



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ
ΟΞΑΛΙΔΑΣ (OXALIS PES-CAPRAE L.) ΣΕ
ΟΞΑΛΙΚΟ ΟΞΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΟΧΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΗΣ
ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΤΟΥ ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΗΤΙΚΟΥ
ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ
ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΑΣΠΑΤΗΣ

2005

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά για την απεριόριστη και συνεχή βοήθεια στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας τον Δρ. Ευάγγελο Πασπάτη, Αναπληρωτή Ερευνητή στο Εργαστήριο Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης και Φυτορρυθμιστικών Ουσιών του τμήματος Ζιζανιολογίας του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου.

Επίσης τον Διευθυντή καθώς και το προσωπικό του Τμήματος για την άριστη συνεργασία τους.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<u>Περίληψη</u>	3
A) <u>Θεωρητικό μέρος</u>	4
1. ΟΞΑΛΙΔΑ	5
1.1 Εισαγωγή	5
1.2 Βοτανική περιγραφή της οξαλίδας	6
1.3 Απαιτήσεις σε έδαφος και κλίμα	8
1.4 Βιολογία οξαλίδας	9
1.5 Τρόπος πολλαπλασιασμού και διασπορά της οξαλίδας	11
1.6 Προσβολή της οξαλίδας από την Οροβάγχη	15
1.6.1 Γενικά	15
1.6.2 Περιγραφή του παρασίτου	15
1.6.3 Μορφολογία	16
1.6.4 Βιολογία	17
1.7 Αντιμετώπιση οξαλίδας	20
1.8 Επίδραση του βάθους φύτευσης στη βλάστηση και ανάπτυξη των βολβών	20
1.9. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χλοοτάπητα οξαλίδας	22
1.10. Οξαλικό οξύ και ο ρόλος του στους διάφορους οργανισμούς	25
1.10.1 Γενικά	25
1.10.2 Μικροοργανισμοί και οξαλικοί εστέρες	27
1.10.3 Εφαρμογές του οξαλικού οξέος	28
1.10.4 Σύνθεση και αποθήκευση οξαλικών εστέρων	29
1.10.5 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο ζωϊκό μεταβολισμό	29

1.10.6 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο φυτικό μεταβολισμό	31
1.10.7 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο μεταβολισμό των μυκήτων	32
2. Αλληλοπάθεια	34
2.1 Εισαγωγή	34
2.2 Ιστορική αναδρομή	34
2.3 Χημική κατάταξη αλληλοχημικών	35
2.4 Δράσεις αλληλοχημικών	36
2.5.Αλληλοπάθεια στα φυσικά οικοσυστήματα	38
2.6.Αλληλοπάθεια στη γεωργία	38
2.6.1. Αλληλοπαθητικά ζιζάνια	38
2.6.2 Αλληλοπαθητικά φαινόμενα μεταξύ των καλλιεργειών	44
<u>B) Πειραματικό μέρος</u>	
Συσχέτιση της περιεκτικότητας της οξαλίδας (<i>Oxalis pes-caprae</i> L.) σε οξαλικό οξύ και της εποχής κοπής της στην εκδήλωση του αλληλοπαθητικού δυναμικού αποξηραμένων φυτικών μερών του ζιζανίου.	49
<u>Βιβλιογραφία</u>	68
<u>Γ) Παράρτημα</u>	73

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Η οξαλίδα *Oxalis pes caprae* είναι ένα από τα σπουδαιότερα ζιζάνια των ελαιώνων και αμπελώνων της Κρήτης. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της οξαλίδας είναι ότι έχει αλληλοπαθητική δράση έναντι άλλων δυσκοεξόντων ζιζανίων όπως τα *Paritaria sp.*, *Amaranthus sp.*, *Chenopodium sp.* αλλά και άλλων που κατά κύριο λόγο βρίσκονται στους αμπελώνες και τους ελαιώνες. 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 αποξηραμένης οξαλίδας έχουν διαπιστωθεί πειραματικά και στα φυτά βρώμης και τομάτας.

Η οξαλίδα είναι γνωστό ότι 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 μια ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών.

Στη παρούσα εργασία συσχετίστηκε η περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ της οξαλίδας και της εποχής κοπής της στην εκδήλωση του αλληλοπαθητικού δυναμικού αποξηραμένων μερών της στο φυτό Λέμνα.

A) Θεωρητικό μέρος

1. ΟΞΑΛΙΔΑ

1.1 Εισαγωγή

Η οξαλίδα (*Oxalis pes-caprae* ή *Oxalis cernua*) (Ξυνίδα, Ξινήθρα) είναι ένα πολυετές, δικοτυλήδονο χειμερινό ζιζάνιο. Ανήκει στην οικογένεια Oxalidaceae, τάξη Γερανιωδών (Genariales). Το όνομα του γένους των φυτών της οξαλίδας (oxalis) προέρχεται από την ελληνική λέξη οξύς (όξινος) λόγω της όξινης γεύσης του χυμού της και δόθηκε από τον Λιναίο (1753). Αν και το είδος περιγράφηκε από αυτόν ως *O. pes-caprae* L., αργότερα πήρε το όνομα *O. Cernua* Thumb από τον Thunberg (1781) εξαιτίας του κλεισίματος του φυλλώματος και των ανθέων του φυτού τις νυκτερινές ώρες. Το όνομα αυτό του είδους επικράτησε μέχρι το 1939 οπότε καθιερώθηκε πάλι το πρώτο όνομα *O. pes caprae*. Το όνομα *pes-caprae* προέρχεται από το σχήμα των φύλλων του φυτού που θυμίζει πόδι τράγου (λατινικά *pes*=πόδι και *caprae*=τράγος, κατσίκι). Η *Oxalis pes-caprae* ανήκει έχει γένη που περιλαμβάνουν κάπου 900 είδη κυρίως ποωδών φυτών με σαρκώδεις ρίζες και όξινη γεύση (Peirce, 1997).

Η οξαλίδα ως ενδημικό φυτό της Νότιας Αφρικής έχει επεκταθεί σήμερα σαν ζιζάνιο σε πολλές χώρες όπως Ινδία, Μαρόκο, Πορτογαλία, Νέα Ζηλανδία, Ισπανία, ΗΠΑ κ.α. (Marshall, 1987). Στις χώρες της Μεσογείου εισάχθηκε σαν καλλωπιστικό φυτό στις αρχές του 19^{ου} αιώνα και σήμερα έχει εγκλιματιστεί και έχει εξαπλωθεί σε όλη την περιοχή της Μεσογείου, όπου αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα και δύσκολα ελεγχόμενα ζιζάνια (Peirce, 1997). Συναντάτε κυρίως σε εσπεριδοειδή, σε αμπελώνες και σε ελαιώνες στις Μεσογειακές χώρες, ενώ στην Αυστραλία και σε καλλιέργειες σιτηρών.



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικό λουλούδι οξαλίδας

1.2 Βοτανική περιγραφή της οξαλίδας

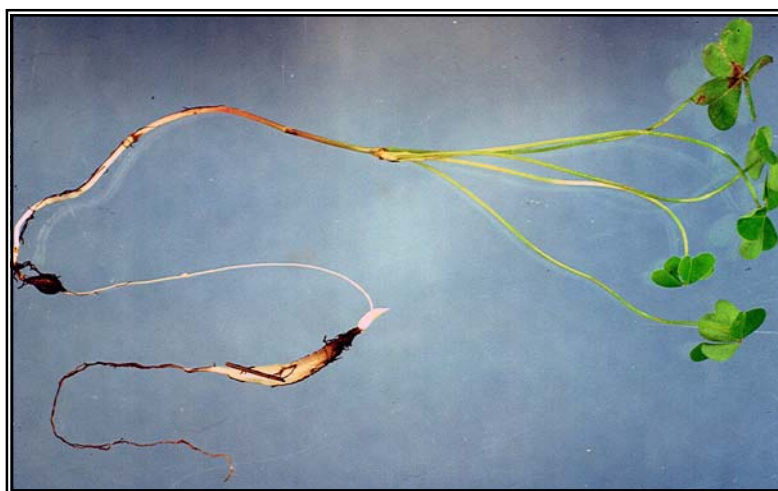
Οι ποικιλίες της οξαλίδας διαφέρουν ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Ανάμεσα στις ποικιλίες έχουν βρεθεί διαφορές στο σχήμα των σεπάλων, στο μέγεθος και το χρώμα των πετάλων, στο σχήμα των φύλων και των στίγματων που διακρίνονται πάνω στα φυλλάρια κ.α.. Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες είναι η τετραπλοειδής, που απαντάται κυρίως στην Βόρεια Αφρική, στην Ινδία, την Αυστραλία και η πενταπλοειδής ποικιλία που απαντάται σε χώρες της Μεσογείου, την Ανατολική Ασία και την Αμερική. Ανάμεσα στις ποικιλίες οι διαφορές στα άνθη έγκειται στο μήκος του στύλου και των στημόνων. Υπάρχουν ποικιλίες οξαλίδας που τα άνθη τους έχουν μακρύ στύλο και στήμονες μικρότερου μεγέθους και ποικιλίες με μεσαίου μήκους στύλους και ανθήρες που φέρονται κατά ομάδες σε δύο επίπεδα, μία ομάδα πάνω και μία κάτω από το στίγμα (Peirce 1997).

Κατά τους Δαμανάκη και Μαρκάκη (1990) η πενταπλοειδής ποικιλία είναι αυτή που έχει εξαπλωθεί και έχει γίνει ζιζάνιο. Τα άνθη της φέρονται σε ταξιανθίες (σκιάδια) και είναι ερμαφρόδιτα, ακτινωτά. 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 2 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. Ο κάλυκας αποτελείται από 5 μόνιμα, πράσινα σέπαλα, συμφυή στη βάση, μήκους 6 mm, οξύληκτα και καθένα έχει στο άκρο του ένα μικρό, πορτοκαλί στίγμα. Η στεφάνη

αποτελείται από 5 κίτρινα πέταλα, χωρισμένα, λογχοειδή, μήκους περίπου 2,5 cm και ανταποκρίνονται στο φως με άνοιγμα, ενώ όταν η ένταση του φωτός μειώνεται τα πέταλα κλείνουν και τα άνθη παίρνουν τη μορφή του χωνιού. Οι ταξιανθίες φέρονται πάνω σε ποδίσκους πολύ μεγάλου μήκους οι οποίοι εκφύονται από μία βάση (ρόδακας) που βρίσκεται πάνω στον υπέργειο ,κατακόρυφο βλαστό σε μικρό ύψος από την επιφάνεια του εδάφους (Καββάδας 1956, Pierce, 1997).

Από την ίδια βάση εκφύονται και οι μίσχοι των φύλλων που έχουν επίσης μεγάλο μήκος (πάνω από 13 cm) αλλά είναι μικρότεροι από τους ποδίσκους των ανθοταξιών. Οι μίσχοι έχουν κυλινδρικό σχήμα, λεία επιφάνεια και καθένας από αυτούς καταλήγει σε ένα σύνθετο φύλλο το σχήμα του οποίου μοιάζει με αυτό του τριφυλλιού. Το φύλλο αποτελείται από 3 καρδιόσχημα φυλλάρια, δίλοβα, πλάτους 1-4 cm, πάνω στα οποία παρατηρούνται μικρά, περίπου στρογγυλά, πορφυρά στίγματα. 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.

Ακόμα , ο Galil (1968) αναφέρει ότι ο βολβός της οξαλίδας έχει σχήμα επίμηκες και αποτελείται από 5 χυμώδη λέπια που έχουν ρόλο αποθησαυριστικό. 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.



Εικόνα 2: Ριζικό σύστημα οξαλίδας

1.3 Απαιτήσεις σε έδαφος και κλίμα

Η οξαλίδα ευδοκίμει σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιο και βροχερό χειμώνα και από ζεστό και ξηρό καλοκαίρι, σε περιοχές με εύκρατο κλίμα καθώς και σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές (Chawdhry & Sagar, 1974).

Είδη τα οποία είναι ανθεκτικά στο κρύο είναι τα παρακάτω: *O. montana*, *O. ogellanica*, *O. violacea*, *O. corniculata*, *O. corniculata rubra*, *O. valdiviensis*, *O. rosea*, *O. lobata*, *O. enneaphylla*, *O. adenophylla*, *O. magellanica*, *O. laciniata*.

Είδη (κονδυλώδη) που είναι ανθεκτικά σε θερμές περιοχές: *O. bowieana*, *O. bowieana (porpurea)*, *O. cernua* ποικιλία *flore-pleno*, *O. deppei*, *O. brasiliensis*, *O. hirta*, *O. Incarnata*, *O. lasiandra*, *O. lobata*, *O. variabilis*.

Είδη (μη κονδυλώδη) που είναι ανθεκτικά σε θερμές περιοχές: *O. rubra*, *O. rubra alba*

Είδη θαμνώδη: *O. gigantea*, *O. ortgiesii*, *O. hedyaroides rubra*, *O. dispar*.

Οι ερευνητές Chawdhry & Sagar υποστηρίζουν ότι οι βολβοί της οξαλίδας βρίσκονται σε λήθαργο το καλοκαίρι και για τη διακοπή του απαιτείται περίοδος έκθεσης μιας βδομάδας σε θερμοκρασία 0,5–2 °C ή 3 βδομάδων 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, ενώ σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 10 °C παρατηρείται καθυστέρηση στη βλάστηση.

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 ευαισθησία της οξαλίδας στο φως είναι μεγάλη. Τα άνθη ανοίγουν και κλείνουν ανάλογα με την ένταση του φωτός. Ερευνητές αναφέρουν ότι όταν η ένταση του φωτός είναι μικρή τα φυλλάκια της οξαλίδας στρέφονται προς τα κάτω. Επίσης 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). Επίσης 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.

Το ζιζάνιο λοιπόν 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).

Όσον αφορά το έδαφος, η οξαλίδα μπορεί να εγκαθίσταται και να αναπτύσσεται καλά σε ποικιλία εδαφών αλλά προτιμά τα γόνιμα, ελαφρά, αμμώδη καλά στραγγιζόμενα εδάφη (Καββάδας 1956).

1.4. Βιολογία οξαλίδας

Τον Οκτώβριο αρχίζει να εμφανίζεται η οξαλίδα. Οι βολβοί είναι ανίκανοι να βλαστήσουν νωρίτερα γιατί βρίσκονται σε λήθαργο. Ο χρόνος διακοπής του ληθάργου των βολβών εξαρτάται από τη θερμοκρασία του εδάφους και τις διακυμάνσεις της (Πασπάτης, 1985). Η διακοπή του ληθάργου γίνεται μετά το καλοκαίρι, όταν πέσει η θερμοκρασία. Οι Chawdhry & Sagar (1974) υποστηρίζουν ότι, τεχνητά, η διακοπή του ληθάργου γίνεται με ψύξη στους 2-10 °C για 6 βδομάδες και έπειτα αποθήκευση στους 20°C σε σάκκους πολυαιθυλενίου. Ο Peirce (1997) υποστηρίζει ότι διακοπή του ληθάργου δεν εξαρτάται από το επίπεδο της υγρασίας του εδάφους, πράγμα που δίνει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην οξαλίδα έναντι κάποιων ετήσιων φυτών που απαιτούν συγκεκριμένα επίπεδα υγρασίας για να βλαστήσουν. Έτσι η οξαλίδα είναι το πρώτο φυτικό είδος που εμφανίζεται κατά το φθινόπωρο, όταν πέσει η θερμοκρασία.

Σύμφωνα με ένα πείραμα που διενεργήθηκε στην Κρήτη σε σχέση με την οξαλίδα, πάρθηκαν φαινολογικές παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της αύξησης και της ανάπτυξης του ζιζανίου.

Στις αρχές του Σεπτεμβρίου το νήμα προβάλλει από την κορυφή του βολβού, ως λεπτός υπόγειος βλαστός ο οποίος παχύνεται και σύντομα αποκτά πάχος 1-3 mm και μήκος 2-3 cm (στάδιο βλάστησης βολβού). Οι βολβοί που βρίσκονται σε μεγάλα βάθη

συνήθως παράγουν πιο λεπτό βλαστό που έχει τη δυνατότητα να μετακινηθεί προς τα πάνω με μεγαλύτερη ευκολία. Καθώς το έδαφος είναι ξηρό, πριν την έναρξη των βροχών, οι βλαστοί παραμένουν μέσα σε κοιλότητες του εδάφους και οι κορυφές τους είναι συνήθως διογκωμένες. Οι αποθησαυριστικές ουσίες προφανώς μεταφέρονται και αποθηκεύονται στην κορυφή αναμένοντας τις βροχές (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990)

Αμέσως μετά τις βροχές η κορυφή του υπόγειου βλαστού γίνεται οξύληκτη, ενώ αυτός αυξάνεται κατακόρυφα προς τα πάνω και φτάνει πολύ γρήγορα στην επιφάνεια του εδάφους, όπου σχηματίζεται ένας μικρός ρόδακας φύλλων που αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό της οξαλίδας. Πλευρικές τριχόμορφες ρίζες αρχίζουν τότε να αναπτύσσονται κατά μήκος των 3-8 cm του υπόγειου βλαστού. Επίσης κατά μήκος του υπόγειου βλαστού, σε αποστάσεις 2-5 cm, σχηματίζονται μικροσκοπικοί οφθαλμοί με ένα λέπι. Οι περισσότεροι από τους οφθαλμούς αυτούς θα διαφοροποιηθούν σε γονοφθαλμίδια (ανώριμοι βολβοί) και τελικά σε βολβούς. Το μήκος των μεσογονατίων μειώνεται βαθμιαία από το μητρικό βολβό μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Τα μικρότερα μεσογονάτια βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, όπου σχηματίζεται ο ρόδακας των φύλλων (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Αμέσως μετά το σχηματισμό του υπόγειου βλαστού σαν προέκταση του νήματος, αρχίζει να εμφανίζεται στη βάση των βολβών μία στεφάνη λευκών και παχέων ριζιδίων. Ένα από αυτά τα ριζίδια παχύνεται και όταν το φυτό φτάσει στο τελικό του μέγεθος σχηματίζεται η λεγόμενη συσταλή ρίζα (contractile root). Κατά μήκος της ρίζας αυτής, διακρίνονται μικρά, λευκά γονοφθαλμίδια. Η συσταλή ρίζα συντελεί στην πλευρική ή σε βάθος διασπορά των βολβών, ενώ παράλληλα έχει και αποθησαυριστικό ρόλο αφού τα αποθέματα νερού και θρεπτικών συστατικών που περιέχει χρησιμοποιούνται για την παραγωγή, την αύξηση και την ανάπτυξη των νέων βολβών (Marshall, 1987). Έτσι οι νέοι βολβοί μπορούν να συνεχίζουν να μεγαλώνουν ακόμα και μετά το θάνατο του υπέργειου μέρους της οξαλίδας (Δαμανάκης, Μαρκάκη, 1990)

Δύο μήνες περίπου μετά το σχηματισμό του ρόδακα των φύλλων η οξαλίδα φτάνει το μέγιστο ύψος της (20-25 cm) οπότε σταματά να παράγει νέα φύλλα και αρχίζει η παραγωγή ανθοφόρων βλαστών. Το στάδιο αυτό σχεδόν συμπίπτει χρονικά με τη διόγκωση των οφθαλμών του νήματος και του υπόγειου βλαστού και το σχηματισμό

μικρών, λευκών γονοφθαλμιδίων. Τους υπόλοιπους μήνες που υπολείπονται για τη συμπλήρωση του βιολογικού της κύκλου όλες οι παραγόμενες ουσίες από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή και διασπορά των υπόγειων βολβών. Κατά τον Πασπάτη (1985) η άνθηση ξεκινά νωρίς το Φεβρουάριο και συνεχίζεται μέχρι τον Απρίλιο, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και η περίοδος αυτή συνήθως συμπίπτει με τη δημιουργία της συσταλτής ρίζας της οξαλίδας μέσα στο έδαφος. Αφού ολοκληρωθεί η άνθηση, η ανάπτυξη των φύλλων διακόπτεται, αρχίζει η μετακίνηση των συσταλών ριζών μέσα στο έδαφος και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μεταφέρονται πλέον στα υπόγεια τμήματα του ζιζανίου, προκειμένου το φυτό να μπορεί να θρέψει τους νέους βολβούς. Στο τέλος Απριλίου, όταν τα φυτά είναι 6 μηνών περίπου, αρχίζει ο γηρασμός των φύλλων και σύντομα ακολουθεί πλήρης μαρασμός του υπέργειου τμήματος του φυτού, ενώ ο σχηματισμός των νέων βολβών έχει ολοκληρωθεί. Λόγω της χυμώδους σύστασης των φυτών (93% νερό) η οξαλίδα σχεδόν εξαφανίζεται από το έδαφος σε χρονικό διάστημα λιγότερο από ένα μήνα μετά την έναρξη της γήρανσης (Πασπάτης 1985, Δαμανάκης και Μαρκάκη 1990).

1.5 Τρόπος πολλαπλασιασμού και διασπορά οξαλίδας

Έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές ότι η οξαλίδα δεν παράγει σπόρους εκτός από τον τόπο καταγωγής της, την Αφρική (Galil, 1968). Η στειρότητα του είδους αποδίδεται στο γεγονός ότι η πενταπλοειδής ποικιλία που έχει εξαπλωθεί και έχει γίνει ζιζάνιο, υπάρχει μόνο σε μορφή με βραχείς στύλους, πράγμα που εμποδίζει τη γονιμοποίηση (Peirce, 1997). Έτσι στην Ελλάδα και στις άλλες χώρες της Μεσογείου ο πολλαπλασιασμός και η εξάπλωση της οξαλίδας γίνεται αποκλειστικά με τους βολβούς που παράγει στο υπόγειο μέρος της (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Κατά τη διάρκεια μιας βλαστικής περιόδου κάθε φυτό οξαλίδας παράγει 10-50 μικρούς επιμήκεις βολβούς, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και το μέγεθος του μητρικού φυτού. Όσο πιο μεγάλη ανάπτυξη έχει το μητρικό φυτό τόσο πιο πολλούς βολβούς παράγει (Peirce, 1997). Κατά τον Galil (1968) από κάθε φυτό συνήθως δημιουργούνται 10 ώριμοι βολβοί αλλά σε χρονιές ή περιοχές με ζεστό χειμώνα ο αριθμός των βολβών που παράγονται ανά φυτό αυξάνεται σε 30 ή ακόμα και 40.

Η καλλιέργεια του εδάφους και η μετακίνηση χώματος από μολυσμένες περιοχές σε μη μολυσμένες από το ζιζάνιο συντελούν στη μεταφορά των βολβών και επομένως στην εξάπλωση του ζιζανίου. Οι βολβοί έχουν επίμηκες σχήμα και εξωτερικά περιβάλλονται από πολύ σκληρά περιβλήματα με τραχειά επιφάνεια, χαρακτηριστικά που τους καθιστούν λιγότερο ευαίσθητους στους τραυματισμούς ή στην καταστροφή τους κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του εδάφους. Τα πουλιά επίσης μπορούν να συντελέσουν στη μεταφορά των βολβών που βρίσκονται κυρίως στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους.

Ανεξάρτητα από τη συμβολή του ανθρώπου ή γενικά των εξωτερικών παραγόντων, τα φυτά της οξαλίδας έχουν ένα μοναδικό μηχανισμό ο οποίος τίθεται σε λειτουργία προκειμένου να μπορέσουν να εξαπλωθούν στο ευρύτερο περιβάλλον. Στη βάση κάθε βολβού δημιουργείται όπως αναφέρθηκε ήδη μία ρίζα, η συσταλτή ρίζα όπως ονομάζεται, που συντελεί στην, με φυσικό τρόπο, διασπορά των βολβών της οξαλίδας που παράγονται από κάθε μητρικό φυτό. Η συσταλτή ρίζα συντελεί στην εξάπλωση των βολβών μέσα στο έδαφος αλλά και στη μεταφορά τους στο κατάλληλο βάθος που τους επιτρέπει να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και να βλαστήσουν αργά το φθινόπωρο, όταν η θερμοκρασία πέσει (Putz και συνεργάτες, 1994). Με αυτό τον τρόπο οι νέοι βολβοί μπορούν να μετακινηθούν ακόμα και πάνω από 40 cm μακριά από το μητρικό βολβό σε μία βλαστική περίοδο (Πασπάτης 1985, Galil 1968).

Η συσταλτή ρίζα είναι ισχυρή και χυμώδης, σχηματίζεται συνήθως στο τέλος Δεκεμβρίου, το άκρο της είναι ισχυρό, σαρκώδες με διάμετρο περίπου 0,80 cm και μήκος που μπορεί φτάσει πάνω από 40 cm. Αρχικά είναι προσκολλημένη στη βάση του μητρικού βολβού αλλά γρήγορα, περίπου στις αρχές Ιανουαρίου, αρχίζει να συστέλλεται. Το διογκωμένο, ισχυρό άκρο της σπρώχνει το έδαφος και με ταυτόχρονη κατανάλωση ενέργειας καταφέρνει να μετακινείται μέσα το έδαφος (Putz και συνεργάτες, 1994). Με μία προσεκτική παρατήρηση μπορεί κανείς την περίοδο αυτή να διακρίνει τα πρώτα χαρακτηριστικά ζαρώματα γύρω από τη βάση της συσταλτής ρίζας. Την ίδια περίοδο η βάση του νήματος μέσα στο βολβό αποκολλάται από τα λέπια που το περιβάλλουν και είναι πλέον σε άμεση επαφή με τη βάση της συσταλτής ρίζας (Galil, 1968).

Καθώς η ρίζα συστέλλεται, το νήμα που βρίσκεται μέσα στον βολβό και το οποίο φέρει τα μικροσκοπικά γονοφθαλμίδια., επιμηκύνεται. Η συσταλή ρίζα μετακινείται συνήθως οριζόντια μέσα στο έδαφος, ορύσσει στοά ενώ παράλληλα έλκει και τελικά καταφέρνει να βγάλει έξω από το βολβό το νήμα με τα γονοφθαλμίδια. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις όταν αρχίζει η επιμήκυνση, η βάση του νήματος δεν έχει αποχωριστεί από τα λέπια που το περιβάλλουν και έτσι το νήμα εγκλωβίζεται μέσα στο βολβό (Galil, 1968). Ενδέχεται η συσταλή ρίζα να μην μπορέσει να τραβήξει έξω από το μητρικό βολβό όλα τα γονοφθαλμίδια του νήματος. Αυτό όμως δεν εμποδίζει τα γονοφθαλμίδια που παραμένουν μέσα στο μητρικό βολβό, να διαφοροποιηθούν και έτσι να σχηματιστούν, τον επόμενο χρόνο, μικρά βολβίδια μέσα στους μεγάλους, ώριμους βολβούς (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Συνήθως όμως η συσταλή ρίζα καταφέρνει να τραβήξει έξω από το βολβό το νήμα και έτσι τα γονοφθαλμίδια παρατάσσονται κατά μήκος του οριζόντιου πλέον νήματος, το οποίο βρίσκεται μέσα στη στοά που ορύσσει η συσταλή ρίζα καθώς μετακινείται. Νωρίς τον Φεβρουάριο μπορεί κανείς με μια προσεκτική παρατήρηση σε τομή εδάφους να διακρίνει την υπόγεια στοά, διαμέτρου 0,6-0,8 cm, που αφήνεται πίσω από κάθε συσταλή ρίζα, καθώς και το λεπτό, επιμηκυσμένο νήμα μετα γονοφθαλμίδια που βρίσκεται μέσα στη στοά αυτή (Galil, 1968).

Έτσι λοιπόν ο υπόγειος βλαστός της οξαλίδας αποτελείται από δύο τμήματα: α) ένα μάλλον παχύ κατακόρυφο βλαστό που αναπτύσσεται από την αρχή της βλαστικής περιόδου, ο οποίος φτάνει ως την επιφάνεια του εδάφους και φέρει τις ρίζες της οξαλίδας και μερικά γονοφθαλμίδια και β) το επιμηκυσμένο νήμα που επεκτείνεται οριζοντίως μέσα στη στοά και το οποίο φέρει επίσης γονοφθαλμίδια. Το νήμα που είναι εγκλεισμένο έσα στον βολβό φέρει περίπου 3 γονοφθαλμίδια. Στις μασχάλες των λεπιών (Galil, 1968).

Τα γονοφθαλμίδια που είναι μέσα στη στοά που ορύσσει η συσταλή ρίζα σταματούν να αυξάνουν όταν φτάσουν το μέγεθος των 3 mm και τα γονοφθαλμίδια του υπόγειου βλαστού είναι στο στάδιο αυτό μεγαλύτερα, παρόλο που σχηματίζονται πολύ αργότερα. Η διατήρηση του μικρού μεγέθους των γονοφθαλμιδίων μέσα στη στοά επιτρέπει την ευκολότερη μετακίνησή τους. Τα γονοφθαλμίδια μέσα στη στοά αρχίζουν και πάλι να αυξάνονται σε μέγεθος όταν η συσταλή ρίζα σταματά να μετακινείται

μέσα στο έδαφος και οι αποθησαυριστικές ουσίες της συσταλτής ρίζας μεταφέρονται στα αυξανόμενα γονοφθαλμίδια αλλά όχι αναλογικά (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Αφού η συσταλτή ρίζα σταματήσει να μετακινείται μέσα στο έδαφος, τελικά, περίπου 3 γονοφθαλμίδια βρίσκονται στην άκρη του νήματος, κοντά στη βάση της συσταλτής ρίζας, 2 ή 3 γονοφθαλμίδια βρίσκονται κατά μήκος του νήματος, 1 ή 2 γονοφθαλμίδια μεταξύ των σκληρών περιβλημάτων του μητρικού βολβού που βαθμιαία διαγκώνονται και καταλαμβάνουν το χώρο μέσα στα σαρκώδη λέπια του και αρκετά γονοφθαλμίδια κατά μήκος του υπογείου, κατακόρυφου βλαστού. Τα γονοφθαλμίδια αυτά βαθμιαία διαγκώνονται και στο τέλος της βλαστικής περιόδου θα έχουν πλέον εξελιχθεί σε ώριμους, αναπαραγωγικούς βολβούς που περιβάλλονται από καφέ, σκληρά περιβλήματα. Καθένας από αυτούς τους βολβούς, το φθινόπωρο, όταν πέσει η θερμοκρασία και διακοπεί ο λήθαργός τους, θα βλαστήσει και θα δώσει νέο φυτό, το οποίο θα παράγει έναν αριθμό νέων βολβών. Αυτό συνεχίζεται κάθε χρόνο με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας πυκνό τάπητας από οξαλίδα, ο οποίος αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς και σύντομα καλύπτει πλήρως όλη την επιφάνεια του εδάφους (Galil, 1968).

Σε υγρά εδάφη οι συσταλτές ρίζες δημιουργούνται από πολύ νωρίς, μόλις εμφανιστεί ο ρόδακας των φύλλων στην επιφάνεια του εδάφους. Η απόσταση και η γωνία στην οποία οι νέοι βολβοί θα μετακινηθούν μακριά από το μητρικό βολβό εξαρτάται από το επίπεδο υγρασίας, τη δομή του εδάφους και το βάθος στο οποίο βρίσκεται μητρικός βολβός. Η απόσταση που μπορεί να διανύσει η συσταλτή ρίζα μέσα στο έδαφος και επομένως η απόσταση στη οποία μεταφέρονται τα γονοφθαλμίδια μακριά από το μητρικό βολβό, εξαρτάται κυρίως από τον τύπο και τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους (Putz και συνεργάτες, 1994). Συνήθως η απόσταση αυτή είναι 20-30 cm και σε ακραίες περιπτώσεις φτάνει τα 40-47 cm (Galil 1968, Peirce 1997).

Σε ένα μικρό ποσοστό φυτών του συνολικού πληθυσμού των φυτών της οξαλίδας ενδέχεται στις μασχάλες των φύλλων του ρόδακα να σχηματιστούν πολύ μικροί εναέριοι βολβοί. Αυτή η ανακάλυψη δίνει μία επαρκή εξήγηση για τη δημιουργία νέων αποικιών οξαλίδας πολύ μακριά από τη μολυσμένη καθώς η διασπορά των βολβών μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του ανέμου (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Οι βολβοί της οξαλίδας είναι ετήσιοι γιατί βλαστάνουν όλοι την ίδια εποχή. Η οξαλίδα δίνει την εντύπωση ενός ετήσιου ζιζανίου γιατί η βλαστική περίοδος της διαρκεί από το φθινόπωρο μέχρι το επόμενο καλοκαίρι, αλλά θεωρείται ως πολυετές ζιζάνιο γιατί, κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, κάθε φυτό παράγει βολβούς οι οποίοι βλαστάνουν το επόμενο φθινόπωρο μετά τη δημιουργία τους (Peirce 1997, Marshall 1987 & Sagar 1974, Michael 1965).

1.6 Προσβολή της οξαλίδας από την Οροβάγγη

1.6.1 Γενικά

Σε πολλές περιοχές της Κρήτης και αλλού, η οξαλίδα προσβάλλεται στο τέλος του βιολογικού της κύκλου από το παράσιτο Οροβάγγη (*Orobanche ramosa*, *Orobanche mutelii*). Η Οροβάγγη (*Orobanche sp.*) είναι ένα από τα σοβαρότερα παράσιτα του ριζικού συστήματος διαφόρων καλλιεργούμενων φυτών. Οι σπόροι των περισσότερων ειδών του παρασίτου αυτού ,για να φυτρώσουν, απαιτούν την παρουσία διεργετικών ουσιών που εκκρίνονται από τα φυτά-ξενιστές .Το ποσοστό φυτρώματος των σπόρων της αυξάνει με την απουσία φωτός, όταν η θερμοκρασία είναι 20-25 °C και όταν η υγρασία του εδάφους είναι κάτω από το σημείο της υδατοχωρητικότητας (Κωτούλα-Συκά, 1986).

1.6.2 Περιγραφή του παρασίτου

Η οικογένεια Orobanchaceae περιλαμβάνει φυτά που στερούνται χλωροφύλλης και είναι ολοπαρασίτα του ριζικού συστήματος πολλών πλατύφυλλων καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών. Η Οροβάγγη (*Orobanche L.*) είναι δικότυλο με 150 περίπου είδη της οικογένειας Orobanchaceae ,όλα παράσιτα των ριζών άλλων φυτών. Μονοετείς ή πολυετείς πόες, με βλαστό παχύ, σαρκώδη , καμιά φορά βολβώδη στη βάση ,απλό ή διακλαδιζόμενο, κιτρινωπό ,ερυθρωπό ή λευκοϊώδη χωρίς χλωροφύλλη, με φύλλα μικρά, λεπιώδη με το χρώμα το βλαστού. Τα άνθη είναι ερυθρά, κίτρινα, κυανά σπανίως λευκά, επιφυή ή με βραχύτατο ποδίσκο, κατά στάχυ ή βότρυ , φέροντας ο καθένας ένα ή τρία βράκτεια , εκ των οποίων τα δύο πλάγια μικρότερα. Κάλυκας κωδωνοειδής 4λοβος ή χωριζόμενος σε 2 ευδιάκριτα σέπαλα δισχιδή ή ακέραια. Η στεφάνη δίχειλη, χνουδωτή αδενώδης ή λεία με το άνω χείλος όρθιο ,

ακέραιο ή δίλοβο και το κάτω απλωτό –τρίλοβο. Στήμονες φυόμενοι (4) από το σωλήνα της στεφάνης. Στίγμα δίλοβο. Η κάψα ανοίγει από την κορυφή με 2 γλωχίνες στο μέσο με βαλβίδες συμφυείς στην κορυφή με τη βάση του στύλου . Σπέρματα πολυάριθμα μικρότατα διασκορπιζόμενα και μεταφερόμενα εύκολα ως σκόνη με τον άνεμο και το νερό .Επιβλαβέστατα καμία φορά παράσιτα πολλών καλλιεργούμενων φυτών (διάφορα λαχανικά, ιδίως όσπρια και πολλά κτηνοτροφικά ψυχανθή, καπνός βαμβάκι) γνωστά με τα ονόματα λύκος, λυκόχορτο(Κωτούλα-Συκά, 1986).

1.6.3 Μορφολογία

Το υπόγειο τμήμα του παρασίτου περιλαμβάνει το ριζίδιο. Το ριζίδιο αυτό εμφανίζεται ταυτόχρονα με το φύτρωμα του σπόρου και προσκολλάται στη ρίζα του ξενιστή όπου μέσα σε λίγες μέρες σχηματίζει τον τροφικό σωλήνα (Haustorium) διαμέσου του οποίου μεταφέρονται τα θρεπτικά στοιχεία από τον ξενιστή στο παράσιτο. Στην συνέχεια μία μάζα ιστού (διαμέτρου 1 cm περίπου) της Οροβάγχης ,γνωστή και ως «φυμάτιο», δημιουργείται πάνω στη ρίζα του ξενιστή. Το σχηματισμό του φυματίου ακολουθεί η διαφοροποίηση του βλαστού του παρασίτου, ο οποίος συνήθως αναπτύσσεται γρήγορα και εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους μέσα σε λίγες μόνο ημέρες (149). Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του υπογείου τμήματος του βλαστού, στο σημείο σύνδεσης του παρασίτου με τον ξενιστή (φυμάτιο), αναπτύσσονται λεπτές πλάγιες ρίζες οι οποίες όταν έρθουν σε επαφή με τις ρίζες του ξενιστή σχηματίζουν δευτερεύοντες τροφικούς σωλήνες(Kuijt,1969).

Το υπέργειο τμήμα του φυτού αποτελείται από όρθιο βλαστό, απλό ή διακλαδιζόμενο, λείο ή τριχωτό χωρίς χλωροφύλλη αλλά με μικρά λεπιδόμορφα φύλλα σε εναλλασσόμενη διάταξη. Ο χρόνος εμφάνισης του βλαστού της οροβάγχης πάνω στο έδαφος διαφέρει μεταξύ των ειδών και των ξενιστών της. Το ύψος του βλαστού διαφέρει επίσης από είδος σε είδος και κυμαίνεται από 10 έως 100 cm. Στο άνω μέρος του βλαστού εμφανίζονται τα διγενή, σωληνωτά άνθη σε ταξιανθία στάχυ. Αυτά έχουν χρώμα λευκό, ανοιχτό κίτρινο, ιώδες ή γαλάζιο και κάλυκα με λοβούς. Φέρουν 4 στήμονες και στύλο με δίλοβο ή τετράλοβο στίγμα. Ο καρπός είναι κάψα. Αυτό περιέχει πολλούς μικροσκοπικούς καφέ σπόρους, που έχουν μήκος 0,2-0,3 mm περίπου. Το περίβλημα των σπόρων αποτελείται από σκληροποιημένα κύτταρα που

επιφάνειά τους παρουσιάζει μια δικτυωτή όψη. Τα κύτταρα του ενδοσπερμίου περιβάλλουν ένα μη διαφοροποιημένο έμβρυο που δεν έχει κοτυληδόνες και ριζική καλύπτρα. Ένα φυτό μπορεί να παράγει πάνω από 100.000 σπόρους(Kuijt,1969).

1.6.4 Βιολογία

Η διασπορά των σπόρων του παρασίτου γίνεται πολύ εύκολα με τον αέρα και το νερό. Οι ώριμοι σπόροι αφού περάσουν μια περίοδο λήθαργου ή μεθωρίμανσης που κυμαίνεται από δέκα μήνες μέχρι δύο χρόνια , μπορούν και επιβιώνουν στο έδαφος από 10 μέχρι 20 έτη. Κατά την διάρκεια των 10-24 μηνών γίνονται διάφορες μεταβολικές διεργασίες που διακόπτουν τον λήθαργο των σπόρων, οι οποίοι στη συνέχεια μπορούν και φυτρώνουν παρουσία του ξενιστή. Οι Nash and Wilhem (1960) και Abu Shakra et al (1970) βρήκαν ότι η παρουσία ενδογενούς γιββεριλλικού οξέος είναι απαραίτητη για το φύτρωμα των σπόρων *O.ludoviciana* *O. ramosa* ενώ άλλοι ερευνητές όπως αναφέρει ο Edwards (1972) ,δεν βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα όταν μελέτησαν άλλα είδη οροβάγχης(Kuijt,1969).

Η περίοδος της μεθωρίμανσης μπορεί να βραχυνθεί όταν επικρατήσουν χαμηλές θερμοκρασίες. Μετά το στάδιο της μεθωρίμανσης ακολουθεί το στάδιο της προσαρμογής (conditioning stage) που διαρκεί συνήθως μερικές βδομάδες. Κατά τη διάρκεια του σταδίου της προσαρμογής ο σπόρος δέχεται την επίδραση της υγρασίας και της θερμοκρασίας ,που θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για να αντιδράσει στα ριζικά εκκρίματα του ξενιστή και φυτρώνει. Κατά το στάδιο αυτό θεωρείται πιθανότερο ότι απομακρύνονται και οι ουσίες που αναστέλλουν το φύτρωμα του σπόρου. Η παρουσία του ξενιστή θεωρείται επίσης απαραίτητη προϋπόθεση για το φύτρωμα του σπόρου της οροβάγχης. Με την πάροδο αυτών των σταδίων και εφόσον ο σπόρος βρεθεί σε απόσταση μερικών χιλιοστών από τις ρίζες του ξενιστή αρχίζει να φυτρώνει και να δημιουργεί το ριζίδιο (radicle germ). Από εργαστηριακές μελέτες βρέθηκε ότι οι διεργετικές ουσίες του ξενιστή συμβάλλουν μόνο στη δημιουργία ενός τροφικού σωλήνα (μήκους 1-3mm περίπου) και δεν επηρεάζουν παραπέρα την εξέλιξη του παρασίτου. Αυτό σημαίνει ότι οι ουσίες που εκκρίνονται από τους ξενιστές και προάγουν την ανάπτυξη του παρασίτου, εξασφαλίζοντάς του την δυνατότητα παρασιτισμού, είναι διαφορετικές από εκείνες που προκαλούν το φύτρωμα του σπόρου. Αυτή η παρατήρηση πιθανόν να εξηγεί τη διαφορά μεταξύ ξενιστών και μη ξενιστών

φυτών (φυτά παγίδες) στη συμβολή τους πάνω στο φύτρωμα των σπόρων της οροβάγχης (Ελένη Κωτούλα-Συκά,1986).

Οι διεργετικές ουσίες του ξενιστή μπορούν να προκαλέσουν φύτρωμα του σπόρου ακόμη και όταν ο τελευταίος βρεθεί σε απόσταση ενός εκατοστού από τη ρίζα του. Οι σπόροι όμως που φυτρώνουν και παρασιτούν βρίσκονται συνήθως σε απόσταση 2 ή 3 χιλιοστών από τον ξενιστή(Καββάδας 1956).

Η ανάπτυξη των σποροφύτων του παρασίτου , η εγκατάσταση και η σύνδεσή του με τον ξενιστή είναι μια πολύπλοκη διεργασία που επηρεάζεται από τα ριζικά εκκρίματα του ξενιστή. Οι σπόροι όταν διεγερθούν εμφανίζουν αύξηση των κυττάρων στο μελλοντικό ριζικό άκρο τους, η οποία πιθανόν δεν οφείλεται σε μιτωτική διαίρεση. Τα κύτταρα αυτά περνούν το κάλυμμα του σπόρου και αναπτύσσονται προς τη ρίζα του ξενιστή. Στη συνέχεια ,σχηματίζεται το ριζίδιο (μήκους 3-4 mm) που περνά την επιδερμίδα και καταλήγει στο φλοιό της ρίζας του ξενιστή χωρίς να προκαλέσει μεγάλη βλάβη. Μόλις φθάσει στον κεντρικό άξονα της ρίζας σχηματίζει ένα σωληνωτό ιστό ,ο οποίος αποτελεί το όργανο μεταφοράς των θρεπτικών συστατικών και του νερού. Το κύριο τμήμα του οργάνου αυτού (τροφικός σωλήνας) είναι ένα μη διαφοροποιημένο παρέγχυμα , χωρίς ηθμώδη ιστό. Ο ξυλώδης όμως ιστός του, σε αντίθεση με άλλα παράσιτα , αποτελείται από τραχεΐδες μόνο που μοιάζουν με ίνες σε ανώμαλη διάταξη(Καββάδας 1956).

Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του τροφικού σωλήνα , στο παράσιτο σχηματίζονται πλάγιες ρίζες που αποτελούνται από επιδερμίδα , φλοιό και ξυλώδη αγγεία, αλλά στερούνται ριζικής καλύπτρας και τριχών. Όταν οι πλάγιες αυτές ρίζες έρθουν σε επαφή με τις ρίζες του ξενιστή σχηματίζουν δευτερεύοντες τροφικούς σωλήνες. Απαραίτητη προϋπόθεση για την έναρξη του σχηματισμού των προαναφερθέντων οργάνων είναι η παρουσία των ειδικών διεργετικών ουσιών που εκκρίνονται από τους ξενιστές. Αν και δεν έχει ταυτοποιηθεί ακόμα η χημική σύνθεση αυτών των ουσιών, εντούτοις μερικές ενδείξεις συνηγορούν ότι πρόκειται για κάποιο παράγωγο του βενζοπυρανίου(Kuijt, 1969).

Οι διάφοροι παράγοντες του περιβάλλοντος καθώς και επίσης και οι καλλιεργητικές μέθοδοι επηρεάζουν το φύτρωμα της Οροβάγχης και κατ' επέκταση το ποσοστό παρασιτισμού της στους διάφορους ξενιστές. Ο Wilhem (1954) αναφέρει ότι

οι παρατεταμένες ξηρικές συνθήκες στο έδαφος (3 μήνες θερμ. 15-30 °C) μειώνουν σημαντικά τον αριθμό βλαστών της οροβάγλης που εμφανίζονται στη επιφάνεια του εδάφους, ενώ αν η ξηρασία κρατήσει έξι μήνες τότε δεν εμφανίζεται κανένας βλαστός. Ακόμα σε συνθήκες κατάκλυσης με νερό, για έναν ή περισσότερους μήνες οι σπόροι χάνουν τη φυτρωτική τους ικανότητα. Το άριστο εύρος θερμοκρασιών για το φύτρωμα των σπόρων είναι γύρω στους 20-25 °C. Έτσι λοιπόν ο συνδυασμός υγρασίας και θερμοκρασίας είναι καθοριστικός για το φύτρωμα των σπόρων, αφού η διάρκειά τους επηρεάζει το στάδιο προσαρμογής του παρασίτου(Κωτούλα-Συκά,1986).

Έτσι λοιπόν η Οροβάγλη αποτελεί γενικότερα ένα από τα δυσκολοεξόντωτα παράσιτα για τα καλλιεργούμενα φυτά και όχι μόνο. Για την οξαλίδα όμως αυτό μπορεί να θεωρηθεί και ως ένας τρόπος έγκαιρης αναστολής της ανάπτυξης της την άνοιξη, πριν το ζιζάνιο γίνει έντονα ανταγωνιστικό για τις καλλιέργειες όσον αφορά το νερό .



Εικόνα 3: Προσβολή της οξαλίδας από το παράσιτο *Orobanche mutelii*.

1.7 Αντιμετώπιση οξαλίδας

Τα αποθέματα του βολβού χρησιμοποιούνται για την αρχική ανάπτυξη του βλαστού και της ρίζας της οξαλίδας. Όταν αυτά εξαντληθούν το φυτό είναι μια φωτοσυνθετικά ενεργό και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μεταφέρονται στα υπόγεια τμήματα του φυτού προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη των νέων βολβών (Lane, 1984). Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την καταπολέμηση της οξαλίδας θα πρέπει να αποσκοπεί στη παρεμπόδιση της αναβλάστησής της καθώς και της δημιουργίας νέων βολβών (Michael, 1965).

Η χημική καταπολέμηση της οξαλίδας χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα, αφενός μεν γιατί συχνά δεν κρίνεται απαραίτητη η αντιμετώπισής της αφετέρου δε γιατί υπάρχει έλλειψη κατάλληλων ζιζανιοκτόνων (Lane, 1984). Συχνά γίνεται κοπή του υπέργειου μέρους της ή καλλιέργεια εδάφους. Αν η κοπή γίνει πριν την εξάντληση των θρεπτικών αποθεμάτων του μητρικού βολβού, το ζιζάνιο αναβλαστάνει. Αναποτελεσματική είναι και η κοπή που γίνεται μετά την πλήρη ανάπτυξη της συσταλτής ρίζας, γιατί τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης έχουν ήδη αποθηκευτεί στο εσωτερικό της και έτσι μπορούν να αναπτυχθούν τα γονοφθαλμίδια και να εξελιχθούν σε ώριμους, αναπαραγωγικούς βολβούς (Michael, 1965). Στην περίπτωση αυτή μπορεί να μην παρεμποδίζεται η παραγωγή νέων βολβών αλλά μερικές φορές προκαλείται μείωση του αριθμού και του μεγέθους των βολβών, αφού τα φυτά έχουν στη διάθεσή τους λιγότερα θρεπτικά στοιχεία (Lane, 1984).

Το πιο ευαίσθητο στάδιο κατά το οποίο μια μέθοδος αντιμετώπισης μπορεί να είναι αποτελεσματική, είναι το στάδιο μετά την εξάντληση του μητρικού βολβού και πριν την ανάπτυξη της συσταλτής ρίζας. Αυτό το στάδιο είναι περίπου την 53^η ημέρα μετά την εμφάνιση του ρόδακα των φύλλων στην επιφάνεια του εδάφους (Michael 1965, Lane 1984).

1.8. Επίδραση του βάθους φύτευσης στη βλάστηση ανάπτυξη των βολβών

Οι βολβοί της οξαλίδας μπορούν να βρεθούν σε βάθος 2-50 cm από την επιφάνεια του εδάφους ή και βαθύτερα και η ικανότητά του ζιζανίου να φτάσει στην επιφάνεια

του εδάφους εξαρτάται από το μέγεθος του μητρικού βολβού και από τον τύπο του εδάφους. Είναι κοινά αποδεκτό ότι μεγάλοι βολβοί έχουν περισσότερες πιθανότητες να βλαστήσουν. Ο Peirce (1997) υποστηρίζει ότι σε αβαθή και συνεκτικά εδάφη βλαστάνουν οι μισοί βολβοί σε σχέση με τους βολβούς που βλαστάνουν σε βαθειά, ελαφριά εδάφη. Ο υπόγειος βλαστός της οξαλίδας, όταν αναπτύσσεται σε σχετικά ελαφρύ έδαφος, χαρακτηρίζεται από την ικανότητα να μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια του εδάφους, ακόμα και όταν ο βολβός βρίσκεται σε σχετικά μεγάλο βάθος. Κατά τον Πασπάτη (1985) και τον Galil (1968), σε ελαφριά εδάφη οι βολβοί της οξαλίδας μπορούν να βλαστήσουν ακόμα και όταν βρίσκονται σε βάθος 80-90 cm. Ο ρόδακας των φύλλων στην περίπτωση αυτή εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους κάπως καθυστερημένα σε σχέση με τους βολβούς που βρίσκονται σε μικρότερο βάθος και αυτό έχει ως συνέπεια να προκύπτουν φυτά με μικρότερα φύλλα τα οποία όμως ανθίζουν φυσιολογικά (Galil, 1968).

Οι βολβοί που παράγονται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου από το ίδιο φυτό δεν έχουν πάντα το ίδιο μέγεθος. Το μέγεθος και το βάρος του κάθε βολβού εξαρτάται από το βάθος στο οποίο βρίσκεται. Κατά τους Δαμανάκη και Μαρκάκη (1990), παρατηρείται μείωση του αριθμού των βολβών καθώς προχωράμε από τα επιφανειακά στρώματα προς τα βαθύτερα, αλλά αύξηση του μεγέθους και του συνολικού βάρους των βολβών έτσι ώστε να είναι ικανοί οι υπόγειοι βλαστοί να φτάσουν στην επιφάνεια του εδάφους.

Αυτό συμβαίνει γιατί οι αποθησαυριστικές ουσίες και το νερό της συσταλτής ρίζας μεταφέρονται στα αναπτυσσόμενα γονοφθαλμίδια μέσα στη στοά αλλά όχι αναλογικά. Πάντοτε το γονοφθαλμίδιο που βρίσκεται βαθύτερα (προσκολλημένο στη βάση της συσταλτής ρίζας) γίνεται μεγαλύτερος βολβός. Με τον τρόπο αυτό η οξαλίδα εφοδιάζει τους βολβούς που βρίσκονται στα βαθύτερα στρώματα με αρκετά θρεπτικά αποθέματα για να είναι τα φυτάρια της οξαλίδας ικανά να φτάσουν την επιφάνεια του εδάφους κατά το χρόνο της βλάστησης (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

Το βάθος στο οποίο βρίσκονται οι βολβοί της οξαλίδας επηρεάζουν επίσης τη διεύθυνση και το μέγεθος των συσταλτών ριζών. Στη βάση των βολβών που βρίσκονται σε βάθος μεγαλύτερο από 30 cm από την επιφάνεια του εδάφους συνήθως δημιουργείται μια συσταλή ρίζα μικρού μήκους (3-8 cm) η οποία μετακινείται

οριζόντια και τελικά φτάνει σε μικρή απόσταση από το μητρικό βολβό (5-6 cm) ,ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις δεν καταφέρνει να τραβήξει έξω από το βολβό το νήμα που φέρει τα γονοφαλμίδια. Αντίθετα οι μητρικοί βολβοί που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους τείνουν να δημιουργήσουν μεγαλύτερου μήκους συσταλτές ρίζες που μετακινούνται έτσι ώστε να ωθούν τους νέους βολβούς βαθύτερα μέσα στο έδαφος. Έτσι ένας από τους ρόλους της συσταλτής ρίζας είναι να μεταφέρει τα γονοφαλμίδια, που θα εξελιχθούν σε ώριμους βολβούς, στο ιδανικό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους (Galil 1968, Peirce 1997).

Τα γονοφαλμίδια που αναπτύσσονται κατά μήκος του κατακόρυφου υπόγειου βλαστού, τα οποία θα εξελιχθούν σε ώριμους βολβούς δεν διαμοιράζονται σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Όταν οι μητρικοί βολβοί βρίσκονται σε βάθος 10-25 cm τα περισσότερα γονοφαλμίδια συγκεντρώνονται στο κατώτερο μέρος του υπόγειου βλαστού, κοντά στο μητρικό βολβό. Αντίθετα όταν οι βολβοί βρίσκονται σε πολύ μεγάλο βάθος αναπτύσσονται υπόγειοι βλαστοί που φέρουν τα περισσότερα γονοφαλμίδια σε βάθος περίπου 40 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή συνήθως τα γονοφαλμίδια που βρίσκονται στο χαμηλότερο τμήμα του δεν εξελίσσονται σε ώριμους βολβούς. Έτσι ένα ικανοποιητικό ποσοστό από το συνολικό αριθμό των βολβών που παράγεται από το κάθε φυτό σχηματίζονται στο ιδανικό βάθος. Ιδανικό βάθος θεωρείται ότι είναι περίπου τα 30-35 cm από την επιφάνεια του εδάφους, όταν το φως είναι διαθέσιμο, ενώ όταν τα φυτά πρόκειται να αναπτυχθούν σε σκοτεινό μέρος το ιδανικό βάθος είναι μικρότερο (Galil, 1968).

1.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα γλοοτάπητα οξαλίδας

Η οξαλίδα δημιουργεί ένα φυσικό χειμερινό γλοοτάπητα κυρίως σε αμπελώνες αλλά και ελαιώνες σε πολλές περιοχές της Ελλάδας και κυρίως της Κρήτης, της Δυτικής Ελλάδος και της Πελοποννήσου.

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 9^ο 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). Η καταπολέμηση της οξαλίδας σε ελαιώνες κρίνεται απαραίτητη (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. *ceprae*. 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, η οποία οφείλεται 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).

Στους αμπελώνες της Κρήτης η οξαλίδα δημιουργεί ένα φυσικό χειμερινό τάπητα ο οποίος έχει αρκετές ευεργετικές επιδράσεις. 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 από την προσβολή του ζιζανίου από το φανερόγαμο παράσιτο Οροβάγχη (Πασπάτης, 1985) όπως προαναφέρθηκε. Στην περίπτωση που αυτό δε 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. Πράγματι το ξηρό βάρος της οξαλίδας είναι μόνο 7% συγκρινόμενο με το 13 % του *Sinapis alba* (και τα δύο στο στάδιο της άνθησης). Η πληροφορία αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην εξαγωγή συμπεράσματος για το αν η οξαλίδα πρέπει να θεωρείται σαν ζιζάνιο (Δαμανάκης και Μαρκάκη, 1990).

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 δέντρων σε νερό είναι αυξημένες, η οξαλίδα έχει αποξηραθεί και τα υπολείμματά της περιορίζουν την απώλεια εδαφικής υγρασίας ενώ παράλληλα εφοδιάζουν το έδαφος με οργανική ουσία (Φυσαράκης, 1999).

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του τάπητα από οξαλίδα το οποίο στηρίζεται σε απλές παρατηρήσεις σε αμπελώνες, εσπεριδεώνες και ελαιώνες είναι όταν η οξαλίδα είναι παρούσα καταστέλλεται η εμφάνιση και ανάπτυξη άλλων πιο δυσκολοεξόντων ζιζανίων όπως το *Parietaria sp.* (που συντελεί τα τελευταία χρόνια ένα πολύ σημαντικό ζιζάνιο στη Δυτική Ελλάδα), όπως επίσης και άλλα ζιζάνια των γενών *Amaranthus*, *Chenopodium* κ.α. (Πασπάτης, 1985). 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). Η δημιουργία ενός φυσικού χλοοτάπητα από οξαλίδα στο έδαφος του αμπελώνα και του δεντρώνα και η κατάλληλη διαχείρισή του αποτελεί μια καλή μέθοδο ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των ζιζανίων, που όμως χρησιμοποιείται προς το παρόν σε σχετικά περιορισμένη κλίμακα στην Ελλάδα. Για όλους τους παραπάνω λόγους και κυρίως διότι κρατά τον αμπελώνα ελεύθερο από τα πιο ανταγωνιστικά θερινά ζιζάνια, πολλοί αμπελοκαλλιεργητές στην Ελλάδα, αλλά και σε

άλλες χώρες, υποστηρίζουν ότι η οξαλίδα είναι ένα ωφέλιμο ζιζάνιο (Πασπάτης 1985, Δαμανάκης και Μαρκάκη).

1.10 Οξαλικό οξύ και ο ρόλος του στους διάφορους οργανισμούς

1.10.1 Γενικά

Το οξαλικό οξύ είναι ένα από τα πολλά οργανικά οξέα που περιέχουν τα φυτικά κύτταρα. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στα χυμοτόπια των κυττάρων (οξαλίδα, σπανάκι) με την μορφή των κρυστάλλων οξαλικού ασβεστίου (Βλάχος, 1999).

Το οξαλικό οξύ συσσωρεύεται συχνά ως τελικό προϊόν του μεταβολισμού στα κύτταρα φυτών, ως ελεύθερο οξύ, ως εστέρας νατρίου και καλίου, είτε κατακρημνίζεται ως αδιάλυτο άλας ενώ η συνηθέστερη μορφή του είναι σε μορφή οξαλικού ασβεστίου. Οι αποθέσεις οξαλικού ασβεστίου εμφανίζονται ως μικροσκοπικοί κρύσταλλοι σε πολλούς διαφορετικούς ιστούς και όργανα σε μια ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών. Το συσσωρευμένο ποσό τους ποικίλλει μεταξύ των ειδών και μπορεί να συμπεριλάβει μέχρι και το 85% του ξηρού βάρους μερικών φυτών. Στο ζωικό βασίλειο το οξαλικό οξύ και τα άλατά του παρουσιάζονται στα ούρα και το αίμα των θηλαστικών. Ένα μεγάλο μέρος οξαλικών στα ζώα προέρχεται από οξαλικούς εστέρες που λαμβάνονται με το φυτικό ιστό, αν και τα θηλαστικά μέσω της οξειδωσης του glyoxlate και ascorbate συνθέτουν και αυτά μικρά ποσά του ίδιου ατόμου.

Το οξαλικό οξύ είναι ένα ευρέως παραγόμενο φυσικό προϊόν των ζώων, των φυτών και άλλων οργανισμών όπως των μυκήτων. Εμφανίζεται μερικές φορές ως ελεύθερο οξύ, αλλά συχνότερα ως άλας ασβεστίου. Οι οργανισμοί εκθέτουν τα διάφορα επίπεδα οξαλικού σε περιεκτικότητα που παρουσιάζουν ακόμη και διακυμάνσεις μεταξύ των οργάνων.

Η εμφάνιση και η διανομή οξαλικού 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 οργανισμών μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με την ηλικία τους, την εποχή, το κλίμα και τον τύπο χώματος. Σε μερικά φυτά, όπως το ρεβέντι (*Rheum rhabarbaricum*) η οξαλική περιεκτικότητα τείνει να αυξηθεί σε φυτά ώριμα, ενώ, σε

άλλα φυτά, π.χ. σπανάκι, φύλλα ζαχαρότευτλων, και μπανάνες, υπάρχει μια μεγάλη αύξηση οξαλικού στην περιεκτικότητα κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων ανάπτυξης, που ακολουθείται από μια μείωση έως ότου γίνουν ώριμα φυτά. (Caliskan, 1998)

Το οξαλικό οξύ είναι ένα από τα ισχυρότερα οργανικά οξέα με Pka (σταθερά διάσπασης) από 1.3 έως 4.3

Ο μοριακός τύπος του οξαλικού οξέος είναι: $(\text{COOH})_2$. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως διαβρωτικό αλλά τα προβλήματα προκαλούν συνήθως οι διαλυτοί εστέρες του. Οι οποίοι συνήθως είναι:

1) εστέρας του καλίου



2) εστέρας του νατρίου



3) αμμωνιακός εστέρας

Ακόμα οι αδιάλυτοι μορφές του οξαλικού οξέος περιλαμβάνουν τα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου (Mary C. Smith, 1999)

Το οξαλικό οξύ μπορούμε να το συναντήσουμε :

1. Ως παράγωγο της αιθυλενογλυκόλης (αντιψυκτικό) η οποία μεταβολίζεται σε εστέρα του οξέος.

2. Στα φυτά έως και 10% σε συγκέντρωση ξηράς ουσίας.

Στη φύση το οξαλικό οξύ βρίσκεται στις ακόλουθες μορφές :

α) ως ιόντα εστέρων του οξαλικού οξέως, με pH 6

Στα φυτά *Halogeton glomeratus* (οικ. Chenopodiaceae), *Sarcobatus vermiculatus* (οικ. Chenopodiaceae) και *Amaranthus spp.*(οικ. Asteraceae).

β) ως εστέρες του οξαλικού οξέος με pH 2.

Στα φυτά του γένους *Rumex spp.*

γ) και στις δύο παραπάνω μορφές ταυτόχρονα ή σε άλλες απροσδιόριστες

Στο φυτό *Rheum rhaponticum* (ρεβέντι) - ο μίσχος ακόμα περιέχει το μηλονικό οξύ,

Beta vulgaris (ζαχαρότευτλα) και στο μύκητα *Aspergillus*

δ) ως κρύσταλλοι του οξαλικού ασβεστίου :

Στα φυτά Arisaema spp., Dieffenbachia sequine, philodendron spp., Caladium spp..

1.10.2 Μικροοργανισμοί και οξαλικοί εστέρες

Πολλοί μύκητες, που ανήκουν στους Ασκομύκητες, Βασιδιομύκητες και Ζυγομύκητες, μερικές λειχήνες και γένη μυξομυκήτων *Perichaena* και *Dianema* παράγουν τους κρυστάλλους οξαλικού ασβεστίου κατά τη διάρκεια κάποιας φάσης του κύκλου ζωής τους. Η συσσώρευση οξαλικών εστέρων από τους μύκητες, ιδιαίτερα των ειδών *Aspergillus*, *Penicillium* και *Mucor* είναι μιας τέτοιας μορφής έτσι ώστε αυτοί οι μύκητες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βιομηχανική ζύμωση για οξαλικούς εστέρες. Κατά την αποσύνθεση των φυτών που περιέχουν οξαλικά, σχηματίζεται στο χόμα χηλική ένωση, οι οποίες ιδιότητές της μπορεί να αποδειχθούν τοξικές και να παρεμποδίσουν την αύξηση άλλων φυτών. Εντούτοις, δεδομένου ότι οξαλικά δεν φαίνεται να συσσωρεύονται σημαντικά στο έδαφος και στα υπολείμματα των φυτών που περιέχουν οξαλικούς εστέρες, μπορεί να θεωρηθεί ότι το οξαλικό οξύ είναι γρήγορα αεροβικά διασπանόμενο από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Το οξαλικό οξύ είναι μια ιδιαίτερα οξειδωτική οργανική ένωση με ισχυρή διαβρωτική δράση.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις, το οξαλικό οξύ προκαλεί το θάνατο στους ανθρώπους και τα ζώα λόγω των διαβρωτικών αποτελεσμάτων του. Σε μικρότερα ποσά, το οξαλικό οξύ προκαλεί ποικίλες παθολογικές διαταραχές. Η συσσώρευση των οξαλικών αλάτων ασβεστίου και του φωσφορικού άλατος μπορεί να προκαλέσει το σχηματισμό πέτρας στα νεφρά, ασθένειας που είναι γνωστή ως ουρολιθίαση. Στο άνθρωπο και τα ζώα είναι ένα δευτερεύον τοξικό τελικό προϊόν του μεταβολισμού και εκκρίνεται αμετάβλητο στον οργανισμό, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα γνωστό φυσικά παραγόμενο ένζυμο για την διάσπαση των οξαλικών αλάτων. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η διάσπαση των πετρών των νεφρών θα μπορούσε πιθανώς να γίνει δυνατή με ορισμένα μικρόβια που διασπών τα οξαλικά άλατα (*Oxalobacter formigenes*).

Οι οξαλικοί εστέρες αποτοξινώνονται (καταβολίζονται) μέσω της δράσης δύο ενζύμων, των formyl coenzyme A transferase (που κωδικοποιείται από το *frc* γονίδιο) και coenzyme A oxalyl decarboxylase (που κωδικοποιείται από το γονίδιο *oxc*), που εκκρίνονται από το *Oxalobacter formigenes* που αποικίζει το ανθρώπινο έντερο. Έτσι τα βακτηρίδια υποβάθμισης οξαλικών μειώνουν την απορρόφηση οξαλικών εστέρων από το έντερο και η απουσία τους στο γαστροεντερικό τμήμα, συσχετίζεται με το σχηματισμό του οξαλικού ασβεστίου που έχει ως συνέπεια την ουρολιθίαση.

1.10.3 Εφαρμογές του οξαλικού οξέος

Το οξαλικό οξύ είναι η μόνη οργανική ένωση στην οποία δύο καρβοξυλικές ομάδες ενώνονται άμεσα για αυτόν τον λόγο το οξαλικό οξύ είναι ένα από τα ισχυρότερα οργανικά οξέα. Αντίθετα από άλλα καρβοξυλικά οξέα (εκτός του μυρμηκικού οξέος), είναι εύκολα οξειδώσιμο και αυτό το καθιστά χρήσιμο ως αναγωγικό μέσο για τη φωτογραφία, ως λευκαντικό και για αφαίρεση λεκέδων σε καθαριστήρια ενδυμάτων. Το οξαλικό οξύ παρασκευάζεται συνθετικά, συνήθως με τη θέρμανση του μυρμηκικού άλατος νατρίου με το υδροξείδιο νατρίου για να διαμορφώσει εστέρες οξαλικού νατρίου, οι οποίοι μετατρέπονται σε εστέρες οξαλικού ασβεστίου και επεξεργάζεται με το θειικό οξύ για να ληφθεί το ελεύθερο οξαλικό οξύ.

Η βιολογική παραγωγή των υψηλών ποσών οξαλικού οξέος είναι ενδιαφέρουσα για τις υδροβιομεταλλουργικές εφαρμογές. επειδή το οξαλικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαλυτοποιήσει τα βαριά μέταλλα από τα μεταλλεύματα. Τα αεροβικά οξειδωτικά οξαλικών εστέρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αφαίρεση οξαλικών εστέρων από τα υγρά απόβλητα και το χώμα. Δυστυχώς, ενώ ένας σημαντικός αριθμός βακτηριδίων υποβάθμισης οξαλικών εστέρων έχει απομονωθεί, οι πληροφορίες είναι περιορισμένες σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις τους με τα μικρόβια ή τις δραστηριότητες, με τα μέταλλα ή άλλα στοιχεία

Οι δράσεις των βακτηριδίων υποβάθμισης οξαλικών εστέρων έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα για να προστατεύσουν φυτά ξενιστές από προσβολές μυκήτων (π.χ. *Sclerotinia sclerotium* και *Phytophthora infenstans*) που παράγουν οξαλικούς εστέρες. Οι μελλοντικές εφαρμογές είναι να αναπτυχθούν τα διαγενετικά

φυτά που είναι ανθεκτικά σε οξαλικούς εστέρες παραγόμενους από τα μυκητιακά παθογόνα.

1.10.4 Σύνθεση και αποθήκευση οξαλικών εστέρων

Οι πρώτες μελέτες για τα οργανικά οξέα φυτών, συμπεριλαμβανομένου του οξαλικού οξέος, έδωσαν τα στοιχεία ότι η παραγωγή αυτών των οξέων αφορούσε τη φωτοσύνθεση και το μεταβολισμό των υδατανθράκων. Ο Myers σημείωσε ότι οξαλική συγκέντρωση στα φύλλα ρεβεντιού αυξήθηκε παράλληλα με τις εποχές αύξησης, που συσχετίζονται με τις εποχές της πιο ενεργού φωτοσύνθεσης. Αργότερα, πειράματα στο ρεβέντι και την μπιγκόνια έδειξαν ότι το οξαλικό οξύ δεν ήταν άμεσο προϊόν της φωτοσύνθεσης αλλά ήταν συντεθειμένο σε προκαταρκτικές διεργασίες για την φωτοσύνθεση.

Είναι ευρέως γνωστό ότι το οξαλικό οξύ βιοσυντίθεται μέσω διάφορων σημαντικών διεργασιών. Το Glyoxylate και το L-ascorbic acid εμφανίζονται να είναι οι σημαντικότεροι πρόδρομοι του οξαλικού οξέος στα φυτά. Η γλυκόζη, το οξικό άλας και μερικά οξέα του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων (tricarboxylic acid cycle) περιλαμβάνονται στους προδρόμους της βιοσύνθεσης οξαλικών εστέρων στα παντζάρια και τα νέα φύλλα σπανακιού. Επιπλέον, τα γλυκολικά και ισοκιτρικά οξέα, και το οξαλοξικό οξύ είναι γνωστά για να δίνουν τον άνθρακα του οξαλικού οξέος στα φυτά. Η σχετική σημασία αυτών των μεταβολιτών ως προδρόμους του οξαλικού οξέος δεν έχει εξακριβωθεί.

Τα ένζυμα που συμμετέχουν στη σύνθεση του οξαλικού οξέος είναι ενδιαφέροντα. Στο μαρούλι, δύο ένζυμα προσδιορίστηκαν τα οποία παίζουν ένα ρόλο στην οξειδωση εστέρα γλυκολικού οξέως και πολυσακχαριτών (Mahmut Caliskan, 1998)

1.10.5 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο ζωϊκό μεταβολισμό

Πολλά φυτά και ζώα παράγουν το οξαλικό οξύ, και είναι ενδιαφέρον ότι μοιράζονται μερικές κοινές πορείες της σύνθεσης οξαλικού οξέος. Το οξαλικό προϊόν μπορεί να είναι παρόν ως ελεύθερο οξαλικό οξύ, ως διαλυτά άλατα νατρίου και καλίου ή ως αδιάλυτοι κρύσταλλοι εστέρων οξαλικού ασβεστίου.

Αντίθετα από τα φυτά, ο σχηματισμός κρυστάλλου οξαλικού εστέρα στα ζώα θεωρείται γενικά παθολογικός. Σε ένα σχετικό πλαίσιο, οι περισσότερες αναλυτικές μελέτες που έχουν εξετάσει την εμφάνιση και τη διανομή οξαλικών εστέρων στα φυτά έχουν εστιάσει στην πιθανή αντιθρεπτική επιρροή διαχωρισμού του ασβεστίου στην ανθρώπινη διατροφή.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις οξαλικών εστέρων του ρεβεντιού και του σπανακιού είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, και σε ακραίες περιπτώσεις, τα πλούσια σε οξαλικά φύλλα ρεβεντιού είναι έντονα τοξικά για τους ανθρώπους ακριβώς όπως οι χλόες λιβαδιού υψηλών συγκεντρώσεων σε οξαλικούς εστέρες είναι έντονα τοξικές για τη βοσκή των βοοειδών.

Επιπλέον, υπάρχουν στοιχεία ότι η πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων ασκορβικού οξέος αυξάνει τα ουρικά επίπεδα οξαλικών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στο σχηματισμό εστέρων οξαλικού ασβεστίου των πετρών στα νεφρά και άλλες περιοχές του ουρικού συστήματος.

Το οξαλικό οξύ θεωρείται ως ανεπιθύμητο συστατικό των τροφίμων μας όχι μόνο επειδή αυξάνει τον κίνδυνο σχηματισμού ουρικών πετρών αλλά και επειδή διαχωρίζει το ασβέστιο, το οποίο είναι ένα από τα ουσιαστικά ιόντα, ως αδιάλυτο εστέρα οξαλικού ασβεστίου. . Στην ιατρική, η γνώση της οξαλικής συγκέντρωσης στο αίμα και άλλα υγρά του σώματος μπορούν να είναι πολύ σημαντικές σε ορισμένες κλινικές καταστάσεις όπως η hyperoxaluria. .

Το οξαλικό οξύ έχει θεωρηθεί συνήθως ως αδρανές τελικό προϊόν του μεταβολισμού και μόνο για τα φυτά έχει αναφερθεί ότι είναι σε θέση να μεταβολίσουν το οξαλικό οξύ και τους εστέρες του. Εντούτοις, πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι τα επίπεδα οξαλικών είναι πάρα πολύ υψηλά στην ουσία για να είναι μόνο ένα τελικό προϊόν του μεταβολισμού στα ζώα. Επομένως, έχει προταθεί ότι θα μπορούσε να υπάρξει μια οξειδωτική διαδικασία στα ζώα που χρησιμοποιεί οξαλικούς εστέρες για να παραγάγει H_2O_2 , το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να προωθήσει μια έκρηξη των φαγοκυττάρων (Caliskan, 1998).

1.10.6 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο φυτικό μεταβολισμό

Αντίθετα από τα ζώα, τα φυτά είναι ιδιαίτερα ανεκτικά στο οξαλικό οξύ Το οξαλικό οξύ και οι εστέρες του έχουν ανιχνευθεί σε ποικίλες ποσότητες σε όλα τα μέρη των περισσότερων φυτών, όπως μίσχοι, φύλλα, λουλούδια, βολβοί και ρίζες. κ.ά. Διάφορες λειτουργίες έχουν προταθεί για την παρουσία οξαλικού οξέος στα φυτά. Έχει υπονοηθεί ότι το οξαλικό οξύ έχει σχέση με την ιοντική ισορροπία, δεδομένου ότι μπορεί να συνδυασθεί με τα διάφορα ιόντα και να σχηματίσει τις διαλυτές ή αδιάλυτες ενώσεις. Προτάθηκε ότι η σύνθεση οξαλικών εστέρων γίνεται για να ισορροπήσει την υπερβολή των ανόργανων κατιόντων (που αντιπροσωπεύονται από K^+ , Na^+ , NH_4 , ασβέστιο⁺⁺ και Mg^{++}) **πέρα από τα ανιόντα** (που αντιπροσωπεύονται από NO_3^- , Cl^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}) Η συμμετοχή των ιόντων νιτρικών αλάτων και των ιόντων χλωριδίου στη δραστηριότητα οξειδώσεων οξαλικού οξέος στο *Beta vulgaris* έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση από οξαλικούς εστέρες.

Οι κρύσταλλοι οξαλικού ασβεστίου ήταν μεταξύ των πρώτων αντικειμένων που παρατηρήθηκαν στα φυτά κατά τις πρώτες παρατηρήσεις με μικροσκόπιο προς το τέλος του 17^{ου} αιώνα .Ο σχηματισμός αδιάλυτων εστέρων οξαλικού ασβεστίου επιτρέπει στα φυτά να ελέγξουν τη συγκέντρωση οξαλικού οξέος και ασβεστίου. Και τα δύο μόρια να έχουν μια τοξική επίδραση κατά τη συσσώρευση των υπερβολικών ποσοτήτων. Κατά συνέπεια τα φυτά θα μπορούσαν να επιδιώξουν το σχηματισμό κρυστάλλου οξαλικού ασβεστίου για να αφαιρέσουν το υπερβολικό οξαλικό οξύ ή το ασβέστιο.

Αν και το ασβέστιο είναι ουσιαστικό στη βιολογική αύξηση και την εξέλιξη, το ελεύθερο ασβέστιο στις υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικό στα κύτταρα. Έτσι προτάθηκε ότι ο σχηματισμός και η κατακρήμνιση του εστέρα οξαλικού ασβεστίου χρησιμεύει να διαχωρίσει το υπερβολικό ασβέστιο και να το αφαιρέσει από τον ενεργό μεταβολισμό. Η γρήγορη επαγωγή του σχηματισμού κρυστάλλου οξαλικού ασβεστίου από το φυτό *lemna* ίσως σημαίνει ότι οι κρύσταλλοι μπορούν να χρησιμεύσουν ως μια αποθήκη για το ασβέστιο για τις μελλοντικές ανάγκες των φυτών στο στοιχείο αυτό.

Η περαιτέρω υποστήριξη στη θεωρία αυτή προήλθε από την παρατήρηση ότι σε μερικά φυτά οι κρύσταλλοι εμφανίζονται να διαλύονται κατά τη διάρκεια περιόδων ανεπάρκειας σε ασβέστιο, για να παρέχουν πιθανώς το ασβέστιο για την αύξηση και τη συντήρηση κυττάρων.

Το ασβέστιο απαιτείται για την ενεργοποίηση ή /και τη σταθεροποίηση ορισμένων ενζύμων.

1.10.7 Η συμμετοχή του οξαλικού εστέρα στο μεταβολισμό των μυκήτων

Είναι γνωστό ότι ορισμένοι παθογόνοι μύκητες φυτών εκκρίνουν το οξαλικό οξύ ως τμήμα της διαδικασίας για την προσβολή των φυτικών ιστών. Παραδείγματος χάριν, ο *Sclerotium rolfsii* , ένας μύκητας που προκαλεί ασθένειες σε σχεδόν 100 οικογένειες φυτών.

Ένας άλλος παθογόνος μύκητας που μολύνει ένα ευρύ φάσμα των φυτικών ειδών είναι ο *Sclerotinia sclerotium*. Κατά τη διάρκεια της μόλυνσης, ο μύκητας παράγει υψηλά επίπεδα μιας φυτοτοξίνης νέκρωσης που προσδιορίζεται ως το ίδιο το οξαλικό οξύ. Ο ρόλος του οξαλικού οξέος στη διαδικασία παθογένειας είναι ακόμα ασαφής. Εντούτοις, το οξαλικό οξύ μπορεί να έχει διάφορες λειτουργίες στη διαδικασία μόλυνσης συμπεριλαμβανομένου του σχηματισμού χηλικής ένωσης του ασβεστίου από το κύτταρο που θα καθιστούσε έτσι το πηκτινικό μέρος του πιο διαθέσιμο σε υδρολάσες, που παράγονται από μύκητες και η δημιουργία περιβάλλοντος με όξινο pH που είναι απαραίτητο για τη μέγιστη δραστηριότητα των ενζύμων υποβάθμισης των κυτταρικών τοιχωμάτων που απελευθερώνονται από τους παθογόνους μύκητες. Επιπλέον, προτάθηκε ότι το οξαλικό οξύ που παρήχθη από μύκητες διαδραμάτισε έναν βασικό ρόλο στη βιοδιάσπαση λιγνίνης της μέσω της υποκίνησης ενζυματικών διαδικασιών διάσπασης της λιγνίνης (π.χ. δραστηριότητα Mn - peroxidase). Ένα μέρος της αμυντικής αντίδρασης των φυτών σε αυτό μπορεί να είναι η παραγωγή της οξειδάσης οξαλικών εστέρων που είναι ένα ένζυμο υποβάθμισης οξαλικού οξέος. Μια δεύτερη αντίδραση θα ήταν η υποκίνηση της απόθεσης του οξαλικού οξέος σε μορφή διαλυτού ή αδιάλυτου άλατος . Άλλοι μύκητες που προσβάλλουν τα φυτά χρησιμοποιώντας οξαλικό οξύ για να εκδηλώσουν την παθογένειά τους είναι οι *Botrytis cinerea*, *Beauveria caledonica*.

Το οξαλικό οξύ λοιπόν που είναι ένα ευρέως παραγόμενο φυσικό προϊόν των ζώων, των φυτών και των μυκήτων, είναι ως αδρανές τελικό προϊόν του μεταβολισμού. Επιπλέον, η συσσώρευση οξαλικών εστέρων είναι πιθανά τοξική στους ιστούς επειδή όχι μόνο το οξαλικό οξύ προκαλεί μερικές παθολογικές καταστάσεις στα ζώα και τα

φυτά αλλά και τη συμμετοχή του οξαλικού οξέος στις παθολογικές δραστηριότητες κάποιου μύκητα. Οι ολοένα και περισσότερες πληροφορίες που πηγάζουν μέσα από έρευνες έχουν αλλάξει αυτήν την άποψη και προτείνουν ότι το οξαλικό οξύ και τα άλατά του, οξαλικοί εστέρες, μπορούν να λειτουργήσουν στο σύστημα μεταβολισμού της ανάπτυξης φυτών, ζώων και μυκήτων (Caliskan, 1998).

2. ΑΛΛΗΛΟΠΑΘΕΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Στις διάφορες κοινότητες φυτικών και ζωικών οργανισμών υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένα είδος ρυθμίζει την αύξηση και την ανάπτυξη ενός άλλου είδους εκκρίνοντας από διάφορα όργανά του χημικές ουσίες που μπορούν να δρουν σαν ελκυστικά, απωθητικά, διεγερτικά ή παρεμποδιστές αύξησης. Όλα αυτά τα φαινόμενα έχουν περιληφθεί στο γνωστικό αντικείμενο μιας νέας σχετικά επιστήμης, της Χημικής Οικολογίας, που προσπαθεί να ερμηνεύσει τους μηχανισμούς δράσης των χημικών αυτών ουσιών, προκειμένου να τις αξιοποιήσει προς όφελος του ανθρώπου. Υπάρχουν για παράδειγμα φυτά που με ορισμένες χημικές ουσίες που εκκρίνουν έλκουν ή απωθούν έντομα ενώ άλλα αμύνονται κατά των προσβολών βακτηρίων ή μυκήτων. Ένας από τους τομείς της Χημικής Οικολογίας που ασχολείται με τη δράση των φυτών πάνω σε άλλα φυτά που γίνεται αποκλειστικά και μόνο με την έκκριση χημικών ουσιών από διάφορα φυτικά όργανα είναι ο τομέας της αλληλοπάθειας (Πασπάτης, 1998).

Η παρεμπόδιση γενικά της αύξησης των φυτών από άλλα φυτά, του ίδιου ή διαφορετικού είδους, μπορεί να οφείλεται στον ανταγωνισμό, την αλληλομεσολάβηση ή την αλληλοπάθεια. Ο ανταγωνισμός προϋποθέτει την ελάττωση ή εξάντληση ενός ή περισσότερων παραγόντων από το περιβάλλον, απαραίτητων για την ανάπτυξη του φυτού (π.χ. νερό, θρεπτικά στοιχεία, φως). Η αλληλομεσολάβηση προϋποθέτει την εκλεκτική προτίμηση ενός φυτοφάγου είδους(έντομο ή ζώο) για ένα φυτό που δίνει έτσι το πλεονέκτημα σε ένα άλλο γειτονικό του φυτό να αναπτύσσεται ανεμπόδιστα. Τέλος η αλληλοπάθεια προϋποθέτει την απελευθέρωση χημικών ουσιών από ένα φυτό στο περιβάλλον που παρεμποδίζουν την αύξηση και ανάπτυξη ενός ή περισσότερων γειτονικών φυτικών ειδών(Πασπάτης, 1998).

2.2 Ιστορική αναδρομή

Το φαινόμενο της αλληλοπάθειας όπου ένα φυτό επιδρά στη βλάστηση, αύξηση και ανάπτυξη άλλων φυτικών ειδών μέσω της απελευθέρωσης χημικών ουσιών είναι γνωστό πάνω από 2000 χρόνια. Ο Θεόφραστος γύρω στο 300 π.Χ. αναφέρει ότι το

ρεβύθι (*Cicer arietinum*) σε αντίθεση με άλλα ψυχανθή δεν εμπλουτίζει το έδαφος αλλά αντίθετα το εξασθενεί και παράλληλα το αφήνει καθαρό από ζιζάνια (Rice, 1984) και ότι το λάχανο είναι βλαβερό για το αμπέλι (Bezuidenhout, 2001). Ο Ρωμαίος Πλίνιος που έζησε τον 1^ο αιώνα μ.Χ. αναφέρει ότι η βρώμη (*Avena sativa*) και το κριθάρι (*Hordeum vulgare*) είναι φυτά που καταστρέφουν τα ζιζάνια. Ο ίδιος αναφέρει ότι η φτέρη είναι φυτό που παρουσιάζει το φαινόμενο της αυτοτοξικότητας, αφού αν νεαροί βλαστοί της σπάσουν και ο χυμός τους πέσει στο έδαφος σύντομα το φυτό μαραίνεται και πεθαίνει (Πασπάτης, 1998) και ότι η καρυδιά (*Juglans nigr*) δηλητηριάζει φυτά που φυτρώνουν κοντά της λόγω του δηλητηριώδους χαρακτήρα του χυμού των φύλλων της (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 αποδείχτηκε αργότερα από μία σειρά πειραμάτων και ιστορικά θα πρέπει να είναι η πρώτη επίσημη αναφορά στην αλληλοπάθεια. Ο Young το 1804 υποστήριξε ότι τα τριφύλλια όταν καλλιεργούνται συνεχώς στο ίδιο έδαφος μπορεί μετά από χρόνια να εμφανίσουν αποτυχία φυσιολογικής εγκιτάστασης και ανάπτυξης τους. Ο DeCandolle το 1832 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). Ίσως η πρώτη εργασία για την με επιστημονικά κριτήρια απόδειξη της αλληλοπάθειας, ήταν μία σειρά πειραμάτων που έγινε το 1900 από τους Schreiner & Reed οι οποίοι προσπαθούσαν να ερμηνεύσουν το πρόβλημα της κόπωσης του εδάφους και της μείωσης της παραγωγής. Κατάφεραν να απομονώσουν έναν αριθμό φυτοτοξικών χημικών ουσιών από δείγματα φυτών και εδάφους χρησιμοποιώντας τεχνικές που σήμερα θεωρούνται αρχέγονες (Mandava, 1985).

2.3. Αλληλοχημικά – χημική κατάταξη

Οι χημικές ουσίες που απελευθερώνονται κατά οποιοδήποτε τρόπο από τα φυτά και προκαλούν σε άλλα φαινόμενα αλληλοπάθειας ονομάζονται σήμερα αλληλοχημικά

(allelochemicals). Αντιπροσωπεύουν χιλιάδες χημικές ενώσεις όλων των κατηγοριών από τις πιο απλές ως τις πιο σύνθετες και είναι προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών. Τα αλληλοχημικά μπορεί να βρίσκονται σε όλα τα φυτικά όργανα όπως ρίζες, ριζώματα, κονδύλους, βολβούς, φύλλα, βλαστούς, άνθη, γύρη, καρπούς, σπόρους (Putnam & Tang, 1986). Δεν παίζουν ρόλο στον κύριο φυτικό μεταβολισμό που είναι ουσιώδης για την επιβίωση των φυτών αλλά παίζουν σημαντικό ρόλο στη γενική άμυνα και προστασία των φυτών από διάφορα φυτοπαθογόνα ή από δυσμενείς καιρικές συνθήκες (Kruse, Standberg M., Standberg B., 2000).

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

Μεγάλος αριθμός φαινολικών ενώσεων παίρνουν μέρος στην αλληλοπάθεια και παράγωγα του cinnamic acid , του βενζοϊκού οξέος και οι κουμαρίνες είναι από τα πιο συχνά ταυτοποιούμενα στα ανώτερα φυτά (Einhelling, 1985). Στα πιο κοινά αλληλοχημικά περιλαμβάνονται τα scopoletin, esculetin και τα οξέα φαινολικό, ferulic, p-coumaric, caffeic, vanillic, p-hydroxybenzoic και chlorogenic (Πασπάτης, 1998).

2.4 Δράσεις αλληλοχημικών

Η παραγωγή πολλών δευτερογενών ουσιών από τα ανώτερα φυτά μεταβάλλεται κάτω από την επίδραση ενός αριθμού παραγόντων του περιβάλλοντος. Τροφοπενίες, ψύχος, υπεριώδης ακτινοβολία και άλλες συνθήκες καταπόνησης προκαλούν μια αύξηση της ποσότητας μερικών από τα πιο κοινά αλληλοχημικά που παράγονται από τα φυτά (Hall et al, 1982).

Τα αλληλοχημικά δρουν τις περισσότερες φορές σε συνδυασμό μεταξύ τους. Ακόμη μπορούν να δρουν σε συνδυασμό με υπολείμματα ζιζανιοκτόνων. Έτσι κατά τον

Einhelling (1985) ο συνδυασμός trifluralin και ferulic acid, παρεμπόδισε την βλαστικότητα και την ανάπτυξη των φυταρίων του σόργου περισσότερο από ότι κάθε ένα χωριστά.

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, μιας σημαντικής διαδικασίας στον κύκλο του αζώτου.

Άλλες έμμεσες δράσεις των αλληλοχημικών αναφέρονται στην δασοπονία. Η καταστολή της ανάπτυξης μυκήτων και μυκόριζων σαν συνέπεια αλληλοπάθειας μπορεί να ερμηνεύσει πολλές περιπτώσεις αποτυχίας αναδάσωσης με κωνοφόρα δένδρα (Einhelling, 1985).

Στους άμεσους τρόπους δράσεις των αλληλοχημικών υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μηχανισμών. Μια 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.

Αναφορές σε φυσιολογικά αποτελέσματα υπάρχουν πολλές 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.

Έχει αποδειχθεί από νωρίς ότι 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 and Balke, 1981).

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

2.5 Αλληλοπάθεια στα φυσικά οικοσυστήματα

Η αλληλοπάθεια έχει πολύ μεγάλη σημασία στη 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 αγρωστωδών φυτών, πλάτους 1-2 μέτρων, που παρατηρείται γύρω από τα φυτά *Salvia leucophylla*, *Artemisia californica*. Επίσης παρατηρείται ζώνη παρεμπόδισης φυτών κάτω και γύρω από ένα είδος ευκαλύπτου, το *Eucalyptus camaldulensis*. Επίσης αναφέρονται περιπτώσεις έλλειψης ποωδών φυτών κάτω από συκομουριές και μπαμπού.

2.6 Η Αλληλοπάθεια στη γεωργία

2.6.1. Αλληλοπαθητικά ζιζάνια

Οι ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια στις διάφορες καλλιέργειες οφείλονται στο συνδυασμένο αποτέλεσμα της αλληλοπάθειας και του ανταγωνισμού. Αν και ανταγωνισμός είναι ένας ισχυρός παράγοντας δεν είναι ο μόνος που ενοχοποιείται για τα επιζήμια αποτελέσματα που έχουν τα ζιζάνια στις καλλιέργειες. Η αλληλοπάθεια υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας και θα πρέπει

κάθε φορά να εξετάζεται. Είναι δύσκολο στον αγρό να μπορέσουμε να ξεχωρίσουμε πότε δρα καθένας από αυτούς τους παράγοντες. Σε πειράματα όμως που έγιναν στο θερμοκήπιο και στο εργαστήριο αποδείχτηκε ότι η αλληλοπάθεια είναι ένας δυναμικός παράγοντας που συμβάλει στη ζημία των καλλιεργειών. 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).

Η οξαλίδα είναι αποδεδειγμένο ότι έχει αλληλοπαθητική δράση έναντι άλλων δυσκοεξόντων 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 και στα φυτά βρώμης και τομάτας.

Ένα από τα πιο μελετημένα αλληλοπαθητικά ζιζάνια είναι το τροπικό είδος *Parthenium hysterophorus* που ενώ είναι ιθαγενές της βόρειας και κεντρικής Αμερικής έχει εξαπλωθεί και έχει καταλάβει πολλές καλλιεργούμενες εκτάσεις κυρίως της Ινδίας αλλά και της Αυστραλίας, της Αφρικής, της Κίνας προκαλώντας σοβαρά γεωργικά προβλήματα. Βρέθηκε ότι τόσο το υπέργειο, όσο και το υπόγειο μέρος του ζιζανίου περιέχουν αλληλοπαθητικές ουσίες όπως τα οξέα καφεϊκό, βανιλικό, φερουλικό, χλωρογενικό, ανισικό καθώς και τις σεσκιτερπενικές λακτόνες parthenia- ή parthenin, coronopolin. Όταν αποξηραμένα φύλλα του ζιζανίου ενσωματώθηκαν στο έδαφος παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης στη τομάτα και το φασόλι, καθώς και παρεμπόδιση σχηματισμού φυματίων των συμβιωτικών βακτηρίων στις ρίζες των ψυχανθών (Πασπάτης 1998, Jarvis, Pena, Rao, Cömezoglu & Mandava 1985).

Ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) είναι ζιζάνιο που έχουν μελετηθεί πολύ όσον αφορά το αλληλοπαθητικό του δυναμικό. Ο βέλιουρας μάλιστα 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. Γενικά τα φυτά και τα ζιζάνια του γένους *Sorghum* περιέχουν cyanogenic glucosides και το προϊόν αποσύνθεσής του p-hydroxybenzaldehyde. Ίσως δεν είναι αυτές οι ουσίες που ευθύνονται για την παρατηρούμενη αναστολή καθώς μπορεί να τεθούν σε ακινησία ή να υποστούν υποβάθμιση και ενδέχεται να ενοχοποιούνται άλλες ουσίες περισσότερο τοξικές (Chandler, 1985)

Η πορφυρή κύπερη (*Cyperus rotundus*) είναι ίσως το χειρότερο ζιζάνιο παγκοσμίως, είναι ισχυρός ανταγωνιστής των καλλιεργειών και έχει αποδεδειγμένη αλληλοπαθητική ικανότητα. Αλληλεπίδραση μακράς περιόδου με το σκόρδο (*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, του βαμβακιού. Υπολείμματα από κίτρινη κύπερη αναστείλει τη βλάστηση στο κριθάρι και το βαμβάκι όμως δεν προκάλεσαν μείωση στην απόδοση του *Raphanus sativus* και μία πιθανή εξήγηση είναι ότι μπορεί τα αλληλοχημικά να εκπλύθηκαν καθώς μετά το φύτευμα ακολούθησε ισχυρή βροχόπτωση. 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*. Αξιοσημείωτο είναι ότι όταν το ζιζάνιο αυτό αναπτυσσόταν μαζί με φραουλιές *Fragaria spp*, τα φυτά σταμάτησαν να παράγουν φρούτα ένα μήνα πριν από ότι οι μάρτυρες, ενώ επίσης μειώθηκε η παραγωγή παραφυάδων, καταβολάδων (runners), παρόλο που είχε δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην άρδευση και τη λίπανση ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο παράγοντας του ανταγωνισμού. από τους κονδύλους της κίτρινης κύπερης (*Cyperus esculentus*)

απομονώθηκαν ουσίες όπως p-hydroxybenzoic, vanillic, syringic, ferulic, p-coumaric acids που προκάλεσαν αναστολή στην αύξηση των βρώμης και της βλάστησης 7 καλλιεργούμενων ειδών. Υπολείμματα φυλλώματος αυτού του ζιζανίου ήταν πολύ ανασταλτικά στην αύξηση βλαστών και ριζών του καλαμποκιού και της σόγιας (Chandler 1985, Rice 1984).

Το *Agropyron repens* είναι επίσης ένα πολύ σημαντικό ζιζάνιο που έχει εγκατασταθεί σε πολλά μέρη του κόσμου και προκαλεί σημαντική μείωση στην παραγωγή του καλαμποκιού και της πατάτας. 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 ανάστειλαν 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%. Υπολείμματα του ζιζανίου προκάλεσαν χλώρωση και παρεμπόδιση αύξησης στο τριφύλλι και τη βρώμη (Rice, 1984).

Η αγριοπαμπακιά (*Abutilon theophrasti*) είναι ένα κυρίαρχο ζιζάνιο στον Καναδά και τις ΗΠΑ το οποίο προκαλεί μείωση της παραγωγής στη σόγια (*Glycine max*) και το βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*), που αρχικά αποδόθηκε σε ανταγωνισμό. Μετέπειτα όμως έγιναν πειράματα 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 αραβόσιτου και της σόγιας. Παρόμοια δράση είχαν και ουσίες που απομονώθηκαν από τα ριζώματα του ζιζανίου. Εκπλύματα από τα φύλλα του περιείχαν φαινολικά οξέα που προκάλεσαν αναστολή στη βλάστηση των σπόρων του *Raphanus sativus* και στην αύξηση φυταρίων σόγιας (Rice, 1984).

Το πολυετές ζιζάνιο *Centaurea repens* και το ετήσιο *C. solstitialis* αποτελούν σημαντική απειλή για πολλές καλλιέργειες στις δυτικές χώρες. Προκαλούν την ασθένεια “ equine nigropallidal encephalomalacia ” που χαρακτηρίζεται από νεκρώσεις και σήψεις και οδηγεί στο θάνατο των φυτών. Κατανόηση του μηχανισμού δράσης αυτών μπορεί να οδηγήσει σε ένα αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο καταπολέμησης της ασθένειας και να περιοριστούν οι μεγάλες ζημιές που προκαλεί η ασθένεια αυτή. Βρέθηκε ότι τα ζιζάνια αυτά παράγουν chromenes όπως encocalin που προκάλεσε νανισμό στο μαρούλι και eupatoriochromene που ανέστειλε τη βλάστηση στο μαρούλι. Επίσης περιέχουν sesquiterpenes lactones όπως acroptilin, repin, solstitiolid, centaurepensin οι οποίες σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις αποδείχτηκε ότι αναστέλλουν την βλάστηση των σπόρων μαρουλιού, την αύξηση της υποκοτύλης και της ρίζας (Stevens & Merrill, 1985).

Το *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 αραβόσιτου. Υπολείμματα του *S. glauca* όταν ενσωματώθηκαν στο έδαφος προκάλεσαν μείωση του ύψους του καλαμποκιού και της σόγιας (Rice, 1984).

Η αύξηση ριζών του αραβόσιτου παρεμποδίζεται επίσης από ριζικά υπολείμματα του αιματόχορτου (*Digitaria sanguinalis*), ενώ εκπλύματα των σπόρων αυτού ανέστειλαν τη βλάστηση των σπόρων μερικών καλλιεργούμενων ειδών. Υδατικά εκχυλίσματα από την κορυφή της λουβουδιάς (*Chenopodium album*) 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. Κατεστραμμένα φύλλα του *Kochia scoparia* προκάλεσαν σημαντική μείωση της αύξησης φυταρίων του *Raphanus sativus* 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).

Σύμφωνα με τον Rice (1984), όταν η μουχρίτσα (*Echinochloa crusgalli*) αναπτύσσεται μαζί με το ρύζι, μετά από λίγα χρόνια η παραγωγή ελαχιστοποιήθηκε ή εκμηδενίστηκε. 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* προκάλεσε αναστολή στη βλάστηση των σπόρων του *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*). Υπολείμματα αγριοβρώμης (*Avena fatua*) παρεμποδίζει τη βλάστηση μερικών ετήσιων ζιζανίων. Ουσίες που εκκρίνονται από τις ρίζες του ζιζανίου αυτού έχουν μερικά τυπικά χαρακτηριστικά του scopolin και του vanillic acid και 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 επίσης 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).

Υπό την ευρεία έννοια του όρου η αλληλοπάθεια περιλαμβάνει όχι μόνο την παρεμπόδιση αλλά και την υποκίνηση της αύξησης και της ανάπτυξης. Έτσι λοιπόν σε αλληλοπάθεια αποδίδεται η αύξηση που προκαλεί το άγριο ηλιοτρόπιο (*Brassica nigra*) στην απόδοση πολλών καλλιεργειών, σαν αποτέλεσμα των χημικών ουσιών που απελευθερώνονται από το ζιζάνιο αυτό. Επίσης το ζιζάνιο γόγγολη (*Agrostemma githago*) προκαλεί διέγερση στην αύξηση φυταρίων σιταριού. Οι ουσίες agrostemmin, allontoin και γιββεριλλίνη απομονώθηκαν από τους σπόρους του ζιζανίου. Βρέθηκε ότι η ουσία που ενοχοποιείται για την παρατηρούμενη διέγερση της αύξησης είναι κυρίως η ουσία agrostemmin και η ποσότητα που απαιτείται για να παρατηρηθεί η αύξηση είναι σχετικά μικρή. Η ουσία αυτή έχει προοπτικές να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον σαν φυσική φυτορρυθμιστική ουσία. Sesquiterpenes lactones όπως acroptilin, repin, solstitiolide, centaurepensis έχουν απομονωθεί από το πολυετές ζιζάνιο *Centaurea repens* και από το ετήσιο *C. solstitialis*. Οι ουσίες αυτές, όπως αναφέρθηκε, σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις αναστέλλουν την βλάστηση των σπόρων και την αύξηση του μαρουλιού. 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 λακτόνες αυτές μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν σαν ρυθμιστές αύξησης των φυτών, δρώντας ειδικά στην αύξηση του ριζικού συστήματος (Stevens & Merrill 1985, Πασπάτης 1991).

2.6.2. Αλληλοπαθητικά φαινόμενα μεταξύ των καλλιεργειών

Στις σχέσεις μεταξύ των καλλιεργειών περιλαμβάνεται και η αυτοτοξικότητα που συμβαίνει μεταξύ φυτών του ίδιου είδους. Αυτοτοξικότητα είναι ένα φαινόμενο που περιγράφει την αναστολή των φυτικών οργανισμών από την υπερβολική συσσώρευση

των τοξικών ουσιών που τα ίδια παράγουν. Είναι ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο το φυτό αυτοεκφυλίζεται όταν καλλιεργείται για μεγάλο χρονικό διάστημα στο ίδιο έδαφος. Μια καλλιέργεια μπορεί να αποδίδει ικανοποιητικά στο ίδιο χωράφι για μερικά χρόνια, αλλά από εκεί και πέρα το χωράφι «αδυνατίζει» καθώς η παραγωγή, παρ' όλες τις φροντίδες αρχίζει και πέφτει. Το φυτό σταδιακά παρακμάζει, χαρακτηρίζεται από μειωμένη παραγωγή και ποιότητα των καρπών και τελικά οδηγείται στο θάνατο, ενώ παράλληλα εκδηλώνεται και μία αδυναμία στην εγκατάσταση νέων φυταρίων του ίδιου είδους στο ίδιο έδαφος. Το φαινόμενο παρατηρείται περισσότερο σε ζιζάνια από ότι σε καλλιεργούμενα φυτά, είναι πιο έντονο σε συνεχώς καλλιεργούμενα συστήματα και σε πολυετείς καλλιέργειες (Chiu & Young, 1986). Ο οικολογικός του σκοπός είναι δύσκολο να εκτιμηθεί αλλά πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι παρουσιάζεται σε πολυετή φυτά σαν μηχανισμός που ενθαρρύνει και διευκολύνει την εξάπλωσή τους στον ευρύτερο χώρο (Putnam & Tang, 1986). Πολλά φυτά επίσης παράγουν τοξικά αλκαλοειδή, σε μεγάλες ποσότητες όταν αναπτύσσονται σε φτωχά σε άζωτο εδάφη για να μειώσουν τον ανταγωνισμό άλλων φυτών ή και αυτοδηλητηριάζονται για να μειώσουν τη ίδια τους την πυκνότητα (Πασπάτης, 1998). Ο Mandava το 1985, υποστηρίζει ότι η εξάντληση ή κόπωση ή ασθένεια του εδάφους που συμβαίνει όταν το ίδιο είδος καλλιεργείται συνεχώς για πολλά χρόνια στο ίδιο έδαφος συνδέεται τουλάχιστον εν μέρει με την αλληλοπάθεια. Τοξικές ουσίες διοχετεύονται και συσσωρεύονται στο έδαφος κυρίως κατά την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας. Οι ουσίες αυτές προσλαμβάνονται από τους σπόρους και τις μικρές ρίζες των νεαρών φυταρίων με αποτέλεσμα να εκδηλώνεται δυσκολία στην εγκατάστασή τους ή αναστολή στην αύξηση και ανάπτυξή τους.

Φυσικά η κόπωση του εδάφους δεν οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην αλληλοπάθεια καθώς και άλλοι παράγοντες μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο, μεταξύ των οποίων είναι η ανάπτυξη διαφόρων παθογόνων και η εξάντληση των θρεπτικών στοιχείων. Σε μερικές περιπτώσεις όμως η συσσώρευση τοξινών είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας που ενοχοποιείται για το πρόβλημα της κόπωσης του εδάφους. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της αυτοτοξικότητας στο σπαράγγι (*Asparagus officinalis*) όπου εκδηλώθηκε αδυναμία εγκατάστασης των νέων φυταρίων του ίδιου είδους και αναστολή της αύξησης των βλαστών και των ριζών τους, παρόλο

που το έδαφος είχε απολυμανθεί με ατμό και οι σπόροι με μυκητοκτόνο. Εκτός από την αυτοτοξικότητα το σπαράγγι παρουσιάζει και αλληλοπάθεια σε άλλα λαχανικά και μέρος της τοξικότητάς του μπορεί να οφείλεται σε αλληλεπιδράσεις με παθογόνο είδη *Fusarium*. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα που δείχνουν ότι το φαινόμενο της αλληλοπάθειας εμφανίζεται σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων που εκτείνεται από τις λαχανοκομικές καλλιέργειες μέχρι τα δασικά οικοσυστήματα. Εναλλαγή των καλλιεργειών δεν αποτελεί πανάκεια για το πρόβλημα της αυτοτοξικότητας και για την επίλυσή του απαιτείται συνδυασμός βιολογικών, φυσικών και χημικών παραγόντων (Chiu & Young, 1986).

Το φαινόμενο της αυτοτοξικότητας που παρατηρείται σε πολλά ψυχανθή μπορεί να οφείλεται στην αλληλοπάθεια. Η κούραση του εδάφους που προκαλεί η συνεχής καλλιέργεια του κόκκινου τριφυλλιού (*Trifolium pratense*) για αρκετά χρόνια στο ίδιο έδαφος είναι γνωστή στην Ευρώπη από τον 17^ο αιώνα. Απομονώθηκαν διάφορες ισοφλαβονοειδείς τοξίνες μεταξύ των οποίων είναι οι ουσίες ononin, genistein, biochanin A οι οποίες αποδείχτηκε ότι σε συγκέντρωση 100ppm αναστέλλουν την βλάστηση των σπόρων του τριφυλλιού κατά 50%. Επίσης βρέθηκε ότι οι ίδιες ουσίες αναστέλλουν και τη βλάστηση του *Vicia sativa* και την αύξηση της ρίζας του μαρουλιού. Κατά την αποσύνθεση των ισοφλαβονοειδών παράγονται φαινολικές ενώσεις που συσσωρεύονται στο έδαφος σε τοξικά επίπεδα, μεταξύ των οποίων είναι τα οξέα p-hydroxybenzoic, salicylic, p-methoxybenzoic, 2,4-dihydroxybenzoic. Σε συνεχή καλλιέργεια του *T. alexandricum* παρατηρείται ότι μετά από μερικά χρόνια διαταραχές στην απορρόφηση του φωσφόρου και το αποτέλεσμα αυτό δεν είναι αντιστρέψιμο με προσθήκη λιπάσματος που σημαίνει ότι η παρατηρούμενη κόπωση του εδάφους μπορεί να οφείλεται σε αλληλοπάθεια. (Rice, 1984).

Όταν αραβόσιτος ακολουθεί καλλιέργεια αραβοσίτου η απόδοση είναι μειωμένη σε σχέση με την απόδοση του αραβόσιτου που ακολουθεί καλλιέργειας σόγιας. Η διαφορά αυτή βρέθηκε ότι δεν οφείλεται σε μείωση της γονιμότητας του εδάφους αλλά σε παρεμπόδιση από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας αραβόσιτου, είτε σε διέγερση από τα υπολείμματα της καλλιέργειας σόγιας, είτε σε συνδυασμό αυτών των δύο αιτιών. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στην περίπτωση που σόγια ακολουθεί καλλιέργεια ρυζιού. Υπολείμματα βρώμης, σόργου, σιταριού και

καλαμποκιού περιέχουν ουσίες όπως τα οξέα φερουλικό, το p-κουμαρικό, το p-υδροξυβενζοϊκό, το βανιλικό και το syringic. Τα υδατοδιαλυτά αυτά αλληλοχημικά επηρεάζουν την βλάστηση και την ανάπτυξη του σιταριού, του αραβόσιτου και του σόργου. Επίσης τα υπολείμματα μηδικής (*Medicago sativa*) και πατάτας (*Solanum tuberosum*), *Phleum pratense* προκάλεσαν αναστολή στη βλάστηση των σπόρων και την αύξηση μερικών καλλιεργούμενων ειδών. Ειδικά για τη μηδική θα πρέπει να αναφερθεί ότι υδατικά εκχυλίσματα από τη ρίζα και την κορυφή του φυτού όταν εφαρμόστηκαν σε κάποια καλλιεργούμενα είδη προκάλεσαν παρεμπόδιση στην ανάπτυξη ριζικών τριχιδίων και σε κάποιες περιπτώσεις νεκρώθηκαν οι ρίζες των φυταρίων. Το κτηνοτροφικό αυτό φυτό παρουσιάζει αυτοτοξικότητα όταν καλλιεργείται παρατεταμένα στο ίδιο έδαφος και παράλληλα παρεμποδίζει την αύξηση άλλων φυτικών ειδών που αναπτύσσονται κοντά του (Rice, 1984).

Καλλιέργειες σιτηρών μπορεί να αντιμετωπίσουν παρόμοια προβλήματα. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του σιταριού (*Triticum aestivum*) που οδηγείται πολλές φορές σε μειωμένες αποδόσεις και παρεμπόδιση της βλάστησης του σιταριού, ιδιαίτερα σε υγρές και ψυχρές εποχές, όταν το άχυρο της προηγούμενης συγκομιδής έχει αφεθεί στο έδαφος. Όπως αποδείχτηκε, στο πρόβλημα αυτό πρέπει να εμπλέκονται και ουσίες που παράγονται από μύκητες που αναπτύσσονται κατά την αποσύνθεση του άχυρου του σιταριού, όπως η ακόρεστη λακτόνη patulin που παράγεται από τον μύκητα *Penicillium urticae*. Οι συνθήκες της αποσύνθεσης των υπολειμμάτων, η φύση των δευτερογενών προϊόντων που απελευθερώνονται από τα υπολείμματα ή παράγονται από τη μικροβιακή δραστηριότητα, οι μεταμορφώσεις που μπορεί αυτά να υποστούν καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αλληλοχημικών είναι παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση αλληλοπάθειας μεταξύ των καλλιεργειών. (Πασπάτης, 1998).

Μπορεί σε γενικές γραμμές τα υπολείμματα κάποιων αλληλοπαθητικών φυτικών ειδών να προκαλούν αναστολή στην αύξηση της καλλιέργειας που ακολουθεί, δυσκολία στην εγκατάσταση των νεαρών φυταρίων ή μειωμένη παραγωγή, αλλά θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν και περιπτώσεις όπου τα υπολείμματα μιας καλλιέργειας προκαλούν διέγερση της αύξησης της καλλιέργειας που ακολουθεί. Αποδείχτηκε ότι όταν μικρές ποσότητες κομμένης μηδικής αφεθούν στο έδαφος διεγείρουν την αύξηση τομάτας, αγγουριού, μαρουλιού και πολλών άλλων κηπευτικών. Σαν υπεύθυνο

αλληλοχημικό απομονώθηκε η ουσία τριακοντανόλη(triacontanol), μια αλκοόλη μεγάλου μοριακού βάρους που είναι συστατικό του κηρώδους στρώματος μερικών φύλλων και σπόρων κάποιων φυτικών ειδών. Επίσης ένα παράδειγμα διέγερσης της αύξησης κάποιων φυτών λόγω αλληλοπάθειας είναι η περίπτωση όπου χόμα από τη ριζόσφαιρα του *Ambrosia psilostachya* υποκινεί σε μεγάλο βαθμό την αύξηση άλλων φυτών που φυτρώνουν σε αυτό. Η ουσία brassinolide είναι ένα στεροειδές που απομονώθηκε από τη γύρη γογγυλιού (*Brassica napus*) και του *Alnus* sp., το οποίο σε πολύ μικρές ποσότητες προκαλεί διέγερση της αύξησης στο φασόλι αλλά και σε άλλα λαχανοκομικά είδη. Ανάλογες χημικές ενώσεις που ονομάζονται μπρασινωστεροειδή (brassinosteroids) έχουν συντεθεί και έχει αποδειχτεί ότι παίρνουν μέρος σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες των φυτών, η δράση τους μοιάζει με τη δράση των γιββερελλινών, ότι αλληλεπιδρούν με τις φυσικές γιββερελλίνες, αυξίνες και το αιθυλένιο και μετριάζουν τις επιπτώσεις των διαφόρων περιβαλλοντικών καταπονήσεων στις διάφορες καλλιέργειες. Πολλοί υποστηρίζουν ότι αποτελούν πρότυπο μιας νέας ομάδας φυτορρυθμιστικών ουσιών που θα χρησιμοποιηθούν ευρέως στο άμεσο μέλλον(Πασπάτης, 1998).

B) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Συσχέτιση της περιεκτικότητας της οξαλίδας (Oxalis pes-caprae L.) σε οξαλικό οξύ και της εποχής κοπής της στην εκδήλωση του αλληλοπαθητικού δυναμικού αποξηραμένων φυτικών μερών του ζιζανίου

1. Εισαγωγή

Η οξαλίδα *Oxalis pes caprae* είναι ένα από τα σπουδαιότερα ζιζάνια των ελαιώνων και αμπελώνων της Κρήτης. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της οξαλίδας είναι ότι έχει αλληλοπαθητική δράση έναντι άλλων δυσκοεξόντων ζιζανίων όπως τα *Paritaria sp.*, *Amaranthus sp.*, *Chenopodium sp.* αλλά και άλλων που κατά κύριο λόγο βρίσκονται στους αμπελώνες και τους ελαιώνες. 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 αποξηραμένης οξαλίδας έχουν διαπιστωθεί πειραματικά και στα φυτά βρώμης και τομάτας.

Η οξαλίδα είναι γνωστό ότι 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 μια ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών.

Το οξαλικό οξύ και οι εστέρες του έχουν ανιχνευθεί σε ποικίλες ποσότητες σε όλα τα μέρη των περισσότερων φυτών, μίσχων φύλλων, λουλουδιών, βολβών και ριζών. Διάφορες λειτουργίες έχουν προταθεί για την παρουσία οξαλικού οξέος στα φυτά. Έχει αναφερθεί ότι το οξαλικό οξύ σχετίζεται με την ιοντική ισορροπία, δεδομένου ότι μπορεί να συνδυασθεί με τα διάφορα ιόντα των φυτών και να σχηματίσει τις διαλυτές ή αδιάλυτες ενώσεις.

Έτσι το οξαλικό οξύ φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στα φυτά και ειδικότερα στην οξαλίδα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συσχετισθεί η περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ φυτών οξαλίδας, τα οποία προέρχονται από διαφορετικές ημερομηνίες συλλογής, με την αλληλοπαθητική δράση που παρουσιάζει το φυτό όπως αυτή εκφράζεται με την παρεμπόδιση της ανάπτυξης της Λέμνας στην ομώνυμη βιοδοκιμή.

2. Υλικά και μέθοδοι

Το υπέργειο τμήμα φυτών οξαλίδας, από συγκεκριμένο σημείο του περιβάλλοντος του Μπεννακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου στην Κηφισιά Αττικής κόβονταν και στη συνέχεια διαχωρίζονταν σε φύλλα, μίσχους φύλλων, άνθη και στελέχη. Ζυγίζονταν το νωπό βάρος τους και στη συνέχεια τοποθετούνταν για ξήρανση για δύο με τρία εικοσιτετράωρα σε φούρνο στη θερμοκρασία των 51 °C. Μετά την ξήρανση, ζυγίζονταν το ξηρό βάρος των επί μέρους φυτικών μερών. Τα ξηρά τμήματα (μίσχοι, φύλλα, στελέχη, άνθη) κονιοποιούνταν σε μύλο αλέσεως ξηρών φυτικών ιστών με φίλτρο μεγέθους 0,5 mm και στη συνέχεια οι σκόνης έμπαιναν σε αεροστεγή σακουλάκια και τοποθετούνταν στο ψυγείο για διατήρησή τους μέχρι την διεξαγωγή των βιοδοκιμών με το φυτό λέμνα και την μέτρηση του οξαλικού οξέος από κάθε ημερομηνία και κάθε τμήμα του φυτού ξεχωριστά. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για οκτώ φορές από το διάστημα 6/12/04 έως τις 3/3/05 σε διαστήματα 10 ή 15 ημερών περίπου. Οι δειγματοληψίες φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.

Βιοδοκιμές Λέμνας:

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για τη εκτίμηση του αλληλοπαθητικού δυναμικού των αποξηραμένων φυτικών ιστών των διαφόρων μερών της οξαλίδας χρησιμοποιήθηκε η βιοδοκιμή της Λέμνας.

Για την εκτέλεση των βιοδοκιμών ακολουθήθηκε η ακόλουθη μεθοδολογία: Ξηρά σκόνη φυτικών μερών οξαλίδας (μίσχοι, φύλλα, στελέχη) από κάθε δειγματοληψία σε ποσότητες 0,6 gr, 0,4 gr και 0,2 gr προστίθεντο σε πλαστικά ποτήρια με 200ml νερό βρύσης και ακολουθούσε καλή ανάδευση. Τα πλαστικά ποτήρια με τη σκόνη αφήνονταν για μια μέρα σε κατάσταση ηρεμίας και μετά το περιεχόμενο περνούσε από πολύ λεπτό ύφασμα (τουλουπάνι) για την συγκράτηση των αποξηραμένων φυτικών ιστών ενώ το διήθημα κάθε ποτηριού προστίθεντο 0,3 gr λέμνας για να διαπιστωθεί η φυτοτοξική επίδραση της σκόνης στην ανάπτυξη της λέμνας. Επίσης είχαμε και ποτήρια χωρίς εκχύλισμα σκόνης οξαλίδας που χρησίμευσαν ως μάρτυρας του πειράματος. Κάθε επέμβαση είχε 3 επαναλήψεις Τα ποτήρια με την Λέμνα τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, φωτισμού και αερισμού, συνθήκες κατάλληλες για την ανάπτυξη του φυτού δείκτη. Μετά από 2

ημέρες παραμονής τους στον θάλαμο ανάπτυξης 50 ml θρεπτικού διαλύματος Hoagland προστέθηκαν σε κάθε ποτήρι και στη συνέχεια όταν χρειαζόταν προστίθετο νερό για την αντιμετώπιση των απωλειών από εξάτμιση.. Μετά από 10 ημέρες, τα πλαστικά ποτήρια έβγαιναν από το θάλαμο ανάπτυξης και ζυγίζονταν από κάθε ποτήρι το νωπό βάρος της λέμνας με ζυγαριά ακριβείας. Τα αποτελέσματα της ζύγισης καταγράφονταν και συγκρίνονταν με το βάρος της λέμνας που είχε αναπτυχθεί στον μάρτυρα.

Οι βιοδοκιμές που διεξάχθηκαν είναι οι εξής:

A) Για φύλλα και στελέχη οξαλίδας στις ημερομηνίες συλλογής 6/12/04,7/1/05,3/3/05.

B) Για φύλλα και μίσχους φύλλων οξαλίδας στις ημερομηνίες συλλογής 27/12/04,27/1/05,3/3/05 .

Γ) Για φύλλα, μίσχους φύλλων και στελέχη οξαλίδας στις ημερομηνίες συλλογής 16/12/04,27/1/05,3/3/05.

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών αυτών φαίνονται στους Πίνακες 4 – 10 και τα αντίστοιχα Διαγράμματα.

Προσδιορισμός περιεκτικότητας οξαλίδας σε οξαλικό οξύ:

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε οξαλικό οξύ ήταν αυτή της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Πιο συγκεκριμένα, 0,25 gr ξηράς σκόνης από ξεχωριστά τμήματα των φυτών (φύλλα, μίσχοι φύλλων, στελέχη, άνθη) οξαλίδας μεταφέρονταν σε ογκομετρική φιάλη των 25 ml με απεσταγμένο νερό και αναδεύονταν για 10 λεπτά με μαγνητικό αναδευτήρα. Στην συνέχεια το δείγμα έμπαινε σε λουτρό υπερήχων για 30 λεπτά και ακολουθούσε φυγοκέντρηση για 20 λεπτά στις 4500 στροφές/min. Μικρό δείγμα από την υπερκείμενη φάση έμπαινε στον υγρό χρωματογράφο (HPLC) . Παράλληλα γινόταν καμπύλη αναφοράς στην περιοχή 0,1-10 % οξαλικού οξέος. Η συσκευή υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) που χρησιμοποιήθηκε ήταν η HP 1100 (AGILENT) με αναλυτή UV μήκος κύματος 210 nm, στήλη διαχωρισμού lierosphere RP-18 5 μm και κινητή φάση υδατικού διαλύματος ορθοφωσφορικού οξέος (0,15 %) με ακετονιτρίλιο (0,25 %). Η ταχύτητα ροής ήταν 1 ml/min και ο όγκος δείγματος 20 μl.

Αποτελέσματα- Συζήτηση

Από τις μετρήσεις που έγιναν για να διαπιστωθεί η περιεκτικότητα της οξαλίδας σε οξαλικό οξύ πάρθηκαν τα εξής αποτελέσματα. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2 και το Διάγραμμα 2 το έλασμα των φύλλων περιέχει τις μικρότερες σχετικά ποσότητες οξαλικού οξέος. Η % ξηρού βάρους περιεκτικότητα οξαλικού οξέος των φύλλων οξαλίδας παραμένει σταθερή καθόλη την διάρκεια του χειμώνα 6/12-3/3. Υψηλότερη περιεκτικότητα παρουσιάζουν οι μίσχοι των φύλλων οξαλίδας που αυξάνεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και έχει την υψηλότερη τιμή της στην καρδιά του χειμώνα στις 27/1. Ενώ ακόμη υψηλότερη περιεκτικότητα παρατηρούμε στα στελέχη της οξαλίδας. Στα άνθη οι περιεκτικότητες είναι στην αρχή υψηλές αλλά αυτές τείνουν να μειωθούν προς το τέλος του χειμώνα. Η ίδια σχεδόν εικόνα παρουσιάζει και η % νωπού βάρους περιεκτικότητα των φυτών οξαλίδας σε οξαλικό οξύ όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3 και το Διάγραμμα 3.

Στην 1^η βιοδοκιμή όπως φαίνεται στο Πίνακα και το Διάγραμμα 4 η ανάσχεση της ανάπτυξης του φυτού δείκτη που προήλθε από την ξηρά σκόνη ελάσματος φύλλων οξαλίδας ήταν πολύ μικρή. Μόνο στη μεγάλη συγκέντρωση (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) είχαμε την μέγιστη ανάσχεση στην περίπτωση της σκόνης που προήλθε από φυτό οξαλίδας που συγκομίστηκε στα τέλη του χειμώνα (3/3) και ήταν για το φυτό δείκτη της τάξης των 9,5 %.

Στην ίδια βιοδοκιμή η ξηρά σκόνη στελεχών οξαλίδας (Πίνακα και το Διάγραμμα 5) απεδείχθη πολύ φυτοτοξική αφού προήγαγε ιδιαίτερος στην μεγάλη συγκέντρωση 0,6 gr και 0,4 gr/200ml θρεπτικού διαλύματος, ανάσχεση της ανάπτυξης του φυτού δείκτη που στην περίπτωση σκόνης από φυτά οξαλίδας που συγκομίστηκαν στις 7/1/05 και έφθασε τα 91,7 και 59,2 αντίστοιχα.

Από τον Πίνακα 4 λοιπόν φαίνεται ότι στα φύλλα οξαλίδας (έλασμα) η φυτοτοξικότητα της ξηράς σκόνης ήταν ανύπαρκτη στην αρχή του χειμώνα (6/12) και πολύ μικρή στα τέλη του χειμώνα (3/3). Ενώ η φυτοτοξικότητα της ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας ήταν πολύ υψηλή ιδιαίτερα στην καρδιά του χειμώνα (7/1) (Πίνακας 5).

Στην 2^η βιοδοκιμή (Πίνακας και Διάγραμμα 6), η ανάσχεση του φυτού δείκτη που προκάλεσε η ξηρά σκόνη φύλλων οξαλίδας έφθασε τα 30,4 % για τη συγκέντρωση 0,6

gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος στην περίπτωση φυτών που συγκομίστηκαν στις 27/12/04 .

Στην ίδια βιοδοκιμή (Πίνακας και Διάγραμμα 7) η ανάσχεση της ανάπτυξης του φυτού δείκτη που προκάλεσε η σκόνη μίσχων φύλλων οξαλίδας έφθασε τα 91,62 % σε συγκέντρωση 0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος στην περίπτωση της οξαλίδας που συγκομίστηκε στις 27/1/05 .

Από τον Πίνακα 6 και 7 φαίνεται ότι ήταν υψηλή η φυτοτοξικότητα ξηράς σκόνης φύλλων οξαλίδας στα τέλη Δεκέμβρη και συνεχώς μειούμενη με την πάροδο της εποχής. Αντίθετα οι μίσχοι των φύλλων παρουσιάζουν το max της φυτοτοξικότητας στα τέλη Ιανουαρίου. Στην περίπτωση των μίσχων, έστω και δυσανάλογα φαίνεται να υπάρχει μια συσχέτιση υψηλής περιεκτικότητας σε οξαλικό οξύ και υψηλής φυτοτοξικής δράσης της ξηράς σκόνης.

Στην 3^η βιοδοκιμή όπου εφαρμόστηκε η μεγάλη δόση 0,6 gr /200 ml θρεπτικού διαλύματος(Διάγραμμα 8) η ανάσχεση που προκάλεσε η ξηρά σκόνη φύλλων οξαλίδας ήταν ανάλογη της περιεκτικότητας σε οξαλικό οξύ. Όπως φαίνεται από το Πίνακα και το Διάγραμμα 8 η μεγαλύτερη ανάσχεση παρατηρήθηκε για τον μήνα Ιανουάριο όπου η % περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ ήταν 9,48.

Το ίδιο παρατηρήθηκε και για την ξηρά σκόνη μίσχων φύλλων οξαλίδας (Πίνακας 9) όπου και πάλι η μεγαλύτερη ανάσχεση του φυτού δείκτη 46,15 % παρατηρήθηκε για τον μήνα Ιανουάριο όπου η % περιεκτικότητα ξηρού βάρους σε οξαλικό οξύ ήταν 20,58. Ενώ για τους μήνες συλλογής Δεκέμβριος και Μάρτιος είχαμε μικρότερες ανασχές σε πλήρη αντιστοιχία με τις περιεκτικότητες σε οξαλικό οξύ όπου ήταν 11,73 και 10,01 % ξ.β. αντίστοιχα (Διάγραμμα 9)

Για την ξηρά σκόνη των στελεχών οξαλίδας είχαμε την μεγαλύτερη ανάσχεση και από τα φύλλα και τους μίσχους για τον μήνα Ιανουάριο που έφθασε τα 90,53 %, ενώ για τον μήνα Δεκέμβριο με περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ 18,43 % ξ.β. η ανάσχεση ήταν και εκεί υψηλή και έφθασε το 84,61 %. Για το μήνα συλλογής Μάρτιο είχαμε την μικρότερη ανάσχεση του φυτού δείκτη με 13,6 % και περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ 11,59 % ξ.β. (Πίνακας και Διάγραμμα 10).

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι η περιεκτικότητα της οξαλίδας σε οξαλικό οξύ συμβαδίζει σε γενικές γραμμές με την φυτοτοξικότητα που προκαλεί στη λέμνα η

ξηρά σκόνη των επί μέρους φυτικών μερών. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο όπως φαίνεται ιδιαίτερα στις Βιοδοκιμές 1^η και 2^η πράγμα που σημαίνει ότι 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 στην οξαλίδα.

Πίνακας 1.

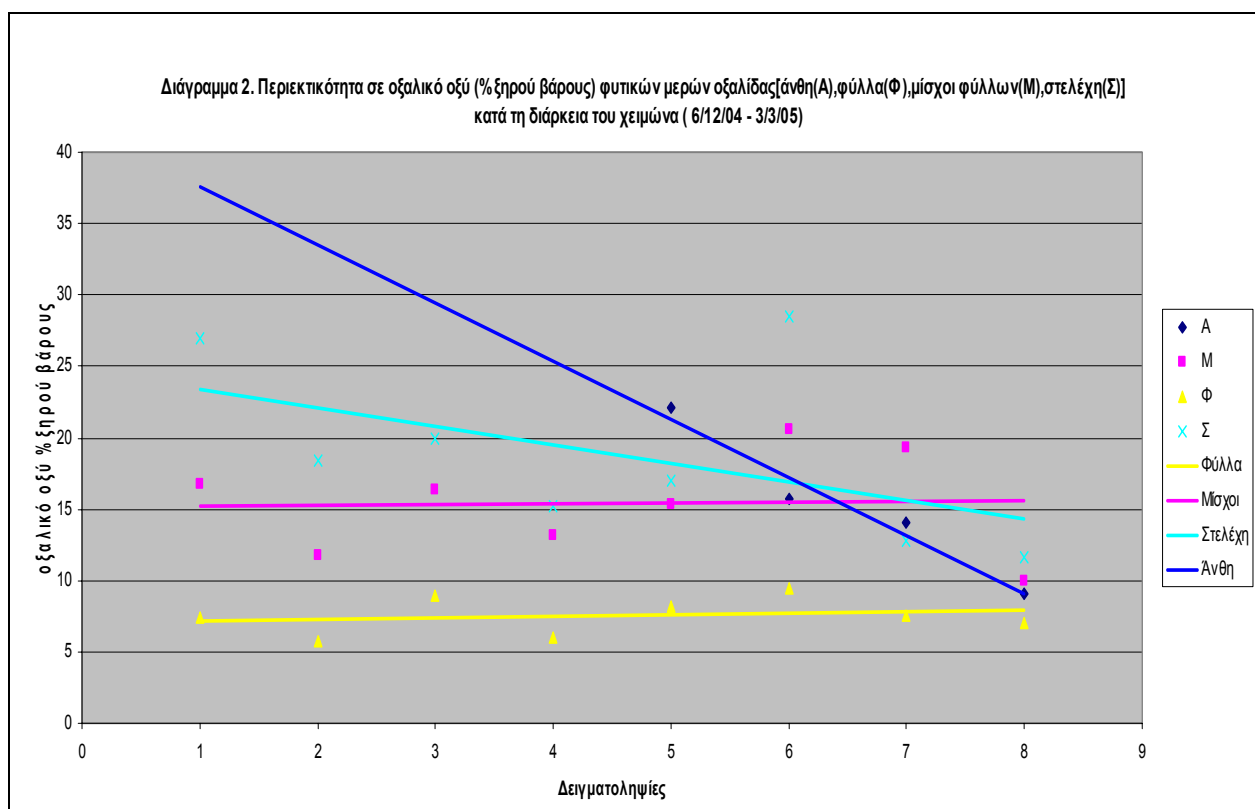
Δειγματοληψίες υπέργειου τμήματος φυτών οξαλίδας από διαφορετικές ημερομηνίες συλλογής

Ημερομηνίες συλλογής φυτών	Νωπό βάρος	Ξηρό βάρος	% ξηρή ουσία	PH
06/12/04				
Μίσχοι φύλλων	631 gr	37,2 gr	5,9 gr	4,14 (1 gr/100 ml)
Στελέχη	300 gr	18,3 gr	6,1 gr	3,25 (1 gr/100 ml)
Φύλλα	317 gr	28,11 gr	8,8 gr	4,5 (1 gr/100 ml)
16/12/04				
Μίσχοι φύλλων	460 gr	25,3 gr	5,5 gr	
Στελέχη	140 gr	8,67 gr	6,2 gr	
Φύλλα	200,4 gr	18,5 gr	9,2 gr	
27/12/04				
Μίσχοι φύλλων	320 gr	23,8 gr	7,4 gr	
Στελέχη	44 gr	3,3 gr	7,5 gr	
Φύλλα	165 gr	16,03 gr	9,7 gr	
07/01/05				
Μίσχοι φύλλων	383,4 gr	24 gr	6,25 gr	
Στελέχη	75,2 gr	5,7 gr	7,5 gr	
Φύλλα	125 gr	15 gr	12 gr	
18/01/05				
Μίσχοι φύλλων	282 gr	21,5 gr	7,6 gr	
Στελέχη	42 gr	3,4 gr	8,09 gr	
Φύλλα	110 gr	13,2 gr	12 gr	
Άνθη	40 gr	3 gr	7,5 gr	
27/01/05				
Μίσχοι φύλλων	295 gr	18,7 gr	6,3 gr	3,5 (0,3 gr/100ml)
Στελέχη	43 gr	3,6 gr	8,3 gr	3,06(0,3 gr/100ml)
Φύλλα	120 gr	13 gr	10,8 gr	4,6 (0,3 gr/100 ml)
Άνθη	144 gr	10,3 gr	7,15 gr	
10/02/05				
Μίσχοι φύλλων	269 gr	20,6 gr	7,65 gr	
Στελέχη	20 gr	2,0 gr	10 gr	
Φύλλα	115 gr	14,5 gr	12,6 gr	
Άνθη	146,8 gr	12 gr	8,17 gr	
03/03/05				
Μίσχοι φύλλων	190 gr	13,5 gr	7,1 gr	
Στελέχη	44 gr	6 gr	13,63 gr	
Φύλλα	110 gr	12,8 gr	11,6 gr	
Άνθη	346 gr	28,82 gr	8,32 gr	

Πίνακας 2.

Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ (% ξηρού βάρους) φυτικών μερών οξαλίδας [Άνθη (Α), μίσχοι φύλλων (Μ), φύλλα (Φ), Στελέχη (Σ)] κατά τη διάρκεια του χειμώνα (6/12/04-3/3/05).

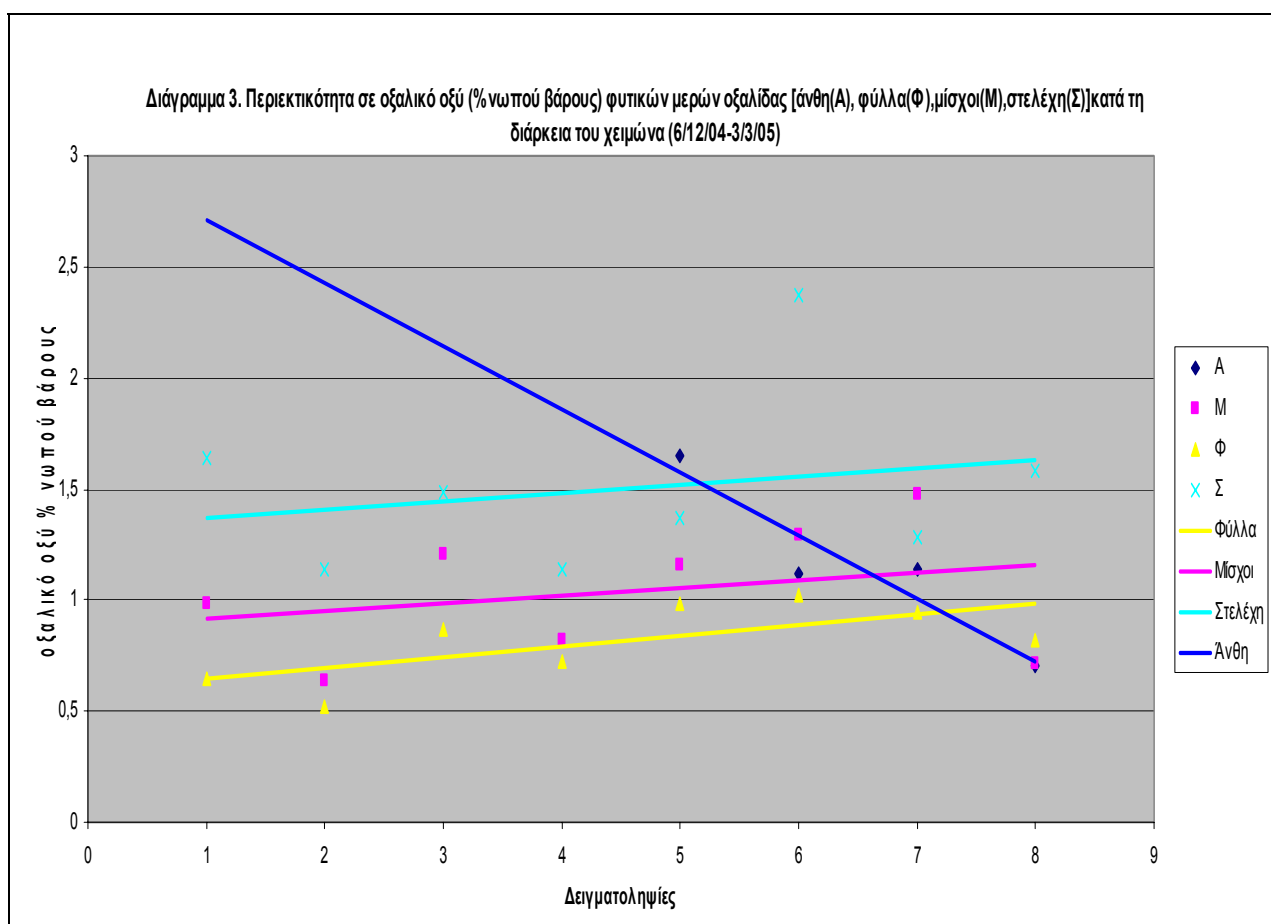
A/A	Δειγματοληψία	Άνθη (Α)	Μίσχοι φύλλων (Μ)	Φύλλα (Φ)	Στελέχη (Σ)
1	06/12/04	—	16,75	7,47	26,98
2	16/12/04	—	11,73	5,74	18,43
3	27/12/04	—	16,42	8,98	19,97
4	07/01/05	—	13,16	6,01	15,26
5	18/01/05	22,09	15,31	8,22	16,99
6	27/01/05	15,66	20,58	9,48	28,56
7	10/02/05	14,0	19,35	7,57	12,84
8	03/03/05	9,05	10,01	7,07	11,59



Πίνακας 3.

Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ (% νωπού βάρους) φυτικών μερών οξαλίδας [Άνθη (Α), μίσχοι φύλλων (Μ), φύλλα (Φ), Στελέχη (Σ)] κατά τη διάρκεια του χειμώνα (6/12/04-3/3/05).

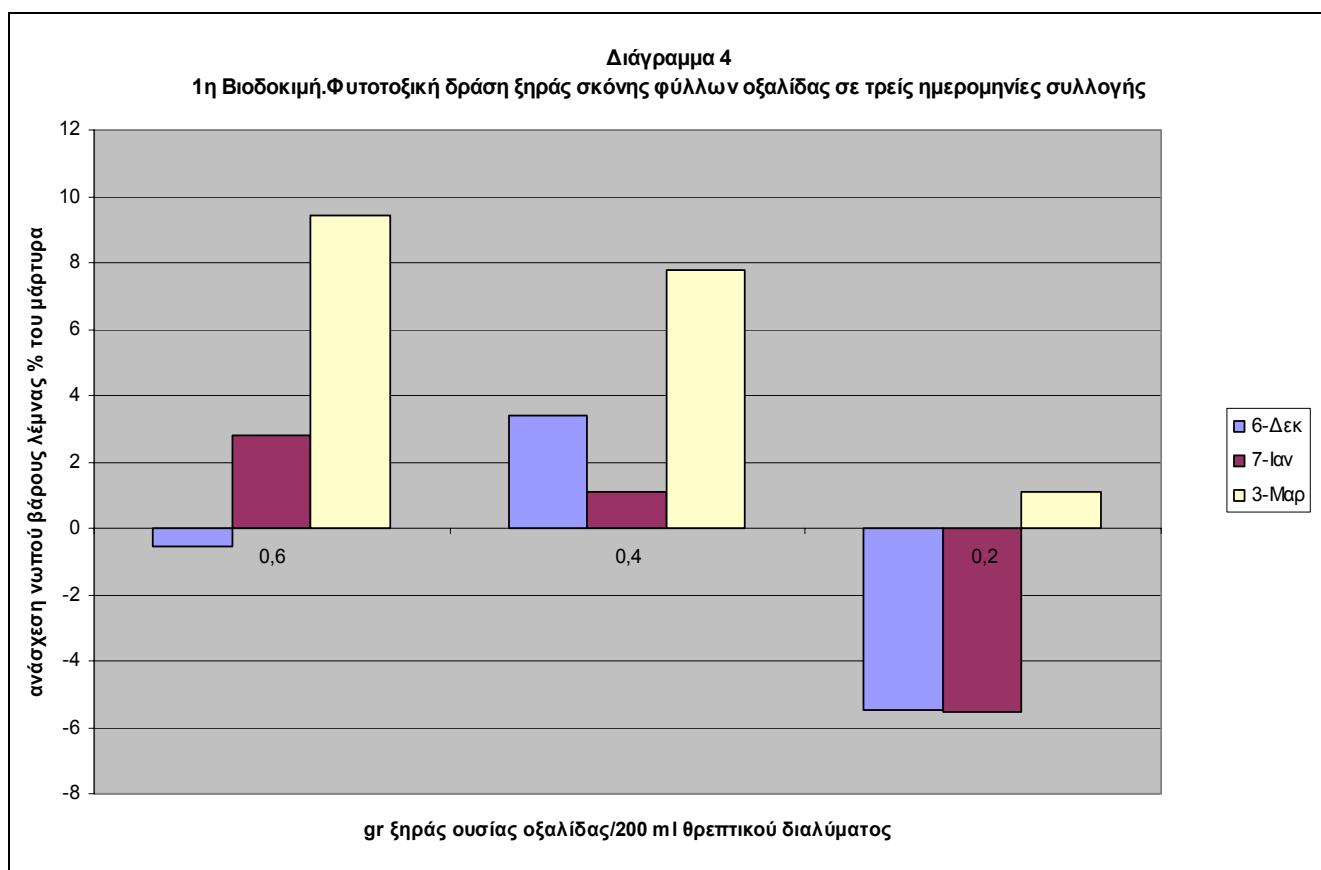
A/A	Δειγματοληψία	Άνθη (Α)	Μίσχοι φύλλων (Μ)	Φύλλα (Φ)	Στελέχη (Σ)
1	06/12/04	—	0,98	0,65	1,64
2	16/12/04	—	0,64	0,52	1,14
3	27/12/04	—	1,21	0,87	1,49
4	07/01/05	—	0,82	0,72	1,14
5	18/01/05	1,65	1,16	0,98	1,37
6	27/01/05	1,12	1,29	1,02	2,37
7	10/02/05	1,14	1,48	0,95	1,28
8	03/03/05	0,76	0,71	0,82	1,58



Πίνακας 4:

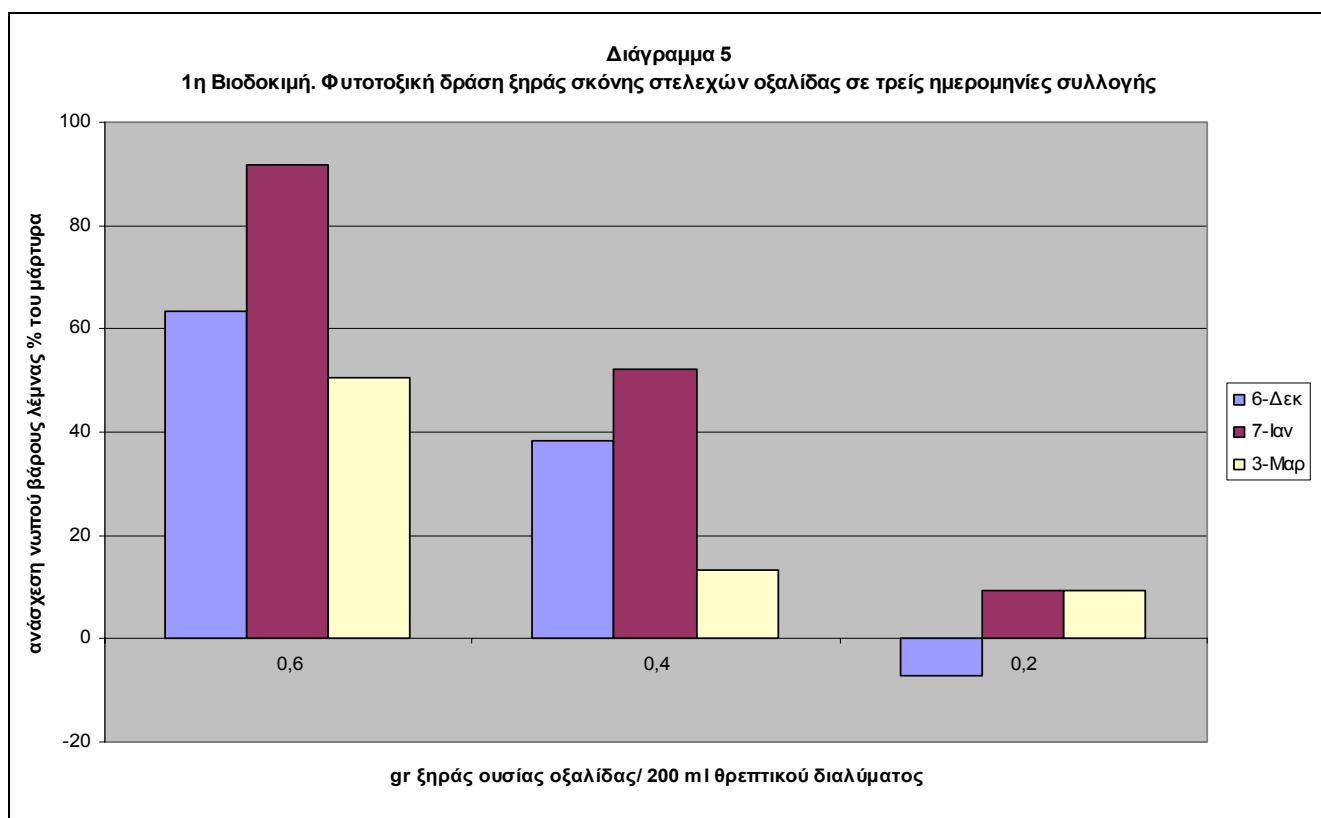
1^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση σκόνης φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΦΥΛΛΑ	Μ.Ο. Επαναλήψεων Βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηροί βάρους φύλλων
Μάρτυρας	1,80		
06/12/04			7,47
0,6 gr	-1,81	-0,55	
0,4 gr	1,73	3,88	
0,2gr	-1,90	-5,5	
07/01/05			6,01
0,6 gr	1,75	2,77	
0,4 gr	1,78	1,11	
0,2gr	-1,90	-5,55	
03/03/05			7,07
0,6 gr	1,63	9,44	
0,4 gr	1,66	7,77	
0,2gr	1,78	1,11	



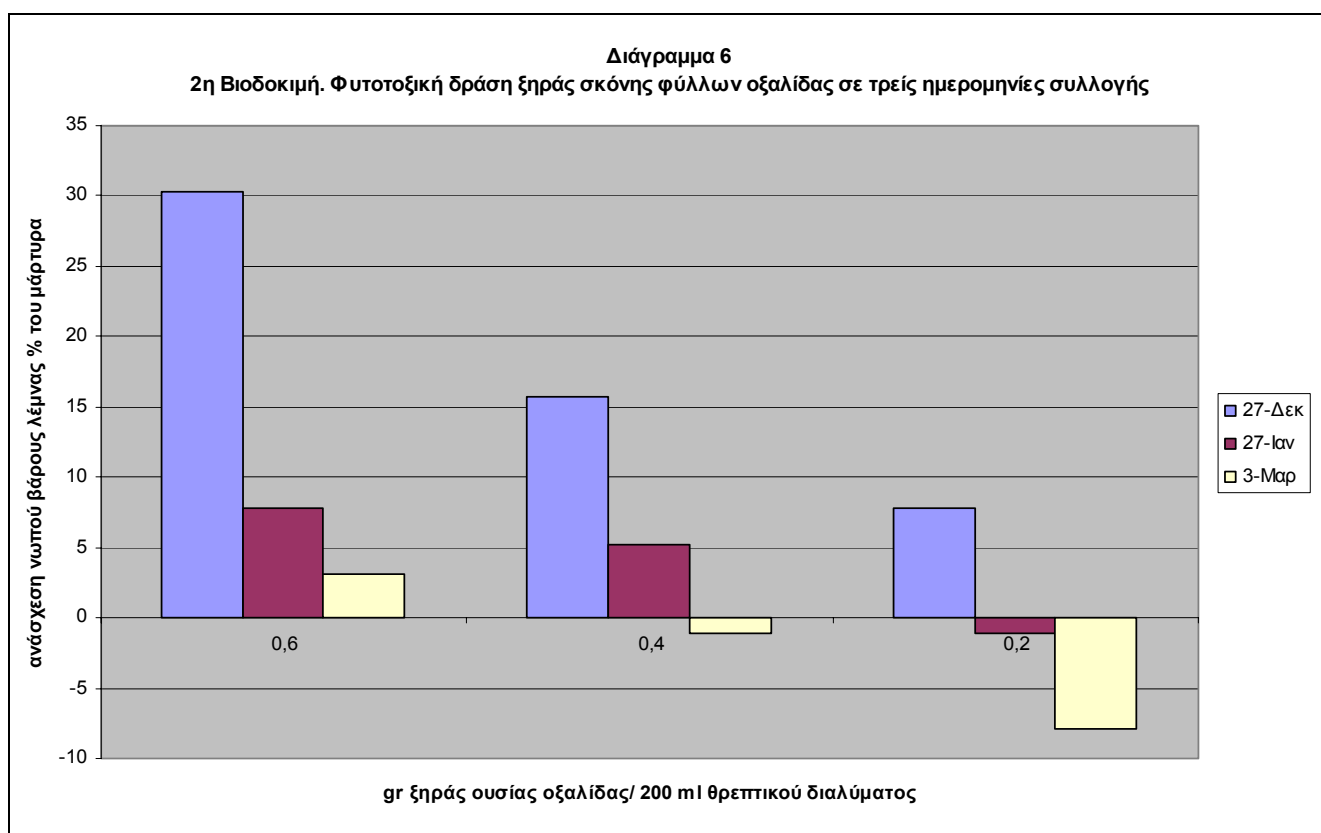
Πίνακας 5:
1^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΣΤΕΛΕΧΗ	Μ.Ο. Επαναλήψεων Βάρους Λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους στελεχών
Μάρτυρας	1,80		
06/12/04			26,98
0,6 gr	0,66	63,33	
0,4 gr	1,11	38,33	
0,2gr	-1,93	-7,22	
07/01/05			15,26
0,6 gr	0,15	91,66	
0,4 gr	0,85	52,22	
0,2gr	1,63	9,44	
03/03/05			11,59
0,6 gr	0,89	50,55	
0,4 gr	1,56	13,33	
0,2gr	1,63	9,44	



Πίνακας 6:
2^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

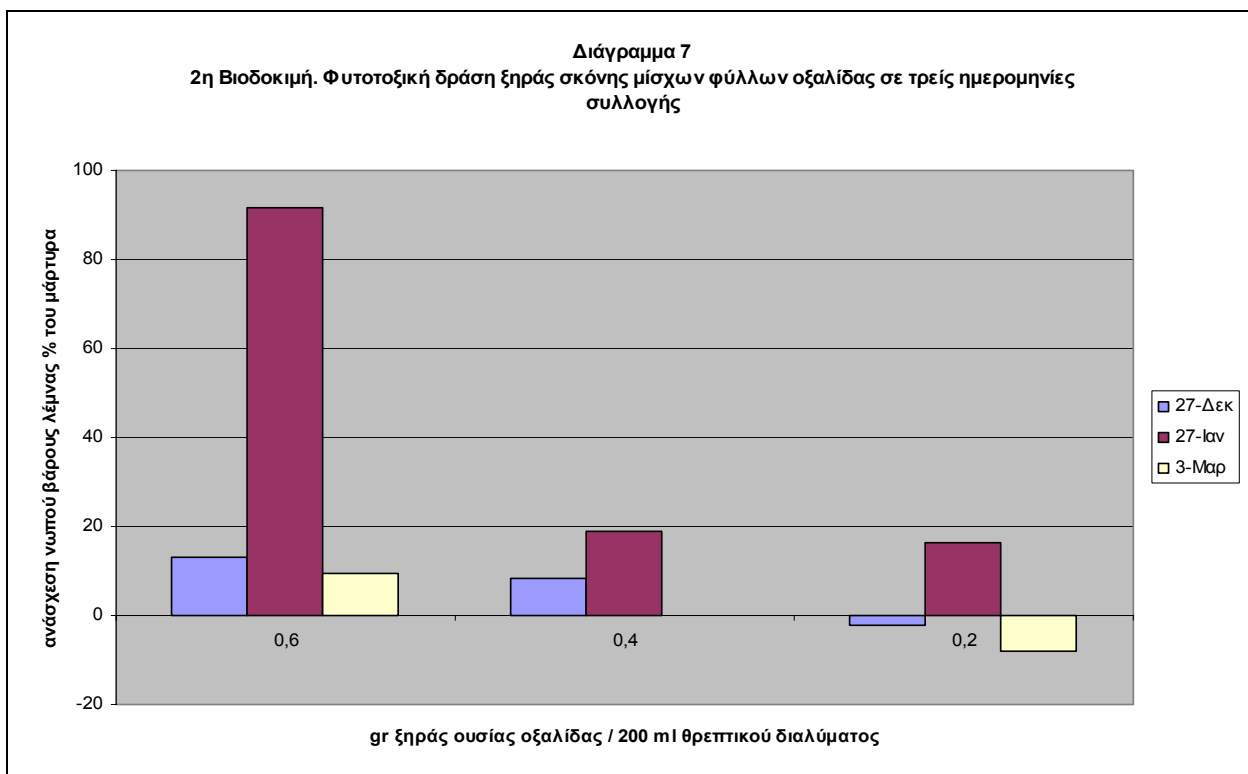
ΦΥΛΛΑ	Μ.Ο. Επαναλήψεων Βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους φύλλων
Μάρτυρας	1,91		
27/12/04			8,98
0,6 gr	1,33	30,36	
0,4 gr	1,61	15,70	
0,2gr	1,76	7,85	
27/01/05			9,48
0,6 gr	1,76	7,85	
0,4 gr	1,81	5,25	
0,2gr	-1,93	-1,04	
03/03/05			7,07
0,6 gr	1,85	3,14	
0,4 gr	-1,93	-1,04	
0,2gr	-2,00	-7,85	



Πίνακας 7:
2^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΜΙΣΧΟΙ ΦΥΛΛΩΝ	Μ.Ο. Επαναλήψεων Βάρους Λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους μίσχων
Μάρτυρας	1,91		
27/12/04			16,42
0,6 gr	1,66	13,08	
0,4 gr	1,75	8,37	
0,2gr	-1,95	-2,09	
27/01/05			20,58
0,6 gr	0,16	91,62	
0,4 gr	1,55	18,84	
0,2gr	1,60	16,23	
03/03/05			10,01
0,6 gr	1,73	9,42	
0,4 gr	-1,91	0	
0,2 gr	-2,06	-7,85	

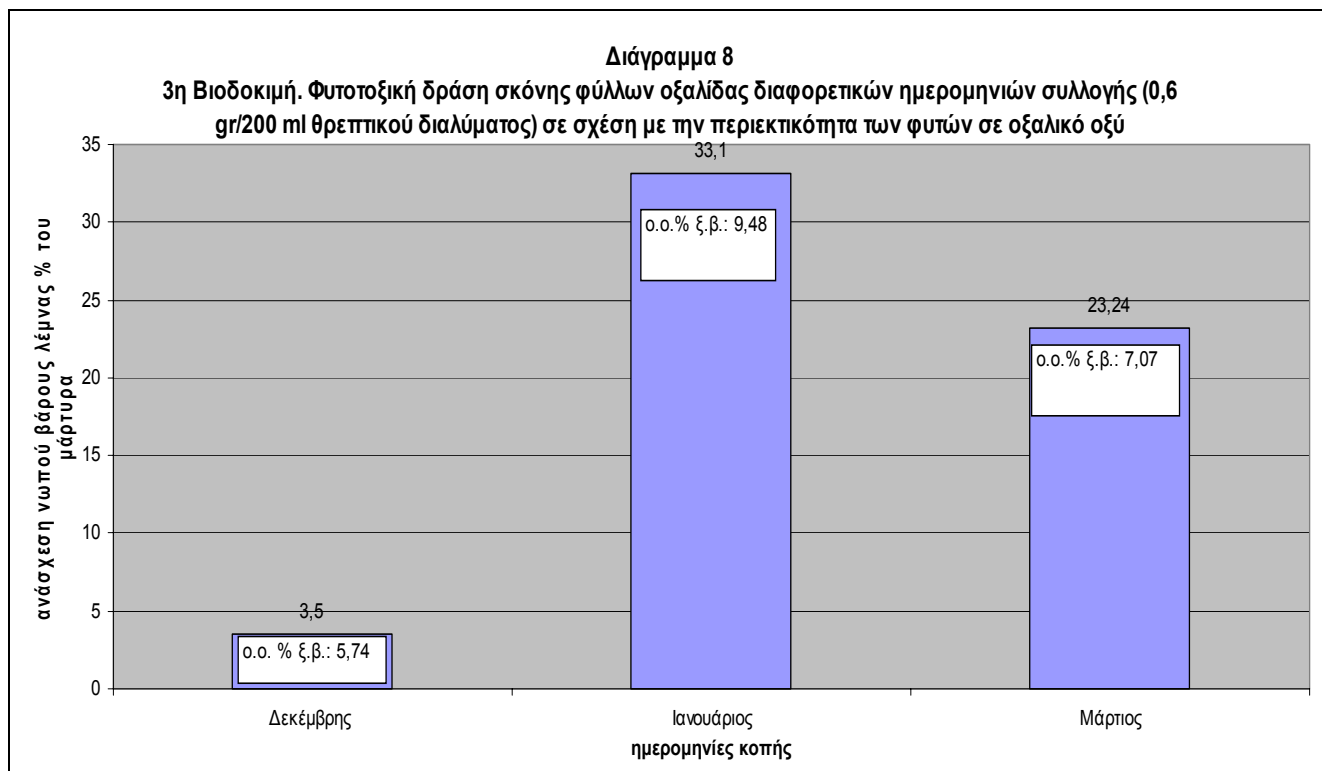
Σφάλμα! Λανθασμένη σύνδεση.



Πίνακας 8:

3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης φύλλων οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε οξαλικό οξύ

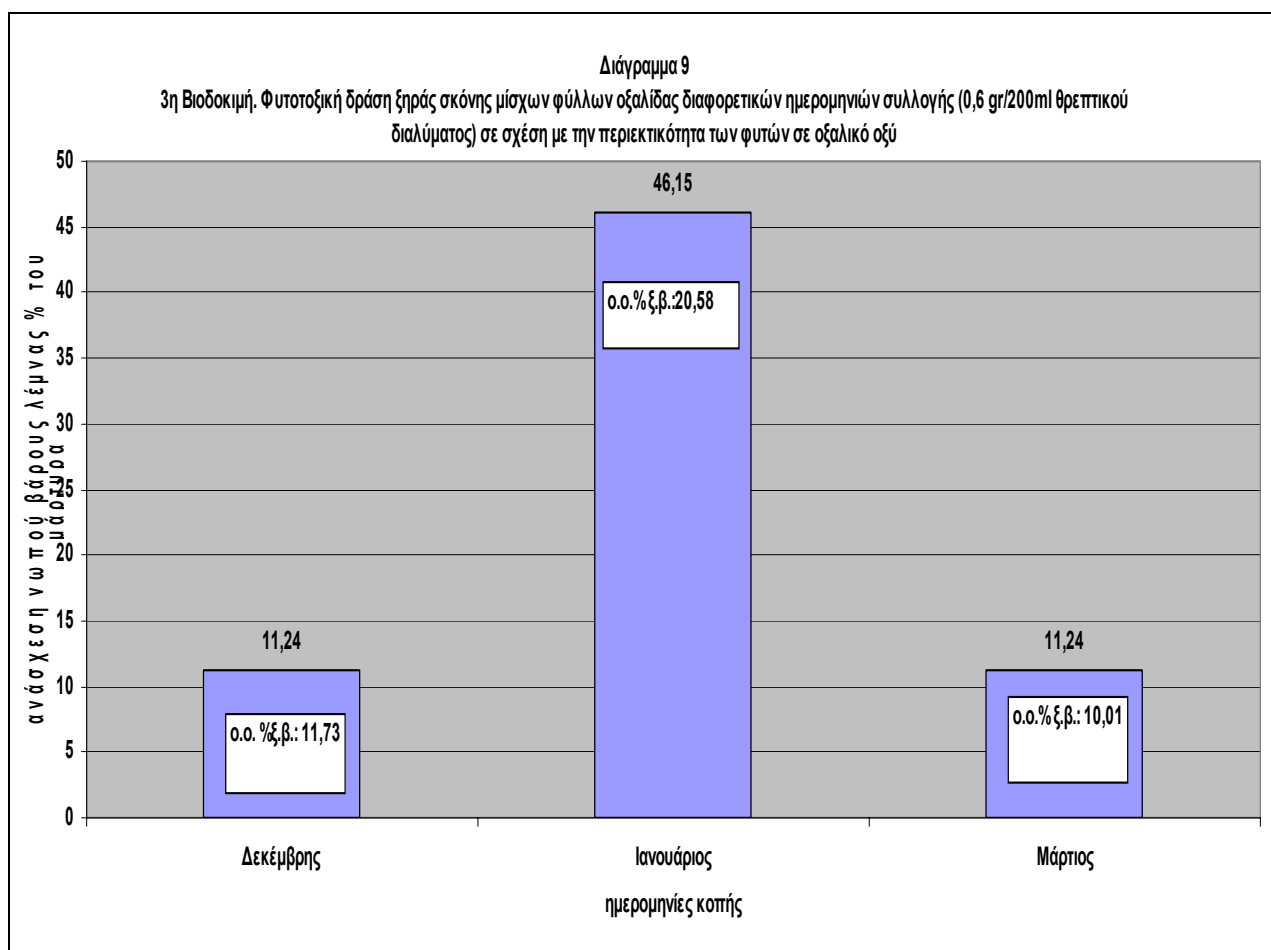
ΦΥΛΛΑ	Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
16/12/04	1,63	3,5	5,74
27/01/05	1,13	33,13	9,48
03/03/05	1,30	23,07	7,07
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,69		



Πίνακας 9:

3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε οξαλικό οξύ

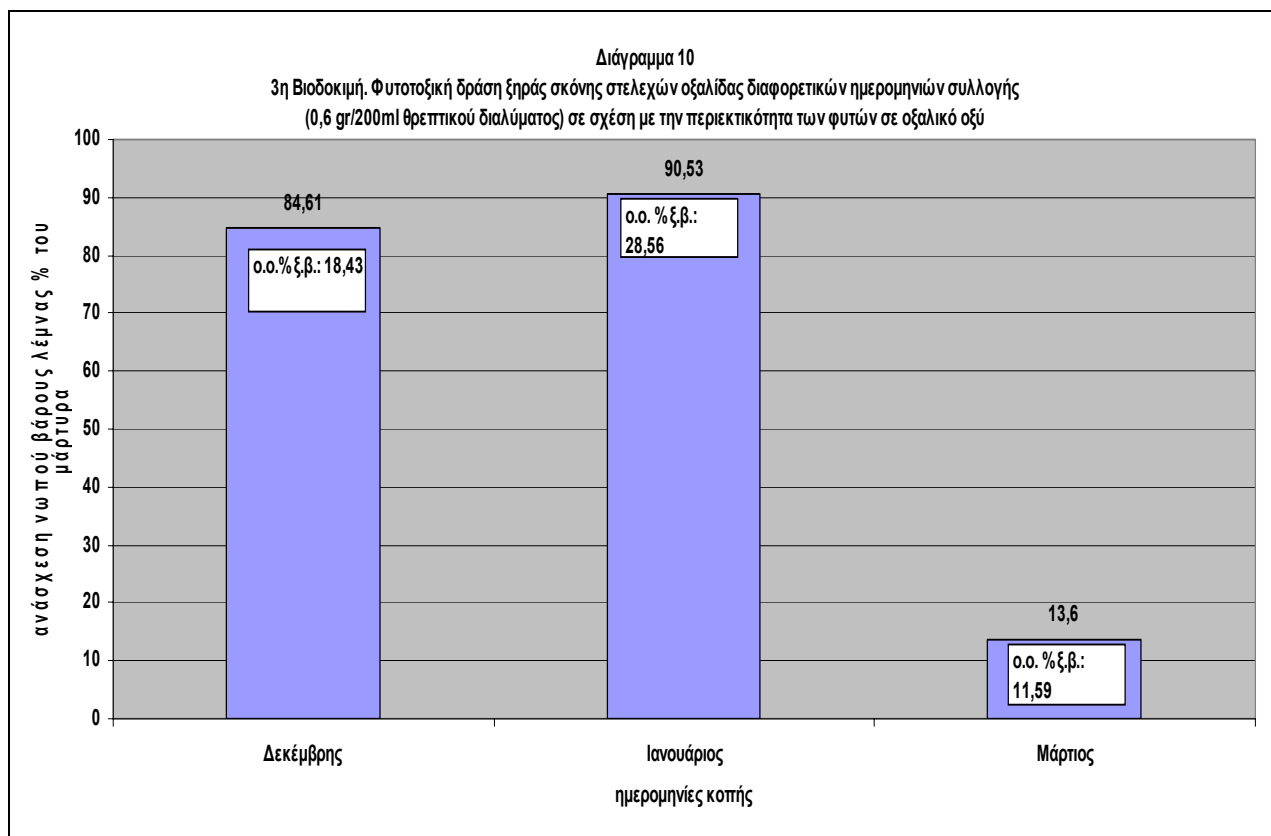
ΜΙΣΧΟΙ ΦΥΛΛΩΝ	Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
16/12/04	1,50	11,24	11,73
27/01/05	0,91	46,15	20,58
03/03/05	1,50	11,24	10,01
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,69		

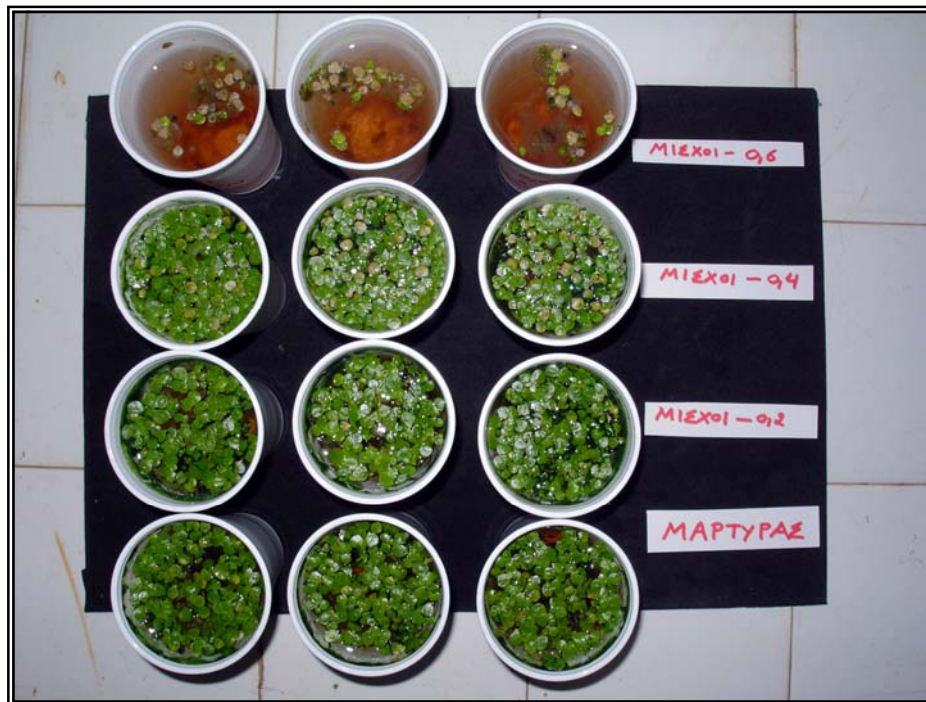


Πίνακας 10:

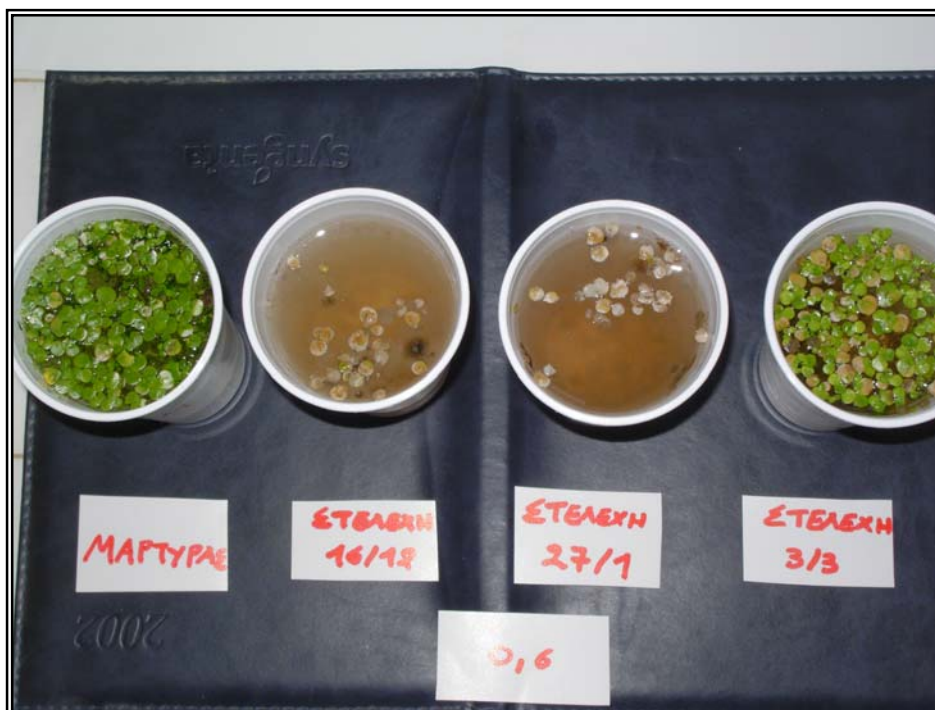
3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε οξαλικό οξύ

ΣΤΕΛΕΧΗ	Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
16/12/04	0,26	84,61	18,43
27/01/05	0,16	90,53	28,56
03/03/05	1,46	13,60	11,59
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,69		

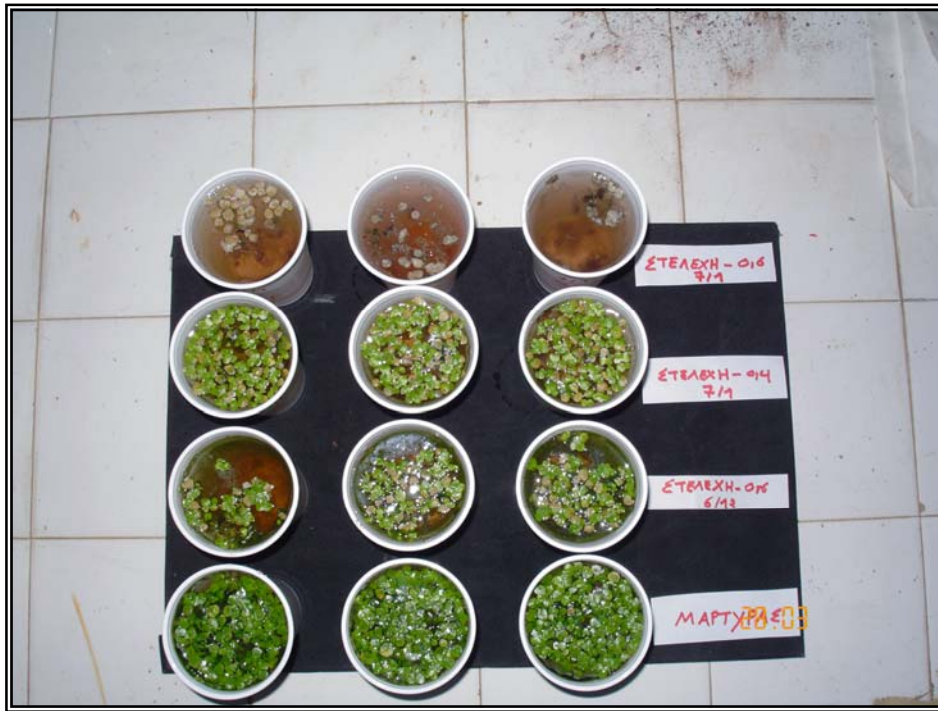




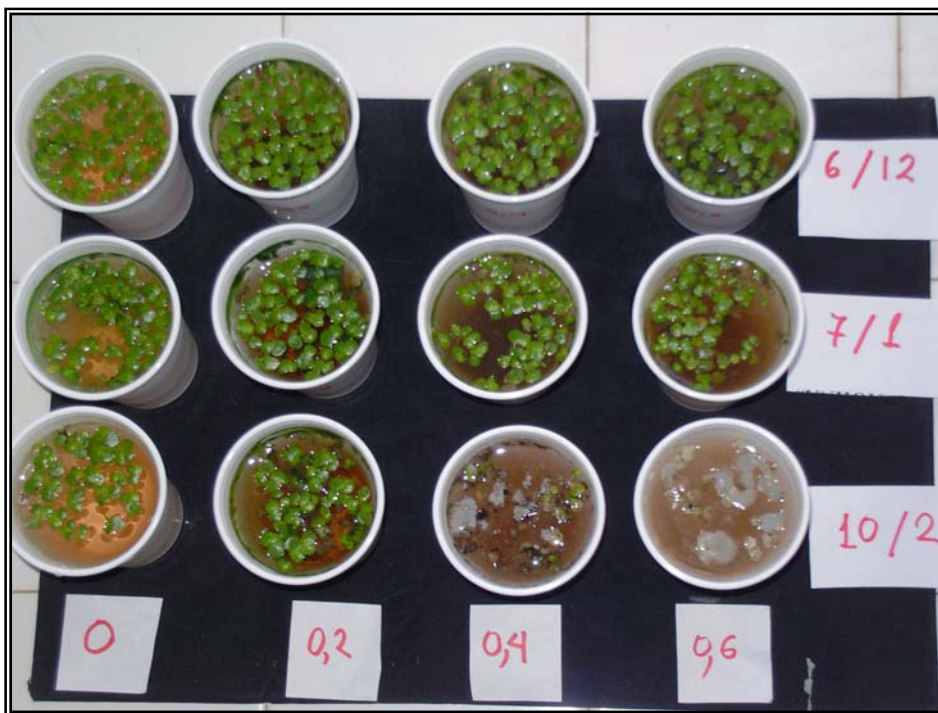
Εικόνα 4: Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας στη 2^η βιοδοκιμή



Εικόνα 5: Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας στην 3^η βιοδοκιμή



Εικόνα 6: Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας στην 1^η βιοδοκιμή



Εικόνα 7: Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- An, M., Pratley, J. And Haig, T.,** 1998. Allelopathy: From concept to reality. *In Proceeding 9th Australian Agronomy Conference*, Wagga Wagga, Australia, pp. 563-566. (<http://life.csu.edu.au/agronomy/papers/314/314.html>).
- Balke, N.E.,** 1985. Effects of allelochemicals on mineral uptake and associated physiological processes. In Thompson, A.C. (ed), *The Chemistry of Allelopathy*. American Chemical Society, Washington D. C.,pp. 161-178.
- Βλάχος, Ι.Κ.,** 1999. *Βοτανική Κυτταρολογία, Ανατομία και Μορφολογία Φυτών*, Εκδόσεις Ιών, σελ: 45-46
- 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.
- Chawdry, M.A. and 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.
- Chipp, T.J., Gilmore, B., Myers, J.R., and Stotz, H.U.** 2005. Relationship between oxalate, oxalate oxidase activity, oxalate sensitivity, and white mold susceptibility in *Phaseolus coccineus*. *Phytopathology* 95: 292-299(<http://www.findarticles.com>)
- Choessin, D.N. and Boerner, R.E.,**1991. Allyl isothiocyanate release and the allelopathic potential of *Brassica napus* (*Brassicaceae*). *American Journal of Botany* 78 (8): 1083-1090.
- Creamer, N.G., Bennet, M.A., Stinner, B.R., Cardina, J. and Regnier E.E.,** 1996. Mechanism of weed suppression in cover crop producing systems. *Hortscience* 31 (3):410-413.
- Γιαννοπολίτης, Κ.Ν.,** 1998. Τα ζιζάνια και η αντιμετώπισή τους στον αμπελώνα *Γεωργία και Κτηνοτροφία* 10 (1998): 100-110.
- Δαμανάκης, Μ. και Μαρκάκη, Μ.,** 1990. Μελέτη της βιολογίας της *Oxalis pes-caprae* L., συνθήκες αγρού στην Κρήτη. *Ζιζανιολογία* 2 : 145-154.
- De Feo, V., De Simone, F. and Senatore, F.,** 2000. Potential allelochemicals from *Ruta graveolens* L. essential oil. (<http://www.isce.ucr.edu/meeting/96/page124html>)
- Einhellig, F.A.,** 1986. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In Putnam, A.R. and Tang, C.S. (eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp.171-188.

- Einhelling, F.A., Muth, M.S. and Schon, M.K.**, 1985. Effects of allelochemicals on plant-water relationship .In Thompson, A.C., (ed.), *The Chemistry of Allelopathy*. American Chemical Society, Wahington D. C., pp. 179-196.
- Ελένη Κωτούλα-Συκά**, 1986. Βιολογία και καταπολέμηση της Οροβάγγης (Orobanche spp.) ,*Επιστημονικό Περιοδικό της Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρείας*, Ζιζανιολογία (2) 1: 49-70
- Fay, P.K., and Duke, W.B.**, 1977. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ plasm. *Weed Science* 25:224-228.
- Fisher, N.H.**, 1986 .The function of mono and sesquiterpenes as plant germinators and growth regulators .In Putman, A.R. and Tang, C.S. (eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp. 171-188.
- Flaig, W.**, 1971. Organic compounds in soil. *Soil Science* 111(1) :19-26
- Galil, J., 1968. Vegetative dispersal in *Oxalis cernua*. *American Journal of Botany* 55 (1) :68-73.
- Καββάδας**, 1956, Δ.Σ. Οξαλίδα. *Εικονογραφημένον Βοτανικό Φυτολογικόν Λεξικόν*: VI, Αθήναι, σελ. 2879-2880.
- Καλμπουρτζή, Κ.Α.**, 1992. Αλληλοπάθεια σε αγροοικοσυστήματα. *Ζιζανιολογία* 2:223-231.
- Kruse, M., Strandberg, M. Strandberg, B.**, 2000. Ecological Effects of Allelopathic plants- a Review. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report No. 315, 66pp. (<http://www.dmu.dk>).
- Lane ,D.**, 1984. Factors affecting the development of populations of *Oxalis pes-caprae* L. *Weed Research* 24: 219-225.
- 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-caprae* L., *Crop Protection* 5: 355-364.
- Mahmut Caliskan**, 1998. Metabolism of Oxalic Acid . *Turk J.Zool* 24 (2000) pp: 103-106

- Πασπάτης, Ε.Α. και 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.,** 1990. Η βιοδοκιμή της λέμνας. Ανίχνευση φυτοτοξικών υπολειμμάτων στο έδαφος και το νερό. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 2 (1990):44-46
- Paspatis, E.A.,** 1985. Chemical, cultural and biological control of *Oxalis pes caprae* in vineyards in Greece. In: *Weed Control on Vine and Soft Fruits*. Proceedings of a Meeting of E.C. Experts Group, Commission of the European Communities, Dublin, Ireland, 12-14 June, 1985.
- Paspati, 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. and Hellen 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. and Hellen Psomadelli,** 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.
- 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. Φυτορυθμιστικές ουσίες (Φυτορμόνες). Ο ρόλος τους στα φυτά. Οι εφαρμογές τους στις καλλιέργειες. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα σελ. 467.
- Patrick, Z. A.,** 1971. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. *Soil Science* **111** (1) :13-18.
- Peirce, J.R.,** 1997. The biology of Australian Weeds 31. *Oxalis pes-caprae L.* *Plant Protection Quarterly* 12 (3) : 110-119.
- Putnam, A.R. and Tang, C.S.,** 1986. Allelopathy: State of the science. In Putnam, A.R. and Tang, C.S.(eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp.1-19.

Putnam, A.R., and Weston, L.A., 1986. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems . In Putnam, A.R. and tang, C.S. (eds.) *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp. 43-56.

Rice, E.L., 1984. *Allelopathy* (Second Edition). Academic Press Inc., Orlando. 422pp.

Stevens, K.L., 1986. Polyacetylenes as allelochemicals. In Putnam, A.R. and Tang, C.S. (eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons, pp. 43-56

Stevens, K.L. and 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.

Tang, C.S., 1986. Continuous trapping techniques for the study of allelochemicals from higher plants. In Putnam, A.R. and Tang, C.S. (eds.), *The Science of Allelopathy*. John Wiley and Sons ,pp. 113-131.

The Biology of Parasitic Flowering Plants by **Job Kuijt**, University of California press Berkeley and Los Angeles 1969: 181-205

(<http://tncweeds.ucdavis.edu/alert/alrtoxal.html>)

A.P.Knight and R.G. Walter, 2003. Plants Causing Kidney Failure (<http://www.ivis.org>)

Mary C.Smith DVM, 1999. Oxalate Poisoning (<http://www.marz-creations.com/Wildplants/OXIL/Docs/Oxalate%20Poisoning.htm>)

Sibylle Ackermann, Studies on the effect of oxalic acid on plant defences and infection, (http://diuf.unifr.ch/diva/diplome05/html/pdf/sibylle_acker)

M.Fomina, S.Hillier, J.M. Charnock, K.Melville, I.J.Alexander and G.M. Gadd, 2005. Role of Oxalic Acid Overexcretion in Transformations of Toxic Metal Minerals by *Beauveria caledonica* Applied and Environmental Microbiology, January 2005, vol 71,No1 pp: 371-381

Decomposition of Oxalate by Microorganisms (<http://www.geocities.com/oxalate2000>)

http://www.bayercropscience.gr/check_zizania.asp

Γ) ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1:
1^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση σκόνης φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΦΥΛΛΑ	Επαναλήψεις επεμβάσεων			Μ.Ο. Επαναλήψεων	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Ιερίεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
	I	II	III			
Μάρτυρας	1,70	1,95	1,75	1,80		
06/12/04						7,47
0,6 gr	1,80	-1,85	1,80	-1,81	-0,55	
0,4 gr	1,75	1,75	1,70	1,73	3,88	
0,2gr	-1,90	-1,85	-1,95	-1,90	-5,5	
07/01/05						6,01
0,6 gr	1,75	1,75	1,75	1,75	2,77	
0,4 gr	1,80	1,75	1,80	1,78	1,11	
0,2gr	-1,90	-1,90	-1,90	-1,90	-5,55	
03/03/05						7,07
0,6 gr	1,60	1,65	1,65	1,63	9,44	
0,4 gr	1,70	1,65	1,65	1,66	7,77	
0,2gr	1,75	1,80	1,80	1,78	1,11	

Πίνακας 2:
1^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΣΤΕΛΕΧΗ	Επαναλήψεις			Μ.Ο. Επαναλήψεων	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Ιερίεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
	I	II	III			
Μάρτυρας	1,70	1,95	1,75	1,80		
06/12/04						26,98
0,6 gr	0,69	0,70	0,60	0,66	63,33	
0,4 gr	1,08	1,10	1,15	1,11	38,33	
0,2gr	-1,90	-1,95	-1,95	-1,93	-7,22	
07/01/05						15,26
0,6 gr	0,15	0,20	0,12	0,15	91,66	
0,4 gr	0,90	0,85	0,85	0,85	52,22	
0,2gr	1,60	1,65	1,65	1,63	9,44	
03/03/05						11,59
0,6 gr	0,90	0,92	0,85	0,89	50,55	
0,4 gr	1,55	1,60	1,55	1,56	13,33	
0,2gr	1,60	1,65	1,65	1,63	9,44	

Πίνακας 3:
2^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΦΥΛΛΑ	Επαναλήψεις			Μ.Ο. επαναλήψεω'	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρου
	I	II	III			
Μάρτυρας	1,85	1,95	1,95	1,91		
27/12/04						8,98
0,6 gr	1,30	1,35	1,35	1,33	30,36	
0,4 gr	1,60	1,65	1,60	1,61	15,70	
0,2gr	1,70	1,80	1,80	1,76	7,85	
27/01/05						9,48
0,6 gr	1,80	1,75	1,75	1,76	7,85	
0,4 gr	1,80	1,80	1,85	1,81	5,25	
0,2gr	-1,95	-1,95	1,90	-1,93	-1,04	
03/03/05						7,07
0,6 gr	1,85	1,85	1,85	1,85	3,14	
0,4 gr	1,90	-1,95	-1,95	-1,93	-1,04	
0,2gr	-2,1	-2,0	-2,1	-2,00	-7,85	

Πίνακας 4:
2^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας σε τρεις ημερομηνίες συλλογής

ΜΙΣΧΟΙ ΦΥΛΛΩΝ	Επαναλήψεις			Μ.Ο. επαναλήψεω'	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους
	I	II	III			
Μάρτυρας	1,85	1,95	1,95	1,91		
27/12/04						16,42
0,6 gr	1,70	1,65	1,65	1,66	13,08	
0,4 gr	1,75	1,75	1,75	1,75	8,37	
0,2gr	-2,1	1,8	-1,95	-1,95	-2,09	
27/1/05						20,58
0,6 gr	0,20	0,15	0,15	0,16	91,62	
0,4 gr	1,55	1,60	1,50	1,55	18,84	
0,2gr	1,60	1,60	1,60	1,60	16,23	
3/3/05						10,01
0,6 gr	1,70	1,70	1,80	1,73	9,42	
0,4 gr	1,90	-1,95	1,90	-1,91	0	
0,2 gr	-2,1	-2,1	-2,00	-2,06	-7,85	

Πίνακας 5:

3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης φύλλων οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε οξαλικό οξύ

ΦΥΛΛΑ	Επεμβάσεις με ξηρή σκόνη φύλλων οξαλίδας			Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους φύλλων
	I	II	III			
16/12/04	1,60	1,65	1,65	1,63	3,5	5,74
27/01/05	1,10	1,20	1,10	1,13	33,13	9,48
03/03/05	1,30	1,30	1,30	1,30	23,07	7,07
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,70	1,65	1,70	1,69		

Πίνακας 6:

3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης μίσχων φύλλων οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε οξαλικό οξύ

ΜΙΣΧΟΙ ΦΥΛΛΩΝ	Επεμβάσεις με ξηρή σκόνη μίσχων οξαλίδας			Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους φύλλων
	I	II	III			
16/12/04	1,45	1,50	1,55	1,50	11,24	11,73
27/01/05	0,85	0,95	0,95	0,91	46,15	20,58
03/03/05	1,50	1,50	1,50	1,50	11,24	10,01
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,70	1,65	1,70	1,69		

Πίνακας 7:

3^η Βιοδοκιμή. Φυτοτοξική δράση ξηράς σκόνης στελεχών οξαλίδας διαφορετικών ημερομηνιών συλλογής (0,6 gr/200 ml θρεπτικού διαλύματος) σε σχέση με την περιεκτικότητας των φυτών σε οξαλικό οξύ

ΣΤΕΛΕΧΗ	Επεμβάσεις με ξηρή σκόνη στελεχών οξαλίδας			Μ.Ο. νωπού βάρους λέμνας	Ανάσχεση νωπού βάρους λέμνας % του μάρτυρα	Περιεκτικότητα σε οξαλικό οξύ % ξηρού βάρους φύλλων
	I	II	III			
16/12/04	0,19	0,30	0,30	0,26	84,61	18,43
27/01/05	0,20	0,15	0,15	0,16	90,53	28,50
03/03/05	1,40	1,45	1,55	1,46	13,60	11,59
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,70	1,65	1,70	1,69		

