



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Προσδιορισμός του μεταβολικού προφίλ επιλεγμένων γονοτύπων
ηλίανθου υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης»**

ΑΛΑΓΚΙΟΖΙΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ



Επιβλέπουσα: Ουρανία Παυλή, Επικ. Καθηγήτρια, Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2017



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 16500/1
Ημερ. Εισ.: 29/06/2017
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ
2017
ΑΛΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της προπτυχιακής μου διατριβής, υπήρξαν αρκετά άτομα που με βοήθησαν.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Παυλή Ουρανία, Επίκ. Καθηγήτρια Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την ανάθεση αυτής της πτυχιακής εργασίας και για την πολύτιμη βοήθεια της τόσο κατά του διάρκειας του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής κ. Ιμπραχίμ Αβραάμ Χά, Καθηγητή Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και κ. Ευθυμία Λεβίζου Επίκ. Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή.

Τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στην υποψήφια διδάκτορα κ. Φώτη Χρυσάνθη-Λαμπρινή για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον συμφοιτητή μου Βαγγελάκο Κωνσταντίνο για την άριστη συνεργασία μας σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας και στην οικογένειά μου για την ηθική και υλική συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	10
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΧΡΗΣΕΙΣ.....	10
1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	12
1.3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	12
1.3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	12
1.3.2.1 ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	13
1.3.2.2 ΒΛΑΣΤΟΣ.....	14
1.3.2.3 ΦΥΛΛΑ.....	15
1.3.2.4 ΤΑΞΙΑΝΘΙΑ.....	15
1.3.2.5 ΑΝΘΗ.....	16
1.3.2.6 ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΣΜΟΣ.....	17
1.3.2.7 ΚΑΡΠΟΣ.....	18
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ.....	19
1.4 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	19
1.5 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	22
1.5.1 ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ.....	22
1.5.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ.....	23
1.5.3 ΛΙΠΑΝΣΗ.....	24
1.5.4 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	24

1.5.5 ΣΠΟΡΑ	24
1.5.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	25
1.6 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	25
1.6.1 ΦΩΣ	25
1.6.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	26
1.6.3 ΝΕΡΟ	26
1.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	27
1.7.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΝΘΙΣΗ.....	29
1.7.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	29
1.7.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΣΜΟΣ	30
1.7.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ	30
1.7.5 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΝΘΙΔΙΑ	30
1.7.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	31
1.7.7 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	32
1.8 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	32
1.8.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	33
1.8.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΥΠΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	34
1.8.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ	34
1.8.4 ΑΛΛΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	35
1.8.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	35
1.8.5.1 ΜΑΖΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ.....	35
1.8.5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΡΥΣΤΟΒΟΙΤ.....	36
1.9 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	36
1.9.1 ΕΧΘΡΟΙ.....	37
1.9.2 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	38
1.9.3 ΠΟΥΛΙΑ.....	40
1.9.4 ΤΡΩΚΤΙΚΑ	41

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	42
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	43
3.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	43
3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	43
3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	44
3.4 ΜΕΤΑΒΟΛΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	45
3.5 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	46
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΠΟΡΩΝ	48
4.2 ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	49
4.3 ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	52
4.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΥΑΙΣΘΗΤΗΣ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	57
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	61
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66

Περίληψη

Κατά την έκθεσή τους σε συνθήκες περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού, τα φυτά επάγουν μία σειρά αναπτυξιακών, μορφολογικών, βιοχημικών και μοριακών προσαρμογών προκειμένου να ανταπεξέλθουν στην καταπόνηση και να διατηρήσουν το βασικό επίπεδο μεταβολικής δραστηριότητας. Δεδομένης της πρόσφατης αξιοποίησης του ηλίανθου για την αιφόρο παραγωγή βιοκαυσίμων, βασικό στόχο των βελτιωτικών προγραμμάτων ηλίανθου αποτελεί η βελτίωση του γνωρίσματος της ανθεκτικότητας στην ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας. Στο πλαίσιο αυτό, στόχο της διατριβής αποτέλεσε η διερεύνηση των μεταβολών στο μεταβολικό προφίλ φυτών ηλίανθου που έχουν υποστεί καταπόνηση ξηρασίας. Για το σκοπό αυτό, ανθεκτικό και ευαίσθητο στην ξηρασία γενετικό υλικό ηλίανθου υποβλήθηκε σε υδατική καταπόνηση. Ειδικότερα, η καταπόνηση έλαβε χώρα σε υδροπονικό σύστημα, μέσω εφαρμογής πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) σε τρία επίπεδα στρες (5, 10 και 15% PEG), για 20 ημέρες. Η καταπόνηση υποβλήθηκε σε νεαρά φυτά ηλίανθου προκειμένου να προσδιοριστεί το μεταβολικό προφίλ των φυτών αυτών σε σχέση με μη καταπονημένα φυτά που συμπεριλήφθηκαν ως μάρτυρες. Ο προσδιορισμός του μεταβολικού προφίλ σε φύλλα ηλίανθου έγινε με ανάλυση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματομετρία μάζας (GC – MS). Για κάθε μεταχείριση, διεξήχθησαν τέσσερις διαφορετικές επαναλήψεις.

Συνολικά, ανιχνεύθηκαν 145 και 141 μεταβολίτες στην ανθεκτική και ευαίσθητη ποικιλία αντίστοιχα. Η ανάλυση κατέδειξε την ύπαρξη σημαντικών μεταβολών στη συσσώρευση μεταβολιτών τόσο μεταξύ των καταπονημένων και μη-καταπονημένων φυτών όσο και μεταξύ της ανθεκτικής και ευαίσθητης ποικιλίας. Σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν σε μεταβολίτες που ανήκουν στην κατηγορία των αμινοξέων, ζαχάρων, πολυολών, οργανικών οξέων, φωσφορικών και άλλων ενώσεων. Ορισμένοι μεταβολίτες παρουσίασαν διαφορετική συσσώρευση, με αποτέλεσμα τα εν λόγω συστατικά να ανιχνεύονται είτε μόνο στα φυτά-μάρτυρες είτε αποκλειστικά στα καταπονημένα φυτά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν η αδενοσίνη και το μαλονικό οξύ που ανιχνεύθηκαν αποκλειστικά στα καταπονημένα φυτά της ανθεκτικής ποικιλίας και όχι στα φυτά-μάρτυρες. Στην ευαίσθητη ποικιλία αντίστοιχα, διαφορετική συσσώρευση σημειώθηκε στα συστατικά αδενοσίνη,

γλυκερόλη, βενζοϊκό οξύ, κιτρικό οξύ, ιτακονικό οξύ, μαλεϊκό οξύ και σικιμικό οξύ, τα οποία ανιχνεύθηκαν επίσης μόνο στα καταπονημένα φυτά. Λόγω της διαφορετικής τους συσσώρευσης, τα συστατικά αυτά συνιστούν τους πλέον κατάλληλους λειτουργικούς δείκτες για την διάκριση μεταξύ ανθεκτικών και ευαίσθητων γονοτύπων. Είναι αξιοσημείωτο ότι εφόσον αποδειχθεί η αξιοπιστία των συγκεκριμένων λειτουργικών δεικτών, τα συστατικά αυτά μπορεί να αξιοποιηθούν για την πρόωμη επιλογή ανθεκτικού γενετικού υλικού. Η προσέγγιση αυτή θα καταστήσει αποτελεσματικότερες, ταχύτερες και λιγότερο δαπανηρές τις βελτιωτικές διαδικασίες που στοχεύουν στην βελτίωση της ανθεκτικότητας του ηλίανθου στην έλλειψη εδαφικής υγρασίας.

Summary

Plants subjected to drought stress induce a series of developmental, morphological, biochemical and molecular adaptations in order to cope with stress and, at the same time, maintain the basal level of metabolic activity. Given the recent exploitation of sunflower for the sustainable production of biofuels, the improvement of sunflower's resistance to drought consists an important target of relevant breeding programs. In this framework, this study aimed at the investigation of alterations occurring at the metabolic profile of sunflower plants subjected to drought stress. To this direction, resistant and susceptible sunflower genetic material was subjected to drought stress in a hydroponic system. Stress was induced through the employment of polyethylene glycol (PEG) at three levels of stress (5, 10 και 15% PEG), for 20 days. Plants were subjected to stress at early growth stages as a means to determine their metabolic profile, in comparison to non-stressed plants included as controls. The determination of leaf metabolic profile was conducted through gas chromatography coupled to mass-spectrometry (GC – MS). For each treatment, four biological replications were conducted.

In total, the analyses yielded 145 and 141 metabolites for the resistant and susceptible variety respectively. The analyses point to the existence of important changes in metabolite accumulation both between stressed and non-stressed as well between the genotypes under study. Important changes were observed in metabolic compounds belonging to the group of amino acids, sugars, polyols, organic acids and phosphates. Several metabolites presented differential accumulation, thus being detected either at stressed or non-stressed plants. For the resistant variety, such differential accumulation pattern applied for adenosine and malonic acid that were detected only at the leaves of stressed plants. For the susceptible plants, the same pattern applied for adenosine, glycerol, benzoic acid, citric acid, itaconic acid, maleic acid and shikimic acid that were also found exclusively at the leaves of stressed plants. Due to their differential accumulation, these compounds consist suitable candidate functional markers for the distinction of resistant and susceptible genotypes. It is worth noting that the validation of their functionality will enable their exploitation for the purposes of selection of resistant genetic material at early growth stages. This approach is anticipated to substantially improve the efficiency, timely and economic viability of all breeding procedures aiming the improvement of sunflower drought tolerance.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΧΡΗΣΕΙΣ

Ο ηλίανθος αλλιώς απαντάται ήλιος ή ηλιοτρόπιο. Η καταγωγή του είναι από την Κεντρική Αμερική. Ο καρπός του χρησιμοποιούνταν από τους ινδιάνους για τροφή, ως φάρμακο και για εξαγωγή λαδιού προς καλλωπισμό. Οι Ισπανοί ήταν εκείνοι που μετέφεραν το φυτό στην Ευρώπη, με την ανακάλυψη της Αμερικής και για πολλά χρόνια αξιοποιήθηκε ως καλλωπιστικό φυτό. Μόνο τον 19ο αιώνα, βρέθηκε ότι το φυτό μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βρώσιμου ελαίου (Φασούλας και Σενλόγλου, 1966).

Χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή δύο τύποι ηλιόσπορου:

1. Ο πρώτος, αντιστοιχεί με αυτόν που χρησιμοποιείται σήμερα υπό μορφή ξηρών καρπών ως "πασατέμπο" και έχει μεγάλους σπόρους με σκληρό φλοιό και ψίχα, η οποία δεν καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του σπόρου.
2. Ο δεύτερος, που προορίζεται για εξαγωγή ελαίου, έχει μικρότερους, σκουρόχρωμους και γεμάτους σπόρους (Αμπατζόγλου, 1979β).

Ως ελαιούχο φυτό διαδόθηκε πρώτα στη Ρωσία, όπου και αποτέλεσε μία από τις κύριες καλλιέργειες από τις αρχές του 20ου αιώνα. Από τη Ρωσία, η οποία και σήμερα κατέχει την πρώτη θέση στον κόσμο, διαδόθηκε στην Ευρώπη. Ωστόσο, γρήγορα αντικαταστάθηκε στη βόρεια Ευρώπη από την ελαιοκράμβη ως ελαιοδοτικό φυτό. Σήμερα, σημαντική έκταση κατέχει επίσης σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και σε ορισμένες της Κεντρικής Αμερικής (Αργεντινή, Ουρουγουάη κ.α.). Στον Καναδά και στις Η.Π.Α. άρχισε να καλλιεργείται μεταπολεμικά. Ο ηλίανθος, εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας και της καλής ποιότητας του λαδιού των σπόρων, αποτελεί για πολλές χώρες μία από τις κύριες πηγές εδάδιμου λαδιού.

Ανάμεσα στα φυτικά έλαια σε παγκόσμια παραγωγή το ηλιέλαιο καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση μετά το σογιέλαιο (Αμπατζόγλου 1979β, Ξανθόπουλος 1993). Στην Ελλάδα ο ηλίανθος καλλιεργούνταν σε πολύ περιορισμένη έκταση πριν την ένταξή της στην Ε.Ε., ιδιαίτερα στη Θράκη, και το προϊόν προοριζόταν κυρίως ως πασατέμπο. Η στήριξη της τιμής του προϊόντος, όσο διάστημα η Ε.Ε. ήταν ελλειμματική σε ελαιούχους σπόρους και η διάδοση κατάλληλων ποικιλιών συνέβαλαν στην επέκταση της καλλιέργειας κυρίως για

παραγωγή ελαίου. Η συνολική έκταση, ύστερα από ανοδική πορεία (έφθασε το 1 εκ. στρ. το 1987). Ωστόσο, η παραγωγή μειώθηκε γρήγορα στα 150-200 χιλ. στρ. περίπου, εξαιτίας της μείωσης των επιδοτήσεων και επιβλήθηκε συνυπευθυνότητα. Στις μέρες μας, καλλιεργείται στη Βόρεια Ελλάδα, στη Μακεδονία και πιο πολύ στη Θράκη, όπου προσαρμόζεται καλύτερα.

Η εδραίωση της άποψης ότι έλαια πλούσια σε πολυακόρεστα, όπως το ηλιέλαιο, υπερέχουν από διαιτητικής απόψεως, θα μπορούσε να συμβάλει στην επέκταση της καλλιέργειας. Η επέκταση αυτή αναμένεται να αφορά ιδιαίτερα τις ξηρικές εκτάσεις (απόδοση 150 kg/στρ.), καθώς ο ποτιστικός ηλιάνθος (απόδοση 300 kg/στρ.) δεν μπορεί να ανταγωνιστεί άλλες ποτιστικές καλλιέργειες (Φασούλας και Σενλόγλου 1966, Σφήκας 1988, Ξανθόπουλος 1993).

Τα τελευταία χρόνια, η καλλιέργεια αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία ως ενεργειακό φυτό, καθώς η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι μια νέα πολιτική που προωθείται από τις κυβερνήσεις. Με οδηγία της ευρωπαϊκής ένωσης, 2003/30, οι κυβερνήσεις υποχρεούνται να στραφούν σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας δίνοντας έμφαση στα βιοκαύσιμα (Geronikolou *et al.*, 2004; Danalatos *et al.*, 2005). Επιθυμητά χαρακτηριστικά των ενεργειακών καλλιεργειών περιλαμβάνουν (Bassam, 1998):

- αποτελεσματική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα (βιοκαύσιμο)
- αποτελεσματική χρήση ύδατος, καθώς η ανεπάρκεια υγρασίας είναι ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες που περιορίζουν την παραγωγή βιομάζας παγκοσμίως
- ανάσχεση του ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια της εποχής ανάπτυξης
- ελαχιστοποίηση των εισροών στους κύκλους παραγωγής και συγκομιδής (σπορά, λίπανση, μηχανικές λειτουργίες, ξήρανση συγκομιδής), π.χ. φυτικά είδη χαμηλών εισροών
- ένα αειφορικό ενεργειακό ισοζύγιο
- υψηλά περιεχόμενα σε ξηρά ουσία το χρόνο της συγκομιδής
- υψηλή πυκνότητα ενέργειας (εκφρασμένη σε MJ/Kg κλπ.), π.χ. πλούσια σε έλαια, σάκχαρα, άμυλο, λιγνοκυτταρίνη, κλπ.
- η παραγωγή και χρήση τους να έχει τις λιγότερες πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

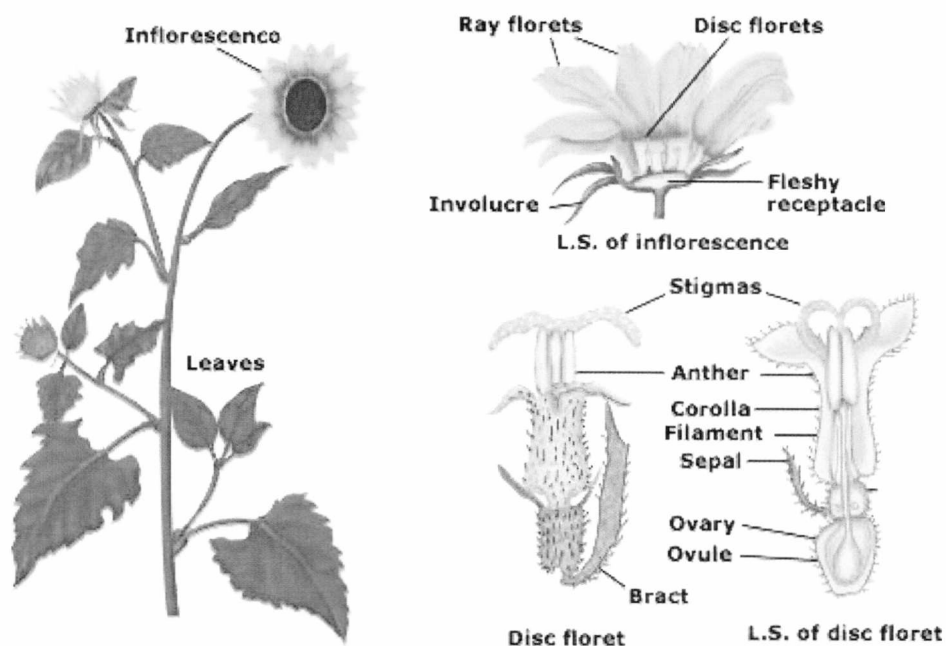
1.3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Ο ηλίανθος ανήκει στην οικογένεια Compositae ή Asteraceae, της τάξης των Αστερωδών (Asterales). Υπάρχουν είδη τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διατροφή, όπως το *H. annuus* και *H. tuberosus*. Ενώ υπάρχουν και είδη που χρησιμοποιούνται ως καλλωπιστικά, το *H. agrophyllus*, το *H. debilis*, το *H. decapetalus*, το *H. maximiliani* και το *H. salisifolius*. Ο βασικός αριθμός των χρωμοσωμάτων στον ηλίανθος είναι 17, ενώ υπάρχουν διπλοειδή, τετραπλοειδή και εξαπλοειδή (Ξανθόπουλος, 1993).

Θεωρείται ότι το γεγονός της εξημέρωσης του ηλίανθου οφείλεται στη μεταβίβαση του γενετικού υλικού από το *H. petiolaris* (ζιζάνιο) στο *H. annuus*. Στο γένος *Helianthus* υπάρχουν και πολλά άλλα είδη (Ξανθόπουλος, 1993).

1.3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο ηλίανθος που χρησιμοποιείται για καλλιέργεια είναι ένα μονοστέλεχο φυτό, με μεγάλη κι εντυπωσιακή ταξιανθία. Έχει πάρει το όνομά του από το χαρακτηριστικό του γνώρισμα, τον ηλιοτροπισμό, με άλλα λόγια άνθος του ήλιου. Οι μέρες που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί ο βιολογικός κύκλος του φυτού, ανάλογα φυσικά και με την ποικιλία, κυμαίνονται μεταξύ των 80 έως 170. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου επηρεάζεται, επίσης, από τις κλιματικές συνθήκες και το χρόνο σποράς. Η σπορά του γίνεται τον Απρίλιο και η συγκομιδή του τον Αύγουστο στην περιοχή της Μεσογείου (Αυγουλάς, 2008).



Εικόνα 1.1: Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ηλιάνθου

(Πηγή: <http://www.vln.school.nz/groupcms/view/821639/cross-curricular-literacy>)

Υπάρχει μια κατηγοριοποίηση ανάμεσα στις ποικιλίες ανάλογα με το ύψος τους σε υψηλόσωμες, μετριόσωμες και χαμηλόσωμες (Ξανθόπουλος, 1993).

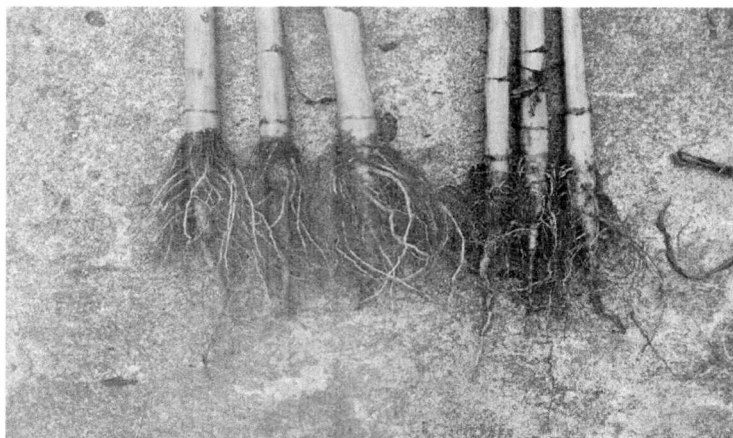
1.3.2.1 ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το ριζικό σύστημα του ηλιάνθου είναι πασσαλώδες, βαθύ που μπορεί να ξεπερνά τα 2m (Sandras *et al.*, 1989). Η διάμετρος της κεντρικής ρίζας αποτελεί δείκτη της ικανότητας μεταφοράς νερού από το ριζικό σύστημα στο ανώτερο μέρος του φυτού. Έρευνες έχουν δείξει ότι ο ηλιάνθος σε σχέση με άλλα φυτά μπορεί ν' απορροφήσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού από βαθιά στρώματα του εδάφους. Παρόλα αυτά, παρουσιάζει μικρή διεισδυτικότητα σε σκληρά και συνεκτικά εδάφη (Bremmer and Preston, 1990).

Οι δευτερεύουσες ρίζες εμφανίζονται ήδη από το στάδιο των κοτυληδόνων. Αρχικά παρουσιάζουν οριζόντια και στη συνέχεια κατακόρυφη ανάπτυξη. Στα πρώτα στάδια αναπτύσσονται πολυάριθμες πλευρικές δευτερεύουσες ρίζες εκτεινόμενες σε ακτίνα 1,5 m

γύρω από την κεντρική ρίζα. Ο μεγαλύτερος όγκος του ριζικού συστήματος κατανέμεται στα πρώτα 60 cm του εδάφους (Καββάδας, 1956).

Επίσης σχηματίζονται τριτογενείς και τεταρτογενείς πλευρικές ρίζες οι οποίες έχουν μικρότερο μήκος. Είναι αξιοσημείωτη η μεγάλη ανάπτυξη που έχουν οι ρίζες σε σχέση με το υπέργειο μέρος του φυτού ιδιαίτερα κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης του ηλίανθου (Αναστασιάδης 2012).



Εικόνα 1.2: Το ριζικό σύστημα στον ηλίανθο

(Πηγή: <http://www.suggest-keywords.com/aGVsaWFudGhIcyByb290/>)

Η ανάπτυξη και δομή του ριζικού συστήματος είναι συνήθως ανάλογη με το ύψος του φυτού. Όσο πιο κοντά είναι τα φυτά οι ρίζες φτάνουν σε μικρότερο βάθος κι έχουν λιγότερη πυκνότητα και διεισδυτική ικανότητα (Αναστασιάδης, 2012).

1.3.2.2 ΒΛΑΣΤΟΣ

Ο ηλίανθος έχει ένα μόνο στέλεχος, το οποίο διακλαδίζεται σπάνια και καλύπτεται από σκληρά τριχίδια, τα οποία εξυπηρετούν για την προστασία του φυτού από τα φυτοφάγα ζώα. Το ύψος του φυτού είναι διαφορετικό στις βρώσιμες ποικιλίες, φτάνει τα 3,5m, και στις ελαιούχες ποικιλίες, κυμαίνεται από 0,8 – 2,5m (Βαρδαβάκης, 1994). Επιπλέον, έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες με ύψος στελέχους 1 – 1,5m ώστε να διευκολύνεται η συγκομιδή με μηχανικά μέσα. Το ύψος των φυτών φτάνει στο μέγιστό του περί του μέσου του βιολογικού του κύκλου (Αυγουλάς, 2008).

1.3.2.3 ΦΥΛΛΑ

Η μορφολογία των φύλλων παραλλάσσει (πλατειά, ωοειδή, οδοντωτά κι οξυκατάληκτα) κι ο αριθμός τους είναι από 20 έως 40 (Αυγουλάς, 2008). Τα πρώτα πέντε ζεύγη εκφύονται αντιθέτως, ενώ τα υπόλοιπα κυκλικά. Τα φύλλα του ηλίανθου χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό και μέγεθος στοματίων, κυρίως στην κάτω επιφάνεια. Εκτός από τα κανονικά φύλλα, ο ηλίανθος έχει και δύο ειδών βράκτια φύλλα: αυτά που είναι στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και αυτά που περιβάλλουν το άνθος. Φυτά με πολυάριθμα φύλλα είναι συνήθως οψιμότερα (Ξανθόπουλος, 1993).

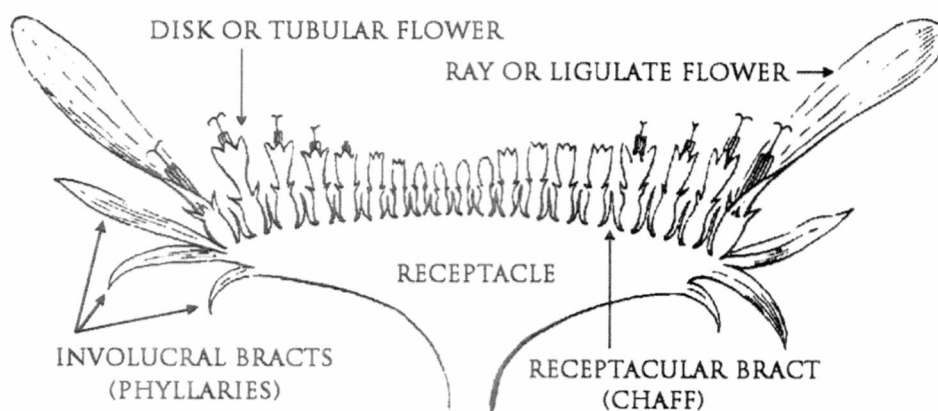
Η διάκριση των υβριδίων βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φύλλων που, λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας που εμφανίζουν, συχνά αξιοποιούνται ως δείκτες. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιούνται χαρακτηριστικά όπως το σχήμα του μίσχου των φύλλων, το μήκος και η γωνία που σχηματίζουν τα φύλλα με το βλαστό (Ξανθόπουλος, 1993).

Το στέλεχος, τα φύλλα αλλά και τα περισσότερα μέρη του φυτού καλύπτονται συνήθως από τρίχες, η πυκνότητα και το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από την ποικιλία (Αυγουλάς, 2008).

1.3.2.4 ΤΑΞΙΑΝΘΙΑ

Η ταξιανθία του ηλίανθου σχηματίζεται επάκρια στο φυτό. Η κεφαλή της είναι σε σχήμα δίσκου και τα πολυάριθμα άνθη της έχουν ακτινωτή διάταξη, με τη διάμετρό της να είναι από 7,5 έως και 60cm. Εξωτερικά φέρει οξύληκτα βράκτια, χνουδωτά στην εξωτερική επιφάνεια και διατεταγμένα σε τρεις συνήθως επάλληλες σειρές (Αυγουλάς, 2008).

Η ταξιανθία των ελαιούχων ποικιλιών έχει 700 έως 3000 άνθη και των ποικιλιών που προορίζονται για πασατέμπο έως 8000 (Αυγουλάς, 2008).



Εικόνα 1.3: Η ταξιανθία στου ηλίανθου.

(Πηγή: <http://www.transformationalgardening.com/forage/plants/helianthus-decapetalus-images.html>)

1.3.2.5 ΑΝΘΗ

Η άνθιση για τον ηλίανθο ξεκινά πριν ακόμη το φυτό αποκτήσει το τελικό του ύψος (Αυγουλάς, 2008). Τα άνθη της κεφαλής διακρίνονται σε δύο κατηγορίες.

A. Τα περιφερειακά ή γλωσσοειδή άνθη που φέρουν ένα μεγάλο και κίτρινο πέταλο. Επίσης, αυτά στοιχίζονται περιφερειακά του δίσκου, είναι άγονα χωρίς στήμονες με εκφυλισμένο στύλο και στίγμα. Η στεφάνη τους αποτελείται από πέντε ενωμένα σε μορφή λωρίδας κίτρινα πέταλα, τα οποία είναι ιδιαίτερα ελκυστικά στα έντομα.

B. Όλα τα υπόλοιπα άνθη είναι γόνιμα. Τα εσωτερικά σωληνοειδή άνθη είναι επίγυνα και διατάσσονται σε ομόκεντρα τόξα από τα άκρα προς το κέντρο του δίσκου. Κάθε γόνιμο άνθος περιβάλλεται από ένα οξύληκτο βράκτιο και αποτελείται από τον κάλυκα με δύο μικρά σέπαλα και τη σωληνωτή συμπέταλη στεφάνη που καταλήγει σε πέντε συνήθως δόντια. Οι πέντε στήμονες ενώνονται στην κορυφή σχηματίζοντας σωλήνα που προβάλλει εσωτερικά του σωλήνα των πετάλων της στεφάνης. Ο ύπερος αποτελείται από την ωθήκη που βρίσκεται στη βάση της στεφάνης και τον στύλο που περιβάλλεται από το σωλήνα των στημόνων και το άκρο του καταλήγει σε δισχιδές στίγμα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Η ανθοφορία αρχίζει από τα περιφερειακά άνθη, συνεχίζεται προς το κέντρο και ολοκληρώνεται σε 5 με 10 μέρες συνήθως. Η ολοκλήρωση της ανθοφορίας σηματοδοτείται με την πτώση των πετάλων των άγονων ανθέων (Αυγουλάς, 2008).

Ο ηλιάνθος είναι κατά βάση σταυρογονιμοποιούμενο φυτό με πολλές ποικιλίες να έχουν το χαρακτηριστικό του αυτοασυμβίβαστου. Η επικονίαση επιτυγχάνεται με τις μέλισσες, καθώς η γύρη δεν είναι ελαφριά ώστε να μεταφέρεται με τον άνεμο (Αυγουλάς, 2008).

Φαινόμενο των άδειων ή ελλιπώς ανεπτυγμένων καρπών (IDF: Incompletely Developed Fruit)

Είναι το φαινόμενο της δημιουργίας καρπών που είναι άδειοι ή η ανάπτυξή τους είναι ελλιπής. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή πορεία της άνθησης. Μερικοί από αυτούς είναι η θερμοκρασία του αέρα, ακολουθούμενη από την υγρασία (εδαφική και ατμοσφαιρική), η θρέψη και το φως. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 35° C κατά την περίοδο της άνθησης, σε συνδυασμό με χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία, δυσχεραίνεται σημαντικά η διαδικασία της γονιμοποίησης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του φαινομένου των άδειων ή ελλιπώς ανεπτυγμένων καρπών (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.3.2.6 ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΣΜΟΣ

Ηλιοτροπισμός ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο τα νεαρά φύλλα, τα βράκτια φύλλα και οι ταξιανθίες του ηλιάνθου, ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια ημέρας, με μία χρονική υστέρηση 48 λεπτών. Οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες είναι στραμμένες ανατολικά κάθε πρωί και στη συνέχεια ακολουθούν τον ήλιο μέχρι τη δύση του. Την αρχική τους θέση παίρνουν κατά τη διάρκεια της νύχτας μέχρι το επόμενο πρωί. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί μια χαρακτηριστική αντίδραση του φυτού, έτσι ώστε να έχει καλύτερη έκθεση των φύλλων του στον ήλιο, αυξάνοντας την φωτοσυνθετική του ικανότητα έως 20%. Σε συννεφιασμένες μέρες καθώς και μετά από την αφαίρεση όλων των φύλλων, δεν γίνεται εκδήλωση του ηλιοτροπισμού. Ο ηλιοτροπισμός της ταξιανθίας σταματάει όταν εκπτυχθούν όλα τα περιφερειακά άγωνα άνθη. Τέλος, οι ταξιανθίες μένουν στραμμένες μόνιμα προς την ανατολή (Ξανθόπουλος, 1993).

1.3.2.7 ΚΑΡΠΟΣ

Ο καρπός του ηλιάνθου είναι αχαίνιο, γνωστός ως «σπόρος», «σπόρια» ή «ηλιόσπορος». Το χρώμα του ποικίλει και είναι δυνατόν να είναι μαύρο, γκρι, κηλιδωτό μέχρι και άσπρο. Το σχήμα του είναι επίμηκες και μοιάζει με ρόμβο. Οι σπόροι των ποικιλιών λάδι συνήθως είναι πιο μικροί, πιο στρόγγυλοι και συμπαγείς (Αυγουλάς, 2008). Το μήκος περίπου 1 εκ. και το πλάτος 0,4-0,5mm. Το μισό βάρος του δίσκου είναι οι σπόροι.

Το ενδοσπέρμιο (σπόρος), περιβάλλεται από διαφανή μεμβράνη και καταλαμβάνει σχεδόν το σύνολο της κοιλότητας του κελύφους (περίπου το 70-80% του βάρους του καρπού) και περιέχει λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και ανόργανα στοιχεία (Μουσταφέρη, 2010) (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1 : Συστατικά του ενδοσπερμίου.

Λιπίδια	38 – 50 %
Πρωτεΐνες	20 – 30 %
Υδατάνθρακες	10 – 25 %
Ανόργανα στοιχεία	3 – 5 %

Πηγή: Μουσταφέρη, 2010

Το περικάρπιο (κέλυφος), αντιστοιχεί στο 20-30% του βάρους του καρπού και περιέχει επίσης λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και ανόργανα στοιχεία (Μουσταφέρη, 2010) (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2 : Συστατικά του περικαρπίου.

Λιπίδια	1 – 5 %
Πρωτεΐνες	2 – 6 %
Υδατάνθρακες	85 – 95 %
Ανόργανα στοιχεία	2 – 4 %

Πηγή: Μουσταφέρη, 2010

Το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται από 40 έως 100gr. Κατά μέσο όρο 100kg σπόρων δίνουν 40kg φλοιούς και 60kg ψίχα (Μπαλατσούρας, 1995). Η σύνθεση οξέων του λαδιού που εξάγεται από τον ηλίανθο παρατίθεται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3: Μέση σύνθεση των οξέων του ηλιέλαιου.

Παλμιτικό οξύ	3 – 5%
Στεατικό οξύ	2 – 4 %
Αραχιδικό και ληγνοκηρικό οξύ	0,5 – 1,5 %
Ελαϊκό οξύ	33 – 55 %
Λινελαϊκό οξύ	55 – 60 %

(Πηγή: Μπαλατσούρας, 1995)

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Ο σπόρος του ηλίανθου αποτελείται από 25% φλοιούς και από 75% ψίχα. Ο φλοιός του ηλίανθου περιέχει μεγάλο ποσοστό λιγνίνης, πεντοζών και άλλων πολυσακχαριτών.

Όταν η υγρασία βρίσκεται στο 9-10%, το περιεχόμενο λάδι των καλλιεργούμενων ποικιλιών βρίσκεται στο 42-44%. Η περιεκτικότητα του ηλιέλαιου σε λινελαϊκό και ελαϊκό οξύ καθορίζει και την ποιότητά του. Τα δύο αυτά οξέα αποτελούν το 85-90% του συνόλου των λιπαρών οξέων. Το ηλιέλαιο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση όταν περιέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό ελαϊκό οξύ ενώ χρησιμοποιείται στη βιομηχανία όταν περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό λινελαϊκού οξέος (Ξανθόπουλος, 1993).

1.4 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Ανάλογα με τις μορφολογικές μεταβολές του φυτού διακρίνεται ο βιολογικός τους κύκλος σε διάφορα στάδια. Το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια καθορίζεται από το στάδιο που βρίσκεται το 50% των φυτών της (Ξανθόπουλος, 1993). Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους διαχωρισμού των σταδίων ανάπτυξης καθορίζει πέντε κύρια στάδια (Arnaud, 1986):

1. Φύτρωμα (Α)

2. Βλαστικό στάδιο (B)
3. Εμφάνιση ανθικής καταβολής (E)
4. Άνθιση (F)
5. Ωρίμανση (M)

Το καθένα από αυτά τα στάδια διαχωρίζεται σε επιμέρους μέρους στάδια, που προσδιορίζονται από δύο κωδικούς (Ξανθόπουλος, 1993).

A. Φύτρωμα

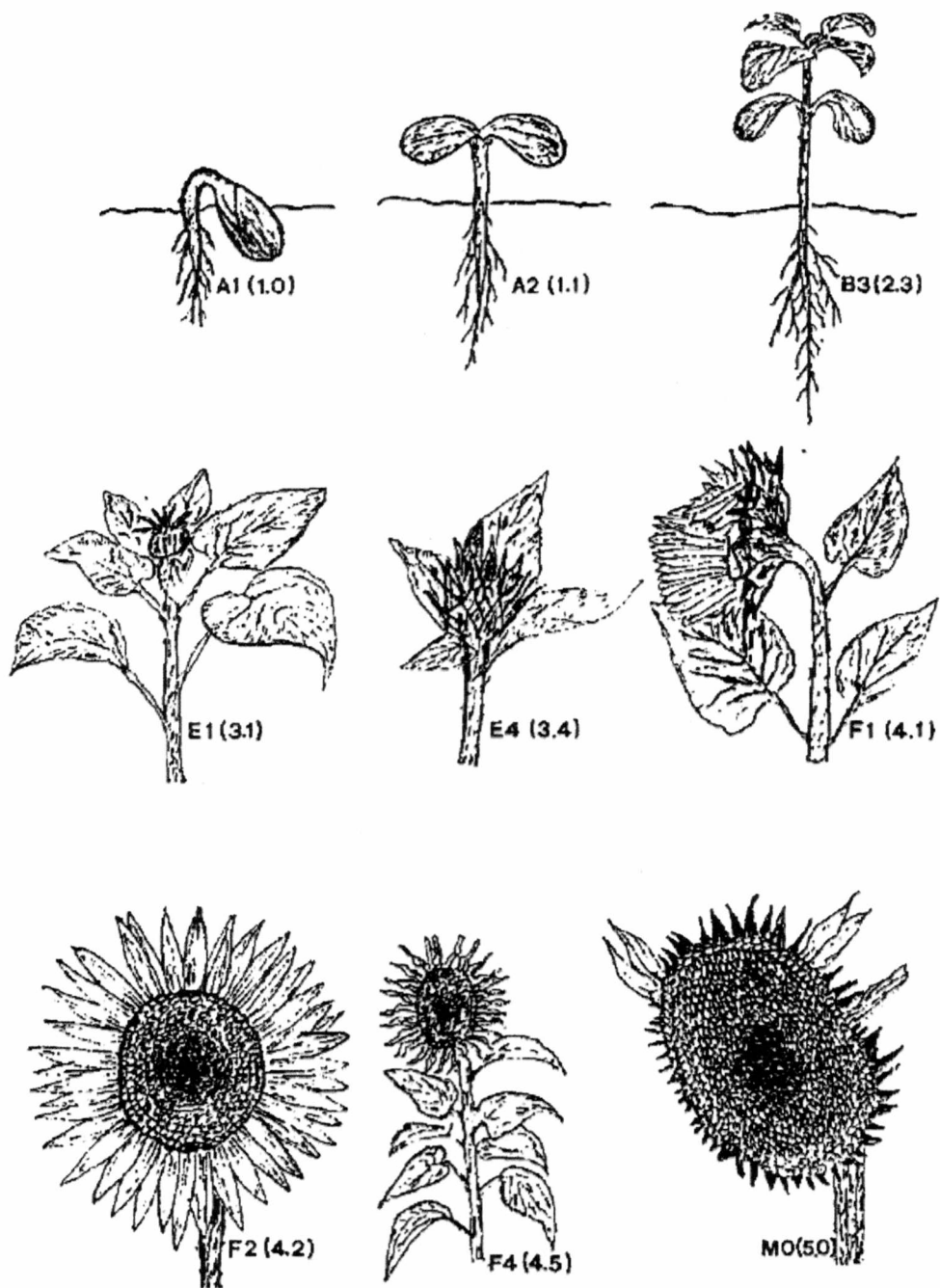
- A0 0 Σπόρος
 - 0.1 ο σπόρος είναι ακόμη ξηρός
 - 0.3 τέλος της απορρόφησης νερού από τον σπόρο
 - 0.5 έναρξη εξόδου του ριζιδίου
 - 0.7 το μήκος του βλαστιδίου είναι μισό του σπόρου
 - 0.9 το βλαστίδιο είναι διπλάσιο σε μήκος από τον σπόρο
- A1 1.0 εμφάνιση κοτυληδόνων
 - εμφάνιση των πρώτων φύλλων

B. Βλαστικό στάδιο

- B1 2.1 το 1^ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm
- B2 2.2 το 1^ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά
- B3 2.3 το 1^ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm
- B4 2.4 το 1^ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά
- B5 2.5 το 5^ο φύλλο έχει μήκος 4cm
- Bv 2.v το νιοστό φύλλο έχει μήκος 4cm

E. Εμφανής ανθική καταβολή

- E1 3.1 εμφάνιση της ανθικής καταβολής ανάμεσα στα φύλλα
- E2 3.2 διάμετρος της ταξιανθίας 0,5 – 2cm
- E3 3.3 η ταξιανθία έχει ξεχωρίσει από τα φύλλα και έχει διάμετρο 3 – 5cm
- E4 3.4 διάμετρος ταξιανθίας 5 – 8cm
- E5 3.5 η ταξιανθία είναι ακόμα κλειστή και τα περιφερειακά άνθη μόλις διακρίνονται



Εικόνα 1.4: Στάδια ανάπτυξης του ηλίανθου.

(Πηγή: Ξανθόπουλος, 1993)

F. Άνθιση

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

M. Ωρίμανση

- M0 5.0 τα περιφερειακά άνθη έχουν πέσει, ενώ ακόμα η πίσω πλευρά της ταξιανθία είναι ακόμη πράσινη
 - M1.1 5.11 η πίσω πλευρά της ταξιανθίας αρχίζει να κιτρινίζει, οι σπόροι έχουν υγρασία 50% και η υπόλοιπη κεφαλή 80%
 - M1.2 5.12 η πίσω πλευρά της κεφαλής και τα βράκτια έχουν κιτρινίσει, η υγρασία των σπόρων είναι στο 40% και τα κάτω έχουν ξεραθεί
 - M1.3 5.13 η πίσω πλευρά της κεφαλής είναι κίτρινη, τα βράκτια αρχίζουν να γίνονται καστανά και η υγρασία των σπόρων μειώνεται στο 30%
- M2 5.2 τα βράκτια της κεφαλής έχουν γίνει κατά 75% καστανά, η υγρασία των σπόρων περίπου 20 – 25% και τα 2/3 των κατώτερων φύλλων έχει ξεραθεί
- M3 5.3 όλο το πίσω μέρος της κεφαλής έχει γίνει καστανό, η υγρασία κυμαίνεται στο 15% και όλα σχεδόν τα φύλλα έχουν ξεραθεί
- M4 5.4 όλα τα μέρη του φυτού έχουν γίνει καστανά και η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται στο 10%

1.5 ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

1.5.1 ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ

Για την αμειψισπορά των σιταγρών είναι ευρέως διαδεδομένη η χρήση του ηλίανθου. Καλό προηγούμενο για τον ηλίανθο αποτελεί το σιτάρι, ενώ η συνεχής καλλιέργειά του αποδίδει λιγότερο. Είναι καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που ακολουθούν σε

αλατούχα εδάφη (Ξανθόπουλος, 1993). Τα οφέλη ως προς την καλλιέργεια και το χωράφι είναι τα εξής:

- Διατηρούνται οι φυσικές ιδιότητες του αγρού, κυρίως η δομή και το πορώδες.
- Μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης ασθενειών ή αποτρέπεται η μετάδοσή τους.
- Μειώνονται τα προβλήματα από προσβολές εντόμων.
- Μειώνεται ο αριθμός των ζιζανίων. Η περίπτωση της οροβάγχης αποτελεί το σημαντικότερο ζιζάνιο στον ηλίανθο.
- Αποφεύγεται η ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων. Η επανειλημμένη χρήση ζιζανιοκτόνων που δρουν με τον ίδιο τρόπο, οδηγεί στην ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων, που δύσκολα πλέον καταπολεμούνται χημικά.
- Μειώνεται η εξάντληση της υγρασίας του εδάφους (ως βαθύρριζο φυτό που είναι, εξαντλεί την υγρασία σε μεγάλο βάθος).
- Μειώνονται τα φαινόμενα διάβρωσης και έκπλυσης θρεπτικών στοιχείων. Μεταξύ δύο ανοιξιάτικων καλλιεργειών μεσολαβούν 8-9 μήνες χωρίς την κάλυψη του χωραφιού, οπότε η φυτική κάλυψη του χωραφιού κρίνεται επιβεβλημένη αυτή την περίοδο.
- Αποτρέπονται φαινόμενα φυτοτοξικότητας ή αλληλοπάθειας από τα φυτικά υπολείμματα του ηλίανθου .
- Αυξάνεται η στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.5.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ

Για τη σωστή εγκατάσταση και τη βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών του ηλίανθου απαιτείται προσεκτική προετοιμασία του χωραφιού. Η πρώτη από τις εργασίες που πραγματοποιείται για την προετοιμασία του εδάφους είναι το φθινοπωρινό όργωμα. Αυτό έχει ως σκοπό την αναστροφή του εδάφους, την ενσωμάτωση ζιζανίων και φυτικών υπολειμμάτων που έχουν παραμείνει στο έδαφος. Το όργωμα αυτό αν δεν μπορεί να γίνει το φθινόπωρο τότε μετατίθεται για την άνοιξη. Το έδαφος θα πρέπει να βρίσκεται στο ρώγο του για να πραγματοποιηθεί το όργωμα με επιτυχία (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Στη συνέχεια, ακολουθεί η προετοιμασία της σποροκλίνης καθώς έρχεται η άνοιξη. Η πρώτη επεξεργασία που θα χρειαστεί το έδαφος θα είναι το ψιλοχωμάτισμα που επιτυγχάνεται με καλλιεργητή ή σβωλοκόπτη ή φρέζα ή συνδυασμό αυτών. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί η υγρασία του χωραφιού έτσι ώστε να έχουμε ομοιόμορφο φύτευμα των φυτών (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.5.3 ΛΙΠΑΝΣΗ

Ο ηλίανθος χρειάζεται συνήθως 8 μονάδες αζώτου και 5 μονάδες φωσφόρου. Επίσης, είναι απαραίτητες σχετικά μεγάλες ποσότητες ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου, χαλκού και βορίου (Ξανθόπουλος, 1993). Χρειάζεται προσεκτική χρήση του αζώτου καθώς μεγάλες ποσότητες μειώνουν την περιεκτικότητα σε λάδι στους σπόρους. Από την άλλη, η υπέρμετρη χρήση του καλίου και του φωσφόρου οδηγούν σε αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας (Γαλανοπούλου και Σενδούκα, 2002).

1.5.4 ΑΡΔΕΥΣΗ

Η καλλιέργεια του ηλίανθου είναι συνήθως ξηρική. Ωστόσο, με την άρδευση επωφελείται πολύ και υπερδιπλασιάζει την απόδοσή του. Επιπλέον, αυξάνει την περιεκτικότητα σε λάδι και βελτιώνει την ποιότητα των πρωτεϊνών (Γαλανοπούλου και Σενδούκα, 2002).

1.5.5 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά γίνεται με μηχανές ακριβείας αραβόσιτου ή ζαχαρότευτλων, σε βάθος 3 – 10 cm, ανάλογα της υγρασίας και του μεγέθους του σπόρου. Ιδιαίτερως σε ξηρικούς αγρούς θα πρέπει να γίνεται πρώιμα η σπορά. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς είναι 60 – 75 cm και επί της γραμμής 15 – 20 cm. Η ποσότητα του σπόρου που θα χρησιμοποιηθεί για ένα στρέμμα κυμαίνεται από 0,5 – 1,5 kg και η άριστη πυκνότητα είναι 5000 – 6000 φυτά/στρ.

Μάλιστα, θα μπορούσε να μειωθεί ο αριθμός των φυτών κατά 10 – 15 % χωρίς να μειωθεί και η απόδοση, καθώς η απώλεια αντισταθμίζεται με την αύξηση του βάρους των σπόρων (Ξανθόπουλος, 1993).

1.5.6 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η ημερομηνία της συγκομιδής είναι συνδεδεμένη με το ποσοστό της υγρασίας του σπόρου. Το ιδανικό ποσοστό υγρασίας στον σπόρο κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 10 – 15%. Σ' εκείνη τη χρονική περίοδο τα φύλλα του φυτού έχουν κιτρινίσει και τα κάτω φύλλα ξεραίνονται. Η συγκομιδή γίνεται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές σιταριού ή καλαμποκιού (Γαλανοπούλου – Σενδούκα, 2002). Ο εμπορεύσιμος σπόρος έχει υγρασία έως 10% και ξένες ύλες έως 2% (Ξανθόπουλος, 1993).

1.6 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ο ηλιάνθος μπορεί να καλλιεργηθεί σχεδόν σε όλους τους τύπους εδαφών (Ξανθόπουλος, 1993), καθώς οι απαιτήσεις του ως προς το έδαφος δεν είναι μεγάλες (Φασούλας και Σενλόγλου 1966). Παρόλα αυτά, καλύτερη ανάπτυξη εξασφαλίζεται σε εδάφη μάλλον ελαφρά, καθώς σ' αυτά δεν παρεμποδίζεται η διείδυση της ρίζας, οργανικά και με καλή αποστράγγιση. Αντίθετα, παρουσιάζει μικρή αντοχή σε αλατούχα εδάφη όπου, έπειτα από συγκεκριμένα όρια, μειώνονται οι αποδόσεις σε σπόρο του και η περιεκτικότητά του σε λάδι (Ξανθόπουλος, 1993). Είναι απαιτητικό φυτό σε θρεπτικά στοιχεία, ιδιαίτερα όσον αφορά το άζωτο και το φώσφορο, υπερβολική όμως ποσότητα N ελαττώνει την περιεκτικότητά του σπόρου σε λάδι. Ανέχεται pH εδάφους από 5,7 έως 8, αλλά το άριστο βρίσκεται μεταξύ 6 και 7,2 (Φασούλας και Σενλόγλου 1966).

1.6.1 ΦΩΣ

Ο ηλιάνθος είναι συνήθως φυτό ουδέτερο στον φωτοπεριοδισμό και απαιτητικό σε φως. Μελέτες έδειξαν πως 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 (Bangeefa *et al.*, 1997).

1.6.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ο ηλίανθος προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, γεγονός που τον καθιστά ικανό να ευδοκιμήσει τόσο σε χώρες όπως η Ρωσία όσο και σε χώρες όπως η Αργεντινή (Ξανθόπουλος, 1993).

Η αντοχή του ηλίανθου σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερη κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής του και μειώνεται καθώς προχωράει η ανάπτυξη του. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι η αντοχή του στο στάδιο των κοτυληδόνων βρίσκεται στους -2 °C, στο στάδιο του ενός ζεύγους στους -8 °C ενώ στο στάδιο των 8-10 φύλλων βρίσκεται πάνω από τους 0 °C. Στο συγκεκριμένο στάδιο, αρνητικές θερμοκρασίες προκαλούν ολοκληρωτική καταστροφή (Ξανθόπουλος, 1993).

Όσον αφορά την φωτοσύνθεση, ο ρυθμός της μεγιστοποιείται στους 28 °C. Οι επιθυμητές ημερήσιες θερμοκρασίες για το στάδιο της ανάπτυξης είναι 24-26 °C, ενώ οι αντίστοιχες νυχτερινές 18-20 °C (Ξανθόπουλος, 1993).

Η θερμοκρασία επηρεάζει άμεσα τη σύνθεση του λαδιού, την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι, μόνο όταν ξεπερνά τους 35 °C για μεγάλο χρονικό διάστημα, και το ποσοστό της πρωτεΐνης στο σπόρο. Όσον αφορά το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης, όσο αυξάνει η θερμοκρασία τόσο αυξάνει και το ποσοστό πρωτεΐνης στο σπόρο (Ξανθόπουλος, 1993).

1.6.3 ΝΕΡΟ

Ο ηλίανθος έχει υψηλό συντελεστή διαπνοής, περίπου 550, ίσως γιατί διαθέτει πολλά και μεγάλα στομάτια, γεγονός που το καθιστά ένα από τα "σπάταλα" φυτά σχετικά με την διαχείριση του νερού. Εντούτοις, χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικός στην ξηρασία κυρίως χάρη

στο βαθύ και εκτεταμένο ριζικό του σύστημα. Η κριτική περίοδος είναι 10 ημέρες πριν και μετά την άνθηση, οπότε σοβαρή έλλειψη υγρασίας μειώνει την απόδοση (Ξανθόπουλος, 1993).

1.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Οι κυριότεροι στόχοι τη καλλιέργειας του ηλίανθου που προορίζεται για την παραγωγή ελαίου είναι:

1. η αύξηση των τελικών αποδόσεων σε σπόρο και σε έλαιο
2. η βελτίωση του δείκτη συγκομιδής
3. η αυξημένη ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες
4. η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα
5. η ομοιογένεια τη καλλιέργειας στο χωράφι
6. το περιορισμένο ύψος των φυτών
7. η υψηλή συγκέντρωση ελαίου στο σπόρο
8. η παραγωγή ελαίου υψηλής ποιότητας (Skoric, 1992)

Μπορεί η καλλιέργεια του ηλίανθου να έχει επεκταθεί σε άγονες περιοχές ταχύτατα, παρ' ολ' αυτά όμως δεν είναι επικερδής σε όλες τις περιοχές. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή διαφορετικοί τύποι απαιτούνται για διαφορετικές περιοχές ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή (Skoric, 1992). Από το 1979, οι Kovacik και Skaloud υποστήριζαν ότι η πρωιμότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την καλλιέργεια του ηλίανθου σε νοτιότερες περιοχές τη Ευρώπης. Η πρωιμότητα βοηθά τα υβρίδια να συμπληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο σε περισσότερο ευνοϊκές συνθήκες και χωρίς τον κίνδυνο προσβολής από κάποια ασθένεια. Ιδιαίτερη έμφαση στην ανθεκτικότητα στην ξηρασία δίνεται από άλλους ερευνητές (Fernandez-Martinez and Dominguez-Jimenez, 1981) ή στην αποτελεσματική απορρόφηση του φωσφόρου από το έδαφος.

Οι αποδόσεις σε έλαιο και η ποιότητα του ελαίου είναι αποτέλεσμα του γονότυπου και των περιβαλλοντικών επιδράσεων. Το ηλιέλαιο περιέχει μια σημαντική ποσότητα λινελαϊκού οξέος (550-650g/kg) και αρκετή ποσότητα ελαϊκού οξέος (200-300g/kg) ενώ άλλα οξέα ανιχνεύονται σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Η αναλογία λινελαϊκού/ελαϊκού δεν

είναι σταθερή. Μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, αλλά οι πιο σημαντικοί είναι ο γονότυπος και το περιβάλλον (Skoric, 1992). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στα high oleic υβρίδια, ο πιο καθοριστικός παράγοντας είναι ο γονότυπος. Στα συμβατικά υβρίδια ηλιάνθου οι αποδόσεις σε έλαιο και η ποιότητα του ελαίου εξαρτώνται περισσότερο από το περιβάλλον, το οποίο αλλάζει ανά έτος, περιοχή και εποχή σποράς. Όταν στις καλλιέργειες επικρατεί επάρκεια εδαφικής υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, η ποιότητα του σπόρου και του ελαίου καθορίζεται κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία (Connor and Hall, 1997).

Ο φαινότυπος είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του γονότυπου με το περιβάλλον (Borojevic, 1971). Η απόδοση του ηλιάνθου είναι ένα σύνθετο χαρακτηριστικό, με εξαιρετικά πολύπλοκο γενετικό έλεγχο του γνωρίσματος που εξαρτάται από πολλά επιμέρους γνωρίσματα καθώς και από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Fick, 1978). Η ελαιοπεριεκτικότητα των σπόρων εξαρτάται από τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες και τη διαθέσιμη υγρασία στο στάδιο γεμίσματος των σπόρων. Η συγκέντρωση ελαίου στο σπόρο αυξάνει με μέση θερμοκρασία κάτω από τους 25°C, με εδαφική υγρασία και με απουσία ασθενειών (Skoric, 1992).

Στον ηλιάνθο σημαντικοί παράγοντες που επιδρούν στην απόδοση σε σπόρο και σε έλαιο ανά μονάδα επιφάνειας είναι:

- ο αριθμός των φυτών (55000-60000/ha)
- ο αριθμός σπόρων/φυτό (πάνω από 1500)
- το βάρος 1000 σπόρων (πάνω από 80g)
- το μικρό ποσοστό περιβλημάτων (20-24%)
- η περιεκτικότητα των σπόρων σε έλαιο (πάνω από 500g/kg)

Αν η καλλιέργεια του ηλιάνθου καταφέρει να φτάσει τις παραπάνω τιμές θα μπορούσαν να παραχθούν πάνω από 2000kg ελαίου/ha (Skoric, 1992).

Ο αριθμός των σπόρων ανά φυτό καθορίζεται από:

- τον αριθμό των ανθέων που σχηματίζονται ανά ταξιανθία
- τον βαθμό του αυτοασυμβίβαστου του συγκεκριμένου γονότυπου
- τις περιβαλλοντικές συνθήκες
- το ποσοστό των ανθέων που θα γονιμοποιηθούν και θα παράγουν σπόρο

1.7.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΝΘΙΣΗ

Η έναρξη της άνθισης ξεκινά 20-30 ημέρες μετά τη σπορά και μπορεί να επιταχυνθεί με αυξημένες θερμοκρασίες. Η περίοδος της άνθισης διαρκεί περίπου 10 ημέρες. Ο γονότυπος και οι περιβαλλοντικές συνθήκες καθορίζουν το ρυθμό και τη διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων, δηλαδή από το τέλος της άνθισης μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση, και αυτό επιταχύνεται από την αύξηση της θερμοκρασίας και την ξηρασία και επηρεάζεται από την ακτινοβολία. Η περίοδος από την έναρξη της άνθισης μέχρι και το τέλος της ωρίμανσης είναι σημαντική για τον καθορισμό των τελικών αποδόσεων (Connor and Sandras, 1992).

Η θερμοκρασία είναι ο πιο καθοριστικός περιβαλλοντικός παράγοντας (Hammer *et al.*, 1982). Η συγκέντρωση ελαίου στο σπόρο ξεκινά την πρώτη ημέρα της άνθισης και τελειώνει με τη φυσιολογική ωρίμανση του φυτού. Η πιο σημαντική περίοδος είναι μεταξύ 15^{ης} και 22^{ης} ημέρας μετά την έναρξη της άνθισης. Η αναλογία λινελαϊκού/ελαϊκού οξέος αλλάζει κατά την περίοδο σχηματισμού του ελαίου. Η υψηλή συγκέντρωση του ελαϊκού οξέος βρέθηκε από διάφορους ερευνητές ότι οφείλεται σε γονιδιακή δράση (Fick, 1984; Miller *et al.*, 1987; Fernadez-Martinez *et al.*, 1989).

1.7.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Η ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας ολοκληρώνεται μέχρι την άνθιση, ενώ υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, προκαλείται ραγδαία μείωση της ανάπτυξής της (Sandras *et al.*, 1991b). Η παραγωγή φωτοσυνθετικών προϊόντων εξαρτάται από την απορρόφηση της ακτινοβολίας, από την κόμη των φυτών και την έκταση των φωτοσυνθετικών επιφανειών, που είναι κυρίως τα φύλλα και δευτερευόντως τα στελέχη και η ταξιανθία. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας παρουσιάζει γονοτυπική εξάρτηση (Connor and Sandras, 1992).

Η βελτίωση στη δομή της φυλλικής επιφάνειας, τροποποιώντας τον αριθμό και τη θέση των φύλλων στο στέλεχος, είναι επιθυμητή για την αύξηση του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας των φυτών, την αποτελεσματικότερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την αύξηση της παραγωγής φωτοσυνθετικών προϊόντων. Σύμφωνα με τους Cuprina και Vasiljevic (1974) και Skoric (1992), τα υβρίδια πρέπει να αναπτύσσουν τη μέγιστη φυλλική

επιφάνεια και να την διατηρούν όσο το δυνατόν περισσότερο, για να επιτύχουν μεγαλύτερες αποδόσεις.

1.7.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΗΛΙΟΤΡΟΠΙΣΜΟΣ

Ο ηλιοτροπισμός των φύλλων έχει ερευνηθεί ευρέως στον ηλίανθο. Δεν αφορά σε ενδογενή ρυθμό, αλλά μία ανταπόκριση στην κίνηση του ήλιου, η οποία προκαλεί μία αύξηση στη φωτοσύνθεση κατά 20% περίπου (Shell and Lang, 1976).

1.7.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Ο μέγιστος ρυθμός φωτοσύνθεσης στον ηλίανθο είναι μεγαλύτερος από των περισσότερων C₃ ειδών. Το βαμβάκι και το βούρλο είναι C₃ είδη με παρόμοιες ικανότητες φωτοσύνθεσης (Connor and Sandras, 1992). Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης του ηλίανθου πλησιάζει αυτόν των C₄ φυτών. Δεσμεύει 40-50mg CO₂/h/dm κατά μέσο όρο, ενώ το καλαμπόκι που ανήκει στα C₄ φυτά δεσμεύει 50-60mg CO₂/h/dm. Στον ηλίανθο, αυτό το χαρακτηριστικό φαίνεται πως είναι αποτέλεσμα μεγαλύτερης αγωγιμότητας των στοματιών των φύλλων, μεγαλύτερης δραστηριότητας της rubisco και αποτελεσματικής μεταφοράς των ηλεκτρονίων στου χλωροπλάστες (Connor and Sandras, 1992).

1.7.5 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΝΘΙΔΙΑ

Ο Darwin (1859) πρότεινε ότι η διάταξη των ανθιδίων και των σπόρων στις ταξιανθίες των Compositae επηρεάζει την ανάπτυξη και το σχήμα τους. Η γεωμετρική διάταξη των ανθιδίων έχει περιγραφεί από τότε από πολλούς ερευνητές (Adler, 1974; Jean, 1983; Williams and Brittain, 1984). Τα ανθίδια που αδυνατούν να παράγουν σπόρο, εξαιτίας προβλημάτων αυτοασυμβίβαστου ή ελλιπούς επικονίασης, βρίσκονται συνήθως διασκορπισμένα τυχαία σε όλη την επιφάνεια της ταξιανθίας (Connor and Sandras, 1992). Υπάρχει όμως και ένας δεύτερος τύπος ανθιδίων που αδυνατούν να γονιμοποιηθούν και

βρίσκονται στο κέντρο της ταξιανθίας. Πολλές αιτίες έχουν προταθεί μέχρι σήμερα για να εξηγήσουν τα 'άδεια' κέντρα στις ταξιανθίες του ηλίανθου. Θεωρείται όμως πιο πιθανό η ανεπάρκεια χώρου να περιορίζει την ανάπτυξη των σπόρων που βρίσκονται στο κέντρο της ταξιανθίας. Η αναλογία των ανθιδίων που μπορούν να παράγουν σπόρο μειώνεται σημαντικά όταν σημειωθεί υδατικό έλλειμμα κατά τη διάρκεια της άνθισης ή μετά την άνθιση (Sandras *et al.*, 1992). Ο μεγάλος αριθμός ανά φυτό που μπορούν να παράγουν σπόρο διασφαλίζει αυξημένες αποδόσεις (Skoric, 1992). Στην αύξηση της απόδοσης μπορεί να συμβάλλει σημαντικά και το μεγάλο βάρος των 1000 σπόρων. Η αύξηση του βάρους των 1000 σπόρων κατά 1g μόνο μπορεί να αποφέρει αύξηση στις αποδόσεις κατά 40kg/ha (Skoric, 1992).

1.7.6 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη συσχέτιση των αγρονομικών γνωρισμάτων και των χαρακτηριστικών των σπόρων με τις τελικές αποδόσεις σε σπόρο και σε έλαιο. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να έχουν διαφορετική επίδραση στις αποδόσεις της καλλιέργειας, ανάλογα με την εποχή σποράς. Όμως η συσχέτιση μεταξύ του ύψους των φυτών και της ελαιοπεριεκτικότητας, μεταξύ του βάρους των 1000 σπόρων ανά ταξιανθία και του ύψους των φυτών καθώς και της διαμέτρου της ταξιανθίας είναι σταθερή και στις δύο εποχές σποράς. Οι διαφορές ανάμεσα στις καλλιεργητικές περιόδους μάλλον οφείλονται στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, ενώ η συστηματικά σταθερή σχέση των παραπάνω συσχετίσεων πιθανότατα οφείλεται σε ορισμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του ηλίανθου. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφέρει οι Adams (1967) και οι Rasmusson και Cannell (1970).

Το ύψος των φυτών του ηλίανθου φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Την άνοιξη, η μεγαλύτερη παραμονή της καλλιέργειας στο χωράφι και η επικράτηση περισσότερων ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών συμβάλλει στην αύξηση του ύψους των φυτών όταν καλλιεργούνται αυτή την εποχή, παρόλο που το ύψος των φυτών θεωρείται γενετικά ελεγχόμενο χαρακτηριστικό. Η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν και το ολικό ξηρό βάρος των φυτών (Villalobos *et al.*, 1996). Τα αποτελέσματα πολλών ερευνητών έχουν δείξει ότι οι αποδόσεις σε σπόρο σχετίζονται σημαντικά με τον αριθμό σπόρων ανά ταξιανθία (Putt, 1943) και πιο συγκεκριμένα ότι ίσως είναι ο περισσότερο καθοριστικός παράγοντας των αποδόσεων σε

σπόρο και σε έλαιο. Όμως οι αποδόσεις σε έλαιο φτάνουν σε ένα μέγιστο στους 7.500 σπόρους/m² περίπου και στη συνέχεια η συσχέτιση δεν είναι πια θετική (Lopez Pereira *et al.*, 1999b). Επιπλέον, οι αποδόσεις σε σπόρο έχει βρεθεί ότι σχετίζονται σημαντικά και θετικά με τη διάμετρο της ταξιανθίας (Putt, 1943) και με την περιεκτικότητα των σπόρων σε έλαιο (Putt, 1943; Fick *et al.*, 1978).

1.7.7 ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Τέλος, εκτός από τον γονότυπο οι αποδόσεις επηρεάζονται καθοριστικά από την τεχνική της καλλιέργειας, την λίπανση, την άρδευση και τον έλεγχο των ζιζανίων. Στην Ελλάδα, η μέση απόδοση σε έλαιο μπορεί να φτάσει τα 291kg/στρ με την μέγιστη να φτάνει τα 329kg/στρ (Ξανθόπουλος, 1993).

1.8 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Τα κύρια χαρακτηριστικά του ηλιάνθου που αποτελούν βασικούς στόχους βελτίωσης είναι:

1. η απόδοση σε σπόρο
2. η ποιότητα του ελαίου
3. η αντοχή στην ξηρασία
4. η αντοχή στα έντομα και στις ασθένειες
5. το χαμηλό και ομοιόμορφο ύψος φυτού

Εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, υπάρχει μία πλειάδα άλλων χαρακτηριστικών που αποτελεί στόχο βελτίωσης (Ξανθόπουλος, 1993).

Ο κύριος στόχος κατά τη δημιουργία νέων ποικιλιών είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης σε έλαιο ανά μονάδα επιφάνειας. Τα τελευταία χρόνια, έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στη γενετική βελτίωση που είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ποικιλιών-υβριδίων με μεγάλο γενετικό δυναμικό απόδοσης και δυνατότητα καλλιέργειας με βελτιωμένες πρακτικές. Ωστόσο, οι βελτιωμένες αυτές ποικιλίες προϋποθέτουν εντελώς διαφορετικές

συνθήκες ανάπτυξης και διαφορετικές απαιτήσεις συγκριτικά με τα παλαιότερες ποικιλίες (Ξανθόπουλος, 1993).

Τα νέα αυτά υβρίδια είναι μονοστέλεχα και καλλιεργούνται σε πυκνούς πληθυσμούς. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των εδαφοκλιματικών συνθηκών που απαιτούν σε σχέση με τις κλασικές ποικιλίες. Οι διαφορές αυτές είναι που οδήγησαν στις διαφορές της αρχιτεκτονικής του φυτού. Η τάση είναι τα φυτά να είναι σημαντικά πιο χαμηλά, να έχουν υψηλό παραγωγικό δυναμικό, μέσω της ενσωμάτωσης γονιδίων που επηρεάζουν θετικά την απόδοση και ελαιοπεριεκτικότητα. Επίσης, σημαντικούς βελτιωτικούς στόχους αποτελούν η καλή ποιότητα ελαίου καθώς και η αυξημένη αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες (Ξανθόπουλος, 1993).

Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας αλλάζουν και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της ποικιλίας-υβριδίου. Στην χώρα μας και γενικά στις μεσογειακές περιοχές, η αντοχή στην ξηρασία είναι ένα από τα βασικότερα γνωρίσματα (Ξανθόπουλος, 1993).

1.8.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Είναι αξιοσημείωτο ότι παρά τις βελτιωτικές προσπάθειες δεν έχουν αναπτυχθεί υβρίδια που συγκεντρώνουν όλα τα επιθυμητά γνωρίσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένα από τα επιθυμητά γνωρίσματα, όπως η απόδοση, και η ελαιοπεριεκτικότητα και κατάλληλη αρχιτεκτονική του φυτού, χαρακτηρίζονται από σύνθετο γενετικό υπόβαθρο (πολυγονιδιακός έλεγχος των γνωρισμάτων), επηρεάζονται σημαντικά από το περιβάλλον και παρουσιάζουν σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ τους. Οι ανωτέρω λόγοι καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη την επιλογή, μέσω του φαινοτύπου, των επιθυμητών γονοτύπων (Ξανθόπουλος, 1993).

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, κάθε φαινότυπος είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης του γονοτύπου και του περιβάλλοντος. Έτσι, η αξιόπιστη επιλογή προϋποθέτει τη δυνατότητα διάκρισης των επιθυμητών γνωρισμάτων και ταυτόχρονα τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών παραγόντων που επιδρούν σημαντικά. Τα γνωρίσματα που αποτελούν συστατικά της απόδοσης για τον ηλίανθο είναι τα εξής:

- αριθμός των φυτών
- αριθμός σπόρων ανά κεφαλή

- εκατολιτρικό βάρος
- βάρος 1000 σπόρων
- ποσοστό των φλοιών
- ποσοστό του ελαίου (Ξανθόπουλος, 1993).

1.8.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΥΠΟΥ ΦΥΤΟΥ

Οι στόχοι βελτίωσης που αφορούν τον τύπο του φυτού είναι οι εξής:

- ύψος του φυτού
- μέγεθος και το σχήμα της κεφαλής
- κλίση της κεφαλής
- αρχιτεκτονική του φυτού
- βελτίωση του δείκτη συγκομιδής

1.8.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ

Όπως έχει αναφερθεί η αντοχή στην ξηρασία είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά βελτίωσης για τις μεσογειακές χώρες όπως η χώρα μας. Αυτό συμβαίνει καθώς κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες με ελάχιστες βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα η ανάπτυξη του φυτού να εξασφαλίζεται από την υπάρχουσα εδαφική υγρασία (Ξανθόπουλος, 1993).

Η αντοχή στην ξηρασία εξαρτάται από πολλά μορφολογικά και φυσιολογικά γνωρίσματα που συχνά εμφανίζουν αρνητική μεταξύ τους συσχέτιση (Ξανθόπουλος, 1993).

Το πρόγραμμα βελτίωσης για αντοχή στη ξηρασία εφαρμόζεται συνήθως με συγκεκριμένες πρακτικές. Η πρώτη, στηρίζεται στην επιλογή πολύ πρώιμων γενοτύπων οι οποίοι έχουν την ικανότητα ολοκλήρωσης του βιολογικού τους κύκλου πριν από την εκδήλωση της ξηρασίας. Η άλλη πρακτική, έχει σχέση με τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φυτού και στηρίζεται στη μείωση της κατανάλωσης νερού κατά την

κρίσιμη περίοδο. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μέσω του κλεισίματος των στομάτων είτε μέσω της ανάπτυξης εκτεταμένου ριζικού συστήματος (Ξανθόπουλος, 1993).

Οι δύο προαναφερθείσες προσεγγίσεις επιτυγχάνουν διαφυγή της καταπόνησης κατά το κρίσιμο στάδιο έλλειψης επαρκούς εδαφικής υγρασίας (Ξανθόπουλος, 1993).

1.8.4 ΑΛΛΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Η βελτίωση επικεντρώνεται επίσης:

- στην ποιότητα του λαδιού
- στο ποσοστό και την ποιότητα της πρωτεΐνης
- στην ανθεκτικότητα στις ασθένειες
- στην ανθεκτικότητα στα έντομα

1.8.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

1.8.5.1 ΜΑΖΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στα πρώτα στάδια της βελτίωσης του ηλίανθου. Είναι αποτελεσματική κυρίως για γνωρίσματα που ελέγχονται από γονίδια που δρουν αθροιστικά και έχει δώσει ποικιλίες που καλλιεργήθηκαν σε μεγάλη κλίμακα (Ξανθόπουλος, 1993).

Η τεχνική της πρακτικής αυτής είναι σχετικά απλή. Αρχικά από έναν πληθυσμό φυτών επιλέγονται συγκεκριμένα φυτά με βάση τον φαινότυπό τους. Στη συνέχεια οι σπόροι των επιλεγμένων φυτών αναμειγνύονται και σπέρνονται. Ο σπόρος αυτός αποτελεί την επόμενη γενεά. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται για έναν ή περισσότερους κύκλους και ο πληθυσμός των επιλεγμένων επιθυμητών φυτών συνιστά τη βελτιωμένη ποικιλία.

1.8.5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ PUSTOVOIT

Αποτελεί μία πρακτική η οποία έχει εφαρμοστεί αποκλειστικά για την καλλιέργεια του ηλίανθου.

Το πρώτο στάδιο είναι βασισμένο στον απογονικό έλεγχο από τα επιλεγμένα ατομικά φυτά. Ακολουθεί η διασταύρωση των καλύτερων φυτών που συγκεντρώνουν επιθυμητά γνωρίσματα. Οι απόγονοι συνιστούν το σπόρο εκκίνησης για νέο κύκλο διασταυρώσεων και επιλογών ή τη νέα ποικιλία προς αξιολόγηση. Με τη μέθοδο εξασφαλίζεται η βαθμιαία μεταβολή του επιλεγόμενου πληθυσμού ενώ συγχρόνως γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί, όσο είναι δυνατόν, η γενετική παραλλακτικότητα που απαιτείται για την περαιτέρω βελτίωση του πληθυσμού (Ξανθόπουλος, 1993).

Συνοπτικά τα στάδια που ακολουθούνται στη συγκεκριμένη μέθοδο είναι τα εξής:

1. επιλογή των καλύτερων φυτών του πληθυσμού βάσει του φαινοτύπου
2. πρώτη αξιολόγηση
3. δεύτερη αξιολόγηση
4. διασταυρώσεις μεταξύ των επιλεγμένων φυτών
5. προκαταρκτικός τελικός πληθυσμιακές δομές

1.9 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Ο ηλίανθος είναι καλλιέργεια ευπρόσβλητη από διάφορους μικροοργανισμούς και έντομα. Στην Ευρώπη, τα έντομα δεν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα, γι αυτό και η χρήση εντομοκτόνων είναι περιορισμένη. Αντίθετα, οι ασθένειες προκαλούν σοβαρές απώλειες στην καλλιέργεια ηλίανθου. Παρακάτω αναφέρονται οι σοβαρότεροι εχθροί και ασθένειες του ηλίανθου, ιδιαίτερα εκείνες που απαντώνται στην Ευρώπη και έχουν σημασία για την Ελλάδα (Σφήκας 1988. Ξανθόπουλος 1993).

1.9.1 ΕΧΘΡΟΙ

Από τα έντομα, ζημιές προκαλούν τα έντομα εδάφους, τα μυζητικά (αφίδες, θρίπες), η ηλιοτιόα, μερικά άλλα λεπιδόπτερα (π.χ. *Homoesoma nebullela*, που προσβάλλει τις ταξιανθίες και τους σπόρους) και μερικά κολεόπτερα (π.χ. *Smicronyx fulvus*, που προσβάλλει κυρίως τους σπόρους).

1. *Homeosoma nebullela*

Είναι ίσως ο βασικότερος εχθρός του ηλίανθου καθώς έχει εντοπιστεί σχεδόν σε όλες τις χώρες καλλιέργειας. Η προσβολή προκαλείται από τις προνύμφες και ξεκινά αρχικά από τις ταξιανθίες, ενώ στη συνέχεια επεκτείνεται στους σπόρους. Η προσβολή θεωρείται σοβαρή όταν υπάρχουν πάνω από 12 προνύμφες σε μια ταξιανθία (Ξανθόπουλος, 1993).

Η αντιμετώπιση του παράσιτου γίνεται με βιολογικές, καλλιεργητικές και χημικές μεθόδους (Ξανθόπουλος, 1993).

2. *Zygogramma exclamationis*

Προσβάλλει κυρίως το φύλλωμα και τους βλαστούς. Οι πρώτες προσβολές γίνονται από τα τέλεια όταν τα φυτά είναι μικρά και βρίσκονται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους. Όταν οι ζημιές είναι σοβαρές, τα φυτά χάνουν ολοκληρωτικά το φύλλωμά τους (Ξανθόπουλος, 1993).

Η καταπολέμηση περιλαμβάνει βιολογικά και χημικά μέσα (Ξανθόπουλος, 1993).

3. *Smicronyx fulvus*

Προσβάλλει κυρίως τους σπόρους. Ανήκει στην οικογένεια των κολεόπτερων και καταστρέφει τα βράκτια αρχικά και τη γύρη στη συνέχεια, καθώς από αυτά τρέφεται το τέλειο έντομο.

4. *Bothynus gibosus*

Αποτελεί μία σοβαρή απειλή για την καλλιέργεια του ηλίανθου ιδιαίτερα για τις ζώνες καλλιέργειας της Αμερικής. Το μέγεθος των απωλειών που προκαλεί εξαρτάται από το στάδιο της προσβολής. Εάν η προσβολή ξεκινήσει νωρίς τότε οι ζημιές είναι ιδιαίτερα μεγάλες (Ξανθόπουλος, 1993).

Η αντιμετώπισή του περιλαμβάνει κυρίως χημικά μέσα (Ξανθόπουλος, 1993).

1.9.2 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Οι ασθένειες αποτελούν μεγαλύτερο πρόβλημα για την καλλιέργεια του ηλίανθου σε σχέση με τους εχθρούς. Οι απώλειες από ασθένειες μπορεί να είναι τόσο σοβαρές ώστε να προκαλέσουν την ολοκληρωτική καταστροφή της καλλιέργειας. Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την προσβολή και εξάπλωση των ασθενειών είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Η προσβολή δεν περιορίζεται εύκολα και μπορεί να πλήξει το φυτό σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του και σε όλα τα μέρη του (Ξανθόπουλος, 1993).

1. Περονόσπορος (*Plasmopara helianthii*).

Ο μύκητας ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετική υγρασία. Συνήθως εμφανίζονται χλωρωτικές κηλίδες, σε όλα τα μέρη του φυτού, που αργότερα γίνονται νεκρωτικές (Ξανθόπουλος, 1993).

Η αντιμετώπιση του περονόσπορου για το αρχικό μόλυσμα περιλαμβάνει ένα απολυμαντικό σπόρου με μυκητοκτόνες ιδιότητες. Ωστόσο, δεν έχει βρεθεί ακόμα δραστική ουσία εναντίον του περονόσπορου για τα επόμενα βλαστικά στάδια του ηλίανθου (Ξανθόπουλος, 1993).

2. Άσπρη σήψη (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Η μολυσματική μορφή του μύκητα είναι τα σκληρώτια τα οποία διαχειμάζουν στο έδαφος σε υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Οι δευτερογενείς μολύνσεις γίνονται από ασκοσπόρια που σχηματίζουν λευκό μυκήλιο, στη συνέχεια δημιουργούνται σκληρώτια και το φυτό εμφανίζει συμπτώματα μάρανσης (Ξανθόπουλος, 1993).

Το πρώτο μέτρο καταπολέμησης της άσπρης σήψης είναι ο περιορισμός των σκληρωτίων του εδάφους με την προσθήκη κυαναμίδης του ασβεστίου σε δόση 20kg/στρ. Η

χημική καταπολέμηση δεν είναι αποτελεσματική, γεγονός που καθιστά καταλληλότερη μέθοδο αντιμετώπισης της ασθένειας τη δημιουργία γενετικά ανθεκτικών ποικιλιών ή υβριδίων (Ξανθόπουλος, 1993).

3. Γκριζωπή μούχλα (*Botrytis cinera*).

Ο μύκητας προσβάλλει όλα τα μέρη του φυτού, αλλά αποτελεί πρόβλημα μόνον όταν οι συνθήκες είναι θερμές και υγρές (όπως στην ποτιστική καλλιέργεια). Προκαλεί κηλίδες γκριζες και υγρές.

Το πρώτο στάδιο αντιμετώπισης είναι η απολύμανση του σπόρου. Μπορεί επίσης, να εφαρμοστεί χημική καταπολέμηση η οποία είναι αποτελεσματική στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού αλλά ενδέχεται να επιφέρει προβλήματα κατά το στάδιο της άνθισης. Ίσως, η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης στον αγρό να είναι οι κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες οι οποίες μπορούν να μειώσουν σημαντικά την έκταση της προσβολής (Ξανθόπουλος, 1993).

4. Καστανή κηλίδωση, καρκίνος του στελέχους ή φόμοψη (*Phomopsis helianthii*).

Αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην πρώην Γιουγκοσλαβία το 1979. Ευνοείται από συχνές βροχοπτώσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα είναι ορατά από την έναρξη της άνθισης και έπειτα. Παρουσιάζονται καστανές κηλίδες στους μίσχους των φύλλων, στο στέλεχος και σπανιότερα και στις κεφαλές. Οι κηλίδες επεκτείνονται και προχωρούν σε βάθος με συνέπεια παρεμποδίζεται η κυκλοφορία των χυμών και το φυτό να μαυρίζει να ξηραίνεται. Ο αγρός εμφανίζει μία μορφή μωσαϊκού τόσο με αποξηραμένα αλλά και με πράσινα φυτά. Οι βλαστοί γίνονται εύθραυστοι και σπάζουν με τον άνεμο (Ξανθόπουλος, 1993).

Η καταπολέμηση της καστανής κηλίδωσης είναι κατά κύριο λόγο χημική. Η καταπολέμηση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, προϋποθέτει όμως την έγκαιρη εφαρμογή των σκευασμάτων καθώς η προσβολή ξεκινά σε πρώιμα στάδια (Ξανθόπουλος, 1993).

5. Σήψη του στελέχους και των ριζών (*Macrophomina phaseolina*).

Προκαλεί πρόωμη των φυτών και ατελές γέμισμα των σπόρων, εξαιτίας της νέκρωσης των ηθμαγγειωδών σωλήνων και του περιορισμού του ριζικού συστήματος. Στα προσβεβλημένα τμήματα του φυτού σχηματίζονται χαρακτηριστικά μικροσκοπικά μαύρα μικροσκληρώτια. Στην Ελλάδα εντοπίστηκε το 1986 και το 1987, οπότε καταστράφηκαν

ολόκληρες περιοχές. Έκτοτε, αποτελεί σοβαρό πρόβλημα με ζημιές που μπορεί να αγγίζουν το 40-50% της παραγωγής.

Από τη στιγμή που το αρχικό μόλυσμα της ασθένειας βρίσκεται στο έδαφος, η χημική καταπολέμηση είναι δύσκολη και ιδιαίτερα δαπανηρή. Γι αυτό το λόγο, ίσως η μοναδική μέθοδος αντιμετώπισης είναι η εφαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων καθώς και η επιλογή κατάλληλων ποικιλιών και υβριδίων (Ξανθόπουλος, 1993).

Άλλες ασθένειες που προσβάλλουν τον ηλίανθο είναι:

1. Αδρομύκωση (*Verticillium dahliae* – *Verticillium albo-atrum*)
2. *Alternaria helianthi*
3. Σκωρίαση (*Puccinia helianthi*)
4. Οροβάγχη (*Orobancha cumana*)

1.9.3 ΠΟΥΛΙΑ

Τα πουλιά αποτελούν ένα ιδιαίτερο πρόβλημα της καλλιέργειας του ηλίανθου. Οι σπόροι του ηλίανθου αποτελούν τροφή για πολλά είδη πουλιών. Στη χώρα μας, το μεγαλύτερο πρόβλημα για την καλλιέργεια αποτελούν τα σπουργίτια. Τα προβλήματα ξεκινούν 10-15 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της ανθοφορίας (Ξανθόπουλος, 1993).

Αρχικά, τα πουλιά τρέφονται με τους σπόρους περιφερειακά της κεφαλής και αργότερα προχωρούν προς το κέντρο. Το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται από τον πληθυσμό των πουλιών που υπάρχει στην περιοχή του αγρού και από τις εναλλακτικές πηγές τροφής. Οι ζημιές μπορεί να φτάσουν μέχρι και 100% αν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Τα μέτρα αυτά χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. καλλιεργητικά
2. μηχανικά
3. χημικά

(Ξανθόπουλος, 1993).

1.9.4 ΤΡΩΚΤΙΚΑ

Τα τρωκτικά αποτελούν πρόβλημα για την καλλιέργεια του ηλίανθου σε δύο στάδια της καλλιέργειας: στη σπορά και στη αποθήκευση. Οι σπόροι είναι αρεστοί στα τρωκτικά επειδή είναι ελαιούχοι και αποτελούν τροφή υψηλής βιολογικής αξίας. Η προσβολή είναι έντονη γιατί η περίοδος σποράς του ηλίανθου συμβαδίζει με την περίοδο έλλειψης τροφής των τρωκτικών ενώ το ποσοστό της προσβολής εξαρτάται από τον πληθυσμό των τρωκτικών. Δεν υπάρχει αποτελεσματική μέθοδος καταπολέμησης εκτός από την τοποθέτηση δολωμάτων (Ξανθόπουλος, 1993).

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δεδομένου ότι ένα από τα σημαντικότερα επιθυμητά χαρακτηριστικά των σύγχρονων ποικιλιών ηλίανθου είναι η ανθεκτικότητα στην έλλειψη επαρκούς εδαφικής υγρασίας κατά την καλλιεργητική περίοδο, η παρούσα πτυχιακή διατριβή στοχεύει στην κατανόηση των φυσιολογικών και μοριακών μηχανισμών που διέπουν το γνώρισμα αυτό. Στα πλαίσια αυτά, σκοπό της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη του προτύπου μεταβολιτών φύλλων ηλίανθου υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Αξιοποιήθηκαν δύο ποικιλίες-υβρίδια ηλίανθου, η μία ανθεκτική (SANAY) και η άλλη ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση (NEOMA). Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με πειράματα υδατικής καταπόνησης σε υδροπονικό σύστημα. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε το μεταβολικό προφίλ φύλλων ηλίανθου υπό συνθήκες καταπόνησης ξηρασίας, μέσω αέριας χρωματογραφίας συζευγμένης με φασματομετρία μάζας (GC – MS). Απώτερο στόχο αποτελεί η ανάπτυξη μοριακών-βιοχημικών εργαλείων που σχετίζονται με τον ανθεκτικό φαινότυπο και συνεπώς, μπορεί να αξιοποιηθούν ως λειτουργικοί δείκτες για την επιλογή των επιθυμητών γονοτύπων.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Στα πειράματα υδατικής καταπόνησης, αξιοποιήθηκαν δύο ποικιλίες-υβρίδια ηλίανθου, η μία ανθεκτική (SANAY) και η άλλη ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση (NEOMA). Η ανθεκτικότητα και ευαισθησία των προαναφερθέντων ποικιλιών έχει τεκμηριωθεί επανειλημμένα με βάση τις αποδόσεις τους υπό αρδευόμενες και μη συνθήκες στην περιοχή του Έβρου.

3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Προκειμένου να επιτευχθεί η ευχερής και αξιόπιστη αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των δύο γονοτύπων ηλίανθου στην ξηρασία εφαρμόστηκε υδατική καταπόνηση, υπό ελεγχόμενες συνθήκες.

Στα πλαίσια αυτά, εγκαταστάθηκε ένα υδροπονικό σύστημα με αντλίες αερισμού, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός του υπόγειου μέρους των φυτών, ενώ η καταπόνηση πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG6000). Συγκεκριμένα, τα φυτά υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες, σε 4 επίπεδα καταπόνησης (0%, 5%, 10% και 15% PEG).

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε απολύμανση των σπόρων ηλίανθου με τη χρήση διαλύματος χλωρίνης (20%) που περιείχε Tween-20. Ακολούθησε ξέπλυμα των σπόρων με αποστειρωμένο dH₂O (4x) και απομάκρυνση της περίσσειας νερού με τοποθέτησή τους σε διηθητικό χαρτί για 10-15 min. Όλες οι μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκαν σε τράπεζα νηματικής ροής.

Στη συνέχεια, οι απολυμασμένοι σπόροι τοποθετήθηκαν σε λεκάνες που περιείχαν διαχωριστικά πλέγματα σε διάταξη που εξασφαλίζει τη μεμονωμένη ανάπτυξη των φυτών (Εικόνα 3.1). Προκειμένου να διεξαχθεί αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία σε 4

επίπεδα καταπόνησης, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικής σύστασης υποστρώματα: α) H₂O, β) διάλυμα πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) 5 %, γ) διάλυμα PEG 10 % και δ) διάλυμα PEG 15%. Η στάθμη του διαλύματος στις λεκάνες ανάπτυξης ελέγχονταν καθημερινά και πραγματοποιούνταν προσθήκη νερού, όπου κρίνονταν απαραίτητο, ώστε να παραμένει σταθερή η συγκέντρωση των διαλυμάτων. Ως μάρτυρες αξιοποιήθηκαν φυτά τα οποία αναπτύχθηκαν στο νερό.

Κατά το διάστημα ανάπτυξης των φυτών λαμβάνονταν παρατηρήσεις που αφορούν τα ακόλουθα γνωρίσματα: χρόνος βλάστησης και ποσοστά βλάστησης.



Εικόνα 3.1 Υδατική καταπόνηση γονοτύπων ηλίανθου (ανθεκτικού και ευαίσθητου) με την εφαρμογή πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG6000), σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης: α) C: H₂O, β) διάλυμα πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG) 5 %, γ) διάλυμα PEG 10 % και δ) διάλυμα PEG 15%.

3.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε νεαρά φυτά τα οποία υποβλήθηκαν σε καταπόνηση για χρονικό διάστημα 20 ημερών, οπότε συλλέχθηκαν ατομικά δείγματα φύλλων. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν, τοποθετήθηκαν στη βαθιά κατάψυξη (-80 °C), μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις αναλύσεις της μεταβολομικής. Για τις αναλύσεις, συλλέχθηκαν 4 δείγματα φύλλων για κάθε ποικιλία και επίπεδο άρδευσης (σύνολο: 32 δείγματα φύλλων).

3.4 ΜΕΤΑΒΟΛΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στις αναλύσεις της μεταβολομικής, λήφθηκαν 4 δείγματα ιστού για κάθε επέμβαση. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στη μεταβολομική ανάλυση, αφορούσαν στις ακόλουθες επεμβάσεις:

Φυτά που καταπονήθηκαν με τη χρήση πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG6000)					
Φύλλα	Ανθεκτική	C	PEG 5%	PEG 10%	PEG 15%
	Ευαίσθητη	C	PEG 5%	PEG 10%	PEG 15%
Σύνολο: 32 δείγματα					

Στο πλαίσιο της μεταβολομικής ανάλυσης, τα φυτικά δείγματα ομογενοποιήθηκαν και πραγματοποιήθηκαν δύο διαδοχικές εκχυλίσεις, αρχικά του κλάσματος των πολικών μεταβολιτών και στη συνέχεια του κλάσματος των μη πολικών μεταβολιτών. Η ποσοτικοποίηση των μεταβολιτών έγινε έμμεσα, με την προσθήκη ριβιτόλης η οποία αξιοποιείται ως εσωτερικός μάρτυρας.

Για τη διαδικασία απομόνωσης των μεταβολιτών αρχικά τα φυτικά δείγματα λειοτριβήθηκαν με υγρό άζωτο και 50 mg ιστού μεταφέρθηκαν σε erpendorf. Ακολούθησε η προσθήκη 400 μl mastermix, που περιείχε 395 μl μεθανόλη και 5μl ριβιτόλη (1mg ml^{-1} σε H_2O), και το διάλυμα αναμίχθηκε με τη χρήση vortex. Έπειτα, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε μηχανικό αναδευτήρα για 15 λεπτά στους 70°C . Στη συνέχεια, προστέθηκαν 200 μl χλωροφόρμιου και ακολούθησε ανάμιξη των δειγμάτων και τοποθέτησή τους σε μηχανικό αναδευτήρα για 5 λεπτά στους 37°C . Κατόπιν, προστέθηκαν 400 μl νερού (dd H_2O) και τα δείγματα αναμίχθηκαν εκ νέου. Ακολούθησε φυγοκέντρηση για 5 λεπτά στις 13.000 στροφές ώστε να απομακρυνθούν τα φυτικά θραύσματα και κατόπιν, 100 ml από το υπερκείμενο μεταφέρθηκαν σε νέο erpendorf. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ξήρανση των δειγμάτων με αέριο άζωτο.

Ο υπολογισμός του δείκτη δέσμευσης έγινε με την προσθήκη μίγματος n-αλκανίων και ακολούθησε ξήρανση υπό κενό για την απομάκρυνση του διαλύτη. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία παραγωγής με σκοπό την αύξηση της πτητικότητας των μεταβολιτών του δείγματος. Η παραγωγή των πολικών μεταβολιτών έγινε με

επαναδιάλυση και επώαση σε κατάλληλο όγκο διαλύματος μεθοξυαμίνης (MOX) και ακολούθησε προσθήκη κατάλληλου όγκου διαλύματος N-methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide (MSTFA) για την παραγωγή των μη πολικών μεταβολιτών.

Τα δείγματα αναλύθηκαν σε αέριο χρωματογράφο Agilent 6890GC συζευγμένο με φασματογράφο μάζας Agilent 5973 MSD (The Samuel Noble Foundation, Ardmore, Oklahoma, USA). Η ταυτοποίηση των μεταβολιτών που περιέχονται στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού AMDIS και διαθέσιμων βιβλιοθηκών που περιλαμβάνουν φάσματα και δείκτες δέσμευσης για πληθώρα μεταβολιτών που απαντώνται σε φυτικούς οργανισμούς.

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως λόγος μεταξύ της περιοχής του μεταβολίτη στόχου προς την περιοχή του μεταβολίτη αναφοράς (ριβιτόλη) και παρουσιάστηκαν σε σχέση με το νωπό βάρος των δειγμάτων.

3.5 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για λόγους βελτίωσης της αναγνωσιμότητας των αποτελεσμάτων, τα επίπεδα συσσώρευσης των μεταβολιτών εκφράζονται ως σχετική αναλογία σε σχέση με το μάρτυρα (response ratio). Συγκεκριμένα, τα επίπεδα συσσώρευσης μεταβολιτών σε φύλλα νεαρών φυταρίων που καταπονήθηκαν με PEG6000 εκφράζονται ως λόγος σε σχέση με το μάρτυρα ως εξής: PEG 5% / C, PEG 10% / C, PEG 15% / C.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε μέσω του στατιστικού λογισμικού JMP (v.8) και αφορούσε στη σύγκριση του επιπέδου των ανιχνευθέντων μεταβολιτών στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης για την ανθεκτική και ευαίσθητη ποικιλία ηλίανθου. Προς αυτή την κατεύθυνση, έγιναν αναλύσεις ANOVA μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων καταπόνησης για τους μεταβολίτες που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα νεαρών φυταρίων. Επιπλέον, προκειμένου να μελετηθεί η διαφορετική απόκριση των δύο υπό μελέτη ποικιλιών, πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι (t-test) που αφορούσαν στη σύγκριση των μέσων όρων για τις διαφορετικές επεμβάσεις (C, PEG 5%, PEG 10%, PEG 15%) μεταξύ της ανθεκτικής και ευαίσθητης ποικιλίας.

Για τον εντοπισμό μεταβολιτών και ομάδων μεταβολιτών των οποίων η συσσώρευση σχετίζεται με την απόκριση του ηλίανθου στην υδατική καταπόνηση, ακολούθησε ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA) για τα διάφορα επίπεδα καταπόνησης και τους ανιχνευθέντες μεταβολίτες μέσω του λογισμικού Multibase (Microsoft office excel Add-in).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΠΟΡΩΝ

Η ανάλυση κατέδειξε μεγαλύτερη διαφοροποίηση (μείωση) της βλαστικότητας των σπόρων με την αύξηση της συγκέντρωσης PEG για την ευαίσθητη ποικιλία (Πίνακας 4.1). Στο επίπεδο καταπόνησης 15% PEG, η διαφορά βλαστικότητας μεταξύ ευαίσθητης και ανθεκτικής ποικιλίας ήταν σημαντική (ευαίσθητη: 40.9 - 49.1, ανθεκτική: 73.5 - 79.5).

Πίνακας 4.1 Ποσοστό βλαστικότητας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, 5%, 10% και 15% PEG) σε δύο χρόνους, κατά τη 10^η και 20^η ημέρα (ημέρα δειγματοληψίας) μετά την έναρξη της υδατικής καταπόνησης.

Ενδιάμεση Μέτρηση (10 ^η ημέρα)		
Ποικιλία	Χειρισμός	Βλαστήσαντες Σπόροι (%)
Ευαίσθητη	Control	88
Ευαίσθητη	5% PEG	64
Ευαίσθητη	10% PEG	66
Ευαίσθητη	15% PEG	38
Ανθεκτική	Control	84
Ανθεκτική	5% PEG	86
Ανθεκτική	10% PEG	80
Ανθεκτική	15% PEG	66

Τελική Μέτρηση (20 ^η ημέρα)		
Ποικιλία	Χειρισμός	Βλαστήσαντες Σπόροι (%)
Ευαίσθητη	Control	88 a
Ευαίσθητη	5% PEG	84 ab
Ευαίσθητη	10% PEG	82 b
Ευαίσθητη	15% PEG	46 c
Ανθεκτική	Control	86 a
Ανθεκτική	5% PEG	90 a
Ανθεκτική	10% PEG	90 a
Ανθεκτική	15% PEG	76 b

4.2 ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Στα φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας συνολικά ανιχνεύθηκαν 145 μεταβολίτες, οι οποίοι ανήκουν στις κατηγορίες των ζαχάρων, αμινοξέων, αζωτούχων ενώσεων, πολυολών, οργανικών οξέων, λιπαρών οξέων, φωσφορικών αλάτων και άλλων ενώσεων. Μετά από "φιλτράρισμα", που αφορούσε κυρίως στην εξασφάλιση της επαναληψιμότητας μεταξύ των βιολογικών επαναλήψεων ($n = 4$), προέκυψαν 91 μεταβολίτες για τους οποίους πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση.

Τα επίπεδα συσσώρευσης των μεταβολιτών εκφράστηκαν ως σχετική αναλογία σε σχέση με το μάρτυρα (response ratio). Συγκεκριμένα, τα επίπεδα συσσώρευσης μεταβολιτών σε φύλλα νεαρών φυταρίων που καταπονήθηκαν με PEG6000 εκφράστηκαν ως λόγος σε σχέση με το μάρτυρα ως εξής: PEG 5% / C, PEG 10% / C, PEG 15% / C. Ακολούθησε σύγκριση των επιπέδων των μεταβολιτών μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων (C, PEG 5%, PEG 10%, PEG 15%) (Πίνακες 4.2 - 4.9).

Πίνακας 4.2 Αμινοξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΑΜΙΝΟΞΕΑ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
L-homoserine 2	0,0000	0,0000	0,0034	0,0127	1,4991	103,0395	385,1064	0,426
aspartic acid 2	0,0146	0,0174	0,0226	0,0366	1,1902	1,5448	2,4951	0,389
Beta- alanine 1	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	4,3344	4,5902	3,9344	0,475
Beta- alanine 2	0,0015	0,0013	0,0013	0,0015	0,8562	0,8687	0,9602	0,897
citrulline 2	0,0026	0,0028	0,0069	0,0117	1,0551	2,6298	4,4146	0,137
DL-isoleucine 2	0,0185	0,0183	0,0448	0,0481	0,9902	2,4252	2,6027	0,172
glycine	0,0160	0,0125	0,0165	0,0128	0,7828	1,0333	0,8007	0,858
L-alanine 1	0,0123	0,0112	0,0193	0,0189	0,9106	1,5727	1,5385	0,572
L-alanine 2	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005	0,9477	1,7921	1,8996	0,700
L-asparagine 1	0,0002	0,0005	0,0016	0,0012	2,8925	10,1258	7,2327	0,139
L-asparagine 2	0,0045	0,0056	0,0201	0,0310	1,2534	4,4889	6,9403	0,057
L-cysteine 2	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	*	*	*	0,232
L-glutamic acid 2	0,0020	0,0023	0,0024	0,0044	1,1829	1,2270	2,2444	0,113
L-glutamic acid 3 (dehydrated)	0,2856	0,2061	0,4340	0,1854	0,7217	1,5196	0,6492	0,370
L-glutamine 1	0,0003	0,0000	0,0012	0,0008	0,0000	3,7580	2,3885	0,168
L-glutamine 3	0,0007	0,0003	0,0160	0,0238	0,4134	23,7593	35,2897	0,287
L-lysine 2	0,0016	0,0013	0,0020	0,0026	0,7667	1,2151	1,6039	0,716
L-methionine 2	0,0006	0,0006	0,0029	0,0051	0,9743	4,7841	8,5382	0,019
L-ornithine 1	0,0039	0,0049	0,0129	0,0193	1,2527	3,2856	4,9220	0,160
L-ornithine 2	0,0013	0,0013	0,0027	0,0039	1,0281	2,1473	3,0251	0,408
L-proline 2	0,0025	0,0025	0,0237	0,0907	0,9821	9,3705	35,8907	0,020
L-serine 2	0,0451	0,0552	0,0475	0,0509	1,2239	1,0527	1,1290	0,978
L-threonine 2	0,0127	0,0096	0,0270	0,0307	0,7556	2,1180	2,4114	0,243
L-tryptophan 2	0,0028	0,0026	0,0117	0,0101	0,9276	4,1522	3,5763	0,260
L-valine 1	0,0005	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,7205	0,446
L-valine 2	0,0157	0,0135	0,0342	0,0628	0,8550	2,1756	3,9922	0,066
tyrosine 2	0,0000	0,0000	0,0046	0,0037	*	*	*	0,537

Πίνακας 4.3 Ζάχαρα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΖΑΧΑΡΑ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
cellobiose 2	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	2,4189	0,8408	0,0000	0,385
D-allose 1	0,0796	0,2610	0,0777	0,1075	3,2809	0,9765	1,3507	0,213
D-glucose 1	0,5775	0,7049	0,5573	0,5081	1,2206	0,9652	0,8800	0,934
D-lyxose 1	0,0003	0,0006	0,0001	0,0005	2,0037	0,2264	1,8243	0,233
D-lyxose 2	0,0003	0,0014	0,0006	0,0000	4,1976	1,6766	0,1287	0,282
D-mannose 1	0,0000	0,1386	0,0000	0,0007	*	*	*	0,213
fructose 1	0,8147	1,0551	0,4568	0,6452	1,2951	0,5607	0,7919	0,297
melezitose	0,0002	0,0008	0,0365	0,0007	3,8523	187,0769	3,6410	0,417
raffinose	0,0000	0,0037	0,0938	0,9615	*	*	*	0,151
sedoheptulose anhydride monohydrate	0,0010	0,0012	0,0010	0,0007	1,2472	1,0740	0,7195	0,288
sucrose	0,1147	0,0971	0,3523	0,2910	0,8463	3,0718	2,5371	0,555
tagatose 1	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	3,6918	3,4694	0,9592	0,435
tagatose 2	0,1488	0,1361	0,1299	0,2759	0,9144	0,8726	1,8540	0,642

Πίνακας 4.4 Πολυόλες που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΠΟΛΥΟΛΕΣ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
D-threitol	0,0010	0,0011	0,0007	0,0004	1,0953	0,6486	0,3485	0,002
allo-inositol	0,0705	0,0723	0,0796	0,1377	1,0259	1,1285	1,9526	0,222
galactinol 2	0,0000	0,0005	0,0004	0,0002	9,9778	8,2040	5,0998	0,092
D-mannitol	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	*	*	*	0,110
glycerol	0,0022	0,0022	0,0025	0,0371	0,9933	1,1091	16,5212	0,043
myo-inositol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	*	*	*	0,079
palatinitol 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	2,7162	0,0000	16,8874	0,118
xylitol	0,0207	0,0204	0,0190	0,0213	0,9811	0,9149	1,0286	0,470

Πίνακας 4.5 Αζωτούχες ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
adenine 1	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	1,7717	0,0000	0,0000	0,072
adenosine	0,0000	0,0000	0,0002	0,0006	*	*	*	0,042
beta-cyano-L-alanine	0,0047	0,0031	0,0053	0,0037	0,6645	1,1430	0,7941	0,626
L-norleucine 2	0,0023	0,0017	0,0106	0,0228	0,7251	4,5047	9,7267	0,050
quinic acid	0,0034	0,0037	0,0047	0,0051	1,0642	1,3656	1,4903	0,625
uracil	0,0009	0,0007	0,0018	0,0009	0,8218	2,0441	1,0105	0,513
urea	0,0010	0,0009	0,0019	0,0017	0,9299	1,9554	1,7123	0,315

Πίνακας 4.6 Οργανικά οξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
benzoic acid	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0764	0,0000	0,028
citric acid	0,0000	0,0003	0,0020	0,0046	6,0312	43,6526	102,8953	0,000
D-malic acid	0,0136	0,0443	0,0336	0,0831	3,2490	2,4619	6,0938	0,000
fumaric acid	0,0509	0,1052	0,1357	0,2240	2,0684	2,6678	4,4025	0,031
gluconic acid 2	0,0005	0,0002	0,0000	0,0000	0,4674	0,0000	0,0000	0,170
glyceric acid	0,0014	0,0027	0,0017	0,0044	2,0343	1,2667	3,2815	0,022
glycolic acid	0,0005	0,0006	0,0004	0,0007	1,3415	0,9130	1,4783	0,281
iminodiacetic acid 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	*	*	*	0,584
itaconic acid	0,0002	0,0011	0,0021	0,0031	6,6940	12,7545	18,6228	0,001
L-(+) lactic acid	0,0073	0,0053	0,0095	0,0074	0,7270	1,3081	1,0147	0,602
maleic acid	0,0005	0,0015	0,0014	0,0024	3,3180	3,0152	5,0976	0,000
mucic acid	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	*	*	*	0,426
pipecolic acid 2	0,0140	0,0314	0,1523	0,0603	2,2364	10,8629	4,3029	0,182
shikimic acid	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	1,5981	2,6316	1,0167	0,703
succinic acid	0,0030	0,0039	0,0021	0,0063	1,2779	0,6948	2,0876	0,045
tartronic acid	0,0000	0,0005	0,0000	0,0001	*	*	*	0,290
phtalic acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	*	*	*	0,119

Πίνακας 4.7 Λιπαρά οξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
4-guanidinobutyric acid 2	0,0209	0,0186	0,0406	0,1157	0,8908	1,9393	5,5310	0,019
citraconic acid 1	0,0000	0,0000	0,0007	0,0008	0,0000	19,9405	24,7024	0,291
palmitic acid	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,3724	0,7937	0,6270	0,645

Πίνακας 4.8 Φωσφορικά που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
phosphoric acid	0,1393	0,1745	0,1645	0,1929	1,2532	1,1812	1,3849	0,943

Πίνακας 4.9 Άλλες ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

Άλλες ενώσεις	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ							p
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
2-amino-1-phenylethanol	0,0020	0,0025	0,0034	0,0213	1,2849	1,7255	10,7417	0,038
1,4-dihydroxy-2-naphthoic acid	0,0000	0,0001	0,0003	0,0002	*	*	*	0,408
2-amino-2-methyl-1,3-propanediol 2	0,0086	0,0081	0,0000	0,0339	0,9387	0,0000	3,9229	0,472
2-aminoethanethiol 2	0,0013	0,0008	0,0013	0,0006	0,6060	1,0518	0,4867	0,927
3-hydroxyflavone	0,0016	0,0003	0,0002	0,0001	0,2024	0,1238	0,0508	0,023
4-hydroxybenzoic acid	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	*	*	*	0,572
acetol 4	0,0002	0,0006	0,0000	0,0010	2,5195	0,0788	4,2324	0,145
D-sphingosine 3	0,0060	0,0055	0,0000	0,0002	0,9180	0,0000	0,0285	0,568
gluconic acid lactone 1	0,0008	0,0009	0,0000	0,0000	1,1282	0,0000	0,0000	0,430
lactobionic acid 1	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,5789	0,3789	0,497
malonic acid 1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	*	*	*	0,004
methyl-beta-D-galactopyranoside	0,0480	0,0420	0,0312	0,0241	0,8743	0,6506	0,5015	0,110
N-methylalanine	0,0000	0,0000	0,0002	0,0008	*	*	*	0,076
porphine 1	0,0011	0,0017	0,0020	0,0020	1,5001	1,7722	1,7993	0,352

4.3 ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Στα φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας ανιχνεύθηκαν 141 μεταβολίτες, εκ των οποίων οι 91 εμφάνισαν υψηλή επαναληψιμότητα μεταξύ των βιολογικών επαναλήψεων ($n = 4$).

Τα επίπεδα συσσώρευσης των μεταβολιτών εκφράστηκαν ως σχετική αναλογία σε σχέση με το μάρτυρα (response ratio), όπως περιγράφηκε αναλυτικά στην ενότητα 4.2. Η σύγκριση των επιπέδων των μεταβολιτών μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών επεμβάσεων (C, PEG 5%, PEG 10%, PEG 15%) παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.10 έως 4.17.

Πίνακας 4.10 Αμινοξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

AMINOΞΕΑ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
L-homoserine 2	0,0001	0,0007	0,0014	0,0014	5,7500	11,7500	11,7500	0,003
aspartic acid 2	0,0060	0,0198	0,0283	0,0231	3,3149	4,7404	3,8744	0,092
Beta- alanine 1	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	1,8000	3,7000	2,5000	0,622
Beta- alanine 2	0,0013	0,0014	0,0014	0,0022	1,1250	1,0938	1,7266	0,243
citrulline 2	0,0056	0,0050	0,0065	0,0059	0,8968	1,1637	1,0534	0,942
DL-isoleucine 2	0,0292	0,0432	0,0571	0,0649	1,4796	1,9541	2,2218	0,567
glycine	0,0137	0,0106	0,0151	0,0130	0,7695	1,1036	0,9504	0,543
L-alanine 1	0,0193	0,0087	0,0327	0,0301	0,4536	1,6975	1,5636	0,239
L-alanine 2	0,0006	0,0003	0,0007	0,0012	0,4918	1,2131	2,0328	0,030
L-asparagine 1	0,0000	0,0009	0,0015	0,0012	*	*	*	0,188
L-asparagine 2	0,0045	0,0153	0,0261	0,0096	3,4129	5,8281	2,1317	0,155
L-cysteine 2	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	*	*	*	0,478
L-glutamic acid 2	0,0009	0,0020	0,0027	0,0030	2,3647	3,1294	3,4824	0,107
L-glutamic acid 3 (dehydrated)	0,2499	0,0763	0,4149	0,4533	0,3055	1,6606	1,8144	0,181
L-glutamine 1	0,0016	0,0016	0,0012	0,0015	1,0255	0,7325	0,9363	0,946
L-glutamine 3	0,0077	0,0089	0,0070	0,0054	1,1512	0,9096	0,6990	0,947
L-lysine 2	0,0030	0,0021	0,0044	0,0043	0,6877	1,4452	1,4153	0,368
L-methionine 2	0,0009	0,0029	0,0040	0,0036	3,1758	4,3846	3,9560	0,046
L-ornithine 1	0,0035	0,0076	0,0108	0,0081	2,1554	3,0424	2,2825	0,584
L-ornithine 2	0,0030	0,0027	0,0032	0,0011	0,9288	1,0814	0,3763	0,255
L-proline 2	0,0017	0,0276	0,0630	0,0267	16,1579	36,8480	15,5848	0,195
L-serine 2	0,0980	0,0376	0,0847	0,0810	0,3840	0,8643	0,8265	0,413
L-threonine 2	0,0211	0,0203	0,0323	0,0418	0,9620	1,5325	1,9834	0,365
L-tryptophan 2	0,0006	0,0070	0,0076	0,0052	12,0172	13,0517	9,0345	0,341
L-valine 1	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	1,6667	0,0000	0,5083	0,409
L-valine 2	0,0220	0,0381	0,0611	0,0665	1,7287	2,7736	3,0163	0,500
tyrosine 2	0,0000	0,0023	0,0033	0,0075	*	*	*	0,225

Πίνακας 4.11 Ζάχαρα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΖΑΧΑΡΑ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
cellobiose 2	0,0000	0,0007	0,0002	0,0018	*	*	*	0,592
D-allose 1	0,2653	0,0567	0,1156	0,0578	0,2137	0,4358	0,2178	0,285
D-glucose 1	0,4783	0,2702	0,3092	0,2651	0,5650	0,6465	0,5543	0,739
D-lyxose 1	0,0008	0,0005	0,0002	0,0002	0,6400	0,3067	0,2000	0,452
D-lyxose 2	0,0012	0,0011	0,0009	0,0005	0,9250	0,7417	0,4167	0,929
D-mannose 1	0,0000	0,0178	0,0000	0,0000	*	*	*	0,474
fructose 1	0,7890	0,4902	0,3430	0,2858	0,6213	0,4348	0,3622	0,287
melezitose	0,0011	0,0010	0,0078	0,0002	0,9364	7,0455	0,1727	0,478
raffinose	0,0000	0,0000	0,0077	0,0000	*	*	*	0,474
sedoheptulose anhydride monohydrate	0,0018	0,0007	0,0006	0,0005	0,3804	0,3098	0,2446	0,000
sucrose	0,0636	0,1241	0,2685	0,0920	1,9494	4,2190	1,4456	0,127
tagatose 1	0,1057	0,0175	0,0001	0,0000	0,1656	0,0007	0,0000	0,328
tagatose 2	0,1126	0,1664	0,0760	0,0434	1,4786	0,6755	0,3859	0,168

Πίνακας 4.12 Πολυόλες που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΠΟΛΥΟΛΕΣ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
D-threitol	0,0009	0,0010	0,0005	0,0004	1,0549	0,5055	0,3956	0,085
allo-inositol	0,1049	0,0859	0,1216	0,0913	0,8183	1,1589	0,8699	0,574
galactinol 2	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	*	*	*	0,646
D-mannitol	0,0001	0,0004	0,0001	0,0017	5,4667	0,6800	22,1333	0,557
glycerol	0,0000	0,0091	0,0000	0,0035	*	*	*	0,556
myo-inositol	0,0001	0,0000	0,0045	0,0044	0,0000	41,0909	39,8182	0,653
palatinitol 1	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,6538	0,0000	0,0000	0,285
xylitol	0,0205	0,0203	0,0200	0,0209	0,9878	0,9722	1,0185	0,917

Πίνακας 4.13 Αζωτούχες ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
adenine 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	*	*	*	0,104
adenosine	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	*	*	*	0,324
beta-cyano-L-alanine	0,0041	0,0053	0,0062	0,0051	1,3022	1,5184	1,2457	0,772
L-norleucine 2	0,0047	0,0093	0,0160	0,0216	1,9915	3,4145	4,6090	0,180
quinic acid	0,0036	0,0046	0,0041	0,0021	1,2747	1,1319	0,5852	0,029
uracil	0,0006	0,0012	0,0013	0,0006	2,1818	2,3273	1,1455	0,608
putrescine	0,0000	0,0250	0,0000	0,0000	*	*	*	0,474
urea	0,0020	0,0023	0,0019	0,0015	1,1373	0,9510	0,7206	0,843

Πίνακας 4.14 Οργανικά οξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							P
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
benzoic acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	*	*	*	0,474
citric acid	0,0000	0,0004	0,0003	0,0001	*	*	*	0,182
D-malic acid	0,0008	0,1214	0,0846	0,1108	151,7750	105,7000	138,5375	0,087
fumaric acid	0,0003	0,0859	0,1533	0,2018	343,5200	613,2000	807,0000	0,273
gluconic acid 2	0,0000	0,0009	0,0001	0,0001	*	*	*	0,089
glyceric acid	0,0007	0,0043	0,0058	0,0038	5,8767	7,9589	5,1507	0,014
glycolic acid	0,0003	0,0009	0,0005	0,0006	2,7353	1,5588	1,8235	0,639
iminodiacetic acid 2	0,0001	0,0000	0,0000	0,0028	0,0000	0,4762	33,0952	0,432
itaconic acid	0,0000	0,0004	0,0004	0,0004	*	*	*	0,002
L-(+) lactic acid	0,0176	0,0118	0,0090	0,0054	0,6686	0,5108	0,3042	0,521
maleic acid	0,0000	0,0017	0,0026	0,0143	*	*	*	0,326
mucic acid	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	*	*	*	0,131
oxalic acid	0,0078	0,0000	0,0031	0,0000	0,0000	0,3962	0,0000	0,126
pipecolic acid 2	0,0005	0,0011	0,0372	0,0008	2,1321	70,1887	1,4717	0,431
shikimic acid	0,0000	0,0003	0,0002	0,0001	*	*	*	0,027
succinic acid	0,0005	0,0051	0,0118	0,0036	10,3469	24,0000	7,4286	0,557
tartaric acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	*	*	*	0,474

Πίνακας 4.15 Λιπαρά οξέα που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			P
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
4-guanidinobutyric acid 2	0,0149	0,0376	0,0386	0,0486	2,5157	2,5874	3,2559	0,132
palmitic acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8919	0,4865	0,7568	0,972

Πίνακας 4.16 Φωσφορικές ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			P
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
phosphoric acid	0,1869	0,2852	0,2600	0,1562	1,5263	1,3912	0,8356	0,405

Πίνακας 4.17 Άλλες ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ευαίσθητης ποικιλίας στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΑΛΛΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ							
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			P
	C	5%	10%	15%	5%/C	10%/C	15%/C	
2-amino-1-phenylethanol	0,0017	0,0024	0,0033	0,0037	1,4176	1,9176	2,1941	0,568
1,4-dihydroxy-2-naphthoic acid	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	3,9785	0,4624	0,054
2-amino-2-methyl-1,3-propanediol 2	0,0044	0,0131	0,0046	0,0136	2,9886	1,0478	3,0888	0,683
2-aminoethanethiol 2	0,0000	0,0030	0,0028	0,0016	*	*	*	0,239
3-hydroxyflavone	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,6364	1,0909	0,0000	0,449
4-hydroxybenzoic acid	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	1,7292	0,0000	1,7500	0,681
acetol 4	0,0001	0,0159	0,0012	0,0005	162,5510	11,7347	5,3061	0,505
D-sphingosine 3	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,8621	0,5862	0,2069	0,328
gluconic acid lactone 1	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	*	*	*	0,474
lactobionic acid 1	0,0000	0,0028	0,0000	0,0003	*	*	*	0,461
methyl-beta-D-galactopyranoside	0,1137	0,0645	0,0449	0,0286	0,5673	0,3951	0,2512	0,030
N-(2-hydroxyethyl)iminodiacetic acid 1	0,0004	0,0001	0,0002	0,0000	0,2103	0,4103	0,0000	0,101
N-methylalanine	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	*	*	*	0,060
phlorobenzophenone 2	0,0000	0,0003	0,0001	0,0000	*	*	*	0,021
porphine 1	0,0023	0,0031	0,0034	0,0024	1,3348	1,4764	1,0129	0,696

Οι παραπάνω συγκρίσεις, κατέδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στο επίπεδο 18 και 9 μεταβολιτών για την ανθεκτική και ευαίσθητη ποικιλία αντίστοιχα, οι οποίοι ανήκουν στις κατηγορίες των αμινοξέων, ζαχάρων, πολυολών, αζωτούχων ουσιών, οργανικών οξέων, λιπαρών οξέων και άλλων ενώσεων (Πίνακας 4.18).

Πίνακας 4.18 Μεταβολίτες που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ				ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ			
	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			P	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ			P
	5%/C	10%/C	15%/C		5%/C	10%/C	15%/C	
ΑΜΙΝΟΞΕΑ								
L-homoserine 2	1,4991	103,0395	385,1064	0,426	5,7500	11,7500	11,7500	0,003
L-alanine 2	0,9477	1,7921	1,8996	0,700	0,4918	1,2131	2,0328	0,030
L-methionine 2	0,9743	4,7841	8,5382	0,019	3,1758	4,3846	3,9560	0,046
L-proline 2	0,9821	9,3705	35,8907	0,020	16,1579	36,8480	15,5848	0,195
ΖΑΧΑΡΑ								
sedoheptulose anhydride monohydrate	1,2472	1,0740	0,7195	0,288	0,3804	0,3098	0,2446	0,000
ΠΟΛΥΟΛΕΣ								
D-threitol	1,0953	0,6486	0,3485	0,002	1,0549	0,5055	0,3956	0,085
glycerol	0,9933	1,1091	16,5212	0,043	*	*	*	0,556
ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ								
adenosine	*	*	*	0,042	*	*	*	0,324
L-norleucine 2	0,7251	4,5047	9,7267	0,050	1,9915	3,4145	4,6090	0,180
quinic acid	1,0642	1,3656	1,4903	0,625	1,2747	1,1319	0,5852	0,029
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ								
benzoic acid	0,0000	0,0764	0,0000	0,028	*	*	*	0,474
citric acid	6,0312	43,6526	102,8953	0,000	*	*	*	0,182
D-malic acid	3,2490	2,4619	6,0938	0,000	151,7750	105,7000	138,5375	0,087
fumaric acid	2,0684	2,6678	4,4025	0,031	343,5200	613,2000	807,0000	0,273
glyceric acid	2,0343	1,2667	3,2815	0,022	5,8767	7,9589	5,1507	0,014
itaconic acid	6,6940	12,7545	18,6228	0,001	*	*	*	0,002
maleic acid	3,3180	3,0152	5,0976	0,000	*	*	*	0,326
shikimic acid	1,5981	2,6316	1,0167	0,703	*	*	*	0,027
succinic acid	1,2779	0,6948	2,0876	0,045	10,3469	24,0000	7,4286	0,557
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ								
4-guanidinobutyric acid 2	0,8908	1,9393	5,5310	0,019	2,5157	2,5874	3,2559	0,132
ΆΛΛΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ								
2-amino-1-phenylethanol	1,2849	1,7255	10,7417	0,038	1,4176	1,9176	2,1941	0,568
3-hydroxyflavone	0,2024	0,1238	0,0508	0,023	1,6364	1,0909	0,0000	0,449
malonic acid 1	*	*	*	0,004	*	*	*	*
methyl-beta-D-galactopyranoside	0,8743	0,6506	0,5015	0,110	0,5673	0,3951	0,2512	0,030
phlorobenzophenone 2	*	*	*	*	*	*	*	0,021

Στην ανθεκτική ποικιλία παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στα επίπεδα μεταβολιτών που ανήκουν στις κατηγορίες των αμινοξέων, πολυολών, αζωτούχων ενώσεων, οργανικών οξέων, λιπαρών οξέων και άλλων ενώσεων. Στην ομάδα των αμινοξέων, οι μεταβολίτες παρουσίασαν αυξημένη συσσώρευση, η οποία χαρακτηρίζονταν από αυξητική τάση στα υψηλότερα επίπεδα καταπόνησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στα επίπεδα των μεταβολιτών L-methionine 2 και L-proline 2. Παράλληλα, σημαντική μεταβολή παρατηρήθηκε στα επίπεδα των πολυολών D-threitol και glycerol, με την πρώτη να παρουσιάζει σταδιακά μειούμενα και τη δεύτερη σταδιακά αυξανόμενα επίπεδα συσσώρευσης. Στην κατηγορία των αζωτούχων ενώσεων, μεταβλήθηκαν σημαντικά οι μεταβολίτες adenosine και L-norleucine 3, παρουσιάζοντας βαθμιαία αύξηση στα υψηλότερα επίπεδα στρες. Αξιοσημείωτο είναι ότι η adenosine δεν ανιχνεύθηκε στα φυτά-μάρτυρες καθώς και στα φυτά που καταπονήθηκαν σε επίπεδο στρες 5% PEG, ενώ

παρουσίασε αυξανόμενη συσσώρευση στα υψηλότερα επίπεδα καταπόνησης. Όσον αφορά τα οργανικά οξέα, στατιστικά σημαντικές διαφορές καταγράφηκαν στα συστατικά benzoic acid, citric acid, D-malic acid, fumaric acid, glyceric acid, itaconic acid, maleic acid και succinic acid. Με εξαίρεση το συστατικό benzoic acid, όλα τα προαναφερθέντα οργανικά οξέα παρουσίασαν αυξημένη συσσώρευση υπό συνθήκες καταπόνησης. Στα λιπαρά οξέα, σημαντικά διαφοροποιήθηκε το συστατικό 4-guanidinobutyric acid 2. Τέλος, σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη συσσώρευση των μεταβολιτών 2-amino-1-phenylethanol, 3-hydroxyflavone και malonic acid 1.

Οι συγκρίσεις των επιπέδων συγκέντρωσης των μεταβολιτών μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων για την ευαίσθητη ποικιλία κατέδειξαν σημαντικές μεταβολές για 9 μεταβολίτες που ανήκουν στις κατηγορίες των αμινοξέων, ζαχάρων, αζωτούχων ενώσεων, οργανικών οξέων και άλλων ενώσεων. Στην κατηγορία των αμινοξέων, σημαντική μεταβολή σημειώθηκε στις συγκεντρώσεις των L-homoserine 2, L-alanine 2 και L-methionine 2. Σε όλες τις περιπτώσεις, η καταπόνηση επέφερε σημαντική αύξηση στα επίπεδα των μεταβολιτών. Στην κατηγορία των ζαχάρων και αζωτούχων ενώσεων μεταβλήθηκαν σημαντικά οι μεταβολίτες sedoheptulose anhydride monohydrate και quinic acid, τα επίπεδα των οποίων εμφανίστηκαν σταδιακά μειούμενα στα υψηλότερα επίπεδα υδατικής καταπόνησης. Όσον αφορά τα οργανικά οξέα διαφοροποιήθηκαν σημαντικά οι μεταβολίτες itaconic acid και shikimic acid. Οι μεταβολίτες αυτοί ανιχνεύθηκαν αποκλειστικά στα φυτά που υπέστησαν καταπόνηση ενώ αντίθετα, απουσίαζαν από τα φυτά-μάρτυρες. Τέλος, στατιστικά σημαντική μεταβολή σημειώθηκε για τα συστατικά methyl-beta-D-galactopyranoside και phlorobenzophenone 2.

4.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΦΙΛ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΥΑΙΣΘΗΤΗΣ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Η μελέτη της διαφορικής απόκρισης των δύο υπό μελέτη ποικιλιών, μέσω της σύγκρισης των μέσων όρων για τις διαφορετικές επεμβάσεις (C, PEG 5%, PEG 10%, PEG 15%), κατέδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ της ανθεκτικής και ευαίσθητης ποικιλίας. Στον Πίνακα 4.19 παρουσιάζονται οι μεταβολίτες που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις υπό μελέτη επεμβάσεις.

Πίνακας 4.19 Μεταβολίτες που παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις υπό μελέτη επεμβάσεις (C, PEG 5%, 10%, 15%).

	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ				ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ				ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ vs ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ			
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				t-test			
	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%
AMINOΞΕΑ												
L-homoserine 2	0,0000	0,0000	0,0034	0,0127	0,0001	0,0007	0,0014	0,0014	0,032	0,155	0,033	0,026
aspartic acid 2	0,0146	0,0174	0,0226	0,0366	0,0060	0,0198	0,0283	0,0231	0,119	0,381	0,710	0,046
Beta- alanine 1	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,372	0,208	0,613	0,242
Beta- alanine 2	0,0015	0,0013	0,0013	0,0015	0,0013	0,0014	0,0014	0,0022	0,960	0,215	0,632	0,190
citrulline 2	0,0026	0,0028	0,0069	0,0117	0,0056	0,0050	0,0065	0,0059	0,912	0,002	0,303	0,018
DL-isoleucine 2	0,0185	0,0183	0,0448	0,0481	0,0292	0,0432	0,0571	0,0649	0,559	0,183	0,141	0,446
glycine	0,0160	0,0125	0,0165	0,0128	0,0137	0,0106	0,0151	0,0130	0,449	0,636	0,117	0,627
L-alanine 1	0,0123	0,0112	0,0193	0,0189	0,0193	0,0087	0,0327	0,0301	0,017	0,281	0,170	0,496
L-alanine 2	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005	0,0006	0,0003	0,0007	0,0012	0,087	0,146	0,160	0,740
L-asparagine 1	0,0002	0,0005	0,0016	0,0012	0,0000	0,0009	0,0015	0,0012	0,000	0,025	0,580	0,206
L-asparagine 2	0,0045	0,0056	0,0201	0,0310	0,0045	0,0153	0,0261	0,0096	0,303	0,024	0,709	0,091
L-cysteine 2	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	*	0,005	0,263	*
L-glutamic acid 2	0,0020	0,0023	0,0024	0,0044	0,0009	0,0020	0,0027	0,0030	0,541	0,178	0,846	0,537
L-glutamic acid 3 (dehydrated)	0,2856	0,2061	0,4340	0,1854	0,2499	0,0763	0,4149	0,4533	0,845	0,117	0,615	0,252
L-glutamine 1	0,0003	0,0000	0,0012	0,0008	0,0016	0,0016	0,0012	0,0015	0,030	0,015	0,311	0,904
L-glutamine 3	0,0007	0,0003	0,0160	0,0238	0,0077	0,0089	0,0070	0,0054	0,008	0,008	0,132	0,030
L-lysine 2	0,0016	0,0013	0,0020	0,0026	0,0030	0,0021	0,0044	0,0043	0,628	0,224	0,996	0,921
L-methionine 2	0,0006	0,0006	0,0029	0,0051	0,0009	0,0029	0,0040	0,0036	0,555	0,006	0,120	0,186
L-ornithine 1	0,0039	0,0049	0,0129	0,0193	0,0035	0,0076	0,0108	0,0081	0,127	0,009	0,450	0,069
L-ornithine 2	0,0013	0,0013	0,0027	0,0039	0,0030	0,0027	0,0032	0,0011	0,629	0,015	0,568	0,049
L-proline 2	0,0025	0,0025	0,0237	0,0907	0,0017	0,0276	0,0630	0,0267	0,253	0,023	0,010	0,010
L-serine 2	0,0451	0,0552	0,0475	0,0509	0,0980	0,0376	0,0847	0,0810	0,498	0,419	0,417	0,320
L-threonine 2	0,0127	0,0096	0,0270	0,0307	0,0211	0,0203	0,0323	0,0418	0,518	0,012	0,283	0,490
L-tryptophan 2	0,0028	0,0026	0,0117	0,0101	0,0006	0,0070	0,0076	0,0052	0,099	0,006	0,252	0,006
L-valine 1	0,0005	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,110	0,003	*	0,060
L-valine 2	0,0157	0,0135	0,0342	0,0628	0,0220	0,0381	0,0611	0,0665	0,450	0,132	0,480	0,745
tyrosine 2	0,0000	0,0000	0,0046	0,0037	0,0000	0,0023	0,0033	0,0075	*	0,024	0,167	0,917

	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ				ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ				ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ vs ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ			
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				t-test			
	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%
ΖΑΧΑΡΑ												
cellobiose 2	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0007	0,0002	0,0018	0,052	0,043	0,104	0,024
D-allose 1	0,0796	0,2610	0,0777	0,1075	0,2653	0,0567	0,1156	0,0578	0,020	0,000	0,091	0,114
D-glucose 1	0,5775	0,7049	0,5573	0,5081	0,4783	0,2702	0,3092	0,2651	0,613	0,190	0,150	0,805
D-lyxose 1	0,0003	0,0006	0,0001	0,0005	0,0008	0,0005	0,0002	0,0002	0,256	0,141	0,054	0,008
D-lyxose 2	0,0003	0,0014	0,0006	0,0000	0,0012	0,0011	0,0009	0,0005	0,045	0,739	0,268	0,050
D-mannose 1	0,0000	0,1386	0,0000	0,0007	0,0000	0,0178	0,0000	0,0000	*	0,072	*	0,024
fructose 1	0,8147	1,0551	0,4568	0,6452	0,7890	0,4902	0,3430	0,2858	0,387	0,837	0,570	0,009
melezitose	0,0002	0,0008	0,0365	0,0007	0,0011	0,0010	0,0078	0,0002	0,015	0,061	0,057	0,018
raffinose	0,0000	0,0037	0,0938	0,9615	0,0000	0,0000	0,0077	0,0000	*	0,024	0,034	0,020
sedoheptulose anhydride monohydrate	0,0010	0,0012	0,0010	0,0007	0,0018	0,0007	0,0006	0,0005	0,537	0,903	0,151	0,916
sucrose	0,1147	0,0971	0,3523	0,2910	0,0636	0,1241	0,2685	0,0920	0,190	0,364	0,111	0,220
tagatose 1	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,1057	0,0175	0,0001	0,0000	0,005	0,025	0,611	0,024
tagatose 2	0,1488	0,1361	0,1299	0,2759	0,1126	0,1664	0,0760	0,0434	0,017	0,000	0,181	0,064
ΠΟΛΥΟΛΕΞ												
D-threitol	0,0010	0,0011	0,0007	0,0004	0,0009	0,0010	0,0005	0,0004	0,174	0,069	0,955	0,385
allo-inositol	0,0705	0,0723	0,0796	0,1377	0,1049	0,0859	0,1216	0,0913	0,681	0,371	0,008	0,343
galactinol 2	0,0000	0,0005	0,0004	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,052	0,060	0,090	0,829
D-mannitol	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0001	0,0017	0,005	0,198	0,024	0,024
glycerol	0,0022	0,0022	0,0025	0,0371	0,0000	0,0091	0,0000	0,0035	0,052	0,070	0,024	0,042
myo-inositol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0045	0,0044	0,005	*	0,024	0,026
palatinitol 1	0,0000	0,0001	0,0000	0,0005	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,226	0,934	*	0,000
xylitol	0,0207	0,0204	0,0190	0,0213	0,0205	0,0203	0,0200	0,0209	0,567	0,708	0,707	0,479
ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ												
adenine 1	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,001	0,630	*	*
adenosine	0,0000	0,0000	0,0002	0,0006	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	*	0,007	0,077	0,013
beta-cyano-L-alanine	0,0047	0,0031	0,0053	0,0037	0,0041	0,0053	0,0062	0,0051	0,565	0,352	0,559	0,971
L-norleucine 2	0,0023	0,0017	0,0106	0,0228	0,0047	0,0093	0,0160	0,0216	0,260	0,078	0,818	0,272
quinic acid	0,0034	0,0037	0,0047	0,0051	0,0036	0,0046	0,0041	0,0021	0,201	0,266	0,325	0,129
uracil	0,0009	0,0007	0,0018	0,0009	0,0006	0,0012	0,0013	0,0006	0,887	0,088	0,448	0,130
putrescine	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0250	0,0000	0,0000	*	0,024	*	*
urea	0,0010	0,0009	0,0019	0,0017	0,0020	0,0023	0,0019	0,0015	0,009	0,130	0,482	0,236
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ												
benzoic acid	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,053	0,024	0,024	*
citric acid	0,0000	0,0003	0,0020	0,0046	0,0000	0,0004	0,0003	0,0001	0,052	0,147	0,074	0,098
D-malic acid	0,0136	0,0443	0,0336	0,0831	0,0008	0,1214	0,0846	0,1108	0,039	0,102	0,063	0,000
fumaric acid	0,0509	0,1052	0,1357	0,2240	0,0003	0,0859	0,1533	0,2018	0,079	0,189	0,064	0,766
gluconic acid 2	0,0005	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0001	0,0001	0,082	0,268	0,024	0,024
glyceric acid	0,0014	0,0027	0,0017	0,0044	0,0007	0,0043	0,0058	0,0038	0,568	0,102	0,016	0,495
glycolic acid	0,0005	0,0006	0,0004	0,0007	0,0003	0,0009	0,0005	0,0006	0,081	0,065	0,973	0,401
iminodiacetic acid 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0028	0,005	0,024	0,024	0,025
itaconic acid	0,0002	0,0011	0,0021	0,0031	0,0000	0,0004	0,0004	0,0004	0,056	0,711	0,051	0,005
L-(+) lactic acid	0,0073	0,0053	0,0095	0,0074	0,0176	0,0118	0,0090	0,0054	0,007	0,049	0,453	0,090
maleic acid	0,0005	0,0015	0,0014	0,0024	0,0000	0,0017	0,0026	0,0143	0,056	0,681	0,470	0,026
mucic acid	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	*	0,277	*	*
oxalic acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078	0,0000	0,0031	0,0000	0,009	*	0,024	*
pipecolic acid 2	0,0140	0,0314	0,1523	0,0603	0,0005	0,0011	0,0372	0,0008	0,055	0,026	0,022	0,047
shikimic acid	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	0,0003	0,0002	0,0001	0,002	0,482	0,166	0,562
succinic acid	0,0030	0,0039	0,0021	0,0063	0,0005	0,0051	0,0118	0,0036	0,174	0,365	0,027	0,837
tartronic acid	0,0000	0,0005	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	*	0,036	*	0,088
phthalic acid	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,033	*	*	*

	ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ				ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ				ΑΝΘΕΚΤΙΚΗ vs ΕΥΑΙΣΘΗΤΗ			
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ				t-test			
	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%	C	5%	10%	15%
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ												
4-guanidinobutyric acid 2	0,0209	0,0186	0,0406	0,1157	0,0149	0,0376	0,0386	0,0486	0,139	0,155	0,133	0,064
citraconic acid 1	0,0000	0,0000	0,0007	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,052	*	0,040	0,010
palmitic acid	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,533	0,862	0,313	0,321
ΦΩΣΦΟΡΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ												
phosphoric acid	0,1393	0,1745	0,1645	0,1929	0,1869	0,2852	0,2600	0,1562	0,295	0,221	0,309	0,257
ΆΛΛΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ												
2-amino-1-phenylethanol	0,0020	0,0025	0,0034	0,0213	0,0017	0,0024	0,0033	0,0037	0,796	0,974	0,481	0,000
1,4-dihydroxy-2-naphthoic acid	0,0000	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,005	0,000	0,745	0,038
2-amino-2-methyl-1,3-propanediol 2	0,0086	0,0081	0,0000	0,0339	0,0044	0,0131	0,0046	0,0136	0,218	0,617	0,024	0,061
2-aminoethanethiol 2	0,0013	0,0008	0,0013	0,0006	0,0000	0,0030	0,0028	0,0016	0,003	0,223	0,503	0,212
3-hydroxyflavone	0,0016	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,050	0,262	0,141	0,000
4-hydroxybenzoic acid	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,005	0,024	0,024	0,739
acetol 4	0,0002	0,0006	0,0000	0,0010	0,0001	0,0159	0,0012	0,0005	0,317	0,027	0,011	0,481
D-sphingosine 3	0,0060	0,0055	0,0000	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,056	0,026	0,033	0,789
gluconic acid lactone 1	0,0008	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,052	0,101	*	*
lactobionic acid 1	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0028	0,0000	0,0003	0,005	0,024	0,024	0,062
malonic acid 1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	*	*	*	0,048
methyl-beta-D-galactopyranoside	0,0480	0,0420	0,0312	0,0241	0,1137	0,0645	0,0449	0,0286	0,098	0,181	0,544	0,302
N-(2-hydroxyethyl)iminodiacetic acid 1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0001	0,0002	0,0000	0,029	0,000	0,000	*
N-methylalanine	0,0000	0,0000	0,0002	0,0008	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	*	*	0,247	0,052
phlorobenzophenone 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0000	*	0,040	0,038	*
porphine 1	0,0011	0,0017	0,0020	0,0020	0,0023	0,0031	0,0034	0,0024	0,291	0,141	0,143	0,989

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δυσκολία που χαρακτηρίζει τη βελτίωση της ανθεκτικότητας σε αβιοτικές καταπονήσεις, και ιδιαίτερα στην ξηρασία, έγκειται στην πολυπλοκότητα του γενετικού υπόβαθρου των γνωρισμάτων αυτών (πολυγονιδιακό γνώρισμα) καθώς και στη σημαντική αλληλεπίδραση γονοτύπου και περιβάλλοντος. Στα πλαίσια αυτά, η βελτίωση του γνωρίσματος μέσω διαδικασιών κλασικής βελτίωσης χαρακτηρίζονται σαφώς από περιορισμένη αποτελεσματικότητα. Για το λόγο αυτό, οι προσεγγίσεις μοριακής βελτίωσης αναμένεται να συνδράμουν καθοριστικά προς την κατεύθυνση αυτή. Ειδικότερα, η αξιοποίηση των τεχνολογιών αυτών δύναται να συμβάλει στην αποσαφήνιση των μοριακών/βιοχημικών μηχανισμών που διέπουν το γνώρισμα της ανθεκτικότητας στην ξηρασία. Η γνώση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη λειτουργικών μοριακών δεικτών που σχετίζονται με την υδατική καταπόνηση ως εργαλείο για την αξιόπιστη επιλογή ανθεκτικών γονοτύπων. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί μία αποτελεσματική στρατηγική για την επιλογή σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης, ώστε οι διαδικασίες βελτιωτικές να καταστούν αποτελεσματικότερες, ταχύτερες και λιγότερο δαπανηρές. Η ανάλυση του μεταβολικού προφίλ αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους ανίχνευσης και δημιουργίας τέτοιων δεικτών.

Στην παρούσα μελέτη, προσδιορίστηκε το μεταβολικό προφίλ φύλλων ηλίανθου υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν δύο ποικιλίες-υβρίδια ηλίανθου, η μία ανθεκτική και η άλλη ευαίσθητη στην ξηρασία. Η υδατική καταπόνηση πραγματοποιήθηκε σε υδροπονικό σύστημα, μέσω της ανάπτυξης των φυτών σε διάλυμα που περιείχε πολυαιθυλενική γλυκόλη σε 3 επίπεδα καταπόνησης: 5, 10 και 15% PEG. Ο προσδιορισμός του μεταβολικού προφίλ επετεύχθη με αέρια χρωματογραφία συζευγμένη με φασματομετρία μάζας (GC – MS).

Συνολικά, η ανάλυση απέδωσε 145 και 141 συστατικά μεταβολιτών για την ανθεκτική και ευαίσθητη ποικιλία ηλίανθου αντίστοιχα. Έπειτα από "φιλτράρισμα" που αφορούσε στην εξασφάλιση της επαναληψιμότητας για τις υπό μελέτη βιολογικές επαναλήψεις ($n = 4$) απέμειναν 91 συστατικά τα οποία αναλύθηκαν περαιτέρω μέσω στατιστικών μεθόδων. Γενικά, οι μεταβολές στη συσσώρευση των μεταβολιτών σχετίζονταν θετικά με το επίπεδο υδατικής καταπόνησης που εφαρμόστηκε. Σε ορισμένες περιπτώσεις ωστόσο, το χαμηλό επίπεδο στρες έχει ως αποτέλεσμα δραστικότερες μεταβολές συγκριτικά με τα υψηλά επίπεδα καταπόνησης.

Στα ανθεκτικά φυτά, από την κατηγορία των αμινοξέων οι ουσίες που είναι στατιστικά σημαντικές, είναι η μεθειονίνη (L – methionine 2) και προλίνη (L – proline 2). Η μεθειονίνη μπορεί να θεωρηθεί ως βιοδείκτης του οξειδωτικού στρες *in vivo* κι ανήκει στην ομάδα των α – αμινοξέων. Αυτά είναι τα αμινοξέα στα οποία η αμινομάδα είναι προσαρτημένη στο άτομο άνθρακα που γειτνιάζει άμεσα με την καρβοξυλική ομάδα. Η βιολογική τους λειτουργία είναι η πρωτεϊνοσύνθεση και η βιοσύνθεση αμινοξέων κι εντοπίζεται στο κυτόπλασμα των κυττάρων της επιδερμίδας των φύλλων (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB02005>). Η προλίνη, που αποτελεί μια υδροξυλιωμένη μορφή προλίνης, ανήκει στην ομάδα των αμινοξέων. Η προλίνη αυξάνεται αναλογικά με τα άλλα αμινοξέα πολύ πιο γρήγορα υπό συνθήκες υδατική καταπόνησης στις ανθεκτικές ποικιλίες. Η συσσώρευσή της αποτελεί μια αξιόλογη παράμετρο για τον προγραμματισμό της άρδευσης (Bates *et al.*, 1973) (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00162>).

Στην κατηγορία των πολυολών, στατιστικά σημαντική διαφορά σημειώθηκε στα συστατικά θρεϊτόλη (D – threitol) και γλυκερόλη (glycerol). Η θρεϊτόλη είναι μία C4- πολυόλη που αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν άλλων ενώσεων κι ανήκει στην κατηγορία των αλκοολών σακχάρων και απαντάται εξωκυτταρικά, και στα μιτοχόνδρια (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB04136>). Η γλυκερόλη είναι ένα σημαντικό συστατικό των τριγλυκεριδίων και φωσφολιπιδίων. Η ουσία αυτή έχει τρία άτομα άνθρακα και αποτελεί τη ραχοκοκαλιά των λιπαρών οξέων στα λίπη. Αποτελέσματα σχετικών ερευνών αποδίδουν στις πολυόλες ένα ρόλο ωσμορυθμιστικών μορίων που συμβάλουν στη διατήρηση της μεταβολικής δραστηριότητας υπό συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων, συμπεριλαμβανομένου της υδατικής (Patonnier *et al.*, 1999; Rizhsky *et al.*, 2004).

Στην ομάδα των αζωτούχων ενώσεων, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασαν τα συστατικά αδενοσίνη και νορλευκίνη (L – norleucine 3), που ανιχνεύθηκαν σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας. Η αδενοσίνη είναι ένα νουκλεοτίδιο που αποτελείται από αδενίνη και ÷-ριβόζη. Ο βιολογικός ρόλος της πέρα από το ότι τα συστατικά του DNA και του RNA, είναι και η μεταφορά ενέργειας (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00050>).

Αναφορικά με τα οργανικά οξέα, σε φύλλα της ανθεκτικής ποικιλίας σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν στα συστατικά βενζοϊκό οξύ, κιτρικό οξύ, Δ- μηλικό οξύ, φουμαρικό οξύ, γλυκερικό οξύ, ιτακονικό οξύ, μαλεϊκό οξύ και σουκινικό οξύ. Το βενζοϊκό οξύ (C₆H₅COOH) είναι άχρωμο, κρυσταλλικό και στερεό και αποτελεί την πιο απλή αρωματική καρβοξυλική ένωση. Εμφανίζεται ελεύθερο ή δεσμευμένο σαν εστέρας του βενζοϊκού οξέος

σε πολλά φυτικά και ζωικά είδη. Το βενζοϊκό οξύ είναι μυκητοστατικό συνθετικό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σαν συντηρητικό φαγητών. (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01870>). Όσον αφορά την υδατική καταπόνηση, εξωγενής εφαρμογή βενζοϊκού οξέος μπορεί να προκαλέσει αντοχή στην ξηρασία, βελτιώνοντας την ανταλλαγή αερίων και την περιεχόμενη χλωροφύλλη, όπως κατέδειξαν έρευνες σε φυτά σόγιας (http://www.croj.com/wang_7_5_555_560.pdf).

Το κιτρικό οξύ εμφανίζεται κυρίως στα εσπεριδοειδή, και παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις στα λεμονιά και τα λάιμ, στα οποία μπορεί να αποτελεί μέχρι και το 8% του συνολικού ξηρού τους βάρους. Αναφορικά με την υδατική καταπόνηση, η εφαρμογή κιτρικού οξέος στους σπόρους μπορεί να μειώσει το υδατικό στρες που προκαλείται κατά την μεταφύτευση, όπως έδειξαν πειράματα σε σπόρους λάχανου (http://www.ishs.org/ishs-article/1112_14).

Το φουμαρικό οξύ είναι ένα δικαρβοξυλικό οξύ. Σχηματίζεται από την οξειδωση του ηλεκτρικού οξέος από την ηλεκτρική υδρογονάση. Σε σχέση με την απόκριση των φυτών στην υδατική καταπόνηση, το φουμαρικό οξύ διαφοροποιεί το ριζικό σύστημα επάγοντας την περισσότερο ορθόκλαδη ανάπτυξη, όπως έδειξαν πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο κριθάρι (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4962459/>).

Το Δ-μηλικό οξύ ανήκει στην οικογένεια των δικαρβολικών οξέων και των παραγώγων τους, που είναι οργανικά σύνθετα που περιέχουν ακριβώς 2 καρβοξυλικές ομάδες (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB31518>). Το Δ-μηλικό οξύ παρουσιάζει αισθητή μείωση σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης ανεξάρτητα από το είδος, η οποία μπορεί να φτάσει και το 75%, σε σύγκριση με συνθήκες σωστής άρδευσης. (<https://academic.oup.com/treephys/article/34/11/1203/1677314/Investigating-the-drought-stress-response>)

Το γλυκερικό οξύ είναι ένα άχρωμο οξύ, το οποίο δημιουργείται από την οξειδωση της γλυκερόλης. Το ηλεκτρικό οξύ είναι ένα δικαρβοξυλικό οξύ. Η ηλεκτρική αφυδρογονάση παίζει σημαντικό ρόλο στην μιτοχονδριακή λειτουργία, καθώς είναι τόσο μέρος της αναπνευστικής αλυσίδας όσο και του κύκλου του Krebs. Μεταλλάξεις στα 4 γονίδια που κωδικοποιούν τις υποομάδες της μιτοχονδριακής ηλεκτρικής αφυδρογονάσης σχετίζονται με ένα ευρύ φάσμα κλινικών ασθενειών. Σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, τα επίπεδα του ηλεκτρικού οξέος βρέθηκαν αυξημένα σε φύλλα φυτών σόγιας (<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038554>).

Σημαντικές διαφορές επίσης εμφανίστηκαν σε συστατικά που ανήκουν στην κατηγορία των λιπαρών οξέων και ειδικότερα στο 4 – guanidinobutyric acid 2. Ο συγκεκριμένος μεταβολίτης που υπάρχει ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις εντοπίζεται στο κυτόπλασμα. Ανήκει στην κατηγορία των γάμμα-αμινοξέων και παραγώγων τους. Η βιολογική λειτουργία σχετίζεται με τη σύνθεση αμινοξέων και επακόλουθη πρωτεϊνοσύνθεση (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB03464>).

Στα φύλλα φυτών της ανθεκτικής ποικιλίας παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο επίπεδο συσσώρευσης των μεταβολιτών 2 amino 1 phenylethanol, 3 – hydroxyflavone και melonic acid. Ο πρώτος αφορά σε μια απλή αμίνη που ανήκει στην χημική κατηγορία των αραλκυλαμινών (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01065>). Η επόμενη ένωση είναι η 3 – hydroxyflavone που απαντάται σε φυτά και ανήκει στην οικογένεια των οργανικών ενώσεων των φλαβονολών.

Σε φυτά της ευαίσθητης ποικιλίας, σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν στα αμινοξέα ομοσερίνη (L-Homoserine 2), αλανίνη (L-Alanine 2) και μεθειονίνη (L – methione 2). Όπως προαναφέρθηκε, η βιολογική λειτουργία της μεθειονίνης σχετίζεται με την πρωτεϊνοσύνθεση και τη βιοσύνθεση αμινοξέων (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB02005>). Αναφορικά με τα άλλα δυο ανιχνευθέντα αμινοξέα, η ομοσερίνη 2 ανήκει στην κατηγορία των L-άλφα-αμινοξέων και βρίσκεται εξωκυτταρικά. Η βιολογική της λειτουργία είναι η σύνθεση των αμινοξέων και η πρωτεϊνοσύνθεση (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00719>). Η αλανίνη αποτελεί ρυθμιστή του μεταβολισμού της γλυκόζης και απαντάται στο κυτταρόπλασμα, στα μιτοχόνδρια και σε εξωκυττάρους χώρους (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00161>).

Στην κατηγορία των ζαχάρων, διαφορά παρατηρήθηκε στο συστατικό sedoheptulose anhydride monohydrate, το οποίο αποτελεί μονοσακχαρίτη με επτά άτομα άνθρακα και μία κετόνη ως λειτουργική ομάδα και βρίσκονται στη φύση. Το συστατικό αυτό βρίσκεται στο κυτόπλασμα των φυτικών κυττάρων (<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01068>).

Το ιτακονικό οξύ (itaconic acid) και το σικιμικό οξύ (shikimic acid) είναι οργανικά οξέα που ανιχνεύτηκαν σε φυτά της ευαίσθητης ποικιλίας. Το ιτακονικό οξύ είναι μία φυσική ένωση, μη τοξική, άμεσα βιοδιασπώμενη, διαλυτή σε νερό, αιθανόλη και ακετόνη. Το μοριακό βάρος είναι 130,10 g / mol με μία πυκνότητα 1,63 g / cm³. Το σικιμικό οξύ είναι γνωστό βιοχημικό ενδιάμεσο προϊόν στα φυτά και στους μικροοργανισμούς. Είναι πρόδρομο για αρωματικά αμινοξέα, φαινυλανίνες, τυροσίνες, αρκετά αλκαλοειδή κι άλλους

αρωματικούς μεταβολίτες. Μια έρευνα που αφορά το σόργο, έδειξε ότι η παρουσία του σικιμικού οξέος οδήγησε σε σημαντική αύξηση του μήκους της ρίζας των φυτών κατά τη διάρκεια της συνολικής περιόδου ανάπτυξης και ως εκ τούτου συνέβαλε στην αύξηση του ρυθμού πρόσληψης νερού από το έδαφος (Aldesuquy & Ibrahim, 2000).

Τέλος σε φυτά της ευαίσθητης ποικιλίας, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη συσσώρευση του συστατικού methyl beta d galactopyranoside που αποτελεί μια εξόζη που εμπλέκεται στον μεταβολισμό της 2-δεσοξυγαλακτόζης. Η σύνθεση των MEG μπορεί να συμβάλει στην μείωση της συσσώρευσης της μεθανόλης και των παραγώγων της στο κυτταρόπλασμα (Aubert et al., 2004).

Είναι αξιοσημείωτο, ότι ορισμένοι μεταβολίτες παρουσίασαν διαφορετική συσσώρευση, με αποτέλεσμα τα εν λόγω συστατικά να ανιχνεύονται είτε μόνο στα φυτά-μάρτυρες είτε αποκλειστικά στα καταπονημένα φυτά. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολίτες αδενοσίνη, phlorobenzophenone 2 και μαλονικό οξύ ανιχνεύθηκαν αποκλειστικά στα καταπονημένα φυτά της ανθεκτικής ποικιλίας και όχι στα φυτά-μάρτυρες. Στην ευαίσθητη ποικιλία αντίστοιχα, διαφορετική συσσώρευση σημειώθηκε στα συστατικά αδενοσίνη, γλυκερόλη, βενζοϊκό οξύ, κιτρικό οξύ, ιτακονικό οξύ, μαλείκό οξύ, σικιμικό οξύ και phlorobenzophenone 2 τα οποία ανιχνεύθηκαν επίσης μόνο στα καταπονημένα φυτά. Λόγω της διαφορετικής τους συσσώρευσης, τα συστατικά αυτά συνιστούν τους πλέον κατάλληλους λειτουργικούς δείκτες για την διάκριση μεταξύ ανθεκτικών και ευαίσθητων γονοτύπων. Πέραν της αξιοποίησής τους για την επιλογή επιθυμητών γονοτύπων, η ενσωμάτωση γονιδίων που ελέγχουν τη βιοσύνθεση των συστατικών αυτών σε ευαίσθητους γονοτύπους, μέσω κλασικής βελτίωσης ή μεθόδων γενετικής μηχανικής, μπορεί να συμβάλει στην ουσιαστική αναβάθμιση της ανθεκτικότητάς τους στην ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, Tsalikis D (2007). Irrigation and N-fertilization effects on the growth and productivity of sunflower in an aquic soil in central Greece. 15th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 7-11 May, Berlin, German: 413-416.
- Pavli OI, Vlachos CE, Kalloniati C, Flemetakis E, Skaracis GN (2013). Metabolite profiling reveals the effect of drought on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) metabolism. *POJ6*(6):371-376.
- Giannoulis KD, Archontoulis SV, Bastiaans L, Struik PC, Danalatos NG (2008). Potential growth and seed yield of sunflower as affected by sowing time, irrigation and N-fertilization in central Greece. In: Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece p. 10.
- Danalatos NG, Archontoulis SV, Giannoulis KD, Pasxonis K, Tsalikis D, Pazaras V, Papadoulis N, Zaitoudis D (2008). Cynara, sunflower, sweet and fiber sorghum on-farm yields in north, central and south Greece in 2007. In: Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece p. 13
- Geronikolou L, Archontoulis SV, Danalatos NG, Papadakis G, Kyritsis S (2005). Economic Opportunity for Seed Oil Production in S. Europe by New Sunflower Varieties and under New C.A.P. Conditions. In: Proceedings of the 14th European Biomass Conference, 17–21 October Paris, France, p. 1917–1920.
- Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G (2005). Biomass and seed yield of sunflower as alternative energy crop in Greece. In: Proceedings of the 14th European Biomass Conference, 17–21 October Paris, France, p. 308–311.
- Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G (2005). Irrigation and N fertilization effects on growth and productivity of three sunflower hybrids in an aquic soil in central Greece. In: M.J Pascual-Villalobos, F.S. Nakayama, C.A. Bailey, E. Correal and W.W. Schloman, Jr. Proceeding of 2005 Annual Meeting of the Association for Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development 17–21 September 2005, Murcia, Spain p. 129–138.

- Miller DA, Hoveland CS (1995). Other temperate legumes. In Barnes, R.F., D.A. Miller and C.J. Nelson (eds.) Forages, Volume I. Introduction to grassland agriculture pp. 273-281. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Bangeefa MB, Hammer GL, Rickert KG. Effect of radiation environment on radiation use efficiency and growth of sunflower. *Crop Science*, Vol. 37, pp. 1208-1214
- Fuller M, Diamond J, Applewhite T (1967). High oleic sunflower oil. Stability and chemical modification. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 44:264-267.
- Kilman ML, Earle FR (1964), Agronomic performance and chemical composition of the seed of sunflower hybrids and introduced varieties. *Crop Sci.* 4:417-420.
- Lancashire PD, Bleiholder H, Langeliiddecke P, Stauss R, Van Den Boom T, Weber E, Witzsen-Bergera A (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119, 561-601.
- Adams MW (1967). Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean. *Crop Sci.*, 7: 505 – 510.
- Borojevic S (1971). Forming a model of high – yielding wheat varieties. *Contemporary Agriculture*, Novi Sad, Yugoslavia, 6: 33-47.
- Bremmer PM, Preston GK (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 S. Agric. Res.*, 41: 463 – 478.
- Cupina T, Vasiljevic LG (1974). Study of inheritance of size and structure of photosynthetic apparatus in sunflower. In I Proc of the 4th Congress of Yugoslav Biologists Serajevo, pp. 22 – 28.
- Patonnier MP, Peltier JP, Marigo G (1999) Drought-induced increase in xylem malate and mannitol concentrations and closure of *Fraxinus excelsior* L-stomata. *J Exp Bot.* 50:1223-1229
- Rizhsky L, Liang HJ, Shuman J, Shulaev V, Davletova S, Mittler R (2004) When Defense pathways collide. The response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress. *Plant Physiol.* 134:1683-1696
- Connor DJ, Sandras VO, (1992). Physiology of yield expression in sunflower. *Field Crop Res.*, 30: 333 – 389.
- Connor DJ, Hall AJ (1997). Sunflower physiology. In: Schneiten A.A. (Ed.) *Sunflower Technology and Production* p. 1-3.

- Darwin C (1859). On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the struggle for life. Marray J (Editor), Alberwarle st, London,p. 502.
- Fick GN (1978). Breeding and Genetics. In: IF. Carter (Editor), Sunflower Science and Technology, Agronomy Monograph No. 19. Am. Soc. Agron., Madison, WI, p. 279-338.
- Fernandez-Martinez J, Jimenez A, Dominguez J, Garcia JM ,Garces IT,Mancha M (1989). Genetic analysis of the high oleic acid content in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*, 41: 39-51.
- KovaCik A, Skaloud B (1979). Prerequisites for the determination of sunflower ideotype for the northern regions. *Rosa Vyroba*, 25: 551-556.
- Putt ED (1943). Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. *Sci. Agric.*, 23: 377-383.
- Pillai MA, Ramalingam P,Srodharan CS, Murugan S, Vanniarajan C (1995). Stability analysis for seed yield and it's components in Sunflower hybrids. *Annuals of Agric. Res.*, 16: 409412.
- Sandras VO, Hall AJ, Trapani N, 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.
- Shell GSG, Lang ARG (1976). Movements of sunflower leaves over a 24-h period. *Agric. Meteorol.*, 16: 161-170.
- Skoric D (1992). Achievements and future directions of sunflower breeding. *Field Crops Res.*, 30: 231-270.
- Aubert S, Choler P, Pratt J, Douzet R, Gout E, Bligny R, *J Exp Bot* (2004) 55 (406): 2179-2189. Published: 10 September 2004
- Bates LS, Teare ID,Waldren RP, *Plant and Soil*, August (1973), Volume 39, Issue 1, pp 205–207, Rapid determination of free proline for water-stress studies
- Bassam N (1998). The productivity of *Echinabloa* as a potential energy crop. (In preparation.)
- LoApez Pereiraa M, Sadrasb VO, N. TraApania, aUniversidad de Buenos Aires, Facultad de AgronomoAa, Av. San MartoAn 4453 (1417), Buenos Aires, Argentina
bUniversidad de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina
Received 14 August 1998; accepted 1 February 1999 Genetic improvement of sun-
ower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components

Hammer GL, Goynes PJ, Woodruff DT, (1982). Phenology of sunflower cultivars. III. Models of prediction in field environments. Aust. J. Agric. Res., 33: 263-274.

Ibrahim AH, Aldesuquy HS (2000). Glycine Betaine and Shikimic Acid - Induced Modification in Growth Criteria, Water Relation and Productivity of Droughted Sorghum bicolor Plants.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αυγουλάς Χ (2008). Σημειώσεις για τα Ελαιούχα και Κλωστικά Φυτά. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής 19 σελ.

Αμπατζόγλου Κ (1979β). Ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.). Το ερευνητικό έργο του Ινστιτούτου Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών. Σίνδος, σσ. 193-196.

Αναστασιάδης Α (2012). Ο Ηλίανθος. Αθήνα: Αγρότυπος Α.Ε.

Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ (2002). Βιομηχανικά Φυτά Βαμβάκι και υπόλοιπα Κλωστικά, Ελαιοδοτικά, Ζαχαρότευτλα, Καπνός. Εκδόσεις Σταμούλης, 412 σελ.

Καββάδας ΔΣ (1956). Εικονογραφημένον Βοτανικόν Φυτολογικόν Λεξικόν. Αθήναι

Μουσταφέρη Φ (2010). Αξιολόγηση της ανάπτυξης και των αποδόσεων τεσσάρων υβριδίων ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.) (δύο συμβατικών και δύο με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ) υπό τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της Αττικής. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2010.

Μπαλατσούρας ΓΔ (1995) Η επιτραπέζια ελιά : ποικιλίες, χημική σύσταση, εμπορικοί τύποι, ποιοτικά χαρακτηριστικά, συσκευασία, εμπορία, Αθήνα, 1995.

Ξανθόπουλος ΦΠ (1993). Ο ηλίανθος. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας. Ινστ. Βάμβ. και Βιομηχ. Φυτών. Θεσσαλονίκη.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ (2005). Ψυχανθή (Καρποδοτικά-Χορτοδοτικά). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Σφήκας ΑΓ (1988). Ειδική Γεωργία ΙΙ. Βιομηχανικά φυτά: Θεσσαλονίκη

Φασούλας ΑΠ, Σενλόγλου ΝΑ (1966). Προσαρμοστικότητα των φυτών μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα. Θεσσαλονίκη.

Ιστότοποι

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB02005>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00162>.

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB04136>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00050>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01870>

http://www.cropj.com/wang_7_5_555_560.pdf

http://www.ishs.org/ishs-article/1112_14

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4962459/>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB31518>

<https://academic.oup.com/treephys/article/34/11/1203/1677314/Investigating-the-drought-stress-response>

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0038554>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB03464>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01065>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00719>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB00161>

<http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB01068>

<http://www.vln.school.nz/groupcms/view/821639/cross-curricular-literacy>

<http://www.suggest-keywords.com/aGVsaWFudGh1cyByb290/>

<http://www.transformationalgardening.com/forage/plants/helianthus-decapetalus-images.html>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000136792