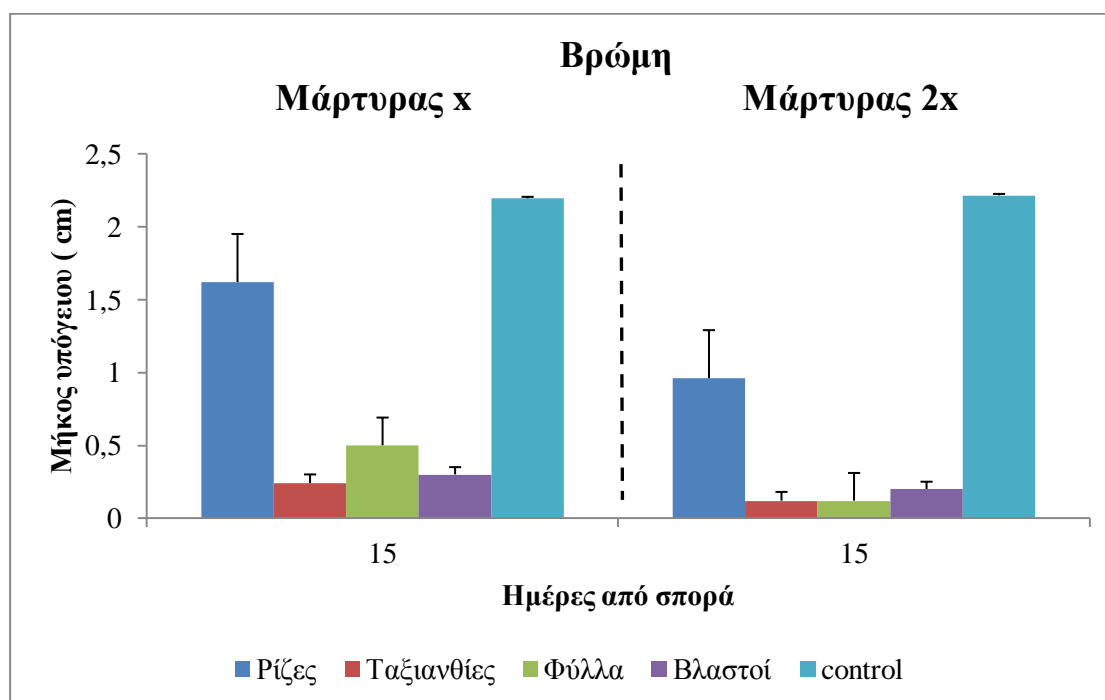
Διάγραμμα 13: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα compost για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 13 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος σε σχέση με το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα compost, για τη πρώτη επέμβαση και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως, οι ενσωματώσεις των ταξιανθιών και των φύλλων και τέλος των βλαστών. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματωμένων φυτικών τμημάτων.

Στην δεύτερη επέμβαση, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών. Την ίδια χρονική περίοδο, το αμέσως επόμενο μεγαλύτερο υπόγειο μήκος απεικονίζεται στους βλαστούς και στα φύλλα και τέλος στις ταξιανθίες.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως η διαφορά τους αφορά τις ενσωματώσεις που παρουσιάζουν τα μικρότερα υπόγεια μήκη. Στη μεν πρώτη περίπτωση, το μικρότερο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών ενώ στη

δεύτερη το μικρότερο αφορά τις ταξιανθίες. Η διαφορά αυτή πιθανότατα προκύπτει εξαιτίας του ποσοστού των ουσιών που εκκρίθηκαν εκείνη τη στιγμή.



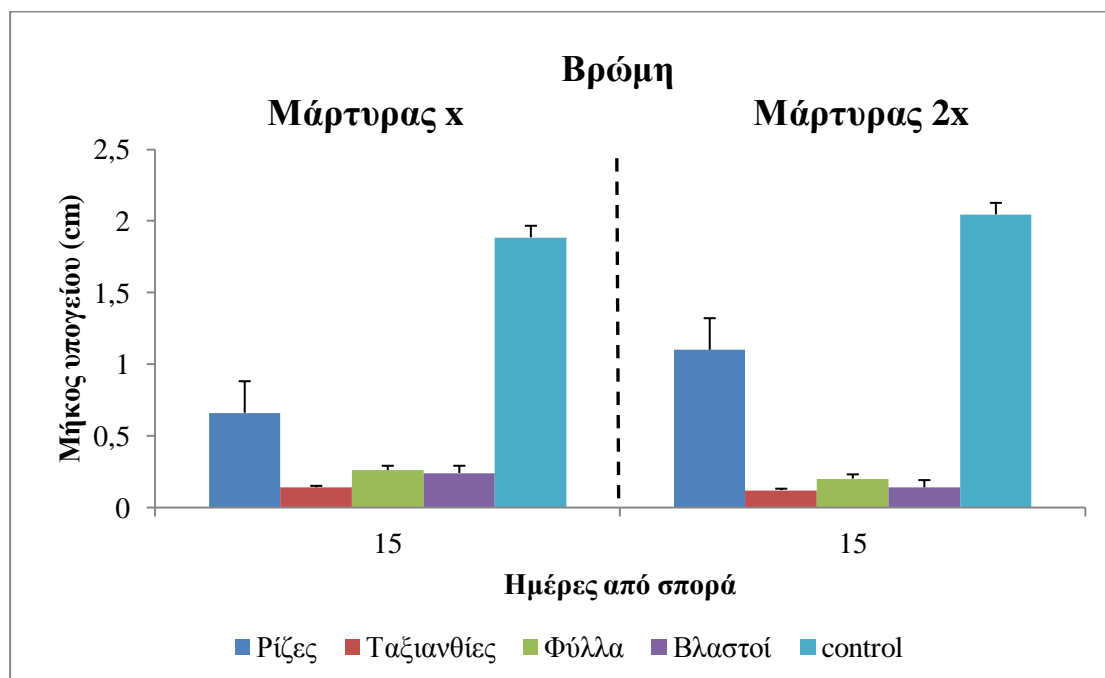
Διάγραμμα 14: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα μάρτυρα για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 14 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε σχέση με το τμήμα του φυτού για τη πρώτη επέμβαση για υπόστρωμα μάρτυρα και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, παρατηρείται στις 15 ημέρες από τη σπορά, πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, το οποίο συγκρινόμενο με τα άλλα τρία είδη ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς πιο ανεπτυγμένο. Ακολουθούν, σε φθίνουσα σειρά ανάπτυξης οι ενσωματώσεις των φύλλων και βλαστών και τέλος οι ενσωματώσεις των ταξιανθιών.

Στην ποσότητα 2x, για το χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολουθούν οι ενσωματώσεις των βλαστών. Το μικρότερο υπόγειο μήκος παρατηρείται στους ενσωματωμένους ιστούς των ταξιανθιών και των φύλλων. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπόγειου τμήματος που σημειώθηκαν στους επιλεγμένους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς με αυτά του control, παρατηρούμε

πως το η αύξηση του μήκους του υπόγειου τμήματος του φυτού είναι σαφώς περιορισμένη.

Από τη σύγκριση των δύο επεμβάσεων, παρατηρούμε ότι πως και στις δύο επεμβάσεις τα μεγαλύτερα μήκη του υπόγειου τμήματος του φυτού σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών. Οι διαφορές εντοπίζονται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μικρότερα μήκη. Στη μεν πρώτη περίπτωση, το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορά στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών ενώ στη δεύτερη αφορά ταυτόχρονα τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και των φύλλων. Οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων οφείλονται πιθανότατα στο ποσοστό των ουσιών που εκκρίθηκαν εκείνη τη στιγμή.



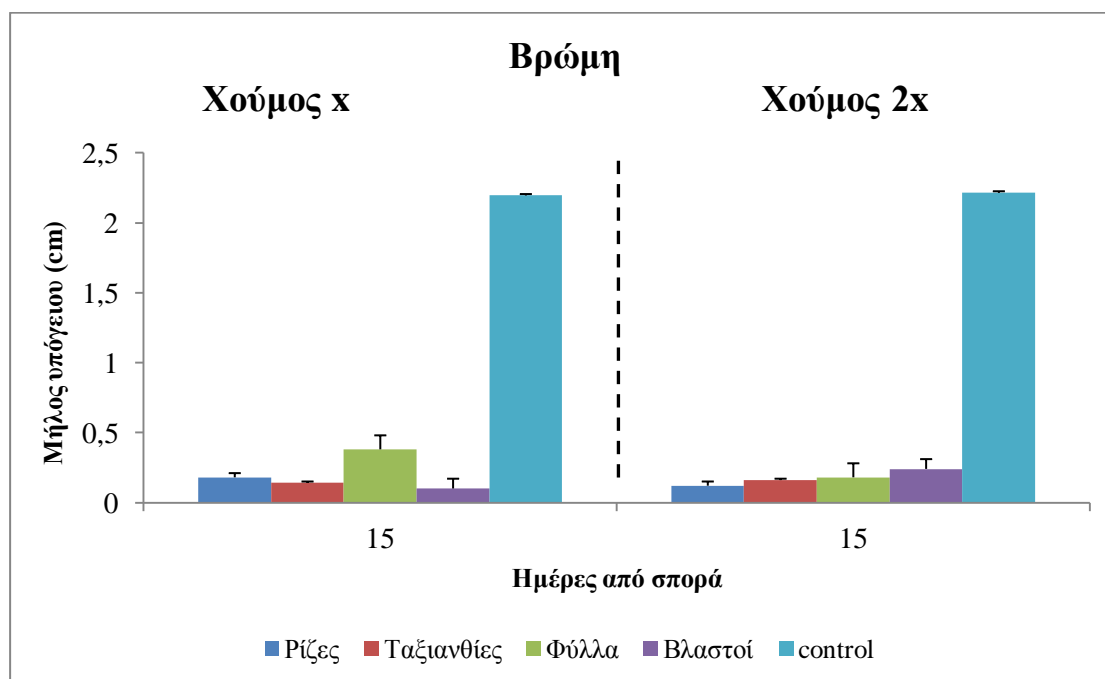
Διάγραμμα 15: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα μάρτυρα για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 15 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της βρώμης με βάση το τμήμα του φυτού για τη πρώτη επέμβαση σε υπόστρωμα μάρτυρα και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρείται στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως, οι ενσωματώσεις των φύλλων και βλαστών και τέλος οι ταξιανθίες. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων

ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών τμημάτων με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματωμένων φυτικών ιστών.

Στην ποσότητα 2x, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών. Για το ίδιο χρονικό διάστημα και για φθίνουσα σειρά αύξησης του υπόγειου μήκους του φυτού παρατηρείται στις ενσωματώσεις των φύλλων, των βλαστών και τέλος των ταξιανθιών.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως οι ομοιότητες τους αφορούν τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα και μικρότερα υπόγεια μήκη.



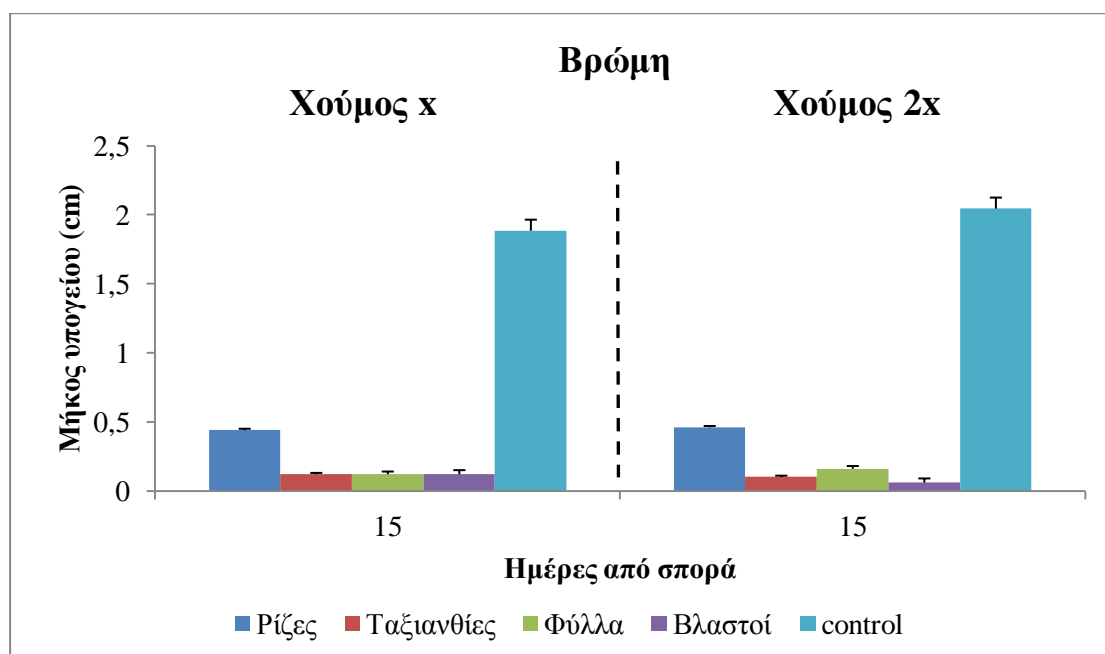
Διάγραμμα 16: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 16 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε σχέση με το τμήμα του φυτού για τη πρώτη επέμβαση σε υπόστρωμα χούμου και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, για το χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπόγειο τμήμα αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων. Ακολούθως, οι ενσωματώσεις των ριζών και ταξιανθιών

και τέλος το μικρότερο μήκος παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των βλαστών. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπόγειου τμήματος που σημειώθηκαν στις επιλεγμένες ενσωματώσεις με αυτά του control, παρατηρούμε πως το μήκος του υπόγειου τμήματος είναι σαφώς περιορισμένη.

Στην δεύτερη επέμβαση, παρατηρείται πως στις 15 ημέρες από τη σπορά, σημειώνεται πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των βλαστών, το οποίο συγκρινόμενο με εκείνη των φύλλων είναι ελάχιστα πιο ανεπτυγμένο. Ακολουθούν οι ενσωματώσεις των φύλλων και των ταξιανθιών και τέλος των ριζών.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε ότι οι διαφορές αφορούν τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς όπου εντοπίζονται τα μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη του υπόγειου τμήματος της βρώμης. Στη μεν πρώτη περίπτωση, το μεγαλύτερο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων και το μικρότερο τις ενσωματώσεις των βλαστών. Ενώ στη δε δεύτερη το μεγαλύτερο αφορά τους βλαστούς και το μικρότερο τις ρίζες. Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στο ποσοστό των ουσιών που εκκρίθηκαν εκείνη τη στιγμή.



Διάγραμμα 17: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε υπόστρωμα χούμου για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά.

Στο διάγραμμα 17 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της βρώμης σε σχέση με το τμήμα του φυτού στις πρώτη επέμβαση σε υπόστρωμα χούμου και για τις δύο συγκεντρώσεις. Στη ποσότητα x, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών. Ακολούθως, οι ενσωματώσεις των άλλων τριών φυτικών ιστών παρουσιάζουν τα μικρότερα υπόγεια μήκη. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών τμημάτων με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματωμένων ιστών.

Στη ποσότητα 2x, για το χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος της βρώμης παρατηρήθηκε στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Την ίδια χρονική περίοδο, το αμέσως επόμενο μικρότερο υπέργειο μήκος απεικονίζεται στα φύλλα, στις ταξιανθίες και στους βλαστούς.

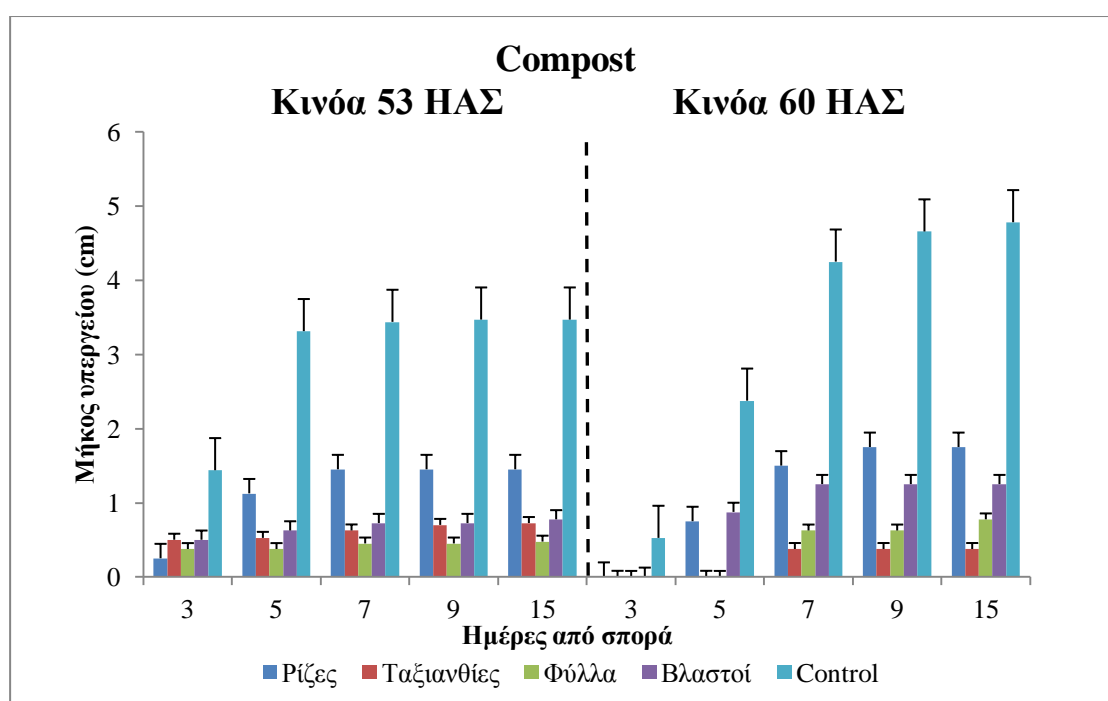
Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως η διαφορά τους αφορά στις ενσωματώσεις που παρουσιάζουν τα μικρότερα υπόγεια μήκη. Η διαφορά αυτή πιθανότατα να οφείλεται στο ποσό των ουσιών που αποσυντίθενται.

3.3 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά μουχρίτσας με τη χρησιμοποίηση περλίτη

Με βάση την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 18) παρατηρούμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού παρουσιάζουν σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας, με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Στο διάγραμμα 18, παρατηρούμε πως στο χρονικό διάστημα των 3 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των βλαστών ενώ το μικρότερο μήκος στις ενσωματώσεις των ριζών. Οι συγκρίσεις τους, όμως, με το control, αποδεικνύουν πως η αύξηση αυτή, του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη. Στις ενσωματώσεις των ριζών, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το χρονικό διάστημα των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά. Τελικά στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σημειώνεται στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως στους βλαστούς και στις ταξιανθίες και τέλος στα φύλλα.

Πίνακας 18: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού μουχρίτσας (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	65,86521	3	21,95507	87,6423	<0,05
Τμήμα φυτού	4,30771	3	1,43590	5,7320	<0,05
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	1,79721	9	0,19969	0,7971	0,624

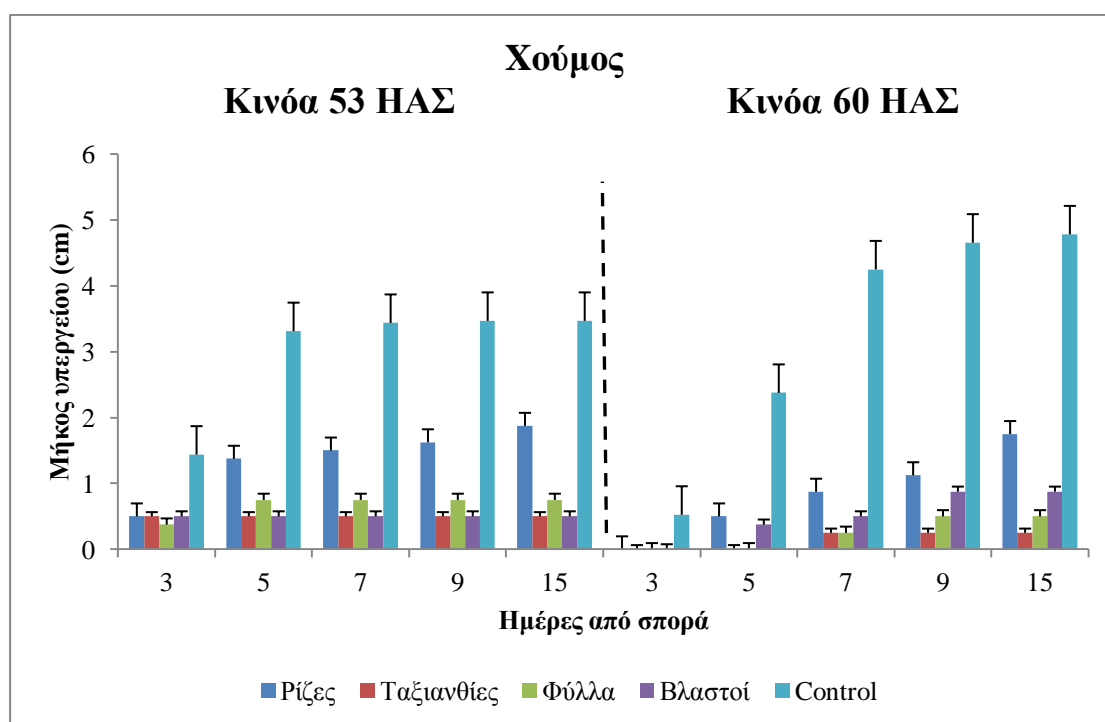


Διάγραμμα 18: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα compost.

Στη δεύτερη επέμβαση, όπου ενσωματώθηκαν φυτικοί ιστοί από κινία ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά, παρατηρούνται κάποιες σημαντικές διαφορές εν συγκρίσει με την πρώτη. Αναλυτικότερα, τις 3 πρώτες ημέρες από τη σπορά δεν παρατηρήθηκε έκπτυξη των σπόρων που είχαν τοποθετηθεί στους τέσσερις ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς, λόγω της παρεμποδιστικής δράσης των ουσιών της κινία. Με τη πάροδο των ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μία ταχεία αύξηση του υπέργειου μήκους της μουχρίτσας στις ενσωματώσεις των ριζών. Ωστόσο, η σύγκριση του με το

control αποδεικνύει πως η αύξηση αυτή, του υπέργειου μήκους της είναι σαφώς περιορισμένη. Στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας παρατηρείται όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 15, στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως στους βλαστούς και στα φύλλα και τέλος στις ταξιανθίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών, το μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το χρονικό διάστημα των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά.

Συγκρίνοντας τις δύο επεμβάσεις μεταξύ τους, παρατηρούμε πως οι διαφορές αφορούν στο χρονικό διάστημα όπου εκπύχθηκαν οι σπόροι. Στην μεν πρώτη επέμβαση στις τρεις πρώτες ημέρες από τη σπορά δεν είχε εκπτυχθεί κανένας ενώ στη δεύτερη για το ίδιο χρονικό διάστημα το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος το είχε αποκτήσει στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των βλαστών.



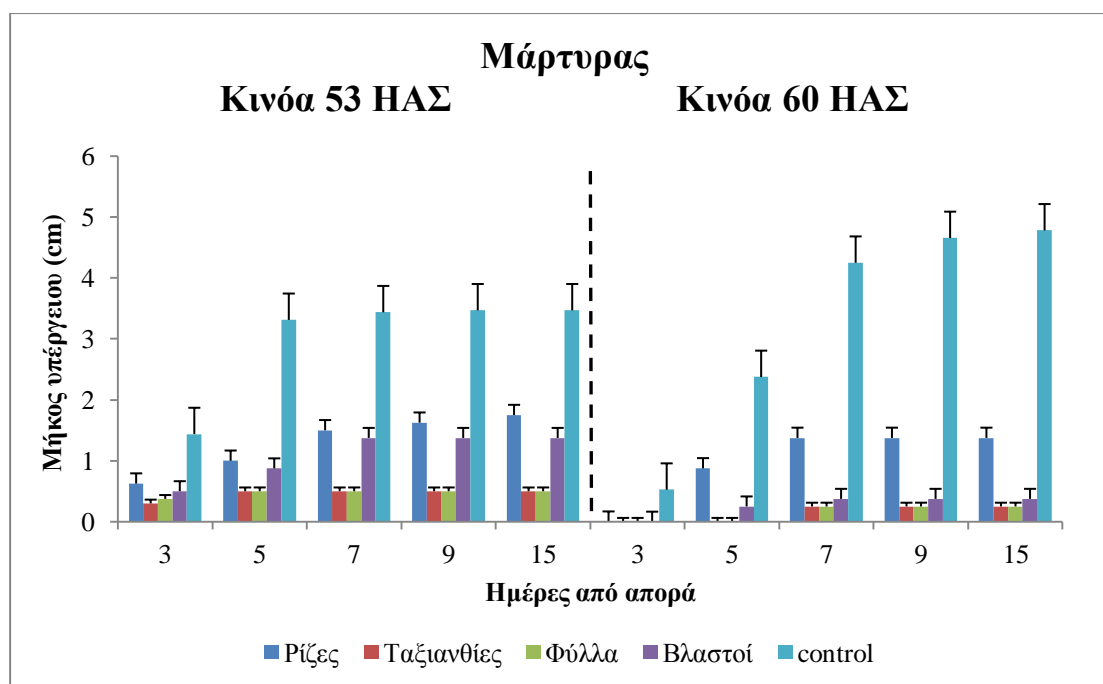
Διάγραμμα 19: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου.

Στο διάγραμμα 19 απεικονίζεται η επίδραση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σε σχέση με το τμήμα του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου. Στη τρίτη μέρα από τη σπορά, έχουμε έκπτυξη και των τεσσάρων σπόρων

στους τέσσερις ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς, όπου το μεγαλύτερο μήκος παρατηρείται τόσο για τις ενσωματώσεις των ριζών και βλαστών ενώ το μικρότερο μήκος στις ενσωματώσεις των φύλλων. Κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, παρουσιάζεται μια σταθερή τιμή για το υπέργειο μήκος που αναφέρεται στις ενσωματώσεις των βλαστών και ταξιανθιών. Στις 15 ημέρες τελικά μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά το ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως των φύλλων, των ταξιανθιών και των βλαστών. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως η αύξηση αυτή, του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.

Συγκρίνοντας την δεύτερη επέμβαση με την πρώτη, παρατηρείται πως κατά την τρίτη ημέρα από τη σπορά κανένας από τους σπόρους που είχαν τοποθετηθεί στις τέσσερις ενσωματώσεις δεν εκπύχθηκε. Ακόμη, για τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και φύλλων συνεχίζεται η παρεμπόδιση της ανάπτυξης τους έως την πέμπτη ημέρα από τη σπορά. Κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά παρατηρείται μια σταθερή τιμή για τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών, ενώ για τις ενσωματώσεις των φύλλων αυτή η σταθερότητα αφορά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 9 και 15 ημερών. Τελικά στις 15 ημέρες μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως των βλαστών και φύλλων και τέλος των ταξιανθιών. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπέργειου τμήματος που σημειώθηκαν στους επιλεγμένους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.

Από τη σύγκριση των δύο επεμβάσεων, παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών. Επιπροσθέτως η αυξητική τάση των μηκών στην πρώτη επέμβαση είναι σαφώς περιορισμένη συγκρινόμενη με αυτήν της δεύτερης. Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο επεμβάσεις είχαν ηλικιακή διαφορά μίας εβδομάδος.



Διάγραμμα 20: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου.

Στο διάγραμμα 20 παρατηρείται η επίδραση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σε σχέση με το τμήμα του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα μάρτυρα. Στην πρώτη επέμβαση, στο χρονικό διάστημα των τριών πρώτων ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας παρατηρείται στις ενσωματώσεις των ριζών. Με τη πάροδο του χρόνου σποράς, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού στις ενσωματώσεις των ριζών ακολουθεί μια αυξητική τάση. Ακόμη κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 5 έως 15 ημερών από τη σπορά παρατηρείται μια σταθερή τιμή για τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και φύλλων, ενώ για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των φύλλων αυτή η σταθερότητα αφορά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 9 και 15 ημερών από τη σπορά. Τελικά, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι ενσωματώσεις των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων.

Στην δεύτερη επέμβαση, όπου οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί είχαν ηλικία 60 ημερών από τη σπορά, δεν υπάρχει έκπτυξη των σπόρων σε κανένα από τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς λόγω της παρεμποδιστικής δράσης των ουσιών που αποσυντίθενται. Ακόμη, για τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και φύλλων

συνεχίζεται η παρεμπόδιση του φυτρώματος των σπόρων έως το χρονικό διάστημα της πέμπτης ημέρας από τη σπορά. Με τη πάροδο του χρόνου σημειώνεται μια αυξητική τάση μόνο στο μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας για τις ενσωματώσεις των ριζών. Κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 7 έως 15 ημερών από τη σπορά παρατηρείται μια σταθερή τιμή για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών, φύλλων και βλαστών. Τελικά, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία τις ενσωματώσεις.

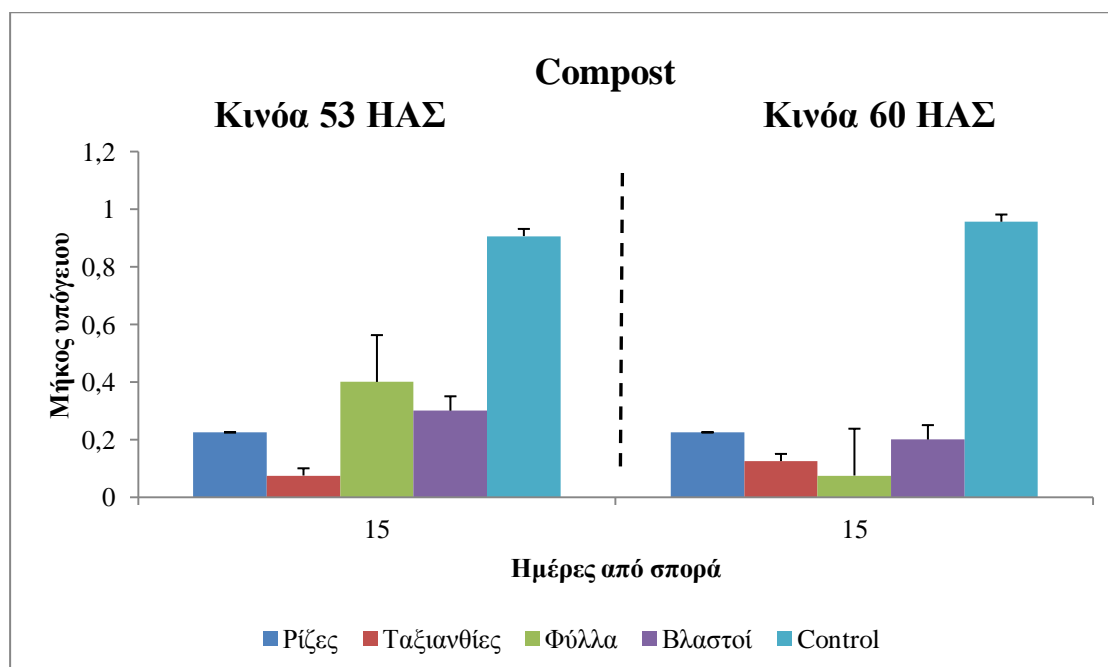
Από τη σύγκριση στη συνέχεια των δύο επεμβάσεων, συμπεραίνουμε πως παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα. Πιο αναλυτικά και στις δύο επεμβάσεις, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας σημειώνεται στις ενσωματώσεις των ριζών, ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι ενσωματώσεις των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων, ενώ η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη οφείλεται στη διαφορετική ηλικία των ενσωματωμένων φυτικών ιστών.

3.3.1 Υπόγειο τμήμα μουχρίτσας

Από τον πίνακα 19 συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση τόσο του υποστρώματος όσο και του τμήματος του φυτού στο μήκος του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση όσον αφορά την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Στο διάγραμμα 21 απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) για τις δύο επεμβάσεις στην αύξηση του υπόγειου μήκους της μουχρίτσας.

Πίνακας 19: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	2,903828	3	0,967943	25,3109	<0,05
Τμήμα φυτού	0,436875	3	0,145625	3,8080	<0,05
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	0,403906	9	0,044878	1,1735	0,373172



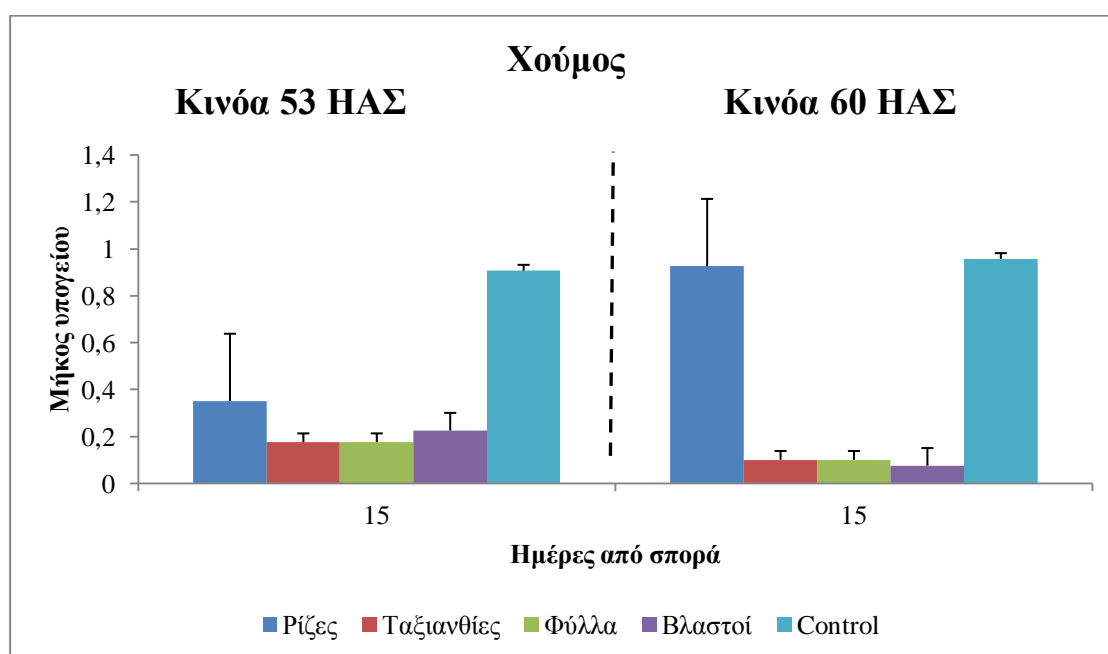
Διάγραμμα 21: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα compost.

Στο διάγραμμα 21 παρατηρείται η επίδραση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας σε σχέση με το τμήμα του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα compost. Στην πρώτη επέμβαση, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων. Ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά, οι ενσωματώσεις των βλαστών και ριζών και τέλος των ταξιανθιών. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη

διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματωμένων φυτικών τμημάτων.

Στην δεύτερη επέμβαση, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρήθηκε στις ενσωματώσεις των ριζών. Την ίδια χρονική περίοδο, το αμέσως επόμενο μικρότερο υπέργειο μήκος σημειώνεται στις ενσωματώσεις των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως η διαφορά τους εντοπίζεται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα και μικρότερα υπόγεια μήκη. Η διαφορά αυτή πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο επεμβάσεις είχαν ηλικιακή διαφορά μίας εβδομάδος.



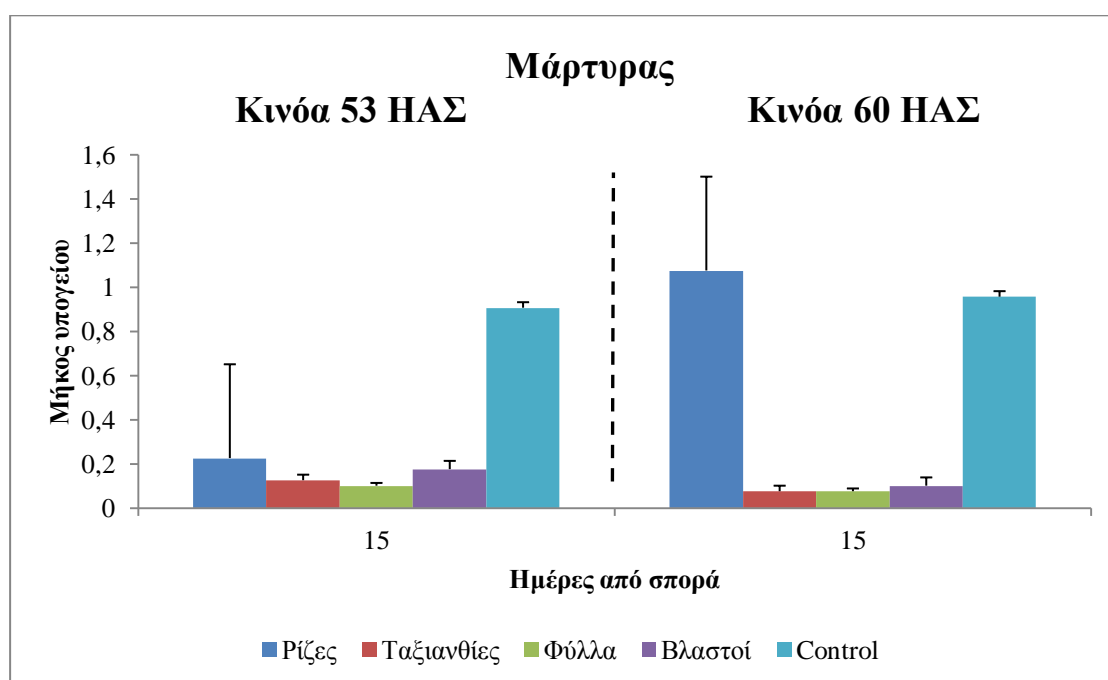
Διάγραμμα 22: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα χούμου.

Στο διάγραμμα 22 απεικονίζεται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας, σε σχέση με το τμήμα του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου. Στην πρώτη επέμβαση, για το χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπόγειο τμήμα αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών ενώ το αμέσως μικρότερο μήκος, σημειώνεται στις ενσωματώσεις των βλαστών και τέλος στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και των φύλλων.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας που σημειώθηκαν στους επιλεγμένους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς με αυτά του control, παρατηρούμε πως η αύξηση του μήκους του υπόγειου τμήματος του φυτού είναι σαφώς περιορισμένη.

Στην δεύτερη επέμβαση, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρείται πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, το οποίο συγκρινόμενο με τα άλλα τρία είδη ενσωματώσεων είναι σαφώς πιο ανεπτυγμένο. Ακολουθούν οι ενσωματώσεις των ταξιανθιών και φύλλων και τέλος των βλαστών.

Από τη σύγκριση των δύο επεμβάσεων, παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών ενώ οι διαφορές αφορούν τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μικρότερα μήκη. Πιο αναλυτικά, στη πρώτη περίπτωση, το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών και φύλλων ενώ στη δεύτερη αφορά τις ενσωματώσεις των βλαστών.



Διάγραμμα 23: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας συναρτήσει του τμήματος του σε υπόστρωμα μάρτυρα.

Στο διάγραμμα 23 απεικονίζεται η συμπεριφορά του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας σε σχέση με το τμήμα του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα μάρτυρα. Στην πρώτη επέμβαση, στις 15 ημέρες από τη σπορά, παρατηρούμε πως το

μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορά τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Ακολουθούν σε φθίνουσα σειρά οι ενσωματώσεις των βλαστών, των ταξιανθιών και τέλος των φύλλων. Ωστόσο, η σύγκριση τους με το control αποδεικνύει πως το μήκος των τεσσάρων ενσωματωμένων φυτικών ιστών είναι σαφώς περιορισμένο. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματώσεων.

Στην δεύτερη επέμβαση, στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών. Την ίδια χρονική περίοδο, το αμέσως μικρότερο υπόγειο μήκος παρατηρήθηκε στις ενσωματώσεις των φύλλων ταξιανθίες και τέλος στους βλαστούς.

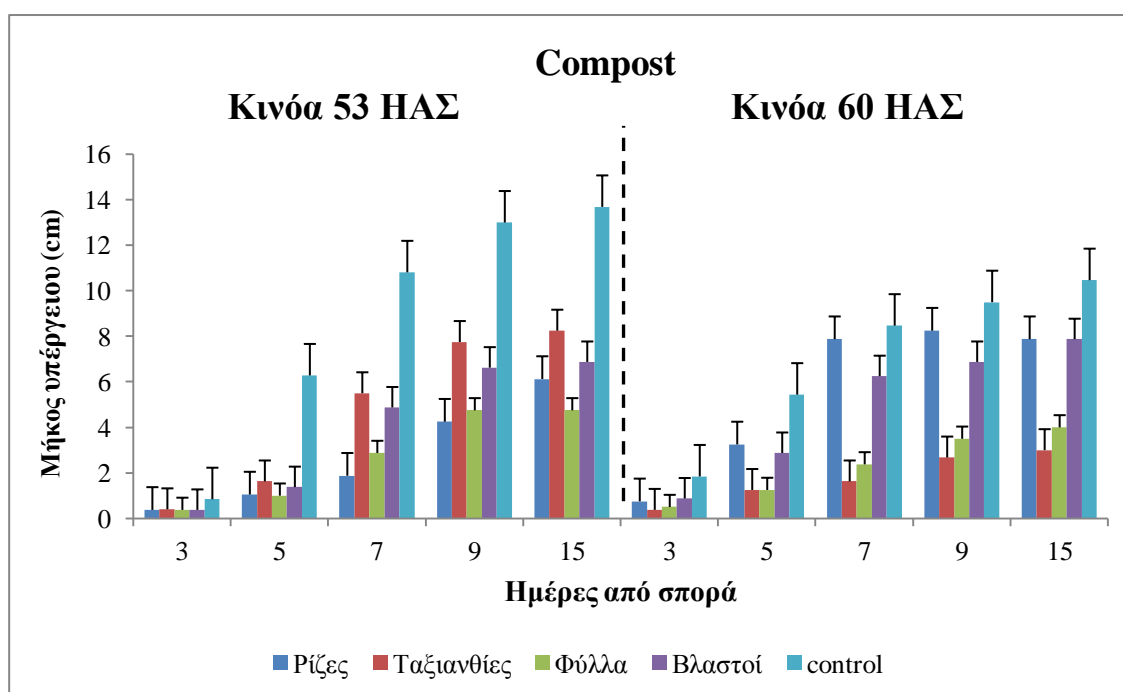
Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως η διαφορά τους αφορά τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μικρότερα υπόγεια μήκη. Η διαφορά αυτή πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο επεμβάσεις είχαν διαφορετική ηλικία.

3.4 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας σε φυτά αγριοβρώμης με τη χρησιμοποίηση περλίτη

Με βάση την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 20) παρατηρούμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού παρουσιάζουν σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Στο διάγραμμα 24 απεικονίζεται η επίδραση του τμήματος του φυτού (ρίζες, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί, control) στην αύξηση του υπέργειου μήκους του σε συνάρτηση με το χρόνο, όπου παρατηρούμε μία ανομοιογενής αύξηση του μήκους του φυτού. Αναλυτικότερα στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος παρατηρείται στις ταξιανθίες για την πρώτη επέμβαση ενώ για τη δεύτερη, εξίσου για ρίζες και βλαστούς. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα αναφερθέντα υπέργεια μήκη με το control (απουσία υποστρώματος), παρατηρείται μια σημαντική διαφορά η οποία οφείλεται πιθανότατα στην παρουσία σαπωνίνων.

Πίνακας 20: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	174,47	3	58,15	10,23	<0,05
Τμήμα φυτού	69,02	3	23,00	4,04	<0,05
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	69,96	9	7,77	1,36	0,279



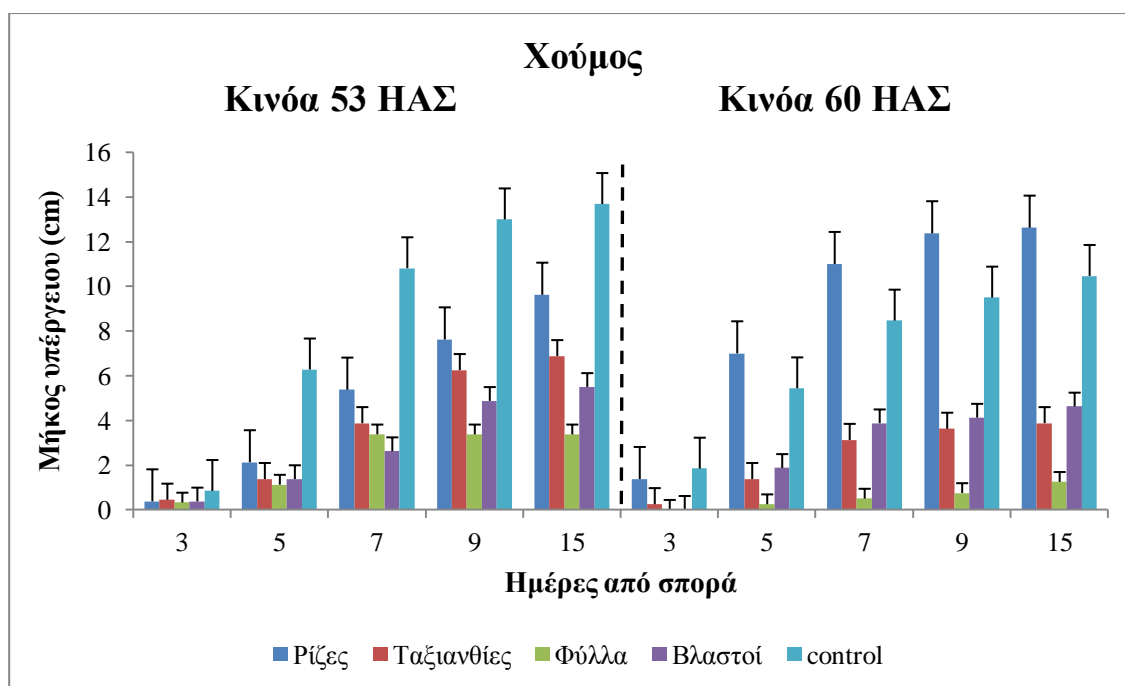
Διάγραμμα 24: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα compost.

Στο χρονικό διάστημα των 3 ημερών μετά τη σπορά, της πρώτης επέμβασης, παρατηρείται μια παρόμοια πορεία ανάπτυξης των τεσσάρων επιλεγμένων ενσωματωμένων φυτικών ιστών (διάγραμμα 24). Με τη πάροδο των ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μία ταχεία αύξηση του υπέργειου μήκους με τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Ωστόσο, η σύγκριση του με το control αποδεικνύει πως η αύξηση αυτή, του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη. Στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της αγριοβρόμης παρατηρείται όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των

ταξιανθιών, ακολούθως των βλαστών και των ριζών και τέλος των φύλλων. Στις ενσωματώσεις των φύλλων, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού παρουσιάζει μια σταθερή τιμή κατά το χρονικό διάστημα των 9 έως 15 ημερών από τη σπορά.

Στην δεύτερη επέμβαση, ωστόσο παρατηρούνται κάποιες σημαντικές διαφορές εν συγκρίσει με την πρώτη. Στο χρονικό διάστημα των 3 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρείται μια παρόμοια αύξηση στο υπέργειο μήκος του φυτού όσον αφορά τις ενσωματώσεις βλαστών και ριζών. Ακολούθως, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος παρατηρείται στα φύλλα και τέλος στις ταξιανθίες. Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα δεδομένα με το control, παρατηρούμε μια σαφώς περιορισμένη ανάπτυξη. Στις ενσωματώσεις των βλαστών και των ριζών στις 15 ημέρες μετά από τη σπορά, το μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού είναι παρόμοιο. Ενώ για το ίδιο χρονικό διάστημα των 15 ημερών ακολουθεί το μήκος που αφορά τις ενσωματώσεις των φύλλων και των ταξιανθιών.

Συγκρίνοντας τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε πως οι διαφορές αφορούν τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα υπέργεια μήκη. Στην μεν πρώτη επέμβαση το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος παρουσιάζεται στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών ενώ στη δε δεύτερη ταυτόχρονα στις ενσωματώσεις των βλαστών και των ριζών.



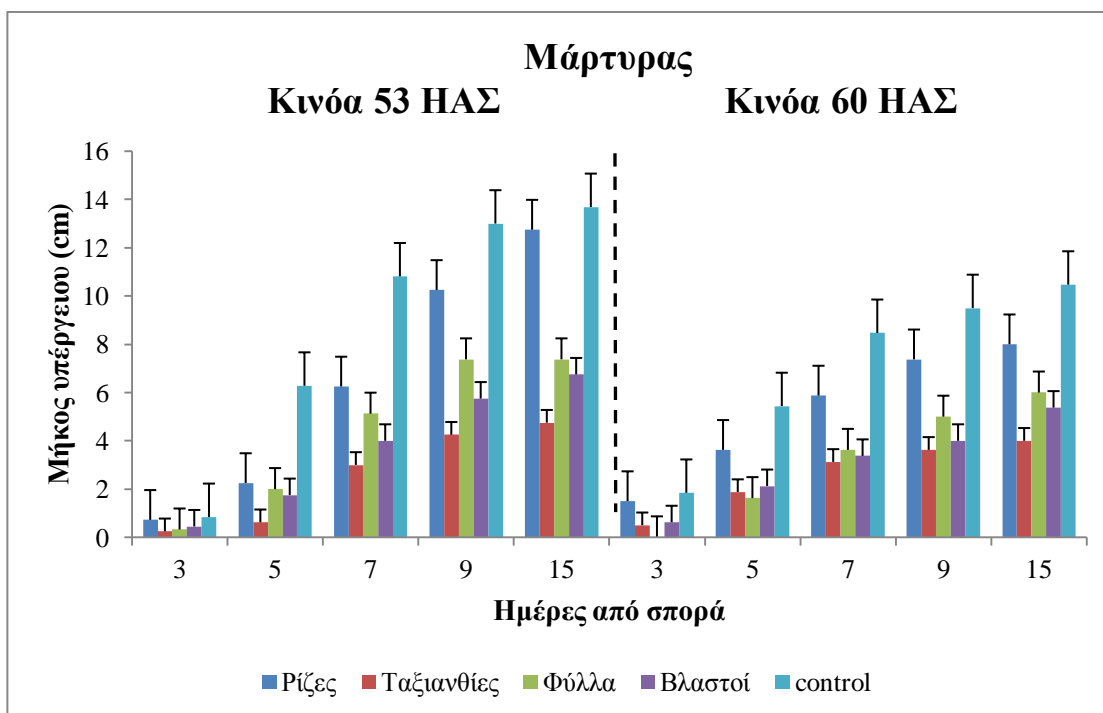
Διάγραμμα 25: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου.

Στο διάγραμμα 25 απεικονίζεται η συμπεριφορά του υπέργειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού για τις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου. Στην πρώτη επέμβαση, για το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού για όλους τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς. Τελικά στις 15 ημέρες μετά από τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ενσωματώσεις των ριζών, ακολούθως των ταξιανθιών και βλαστών και τέλος των φύλλων. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα μήκη του υπέργειου τμήματος που σημειώθηκαν με τους επιλεγμένους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς με αυτά του control, παρατηρούμε πως η ανάπτυξη του υπέργειου μήκους είναι σαφώς περιορισμένη.

Στην δεύτερη επέμβαση, παρατηρείται παρόμοια εικόνα με την πρώτη. Πιο αναλυτικά κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των 3 και 15 ημερών από τη σπορά, σημειώνεται μικρή αύξηση στα μήκη του υπέργειου τμήματος του φυτού και για τις τέσσερις ενσωματώσεις, μόνο που στη περίπτωση των ριζών είναι πιο έντονη.

Συγκρίνοντας στη συνέχεια τις δύο επεμβάσεις, παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα μήκη του υπέργειου τμήματος σημειώνονται στις ενσωματώσεις των ριζών ενώ τα μικρότερα στις ενσωματώσεις των φύλλων. Επιπροσθέτως η αυξητική τάση των μηκών στην δεύτερη επέμβαση είναι σαφώς περιορισμένη συγκρινόμενη με αυτήν

της πρώτης. Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι ενσωματώσεις που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο επεμβάσεις είχαν ηλικιακή διαφορά μίας εβδομάδος.



Διάγραμμα 26: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος συναρτήσει του τμήματος του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα χούμου.

Στο διάγραμμα 26 παρατηρείται η συμπεριφορά του υπέργειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού στις δύο επεμβάσεις σε υπόστρωμα μάρτυρα. Στην πρώτη επέμβαση, στις τρεις πρώτες ημέρες από τη σπορά, η μεγαλύτερη αύξηση του υπέργειου μήκους παρατηρείται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Με τη πάροδο του χρόνου σημειώνεται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος και για τις τέσσερις ενσωματώσεις. Τελικά στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορά τις ρίζες, ακολούθως στα φύλλα και βλαστούς και τέλος στις ταξιανθίες. Η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη των ενσωματωμένων φυτικών ιστών με αυτά του control οφείλεται στην απουσία ενσωματωμένων φυτικών ιστών.

Στην δεύτερη επέμβαση, στο χρονικό διάστημα των τριών πρώτων ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών ενώ δεν παρατηρείται καθόλου αύξηση στο μήκος που αφορά τις ενσωματώσεις των

φύλλων. Με τη πάροδο του χρόνου σποράς, τα μήκη του υπέργειου τμήματος ακολουθούν μια αυξητική τάση ώσπου τελικά στις 15 ημέρες από τη σπορά, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος σημειώνεται στις ρίζες, ακολούθως στα φύλλα και βλαστούς και τέλος στις ταξιανθίες.

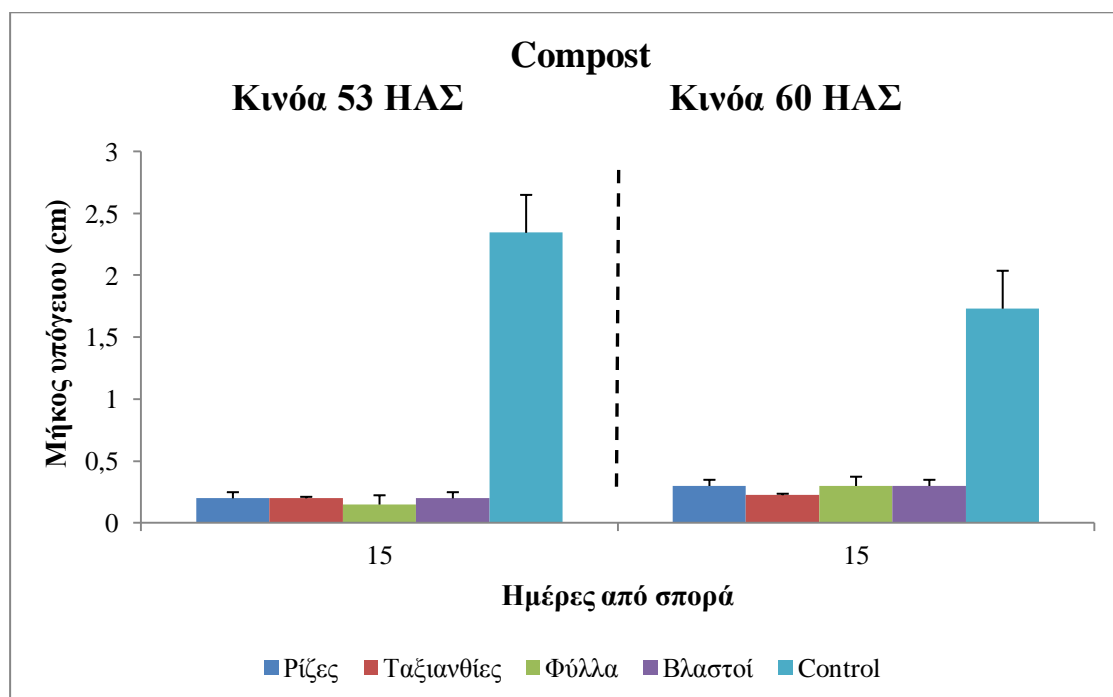
Από τη σύγκριση στη συνέχεια των δύο μεταχειρίσεων, συμπεραίνουμε πως έχουν παρόμοια εικόνα. Πιο αναλυτικά και στις δύο επεμβάσεις, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος απεικονίζεται στις ρίζες ακολούθως στα φύλλα, στους βλαστούς και τέλος στις ταξιανθίες, ενώ η παρατηρούμενη διαφορά στα μήκη οφείλεται στη διαφορετική ηλικία του ενσωματωμένου φυτικού υλικού.

3.4.1 Υπόγειο τμήμα αγριοβρώμης

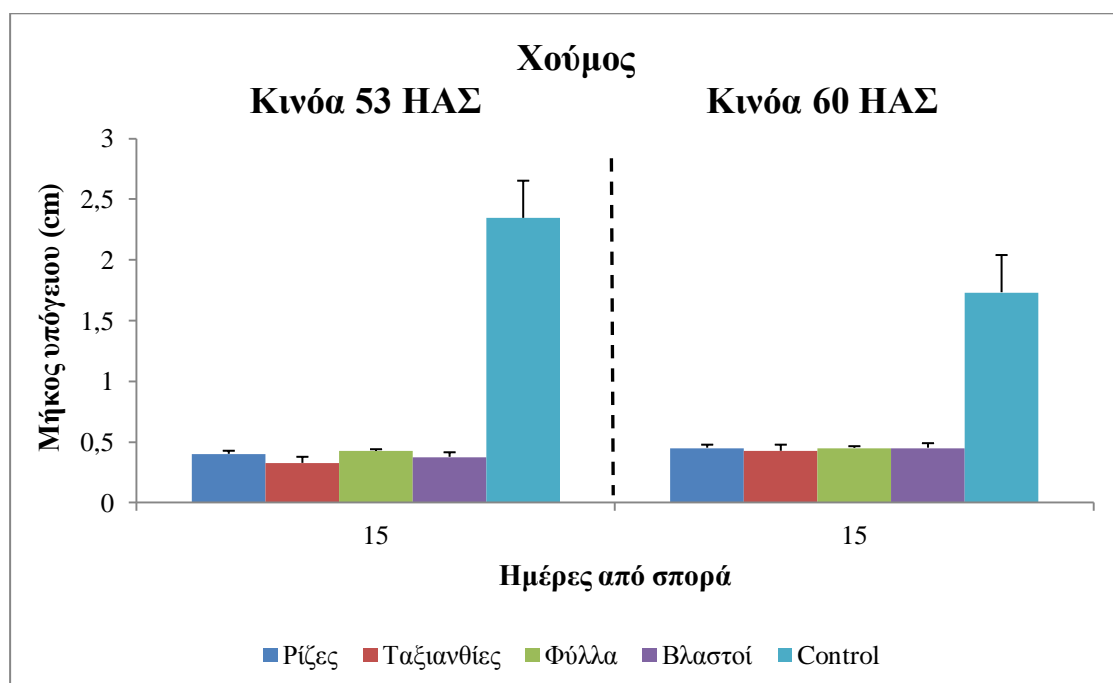
Από το πίνακα 21 συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική επίδραση του υποστρώματος στο μήκος του υπόγειου τμήματος του φυτού με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τμήματος του φυτού καθώς επίσης και αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Στο διάγραμμα 27 απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και για τις δύο επεμβάσεις στην αύξηση του υπόγειου μήκους του φυτού. Αναλυτικότερα στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπόγειου τμήματος παρατηρείται στο υπόστρωμα του χούμου ενώ το μικρότερο στην περίπτωση του compost και του μάρτυρα.

Πίνακας 21: Ανάλυση διασποράς του υποστρώματος (compost, χούμος, μάρτυρας) και του τμήματος φυτού (ρίζα, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί) για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν στατιστικά σημαντική επίδραση).

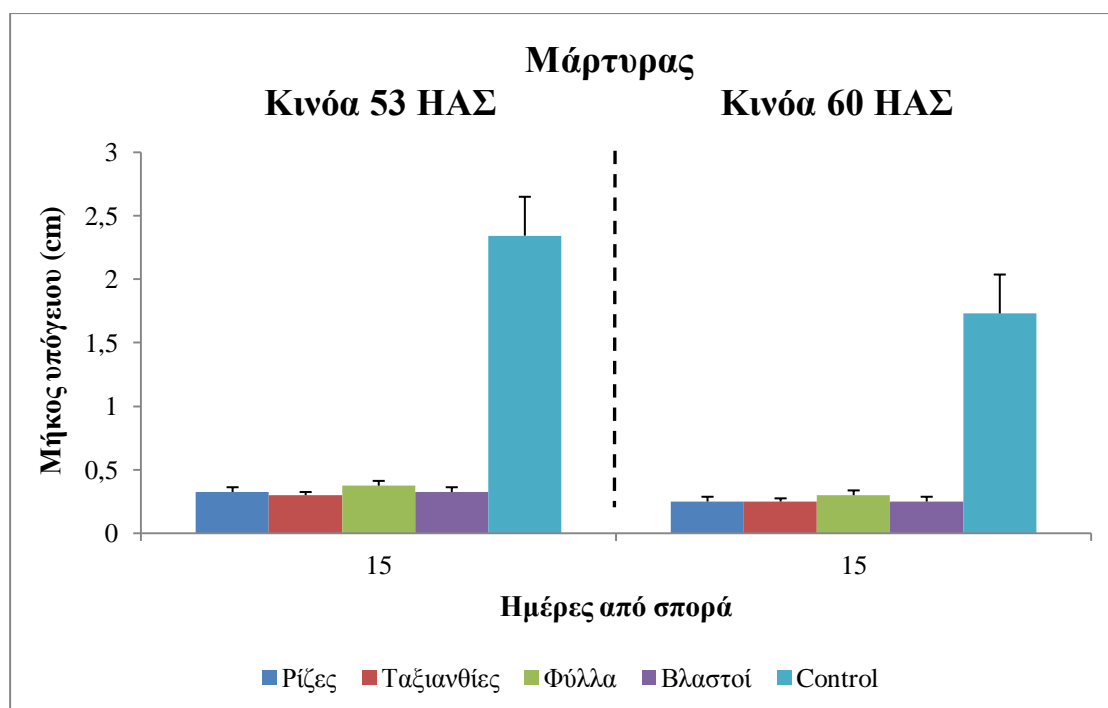
	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F	p
Υπόστρωμα	15,58	3	5,19	28,47	<0,05
Τμήμα φυτού	0,09	3	0,03	0,18	0,907
Υπόστρωμα x Τμήμα φυτού	0,50	9	0,05	0,31	0,961



Διάγραμμα 27: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα compost.



Διάγραμμα 28: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα χούμου.



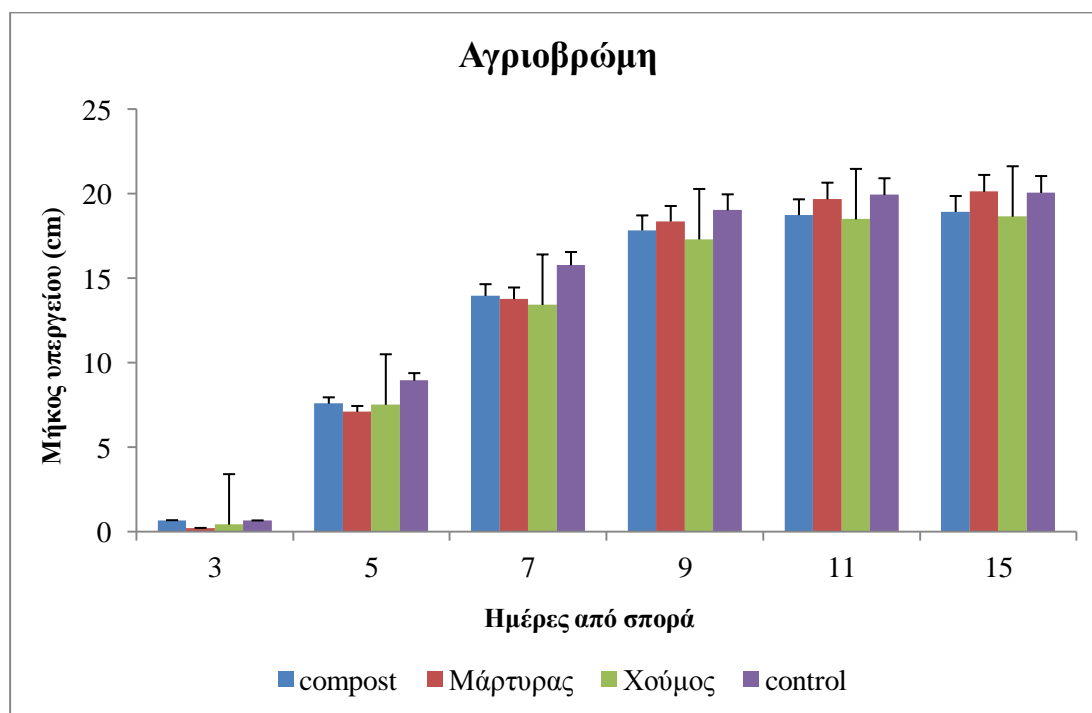
Διάγραμμα 29: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος με βάση το τμήμα του φυτού σε υπόστρωμα μάρτυρα.

Από τη ανάλυση των διαγραμμάτων 27, 28 και 29 συμπεραίνουμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρείται στο υπόστρωμα του χούμου (διάγραμμα 28), ακολουθεί το υπόστρωμα του μάρτυρα και τέλος του compost. Επιπρόσθετα αξίζει να σημειωθεί πως η αύξηση του μήκους του υπόγειου τμήματος του φυτού, που σημειώνεται στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών είναι παρόμοιο και για τις δύο επεμβάσεις, χωρίς να παρουσιάζονται έντονες διακυμάνσεις στην αύξηση του μήκους του υπόγειου τμήματος.

3.5 Αξιολόγηση αλληλοπάθειας με τη χρήση ριζοχώματος

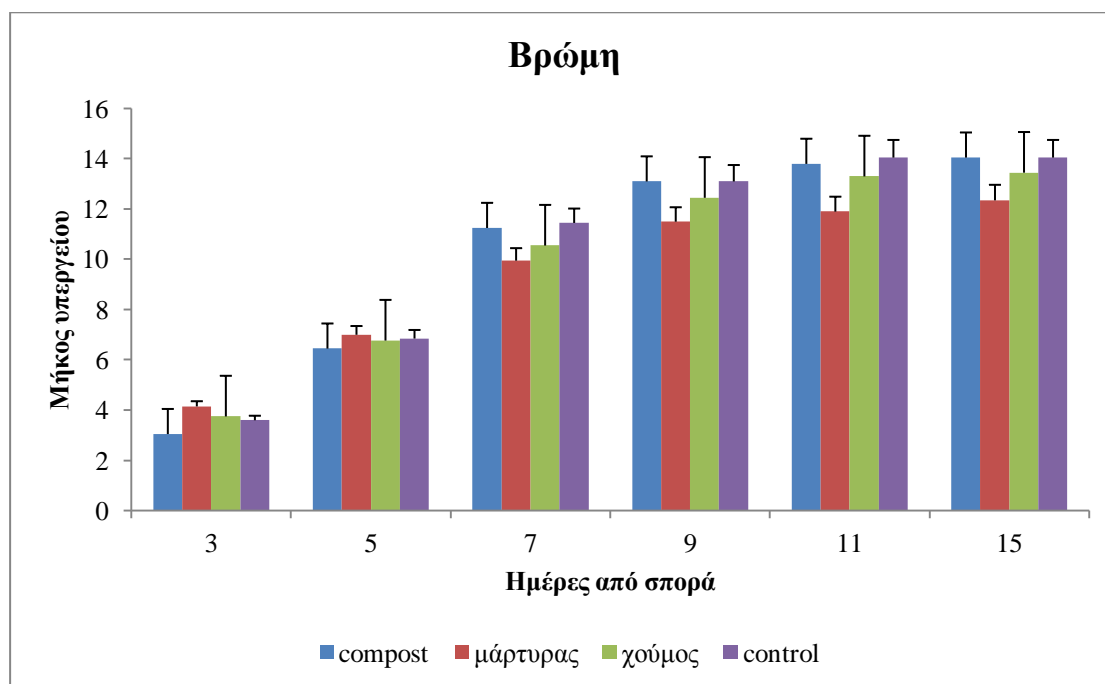
Με βάση την ανάλυση διασποράς όπου το $p > 0,05$ παρατηρούμε πως το υπόστρωμα δεν παρουσιάζει σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της αγριοβρώμης. Στο διάγραμμα 30 που ακολουθεί, απεικονίζεται η επίδραση των υποστρωμάτων (compost, μάρτυρας, χούμος, control) στην αύξηση του υπέργειου μήκους της αγριοβρώμης σε συνάρτηση με το χρόνο. Αναλυτικότερα στο χρονικό διάστημα των 3 μέχρι των 9 ημερών μετά τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της αγριοβρώμης. Τελικά στο υπόλοιπο χρονικό

διάστημα μέχρι τις 15 ημέρες παρουσιάζεται μια σταθερότητα στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού. Επιπρόσθετα το μεγαλύτερο μήκος παρατηρείται στο υπόστρωμα του μάρτυρα ενώ το μικρότερο μήκος στο υπόστρωμα του χούμου. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα αναφερθέντα υπέργεια μήκη με το control (χώμα εκτός περιοχής κινά), δε παρατηρούνται σημαντικές διαφορές.



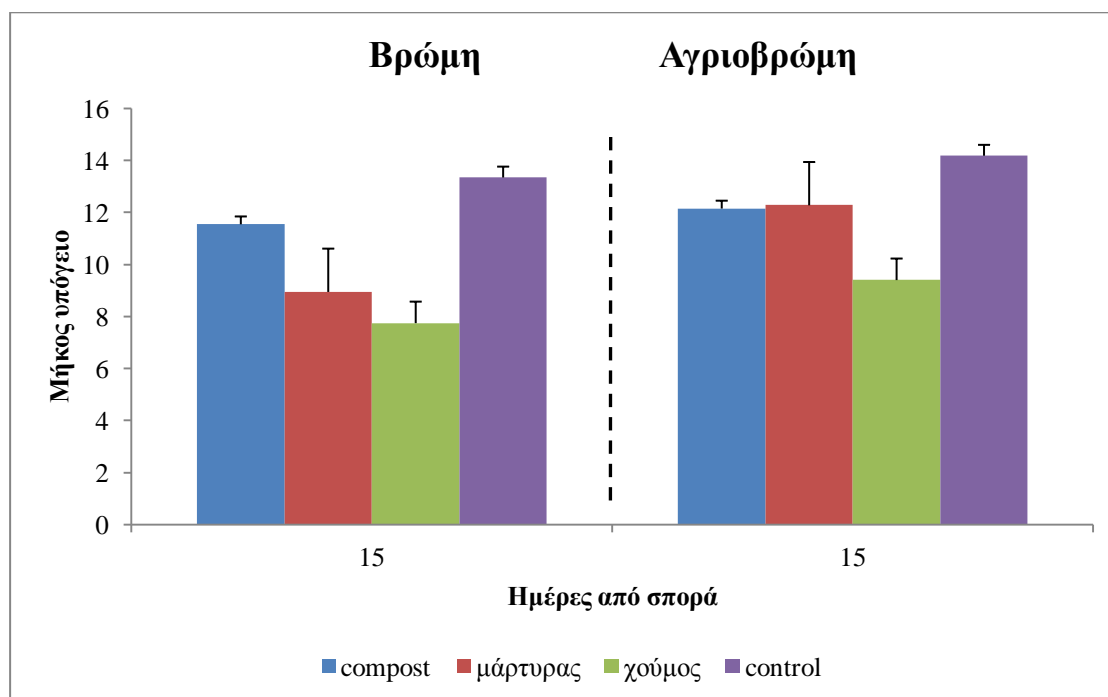
Διάγραμμα 30: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της αγριοβρώμης σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control.

Με βάση την ανάλυση διασποράς όπου το $p > 0,05$ παρατηρούμε πως το υπόστρωμα δε παρουσιάζει σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης. Στο διάγραμμα 31, απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος (compost, μάρτυρας, χούμος, control) στην αύξηση του υπέργειου μήκους της βρώμης σε συνάρτηση με το χρόνο, όπου παρατηρούμε μία αυξητική τάση στο μήκος της βρώμης μέχρι το χρονικό διάστημα των 9 ημερών, ενώ για τον υπόλοιπο χρόνο μέχρι τις 15 ημέρες μετά τη σπορά έχουμε μια σταθεροποίηση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος της βρώμης παρατηρείται στο υπόστρωμα του compost ενώ το μικρότερο στο υπόστρωμα του μάρτυρα. Επιπρόσθετα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές τα υποστρώματα που χρησιμοποιήσαμε σε σχέση με το control (απουσία υποστρώματος).



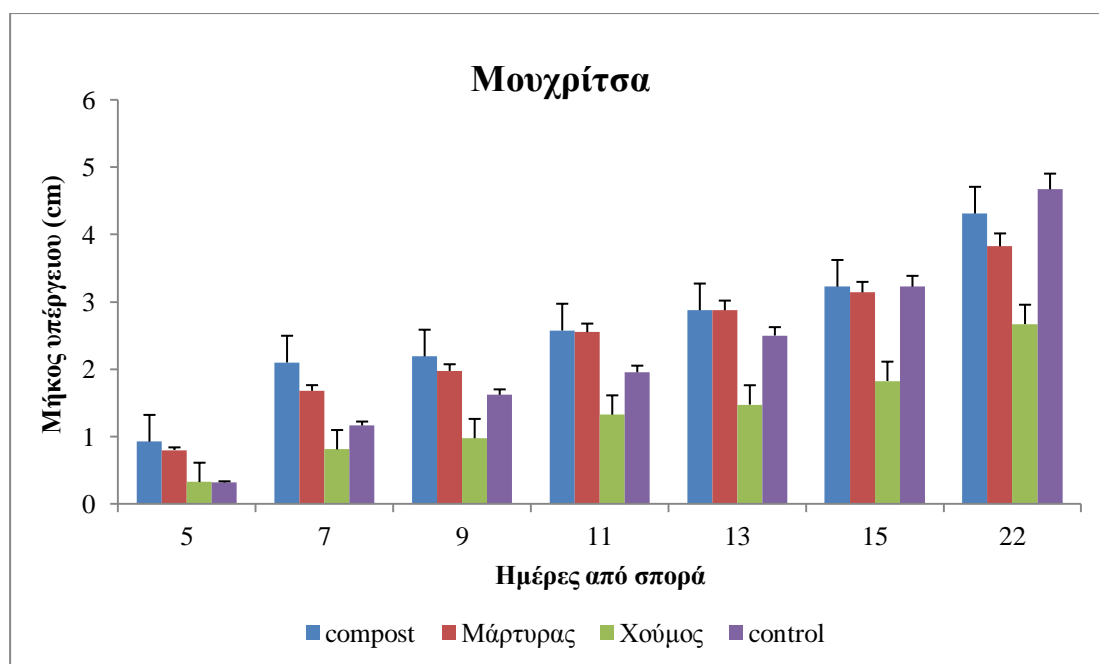
Διάγραμμα 31: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της βρώμης σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control.

Λόγω του ότι το $F:0,70$ και το $p>0,05$, συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει σημαντική επίδραση του υποστρώματος στο μήκος του υπόγειου τμήματος της βρώμης και της αγριοβρώμης. Από το διάγραμμα 31, παρατηρούμε πως στο χρονικό διάστημα των 15 ημερών μετά τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπόγειου τμήματος της βρώμης παρατηρείται στο υπόστρωμα του compost ενώ το μικρότερο στο υπόστρωμα του χούμου. Ακόμη, στο ίδιο χρονικό διάστημα των 15 ημερών από τη σπορά, το μεγαλύτερο μήκος του υπόγειου τμήματος της αγριοβρώμης παρατηρείται στο υπόστρωμα του μάρτυρα ενώ το μικρότερο στο υπόστρωμα του χούμου. Συγκρίνοντας στη συνέχεια τα υποστρώματα με το control δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους



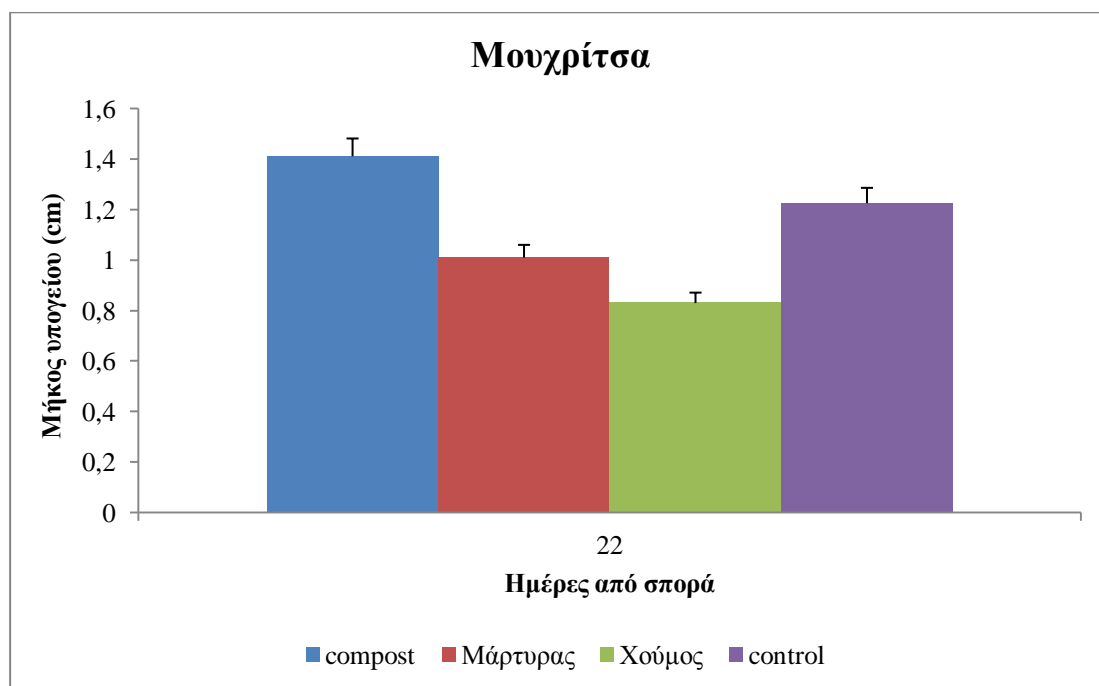
Διάγραμμα 32: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της βρώμης και της αγριοβρώμης σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control.

Το υπόστρωμα δε, παρουσιάζει σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού ($p=0,561$). Στο διάγραμμα 33, απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος στην αύξηση του υπέργειου μήκους της μουχρίτσας σε συνάρτηση με το χρόνο, όπου παρατηρούμε μία ανομοιογενής αύξηση του μήκους του φυτού. Αναλυτικότερα στο χρονικό διάστημα από τις 5 μέχρι τις 22 ημέρες μετά τη σπορά, παρατηρείται μια αυξητική τάση στο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας για τα υποστρώματα του compost, μάρτυρα και του control. Αντιθέτως, όσον αφορά στο υπόστρωμα του χούμου παρατηρείται μια αυξητική τάση μέχρι τις 9 ημέρες από τη σπορά ενώ για τις υπόλοιπες μέρες παρατηρείται μια σταθεροποίηση στη τιμή του υπέργειου μήκους της μουχρίτσας. Το μεγαλύτερο μήκος του υπέργειου τμήματος του φυτού στις 22 ημέρες μετά τη σπορά παρατηρείται στο υπόστρωμα του compost ενώ το μικρότερο στο υπόστρωμα του χούμου. Επιπρόσθετα η παρατηρούμενη σημαντική διαφορά μεταξύ του υποστρώματος του control και του χούμου πιθανότατα οφείλεται στην απουσία έκλυσης ουσιών από τις ρίζες.



Διάγραμμα 33: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control.

Το μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας δεν επηρεάζεται σημαντικά από το υπόστρωμα ($p > 0,05$). Στο διάγραμμα 34 απεικονίζεται η επίδραση του υποστρώματος στην αύξηση του υπόγειου μήκους της μουχρίτσας σε συνάρτηση με το χρόνο. Στις 15 ημέρες από τη σπορά παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρείται στο υπόστρωμα του compost ενώ το μικρότερο στο χούμο. Επίσης, η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ του υποστρώματος του control και των υποστρωμάτων του μάρτυρα και του χούμου οφείλεται στο γεγονός ότι στο υπόστρωμα του control δεν υπήρχαν ρίζες κινάα και κατά συνέπεια υπήρξε απουσία αλληλοπαθητικών ουσιών.



Διάγραμμα 34: Επίδραση του χρόνου στην αύξηση του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας σε υποστρώματα compost, μάρτυρας, χούμος και control.

Κεφάλαιο 4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα που λήφθηκαν τόσο από τους δείκτες ποικιλότητας όσο και από τις μετρήσεις στον αγρό παρατηρήθηκε πως το είδος της λίπανσης (compost - χούμος και μάρτυρας) δεν επηρέασε τη συνολική πυκνότητα των ζιζανίων. Πιο αναλυτικά, στις 34 ημέρες από τη σπορά, στο υποτεμάχιο όπου εφαρμόστηκε η λίπανση με compost η λουβουδιά εμφανιζόταν σε μεγάλη συχνότητα, ενώ στα άλλα υποτεμάχια, το βλήτο και η περιπλοκάδα. Μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων παρατηρήθηκε στο υποτεμάχιο όπου δεν εφαρμόστηκε λίπανση ενώ η μικρότερη στο υποτεμάχιο με λίπανση χούμου. Στις 54 ημέρες από τη σπορά, στα υποτεμάχια όπου εφαρμόστηκε η λίπανση με compost η λουβουδιά εμφανιζόταν σε μεγάλη συχνότητα. Σε σύγκριση με τη πρώτη μέτρηση (34 ημέρες από σπορά) παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα για τον δείκτη Shannon (αφθονία ζιζανίων). Στις 76 και 93 ημέρες από τη σπορά, η λουβουδιά εμφανιζόταν σε μεγάλη συχνότητα και στα τρία υποτεμάχια. Ωστόσο με τη πάροδο του χρονικού διαστήματος μετά από τη σπορά παρατηρήθηκε πως η πυκνότητα των ζιζανίων μειωνόταν. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκε και ο Zimdahl (2004) ο οποίος παρατήρησε πως η αύξηση της πυκνότητας του καλλιεργούμενου φυτού αυξάνει την ανταγωνιστική τους ικανότητα εναντίον των ζιζανίων και περιορίζει σημαντικά τη μείωση τους. Αυτό συμβαίνει επειδή με την αύξηση της πυκνότητας περιορίζεται ο χώρος ανάπτυξης των ζιζανίων που φυτρώνουν αργότερα και μικραίνει η κρίσιμη περίοδος ανταγωνισμού.

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνουμε ότι όλες οι λιπάνσεις εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και το είδος της λίπανσης φαίνεται ότι επηρέασε το βάρος των χιλίων σπόρων και την % περιεκτικότητα των σπόρων της κινά σε πρωτεΐνες και σαπωνίνες.

Σε ότι αφορά τους δείκτες ποικιλότητας που χρησιμοποιήθηκαν αξίζει να σημειωθεί ότι ο δείκτης Simpsons δίνει έμφαση στα συνηθισμένα είδη ενώ ο δείκτης Shannon-Weiner στα σπάνια είδη (Krebs, 1978; Gill & Arshad, 1995). Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών τους. Οι δείκτες ποικιλότητας φαίνεται ότι είναι πολύ χρήσιμοι στον προσδιορισμό των αλλαγών στους πληθυσμούς των ζιζανίων.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων της βρώμης παρατηρήσαμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού έχουν σημαντική επίδραση στο μήκος του

υπέργειο τμήματος της βρώμης με αποτέλεσμα τη παρατηρούμενη στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της συγκέντρωσης και της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων, υπόστρωμα και τμήμα φυτού στο υπέργειο μήκος της βρώμης. Στα διαγράμματα παρουσιάστηκαν οι επιδράσεις των τμημάτων του φυτού (ρίζες, ταξιανθίες, φύλλα, βλαστοί, control) και των συγκεντρώσεων των δύο επεμβάσεων, στην αύξηση του υπέργειο μήκους του σε συνάρτηση με το χρόνο. Ακόμη, η ανάλυση διασποράς μας έδωσε στοιχεία για τη σημαντική επίδραση τόσο του υποστρώματος όσο και του τμήματος του φυτού στο μήκος του υπόγειο τμήματος του. Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση του υποστρώματος και του τμήματος του φυτού ενώ οι συγκεντρώσεις δεν επηρεάζουν το υπόγειο μήκος του φυτού.

Στις δύο επεμβάσεις που είχαν ως υπόστρωμα το compost, τα μεγαλύτερα υπέργεια μήκη της βρώμης εμφανίζονται στις ενσωματώσεις των ριζών και για τις δυο συγκεντρώσεις (x και 2x). Επιπρόσθετα υπάρχει μια ομοιότητα όσον αφορά το μικρότερο υπέργειο μήκος. Στην ποσότητα x των 53 ΗΑΣ και στην ποσότητα 2x των 60 ΗΑΣ, το μικρότερο υπέργειο μήκος συναντάται στις ενσωματώσεις των φύλλων ενώ στη ποσότητα των 2x των 53 ΗΑΣ και στη ποσότητα x των 60 ΗΑΣ αναφέρεται στους βλαστούς. Αναμενόμενο θα ήταν τα μικρότερα υπέργεια μήκη να εμφανίζονταν στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης των σαπωνινών, κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε. Ωστόσο, στη βρώμη στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών παρουσιάστηκαν οι περισσότερες τοξικότητες. Όσον αφορά, το υπόγειο μήκος της βρώμης παρουσιάστηκαν κάποιες ομοιότητες μεταξύ των ενσωματωμένων φυτικών ιστών. Στις ενσωματώσεις των ριζών εμφανίζονται τα μεγαλύτερα υπόγεια μήκη τόσο για τις δυο επεμβάσεις όσο και για τις δύο συγκεντρώσεις. Τα μικρότερα υπόγεια μήκη εμφανίζονται στις ενσωματώσεις των φύλλων των οποίων η ηλικία είναι 53 ΗΑΣ. Ενώ, τα μικρότερα μήκη για τις ενσωματώσεις ηλικίας 60 ημερών από τη σπορά, διαφέρουν ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες συγκεντρώσεις. Στην περίπτωση του x το μικρότερο μήκος αφορά στις ενσωματώσεις των βλαστών ενώ στη περίπτωση του 2x στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Ωστόσο, η εμφάνιση του υπόγειο τμήματος είναι κοινή για τις δύο ενσωματώσεις αν και για τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών είναι πιο καχεκτικό.

Στην περίπτωση του υποστρώματος χούμου εκτός από την επέμβαση που αφορά την ποσότητα ενσωματωμένου φυτικού ιστού x ηλικίας 53 ΗΑΣ, το μεγαλύτερο υπέργειο

μήκος παρουσιάστηκε στις ενσωματώσεις των φύλλων. Ωστόσο, η βρώμη που αναπτύχθηκε στην διπλάσια ποσότητα ενσωματωμένου φυτικού ιστού (60 ΗΑΣ) παρουσίασε το μικρότερο υπέργειο μήκος της στις ενσωματώσεις των βλαστών η οποία, όμως, συγκρινόμενη με τη βρώμη σε ενσωματώσεις ταξιανθιών δεν είχε τόσο εμφανή τοξικότητα. Το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορούσε στις ενσωματώσεις των ριζών ενώ στο μικρότερο υπόγειο μήκος παρουσιάστηκαν κάποιες διαφορές. Η διαφορά εντοπίζεται μόνο στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ΗΑΣ στα οποία το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορούσε την περίπτωση των βλαστών.

Στο υπόστρωμα του μάρτυρα, όπου δεν υπήρξε προσθήκη λιπάσματος στο χωράφι, παρατηρούμε πως και στις τέσσερις επεμβάσεις τα μεγαλύτερα υπέργεια μήκη εμφανίζονται στις ενσωματώσεις των ριζών. Ακόμη, το μικρότερο υπέργειο μήκος αφορά στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών, εκτός από την επέμβαση όπου χρησιμοποιήθηκε ενσωματωμένο φυτικό υλικό ποσότητας x ηλικίας 53 ΗΑΣ. Αντιθέτως, το μεγαλύτερο υπόγειο τμήμα της βρώμης αφορά στις ενσωματώσεις των ριζών και στις τέσσερις επεμβάσεις. Επιπροσθέτως, το μικρότερο υπόγειο μήκος παρουσιάστηκε στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ταξιανθιών.

Παρατηρούμε πως και στα τρία υποστρώματα (compost, χούμο και μάρτυρα) τα μεγαλύτερα υπέργεια τμήματα αφορούν τις ενσωματώσεις των ριζών. Ωστόσο, διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των υποστρωμάτων όσον αφορά τα μικρότερα υπέργεια μήκη. Στις περισσότερες επεμβάσεις των υποστρωμάτων μάρτυρα και χούμου, τα μικρότερα υπέργεια μήκη εμφανίζονται στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Ακόμη, στα τρία υποστρώματα (compost, χούμο και μάρτυρα) τα μεγαλύτερα υπόγεια μήκη αφορούν στις ενσωματώσεις των ριζών ενώ διαφορές εντοπίζονται στις ενσωματώσεις που παρουσιάζουν τα μικρότερα υπόγεια μήκη. Στο υπόστρωμα του μάρτυρα τόσο για τα υπέργεια όσο και για τα υπόγεια μήκη, το μικρότερο τμήμα αφορά στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αφορούν την αγριοβρώμη, παρατηρούμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού παρουσιάζουν σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της αγριοβρώμης. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων στο μήκος της αγριοβρώμης.

Στα υποστρώματα compost από τις δύο επεμβάσεις παρατηρήθηκαν εμφανείς διαφορές μεταξύ τους. Το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της αγριοβρώμης εμφανίστηκε στην μεν περίπτωση των χρησιμοποιούμενων ενσωματωμένων φυτικών ιστών των 53

ΗΑΣ στις ταξιανθίες ενώ στη δε άλλη στις ενσωματώσεις των ριζών και βλαστών ταυτόχρονα. Όσον αφορά τα μικρότερα υπέργεια μήκη παρουσιάστηκαν εξίσου διαφορές. Στην επέμβαση όπου οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί ήταν ηλικίας 53 ΗΑΣ το μικρότερο υπέργειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των φύλλων ενώ στη δε άλλη τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί που χρησιμοποιήθηκαν στις δύο επεμβάσεις είχαν διαφορετική ηλικία.

Στην περίπτωση του υποστρώματος χούμου στις επεμβάσεις τόσο της Αθήνας όσο και του Αγρινίου έχουμε ομοιότητες στα μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη της αγριοβρώμης. Το μεγαλύτερο υπέργειο τμήμα για τις δυο περιπτώσεις αφορούσε στις ενσωματώσεις των ριζών ενώ το μικρότερο αφορούσε τις ενσωματώσεις των φύλλων.

Στην περίπτωση του μάρτυρα, όπου δεν υπήρξε προσθήκη λιπάσματος στο χωράφι, παρατηρούμε πως και στις δύο επεμβάσεις τα μεγαλύτερα υπέργεια μήκη εμφανίζονται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Ακόμη, τα μικρότερα υπέργεια μήκη και των δύο επεμβάσεων εντοπίζονται στις ενσωματώσεις των ταξιανθιών.

Από την ανάλυση διασποράς, παρατηρήθηκε πως υπάρχει σημαντική επίδραση του υποστρώματος στο μήκος του υπόγειου τμήματος του φυτού. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση του τμήματος του φυτού καθώς επίσης και αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Πιο αναλυτικά, μεταξύ των τριών υποστρωμάτων, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρείται στο υπόστρωμα του χούμου.

Λαμβάνοντας στη συνέχεια υπόψη τις παρατηρήσεις για τη μουχρίτσα συμπεραίνουμε πως τόσο το υπόστρωμα όσο και το τμήμα του φυτού παρουσιάζουν σημαντική επίδραση στο μήκος του υπέργειου τμήματος της μουχρίτσας. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων. Ακόμη, από την ανάλυση της διασποράς παρατηρήθηκε πως υπάρχει σημαντική επίδραση τόσο του υποστρώματος όσο και του τμήματος του φυτού στο μήκος του υπόγειου τμήματος της μουχρίτσας. Αντιθέτως, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση στην αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων.

Στα υποστρώματα compost το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της μουχρίτσας εμφανίστηκε και στις δύο επεμβάσεις στις ενσωματώσεις των ριζών. Ενώ διαφορές υπήρξαν όσον αφορά τα μικρότερα υπέργεια τμήματα. Στην περίπτωση όπου οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί ήταν ηλικίας 53 ΗΑΣ τα μικρότερα υπέργεια μήκη

αφορούσαν τις ενσωματώσεις των φύλλων ενώ στη δεύτερη περίπτωση τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Όσον αφορά τα μεγαλύτερα και μικρότερα υπόγεια μήκη της μουχρίτσας παρουσιάστηκαν εξίσου διαφορές. Στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς ηλικίας 53 ΗΑΣ το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών ενώ το μεγαλύτερο τους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των φύλλων. Ενώ στην άλλη επέμβαση το μεν μεγαλύτερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών ενώ το μικρότερο των φύλλων. Η διαφορά αυτή εντοπίζεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί που χρησιμοποιήθηκαν είχαν διαφορετική ηλικία.

Στην περίπτωση του υποστρώματος χούμου και για τις δυο επεμβάσεις έχουμε ομοιότητες όσον αφορά τα μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη της αγριοβρώμης. Το μεγαλύτερο υπέργειο τμήμα για τις δύο περιπτώσεις αφορούσε τις ενσωματώσεις των ριζών ενώ το μικρότερο αφορούσε τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών. Τα μεγαλύτερα υπόγεια μήκη και για τις δύο επεμβάσεις αφορούσαν τις ενσωματώσεις των ριζών. Ωστόσο, όσον αφορά τα μικρότερα υπόγεια μήκη της μουχρίτσας παρουσιάστηκαν διαφορές. Στην επέμβαση όπου οι ενσωματωμένοι φυτικοί ιστοί ήταν ηλικίας 53 ΗΑΣ το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των ταξιανθιών ενώ στην άλλη επέμβαση την ενσωμάτωση των βλαστών.

Η παρουσία αλληλοπαθητικών ουσιών στο έδαφος καθορίζεται συχνά από διάφορους παράγοντες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται η ποσότητα των φύλλων που πέφτουν, το ποσοστό του φυτικού υλικού που αποσυντίθεται, η απόσταση από τα άλλα φυτά και τέλος οι βροχοπτώσεις (Mann, 1987 Saxena et al., 1996 Escudero et al., 2000 Nilsson et al., 2000). Η αποσύνθεση των φυτικών ιστών εξαρτάται από τη ποιότητα των φύλλων (αναλογίες C:N και C:P), καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και τη παρουσία ορισμένων μικροοργανισμών στο έδαφος (Friedman et al., 1977; Newman and Miller, 1977; Ito et al., 1998). Ο τύπος του εδάφους και η τιμή του pH είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες (Saxena et al., 1996) στον καθορισμό των αλληλοπαθητικών ουσιών που είναι παρούσες στο έδαφος και αν έχουν αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις τότε μπορεί να έχουν επιπτώσεις σε άλλα φυτά.

Στο υπόστρωμα του μάρτυρα, όπου δεν υπήρξε προσθήκη λιπάσματος στο χωράφι, παρατηρούμε πως και στις δύο επεμβάσεις τα μεγαλύτερα υπέργεια μήκη εμφανίζονται στους ενσωματωμένους φυτικούς ιστούς των ριζών. Ακόμη, τα μικρότερα υπέργεια μήκη και των δύο επεμβάσεων αφορούν τις ενσωματώσεις τόσο

των ταξιανθιών όσο και των φύλλων. Τα μεγαλύτερα υπόγεια μήκη και για τις δύο επεμβάσεις αφορούσαν στις ενσωματώσεις των ριζών. Στην επέμβαση όπου χρησιμοποιήθηκε ενσωματωμένο φυτικό υλικό ηλικίας 53 ΗΑΣ το μικρότερο υπόγειο μήκος αφορούσε τις ενσωματώσεις των φύλλων ενώ στην άλλη περίπτωση στις ενσωματώσεις των φύλλων και των ταξιανθιών.

Αντίστοιχα πειράματα με εκχυλίσματα ριζών και βλαστών του *Chenopodium album* έδειξαν πως τόσο τα εκχυλίσματα των ριζών και όσο και των βλαστών επηρεάζουν το φύτευμα και την ανάπτυξη του κάρδαμου (*Carthamus tinctorius* L). Πιο συγκεκριμένα, οι ρίζες σταματούν το φύτευμα των σπόρων του καρδάμου. Το *Chenopodium album*, είχε μεγάλη επίδραση στο ξηρό βάρος, στο μήκος των ριζών, στη βιομάζα καθώς και στην επιφάνεια των φύλλων (Rezaie & Yarnia, 2009).

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων που λήφθηκαν από το πείραμα του ριζοχώματος, παρατηρήσαμε πως το υπόστρωμα δεν επιδρά στο υπέργειο και υπόγειο μήκος των φυτών. Πιο αναλυτικά, στις 15 ημέρες από τη σπορά το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος της αγριοβρώμης παρουσιάστηκε στο υπόστρωμα του control και του μάρτυρα. Το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρουσιάστηκε στο υπόστρωμα του control ενώ το μικρότερο στο υπόστρωμα του χούμου. Παρόμοια αποτελέσματα λήφθηκαν και στην περίπτωση του καλλιεργούμενου φυτού μας, τη βρώμη. Τέλος, στη περίπτωση της μουχρίτσας, το μεγαλύτερο υπέργειο μήκος παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα του control και το μικρότερο στο υπόστρωμα του χούμου. Αντιθέτως, το μεγαλύτερο υπόγειο μήκος παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα του compost.

Σε μελέτη των Jefferson & Pennacchio (2003), αναφέρουν ότι όταν οι συνθήκες ευνοούν τα φαινόμενα αλληλοπάθειας τότε παρατηρείται καθυστέρηση στην βλάστηση (Ross & Harper, 1972) και την αύξηση των σποροφύτων καθώς και των ζιζανίων που υπάρχουν και είναι αποτρεπτική για την περαιτέρω ανάπτυξη τους (Grice & Westoby, 1987).

I. Βιβλιογραφία

- 1) Ασκήσεις Γενικής Εδαφολογίας 2004. Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΓΠΑ, Αθήνα.
- 2) Ahamed, N.T., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., Pal, M., 1996a. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. Carbohydr. Polym. 31, 99–103.
- 3) Ahamed, N.T., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., Kale, D.D., Pal, M., 1996b. Studies on *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus paniculatas* starch as biodegradable fillers in LDPE films. Carbohydr. Polym. 31, 157–160.
- 4) Andersen, S.D., Rasmussen, L., Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., 1996. Leaf water relations and gas exchange of field grown *Chenopodium quinoa* Willd. during drought.
- 5) Atwell, W.A., Patrick, B.M., Johnson, L.A., Glass, R.W., 1983. Characterization of quinoa starch. Cereal Chem. 60, 9–11.
- 6) Bhargava A. et al. / Industrial Crops and Products 23 (2006) 73–87 In: Stolen, O., Pithan, K., Hill, J. (Eds.), Small Grain Cereals and Pseudocereals. Workshop at KVL, Copenhagen, Denmark.
- 7) Bhargava Atul, Shukla Sudhir, Ohri Deepak (2006). *Chenopodium quinoa*-An Indian perspective Industrial Crops and Products 23 (2006) 73–87.
- 8) Bertero, H.D., de la Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S.E., Mujica, A., 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Res. 89 (2–3), 299–318.
- 9) Becker, R., Hanners, G.D., 1991. Composition and nutritional evaluation of quinoa whole grain flour and mill fractions. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie 23, 441–444.
- 10) Bertero, H.D., 2001. Effects of photoperiod, temperature and radiation on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions. Ann. Bot. 87 (4), 495–502.
- 11) Bertero, H.D., 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Int. 19 (1–2), 87–97.
- 12) Bertero, H.D., King, R.W., Hall, A.J., 1999a. Photoperiod-sensitive development

- phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Res. 60, 231–243.
- 13) Bertero, H.D., King, R.W., Hall, A.J., 1999b. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Res. 63, 19–34.
- 14) Bertero, H.D., King, R.W., Hall, A.J., 2000. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Aus. J. Plant Physiol. 27 (4), 349–356.
- 15) Bilalis D., Efthimiadis P. and Sidiras N. 2001. Effect of Three Tillage Systems on Weed Flora in a 3-Year Rotation with Four Crops, J. Agronomy & Crop Science 186, 135-141.
- 16) Bilalis D., Sidiras N., Economou G. and Vakali C. 2003. Effect of Different Levels of Wheat Straw Soil Surface Coverage on Weed Flora in *Vicia faba* Crops, Agronomy & Crop Science 189, 233-241.
- 17) Carlsson, R., Hanczakowski, P., Partap, T., Mathew, K.S., Atul, K.V.R., 1985. *Chenopodium album* in India, a food crop for the production of leaf protein concentrates. In: Proceedings of the International Conference of Leaf Protein Research, August 22–24, Nagoya University, Togocho, Japan.
- 18) Cusack, D., 1984. Quinoa: grain of the Incas. Ecologist 14, 21–31.
- 19) Danielsen, S., Bonifacio, A., Ames, T., 2003. Diseases of quinoa (*Chenopodium quinoa*). Food Rev. Int. 19 (1–2), 43–59.
- 20) De Bruin, A., 1964. Investigation of the food value of quinoa and canihua seed. J. Food Sci. 29, 872–876.
- 21) Ελευθεροχωρινός Η., 2008. Ζιζανιολογία, εκδόσεις Αγρότυπος.
- 22) Fleming, J.E., Galwey, N.W., 1995. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: Williams, J.T. (Ed.), Cereals and Pseudocereals. Chapman and Hall, London.
- 23) Flynn, R.O., 1990. Growth characteristics of quinoa and yield response to increase soil water deficit. M.S. Thesis. Colorado State Univ. Fort, Collins.
- 24) Galwey, N.W., Leakey, C.L.A., Price, K.R., Fenwick, G.R., 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Sci. Nutr. 42F, 245–261.
- 25) Gandaiillas, H., 1982. Quinoa production. IBTA-CIID (Trans. By Sierra-Blanca Association, Denver, CO, 1985).
- 26) Gonzalez, J.A., Roldan, A., Gallardo, M., Escudero, T., Prado, F.E., 1989. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from

- Inca crops: *Chenopodium quinoa* ('quinoa'). *Plant Foods Hum. Nutr.* 39 (4), 331–337.
- 27) Jacobsen, S.E., 1998. Developmental stability of quinoa under European conditions. *Ind. Crops Prod.* 7, 169–174.
- 28) Jacobsen, S.E., 2003. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Rev. Int.* 19 (1–2), 167–177.
- 29) Jacobsen, S.E., Stolen, O., 1993. Quinoa—morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Euro. J. Agron.* 2 (1), 19–29.
- 30) Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., Mujica, A., 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) to frost at various phenological stages. *Eur. J. Agro.* 22 (2), 131–139.
- 31) Jacobsen, S.E., Quispe, H., Mujica, A., 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: *Scientist and Farmer-Partners in Research for the 21st Century. CIP Program Report 1999–2000*, pp. 403–408.
- 32) Jefferson L.V, Pennacchio M. 2003. Allelopathic effects of foliage extracts from four Chenopodiaceae species on seed germination. *Journal of Arid Environments* pp.275–285.
- 33) Johnson, D.L., Ward, S.M., 1993. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Quinoa. New Crops*. Wiley, New York, pp. 222–227.
- 34) Koziol, M.J., 1992. Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *J. Food Comp. Anal.* 5, 35–68.
- 35) Koziol, M.J., 1993. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Quinoa: A Potential New Oil Crop. New Crops*. Wiley, New York, pp. 328–336.
- 36) Martinez EA, Veas E, Jorquera C, San Martin R, Jara P (2009). Re-Introduction of quinoa into Arid Chile: Cultivation of Two Lowland Races under Extremely Low Irrigation. *J Agron Crop Sci* 195:1-10.
- 37) Mastebroek, H.D., Limburg, H., Gilles, T., Marvin, H.J.P., 2000. Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *J. Sci. Food Agr.* 80 (1), 152–156.
- 38) Ogungbenle, H.N., 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54 (2), 153–158.
- 39) Oshodi, A.A., Ogungbenle, H.N., Oladimeji, M.O., 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of

- benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 50 (5), 325–331.
- 40) Πασπάτης Ε., 1998. Φυτορυθμιστικές ουσίες, εκδόσεις Αγρότυπος.
- 41) Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S.E., 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.* 19 (1–2), 179–189.
- 42) Risi, J., Galwey, N.W., 1984. The *Chenopodium* grains of the andes: inca crops for modern agriculture. *Adv. Appl. Biol.* 10, 145– 216.
- 43) Risi, J., Galwey, N.W., 1989a. Chenopodium grains of the Andes: a crop for the temperate latitudes. In: Wickens, G.E., Haq, N., Day, P. (Eds.), *New Crops for Food and Industry*. Chapman and Hall, New York.
- 44) Ruales, J., Nair, B.M., 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 42, 1–12.m.
- 45) Σιδηράς, Κ.Ν., 2002. Εδαφικό περιβάλλον. Πανεπιστημιακό βιβλίο για το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- 46) Σιδηράς, Κ.Ν., 2005. Βιολογική γεωργία. ΔΗΩ.
- 47) Schulte-auf'm-Erley, G., Kaul, H.P., Kruse, M., Aufhammer, W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.* 22 (1), 95–100.
- 48) Simmonds, N.W., 1965. The grain chenopods of the tropical American highlands. *Econ. Bot.* 19, 223–235.
- 49) Simmonds, N.W., 1971. The breeding system of *Chenopodium quinoa*. I. Male sterility. *Heredity* 27, 73–82.
- 50) Soliz-Guerrero, J.B., Jasso de Rodriguez, D., Rodriguez-Garcia, R., Angulo-Sanchez, J.L., Mendez-Padilla, G., 2002. Quinoa saponins: concentration and composition analysis. In: Janick, J.,
- 51) Tapia, M.E., 1979. Historia y Distribucion geographica. Quinua y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia, M.E. (Ed.), *Serie Libros y Materiales Educativos*, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas, Bogota, Colombia, pp. 11–15.
- 52) Tapia, M., 1982. The Environment, Crops and Agricultural Systems in the Andes and Southern Peru. IICA.
- 53) Tomlinson, S.A., Faithfull, E.M., Webb, M.J.W., Fraser, R.S.S., Primrose, S.B., 1981. Isolation and characterisation of a new soil-borne virus. 31st

- Annual Report for 1980. National Vegetable Research station, Wellesbourne, Warwickshire, UK. pp.87–88.
- 54) Vacher, J.J., 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) and papa amarga (*Solanum juzepczukii Buk.*) to drought on the Bolivian Altiplano: significance of local adaptation. *Agr. Eco. Environ.* 68, 99–108.
- 55) Valencia-Chamorro, Escuela Politecnica Nacional, Quito, Ecuador, 2004, Elsevier Ltd.
- 56) Ward, S.M., 2000. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Field Crops Res.* 68 (2), 157–163.
- 57) Ward, S.M., Johnson, D.L., 1993. Cytoplasmic male sterility in quinoa. *Euphytica* 66, 217–223.
- 58) White, P.L., Alvistur, E., Dias, C., Vinas, E., White, H.S., Collazos, C., 1955. Nutrient content and protein quality of quinoa and canihua, edible seed products of the Andes mountains. *J. Agr. Food Chem.* 3, 531–534.
- 59) Wilson, C., Read, J.J., Abo, K.E., 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety. *J. Plant Nutr.* 25 (12), 2689–2704.
- 60) Wilson, H.D., 1980. Artificial hybridization among species of *Chenopodium* sect. *Chenopodium*. *Syst. Bot.* 5, 253–263.
- 61) Wilson, H.D., 1988a. Allozyme variation and morphological relationships of *Chenopodium hircinum Schrader* (s. lat.). *Syst. Bot.* 13, 215–228.
- 62) Wilson, H.D., 1988b. Quinoa biosystematics I. Domestic populations. *Econ. Bot.* 42, 461–477.
- 63) Wright, K.H., Huber, K.C., Fairbanks, D.J., Huber, C.S., 2002a. Isolation and characterization of *Atriplex hortensis* and sweet *Chenopodium quinoa* starches. *Cereal Chem.* 79 (5), 715–719.
- 64) Wright, K.H., Pike, O.A., Fairbanks, D.J., Huber, C.S., 2002b. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *J. Food Sci.* 67 (4), 1383–1385.
- 65) Zanabria, E., Mujica, S.A., 1977. Plagas de la quinua. Curso de Quinoa, Fondo Simon Bolivar, Ministerio de Alimentacion. Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas, Universidad Nacional Tecnica del Altiplano, Puno, Peru, pp. 129–142.