

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ &
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ
ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ ΟΞΑΛΙΔΑΣ
(*Oxalis pes-caprae*)**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Σπουδάστρια: ***Πρίφτη Ανίσα***

Επίβλεψη: ***Δρ. Ευάγγελος Πασπάτης***

Ηράκλειο 2012

Στην Όλια και στον Νίκο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία έγινε στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, υπό την επίβλεψη της Δρος Κατή Βάγιας, Ερευνήτριας του Εργαστηρίου Βιολογίας Ζιζανίων και του Δρα Ευάγγελου Πασπάτη, προϊσταμένου του Εργαστηρίου Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης και Φυτορρυθμιστικών Ουσιών του τμήματος Ζιζανιολογίας. Ευχαριστώ θερμά την Δρ Κατή για την σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε καθόλη τη διάρκεια της πειραματικής και συγγραφικής περιόδου και για τις ατελείωτες ώρες δουλειάς στο εργαστήριο, καθώς και τον Δρ Πασπάτη για την ουσιαστική καθοδήγησή του.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον συμφοιτητή μου Μάριο Βουλγαρίδη για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκτέλεση των πειραμάτων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Διεύθυνση του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πρακτική μου άσκηση και την πτυχιακή μου διατριβή στο Ινστιτούτο.

1	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
1.1	Αλληλοπάθεια	6
1.1.1	Γενικά.....	6
1.1.2	Αλληλοχημικά	8
1.1.3	Μηχανισμοί δράσης των αλληλοχημικών	9
1.1.4	Παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση της αλληλοπάθειας	12
1.1.5	Αλληλοπάθεια και ανταγωνισμός	12
1.1.6	Μεθοδολογικές προσεγγίσεις στην μελέτη της αλληλοπάθειας	13
1.2	Σημασία της αλληλοπάθειας για τα φυσικά και αγροτικά οικοσυστήματα.....	15
1.2.1	Φυσικά οικοσυστήματα.....	15
1.2.2	Αγροτικά οικοσυστήματα	15
1.2.2.1	Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπαθητικό δυναμικό	15
1.2.2.2	Ζιζάνια με αλληλοπαθητικό δυναμικό.....	17
1.3	Οξαλίδα	22
1.3.1	Γεωγραφική προέλευση και εξάπλωση.....	22
1.3.2	Βοτανική περιγραφή και Βιολογικός Κύκλος.....	23
1.3.3	Συνθήκες ανάπτυξης.....	26
1.3.4	Αλληλοπαθητικό δυναμικό της οξαλίδας.....	28
1.3.5	Σημασία της οξαλίδας στο αγρο-οικοσύστημα	29
2	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	32
2.1	Εισαγωγή	32
2.2	Αξιολόγηση αλληλοπαθητικής ικανότητας φυτικού ιστού οξαλίδας με πειράματα βλάστησης σπόρων	33
2.2.1	Επίδραση εκχυλισμάτων νωπής οξαλίδας στην βλάστηση σπόρων	33
2.2.1.1	Υλικά και Μέθοδοι	33
2.2.1.2	Αποτελέσματα και Συζήτηση	35
2.2.2	Επίδραση εκχυλισμάτων ξηρής οξαλίδας στην βλάστηση σπόρων	41
2.2.2.1	Υλικά και Μέθοδοι	41
2.2.2.2	Αποτελέσματα και Συζήτηση	42
2.3	Μελέτη της αλληλοπαθητικής δράσης των εκχυλισμάτων υπέργειου ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας με βιοδοκιμή λέμνας (<i>Spirodella polyrhiza</i> L.).....	48

2.3.1	Υλικά και Μέθοδοι.....	48
2.3.2	Αποτελέσματα και Συζήτηση	49
2.4	Αξιολόγηση αλληλοπαθητικής ικανότητας υπέργειου μέρους ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας σε φυτά μαρουλιού (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	52
2.4.1	Υλικά και Μέθοδοι.....	52
2.4.2	Αποτελέσματα και Συζήτηση	54
3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	66

1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Αλληλοπάθεια

1.1.1 Γενικά

Ο όρος «αλληλοπάθεια» προέρχεται από τις ελληνικές ρίζες άλληλον και πάθος. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ερευνητή Molish το 1937 για να περιγράψει τις βιοχημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυτών. Κατά τους Molisch (1937), Rice (1984) και Rizvi & Rizvi (1992) η αλληλοπάθεια είναι το φαινόμενο που υποδηλώνει τη δράση ενός φυτού πάνω σε άλλο φυτό ή φυτά, ή αλληλεπίδραση μεταξύ φυτικών οργανισμών και μικροοργανισμών, τόσο βλαβερού όσο και ωφέλιμου χαρακτήρα. Η αλληλοπάθεια βασίζεται στην παραγωγή και διασπορά στο περιβάλλον χημικών ουσιών, κατά κανόνα δευτερογενών μεταβολιτών. Οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στις αρνητικές ως επί το πλείστον αλληλοπαθητικές επιδράσεις με επακόλουθο την επικράτηση του ορισμού ως την παρεμπόδιση της ανάπτυξης γειτονικών φυτών μέσω απελευθέρωσης τοξικών ενώσεων στο περιβάλλον (Baldwin 2003, Fitter 2003, Inderjit & Duke 2003).

Η αλληλοπάθεια αναφέρεται και ως αυτοπάθεια ή αυτοτοξικότητα, όταν τα απελευθερωμένα αλληλοχημικά από ένα είδος επηρεάζουν δυσμενώς την ανάπτυξη του ίδιου είδους. Αυτοπαθή θεωρούνται μεταξύ άλλων το σπαράγγι (*Asparagus officinalis*), η αγγουριά (*Cucumis sativus*), η τομάτα (*Lycopersicon esculentum*), το μπιζέλι (*Pisum sativum*), η μηδική (*Medicago sativa*), το σιτάρι, το σόργο (*Sorghum vulgare*), το καλαμπόκι και άλλα (Πασπάτης 1998, Lockerman & Putnam 1979). Χαρακτηριστική περίπτωση αυτοτοξικότητας είναι η έκκριση αμυγδαλίνης (amygdalin) από τις ρίζες την ροδακινιάς (*Prunus persica*), παρεμποδιστική ουσία που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη, όταν γίνεται επαναφύτευση δένδρων ροδακινιάς στο ίδιο έδαφος (Rice 1984, Πασπάτης 1998). Ένα άλλο παράδειγμα αυτοπάθειας είναι η περίπτωση των ποικιλιών του ρυζιού «Cd-1» και «Rupsail» στις οποίες τα αλληλοχημικά των φαινολικών ενώσεων και ιδιαίτερα του αμπισισικού οξέος εμπόδισαν την αύξηση ρίζας και βλαστών των σποροφύτων. Ακόμα μία περίπτωση

αυτοπάθειας αποτελεί η αδυναμία της επαναφύτευσης της μηλιάς σε εδάφη παλαιών μηλεώνων (Μπούρμπος, 2008).

Αλληλοπαθητικές ιδιότητες, εκτός από τα φυτά, έχουν και άλλοι οργανισμοί όπως τα έντομα, τα βακτήρια, οι ιοί και οι μύκητες. Ο όρος αλληλοπάθεια χρησιμοποιείται κυρίως για την περιγραφή μιας χημικής αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο διαφορετικών φυτικών ειδών, όπως στις σχέσεις μικροβίου-μικροβίου, φυτού-μικροβίου, φυτού-εντόμου. Οι περισσότεροι ερευνητές τείνουν να περιλάβουν στο πλαίσιο της αλληλοπάθειας και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυτών και των ζώων, θεωρώντας την αλληλοπάθεια ως ένα μέρος του δικτύου μεταξύ της χημικής επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων οργανισμών (Μπούρμπος, 2008).

Η αλληλοπάθεια σαν φαινόμενο αναφέρεται από την αρχαιότητα. Σχετίζεται, πως η αλληλοπάθεια έβρισκε μεγάλη εφαρμογή κατά την αρχαιότητα στον κήπο του Σωκράτη (470-399 π.Χ.) για την αντιμετώπιση των διαφόρων ζωικών εχθρών και ασθενειών. Γενικά, οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι είχαν αναπτύξει πολλές μεθόδους αντιμετώπισης των φυτοπαράσιτων. Οι περισσότερες αναφορές έχουν σχέση με τους ζωικούς εχθρούς (Μπούρμπος, 2008).

Ο Θεόφραστος, γύρω στο 300 π.Χ., αναφέρει ότι το ρεβίθι (*Cicer arietinum*) είναι φυτό που εξασθενεί το έδαφος και καταστρέφει τα ζιζάνια (Rice, 1984) και ότι το λάχανο είναι βλαβερό για το αμπέλι (Bezuidenhout, 2000). Επίσης ο Ρωμαίος Πλίνιος που έζησε τον 1ο αιώνα μ.Χ., αναφέρει ότι το κριθάρι (*Hordeum vulgare*) και η βρώμη (*Avena sativa*) είναι καλλιέργειες που καθαρίζουν το έδαφος από ζιζάνια καθώς επίσης και ότι η καρύδια (*Juglans nigr*) δηλητηριάζει φυτά που φυτρώνουν κοντά της. Ο ίδιος αναφέρει και το φαινόμενο της αυτοτοξικότητας της φτέρης (*Pteridium aquilinum*) και ειδικότερα πως αν σπάσουν νεαροί βλαστοί του φυτού και ο χυμός τους πέσει στο έδαφος, τότε το φυτό ξεραίνεται (Πασπάτης, 1998).

Ο Young το 1804 δήλωσε ότι τα τριφύλλια (*Trifolium repens*) όταν καλλιεργούνται συνεχώς στο ίδιο έδαφος μπορεί μετά από χρόνια να εμφανίσουν αποτυχία φυσιολογικής εγκατάστασης και ανάπτυξης τους (Rice, 1984).

Το 1832 ο DeCandolle υποστήριξε ότι η κόπωση του εδάφους μπορεί να οφείλεται σε συσσώρευση τοξινών που απελευθερώνονται από τα φυτά και ότι η εναλλαγή καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει στον περιορισμό του προβλήματος (Rice, 1984).

Σύμφωνα με τον Mandava (1985), οι Lee & Monsi το 1963 βρήκαν ένα έγγραφο από τον Banzan Kamazawa περίπου 300 χρόνων που ανέφερε ότι η βροχή και η δροσιά προκαλούν έκπλυση ουσιών από τα φύλλα του πεύκου (*Pinus densiflora*) που είναι βλαβερές σε φυτά του ίδιου ή διαφορετικού είδους που μεγαλώνουν κάτω από αυτό. Αυτό αποδείχθηκε αργότερα από μια σειρά πειραμάτων και ιστορικά θα πρέπει να είναι η πρώτη επίσημη αναφορά στην αλληλοπάθεια.

Η πρώτη εργασία για την απόδειξη της αλληλοπάθειας με επιστημονικά κριτήρια ήταν μια σειρά πειραμάτων που έγινε το 1908 από τους Schreiner & Reed οι οποίοι προσπαθούσαν να ερμηνεύσουν το πρόβλημα της κόπωσης του εδάφους και της μείωσης της παράγωγης. Οι τεχνικές που χρησιμοποίησαν τότε, σήμερα θεωρούνται αρχέγονες, κατάφεραν να απομονώσουν έναν αριθμό φυτοτοξικών χημικών ουσιών από δείγματα φυτών και εδάφους.

1.1.2 Αλληλοχημικά

Αλληλοχημικά (allelochemicals) ονομάζονται οι χημικές ουσίες που εκκρίνονται κατά οποιοδήποτε τρόπο από φυτά και προκαλούν σε άλλα φυτά φαινόμενα αλληλοπάθειας (Πασπάτης, 1998). Τέτοιες ουσίες υπάρχουν σχεδόν σε όλα τα φυτά και σε όλους τους ιστούς τους όπως φύλλα, βλαστούς, ρίζες, άνθη, καρπούς ή σπόρους, απο όπου και εκλύονται. Μια αλληλοχημική ουσία για να δρα ως παρεμποδιστής αύξησης, θα πρέπει να είναι διαθέσιμη σε μεγάλες ποσότητες ανεξάρτητες των διεργασιών της μικροβιακής και χημικής αποδόμησης (Quasem & Foy 2001, Inderjit & Weston 2003). Κατά τον Μπούρμπο (2008) τα αλληλοχημικά είναι γνωστά και ως αλληλοπαθητικά (allelopathic), βιοεπικοινωνιστές (biocommunicators), και στην περίπτωση που ασκούν τοξική δράση στον οργανισμό και ως αλληλοτοξικά (allelotoxics).

Ο Rice (1984) κατέταξε τα αλληλοχημικά σε 14 χημικές κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- 1) Απλά υδατοδιαλυτά οργανικά οξέα, αλκοόλες ευθείας αλυσίδας, αλειφατικές αλδεύδες και κετόνες.
- 2) Απλές ακόρεστες λακτόνες.
- 3) Λιπαρά οξέα μακριάς αλυσίδας και πολυακετυλένια.

- 4) Ναφθοκινόνες, ανθρακινόνες και σύνθετες κινόνες
- 5) Απλές φαινόλες, βενζοϊκά οξέα και παράγωγα.
- 6) Κιναμωμικό οξύ (Cinnamic acid) και παράγωγα.
- 7) Κουμαρίνες.
- 8) Φλαβονοειδή.
- 9) Ταννίνες.
- 10) Τερπενοειδή και στεροειδή.
- 11) Αμινοξέεα και πολυπεπτίδια.
- 12) Αλκαλοειδή και κυανουδρίνες.
- 13) Σουλφίδια (sulfides) και γλυκοζίτες του σιναπέλαιου mustard oil glycosides).
- 14) Πουρίνες και νουκλεοτίδια (nucleosides).

Σύμφωνα με τον Rice (1984) υπάρχει επιπλέον μια χημική κατηγορία αλληλοχημικών στην οποία ανήκουν μερικές ουσίες που εμπλέκονται στην αλληλοπάθεια και δεν ανήκουν καθαρά σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, παρόλο που έχουν κοινά χαρακτηριστικά με μία ή περισσότερες από αυτές.

1.1.3 Μηχανισμοί δράσης των αλληλοχημικών

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες απελευθερώνονται από τα φυτά στο περιβάλλον άμεσα ή έμμεσα. Η άμεση απελευθέρωση αυτών των ουσιών παρατηρείται κυρίως σε ξηρές και ημίξηρες συνθήκες, η οποία γίνεται μέσω εξάτμισης από τα φύλλα. Επίσης, απέκκριση γίνεται από τις ρίζες και έκπλυση από τα φύλλα των φυτών και από τα φυτικά τους υπολείμματα σε υγρό περιβάλλον. Αντίθετα, η έμμεση απελευθέρωση αφορά την έκκριση των αλληλοπαθητικών ουσιών από τα φυτά κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων (Κωδωνάκη, 2009).

Τις περισσότερες φορές τα αλληλοχημικά δρουν σε συνδυασμό μεταξύ τους. Επιπλέον, μπορούν να δρουν σε συνδυασμό με υπολείμματα ζιζανιοκτόνων. Έτσι λοιπόν κατά τον Einhelling (1995) ο συνδυασμός trifluralin και ferulic acid, παρεμπόδισε την βλαστικότητα και την ανάπτυξη των φυταρίων του σόργου περισσότερο από ότι κάθε ένα χωριστά. Τα φερουλικό, συριγγικό, καφεϊκό οξύ επιδρούν στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών ενώ τα αλκαλοειδή παρεμβαίνουν στη δράση της DNA πολυμεράσης και την πρωτεϊνοσύνθεση (Πίνακας 1.2.3).

Επίσης, η γιουγκλόνη επηρεάζει την επιμήκυνση των κυττάρων, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και τη φωτοσύνθεση. Η σοργολεόνη δρα αναστέλλοντας την έκλυση του O₂ κατά τη φωτοσύνθεση και τη μεταφορά ηλεκτρονίων. Η σκοπολετίνη παρεμβαίνει στη φωτοσύνθεση ενώ τα φαινολικά οξέα, όπως είναι τα βανιλικό, φερουλικό, π-κουμαρικό καθώς και η αρτεμισίνη επηρεάζουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης (Κωδωνάκη, 2009).

Τα αλληλοχημικά μπορεί να δρουν στα φυτά άμεσα με την επίδρασή τους στις μεταβολικές λειτουργίες ή τα αποτελέσματά τους μπορεί να είναι έμμεσα μέσω της δράσης τους στους σχετιζόμενους με τα φυτά οργανισμούς. Τέτοια αποτελέσματα προκύπτουν από την επίδρασή τους σε οργανισμούς του κύκλου του αζώτου, σε μυκόριζα και στην ευαισθησία και στην ανθεκτικότητα στις ασθένειες. Έχει αποδειχθεί η δυσμενής επίδραση αλληλοχημικών που παράγονται από ορισμένα ζιζάνια στη δραστηριότητα των μικροοργανισμών που δεσμεύουν το άζωτο όπως των ελεύθερων αζωτοβακτηρίων, του *Rhizobium* και των κυανοπράσινων φυκών (Rice, 1984). Τα αλληλοχημικά αυτά είναι υπεύθυνα για τον περιορισμό της νιτροποίησης, μίας σημαντικής διαδικασίας στον κύκλο του αζώτου.

Αναφέρονται και άλλες έμμεσες δράσεις των αλληλοχημικών στην δασοπονία. Η καταστολή της ανάπτυξης μυκήτων και μυκόριζων σαν συνέπεια αλληλοπάθειας μπορεί να ερμηνεύσει πολλές περιπτώσεις αποτυχίας αναδάσωσης με κωνοφόρα δένδρα (Einhelling, 1995).

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία μηχανισμών στους άμεσους τρόπους δράσεις των αλληλοχημικών. Μία σημαντική δυσκολία στην εξακρίβωση του μηχανισμού δράσης είναι ότι μια ειδική ένωση μπορεί να επηρεάζει πολλές μεταβολικές λειτουργίες και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολο να μπορεί κανείς να ξεχωρίσει το πρωτογενές από το δευτερογενές αποτέλεσμα (Πασπάτης, 1998).

Σε φυσιολογικά αποτελέσματα υπάρχουν πολλές αναφορές για φαινολικές ενώσεις που είναι παράγωγα του cinnamic acid και του βενζοϊκού οξέος ή ενώσεις σχετιζόμενες με την κουμαρίνη. Υπάρχουν δύο κύριοι μηχανισμοί δράσης που θεωρούνται πιθανοί για τα φαινολικά οξέα. Οι αλληλεπιδράσεις τους με τις κυριότερες φυσικές φυτορρυθμιστικές ουσίες και οι επιδράσεις τους στην λειτουργία των μεμβρανών.

Οι διφαινολικές ενώσεις δρουν συνεργιστικά στην αύξηση που προκαλείται από το IAA, με το να παρεμποδίζουν την καταστροφή του. Πολλές εργασίες έχουν δείξει ότι οι φαινόλες μπορούν να αλληλεπιδρούν με το ενζυμικό σύστημα της οξειδάσης

του IAA και ελέγχουν τα επίπεδα της αυξίνης. Επίσης οι πολυφαινόλες μπορούν να παρεμποδίσουν την δράση του γιββερελλικού οξέος και να περιορίσουν την αύξηση (Jacobson, 1977). Η δράση των φαινολικών οξέων στις μεμβράνες σχετίζεται με τη μείωση της συγκέντρωσης ιόντων στο κύτταρο (Harper & Balke, 1981).

Ενώσεις που προέρχονται κυρίως από πρόδρομα μόρια αμινοξέων (π.χ. ασπαραγγινικό, λυσίνη, τυροσίνη, τρυπτοφάνη) περιλαμβάνονται στην ομάδα των αζωτούχων ενώσεων. Σε αυτή την ομάδα ανήκουν τα αλκαλοειδή, οι μεταΐνες, οι αμίνες, τα μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, τα κυανογόνα γλυκοζίδια, τα θειογλυκοζίδια και οι αμυντικές πρωτεΐνες (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Συχνά τα ορατά συμπτώματα της δράσης των αλληλοχημικών είναι παρόμοια με αυτά που προκαλούν διάφορες τροφοπενίες και σε μερικές περιπτώσεις έχει τεκμηριωθεί αλληλεπίδραση με την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων (Πασπάτης, 1998).

Πίνακας 1.1.3. Αλληλοχημικές ουσίες, φυτικά είδη που τις παράγουν και μηχανισμοί δράσης (προσαρμοσμένο από Inderjit & Duke, 2003).

Αλληλοχημική ουσία	Μηχανισμός δράσης	Είδος φυτού
Σκοπολετίνη	Φωτοσύνθεση	<i>Nicotiana tabacum</i>
Φαινόλες	Συγκέντρωση χλωροφύλλης	<i>Vigna unguiculata</i>
Βανιλικό, φερουλικό, π-κουμαρικό οξύ	Συγκέντρωση χλωροφύλλης	<i>Glycine max</i>
Βενζοϊκό, βανιλικό, φερουλικό, κιναμικό οξύ	DNA και RNA σύνθεση	<i>Glycine max</i>
Συριγγικό, καφεϊκό οξύ	Πρόσληψη N, P, K, Fe και Mo	<i>Vigna sinensis</i>
Γιουγκλόνη	Φωτοσύνθεση Αναπνοή	<i>Pisum sativum</i> , <i>Lemna minor</i> , <i>Glycine max</i>
Σοργολέονη	Έκλυση O ₂ κατά τη φσν Μεταφορά e ⁻ , Δράση στο HPPD	<i>Senecio vulgaris</i> , <i>Triticum aestivum</i>
Αλκαλοειδή	Αναστολή DNA πολυμεράσης, Πρωτεϊνοσύνθεση	Διάφορα είδη
1,8κινεόλη, καμφορά	Κυτταροδιαίρεση	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Allium sativum</i>
Αρτεμισίνη, Αρτεουνικό οξύ	Συγκέντρωση χλωροφύλλης	<i>Lemna minor</i>

Οι αλληλοπαθητικές ενώσεις βρίσκουν εφαρμογή ακόμα και για τις διορθώσεις του pH, αναφέρονται για παράδειγμα τα σκευάσματα SuperFlow με βάση τις σαπωνίνες απο τροπικά φυτά, το κιτρικό οξύ και το οξικό οξύ (Μπούρμπος, 2008).

1.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση της αλληλοπάθειας

Η εκδήλωση της αλληλοπάθειας επηρεάζεται από παράγοντες που αφορούν το ίδιο το φυτό, όπως στάδιο ανάπτυξης, γενότυπος, πυκνότητα των φυτών και φυσιολογική κατάσταση του φυτού.

Η αλληλοπαθητική ικανότητα και η άμυνα ενός φυτού μπορεί να επηρεάσουν από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Hedin 1990, Lovett & Hoult 1995, Einhellig 1995). Στους αβιοτικούς παράγοντες ανήκουν οι ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος, οι οποίες είναι πιθανόν να οδηγήσουν σε αύξηση της παραγωγής αλληλοχημικών ουσιών λόγω της καταπόνησης που επιφέρουν στο φυτό (Κωνσταντινίδου 2003, Inderjit & Weston 2003, Μπούρμπος 2008). Συνθήκες καταπόνησης που επηρεάζουν την εκδήλωση της αλληλοπαθητικής δράσης ενός φυτού είναι οι ακραίες θερμοκρασίες και η έλλειψη εδαφικής υγρασίας, ο τύπος του εδάφους και το pH, τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά και η UV ακτινοβολία. Επίσης, σημαντικό ρόλο μπορεί να παίξουν και ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως οι εφαρμογές με φυτοφάρμακα, ενεργοποιητές και αντιφυτοτοξικές ενώσεις σε μία καλλιέργεια.

Οι κύριοι βιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση της αλληλοπαθητικής δράσης ενός φυτού είναι προσβολές από έντομα, παθογόνους μικροοργανισμούς και μικροοργανισμούς της ριζόσφαιρας. Επίσης, ο ανταγωνισμός με άλλα φυτά μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή αλληλοπαθητικών ουσιών.

1.1.5 Αλληλοπάθεια και ανταγωνισμός

Τα φυτά αλληλεπιδρούν μέσα από την εκδήλωση των φαινομένων του ανταγωνισμού και της αλληλοπάθειας. Το πρώτο φαινόμενο αφορά την απομάκρυνση ουσιών από ένα φυτό (θρεπτικά στοιχεία, νερό) αλλά και το ανταγωνισμό για φως και διεκδίκηση χώρου, ενώ το άλλο φαινόμενο αφορά την απελευθέρωση ουσιών στο περιβάλλον που μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη γειτονικών φυτών (Rice 1984, Putnam 1985, Weston & Duke 2003). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα φαινόμενα της αλληλοπάθειας και του ανταγωνισμού είναι άμεσα συνδεδεμένα και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να διαχωριστούν σε συνθήκες αγρού. Τα φυτικά

υπολείμματα ενός αλληλοπαθητικού καλλιεργούμενου φυτού μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στο φυτό και στην ανάπτυξη ενός ζιζανίου λόγω της δράσης των ουσιών οι οποίες απελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των υπολειμμάτων. Και η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων (ανταγωνισμός) μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη ενός ζιζανίου λόγω της χρήσης τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους οι οποίοι αποδομούν τα φυτικά υπολείμματα (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.1.6 Μεθοδολογικές προσεγγίσεις στην μελέτη της αλληλοπάθειας

Ένα από τα προβλήματα μελέτης της αλληλοπάθειας είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει ένα καθολικά αποδεκτό πρωτόκολλο μελέτης. Ο Willis (1985), διατύπωσε τις προϋποθέσεις για την εδραίωση της αλληλοπάθειας ως ανασταλτικό παράγοντα της αύξησης ενός φυτού βασιζόμενος στις αρχές του Koch σύμφωνα με τις οποίες θεωρούνται αναγκαία:

- Ένα υπόδειγμα της παρεμπόδισης της ανάπτυξης ενός φυτού από το γειτονικό του, μέσω περιγραφής συμπτωμάτων.
- Η παραγωγή μίας τοξικής ουσίας από το υποτιθέμενο αλληλοπαθητικό είδος.
- Η ύπαρξη ενός μηχανισμού απελευθέρωσης της τοξικής ουσίας από το φυτό στο περιβάλλον.
- Ο τρόπος μεταφοράς και συγκέντρωσης της τοξίνης στο φυτό στόχο.
- Πρόσληψη της χημικής ουσίας από το φυτό στόχο σε επαρκείς ποσότητες και για χρονική διάρκεια ικανή ώστε να εμφανίσει δράση.
- Συσχέτιση της παρατηρούμενης αλληλοπαθητικής δράσης με βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Σύμφωνα με τον Πασπάτη (1998) οι ακόλουθες μέθοδοι μπορεί να οδηγήσουν στην επιβεβαίωση της εκδήλωσης μίας περίπτωσης αλληλοπάθειας:

Πείραματα αγρού: Με τέτοια πειράματα γίνεται δυνατό να διαπιστωθούν φαινόμενα αλληλεπίδρασης διαφόρων ειδών φυτών. Ακολουθούν άλλα πειράματα για την ταυτοποίηση του είδους της αλληλεπίδρασης (ανταγωνισμός ή αλληλοπάθεια).

Επίσης, μελετάται η επίδραση των υπολειμμάτων μιας καλλιέργειας στην ανάπτυξη φυτών που σπéronται μετά απο αυτήν. Στα πειράματα αγρού πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν όλοι οι πιθανοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την εμφάνιση μιας αλληλοπάθειας, όπως τα μικρόβια, το φως κ.ά..

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 σε πολύ εμφανείς περιπτώσεις αλληλοπάθειας χρειάζεται επαλήθευση στο εργαστήριο διάφορες μέθοδοι. Για πτητικές ουσίες π.χ. παίρνονται από το άμεσο περιβάλλον του φυτού δείγματα αέρα ενώ για εξωκυτταρικές εκκρίσεις παίρνονται εκκλύματα φυτών από φύλλα, κλαδιά ή ρίζες. Επίσης, και έδαφος μπορεί να λαμβάνεται 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 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 στην σχετική με το θέμα βιβλιογραφία πολλές μέθοδοι για την έκπλυση από το έδαφος ή τη συλλογή αλληλοχημικών από το ριζικό σύστημα φυτών για περαιτέρω ανάλυση ή και αξιοποίησή τους.

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

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.

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

1.2 Σημασία της αλληλοπάθειας για τα φυσικά και αγροτικά οικοσυστήματα

1.2.1 Φυσικά οικοσυστήματα

Μία σημαντική επίπτωση της αλληλοπάθειας είναι στην διαμόρφωση και την ισορροπία των φυσικών οικοσυστημάτων. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα αλληλοπάθειας σε αυτά τα οικοσυστήματα και η μελέτη τους μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη αφού ενδέχεται να απομονωθούν κάποια αλληλοχημικά που έχουν πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν στην πράξη. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι η ζώνη παρεμπόδισης της ανάπτυξης ετήσιων αγροστωδών φυτών, πλάτους 1-2 μέτρων, που παρατηρείται γύρω από τα φυτά *Salvia leucophylla*, *Artemisia californica*. Επιπλέον, παρατηρείται ζώνη παρεμπόδισης φυτών κάτω και γύρω από ένα είδος ευκάλυπτου, το *Eucalyptus camaldulensis*. Επίσης, αναφέρονται περιπτώσεις έλλειψης ποωδών φυτών κάτω από συκομουριές και μπαμπού (Rice 1984, Πασπάτης 1998).

1.2.2 Αγροτικά οικοσυστήματα

1.2.2.1 Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπαθητικό δυναμικό

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. Κάποιες από τις καλλιέργειες που έχει παρατηρηθεί ότι παρεμποδίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων, είναι:

Το *Αγγούρι*, το *Κεχρί* (*Panicum miliaceum*) και το *Brassica hirta*. Ορισμένες ποικιλίες τους παρεμποδίζουν σημαντικά τον πληθυσμό των ζιζανίων στον αγρό. Πρέπει λοιπόν να γίνεται σωστή επιλογή τόσο καλλιεργειών όσο και ποικιλιών.

Υπολείμματα από καλλιέργειες *Κριθαριού*, *Βρώμης*, *Σταριού*, *Σίκαλης* (*Secale cereale*) και *Σόργου* (περιορίζουν τον πληθυσμό ζιζανίων σε πολλές κηπευτικές καλλιέργειες). Επίσης, η καλλιέργεια *Σταριού* και *Σίκαλης* μεταξύ γραμμών δενδρώδης καλλιέργειας αντιμετωπίζουν άριστα τα ζιζάνια ενώ δεν μειώνουν την παραγωγή. Η φυτοτοξικότητα αυτών των φυτών και τα υπολείμματα από την

αποσύνθεσή τους, σχετίζονται άμεσα με τη χημική άμυνα εναντίον εχθρών και παθογόνων (Gierl & Frey, 2001). Χρησιμοποίηση της σίκαλης ως φυτού κάλυψης μπορεί να προκαλέσει μείωση βιομάζας στα ζιζάνια σε ποσοστό 50-75%.

Υπολείμματα από καλλιέργειες *Σόγιας* και *Ηλίανθου* σε πείραμα που έγινε σε ελεγχόμενο περιβάλλον είχαν αντιφατικά αποτελέσματα αφού σε άλλες περιπτώσεις παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης ενώ σε άλλες διέγερση της. Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus*) περιέχει πλήθος αλληλοπαθητικών ουσιών. Οι ηλιανουόλες είναι μία ομάδα φαινολικών αλληλοχημικών ουσιών οι οποίες παρεμποδίζουν τα δικότυλα κυρίως φυτά. Τα εκχυλίσματα ηλίανθου έχουν την ικανότητα να δρουν ανασταλτικά ως προς την αύξηση ποικίλων ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών, ενώ η ενσωμάτωση στο έδαφος υπολειμμάτων ηλίανθου μπορεί να μειώσει την πυκνότητα των δικότυλων ζιζανίων κατά 66% (Anaya, 1999). Σύμφωνα με μελέτες, υδατικά εκχυλίσματα ηλίανθου ανέστειλαν την ανάπτυξη κάποιων δυσεξόντων ζιζανίων όπως αγριοβαμβακιά (*Abutilon theophrasti*), τάτουλας (*Datura stramonium*), ιπόμια (*Ipomoea purpurea*) και μείωσαν την αύξηση της σόγιας (*Glycine max*) και του σόργου (*Sorghum spp.*) (Leather *et al*, 1983a,b).

Το *Σπαράγγι* παρουσιάζει φαινόμενα αλληλοπάθειας σε άλλα λαχανικά αλλά και αυτοτοξικότητας.

Οι παραπάνω καλλιέργειες χρησιμοποιούνται στην πράξη ως καλλιέργειες που εντάσσονται σε συστήματα Αμειψισποράς με στόχο ευαίσθητες στον ανταγωνισμό των ζιζανίων καλλιέργειες που ακολουθούν, να βρίσκουν το έδαφος λιγότερο μολυσμένο από σπόρους ζιζανίων ή ακόμα και απαλλαγμένο από μερικά επικίνδυνα ή πολύ ανταγωνιστικά ζιζάνια (Πασπάτης, 1998).

Κατανόηση του μηχανισμού δράσης της αλληλοπάθειας μπορεί να οδηγήσει σε ένα αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο καταπολέμησης των ζιζανίων, έτσι ώστε να περιοριστούν οι μεγάλες ζημιές που προκαλούνται από αυτά.

Γενικά, πολλές από τις σύγχρονες ποικιλίες των καλλιεργούμενων φυτών έχουν δημιουργηθεί με τις μεθόδους της Γενετικής Βελτίωσης με στόχο την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και άλλων χαρακτηριστικών όπως π.χ. χαμηλό ύψος στις ποικιλίες σιτηρών. Έτσι, μέσα από τις διαδικασίες αυτές είναι πιθανόν τα καλλιεργούμενα φυτά να χάσουν κάποια πιθανή αλληλοπαθητική ικανότητα που μπορεί να είχαν κληρονομήσει από τους προγόνους τους. Αντίθετα, η αλληλοπαθητική ικανότητα μπορεί να διατηρείται στα ζιζάνια, που δεν υφίστανται αυτήν την τεχνητή επιλογή.

1.2.2.2 Ζιζάνια με αλληλοπαθητικό δυναμικό

Έχει αναφερθεί ότι αλληλοπαθητικό δυναμικό έχουν πάνω από 70 είδη ζιζανίων μεταξύ των οποίων είναι πολλά δυσκολοεξόντωτα είδη που προκαλούν σημαντικές οικονομικές ζημιές στις καλλιέργειες. Πολλοί εκτιμούν ότι τα ζιζάνια αξιοποιούν την αλληλοπαθητική τους ικανότητα στο έπακρο καθώς παράγουν σημαντικές ποσότητες αλληλοχημικών προκειμένου να είναι ανταγωνιστικότερα των καλλιεργούμενων φυτών και να μπορέσουν να επιβιώσουν και να εξαπλωθούν στον ευρύτερο χώρο. Πολλά ζιζάνια βρέθηκε ότι τροποποιούν την ανόργανη θρέψη των φυτών και αυτή η δράση σε μία καλλιέργεια μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες αποδόσεις (Πασπάτης 1998, Chandler 1985).

Ανάμεσα στα ζιζάνια με αλληλοπαθητική ικανότητα είναι η αγριάδα (*Cynodon dactylon*), η δακτυλίδα (*Dactylis glomerata*), η διγυταρία η κατακλίνουσα (*Digitaria decumbens*), η άγρωστη η γιγάντια (*Agrostis gigantea*), η χλωρίς η γκαγιάννα (*Chloris gayana*), η ήρα η πολυανθής (*Lolium multiflorum*) και άλλα (Μπούρμπος, 2008).

Αναμφισβήτητα, σημαντικό ρόλο παίζει η αλληλοπάθεια στη κατανομή και εγκατάσταση πολλών νεοεισερχόμενων φυτικών ειδών από άλλα οικοσυστήματα. Παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της κυριαρχίας του νέου είδους λόγω αυξημένης αλληλοπαθητικής ικανότητας σε καινούργια ενδιαιτήματα ή/και ανυπαρξίας αμυντικών μηχανισμών από τα προϋπάρχοντα φυτικά είδη. Τα είδη αυτά δικαίως έχουν χαρακτηριστεί ως «ζιζάνια ή φυτά εισβολείς», λόγω αυτής της ιδιότητας τους, όπως για παράδειγμα η κενταύρια (*Centaurea spp.*) κατά την μεταφορά της από οικοσυστήματα της Ευρασίας σε οικοσυστήματα της Β. Αμερικής.

Η αλληλοπάθεια μπορεί να αποτελεί παράγοντα πίεσης στη χωροθέτηση των φυτών σε οικοσυστήματα όπου συνυπάρχουν ενδημικά φυτά με ή χωρίς αλληλοπαθητικές ιδιότητες. Έτσι για παράδειγμα η μαύρη καρυδιά (*Juglans nigra*), μπορεί να συμβιώνει με φυτά που υπομένουν την παρουσία της, όπως επίσης και η αρτεμισία (*Artemisia spp*) (Κωδωνάκη, 2009).

Ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) είναι από τα πρώτα ζιζάνια που αποδείχτηκε ότι έχει αλληλοπαθητικές ιδιότητες. Όταν νεκρά ριζώματα αυτού ενσωματώθηκαν στο έδαφος προκάλεσαν αναστολή στην ανάπτυξη σιταριού, κριθαριού, του *Brassica nigra* και της σόγιας. Ανάλογη δράση είχε και το απόσταγμα με αιθανόλη από τα νεκρά ριζώματα του ζιζανίου αυτού (Chandler 1985, Πασπάτης 2007).

Ένα από τα χειρότερα ζιζάνια παγκοσμίως, είναι η πορφυρή κύπερη (*Cyperus rotundus*). Είναι ισχυρός ανταγωνιστής των καλλιεργειών και έχει αποδειχθεί η αλληλοπαθητική της ικανότητα. Παρουσία του σε καλλιέργεια σκόρδου (*Allium sativum*) προκάλεσε μείωση της παραγωγής κατά 89% και αποδείχτηκε ότι η ανταγωνιστική του ικανότητα οφείλεται κυρίως στον ανταγωνισμό για θρεπτικά στοιχεία αλλά και στο αλληλοπαθητικό δυναμικό του. Ουσίες που περιέχονται σε κονδύλους και ριζώματα του ζιζανίου αυτού αναστέλλουν την ανάπτυξη του σιταριού, του κριθαριού και του βαμβακιού. Φυτικά υπολείμματα από κίτρινη κύπερη ανέστειλε τη βλάστηση στο κριθάρι και το βαμβάκι. Ενσωμάτωση των κονδύλων του ζιζανίου στο χώμα όπου αναπτύσσεται σόργο και σόγια προκάλεσε αναστολή στην αύξηση και των δύο καλλιεργούμενων ειδών, ενώ ουσίες που περιέχονται στους κονδύλους της πορφυρής κύπερης προκαλούν μείωση της αύξησης του κρεμμυδιού, της τομάτας και του *Raphanus sativus*. Υπολείμματα φυλλώματος αυτού του ζιζανίου ήταν πολύ ανασταλτικά στην αύξηση βλαστών και ριζών του καλαμποκιού και της σόγιας (Chandler 1985, Rice 1984, Πασπάτης 2007).

Ένα άλλο σημαντικό ζιζάνιο που έχει εγκατασταθεί σε πολλά μέρη του κόσμου και προκαλεί σημαντική μείωση στην παραγωγή του καλαμποκιού και της πατάτας είναι και το αγρωστώδες είδος *Agropyron repens*. Βρέθηκε ότι το ζιζάνιο αυτό αλληλεπιδρά με κάποιο τρόπο στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το καλαμπόκι και το σιτάρι και προκαλεί σημαντική αναστολή στην αύξηση και την παραγωγή αυτών των καλλιεργούμενων ειδών. Όταν προστέθηκε λίπασμα το αποτέλεσμα δεν ήταν αντιστρέψιμο. Ουσίες που περιέχονται στα ριζώματα αυτού ανέστειλαν την αύξηση των ριζών των φυταρίων μπιζελιού και σιταριού. Η βλάστηση σπόρων και καλή εγκατάσταση του τριφυλλιού, του σιταριού, του κριθαριού και της βρώμης ήταν προβληματική σε έδαφος όπου προηγουμένως αναπτυσσόταν το ζιζάνιο. Εκχυλίσματα εδάφους όπου υπήρχαν ριζώματα, ρίζες ή πεσμένα φύλλα του *A. repens* προκάλεσαν μεγάλη παρεμπόδιση της αύξησης του τριφυλλιού και του καλαμποκιού. Ουσίες που απομονώθηκαν με ζεστό νερό από ρίζες, ριζώματα, βλαστούς και φύλλα αυτού προκάλεσαν μείωση του νωπού βάρους φυταρίων τριφυλλιού από 65% μέχρι 80%. Φυτικά υπολείμματα του ζιζανίου προκάλεσαν χλώρωση και παρεμπόδιση αύξησης στο τριφύλλι και τη βρώμη (Rice, 1984).

Σημαντικό ζιζάνιο στον Καναδά και τις ΗΠΑ είναι η αγριομπαμπακιά (*Abutilon theophrasti*), το οποίο προκαλεί μείωση της παραγωγής στη σόγια (*Glycine max*) και το βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*), που αρχικά αποδόθηκε σε ανταγωνισμό. Από

πειράματα που έγιναν, όμως, έδειξαν ότι το ζιζάνιο αυτό έχει αλληλοπαθητικό δυναμικό στο οποίο μπορεί να οφείλεται τουλάχιστον εν μέρει η επίδραση που έχει στις διάφορες καλλιέργειες. Εκπλύματα από υπολείμματα της αγριοπαμπακιάς παρεμπόδισαν την αύξηση του αραβοσίτου και της σόγιας. Παρόμοια δράση είχαν και ουσίες που απομονώθηκαν από τα ριζώματα του ζιζανίου. Εκπλύματα από τα φύλλα του προκάλεσαν αναστολή στη βλάστηση των σπόρων του *Raphanus sativus* και στην αύξηση φυταρίων σόγιας (Rice, 1984).

Η σετάρια (*Setaria faberii*) είναι ένα ζιζάνιο που προκαλεί μεγάλη μείωση της παραγωγής του καλαμποκιού και της σόγιας. Πειράματα που έγιναν στο θερμοκήπιο όπου καλαμπόκι και το *S. faberii* αναπτύσσονταν μαζί έδωσαν ως αποτέλεσμα 90% μείωση στο ύψος και το νωπό βάρος του φυτού σε σχέση με το μάρτυρα που ήταν καθαρός από το ζιζάνιο. Από αυτό το ποσοστό εκτιμήθηκε ότι το 35% οφείλεται στην αλληλοπαθητική δράση του ζιζανίου. Εκχυλίσματα από τα υπολείμματα αυτού όταν εφαρμόστηκαν σε σπόρους καλαμποκιού παρατηρήθηκε μείωση της αύξησης του ριζιδίου και της κολεοπτύλης των φυταρίων (Rice, 1984). Κατά τον Πασπάτη (1998), εκπλύματα ολόκληρων φυτών του ζιζανίου *S. faberii* καθώς και κατεστραμμένες ρίζες του ζιζανίου *S. glauca* προκαλούν παρεμπόδιση της αύξησης του αραβοσίτου. Φυτικά υπολείμματα του *S. glauca* όταν ενσωματώθηκαν στο έδαφος προκάλεσαν μείωση του ύψους του καλαμποκιού και της σόγιας (Rice, 1984).

Από ριζικά υπολείμματα του αιματόχορτου (*Digitaria sanguinalis*) παρεμποδίζεται, επιπλέον, η αύξηση ριζών του αραβοσίτου, ενώ εκπλύματα των σπόρων αυτού ανέστειλαν τη βλάστηση των σπόρων μερικών καλλιεργούμενων ειδών.

Η λουβουδιά (*Chenopodium album*) είναι μεν ένα αγαπημένο χορταρικό των Ελλήνων αλλά δεν παύει να δημιουργεί προβλήματα στις ελληνικές καλλιέργειες. Έχει αποδειχθεί ότι υδατικά εκχυλίσματα από την κορυφή του ζιζανίου προκαλούν στα φυτάρια σιταριού αναστολή της βλάστησης και μείωση του μήκους της κολεοπτύλης και των ριζών τους. Εκκρίματα από τις ρίζες και υδατικά εκχυλίσματα από τα υπολείμματα και τις ρίζες του *C. album* ανέστειλαν την αύξηση ριζών του καλαμποκιού (Καλμπουρτζή 1992, Rice 1984).

Σημαντική μείωση της αύξησης φυταρίων του *Raphanus sativus* προκάλεσαν κατεστραμμένα φύλλα του *Kochia scoparia*, ακόμα και όταν το έδαφος είχε αρκετή ποσότητα P, K, N. Υδατικά εκχυλίσματα από το ζιζάνιο αυτό καθώς και από το λάπαθο (*Rumex crispus*), το *Amaranthus sp*, το *Ambrosia trifida*, την αγριομελιτζάνα

(*Xanthium strumarium*) και το κολοκάσι (*Helianthus tuberosus*) προκάλεσαν παρεμπόδιση στην ανάπτυξη των φυταρίων σόργου (Πασπάτης 1998, Rice 1984).

Ο Rice (1984) υποστηρίζει ότι η μουχρίτσα (*Echinochloa crusgalli*) όταν αναπτύσσεται μαζί με το ρύζι, μετά από λίγα χρόνια η παραγωγή του ρυζιού ελαχιστοποιείται ή εκμηδενίζεται. Σπόροι και υπολείμματα περιέχουν ουσίες με ανασταλτικές ιδιότητες που παρεμποδίζουν τη βλάστηση μερικών σπόρων και μειώνουν το βάρος του καλαμποκιού και της σόγιας. Ο ίδιος αναφέρει ότι υδατικά εκχυλίσματα από τις ρίζες και τα φύλλα του *Cirsium arvense* προκάλεσαν αναστολή στη βλάστηση των σπόρων τριφυλλιού (*Trifolium subterraneum*) κατά 87% και 14%. Υπολείμματα ριζών και φύλλων του ζιζανίου μείωσαν σημαντικά την αύξηση των φυταρίων του *Setaria viridis*, του *Amaranthus retroflexus*, του ζαχαροκάλαμου, του σιταριού και της μηδικής (*Medicago sativa*).

Σύμφωνα με τον Rice (1984), φυτικά υπολείμματα αγριοβρώμης (*Avena fatua*) παρεμποδίζουν τη βλάστηση μερικών ετήσιων ζιζανίων. Ουσίες που εκκρίνονται από τις ρίζες του ζιζανίου αυτού προκαλούν σημαντική μείωση στην αύξηση του ανοιξιάτικου σιταριού.

Τα ζιζάνια μπορεί να έχουν και έμμεση δράση στις καλλιέργειες καθώς μερικές από τις ουσίες που εκκρίνουν αποδείχτηκε ότι παρεμποδίζουν την αύξηση και τον πολλαπλασιασμό των αζωτοβακτηρίων. Είναι γνωστό ότι η συμβίωση των *Rhizobium* και των ψυχανθών δίνει το 40% του βιολογικά δεσμευμένου αζώτου. Η συμβίωση αυτή παρεμποδίζεται από ορισμένα ζιζάνια όπως π.χ. το *Agropyron repens* που προκαλεί ζημιές στις καλλιέργειες του τριφυλλιού και της μηδικής λόγω των χημικών ουσιών που απελευθερώνονται από τα διάφορα όργανά του. Εκπλύματα από τη ρίζα ή την κορυφή του ζιζανίου του αιματόχορτου (*Digitaria sanguinalis*) αποδείχτηκε ότι προκαλούν αναστολή στα αζωτοβακτήρια. Τα αζωτοβακτήρια αναστέλλονται ελαφρά και από υδατικά εκχυλίσματα από την κορυφή της λουβουδιάς (*Chenopodium album*). Υδατικά εκχυλίσματα από όλο το φυτό του ζιζανίου *Bromus tectorum* αλλά και από κάποια όργανά του προκαλούν αναστολή των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων. Επίσης, ορισμένα ζιζάνια με τα αλληλοχημικά που εκκρίνουν παρεμποδίζουν τη νιτροποίηση του αζώτου (μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό). Αυτό μπορεί να αποβεί πολύ πλεονεκτικό για τη διατήρηση της ισορροπίας του αζώτου στο γεωργικό έδαφος αφού το αμμωνιακό άζωτο είναι πιο σταθερά προσροφημένο στο

έδαφος και δεν εκπλένεται εύκολα με το νερό της βροχής ή της άρδευσης όπως συμβαίνει με το νιτρικό (Πασπάτης 1991, Rice 1984).

Η αλληλοπάθεια, με την ευρεία έννοια του όρου, περιλαμβάνει όχι μόνο την παρεμπόδιση αλλά και την υποκίνηση της αύξησης και της ανάπτυξης. Έτσι λοιπόν η αύξηση που προκαλεί το είδος *Brassica nigra* στην απόδοση πολλών καλλιεργειών, αποδίδεται σε αλληλοπάθεια, σαν αποτέλεσμα των χημικών ουσιών που απελευθερώνονται από το ζιζάνιο αυτό (Stevens & Merrill 1985, Πασπάτης 1991).

Ακόμη, το ζιζάνιο γόγγολη (*Agrostemma githago*) προκαλεί διέγερση στην αύξηση φυταρίων σιταριού. Βρέθηκε ότι η ουσία που ενοχοποιείται για την παρατηρούμενη διέγερση της αύξησης των καλλιεργειών αυτών μπορεί να επιδρά και σε σχετικά μικρές ποσότητες. Η ουσία αυτή έχει προοπτικές να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον σαν φυσική φυτορρυθμιστική ουσία. Ουσίες που απομονώθηκαν από το πολυετές ζιζάνιο *Centaurea repens* και από το ετήσιο *C. solstitialis* αναστέλλουν την βλάστηση των σπόρων και την αύξηση του μαρουλιού, σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις. Σε μικρές όμως συγκεντρώσεις (περίπου 10ppm) οι ουσίες αυτές υποκινούν την αύξηση της ρίζας μαρουλιού κατά περίπου 50%, ενώ εξωγενής εφαρμογή με συνθετική αυξίνη προκαλεί μόνο μικρή αύξηση της τάξης του 10% στη ρίζα. Οι ουσίες αυτές μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν σαν ρυθμιστές αύξησης των φυτών, δρώντας ειδικά στην αύξηση του ριζικού συστήματος (Stevens & Merrill 1985, Πασπάτης 1991).

Η οξαλίδα είναι αποδεδειγμένο ότι έχει αλληλοπαθητική δράση έναντι άλλων δυσκολοεξόντωτων ζιζανίων όπως τα *Parietaria sp.*, *Amaranthus sp.*, *Chenopodium sp.* και άλλων ζιζανίων που κατά κύριο λόγο βρίσκονται στους αμπελώνες. Σύμφωνα με τον Πασπάτη (2002), το εκχύλισμα της ξηρής σκόνης οξαλίδας είχε φυτοτοξικές επιδράσεις στην ανάπτυξη της Λέμνας, το οποίο διαπιστώθηκε μέσα από μια σειρά βιοδοκιμών που διενεργήθηκαν. Ακόμη, επιδράσεις που συσχετίζονται με την φυτοτοξική δράση της οξαλίδας έχουν διαπιστωθεί στα φυτά βρώμης και τομάτας.

1.3 Οξαλίδα

Το όνομα του γένους των φυτών της οξαλίδας προέρχεται από την ελληνική λέξη "οξύς" (όξινος) λόγω της όξινης γεύσης του χυμού της και δόθηκε από τον Λιναίο το 1753 (Marshall 1987, Peirce 1997). Αν και το είδος περιγράφηκε από αυτόν ως *Oxalis pes-caprae* L., αργότερα πήρε το όνομα *Oxalis cernua* Thumb από τον Thunberg (1781) εξαιτίας του κλεισίματος του φυλλώματος και των άνθεων του φυτού τις νυχτερινές ώρες. Το όνομα αυτό του είδους επικράτησε μέχρι το 1939 οπότε καθιερώθηκε πάλι το πρώτο όνομα *Oxalis pes-caprae*. Το όνομα *pes-caprae* προέρχεται από την λατινική λέξη *pes* που σημαίνει πόδι και τη λέξη *caprae* που σημαίνει τράγος (κατσίκι) γιατί θεωρείται ότι το σχήμα των φυλλών της μοιάζουν με πόδι τράγου (Peirce, 1997).



Εικόνα 1.3.1: Φυτά οξαλίδας στο θερμοκήπιο.

1.3.1 Γεωγραφική προέλευση και εξάπλωση

Η οξαλίδα είναι ενδημικό φυτό της Νότια Αφρικής. Σήμερα έχει επεκταθεί σαν ζιζάνιο σε πολλές χώρες όπως Ινδία, Μαρόκο, Πορτογαλία, Νέα Ζηλανδία, ΗΠΑ κ.ά., όπου αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα και δυσκολότερα ελεγχόμενα ζιζάνια (Marshall, 1987). Φυτό των τροπικών και υποτροπικών περιοχών, κυρίως

διαδεδομένο στη μεσογειακή ζώνη της Ευρώπης, εισήχθη στις χώρες αυτές σαν καλλωπιστικό φυτό στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, έχει δε εγκλιματιστεί και εξαπλωθεί σε όλη την περιοχή (Peirce, 1997).

Το ζιζάνιο αυτό απαντάται κυρίως σε ελαιώνες, εσπεριδοειδή, αμπέλια και σε ακαλλιέργητες εκτάσεις, στην Αυστραλία όμως το συναντάμε και σε καλλιέργειες σιτηρών. Σε μία επισκόπηση σε ελαιώνες και αμπελώνες της Κρήτης η οξαλίδα βρέθηκε ότι αποτελεί το πρώτο ζιζάνιο στις καλλιέργειες αυτές, τόσο σε πυκνότητα όσο και σε συχνότητα (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

1.3.2 Βοτανική περιγραφή και Βιολογικός Κύκλος

Η οξαλίδα (*Oxalis pes-carpa* L.) είναι πολυετής, δικοτυλήδονο φυτό της οικογένειας Oxalidaceae του γένους Geraniales. Η οικογένεια Oxalidaceae περιλαμβάνει 530 (Καββάδας, 1956).

Η οξαλίδα σχηματίζει ροζέτα φύλλων. Τα φύλλα είναι σύνθετα και αποτελούνται από μακρύ μίσχο και 3 καρδιάσχημα φυλλάρια, δίλοβα, πλάτους 1-4 cm, πάνω στα οποία παρατηρούνται μικρά στρογγυλά πορφυρά στίγματα (Εικόνα 1.3.3) (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009, Pierce 1997). Οι μίσχοι των φύλλων έχουν μήκος πάνω από 13cm αλλά είναι μικρότεροι από τους ποδίσκους των ανθοταξίων, έχουν κυλινδρικό σχήμα και λεία επιφάνεια (Pierce, 1997).



Εικόνα 1.3.2: Φυτά οξαλίδας.

Τα φυτά οξαλίδας ανθίζουν Φεβρουάριο-Μάρτιο. Τα άνθη της είναι μεγάλα, λαμπρού κίτρινου χρώματος, φέρονται σε ταξιανθίες (σκιάδιο), στο άκρο ενός μεγάλου μήκους ποδίσκου, ο οποίος εκφύεται από μία βάση (ρόδακας) που βρίσκεται πάνω στον υπέργειο, κατακόρυφο βλαστό σε μικρό ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, ακτινωτά (Εικόνα 1.3.3) (Καββάδας 1956, Pierce 1997, Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009, Δαμανάκης και Μαρκάκη 1990). Ο κάλυκας αποτελείται από 5 μόνιμα, πράσινα σέπαλα, συμφυή στη βάση, μήκους 6mm, οξύληκτα και καθένα έχει στο άκρο του ένα μικρό, πορτοκαλί στίγμα. Η στεφάνη απαρτίζεται από 5 κίτρινα πέταλα, ελεύθερα, λογχοειδή, μήκους περίπου 2,5cm και ανταποκρίνονται στο φως με άνοιγμα, ενώ όταν η ένταση του φως μειώνεται τα πέταλα κλείνουν και τα άνθη πέρνουν τη μορφή του χωνιού (Δαμανάκης & Μαρκάκη 1990, Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009). Κατά τους Δαμανάκη και Μαρκάκη (1990), κάθε άνθος αποτελείται από 5 βραχείς στύλους, καθένας από τους οποίους καταλήγει σε 1 στίγμα. Τα στίγματα βρίσκονται χαμηλότερα από τους στήμονες, οι οποίοι είναι δύο διαφορετικών μεγεθών, 10 συνολικά στον αριθμό και με νήματα συμφυή στη βάση. Τα νήματα των στημόνων μερικές φορές φέρουν εξωτερικά αδενώδη εξαρτήματα στη βάση. Η ωοθήκη είναι επιφυής, πεντάχωρη.



Εικόνα 1.3.3: Άνθος και φύλλα οξαλίδας.

Ο υπόγειος βλαστός της οξαλίδας είναι κατακόρυφος, λεπτός (πάχους 2-8 mm) με υπόλευκο χρώμα, ξεκινά από το βολβό και έχει μήκος ανάλογο του βάθους στο οποίο βρίσκεται ο βολβός της οξαλίδας. Κάτω από τον βολβό υπάρχουν τυχαίες ρίζες που μοιάζουν με τρίχες, μία από τις οποίες θα αναπτυχθεί και θα σχηματίσει μία ημιδιαφανή κατασκευή, τη συσταλτή ρίζα, πάνω στην οποία θα σχηματισθούν νέα βολβίδια (Εικόνα 1.3.4) (Peirce 1997, Καββάδας 1956).



Εικόνα 1.3.4: Ριζικό σύστημα και βολβοί οξαλίδας.

Τα βολβίδια βλαστάνουν το φθινόπωρο. Κάθε βολβίδιο αποτελείται από μικρότερα, με αποτέλεσμα κατά την βλάστηση να προκύπτουν 2-3 φυτά ή και περισσότερα (Καββάδας 1956, Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009).

Επίσης, ο Galil (1968) αναφέρει ότι ο βολβός της οξαλίδας έχει σχήμα επίμηκες και αποτελείται από 5 χυμώδη λέπια που έχουν ρόλο αποθηκευτικό. Τα λέπια περιβάλλονται από μερικά καστανωπά, σκληρά περιβλήματα με τραχειά επιφάνεια, που έχουν προστατευτικό ρόλο. Στο κέντρο του βολβού βρίσκεται το αρχικό γονοφθαλμίδιο από το οποίο προήλθε ο βολβός και τελικά το φυτό της οξαλίδας.

Η οξαλίδα πολλαπλασιάζεται με τα βολβίδια, επίσης με γονοφθαλμιαία ριζώματα, κονδύλους και σπόρο (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009, Καββάδα 1956).

Σύμφωνα με τους Ελευθεροχωρινό και Γιαννοπολίτη (2009), φαίνεται να παράγει και εναέρια βολβίδια στις μασχάλες των φυλλών τα οποία με την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου μεταφέρονται εύκολα με τον άνεμο και μάλλον συμβάλλουν στην εξάπλωση του φυτού.

Υπάρχει ποικιλομορφία μεταξύ των ειδών της οξαλίδας, διαφέρουν δηλαδή ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Ανάμεσα στα είδη έχουν βρεθεί αρκετές διαφορές, όπως στο σχήμα των σεπάλων που διακρίνονται πάνω στα φυλλάρια, στην παρουσία ή απουσία του βολβού, στο χρώμα των πετάλων (άλλα παρουσιάζουν κίτρινα πέταλα όπως το είδος *pes-caprae* και άλλα κόκκινα, άσπρα, μωβ και βιολετί) και στην διάταξη των φύλλων πάνω στο στέλεχος (σε κάποια είδη εμφανίζονται ως εναλλασώμενα, σε άλλο είδος ως αντίθετα και σε άλλο είδος ως υποαντίθετα) (Tutin *et al*, 1968). Τα πιο διαδεδόμενα είδη είναι η τετραπλοειδής, που απαντάται κυρίως στην Βόρεια Αφρική, στην Ινδία, την Αυστραλία και η πενταπλοειδής, που απαντάται σε χώρες της Μεσογείου, την Ανατολική Ασία και την Αμερική. Ανάμεσα στα είδη οι διαφορές στα άνθη έγκειται στο μήκος του στύλου και των στήμονων. Υπάρχουν είδη οξαλίδας που τα άνθη τους έχουν μακρύ στύλο και στήμονες μικρότερου μεγέθους και είδη με μεσαίου μήκους στύλους και ανθήρες που φέρονται κατά ομάδες σε δύο επίπεδα, μία ομάδα πάνω και μία κάτω από το στίγμα (Peirce, 1997).

1.3.3 Συνθήκες ανάπτυξης

Όσον αφορά το έδαφος, ο Lane (1984) υποστηρίζει ότι η οξαλίδα έχει την ικανότητα να βλαστάνει ακόμα και όταν το έδαφος είναι εντελώς ξηρό. Αλλά αν μετά τη βλάστησή της εξακολουθούν να επικρατούν συνθήκες έλλειψης υγρασίας, η

περαιτέρω ανάπτυξη της οξαλίδας σταματά, έως ότου το νερό γίνει διαθέσιμο. Η οξαλίδα μπορεί να εγκαθίσταται και να αναπτύσσεται καλά σε ποικιλία εδαφών αλλά προτιμά τα γόνιμα, ελαφρά, αμμώδη καλά στραγγιζόμενα εδάφη (Καββάδας, 1956).

Η οξαλίδα είναι πολύ ευαίσθητη στο φως. Τα άνθη ανοίγουν και κλείνουν ανάλογα με την ένταση του φωτός. Επίσης, η μορφολογία των φύλλων αλλάζει ανάλογα με την διαθεσιμότητα του φωτός. Αρκετοί ερευνητές αναφέρουν ότι όταν η ένταση του φωτός είναι μικρή τα φυλλάκια της οξαλίδας στρέφονται προς τα κάτω. Δηλαδή, η ένταση του φωτός προκαλεί διαφορές στη μορφολογία και τη φυσιολογία των φυτών. Σε διαφορετικά επίπεδα φωτισμού έχουν βρεθεί διαφορές στο βάρος και ύψος των φυτών καθώς και στην περιεκτικότητά τους σε χλωροφύλλη (Pierce, 1997). Ακόμα, ο ρόδακας των φύλλων βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους όταν υπάρχει άπλετος φωτισμός, ενώ σε συνθήκες έλλειψης φωτός, ο ρόδακας των φύλλων σχηματίζεται σε μεγαλύτερο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Η διαθεσιμότητα του φωτός επηρεάζει το βλαστικό πολλαπλασιασμό της οξαλίδας, αφού στο σκοτάδι η βλαστική αναπαραγωγή είναι ασθενής συγκριτικά με φυτά οξαλίδας που αναπτύσσονται στο φως.

Πιο συγκεκριμένα η οξαλίδα ευδοκμεί σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιο, βροχερό χειμώνα και ζεστό, ξηρό καλοκαίρι, σε περιοχές με εύκρατο κλίμα καθώς και σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές (Chawdhry & Sagar, 1974). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι βολβοί της οξαλίδας βρίσκονται σε λήθαργο το καλοκαίρι και για τη διακοπή τους απαιτείται περίοδος έκθεσης μίας εβδομάδας σε θερμοκρασία 0,5-2°C ή 3 εβδομάδων στους 5°C. Σε περιοχές με ήπιο φθινόπωρο οι απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες δεν εκπληρώνονται, οπότε η βλάστηση αναστέλλεται ή καθυστερεί. Αφού διακοπεί ο λήθαργος, κατά τον Pierce (1997), η άριστη θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση των βολβών είναι 20°C. Όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι μεγαλύτερη από 30°C ή μικρότερη από 10°C παρατηρείται καθυστέρηση στη βλάστηση. Οι Chawdhry & Sagar (1974) αναφέρουν ότι το εύρος της θερμοκρασίας στο οποίο μπορεί η οξαλίδα να αναπτυχθεί κανονικά είναι 13-24°C.

Το ζιζάνιο επηρεάζεται αρκετά από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Έτσι με συγκριτικά ζεστό και ξηρό χειμώνα η βλαστική αναπαραγωγή του ήταν μεγαλύτερη από ότι συνήθως και πολλοί νέοι βολβοί παρήχθησαν από κάθε φυτό (Galil, 1968).

1.3.4 Αλληλοπαθητικό δυναμικό της οξαλίδας

Η εμφάνιση και η διανομή οξαλικού οξέος ποικίλλει πάρα πολύ μεταξύ των οργανισμών. Παραδείγματος χάριν, στα φυτά οι υψηλότερες οξαλικές συγκεντρώσεις εμφανίζονται συνήθως στα φύλλα και χαμηλότερες στις ρίζες. Εν τω μεταξύ, η οξαλική περιεκτικότητα των φυτών μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με την ηλικία τους, την εποχή, το κλίμα και τον τύπο χώματος. Το οξαλικό οξύ και οι εστέρες του έχουν ανιχνευθεί σε ποικίλες ποσότητες σε όλα τα μέρη των περισσότερων φυτών, όπως μίσχοι, φύλλα, βλαστοί, λουλούδια, βολβοί, ρίζες κ.ά..

Σύμφωνα με τον Πασπάτη (2002), το εκχύλισμα της ξηρής σκόνης οξαλίδας είχε φυτοτοξικές επιδράσεις στην ανάπτυξη της Λέμνας, το οποίο διαπιστώθηκε μέσα από μία σειρά βιοδοκιμών που διενεργήθηκαν. Και άλλοι, όμως, που ασχολήθηκαν με την οξαλίδα υποστηρίζαν ότι ένας μηχανισμός αλληλοπάθειας ή και το αποτέλεσμα της σκίασης εμποδίζει τη βλάστηση άλλων ζιζανίων όταν η οξαλίδα καλύπτει πλήρως το έδαφος. Ακόμη, επιδράσεις που συσχετίζονται με την φυτοτοξική δράση αποξηραμένης οξαλίδας έχουν διαπιστωθεί πειραματικά και στα φυτά βρώμης και τομάτας. Η οξαλίδα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις οξαλικού οξέος. Το οξαλικό οξύ αποτελεί το 85% του ξηρού βάρους μερικών φυτών και συσσωρεύεται συχνά ως μεταβολικό τελικό προϊόν στα κύτταρά τους είτε ως ελεύθερο οξύ, ως εστέρας νατρίου και καλίου, είτε κατακρημνίζεται ως αδιάλυτο άλας οξαλικού ασβεστίου. Ενώ η συνηθέστερη μορφή του είναι ο εστέρας οξαλικού οξέος. Οι αποθέσεις οξαλικού ασβεστίου εμφανίζονται ως μικροσκοπικοί κρύσταλλοι σε πολλούς διαφορετικούς ιστούς και όργανα, σε μία ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών.

Από μελέτη που έγινε (Χαραλαμπίδης, 2005), βρέθηκε ότι το υπέργειο μέρος φυτών οξαλίδας έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ, που παραμένει σταθερή καθόλη την διάρκεια του χειμώνα. Η περιεκτικότητα της οξαλίδας σε οξαλικό οξύ ήταν μικρότερη τον Μάρτιο.

Από αυτή τη μελέτη διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα της οξαλίδας σε οξαλικό οξύ συμβάδιζε σε γενικές γραμμές με την αλληλοπαθητική της ικανότητα. Όμως διαπιστώθηκαν ορισμένες εξαιρέσεις στον κανόνα, που οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι είναι πιθανόν να υπάρχει και κάποιος άλλος φυτοτοξικός

παράγοντας –αλληλοχημικό εκτός από το οξαλικό οξύ, η παραγωγή του οποίου έχει σχέση με την εποχή ή το στάδιο ανάπτυξης των φυτών της οξαλίδας.

1.3.5 Σημασία της οξαλίδας στο αγρο-οικοσύστημα

Η οξαλίδα δημιουργεί ένα φυσικό χειμερινό χλοοτάπητα κυρίως σε αμπελώνες αλλά και ελαιώνες σε πολλές περιοχές της Ελλάδας και κυρίως της Κρήτης, της Δυτικής Ελλάδος και της Πελοποννήσου (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης, 2009).

Ένα από τα μειονεκτήματα της παρουσίας της οξαλίδας κατά τον Πασπάτη (1985) είναι ότι προκαλεί μείωση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων το φθινόπωρο υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων, πράγμα που γίνεται αντιληπτό την άνοιξη όπου μερικά μονοετή και πολυετή ζιζάνια αρχίζουν να εμφανίζονται. Επίσης, τα φυτά της οξαλίδας ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες σε νερό και θρεπτικά συστατικά. Κατά τον Peirce (1997), η οξαλίδα προκαλεί σημαντικές απώλειες σε καλλιέργειες σιτηρών στην Αυστραλία και σε αμπέλια στην Ελλάδα. Ο ίδιος αναφέρει ότι στην Ελλάδα θεωρήθηκε το ένατο πιο σημαντικό ζιζάνιο της χώρας, καθώς η παρουσία της κάτω από ελαιόδεντρα παρεμποδίζει την κοινή πρακτική συλλογής των ελαιοκάρπων με τα χέρια στο έδαφος. Επίσης, συχνά μαζί με τους καρπούς της ελιάς συλλέγονται φύλλα και βλαστοί της οξαλίδας που, λόγω του όξινου χυμού τους, προκαλούν αύξηση της οξύτητας του ελαιολάδου (Πασπάτης, 1985). Για το λόγο αυτό η καταπολέμηση της οξαλίδας σε ελαιώνες κρίνεται απαραίτητη κατά τους Δαμανάκης και Μαρκάκη (1990).

Ένα ακόμα μειονέκτημα της παρουσίας της οξαλίδας, όπως αναφέρεται από τον Marshall (1987), είναι ότι η οξαλίδα μπορεί να είναι ξενιστής του μύκητα *Fusarium oxysporum* f.sp. *cevae*. Επίσης, συχνά η οξαλίδα συναντάται σε βοσκότοπους και έχουν αναφερθεί αρκετές περιπτώσεις δηλητηρίασης των ζώων και κυρίως των προβάτων που χρησιμοποιούν την οξαλίδα σαν τροφή. Οι δηλητηριάσεις οφείλονται στην υψηλή περιεκτικότητα των φυτών οξαλίδας σε οξαλικό οξύ, το οποίο αλληλεπιδρά με το μεταβολισμό του ασβεστίου στο σώμα των ζώων (Πασπάτης 1985, Michael 1965).

Όμως η οξαλίδα έχει και αρκετές ευεργετικές επιδράσεις σε καλλιέργειες όπως οι αμπελώνες και οι ελαιώνες, μέσω του φυσικού χειμερινού τάπητα που δημιουργεί. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο τάπητας από οξαλίδα καθιστά το έδαφος βατό μετά τη βροχή, βελτιώνει τη συγκράτηση και διείσδυση του νερού μέσα στο έδαφος και προστατεύει το έδαφος από τη διάβρωση, που είναι σημαντικό πρόβλημα από αρχαιοτάτων χρόνων για τα ελληνικά εδάφη (Γιαννοπολίτης, 1998). Επίσης, λόγω της πυκνής βλάστησης της οξαλίδας, δεν υπάρχει το φωτεινό ερέθισμα που απαιτούν μερικοί σπόροι ζιζανίων για να βλαστήσουν. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα δε γίνεται κατεργασία του εδάφους και η οξαλίδα συνήθως δεν καταπολεμείται γιατί δεν υπάρχει πρόβλημα ανταγωνισμού για το νερό και γιατί τα πρέμνα βρίσκονται σε λήθαργο, οπότε οι ανάγκες τους για θρεπτικά στοιχεία είναι περιορισμένες.

Την άνοιξη η βλαστική ανάπτυξη της οξαλίδας ανακόπτεται σε πολλές περιοχές λόγω της προσβολής του από το φανερόγαμο παράσιτο Οροβάγχη (Πασπάτης, 1985). Στην περίπτωση που αυτό δεν συμβεί η ανάπτυξη της οξαλίδας συνεχίζεται με αργό ρυθμό και λόγω της μικρής σχετικά ανάπτυξής της, εξακολουθεί να μην ανταγωνίζεται ισχυρά τα πρέμνα. Σε πείραμα που έκαναν οι Δαμανάκης και Μαρκάκη σε ελαιώνα το 1987, αποδείχτηκε ότι η οξαλίδα χρησιμοποιεί μόνο μικρή ποσότητα του εφαρμοζόμενου λιπάσματος. Αυτό σημαίνει ότι η κατανάλωση λιπάσματος δεν είναι τόσο μεγάλη, όσο αρκετοί πιστεύουν, σε λιπαινόμενους αγρούς (διότι το ξηρό βάρος της οξαλίδας είναι μόνο 7% συγκρινόμενο με το 13 % του *Sinapis alba*, και τα δύο στο στάδιο της άνθησης).

Ευεργετική επίδραση έχουν και οι υπόγειες στοές που δημιουργούνται από τις συσταλτές ρίζες της οξαλίδας. Το ισχυρό ριζικό σύστημα της οξαλίδας σπάει τα συνεκτικά εδάφη και έτσι συντελεί στον καλύτερο αερισμό του εδάφους, στη μετακίνηση της υγρασίας και στη συγκράτηση περισσότερου νερού από τις λίγες ανοιξιάτικες βροχές στην Ελλάδα (Πασπάτης 1985, Pierce 1997). Το έδαφος, το οποίο καλύπτεται από οξαλίδα, γίνεται ελαφρύ και αφράτο, οπότε συχνά δεν είναι απαραίτητη η κατεργασία του εδάφους. Με αποτέλεσμα, να μειώνεται το κόστος παραγωγής. Το καλοκαίρι όπου οι απαιτήσεις των δένδρων σε νερό είναι αυξημένες, η οξαλίδα έχει αποξηρανθεί και τα υπολείμματά της περιορίζουν την απώλεια εδαφικής υγρασίας, ενώ παράλληλα εφοδιάζουν το έδαφος με οργανική ουσία και άζωτο (γίνεται δέσμευση του παραγόμενου $\text{NO}_3\text{-N}$) (Φυσαράκης, 1999).

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του τάπητα από οξαλίδα (το οποίο στηρίζεται σε απλές παρατηρήσεις σε αμπελώνες, εσπεριδεώνες και ελαιώνες) είναι

πως καταστέλλει την εμφάνιση και ανάπτυξη άλλων πιο δυσκολοεξόντωτων ζιζανίων, όπως το *Parietaria sp.* που εξελίσσεται τα τελευταία χρόνια ως ένα πολύ σημαντικό ζιζάνιο στην Ελλάδα. Όπως επίσης και άλλα ζιζάνια των γενών *Amaramthus* και *Chenopodium*, αλλά και άλλων, που κατά κύριο λόγο βρίσκονται στους αμπελώνες και τους ελαιώνες. Η ανάπτυξη άλλων ζιζανίων παρεμποδίζεται και μετά την αποξήρανση της οξαλίδας το καλοκαίρι και ελάχιστα από αυτά φυτρώνουν και αναπτύσσονται φυσιολογικά (Πασπάτης, 1985). Από έρευνες που έγιναν στο παρελθόν, από διάφορους επιστήμες, αποδείχτηκε ότι σε αγροτεμάχια που αναπτύχθηκαν φυτά οξαλίδας η εμφάνιση άλλων χειμερινών ζιζανίων ήταν ελαχίστη έως ανύπαρκτη. Ενώ σε αγροτεμάχια που η βλάστηση της οξαλίδας ήταν περιορισμένη, για διάφορους λόγους, η εμφάνιση άλλων ζιζανίων ήταν εμφανής.

Ελάχιστα ζιζάνια φυτρώνουν μετά την ξήρανση της οξαλίδας το καλοκαίρι, τα οποία μπορούν πολύ εύκολα να αντιμετωπιστούν με μεταφυτρωτικά ζιανιοκτόνα επαφής ή με χορτοκοπή (Γιαννοπολίτης, 1999). Για το λόγο αυτό πολλοί αμπελοκαλλιεργητές στην Ελλάδα, υποστηρίζουν ότι η οξαλίδα είναι ένα ωφέλιμο ζιζάνιο (Πασπάτης 1985, Δαμανάκης & Μαρκάκη 1990).

Η δημιουργία ενός φυσικού χλοοτάπητα από οξαλίδα αλλά και η κατάλληλη διαχείρισή του αποτελεί μία καλή μέθοδο ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των ζιζανίων σε πολυετείς καλλιέργειες. Η μέθοδος αυτή όμως χρησιμοποιείται προς το παρόν σε σχετικά περιορισμένη κλίμακα στην Ελλάδα.

2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Εισαγωγή

Αν και ο ανταγωνισμός είναι ένας ισχυρός παράγοντας, δεν είναι ο μόνος που ευθύνεται για τα επιζήμια αποτελέσματα που έχουν τα ζιζάνια στις καλλιέργειες. Η αλληλοπάθεια σε ορισμένα φυτικά είδη και υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι εξίσου σημαντικός ζημιογόνος παράγοντας και θα πρέπει κάθε φορά να εξετάζεται (Πασπάτης, 1998). Το φαινόμενο της αλληλοπάθειας είναι στενά συνδεδεμένο με εκείνο του ανταγωνισμού, γεγονός που δημιουργεί τεχνικά προβλήματα στον διαχωρισμό και την επιμέρους μελέτη του κάθε φαινομένου. Μία μέθοδος που αποσκοπεί στην αξιολόγηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού των φυτών, διαχωρίζοντάς το από τον ανταγωνισμό, είναι η χρήση εκχυλισμάτων νωπών ή αποξηραμένων φυτικών ιστών σε βιοδοκιμές βλάστησης σπόρων επιλεγμένων φυτών δεικτών.

Δεδομένου ότι η οξαλίδα περιέχει μεγάλες ποσότητες οξαλικού οξέος, το οποίο αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως αλληλοχημικό (Rice, 1984), θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει μία βιοδοκιμή λέμνας ώστε να εξακριβωθεί η δράση του. Σε ένα από τα πειράματα λοιπόν, για την εξακρίβωση των αλληλοπαθητικών ιδιοτήτων της οξαλίδας, χρησιμοποιήθηκε το υδροχαρές φυτό λέμνας (*Spirodella polyrhiza* ή *Lemna polyrhiza*). Όπως αναφέρεται από τον Πασπάτη (1990) η λέμνα είναι ένα φυτό που αναπτύσσεται και διατηρείται εύκολα σε θρεπτικό διάλυμα στο εργαστήριο. Πολλαπλασιάζεται αγενώς με πολύ ταχύ ρυθμό και είναι πολύ ευαίσθητο σε αρκετές φυτοτοξικές ουσίες, χαρακτηριστικά που το καθιστούν άριστο δείκτη για την ανίχνευση, τουλάχιστον, ορισμένων φυτοτοξικών ουσιών. Σε προηγούμενες μελέτες διαπιστώθηκε μείωση του χλωρού βάρους της λέμνας που αναπτύσσονταν σε εκχυλίσματα ξηρών βλαστών οξαλίδας (Travlos *et al*, 2005).

Σκοπός των πειραμάτων βλάστησης σπόρων με εκχυλίσματα νωπής οξαλίδας και ενσωμάτωση ξηρών ιστών οξαλίδας, σε υπόστρωμα που αναπτύσσονταν φυτά μαρουλιού, ήταν να εκτιμηθεί η αλληλοπαθητική ικανότητα της οξαλίδας (και των διαφόρων μερών της ξεχωριστά όπως βλαστός, ρίζες και κόνδυλοι) στην αναστολή της αύξησης και της βλάστησης σπόρων-φυτών μαρουλιού.

2.2 Αξιολόγηση αλληλοπαθητικής ικανότητας φυτικού ιστού οξαλίδας με πειράματα βλάστησης σπόρων

2.2.1 Επίδραση εκχυλισμάτων νωπής οξαλίδας στην βλάστηση σπόρων

Στο πείραμα αυτό ελέγχθηκε και συγκρίθηκε η αλληλοπαθητική δράση των εκχυλισμάτων από διαφορετικά μέρη του υπέργειου και υπόγειου μέρους νωπής οξαλίδας.

2.2.1.1 Υλικά και Μέθοδοι

Φυτικό υλικό: Το πειραματικό μέρος της εργασίας έγινε το χειμώνα 2010. Η συλλογή ολόκληρων φυτών οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) έγινε τον Οκτώβριο του 2010, από τον κήπο του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, στην Κηφισιά Αττικής, όπου το ζιζάνιο έχει εγκατασταθεί. Τα φυτά οξαλίδας μετά τη συλλογή τους καθαρίστηκαν από το χώμα, ξεπλύθηκαν με νερό βρύσης και απλώθηκαν πάνω σε φύλλα διηθητικού χαρτιού, για να στεγνώσουν μέσα στο εργαστήριο. Στη συνέχεια τα φυτά ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν στη κατάψυξη σε πλαστικά σακουλάκια, όπου και παρέμειναν μέχρι την εκτέλεση του πειράματος.

Προετοιμασία εκχυλισμάτων: Για την παρασκευή των εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκε ο φυτικός ιστός οξαλίδας που φυλάσσονταν στην κατάψυξη, ο οποίος ομογενοποιήθηκε με απιονισμένο νερό. Η σύνθλιψη και ομογενοποίηση των ιστών έγινε με εργαστηριακό γουδί για τις ρίζες και τους κονδύλους, και με μίξερ (OMNI-Mixer) για τους βλαστούς. Η περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε φυτικό ιστό δίδεται στον Πίνακα 2.2.1.

Στη συνέχεια το ομογενοποιημένο υλικό τοποθετήθηκε στα ειδικά δοχεία της συσκευής φυγοκέντρισης (SELECTA Meditronic BL-S) και φυγοκεντρήθηκε για 10 λεπτά στις 5000 στροφές. Το υπερκείμενο υγρό συλλέχτηκε με πιπέτα Παστέρ και τοποθετήθηκε σε καθαρά δοχεία. Τυχόν υπολείμματα φυτικού ιστού, που παρέμεναν στα εκχυλίσματα, απομακρύνθηκαν με φιλτράρισμα αυτών μέσα από λεπτή σίτα.

Το εκχύλισμα του βλαστού αραιώθηκε με απιονισμένο νερό σε αναλογία ένα προς δύο (μέσο) και ένα προς τέσσερα (αραιό) του αρχικού εκχυλίσματος (πυκνό).

Μετρήθηκε το pH κάθε εκχυλίσματος καθώς και του μάρτυρα (απιονισμένο νερό) με πεχάμετρο (Consort C-861) (Πίνακας 2.2.1). Κάθε εφαρμογή είχε έξι επαναλήψεις. Οι τελικές εφαρμογές εκχυλισμάτων ήταν οι εξής:

Πίνακας 2.2.1: Περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε νωπό ιστό οξαλίδας και οι τιμές pH τους.

Εφαρμογές	g /ml	pH
Μάρτυρας	-	6.27
Εκχύλισμα Κονδύλων	0.20	6.06
Εκχύλισμα Ριζών	0.67	1.96
Εκχ. Βλαστών Αραιό	0.25	1.88
Εκχ. Βλαστών Μεσαίο	0.51	1.66
Εκχ. Βλαστών Πυκνό	1.01	1.45

Διαδικασία βιοδοκιμής σπόρων: Το φυτό δείκτης που χρησιμοποιήθηκε στην βιοδοκιμή ήταν το μαρούλι. Η βιοδοκιμή έγινε σε τριβλία Petri τα οποία ήταν επενδεδυμένα με δυο φύλλα διηθητικού χαρτιού. Κάθε τριβλίο περιείχε 10 σπόρους μαρουλιού, στους οποίους εφαρμόζονταν 2ml εκχυλίσματος (που προετοιμάστηκε όπως περιγράφηκε προηγουμένως) με την βοήθεια μίας αυτόματης πιπέτας (BOECO). Τα τριβλία σφραγίζονταν με parafilm για την διατήρηση ευνοϊκών συνθηκών υγρασίας για την βλάστηση των σπόρων και τοποθετούνταν σε θάλαμο ανάπτυξης φυτών (13 ώρες στους 22°C και 11 ώρες στους 20°C) σε πλήρες σκοτάδι, όπου και παρέμειναν καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος. Καθημερινά γινόταν έλεγχος στα τριβλία και λαμβάνονταν μετρήσεις σχετικά με τον αριθμό των βλαστανόντων σπόρων μαρουλιού. Το πείραμα ολοκληρώθηκε μετά από 7 ημέρες, με το άνοιγμα των τριβλίων και την καταμέτρηση της τελικής βλάστησης, καθώς και του μήκους ριζιδίου και βλαστιδίου του κάθε σπορόφυτου χωριστά.

Παράμετροι βλάστησης σπόρων: Από τις ημερήσιες μετρήσεις βλάστησης των σπόρων μαρουλιού υπολογίστηκαν οι παράμετροι βλάστησης σπόρων, όπως αναφέρονται στους Saxena *et al.* (1996):

- 1) Τελική βλάστηση σπόρων, δηλαδή μέγιστος αριθμός σπόρων που βλάστησαν (TB)
- 2) Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης $M\Delta TB = \sum_{i=1}^d (N_i \times D_i) / TB$

3) Ρυθμός βλάστησης $\sum_{i=1}^d (N_i / D_i)$

4) Ποσοστό ανάσχεσης ή ενεργοποίησης της βλάστησης = $100 - (\text{Τελική βλάστηση στην εφαρμογή εκχυλίσματος (\%)} / \text{Τελική βλάστηση στο μάρτυρα (\%)})$

Όπου:

N η ημερήσια αύξηση στον αριθμό των σπόρων που βλάστησαν, και

D ο αριθμός ημερών από την έναρξη της βιοδοκιμής.

Στατιστική ανάλυση: Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πρόγραμμα SPSS-9 για Windows. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το τεστ του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.05$.

2.2.1.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η επίδραση των εκχυλισμάτων νωπής οξαλίδας ήταν στατιστικώς σημαντική ($p \leq 0.05$) σε όλες τις παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού (Πίνακας 2.2.3).

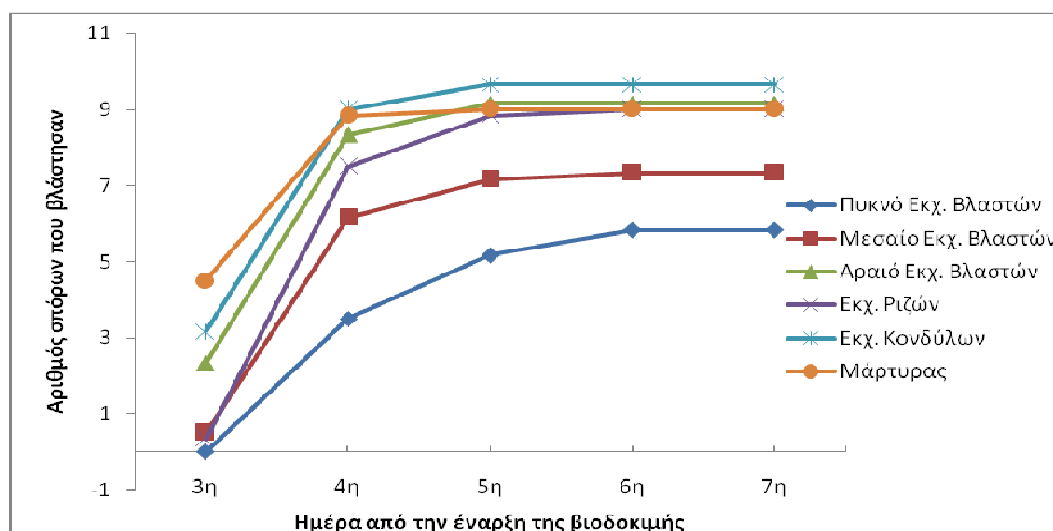
Επίδραση των εκχυλισμάτων νωπής οξαλίδας στις παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού.

Τα αποτελέσματα μετρήσεων της βλάστησης σπορών μαρουλιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.2 και στο Γράφημα 2.2.2. Τη μεγαλύτερη επίπτωση σε όλες τις παραμέτρους παρουσίασε το πυκνό εκχύλισμα βλαστών. Στην εφαρμογή αυτή παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση στον ρυθμό βλάστησης (1.3 σπόροι/ημέρα), η μικρότερη τελική βλάστηση (ποσοστό 58.3% επί του μάρτυρα) αλλά και η μεγαλύτερη καθυστέρηση στην επίτευξη της τελικής βλάστησης (TB) με μέσο όρο 2.5 ημέρες έναντι 1.5 του μάρτυρα. Παρά το γεγονός ότι το αραιωμένο εκχύλισμα βλαστών καθώς και το εκχύλισμα ριζών είχαν χαμηλές τιμές pH (από 1.66 έως 1.96), παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις παραμέτρους PB (ρυθμός βλάστησης), TB, MΔTB (μέσος διάστημα τελικής βλάστησης) σε σχέση με το πυκνό εκχύλισμα βλαστών. Το μεσαίο εκχύλισμα βλαστών προκάλεσε στατιστικώς σημαντική μείωση του PB και MΔTB σε σχέση με το αραιό εκχύλισμα

βλαστών. Οι εφαρμογές εκχυλισμάτων ριζών, κονδύλων καθώς και του αραιού εκχυλίσματος βλαστών και του μάρτυρα δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ως προς την επίδραση τους στην ΤΒ. Παρ'όλα αυτά παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφοροποίηση στην επίδραση των εφαρμογών αυτών στον ΡΒ και στο ΜΔΤΒ. Συγκεκριμένα το εκχύλισμα ριζών και το αραιό εκχύλισμα βλαστών προκάλεσαν μεγαλύτερη μείωση στον ΡΒ και αύξηση στο ΜΔΤΒ σε σχέση με το μάρτυρα και το εκχύλισμα κονδύλων (Εικόνα 2.2.1).

Πίνακας 2.2.2: Επίδραση εκχυλισμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε νωπό φυτικό ιστό οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) στον αριθμό σπόρων μαρουλιού που βλάστησαν (μέσοι όροι έξι επαναλήψεων με 10 σπόρους ανά επανάληψη).

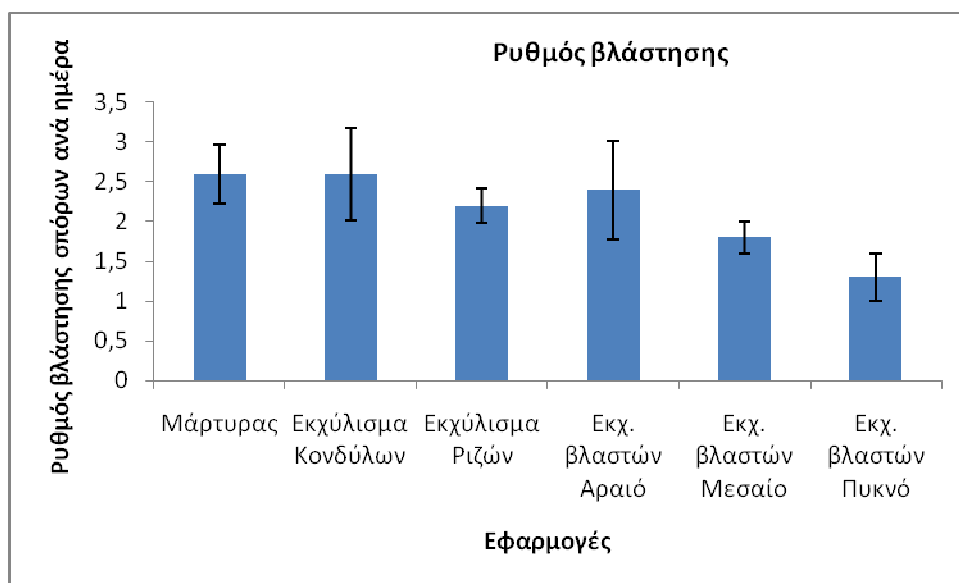
Εφαρμογές	Ημέρα από την έναρξη βλάστησης σπόρων				
	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η	7 ^η
Μάρτυρας	5	9	9	9	9
Εκχύλισμα Κονδύλων	3	9	10	10	10
Εκχύλισμα Ριζών	0	8	9	9	9
Εκχύλισμα βλαστών	Αραιό	2	8	9	9
Εκχύλισμα βλαστών	Μεσαίο	1	6	7	7
Εκχύλισμα βλαστών	Πυκνό	0	4	5	6



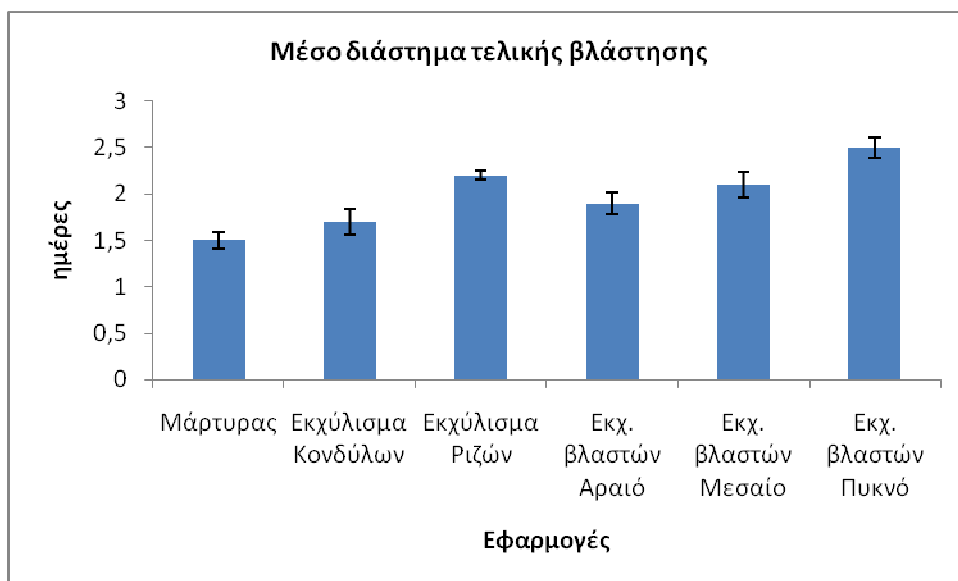
Γράφημα 2.2.2: Επίδραση εκχυλισμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε νωπό φυτικό ιστό οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) στην βλάστηση σπόρων μαρουλιού.

Πίνακας 2.2.3: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων νωπής οξαλίδας σε παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού (φυτό δείκτης). Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

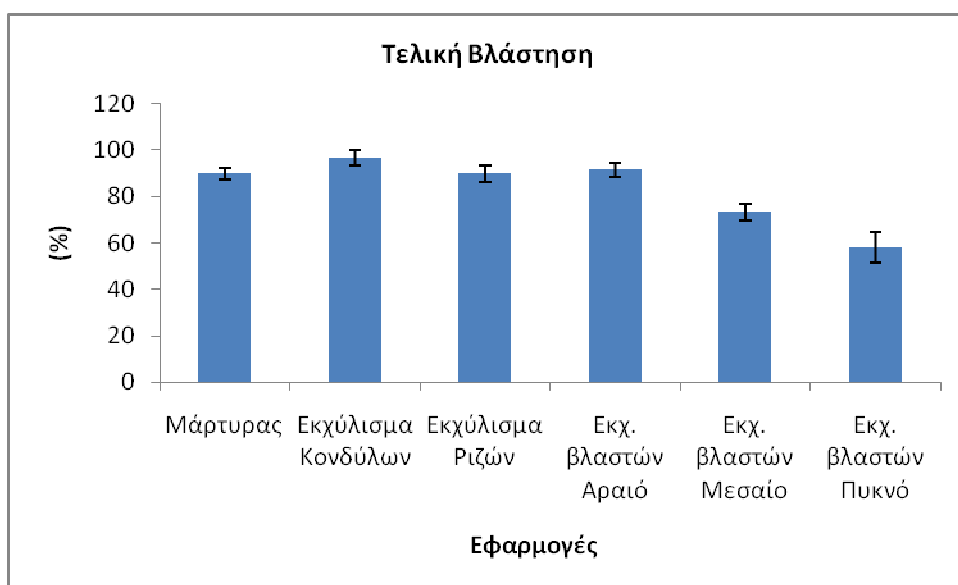
Εφαρμογές	Ρυθμός βλάστησης (σπόροι/ημέρα)	Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης (ημέρες)	Τελική βλάστηση (%)	Ανάσχεση (-) ή ενεργοποίηση (+) της βλάστησης σε σχέση με τον μάρτυρα (%)
Μάρτυρας	2.6 ^a	1.5 ^a	90.0 ^a	-
Εκχύλισμα Κονδύλων	2.6 ^a	1.7 ^a	96.7 ^a	+7.4
Εκχύλισμα Ριζών	2.2 ^b	2.2 ^b	90.0 ^a	0.0
Εκχ. βλαστών Αραιό	2.4 ^{ab}	1.9 ^{ab}	91.7 ^a	+1.9
Εκχ. βλαστών Μεσαίο	1.8 ^c	2.1 ^b	73.3 ^b	-18.5
Εκχ. βλαστών Πυκνό	1.3 ^d	2.5 ^c	58.3 ^c	-35.2



Γράφημα 2.2.3a: Επίδραση εκχυλισμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε νωπό φυτικό ιστό οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) στον ημερήσιο ρυθμό βλάστησης σπόρων μαρουλιού (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Γράφημα 2.2.3b: Επίδραση εκχυλισμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε νωπό φυτικό ιστό οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) στον μέσο διάστημα τελικής βλάστησης (ημέρες) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Γράφημα 2.2.3c: Επίδραση εκχυλισμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε νωπό φυτικό ιστό οξαλίδας (υπέργειο και υπόγειο μέρος) στη τελική βλάστηση (%) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).

Επίδραση των εκχυλισμάτων νωπής οξαλίδας στο μήκος ριζιδίου και βλαστιδίου των σπορόφυτων μαρουλιού.

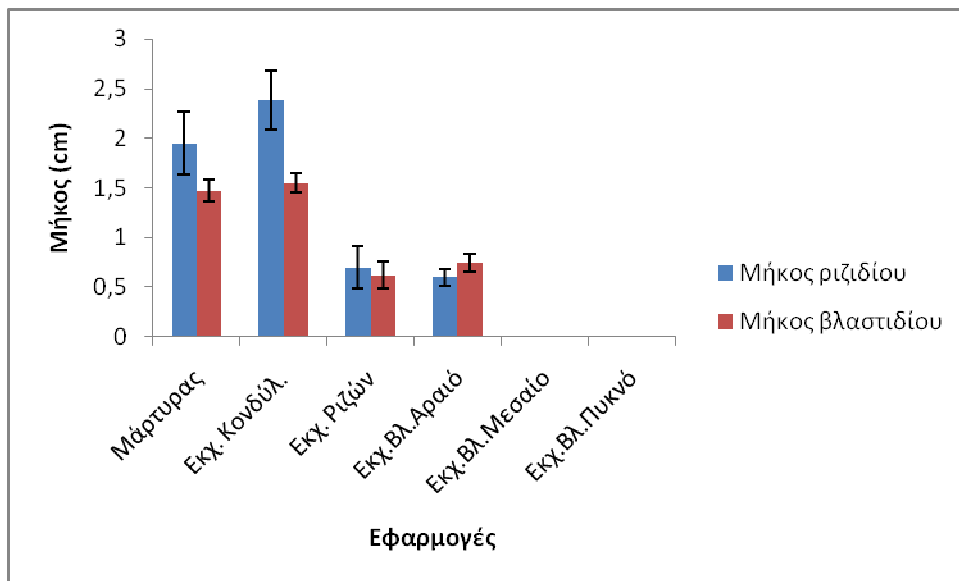
Αν και οι εφαρμογές με το μεσαίο και το πυκνό εκχύλισμα βλαστού οδήγησαν σε βλάστηση του 73.3 και 58.3% των σπορών μαρουλιού όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μετέπειτα ανάπτυξη αυτών των σπορόφυτων ήταν στάσιμη, με ριζίδιο

που δεν ξεπερνούσε το 1mm. Επίσης πολλά από αυτά τα σπορόφυτα είχαν σαπίσει κατά την τελική μέτρηση και δεν ήταν εφικτή η καταγραφή του ριζιδίου και του βλαστιδίου τους.

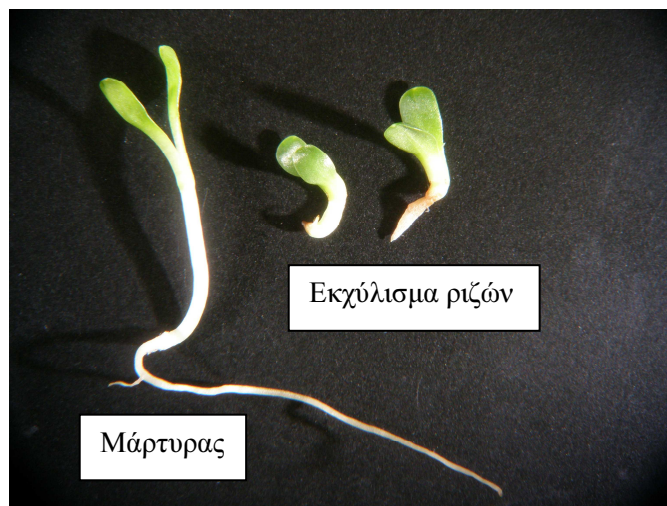
Οι εφαρμογές για τις οποίες έγιναν μετρήσεις αφορούσαν τις εφαρμογές του μάρτυρα, εκχύλισμα κονδύλων, εκχύλισμα ριζών και εκχύλισμα βλαστών αραιό (Πίνακας 2.2.4). Όπως φαίνεται και στον πίνακα οι εφαρμογές του μάρτυρα και το εκχύλισμα κονδύλων, καθώς επίσης το εκχύλισμα ριζών και βλαστών αραιό αντίστοιχα, δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ως προς το μήκος του ριζιδίου και βλαστιδίου.

Πίνακας 2.2.4: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων νοπής οξαλίδας στο μήκος (cm) του ριζιδίου και βλαστιδίου σπορόφυτων μαρουλιού (φυτό δείκτης). Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

Εφαρμογές	g /ml	Μήκος ριζιδίου	Μήκος βλαστιδίου
Μάρτυρας	-	1.95 ^a	1,47 ^a
Εκχύλισμα Κονδύλων	0.20	2.38 ^a	1,55 ^a
Εκχύλισμα Ριζών	0.67	0.70 ^b	0.62 ^b
Εκχ. βλαστών Αραιό	0.25	0.60 ^b	0.75 ^b
Εκχ. βλαστών Μεσαίο	0.51	–	–
Εκχ. βλαστών Πυκνό	1.01	–	–



Γράφημα 2.2.4: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων νωπής οξαλίδας στο μήκος του ριζιδίου και βλαστιδίου σπορόφυτων μαρουλιού (φυτό δείκτης) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Εικόνα 2.2.1: Επίδραση εκχυλισματος ριζών νωπής οξαλίδας στην βλάστηση και ανάπτυξη σπορόφυτων μαρουλιού σε σχέση με τον μάρτυρα.

2.2.2 Επίδραση εκχυλισμάτων ξηρής οξαλίδας στην βλάστηση σπόρων

Στο πείραμα αυτό ελέγχθηκε και συγκρίθηκε η αλληλοπαθητική δράση των εκχυλισμάτων αποξηραμένων ιστών υπέργειου και υπόγειου μέρους οξαλίδας.

2.2.2.1 Υλικά και Μέθοδοι

Φυτικό υλικό: Η συλλογή των φυτών οξαλίδας έγινε όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο πείραμα (παράγραφος 2.2.1.1). Μετά τη συλλογή τους τα φυτά διαχωρίστηκαν σε τρία μέρη (ρίζες, βλαστούς και κονδύλους) τα οποία ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης στους 50°C για 72 ώρες. Μετά την ξήρανσή τους τα φυτά ζυγίστηκαν ξανά και περάστηκαν από μύλο άλεσης (IKA WERKE MF 10 basic) που έφερε φίλτρο οπών 5mm². Το αλεσμένο ξηρό φυτικό υλικό αποθηκεύτηκε σε πλαστικές σακούλες και τοποθετήθηκε στην κατάψυξη ως την εκτέλεση των πειραμάτων.

Προετοιμασία εκχυλισμάτων: Για την παρασκευή των εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης στο οποίο αναμείχθηκε κατάλληλη ποσότητα από τον ξηρό ιστό οξαλίδας που φυλάσσονταν στην κατάψυξη. Η διαδικασία της προετοιμασίας των εκχυλισμάτων ήταν ίδια για όλα τα τμήματα του φυτού. Η περιεκτικότητα ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας σε κάθε εκχύλισμα ήταν 76mg/ml.

Τα μίγματα νερού και ξηρού φυτικού ιστού τοποθετηθήκαν στα ειδικά δοχεία της συσκευής φυγοκέντρισης και φυγοκεντρήθηκαν για 10 λεπτά στις 5000 στροφές. Το υπερκείμενο υγρό κάθε μίγματος συλλέχτηκε με πιπέτα Παστέρ και στη συνέχεια καθαρίστηκε από τυχόν υπολείμματα φυτικού ιστού που παρέμεναν σε αυτό χρησιμοποιώντας μια λεπτή σίτα. Μετρήθηκε το pH κάθε εκχυλίσματος καθώς και του μάρτυρα (νερό βρύσης) με πεχάμετρο, όπως και στο προηγούμενο πείραμα. Οι τιμές pH των εκχυλισμάτων δίδονται στον Πίνακα 2.2.5. Για την κάθε εφαρμογή υπήρχαν έξι επαναλήψεις.

Πίνακας 2.2.5: Περιεκτικότητα των εκχυλισμάτων σε ξηρό ιστό οξαλίδας και οι τιμές pH τους.

Εφαρμογές	mg /ml	pH
Μάρτυρας	-	7.47
Εκχύλισμα Κονδύλων	76	6.08
Εκχύλισμα Ριζών	76	2.10
Εκχύλισμα βλαστών	76	1.99

Διαδικασία βιοδοκιμής σπόρων: Το φυτό δείκτης που χρησιμοποιήθηκε και σε αυτό το πείραμα ήταν το μαρούλι. Η πειραματική διαδικασία έγινε όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο πείραμα (παράγραφος 2.2.1.1).

Το πείραμα ολοκληρώθηκε μετά από 6 ημέρες, με το άνοιγμα των τριβλίων και την καταμέτρηση της τελικής βλάστησης καθώς και του μήκους ριζιδίου και βλαστιδίου του κάθε σπορόφυτου χωριστά.

Παράμετροι βλάστησης σπόρων: Από τις ημερήσιες μετρήσεις βλάστησης των σπόρων μαρουλιού υπολογίστηκαν οι παράμετροι βλάστησης σπόρων όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο πείραμα (παράγραφος 2.2.1.1).

Στατιστική ανάλυση: Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πρόγραμμα SPSS-9 για Windows. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το τεστ του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.05$.

2.2.2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η επίδραση των εκχυλισμάτων ξηρής οξαλίδας ήταν στατιστικώς σημαντική ($p \leq 0.05$) σε όλες τις παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού (Πίνακας 2.2.7).

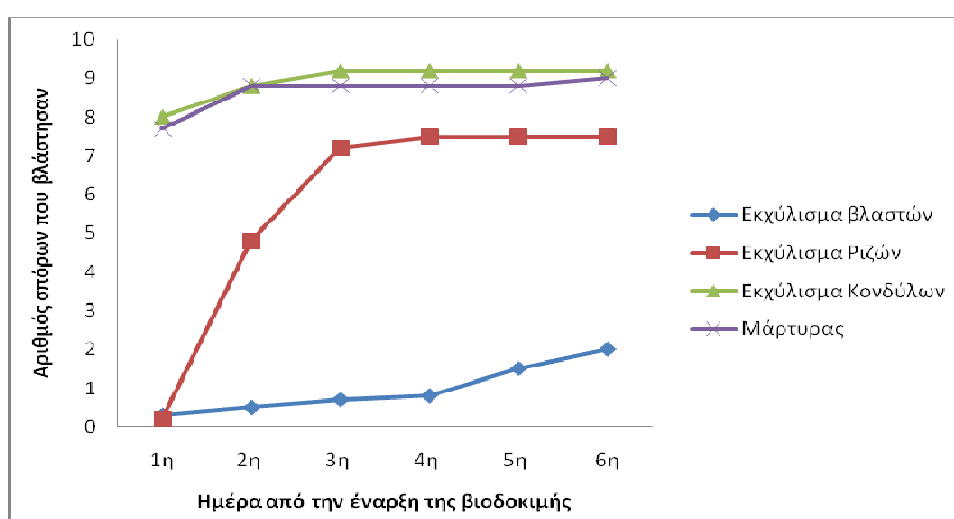
Επίδραση των εκχυλισμάτων ξηρής οξαλίδας στις παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού.

Τα αποτελέσματα μετρήσεων της βλάστησης σπορών μαρουλιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.6 και στο Γράφημα 2.2.6. Τη μεγαλύτερη επίπτωση σε όλες τις παραμέτρους παρουσίασε το εκχύλισμα βλαστών. Στην εφαρμογή αυτή

παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση στον ρυθμό βλάστησης (0.8 σπόροι/ημέρα), η μικρότερη τελική βλάστηση (ποσοστό 20% επί του μάρτυρα) αλλά και η μεγαλύτερη καθυστέρηση στην επίτευξη του μέσου διαστήματος τελικής βλάστησης (ΜΔΤΒ), μόλις 3.4 ημέρες έναντι 1.2 του μάρτυρα καθώς επίσης και στην ανάσχεση της βλάστησης φτάνοντας -77.8% σε σχέση με τον μάρτυρα. Παρά το γεγονός ότι το εκχύλισμα ριζών είχε χαμηλό pH (2.1), παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις παραμέτρους ΡΒ (ρυθμός βλάστησης) και ΤΒ (τελική βλάστηση) σε σχέση με το εκχύλισμα βλαστών (pH=1.99). Οι εφαρμογές εκχυλισμάτων ριζών, κονδύλων καθώς και του μάρτυρα δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ως προς την επίδραση τους στο ΜΔΤΒ. Τέλος, το εκχύλισμα κονδύλων και ο μάρτυρας δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά σε καμία παράμετρο.

Πίνακας 2.2.6: Επίδραση εκχυλισμάτων ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας (76mg/ml) από το υπέργειο και υπόγειο μέρος, στον αριθμό σπόρων μαρουλιού που βλάστησαν (μέσοι όροι έξι επαναλήψεων με 10 σπόρους ανά επανάληψη).

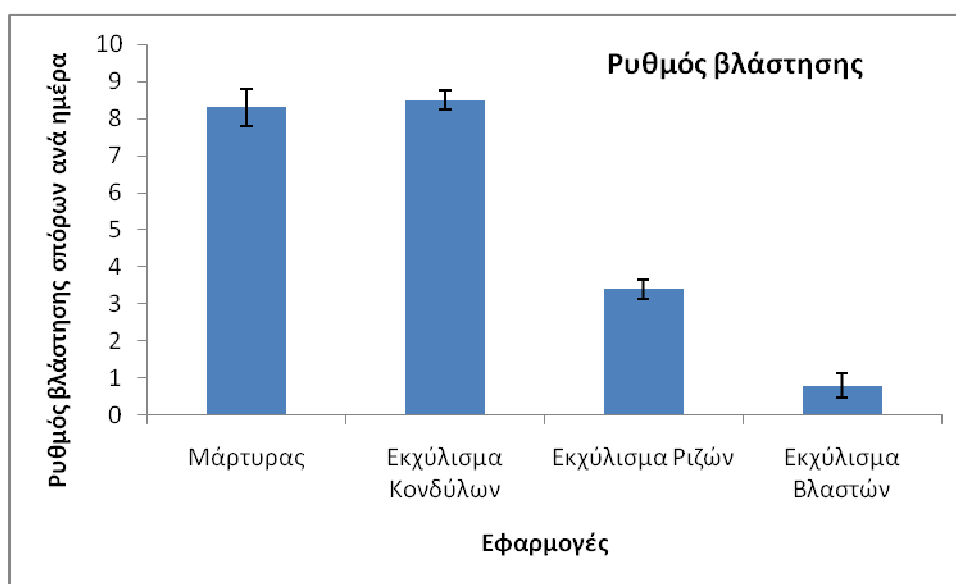
Εφαρμογές	Ημέρα από την έναρξη βλάστησης σπόρων					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
Μάρτυρας	7.7	8.8	8.8	8.8	8.8	9.0
Εκχύλισμα Κονδύλων	8.0	8.8	9.2	9.2	9.2	9.2
Εκχύλισμα Ριζών	0.2	4.8	7.2	7.5	7.5	7.5
Εκχύλισμα Βλαστών	0.3	0.5	0.7	0.8	1.5	2.0



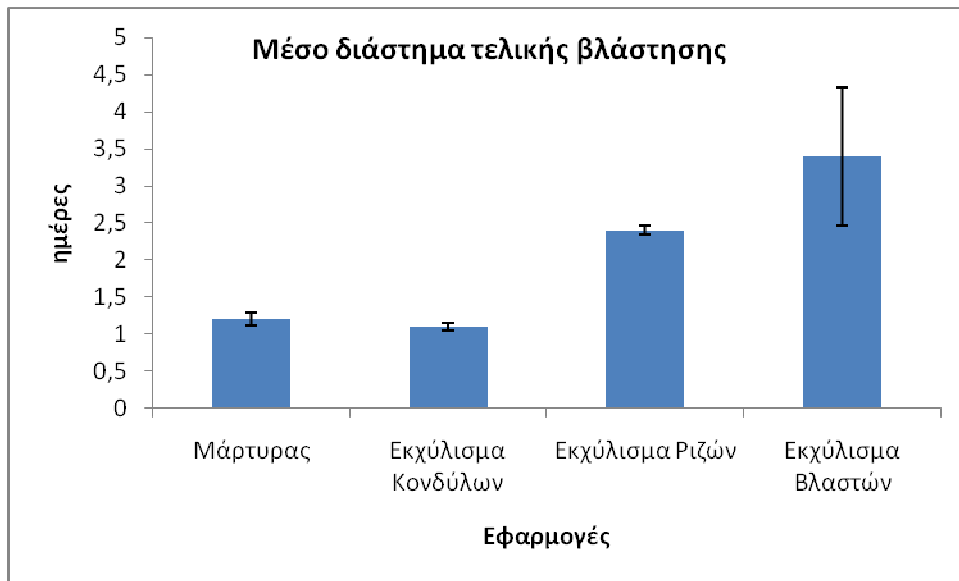
Γράφημα 2.2.6: Επίδραση εκχυλισμάτων ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας από το υπέργειο και υπόγειο μέρος, στον αριθμό σπόρων μαρουλιού που βλάστησαν (μέσοι όροι έξι επαναλήψεων με 10 σπόρους ανά επανάληψη).

Πίνακας 2.2.7: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας (76mg/ml) σε παραμέτρους βλάστησης σπόρων μαρουλιού (φυτό δείκτης). Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

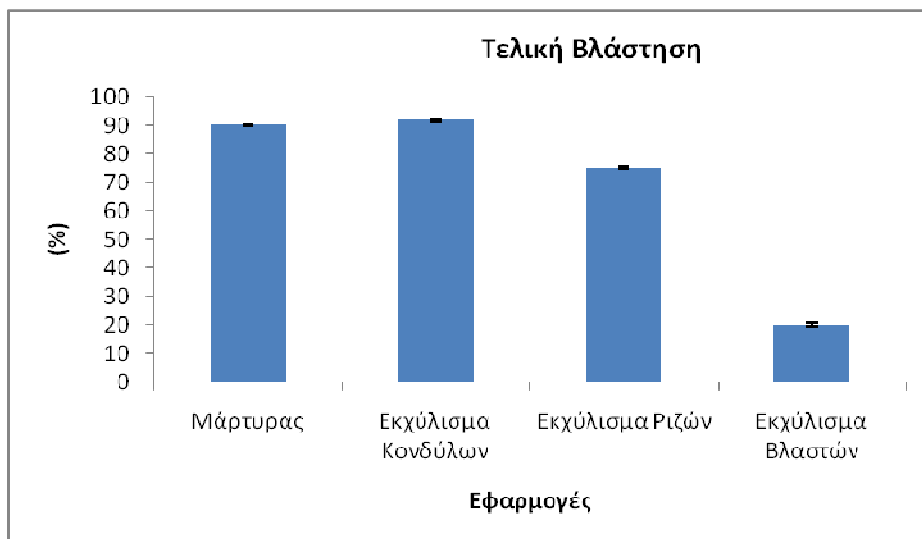
Εφαρμογές	Ρυθμός βλάστησης (σπόροι/ημέρα)	Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης (ημέρες)	Τελική Βλάστηση (%)	Ανάσχεση(-) ή Ενεργοποίηση(+) της βλάστησης σε σχέση με τον μάρτυρα (%)
Μάρτυρας	8.3 ^a	1.2 ^b	90.0 ^a	-
Εκχύλισμα Κονδύλων	8.5 ^a	1.1 ^b	91.6 ^a	1,9
Εκχύλισμα Ριζών	3.4 ^b	2.4 ^{ab}	75.0 ^b	-16,7
Εκχύλισμα Βλαστών	0.8 ^c	3.4 ^a	20.0 ^c	-77,8



Γράφημα 2.2.7α: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας στο ρυθμό βλάστησης σπόρων μαρουλιού (φυτό δείκτης) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Γράφημα 2.2.7b: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας στο μέσο διάστημα τελικής βλάστησης ανά ημέρα σπόρων μαρουλιού (φυτό δείκτης) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Γράφημα 2.2.7c: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας στη τελική βλάστηση σπόρων μαρουλιού (φυτό δείκτης) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).

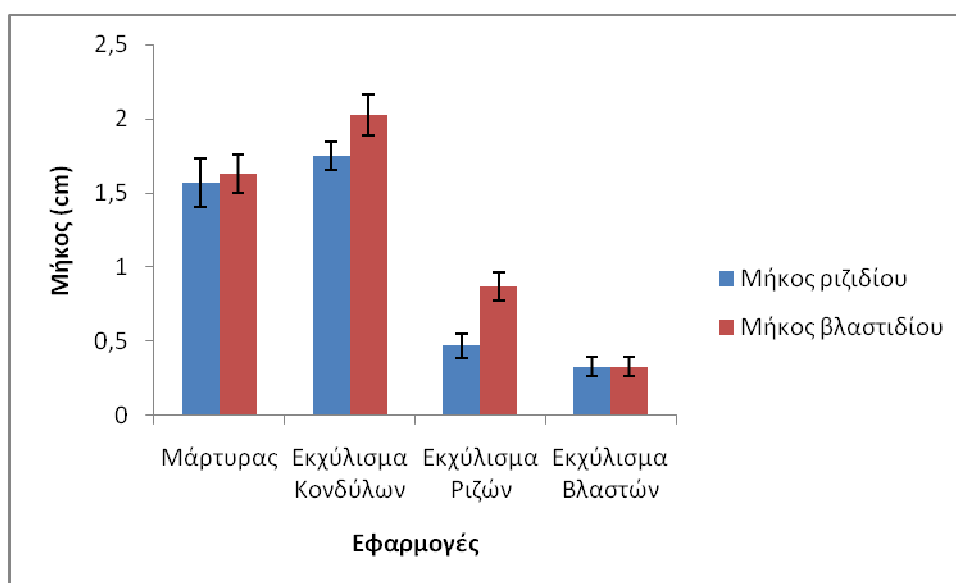
Επίδραση των εκχυλισμάτων ξηρής οξαλίδας στο μήκος ριζιδίου και βλαστιδίου των σπορόφυτων μαρουλιού.

Οι εφαρμογές για τις οποίες έγιναν μετρήσεις αφορούσαν τις εφαρμογές του μάρτυρα, εκχύλισμα κονδύλων, εκχύλισμα ριζών και εκχύλισμα βλαστών (Πίνακας 2.2.8). Όπως φαίνεται και στον πίνακα οι εφαρμογές του μάρτυρα και το εκχύλισμα

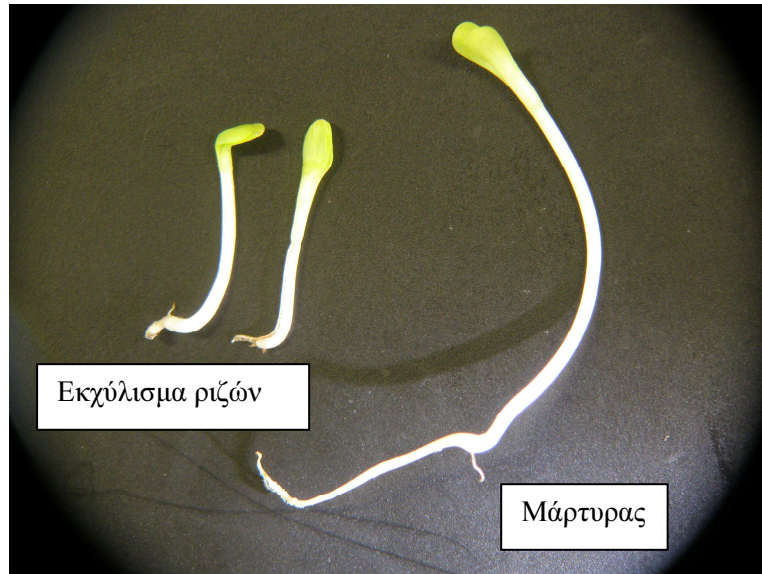
κονδύλων, δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ως προς το μήκος του ριζιδίου. Αντίθετα οι ίδιες εφαρμογές παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά στο μήκος του βλαστιδίου. Το ίδιο φαινόμενο παρουσιάζουν και οι εφαρμογές του εκχύλισματος ριζών και βλαστών (Εικόνα 2.2.2).

Πίνακας 2.2.8: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας στο μήκος (cm) του ριζιδίου και βλαστιδίου σπορόφυτων μαρουλιού (φυτό δείκτης). Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

Εφαρμογές	Μήκος ριζιδίου	Μήκος βλαστιδίου
Μάρτυρας	1.57 ^a	1.63 ^b
Εκχύλισμα Κονδύλων	1.75 ^a	2.03 ^a
Εκχύλισμα Ριζών	0.47 ^b	0.87 ^c
Εκχύλισμα Βλαστών	0.33 ^b	0.33 ^d



Γράφημα 2.2.8: Επίδραση εκχυλισμάτων βλαστών, ριζών και κονδύλων ξηρής οξαλίδας στο μήκος του ριζιδίου και βλαστιδίου σπορόφυτων μαρουλιού (φυτό δείκτης) (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Εικόνα 2.2.2: Επίδραση υπόγειου ξηρού ιστού οξαλίδας στην βλάστηση και ανάπτυξη σπορόφυτων μαρουλιού (Μάρτυρας και εκχύλισμα ριζών).

2.3 Μελέτη της αλληλοπαθητικής δράσης των εκχυλισμάτων υπέργειου ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας με βιοδοκιμή λέμνας (*Spirodella polyrhiza* L.)

Σκοπός της βιοδοκιμής λέμνας ήταν να εκτιμηθεί η αλληλοπαθητική ικανότητα του υπέργειου ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας στην αναστολή της αύξησης του βάρους του υδρόχαρους φυτού.

2.3.1 Υλικά και Μέθοδοι

Φυτικό υλικό: Το πειραματικό μέρος της εργασίας έγινε το Δεκέμβριο του 2010. Η συλλογή και επεξεργασία του φυτικού υλικού έγινε όπως περιγράφηκε για το πείραμα βλάστησης σπόρων με αποξηραμένο ιστό οξαλίδας (κεφάλαιο 2.2.2).

Προετοιμασία εκχυλισμάτων: Παρασκευάστηκε μία σειρά εκχυλισμάτων χρησιμοποιώντας τον αλεσμένο ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας. Για την παρασκευή των εκχυλισμάτων ζυγίστηκαν: 0.6, 0.9, 1.2 και 1.5g φυτικού ιστού. Κάθε ποσότητα τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη στην οποία προστέθηκαν 375ml νερού βρύσης. Οι φιάλες σφραγίστηκαν με parafilm και τα μίγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία χώρου για μία ώρα, κατά την οποία αναδεύονταν περιοδικά. Η διαδικασία φυγοκέντρισης έγινε όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα πειράματα. Ο καθαρισμός από τυχόν υπολείμματα φυτικού ιστού που παρέμεναν στα εκχυλίσματα έγινε με φιλτράρισμα υπό κενό, μέσα από χωνί Buchner το οποίο έφερε χάρτινο φίλτρο. Μετρήθηκε το pH κάθε εκχυλίσματος καθώς και του μάρτυρα (νερό βρύσης) με πεχάμετρο. Οι τιμές pH των εκχυλισμάτων δίδονται στον Πίνακα 2.3.1.

Πίνακας 2.3.1: Τιμές pH εκχυλισμάτων ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας και μάρτυρα.

Περιεκτικότητα εκχυλισμάτων σε ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας (mg/ml)	pH
0 (Μάρτυρας)	7.47
1.6	6.69
2.4	6.08
3.2	2.10
4	1.99

Βιοδοκιμή λέμνας: Τα εκχυλίσματα οξαλίδας που προετοιμάστηκαν σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία, χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της βιοδοκιμής λέμνας. Η βιοδοκιμή έγινε σε μικρά πλαστικά ποτήρια χωρητικότητας 130ml. Σε αυτά τοποθετήθηκαν 120ml από το κάθε εκχύλισμα ενώ ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε ανάλογη ποσότητα νερού βρύσης και στη συνέχεια προστέθηκαν σε κάθε ποτήρι 0.3g λέμνας, από καλλιέργεια που διατηρείται στο Τμήμα Ζιζανιολογίας του Μ.Φ.Ι. Υπήρχαν τρεις επαναλήψεις για την κάθε εφαρμογή.

Τα ποτηράκια με τη λέμνα τοποθετήθηκαν στον θάλαμο ανάπτυξης φυτών που χρησιμοποιήθηκε και για τα προηγούμενα πειράματα. Οι συνθήκες ανάπτυξης της λέμνας ορίστηκαν σε 13 ώρες στους 22°C υπό συνθήκες πλήρους φωτισμού και 11 ώρες στους 20°C στο σκοτάδι. Τρεις μέρες μετά την έναρξη του πειράματος προστέθηκαν σε όλες τις εφαρμογές 37ml θρεπτικού διαλύματος Hoagland (1:5).

Το πείραμα ολοκληρώθηκε επτά μέρες μετά την εφαρμογή των εκχυλισμάτων στην λέμνα, η οποία ζυγίστηκε. Η ζύγιση της λέμνας έγινε με ηλεκτρονικό ζυγό (KERN PCB) μετά την προσεκτική αφαίρεσή της από κάθε ποτήρι και το στέγνωμά της σε διηθητικό χαρτί, ώστε να μηδενιστεί πιθανό λάθος στην μέτρηση του βάρους.

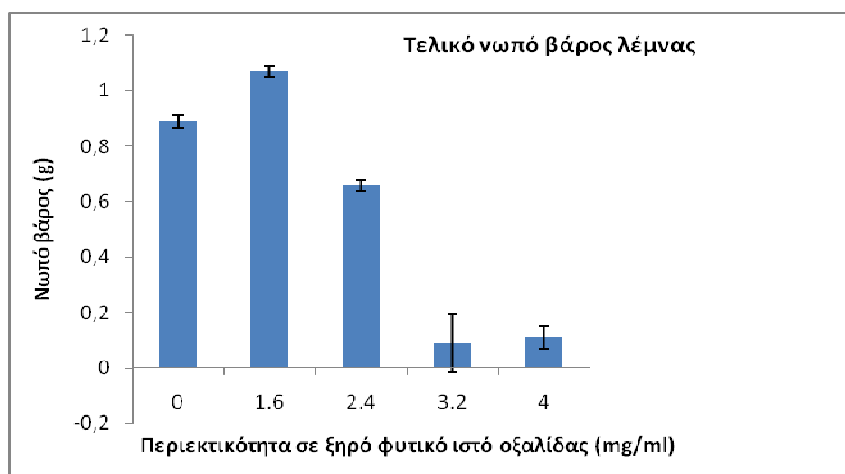
2.3.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η επίδραση των εκχυλισμάτων ιστών υπέργειου μέρους ξηρής οξαλίδας ήταν στατιστικώς σημαντική ($p \leq 0.05$) στην ανάσχεση ή ενεργοποίηση της ανάπτυξης και στο νωπό βάρος της λέμνας (Πίνακας 2.3.2).

Τα αποτελέσματα μετρήσεων του νωπού βάρους της λέμνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.2 και στο Γράφημα 2.3.2. Τη μεγαλύτερη επίπτωση στο νωπό βάρος της λέμνας παρουσίασαν οι εφαρμογές με περιεκτικότητα εκχυλίσματος σε ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας 3.2 και 4mg/ml προκαλώντας ανάσχεση στην ανάπτυξη φυτών λέμνας έως 90% σε σχέση με τον μάρτυρα (Εικόνα 2.3.1). Αντίθετα, η εφαρμογή με περιεκτικότητα εκχυλίσματος 1.6mg/ml παρουσίασε ενεργοποίηση στην ανάπτυξη της λέμνας κατά 19.85% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Πίνακας 2.3.2: Επίδραση εκχυλισμάτων ιστών υπέργειου μέρους ξηρής οξαλίδας στην ανάσχεση ή ενεργοποίηση της ανάπτυξης και στο νωπό βάρος της λέμνας. Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

Περιεκτικότητα εκχυλισμάτων σε ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας (mg/ml)	Νωπό βάρος			Μέσος όρος νωπού βαρου	Ανάσχεση(-) ή Ενεργοποίηση(+) της ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα (%)
	1	2	3		
0 (Μάρτυρας)	0.94	0.89	0.86	0.89 ^b	-
1.6	1.13	1.07	1.08	1.07 ^a	+20
2.4	0.60	0.66	0.52	0.66 ^c	-25.47
3.2	0.11	0,09	0.05	0.09 ^d	-89.89
4	0.15	0.11	0.10	0.11 ^d	-87.64



Γράφημα 2.3.2: Επίδραση εκχυλισμάτων ιστών υπέργειου μέρους ξηρής οξαλίδας στο τελικό νωπό βάρος της λέμνας (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Εικόνα 2.3.1: Φυτοτοξική δράση υπέργειου ξηρού ιστού οξαλίδας στην ανάπτυξη της λέμνας στις διαφορές εφαρμογές (Μάρτυρας - 1.6 - 2.4 - 3.2 - 4mg/ml).

2.4 Αξιολόγηση αλληλοπαθητικής ικανότητας υπέργειου μέρους ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας σε φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.)

Σε αυτό το πείραμα έγινε ενσωμάτωση ξηρού ιστού οξαλίδας σε υπόστρωμα χώματος στο οποίο μεταφυτεύτηκαν φυτά μαρουλιού. Σκοπός του πειράματος είναι να εκτιμηθεί η επίδραση ξηρού ιστού του υπέργειου μέρους οξαλίδας στην ανάπτυξη των φυτών μαρουλιού.

2.4.1 Υλικά και Μέθοδοι

Φυτικό υλικό: Το πειραματικό μέρος της εργασίας έγινε τον Ιανουάριο του 2011. Η συλλογή και επεξεργασία του φυτικού υλικού έγινε όπως περιγράφηκε για το πείραμα βλάστησης σπόρων με αποξηραμένο ιστό οξαλίδας (κεφάλαιο 2.2.2).

Προετοιμασία εδαφικού υποστρώματος: Το εδαφικό υπόστρωμα αποτελούνταν από τρία μέρη κοκκινόχωμα, ένα μέρος περλίτη και δύο μέρη φυτόχωμα. Σε αυτό προστέθηκαν διάφορες περιεκτικότητες αλεσμένου ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας που προετοιμάστηκε προηγουμένως. Οι περιεκτικότητες των μιγμάτων σε ξηρό φυτικό ιστό ήταν: 0.1, 0.5, 1, 2 και 4g/100g εδάφους και για την παρασκευή τους ζυγίστηκαν: 0.65, 3.25, 6.5, 13 και 26g ξηρού φυτικού ιστού, τα οποία προστέθηκαν σε 650g εδαφικού υποστρώματος. Μετά από πολύ καλή ανάμιξη το εδαφικό μίγμα με το ξηρό ιστό οξαλίδας τοποθετήθηκε σε γλάστρες (ύψος 10cm και διάμετρος 11cm) στις οποίες μεταφυτεύτηκαν φυτά μαρουλιού ύψους 6 έως 8cm της εταιρείας Planta. Κάτω από κάθε γλάστρα τοποθετήθηκε μία μικρή πλαστική σακούλα με σκοπό να εμποδίσει την απόπλυση των ουσιών του ξηρού ιστού οξαλίδας. Τα φυτά ποτίζονταν με την ίδια ποσότητα νερού κάθε 2-3 μέρες. Υπήρχαν τέσσερις επαναλήψεις για την κάθε εφαρμογή. Για την μέτρηση του pH κάθε εφαρμογής ζυγίστηκαν 100g εδαφικού μίγματος και αναμίχθηκαν με 100ml νερού βρύσης, μέσα σε δοχεία φυγοκέντρισης. Τα δοχεία σφραγίστηκαν με καπάκι και τα μίγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία χώρου για μία ώρα, με περιοδική ανάδευση. Στη συνέχεια τα μίγματα φυγοκεντρήθηκαν για 10 λεπτά στις 5000 στροφές. Το υπερκείμενο υγρό συλλέχτηκε με πιπέτα Παστέρ και μεταφέρθηκε σε καθαρά δοχεία.

Τυχόν υπολείμματα φυτικού ιστού και εδάφους που παρέμεναν στο υγρό που συλλέχτηκε απομακρύνθηκαν με φιλτράρισμα μέσα από λεπτή σίτα και ακολούθησε μέτρηση του pH κάθε εφαρμογής με πεχάμετρο (Πίνακας 2.4.1).

Πίνακας 2.4.1: Τιμές pH των εδαφικών μιγμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε ξηρό ιστό οξαλίδας.

Περιεκτικότητα σε ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας του εδαφικού υποστρώματος (g/100g εδάφους)	pH
0 (Μάρτυρας)	7.92
0.1	7.68
0.5	7.56
1	7.24
2	6.95
4	6.39

Τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν στο θάλαμο ανάπτυξης φυτών (12 ώρες 25°C, φως και 12 ώρες 17°C, σκοτάδι) όπου και παρέμειναν καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Οι γλάστρες ποτίστηκαν με 50ml θρεπτικού διαλύματος Hoagland (1:5), 11 και 24 μέρες μετά την μεταφύτευση. Το πείραμα ολοκληρώθηκε 29 μέρες μετά την μεταφύτευση. Τα φυτά μαρουλιού κόπηκαν στο επίπεδο του εδάφους της γλάστρας, ενώ οι ρίζες των φυτών απομακρύνθηκαν από τις γλάστρες και καθαρίστηκαν προσεκτικά από το χώμα. Μετά την ζύγιση του υπέργειου και υπόγειου μέρους των φυτών, αυτά τοποθετήθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης στους 50°C για 72 ώρες. Ακολούθησε ξανά η ζύγισή τους για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους βλαστού και ριζών.

Στατιστική ανάλυση: Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πρόγραμμα SPSS-9 για Windows. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το τεστ του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.05$.

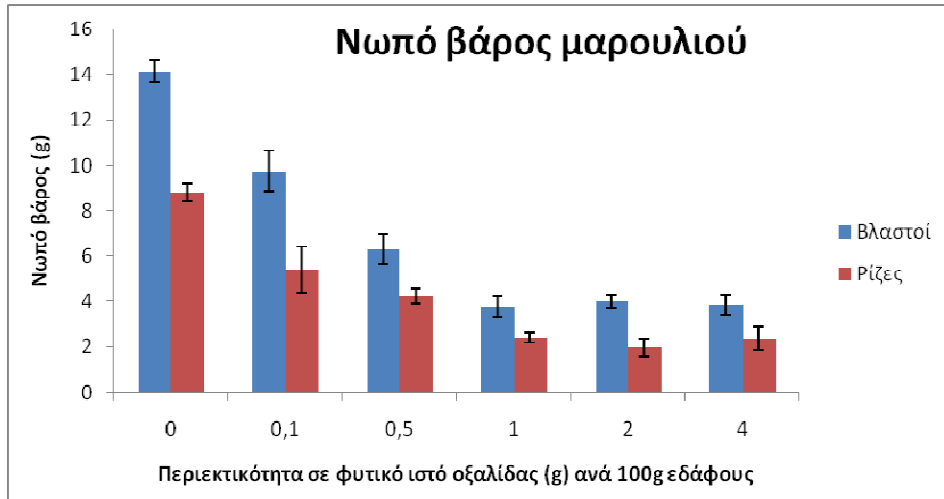
2.4.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας ήταν στατιστικώς σημαντική ($p \leq 0.05$) στο νωπό και ξηρό βάρος βλαστών και ριζών μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού (Πίνακας 2.4.2).

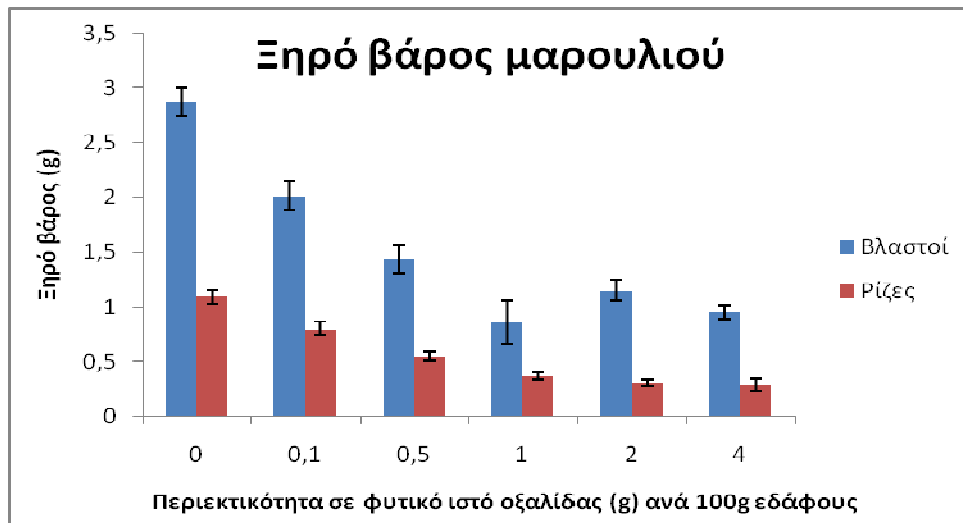
Τα αποτελέσματα μετρήσεων του νωπού και ξηρού βάρους βλαστών και ριζών μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4.2 και στα Γραφήματα 2.4.2a,b. Παρατηρήθηκε ότι το pH του μάρτυρα ήταν ελαφρώς αλκαλικό (7.92), δηλαδή μεγαλύτερο από το ιδανικό pH που προτιμά το μαρούλι (6.5 έως 7) (Θανόπουλος, 2008). Παρ'όλα αυτά η ανάπτυξη των φυτών του μάρτυρα ήταν εμφανώς καλύτερη σε σχέση με τις υπόλοιπες εφαρμογές, ειδικά με τις μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε ξηρό φυτικό ιστό οξαλίδας (Εικόνες 2.4.1,2). Οι εφαρμογές των 1, 2 και 4g ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας ανά 100g εδάφους δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος βλαστών και ριζών φυτών μαρουλιού. Οι εφαρμογές αυτές προκάλεσαν τη μεγαλύτερη μείωση του νωπού και ξηρού βάρους βλαστών και ριζών μαρουλιού σε σχέση με τον μάρτυρα. Η μείωση αυτή έφτασε το 73% και 66% για το νωπό και ξηρό βάρος βλαστών μαρουλιού αντίστοιχα, στην εφαρμογή των 4g ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας ανά 100g εδάφους. Επίσης, η ίδια εφαρμογή προκάλεσε μείωση του νωπού και ξηρού βάρους ριζών κατά 62% και 73% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Πίνακας 2.4.2: Επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας, στο νωπό και ξηρό βάρος βλαστών και ριζών μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού. Οι τιμές που φέρουν διαφορετικό γράμμα διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0.05$).

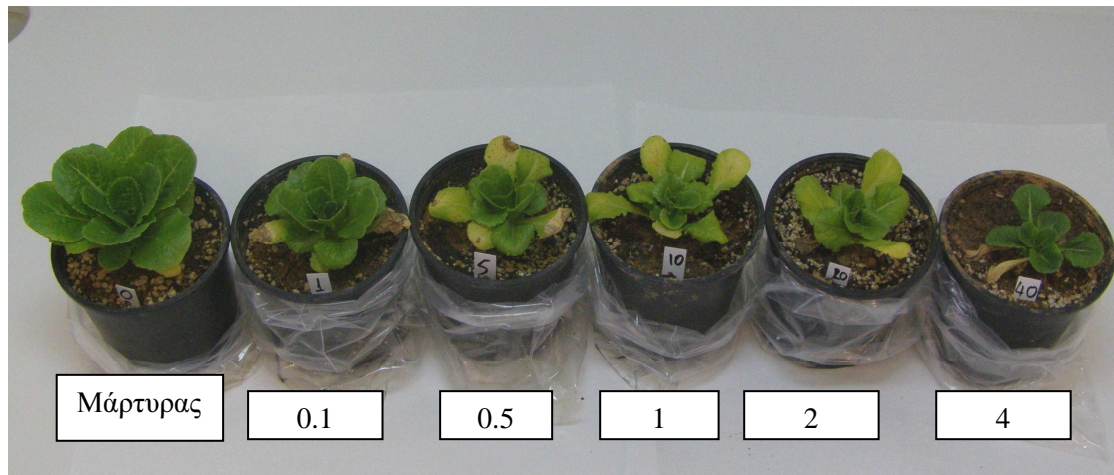
Εφαρμογές g οξ./100g εδ.	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος	
	Βλαστών	Ριζών	Βλαστών	Ριζών
0(Μάρτυρας)	14.13 ^a	8.81 ^a	2.87 ^a	1.09 ^a
0.1	9.74 ^b	5.43 ^b	2.02 ^b	0.80 ^b
0.5	6.31 ^c	4.27 ^b	1.43 ^c	0.55 ^c
1	3.78 ^d	2.43 ^c	0.86 ^d	0.37 ^d
2	4.00 ^d	1.98 ^c	1.15 ^{cd}	0.30 ^d
4	3.86 ^d	2.38 ^c	0.95 ^d	0.29 ^d



Γράφημα 2.4.2a: Επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας στο νωπό βάρος βλαστών και ριζών μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Γράφημα 2.4.2b: Επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας στο ξηρό βάρος βλαστών και ριζών μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού (οι ράβδοι αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα).



Εικόνα 2.4.1: Επίδραση της ενσωμάτωσης στο έδαφος ξηρού φυτικού ιστού οξαλίδας στην ανάπτυξη μεταφυτευμένων φυτών μαρουλιού.



Εικόνα 2.4.2: Γενική εικόνα του πειράματος: ανάπτυξη φυτών μαρουλιού στο θάλαμο σε γλάστρες με διάφορες περιεκτικότητες σε ξηρό ιστό οξαλίδας στο εδαφικό μίγμα.

3 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η οξαλίδα παρουσιάζει έντονη αλληλοπαθητική δράση που οφείλεται πιθανόν στην ύπαρξη μίας ή περισσότερων αλληλοπαθητικών ουσιών. Γενικά συμπτώματα φυτοτοξικότητας τα οποία παρατηρήθηκαν στα πειράματα, τα οποία αποδίδονται στην αλληλοπαθητική δράση της οξαλίδας ήταν: παρεμπόδιση της βλάστησης σπόρων, νέκρωση του ριζιδίου νεαρών σπορόφυτων, μείωση της ανάπτυξης ριζιδίου και βλαστιδίου, χλώρωση και νέκρωση ολόκληρων φυτών (όπως παρατηρήθηκε στο υδροχαρές φυτό λέμνα) καθώς και χλωρώσεις - ξηράνσεις του ελάσματος και μείωση της ανάπτυξης ενήλικων φυτών (παρατηρήθηκε στο μαρούλι). Τα παραπάνω συμπτώματα απεικονίζονται στις Εικόνες 2.2.1, 2.2.2, 2.3.1 και 2.4.1.

Τα εκχυλίσματα των κονδύλων είχαν θετική επίδραση στην βλάστηση και ανάπτυξη των σπορόφυτων του φυτού δείκτη. Η επίδραση αυτή ήταν εμφανής, τόσο στο εκχύλισμα νωπών όσο και ξηρών κονδύλων αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική σε σχέση με τον μάρτυρα. Μόνο σε μία περίπτωση η οποία αφορούσε στην εφαρμογή εκχυλισμάτων ξηρών κονδύλων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην αύξηση του μήκους του βλαστιδίου σε σχέση με τον μάρτυρα, που έφτασε κατά μέσο όρο το 24.5%. Η θετική αυτή επίδραση των κονδύλων οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην ύπαρξη θρεπτικών στοιχείων και φυσικών φυτορρυθμιστικών ουσιών όπως είναι οι γιββερελλίνες στα αποθησαυριστικά αυτά όργανα, που προωθούν την αύξηση.

Σε γενικές γραμμές τα εκχυλίσματα ριζών είχαν ανασταλτική δράση στις περισσότερες από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν. Η ανασταλτική αυτή δράση ήταν πιο έντονη στο εκχύλισμα αποξηραμένων ριζών σε σχέση με αυτά των νωπών. Πιο αναλυτικά, διαπιστώθηκε ότι τα εκχυλίσματα ριζών οξαλίδας (νωπής και αποξηραμένης) μείωσαν στατιστικώς σημαντικά τον ρυθμό βλάστησης των σπόρων του φυτού δείκτη σε ποσοστό που έφτασε κατά μέσο όρο στην περίπτωση του εκχυλίσματος ξηρών ριζών, το 59% σε σχέση με το μάρτυρα. Επίσης, παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μείωση του μήκους του ριζιδίου και του βλαστιδίου του

φυτού δείκτη. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι η οξαλίδα μπορεί να επηρεάσει αλληλοπαθητικά άλλα φυτά μέσα από το ριζικό της σύστημα.

Επίσης, τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι τα εκχυλίσματα του υπέργειου μέρους της οξαλίδας είχαν την μεγαλύτερη αλληλοπαθητική ικανότητα σε σχέση με εκχυλίσματα των άλλων μερών του φυτού. Σε όλα τα πειράματα, εκχυλίσματα από το υπέργειο μέρος της οξαλίδας είχαν αρνητική επίδραση στις παραμέτρους που εξετάζονταν κάθε φορά στο φυτό δείκτη (βλάστηση σπόρων, επιμήκυνση ριζιδίου και βλαστιδίου, νωπό και ξηρό βάρος φυτών δεικτών, ανάπτυξη ριζικού συστήματος). Τα εκχυλίσματα αποξηραμένων βλαστών οξαλίδας είχαν πιο έντονη αρνητική επίδραση στην τελική βλάστηση και στο ρυθμό βλάστησης, σε σχέση με την νωπή οξαλίδα. Όμως, εκχυλίσματα νωπής οξαλίδας, παρόμοιας (77mg/ml) ή μικρότερης (37.5 mg/ml) περιεκτικότητας σε φυτικό ιστό σε σχέση με αυτά που περιείχαν ξηρή οξαλίδα, προκάλεσαν την πλήρη νέκρωση του βλαστιδίου και ριζιδίου του φυτού δείκτη. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε άλλη εργασία, όπου διαπιστώθηκε επίσης μεγαλύτερη αλληλοπαθητική ικανότητα στα εκχυλίσματα νωπών βλαστών οξαλίδας σε σχέση με αυτά των ξηρών βλαστών του ζιζανίου (Ψωμαδέλη, 2002).

Εκχύλισμα περιεκτικότητας 1.6mg/ml σε ξηρό βλαστό οξαλίδας, είχε ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη της λέμνας (αύξηση χλωρού βάρους περίπου 20% σε σχέση με τον μάρτυρα). Παρόμοια αποτελέσματα υπήρξαν και σε προηγούμενες μελέτες (Ψωμαδέλη 2000). Ο Rice (1984) αναφέρει ότι πολλά αλληλοχημικά (allelopathic compounds) σε μικρές συγκεντρώσεις είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε αύξηση της ανάπτυξης ενός φυτού. Επομένως, ενδέχεται η άγνωστη αλληλοπαθητική ουσία (ή ουσίες) της οξαλίδας, σε μικρές συγκεντρώσεις να δρα διεγερτικά στην αύξηση ενός άλλου φυτού. Η φυτοτοξική δράση των εκχυλισμάτων ξηρών βλαστών οξαλίδας ήταν εμφανής σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Έτσι, η διπλάσια συγκέντρωση (3.2 mg/ml) από αυτή που έδειξε θετική επίδραση, προκάλεσε ολοκληρωτική χλόρωση της λέμνας και μείωσε την ανάπτυξή της κατά 90%, σε σχέση με τον μάρτυρα (Εικόνα 2.3.1). Επομένως, διαπιστώνεται ότι η αλληλοπαθητική δράση της οξαλίδας είναι πιθανόν να εκδηλώνεται στην φύση και με τις δύο μορφές που εκφράζονται στον ορισμό του φαινομένου (αρνητική ή θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών).

Όσον αφορά τον πιθανό ρόλο του pH των εκχυλισμάτων ιστών οξαλίδας στην εκδήλωση της αλληλοπαθητικής δράσης του ζιζανίου, διαπιστώθηκαν τα εξής: Εκχυλίσματα ιστών οξαλίδας με παρόμοιες τιμές pH είχαν διαφορετική επίδραση στις

παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών δεικτών. Έτσι, τα εκχυλίσματα βλαστών με περιεκτικότητα 18.75 mg/ml και 77mg/ml, ενώ είχαν παρόμοιες τιμές pH (1.88 και 1.45 αντίστοιχα), έδωσαν διαφορετικά αποτελέσματα ως προς την τελική βλάστηση των σπόρων του φυτού δείκτη (μαρούλι). Αυτά ήταν αύξηση της βλαστικότητας κατά 1.9% στην περίπτωση του εκχυλίσματος με περιεκτικότητα 18.75 mg/ml και μείωση της κατά 35% από το εκχύλισμα με περιεκτικότητα 77 mg/ml. Επίσης, οι δύο αυτές εφαρμογές είχαν διαφορετική επίδραση στον ρυθμό βλάστησης και στο μήκος του ριζιδίου και του βλαστιδίου, η οποία ήταν στατιστικώς σημαντική. Μάλιστα, το εκχύλισμα με περιεκτικότητα 77mg/ml προκάλεσε την πλήρη νέκρωση των σπορόφυτων. Παρόμοια παρατήρηση προκύπτει και από το πείραμα μέτρησης της ανάπτυξης της λέμνας. Οι εφαρμογές εκχυλισμάτων με περιεκτικότητα 1.6 mg/ml και 2.4mg/ml, διέφεραν κατά μισή περίπου μονάδα ως προς το pH (6.69 και 6.08 αντίστοιχα) αλλά στην πρώτη περίπτωση το χλωρό βάρος της λέμνας αυξήθηκε κατά 20% επί του μάρτυρα, ενώ στη δεύτερη αυτό μειώθηκε κατά 25.47%.

Η ενσωμάτωση ξηρών ιστών οξαλίδας στο χώμα, ακόμα και σε ποσότητα 0.1g/100g εδάφους ήταν αρκετή για να προκαλέσει σημαντική μείωση της ανάπτυξης του φυτού δείκτη (μαρούλι). Η επίδραση αυτή ήταν σημαντική τόσο στο υπέργειο όσο και στο υπόγειο μέρος του φυτού. Η ενσωμάτωση ξηρών ιστών οξαλίδας στο χώμα οδήγησε σε μεταβολή του pH (μείωση ανάλογη με την ποσότητα των ιστών που ενσωματώθηκαν) αλλά το εύρος τιμών (6,39-7,68) παρέμεινε σε ευνοϊκά για την ανάπτυξη του μαρουλιού επίπεδα. Επομένως, η μείωση της ανάπτυξης του μαρουλιού κατά πάσα πιθανότητα δεν προκλήθηκε από την μεταβολή του pH λόγω της ενσωμάτωσης της οξαλίδας στο χώμα. Δεδομένου όμως ότι το pH μετρήθηκε μόνο στην αρχή του πειράματος δεν είναι γνωστό εάν επήλθε μεταβολή του, μέχρι την ολοκλήρωση του πειράματος, λόγω της αποσύνθεσης των ενσωματωμένων ιστών οξαλίδας. Αυτό θα μπορούσε να διερευνηθεί σε μελλοντική εργασία, παρόλο που δεν αναμένεται σημαντική μεταβολή του pH λόγω της μεγάλης ρυθμιστικής ικανότητας του εδάφους.

Η αλληλοπαθητική δράση της οξαλίδας θα πρέπει να μελετηθεί σε συνθήκες προσομοίωσης αγρού, δεδομένου ότι η εκδήλωση της αλληλοπαθητικής δράσης ενός φυτού είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Επίσης, είναι ανάγκη να μελετηθεί σε βάθος η αλληλοπαθητική ικανότητα της οξαλίδας προκειμένου να ταυτοποιηθεί το υπεύθυνο αλληλοχημικό (ή αλληλοχημικά) αλλά και να διερευνηθεί ο γενετικός μηχανισμός που συνδέεται με την

αλληλοπαθητική ικανότητα του ζιζανίου. Η γνώση αυτή θα είναι πολύ σημαντική στο πλαίσιο της αξιοποίησης της αλληλοπάθειας στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των ζιζανίων, τόσο μέσα από την προσπάθεια σύνθεσης ανάλογων ουσιών, όσο και από την ενσωμάτωση των γονιδίων που συνδέονται με την αλληλοπάθεια, σε καλλιεργούμενα φυτά.

4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anaya, A.L.**, 1999: Allelopathy as a tool in the management of biotic resources. *Crit. Rev. Plant.Sci.* 18, 697-739.
- Baldwin, I.T.**, 2003. Finally, proof of weapons of mass destruction. *Science's Signal Transduction Knowledge Environment* 2003. doi: 10.1126/stke.2003.203.pe42.
- Bezuidenhout, S.R.**, 2000. Allelopathy as a possible cause for crop yield reductions. *Technology development and training*, p.14. http://agriculture.kzntl.gov.za/directorates/technology_development/crop_production/allelopathy.htm.
- Chandler, J.M.**, 1985. Assessment of the allelopathic effect of weeds on field crops on the Humid Midsouth. In Thompson, A.C. (ed), *The Chemistry of Allelopathy*. American Chemical Society, Washington D.C., pp.21-32.
- Chawdhry, M.A. & Sagar, G.R.**, 1974. Dormancy and sprouting of bulbs in *Oxalis latifolia* H.B.K. and *Oxalis pes-caprae* L. *Weed Research* **14**: 349-354.
- DeCandolle, A.P.**, 1832. *Physiologie Vegetale*. III: 1474.
- Einhellig, F.A.**, 1995. Allelopathy: current status and future goals. In: Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. (Ed.), *Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications*, ACS Symposium Series 582, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 1/25.
- Fischer, N.H.**, 1986. The function of mono and sesquiterpenes as plant germinators and growth regulators. In Putnam, A.R. and Tang, C.S. (eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp.171-188.
- Fitter, A.**, 2003. Making allelopathy respectable. *Science* 301: 1337–1380. Franck E. Dayan (2006). Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. *Planta* 224: 339–346.
- Galil, J.**, 1968. Vegetative dispersal in *Oxalis cernua*. *American Journal of Botany* **55**(1): 68-73.
- Gierl, A. & Frey M.**, 2001. Evolution of benzoxazinone biosynthesis and indole production in maize. *Planta* 213: 493–498.
- Harper, J.N. & Balke**, 1981. Characterization of the inhibition of Kabsorption in oats roots by salicylic acid. *Plant Physiol* 68: 1349–1353.

- Hedin**, P.A., 1990. Bioregulator-induced changes in allelochemicals and their effects on plant resistance to pests. *Crit. Rev. Plant Sci.* 9, 371-379.
- Inderjit**, & Duke S.O., 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta* 217: 529-539.
- Inderjit**, & Weston, L.A., 2003. Root exudation: an overview. In *Root Ecology*. Eds. de Kroon and E JW Visser. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany (in press).
- Jacobson**, A., & Coombe, M.R., 1977. Tannins as gibberellins antagonists in the synthesis of α -amylase and acid phosphatase by barley seeds. *Plant Physiol.*, **59**: 129-133.
- Kalburjtji**, K.L. & Mosjidis, J.A., 1992. Effects of sericea lespedeza residues on warmseason grasses. *J. Range Manage.*, **45**: 441-444, September 1992.
- Lane**, D., 1984. Factors affecting the development of populations of *Oxalis pes-caprae* L. *Weed Research* **24**: 219-225.
- Leather**, G.R., 1983a. Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. *Weed Sci.* 13, 37-42.
- Leather**, G.R., 1983b. Weed control using allelopathic crop plants. *J.Chem. Ecol.* 9,983-990.
- Lee**, I.K. & Monsi, M., 1963. Ecological studies on Pinus densiflora forest. Effect of plant substances in the floristic composition of undergrowth. *Botanical Management*. 76, 410-413.
- Lockerman**, R.H. & A.R. Putnam, 1979. Evaluation of allelopathic cucumbers (*Cucumis sativus*), as an aid to weed control. *Weed Sci.*, **27**: 54-57.
- Lovett**, J.V & Hoult, A.H.C., 1995. Allelopathy and self-defense in barley. In: Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. (Ed.), *Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications* ACS Symposium Series 582, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 170/183.
- Mandava**, N.B., 1985. Chemistry and biology of allelopathic agents. In Thompson, A.C. (ed.), *The Chemistry of Allelopathy*. American Chemical Society, Washington D.C., pp.33-54.
- Marshall**, G., 1987. A review of the biology and control of selected weed species in the genus *Oxalis*: *Oxalis stricta* L., *O. latifolia* H.B.K. and *O. pes-ca[rae]* L. *Crop Protection* **5**: 355-364.

- Michael**, P.W., 1965. Studies on *Oxalis pes-caprae* L. in Australia. I. Quantitative studies on oxalic acid during the life cycle of the pentaploid variety. *Weed Research* **5**: 355-364.
- Molisch**, H., 1937. Der einfluss einer pflanze auf die andere-allelopathie. Jena, Germany: Fischer.
- Paspatis**, E.A., 1985. Chemical, cultural and biological control of *Oxalis pes-caprae* in vineyards in Greece. Proceedings of a meeting of the E.C. Experts Group, Dublin; pp.27-29.
- Paspatis**, E.A. & E. Psomadeli, 2002. Effects of the aqueous extracts of aerial parts and root exudates of oxalis (*Oxalis pes –caprae* L.) on the seed germinability and seedling growth of oat and tomato. Abstracts of the proceedings of 12th Panhellenic Weed Conference. Weed science Society of Greece Athens, 2002 p.34(in Greek).
- Paspatis**, E.A. & E. Psomadeli, 2002. Influence of the time of cutting and the climatic condition on the phytotoxicity of the aqueous extracts of dried aerial part of oxalis (*Oxalis pes-caprae* L.). Abstracts p.35.
- Peirce**, J.R., 1997. The Biology of Australian Weeds 31. *Oxalis pes-caprae* L. *Plant Protection Quarterly* **12** (3): 110-119.
- Putman**, A.R., 1985. Weed allelopathy. In: S.O. Duke (ed.). *Weed physiology* volume 1: Reproduction and Ecophysiology. CRC Press. 131-155.
- Quasem**, J.R. & Foy, C.L., 2001. Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review. In: *Allelopathy in Agroecosystems*; pp. 43-119. R. K. Kohli, H. P. Singh, and D. R. Batish, Haworth Press, New York.
- Rice**, E.L., 1984. *Allelopathy*. Academic Press Inc., Orlando. p.422.
- Rizvi**, S.J.H. & Rizvi, V., 1992. Exploitation of allelochemicals in improving crop productivity. In *Allelopathy: Basic and Applied Aspects*. Eds. S. J. H Rizvi and V Rizvi. pp. 443–472. Chapman and Hall, London.
- Saxena**, A., D.V. Singh, N.L. Joshi, 1996. Autotoxic effects of pearl millet aqueous extracts on seed germination and seedling growth. *Journal of Arid Environments*, **33**(2): 255-260.
- Schreiner**, O. & Reed, H.S., 1908. The toxic action of certain organic plant constituents. *Botanical Gazette*, **45**(2):73-102.

- Stevens, K.L. & Merrill, F.B.**, 1985. Sesquiterpene lactones and allelochemicals from *Centaurea* species. In Thompson, A.C. (ed.), *The Chemistry of Allelopathy*. American Chemical Society, Washington D.C., pp.83-98.
- Thunberg, C.P.**, 1781: *Dissertatio entomologica novae Insectorum species, sistens. Pars Prima. Upsaliae*, 28 pp.
- Travlos, I.S., E. Paspatis & E. Psomadeli**, 2008. Allelopathic Potential of *Oxalis pes-caprae* Tissues and Root Exudates as a Tool for Integrated Weed Management. *Journal of Agronomy*, 7(2): 202-205.
- Tutin, T.G. & Heywood, V.H. & Burges, N.A. & Moore, D.M. & Valentine, S.M. & Walters, S.M. & Webb, D.A.**, 1968. FLORA EUROPAEA. Rosaceae to Umbelliferae. Volume: 2, Cambridge at the University Press, pp.192-193.
- Weston, L.A & Duke S.O.**, 2003. Weed and Crop Allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (3&4) : 367–389.
- Willis, R.J.**, 1985. The historical bases of the concept of allelopathy. *Journal of the History of Biology*, 18, 71-102.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.**, 1998. Τα ζιζάνια και η αντιμετώπισή τους στον αμπελώνα. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*, 10 (1998): 100-110.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.**, 1999. Γενετικά τροποποιημένα φυτά. Ανάπτυξη και χρήση φυτών με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*, 2 (1999): 12-17.
- Δαμανάκης, Μ. & Μαρκάκη, Μ.**, 1990. Μελέτη της βιολογίας της *Oxalis pes-caprae* L. σε συνθήκες αγρού στην Κρήτη. *Ζιζανιολογία* 2: 145-154.
- Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. & Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.**, 2009. Ζιζάνια: Οδηγός Αναγνώρισης. Αθήνα, σελ. 270.
- Ελευθεροχωρινός, Η.Γ.**, 2008. Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι διαχείρισης (3η έκδοση). Αθήνα, σελ.432.
- Θανόπουλος, Χ.**, 2008. Τεχνικές Βιολογικές Καλλιέργειες Φυλλώδων Λαχανικών: 1.Μαρούλι. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργιών, σελ.8. (<http://informatics.aua.gr:8080/scam/2/resource/307>).
- Καββάδας, Δ.Σ.**, 1956. Οξαλίδα. *Εικονογραφημένο Βοτανικό Φυτολογικόν ΛΕΞΙΚΟΝ: VI*, Αθήναι, σελ 2879-2881.
- Κωδωνάκη, Π.**, 2009: Διερεύνηση αλληλοπαθητικής δράσης των δευτερογενών μεταβολιτών ποικιλιών σόργου. Θεσσαλονίκη, σελ. 115. Μεταπτυχιακή διατριβή.

- Κωνσταντινίδου, Ε.Α., 2003.** Φυσιολογία φυτών σε Αβιοτικές Καταπονήσεις. Εκδόσεις Reprotime, Θεσσαλονίκη.
- Μπούρμπος, Β.Α., 2008.** Η αλληλοπάθεια στην οικολογική φυτοπαθολογία. Αθήνα, σελ. 580.
- Πασπάτης, Ε., 2007.** Σημειώσεις μαθήματος Ζιζανιολογίας. ΤΕΙ Κρήτης.
- Πασπάτης, Ε.Α. & Πρωτοπαπαδάκης Ε., 1998.** Ρόλος των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση ζιζανίων. *Πρακτικά 2^{ης} Πανελληνίας Συνάντησης Φυτοπροστασίας με θέμα: Φυτοπροστατευτικά προϊόντα.* Γεωργία-Καταναλωτής-Περιβάλλον. 5-7 Μαΐου, Λάρισα.
- Πασπάτης, Ε.Α., 1985.** Χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών στα χειμερινά σιτηρά. *Περπ.* 4^{ης} Ετ. Επιστ. Σύσκ. Ελλην. Ζιζανιολ. Ετ., Λάρισα, Δεκέμβριος 1985, σελ. 17-21.
- Πασπάτης, Ε.Α., 1990.** Η βιοδοκιμή της λέμνας. Ανίχνευση φυτοτοξικών υπολειμμάτων στο έδαφος και το νερό. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 2 (1990):44-46.
- Πασπάτης, Ε.Α., 1991.** Αλληλοπάθεια. Σημειώσεις από παραδόσεις μαθημάτων σε Σεμινάριο Επιμόρφωσης Γεωπόνων σε θέματα Οικολογικής Γεωργίας, Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Νοέμβριος 1991.
- Πασπάτης, Ε.Α., 1998.** Φυτορρυθμιστικές ουσίες. Ο ρόλος τους στα φυτά και οι εφαρμογές τους στις καλλιέργειες. Αθήνα, σελ. 480.
- Φυσαράκης, Ι.Κ., 1999.** Σημειώσεις Ειδικής Αμπελουργίας (Αμπελοκομική Τεχνική). Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σ.Τ.Ε.Γ, Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου. 134 σελ.
- Χαραλαμπόπουλος, Π., 2005:** Συσχέτιση της περιεκτικότητας της οξαλίδας (*Oxalis pes-carpae* L.) σε οξαλικό οξύ και της εποχής κοπής της στην εκδήλωση του αλληλοπαθητικού δυναμικού αποξηραμένων φυτικών μερών του ζιζανίου. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 78. Πτυχιακή Εργασία.
- Ψωμαδέλη, Ε., 2002.** Αλληλοπαθητική δράση της οξαλίδας (*Oxalis pes-carpae* L.) στην αύξηση και την ανάπτυξη άλλων φυτών. ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 184. Πτυχιακή Εργασία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πείραμα βλάστησης σπόρων με ιστό νωπής οξαλίδας

Descriptives									
	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Ρυθμός βλάστησης	Βλάστοι πυκνό	6	1,32	0,372773	0,152184	0,928798	1,711202	0,87	1,73
	Βλάστοι μεσό	6	1,811667	0,14428	0,058902	1,660254	1,963079	1,62	2
	Βλάστοι αραιό	6	2,443333	0,385106	0,157219	2,039189	2,847477	1,95	3
	Ρίζες	6	2,196667	0,235004	0,09594	1,950046	2,443288	1,9	2,53
	Κόνδυλοι	6	2,646667	0,29595	0,120821	2,336086	2,957248	2,33	3,08
	Μάρτυρας	6	2,616667	0,199466	0,081432	2,40734	2,825993	2,33	2,92
	Total	36	2,1725	0,549584	0,091597	1,986548	2,358452	0,87	3,08
Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης	Βλάστοι πυκνό	6	2,533333	0,258199	0,105409	2,26237	2,804296	2,1	2,8
	Βλάστοι μεσό	6	2,1	0,328634	0,134164	1,75512	2,44488	1,5	2,4
	Βλάστοι αραιό	6	1,85	0,294958	0,120416	1,540461	2,159539	1,4	2,1
	Ρίζες	6	2,15	0,122474	0,05	2,021471	2,278529	2	2,3
	Κόνδυλοι	6	1,733333	0,350238	0,142984	1,365781	2,100886	1,3	2,2
	Μάρτυρας	6	1,516667	0,213698	0,087242	1,292405	1,740929	1,3	1,9
	Total	36	1,980556	0,416667	0,069444	1,839576	2,121535	1,3	2,8

	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Τελική Βλάστηση	Βλάστοι πυκνό	6	58,33333	16,02082	6,540472	41,52051	75,14615	40	80
	Βλάστοι μεσό	6	73,33333	8,164966	3,333333	64,76473	81,90194	60	80
	Βλάστοι αραιό	6	91,66667	7,527727	3,073181	83,7668	99,56653	80	100
	Ρίζες	6	90	8,944272	3,651484	80,61356	99,38644	80	100
	Κόνδυλοι	6	96,66667	8,164966	3,333333	88,09806	105,2353	80	100
	Μάρτυρας	6	90	6,324555	2,581989	83,36279	96,63721	80	100
	Total	36	83,33333	16,21287	2,702145	77,84769	88,81898	40	100

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Ρυθμός βλάστησης	Between Groups	8.118058	5	1.623612	19.85327	1.04E-08
	Within Groups	2.453417	30	0.081781		
	Total	10.57148	35			
Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης	Between Groups	3.851389	5	0.770278	10.38577	7.48E-06
	Within Groups	2.225	30	0.074167		
	Total	6.076389	35			
Τελική Βλάστηση	Between Groups	6366.667	5	1273.333	13.48235	6.29E-07
	Within Groups	2833.333	30	94.44444		
	Total	9200	35			

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

Ρυθμός βλάστησης		N	Subset for alpha = .05			
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3	4
	Βλάστοι πυκνό	6	1.32			
	Βλάστοι μεσό	6		1.81		
	Ρίζες	6			2.20	
	Βλάστοι αραιό	6			2.44	2.44
	Μάρτυρας	6				2.62
	Κόνδυλοι	6				2.65
	Sig.		1.00	1.00	0.15	0.25

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης		N	Subset for alpha = .05		
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3
	Μάρτυρας	6	1.516667		
	Κόνδυλοι	6	1.733333		
	Βλάστοι αραιό	6	1.85	1.85	
	Βλάστοι μεσό	6		2.1	
	Ρίζες	6		2.15	
	Βλάστοι πυκνό	6			2.533333
	Sig.		0.052749	0.080163	1
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. α. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.					

Τελική Βλάστηση		N	Subset for alpha = .05		
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3
	Βλάστοι πυκνό	6	58.33333		
	Βλάστοι μεσό	6		73.33333	
	Ρίζες	6			90
	Μάρτυρας	6			90
	Βλάστοι αραιό	6			91.66667
	Κόνδυλοι	6			96.66667
	Sig.		1	1	0.287862
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.					

Πείραμα βλάστησης σπόρων με ιστό ξηρής οξαλίδα

Descriptives									
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης	Μάρτυρας	6	1.25	0.21	0.08	1.03	1.47	1	1.6
	Κόνδυλοι	6	1.15	0.14	0.06	1.01	1.29	1	1.3
	Ρίζες	6	2.37	0.15	0.06	2.21	2.52	2.2	2.6
	Βλαστοί	6	3.35	2.28	0.93	0.96	5.74	0	6
	Total	24	2.03	1.41	0.29	1.43	2.63	0	6
Τελική Βλάστηση	Μάρτυρας	6	9.00	0.89	0.37	8.06	9.94	8	10
	Κόνδυλοι	6	9.17	0.98	0.40	8.13	10.20	8	10
	Ρίζες	6	7.50	1.38	0.56	6.05	8.95	6	9
	Βλαστοί	6	2.00	1.55	0.63	0.37	3.63	0	4
	Total	24	6.92	3.19	0.65	5.57	8.26	0	10
Ρυθμός βλάστησης	Μάρτυρας	6	8.28	1.25	0.51	6.97	9.59	7	10
	Κόνδυλοι	6	8.52	0.62	0.25	7.86	9.17	8	9.5
	Ρίζες	6	3.37	0.64	0.26	2.70	4.04	2.7	4.1
	Βλαστοί	6	0.75	0.78	0.32	-0.07	1.57	0	2.2
	Total	24	5.23	3.47	0.71	3.76	6.69	0	10

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης	Between Groups	19.43	3	6.48	4.90	0.01
	Within Groups	26.42	20	1.32		
	Total	45.85	23			
Τελική Βλάστηση	Between Groups	203.50	3	67.83	44.73	0.00
	Within Groups	30.33	20	1.52		
	Total	233.83	23			
Ρυθμός βλάστησης	Between Groups	262.00	3	87.33	117.82	0.00
	Within Groups	14.83	20	0.74		
	Total	276.83	23			

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

Ρυθμός βλάστησης		N	Subset for alpha = .05		
	Εκχυλίσματα Οξαλίδας		1	2	3
Duncan	Βλαστοί	6	0.75		
	Ρίζες	6		3.37	
	Μάρτυρας	6			8.28
	Κόνδυλοι	6			8.52
	Sig.		1.00	1.00	0.64

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Μέσο διάστημα τελικής βλάστησης		N	Subset for alpha = .05		
	Εκχυλίσματα Οξαλίδας		1	2	
Duncan	Κόνδυλοι	6	1.15		
	Μάρτυρας	6	1.25		
	Ρίζες	6	2.37	2.37	
	Βλαστοί	6		3.35	
	Sig.		0.10	0.15	
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.					

Ρυθμός βλάστησης		N	Subset for alpha = .05		
	Εκχυλίσματα Οξαλίδας		1	2	3
Duncan	Βλαστοί	6	2		
	Ρίζες	6		7.5	
	Μάρτυρας	6			9
	Κόνδυλοι	6			9.167
	Sig.		1	1	0.817
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.					

Βιοδοκιμή λέμνας (Spirodella polyrhiza L.) με εκχυλίσματα ξηρών βλαστών οξαλίδας

<i>ΝΩΠΙΟ ΒΑΡΟΣ ΛΕΜΝΑΣ</i>								
Descriptives								
Περιεκτικότητα εκχυλισμάτων	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Μάρτυρας	3	0,8933	0,0416	0,0240	0,7899	0,9968	0,86	0,94
4	3	0,1100	0,0361	0,0208	0,0204	0,1996	0,08	0,15
3.2	3	0,0900	0,0346	0,0200	0,0039	0,1761	0,05	0,11
2.4	3	0,6633	0,1834	0,1059	0,2078	1,1189	0,52	0,87
1.6	3	1,0667	0,0709	0,0410	0,8904	1,2429	0,99	1,13
Total	15	0,5647	0,4218	0,1089	0,3311	0,7983	0,05	1,13

<i>ΝΩΠΙΟ ΒΑΡΟΣ ΛΕΜΝΑΣ</i>					
ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,4054	4	0,6013	70,0866	2,8244E-07
Within Groups	0,0858	10	0,0086		
Total	2,4912	14			

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

<i>ΝΩΠΙΟ ΒΑΡΟΣ ΛΕΜΝΑΣ</i>		N	Subset for alpha = .05			
Duncan	Περιεκτικότητα εκχυλισμάτων		1	2	3	4
	3.2	3	0,0900			
	4	3	0,1100			
	2.4	3		0,6633		
	Μάρτυρας	3			0,8933	
	1.6	3				1,0667
	Sig.		0,7968	1	1	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

**Πειράμα αξιολόγησης αλληλοπαθητικής ικανότητας υπέργειου μέρους ξηρού ιστού οξαλίδας σε
φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.)**

Descriptives									
	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
<i>Νωπό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>	Μάρτυρας	4	14,1325	0,9806	0,4903	12,5722	15,6928	12,69	14,87
	0.1	4	9,7400	1,7841	0,8920	6,9012	12,5788	8	12,22
	0.5	4	6,3125	1,2740	0,6370	4,2853	8,3397	5,49	8,21
	1	4	3,7750	0,9099	0,4549	2,3272	5,2228	2,45	4,4
	2	4	4,0000	0,5476	0,2738	3,1286	4,8714	3,23	4,51
	4	4	3,8625	0,8669	0,4334	2,4831	5,2419	2,7	4,78
	Total	24	6,9704	4,0395	0,8246	5,2647	8,6762	2,45	14,87
<i>Ξηρό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>	Μάρτυρας	4	2,8725	0,2560	0,1280	2,4651	3,2799	2,56	3,14
	0.1	4	2,0150	0,2711	0,1356	1,5836	2,4464	1,77	2,36
	0.5	4	1,4300	0,2639	0,1320	1,0100	1,8500	1,24	1,82
	1	4	0,8600	0,3875	0,1937	0,2434	1,4766	0,28	1,08
	2	4	1,1525	0,1916	0,0958	0,8477	1,4573	0,89	1,34
	4	4	0,9475	0,1302	0,0651	0,7403	1,1547	0,77	1,08
	Total	24	1,5463	0,7560	0,1543	1,2270	1,8655	0,28	3,14

	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
<i>Νωπό βάρος ριζών μαρουλιού</i>	Μάρτυρας	4	8,8100	0,7661	0,3830	7,5910	10,0290	7,71	9,49
	0.1	4	5,4275	2,0199	1,0100	2,2133	8,6417	3,79	8,32
	0.5	4	4,2650	0,6777	0,3388	3,1867	5,3433	3,48	4,93
	1	4	2,4275	0,4333	0,2167	1,7380	3,1170	1,95	2,95
	2	4	1,9775	0,7937	0,3969	0,7145	3,2405	1,44	3,14
	4	4	2,3825	0,9874	0,4937	0,8113	3,9537	1	3,24
	Total	24	4,2150	2,6155	0,5339	3,1106	5,3194	1	9,49
<i>Ξηρό βάρος ριζών μαρουλιού</i>	Μάρτυρας	4	1,0900	0,1275	0,0638	0,8871	1,2929	0,91	1,21
	0.1	4	0,8000	0,1334	0,0667	0,5877	1,0123	0,67	0,92
	0.5	4	0,5500	0,0868	0,0434	0,4119	0,6881	0,5	0,68
	1	4	0,3675	0,0640	0,0320	0,2657	0,4693	0,29	0,42
	2	4	0,2950	0,0640	0,0320	0,1931	0,3969	0,24	0,36
	4	4	0,2875	0,1181	0,0591	0,0995	0,4755	0,12	0,38
	Total	24	0,5650	0,3142	0,0641	0,4323	0,6977	0,12	1,21

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<i>Νωπό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>	Between Groups	353.2171	5	70.64342	56.20871	2.33E-10
	Within Groups	22.6225	18	1.256806		
	Total	375.8396	23			
<i>Ξηρό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>	Between Groups	11.96703	5	2.393407	34.76683	1.22E-08
	Within Groups	1.23915	18	0.068842		
	Total	13.20618	23			
<i>Νωπό βάρος ριζών μαρουλιού</i>	Between Groups	136.512	5	27.3024	23.67579	2.48E-07
	Within Groups	20.7572	18	1.153178		
	Total	157.2692	23			
<i>Ξηρό βάρος ριζών μαρουλιού</i>	Between Groups	2.07995	5	0.41599	39.152	4.62E-09
	Within Groups	0.19125	18	0.010625		
	Total	2.2712	23			

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

<i>Νωπό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>		N	Subset for alpha = .05			
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3	4
	1	4	3,7750			
	4	4	3,8625			
	2	4	4,0000			
	0.5	4		6,3125		
	0.1	4			9,7400	
	Μάρτυρας	4				14,1325
	Sig.		0,7933	1	1	1
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						

<i>Ξηρό βάρος βλαστών μαρουλιού</i>		N	Subset for alpha = .05			
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3	4
	1	4	0,8600			
	4	4	0,9475			
	2	4	1,1525	1,1525		
	0.5	4		1,4300		
	0.1	4			2,0150	
	Μάρτυρας	4				2,8725
	Sig.		0,1518	0,1518	1	1
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						

<i>Νωπό βάρος ριζών μαρουλιού</i>		N	Subset for alpha = .05		
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3
	2	4	1,9775		
	4	4	2,3825		
	1	4	2,4275		
	0.5	4		4,2650	
	0.1	4		5,4275	
	Μάρτυρας	4			8,8100
	Sig.		0,5826	0,1432	1
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.					

<i>Ξηρό βάρος ριζών μαρουλιού</i>		N	Subset for alpha = .05			
Duncan	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		1	2	3	4
	4	4	0,2875			
	2	4	0,2950			
	1	4	0,3675			
	0.5	4		0,5500		
	0.1	4			0,8000	
	Μάρτυρας	4				1,0900
	Sig.		0,3128	1	1	1
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.						