

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΣΤΗ ΖΙΖΑΝΙΟΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ**

Νεκτάριος Δούρος

ΑΘΗΝΑ 2013

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΣΤΗ ΖΙΖΑΝΙΟΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ : Παπαθεοχάρη Γιολάντα, Επίκουρος Καθηγήτρια

ΜΕΛΗ : Μπιλάλης Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τραυλός Ηλίας, Λέκτορας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Νιώθω την ανάγκη να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ Στο ΘΕΟ για τη δύναμη και υπομονή που μου χάρισε... Με σύμμαχο την ακραϊφή αγάπη μου για τη γεωπονική επιστήμη και σε πείσμα έναντι αυτής της δύσκολης για την πατρίδα μας χρονικής περιόδου, κατόρθωσα να τελειώσω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, όντας εργαζόμενος της πρωτοβάθμιας τοπικής αυτοδιοικήσεως. Πράγματι η ευασχόληση με τη φύση με όπλιζε δύναμη η οποία ήταν απαραίτητη για να συνεχίζω να προσπαθώ. Διαπίστωνα ότι η παρακρήρηση των φυτών με ξεκούραζε και αποτελούσε κάθε φορά ένα ευχάριστο διάλειμα στο υπερπλήρες πρόγραμμά μου.

Επιπλέον αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω θερμά μέσα σε λίγες γραμμές, τις οποίες θεωρώ απειροελάχιστες, όλους εκείνους που με τη βοήθειά τους κατέστησαν δυνατή την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Επίκουρο Καθηγήτρια κα. Αικατερίνη - Γιολάντα Παπαθεοχάρη για την επίβλεψη, ευδελική ανάγνωση, διόρθωση και βαθμολόγησή της. Ευχαριστώ πολύ τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτριο Μπιλλάλη για τη βοήθεια που μου προσέφερε απλόχερα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής και για τις συμβουλές που μου παρείχε όποτε τις χρειάστηκα. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω το Λέκτορα κ. Ηλία Τραυλό για τη βοήθεια που μου παρείχε κυρίως στο πρώτο πείραμα καθώς και για τις παρατηρήσεις και διορθώσεις στο τελικό κείμενο.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στην Επίκουρο Καθηγήτρια κα. Παναγιώτα Παπαστυλιανού η οποία με τις πολύτιμες συμβουλές της βοήθησε καταλυτικά στη συγγραφή του πονήματος αυτού. Η συμβολή της ήταν πολλές φορές εμφυχωτική.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το προσωπικό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και τους διδάκτορες, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς όπως και προπτυχιακούς σπουδαστές οι οποίοι μου διέθεσαν απλόχερα τις συμβουλές τους και υπηρεσίες τους κάθε φορά που τις χρειάστηκα. Η ύπαρξή τους κατέστησε τις εν λόγω σπουδές μου μια ανεπανάληπτη εμπειρία... Η παροχή επικουρικού έργου που παρείχα, κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, αποτέλεσε μια ξεχωριστή και πρωτόγνωρη εμπειρία.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κ. Χρήστο Αυγουλά. Είμαι ευτυχής που με την επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών κατόρθωσα να φρατώ αντάξιος των προσδοκιών του όπως είχα αποτυπωθεί στη συστατική του επιστολή, σχεδόν δύο έτη πριν.

Το παρόν αφιερώνεται

Στο ανυπότακτο και αδούλωτο πνεύμα
των **Ελλήνων** που μπορούν παρά τις
δυσκολίες και τα εμπόδια να
επιτυγχάνουν ...

Abstract / Summary

In the present study, there were studied the effects of plant residues of two aromatic plants (*Sideritis scardica* Griseb and *Echinacea purpurea*) on weed flora and first growth of a sunflower crop. A field and a pot experiment were conducted in Agriculture University of Athens. In particular, the field experiment was conducted under organic conditions, while in the pot experiment special attention was given to the first growth of sunflower plants with the effect of plant residues.

Our results showed that there was a significant effect of plant residues on weed flora. Particularly, the presence of many weed species (high diversity) was favored by *Echinacea sp.* On the contrary, the incorporation of *Sideritis sp.* Residues resulted to a lower number of different weed species (low richness) and an intense effect on most weed species.

The pot experiment revealed that sunflower seed germination was significantly reduced and consequently seedling emergence was delayed by the incorporation of *Echinacea sp.* residues. On the other hand, the activity of *Sideritis sp.* residues was much more selective (and desirable), since there was not observed any negative effect on sunflower growth.

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση που έχουν τα φυτικά υπολείμματα δύο αρωματικών φυτών *Sideritis scardica* Griseb (τσάι του βουνού) και *Echinacea purpurea* (εχινάτσεας), πάνω στη ζιζανιοχλωρίδα της καλλιέργειας του ηλιάνθου και στην ανάπτυξη του φυτού. Για το σκοπό αυτό διεξήχθησαν δύο πειράματα. Το πρώτο εγκαταστάθηκε σε βιολογικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. όπου και εξετάστηκε η επίδραση των δύο υπολειμμάτων στην καλλιέργεια του ηλιάνθου και το δεύτερο έγινε σε 24 γλάστρες (3 ομάδες των 8), όπου και μελετήθηκε η ανάπτυξη του φυτού κάτω από την επίδραση των υπολειμμάτων των αρωματικών φυτών.

Στον αγρό, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της ενσωμάτωσης υπολειμμάτων των αρωματικών φυτών στη ζιζανιοχλωρίδα. Ειδικότερα, η *Echinacea sp.* συνέβαλε στη βελτίωση της βιοποικιλότητας. Σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (μάρτυρας, *Sideritis sp.*) παρατηρήθηκε μεγαλύτερος αριθμός διαφορετικών ειδών ζιζανίων, δηλαδή η εν λόγω μεταχείριση οδήγησε σε αύξηση του πλούτου των ειδών των ζιζανίων. Στον αντίποδα, ο *Sideritis sp.* περιόρισε τον αριθμό των διαφορετικών ειδών των ζιζανίων της καλλιέργειας ηλιάνθου από 7 σε 3 είδη, ενώ αύξησε τη σχετική αφθονία των ζιζανίων στα διαφορετικά είδη της φυτοκοινωνίας. Επομένως, ο *Sideritis sp.* είχε εντονότερη επίδραση στον έλεγχο πολλών ζιζανίων.

Στις γλάστρες η *Echinacea sp.* περιόρισε τη βλάστηση των σπόρων ηλιάνθου και εξαιτίας της ύπαρξής της παρατηρήθηκε μια καθυστέρηση στο ρυθμό ανάδυσης των φυταρίων. Η χρησιμοποίηση φυτικών υπολειμμάτων των δύο αρωματικών φυτών οδήγησε σε μεγαλύτερες ταξιανθίες. Παρόλα αυτά, με την *Echinacea sp.* η πλειοψηφία των φυτών του ηλιάνθου εμφάνισε και πλευρικές ταξιανθίες μικρότερου μεγέθους. Το φαινόμενο αυτό είναι ανεπιθύμητο στη γεωργική πρακτική. Τέλος, τα φυτικά υπολείμματα του αρωματικού φυτού *Sideritis sp.* όχι μόνο δεν είχαν καμία απολύτως αρνητική επίδραση στην καλλιέργεια του ηλιάνθου, αλλά οδήγησαν και σε φυτά μεγαλύτερου ύψους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Abstract / Summary	4
Περίληψη	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. Ηλιάνθος - ιστορική αναδρομή	9
1.2. Βοτανική ταξινόμηση	9
1.3. Τάσεις καλλιέργειας	10
1.3.1. Παγκόσμια παραγωγή ηλιάνθου	10
1.3.2. Καλλιεργούμενες εκτάσεις ηλιάνθου στην Ελλάδα	12
1.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά	13
1.4.1. Βλαστός	14
1.4.2. Φύλλα	14
1.4.3. Ταξιανθία -Ανθοφορία	14
1.4.4. Καρπός	16
1.4.5. Ελλειπώς ανεπτυγμένοι καρποί	17
1.4.6. Βιολογικός κύκλος	17
1.5. Οικολογικές απαιτήσεις - Προσαρμοστικότητα	22
1.5.1. Θερμοκρασία	22
1.5.2. Φως	23
1.5.3. Νερό	23
1.5.4. Έδαφος	24
1.6. Βιολογική γεωργία	25
1.6.1. Ορισμοί και εννοιολογικές διευκρινήσεις	25
1.6.2. Στόχοι και αρχές της βιολογικής γεωργίας	27
1.6.3. Επίδραση που έχει η βιολογική γεωργία στη βιοποικιλότητα	30

1.6.4. Βιολογική καλλιέργεια Ηλιάνθου	31
1.7. Αλληλοπάθεια (allelopathy)	36
1.7.1. Γενικά.....	36
1.7.2. Βιοσύνθεση και χημική κατάταξη αλληλοπαθητικών ουσιών	38
1.7.3. Μηχανισμός δράσης αλληλοπαθητικών ουσιών	41
1.7.4. Διαπίστωση της αλληλοπάθειας	42
1.7.5. Διερεύνηση της αλληλοπάθειας	43
1.7.6. Τρόποι αξιοποίησης της αλληλοπάθειας στη γεωργία	44
1.7.7. Αλληλοπαθητική δράση μεταξύ ζιζανίων	46
1.7.8. Παρεμποδιστική δράση ζιζανίων στην ανάπτυξη καλλιεργούμενων φυτών	47
1.7.9. Παρεμποδιστική δράση καλλιεργούμενων φυτών στην ανάπτυξη ζιζανίων	50
1.7.10. Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπάθεια εναντίον άλλων καλλιεργούμενων φυτών.....	52
1.8. Τσάι του βουνού (<i>Sideritis</i> sp.)	54
1.8.1. Αλληλοπαθητικές ουσίες των διαφόρων ειδών του <i>Sideritis</i> sp. ...	56
1.9. Εχινάτσα (<i>Echinacea</i> sp.)	57
1.9.1. Χρήσεις εχινάτσας.....	59
1.10. Σκοπός της μελέτης.....	59
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	60
2.1. Γενικά	60
2.2. Φυτικό υλικό	61
2.3. Πρώτο πείραμα (διεξήχθη στον αγρό).....	61
2.3.1. Πειραματικό σχέδιο	61
2.3.2. Καλλιεργητικά στοιχεία.....	65
2.3.3. Παρατηρήσεις – Μετρήσεις.....	65

2.3.4. Πρόγραμμα αξιολόγησης ζιζανιοχλωρίδας.....	68
2.3.5. Δείκτες ποικιλότητας	68
2.4. Δεύτερο πείραμα (διεξήχθη σε γλάστρες).....	71
2.4.1. Πειραματικό σχέδιο	71
2.4.2. Καλλιεργητικά στοιχεία.....	71
2.4.3. Παρατηρήσεις – Μετρήσεις	73
2.5. Στατιστική ανάλυση	73
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	74
3.1. Αποτελέσματα πειράματος αγρού	74
3.1.1. Νωπό βάρος ζιζανίων	74
3.1.2. Ξηρό βάρος ζιζανίων	79
3.1.3. Πυκνότητα ζιζανίων.....	84
3.1.4. Ποιοτική ανάλυση ζιζανίων	89
3.1.5. Πορεία εξέλιξης του δείκτη ποικιλότητας Shannon – Weaver	98
3.1.6. Πορεία εξέλιξης του δείκτη ποικιλότητας Simpson	100
3.2. Αποτελέσματα πειράματος σε γλάστρες.....	102
3.2.1. Εμφάνιση φυταρίων ηλιάνθου.....	102
3.2.2. Αριθμός φυτών ηλιάνθου ανά γλάστρα	103
3.2.3. Ύψος φυτών ηλιάνθου.....	104
3.2.3. Διάμετρος ταξιανθιών.....	106
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111
5.1. Ξένη βιβλιογραφία	111
5.2. Ελληνική βιβλιογραφία	118

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ηλίανθος - ιστορική αναδρομή

Το φυτό του ηλιάνθου είναι γνωστό και ως ηλιοτρόπιο ή ήλιος ή ανθός του ήλιου. Οφείλει το όνομά του στο ότι τα νεαρά φύλλα, τα βράκτια και οι ταξιανθίες του ηλιάνθου ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας μέχρι να αρχίσει η άνθιση. Το χαρακτηριστικό αυτό γνώρισμα ονομάζεται ηλιοτροπισμός.

Η καλλιέργειά του είναι γνωστή από το 3000 π.Χ. (Heiser, 1978). Ο τόπος καταγωγής του είναι η Κεντρική Αμερική όπου αποτελούσε μέρος της τροφής των Ινδιάνων και πρώτη ύλη για την παραγωγή λαδιού ή την παρασκευή φαρμάκων.

Στην Ευρώπη ο ηλίανθος μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς το 1550 με την ανακάλυψη της Αμερικής, ενώ από το 1780 άρχισε να καλλιεργείται στη Ρωσία αρχικά ως καλλωπιστικό και στη συνέχεια ως εδώδιμο φυτό ή για φαρμακευτικούς σκοπούς. Τον τελευταίο μισό αιώνα με τη χρήση υβριδίων οι αποδόσεις έχουν αυξηθεί, υπάρχει μια σταθερότητα στην παραγωγή και αντοχή στις ασθένειες (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Η παγκόσμια παραγωγή του ηλιόσπορου με βάση στοιχεία του FAO ανήλθε σε 40,2 εκατ. τόνους το 2012 και σχεδόν διπλασιάστηκε από την αντίστοιχη του 2002.

1.2. Βοτανική ταξινόμηση

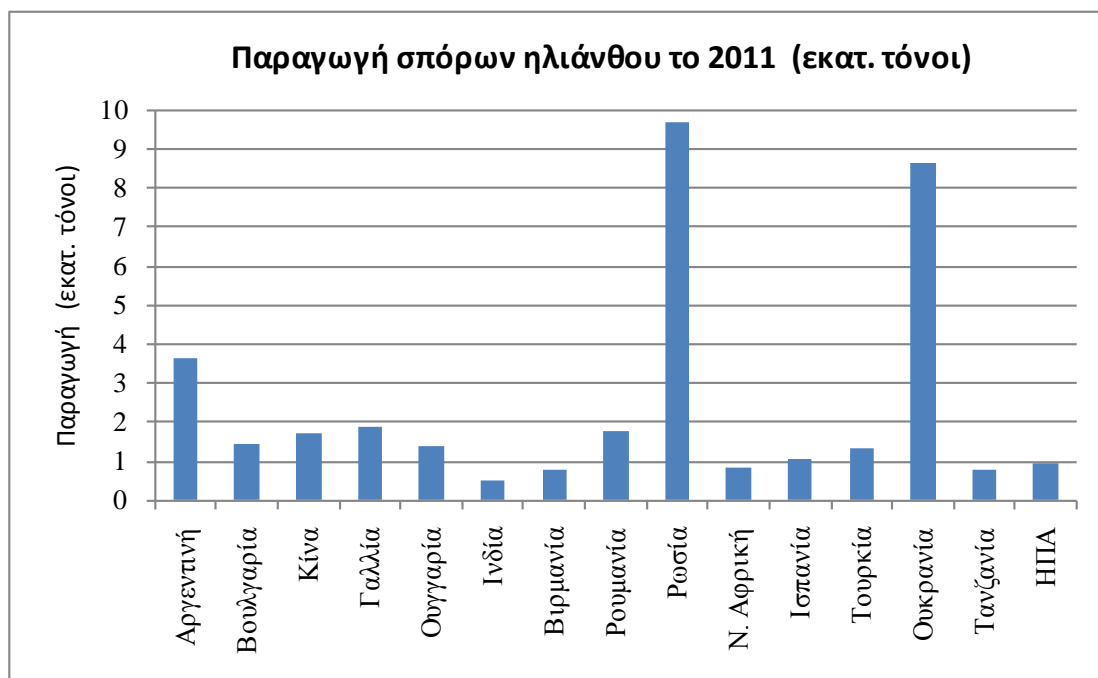
Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος ανήκει στο είδος *Helianthus annuus* L. της οικογένειας των σύνθετων (*Compositae*) το οποίο προήλθε από το ζιζάνιο *Helianthus petiolaris* με μεταβίβαση γενετικού υλικού. Ανάλογα με το ύψος που έχει κάθε ποικιλία, τις διακρίνουμε σε υψηλόσωμες, μετριόσωμες και χαμηλόσωμες (Ξανθόπουλος, 1993).

Τα είδη *H. annuus* και *H. tuberosus* χρησιμοποιούνται ως είδη διατροφής, ενώ τα είδη *H. argophyllus*, *H. debilis*, *H. decapetalus*, *H. maximiliani* και *H. salisifolius* καλλιεργούνται ως καλλωπιστικά (Ξανθόπουλος, 1993).

1.3. Τάσεις καλλιέργειας

1.3.1. Παγκόσμια παραγωγή ηλιάνθου

Η παγκόσμια παραγωγή ηλιάνθου για το έτος 2011 ανήλθε στους 40,2 εκατ. τόνους σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας. Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σπόρων ηλιάνθου είναι η Ρωσία, η Ουκρανία και η Αργεντινή. Συνολικά στις εκτάσεις τους, για το 2011, η συγκομισθείσα ποσότητα έφτασε τους 22.039.700 τόνους, δηλαδή, ίσο με το 54,82% της παγκόσμιας παραχθείσας ποσότητας (FAO, 2013). Αυτές οι τρεις χώρες αναφέρονται συνήθως σαν το «τρίγωνο του ηλιάνθου» (Κεφαλάς Π., 2011). Επηρεάζουν αποφασιστικά τις διεθνείς τιμές των προϊόντων της καλλιέργειας (σπόροι και ηλιέλαιο).



Διάγραμμα 1.1. Παραγωγή σπόρων ηλιάνθου, παγκοσμίως, για το έτος 2011 σε εκατ. τόνους (πηγή: FAO, 2013).

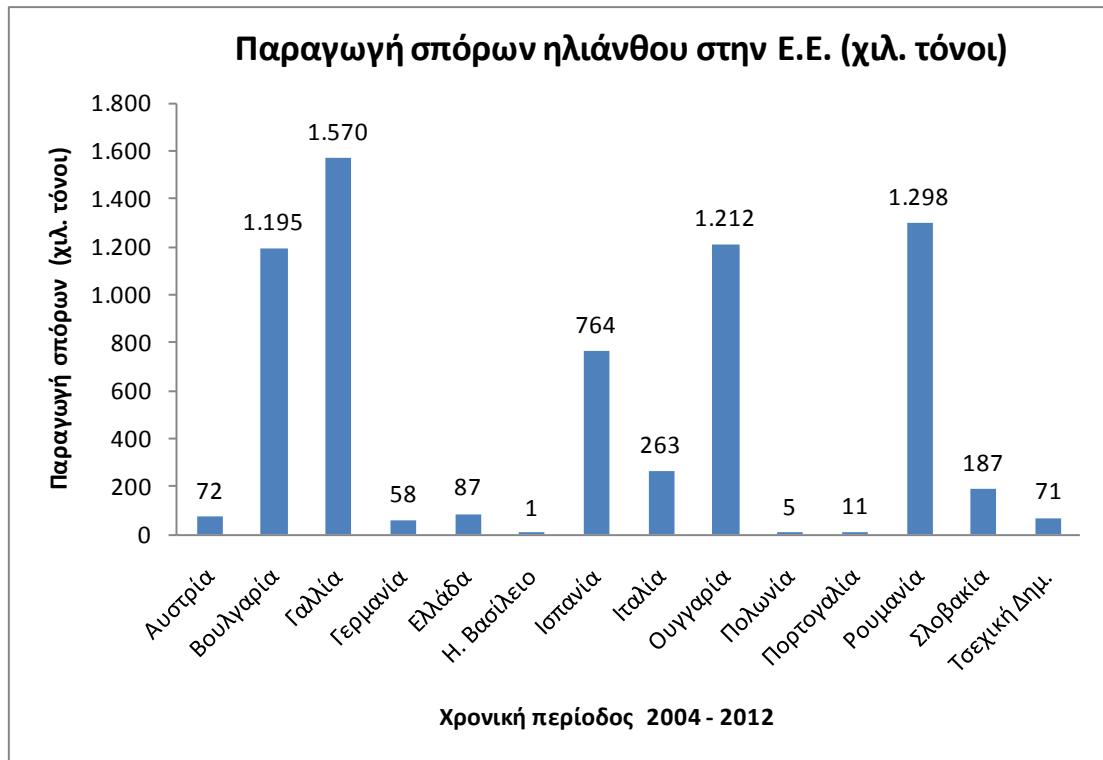
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σπόρων το 2012 ήταν η Γαλλία, η Ρουμανία, η Βουλγαρία και η Ουγγαρία. Η Γαλλία παράγει σταθερά τη μεγαλύτερη ποσότητα σπόρων ηλιάνθου στην Ε.Ε., με το μέσο όρο παραγωγής να φτάνει την προαναφερθείσα περίοδο τους 1570 χιλιάδες τόνους (Eurostat, 2013). Στο πίνακα 1 παρουσιάζεται αναλυτικά για τα έτη 2004 έως 2012 η παραγωγή σπόρων ηλιάνθου στα κράτη μέλη της Ε.Ε. Όπου υπάρχει το σύμβολο “:” δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα.

Πίνακας 1.1. Παραγωγή ηλιάνθου στην Ε.Ε. σε χιλιάδες τόνους (Πηγή: EUROSTAT, 2013).

Ε.Ο.Κ. των 10 το 1981 και των 12 το 1986, Ε.Ε. των 15 το 1995, Ε.Ε. των 25 το 2004 και Ε.Ε. των 27 το 2007.

ΧΩΡΕΣ ΕΕ	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Μ.Ο. παραγωγής
Αυστρία	77,9	80,8	84,6	59,5	79,7	71	66,5	73,7	53,1	:	72
Βέλγιο	:	:	:	:	:	0	0	:	:	:	
Βουλγαρία	1.078,8	934,9	1.196,6	564,4	1.300,7	1.318	1.536,3	1.439,7	1.387,8	:	1.195
Γαλλία	1.457,2	1.510,5	1.439,7	1.307,9	1.608	1.703,9	1.640,8	1.882,4	1.575,1	:	1.570
Γερμανία	69,7	67,1	61,9	50,9	48,9	56,9	47,2	53,2	62,8	:	58
Δανία	:	:	:	:	:	:	0	0	:	:	
Ελλάδα	4,6	5,7	12,4	16,8	15,6	28,2	160,5	454,4	:	:	87
Εσθονία	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
Ηνωμένο Βασίλειο	2	2	:	:	:	:	0	0	:	:	1
Ιρλανδία	:	:	:	:	:	:	:	0	:	:	
Ισπανία	820,9	360,9	662,1	733,2	872,7	869,5	846,6	1.090,2	619	:	764
Ιταλία	274	289,4	308	277,4	261,3	280,2	212,9	274,4	185,5	:	263
Κύπρος	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
Λετονία	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
Λιθουανία	:	:	:	:	:	:	0	0	0	0	
Λουξεμβούργο	:	:	:	:	:	:	0	0	0	:	
Μάλτα	:	:	:	:	:	0	:	:	0	:	
Ολλανδία	0	0	0	0	0	0	0	:	0	:	
Ουγγαρία	1.186,2	1.107,9	1.180,7	1.060,5	1.468,1	1.256,2	969,7	1.374,8	1.302,1	:	1.212
Πολωνία	4,5	7,4	5,4	5,7	4,7	4,1	4,5	5,2	:	:	5
Πορτογαλία	13,9	2,4	4,1	14,1	16,2	11,5	7,6	12,6	12,6	:	11
Ρουμανία	1.557,8	1.340,9	1.526,2	546,9	1.169,9	1.098	1.262,9	1.789,3	1.389,3	:	1.298
Σλοβακία	196,4	195,3	228,6	132,7	192,3	187,2	150,3	201	197,2	:	187
Σλοβενία	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0	0	0	
Σουηδία	0	0	0	0	0	0	0	0	0	:	
Τσεχική Δημοκρατία	84,9	94,8	101	52	60,9	61	57,4	70,9	56,9	:	71
Φινλανδία	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΣΥΝΟΛΟ	6828,9	6000,1	6811,5	4822,4	7099,2	6946	6963,6	8721,8	6841,4	:	6792,3

Σύμφωνα με δεδομένα της Eurostat η παραγωγή ηλιάνθου μετά από μια απότομη πτώση κατά 29% το 2007, στη συνέχεια το 2008 αυξήθηκε κατά 47%. Παρέμεινε σχεδόν σταθερή τα επόμενα δύο χρόνια, ακολούθησε μια αύξηση το 2011 κατά 21% σε σχέση με το 2010, (Eurostat, 2012) ενώ μειώθηκε περίπου κατά το ίδιο ποσοστό το 2012 φτάνοντας τους 6.841.400 τόνους.

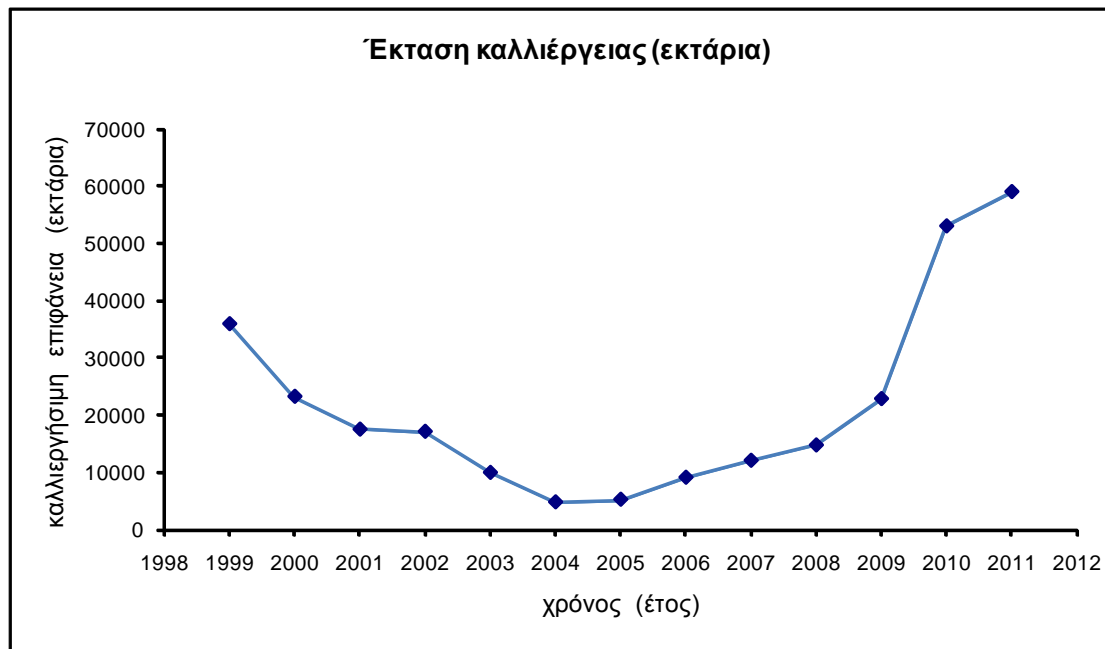


Διάγραμμα 1.2. Παραγωγή σπόρων ηλιάνθου στην Ε.Ε. (πηγή Eurostat, 2013).

1.3.2. Καλλιεργούμενες εκτάσεις ηλιάνθου στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ηλιάνθου μετά από μια συνεχή καθοδική πορεία μέχρι το 2004 και μια σταθερότητα 2 ετών στη συνέχεια παρουσίασαν μια ανοδική πορεία η οποία ήταν κατακόρυφη το 2010 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2012; FAO, 2013).

Η αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων δικαιολογείται από τις ενισχύσεις (45 EUR ανά εκτάριο ενεργειακής καλλιέργειας) που προέβλεπε, στα πλαίσια της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, το άρθρο 88 του 5^{ου} κεφαλαίου του Κανονισμού 1782/2003. Ο ηλιάνθος αποτελεί μια ενεργειακή καλλιέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι ελαιούχοι σπόροι του για την παραγωγή, βιοκαυσίμου (βιοντίζελ). Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), στις συνθήκες της Ελλάδας, οι αποδόσεις κυμαίνονται από 58 έως 116 λίτρα βιοντίζελ ανά στρέμμα (CRES, 2006).



Διάγραμμα 1.3. Έκταση καλλιέργειας ηλιάνθου σε εκτάρια στην Ελλάδα από το 1999 έως το 2012 (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2012; FAO 2013).

1.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το ριζικό σύστημα είναι βαθύ, πασσαλώδες, μεγαλύτερο των 2 μέτρων (Sandras et al., 1989) που σε μερικές περιπτώσεις όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία φτάνει μέχρι τα 5μ. (Αυγουλάς, 2008). Το υπόγειο μέρος στα πρώτα στάδια του βιολογικού κύκλου του φυτού χαρακτηρίζεται από ταχύτερη ανάπτυξη σε σχέση με το υπέργειο τμήμα. Αδυναμία του ριζικού συστήματος θεωρείται η μικρή διεισδυτικότητά του σε σκληρό έδαφος (Bremm and Preston, 1990).

Το φύτερωμα και η ανάδυση των φυτών πάνω από την επιφάνεια του εδάφους γίνεται με την ενεργοποίηση και την επιμήκυνση του υποκοτυλίου. (Αυγουλάς, 2008). Η σπορά του ηλιάνθου γίνεται όταν η θερμοκρασία εδάφους φθάσει τους 8°C (Ξανθόπουλος, 1993). Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 4°C. Η άριστη θερμοκρασία ανέρχεται στους 8 με 10°C, ενώ σε θερμοκρασίες αέρος 15°C παρατηρείται το ταχύτερο φύτερωμα (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002) εντός 3 με 4 ημερών (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.4.1. Βλαστός

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι μονοστέλεχες. Τα φυτά που παρουσιάζουν επιπλέον στελέχη παράγουν μικρότερη ποσότητα σπόρων, ποιοτικά υποβαθμισμένων και οι οποίοι δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα. Ο βλαστός αποκτά ύψος που κυμαίνεται από 0,5 έως 4 m και διάμετρο στελέχους από 1 – 5 cm. Συνήθως το άνω άκρο του στελέχους υπό το βάρος της ταξικαρπίας λυγίζει διευκολύνοντας την αποξήρανση του σπόρου και κατά ένα ποσοστό προστατεύοντας την παραγωγή από επιθέσεις πτηνών.

Στις καλλιεργούμενες ποικιλίες το ύψος του στελέχους είναι συνήθως 1,60-1,80 m και η διάμετρος 2-3 cm, ενώ έχουν δημιουργηθεί και ποικιλίες με ύψος στελέχους 1-1,5 m που διευκολύνουν τη μηχανική συγκομιδή. Το φυτό αποκτά το μέγιστο ύψος του στα μισά του βιολογικού κύκλου (Αυγουλάς, 2008).

1.4.2. Φύλλα

Υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς μορφολογία των φύλλων. Συνήθως είναι πλατειά, ωοειδή, οδοντωτά και οξύληκτα, ενώ τα κατώτερα φύλλα είναι καρδιόσχημα. Τα πρώτα πέντε ζεύγη εκφύονται αντιθέτως, ενώ τα υπόλοιπα κυκλικά. Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό κατά μέσο όρο κυμαίνεται από 20 έως 30. Εκτός από τα κανονικά φύλλα ο ηλιάνθος έχει και δύο ειδών βράκτια φύλλα. Εκείνα που υπάρχουν στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και αυτά που περιβάλλουν το άνθος (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002). Διακρίνουμε ποικιλίες των οποίων τα φύλλα έχουν πολλές και μακριές τρίχες, ενώ υπάρχουν και άλλες στις οποίες οι τρίχες απουσιάζουν εντελώς (Αυγουλάς, 2008).

1.4.3. Ταξιανθία -Ανθοφορία

Η ταξιανθία ονομάζεται κεφαλή ή δίσκος και εμφανίζεται στην άκρη του στελέχους. Έχει σχήμα δίσκου, με διάμετρο 7,5 - 60,0 cm και ακτινωτή διάταξη των πολυάριθμων ανθέων της. Το χείλος του δίσκου περιβάλλεται

από οξύληκτα βράκτια φύλλα, χνουδωτά στην εξωτερική τους επιφάνεια, τοποθετημένα σε τρεις επάλληλες σειρές (Αυγουλάς, 2008).



Εικόνα 1.1 Ταξιανθία ηλιάνθου (anonymous, 2011).

Τα περιφερειακά άνθη (40-80) είναι άγονα, δεν έχουν ανθήρες, έχουν εκφυλισμένους στύλους, στίγμα και στερούνται στεφάνης. Φέρουν μόνο ένα μεγάλο, γλωσσοειδές, κίτρινο πέταλο που προσελκύει τις μέλισσες. Όλα τα υπόλοιπα άνθη είναι γόνιμα. Η άνθιση γίνεται πριν το φυτό φτάσει στο τελικό του ύψος. Η ανθοφορία κάθε ταξιανθίας διαρκεί κατά μέσο όρο 5 έως 10 ημέρες. Αρχίζει από τα περιφερειακά και συνεχίζεται προς τα κεντρικά άνθη. Η πτώση των πετάλων των άγονων ανθέων υποδηλώνει ότι έχει ανθίσει και το τελευταίο άνθος, στο κέντρο της ταξιανθίας. Η ανθοφορία στον αγρό διαρκεί περίπου 20 ημέρες (Αυγουλάς, 2008). Η μετάβαση από τη βλαστητική φάση στην αναπαραγωγική φάση σηματοδοτείται με την έναρξη της άνθισης (Goyne et. al., 1982). Ο ηλιάνθος είναι φωτοπεριοδικά αδιάφορο φυτό με αποτέλεσμα οι περισσότερες ποικιλίες να ανθίζουν σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη (Ξανθόπουλος, 1993).

Επειδή τα άνθη του ηλιάνθου είναι πρώτανδρα και υπέργυνα συνάγεται ότι είναι κατά κανόνα σταυρογονιμοποιούμενο φυτό. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα άνθη πολλών ποικιλιών χαρακτηρίζονται από αυτοασυμβίβαστο. Η επικονίαση γίνεται κυρίως με μέλισσες και όχι με τον αέρα που δεν μπορεί να

μεταφέρει μακριά την σχετικά βαριά γύρη. Ο ηλιάνθος είναι ένα από τα πιο παραγωγικά μελισσοκομικά φυτά. Τα άνθη του παράγουν άφθονη γύρη που μπορεί να φθάσει τα 8 Kg/στρ. και πολύ νέκταρ περίπου 2.5 Kg/στρ. (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002; Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Τα νεαρά φύλλα, τα βράκτια και οι ταξιανθίες του ηλιάνθου, ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας, μέχρι να αρχίσει η άνθιση. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **ηλιοτροπισμός**. Οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες κάθε πρωί είναι στραμμένες ανατολικά και στη συνέχεια ακολουθούν τον ήλιο μέχρι τη δύση του. Στη διάρκεια της νύχτας επιστρέφουν στη θέση που είχαν το πρωί. Οι ηλιοτροπικές κινήσεις της ταξιανθίας σταματούν μόλις ολοκληρωθεί η έκπτυξη όλων των περιφερειακών ανθέων, οπότε οι ταξιανθίες μένουν στραμμένες βορειοανατολικά στο Βόρειο ημισφαίριο και νοτιοανατολικά στο Νότιο (Αυγουλάς, 2008).

1.4.4. Καρπός

Ο καρπός (σπόρος) του ηλιάνθου είναι αχαίνιο, το σχήμα του οποίου είναι επίμηκες, ωοειδές που μοιάζει με ρόμβο. Το χρώμα του είναι μαύρο, γκρι, με ανοιχτόχρωμες σχεδόν λευκές επιμήκεις ραβδώσεις.

Οι σπόροι των ποικιλιών για πασσατέμπο είναι πιο ανοιχτόχρωμοι μεγαλύτεροι και επιμήκεις με περισσότερες ραβδώσεις. Γενικώς μεγαλύτεροι και βαρύτεροι είναι οι σπόροι που βρίσκονται στην περιφέρεια της ταξικαρπίας σε σχέση με τους κεντρικούς.

Οι σπόροι αποτελούν το μισό βάρος του ξηρού δίσκου. Το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται από 40 έως 100g. Οι σπόροι των ποικιλιών που προορίζονται για την παραγωγή ηλιέλαιου είναι συνήθως πιο μικροί, πιο στρογγυλοί και συμπαγείς (Αυγουλάς, 2008). Το 40 % του βάρους των σπόρων είναι φλοιός και το υπόλοιπο 60 % είναι ψίχα. Η αποφλοιώση των σπόρων γίνεται με πέρασμά τους ανάμεσα σε δίσκους που περιστρέφονται με αντίθετη φορά. Η απόσταση των δίσκων ρυθμίζεται έτσι ώστε να σπάξει μόνο ο φλοιός. Στη συνέχεια ακολουθεί διαχωρισμός με κοσκίνισμα. Η απόδοση των σπόρων φτάνει το 40-45% κατά βάρος (Μπαλατσούρας, 1995).

1.4.5. Ελλειπώς ανεπτυγμένοι καρποί

Η θερμοκρασία του αέρα, η εδαφική και ατμοσφαιρική υγρασία, η θρέψη και το φως αποτελούν τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή πορεία της άνθησης. Όταν κατά την περίοδο της άνθησης επικρατεί χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία και η θερμοκρασία υπερβεί τους 35°C, τότε παρεμποδίζεται η διαδικασία της γονιμοποίησης, με αποτέλεσμα το σχηματισμό καρπών άδειων ή ελλιπώς ανεπτυγμένων (incompletely developed fruit). Υπό την επίδραση αυτών των συνθηκών μειώνεται η βιωσιμότητα της γύρης, ενώ το στίγμα είναι δεκτικό για επικονίαση μικρότερο χρονικό διάστημα. Επιπλέον σε τέτοιες συνθήκες η κινητικότητα των μελισσών μειώνεται δραστικά. Ο αριθμός των ανθέων που παράγουν σπόρο περιορίζεται όταν το φυτό υποστεί υδατική καταπόνηση την εποχή της άνθησης. (Αναστασιάδης, 2012). Παρόμοιες συνθήκες κατά την καρπόδεση μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την παραγωγή.

1.4.6. Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος των φυτών του ηλιάνθου χωρίζεται σε διάφορα φαινολογικά στάδια τα οποία εξαρτώνται από γενετικούς, καλλιεργητικούς, και κλιματικούς παράγοντες με σημαντικότερη επίδραση εκείνη της θερμοκρασίας. Γενικά είναι φυτό μικρής σχετικής βλαστικής περιόδου. Κατά μέσο όρο απαιτούνται 10 ημέρες από τη σπορά έως το φύτερωμα, 30 έως 40 ημέρες από το φύτερωμα έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 25 με 30 ημέρες έως την έναρξη της άνθησης και επιπλέον 8 με 12 για την ολοκλήρωσή της. Τέλος η περίοδος ωρίμανσης του σπόρου διαρκεί 30 ημέρες. Απαιτούνται δηλαδή περίπου 100 ημέρες προκειμένου να συμπληρωθεί ο βιολογικός κύκλος του ηλιάνθου που συμπίπτει με την απόκτηση καστανο-κίτρινου χρώματος στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και του σημείου όπου επιτυγχάνεται το μέγιστο ξηρό βάρος των σπόρων (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002).

Ο ηλιάνθος είναι φυτό καθορισμένου τρόπου ανάπτυξης (determinate plant) όπως ο καπνός και τα σιτηρά με αποτέλεσμα ο βιολογικός του κύκλος

να χαρακτηρίζεται από μια ξεκάθαρη αλληλουχία σταδίων ανάπτυξης που είναι ξεκάθαρα προκαθορισμένα, σε αντίθεση με τα φυτά ακαθόριστου τρόπου ανάπτυξης όπως το βαμβάκι, η τομάτα, η πιπεριά, τα ψυχανθή, όπου παρατηρείται αναβλάστηση και μετά την άνθηση, δηλαδή, συνεχίζεται η ανάπτυξη βλαστητικών οργάνων και μετά την εξέλιξη του κορυφαίου μεριστώματος σε αναπαραγωγικό.

Σύμφωνα με τον Arnaud (1986) διακρίνονται πέντε κύρια στάδια ανάπτυξης κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού του ηλιάνθου:

- Φύτρωμα (A)
- Βλαστικό στάδιο (B)
- Εμφάνιση ανθικής καταβολής (E)
- Άνθιση (F)
- Ωρίμανση (M)

Το στάδιο που βρίσκεται το 50% των φυτών μιας καλλιέργειας καθορίζει το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια (Ξανθόπουλος, 1993). Το καθένα από τα κύρια αυτά στάδια χωρίζεται σε επιμέρους στάδια, που προσδιορίζονται από δύο κωδικούς.

A. Φύτρωμα

A0 0 Σπόρος

0.1 ο σπόρος είναι ακόμα ξηρός

0.3 τέλος της απορρόφησης νερού από το σπόρο

0.5 έναρξη εξόδου του ριζιδίου

0.7 το μήκος του βλαστιδίου είναι το μισό του σπόρου

0.9 το βλαστίδιο είναι διπλάσιο σε μήκος από το σπόρο

A1 1.0 εμφάνιση κοτυληδόνων

1.1 εμφάνιση των πρώτων φύλλων

B. Βλαστικό στάδιο

B1 2.1 το 1ο ζεύγος αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm

- B2 2.2 το 1ο ζεύγος αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά
- B3 2.3 το 2ο ζεύγος αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm
- B4 2.4 το 2ο ζεύγος αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά
- B5 2.5 το 5ο φύλλο έχει μήκος 4cm
- Bv 2.v το νιοστό φύλλο έχει μήκος 4cm

E. Εμφάνιση ανθικής καταβολής

- E1 3.1 εμφανίζεται η ανθική καταβολή (star stage) ανάμεσα στα φύλλα
- E2 3.2 η ταξιανθία έχει διάμετρο από 0,5 έως 2cm
- E3 3.3 η ταξιανθία ξεχωρίζει από τα φύλλα και έχει διάμετρο 3-5cm
- E4 3.4 η διάμετρος της ταξιανθίας κυμαίνεται από 5 έως 8cm
- E5 3.5 στην κλειστή ταξιανθία αρχίζουν να διακρίνονται τα περιφερειακά άνθη

F. Ανθιση

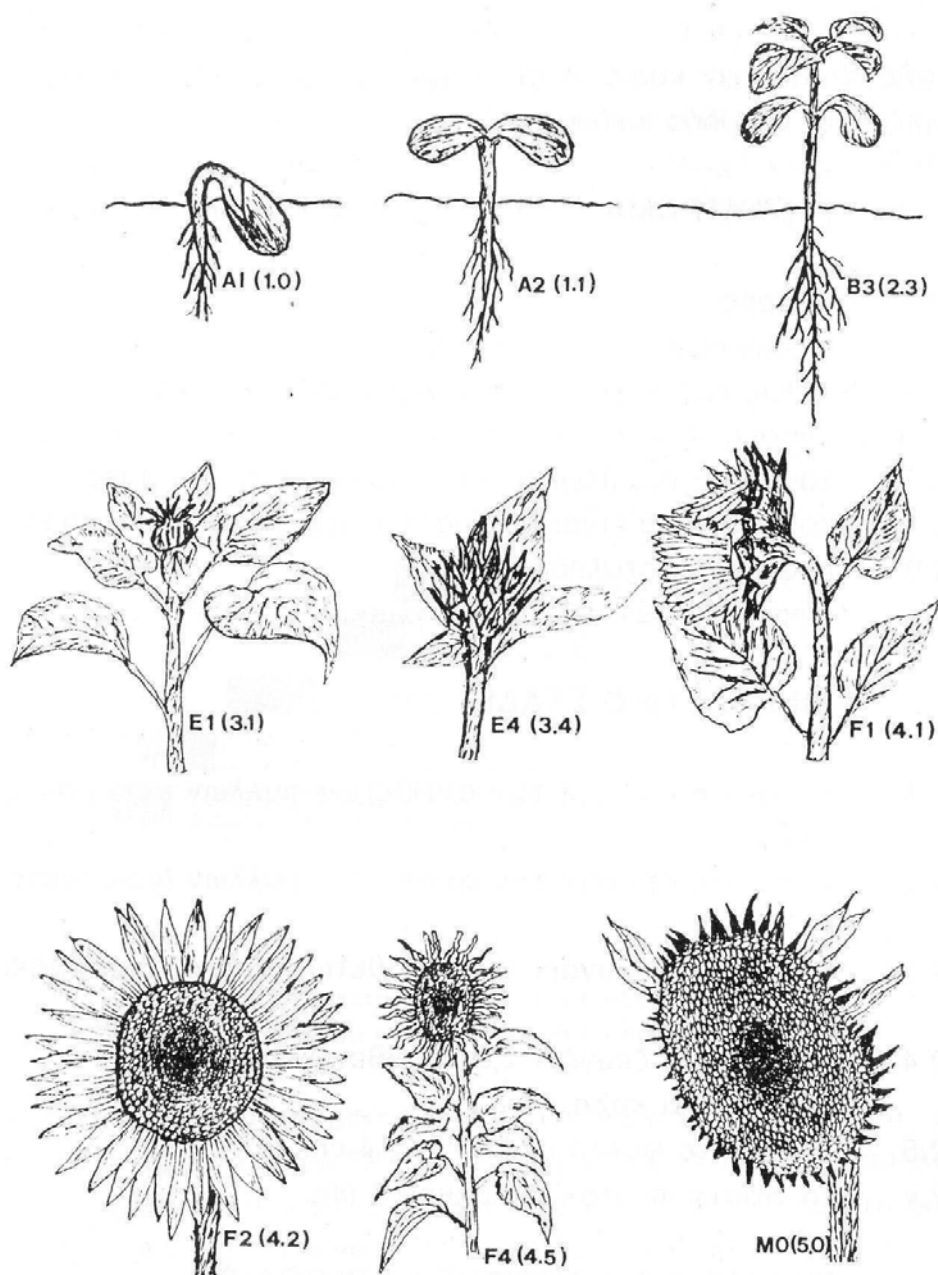
- F1 4.1 πλήρως διακριτά τα περιφερειακά άνθη
- F2 4.2 έχουν ανοίξει οι πρώτοι τρεις κύκλοι γόνιμων ανθέων
- F3 4.3 έχουν ανοίξει οι επόμενοι τρεις κύκλοι ανθέων
- F5 4.4 έχουν γονιμοποιηθεί οι τρεις πρώτοι κύκλοι γόνιμων ανθέων, οι επόμενοι τρεις έχουν ακόμη το στίγμα ανοικτό και οι τρεις που ακολουθούν μόλις ανοίγουν
- F6 4.5 όλα τα άνθη, έχουν ανοίξει τα περιφερειακά άνθη έχουν μαραθεί

M. Ωρίμανση

- M0 5.0 παρόλο που έχουν πέσει τα περιφερειακά άνθη, η πίσω πλευρά της ταξιανθίας είναι ακόμη πράσινη
- M1.1 5.11 αρχίζει να κιτρινίζει η πίσω πλευρά της ταξιανθίας, οι σπόροι έχουν υγρασία 50% και η υπόλοιπη κεφαλή 80%
- M1.2 5.12 έχουν κιτρινίσει η πίσω πλευρά της κεφαλής και τα βράκτια, η υγρασία των σπόρων είναι γύρω στο 40% και τα κάτω έχουν ξεραθεί

M1.3 5.13 είναι κίτρινη η πίσω πλευρά της κεφαλής, αρχίζουν να γίνονται καστανά τα βράκτια και η υγρασία των σπόρων μειώνεται στο 30%

- M2 5.2 το 75% των βράκτιων φύλλων της κεφαλής έχουν γίνει καστανά, η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται περίπου από 20 έως 25% και τα 2/3 των κατώτερων φύλλων έχει ξηραθεί
- M3 5.3 όλα σχεδόν τα φύλλα έχουν ξηραθεί, όλο το πίσω μέρος της κεφαλής έχει γίνει καστανό και η υγρασία κυμαίνεται στο 15%
- M4 5.4 έχουν γίνει καστανά όλα τα μέρη του φυτού και η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται στο 10%



Εικόνα 1.2 Τα κυριότερα στάδια ανάπτυξης φυτού ηλιάνθου (πηγή: Ξανθόπουλος, 1993).

1.5. Οικολογικές απαιτήσεις - Προσαρμοστικότητα

1.5.1. Θερμοκρασία

Καθοριστικός είναι ο ρόλος του κλιματικού παράγοντα θερμοκρασία τόσο στη βλάστηση όσο και στην αύξηση των φυταρίων. Η θερμοκρασία επηρεάζει το ποσοστό και την ταχύτητα βλάστησης. Η βλάστηση είναι μικρή σε χαμηλή θερμοκρασία, ενώ αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον σημαντικότερη είναι η επίδραση της θερμοκρασίας στον καθορισμό των τελικών αποδόσεων μέσω του καθορισμού του ρυθμού και της διάρκειας του γεμίσματος των σπόρων (Hammer et al., 1982; Connor and Sandras, 1992).

Οι σπόροι **φυτρώνουν** εφόσον η θερμοκρασία είναι **μεγαλύτερη από 4°C**, ενώ σε θερμοκρασίες αέρος 15°C παρατηρείται το ταχύτερο φύτρωμα (3–4 ημέρες). Τα νεαρά αρτίβλαστα (στο στάδιο των κοτυληδόνων) είναι ανθεκτικά στους - 2°C και έως - 8°C (στο στάδιο της ύπαρξης ενός ζεύγους μόνιμων φύλλων). Η αντοχή των φυταρίων μειώνεται σταδιακά έως το στάδιο των 6–7 φύλλων, όπου θερμοκρασίες κάτω του μηδενός μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στο φυτό. Στο στάδιο της ωρίμανσης θερμοκρασία 2°C είναι ικανή να καταστρέψει ολόκληρο το φυτό (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002). Η βέλτιστη θερμοκρασία ημέρας για την ανάπτυξη του φυτού είναι 25–33°C. Σε χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών (π.χ. 20°C) η ανάπτυξη του φυτού επιμηκύνεται, ενώ σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. > 35°C), η ανάπτυξη επιταχύνεται με αναπόφευκτη τη μείωση της απόδοσης (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Η εναλλαγή θερμοκρασίας ημέρας - νύχτας δίνει καλύτερη βλάστηση και μεγαλύτερη ταχύτητα αύξησης από ότι η σταθερή θερμοκρασία. Θα πρέπει οι θερμοκρασίες της νύχτας να μην υπερβαίνουν τους 25°C διότι τότε η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής.

1.5.2. Φως

Ο ηλίανθος είναι φυτό ουδέτερο στην φωτοπερίοδο και πολύ απαιτητικό σε φως. Υπάρχουν ποικιλίες μικρής και μεγάλης ημέρας. Μειωμένος φωτισμός κατά 40% σε σχέση με τον κανονικό, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, μπορεί να μειώσει την απόδοση μέχρι και 64%. Επίσης μειωμένος φωτισμός κατά 20% βρέθηκε ότι δεν μειώνει τη συνολική βιομάζα, αλλά μειώνει τον δείκτη συγκομιδής και επομένως την οικονομική απόδοση (Bange et al., 1997).

1.5.3. Νερό

Ο ηλίανθος έχει χαμηλή ικανότητα χρήσης νερού. Για να παραχθεί ένα κιλό ξηράς ουσίας ανά στρέμμα καλλιέργειας χρειάζεται περισσότερο νερό από ότι άλλα φυτά (π.χ. σιτηρά, αγριαγκινάρα, σόργο). Η αποτελεσματικότητα του ηλίανθου στη χρήση νερού είναι παρόμοια με αυτή του βαμβακιού και ισούται με 1.7 γραμμάρια ξηράς ουσίας ανά κιλό νερού.

Ο ηλίανθος, παρά το εκτεταμένο ριζικό του σύστημα, δεν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός στην ξηρασία. Η ξηρασία προκαλεί μαρανση και πτώση των φύλλων και έχει άμεση επίδραση στη μείωση της φωτοσύνθεσης και κατ' επέκταση στην παραγωγή (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008). Η κρίσιμη περίοδος για επάρκεια υγρασίας στον αγρό είναι περίπου 20 ημέρες πριν έως 20 ημέρες μετά την άνθηση (Γαλανοπούλου-Σενδούκα, 2002). Έλλειψη υγρασίας κατά την κρίσιμη περίοδο σε ποσοστό 20 % έχει ως αποτέλεσμα μείωση της παραγωγής έως και 50% (Berglund, 2007).

Εκτός από την αρνητική επίδραση που έχει στη φωτοσύνθεση, η έλλειψη υγρασίας προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του φυτού έως και 5°C, γεγονός που οδηγεί σε πρωίμιση της καλλιέργειας.

Η πρώιμη σπορά αποτελεί μια καλλιεργητική τεχνική με την οποία,

επιτυγχάνεται περιορισμός της συνολικά χορηγούμενης ποσότητας νερού στην καλλιέργεια. Το φυτό κάνει χρήση των ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων και αναπτύσσεται κάτω από λιγότερο ξηροθερμικές συνθήκες με λιγότερη κατανάλωση νερού, εξαιτίας του χαμηλού ρυθμού εξατμισο-διαπνοής. Σε σύγκριση με άλλες εαρινές καλλιέργειες, οι υδατικές ανάγκες του ηλιάνθου κυμαίνονται περίπου στο 50% των αναγκών του αραβοσίτου (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Όταν η εφαρμοζόμενη άρδευση γίνεται με καταιονισμό και η συγκέντρωση νατρίου ή χλωρίου είναι μεγαλύτερη από 20 mol/m^3 τότε εμφανίζονται νεκρωτικές κηλίδες στη φυλλική επιφάνεια του ηλιάνθου (Hoffman and Shannon, 2007).

1.5.4. Έδαφος

Ο ηλιάνθος αναπτύσσεται καλύτερα σε εδάφη με καλή αποστράγγιση που έχουν μεγάλη υδατοχωρητικότητα και pH που κυμαίνεται μεταξύ 6.5 και 7.5 (Franzen, 2007). Μπορεί να προσαρμοστεί ικανοποιητικά σε μεγάλη ποικιλία εδαφών με pH από 5.6 – 8.2. Το χαμηλό pH μειώνει τη διαθεσιμότητα του φώσφορου και αυξάνει την απορρόφηση του αργιλίου και του μαγγανίου σε τοξικά επίπεδα. Το υψηλό pH μειώνει τη διαθεσιμότητα του φώσφορου, ενώ αυξάνει την απορρόφηση του νατρίου σε τοξικά επίπεδα. Σε αλατούχα εδάφη ο ηλιάνθος θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που ακολουθούν, γιατί ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη, μετακινεί τα άλατα σε βαθύτερα στρώματα (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.6. Βιολογική γεωργία

1.6.1. Ορισμοί και εννοιολογικές διευκρινήσεις

Τα διάφορα διατροφικά σκάνδαλα που βλέπουν τα φώτα της δημοσιότητας και η αλόγιστη χρησιμοποίηση γεωργικών σκευασμάτων με τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και κατ' επέκταση στο περιβάλλον προκαλούν αναστάτωση και ανασφάλεια στους καταναλωτές. Τα βιολογικά προϊόντα είναι ποιοτικά, υγιή και ασφαλή για μικρούς και μεγάλους, διότι δεν περιέχουν χημικά κατάλοιπα, είναι φιλικά για το περιβάλλον και η παραγωγή τους ακολουθεί κανόνες και πρότυπα. Η υιοθέτηση της διαφορετικής αυτής αντίληψης στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων, σε σχέση με τη συμβατική γεωργία, δεν θα πρέπει να αποτελεί αποτέλεσμα φόβου ή προσπάθεια αποσόβησης διαφόρων κινδύνων, αλλά, ενσυνείδητης επιλογής την οποία κινητοποιεί μια βαθιά ριζωμένη περιβαλλοντική συνείδηση των παραγωγών και των καταναλωτών οι οποίοι επιζητούν ποιοτικά αναβαθμισμένα προϊόντα.

Στο σημείο αυτό, και πριν προχωρήσουμε στον ορισμό της βιολογικής γεωργίας, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο χαρακτηρισμός μιας καλλιέργειας ως οικολογικής είναι συνώνυμος με τους όρους βιολογικής και οργανικής. Και οι τρεις έννοιες αναφέρονται στην ίδια μορφή γεωργίας. Με τον Κανονισμό 2092/91 καθορίστηκε ότι στις γερμανόφωνες χώρες θα χρησιμοποιείται ο όρος οικολογική καλλιέργεια. Στις αγγλόφωνες χώρες χρησιμοποιείται ο όρος οργανική καλλιέργεια. Τον όρο αυτό χρησιμοποιεί παγκοσμίως και η Παγκόσμια Οργάνωση Κινημάτων για τη Βιολογική Γεωργία, η (IFOAM). Στη χώρα μας έχει επικρατήσει ο όρος βιολογική γεωργία όπως και σε Γαλλία, Ιταλία, Ολλανδία, Πορτογαλία, Ελβετία και Αυστρία (Σιδηράς, 2005).

Σύμφωνα με την Διεθνή Ομοσπονδία Κινημάτων για τη Βιολογική Γεωργία, την IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), η οποία ιδρύθηκε το 1972, «η βιολογική γεωργία αποτελεί ένα ολιστικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής που προωθεί και ενισχύει την υγεία αγροοικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της βιοποικιλότητας, τους

βιολογικούς κύκλους, και την εδαφική βιολογική δραστηριότητα».

Ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 834/2007, που τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2009, αποτελεί ορόσημο για την ανάπτυξη της βιολογικής παραγωγής (Schlüter and Blake, 2009) και αφορά το βιολογικό τρόπο παραγωγής γεωργικών προϊόντων και την επισήμανση των βιολογικών προϊόντων. Αντικατέστησε, μετά από σχεδόν δύο δεκαετίες, τον κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 2092/91 που είχε αποτελέσει την πρώτη κοινοτική νομοθεσία για τη βιολογική γεωργία και τα βιολογικά τρόφιμα θέτοντας νομικούς περιορισμούς τόσο όσον αφορά τον ορισμό όσο και τον έλεγχο. Ο Κανονισμός 834/2007 μαζί με τους κανόνες εφαρμογής, δηλαδή, τους εκτελεστικούς Κανονισμούς 889/2008 και 1235/2009, αποτελούν το νομικό πλαίσιο για τα βιολογικά τρόφιμα και τη βιολογική καλλιέργεια σε επίπεδο ΕΕ.

Στην αιτιολογική σκέψη 1 του προοιμίου του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007, δίνεται ο ακόλουθος ορισμός: «Η βιολογική παραγωγή είναι ένα συνολικό σύστημα διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και παραγωγής τροφίμων, το οποίο συνδυάζει βέλτιστες περιβαλλοντικές πρακτικές, υψηλό βαθμό βιοποικιλότητας, τη διατήρηση των φυσικών πόρων, την εφαρμογή υψηλού επιπέδου προτύπων στη μεταχείριση των ζώων και παραγωγή που ανταποκρίνεται στην προτίμηση ορισμένων καταναλωτών σε προϊόντα που παράγονται με φυσικές ουσίες και διεργασίες. Ως εκ τούτου, οι βιολογικές μέθοδοι παραγωγής επιτελούν διπλό κοινωνικό ρόλο, αφενός τροφοδοτώντας μια ειδική αγορά που καλύπτει την καταναλωτική ζήτηση βιολογικών προϊόντων και, αφετέρου, προσφέροντας δημόσια αγαθά που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και της καλής διαβίωσης των ζώων, καθώς και στην αγροτική ανάπτυξη».

Ο τρόπος με τον οποίο η βιολογική γεωργία προσεγγίζει τα προβλήματα της γεωργικής παραγωγής βασίζεται στην πεποίθηση ότι οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι και στο γεγονός ότι ο τρόπος και οι πρακτικές της γεωργικής παραγωγής επηρεάζουν το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Η βιολογική γεωργία αντιμετωπίζει το έδαφος σαν ζωντανό οργανισμό και επιδιώκει την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητάς του καθώς και την πρόληψη της διάβρωσής του. Οι χρησιμοποιούμενες βιολογικές μέθοδοι παραγωγής χαρακτηρίζονται από την τάση τους για αποκλεισμό της χρήσης

συνθετικών χημικών ουσιών.

Η βιολογική γεωργία διαφέρει από τη συμβατική στο γεγονός ότι προστατεύονται οι φυσικοί πόροι (Σιδηράς, 2005). Από ενεργειακής απόψεως, με την υιοθέτηση συστήματος βιολογικής καλλιέργειας εκτιμάται ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μεγαλύτερη από 60%, σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια (Haas and Körke, 1994 αναφέρεται στο Σιδηράς, 2005).

Επισημαίνεται, ότι απαγορεύονται τα βιοτεχνολογικά μέσα και η χρήση Γενετικώς Τροποποιημένων Οργανισμών (ΓΤΟ) στη βιολογική μέθοδο παραγωγής.

Σχετική αναφορά υπάρχει στην αιτιολογική σκέψη 9 του προοιμίου του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 834/2007, σύμφωνα με την οποία «Οι γενετικώς τροποποιημένοι οργανισμοί (ΓΤΟ) και τα προϊόντα που παράγονται από ή με ΓΤΟ δεν συμβιβάζονται με την έννοια της βιολογικής παραγωγής και με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται οι καταναλωτές τα βιολογικά προϊόντα. Κατά συνέπεια, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στη βιολογική γεωργία ούτε στη μεταποίηση βιολογικών προϊόντων».

1.6.2. Στόχοι και αρχές της βιολογικής γεωργίας

Οι στόχοι της βιολογικής γεωργίας όπως καθορίζονται στο άρθρο 3 του Κανονισμού 834/2007 εστιάζονται στη δημιουργία ενός συστήματος αειφόρου διαχείρισης της γεωργίας, στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας και διατροφικής αξίας, που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των καταναλωτών για ασφαλή προϊόντα, χωρίς υπολείμματα φυτοφαρμάκων, αντιβιοτικών και χημικών λιπασμάτων, παραγόμενα με διεργασίες φιλικές προς το περιβάλλον.

Όπως αναφέρει ο Πολυράκης (2003), η βιολογική γεωργία στηρίζεται σε τρεις βασικές αρχές που αλληλεπιδρώντας, μπορούν να δημιουργήσουν ένα παραγωγικό αγροτικό σύστημα:

α. Την αρχή του μικτού αγροκτήματος, δηλαδή, την παράλληλη παραγωγή φυτικών και ζωικών προϊόντων μέσα στην ίδια αγροτική εκμετάλλευση. Για παράδειγμα, η τροφή των ζώων απαρτίζεται από τα υπολείμματα μιας καλλιέργειας και η κοπριά των ζώων αποτελεί πηγή άντλησης θρεπτικών στοιχείων που ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών. Έτσι επιτυγχάνεται μια

αρμονική ισορροπία μεταξύ φυτικής και ζωικής παραγωγής.

β. Την αρχή της εναλλαγής καλλιεργειών στον ίδιο αγρό – κατάλληλη αμειψισπορά. Επιδιώκεται η βελτίωση ή η διατήρηση της γονιμότητας των εδαφών (Σιδηράς, 2005) και η αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας των εδαφών, που με τη σειρά τους θα οδηγήσουν σε ποιοτική και ποσοτική απόδοση. Κύριος στόχος αυτής της αρχής είναι να εντοπίσει τις ευεργετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των καλλιεργειών και να τις χρησιμοποιήσει για την επίτευξη αποδόσεων τόσο άμεσων (αυξημένη συγκομιδή) όσο και έμμεσων (δημιουργία καλών συνθηκών για τις επόμενες καλλιέργειες, δέσμευση N, διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους κ.α.).

γ. Την αρχή της βέλτιστης εκμετάλλευσης, βελτιστοποίησης του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων και της οργανικής ουσίας. Πρέπει να ανακυκλώνονται τα θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν σε ένα αγροοικοσύστημα. Χρειάζεται να λαμβάνεται μέριμνα προκειμένου να περιοριστούν οι εκροές θρεπτικών στοιχείων. Η δραστηριοποίηση του εδάφους θα έχει ως αποτέλεσμα την ελευθέρωση, θρεπτικών στοιχείων από τα κolloειδή του εδάφους και το μητρικό υλικό. Τότε το έδαφος αποτελεί τον σημαντικότερο προμηθευτή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά και περιορίζεται η χρήση εξωτερικών υλικών. Το έδαφος θεωρείται στη βιολογική γεωργία ένας «ζωντανός οργανισμός».

Η χρήση εξωτερικών εισροών για τη βελτίωση του εδάφους είναι αποδεκτή στα Οργανικά Αγροτικά Συστήματα, από τη στιγμή που αυτές δεν υπάρχουν διαθέσιμες μέσα στο αγροοικοσύστημα και δεν διαταράσσουν τη ζωή στο έδαφος.

Η διατήρηση – εξασφάλιση της γεωργικής και φυσικής βιοποικιλότητας, που εκφράζει το γενετικό πλούτο κάθε χώρας, θα πρέπει να θεωρείται ως η τέταρτη γενική αρχή της βιολογικής γεωργίας. Η αποτελεσματική διατήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας, δηλαδή της ποικιλίας των ζωντανών οργανισμών κάθε προέλευσης, ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις της γεωργικής παραγωγής στο φυσικό οικοσύστημα.

Σε αγρούς βιολογικής καλλιέργειας απαντώνται περισσότερα φυτικά είδη, σε αντίθεση με αντίστοιχους συμβατικής μεταχείρισης όπου εξακολουθεί να μειώνεται ο αριθμός των σπάνιων και υπό εξαφάνιση φυτικών ειδών (Σιδηράς,

2005).

1.6.3. Επίδραση που έχει η βιολογική γεωργία στη βιοποικιλότητα

Η Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλομορφία, η οποία αποτελεί ένα σύγχρονο διεθνές κείμενο παγκόσμιας εμβέλειας, υπεγράφη στο Ρίο ντε Τζανέιρο τον Ιούνιο του 1992 στη Συνδιάσκεψη του ΟΗΕ για το περιβάλλον και την ανάπτυξη. Στο άρθρο 2 αναφέρει ότι η βιολογική ποικιλομορφία, νοείται ως η ποικιλία (παραλλακτικότητα) μεταξύ των ζώντων οργανισμών κάθε προέλευσης, περιλαμβανομένων των χερσαίων, θαλασσίων και άλλων υδατικών οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων των οποίων αποτελούν μέρος (Γρηγορίου et al., 1993).

Ίσως ο Lovejoy (1980) χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο «βιολογική ποικιλομορφία». Αργότερα, το 1985, ο Rosen επινόησε τον όρο «βιοποικιλότητα». Ο όρος *βιοποικιλότητα* που είναι συνώνυμος με τον όρο *βιολογική ποικιλομορφία* υποδηλώνει τον αριθμό των ειδών που απαντώνται σε ένα βιότοπο (Izsák and Papp, 2000).

Δυστυχώς, πολλά οικοσυστήματα βρίσκονται προ τετελεσμένου γεγονότος. Τα οικοσυστήματα στα οποία παρατηρείται μεγαλύτερη ποικιλία ειδών, είναι σταθερότερα και λιγότερο ευάλωτα σε εξωτερικές απειλές. Τα διάφορα είδη καθίστανται πιο ευπαθή εξαιτίας της απώλειας ή μείωσης της βιοποικιλότητας. Η ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας θεωρείται απαραίτητη για τη διατήρηση της ευστάθειας των οικοσυστημάτων. Η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, οι αλλαγές στη χρήση γης, ο περιορισμός σε ένα μικρό αριθμό εμπορικών ποικιλιών, η απρόσκοπτη και μη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων αποτελούν κάποιες από τις αιτίες που οδηγούν σε συρρίκνωση της βιοποικιλότητας.

Ανησυχία θα πρέπει να μας προκαλεί το γεγονός ότι ποσοστό μεγαλύτερο του 60% των ανθρώπινων αναγκών σε ενέργεια και πρωτεΐνες καλύπτουν τα εξής τρία φυτά: σιτάρι, ρύζι και καλαμπόκι (Σιδηράς, 2005).

Όπως αναφέρει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στα συμπεράσματα της ενδιάμεσης αξιολόγησης της εφαρμογής του προγράμματος δράσης της ΕΚ για τη βιοποικιλότητα (COM 864 - 16.12.2008), σε παγκόσμιο επίπεδο, η

απώλεια βιοποικιλότητας και η επακόλουθη υποβάθμιση των οικοσυστημάτων έχει σοβαρές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Από οικολογικής απόψεως, η μελέτη της βιοποικιλότητας συμβάλλει στην καλύτερη και ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων. Μέσα από συγκριτικές μελέτες οικοσυστημάτων είναι δυνατό, σε πρώιμο στάδιο, να αντιληφθούμε υποβάθμιση του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να λάβουμε εγκαίρως τα δέοντα μέτρα προστασίας του (Καρανδρινός, 2007).

Σύμφωνα με πληθώρα μελετών, αποδεικνύεται ότι με τη βιολογική γεωργία, τόσο η αφθονία ή πυκνότητα των ειδών (species abundance) όσο και ο πλούτος ή ο αριθμός των ειδών (species richness), τείνουν να έχουν μεγαλύτερες τιμές σε σύγκριση με εκείνες συμβατικής γεωργίας (Kasperczyk and Knickel, 2006).

Σύμφωνα με τους Hole et al. (2005), σε όλες τις έρευνες αροτραίων καλλιεργειών όπου εφαρμόστηκαν βιολογικές μεταχειρίσεις, με εξαίρεση αυτή του Weibull et al. (2003), παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αφθονία ζιζανίων και ποικιλότητα ειδών σε σχέση με τη συμβατική γεωργία. Επιπλέον, αναφέρουν ότι από μελέτη που διεξήγαγε ο Hald (1999), η πυκνότητα των μη καλλιεργούμενων φυτών σε βιολογική καλλιέργεια σιτηρών ήταν περίπου τριπλάσια σε σχέση με αντίστοιχη συμβατικής.

Φυσικό επακόλουθο του αποκλεισμού της χρήσης χημικών ζιζανιοκτόνων, στα πλαίσια της βιολογικής γεωργίας, αποτελεί η αύξηση της ποικιλότητας των ζιζανίων σε καλλιέργειες που υφίστανται βιολογική μεταχείριση (Lundkvist, 2008). Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η βιολογική γεωργία έχει θετική επίδραση και συμβάλει στη βελτίωση της βιοποικιλότητας των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

1.6.4. Βιολογική καλλιέργεια Ηλιάνθου

Αμειψισπορά

Η εναλλαγή των καλλιεργειών ή αμειψισπορά (crop rotation) αποτελεί το

σπουδαιότερο φυτοτεχνικό μέτρο της βιολογικής καλλιέργειας (Σιδηράς, 2005) δηλαδή, τον πυρήνα του συστήματος βιολογικής καλλιέργειας (Bond and Grundy, 2001). Η αμειψισπορά αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο για τη σωστή αξιοποίηση όλων των δυνάμεων και των διεργασιών μιας βιολογικής επιχείρησης. Η αμειψισπορά αυξάνει τη γονιμότητα του εδάφους, βελτιστοποιεί την εδαφική δομή, διασφαλίζει την αναπαραγωγή οργανικής ουσίας, περιορίζει τις απώλειες των θρεπτικών συστατικών συμβάλλοντας παράλληλα στην κινητοποίησή τους και μεγιστοποιώντας τον εμπλουτισμό του αζώτου. Πολύτιμη κρίνεται η συνεισφορά της λόγω και του περιορισμού ή καλύτερου ελέγχου των παθογόνων που είναι διαφορετικά για κάθε καλλιέργεια. Μέσω της αμειψισποράς ρυθμίζεται ο ανταγωνισμός των ζιζανίων και εξισορροποούνται οι καλλιεργητικές εργασίες (Σιδηράς, 2005). Ο ηλιάνθος λόγω της ταχείας του ανάπτυξης και της μεγάλης του φυτομάζας δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας και καταπνίγει τα ζιζάνια (Καραμάνος, 2011). Καλό θα είναι να αποφεύγεται η καλλιέργεια ηλιάνθου μετά από καλλιέργειες τεύτλων, πατάτας, μηδικής κ.ά. που μπορεί να προσβληθούν από ορισμένα πολύ επιζήμια παθογόνα (*Sclerotinia sclerotiorum* και *Verticillium dahliae*) τα οποία είναι εντελώς ανεπιθύμητα σε μια καλλιέργεια ηλιάνθου. Παγκοσμίως η καταστροφικότερη ασθένεια του ηλιάνθου οφείλεται στον μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum* (Αναστασιάδης, 2012). Οι αποδόσεις μειώνονται όταν ένα αγροτεμάχιο καλλιεργείται επαναλαμβανόμενα με ηλιάνθο. Αντιθέτως, παρατηρείται αυξημένη στρεμματική απόδοση όταν ο ηλιάνθος ακολουθεί καλλιέργεια σιτηρών (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002). Θετικά αποτελέσματα έχουμε και μετά από καλλιέργεια αραβοσίτου. Εξαιτίας της μετακίνησης αλάτων, από τον ηλιάνθο, σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, κατάσταση που λαμβάνει χώρα κυρίως σε αρδευόμενες περιοχές, το εν λόγω φυτό θεωρείται καλό προηγούμενο σε αλατούχα εδάφη. Η καλλιέργειά του δεν είναι τόσο εξαντλητική για το έδαφος όσο του καλαμποκιού (Ξανθόπουλος, 1993).

Ενδεικτικά παράδειγμα αμειψισποράς είναι τα ακόλουθα:

- ✓ τριφύλλια (2 χρόνια) – αραβόσιτος – ηλιάνθος – τεύτλα – σιτάρι.
- ✓ αραβόσιτος – ηλιάνθος – σιτάρι – ελαιοκράμβη

✓ σιτάρι – ηλίανθος – σόγια – καλαμπόκι.

Η απόδοση καλλιέργειας σιταριού μπορεί να αυξηθεί κατά 15 %, σε σύγκριση με την μονοκαλλιέργεια, όταν έπεται εκείνης του ηλίανθου. Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι σε χρονιές με έντονη ξηρασία η απόδοση της επόμενης καλλιέργειας θα είναι μικρότερη διότι ο ηλίανθος, συγκρινόμενος με άλλες καλλιέργειες, περιορίζει σημαντικά την εδαφική υγρασία.

Κατεργασία του εδάφους

Προκειμένου να έχουμε τη βέλτιστη εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών χρειάζεται σωστή κατεργασία του εδάφους. Το φθινοπωρινό όργωμα, που ονομάζεται πρωτογενής ή βασική κατεργασία ακαλλιέργητων κατά την χειμερινή περίοδο αγρών έχει ως σκοπό την αύξηση της απορροφητικότητας των βροχοπτώσεων και τη βελτίωση της αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους σε νερό. Επιπλέον επιτυγχάνεται ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και αύξηση του βάθους στο οποίο θα αναπτυχθούν ευκολότερα οι ρίζες των φυτών. Η προαναφερθείσα καλλιεργητική φροντίδα θα πρέπει να εφαρμόζεται σε επίπεδους αγρούς, όπου είναι μικρός ο κίνδυνος υδατικής διάβρωσης και εφόσον το έδαφος τους βρίσκεται στο ρώγο του, δηλαδή, στο κατάλληλο επίπεδο υδατοπεριεκτικότητας ανάλογα με την μηχανική σύσταση. Δεν θα πρέπει να γίνεται όργωμα όταν το έδαφος είναι πολύ υγρό (Ashley and Tanaka, 2007). Θα πρέπει οι παραγωγοί να αποφεύγουν εδαφοκατεργασίες σε επικλινή εδάφη διότι οι βροχοπτώσεις του χειμώνα αυξάνουν τον κίνδυνο εδαφικής διάβρωσης. Στην περίπτωση αυτή η ύπαρξη υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας παρέχουν κάποια προστασία. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος κατεργασίας για προετοιμασία και σπορά θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να αναμοχλεύει όσο γίνεται λιγότερο το χώμα με αξιοποίηση των οργανικών λιπασμάτων και βέλτιστη ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας.

Στη συνέχεια, ο βαθμός επιτυχίας της σποράς καθορίζεται από την ύπαρξη σποροκλίνης, δηλαδή, της κατάλληλης εδαφικής στρώσης στην οποία θα

τοποθετηθεί ο σπόρος. Με τη δευτερεύουσα ή επιφανειακή εδαφική κατεργασία, επιδιώκουμε το σχηματισμό της κατάλληλης δομής που θα διασφαλίσει ομαλή βλάστηση του σπόρου και ανάδυση του νεαρού φυταρίου. Στο σημείο αυτό χρειάζεται να διασαφηνίσουμε τον όρο πρωτογενούς ή βασικής κατεργασίας με εκείνο της δευτερεύουσας κατεργασίας. Οι πρώτοι όροι αναφέρονται στην άροση που για τα φυτά της μεγάλης καλλιέργειας πραγματοποιείται συνήθως το φθινόπωρο, ενώ οι μετέπειτα επεμβάσεις που γίνονται με σκοπό την προετοιμασία της σποράς και εκτελούνται αμέσως πριν τη σπορά, εντάσσονται στη δευτερεύουσα κατεργασία (Σιδηράς, 2005).

Μειωμένη κατεργασία έχει θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών, εξαιτίας της αυξημένης οργανικής ουσίας, της διατήρησης υγρασίας σε ικανοποιητικά επίπεδα, και της μείωσης της δημιουργίας επιφανειακής κρούστας που εμποδίζει την ανάδυση των φυταρίων (Daun, 1993).

Αντιμετώπιση ζιζανίων

Η καλλιέργεια του ηλιάνθου είναι ευάλωτη στα διάφορα ζιζάνια στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, όπου ο ρυθμός αύξησεως είναι βραδύς. Δύο εβδομάδες μετά το φύτευμα και την ανάδυση των φυτών οι συνθήκες γίνονται ιδιαίτερα αποπνικτικές για τα ζιζάνια (Γαλανοπούλου - Σενδούκα, 2002).

Προετοιμασία σποράς

Καταρχήν το φθινόπωρο διενεργούμε όργωμα βάθους 30 περίπου cm προκειμένου να παραχωθούν τα τυχόν υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, να βελτιωθεί ο αερισμός και η συγκράτηση της υγρασίας. Κατ' εξαίρεση το όργωμα μπορεί να πραγματοποιηθεί αρχές της άνοιξης σε επικλινή και αμμώδη εδάφη (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008). Το επιφανειακό στρώμα χρειάζεται να είναι ελαφρά ψιλοχωματισμένο (Γαλανοπούλου - Σενδούκα, 2002), γεγονός που επιτυγχάνεται με καλλιεργητή και φρέζα. Με την κατεργασία του εδάφους μειώνεται ο αριθμός

των ζιζανίων που θα εμφανιστούν (Daun, 1993).

Σπορά

Η σπορά πραγματοποιείται μηχανικά με τη χρήση πνευματικών μηχανών αραβοσίτου ή ζαχαροτεύτλων, ύστερα από ειδική ρύθμιση ή με άλλους δίσκους. Οι αποστάσεις των φυτών σε κάθε γραμμή θα πρέπει να είναι 15-20 cm. (Γαλανοπούλου - Σενδούκα, 2002). Η βέλτιστη απόσταση μεταξύ των γραμμών φύτευσης είναι 75 cm (Meyer et al., 1999). Ανάλογα με την ευρωστία του φυτού μπορεί να υπάρχουν μικρές αποκλίσεις στις προαναφερθείσες τιμές.

Η απόδοση της καλλιέργειας δεν μεταβάλλεται σημαντικά σε ένα εύρος πυκνότητας φυτών, διότι σε αραιές φυτείες (3–4 φυτά / m²), ο ηλίανθος αντισταθμίζει το μικρό αριθμό των ταξιανθιών με αύξηση του αριθμού και του βάρους των σπόρων, ενώ συμβαίνει το αντίθετο σε πυκνότερες φυτείες, 6–7 φυτών / m². Για τις Ελληνικές συνθήκες η αραιότερη φύτευση ενδείκνυται σε μετρίως γόνιμα εδάφη με μη επαρκή άρδευση για καλύτερη διαχείριση των ανοργάνων θρεπτικών συστατικών, ενώ σε γόνιμα και επαρκώς αρδευόμενα κατάλληλη θεωρείται η πυκνότερη. Πυκνότητα μεγαλύτερη από 8 φυτά / m², λόγω αύξησης του ανταγωνισμού, οδηγεί σε μείωση της παραγωγής σπόρων (Δαλανάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.7. Αλληλοπάθεια (*allelopathy*)

1.7.1. Γενικά

Ο ανταγωνισμός γειτονικών φυτών δεν έγκειται μόνο στην απορρόφηση ανοργάνων θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον αντικείμενα ανταγωνισμού μεταξύ των φυτών αποτελούν το φως και το εδαφικό νερό. Αρκετά φυτά, από το ριζικό σύστημα ή από την αποσύνθεση της βιομάζας τους, απελευθερώνουν στο περιβάλλον κάποιες ουσίες, οι οποίες έχουν επιβλαβείς ή ευεργετικές επιδράσεις στα γειτνιάζοντα με αυτά φυτά (διαφορετικού είδους). Σε μερικές περιπτώσεις, ενδέχεται να παρατηρηθεί μειωμένη φυτική παραγωγή, εξαιτίας του φαινομένου της αλληλοπάθειας που προκαλούν αλληλοπαθητικά ζιζάνια ή φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας (Taiz and Zeiger, 2010).

Σύμφωνα με τους Inderjit και Keating (1999), πρώτος ο Massey το 1925 διαπίστωσε με επιστημονικό τρόπο την αλληλεπίδραση μεταξύ γειτονικών φυτών. Βρήκε ότι ήταν αδύνατη η ανάπτυξη φυτών μηδικής, τομάτας και πατάτας κάτω από δένδρα δύο ποικιλιών καρυδιάς (*Juglans nigra* και *Juglans cinerea*) εξαιτίας της απελευθέρωσης κάποιων τοξικών ουσιών από αυτά τα δένδρα. Οι ουσίες αυτές προκαλούσαν αρχικώς μάρανση και τελικώς νέκρωση στα αναπτυσσόμενα φυτά. Στη συνέχεια, αναφέρουν ότι ο Davis το 1928 συσχέτισε την τοξική ουσία με την γιουγκλόνη (juglone) (5-hydroxy-anarthaquinone), η οποία παράγεται εντός των φυτών της καρυδιάς *Juglans nigra*. Επιπλέον όπως υποστηρίζουν οι ίδιοι, ο Γερμανός Hans Molisch το 1937, προσπαθώντας να περιγράψει τις χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυτών, εισήγαγε για πρώτη φορά στην επιστήμη τον όρο αλληλοπάθεια (*allelopathy*). Πρόκειται για μια σύνθετη ελληνική λέξη που αποτελείται από δύο συνθετικά: τη λέξη αλλήλων (= αμοιβαία, κάτι που λαμβάνει χώρα μεταξύ ατόμων) και από τη λέξη πάθος (= υποφέρω, δηλαδή, έντονο συναίσθημα που προκαλείται από άλλον). Γίνεται αντιληπτό ότι κατά την ερμηνεία αυτή η

αλληλοπάθεια έχει αρνητική έννοια, διότι περιγράφει τις επιβλαβείς επιδράσεις φυτών σε γειτονικά φυτά.

Σύμφωνα με το γενικό ορισμό του Rice (1984), ερευνητής που θεωρείται αυθεντία σε θέματα αλληλοπάθειας, **αλληλοπάθεια είναι** «η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ φυτών (ιδίου ή διαφορετικού είδους) που συμβαίνει όταν το ένα φυτό απελευθερώνει χημικές ουσίες (αλληλοπαθητικές ουσίες) στο περιβάλλον που διεγείρουν ή αναστέλλουν την αύξηση άλλων φυτών». Με διαφορετική διατύπωση είναι «η αρνητική ή θετική επίδραση ενός φυτού (συμπεριλαμβανομένων και μικροοργανισμών) σε άλλα φυτά μέσω της απελευθέρωσης χημικών ουσιών (αλληλοπαθητικών) στο περιβάλλον τους».

Ο όρος **αυτοτοξικότητα** (autotoxicity) ή αυτοπάθεια είναι διαφορετικός από εκείνον της αλληλοπάθειας. Με την αυτοτοξικότητα έχουμε μόνο επιβλαβείς επιδράσεις, εξαιτίας ουσιών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον από φυτά του ίδιου και όχι διαφορετικού είδους (Aldrich and Kremer, 1997; Inderjit and Keating, 1999). Αποτελεί περίπτωση εμφάνισης αλληλοπάθειας μεταξύ φυτών του ίδιου είδους (Πασπάτης, 1998). Θα λέγαμε ότι η αυτοτοξικότητα αποτελεί ένα υποσύνολο της αλληλοπάθειας που περικλείει μόνο επιζήμιες επιδράσεις μεταξύ φυτών του ίδιου είδους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτοτοξικότητας αποτελούν η περίπτωση αποτυχημένης εγκατάστασης νέας καλλιέργειας σπαραγγιού μετά από καλλιέργεια σπαραγγιού (Young, 1986). Τα άχυρα των καλλιεργειών του σιταριού περιέχουν διαλυτές στο νερό ενώσεις, οι οποίες μειώνουν την ανάπτυξη του σιταριού. Η δράση των ουσιών αυτών στο έδαφος διαρκεί δύο εβδομάδες (Σιδηράς, 2005). Εκχυλίσματα φυτών σιταριού περιέχουν φερουλικό οξύ το οποίο αποκαρβοξυλιώνουν διάφοροι μικροοργανισμοί σε ένα πιο φυτοτοξικό στυρένιο, το 2-μεθυλο-4-εθενύλ-φαινόλη (Einhelling, 1985).

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες ορισμένων φυτών έχουν ευεργετικές επιδράσεις στο φύτεμα των σπόρων κάποιων άλλων φυτών (Vyngyan, 2002). Τα καλλιεργούμενα φυτά *Sorghum bicolor*, *Vigna unguiculata* και *Trifolium pratense* παράγουν αντιστοίχως τις ουσίες sorgoleone, alectrol και orobanchol, οι οποίες ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις διεγείρουν το φύτεμα των σπόρων των παρασιτικών ζιζανίων *Striga sp.*, *Alectra sp.* και *Orobanche sp.* Έτσι οι ουσίες αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μέσα

αντιμετώπισης των εν λόγω ζιζανίων, διότι με την εφαρμογή τους διεγείρεται το φύτρωμα των σπόρων παρασιτικών ζιζανίων με αποτέλεσμα να νεκρωθούν τα εκπυχθέντα φυτάρια λόγω απουσίας των ξενιστών τους πάνω στους οποίους θα προσκολληθούν για παρασιτισμό. Η χορήγηση αυτών των ουσιών οδηγεί στο αποκαλούμενο «φύτρωμα αυτοκτονίας» (Ελευθεροχωρινός, 2008). Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι είναι εφικτό σε πρακτικό επίπεδο να χρησιμοποιηθούν οι ουσίες αυτές με σκοπό την αντιμετώπιση των τριών προαναφερθέντων παρασιτικών ζιζανίων.

1.7.2. Βιοσύνθεση και χημική κατάταξη αλληλοπαθητικών ουσιών

Η πληθώρα των αλληλοπαθητικών ουσιών αποτελούν προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού που βιοσυντίθενται σε διάφορα όργανα του φυτού όπως φύλλα, ρίζες, βλαστοί, άνθη, καρποί ή σπόροι. Σύμφωνα με τον Rice (1984), στον ηλιάνθο μεγαλύτερες ποσότητες αλληλοπαθητικών ουσιών (1139 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους) παράγουν τα παλαιότερα φύλλα και έπονται τα νεότερα φύλλα (737 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους). Ακολουθούν οι βλαστοί (383 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους) και οι ρίζες (303 μg χλωρογενικού οξέος/g νωπού βάρους).

Η ποσότητα των παραγόμενων αλληλοπαθητικών ουσιών εντός των φυτών εξαρτάται από τις επικρατούσες κατά την καλλιέργεια εδαφοκλιματικές συνθήκες. Τα φυτά παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αυτών των ουσιών, όταν υπόκεινται σε συνθήκες καταπόνησης όπως η έντονη ηλιακή ακτινοβολία, η ανεπάρκεια ανοργάνων θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, η έλλειψη εδαφικής υγρασίας, οι ακραίες θερμοκρασίες, η εφαρμογή φυτορρυθμιστικών ουσιών, η ύπαρξη ασθενειών και εντομολογικών προσβολών (Rice, 1984; Aldrich & Kremer, 1997). Ειδικότερα, φυτά ηλιάνθου που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες έλλειψης αζώτου και νερού παράγουν 15 και 16 φορές μεγαλύτερες ποσότητες των αλληλοπαθητικών ουσιών χλωρογενικού και ισοχλωρογενικού οξέος σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα που δεν υποβλήθηκαν σε συνθήκες καταπόνησης. Όταν η καταπόνηση ήταν μόνο υδατικής φύσεως, τότε οι προαναφερθείσες παραγόμενες ουσίες προσδιορίστηκαν σε 258 και 320 mg/g ξηρού βάρους ηλιάνθου, σε σχέση με

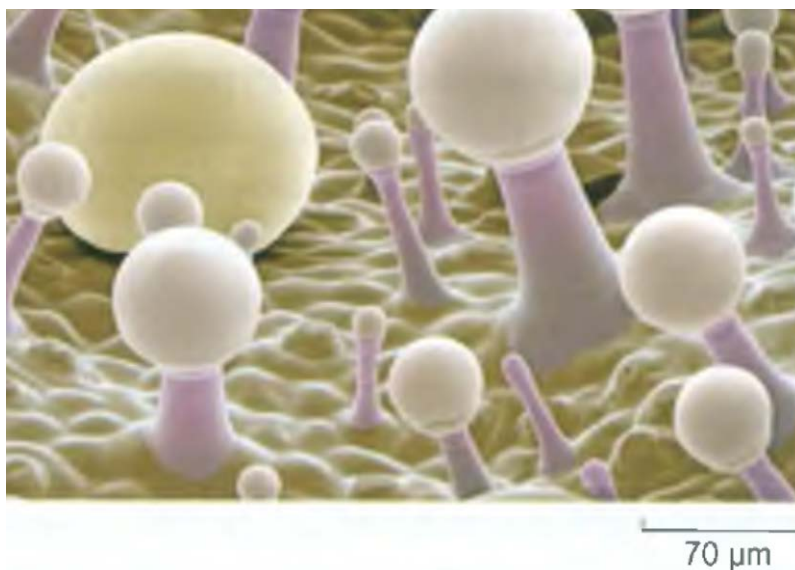
τις αντίστοιχες τιμές των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες, με 43 και 135 mg/g ξηρού βάρους φυτού. Δηλαδή όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε συνθήκες έλλειψης νερού παρήγαγαν 6 και σχεδόν 2,5 φορές περισσότερο χλωρογενικό και ισοχλωρογενικό οξύ.

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες κατατάσσονται από χημικής πλευράς σε **φαινολικές ουσίες** (φαινολικά οξέα, τανίνες, κουμαρίνες, φλαβόνες), **τερπένια** και **αζωτούχες ενώσεις** (αλκαλοειδή, κυανογόνοι γλυκοζίτες, τανίνες, κινόνες, παράγωγα του βενζοϊκού οξέος και ενώσεις του κυανίου). Γνωστές κινόνες είναι η γιουγκλόνη (juglone) που απομονώθηκε από φυτά μαύρης καρυδιάς (*Juglans nigra*) και η σοργολεόνη (sorgoleone) που απομονώθηκε από ρίζες του *Sorghum bicolor* αλλά υπάρχει και σε άλλα είδη σόργου (Haig, 2008).

Οι **φαινολικές ουσίες** περιλαμβάνουν απλές φαινόλες, βενζοκινόνες, φαινολικά οξέα (σαλικιλικό οξύ), ακετοφαινόλες, παράγωγα φαινυλακετικού οξέος, υδροξυκινναμικά οξέα, φαινυλοπροπάνια, κουμαρίνες, ισοκουμαρίνες, ναφθακινόνες, ξανθόνες, στυλβένια, ανθρακινόνες, φλαβονοειδή και ισοφλαβονοειδή, λιγνάνες, νεολιγνίνες, διφλαβονοειδή, λιγνίνες, μελανίνες της κατεχόλης, φλαβολάνες και συμπυκνωμένες ταννίνες (Harborne, 1989). Φαινολικές ενώσεις όπως το καφεϊκό και φερουλικό οξύ που απελευθερώνουν ορισμένα φυτά στο έδαφος αναστέλλουν την αύξηση γειτονικών φυτών (Taiz and Zeiger, 2010).

Οι χαρακτηριστικότεροι εκπρόσωποι της ομάδας των τερπενίων αποτελούν τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων (Ελευθεροχωρινός, 2008). Τα **τερπένια** (terpenes) ή τερπενοειδή (terpenoids), η δεύτερη μεγαλύτερη ομάδα ουσιών δευτερογενούς μεταβολισμού που εμπλέκονται στο φαινόμενο της αλληλοπάθειας (Inderjit and Keating, 1999), δρουν σε πτητική κατάσταση (Πασπάτης, 1998), είναι αδιάλυτες στο νερό, είναι τοξίνες και ανεπιθύμητα ως τροφή φυτοφάγων εντόμων (Taiz and Zeiger, 2010). Οι διαφορετικές κλάσεις τους είναι τα **μονοτερπένια** (καμφίνη, α-πινένιο, καμφορά, γερανιόλη, καρβεόλη, α-τερπινόλη, α-φελανδρίνη, λιμονίνη, πουλεγόνη κ.ά.), **σεσκιτερπένια** (β-βισαβολένιο, β-καρυοφιλένιο, φομενόνη, κινερενίνι, φαρνεσόλη) (Inderjit and Keating, 1999), **διτερπένια** (φυτόλη, γιββερελικό κ.ά.) (Ελευθεροχωρινός, 2008), **τριτερπένια** (μπετουλίνη, ουρσολικό οξύ,

σαπωνίνες) (Inderjit and Keating, 1999), **πολυτερπένια** (κόμμα, γουαρπένια). Αξίζει να αναφέρουμε ότι μονοτερπενικοί εστέρες είναι και τα πυρεθροειδή (pyrethroids), ουσίες με εντομοκτόνο δράση, που απαντώνται στα φύλλα και άνθη ορισμένων ειδών *Chrysanthemum* (Taiz and Zeiger, 2010). Τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια συνήθως βρίσκονται σε αδενώδεις τρίχες στην επιφάνεια των φυτών και τα μείγματά τους αποτελούν τα αιθέρια έλαια.



Εικόνα 1.3. Αδενώδεις τρίχες σε φασκομηλιά. Στις λευκές σφαίρες υπάρχουν αιθέρια έλαια.

Στην **ομάδα των αζωτούχων ενώσεων** περιλαμβάνονται οι μπεταλαΐνες, τα αλκαλοειδή, τα μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, οι αμίνες, τα κυανογόνα γλυκοζίδια, τα θειογλυκοζίδια και οι πρωτεΐνες.

Οι περισσότερες φαινολικές ουσίες βιοσυντίθενται μέσω κυρίως της οδού του σικιμικού οξέος. Από απλές ενώσεις υδατανθράκων, που είναι προϊόντα της γλυκόλυσης και των φωσφορικών πεντοζών, παράγονται τα αρωματικά αμινοξέα φαινυλαλανίνη, τυροσίνη και τρυπτοφάνη (Herrmann and Weaver, 1999). Σε αντίθεση με τους μύκητες και τα βακτήρια, η οδός του μηλονικού οξέος είναι μικρότερης σημασίας στα φυτά. Η βιοσύνθεση των περισσότερων τερπενίων γίνεται μέσω της οδού του μεβαλονικού οξέος ως προϊόν συνενώσεως τριών μορίων ακετύλο-CoA που σχηματίζουν το μεβαλονικό οξύ

(Taiz and Zeiger, 2010).

1.7.3. Μηχανισμός δράσης αλληλοπαθητικών ουσιών

Ορισμένες αλληλοπαθητικές ουσίες παρουσιάζουν παρόμοιο μηχανισμό δράσης με εκείνο των ήδη χρησιμοποιούμενων ζιζανιοκτόνων, ενώ κάποιες άλλες έχουν, για την επιστημονική κοινότητα, διαφορετικό και άγνωστο τρόπο δράσης (Ελευθεροχωρινός, 2008). Η προσεκτική παρατήρηση και σε βάθος διερεύνηση των φαινομένων αυτών, καθώς και η ανακάλυψη του μηχανισμού με τον οποίο δρουν οι αλληλοπαθητικές ουσίες στα φυτά μπορεί να αποτελέσει μια ανεξάντλητη πηγή δεδομένων. Πολύτιμα στοιχεία που θα συμβάλλουν τόσο στη δημιουργία νέων ζιζανιοκτόνων όσο και στην απομόνωση ή βιοσύνθεση ουσιών, **βιολογικών φυτορρυθμιστών**, μεγάλης εξειδίκευσης. Με αυτές πιθανώς να επιτευχθεί αποτελεσματικότερος έλεγχος των ζιζανίων με λιγότερες επιπτώσεις στο έδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα, τους υδρόβιους οργανισμούς, τις μέλισσες, την πανίδα γενικότερα και τον άνθρωπο.

Η μελέτη των αλληλοπαθητικών ουσιών μας αποκάλυψε ότι αναστέλλουν:

- 1) την επιμήκυνση των κυττάρων, που προκαλεί για παράδειγμα η κουμαρίνη σε κύτταρα της ρίζας στο ραπανάκι (Aliotta et al., 1993)
- 2) τη φωτοσύνθεση πχ. η σοργολεόνη (sorgoleone) μια υδροκινόνη που απομονώθηκε από φυτά σόργου (*Sorghum bicolor*) παρεμποδίζει τη μεταφορά ηλεκτρονίων του φωτοσυστήματος II. (Gonzalez et al., 1997).
- 3) την αναπνοή,
- 4) την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων,
- 5) το μεταβολισμό των πρωτεϊνών. Εφαρμογή κυναμικού και φουραλικού οξέως σε συγκέντρωση 50μM είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της πρωτεϊνικής σύνθεσης αρτιβλάστων μαρουλιού (Cameron and Julian, 1980),
- 6) τη βιοσύνθεση των νουκλεϊκών οξέων (RNA πολυμεράση),
- 7) τη βιοσύνθεση των λιπιδίων (ακέτυλο- CoA τρανσκυκλάση),
- 8) το άνοιγμα των στοματίων,

- 9) τη δράση των ορμονών,
- 10) τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών (H⁺-ATPase, NADH οξειδάση),
- 11) τη φελλοποίηση και απόφραξη των αγγείων,
- 12) τη βιοσύνθεση αμινοξέων (συνθετάση της γλουταμίνης, αμινοτρανφεράση του ασπαρτικού) και
- 13) τη βιοσύνθεση χρωστικών (ALA συνθετάση) (Aldrich και Kremer, 1997; Vynyan, 2002).

1.7.4. Διαπίστωση της αλληλοπάθειας

Τα αλληλοπαθητικά φαινόμενα προκειμένου να αντιμετωπιστούν ή να αξιοποιηθούν αναλόγως, θα πρέπει προηγουμένως, παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζονται να εντοπιστούν. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για να διαπιστωθεί επιστημονικά η ύπαρξη αλληλοπάθειας. Μέσα από τη **διεξαγωγή πειραμάτων αγρού** μπορεί να διαπιστωθούν φαινόμενα αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφόρων φυτικών ειδών. Μελετάται η επίδραση που έχουν τα υπολείμματα μιας καλλιέργειας στην ανάπτυξη φυτών που σπέρνονται μετά από αυτήν. Μια ακόμη μέθοδος αποτελεί ο **πειραματισμός** στο θερμοκήπιο ή στο εργαστήριο **με ελεγχόμενες συνθήκες**. Ακόμη και σε εμφανείς περιπτώσεις αλληλοπάθειας απαραίτητη κρίνεται η επαλήθευση στο εργαστήριο. Η εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από το πιθανολογούμενο αλληλοχημικό. Για πτητικές ουσίες λαμβάνονται από το εναέριο μικροπεριβάλλον του φυτού δείγματα αέρα, ενώ για εξωκυτταρικές εκκρίσεις παίρνονται εκχυλίσματα φυτών από φύλλα, κλαδιά ακόμη και ρίζες.

Το έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή αλληλοχημικών. Η παραλαβή οργανικών ουσιών από το έδαφος είναι μια διαδικασία που παρουσιάζει δυσκολίες, ενώ ελλοχεύει ο κίνδυνος σε αυτή την προσπάθεια να σχηματιστούν και τελικώς να παραληφθούν και άλλες μη επιθυμητές ενώσεις.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί και αναφέρονται μέθοδοι για την έκπλυση από το έδαφος ή τη συλλογή αλληλοχημικών από το ριζικό σύστημα

φυτών με σκοπό περαιτέρω ανάλυση και αξιοποίησή τους.

Με τη βοήθεια συγχρόνων μεθόδων και οργάνων αναλυτικής χημείας προσδιορίζονται οι αλληλοχημικές ουσίες. Περαιτέρω της **χημικής ανάλυσης**, ιδιαίτερη μέριμνα χρειάζεται να ληφθεί έτσι ώστε με σιγουριά να αποφανθούμε ότι η αλληλοπάθεια οφείλεται σε μία μόνο ουσία ή σε περισσότερες που δρουν προσθετικά ή συνεργιστικά. Η επιβεβαίωση των αλληλοπαθητικών ιδιοτήτων μιας ουσίας επιτυγχάνεται με τη διαπίστωση των αποτελεσμάτων που επιφέρει η παρουσία της στα φυτά, μετά την προσθήκη της στο εδαφικό σύστημα στην αναλογία που είχε προσδιοριστεί. Υπάρχουν αρκετές δυσκολίες σε αυτή τη διαδικασία που ανάγονται κυρίως στις περιπτώσεις διάσπασης και έκπλυσης των αλληλοχημικών (Πασπάτης, 1998).

1.7.5. Διερεύνηση της αλληλοπάθειας

Τα φυτά απελευθερώνουν στο περιβάλλον αλληλοπαθητικές ουσίες με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, η άμεση απελευθέρωση των ουσιών αυτών γίνεται μέσω εξάτμισης από τα φύλλα, απέκκρισης από τις ρίζες, ή έκπλυσης από τα φύλλα και τα φυτικά υπολείμματα των φυτών (με το πότισμα και το νερό της βροχής). Από την άλλη, κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων απελευθερώνονται με έμμεσο τρόπο αλληλοπαθητικές ουσίες. Δηλαδή, το φαινόμενο της αλληλοπάθειας των φυτών προκαλεί αναστολή του φυτρώματος και της αύξησης ή έχει θετική επίδραση σε ένα φυτικό είδος (καλλιεργούμενο φυτό ή ζιζάνιο), εξαιτίας της απελευθέρωσης ορισμένων χημικών ουσιών από ζωντανούς ή αποδομούμενους ιστούς γειτονικών και διαφορετικού είδους φυτών.

Η διερεύνηση του φαινομένου της αλληλοπάθειας, δεν συνιστά μια εύκολη διαδικασία επειδή λαμβάνει χώρα ταυτοχρόνως με τον ανταγωνισμό, από τον οποίο δεν είναι εφικτός ο διαχωρισμός – απομόνωσή της. Για παράδειγμα, η αρνητική επίδραση που έχουν στο φυτό και στην ανάπτυξη ενός ζιζανίου τα φυτικά υπολείμματα ενός αλληλοπαθητικού καλλιεργούμενου φυτού μπορεί να είναι το συνδυασμένο αποτέλεσμα τόσο της τοξικής επίδρασης των

αλληλοπαθητικών ουσιών, οι οποίες απελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των υπολειμμάτων, όσο και της έλλειψης θρεπτικών στοιχείων λόγω κατανάλωσής τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους κατά την αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων. Μπορεί η επίδραση να οφείλεται και μόνο σε ένα από τους δύο προαναφερθέντες παράγοντες (Aldrich και Kremer, 1997).

Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο γονιμότητας του εδάφους, τόσο μεγαλύτερος είναι ο περιορισμός της διάρκειας των αλληλοπαθητικών ουσιών και, κατ' επέκταση, οι αρνητικές επιδράσεις που απορρέουν από αυτές στις καλλιέργειες (Σιδηράς, 2005).

Αξίζει να υπομνησθεί, ότι στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων ενδεχομένως να επέλθουν σημαντικές αλλαγές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους όπως είναι η γονιμότητα, η μικροβιακή δραστηριότητα, η εδαφική δομή και υγρασία, σε σημείο που να κατισχύσουν των επιδράσεων που οφείλονται στην αλληλοπάθεια.

Τέλος, η σύγκριση των αποτελεσμάτων της αλληλοπάθειας από τις περισσότερες δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες είναι δύσκολη εξαιτίας των διαφορετικών χρησιμοποιούμενων κάθε φορά τεχνικών (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.7.6. Τρόποι αξιοποίησης της αλληλοπάθειας στη γεωργία

Η αλληλοπάθεια είναι σημαντικότερη μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών από ότι ο ανταγωνισμός. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση και τον τρόπο κατανομής των ζιζανίων, το μέγεθος της ζημιάς στα καλλιεργούμενα φυτά αλλά και τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης καλλιέργειας κατά την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς (Qasem and Foy, 2001). Ιδιαίτερα χρήσιμα στη γεωργική πρακτική είναι κάποια ζιζάνια με αντιμυκητολογικές ή/και αντιβακτηριακές ιδιότητες. Ορισμένα είδη που υπάρχουν στον Ελλαδικό χώρο

παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2. Οι συγκεκριμένοι φυτικοί οργανισμοί μπορούν να συμβάλουν στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση ορισμένων ασθενειών των καλλιεργούμενων φυτών. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή για την παραγωγή βιομυκητοκτόνων και βιοβακτηριοκτόνων, δηλαδή φυσικώς συντιθέμενων φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη χημική σύνθεση νέων φυτοπροστατευτικών ουσιών με μυκητοκτόνο και βακτηριοκτόνο δράση (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Πίνακας 1.2. Ζιζάνια που απαντώνται στον Ελλαδικό χώρο με αντιμυκητολογικές ή/και αντιβακτηριακές δράσεις (Qasem and Foy, 2001).

Αλληλοπαθητικά είδη ζιζανίων	Επηρεαζόμενα είδη μικροοργανισμών
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Verticillium dhaliae</i>
<i>Chenopodium album</i>	<i>Colletotrichum falcatum</i> , <i>Helminthosporium carbonum</i>
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Aspergillus spp.</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i>
<i>Euphorbia helioscopia</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Verticillium dhaliae</i>
<i>Galium tricornutum</i>	<i>Verticillium dhaliae</i>
<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Rumex crispus</i>	<i>Helminthosporium sativum</i>
<i>Solanum nigrum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Trichoderma lignorum</i>
<i>Stellaria media</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>

1.7.7. Αλληλοπαθητική δράση μεταξύ ζιζανίων

Αρνητικά και θετικά αποτελέσματα στο γεωργικό τομέα μπορεί να έχουν οι αλληλοπαθητικές ιδιότητες ορισμένων ζιζανίων εναντίον άλλων ζιζανίων (Qasem and Foy, 2001).

Πίνακας 1.3. Ορισμένα είδη ζιζανίων με αλληλοπαθητική δράση εναντίον άλλων ειδών ζιζανίων.

Αλληλοπαθητικά είδη ζιζανίων	Επηρεαζόμενα είδη ζιζανίων
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Cyperus esculentus</i>
<i>Chenopodium album</i>	<i>Cyperus esculentus</i>
<i>Cirsium arvense</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Setaria viridis</i>
<i>Lolium temulentum</i>	<i>Bromus spp.</i>
<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Chenopodium album</i> , <i>Cynodon dactylon</i>
<i>Sorghum halepense</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i>
<i>Rumex crispus</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>

Το είδος *Aristida oligantha*, ενώ δεν είναι ανταγωνιστικότερο από άλλα είδη φυτών, επικράτησε σε μια περιοχή εξαιτίας της ισχυρότερης αλληλοπαθητικής του δράσης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εξαπλωθεί σε ένα βοσκότοπο με συνέπεια να υποβαθμιστεί η ποιότητα βόσκησης (Aldrich και Kremer, 1997). Για έναν αγρότη είναι επιθυμητή η παρουσία, σε ανεκτό πληθυσμό, ενός είδους ζιζανίου που εξαιτίας των αλληλοπαθητικών ιδιοτήτων του, στην περιοχή επίδρασής του, περιορίζει τα γεινιάζοντα ζιζάνια, υπό τον όρο ότι δεν προκαλεί καμία παρεμποδιστική δράση σε ένα καλλιεργούμενο φυτό. Η

ύπαρξη του ζιζανίου περιορίζει τη ζημιά που μπορεί να υποστεί η καλλιέργεια από τον ανταγωνισμό των ανταγωνιστικότερων ζιζανίων.

Γίνεται αντιληπτό ότι η αλληλοπάθεια μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται και εμφανίζονται τα ζιζάνια στον αγρό (Ελευθεροχωρινός, 2008). Η αλληλοπάθεια των ζιζανίων μπορεί να μεταβάλλει τον πλούτο των ειδών (species richness), δηλαδή, τον αριθμό των διαφορετικών ειδών που υπάρχουν σε μια περιοχή. Επίσης, ευθύνεται για την μεταβολή της αφθονίας των ειδών (species abundance) και της ομοιομορφίας ή ισομέρειας (evenness) των ειδών. Γίνεται αντιληπτό ότι οι αλληλοπαθητικές ουσίες επιδρούν στην ποικιλότητα των φυτικών ειδών.

1.7.8. Παρεμποδιστική δράση ζιζανίων στην ανάπτυξη καλλιεργούμενων φυτών

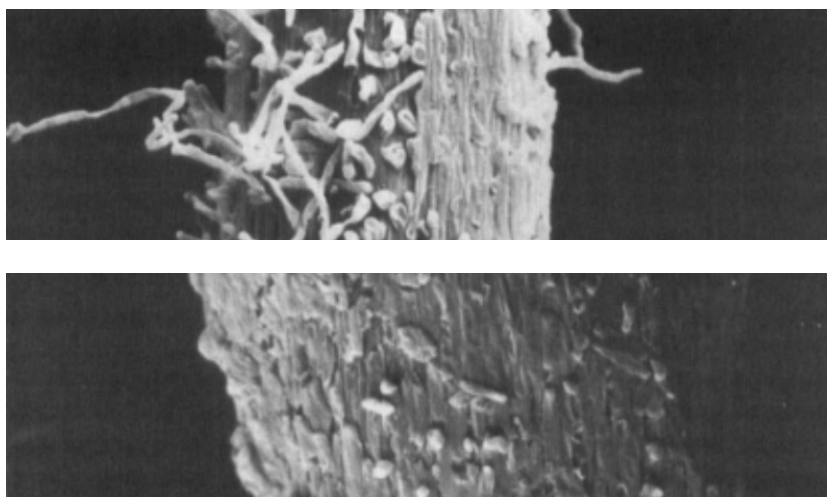
Παγκοσμίως υπάρχουν περισσότερα από 200 είδη ζιζανίων που έχουν αλληλοπαθητική επίδραση σε καλλιεργούμενα φυτά (Qasem & Foy, 2001). Αξίζει να παρουσιάσουμε ορισμένα είδη που είναι συνηθισμένα στην ελληνική επικράτεια (Πίνακας 1.4).

Η αλληλοπαθητική δράση των ζιζανίων εναντίον ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τη σωστή επιλογή των καλλιεργούμενων φυτών κατά την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς. Οι Aldrich & Kremer (1997) αναφέρουν ότι η ενσωμάτωση μεγάλης ποσότητας φυτικών υπολειμμάτων του ζιζανίου αγροπύρου (*Agropyron repens* ή *Elytrigia repens* ή *Elymus repens*), μειώνει κατά 52-81% το φύτευμα των σπόρων σε φυτά κριθαριού, βρώμης, σιταριού μηδικής και λιναριού με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η εγκατάστασή τους.

Το τροπικό αμερικανικό είδος *Parthenium hysterophorus* είναι ένα ζιζάνιο το οποίο έχει καταλάβει πολλές καλλιεργούμενες εκτάσεις της Ινδίας. Τόσο το υπέργειο όσο και το υπόγειο μέρος του ζιζανίου έχουν αλληλοπαθητικές ιδιότητες. Έχουν απομονωθεί από το φυτό αυτό πολλά αλληλοχημικά όπως καφεϊκό, βανιλικό, φερουλικό, χλωρογενικό και ανισικό οξύ καθώς και η

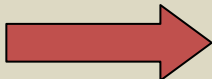


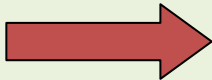



σεσκιτερπενική λακτόνη: parthenia. Η ενσωμάτωση αποξηραμένων φύλλων του εν λόγω ζιζανίου στο έδαφος μειώνει τις αποδόσεις τομάτας και φασολιών, ενώ παρεμποδίζεται και ο σχηματισμός αζωτοδεσμευτικών φυματίων στις ρίζες των ψυχανθών (Πασπάτης, 1998).

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται και η παρεμπόδιση της ανάπτυξης νεαρού φυταρίου *Phaseolus vulgaris* λόγω παρουσίας υπολειμμάτων και εκχυλισμάτων του ζιζανίου *Agropyron repens*. Δεν παρατηρήθηκαν ριζικά τριχίδια στο ριζικό σύστημα φυτών φασολιού που δέχτηκαν το χειρισμό υπολειμμάτων του ζιζανίου *Agropyron repens* (Weston and Putnam, 1986).



Εικόνα 1.4 Παρεμπόδιση της ανάπτυξης ριζικών τριχιδίων λόγω της επίδρασης υπολειμμάτων και εκχυλισμάτων του ζιζανίου αγρόπυρου (*Agropyron repens*). Φωτογραφία, από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως (100 φορές μεγέθυνση), ριζικών τεμαχίων που ελήφθησαν 1.5 cm από το ακρόριζο του φυτού *Phaseolus vulgaris*.

Πίνακας 1.4 Ορισμένα κοινά είδη ζιζανίων με αλληλοπαθητική δράση εναντίον καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (Inderjit and Keating, 1999; Qasem and Foy, 2001; Ελευθεροχωρινός, 2008; Einhelling, 1985).

Αλληλοπαθητικά είδη ζιζανίων		Επηρεαζόμενο καλλιεργούμενο είδος
<i>Galium aparine</i> <i>Lolium multiflorum</i> <i>Portulaca oleracea</i>		<i>Medicago sativa</i>
<i>Cynodon dactylon</i> <i>Sorghum halepense</i>		<i>Hordeum vulgare</i>
<i>Abutilon theophrasti</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Cyperus esculentus</i> <i>Digitaria sanguinalis</i> <i>Setaria spp.</i> <i>Xanthium strumarium</i>		<i>Zea mays</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Polygonum aviculare</i>		<i>Gossypium hirsutum</i>
<i>Cyperus rotundus</i> <i>Polygonum aviculare</i>		<i>Sorghum bicolor</i>
<i>Sorghum halepense</i>		<i>Helianthus annuus</i>
<i>Rumex crispus</i> <i>Ambrosia trifida</i> <i>Xanthium strumarium</i>		<i>Sorghum sp.</i>

1.7.9. Παρεμποδιστική δράση καλλιεργούμενων φυτών στην ανάπτυξη ζιζανίων

Η ικανότητα ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών να παρεμποδίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων μέσω της έκκρισης αλληλοπαθητικών ουσιών αποτελεί ένα γεγονός με θετικές προεκτάσεις στη γεωργία. Η αλληλοπαθητική δράση που ασκούν ορισμένες καλλιέργειες εναντίον ζιζανίων θα πρέπει να έχει μεγάλη και άμεση πρακτική εφαρμογή στην εκπόνηση ενός συστήματος αντιμετώπισης ζιζανίων (Einhelling, 1985). Η αξιοποίηση τέτοιων φυτών μπορεί να περιορίσει το ποσοστό των σπόρων των ζιζανίων που θα φυτρώσουν, να συμβάλει στην αναστολή της περαιτέρω αύξησής τους και να περιορίσει τις ζημιές που προκαλούν (Ελευθεροχωρινός, 2008). Σύμφωνα με ερευνητικές εργασίες υπάρχουν ποικιλίες καλλιεργούμενων φυτών που περιορίζουν το φύτεμα των σπόρων ορισμένων ζιζανίων σε ποσοστό που κυμαίνεται από 35 έως 95% (Aldrich και Kremer, 1997). Μειωμένη κατά 90% ήταν η βιομάζα των ζιζανίων *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia* και *Amaranthus retroflexus* όταν η σπορά μιας καλλιέργειας έγινε απευθείας μέσα σε υπολείμματα αποξηραμένης σίκαλης (Einhelling, 1985). Η τεχνική της λεγόμενης «μειωμένης κατεργασίας» ή «ελάχιστης κατεργασίας» (reduced tillage or minimum tillage) έχει σημαντικές ευεργετικές επιδράσεις τόσο στη μείωση του κόστους όσο και στην εδαφική προστασία από τη διάβρωση. Επιπλέον βοηθά στον εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία και βελτιώνει τις εδαφικές ιδιότητες. Με τη μειωμένη κατεργασία οι αποδόσεις είναι ισοδύναμες ή και ανώτερες από την παραδοσιακή (Καραμάνος, 2011). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, πραγματοποιείται απευθείας σπορά ορισμένων καλλιεργειών, μέσα στα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται, παρεμποδίζουν τη βλάστηση των σπόρων ορισμένων ζιζανίων με αποτέλεσμα να εμφανίζονται λιγότερα ζιζάνια. Για παράδειγμα, όταν μετά από καλλιέργεια σιταριού πραγματοποιήθηκε κατεργασία εδάφους, την οποία ακολούθησε σπορά αραβοσίτου, ο πληθυσμός του ζιζανιού *Iromoea* spp. (κοινώς Ιπομοΐα) ήταν 79% μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο συστήματος μειωμένης κατεργασίας (Πασπάτης, 1998).

Υδατικά εκχυλίσματα (10%) των υπέργειων φυτών ραπανίδας, λούπινων, σίκαλης και βρώμης επηρέασαν σε αξιοσημείωτο βαθμό τα αρτίβλαστα των ζιζανίων *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus* και *Euphorbia hederophylla*. Η βλάστηση των σπόρων των δύο πρώτων ζιζανίων περιορίσθηκε σημαντικά, φτάνοντας το 19 και 6 % αντίστοιχα, στο εκχύλισμα από λούπινα, ενώ για τη ραπανίδα τα αντίστοιχα ποσοστά ανήλθαν σε 22 και 50% (Σιδηράς, 2005).

Το πιο άφθονο φαινολικό οξύ του ηλιάνθου είναι το χλωρογενικό οξύ. Παρόλο που το φύτρωμα των σπόρων του ζιζανίου *Amaranthus retroflexus* δεν επηρεάζεται από τη χημική αυτή ουσία, η βιομάζα των φυταρίων ήταν αντιστρόφως ανάλογη της εφαρμοζόμενης στο έδαφος ποσότητας χλωρογενικού οξέος. Όσον αφορά την επίδραση του χλωρογενικού οξέος στη βιομάζα φυταρίων ηλιάνθου, έχει βρεθεί ότι ήταν περιορισμένη όταν χορηγήθηκε στα φυτά θρεπτικό διάλυμα (Macias et al., 1993).

Επομένως, συστήνεται σε αγρούς στους οποίους επικρατούν μεγάλοι πληθυσμοί ζιζανίων ευαίσθητων σε αλληλοπαθητικές ουσίες, η καλλιέργεια φυτών που απελευθερώνουν τις αντίστοιχες ουσίες. Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως **φυτά κάλυψης** (cover crops) πριν από την εγκατάσταση διαφορετικών καλλιεργειών (Bilalis et al., 2003; Dhimas et al., 2006). Αυτές οι καλλιεργητικές πρακτικές εντάσσονται στη βιολογική γεωργία, ενώ μπορούν κάλλιστα στα πλαίσια της συμβατικής γεωργίας να περιορίσουν τη χρήση ζιζανιοκτόνων.

1.7.10. Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπάθεια εναντίον άλλων καλλιεργούμενων φυτών

Η γνώση της αλληλοπαθητικής επίδρασης πάνω σε μια καλλιέργεια από μια άλλη που προηγήθηκε είναι ιδιαίτερος χρήσιμη στη γεωργική πρακτική, διότι συμβάλλει στη σωστή επιλογή των καλλιεργούμενων φυτών για την εφαρμογή ενός συστήματος αμειψισποράς (Mamolos and Kalburtji, 2001).

Μετά από πειραματισμό που διεξήγαγε το 1985 ο Almeida (αναφέρεται από τον Σιδηρά, 2005) διαπίστωσε ότι υδατικό εκχύλισμα από το υπέργειο τμήμα από καλλιεργούμενο ραπανάκι περιόρισε κατά 15% τη βλάστηση σπόρων καλαμποκιού. Σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό, εκχυλίσματα από βρώμη, σίκαλη, λούπινα και ραπανάκι ευθύνονται για τον περιορισμό του μήκους των φύλλων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 70% φυτών φασολιού, καλαμποκιού και σόγιας. Αναφορικά με το ριζικό τους σύστημα, αξίζει να αναφερθεί ότι, περιορίστηκε σχεδόν πλήρως όταν χρησιμοποιήθηκαν εκχυλίσματα από λούπινα και ραπανάκι. Όταν μια ουσία επηρεάζει ένα φυτό τότε, γενικά, η αλληλοπαθητική δράση της εκδηλώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στο ριζικό σύστημα (Σιδηράς, 2005).

Οι αποδόσεις καλλιεργειών καλαμποκιού, βαμβακιού και ζαχαρότευτλων παρουσίασαν αύξηση μετά από ενσωμάτωση στο έδαφος, 15 ημέρες πριν τη σπορά, αχύρου από αλληλοπαθητικά φυτά όπως το τριπικάλε, η σίκαλη και το κριθάρι. Από πειραματικά αποτελέσματα παρατηρήθηκε και σημαντική μείωση της ζιζανιοχλωρίδας και συγκεκριμένα της μουχρίτσας, σετάριας και αιματόχορτου στις καλοκαιρινές καλλιέργειες, χωρίς να χρησιμοποιηθούν ζιζανιοκτόνα. Η μείωση του πληθυσμού και του νωπού βάρους των βλαστών των τριών ζιζανίων εκτιμήθηκε στο 86%, 90% και 91% αντίστοιχα (Δήμας et al., 2002).

Οι Read and Jensen (1989) ανέφεραν ότι αλληλοχημικές ουσίες που προέρχονται από φυτά μηδικής παρεμπόδισαν την ανάπτυξη στα εξής φυτά: κριθάρι, σιτάρι, μηδική και ραπανάκι, ενώ δεν επηρέασαν την ανάπτυξη του τριφυλλιού *T. pratense* (Inderjit and Keating, 1999).

Φλαβονοειδή από το δένδρο *Castanea sativa* αναφέρεται ότι εμποδίζουν

την ανάπτυξη της ρίζας του φυτού *Raphanus sativus* (Basile et al., 2000).

Δεν είναι επιθυμητή η περίπτωση εκδήλωσης αλληλοπαθητικών φαινομένων από καλλιεργούμενα φυτά σε άλλα καλλιεργούμενα εξαιτίας του περιορισμού στην επιλογή φυτών κατά την εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Πίνακας 1.5. Ορισμένα είδη καλλιεργούμενων φυτών με αλληλοπαθητική δράση εναντίον άλλων ειδών καλλιεργούμενων φυτών (Inderjit and Keating, 1999; Qasem and Foy, 2001).

Αλληλοπαθητικά είδη φυτών	Επηρεαζόμενα είδη καλλιεργούμενων φυτών
<i>Arachis hypogaea</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>
<i>Avena sativa</i>	<i>Lactuca sativa</i>
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>
<i>Brassica spp.</i>	<i>Lactuca sativa, Triticum aestivum</i>
<i>Cucumis sativus</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i>
<i>Helianthus annuus</i>	<i>Glycine max, Hordeum vulgare, Lycopersicon esculentum, Sorghum spp., Triticum aestivum</i>
<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Linum usitatissimum, Medicago sativa, Raphanus spp</i>
<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Brassica campestris, Lactuca sativa, Zea mays</i>
<i>Medicago sativa</i>	<i>Gossypium hirsutum, Lactuca sativa, Lycopersicon esculentum, Triticum aestivum, Zea mays</i>
<i>Oryza sativa</i>	<i>Glycine max</i>
<i>Secale cereale</i>	<i>Lactuca sativa, Lycopersicon esculentum, Nicotiana tabacum, Triticum aestivum, Zea mays</i>
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>Glycine max, Lycopersicon esculentum, Solanum tuberosum, Triticum aestivum, Zea mays</i>
<i>Vicia faba</i>	<i>Triticum aestivum, Gossypium hirsutum, Zea mays</i>

1.8. Τσάι του βουνού (*Sideritis* sp.)

Το Ελληνικό τσάι του βουνού είναι μια αιθαλής πολυετής πόα που ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (*Lamiaceae*) και στο γένος *Sideritis*. Αυτοφύεται σχεδόν αποκλειστικά στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 μέτρων, ενώ απαντάται περιστασιακά και σε χαμηλότερα υψόμετρα.

Στην Ελλάδα είναι γνωστό από την εποχή του Θεόφραστου (372-287 π.Χ.). Το επιστημονικό του όνομα *Sideritis* προέρχεται από τη λέξη σίδηρος που κατά μια εκδοχή δόθηκε στο φυτό, εξαιτίας της χρησιμοποίησής του για την θεραπεία πληγών οφειλόμενων σε σιδερένια αντικείμενα. Σύμφωνα με άλλη, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς του στο στοιχείο σίδηρο (Κουτσός, 2006) Τα ροφήματα που παρασκευάζονται από τα ανθοφόρα στελέχη του φυτού αποτελούν μια φυσική πηγή σιδήρου. Μια τρίτη άποψη υποστηρίζει ότι η ονομασία σιδερίτης οφείλεται στο σχήμα των δοντιών του κάλυκα, που μοιάζουν με αιχμή λόγχης (Γκολιάρης, 1999).

Το γένος *Sideritis* περιλαμβάνει περισσότερα από 150 είδη που απαντώνται στις χώρες της Μεσογείου (Odon de Castro and Rivera – Nunez, 1994). Τα σπουδαιότερα είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα είναι τα εξής:

- Τσάι του Παρνασσού ή τσάι του βελουχίου (*Sideritis raeseri* Boiss & Heldr.) που αυτοφύεται στον Παρνασσό, Τυμφρηστό (Βελούχι) και σε άλλα βουνά της Αιτωλίας, Δωρίδας και Φθιώτιδας.
- Τσάι του Ταυγέτου (*Sideritis clandestina* Chaub & Bory.) που είναι αυτοφυές σε όλα τα βουνά της Πελοποννήσου και ιδιαίτερα στις υπαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού και του Ταυγέτου.
- Τσάι του Ολύμπου (*Sideritis scardica* Griseb.) που αυτοφύεται κυρίως σε βραχώδη εδάφη του Ολύμπου, Κίσαβου, Καΐμακτσαλάν, Πηλίου και Βερμίου.
- Τσάι της Εύβοιας (*Sideritis euboaea* Heldr.) του οποίου μεγαλύτεροι πληθυσμοί απαντώνται στο βουνό Δίρφου σε υψόμετρο 1000-1500 μ.
- Τσάι Άθω ή Βλάχικο (*Sideritis athoa* Papanikolaou και Kokkini). Είναι

αυτοφυές στα ορεινά της χερσονήσου Άθω, της οροσειράς της Πίνδου και της νήσου Σαμοθράκης.

- Τσάι της Κρήτης (*Sideritis syriaca* L.) γνωστό ως Μαλοτήρα ή Καλοκοιμηθιά. Αποτελεί ενδημικό φυτό των βουνών της Κρήτης και το συναντάμε ιδιαίτερα στα Λευκά Όρη και τον Ψηλορείτη, σε υψόμετρο που κυμαίνεται μεταξύ 1300 και 2000 μέτρων (Γκολιάρης, 1999).



Εικόνα 1.5. Ανθοφόρα στελέχη του φυτού *Sideritis scardica* Griseb (Anonymous, 2012).

Η κατηγοριοποίηση στα προαναφερθέντα είδη οφείλεται σε μορφολογικές διαφορές κυρίως των φύλλων, του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων των ανθοφόρων στελεχών (παράγοντας που καθορίζει τη συνεκτικότητα της ταξιανθίας), αλλά και σε εκείνες που σχετίζονται στην περιεκτικότητα και σύσταση των αιθέριων ελαίων.

Το τσάι του βουνού προτιμά πετρώδη και ασβεστολιθικά εδάφη. Οι εναλλαγές των θερμοκρασιών ημέρας και νύχτας έχουν ευνοϊκή επιρροή στην ανάπτυξή του. Αναπτύσσεται σε εδάφη με τιμές pH που κυμαίνονται από 6 μέχρι 8. Είναι φυτό που αντέχει την υδατική καταπόνηση. Λόγω του πολύ πυκνού του ριζικού συστήματος εκμεταλλεύεται και τις μικρότερες ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων.

Εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης που σημειώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες και των αυξημένων απαιτήσεων της αγοράς άρχισε να καλλιεργείται

κυρίως το είδος *Sideritis syriaca*, ενώ έγιναν και προσπάθειες για τη βελτίωση των υφιστάμενων ειδών. Δημιουργήθηκαν υβρίδια με ποιοτικά καλύτερες και βελτιωμένες αποδόσεις σε σχέση με τους υπάρχοντες πληθυσμούς.

Επειδή το τσάι του βουνού συγκαταλέγεται στα παραδοσιακά προϊόντα, οι καταναλωτές έχουν αυξημένες απαιτήσεις. Αρκετοί από αυτούς όταν δεν υπάρχουν αυτοφυή φυτά, συμβιβάζονται και αγοράζουν μόνο όσα προέρχονται από βιολογικές καλλιεργητικές μεθόδους, ενώ συνήθως απορρίπτουν φυτά που προέρχονται από συμβατική καλλιέργεια. Άλλωστε η βιολογική καλλιέργεια του τσαγιού δεν παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες διότι απαιτεί μόνο οργανική λίπανση (Κουτσός, 2006). Σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 μέτρων τα έντομα και τα ζιζάνια είναι λιγότερα. Εάν χρειαστεί φυτοπροστασία μπορεί κάλλιστα να γίνει με τη χρήση βιολογικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Με τη βιολογική καλλιέργεια τσαγιού προστατεύεται το περιβάλλον και εξασφαλίζονται ασφαλή προϊόντα, σχεδόν εφάμιλλα εκείνων των αυτοφυών φυτών, με μεγάλη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια και πλούσια σε άρωμα. Παράλληλα αποτελεί μια καλλιέργεια με μεγάλη πρόσοδο στον παραγωγό.

1.8.1. Αλληλοπαθητικές ουσίες των διαφόρων ειδών του *Sideritis sp.*

Οι αλληλοπαθητικές ουσίες που περιέχει το φυτό *Sideritis sp.* ανήκουν στην κατηγορία α) των φαινολών (Küveli et al., 2007), πολυφαινολών (Ακκοş et al., 1999) όπως είναι τα φλαβονοειδή (φλαβονοειδείς γλυκοζίτες) (Rios Jose Luis et al., 1992; Bas et al., 2006) και β) των τερπενίων. Η σύσταση του αιθερίου ελαίου χαρακτηρίζεται κυρίως από τους μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες: α-πινένιο και β-πινένιο (Γαρδέλη, 2009) .

Οι ουσίες αυτές προσδίδουν στο τσάι φαρμακευτικές ιδιότητες και γι' αυτό έχει χρησιμοποιηθεί πολύ στην πρακτική ιατρική. Αφεψήματα που προέρχονται από τα υπέργεια μέρη του φυτού χρησιμοποιούνται ευρέως σε γαστρεντερικές παθήσεις όπως πόνος στο στομάχι, δυσπεψία, φούσκωμα αλλά και κατά του κρυολογήματος, του πονόλαιμου και της βρογχίτιδας. Επιπλέον καταναλώνονται για τις τονωτικές και διουρητικές ιδιότητές τους

(Ezer et al., 1995). Σε πληθώρα μελετών έχουν αναφερθεί αντισπασμωδικές, αντιβακτηριδιακές, αντιμικροβιακές (Aligiannis et al., 2001), αντιοξειδωτικές (Güvenç et al., 2005), αντιφλεγμονώδεις και αναλγητικές ιδιότητες (Hernández-Perez and Rabanal, 2002).

1.9. Εχινάτσα (*Echinacea* sp.)

Η Εχινάτσα, ένα από τα πιο δημοφιλή φαρμακευτικά φυτά παγκοσμίως, ανήκει στην οικογένεια *Asteraceae*. Η *Echinacea purpurea* και η *Echinacea angustifolia* αποτελούν τα σημαντικότερα είδη. Είναι φυτό ενδημικό της Βόρειας Αμερικής, είναι ένα πολυετές, εντυπωσιακό, ποώδες φυτό με ύψος που φτάνει το ένα μέτρο. Τα φύλλα σκούρου πράσινου χρώματος είναι χονδροειδή και τραχιά, με σχήμα συνήθως λογχοειδές και μήκους 7 - 20 cm. Η ανθοταξία με διάμετρο που φτάνει τα 15 cm. στο κέντρο της μοιάζει με αγκαθωτό κώνο από όπου το φυτό πήρε το όνομά του. Η ονομασία του φυτού προέρχεται από την ελληνική λέξη «εχίνος» που σημαίνει αχινός, δηλαδή, αγκαθωτός.



Εικόνα 1.6. Ανθοταξία του φυτού *Echinacea purpurea* (Anonymous, 2006).

Η εχινάτσα είναι ένας εκπρόσωπος των φυτών τύπου C₃ (επειδή το πρώτο σταθερό προϊόν της δέσμευσης CO₂ είναι το 3 - φωσφογλυκερικό οξύ που έχει τρία άτομα άνθρακα). Τα φυτά αυτά δεσμεύουν CO₂ μέσω του κύκλου του Calvin.

Η εχινάτσα αναπαράγεται με σπόρους που παρουσιάζουν έντονα το φαινόμενο του ληθάργου, μια φαινολογική φάση του βιολογικού κύκλου του φυτού η οποία χαρακτηρίζεται από απουσία μεταβολικής δραστηριότητας.

Οι βροχές και τα χιόνια της χειμερινής περιόδου και οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις διακόπτουν το λήθαργο, απομακρύνοντας τις παρεμποδιστικές ουσίες που τον προκαλούν (Kindscher, 2006).

Κατά την καλλιεργητική πρακτική ο πολλαπλασιασμός της εχινάτσας επιτυγχάνεται εγγενώς (με σπόρο) με την τεχνική της υγρής ψύξης ή ψυχρής ή υγρής στρωμάτωσης σε υγρή άμμο ή περλίτη. Για το είδος *Echinacea purpurea* απαιτούνται 15 με 20 ημέρες, ενώ για το είδος *Echinacea angustifolia* το απαιτούμενο χρονικό διάστημα ανέρχεται στις 60 ημέρες. Η μεταφύτευση γίνεται όταν τα σπορόφυτα αποκτήσουν 6-8 φύλλα και οι συνιστώμενες αποστάσεις φύτευσης είναι 80 cm μεταξύ των γραμμών και 40 - 50 cm επί της γραμμής. Η πυκνότητα των φυτών κυμαίνεται μεταξύ 2500 και 3000 φυτών ανά στρέμμα. Το υπέργειο τμήμα του φυτού ξηραίνεται και δίνει νέους βλαστούς την άνοιξη (Δόρδας, 2012).

Η εχινάτσα ευδοκίμει σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Είναι φυτό φωτόφιλο. Στη φύση απαντάται σε ηλιόλουστες θέσεις και σε επικλινή εδάφη. Αν και μπορεί να βρεθεί σε μια ποικιλία εδαφών ιδανικότερα για την καλλιέργειά της είναι εκείνα που έχουν pH μεταξύ 6 και 7 (Kindscher, 2006).

Τα φύλλα και οι ρίζες αποτελούν το μέρος του φυτού που συγκομίζεται. Η συγκομιδή των φύλλων ξεκινά από το πρώτο έτος, ενώ οι ρίζες μπορούν να συγκομιστούν το τρίτο έτος σε βάθος έως 50 cm, τέλος καλοκαιριού ή αρχές φθινοπώρου (Δόρδας, 2012). Οι ρίζες που συλλέγονται ξηραίνονται σε σκιερό μέρος με φυσική ξήρανση ή με τη χρήση ανεμιστήρων (Kindscher and Riggs, 2006). Σχεδόν όλα τα μέρη του φυτού συμπεριλαμβανομένου των ανθέων και σπόρων χρησιμοποιούνται για παρασκευή ροφημάτων (Shugart, 2005).

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη, βρέθηκε ότι τα άνθη περιέχουν υψηλότερα ποσοστά παραγώγων του καφεϊκού οξέος και φαινολικών ουσιών από οποιοδήποτε υπέργειο και υπόγειο μέρος του φυτού (Lin et al., 2011). Τα άνθη μπορεί να συγκομίζονται από το δεύτερο έτος (Kindscher and Riggs, 2006).

1.9.1. Χρήσεις εχινάτσας

Η εχινάτσα είναι ένα σχετικά ασφαλές φαρμακευτικό βότανο (Barrett et al., 1999; Barrett, 2003). Δεν έχει προκληθεί θάνατος από τη χρήση της εχινάτσας, ωστόσο έχουν καταγραφεί αλλεργικές αντιδράσεις (Donohue, 2000). Περιέχει μια πληθώρα χημικών ουσιών όπως παράγωγα καφεϊκού οξέος (Lin et al., 2011), φλαβονοειδή, γλυκοπρωτεΐνες, ινουλίνη, φρουκτάνες, πολυσακχαρίτες και σημαντικά αιθέρια έλαια (essential oils) (Shugart, 2005).

Σε πειράματα *in vitro* ζώων και ανθρώπων έχει αποδειχτεί ότι εκχυλίσματα του φυτού *Echinacea purpurea* έχουν την ικανότητα να ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα και την άμυνα του οργανισμού. Χρησιμοποιείται για τη θεραπεία λοιμώξεων του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος και τη θεραπεία από το κοινό κρυολόγημα (Barrett, 2003).

Εκχυλίσματα της εχινάτσας έχουν εντομοκτόνες, και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες (Minto and Blacklock, 2008). Επίσης έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, προστατεύοντας το ανοσοποιητικό σύστημα.

1.10. Σκοπός της μελέτης

Στη μελέτη αυτή εξετάσαμε την επίδραση φυτικών υπολειμμάτων του *Sideritis scardica* Griseb (τσάι του βουνού) και της *Echinacea purpurea* (εχινάτσας) στη ζιζανιοχλωρίδα της καλλιέργειας του ηλιάνθου (πείραμα στον αγρό) καθώς και την επίδραση των υπολειμμάτων αυτών στα φυτά του ηλιάνθου (πείραμα σε γλάστρες).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Γενικά

Στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, σε υψόμετρο 170 m από την επιφάνεια της θάλασσας, με γεωγραφικές συντεταγμένες (37° 59'01.83" N, 23° 42'07.37" E) και ο οποίος την τελευταία δεκαπενταετία δέχεται διαχείριση ως βιολογικός αγρός, έλαβαν χώρα δύο αλληλοσυμπληρούμενα πειράματα ηλιάνθου.

Στο πρώτο πείραμα τα φυτά ηλιάνθου καλλιεργήθηκαν στον αγρό για χρονικό διάστημα τριών μηνών (Μάιος – Ιούλιος 2012), ενώ στο δεύτερο καλλιεργήθηκαν σε γλάστρες από τον Ιούλιο έως το Σεπτέμβριο του 2012.

Το έδαφος ως προς την μηχανική του σύσταση χαρακτηρίζεται ως αργιλοπηλώδες. Οι εδαφικές αναλύσεις έγιναν στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γ.Π.Α σε δείγματα εδάφους βάθους 0 - 20 cm (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Αναλύσεις εδάφους

ρΗ	7,36
Χαρακτηρισμός εδάφους	Αργιλοπηλώδες (CL)
Άμμος	19,08%
Ιλύς	45,7%
Άργιλος	35,2%
οργανική ουσία (Walkley & Black)	2,44
διαθέσιμος φωσφόρος (Olsen)	34,63ppm
CaCO ₃	26%
Ολικό άζωτο	0,175%
Κάλιο	880ppm
Αγωγιμότητα	2700μmhos

2.2. Φυτικό υλικό

Χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο ηλιάνθου Sanay MR, το οποίο προμηθευτήκαμε από την εταιρεία PIONEER. Τα χαρακτηριστικά του υβριδίου είναι:

- Υβρίδιο τεχνολογίας Clearfield, με αντοχή στο Imazamox.
- Έχει αντοχή στο *Downy mildew* (περονόσπορος).
- Σε συνδυασμό με το Imazamox επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο των ζιζανίων και την καταπολέμηση όλων των νέων φυλών της οροβάγχης.
- Άριστο φύτρωμα και ταχύτατη πρώτη ανάπτυξη.
- Άριστη προσαρμογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα.
- Ειδικά προσαρμοσμένο για ξηροθερμικές συνθήκες.

Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα φυτικά υπολείμματα δύο αρωματικών φυτών:

- τσάι του βουνού (*Sideritis scardica* Griseb) και
- εχινάσσεας (*Echinacea purpurea*).

Τα φυτικά υπολείμματα που χρησιμοποιήθηκαν, στην παρούσα διατριβή, προέρχονταν από την εταιρεία ΚΟΡΡΕΣ ΦΥΣΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ Α.Ε. Ειδικότερα το τσάι του βουνού προέρχεται από καλλιέργειες στο βουνό Όρθρυς του Ν. Μαγνησίας και η εχινάσσεα από το Ν. Θεσσαλονίκης.

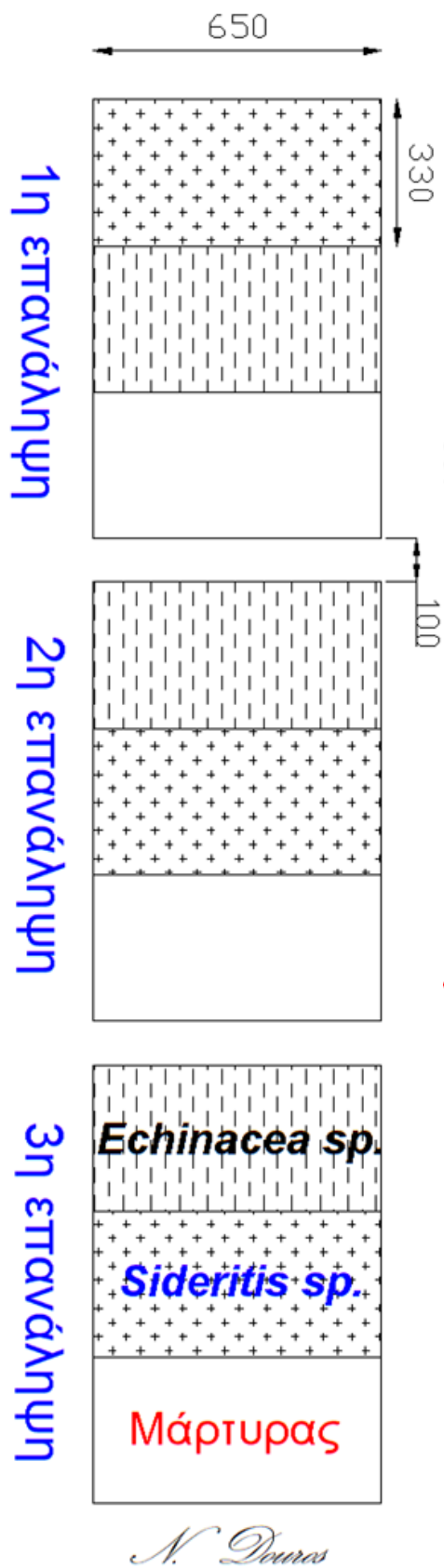
2.3. Πρώτο πείραμα (διεξήχθη στον αγρό)

2.3.1. Πειραματικό σχέδιο

Το σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 3 επαναλήψεις (ομάδες) και 3 μεταχειρίσεις (*Sideritis sp.*, *Echinacea sp.* και Μάρτυρας).

Ο συνολικός αριθμός των πειραματικών τεμαχίων ήταν 9 και συνολικά υπήρχαν 3 πειραματικά τεμάχια σε κάθε επανάληψη. Κάθε επανάληψη είχε εμβαδόν 64 m², ενώ κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 21,5 m². Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε 7 γραμμές με απόσταση μεταξύ των γραμμών 70

cm, ενώ η απόσταση των φυτών επί της γραμμής ήταν 20 cm (εικόνα 2.1).



➔ B



Εικόνα 2.1 Σχεδιάγραμμα και φωτογραφία του πειραματικού αγρού με φυτάρια

ηλιάνθου.

Και στις τρεις επαναλήψεις, μετά τη σπορά του ηλιάνθου, πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη εφαρμογή: σε ένα πειραματικό τεμάχιο κάθε επανάληψης πραγματοποιήθηκε ενσωμάτωση φυτικού υπολείμματος του αρωματικού φυτού *Sideritis sp.* Η ποσότητα του εν λόγω υπολείμματος που τοποθετήθηκε σε κάθε πειραματικό τεμάχιο ήταν 5.41 kg, επομένως σε όλο τον πειραματικό αργό χρησιμοποιήθηκαν 16.23 kg. Στο δεύτερο πειραματικό τεμάχιο κάθε επανάληψης έγινε ενσωμάτωση με φυτικό υπόλειμμα *Echinacea sp.* Η ποσότητα του προαναφερθέντος υπολείμματος που ενσωματώθηκε, ήταν 5.28 kg ανά πειραματικό τεμάχιο, επομένως χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 15.84 kg. Στο τρίτο πειραματικό τεμάχιο κάθε επανάληψης δεν έγινε καμία ενσωμάτωση, οπότε αποτελεί το καθένα από αυτά το μάρτυρα (M).

2.3.2. Καλλιεργητικά στοιχεία

Η σπορά του αγρού πραγματοποιήθηκε στις 03 Μαΐου 2012. Στις 26 Απριλίου προηγήθηκε κόψιμο των ζιζανίων (επικρατούσε το ζιζάνιο *Calendula arvensis*) με στελεχοκόπτη και ακολούθησε φρεζάρισμα του πειραματικού αγρού για να δημιουργηθεί η κατάλληλη σποροκλίνη και για να διατηρηθεί η εδαφική υγρασία.

2.3.3. Παρατηρήσεις – Μετρήσεις

Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο έγινε καταστροφική δειγματοληψία ζιζανίων εντός της οριοθετημένης περιοχής του "quadrat". Μετρήθηκε ο αριθμός των ζιζανίων και προσδιορίστηκε το κάθε είδος. Στην συνέχεια υπολογίστηκε το ωπό και το ξηρό βάρος τους.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τις εξής ημερομηνίες:

- 29/06/2012 51 ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ)
- 11/07/2012 63 (ΗΑΣ)
- 25/07/2012 77 (ΗΑΣ)

- 11/08/2012 94 (ΗΑΣ)
- 01/09/2012 115 (ΗΑΣ)

Τα ζιζάνια του κάθε είδους από το κάθε πειραματικό τεμάχιο ζυγίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε χάρτινα σακουλάκια και στη συνέχεια για ξήρανση σε φούρνο, σε θερμοκρασία 70°C για 48 ώρες. Κατόπιν, ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας όπου προσδιορίζονταν το ξηρό βάρος του κάθε είδους ζιζανίου ξεχωριστά.

Τα ζιζάνια που παρατηρήθηκαν στο πειραματικό αγρό παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα

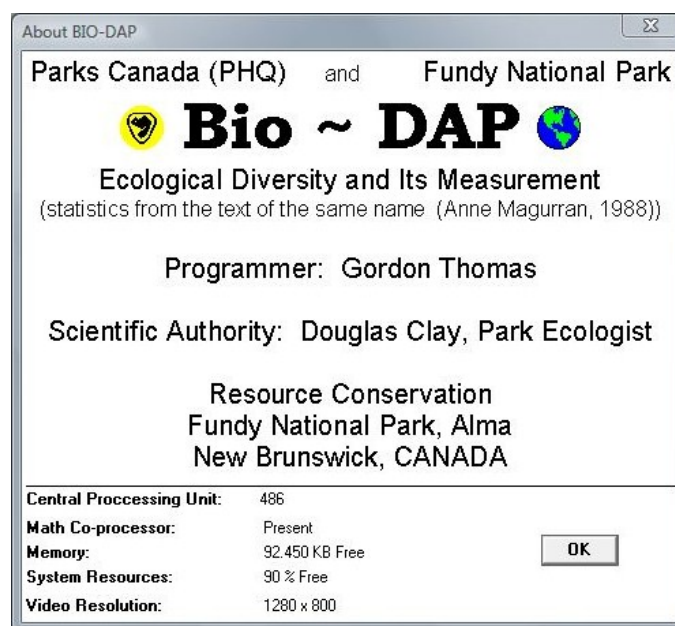
Πίνακας 2.2. Ζιζάνια που παρατηρήθηκαν στον πειραματικό αγρό.

Επιστημονική ονομασία	Οικογένεια	Κοινή Ονομασία	Κατηγορία
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Τραχύ βλήτο	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Calendula arvensis</i>	<i>Asteraceae</i>	Καλεντούλα	Ετήσιο Φθιν.
<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	Λουβουδιά	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulaceae</i>	Περιπλοκάδα	Πολυετές
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Poaceae</i>	Αγριάδα	Πολυετές
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Cyperaceae</i>	Κύπερη	Πολυετές
<i>Datura stramonium</i>	<i>Solanaceae</i>	Τάτουλας	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Poaceae</i>	Μουχρίτσα	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Heliotropium europaeum</i>	<i>Boraginaceae</i>	Ηλιοτρόπιο	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Malva sylvestris</i>	<i>Malvaceae</i>	Μολόχα	Διετές
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Portulacaceae</i>	Αντράκλα - Γλυστρίδα	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Setaria sp.</i>	<i>Poaceae</i>	Σετάρια	Ετήσιο Ανοιξ.
<i>Sonchus oleraceus</i>	<i>Asteraceae</i>	Κοινός ζωχός	Ετήσιο Φθιν.
<i>Sorghum halepense</i>	<i>Poaceae</i>	Βέλιουρας	Πολυετές

<i>Tribulus terrestris</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	Τριβόλι	Ετήσιο Ανοιξ.
----------------------------	-----------------------	---------	---------------

2.3.4. Πρόγραμμα αξιολόγησης ζιζανιοχλωρίδας

Η αξιολόγηση της ζιζανιοχλωρίδας πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Bio-DAP (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2. Πρόγραμμα αξιολόγησης ζιζανιοχλωρίδας (Bio - DAP)

2.3.5. Δείκτες ποικιλότητας

Οι μεταβλητές που χαρακτηρίζουν τη δομή μιας βιοκοινωνίας (π.χ. φυτοκοινωνίας) είναι:

1. ο αριθμός των διαφορετικών ειδών που υπάρχουν μέσα σε μια βιοκοινότητα (φυτοκοινωνία), δηλαδή, ο **πλούτος** των ειδών (species richness)
2. η **αφθονία** των ειδών ή ο αριθμός ατόμων (ή ποικιλία φυτού) ανά είδος ή πυκνότητα των ειδών (species abundance ή species density) και
3. η ομοιομορφία ή ομαλότητα ή **ισομέρεια** (evenness) των ειδών, δηλαδή, η σχετική αφθονία των ατόμων στα διαφορετικά είδη της βιοκοινότητας. Η ομοιομορφία μας δίνει την κατανομή των ατόμων στα διαφορετικά είδη. Η εν λόγω μεταβλητή είναι πολύ χρήσιμη, διότι μας

παρέχει περισσότερες πληροφορίες όπως τον τρόπο με τον οποίο τα διαθέσιμα είδη καταμερίζουν μεταξύ τους τα υφιστάμενα ανόργανα θρεπτικά συστατικά.

Σε μια κοινωνία που αποτελείται από 5 είδη, η ισομέρεια είναι μικρή όταν το 80% των ατόμων ανήκουν σε ένα είδος και το υπόλοιπο 20% διανέμεται μεταξύ των 4 άλλων ειδών. Αντίθετα, η ισομέρεια είναι μέγιστη όταν όλα τα είδη αντιπροσωπεύονται με τον ίδιο ποσοστό ατόμων, δηλαδή, για το συγκεκριμένο παράδειγμα, το κάθε ένα από τα 5 είδη εξηγεί το 20% του συνολικού αριθμού των ατόμων. Στη δεύτερη περίπτωση (μέγιστη ισομέρεια) τα άτομα ισοκατανέμονται και στα πέντε διαφορετικά είδη ($P_i = 1/s$).

Οι δείκτες (indices) που εκφράζουν την αφθονία και την ισομέρεια ονομάζονται δείκτες αφθονίας και ισομέρειας αντίστοιχα.

Ο δείκτης ποικιλότητας συνοψίζει σε ένα αριθμητικό μέγεθος δύο χαρακτηριστικά της βιοκοινότητας: τον αριθμό των ειδών (πλούτο) και την ισομέρεια (Καρανδρινός, 2007). Οι δείκτες ποικιλότητας ονομάζονται και δείκτες ετερογένειας (Peet, 1974).

Δείκτης Shannon & Weaver

Ο πιο δημοφιλής δείκτης ποικιλότητας και ίσως ο πλέον χρησιμοποιούμενος στην οικολογία των βιοκοινοτήτων (Καρανδρινός, 2007) είναι αυτός του Shannon και Weaver (1949), που δίδεται με τον τύπο:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln P_i$$

Όπου:

- H' = η τιμή του δείκτη ποικιλότητας Shannon - Weaver
- P_i = το ποσοστό ατόμων είδους i δηλαδή η πιθανότητα ένα τυχαίο άτομο της βιοκοινότητας να ανήκει στο i είδος
- s = ο αριθμός των ειδών μέσα στην κοινότητα

Ο δείκτης Shannon – Weaver χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του αριθμού των ειδών (richness).

Δείκτης Simpson

Ένας άλλος ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι εκείνος που πρότεινε ο Simpson, έχει διπλή χρήση είτε ως 1/D είτε ως 1-D και δίνεται από τον τύπο:

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

Όπου: το D εκφράζει την πιθανότητα δύο άτομα που θα ληφθούν τυχαία να ανήκουν σε διαφορετικά είδη [Dominance (κυριαρχία)].

Ο δείκτης Simpson χρησιμοποιείται για την ισομέρεια (Nagendra, 2002; Onaindia et al., 2004). Για μικρά δείγματα ο δείκτης Simpson δίνεται από τον τύπο:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Όπου: n_i = ο αριθμός των ατόμων στο είδος i και

N = ο συνολικός αριθμός των ατόμων όλων των ειδών.

Για σχετικά μικρά δείγματα χρησιμοποιείται ως καταλληλότερος δείκτης βιοποικιλότητας των ζιζανίων ο δείκτης Simpson (Mouillot and Leprière, 1999).

2.4. Δεύτερο πείραμα (διεξήχθη σε γλάστρες)

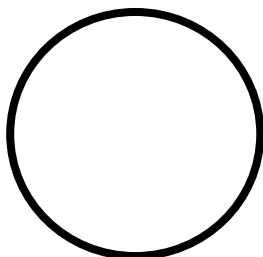
2.4.1. Πειραματικό σχέδιο

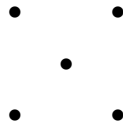
Στο πείραμα που έγινε σε γλάστρες εφαρμόσαμε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο (ΕΤΣ).

Για τη διεξαγωγή του δεύτερου πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 24 γλάστρες, τρεις ομάδες των 8 γλαστρών, όπου σε κάθε μια προστέθηκαν 5 Kg χώμα από τον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. Για κάθε μεταχείριση [μάρτυρα, φυτικά υπολείμματα από τσάι του βουνού (*Sideritis scardica* Griseb) και εχινάτσα (*Echinacea purpurea*)] διεξήχθησαν 8 επαναλήψεις. Στην 1^η ομάδα των 8 γλαστρών δεν ενσωματώθηκε κανένα φυτικό υπόλειμμα. Οι γλάστρες αυτές αποτελούν τους μάρτυρες του πειράματος, και αριθμήθηκαν από το 1 έως το 8. Στη 2^η ομάδα το φυτικό υπόλειμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το τσάι του βουνού όπου γίνεται η χρήση του γράμματος "Τ", δηλ., T1, T2, T3, ..., T8. Τοποθετήθηκαν 250 g υπολείμματος τσάι του βουνού σε κάθε μία γλάστρα. Το δεύτερο φυτικό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν της *Echinacea purpurea*, όπου και χρησιμοποιήθηκε ο συμβολισμός "Ε" και επομένως οι 8 γλάστρες τις 3ης ομάδας φέρουν τους κωδικούς E1, E2, ..., E8. Τοποθετήθηκαν 250 g υπολείμματος *Echinacea purpurea* σε κάθε μία γλάστρα.

2.4.2. Καλλιεργητικά στοιχεία

Σε κάθε μια από τις 24 γλάστρες του πειράματος, την 24/07/2012, σπάρθηκαν 5 σπόροι ηλιάνθου (*Helianthus annuus* L.) ποικιλίας Sanay – MR (Σχεδιάγραμμα 2.1).





Σχεδιάγραμμα 2.1 Σχέδιο σποράς σε κάτοψη

Στις γλάστρες με τα φυτικά υπολείμματα των αρωματικών φυτών *Sideritis* *sp.* και *Echinacea* *sp.*, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σχεδόν επιφανειακά στο χώμα, δηλαδή, τόσο όσο να σκεπαστούν από αυτό. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα φυτικά υπολείμματα πάνω από το χώμα. Σε κάθε μία από τις 8 γλάστρες του πειράματος στις οποίες δεν ενσωματώσαμε κανένα φυτικό υπόλειμμα και αντιστοιχούν στο μάρτυρα σπείραμε, πέντε σπόρους ηλιάνθου, σε βάθος 2 cm.

Οι γλάστρες με τα φυτά ποτιζόταν κάθε δύο ημέρες με καθαρό νερό ποσότητας 0.5 L. Την 18/08/2012 (25 ημέρες μετά από τη σπορά) αφέθηκε σε κάθε γλάστρα το πιο εύρωστο φυτό.

2.4.3. Παρατηρήσεις – Μετρήσεις

Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα περιλαμβάνουν τον υπολογισμό των φυταρίων ηλιάνθου ανά γλάστρα 5 και 25 ημέρες μετά από τη σπορά. Επιπλέον μετρήθηκε το ύψος των φυτών ηλιάνθου (πίνακας 2.3). Την 05 Οκτωβρίου 2012, δηλαδή, 73 ημέρες μετά από τη σπορά μετρήθηκε η διάμετρος που είχαν οι ταξιανθίες του ηλιάνθου.

2.5. Στατιστική ανάλυση

Οι συγκρίσεις των επεμβάσεων έγιναν με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) για επίπεδο σημαντικότητας 5%. Οι μέσοι των επεμβάσεων συγκρίθηκαν με την μέθοδο Tukey χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο ezANOVA.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Αποτελέσματα πειράματος αγρού

3.1.1. Νωπό βάρος ζιζανίων

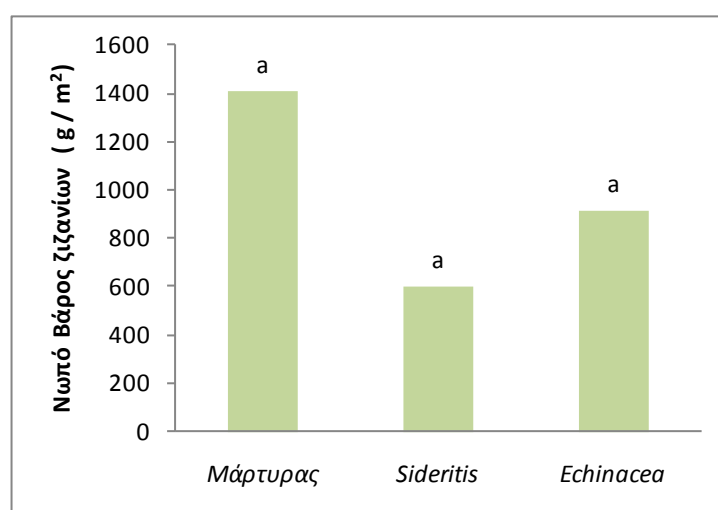
Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα Νωπού Βάρους ζιζανίων της 1^{ης} μέτρησης (51 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Νωπό Βάρος	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	981,6	805,6	1177,2
2 ^η επανάληψη	2238,08	681,6	1048,44
3 ^η επανάληψη	999,2	309,2	519,6

Πίνακας 3.2 Ανάλυση διασποράς για το Νωπό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Νωπό Βάρος 51 ΗΑΣ	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	993369,06	235724,15	2,11	0,20269
Επεμβάσεις (M., S., E.)	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση, παρόλο που παρατηρείται μια τάση ο μάρτυρας να έχει υψηλότερες τιμές σε σχέση με εκείνες των άλλων δύο μεταχειρίσεων (*Sideritis sp.* και *Echinacea sp.*). Ο *Sideritis sp.* έχει μια τάση να περιορίζει τον αριθμό των ζιζανίων, τα αποδυναμώνει και περιορίζει τη βιομάζα τους.



Διάγραμμα 3.1 Νωπό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 51 ημέρες από σπορά.

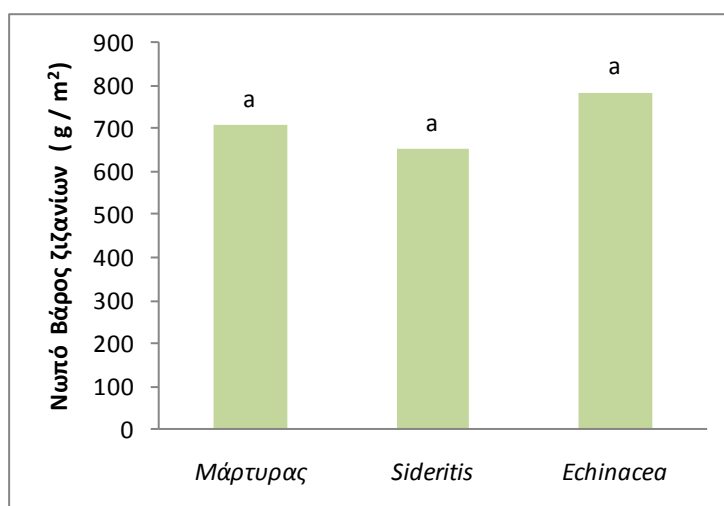
Πίνακας 3.3. Αποτελέσματα Νωπού Βάρους ζιζανίων της 2^{ης} μέτρησης (63 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Νωπό Βάρος	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	967,68	731,64	577,32
2 ^η επανάληψη	402,6	952,04	830,12
3 ^η επανάληψη	754,2	271,6	942,08

Πίνακας 3.4. Ανάλυση διασποράς για το Νωπό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Νωπό Βάρος 63 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	26077,42	78956,44	0,165	0,851502
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση και οι τιμές είναι παρόμοιες.



Διάγραμμα 3.2 Νωπό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 63 ημέρες από τη σπορά.

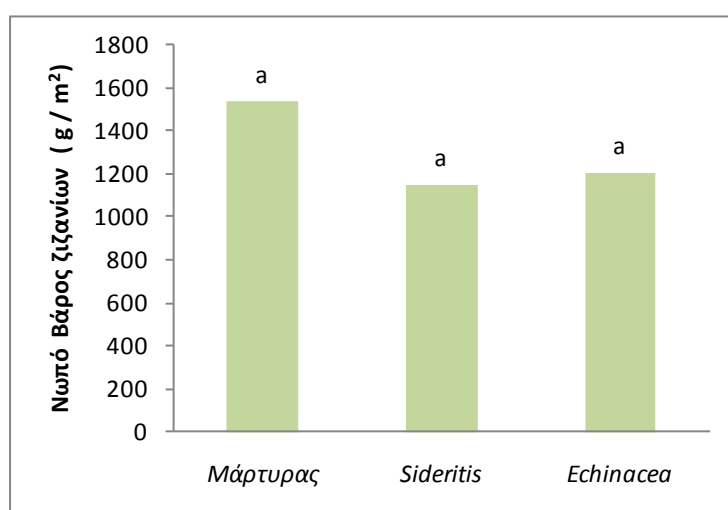
Πίνακας 3.5. Αποτελέσματα Νωπού Βάρους ζιζανίων της 3^{ης} μέτρησης (77 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Νωπό Βάρος	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	2052,6	1804	1638,8
2 ^η επανάληψη	737,84	1268,6	782,48
3 ^η επανάληψη	1822	383,28	1193,7

Πίνακας 3.6. Ανάλυση διασποράς για το Νωπό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Νωπό Βάρος 77 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	261985,59	397031,27	0,33	0,731237
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.3 Νωπό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 77 ημέρες από τη σπορά.

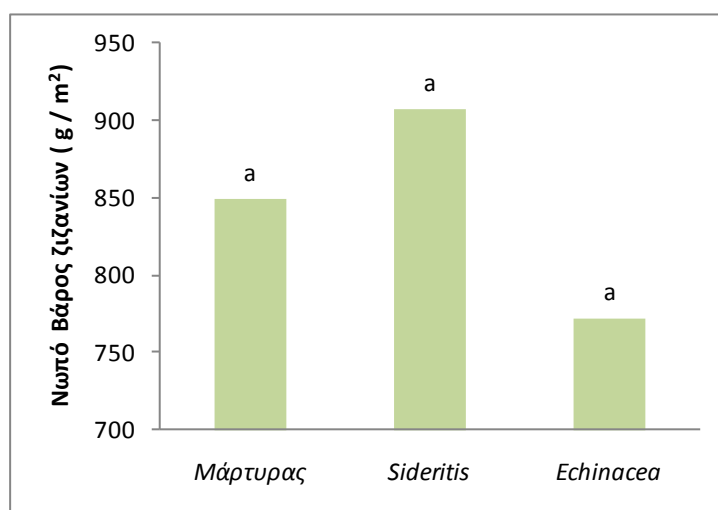
Πίνακας 3.7. Αποτελέσματα Νωπού Βάρους ζιζανίων της 4^{ης} μέτρησης (94 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Νωπό Βάρος	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	730,24	825,64	1030,04
2 ^η επανάληψη	849,6	1560,44	902,8
3 ^η επανάληψη	966,44	335,2	383,2

Πίνακας 3.8. Ανάλυση διασποράς για το Νωπό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Νωπό Βάρος 94 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	27539,44	170552,25	0,081	0,923422
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.4 Νωπό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 94 ημέρες από τη σπορά.

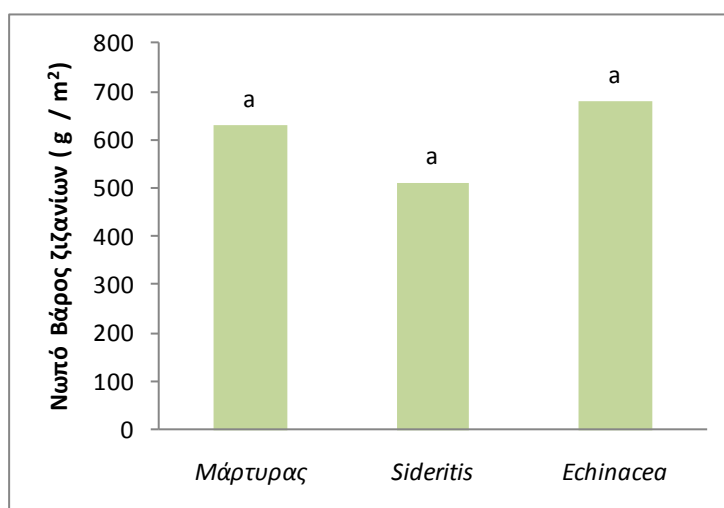
Πίνακας 3.9. Αποτελέσματα Νωπού Βάρους ζιζανίων της 5^{ης} μέτρησης (115 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Νωπό Βάρος	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	556,6	399,28	1289,1
2 ^η επανάληψη	960,64	830,56	355,56
3 ^η επανάληψη	368,16	301,24	391,6

Πίνακας 3.10. Ανάλυση διασποράς για το Νωπό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Νωπό Βάρος 115 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	44834,25	150215,92	0,149	0,864469
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.5 Νωπό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 115 ημέρες από τη σπορά.

3.1.2. Ξηρό βάρος ζιζανίων

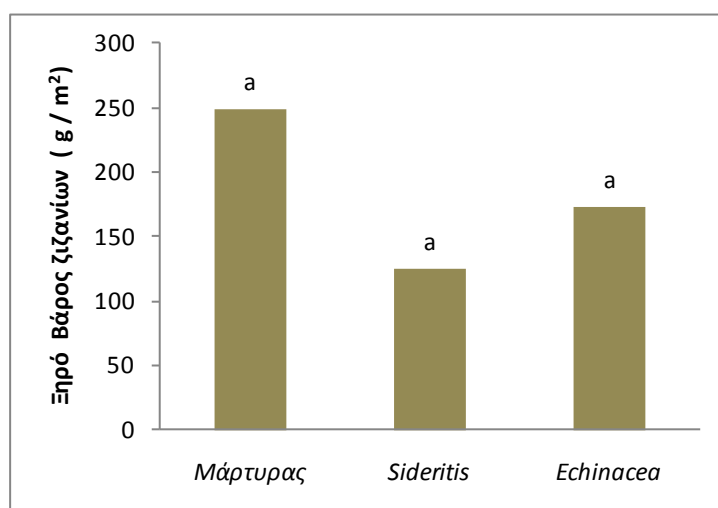
Πίνακας 3.11. Αποτελέσματα Ξηρού Βάρους ζιζανίων της 1^{ης} μέτρησης (51 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Ξηρό Βάρος ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	220,4	178,12	206,84
2 ^η επανάληψη	354,16	140,36	199,84
3 ^η επανάληψη	173,36	57,32	113,16

Πίνακας 3.12. Ανάλυση διασποράς για το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Ξηρό Βάρος: 51 ΗΑΣ	B.E.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	23471,26	5113,64	2,29	0,18187
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.6 Ξηρό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 51 ημέρες από τη σπορά.

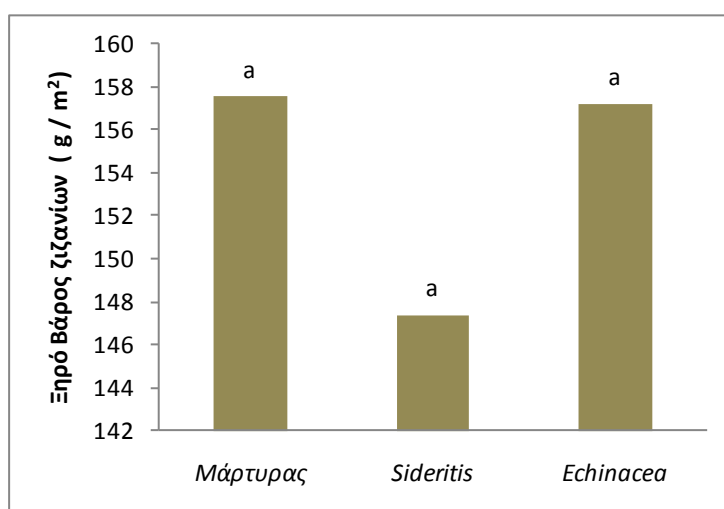
Πίνακας 3.13. Αποτελέσματα Ξηρού Βάρους ζιζανίων της 2^{ης} μέτρησης (63 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Ξηρό Βάρος ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	254,6	161,16	127,84
2 ^η επανάληψη	87,28	229,96	194,2
3 ^η επανάληψη	130,8	51,04	149,64

Πίνακας 3.14. Ανάλυση διασποράς για το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Ξηρό Βάρος: 63 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	200,43	5608,51	0,018	0,982342
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μικρότερες τιμές στην μεταχείριση με *Sideritis sp.*



Διάγραμμα 3.7 Ξηρό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 63 ημέρες από τη σπορά.

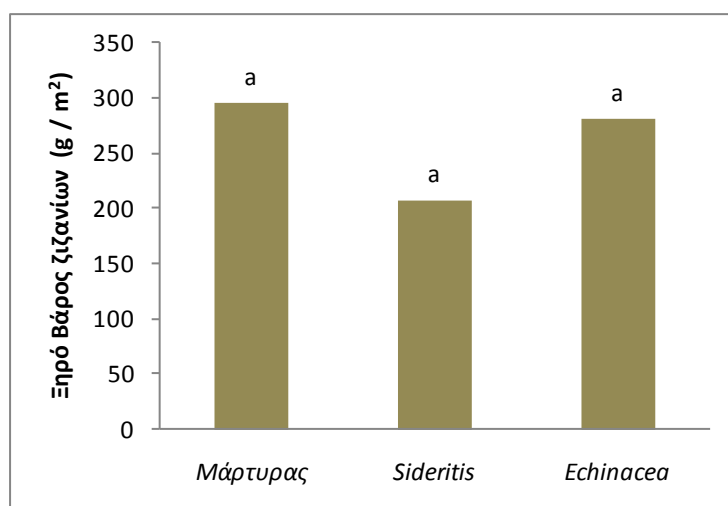
Πίνακας 3.15. Αποτελέσματα Ξηρού Βάρους ζιζανίων της 3^{ης} μέτρησης (77 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Ξηρό Βάρος ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	381,12	288,44	291,48
2 ^η επανάληψη	122,92	228,44	162,2
3 ^η επανάληψη	380,56	103,12	387,52

Πίνακας 3.16 Ανάλυση διασποράς για το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Ξηρό Βάρος: 77 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	13425,13	14633,37	0,459	0,652558
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.8 Ξηρό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 77 ημέρες από τη σπορά.

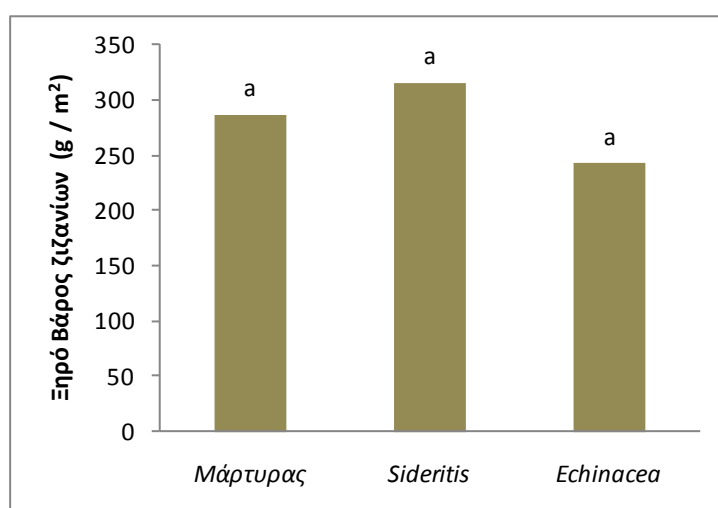
Πίνακας 3.17. Αποτελέσματα Ξηρού Βάρους ζιζανίων της 4^{ης} μέτρησης (94 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Ξηρό Βάρος ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	316,76	345,64	215,68
2 ^η επανάληψη	242,4	433,16	302,24
3 ^η επανάληψη	301,68	168,2	210,36

Πίνακας 3.18. Ανάλυση διασποράς για το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Ξηρό Βάρος: 94 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	8092,68	7476,80	0,541	0,608019
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρατηρήθηκαν παρόμοιες τιμές.



Διάγραμμα 3.9 Ξηρό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 94 ημέρες από τη σπορά.

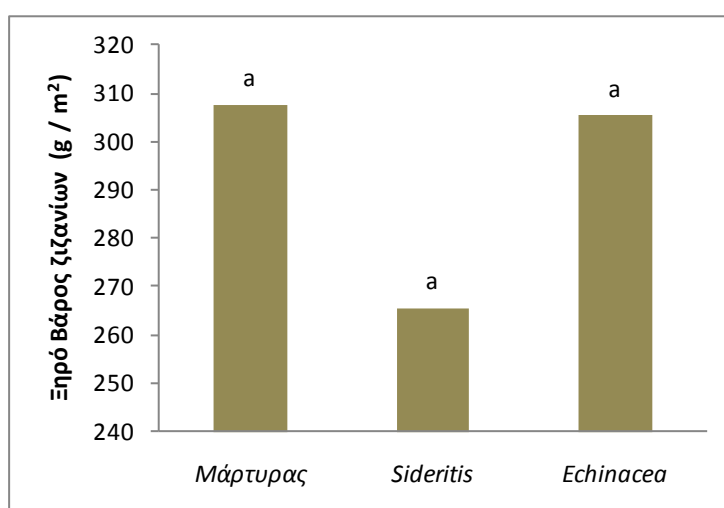
Πίνακας 3.19. Αποτελέσματα Ξηρού Βάρους ζιζανίων της 5^{ης} μέτρησης (115 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις (g / m²).

Ξηρό Βάρος ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	343,84	219,6	479,76
2 ^η επανάληψη	380	372,8	181,08
3 ^η επανάληψη	199	204,44	255,28

Πίνακας 3.20. Ανάλυση διασποράς για το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας α=5% .

Ξηρό Βάρος: 115 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	3349,88	14011,05	0,12	0,889386
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μικρότερες τιμές στην μεταχείριση με *Sideritis sp.*



Διάγραμμα 3.10 Ξηρό Βάρος ζιζανίων (g / m²) για τις 3 μεταχειρίσεις 115 ημέρες από τη σπορά.

3.1.3. Πυκνότητα ζιζανίων

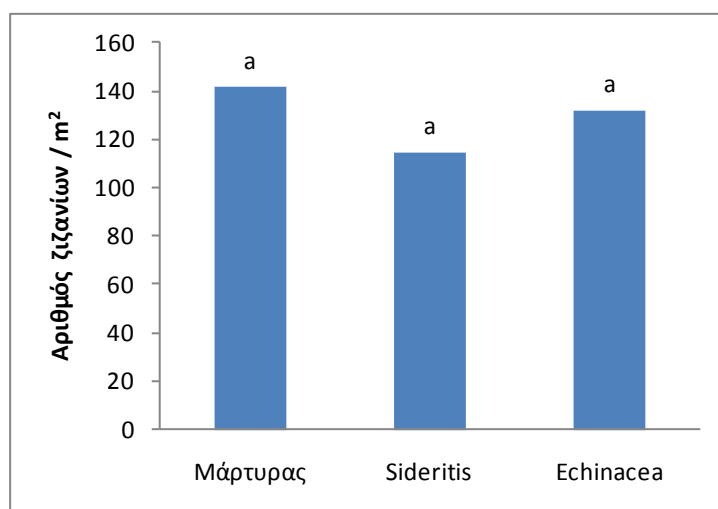
Πίνακας 3.21. Αποτελέσματα πυκνότητας ζιζανίων της 1^{ης} μέτρησης (51 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις.

Πυκνότητα ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	184	164	176
2 ^η επανάληψη	148	100	104
3 ^η επανάληψη	92	80	116

Πίνακας 3.22. Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Πυκνότητα : 51 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	1098,67	1854,22	0,296	0,75387
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση.



Διάγραμμα 3.11 Πυκνότητα ζιζανίων για τις 3 μεταχειρίσεις 51 ημέρες από τη σπορά.

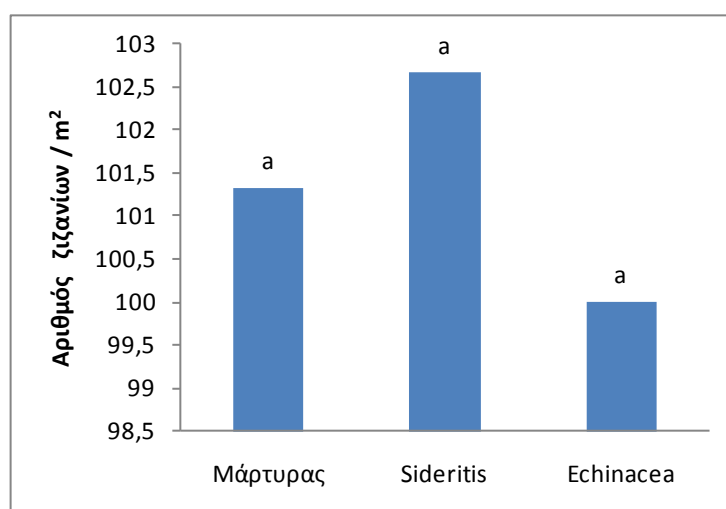
Πίνακας 3.23. Αποτελέσματα πυκνότητας ζιζανίων της 2^{ης} μέτρησης (63 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις.

Πυκνότητα ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	144	112	96
2 ^η επανάληψη	60	156	108
3 ^η επανάληψη	100	40	96

Πίνακας 3.24. Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Πυκνότητα : 63 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	10,67	1747,56	0,003	0,99695
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μεγαλύτερες τιμές στην μεταχείριση με *Sideritis sp.*



Διάγραμμα 3.12 Πυκνότητα ζιζανίων για τις 3 μεταχειρίσεις 63 ημέρες από τη σπορά.

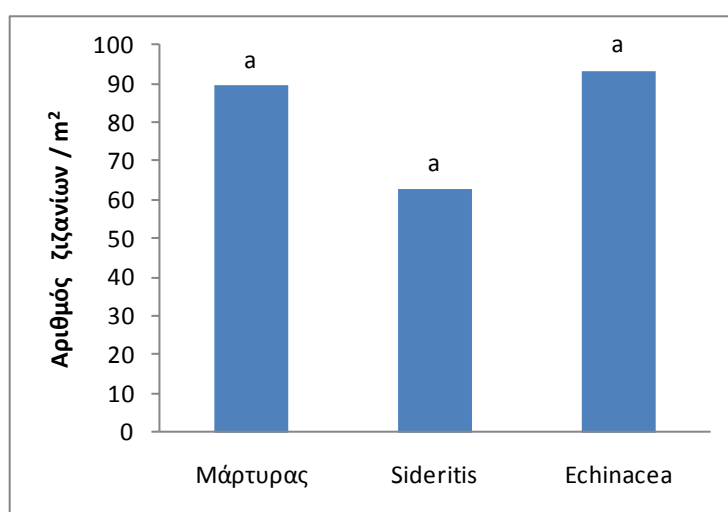
Πίνακας 3.25. Αποτελέσματα πυκνότητας ζιζανίων της 3^{ης} μέτρησης (77 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις.

Πυκνότητα ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	64	56	104
2 ^η επανάληψη	88	100	60
3 ^η επανάληψη	116	32	116

Πίνακας 3.26. Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Πυκνότητα : 77 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	1667,56	912	0,914	0,45022
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μικρότερες τιμές στην μεταχείριση με *Sideritis sp.*



Διάγραμμα 3.13 Πυκνότητα ζιζανίων για τις 3 μεταχειρίσεις 77 ημέρες από τη σπορά.

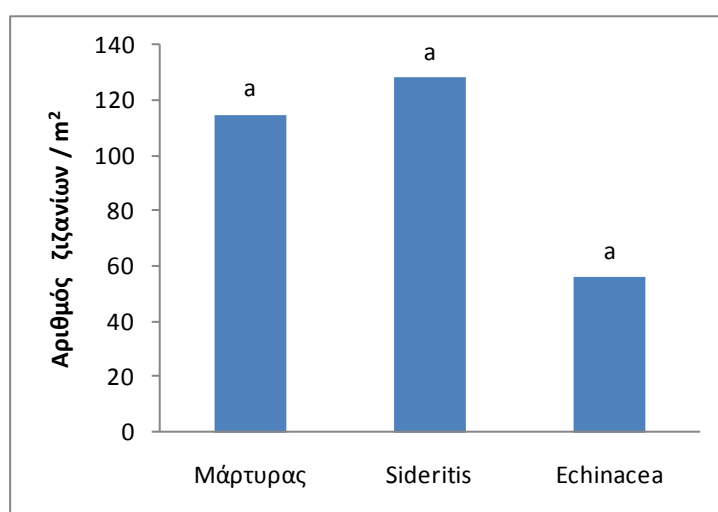
Πίνακας 3.27. Αποτελέσματα πυκνότητας ζιζανίων της 4^{ης} μέτρησης (94 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις.

Πυκνότητα ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	148	72	64
2 ^η επανάληψη	72	224	48
3 ^η επανάληψη	124	88	56

Πίνακας 3.28. Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Πυκνότητα : 94 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	8803,56	2849,78	1,54	0,287657
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μικρότερες τιμές στην μεταχείριση με *Echinacea sp.*



Διάγραμμα 3.14 Πυκνότητα ζιζανίων για τις 3 μεταχειρίσεις 94 ημέρες από τη σπορά.

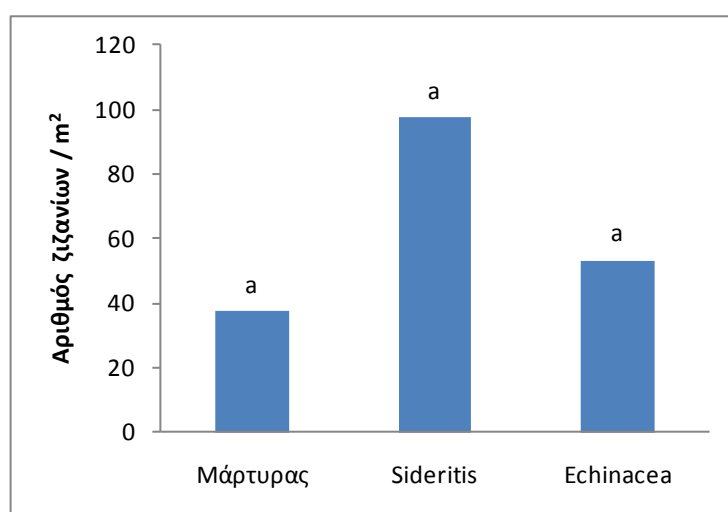
Πίνακας 3.29. Αποτελέσματα πυκνότητας ζιζανίων της 5^{ης} μέτρησης (115 ΗΑΣ) και για τις τρεις επαναλήψεις.

Πυκνότητα ζιζανίων	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
1 ^η επανάληψη	56	60	52
2 ^η επανάληψη	32	200	48
3 ^η επανάληψη	24	32	60

Πίνακας 3.30. Ανάλυση διασποράς για την πυκνότητα των ζιζανίων σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$.

Πυκνότητα : 115 ΗΑΣ	Β.Ε.	Άθροισμα Τετραγώνων	Μέσο Τετράγωνο	F	p-level
Επαναλήψεις	2	5792	2805,33	1,03	0,411812
Επεμβάσεις	2				
Υπόλοιπο	6				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία μεταχείριση. Παρόλα αυτά υπάρχει μια τάση να υπάρχουν μικρότερες τιμές στα υποτεμάχια του μάρτυρα.



Διάγραμμα 3.15 Πυκνότητα ζιζανίων για τις 3 μεταχειρίσεις 115 ημέρες από τη σπορά.

3.1.4. Ποιοτική ανάλυση ζιζανίων

Προκειμένου να εμβαθύνουμε περισσότερο και να εξακριβώσουμε την ύπαρξη ή απουσία επιδράσεως που έχουν τα υπολείμματα των αρωματικών φυτών *Sideritis sp.* και *Echinacea purpurea* στην ποικιλότητα των ζιζανίων, σε μια καλλιέργεια ηλιάνθου χρειάζεται να διενεργήσουμε περαιτέρω της ποσοτικής αναλύσεως και μια ποιοτική ανάλυση των ζιζανίων. Με τη χρήση του προγράμματος Bio – DAP, θα αξιολογήσουμε τη ζιζανιοχλωρίδα του πειραματικού μας αγρού.



Εικόνα 3.1. Ενδεικτική δειγματοληψία ζιζανίων στην καλλιέργεια ηλιάνθου με τη χρήση του quadrat.

Πίνακας 3.31. Αναλυτική παρουσίαση ζιζανίων 1^{ης} μέτρησης (51 ΗΑΣ) και των δεικτών ποικιλότητας Shannon - Weaver και Simpson

Πλήθος ζιζανίων (1η μέτρηση)	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	91	53	65
<i>Calendula arvensis</i>	12	7	23
<i>Chenopodium album</i>	4	11	4
<i>Convolvulus arvensis</i>	3		1
<i>Cynodon dactylon</i>	3		
<i>Cyperus rotundus</i>			
<i>Datura stramonium</i>	1		
<i>Echinochloa crus-galli</i>	23	23	29
<i>Heliotropium europaeum</i>		1	
<i>Malva sylvestris</i>	4	3	
<i>Portulaca oleracea</i>			
<i>Setaria sp.</i>			
<i>Sonchus oleraceus</i>			
<i>Sorghum halepense</i>			
<i>Tribulus terrestris</i>	1	17	9
Συνολικός αριθμός ζιζανίων	141	115	132
Αριθμός ειδών	9	7	6
Δείκτης Shannon & Weaver	1,22	1,49	1,31
Δείκτης Simpson	0,44	0,28	0,33

Κατά την πρώτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 29/06/2012 (51 ΗΑΣ) παρατηρήθηκαν 9 είδη ζιζανίων στη μεταχείριση του μάρτυρα όπου δεν έγινε καμία ενσωμάτωση φυτικού υπολείμματος και έπονται εκείνα που δέχτηκαν τη μεταχείριση του *Sideritis sp.* και της *Echinacea sp.* με την ύπαρξη 7 και 6 διαφορετικών ειδών αντίστοιχα. Σε όλες τις μεταχειρίσεις επικρατέστερο είδος ήταν το *Amaranthus retroflexus*. Σημαντικοί πληθυσμοί παρατηρήθηκαν και από το ζιζάνιο *Echinochloa crus-galli* και στις τρεις μεταχειρίσεις.

Πίνακας 3.32. Αναλυτική παρουσίαση ζιζανίων 2^{ης} μέτρησης (63 ΗΑΣ) και των δεικτών ποικιλότητας Shannon - Weaver και Simpson

Πλήθος ζιζανίων (2η μέτρηση)	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	47	51	33
<i>Calendula arvensis</i>		7	4
<i>Chenopodium album</i>	12	3	1
<i>Convolvulus arvensis</i>	1	4	3
<i>Cynodon dactylon</i>			
<i>Cyperus rotundus</i>			
<i>Datura stramonium</i>			1
<i>Echinochloa crus-galli</i>	9		3
<i>Heliotropium europaeum</i>	1		
<i>Malva sylvestris</i>		4	3
<i>Portulaca oleracea</i>			
<i>Setaria sp.</i>	16	29	17
<i>Sonchus oleraceus</i>			3
<i>Sorghum halepense</i>			
<i>Tribulus terrestris</i>	15	5	32
Συνολικός αριθμός ζιζανίων	101	103	100
Αριθμός ειδών	7	7	10
Δείκτης Shannon & Weaver	1,49	1,39	1,67
Δείκτης Simpson	0,28	0,33	0,24

Στη δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 11/07/2012 (63 ΗΑΣ) παρατηρήθηκαν 7 είδη ζιζανίων στα υποτεμάχια του μάρτυρα όπως και σε εκείνα του *Sideritis sp.* Σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση παρατηρήθηκε μια πτώση στον αριθμό των ζιζανίων στη μεταχείριση του μάρτυρα ενώ παρέμεινε σταθερός ο πληθυσμός στη μεταχείριση του *Sideritis sp.* Αντίθετα παρατηρήθηκε ο μέγιστος αριθμός σε διαφορετικά είδη ζιζανίων και για τις 5 μετρήσεις του πειράματος στην μεταχείριση της *Echinacea sp.* Ως επικρατέστερο είδος και πάλι εμφανίζεται το ζιζάνιο *Amaranthus retroflexus*. Σημαντικοί πληθυσμοί παρατηρούνται και για το νέο είδος *Setaria sp.* Ενισχυμένοι εμφανίζονται οι πληθυσμοί του ζιζανίου *Tribulus terrestris* στις

μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της *Echinacea sp.*, ενώ παρατηρήθηκε μείωση στην μεταχείριση του *Sideritis sp.*

Πίνακας 3.33. Αναλυτική παρουσίαση ζιζανίων 3^{ης} μέτρησης (77 ΗΑΣ) και των δεικτών ποικιλότητας Shannon - Weaver και Simpson

Πλήθος ζιζανίων (3η μέτρηση)	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	45	27	35
<i>Calendula arvensis</i>		1	
<i>Chenopodium album</i>	11	5	8
<i>Convolvulus arvensis</i>	1		
<i>Cynodon dactylon</i>			
<i>Cyperus rotundus</i>			
<i>Datura stramonium</i>			
<i>Echinochloa crus-galli</i>			
<i>Heliotropium europaeum</i>		3	1
<i>Malva sylvestris</i>	1		
<i>Portulaca oleracea</i>			
<i>Setaria sp.</i>	20	23	31
<i>Sonchus oleraceus</i>	1		
<i>Sorghum halepense</i>			13
<i>Tribulus terrestris</i>		4	5
Συνολικός αριθμός ζιζανίων	80	63	93
Αριθμός ειδών	6	6	6
Δείκτης Shannon & Weaver	1,11	1,32	1,43
Δείκτης Simpson	0,40	0,32	0,28

Στην τρίτη μέτρηση που έγινε την 25/07/2012 (77 ΗΑΣ) παρατηρήθηκαν οι ίδιοι αριθμοί ειδών (6) και στις τρεις μεταχειρίσεις. Σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση φαίνεται να μειώθηκαν οι πληθυσμοί του ζιζανίου *Tribulus terrestris* στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της *Echinacea sp.* Μάλιστα δεν παρατηρήθηκε κανένα είδος του εν λόγω ζιζανίου στα υποτεμάχια του μάρτυρα. Χαρακτηριστική είναι η απουσία του ζιζανίου *Echinochloa crus-galli* που παρατηρήθηκε στην προηγούμενη μέτρηση στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της *Echinacea sp.*

Πίνακας 3.34. Αναλυτική παρουσίαση ζιζανίων 4^{ης} μέτρησης (94 ΗΑΣ) και των δεικτών ποικιλότητας Shannon - Weaver και Simpson

Πλήθος ζιζανίων (4η μέτρηση)	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	83	95	41
<i>Calendula arvensis</i>			
<i>Chenopodium album</i>	7		3
<i>Convolvulus arvensis</i>		1	
<i>Cynodon dactylon</i>			
<i>Cyperus rotundus</i>			
<i>Datura stramonium</i>			
<i>Echinochloa crus-galli</i>			
<i>Heliotropium europaeum</i>			
<i>Malva sylvestris</i>			
<i>Portulaca oleracea</i>			
<i>Setaria sp.</i>	25	11	5
<i>Sonchus oleraceus</i>			
<i>Sorghum halepense</i>			12
<i>Tribulus terrestris</i>		11	5
Συνολικός αριθμός ζιζανίων	115	117	67
Αριθμός ειδών	3	4	5
Δείκτης Shannon & Weaver	0,74	0,66	1,14
Δείκτης Simpson	0,57	0,67	0,42

Κατά την τέταρτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε την 11/08/2013 (94 ΗΑΣ) παρατηρήθηκαν για τους χειρισμούς του μάρτυρα και της *Echinacea sp.* ο μικρότερος αριθμός ειδών και οι μεγαλύτερη τιμή του δείκτη Simpson. Και στις τρεις μεταχειρίσεις παρατηρείται αύξηση του δείκτη Simpson. Το ζιζάνιο *Amaranthus retroflexus* φαίνεται να εμφανίζει τους μεγαλύτερους πληθυσμούς και σε αυτή τη μέτρηση. Σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση οι πληθυσμοί της *Setaria sp.* παρουσίασαν μια μικρή αύξηση στους χειρισμούς του μάρτυρα, ενώ μειώθηκαν στις άλλες δύο μεταχειρίσεις και κυρίως σε εκείνη της

Echinacea sp.

Πίνακας 3.35. Αναλυτική παρουσίαση ζιζανίων 5^{ης} μέτρησης (115 ΗΑΣ) και των δεικτών ποικιλότητας Shannon - Weaver και Simpson

Πλήθος ζιζανίων (5η μέτρηση)	Μάρτυρας	<i>Sideritis sp.</i>	<i>Echinacea sp.</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	19	80	17
<i>Calendula arvensis</i>			
<i>Chenopodium album</i>	3	4	12
<i>Convolvulus arvensis</i>			3
<i>Cynodon dactylon</i>			
<i>Cyperus rotundus</i>			1
<i>Datura stramonium</i>			
<i>Echinochloa crus-galli</i>			
<i>Heliotropium europaeum</i>			
<i>Malva sylvestris</i>			
<i>Portulaca oleracea</i>	1		
<i>Setaria sp.</i>	13	13	19
<i>Sonchus oleraceus</i>			
<i>Sorghum halepense</i>			1
<i>Tribulus terrestris</i>	1		
Συνολικός αριθμός ζιζανίων	37	97	53
Αριθμός ειδών	5	3	6
Δείκτης Shannon & Weaver	1,11	0,56	1,38
Δείκτης Simpson	0,38	0,70	0,27

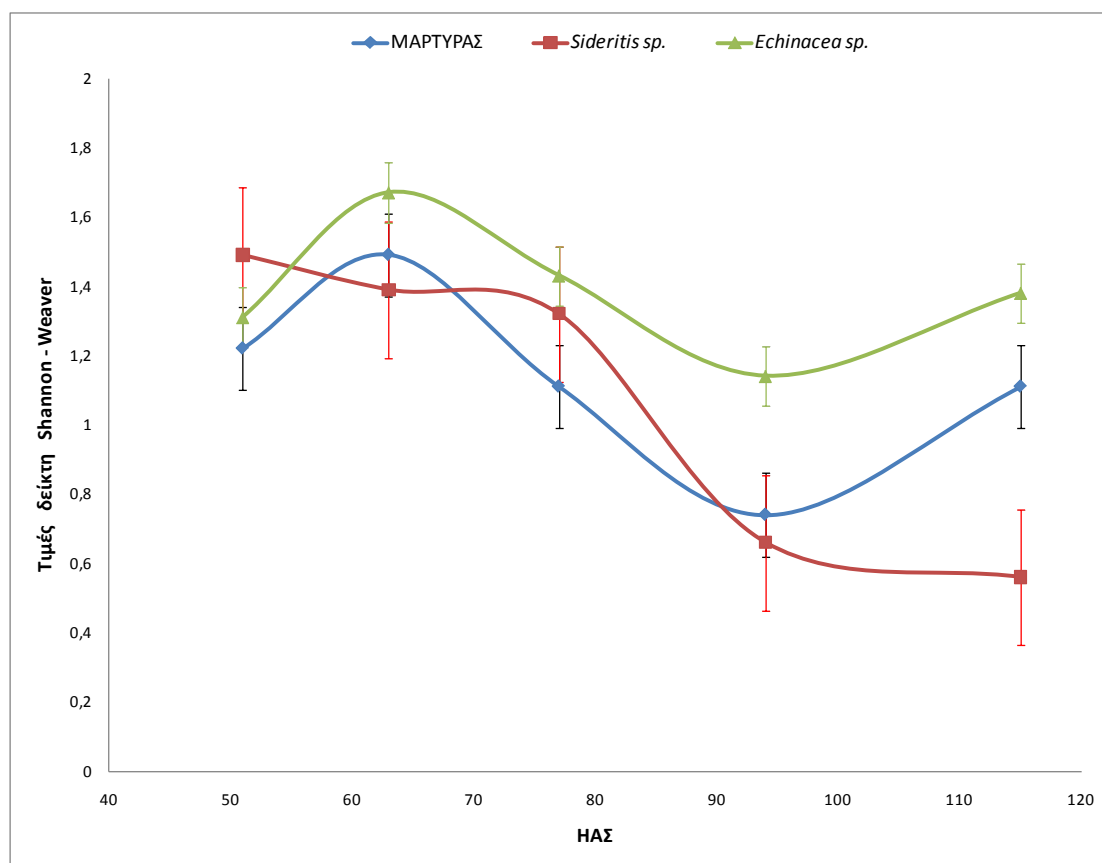
Στην πέμπτη μέτρηση που διεξήχθη την 01/09/2012 (115 ΗΑΣ) φαίνεται να υπερέχει το ζιζάνιο *Amaranthus retroflexus* στη μεταχείριση του *Sideritis sp.* σε αντίθεση με την μεταχείριση της *Echinacea sp.* Οι πληθυσμοί του ζιζανιού αυτού μειώθηκαν σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση κυρίως στα υποτεμάχια του μάρτυρα και λιγότερο σε εκείνα στα οποία προστέθηκαν υπολείμματα του φυτού *Echinacea sp.* Αξίζει στο σημείο αυτό να υπομνηστεί ότι στην μεταχείριση του *Sideritis sp.* παρατηρήθηκε ο μικρότερος αριθμός

διαφορετικών ειδών ζιζανίων μόλις 3 και η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη Simpson.

3.1.5. Πορεία εξέλιξης του δείκτη ποικιλότητας Shannon - Weaver

Η περαιτέρω αξιοποίηση των τιμών του δείκτη Shannon - Weaver που υπάρχουν στους πίνακες 3.31 έως 3.35 θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται ο εν λόγω δείκτης κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του ηλιάνθου.

Η πορεία με την οποία μεταβάλλεται ο δείκτης σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των διαφορετικών ειδών ζιζανίων, δηλαδή τον πλούτο των ειδών (richness). Η εξέλιξή του απεικονίζεται στο διάγραμμα 3.19.



Διάγραμμα 3.16 Πορεία μεταβολής του δείκτη ποικιλότητας Shannon & Weaver (δίνει έμφαση στον πλούτο - αριθμό των ειδών).

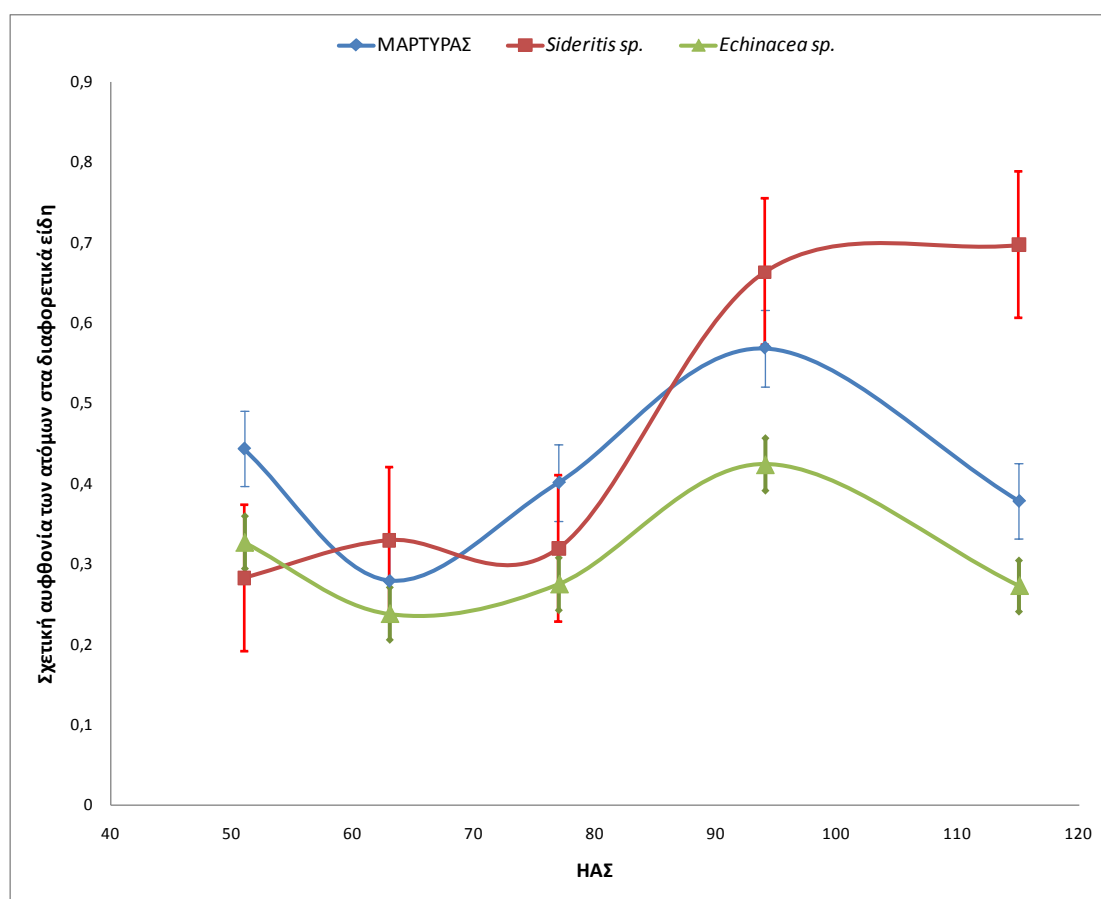
Κατά την 1^η μέτρηση (51 ΗΑΣ) και πριν την άνθηση του ηλιάνθου, οι τιμές του δείκτη Shannon & Weaver δεν διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς

σημαντικά και στις τρεις μεταχειρίσεις (μάρτυρας, *Sideritis sp.*, *Echinacea sp.*). Όσον αφορά, στα υποτεμάχια όπου προστέθηκαν υπολείμματα του *Sideritis sp.* η πορεία εξέλιξης του εν λόγω δείκτη ποικιλότητας είναι φθίνουσα. Από την τιμή 1,49 που προσδιορίστηκε αρχικώς, μετά από χρονικό διάστημα 64 ημερών έφτασε στο 0,56, δηλαδή, μειώθηκε κατά 62,4%. Αυτή η εξέλιξη φανερώνει τον περιορισμό και κατ' επέκταση την εξάλειψη κάποιων ειδών ζιζανίων. Η τιμή αυτού του δείκτη διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή του δείκτη στη μεταχείριση της *Echinacea sp.* στην 4^η και 5^η μέτρηση (94 και 115 ΗΑΣ αντίστοιχα).

Η διακύμανση της τιμής του δείκτη, που παρατηρείται στο μάρτυρα και την *Echinacea*, οφείλεται στο βιολογικό κύκλο των φυτών, δηλαδή, κάποια ζιζάνια είναι πιο όψιμα (εμφανίζονται αργότερα) από κάποια άλλα. Η πορεία εξέλιξης του δείκτη Shannon & Weaver μεταβάλλεται με παρόμοιο τρόπο. Συγκεκριμένα την αρχική αύξηση που παρατηρείται στο χρονικό διάστημα από 51 ΗΑΣ μέχρι 63 ΗΑΣ, διαδέχεται μια μείωση για μια περίοδο 30 ημερών. Στη συνέχεια αυξάνει φτάνοντας, σχεδόν, στα επίπεδα που είχε κατά την πρώτη μέτρηση. Ωστόσο οι τιμές του δείκτη που αντιστοιχούν στις τρεις τελευταίες μετρήσεις διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά. Ειδικότερα, είναι μεγαλύτερες οι τιμές του δείκτη στα υποτεμάχια όπου είχαν προστεθεί φυτικά υπολείμματα από το αρωματικό φυτό *Echinacea sp.* Η σημαντική υπεροχή που παρατηρείται στις τιμές του δείκτη, κυρίως στις δύο τελευταίες μετρήσεις, αντικατοπτρίζει τη θετική επίδραση που έχουν τα υπολείμματα της *Echinacea sp.* στην ύπαρξη διαφορετικών ειδών ζιζανίων (richness). Η μεταχείριση της *Echinacea sp.* διατήρησε τη βιοποικιλότητα.

3.1.6. Πορεία εξέλιξης του δείκτη ποικιλότητας Simpson

Εξετάζοντας την πορεία εξέλιξης του δείκτη Simpson (διάγραμμα 3.17) στα υποτεμάχια στα οποία έγινε ενσωμάτωση υπολειμμάτων του *Sideritis sp.* παρατηρούμε ότι είναι αντίθετη εκείνης του δείκτη Shannon & Weaver. Ειδικότερα παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής του εν λόγω δείκτη με αποτέλεσμα να φτάσει τελικώς την τιμή 0,70 από την αρχική 0,28, σημειώνοντας αύξηση 150%.



Διάγραμμα 3.17 Πορεία μεταβολής του δείκτη ποικιλότητας Simpson (δίνει έμφαση στην ισομέρεια)

Τα φυτικά υπολείμματα από το αρωματικό φυτό του *Sideritis sp.* αύξησαν τη σχετική αφθονία των ζιζανίων στα διαφορετικά είδη της φυτοκοινωνίας. Η

ισομέρεια (evenness) ή ομοιομορφία των ειδών όταν φτάσει την τιμή 1, που αποτελεί την ανώτερη τιμή, τότε η φυτοκοινωνία απαρτίζεται από ένα είδος. Περαιτέρω μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η ισομέρεια ενδεχομένως να αντανάκλα τη συγκριτική ικανότητα αναπαραγωγής των διαφόρων ειδών (Καρανδρινός, 2007). Στις άλλες δύο μεταχειρίσεις, παρόλο που οι τιμές του δείκτη Simpson ακολουθούν παρόμοια πορεία εξέλιξης, μεταξύ τους βρέθηκαν σημαντικές διαφορές, σχεδόν σε όλες της μετρήσεις. Η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη Simpson δείχνει τη μεγαλύτερη ομοιομορφία κατανομής των ατόμων στα διαφορετικά είδη, την καλύτερη ισοκατανομή των ειδών που σημαίνει και τη μεγαλύτερη σχετική αφθονία των ατόμων στα διαφορετικά είδη.

3.2. Αποτελέσματα πειράματος σε γλάστρες

3.2.1. Εμφάνιση φυταρίων ηλιάνθου

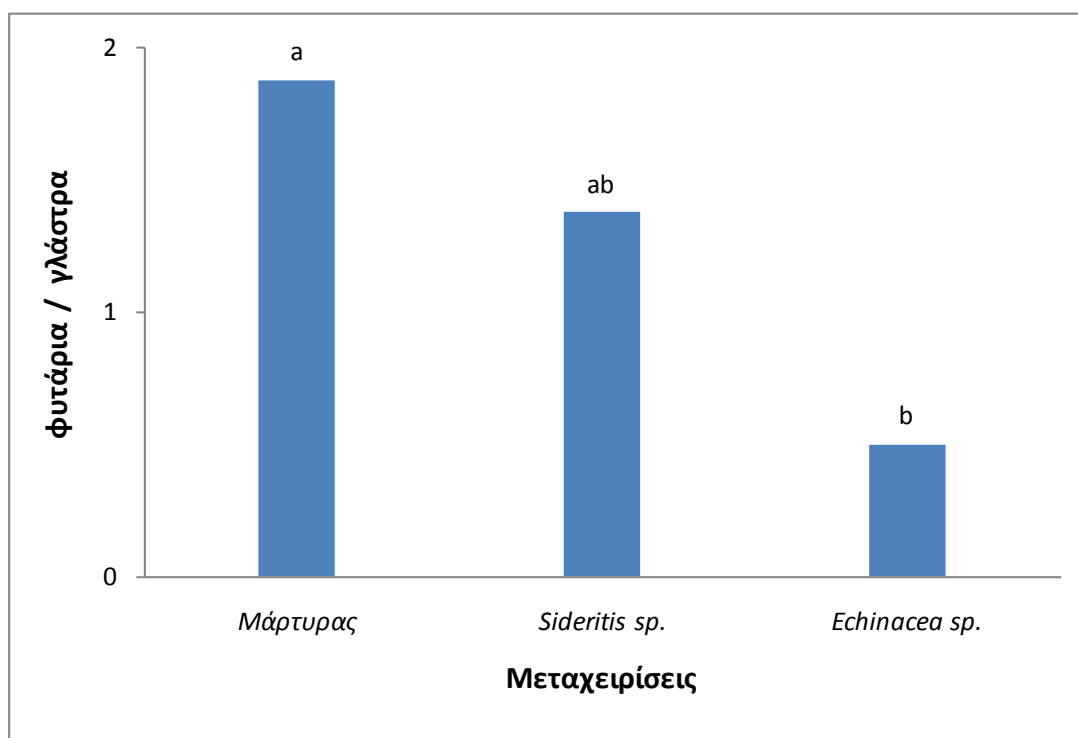
Ο αριθμός των σχηματισμένων φυταρίων (εικόνα 3.2) σε κάθε γλάστρα και για τις τρεις μεταχειρίσεις, από μετρήσεις που έγιναν 5 ημέρες μετά τη σπορά, την 29 Ιουλίου 2012, φανέρωσε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην ανάδυση των φυτών.



Εικόνα 3.2 Φυτάριο ηλιάνθου (5 ΗΑΣ) που αναπτύχθηκε σε φυτικά υπολείμματα του φυτού *Sideritis* sp. Στα δεξιά απεικονίζεται το φυτάριο σε μεγέθυνση. Φαίνονται πλήρως οι κοτυληδόνες και διακρίνεται το μερίστωμα του βλαστού.

Παρατηρήθηκε, σε σχέση με το μάρτυρα, μια καθυστέρηση στην εμφάνιση των φυταρίων ηλιάνθου στην μεταχείριση με τα υπολείμματα του αρωματικού φυτού *Echinacea* sp., γεγονός που μας δείχνει ότι η προσθήκη *Echinacea* sp. οδήγησε σε καθυστερημένο φύτεμα του ηλιάνθου. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ της μεταχείρισης

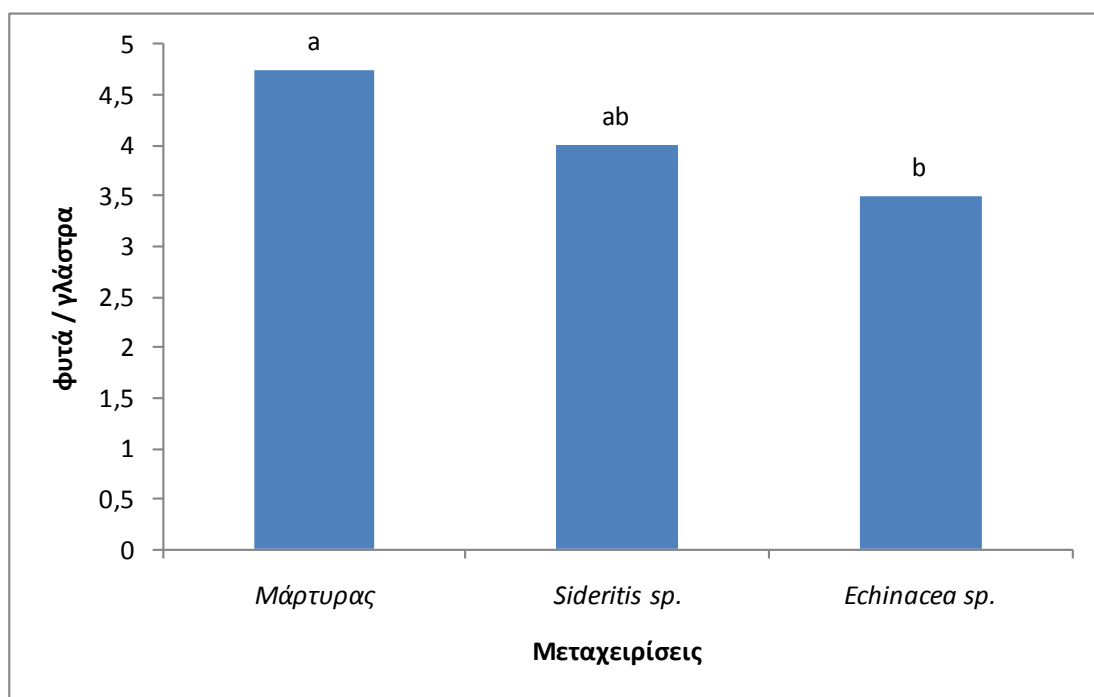
της *Echinacea sp.* και εκείνης του μάρτυρα, ενώ δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά η μεταχείριση του *Sideritis sp.* από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Επιπλέον, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 3.18, σε σχέση με το *Sideritis sp.*, φαίνεται να υπάρχει μια τάση να αναδύονται περισσότερα φυτάρια στις γλάστρες στις οποίες δεν προστέθηκε κανένα φυτικό υπόλειμμα.



Διάγραμμα 3.18. Επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων στην εμφάνιση φυταρίων ηλιάνθου ανά γλάστρα. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε την 29 Ιουλίου 2012 (5 ΗΑΣ). (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

3.2.2. Αριθμός φυτών ηλιάνθου ανά γλάστρα

Ο αριθμός των σχηματισμένων φυτών σε κάθε γλάστρα και για τις τρεις μεταχειρίσεις, από μετρήσεις που έγιναν την 18 Αυγούστου 2012 (25 ΗΑΣ), φανέρωσε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

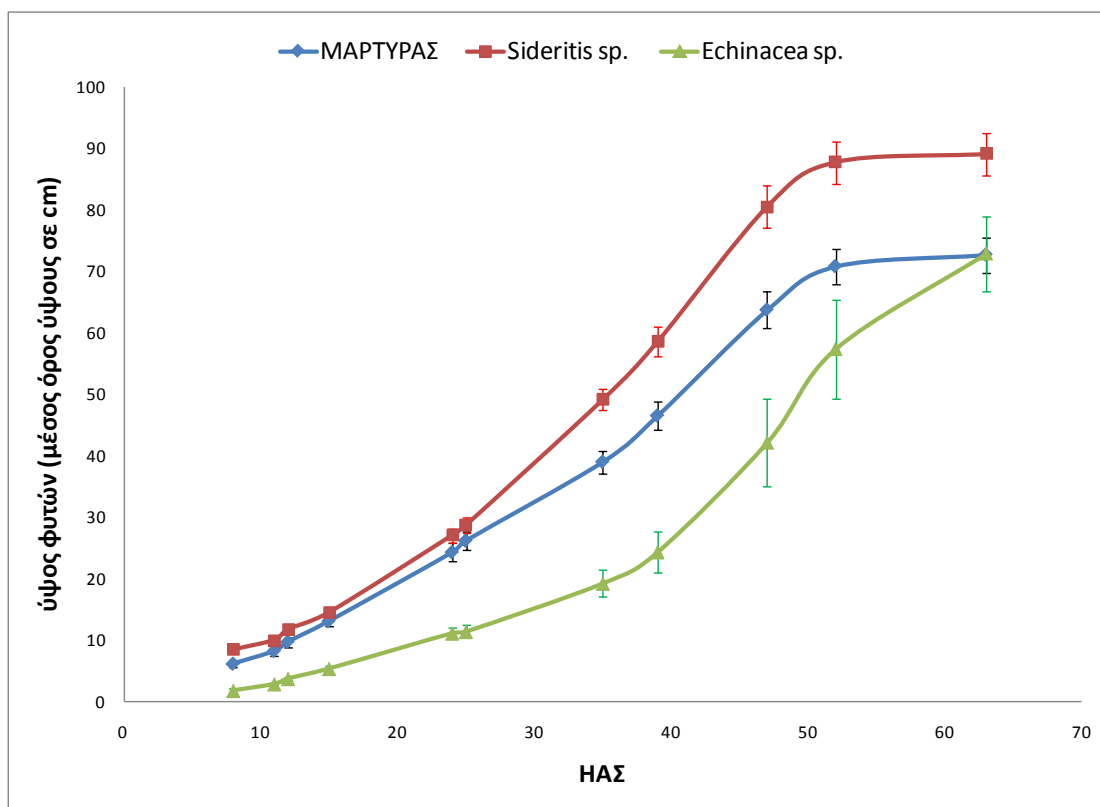


Διάγραμμα 3.19. Επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων στον αριθμό φυτών ηλιάνθου ανά γλάστρα. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε την 18 Αυγούστου 2012 (25 ΗΑΣ). (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Βρέθηκε ότι η προσθήκη υπολειμμάτων από το αρωματικό φυτό *Echinacea sp.* οδήγησε σε σημαντικά μικρότερο αριθμό φυτών ανά γλάστρα σε σχέση με το μάρτυρα. Δηλαδή, η παρουσία τους περιορίσει τον αριθμό των φυτών ηλιάνθου (Διάγραμμα 3.19). Επιπλέον ο αριθμός των φυτών που υπήρχαν σε κάθε γλάστρα με το φυτικό υπόλειμμα από το αρωματικό φυτό *Sideritis sp.* δε διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από εκείνο των άλλων δύο μεταχειρίσεων.

3.2.3. Ύψος φυτών ηλιάνθου

Από τα δεδομένα που αφορούν το ύψος των φυτών ηλιάνθου που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες και δέχτηκαν τρεις μεταχειρίσεις προέκυψε, κατόπιν στατικής ανάλυσης το ακόλουθο διάγραμμα. Στο διάγραμμα 3.20 απεικονίζεται η πορεία του ύψους φυτών ηλιάνθου.



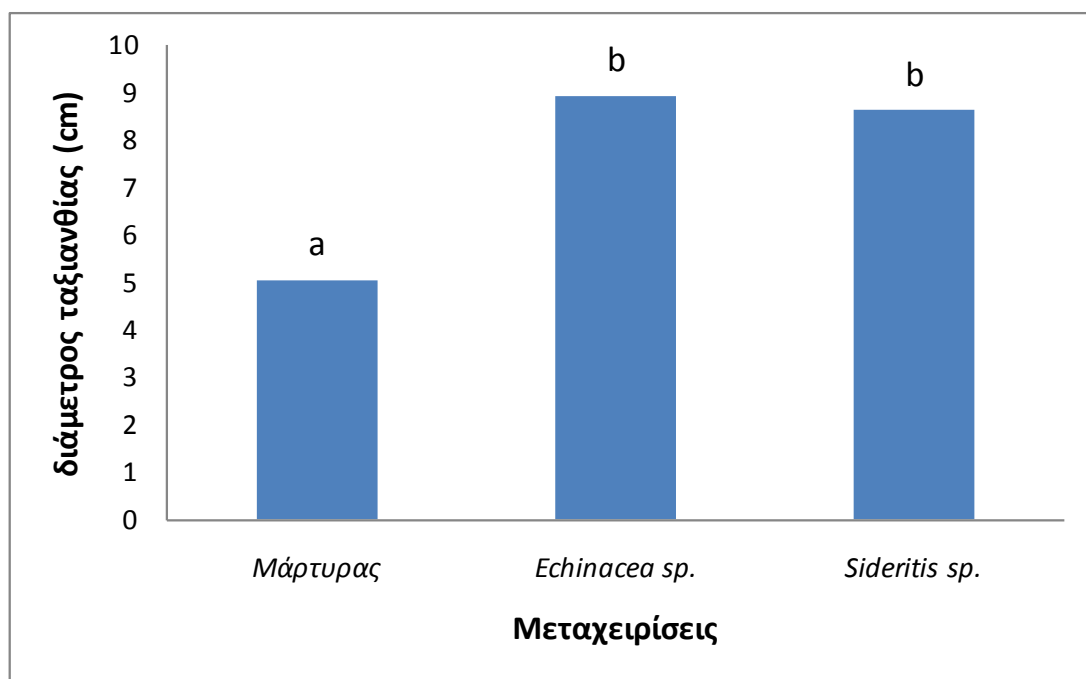
Διάγραμμα 3.20 Πορεία ύψους φυτών ηλιάνθου που δέχτηκαν τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μάρτυρας, *Sideritis sp.* και *Echinacea sp.*).

Τα φυτά που δέχτηκαν τη μεταχείριση υπολειμμάτων από φυτά *Sideritis sp.* ήταν όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα υψηλότερα σε σχέση με εκείνα των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Αν και τα φυτά στα οποία δεν εφαρμόστηκε καμία ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων (Μάρτυρας) είχαν μεγαλύτερη ανάπτυξη, σε σχέση με εκείνα που δέχτηκαν το χειρισμό υπολειμμάτων *Echinacea sp.*, βρέθηκε ότι και για τις δύο μεταχειρίσεις το τελικό ύψος των φυτών (63 ΗΑΣ) δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά.

Αξίζει να υπομνησθεί εδώ ότι τα φυτά ηλιάνθου που δέχτηκαν τη μεταχείριση των φυτικών υπολειμμάτων του *Sideritis sp.* είχαν μεγαλύτερο ύψος σε σχέση με εκείνα που δέχτηκαν τα φυτικά υπολείμματα του αρωματικού φυτού *Echinacea sp.*

3.2.3. Διάμετρος ταξιανθιών

Επιπλέον, διεξήχθησαν μετρήσεις από τις οποίες προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα όπου παρουσιάζεται η διάμετρος των ταξιανθιών ηλιάνθου από τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες.



Διάγραμμα 3.21 Διάμετρος των ταξιανθιών ηλιάνθου την 73 ΗΑΣ από φυτά που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες και δέχτηκαν τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μάρτυρας, *Echinacea sp.* και *Sideritis sp.*).

Το τσάι και η εχινάτσεια οδήγησαν σε μεγαλύτερες ταξιανθίες. Παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη διάμετρο των ταξιανθιών που συλλέχτηκαν από τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό την επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων και των αντίστοιχων του μάρτυρα. Δηλαδή, φαίνεται να υπάρχει σημαντική επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων καλλιέργειας *Sideritis sp.* και *Echinacea sp.* στο μέγεθος των ταξιανθιών ηλιάνθου. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη διάμετρο των ταξιανθιών των φυτών ηλιάνθου τα οποία δέχτηκαν την επίδραση των φυτικών υπολειμμάτων των δύο αρωματικών φυτών.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% (6 στα 8 φυτά), που δέχτηκαν τα φυτικά υπολείμματα της *Echinacea* sp., πέραν της επάκριας ταξιανθίας, εμφάνισαν πλευρικά και άλλες μικρότερου μεγέθους. Συγκεκριμένα, δύο μήνες μετά τη σπορά (63 ΗΑΣ) παρατηρήθηκαν σε 5 από τα 8 φυτά σχηματισμός ταξιανθιών τον οποίων ο αριθμός κυμάνθηκε από 1 έως 7 με μέγεθος που δεν ξεπέρασε σε διάμετρο τα 2,5 cm. Στα πλαίσια της καλλιέργειας ηλιάνθου, είναι ανεπιθύμητη αυτή η συμπεριφορά των φυτών. Τα αίτια της θα πρέπει να αναζητηθούν, πιθανώς, σε ορμονική διαταραχή που υπέστησαν τα φυτά, εξαιτίας της ύπαρξης υπολειμμάτων του φυτού *Echinacea* sp.

Χαρακτηριστική είναι η εικόνα 3.3 όπου διακρίνονται ορισμένες πλευρικές ταξιανθίες (επισήμανση με «βελάκια»).



Εικόνα 3.3 Φυτά ηλιάνθου που δέχτηκαν την επίδραση φυτικών υπολειμμάτων *Echinacea* sp. Ενδεικτικώς, με τα «βελάκια» επισημαίνονται πλευρικές ταξιανθίες. Η φωτογράφιση έλαβε χώρα την 25^η Σεπτεμβρίου 2012 (63 ΗΑΣ).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση που έχουν τα φυτικά υπολείμματα των αρωματικών φυτών *Sideritis scardica* Griseb (τσάι του βουνού) και *Echinacea purpurea* (εχινάτσα) στην ανάπτυξη φυτών ηλιάνθου και στη ζιζανιοχλωρίδα του. Διερευνήθηκε, δηλαδή, το κατά πόσον οι ουσίες που περιέχονται στα υπολείμματα αυτών των αρωματικών φυτών ασκούν αλληλοπαθητική δράση στην πορεία ανάπτυξης του ηλιάνθου και στην ποικιλότητα των ζιζανίων.

Στο πείραμα που διεξήχθη στον αγρό, η εφαρμογή των φυτικών υπολειμμάτων του *Sideritis sp.* επηρέασε θετικά την σχετική αφθονία (evenness) των ζιζανίων αυξάνοντας τις τιμές του δείκτη ποικιλότητας Simpson. Δηλαδή, τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται τα άτομα στα διαφορετικά είδη ζιζανίων. Αυτό αντιστοιχεί σε μια καλύτερη κατανομή των φυτικών μονάδων μέσα στην φυτοκοινωνία με αποτέλεσμα την ύπαρξη ομοιομορφίας των ειδών.

Όσον αφορά στο δείκτη ποικιλότητας Shannon & Weaver, που εκτιμά τον πλούτο των ειδών, δηλαδή, τον αριθμό των διαφορετικών ειδών ζιζανίων (richness), τα φυτικά υπολείμματα του αρωματικού φυτού *Echinacea sp.* τον διατήρησαν σε υψηλότερα επίπεδα, σε σχέση με εκείνα των άλλων δύο μεταχειρίσεων.

Οι δείκτες ποικιλότητας φαίνεται ότι είναι πολύ χρήσιμοι στον προσδιορισμό των μεταβολών στους πληθυσμούς των ζιζανίων.

Στο πείραμα που διεξήχθη στις γλάστρες, φάνηκε η θετική επίδραση των υπολειμμάτων του αρωματικού φυτού *Sideritis sp.* στο τελικό ύψος των φυτών του ηλιάνθου, το οποίο διαφέρει από εκείνο του μάρτυρα και των φυτών που υπέστησαν τη μεταχείριση της *Echinacea sp.* Η παρουσία των δύο υπολειμμάτων επηρέασε θετικά και τη διάμετρο των ταξιανθιών του ηλιάνθου.

Τα φυτικά υπολείμματα της *Echinacea sp.* επηρέασαν αρνητικά τόσο τη χρονική εμφάνιση των φυταρίων του ηλιάνθου όσο και τον αριθμό των φυτών ανά γλάστρα. Μάλιστα, διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από την επίδραση που είχαν οι άλλες δύο μεταχειρίσεις σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, αρκετά από τα φυτά που δέχτηκαν το χειρισμό της *Echinacea sp.* εμφάνισαν πέραν της επάκριας ταξιανθίας και άλλες πλευρικές μικρότερου μεγέθους, κάτι που είναι ανεπιθύμητο.

Φυτά που παράγουν πολλές ταξιανθίες δεν μπορούν να θρέψουν τους πολλούς

σπόρους και έτσι παρατηρούνται σε μεγάλα ποσοστά ελλιπώς ανεπτυγμένοι καρποί. Το φυτό ξοδεύει αποθησαυριστικές ουσίες για τη δημιουργία φλοιών και όχι ψίχας, με αποτέλεσμα τη μείωση των αποδόσεων. Η μηχανική συγκομιδή δυσχεραίνεται, επειδή οι συλλεκτικές μηχανές είναι προσαρμοσμένες για φυτά με μια επάκρια ταξιανθία (Ξανθόπουλος, 1993).

Τα αίτια αυτής της συμπεριφοράς των φυτών θα πρέπει να αναζητηθούν, πιθανώς, σε ορμονική διαταραχή που υπέστησαν τα φυτά, εξαιτίας της ύπαρξης υπολειμμάτων του φυτού *Echinacea sp.*

Η διερεύνηση του φαινομένου της αλληλοπάθειας, δε συνιστά μια εύκολη διαδικασία, επειδή λαμβάνει χώρα ταυτοχρόνως με τον ανταγωνισμό. Χρειάζεται να απομονώσουμε παράγοντες προκειμένου να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα. Για παράδειγμα, η αρνητική επίδραση που έχουν στο φύτεμα και στην ανάπτυξη ενός ζιζανίου τα φυτικά υπολείμματα ενός αλληλοπαθητικού καλλιεργούμενου φυτού, μπορεί να είναι συνδυασμένο αποτέλεσμα ή να οφείλεται αυτοτελώς, τόσο στην τοξική επίδραση των αλληλοπαθητικών ουσιών που απελευθερώνονται κατά τη μικροβιακή αποδόμηση των υπολειμμάτων, όσο και στην έλλειψη θρεπτικών στοιχείων λόγω κατανάλωσής τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους κατά την αποδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων (Aldrich and Kremer, 1997). Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται να δοθεί, έτσι ώστε με σιγουριά να αποφανθούμε ότι η αλληλοπάθεια οφείλεται σε μία μόνο ουσία ή σε περισσότερες που δρουν προσθετικά ή συνεργιστικά (Πασπάτης, 1998).

Τα αποτελέσματα του πειράματος όσον αφορά στον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται και εμφανίζονται τα ζιζάνια στον αγρό συμφωνεί με απόψεις άλλων ερευνητών (Ελευθεροχωρινός, 2008). Οι αλληλοπαθητικές ουσίες επιδρούν στην ποικιλότητα των φυτικών ειδών. Η αλληλοπάθεια των ζιζανίων μπορεί να μεταβάλλει τον πλούτο των ειδών (species richness), δηλαδή, τον αριθμό των διαφορετικών ειδών που υπάρχουν σε μια περιοχή. Επίσης, ευθύνεται για τη μεταβολή της αφθονίας των ειδών (species abundance) και της ομοιομορφίας ή ισομέρειας (evenness) των ειδών.

Η πληθώρα των αλληλοπαθητικών ουσιών αποτελούν προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού που βιοσυντίθενται σε διάφορα όργανα του φυτού όπως φύλλα, ρίζες, βλαστοί, άνθη, καρποί ή σπόροι. Οι αλληλοπαθητικές ουσίες κατατάσσονται από χημικής πλευράς σε φαινολικές ουσίες (φαινολικά οξέα, φλαβόνες), τερπένια

και αζωτούχες ενώσεις (Haig, 2008). Οι χαρακτηριστικότεροι εκπρόσωποι της ομάδας των τερπενίων αποτελούν τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων (Ελευθεροχωρινός, 2008). Τα τερπένια ή τερπανοειδή, εμπλέκονται στο φαινόμενο της αλληλοπάθειας (Inderjit and Keating, 1999),

Σύμφωνα με μελέτες άλλων ερευνητών στα δύο υπό μελέτη είδη προσδιορίστηκαν ουσίες οι οποίες φαίνεται να ευθύνονται για την αλληλοπαθητική δράση των υπολειμμάτων τους. Συγκεκριμένα οι αλληλοπαθητικές ουσίες που περιέχει το φυτό *Sideritis sp.* ανήκουν στην κατηγορία α) των φαινολών (Küperli et al., 2007), πολυφαινολών (Akcoş et al., 1999) όπως είναι τα φλαβονοειδή (φλαβονοειδείς γλυκοζίτες) (Rios Jose Luis et al., 1992; Bas et al., 2006) και β) των τερπενίων. Στην *Echinacea sp.* έχουν βρεθεί διάφορα σεσκιτερπένια, καφεϊκό οξύ και παράγωγά του, φρουκτάνες και φλαβονοειδείς ουσίες που έχουν αλληλοπαθητική δράση (Shugart, 2005). Η παρουσία καφεϊκού οξέος στο έδαφος αναστέλλει την αύξηση φυτών (Taiz and Zeiger, 2010). Πτητικές ενώσεις (μονοτερπένια και σεσκιτερπένια) από βλαστούς και ρίζες του φυτού *Echinacea angustifolia* παρεμπόδισαν τη ριζική επιμήκυνση και τη βλάστηση φυταρίων των *Lactuca sativa* (μαρουλιού), *Panicum virgatum* (Switchgrass) και του γρασιδιού *Sporobolus heterolepis* (Viles and Reese, 1995).

Η αλληλοπάθεια θεωρείται μια φυσική τεχνική και ένα εργαλείο για τον βιολογικό έλεγχο των ζιζανίων στη φυτική παραγωγή (Cheema and Khalid, 2000; Heidarzade et al., 2010). Αντίστοιχες καλλιεργητικές πρακτικές εντάσσονται στα πλαίσια της βιολογικής γεωργίας.

Η χρησιμοποίηση φυτικών υπολειμμάτων αλληλοπαθητικών φυτών στη γεωργία, μπορεί κάλλιστα στα πλαίσια της συμβατικής γεωργίας να συμβάλλει στον περιορισμό των ζιζανιοκτόνων (Tesio et al., 2012).

Η προσεκτική παρατήρηση, η περαιτέρω μελέτη των μηχανισμών δράσης των φαινομένων αυτών, καθώς και η ανακάλυψη του τρόπου δράσης των αλληλοπαθητικών ουσιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την ανάπτυξη τόσο νέων ζιζανιοκτόνων όσο και για την απομόνωση ή παρασκευή ουσιών (βιολογικών φυτορρυθμιστών) μεγάλης εξειδίκευσης. Με αυτές πιθανώς να επιτευχθεί αποτελεσματικότερος έλεγχος των ζιζανίων με λιγότερες επιπτώσεις στο έδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα, τους υδρόβιους οργανισμούς, τις μέλισσες, την πανίδα γενικότερα καθώς και τον άνθρωπο.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1. Ξένη βιβλιογραφία

Akcoş Y., Ezer N., Çaliş I., Demirdamar R., and Tel B., 1999. Polyphenolic compounds of *Sideritis lycia* and their anti-inflammatory activity. *Pharm. Biol.* 36: 1 – 5.

Aldrich R. and Kremer R. 1997. *Principles in Weed Management*, 2nd ed. Iowa State University Press.

Aligiannis N., Kalpoutzakis E., Chinou IB and Mitakou S., 2001. Composition and antimicrobial activity of the essential oils of five taxa of *Sideritis* from Greece. *J. Agric. Food Chem.* 49: 811– 815.

Aliotta G., Cafeiro G., Fiorentino A. and Strumia S., 1993. Inhibition of radish germination and root growth by coumarin and phenylpropanoids. *J. Chem. Ecol.* 19: 175-183.

Almeida F. and Rodrigues B., 1985. Guia de Herbicidas, IAPAR, Londrina – P. R., Brasil.

Anonymous, 2006. Energy cultivations for the production of solid and liquid biofuels in Greece, Center of Renewable Energy Sources, CRES.

Anonymous, http://www.valentine.gr/linkOfTheMonth_gr-august 2006.php

Anonymous, http://www.back-to-nature.gr/2012/11/blog-post_20.html

Anonymous, 2012. *Agriculture, Fishery and Forestry Statistics*. Eurostat Pocketbooks.

Anonymous, 2013. Available at <http://eurostat.eu>. (verified 30 April 2013).

Anonymous, 2013. Available at <http://faostat.fao.org>. (verified 5 May 2013).

Arnaud F., 1986. Cahier technique: plante-selection. Tournesol. Paris. Centre Technique Interprofessionel des Oleagineux Metropolitains (CETIOM).

- Ashley R. and Tanaka D., 2007. Tillage, Seedbed Preparation and Planting. In: *Sunflower Production*. Edited and Compiled by Berglund D. North Dakota State University.
- Bange M., Hammer G. and Rickert K., 1997. Effect of radiation environment on radiation use efficiency and growth of sunflower. *Crop science* 37: 1208-1214.
- Barrett B., Vohmann M. and Calabrese C., 1999. *Echinacea* for upper respiratory infection: Evidence-based clinical review. *Journal of Family Practice* 48: 628–635.
- Barrett B., 2003. Medicinal properties of *Echinacea*: A critical review, *Phytomedicine* 10: 66-86.
- Bas E., Recio M., Giner R., Manez S., Cerda-Nicolas M. and Rios J., 2006. Antiinflammatory activity of 5-O-demethylnobilewitin, a polymethoxyflavone isolated from *Sideritis tragoriganum*. *Planta Med.* 72: 136 - 142.
- Basile A., Sorbo S., Giordano A., Ricciardi L., Ferrara S., Montesano D., Castaldo Cobianchi R., Vuotto M. and Ferrara L., 2000. Antibacterial and allelopathic activity of extract from *Castanea sativa* leaves. *Fitoterapia* 71: 110–116.
- Berglund D., 2007. *Sunflower Production*. North Dakota State University.
- Bilalis D., Sidiras N., Economou G. and Vakali C., 2003. Effect of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in *Vicia faba* crops. *Journal of Agronomy Crop Science* 189: 233-241.
- Bond W. and Grundy A., 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41: 383–405.
- Bremm P. and Preston G., 1990. A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. II. Plant water relations, growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 463-478.
- Cameron H. and Julian G., 1980. Inhibition of protein synthesis in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by allelopathic compounds. *J. Chem. Ecol.* 6: 989-995.

- Cheema Z. and Khaliq A., 2000. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in semi arid region of Punjab. *Agric. Ecosyst. Environ.* 79: 105–112.
- Cheema Z., Khaliq A. and Saeed S., 2004. Weed control in maize (*Zea mays* L.) through sorghum allelopathy. *J. Sustain. Agric.* 23: 73–86.
- Connor D. and Sandras V., 1992. Physiology of yield expression in sunflower. *Field Crops Res.* 30: 333-389.
- Daun J., 1993. Flaxseed. In: *Grains and Oilseeds*. pp. 853 – 860, 4th ed. Vol. 2, Canadian International Grains Institute, Winnipeg, MB.
- Dhimas K., Vasilakoglou J., Eleftherohorinos I. and Lithourgidis A., 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crops mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science* 46: 345-352.
- Donohue, 2000. Several reports of allergic reactions attributed to *Echinacea*. *Family Practice* 29.
- Einhelling F., 1985. Effects of allelopathic chemicals on crop productivity. In: *Bioregulators for Pest Control* (edt Hedin P.), pp. 109-130, *American Chem. Soc.*, Washington DC.
- Ezer N., Akcoş Y., Rodriguez B. and Abbasoğlu U., 1995. Iridoid heteroside from *Sideritis libanotica* Labill., subsp. *linearis* (Bentham) Bornm. and its antimicrobial activity. *Hacettepe Univ. J. Fac. Pharm.* 15: 15 - 21.
- Franzen D., 2007. Soils. In: *Sunflower Production* . Edited and Compiled by Berglund D. North Dakota State University.
- Gonzalez V., Kazimir J., Nimbal C., Weston L. and Cheniae G., 1997. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *J. Agn'c. Food Chem.* 45: 1415-1421.
- Goyne P., Hammer G. and Woodruff D., 1982. Phenology of sunflower cultivars. I. Classification of responses. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 243-250.

- Güvenç A., Houghton P., Duman H., Coşkun M. and Şahin P., 2005. Antioxidant activity studies on selected *Sideritis* species native to Turkey. *Pharm. Biol.* 43: 173 - 177.
- Haig T., 2008. Allelochemicals in Plants. In: *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*, (eds Zeng R., Mallik A. and Luo S.), pp. 63 – 104, Springer Science.
- Hald A., 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Annals of Applied Biology* 134: 307–314.
- Hammer G., Goyne P. and Woodruff D., 1982. Phenology of sunflower cultivars. III. Models of prediction in field environments. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 263-274.
- Harborne J., 1989. General procedures and measurement of total phenolics. In: *Methods in Plant Biochemistry: Plant Phenolics* (eds J. B. Harborne), Vol. I, pp. 1-28. Academic Press, London.
- Haas G. and Köpke U., 1994. Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung. In: Enquetekommission «Schutz der Erdatmosphäre» des Dt. Bundestages, Bd. 1: Landwirtschaft, Studienprogramm, Teilband 2, Studie H., Economica-Verlag, Bonn.
- Heidarzade A., Pirdashti H. and Esmaeili M., 2010. Quantification of allelopathic substances and inhibitory potential in root exudates of rice (*Oryza sativa*) varieties on Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.). *Plant Omics J.* 3: 204-209.
- Heiser C., 1978. Taxonomy of *Helianthus* and origin of domesticated sunflower. In: *Sunflower Science and Technology*. (Editor J.F. Carter), Agronomy Monograph No. 19. Am. Soc. Agron., Madison, WI, pp. 31-51.
- Hernández-Perez M. and Rabanal RM., 2002. Evaluation of the antiinflammatory and analgesic activity of *Sideritis canariensis* var. *pannosa* in mice. *J. Ethnopharmacol* 81: 43–47.

- Herrmann M. and Weaver M., 1999. The shikimate pathway. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 473-503.
- Hoffman G. and Shannon M., 2007. Salinity. In: *Microirrigation for Crop Production* (Eds. Lamm F., Ayars J. and Nakayama F.). Elsevier, pp. 131–160.
- Hole D, Perkins A., Wilson J., Alexander I., Grice P. and Evans A., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113–130.
- Inderjit and Keating K., 1999. Allelopathy: principles, procedure, processes and promises for biological control. *Advances in Agronomy*, Volume 67. Academic press.
- Izsák J. and Papp L., 2000. A link between ecological diversity indices and measures of Biodiversity. *Ecological Modelling* 130: 151–156.
- Kasperczyk N. and Knickel K., 2006, Environmental impacts of organic farming. In: *Organic Agriculture. A global perspective.* (eds Kristiansen P., Taji A. and Reganold J.), pp. 259 – 294, Comstock Publishing Associates, New York.
- Kindscher K., 2006. The Biology and Ecology of *Echinacea*. In: *The Conservation Status of Echinacea Species* (ed Kindscher K.), pp. 32-57, University of Kansas.
- Kindscher K. and Riggs M., 2006. Cultivation of *Echinacea angustifolia* and *Echinacea purpurea*. In: *The Conservation Status of Echinacea Species* (ed Kindscher K.), pp. 162-176, University of Kansas.
- Küpeli E., Şahin F., Yeşilada E., Çalış I. and Ezer N., 2007. In vivo Anti-Inflammatory and Antinociceptive Activity Evaluation of Phenolic Compounds from *Sideritis stricta*. *Z. Naturforsch.* 62c, pp. 519-525.
- Lin S., Sung J. and Chen C., 2011. Effect of drying and storage condition on caffeic acid derivatives and total phenolics of *Echinacea purpurea* grown in Taiwan. *Food Chemistry* 125: 226-231.

- Lundkvist A., Salomonsson L., Karlsson L. and Dock Gustavsson A.-M., 2008. Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *European Journal of Agronomy* 28: 570–578.
- Macias F., Varela R., Torres A. and Molinillo J., 1993. Potential allelopathic quaianolides from cultivar sunflower leaves var SH-222, *Phytochemistry*, 34: 669.
- Mamolos A. and Kalburtji K., 2001. Significance of Allelopathy in Crop Rotation. In: *Allelopathy in Agroecosystems*, R.K. Kohli, H.P. Singh, and D.R. Batish, eds. pp. 197-218, The Haworth Press, New York.
- Meyer R., Baltensperger D., Schlegel A., Krall J., Lee C. and Shroyer J., 1999. *Agronomic Practices in High Plains Sunflower Production*. Handbook Kansas State University.
- Minto R. and Blacklock B., 2008. Biosynthesis and function of polyacetylenes and allied natural products. *Progress in Lipid Research* 47: 233–306.
- Mouillot D. and Leprêtre A., 1999. A comparison of species diversity estimators. *Res. Popul. Ecol.* 41: 203–215.
- Nagendra H., 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22: 175–186.
- Odon de Castro C. and Rivera – Nunez D, 1994. A taxonomic revision of the section *Sideritis* (Genus *Sideritis*) (*Labiatae*). J. Cramer, Berlin, Stuttgart
- Onaindia M., Domingueza I., Albizub I., Garbisub C. and Amezaga I., 2004. Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecology and Management* 195: 341–354.
- Peet R., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Rev. of Ecology and Systematics* 5: 92-114.
- Qasem J. and Foy C., 2001. Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review, pp. 43-120.
- Rice E., 1984. *Allelopathy*. Academic press, pp. 422, New York.

- Rios Jose Luis, Manez S., Paya M. and Alcaraz M., 1992. Antioxidant activity of flavonoids from *Sideritis javalambrensis*. *Phytochemistry*, Pergamon Press, 31: 1947 – 1950.
- Sandras V., Hall A., Trápani N. and Vilella F., 1989. Dynamics of rooting and root length: leaf area relationships as affected by plant population in sunflower crops. *Field Crops Res.* 28: 17-37.
- Schlüter M. and Blake F., 2009. International Federation of Organic Agriculture Movements - Ευρωπαϊκό Τμήμα. Ο νέος Ευρωπαϊκός Κανονισμός για τη βιολογική παραγωγή και τα βιολογικά προϊόντα: (ΕΚ) αριθ. 834/2007
- Shannon C. and Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, p. 117.
- Shugart L., 2005. *Echinacea* in Ecotoxicology, Elsevier, p. 116.
- Taiz L. and Zeiger E., 2010. *Plant Physiology*. Fifth Edition. Sinauer Associates.
- Tesio F., Vidotto F. and Ferrero A., 2012. Allelopathic persistence of *Helianthus tuberosus* L. residues in the soil. *Scientia Horticulturae* 135: 98 – 105.
- Viles A. and Reese R., 1996. Allelopathic Potential of *Echinacea angustifolia* D.C. *Environmental and Experimental Botany*, 36: 39-43.
- Vyvyan J., 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron* 58: 1631-1646.
- Weibull A., Ostman O. and Granqvist A., 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12: 1335–1355.
- Weston L. and Putnam A., 1986. Inhibition of legume seedling growth by residues and extracts of quackgrass (*Agropyron repens*). *Weed Sci.* 34: 366-372.
- Young C., 1986. Autointoxication of *Asparagus officinalis* L. In: *The Science of Allelopathy* (Putnam A. and Tang C., Eds.), pp. 101-110. Wiley, New York.

5.2. Ελληνική βιβλιογραφία

Αναστασιάδης Α., 2012. *Ο ηλίανθος*. Εκδόσεις Αγροτύπος.

Αυγουλάς Χ., 2008. Σημειώσεις για τα Ελαιούχα και Κλωστικά Φυτά. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής.

Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ., 2002. *Βιομηχανικά Φυτά. Βαμβάκι και υπόλοιπα Κλωστικά, Ελαιοδοτικά, Ζαχαρότευτλα, Καπνός*. Εκδόσεις Σταμούλης.

Γαρδέλη Χ., 2009. Μελέτη της χημικής σύστασης αιθερίων ελαίων ορισμένων αρωματικών φυτών της ελληνικής χλωρίδας. Ph. D. Thesis, ΓΠΑ.

Γκόλιαρης Α., 1999. Καλλιέργεια, αυτοφυή είδη και βελτίωση στο ελληνικό τσαι του βουνού (*Sideritis L.*). ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Κέντρο Γεωργικής Έρευνας, Μακεδονίας – Θράκης.

Γρηγορίου Π., Σαμιώτης Γ. και Τσάλτας Γ., 1993. *Η Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών (Rio De Janeiro) για το περιβάλλον και την ανάπτυξη. Νομική και θεσμική διάσταση*. Εκδόσεις Παπαζήση.

Δαλανάτος Ν. και Αρχοντούλης Σ., 2008. *Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων. Αγριοαγκινάρας, Ηλίανθου, Σόργου*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Δήμας Κ., Βασιλάκογλου Ι. και Ελευθεροχωρινός Η., 2002. Αντιμετώπιση ζιζανίων σε ανοιξιάτικες καλλιέργειες με ενσωμάτωση φυτικής μάζας αλληλοπαθητικών ποικιλιών χειμερινών σιτηρών. 12ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρίας. Αθήνα 2-3 Δεκεμβρίου 2002.

Δόρδας Χ., 2012. *Αρωματικά Φαρμακευτικά φυτά*. Εκδόσεις Σύγχρονη παιδεία.

Ελευθεροχωρινός Η., 2008. *Ζιζανιολογία*. Εκδόσεις Αγροτύπος.

Καραμάνος Α., 2011. *Γενική Γεωργία*. Εκδόσεις Παπαζήση.

Καρανδεινός Μ., 2007. *Ποσοτικές οικολογικές μέθοδοι*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Κεφαλάς Π., 2011. Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής ανάμεσα σε ενεργειακές και εδώδιμες καλλιέργειες. Η περίπτωση μεταξύ των καλλιεργειών ηλίανθου

και αραβόσιπου. M.Sc Thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Κουτσός Θ., 2006. *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*. Εκδόσεις Ζήτη.

Μπαλατσούρας Γ., 1995. *Ελαιόλαδο Σπορέλαια*. Τόμος Α'. Εκδόσεις Γ.Π.Α.

Ξανθόπουλος Φ., 1993. *Ο Ηλιάνθος*. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.

Πασπάτης Ε., 1998. *Φωτορρυθμιστικές Ουσίες*. Εκδόσεις Αγροτύπος.

Πολυράκης Γ., 2003. *Περιβαλλοντική γεωργία*. Εκδόσεις Ψύχαλου.

Σιδηράς Ν., 2005. *Βιολογική γεωργία. Φυτική παραγωγή*. Εκδόσεις ΔΗΩ.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2012. Στατιστικά στοιχεία καλλιέργειας ηλιάνθου.