

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

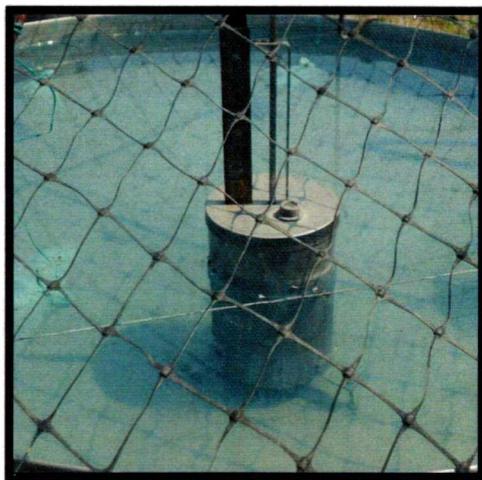
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΘΕΜΑ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΤΟΥ
ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟΥ ΤΥΠΟΥ Α
ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΡΕΝΜΑΤΗ – ΜΟΝΤΕΙΤΗ**



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΜΠΕΓΛΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ



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

Αριθ. Εισ.: 17242/1

Ημερ. Εισ.: 13/02/2018

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ

2017

ΜΠΕ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μαρίας.

Στον επίλογο της προσπάθειάς μου αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους, που ο καθένας με τον τρόπο του με βοήθησε να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου διατριβή. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μαρία, που μου παρείχε τη δυνατότητα ενασχόλησης με ένα τόσο ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, καθώς και η συνεχής καθοδήγηση σε κάθε βήμα. Επιπλέον η συμβολή της στην εξέλιξη των σπουδών μου ήταν πολύτιμη.

Κάπου εδώ πρέπει να επισημάνω και τη σημαντικότητα των κυρίων Χαλκίδη και Παπανικολάου ,οι οποίοι με βοήθησαν στην προσπάθεια μου για αυτή την εργασία. Τους ευχαριστώ θερμά .

Η προσπάθειά μου θα ήταν άκαρπη χωρίς την συμβολή της κ. Ειρήνης Καρατάσιου, υποψήφιας Διδάκτορα του εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων, καθώς η βοήθειά της κατά την εξέλιξη του πειράματος ήταν καθοριστικής σημασίας.

Τέλος, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου που με στηρίζει σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου , αλλά και σε κάθε πτυχή της ζωής. Χωρίς τη συμπαράστασή τους η εξέλιξή μου ως φοιτητής αλλά και ως άνθρωπος θα ήταν σχεδόν αδύνατη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1)1.1Ενεργειακά φυτά.....	7
1.2Προβλήματα που δημιουργούνται.....	8
1.3Ενεργειακές καλλιέργειες.....	12
1.4Βιοκαύσιμα.....	14
1.4.1Χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων.....	15
1.4.2Γιατί χρειαζόμαστε τα βιοκαύσιμα.....	16
1.5Βιοντίζελ.....	16
1.5.1Μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ.....	19
1.6Βιομάζα.....	20
1.6.1Παγκόσμιο και ελληνικό δυναμικό.....	21
1.6.2Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.....	23
1.6.3Μορφές της βιομάζας.....	25
2)Ηλίανθος	
2.1Βοτανικά χαρακτηριστικά – βιότοπος.....	27
2.2Ιστορικά στοιχεία.....	29
2.3Ποικιλίες.....	30
2.4Κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.....	32
2.5Άνθιση.....	33
2.6Διάρκεια βιολογικού κύκλου	34
2.7Βλαστικός κύκλος.....	34

2.8Καλλιεργητικές τεχνικές.....	34
2.8.1Προετοιμασία εδάφους.....	34
2.9Σπορά.....	35
2.10Αμειψισπορά.....	36
2.11Λίπανση	37
2.12Απόδοση.....	38
2.13Αντιμετώπιση ζιζανίων.....	38
2.14Εχθροί και Ασθένειες.....	39
2.14.1Εχθροί.....	39
2.14.2Ασθένειες.....	41
2.15Συγκομιδή.....	45
2.16Χρήσεις ηλίανθου	46
3)Άρδευση	
3.1Εισαγωγή.....	48
3.2Επιλογή μεθόδου άρδευσης.....	49
3.3Μέθοδοι άρδευσης.....	49
3.4Στάγδην άρδευση.....	50
3.5Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης.....	52
3.6Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης.....	53
3.7Επιφανειακή στάγδην άρδευση.....	54
4)Εγκατάσταση και διεξαγωγή πειράματος	
4.1Εισαγωγή.....	57

4.2Χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού.....	58
4.3Εγκατάσταση και σχεδιασμός πειράματος.....	58
4.3.1Σχεδιασμός πειράματος.....	58
4.4Μέθοδος Penman Monteith.....	59
4.5Κλιματολογικά δεδομένα.....	60
4.6Εδαφολογικά χαρακτηριστικά αγροτεμαχίου.....	61
4.7Καλλιεργητικές φροντίδες.....	63
4.8Εξατμισόμετρο.....	65
4.9Ποσότητα νερού.....	67
4.10Ανάπτυξη και απόδοση καλλιέργειας.....	68
4.10.1Δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	68
4.10.2Μέτρηση ύψους.....	70
4.10.3Μέτρηση φυτικής βιομάζας.....	70
4.11Υπολογισμός αρδευτικών δόσεων.....	71
4.11.1Εισαγωγή.....	71
4.11.2Εξατμισοδιαπνοή.....	72
4.11.3Εξάτμιση.....	73
4.11.4Διαπνοή.....	74
4.11.5Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς....	75
4.11.6Υπολογισμός ETc.....	76
4.11.7Υπολογισμός δόσης άρδευσης.....	77
4.11.8Καθορισμός εύρους άρδευσης.....	80
4.11.9Πρόγραμμα άρδευσης.....	81

4.11.10 Υπολογισμοί δόσεων, εύρους και διάρκειας άρδευσης.....82

5) Αποτελέσματα

5.1 Κλιματικά δεδομένα.....97

5.2 Ποσότητα νερού άρδευσης.....97

5.3 Τελική ποσότητα σπόρου.....98

5.4 Αποδοτικότητα χρήσης νερού.....99

5.5 Παραγωγή βιοντίζελ.....100

6) Συμπεράσματα.....101

7) Βιβλιογραφία.....103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΦΥΤΑ

Οι νέες καλλιέργειες πάντοτε τραβούν τα βλέμματα και ιδίως ό,τι έχει να κάνει με την παραγωγή ενέργειας, λόγω της έλλειψης ορυκτών καυσίμων και του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για την προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι και στην Ελλάδα, τα ενεργειακά φυτά για την παραγωγή βιομάζας βρίσκονται στο μυαλό πλείστων παραγωγών και όχι μόνο.

Με πολλές ελπίδες και χωρίς συγκεκριμένη στόχευση άνοιξε το θέμα των ενεργειακών φυτών για παραγωγή βιομάζας στην Ελλάδα. Αυτή τη στιγμή καλλιεργούνται περίπου στα 25.000 στρέμματα ηλίανθος και ελαιοκράμβη για παραγωγή βιοντίζελ, ενώ υπάρχουν πάμπολλα είδη φυτών με αρκετές δυνατότητες και θα έπρεπε να καλλιεργούνται 2 εκατ. στρέμματα.

Σύμφωνα με ερευνητές, η αγορά είναι μεν ανώριμη, έχει δε δυνατότητες πολλές, αρκεί να υπάρξει το κατάλληλο πλαίσιο και ανάπτυξη της συμβολαιακής γεωργίας. Με δυνατότητα επιδοτήσεων, παροχή κινήτρων και εκτάσεων, υποστήριξη επενδύσεων και ανάπτυξη συμβολαιακής γεωργίας, τα ενεργειακά φυτά έχουν μέλλον στη χώρα. Κύριο κριτήριο θα πρέπει να είναι η σωστή επιλογή χρήσης γης ανάλογα με την οικολογία, το κλίμα της περιοχής και την τελική χρήση.

Τα ενεργειακά φυτά κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Ελαιούχα φυτά

- Ηλίανθος - *Helianthus annuus*
- Ελαιοκράμβη - *Brassica napus*

- Σόγια - *Glycine max*
- Ρεσινολαδιά - *Ricinus communis*
- Ατρακυλίδα - *Carthamus tinctorius*
- *Camelina sativa*

Αμυλούχα φυτά

- Σιτηρά (σιτάρι, κριθάρι, κ.ά.)
- Καλαμπόκι
- Ζαχαρότευτλα
- Γλυκό σόργο

Λιγνοκυτταρινούχα φυτά:

- Ετήσια (κενάφ, ινώδες σόργο)
- Πολυετή (καλάμι, μίσχανθος, αγριαγκινάρα, κ.ά.)
- Πολυετή δενδρώδη (ψευδακακία, λεύκα, ιτιά, κ.ά.)



1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ

Η ενεργειακή κρίση εμφανίστηκε το 1973 και από τότε εντάθηκε το ενεργειακό πρόβλημα.

Η συνειδητοποίηση του προβλήματος ήταν αποτέλεσμα :

- του περιορισμού άντλησης και συνεπώς των ποσοτήτων διάθεσης αργού πετρελαίου
- του μονομερή καθορισμού τιμών από τον ΟΠΕΚ.
- από την επακόλουθη αύξηση της τιμής του (τετραπλασιασμός της τιμής σε σχέση με αυτή του 2007)
- από την απόφαση ΟΠΕΚ για εθνικοποιήσεις κοιτασμάτων αργού πετρελαίου.

Οι παράγοντες που τροφοδοτούν το ενεργειακό πρόβλημα είναι:

- οι ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν,
- η αβεβαιότητα της επάρκειας της παράγωγης και της σταθερότητας στην τροφοδοσία με καύσιμα, με σκοπό την διατήρηση των αποθεμάτων και παράλληλα την αύξηση των τιμών,
- πολιτικά και μη γεγονότα αλλά και αστάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν και ανεβάζουν τις τιμές,

Η ουσία, δηλαδή του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται και τις απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ανισοροπίες μεταξύ γεωγραφικής κατανομής αποθεμάτων και γεωγραφικής κατανομής κατανάλωσης ενέργειας (Αμερική- Ευρώπη). Είναι αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε τη σημασία της αύξησης ενέργειας που καταναλώνεται αν αναλογιστούμε το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε σήμερα στο σπίτι μας σε σχέση με τις συσκευές που είχαμε ,π.χ. πριν 50 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους

δρόμους σε σχέση με τότε. Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήξουμε αν παρατηρήσουμε τις ενεργοβόρες εγκαταστάσεις ενός σύγχρονου κτιρίου (πχ νοσοκομείου με κεντρική εγκατάσταση κλιματισμού, δίκτυο υπολογιστών, ιατρικό εξοπλισμό) και τις συγκρίνουμε με ένα ανάλογο κτίριο που κατασκευάστηκε πριν από μερικές δεκαετίες.

Υπολογίζεται ότι ο πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιούσε για τις ανάγκες του ενέργεια ίση με 6,3 MJ την ημέρα που έπαιρνε μέσω της τροφής του. Ο σημερινός άνθρωπος χρησιμοποιεί περίπου 1000 MJ δηλαδή 150 φορές περισσότερη.

Παρατηρούμε ότι η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος στην Ευρώπη και Αμερική είναι : 61,88 /

6057 = 0,0102 = 1,02% στο σύνολο των αποθεμάτων.

- ενώ η Β. Αμερική κατέχει το 34% των αποθεμάτων, καταναλώνει ανά έτος το 39,4% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας .
- Η Δ. Ευρώπη ενώ κατέχει το 13,5 % των αποθεμάτων , καταναλώνει το 25% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας .
- Η Κ. και Ν. Αμερική καταναλώνει περίπου το ίδιο ποσοστό σε σχέση με τα αποθέματά της.
- Αντιθέτως η Αν. Ευρώπη ενώ κατέχει το 48,4% των αποθεμάτων καταναλώνει ανά έτος μόνο το 30,6% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας .

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η Α. Ευρώπη είναι ενεργειακά αυτοδύναμη με δυνατότητες (ενεργειακής) ανάπτυξης, ενώ η Β. Αμερική και ειδικά η Δ. Ευρώπη έχουν μεγάλη εξάρτηση από τις παραγωγούς χώρες. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αναπτύξουν νέες μορφές ενέργειας ώστε να γίνουν ενεργειακά αυτοδύναμες ή τουλάχιστον λιγότερο εξαρτώμενες

Τα κύρια προβλήματα στη χώρα μας σχετίζονται άμεσα με το λανθασμένο ενεργειακό μοντέλο που εφαρμόζεται. Η χώρα μας χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή ένταση (παραγόμενες kWh ανά μονάδα ΑΕΠ), υψηλή εξάρτηση από πετρέλαιο και λιγνίτη που αποτελούν τα πλέον ρυπογόνα καύσιμα, και άσκοπη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.

Για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος πρέπει να ληφθούν μέτρα που θα στηρίζονται στους εξής άξονες:

1. αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας :

- διαχωρισμός ενέργειας - οικονομικής ανάπτυξης,
- στην αύξηση της ωφέλιμης ενέργειας σε σχέση με την καταναλισκομένη,

2. μείωση της κατανάλωσης και

3. υποκατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και εξασφάλιση των προϋποθέσεων (οικονομική ανάπτυξη, νομισματική σταθερότητα, ορθός καταμερισμός του πλούτου, σταθερότητα τροφοδοσίας ενέργειας) μιας μακροχρόνιας στρατηγικής επιτυχούς εκμετάλλευσης των ΑΠΕ.

Η πιο καθαρή και πιο φθηνή μορφή ενέργειας είναι αυτή που εξοικονομούμε κάνοντας σωστή χρήση της τεχνολογίας καλύπτοντας τις πραγματικές μας ανάγκες χωρίς υπερβολές και σπατάλες. Αυτό προϋποθέτει ευαισθητοποίηση των καταναλωτών με σκοπό την αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών όχι μόνο σε προσωπικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο παραγωγής αξιοποιώντας παράλληλα και την σύγχρονη τεχνολογία.

Επίσης θα πρέπει να υιοθετηθούν :

- σχέδια προστασίας των σημαντικών οικοσυστημάτων της χώρας,
- αλλαγές στις γεωργικές καλλιέργειες,
- διαχειριστικά πλάνα για τους υδάτινους πόρους,
- μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη-θέρμανση,
- προώθηση καινοτόμων καθαρών τεχνολογιών,
- δημιουργία υποδομών για την αντιμετώπιση ακραίων καιρικών φαινομένων,
- συστήματα επίβλεψης των δασών ανά την επικράτεια,
- δράσεις καταπολέμησης της ερημοποίησης και
- εκστρατείες ευαισθητοποίησης της Ελληνικής κοινωνίας.

Γενικότερα θα πρέπει να ληφθούν πολιτικά μέτρα προώθησης των ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας, να εξορθολογιστεί η πολιτική των μεταφορών στη χώρα μας, να καταρτιστεί μια στιβαρή και φιλόδοξη ενεργειακή ατζέντα διότι διαφορετικά η Ελλάδα θα μείνει ουραγός στις εξελίξεις.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση μερικών μη εξαντλήσιμων μορφών ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση :

- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Πυρηνική ενέργεια
- Βιομάζα
- Γεωθερμία

Άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα ενεργειακής προέλευσης είναι η όξινη βροχή και τα σωματίδια.

Η όξινη βροχή είναι βροχή με pH μικρότερο του 5 . Πριν τη βιομηχανική επανάσταση η βροχή είχε οξύτητα μεταξύ 5 και 6. Περίπου 70% της όξινης βροχής λέγεται ότι οφείλεται στο SO_2 , το οποίο προέρχεται από την κατανάλωση καυσίμων με υψηλό ποσοστό θείου.

Ο όρος σωματίδια αναφέρεται στα στερεά σωματίδια διαμέτρου από 0,1 έως $25 \cdot 10^{-3}$ mm. Η ρύπανση με σωματίδια προσδιορίζεται ανάλογα με το μέγεθος του σωματιδίου. Τα πολύ λεπτά σωματίδια θεωρούνται πιο επικίνδυνα από τα μεγαλύτερα. Από την χρήση των πρωτογενών πηγών ενέργειας με τις σημερινές τεχνολογίες εκλύονται σωματίδια όλων των διαστάσεων και δημιουργούν τα γνωστά προβλήματα καπνού, κάπνας , νέφους κ.α.



1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Η βιομάζα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση ή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού με γαιάνθρακες, για ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση, σαν πρώτη ύλη για θερμοχημικές διεργασίες όπως πυρόλυση και αεριοποίηση για παραγωγή μεθανόλης, βιοαερίου και πυρολυτικών ελαίων και για βιοχημικές διεργασίες (πχ ζύμωση) για παραγωγή αιθανόλης ή μεθανίου. Το κύριο πλεονέκτημά τους, είναι η σταθερή παραγωγή τους, η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης, με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονάδες παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων και ενέργειας. Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες και τέτοιες είναι το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος κ.α. Οι "νέες" ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς.

Τέλος, διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς ανάλογα με το κύκλο ζωής τους που μπορεί να είναι ετήσιος ή πολυετής, αντίστοιχα. Στην Ελλάδα έχει εξεταστεί ένας μεγάλος αριθμός ενεργειακών καλλιεργειών που θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες και υποσχόμενες για τις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες (Χρήστου, κ.α, 2005). Αυτές είναι:

1. Πολυετείς:

- Γεωργικές: Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καλάμι (*Arundo donax* L.), μίσχανθος, (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum*)
- Δασικές: Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & E globules Labill.), ψευδακακία, (*Robinia pseudoacacia*).

2. **Ετήσιες:** σακχαρούχο ή γλυκό σόργο και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), κενάφ ,(*Hibiscus cannabinus* L.), ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), βρασσική η αιθιοπία (*Brassica carinata* L. Braun).

Πίνακας 1:Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας

Χώρα	Καλλιέργεια	Τελικό προϊόν	Χρήσεις	Τόνοι ή στρέμματα/έτος
Βραζιλία	Ζαχαροκάλαμο	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς	9 εκατομμύρια τόνοι /έτος
ΉΠΑ	Καλαμπόκι	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς	4 εκατομμύρια τόνοι/ έτος
Γαλλία	Ζαχαρότευτλα ,σιτάρι κτλ.	Αλκοόλη	Καύσιμο μεταφοράς	75000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε.	Ελαιοκράμβη ,ηλίανθος	Βιοντίζελ	Καύσιμο μεταφοράς	500000 τόνοι/έτος
Σοηδία	Ιτιά	Ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	Καύση	1700000 στρέμματα /έτος

Γενικότερα, τα κριτήρια για την τελική επιλογή της κατάλληλης ενεργειακής καλλιέργειας σε μια περιοχή είναι: α) η προσαρμογή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες, β) η ευκολία εισαγωγής στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών, γ) οι σταθερές αποδόσεις (ποσοτικά και ποιοτικά) που να προσφέρουν ανταγωνιστικό εισόδημα έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών, δ) το θετικό ενεργειακό ισοζύγιο εισροών-εκροών (καθαρό ενεργειακό κέρδος), ε) οι καλλιεργητικές τεχνικές να είναι σύμφωνες με την αιφόρο γεωργία, στ) η ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες, ζ) η χρήση των υπαρχόντων μηχανημάτων (κυρίως για τη συγκομιδή) ή με μικρές μετατροπές αυτών και η) η διαθεσιμότητα κατάλληλου γενετικού υλικού (σπόροι, ριζώματα).

1.4 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Βιοκαύσιμα ονομάζονται τα καύσιμα εκείνα στερεά, υγρά ή αέρια τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Τα κυριότερα είναι :

- Το βιοντίζελ που παράγεται από τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Αποτελεί ένα άριστο υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιείται αυτούσιο ή σε μίγματα με αυτό στους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες.
- Η βιοαιθανόλη που παράγεται από σακχαρούχα, κυτταρινούχα και αμυλούχα φυτά και μπορεί να χρησιμοποιείται σε μίγματα με τη βενζίνη.
- Το βιοαέριο που παράγεται από τα οργανικά αγροτοβιομηχανικά και άλλα απόβλητα και υπολείμματα , καθώς και από ενεργειακά φυτά.
- Τα πέλλετς (pellets) και οι μπρικέτες (briquettes) που παράγονται από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών και επεξεργασίας των γεωργικών προϊόντων (γεωργική βιομάζα) υπολείμματα καλλιέργειας των δασών και επεξεργασίας του ξύλου (δασική βιομάζα κα)
- Τα βιοκαύσιμα νέας γενιάς (βιοντίζελ , βιοαιθανόλης , βιοαέριο , βιοϋδρογόνο, συνθετικά βιοκαύσιμα κα) που παράγονται από απόβλητα και υπολειμματική βιομάζα με λιγότερα προβλήματα.

1.4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από οργανικά προϊόντα και θεωρούνται ανανεώσιμα καύσιμα. Ως ανανεώσιμα καύσιμα έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO₂ στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευση τους, τη χρήση τους, αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους, τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO₂ με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως είναι οργανικής προέλευσης, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση κι έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του

βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό. Στην πράξη, επειδή κατά την παραγωγή και διακίνηση της πρώτης ύλης αλλά και των ίδιων των βιοκαυσίμων υπεισέρχονται και άλλες δραστηριότητες κατά τις οποίες παράγονται εκπομπές CO₂ το τελικό όφελος από τα καύσιμα αυτά μπορεί να είναι από πολύ μεγάλο έως μηδαμινό. Για να αποφανθεί κανείς ασφαλώς για τα περιβαλλοντικά οφέλη κάποιου βιοκαυσίμου πρέπει να πραγματοποιήσει εξειδικευμένη ανάλυση κύκλου ζωής.

1.4.2 ΑΝΑΓΚΗ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Τα βιοκαύσιμα είναι απαραίτητα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής στην περικοπή των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20%, όπως δεσμεύθηκε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το 2007. Τα βιοκαύσιμα αποτελούν την κυριότερη εναλλακτική λύση έναντι της βενζίνης και του πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές και τα οποία είναι υπεύθυνα για ποσοστό υψηλότερο από 20% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

1.5 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Πρόκειται για μεθυλ - ή αιθυλ - εστέρες λιπαρών οξέων από παρθένα ή χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια (βρώσιμα και μη) και ζωικά λίπη. Η διαδικασία παραγωγής του περιλαμβάνει την αντίδραση τριγλυκεριδίων με μεθανόλη ή αιθανόλη.

Η πρώτη ύλη, που συμμετέχει με το μεγαλύτερο ποσοστό στην παγκόσμια παραγωγή του βιοντίζελ, είναι η ελαιοκράμβη σε ποσοστό 84 % και ακολουθεί ο ηλίανθος με ποσοστό 13 %. Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται όμως και άλλα φυτικά έλαια, όπως σογιέλαιο, αραχιδέλαιο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, λινέλαιο, ελαιόλαδο κακής ποιότητας και τα έλαια από μαγειρεία. Το βιοντίζελ αποτελεί ένα δοκιμασμένο βιοκαύσιμο. Η τεχνολογία για τη παραγωγή και τη χρήση του είναι γνωστή πάνω από 50 χρόνια. Ωστόσο, το φαίνεται να μη μπορεί να ικανοποιήσει

ακόμη και ένα μικρό κλάσμα της υφιστάμενης ζήτησης καυσίμων για μεταφορά. Έτσι, οι προσπάθειες σήμερα στρέφονται προς μία νέα κατεύθυνση, με πολλές εταιρείες να επιχειρούν την εμπορική παραγωγή βιοντίζελ παραγόμενου από μικροφύκη. Η ιδέα της χρήσης μικροφυκών ως πηγών βιοκαυσίμου δεν είναι νέα. Έχει έρθει όμως τα τελευταία χρόνια στο προσκήνιο, εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου και κυρίως λόγω της ανησυχίας για την υπερθέρμανση του πλανήτη που σχετίζεται με τη καύση ορυκτών καυσίμων. Όπως και τα φυτά, έτσι και τα μικροφύκη απαιτούν ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ελαίων. Σε αντίθεση όμως με τα φυτικά είδη, τα μικροφύκη αναπτύσσονται γρήγορα και είναι εξαιρετικά πλούσια σε έλαια. Η απόδοση τους μπορεί να υπερβεί και το 80 % σε βάρος ξηρής μάζας. Ανάλογα με το είδος, τα μικροφύκη μπορούν να παράγουν πολλά διαφορετικά είδη λιπιδίων και υδρογονανθράκων. Από αυτά, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα για τα παραγωγή υγρού βιοκαυσίμου, ωστόσο πολλά από αυτά κρίνονται κατάλληλα.

Το βιοντίζελ παράγεται από φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, διάφορες ενεργειακές καλλιέργειες, φύκια, αλλά και ποικίλα ανακυκλωμένα λάδια. Ανήκει στη μεγάλη οικογένεια των ανανεώσιμων καυσίμων και είναι το πλέον γνωστό και διαδεδομένο από τα βιοκαύσιμα. Η συνήθης χρήση του είναι ως καύσιμο σε ντιζελοκινητήρες και τούτο διότι η χημική του σύσταση είναι παραπλήσια με αυτή του ορυκτού ντίζελ, δηλαδή του πετρελαίου κίνησης που προέρχεται από την διύλιση του αργού πετρελαίου. Η καύση του σε κινητήρες οχημάτων υποκαθιστά το πετρέλαιο κίνησης στις μεταφορές, με ευεργετικές για τους κινητήρες, την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον επιδράσεις. Θεωρείται το καθαρότερο καύσιμο μετά το αέριο, λόγω των μειωμένων ρύπων που εκλύονται με την καύση του. Χρησιμοποιείται ως πρόσμεικτο στο πετρέλαιο κίνησης, με απόλυτη ασφάλεια για το κινητήρα. Η αυξημένη διαλυτική του ιδιότητα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των κατάλοιπων καύσης και των επικαθίσεων στον κινητήρα. Η μείξη συνεπώς σε χαμηλό ποσοστό είναι ευεργετική για τη λειτουργία των κινητήρων και την απόδοσή τους. Εν γένει δρα ως βελτιωτικό καύσης. Οι

νεότερης τεχνολογίας ντιζελοκινητήρες, ανάλογα με τις προδιαγραφές της χώρας, μπορεί να είναι σχεδιασμένοι και για καύση αυτούσιου βιοντίζελ, αλλά καλό είναι αυτό να επιβεβαιώνεται από τον κατασκευαστή. Υπάρχουν χώρες στις οποίες διατίθεται αυτούσιο βιοντίζελ, κανονικά, ως προϊόν, σε πρατήρια υγρών καυσίμων.

Συγκρίνοντας το βιοντίζελ και το ντίζελ κίνησης, από πλευράς ενεργειακού περιεχομένου διαπιστώνουμε ότι πρακτικά τα δύο καύσιμα, βρίσκονται στα ίδια επίπεδα, του βιοντίζελ υπολειπόμενου κατ' ελάχιστο. Συνεπώς η εναλλακτική καύση βιοντίζελ αντί πετρελαίου κίνησης δεν είναι εις βάρος της ενεργειακής απόδοσης του κινητήρα. Από τη σκοπιά της ποιοτικής σταθερότητας των καυσίμων, το βιοντίζελ μπορεί, σε κάποιες περιπτώσεις, να παρουσιάσει κάποια μειονεκτική συμπεριφορά, εξ αιτίας και της μεγαλύτερης υγρασκοπικής και οξειδωτικής του συμπεριφοράς. Αλλά και πάλι, η ανάπτυξη βακτηρίων ή η δημιουργία συσσωματωμάτων κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης που μπορεί να συμβεί κάτω από ειδικές συνθήκες, είναι αντιμετωπίσιμη. Το μέγεθος των απαιτούμενων καλλιεργητικών εκτάσεων, δεν είναι η μόνη ερμηνεία στο γιατί το βιοντίζελ δεν διεισδύει με ταχύτερους ρυθμούς στην αγορά. Το βιοντίζελ, παρά την άνοδο της τιμής του αργού, εξακολουθεί να είναι πολύ ακριβότερο από το πετρέλαιο, ακόμα κι όταν αυτό παράγεται από τα λιγοστά διαθέσιμα ανακυκλωμένα λίπη και έλαια.

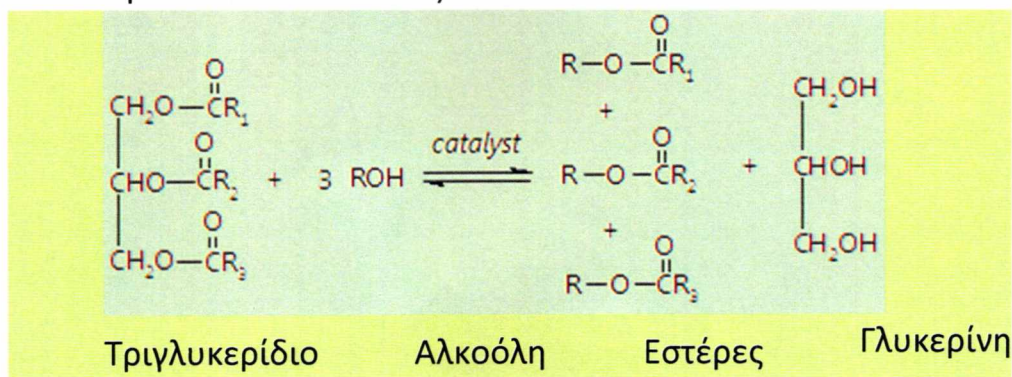
Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, το βιοντίζελ είναι προαναμεμειγμένο σε ένα μικρό ποσοστό σε όλες ανεξαιρέτα τις ποσότητες του διατιθέμενου στη χώρα πετρελαίου κίνησης. Οι απαιτούμενες ποσότητες ετησίως προέρχονται κατά προτεραιότητα από ελληνικές ενεργειακές καλλιέργειες και πρώτες ύλες, οι οποίες απορροφούνται στο σύνολό τους και μετατρέπονται σε βιοντίζελ στις μεταποιητικές μονάδες που λειτουργούν στη χώρα. Οι επιπλέον αυτών ποσότητες παράγονται είτε από εισαγόμενες πρώτες ύλες σε εγχώριες μονάδες είτε εισάγονται ως έτοιμο τελικό προϊόν από άλλα Κράτη Μέλη.

Το ποσοστό ανάμειξης βαίνει αυξανόμενο. Η ανάμειξη ξεκίνησε από το τέλος του 2005 με ένα ποσοστό 2,5% κατ' όγκο σε βιοντίζελ, σύντομα ανέβηκε στο 4,5%, για να αυξηθεί από τις αρχές του 2010 στο 6,5%. Μετά από επτά χρόνια, στις αρχές του 2013, αποκτούμε και στην Ελλάδα το καύσιμο B7, το οποίο είναι ένα πετρέλαιο κίνησης, αποτελούμενο από αυτούσιο βιοντίζελ σε ποσοστό που φτάνει το 7%. Το B7, διατίθεται από κάθε αντλία σε οποιοδήποτε πρατήριο υγρών καυσίμων εντός της ελληνικής επικράτειας. Η ανάμειξη, γίνεται είτε από τα διυλιστήρια είτε από τις εταιρίες που εισάγουν πετρέλαιο κίνησης, πριν τη διάθεση του στη χονδρική εγχώρια αγορά.

Υποχρέωση των πωλητών λιανικής για επισήμανση του ποσοστού ανάμειξης στο πετρέλαιο κίνησης υπάρχει μόνο όταν το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το 7 %, βάσει των ορίων των περιβαλλοντικών προδιαγραφών για οχήματα που φέρουν ντιζελοκινητήρες για τη κίνησή τους.

1.5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ που εφαρμόζεται παγκόσμια σε βιομηχανικό επίπεδο συνίσταται στην αντίδραση (μετεστεροποίηση) των τριγλυκεριδίων με κάποια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους. Τα τριγλυκερίδια είναι τριεστέρες της γλυκερόλης, δηλ. της 1,2,3-προπανοτριόλης, με λιπαρά οξέα (μονοκαρβοξυλικά οξέα μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας) και αποτελούν το κύριο συστατικό (σε ποσοστό μέχρι και 98% κ.β.) των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών.



Σχήμα 1: Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου

Ως αλκοόλη χρησιμοποιείται συνήθως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Ειδικοί καταλύτες (βάσεις, οξέα και ένζυμα) βοηθούν την αντίδραση, η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης μετεστεροποίησης τα λιπαρά τμήματα του τριγλυκεριδίου αντικαθίστανται από το υδροξύλιο της αλκοόλης οπότε παράγονται αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων και ως ενδιάμεσα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν νέους αλκυλεστέρες. Στο τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί οι αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες εφόσον ως αλκοόλη έχει χρησιμοποιηθεί η μεθανόλη), οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ, και γλυκερίνη ως παραπροϊόν. Ακολουθεί κατάλληλος διαχωρισμός των προϊόντων και καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ. Στο Σχήμα 1 φαίνεται συνοπτικά η αντίδραση μετεστεροποίησης τριγλυκεριδίου με αλκοόλη.

1.6 ΒΙΟΜΑΖΑ

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,

- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί ως εξής: Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία \Rightarrow Βιομάζα + Οξυγόνο. Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

1.6.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως, στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.). Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν

ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30- 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή (κατά τον παραδοσιακό τρόπο) , θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.). Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ'

ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ= 106 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα. Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΙΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΙΠ. 3.

1.6.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές. Η βιομάζα δηλαδή συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστο, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου και αφ' ετέρου, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας (το σημαντικότερο). Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

1.6.3 ΜΟΡΦΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Από τον ορισμό της βιομάζας είναι προφανές ότι τα υλικά που περιλαμβάνονται έχουν μια τεράστια ποικιλία αλλά και χρήση. Ένας πίνακας κατηγοριών της βιομάζας φαίνεται πιο κάτω .

- Ξύλα, κορμοί δέντρων
- Υποπροϊόντα κοπής – καθαρισμού δέντρων
- Φυτικά έλαια
- Καρποί
- Υποπροϊόντα – στελέχη καλλιεργειών
- Υποπροϊόντα καθαρισμού καρπών
- Υποπροϊόντα σταύλων
- Υποπροϊόντα βιομηχανικά
- Απόβλητα πόλεων (ρευστά – ξηρά)
- Προϊόντα καλλιεργειών σε υγρές μάζες
- Χυμοί φυτών

Τα υλικά που περιλαμβάνονται είναι ρευστά ή στερεά με διαφορετικές περιεκτικότητες ξηράς ουσίας. Όλα τα παραπάνω περιέχουν ενώσεις του άνθρακα οι οποίες μπορούν να αποδώσουν ποσά ενέργειας με κάποια μέθοδο. Οι

χρησιμοποιούμενες μέθοδοι μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Τις θερμικές μεθόδους και τις βιοχημικές μεθόδους. Στις θερμικές μεθόδους περιλαμβάνονται η καύση , η πυρόλυση, η αεριοποίηση, η εξανθράκωση , η χημική αναγωγή με υδρογόνο. Στις βιολογικές μεθόδους περιλαμβάνονται οι κάθε μορφής ζυμώσεις για παραγωγή μεθανίου ή αλκοόλης καθώς και η άμεση σύνθεση υδρογονανθράκων ή ελαίων για άμεση κατανάλωση. Η κάθε μέθοδος αποδίδει καλύτερα ή είναι ευκολότερη στη χρήση της ανάλογα με την αρχική κατάσταση της βιομάζας. Για παράδειγμα βιομάζα χαμηλής υγρασίας είναι κατάλληλη για καύση ή πυρόλυση ενώ υψηλής υγρασίας είναι καταλληλότερη για ζύμωση με μικροοργανισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΙΑΝΘΟΣ



2.1 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΒΙΟΤΟΠΟΣ

Η λατινική ονομασία του φυτού είναι *Helianthus annuus* (Ηλίανθος ο ετήσιος) και ανήκει στην οικογένεια των Συνθέτων. Είναι γένος Αγγειόσπερμων Δικότυλων φυτών που ανήκει στην οικογένεια των Σύνθετων (Compositae) της τάξης των Αστερωδών (Asterales). Επίσης, είναι φυτό ιθαγενές στην Κεντρική Αμερική αλλά ευδοκimeί σε όλα τα εδάφη και αναπτύσσεται εύκολα.

Περιλαμβάνει 65 ως 100 περίπου είδη, πολυετή ή μονοετή ποώδη, ιθαγενή της αμερικανικής ηπείρου. Υπάρχουν αναφορές για την καλλιέργεια του από το 3000 π.Χ. Το ύψος του ηλίανθου είναι ψηλό ενώ τα φύλλα του είναι μεγάλα, ωσειδή, οδοντωτά στην περιφέρεια και τριχωτά. Η ονομασία του γένους προέρχεται

από το γεγονός πως, όταν δεν έχει ανθίσει ακόμη παρουσιάζει το φαινόμενο του ηλιοτροπισμού. Το ξημέρωμα οι δίσκοι των ηλίανθων είναι στραμμένοι προς την Ανατολή. Καθώς η μέρα προχωρά παρακολουθούν την πορεία του ήλιου προς την Δύση στρέφοντας τις κεφαλές προς το μέρος του. Όταν ο ήλιος δύσει το βράδυ, τα ηλιοτρόπια στρέφουν τις κεφαλές τους προς την ανατολή και πάλι. Όταν το φυτό ανοίξει τα μπουμπούκια του δεν παρουσιάζει πλέον το φαινόμενο αυτό. Η κίνηση αυτή που οφείλεται σε κάμψη του βλαστού, σταματά μετά την άνθηση και την γονιμοποίηση των ανθέων όταν οι κεφαλές παραμένουν στραμμένα προς την ανατολή.

Το ριζικό σύστημα του ηλίανθου είναι πασσαλώδες , βαθύ με δευτερεύουσες ρίζες, που αρχικά παρουσιάζουν οριζόντια και στη συνέχεια κατακόρυφη ανάπτυξη. Το βάθος του συνήθως φθάνει έως και 3m και σε μερικές περιπτώσεις ξεπερνά το μήκος του υπέργειου τμήματος. Ο βλαστός είναι ευθυτενής, δασύτριχος με ύψος που κυμαίνεται από 0,5-3,5m. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν στέλεχος ύψους 1.6-1.8m και διαμέτρου 2.5-3cm. Τα φύλλα είναι έμμισχα, εκφύονται αντικριστά και το μέγεθός τους εξαρτάται από το ύψος έκπτυξης. Τα φύλλα που βρίσκονται μεταξύ του 8ου και 20ου κόμβου αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας. Η ταξιανθία του ηλίανθου είναι κεφαλή διαμέτρου 10-75cm και περιβάλλεται από βράκτια φύλλα και περιφερειακά άγονα άνθη με εκφυλισμένο στύλο και στίγμα. Στη συνέχεια ακολουθούν τα κανονικά, γόνιμα άνθη που είναι τοποθετημένα σε ομόκεντρα τόξα και αποτελούνται από την ωοθήκη, τον κάλυκα, τη στεφάνη και τους στήμονες. Ο καρπός είναι αχαίνιο. Το βάρος των 1000 κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 40-100gr.

Γενικά, ο ηλίανθος χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρό βιολογικό κύκλο. Συνήθως απαιτούνται 100-150 ημέρες από την σπορά μέχρι την ωρίμανση, ανάλογα με το υβρίδιο, την περιοχή καλλιέργειας και τη χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Μετά το φύτευμα ακολουθεί το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης και η ανθική καταβολή εμφανίζεται πριν το φυτό αποκτήσει το τελικό του ύψος. Με την ολοκλήρωση της ανάπτυξης της ταξιανθίας, εμφανίζονται αρχικά τα περιφερειακά άγονα άνθη και στη

συνέχεια τα γόνιμα άνθη που σταδιακά ανοίγουν και γονιμοποιούνται. Η ολοκλήρωση της άνθισης χρονικά συμπίπτει με τη μάρανση των περιφερειακών ανθέων. Το φυτό μπαίνει στο στάδιο της ωρίμανσης όταν το πίσω μέρος της κεφαλής κιτρινίζει και το ποσοστό υγρασίας των σπόρων είναι περίπου 40% που, όταν και τα βράκτια φύλλα αποκτήσουν χρώμα καφέ, φθάνει το 30%.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του φυτού είναι οι μεγάλες ταξιανθίες κεφαλές, οι οποίες φυτρώνουν στην άκρη του βλαστού ή των κλαδιών και στρέφονται προς τον ήλιο. Η διάμετρος τους μπορεί να φτάσει και τα 30 εκατοστά. Οι κεφαλές αυτές αποτελούνται από γλωσσοειδή ανθίδια κίτρινα, τα οποία είναι τοποθετημένα περιφερειακά σαν ακτίνες και μικρότερα σωληνοειδή τοποθετημένα στο κέντρο του δίσκου.

Ο ήλιος καλλιεργείται για τους σπόρους του που τρώγονται ως πασατέμπος και για το έλαιο που εξάγεται από αυτούς. Βρώσιμα είναι και τα άνθη του φυτού τα οποία όμως έχουν πικρή γεύση και για να καταναλωθούν πρέπει να μπουν για μερικά δευτερόλεπτα σε ατμό για να φύγει η πικρίλα. Τα μπουμπούκια του φυτού όταν δεν έχουν ανοίξει τρώγονται όπως οι αγκινάρες.

Σε μερικές χώρες όπως η Κίνα, τα κεφάλια τρώγονται σαν σνακ αφού τα ψήσουν στο φούρνο. Στη χώρα μας καλλιεργείται κύρια στην περιοχή του Έβρου. Είναι φυτό που αγαπούν οι μέλισσες και το μέλι που παράγεται σε μεγάλες ποσότητες από τα άνθη του ηλίανθου είναι ανοιχτόχρωμο. Η μέλισσες όμως πληρώνουν πολύ ακριβά την αγάπη τους για τους χυμούς του ηλίανθου, γιατί γρήγορα χάνουν το τρίχωμά τους, μαυρίζουν και τα σμήνη μειώνονται. Για τον λόγο αυτό, οι μελισσοκόμοι αφήνουν τα μελίσσια τους λίγο χρόνο κοντά στις καλλιέργειες αυτές και μετά τα απομακρύνουν σε άλλες περιοχές με γυρεοφόρες ανθοφορίες.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο ηλίανθος πήρε το όνομά του από τις λέξεις ήλιος και άνθος. Όπως υπολογίζεται το φυτό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά γύρω στα 2.600 π.Χ. από τους ιθαγενείς της Κεντρικής και Νότιας

Αμερικής. Αυτοί μάζευαν τους μεγαλύτερους σπόρους του φυτού και τους ξαναφύτευαν και έτσι κατάφεραν να παράγουν μεγαλύτερους σπόρους από ότι είχε αρχικά το φυτό. Οι Ατζτέκοι του Μεξικού, οι Ίνκας του Περού και οι Οτόμοι λάτρευαν τις εικόνες του ηλίανθου που για αυτούς συμβόλιζαν τον Θεό Ήλιο. Οι πολεμιστές των ιθαγενών έπαιρναν μαζί τους ένα προσεκτικά δεμένο βώλο φτιαγμένο από σπόρους του φυτού για να τρώνε όταν είναι κουρασμένοι, ώστε να επανακάμπτουν γρήγορα. Τον 16ο αιώνα ομοιώματα από χρυσάφι εμφανίστηκαν στην Ισπανία. Τότε ήταν η εποχή που το φυτό μεταφέρθηκε στην Ευρώπη, το 1514. Οι Ρώσοι όμως ήταν αυτοί που το καλλιέργησαν σε μεγάλη κλίμακα. Και όχι μόνο αυτό, αλλά κατάφεραν να ανεβάσουν την απόδοση σε έλαιο από 28% που ήταν στην Αμερική στο 50% περίπου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι αμερικανοί να επανεισάγουν το 1870 τους σπόρους από την Ρωσία και να καλλιεργήσουν και αυτοί στη συνέχεια την βελτιωμένη ποικιλία των Ρώσων. Σήμερα το φυτό καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο για φαγητό, λάδι, καύσιμο και ίνες. Στη Ρωσία χρησιμοποιούσαν τους πολτοποιημένους βλαστούς και άνθη του φυτού σε βότκα για ένα σκεύασμα ενάντια στην ελονοσία. Το ίδιο σκεύασμα το χρησιμοποιούσαν για να αυξήσουν την εφίδρωση, ενάντια στον πυρετό.

2.3 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Sanay MR: Άριστο φύτευμα και ταχύτατη πρώτη ανάπτυξη. Παρουσιάζει άριστη προσαρμογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα και είναι ειδικά προσαρμοσμένο για ξηροθερμικές συνθήκες. Δίνει άριστες παραγωγές τόσο στην περιοχή του Έβρου όσο και την υπόλοιπη Ελλάδα. Έχει πολύ υψηλό δυναμικό παραγωγής.

NK Neotia: Υβρίδιο ηλίανθου πρώιμο - μέσου βιολογικού κύκλου. Σπέρνεται στους 21-22cm επί της γραμμής. Ισορροπημένο φυτό με σχετικά χαμηλό ύψος. Πολύ μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα και σε ασθένειες. Πίτα με μεγάλο αριθμό σπυριών υψηλού ειδικού βάρους και με πολύ υψηλό δυναμικό παραγωγής και πολύ καλή ελαιοπεριεκτικότητα. Εκμεταλλεύεται άριστα τα γόνιμα – ποτιστικά χωράφια. Από την πρώτη χρόνια

έδειξε ότι είναι το αποδοτικότερο υβρίδιο ηλίανθου στα ποτιστικά χωράφια.

Colombi: Πρόκειται για μεσοπρώιμο υβρίδιο με υψηλές αποδόσεις σπόρου και λαδιού High-Oleic. Καλή προσαρμοστικότητα στις ξηροθερμικές συνθήκες με άριστη αντοχή στις ασθένειες και καλή προσαρμοστικότητα. Έχει άριστο φύτρωμα και πρώτη ανάπτυξη.

NK Adagio: Πρόκειται για μεσοπρώιμο υβρίδιο, όπου σπέρνεται στα 21-22cm. Είναι ισορροπημένο, σχετικά χαμηλού-μέσου ύψους φυτό. Πολύ καλή αντοχή στο πλάγιασμα και με εξαιρετική αντοχή στις ασθένειες. Εξαιρετικά παραγωγικό σε σπόρο και λάδι. Είναι ιδανικό για ποτιστικά χωράφια.

NK Alego: Μεσοπρώιμο υβρίδιο ηλίανθου. Σπέρνεται στα 22-23cm επί της γραμμής σε ποτιστικά χωράφια. Προσφέρεται για πρώιμες σπορές. Πολύ καλή γονιμοποίηση και ομοιομορφία ενώ ανταποκρίνεται καλά και σε μέτριες ποσότητες νερού (2 ποτίσματα) και αζώτου. Πολύ παραγωγικό υβρίδιο με καλή προσαρμογή σε ποικίλα εδάφη. Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε ασθένειες φυλλώματος και στελέχους. Παρουσιάζει γρήγορη πρώτη ανάπτυξη, ενώ η θέση της πίτας είναι ημιόρθια. Μέσου ύψους φυτό.

NK Kondi: Νέο υβρίδιο, εξαιρετικά υψηλών αποδόσεων και προσαρμοστικότητας, για ξηρικά χωράφια. Πρόκειται για μεσοπρώιμο υβρίδιο και σπέρνεται στα 25cm. Παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα και μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα. Παρουσιάζει πολύ καλή ομοιομορφία και με εξαιρετική αντοχή στις ασθένειες. Με το υβρίδιο αυτό επιτυγχάνεται καλή ελαιοπεριεκτικότητα.

Tristan: Ένα από τα πρωιμότερα υβρίδια, όπου σπέρνεται στα 22cm στα ποτιστικά χωράφια και στα 25cm στα ξηρικά. Είναι αποδοτικό και σταθερό με πολύ καλή συμπεριφορά σε ξηροθερμικές συνθήκες. Αποτελεί άριστη λύση για καθυστερημένες σπορές όταν ο καιρός δεν επιτρέψει κανονική σπορά, αλλά και για τις όψιμες περιοχές. Έχει δώσει καλά αποτελέσματα ακόμη και με ελάχιστη κατεργασία του χωραφιού. Υγιές φυτό χαμηλού - μέτριου ύψους με καλή προσαρμογή σε ποικίλα χωράφια.

Sikllos CL, Mooglli CL,CL Lever:Πρόκειται για πρώιμα clearfield υβρίδια ηλίανθου. Μέσου ύψους φυτά, με υψηλό παραγωγικό δυναμικό και με εξαιρετική αντοχή στο πλάγιασμα. Παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις κύριες ασθένειες του φυτού, όπως τον περονόσπορο, την φόμοψη και την σκληρωτίνια. Ο προτεινόμενος πληθυσμός ανά στρέμμα σε αρδευόμενη καλλιέργεια κυμαίνεται στα 6.000 - 6.500 φυτά/στρέμμα ενώ για ξερική καλλιέργεια στα 5.500 - 6.000 αντίστοιχα.

Kalluga:Πρόκειται για πρώιμο υβρίδιο ηλίανθου, ανθεκτικό στην οροβάγγη. Μέσου ύψους φυτό, με υψηλό παραγωγικό δυναμικό και με εξαιρετική αντοχή στο πλάγιασμα.Όπως τα παραπάνω,παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στις κύριες ασθένειες του φυτού, όπως τον περονόσπορο, την φόμοψη και την σκληρωτίνια. Παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι. Ο προτεινόμενος πληθυσμός ανά στρέμμα σε αρδευόμενη καλλιέργεια κυμαίνεται στα 6.000 - 6.500 φυτά/στρ, ενώ για ξερική καλλιέργεια στα 5.500 - 6.000 αντίστοιχα.

2.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ο ηλίανθος είναι φυτό που χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες. Το νεαρό φυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Στο στάδιο των κοτυληδόνων και του πρώτου ζεύγους πραγματικών φύλλων το φυτό αντέχει έως τους -2°C και -8°C , αντίστοιχα. Κατά τα επόμενα στάδια ανάπτυξής του, το φυτό γίνεται περισσότερο ευάλωτο στις χαμηλές θερμοκρασίες και μπορεί να καταστραφεί ολοκληρωτικά στους 0°C κατά το στάδιο των 8-10 φύλλων. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μεγιστοποιείται γύρω στους 30°C και οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται σε θερμοκρασία $24-26^{\circ}\text{C}$.

Επιπλέον ,είναι συνήθως φυτό ουδέτερο στο φωτοπεριοδισμό και απαιτητικό σε φως. 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.

Ο ηλίανθος θεωρείται φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία εξαιτίας του πλούσιου ριζικού του συστήματος που φθάνει σε μεγάλο βάθος και αξιοποιεί ικανοποιητικά τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Σε φτωχά ξηρικά χωράφια, το νερό στη διάρκεια της άνοιξης είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας. Σε σύγκριση με το καλαμπόκι και τα τεύτλα, ο ηλίανθος καταναλώνει περισσότερο νερό για την παραγωγή 1gr ξηράς ουσίας. Λόγω του μεγάλου αριθμού στοματίων, ο ηλίανθος χαρακτηρίζεται από διπλάσιο επίπεδο διαπνοής συγκριτικά με άλλες ανοιξιάτικες καλλιέργειες. Παρ' όλα αυτά, οι φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού προσαρμόζονται εύκολα στις διακυμάνσεις εδαφικής υγρασίας. Προσαρμόζεται εξίσου καλά σε αμμώδη, αργιλώδη και άγονα υποβαθμισμένα εδάφη, με την προϋπόθεση να είναι βαθιά και με ικανοποιητική στράγγιση. Ο ηλίανθος αναπτύσσεται φυσιολογικά σε εδάφη με μικρή αλατότητα ενώ σε μεγαλύτερα επίπεδα μειώνεται τόσο η απόδοση σε σπόρο όσο και η περιεκτικότητα σε λάδι. Παρουσιάζει επίσης καλή προσαρμοστικότητα σε ευρύ φάσμα εδαφικών τιμών pH. Άριστο pH εδάφους μεταξύ 6-7,2. Σε γερά χωράφια πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική ποσότητα αζώτου γιατί υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος των φυτών.

2.5 ΑΝΘΙΣΗ

Η ανθοφορία αρχίζει από τα περιφερειακά άνθη, συνεχίζεται προς το κέντρο και ολοκληρώνεται, για την ίδια ταξιανθία, σε 5-10 ημέρες συνήθως. Η πτώση των πετάλων των άγονων ανθέων υποδηλώνει ότι έχει ανθίσει και το τελευταίο άνθος, στο κέντρο της ταξιανθίας. Η ανθοφορία στον αγρό διαρκεί περί τις 20 ημέρες.

Ο ηλίανθος είναι κατά κανόνα σταυρογονιμοποιούμενο φυτό, γιατί τα άνθη του είναι πρώτανδρα και υπέργυνα. Επιπλέον, πολλές ποικιλίες έχουν το χαρακτηριστικό του αυτοασυμβίμβαστου. Η επικονίαση γίνεται με έντομα, κυρίως

μέλισσες, γιατί η γύρη είναι βαριά και δεν μεταφέρεται εύκολα με τον αέρα. Η παραγωγή γύρης είναι άφθονη και μπορεί να φτάσει τα 8kg/στρ. Ο ηλίανθος παράγει πολύ νέκταρ και είναι από τα πιο παραγωγικά μελισσοκομικά φυτά.

2.6 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Είναι φυτό μικτής σχετικώς βλαστικής περιόδου. Κατά μέσο όρο και αναλόγως της ποικιλίας και των οικολογικών συνθηκών απαιτούνται

11 ημέρες από τη σπορά έως το φύτευμα, άλλες 33 ημέρες έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 27 έως την έναρξη ανθήσεως και 8 για την ολοκλήρωσή της, ενώ η περίοδος ωρίμανσης του σπόρου διαρκεί 30 ημέρες. Έτσι, περιοχές με βλαστική περίοδο λίγο μεγαλύτερη από 200 ημέρες μπορεί να έχουν δύο συγκομιδές στον ίδιο χρόνο.

2.7 ΒΛΑΣΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Υπάρχουν στο εμπόριο ποικιλίες πρώιμες, όψιμες και μέσου κύκλου, με όλες τις μικροδιαφορές που μπορούν να έχουν από τη μία μέχρι την άλλη κλάση ωρίμανσης. Οι όψιμοι τύποι έχουν γενικά μια μεγαλύτερη παραγωγή και το ύψος τους είναι πολύ υψηλό, διευκολύνοντας το πλάγιασμα. Η χαμηλή παραγωγή σπόρου των πολύ πρώιμων ποικιλιών περιόρισε φυσικά τη διάδοσή τους. Ακόμη και στις μεσημβρινές περιοχές προτείνεται ένας προσανατολισμός προς ποικιλίες μέσου ή μεσοπρώϊμου κύκλου, με προσπάθεια μέγιστου πρωϊμίσματος της εποχής σποράς.

Αντίθετα η χρησιμοποίηση πάρα πολύ όψιμων ποικιλιών, δημιουργεί και επιπλέον εμπόδια στο γεωργό για την προετοιμασία του εδάφους για τις επόμενες καλλιέργειες, και μάλιστα αν αυτό είναι αργιλώδες.

2.8 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

2.8.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Μια κατάλληλη κατεργασία του εδάφους εξασφαλίζει στα φυτά αρχικά μια πλούσια βλάστηση και στη συνέχεια ανάλογη απόδοση. Η καλή βασική κατεργασία του εδάφους αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την προετοιμασία στη συνέχεια μιας κατάλληλης σποροκλίνης.

Η κύρια κατεργασία του εδάφους συνίσταται σε μια άροση καλοκαιρινή, βάθους 50-60 εκ. Σήμερα παρατηρείται προσανατολισμός προς την κατεργασία σε δύο στρώματα. Ένα σχίσιμο του εδάφους σε βάθος με υπεδαφοκαλλιεργητή και μια ταυτόχρονη άροση του καθαυτού εδάφους, σε συνολικό δηλαδή βάθος 50-60 εκ. Για την προετοιμασία της σποροκλίνης που ακολουθεί, η πιο σύγχρονη αγρονομική τεχνική προτείνει να γίνεται, όταν βέβαια οι περιβαλλοντικές συνθήκες το επιτρέπουν, 4-5 εβδομάδες πριν από τη θεωρούμενη άριστη εποχή σποράς. Οι δευτερεύουσες αυτές κατεργασίες προπαρασκευής πρέπει να γίνονται με αποφυγή κάθε συμπιεστικού πατήματος του εδάφους.

Αν στο μεσοδιάστημα αυτό, από την προετοιμασία του μέχρι τη σπορά, το έδαφος παρουσιάζει ζιζάνια, αυτά μπορούν να ψεκαστούν μ'ένα ξηραντικό (Γραμοξόν, Ρεγκλάν) πριν από τη σπορά (σπορά που πρέπει να γίνεται σ'ένα έδαφος αδιατάραχτο) : σ'αυτό άλλωστε αποσκοπεί η προκαταβολική προετοιμασία (4-5 εβδομάδες πριν) του εδάφους. Έτσι, ο σπόρος θα βρεθεί σ'ένα έδαφος με καλή δομή, και με τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει για το φύτεμα την υγρασία του στρώματος όπου έχει αποτεθεί. Μ'αυτή την καλλιεργητική πρακτική της προετοιμασίας του εδάφους αποκαλύφθηκαν και άλλα πλεονεκτήματα, όπως η μικρότερη προσβολή της καλλιέργειας από ζιζάνια, το ταχύτερο και πλουσιότερο φύτεμα, η αυξημένη ομοιομορφία διανομής των φυταρίων στη γραμμή και η υψηλή απόδοση.

Επιπλέον, δεν είναι αμελητέα και η δυνατότητα μιας έγκαιρης σποράς στη θεωρούμενη άριστη στιγμή, αφού το έδαφος θα είναι ήδη προκαταβολικά έτοιμο.

2.9 ΣΠΟΡΑ

Η σπορά του ηλίανθου γίνεται το Μάρτιο, γενικά με σπαρτικές ακρίβειας - μηχανικές ή πνευματικές - τέτοιες που κανονικά χρησιμοποιούνται στα οργανωμένα αγροκτήματα και για άλλες καλλιέργειες.

Το βάθος σποράς εξαρτάται από τον τύπο εδάφους και την κατάσταση προπαρασκευής του. Το μέσο βάθος φτάνει τα 3-4 εκ. και μπορεί να μειώνεται τόσο όταν το έδαφος είναι καλής δομής και καλά προετοιμασμένο, όσο και όταν είναι δροσερό. Αντίθετα, το βάθος μπορεί ν' αυξάνει σε ελαφριά εδάφη όπου, αν κριθεί σκόπιμο, μπορεί να γίνεται και κυλίνδρισμα. Αναφορικά με την ποσότητα σπόρου, συνιστάται η χρησιμοποίηση 500-700 γραμ. σπόρου κατά στρέμμα. Ως προς τις αποστάσεις γραμμών και φυτών, οι γραμμές σποράς απέχουν 45-75 εκ. μεταξύ τους, τα δε φυτά πάνω στις γραμμές 20-40 εκ. για τις μεγαλόσωμες ποικιλίες και 15 εκ. για τις μικρόσωμες ποικιλίες.

Αν ο σπόρος δεν είναι απολυμασμένος, καλό είναι να περνιέται με *Metalaxyl* (Ριντομίλ 25 WP) για τον περονόσπορο, με χαλκούχα και με θειράμ αντίστοιχα για *Botrytis* και *Sclerotinia sclerotiorum*. Θα είναι επίσης καλή και απεντομωτική εφαρμογή στο έδαφος, εναντίον ενδεχόμενων προσβολών εντόμων, με εντομοκίονα εδάφους που βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο, όπως Κουρατέρ κλπ.

2.10 ΑΜΙΨΕΙΣΠΟΡΑ

Είναι απαραίτητη για πολλούς λόγους. Πρώτα από όλα η καλλιέργεια του ηλίανθου για δεύτερη συνεχόμενη χρονιά ευνοεί την ανάπτυξη ασθενειών αλλά και παρασίτων όπως η οροβάγχη με αποτέλεσμα την μείωση των αποδόσεων. Επίσης η πιθανή ύπαρξη φυτών εθελοντών στον ηλίανθο δημιουργεί προβλήματα με την καταπολέμησή τους, με αποτέλεσμα την πιθανή μείωση

παραγωγής. Για όλους τους παραπάνω λόγους συνιστάται η εναλλαγή του ηλίανθου κυρίως με σιτηρά. Το σιτάρι μάλιστα που διαδέχεται τον ηλίανθο ευνοείται τα μέγιστα σε αποδόσεις

Τα καλλιεργητικά σχήματα που ακολουθούνται συχνότερα στις περιοχές που καλλιεργείται σε έκταση ο ηλίανθος, χαρακτηρίζονται από τη μέγιστη διάδοση του σιταριού και κριθαριού, ακόμη και για σειρά ετών. Πολύ συχνές είναι οι αμειψισπορές του τύπου: σκαλιστικό (ηλίανθος) - σιτάρι - σιτάρι - κριθάρι ή ηλίανθος - σιτάρι - σιτάρι. Λιγότερο διαδεδομένη είναι η διετής αμειψισπορά: ηλίανθος - σιτάρι. Η βραχύτητα αυτών των αμειψισπορών προβλέπει την επάνοδο του ηλίανθου στο ίδιο έδαφος μέσα σε 2-4 χρόνια, με αποτέλεσμα τη μεγάλη πιθανότητα παρουσίας και προπαντός διαίونيσης του περονόσπορου.

Όμως, σήμερα το πρόβλημα αυτό μπορεί να θεωρηθεί ξεπερασμένο, τόσο γιατί υπάρχουν διασυστηματικά μυκητοκτόνα για απολύμανση του σπόρου, όσο και γιατί υπάρχουν πια στην αγορά ποικιλίες ηλίανθου ανθεκτικές στην αρρώστεια ή και απλά ανεκτικές.

Έτσι, θα μπορεί να επανέρχεται σε συντομότερο χρόνο ο ηλίανθος ή ακόμη καλύτερα, θα μπορεί να παίρνει τη θέση του εναλλάξ το σόργο (για αποφυγή της αλληλοδιαδοχής σιταριού), όπως: ηλίανθος - σιτάρι - σόργο - σιτάρι ή και ηλίανθος - σιτάρι - κριθάρι - σόργο - σιτάρι - κριθάρι, που αποτελεί αμειψισπορά σωστή και αποδοτική, και αγρονομικά και οικονομικά, σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών.

Ο ηλίανθος, με τον μάλλον περιορισμένο καλλιεργητικό κύκλο του και με τη βοήθεια της άρδευσης, θα μπορούσε να γίνει μια σημαντική επίσπορη (ενδιάμεση) καλλιέργεια.

2.11 ΛΙΠΑΝΣΗ

Τα θρεπτικά στοιχεία που δίνονται με τη λίπανση, είναι κυρίως το άζωτο που βοηθάει στην ανάπτυξη του ηλίανθου και ο φώσφορος που επηρεάζει την παραγωγή και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Λίπανση με κάλιο απαιτείται σε εδάφη όπου λείπει και κυρίως σε ελαφριά χωράφια.

Σύμφωνα με την πρακτική που εφαρμόζεται στις Ελληνικές συνθήκες, μία ισορροπημένη λίπανση με 10 μονάδες αζώτου, φωσφόρου και καλίου προσφέρει επαρκή θρέψη στα φυτά. Σε ποτιστικές καλλιέργειες η συνολική ποσότητα αζώτου μπορεί να φθάσει μέχρι τις 15 μονάδες. Σαν τρόπος και στιγμή χορήγησης προέκυψε ότι λαμβάνονται καλύτερα αποτελέσματα με την εφάπαξ διανομή κατά τη σπορά, παρά με την κλασματική (δηλαδή με δόσεις), πρακτικά η επίδραση της αζωτούχος λίπανσης στην παραγωγή διαφέρει με τις χρονιές και με τον τρόπο ακόμη διανομής.

Ο φώσφορος χορηγείται κατά κανόνα προσπαρτικά κατά την περίοδο προπαρασκευής του εδάφους, αφού συγκροτείται από την απορροφητική δύναμη του εδάφους και δεν αποπλύνεται. Μάλιστα σε μερικά εδάφη ακινητοποιείται, γι'αυτό και συνιστάται χορήγηση διπλάσιας ποσότητας από εκείνη που αφομοιώνεται από τα φυτά

Το κάλιο είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί σε περιπτώσεις εδαφών με έλλειψη στο στοιχείο αυτό και χορηγείται κατά την προπαρασκευή της σποροκλίνης αφού και αυτό κατακρατείται από το έδαφος, αν και όχι τόσο ισχυρά όσο ο φώσφορος.

Τέλος, το βόριο είναι το σημαντικότερο ιχνοστοιχείο για την καλλιέργεια του ηλίανθου, καθώς η έλλειψή του μπορεί να έχει επιπτώσεις στην τελική παραγωγή ιδιαίτερα σε φτωχά εδάφη με έλλειψη ασβεστίου.

2.12 ΑΠΟΔΟΣΗ

Αναμφίβολης σπουδαιότητας παράμετρος είναι η παραγωγή που θα πρέπει να εκτιμάται από τις διάφορες "συνιστώσες", μεταξύ των οποίων, αναφέρονται:

- η διάμετρος της ανθοταξίας, που επηρεάζεται πάρα πολύ από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και έχει άμεση σχέση με την παραγωγή των καρπών (αχαινίων), καθώς και το μέγεθος της άγονης ζώνης, που βρίσκεται στο εσωτερικό της (κέντρο).
- το μέσο βάρος των καρπών, που διαφέρει στις ποικιλίες και επηρεάζεται σημαντικά από το περιβάλλον και από τον αριθμό τους κατά ταξιανθία.

2.13 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Στον ηλίανθο προκαλούνται ζημιές από τα ζιζάνια μέχρι το στάδιο της πλήρους φυτοκάλυψης και ειδικότερα ,τις 15 ημέρες μετά το φύτευμα, γιατί τότε ο ρυθμός αυξήσεως του φυτού είναι βραδύς. Στη συνέχεια, ο ηλίανθος γίνεται αποπνικτικό φυτό για τα ζιζάνια. Τα ζιζάνια αντιμετωπίζονται συνήθως με συνδυασμό μηχανικών και χημικών μέσων. Υπάρχουν κατάλληλα προσπαρτικά, προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα.

2.14 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

2.14.1 ΕΧΘΡΟΙ

Σκόρος: Ο σκόρος του ηλίανθου (*Homoeosoma electellum*) είναι το πιο διαδεδομένο και καταστροφικό έντομο του ηλίανθου στον κόσμο, ειδικά στη Βόρεια Αμερική. Συνήθως, βρίσκεται σε όλες τις περιοχές όπου αναπτύσσεται είτε ο καλλιεργούμενος ,είτε ο άγριος ηλίανθος. Το όριο εντοπισμού του σκόρου είναι ένας ένας ή δύο δύο ανά πέντε φυτά ηλίανθου όταν το φυτό αρχίζει να ανθίζει ή εντός επτά ημερών από την πρώτη εμφάνιση των ενήλικων σκόρων. Οι αγροί που βρίσκονται σε στάδιο ανθοφορίας ή θα βρεθούν σε μία ή δύο εβδομάδες ή παραπάνω μετά την πρώτη εμφάνιση των ενήλικων σκόρων, έχουν μικρή πιθανότητα εκτεταμένης ζημιάς παρά την παρουσία σκόρων σε οριακούς αριθμούς. Χρήση ανθεκτικών υβριδίων ηλίανθου και καλή καλλιεργητική αντιμετώπιση (η έγκαιρη φύτευση ηλίανθου σημαίνει λιγότερες μολύνσεις από το σκόρο του ηλίανθου). Για την αντιμετώπιση του εντόμου υπάρχουν αρκετά εντομοκτόνα με carbaryl, carbofuran, chlorpyrifos, methyl parathion and methidathion ως ενεργά συστατικά.

Τιπούλα: Η τιπούλα (*Tirula paludosa*) αποτελεί έναν από τους πιο συνηθισμένους εχθρούς του ηλίανθου. Τα ενήλικα εμφανίζονται συνήθως το Σεπτέμβριο. Στο στάδιο της προνύμφης το *Tirula paludosa* μπορεί να προκαλέσει μεγάλη ζημιά στις ρίζες και των άλλων φυτών. Τα

νεαρά φυτά μπορεί να προσβληθούν πάνω και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πολλά διαφορετικά συμπτώματα. Τα φύλλα γίνονται μικρά και δείχνουν εξασθενημένα και η βάση του βλαστού είναι τραυματισμένη προκαλώντας κιτρίνισμα ή και θάνατο του φυτού. Τα εναέρια τμήματα του φυτού καταστρέφονται μόλις φτάσουν σε ύψος 1-2cm. Η κατάλληλη αντιμετώπιση επιτυγχάνεται εύκολα με εντομοκτόνα, που ελάχιστα επηρεάζουν άλλους οργανισμούς. Τα εντομοκτόνα με δραστικά συστατικά το chlorpyrifos και το brodifacoum συνιστώνται για την αντιμετώπιση της μύγας.

Μελίγκρα: Οι μελίγκρες προσβάλλουν την καλλιέργεια του ηλίανθου και ιδιαίτερα τα είδη *Brachycaudus helichrysi* και *Aphis fabae*. Οι ψείρες εμφανίζονται σε τυλιγμένα φύλλα του ηλίανθου και μετά κινούνται στις κεφαλές των ανθέων για να σχηματίσουν ανάμεσα στους σπόρους πυκνές αποικίες. Αυτά τα είδη μπορούν να μεταφέρουν πολλούς ιούς. Αυτές οι ψείρες προκαλούν στα φύλλα περιτύλιξη μέχρι το κεντρικό νεύρο, κι έτσι τα καταστρέφουν την εποχή της γοργής ανάπτυξης, πριν δηλαδή ακόμα ενεργοποιηθούν οι φυσικοί εχθροί. Το εντομοκτόνο σαπούνι ή το υπερλεπτό φυτοκομικό έλαιο, που είναι μεταξύ των συστατικών που συνιστώνται για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου εντόμου, μπορούν να εφαρμοστούν στο φύλλωμα.

Κάμπιες: Οι κάμπιες είναι περισσότερο ολέθριες για τον ηλίανθο όταν αυτός καλλιεργείται σε καλαμιές σταριού. Οι κάμπιες θρέφονται με τους σπόρους που έχουν βλαστήσει ή τα νεαρά φυτάνια. Τρέφονται με το μίσχο μεταξύ σπόρου και γραμμής εδάφους. Θρυμματίζουν τους μίσχους, αλλά σπάνια προκαλούν το κόψιμό τους. Τα κεντρικά φύλλα πέφτουν, αλλά τα εξωτερικά φύλλα του φυτού παραμένουν για κάποιο χρονικό διάστημα πράσινα. Τα προσβεβλημένα φυτά σύντομα μαραίνονται και καταστρέφονται. Η μόλυνση στο σπόρο μπορεί να προληφθεί με απολύμανση των σπόρων με χρήση του Lindane ή άλλων μυκητοκτόνων (carbendazim, carboxin, diniconazol, miclobutanil, prochloraz, tebuconazol, thiophanate methyl, thiram, triadimenol). Η χημική απολύμανση του σπόρου είναι η σημαντικότερη μέθοδος, αποτελεσματική, οικονομική και σχεδόν αβλαβής για την αντιμετώπιση της κάμπιας σε διάφορες υπαίθριες καλλιέργειες καθώς επίσης και για την πρόληψη των ασθενειών που διαδίδονται από σπόρους και χώμα

μόνο στο σιτάρι και το κριθάρι. Η επαναφύτευση και η εφαρμογή εντομοκτόνου στα μέσα της περιόδου συνιστούν την καλύτερη αντιμετώπιση.

Lygus Ο ηλιάνθος είναι ευπαθής στις ζημιές από το *Lygus rugulipennis* από την ανθοφορία μέχρι να σκληρύνει ο σπόρος. Το *Lygus* απομυζά τους σπόρους του ηλιάνθου και προκαλεί κηλίδες καφέ ή μαύρες στους ιστούς απ' όπου θρέφεται. Το *Lygus rugulipennis* είναι αξιοπρόσεκτο για το ότι προσβάλλει τη σποροπαραγωγή. Η προτίμησή του για διατροφή είναι ο μεριστωματικός ιστός, οι εμβρυϊκοί ιστοί ή τα νέα φυτώρια κάθε είδους. Εισάγει την προβοσκίδα του στον ξενιστή και αρχίζει μια «προχωνευτική άντληση» για να χύσει το σάλιο και να αρχίσει τη χώνευση, ύστερα το υγρό προχωρεί στο στομάχι. Έτσι ξεκινά η βλάβη. Το σάλιο είναι τοξικό για τους φυτικούς ιστούς, καθιστώντας τα υγρά του φυτού σε εύπεπτο υλικό. Στον ενδιαμέσο χρόνο, για να ελαχιστοποιηθεί η ζημία που οδηγεί σε υποβάθμιση της ποιότητας, συνιστάται μια γενική αντιμετώπιση της προστασίας του ηλιάνθου από το *Lygus* και άλλα έντομα που τρέφονται με σπόρους. Υπάρχουν αρκετά εντομοκτόνα στα οποία αναγράφεται ότι προορίζονται για την καταπολέμηση των εντόμων που τρέφονται με κεφαλές ηλιάνθου. Απ' αυτά, τα οργανοφωσφορικά άλατα και pyrethroid όντως αντιμετωπίζουν το *Lygus*.

2.14.2 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Σκληρωτίνια: Η ασθένεια αυτή οφείλεται στον μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum*. Το μυκήλιο συντίθεται από πολυκυτταρικά διαφανή hyphae, με διάμετρο 6,5-7mm. Τα σκληρώτια είναι μικρά, ακανόνιστου σχήματος, διαμέτρου 3-6mm και βρίσκονται μέσα στο μίσχο, κοντά στη γραμμή του εδάφους. Ο *Sclerotinia sclerotiorum* παράγει αποθέσια σε σχήμα κούπας, σε ανοιχτό καφέ χρώμα, με διάμετρο 4-10mm, που συστοιχούνται σε λεπτές ρίγες. Ο ασκός είναι κυλινδρικός, με μέγεθος που κυμαίνεται από 130-463mm σε μήκος και 8-10 σε πλάτος. Υπό συνθήκες σχετικά υψηλής υγρασίας, ένα ώριμο αποθέσιο μπορεί να απελευθερώσει μέχρι 2x10⁸ σπόρους. Ο *Sclerotinia sclerotiorum* παράγει εκατομμύρια ασκούς στο πάνω μέρος κάθε αποθεσίου. Κάθε ασκός περιέχει συνήθως οκτώ σπόρους. Οι σπόροι είναι διαφανείς,

μπορεί όμως να φαίνονται ανοιχτοπράσινοι όταν παρατηρούνται με μικροσκόπιο αντίθετων φάσεων. Υπό συνθήκες ξηρές τα αποθέσια ενδέχεται να αποβιώσουν χωρίς να παραγάγουν σπόρους. Οι σημαντικότερες μέθοδοι αντιμετώπισης των ασθενειών τύπου *Sclerotinia* στον ηλιάνθο είναι το φύτεμα σε μη μολυσμένο χώμα και η παρεμπόδιση της ανάπτυξης σκληρωτίων στο έδαφος. Η παρεμπόδιση γίνεται κατ' αρχή μέσω της παρακολούθησης (καταγραφής) των αγρών για ασθένειες τύπου *Sclerotinia* και η εναλλαγή καλλιεργειών. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν υβρίδια πλήρως ανθεκτικά. Όμως οι εταιρίες που διαθέτουν σπόρο στο εμπόριο, είναι σε διαδικασία ανάπτυξης υβριδίων με σχετικά υψηλή ανθεκτικότητα στο *Sclerotinia*. Για τη βιολογική αντιμετώπιση των ασθενειών *Sclerotinia*, χρησιμοποιούνται τα *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma* spp. Είναι τα μόνα παράσιτα που έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν αποτελεσματικά το *S. sclerotiorum* στους αγρούς όπου καλλιεργείται ο ηλιάνθος. Τέλος, η μόλυνση του σπόρου από *Sclerotia* είναι η μόνη κατάσταση όπου αποδεικνύεται αποτελεσματικός και οικονομικά συμφέρων ο έλεγχος του μύκητα. Τα Benomyl, thiabendazole ή iprodione περιορίζουν το σπορογενή *sclerotia*, χωρίς να επηρεάζουν την ανάπτυξη του ηλιάνθου.

Καρκίνος μίσχου: Ο καρκίνος του μίσχου στον ηλιάνθο οφείλεται στον μύκητα *Diaporthe helianthi*. Τα πυκνίδια είναι σφαιροειδή, με διάμετρο 120–190mm, σκούρα καφέ, πορώδη και επί το πλείστο βυθισμένα στους ιστούς του φυτού. Στα πυκνίδια αναπτύσσονται τα β-κονίδια, που είναι διάφανα, ίσια ή τυλιγμένα στην άκρη. Τα μέτρα αποτελεσματικής αντιμετώπισης της ασθένειας αυτής είναι η επιλογή ανθεκτικών στη νόσο υβριδίων, η εναλλαγή καλλιεργειών, και η καταστροφή μολυσμένων υπολειμμάτων ηλιάνθου το φθινόπωρο. Η πυκνότητα του πληθυσμού, λιγότερο από 50.000 φυτά ha⁻¹ και το μειωμένο ποσοστό των λιπασμάτων με άζωτο, είναι απαραίτητα μέτρα για τη μείωση της συχνότητας της ασθένειας. Για να επιτευχθεί η άριστη δυνατή αντιμετώπιση της ασθένειας, η εφαρμογή μυκητοκτόνου θα πρέπει να αρχίσει πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Συνιστάται ένα πρόγραμμα δύο ψεκασμών, εκ των οποίων ο πρώτος στο στάδιο του μπουμπουκιού και ο δεύτερος την εποχή της άνθισης. Τα μυκητοκτόνα με βάση το benomyl είναι τα πλέον αποτελεσματικά κατά του καρκίνου του μίσχου.

Σήψη κεφαλής :Αρκετά είδη του γένους *Rhizopus* εμπλέκονται στην πρόκληση σήψης, συμπεριλαμβανομένων των *R. arrhizus*, *R. stolonifer* and *R. microsporus*. Τα μυκήλια ξεχωρίζουν από τις πολλές καταβολάδες που ενώνουν τις ομάδες των μακρών σπροαγγειοσπόρων. Η σήψη κεφαλής *Rhizopus* είναι **ασθένεια** σποραδική μεν, προκαλεί όμως εκτεταμένη καταστροφή σε κάποιες περιοχές όπου καλλιεργείται ο ηλίανθος. Η μόλυνση αρχίζει στις κεφαλές μέσω τραυμάτων που προκαλούνται από χαλάζι, πουλιά ή έντομα. Η βλάβη και οι οικονομικές απώλειες εξαρτώνται από το συγκεκριμένο χρόνο κατά τον οποίο επέρχεται η μόλυνση. Η μόλυνση σπάνια συμβαίνει πριν την άνθιση και οι μεγαλύτερες απώλειες στην ποσότητα της παραγωγής επέρχονται όταν ενσκήψει η μόλυνση πριν γεμίσουν κανονικά οι σπόροι. Οι απώλειες είναι συνήθως χαμηλές, η παραγωγή σπόρου όμως μπορεί να φτάσει σε μείωση ακόμα και το 20%, ενώ η παραγωγή ελαίου μέχρι 45%. Η περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα μπορεί να αυξηθεί κατά 20%. Δεν υπάρχουν μέσα χημικής αντιμετώπισης. Τα προβλήματα από την ασθένεια όμως μπορεί να μειωθούν με την αντιμετώπιση της νόσου στη διάρκεια ή πριν την ανθοφορία και με την αποφυγή μηχανικών τραυμάτων μετά την ανθοφορία. Είναι επίσης σημαντικό να γίνουν όλ' αυτά πριν την παραγωγή σπόρου, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει ως δεξαμενή για τα έντομα και για την ασθένεια αυτή.

Βοτρύτης :Η ασθένεια αυτή οφείλεται στον μύκητα *Botrytis cinerea*. Οι μονοκύτταροι σπόροι ζουν σε διακλαδούμενα κονιδιοφόρα. Διαφόρων μεγεθών σκληρώτια σχηματίζονται πάνω ή ακριβώς από κάτω από την επιφάνεια του ξενιστή. Τα σκληρώτια έχουν μαύρο φλοιό και ανοιχτόχρωμο εσωτερικό που αποτελείται από μια μάζα από *hyphae*, ή νήματα του μύκητα. Τα σκληρώτια έχουν μήκος 3mm. Τα σκληρώτια αναπτύσσονται για να παραγάγουν κονιδιοφόρα ή σπάνια αποθέσια, που είναι το αναπαραγωγικό στάδιο του μύκητα. Στον ηλίανθο το παράσιτο αυτό προκαλεί γκρίζα μούχλα στην κεφαλή, προσβάλλει την κεφαλή του άνθους και το στέλεχος, ενώ τα φύλλα αρχίζουν να ξεραίνονται από έξω προς τα μέσα. Απαραίτητη είναι η αντιμετώπιση σε επίπεδο σπόρου, για να προληφθεί η σήψη της ρίζας. Η χημική αντιμετώπιση καθίσταται δύσκολη λόγω της αντίστασης που παρουσιάζει η ασθένεια σε συγκεκριμένες δραστικές ουσίες. Η έρευνα για φυσικούς ανταγωνιστές μικροοργανισμούς έχει καταλήξει στο ότι τα

Trichoderma harzianum παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και μπορεί σε συνδυασμό με συμβατική χημική θεραπεία, να προβούν αποτελεσματικά.

Περονόσπορος: Αυτή θεωρείται η συχνότερη και σπουδαιότερη ασθένεια του ηλίανθου και οφείλεται στον μύκητα *Plasmopara halstedii*. Τα σποραγγειοφόρα είναι μονόποδα διακλαδωμένα στις δεξιές γωνίες με λεπτά αιχμηρά άκρα. Τα σποράγγεια είναι ωοειδή έως ελλειπτικά, διαφανή και το μέγεθός τους είναι 21-27 × 15-21mm. Η χνουδωτή μούχλα έχει παρατηρηθεί σε καλλιεργημένους και άγριους ηλίανθους. Το *Plasmopara halstedii* προκαλεί πολύ σοβαρή ασθένεια σε περιοχές με πεδιάδες ή με βαριά αργιλώδη εδάφη που υποθάλπουν την υγρασία η οποία με τη σειρά της ευνοεί την εξέλιξη της ασθένειας. Οι συνακόλουθες απώλειες στην παραγωγή μπορεί να είναι σημαντικές ανάλογα με το ποσοστό των προσβεβλημένων φυτών και την κατανομή τους εντός του αγρού. Αν τα μολυσμένα φυτά είναι σε τυχαία τάξη μέσα στον αγρό, οι απώλειες είναι πιθανό να μην παρατηρηθούν μέχρις ότου η μόλυνση υπερβεί το 15%, λόγω της απόδοσης των πλαϊνών υγιών φυτών. Αν η ασθένεια εντοπίζεται σε συγκεκριμένη περιοχή της οποίας όλα τα φυτά έχουν προσβληθεί, οι απώλειες είναι πολύ μεγαλύτερες.

Πρόσθετες πρακτικές αντιμετώπισης θα ελαχιστοποιήσουν τα προβλήματα της μούχλας, συμπεριλαμβανόμενων των εκτενών εναλλαγών καλλιέργειας για 4 χρόνια μεταξύ καλλιεργημένου ηλίανθου, ξεριζώματος του άγριου ηλίανθου, αποφυγής ελλιπώς αρδευόμενων αγρών ή εκείνων με μεγάλες περιοχές σε χαμηλό ύψος, και καθυστέρηση της φύτευσης μέχρι η θερμοκρασία του εδάφους να επιταχύνει την ανάπτυξη των φυντανιών, χρήση μυκητοκτόνου θεραπείας για τους σπόρους ώστε να προστατευθούν από τη μόλυνση της ρίζας, και χρήση των ανθεκτικών ποικιλιών. Τα εμπορικά Arena PR, Heliator RH, Sambasol είναι ανθεκτικά στους τύπους A και B του *Plasmopara halstedii*. Τα εφαρμοζόμενα στα φύλλα μυκητοκτόνα δεν συνιστώνται για χρήση στον ηλίανθο κατά του περονόσπορου.

Αλτενάρια : Η αλτενάρια προσβάλλει σε μεγάλο βαθμό την καλλιέργεια του ηλίανθου. Τα σκούρα καφέ σπόρια της *Alternaria alternata* μεταφέρονται σε απλές ή διακλαδωμένες αλυσίδες από τις

άκρες των απλών σκούρων κονιδιοφόρων και διαιρούνται σε αρκετά κύτταρα από κάθετα και διαγώνια τοιχώματα. Ενδεικνυόμενα μέτρα είναι η εναλλαγή καλλιεργειών, η καταστροφή των υπολειμμάτων φυτών και οι λειτουργίες της καλλιέργειας που οδηγούν σε θάψιμο ή ταχεία αποσύνθεση των υπολειμμάτων. Οι αγροί με τα πρώιμα φυτά είναι πιο ευάλωτοι σε σοβαρές απώλειες από την ασθένεια, απ' ό,τι εκείνοι με τα όψιμα. Τα φυτά είναι πιο ευαίσθητα στη διάρκεια της ανθοφορίας και της δημιουργίας του σπόρου. Η απολύμανση του σπόρου με μυκητοκτόνο Captan μειώνει σημαντικά την εμφάνιση της αλτενάρια. Τα μυκητοκτόνα για φύλλα με ενεργά συστατικά τα benomyl (Fundazol), vinclozolin, (Ronilan) και iprodion (Rovral), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση των συνεπειών της ασθένειας αυτής.

Σκωρίαση: Η σκωρίαση αποτελεί μία από τις σοβαρότερες ασθένειες του ηλιάνθου και οφείλεται στον μύκητα *Ruccinia helianthi*. Η σκωρίαση του ηλιάνθου έχει εμφανιστεί τόσο σε καλλιεργημένο όσο και σε άγριο ηλιάνθο. Η σκωρίαση εμφανίζεται σε όλες τις περιοχές όπου καλλιεργείται ηλιάνθος. Μπορεί να μειώσει την παραγωγή καθώς και το ελαιώδες περιεχόμενο, το μέγεθος του σπόρου, το βάρος και την αναλογία βάρους πυρήνα-φλοιού. Οι καλλιέργειες ευπαθών υβριδίων γενικά υφίστανται σοβαρότερες ζημιές από τη σκωρίαση, απ' ό,τι οι πιο πρώιμες καλλιέργειες. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για να αποφευχθούν οι απώλειες από τη σκωρίαση είναι η χρήση ανθεκτικών υβριδίων. Τα μέτρα διαχείρισης που ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο απωλειών περιλαμβάνουν την καταστροφή των τυχαίων φυτών ηλιάνθου και του άγριου, ετήσιου ηλιάνθου που εμφανίζονται κοντά στους αγρούς του καλλιεργημένου ηλιάνθου ήδη από την άνοιξη ή όσο το δυνατό νωρίτερα, και η εναλλαγή με άλλες καλλιέργειες. Θα πρέπει να αποφευχθεί η φύτευση μεγάλων ποσοτήτων ευπαθών υβριδίων σε μία περιοχή. Υψηλή ποσότητα αζώτου στα λιπάσματα και πυκνότητα φυτών ενισχύουν τη σοβαρότητα της ασθένειας, γ'αυτό τέτοιες πρακτικές πρέπει να ελαχιστοποιούνται. Η ασθένεια περιορίζεται και από την πρώιμη σπορά. Τελευταία εναλλακτική λύση πρέπει να θεωρείται η χρήση μυκητοκτόνων. Η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται όταν η σκωρίαση εμφανίζεται νωρίς στα πλαίσια της αναπτυξιακής περιόδου.

Φυτοφθόρα: Η φυτοφθόρα είναι ασθένεια που προκαλείται από τον μύκητα *Phoma macdonaldii*. Τα πυκνίδια είναι σφαιρικά, με διάμετρο 68–160mm σκουροκαφέ έως μαύρα. Στα πυκνίδια αναπτύσσονται κονίδια που είναι διάφανα, ελλειπτικά, με δύο σταγόνες έλαιο. Δεν υπάρχουν πλήρως αποτελεσματικά μέτρα αντιμετώπισης. Η τετραετής εναλλαγή καλλιεργειών θα ελαχιστοποιήσει τη συγκέντρωση του *Phoma macdonaldii* μέσα στο έδαφος. Η σωστή αντιμετώπιση των εντόμων, επίσης θα περιορίσει τη διάδοση της ασθένειας. Κάποια φυτά είναι ανθεκτικότερα στην ασθένεια από άλλα, αλλά δεν υπάρχουν υβρίδια με ανοσία.

2.16 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή του ηλίανθου γίνεται όταν οι κεφαλές ωριμάσουν, δηλαδή όταν κιτρινίσει η κάτω επιφάνειά τους. Οι κεφαλές συλλέγονται είτε με το χέρι είτε με αλωνιστικές μηχανές όταν η υγρασία του σπόρου κατέβει στο ποσοστό 8-9%. Οι κεφαλές είναι φυσιολογικώς ώριμες, όταν η πίσω επιφάνειά τους γίνεται κίτρινη και κατά ποσοστό 10% καστανή, ενώ η υγρασία τους φτάνει το 70% και των σπόρων το 40%. Η συγκομιδή γίνεται, όταν η υγρασία του σπόρου κατέβει στο 15%, οπότε τα κάτω φύλλα έχουν αποξηρανθεί και τα υπόλοιπα αρχίζουν να κιτρινίζουν. Καθυστέρηση της συγκομιδής μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις απώλειες από τα πουλιά, το τίναγμα του σπόρου και τις ασθένειες (ιδιαίτερα όταν οι συνθήκες είναι υγρές). Στην Ελλάδα η συγκομιδή γίνεται από τα τέλη Αυγούστου έως αρχές Οκτωβρίου. Επιπλέον χρησιμοποιούνται θεριζοαλωνιστικές μηχανές σιταριού ή καλαμποκιού, ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση, ώστε να περιοριστούν οι απώλειες σπόρου που μπορεί να υπερβούν το 40-45%. Η εξεύρεση και χρήση κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού θα συμβάλλει στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας της καλλιέργειας.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ε.Ε. για να είναι εμπορεύσιμος ο σπόρος του ηλίανθου πρέπει να έχει υγρασία έως 10%, ποσοστό ελαίου τουλάχιστον 42% και ξένες ύλες έως 2%.

2.17 ΧΡΗΣΕΙΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ



Η τεράστια οικονομική του σημασία οφείλεται στο ηλιέλαιο ,που περιέχουν οι σπόροι του σε ποσοστό 25% ως 32%. Το λάδι παραλαμβάνεται με έκθλιψη. Το ηλιέλαιο συνίσταται για τηγάνισμα ,επειδή η θερμοκρασία καπνίσματος του είναι υψηλή και φτάνει περίπου στους 230 βαθμούς Κελσίου.

Οι ηλιόσποροι τρώγονται αποξηραμένοι ή καβουρντισμένοι, ενώ οι πολύ μικροί χρησιμοποιούνται ως πτηνοτροφή. Από τους αλεσμένους σπόρους παράγεται ένα ποτό που μοιάζει με τον καφέ, καθώς και ένα είδος ψωμιού. Επίσης, από τους σπόρους παράγεται ένα είδος φυστικοβούτυρου ενώ από τους κόνδυλους αλκοόλη. Από το είδος *Ηλιάνθος ο κονδυλώδης* (*H. tuberosus*) χρησιμοποιούνται οι εδώδιμοι κόνδυλοι που έχουν γεύση αγκινάρας και είναι γνωστοί με την ονομασία *Αγκινάρα της Ιερουσαλήμ*. Τέλος τα περικάρπια (φλοιοί) των ηλιόσπορων συμπιεσμένα σε συμπαγή μάζα, τα υπολείμματα των σπόρων (35% πρωτεΐνη) μετά την εξαγωγή του λαδιού, τα φύλλα και οι κόνδυλοι του ηλιάνθου χρησιμοποιούνται ως συστατικό των κτηνοτροφών και των πτηνοτροφών. Χρησιμοποιείται συνήθως ως καλλωπιστικό φυτό ενώ από τα άνθη του εξάγεται μία κίτρινη χρωστική. Από τα περικάρπια και τα κεφάλια μετά την παραλαβή των σπόρων εξάγεται πηκτίνη ενώ από τους βλαστούς κατασκευάζονται ινοσανίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΔΕΥΣΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Άρδευση είναι η τεχνητή παροχή νερού σε καλλιεργούμενο έδαφος για να υποβοηθηθεί η ανάπτυξη των σπαρτών. Στην αγροτική παραγωγή, συνήθως χρησιμοποιείται σε ξηρές περιοχές ή και σε περιόδους περιορισμένης βροχόπτωσης, αλλά επίσης και για την προστασία των φυτών από τον παγετό. Επιπλέον, το πλημμύρισμα των χωραφιών εμποδίζει την ανάπτυξη ζιζανίων σε ορυζώνες. Συχνά η άρδευση μελετάται σε συνάρτηση με την αποστράγγιση, που έχει τον αντίθετο σκοπό, δηλαδή την απομάκρυνση του πλεονάζοντος ύδατος από το καλλιεργούμενο έδαφος.

Στόχος της άρδευσης αποτελεί ο εφοδιασμός του ριζοστρώματος με την απαραίτητη ποσότητα νερού για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών, ώστε να δώσουν τη μέγιστη παραγωγή. Για το λόγο αυτό, η άρδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και ιδίως σε κλιματικές συνθήκες, όπως αυτές του ξηρού μεσογειακού καλοκαιριού. Όμως, κατά την άρδευση είναι εξίσου σημαντικό να επιτυγχάνονται οι μικρότερες δυνατές απώλειες νερού, είτε ως διήθηση σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους από εκείνα στα οποία αναπτύσσονται οι ρίζες, είτε και ως επιφανειακή απορροή.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας επιλύθηκαν τα διάφορα προβλήματα που εμφανίστηκαν κατά την εφαρμογή των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης (κατάκλιση, άρδευση με αυλάκια, καταιονισμός). Για αυτό το σκοπό εφαρμόστηκαν νέα συστήματα, όπως η επιφανειακή και η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Τέλος με τη σωστή άρδευση έχουμε αποτελεσματικότερη χρήση των θρεπτικών στοιχείων που εφαρμόζουμε.

3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού, οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται σε :

- επιφανειακές μεθόδους,
- καταιονισμό ,
- στάγδην άρδευση.

Κατάκλυση : εφαρμόζεται σε σχετικά επίπεδο έδαφος και νερό χωρίς χρηματικό κόστος, αλλά το περιβαλλοντικό κόστος είναι τεράστιο, αυλάκια σε νεαρά δέντρα τα πρώτα 1-2 έτη από τη φύτευση πριν την εγκατάσταση του μόνιμου συστήματος άρδευσης .

Καταιωνισμό με μεγάλα μπεκ : Πάνω από τα δέντρα για μείωση θερμοκρασίας καρπών και επομένως μείωση ηλιοκαύματος για αυξημένη φωτοσύνθεση , μείωση ζημιών από εχθρούς ,προστασία από παγετούς αλλά με τεράστιες απώλειες του αρδευτικού νερού στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση.

Ατομικά μπεκ κάτω από τα δέντρα : Για άρδευση μεγάλου σχετικά τμήματος της επιφάνειας του εδάφους κάτω από την κόμη ,δροσίζεται το μικροπεριβάλλον της καλλιέργειας, αλλά βρέχεται συνήθως ο κορμός των δέντρων, με αρνητικές συνέπειες για την υγεία τους.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης εντάσσεται μέσα στη γενικότερη προσπάθεια του ανθρώπου για ορθολογική χρήση του νερού σε κάθε τομέα χρήσης του (ύδρευση, βιομηχανία, άρδευση κλπ.), ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη του και ταυτόχρονα να επιτυγχάνονται και τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Ως μέθοδοι άρδευσης χαρακτηρίζονται οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο έδαφος. Αυτές εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους :

- τις εδαφικές συνθήκες
- τις κλιματικές συνθήκες
- τις υδρολογικές συνθήκες
- την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους &
- το είδος της καλλιέργειας.

Για να θεωρηθεί η άρδευση επιτυχής πρέπει :

το νερό να εφαρμόζεται ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού, επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία,

- ο αγρός να εφοδιάζεται με τόσο νερό, ώστε η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος να φθάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή να εφοδιάζει το έδαφος με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία &
- να περιορίζει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από τη βαθιά διήθηση, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να φθάνει στη μονάδα του χρόνου.
- το νερό να εφαρμόζεται ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού, επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία,
- ο αγρός να εφοδιάζεται με τόσο νερό, ώστε η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος να φθάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή να εφοδιάζει το έδαφος με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία &
- να περιορίζει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από τη βαθιά διήθηση, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να φθάνει στη μονάδα του χρόνου.

3.4 ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η μέθοδος της άρδευσης με σταγόνες ή στάγδην άρδευσης (drip irrigation) έχει παρουσιάσει τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα μια αυξανόμενη τάση εφαρμογής. Η μέθοδος συνιστάται στην εφαρμογή νερού σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων, στην

περιοχή του ριζοστρώματος των φυτών, έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία, με τη βοήθεια ειδικών σταλακτήρων που είναι τοποθετημένοι σε ορισμένες αποστάσεις πάνω σε σωλήνες από πολυαιθυλένιο, μικρής διαμέτρου, οι οποίοι είναι απλωμένοι στο έδαφος κατά μήκος των γραμμών φύτευσης. Η μέθοδος είναι σχετικά πρόσφατη, είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται κατ' εξοχή για αυτοματισμούς. Ιδιαίτερα, αυτή η μέθοδος προσφέρεται για περιπτώσεις που η διαθέσιμη παροχή άρδευσης είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν άλλοι μέθοδοι όπως κατάκλιση ή καταιονισμός. Αρχικά, εφαρμόστηκε για την άρδευση λαχανικών, οπωρώνων και αμπελώνων, αλλά στη συνέχεια επεκτάθηκε στην άρδευση των περισσότερων γραμμικών καλλιεργειών. Ένα άλλο πλεονέκτημά της είναι ότι, μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπέδωσης. Η πίεση του νερού στους σταλακτήρες είναι 0,2—2 atm και η παροχή τους πολύ μικρή γύρω στα 1-10 L/h/σταλακτήρα. Στο νερό πολλές φορές προσθέτονται λιπάσματα ή φάρμακα, η δε πίεσή του εξασφαλίζεται από κάποια αντλία. Τα ποτίσματα γίνονται με πολλή μικρή παροχή ανά σταλακτήρα έτσι ώστε να μην έχουμε επιφανειακό λίμνασμα ή απορροή και με μεγάλη συχνότητα ώστε να διατηρείται η τάση του νερού στο έδαφος σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Η στάγδην άρδευση εφαρμόζεται σε ποικίλα εδάφη κάτω από ποικιλόμορφες τοπογραφικές συνθήκες. Το νερό κινείται κάτω από το έδαφος δημιουργώντας μια υγρή ζώνη γύρω από το ριζικό σύστημα. Το μέγεθος και το σχήμα της ποικίλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τον ρυθμό με τον οποίο το φυτό προσλαμβάνει νερό με τις ρίζες του, τον αριθμό και την θέση των σταλακτήρων ανά φυτό. Από τους μεγαλύτερους πόρους του εδάφους το νερό της άρδευσης κινείται προς τα κάτω με τη βαρύτητα, ενώ από τους μικρότερους πόρους απλώνεται προς όλες τις διευθύνσεις με τα τριχοειδή φαινόμενα. Γενικά το σχήμα του εδαφικού όγκου που διαβρέχει κάθε σταλακτήρας είναι από λίγο έως πολύ ακανόνιστο και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που είναι: η μηχανική σύσταση του εδάφους, το πορώδες, η καλλιεργητική κατάσταση, η συμπίεση, η παρουσία ή όχι λίθων, η παρουσία ή όχι εδαφικών στρώσεων, η κλίση, η παροχή των σταλακτήρων, η ισαποχή των σταλακτήρων. Η άρδευση με σταγόνες κερδίζει συνεχώς όλο και

περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής άρδευσης, η οποία περιορίζεται ακόμα περισσότερο εφαρμοζόμενη μόνο σε καλλιέργειες που δεν μπορούν να ποτιστούν με άλλο τρόπο. Στη χώρα μας η μέθοδος χρησιμοποιείται σε όλα σχεδόν τα διαμερίσματά της. Στην αρχή επεκτάθηκε στα θερμοκήπια ή σε εξαιρετικά αποδοτικές καλλιέργειες, αλλά λόγω της μείωσης του κόστους εξαιτίας της βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και των διαφόρων εξαρτημάτων της, εφαρμόζεται και σε άλλες καλλιέργειες όπως αμπέλια, εσπεριδοειδή, ελαιώνες και λαχανικά. Είναι μικρή η απαίτηση της μεθόδου σε εργατικά ημερομίσθια τα οποία έχουν σημειώσει μεγάλη άνοδο και παρουσιάζονται υψηλές αποδόσεις στις καλλιέργειες όπου χρησιμοποιείται. Με αυτό τον τρόπο τείνουν να καλύψουν το υψηλό κόστος της εγκατάστασης και συντελούν στην περαιτέρω εξάπλωσή της.

3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

1. Παρέχει τη δυνατότητα ποτίσματος κάθε στιγμή της ημέρας, χωρίς αυτό να εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου.
2. Αποτρέπει την διάβρωση του εδάφους καθώς το πότισμα γίνεται μέσω χαμηλής πίεσης.
3. Χρησιμοποιώντας χαμηλής πίεσης νερό, μειώνεται ο κίνδυνος της παραμόρφωσης των φυτών.
4. Η ενεργειακή εξάρτηση μειώνεται σημαντικά, αφού το πότισμα γίνεται μέσω παροχής χαμηλής πίεσης.
5. Η απώλεια του νερού γίνεται ελάχιστη και η εξοικονόμηση φτάνει το 50% σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης.
6. Αυξάνει την παραγωγικότητα της καλλιέργειας και την ποιότητα των προϊόντων από 20-90%.
7. Το προϊόν ωριμάζει 2-3 εβδομάδες νωρίτερα.
8. Μειώνει την ανάπτυξη των παράσιτων, αφού οι περιοχές εκτός καλλιέργειας μένουν άνυδρες. Παράλληλα, μειώνεται και το εργατικό κόστος που θα απαιτούσε η αποψίλωση τους.

9. Είναι ευκολότερο το πότισμα μεγάλων εκτάσεων σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους άρδευσης.
10. Η ανάπτυξη του φυτού είναι ομαλή, λόγω της κανονικής κατανομής του νερού από τους σταλάκτες. Αποτέλεσμα αυτού είναι ένα πιο τυποποιημένο (ομογενοποιημένο) προϊόν.
11. Παρέχεται 60% εξοικονόμηση στο κόστος χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων (σε σύγκριση με τα κλασικά συστήματα άρδευσης).
12. Παρέχει τη δυνατότητα ποτίσματος, ακόμα και σε περιοχές με περιορισμένους υδάτινους πόρους.
13. Η μέθοδος μειώνει σημαντικά την εμφάνιση ασθενειών στα φυτά και την εξάπλωση των βακτηριδίων στις καλλιέργειες μέσω της σωστής χρήσης του νερού.
14. Η ποσότητα του νερού προσαρμόζεται εύκολα στις κλιματικές συνθήκες, τις ειδικές απαιτήσεις των φυτών και την περίοδο της ανάπτυξης τους

3.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

1. Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης. Οφείλεται στο ότι οι εγκαταστάσεις είναι μόνιμες και απαιτούν συνήθως πολλούς αυτοματισμούς και άλλα εξαρτήματα (π.χ. φίλτρα, βαλβίδες, βάνες).
2. Φραξίματα. Τα φραξίματα των διανεμητών αποτελούν πολύ μεγάλο πρόβλημα κατά τη χρήση τέτοιων συστημάτων και απαιτούν την εγκατάσταση ειδικών συσκευών (π.χ. φίλτρων). Αιτίες των φραξιμάτων μπορεί να είναι φυσικές, χημικές ή και βιολογικές.
3. Μηχανικές ζημιές από απρόσεκτη χρήση μηχανημάτων ή από διάφορα ζώα και πτηνά.
4. Αδυναμία προστασίας από τους παγετούς επειδή το νερό εφαρμόζεται κάτω από την κόμη των δένδρων.
5. Συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος παρατηρείται από τη χρήση αλατούχων νερών στα όρια μεταξύ βρεχόμενου και μη εδάφους

και απαιτείται έκπλυση του εδάφους, όταν οι βροχοπτώσεις δεν είναι επαρκείς.

6. Υψηλό επίπεδο γνώσεων σχετικά με τη συντήρηση και λειτουργία του δικτύου.

3.7 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- την κεφαλή ή μονάδα ελέγχου,
- το δίκτυο μεταφοράς &
- το δίκτυο εφαρμογής.

Η κεφαλή ή μονάδα ελέγχου συνδέεται με την υδροληψία ή το αντλητικό συγκρότημα (Γιακουμάκης, 1958). Περιλαμβάνει το μετρητή ροής, τα φίλτρα, τους ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Κύριο συστατικό της κεφαλής αποτελούν τα φίλτρα. Με τα φίλτρα το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά για να μην αποφράσσονται οι σταλακτήρες. Τα φίλτρα διενεργούν μηχανικό καθαρισμό του νερού. Οι τρεις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα φίλτρα είναι οι ακόλουθες :

- τα φίλτρα σήτας,
- οι υδροκυκλώνες και
- τα φίλτρα χαλικιών και άμμου.

Η κεφαλή μπορεί να είναι εφοδιασμένη και με δοχείο λίπανσης μέσα στο οποίο τοποθετείται η ποσότητα του λιπάσματος, από το οποίο το νερό που περνάει μέσα από το δίκτυο παίρνει την επιθυμητή ποσότητα λιπάσματος (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004). Αυτός ο τρόπος ονομάζεται υδρολίπανση και το πλεονέκτημα του είναι το γεγονός ότι διενεργεί οικονομία στην ποσότητα λιπάσματος που διατίθεται στα φυτά, αλλά και στα εργατικά χέρια.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους, αλλά και τους δευτερεύοντες αγωγούς. Από την πηγή το νερό μεταφέρεται μέσω των κύριων αγωγών στους δευτερεύοντες. Οι κύριοι αγωγοί είναι

κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο (PE) ή άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) ή γαλβανισμένο ατσάλι. Οι δευτερεύοντες αγωγοί μεταφέρουν το νερό από τους κύριους, στους αγωγούς εφαρμογής. Το δίκτυο μεταφοράς μπορεί να είναι είτε υπέργειο (PE), είτε υπόγειο (PVC). Συνήθως όμως, οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους, όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στο χωράφι των καλλιεργητικών μηχανημάτων.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12-25 mm. Μεταφέρουν το νερό από τους δευτερεύοντες αγωγούς στους σταλακτήρες. Είναι κάθετοι προς τους δευτερεύοντες και παράλληλοι προς τις ισοϋψείς στα εδάφη με κλίση (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004).

Σε προκαθορισμένες θέσεις πάνω στους σωλήνες πολυαιθυλενίου, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες, μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων. Οι σταλακτήρες τοποθετούνται είτε εν σειρά, είτε σε σύνδεση επί της γραμμής εφαρμογής. Ο τρόπος διάταξης της γραμμής εφαρμογής εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης, το έδαφος, το ποσοστό του εδάφους που πρέπει να διαβραχεί, το κόστος (Παπαζαφειρίου, 1984).

Τη βάση του συστήματος στάγδην άρδευσης αποτελούν οι σταλακτήρες. Συνδέονται όπως ήδη αναφέρθηκε στην παρούσα διατριβή με το δίκτυο εφαρμογής και στην έξοδό τους το νερό εμφανίζεται με τη μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα νερού την ώρα. Οι σταλακτήρες κατασκευάζονται από σκληρή πλαστική ύλη, συνήθως από πολυπροπυλένιο, είναι μαύρου χρώματος και διαφόρων σχημάτων και μεγέθους. Για να μπορεί ένας σταλακτήρας να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη παροχή, η οποία δεν θα επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσης στον αγωγό εφαρμογής,

- να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα,
- να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεσή του στον αγρό,
- να είναι ευκολόχρηστος&
- να έχει μικρό κόστος.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα κριτήρια οι σταλακτήρες διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Ανάλογα με το είδος της ροής του νερού, οι σταλακτήρες διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικά στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή. Σύμφωνα με τον τρόπο απόσβεσης της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή. Σε αυτή την κατηγορία άλλωστε ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες. Αυτού του είδους οι σταλακτήρες διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους, διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Κατά κανόνα, οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι και αυτοκαθαριζόμενοι.

Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου στάγδην άρδευσης απαιτεί ορισμένους χειρισμούς. Τέτοιοι είναι η αυτοματοποιημένη έναρξη και παύση λειτουργίας του συστήματος, η διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων και η ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και φορτίου στην αρχή του δικτύου και στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Στην Ελλάδα, στις αρχές της δεκαετίας του 80' άρχισε να εξαπλώνεται η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Η μεγάλη της εξάπλωση όμως στη χώρα μας, οφείλεται κυρίως στις καλλιέργειες των οπωροφόρων δένδρων και της αμπέλου. Σύμφωνα με τους Brandokai Herper (1987), η επιφανειακή στάγδην άρδευση επιτυγχάνει ικανοποιητικότερη χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της αμπέλου και κυρίως του φωσφόρου. Στις μέρες μας, η επιφανειακή στάγδην άρδευση χρησιμοποιείται στην Ελλάδα σε συντριπτικό ποσοστό για την άρδευση του βαμβακιού. Ενδεικτικά, αναφέρεται η αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης στη χώρα μας με

βαμβάκι από 160000ha στα τέλη της δεκαετίας του 80' σε άνω των 400000ha το 2001 (Οργανισμός Βάμβακος, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια του έτους 2012 πραγματοποιήθηκε μέσω πειράματος, η διερεύνηση των επιδράσεων της επιφανειακής αυτόματης στάγδην άρδευσης, στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα της ενεργειακής καλλιέργειας του ηλίανθου. Το φυτό του ηλίανθου επιλέχθηκε για τους εξής δύο λόγους:

- Αποτελεί μια παραδοσιακή καλλιέργεια, από την οποία παράγεται το γνωστό ηλιέλαιο, αλλά συμπεριλαμβάνεται και στις ενεργειακές καλλιέργειες, καθόσον από αυτό μπορεί να προκύψει βιοντίζελ και στερεά βιοκαύσιμα.
- Οι καλλιεργητικές τεχνικές και ο εξοπλισμός που απαιτούνται είναι όμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια του αραβόσιτου και του σόργου.

Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν συστήματα επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εδαφικών και κλιματικών παραμέτρων, καθώς και δειγματοληψίες φυτικού υλικού σε πειραματικό αγροτεμάχιο.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρονται ο σχεδιασμός του πειράματος, οι παράμετροι και οι μεταβλητές που απαιτούνται να μετρηθούν για την αξιολόγηση της άρδευσης, καθώς και οι καλλιεργητικές εργασίες που διενεργήθηκαν. Επιπλέον, περιγράφονται οι πειραματικές διαδικασίες, όπως επίσης και τα συστήματα και οι τεχνικές άρδευσης των πειραματικών τεμαχίων. Τέλος, αναφέρονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών

της καλλιέργειας, των εδαφικών παραμέτρων και του υπολογισμού της δόσης άρδευσης.

4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ



Εικόνα 1: Άποψη του πειραματικού αγρού στο αγρόκτημα του Π.Θ.

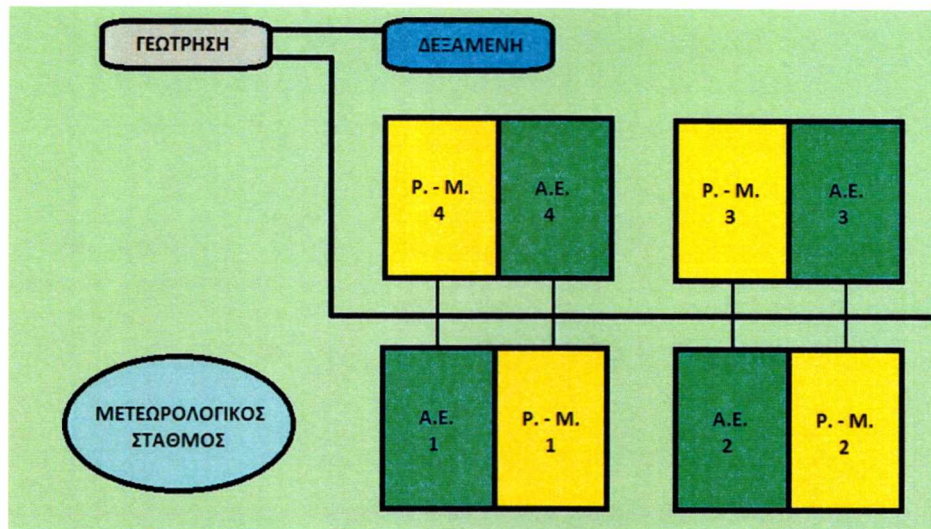
Το πείραμα διεξήχθη κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2012 σε πειραματικό αγροτεμάχιο, το οποίο ανήκει στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου. Έχει Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος $39^{\circ} 23'$, Ανατολικό Γεωγραφικό Πλάτος $22^{\circ} 45'$ και 70m υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας. Η συνολική έκταση του πειραματικού αγροτεμαχίου είναι 2190 m^2 ($30\text{m} \times 73\text{m}$).

4.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν και στις οποίες αναφέρεται η συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή είναι οι εξής δύο:

1. Η επιφανειακή στάγδην άρδευση, στην οποία ο προγραμματισμός των αρδεύσεων πραγματοποιείται βάσει του αυτόματου εξατμισιμέτρου (AUTO(E)).
2. Η επιφανειακή στάγδην άρδευση, στην οποία ο προγραμματισμός των αρδεύσεων πραγματοποιείται με τη μέθοδο Penman – Monteith (P. – M.).



Εικόνα2: Σχέδιο πειραματικού τεμαχίου.

4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN – MONTEITH

Στη μεταχείριση P. – M., ο προγραμματισμός της άρδευσης βασίστηκε στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη συνδυασμένη μέθοδο Penman – Monteith. Σύμφωνα με τις βιβλιογραφικές αναφορές, η μέθοδος αυτή θεωρείται μεγάλης ακρίβειας και υπολογίζει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς βασιζόμενη σε κλιματικές παραμέτρους. Για την εφαρμογή της απαιτείται η ύπαρξη μετεωρολογικού σταθμού. Η άρδευση με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιούνταν κάθε δύο ημέρες, με γνωστές τις τιμές της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, υπολογιζόμενες βάσει των δεδομένων που λαμβάνονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό. Για την άρδευση με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκαν:

1. Μετεωρολογικός σταθμός που είχε εγκατασταθεί στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και από τον οποίο λαμβάνονταν

ημερησίως όλες οι κλιματικές παράμετροι (π.χ. θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, κλπ) που απαιτούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς βάσει της P. – M.

2. Ειδικός προγραμματιστής άρδευσης (Miracle DC). Ο συγκεκριμένος προγραμματιστής κατασκευάζεται από την εταιρεία Motorola και χρησιμοποιείται για την αυτοματοποίηση της άρδευσης. Έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με 15 ηλεκτροβάνες και ταυτόχρονα για την κάλυψη πολλαπλών αναγκών και αποτελείται από ψηφιακή οθόνη, πλήκτρα εντολών που καθορίζουν την ημέρα, την ώρα έναρξης και τη διάρκεια της άρδευσης και λοιπά εξαρτήματα (μπαταρία λιθίου 9V, συνδέσεις, καλώδια, κλπ).
3. Ηλεκτροβάννα συνδεδεμένη με τον προγραμματιστή.

4.5 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η ανάπτυξη και η παραγωγικότητα των φυτών του ηλίανθου επηρεάζονται σημαντικά από τις κλιματολογικές παραμέτρους, εκ των οποίων οι σημαντικότερες είναι οι ακόλουθες:

1. Θερμοκρασία,
2. Υγρασία,
3. Ηλιακή ακτινοβολία,
4. Ταχύτητα ανέμου, και
5. Βροχόπτωση.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα καταγράφονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πλησίον του πειραματικού αγρού. Καταγράφηκαν δεδομένα που αφορούσαν τις ημερήσιες τιμές της σχετικής υγρασίας, της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης, της ηλιακής

ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν ανά ώρα και η καταγραφή δεδομένων που πραγματοποιούνταν σε ειδικό καταγραφέα (data logger). Η εξαγωγή τους από το σταθμό πραγματοποιούνταν σε φορητό Η/Υ, που ήταν εφοδιασμένος με το λογισμικό Metwin version 2.00.

4.6 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ

Το συγκεκριμένο πείραμα εγκαταστάθηκε σε έδαφος καλά στραγγιζόμενο, το οποίο ανήκει στην υπό – ομάδα των TypicXerorthent. Το έδαφος ταξινομήθηκε στα Entisols, όπως λέγονται. Σε όλο το βάθος της τομής υπερσχύουν τα κλάσματα της άμμου και η κοκκομετρική σύσταση βρίσκεται μεταξύ μέσης έως μετρίως χονδρόκοκκης ή μετρίως λεπτόκοκκης, με υφή πηλώδη έως αμμοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη (Μήτσιος κ.α., 2000).

Συνήθως, σε όλο τους το βάθος είναι πλούσια σε ανθρακικά άλατα αυτού του τύπου τα εδάφη, όμως σε επίπεδα κατώτερα των απαγορευτικών για τις καλλιέργειες. Σε αυτού του είδους τα εδάφη, η οργανική ουσία βρίσκεται σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα και με το βάθος μειώνεται ακανόνιστα. Είναι δε, μετρίως αλκαλικά με ΡΗ, του οποίου η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 7,7 – 8,1. μέτρια έως υψηλή είναι η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) και σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκονται τα επιμέρους κατιόντα Na, Mg και K. Χαμηλή είναι η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Zn, Fe και Mn, εν αντιθέσει με αυτή του Cu, η οποία είναι υψηλή. Σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκεται ο διαθέσιμος P (φώσφορος). Γενικά, το επίπεδο διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων χαρακτηρίζεται ικανοποιητικό, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη υψηλών αποδόσεων ακόμη και με μηδενική λίπανση (Μήτσιος κ.α., 2000). Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους του αγρού.

Η κατάσταση της υδρομορφίας των εδαφών αυτού του τύπου, θεωρείται καλή έως άριστη. Παρουσιάζουν μάλιστα, υπερβολική έως

άριστη αποστράγγιση. Παράλληλα, το πετρώδες και η μη καλά αναπτυγμένη δομή, δημιουργούν ένα καλό πορώδες. Το πορώδες αυτό, αποτελείται από μία ποικιλία πόρων ως προς το μέγεθος και το σχήμα τους. Κατ' αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός και συγκράτηση νερού στο ριζόστρωμα των φυτών.

Οι υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους, δηλαδή η υδατοϊκανότητα (ΥΔ), το σημείο μόνιμης μάρανσης (ΣΜΜ) και η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, πρέπει να είναι γνωστές ώστε να επιλεγθεί ορθά το εύρος άρδευσης και για να υπολογιστεί σωστά η πρακτική δόση άρδευσης. Γι' αυτό το λόγο συλλέχθηκαν δείγματα αδιατάρακτου εδάφους από κάθε επανάληψη του πειράματος. Τα δείγματα πάρθηκαν από δύο διαφορετικά βάθη, 0 – 30 cm και 30 – 60 cm, με τη χρήση ειδικού εδαφολήπτη αδιατάρακτου δείγματος, ο οποίος αποτελείται από μεταλλικούς κυλίνδρους 5 cm ύψους και 5 cm διαμέτρου. Γι' αυτό το λόγο, ο συνολικός αριθμός των εδαφικών δειγμάτων είναι 56. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κατά τρόπο τέτοιο, ώστε κάθε δείγμα να αντιστοιχεί σε μία επανάληψη. Τεθλασμένη γραμμή κατά μήκος του πειραματικού αγροτεμαχίου, ήταν η πορεία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή αυτών των δειγμάτων. Ακολουθήθηκε η συγκεκριμένη πορεία συλλογής των δειγμάτων για να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα να μείνει εκτός δειγματοληψίας κάποιο σημείο του αγρού όπου πιθανώς να υπήρχε ανομοιομορφία στο έδαφος (Benjamin, 1992). Ωστόσο, για τη διαδικασία δειγματοληψίας έγινε η παραδοχή ότι η συγκεκριμένη έκταση του αγροκτήματος ήταν ομογενής λόγω της περιορισμένης έκτασης του πειραματικού αγρού αλλά και παλαιότερης εδαφολογικής μελέτης, σύμφωνα με την οποία η έκταση αυτή εντάσσεται σε ευρύτερη εδαφολογική ζώνη του αγροκτήματος (Μήτσιος κ.α., 2000).

Με την εφαρμογή της τεχνικής της σταδιακής αφαίρεσης νερού από αδιατάρακτα δείγματα εδάφους, πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της ποσότητας νερού που συγκρατεί το συγκεκριμένο έδαφος στην υδατοϊκανότητα. Ο όρος υδατοϊκανότητα αναφέρεται στην υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Ο προσδιορισμός αυτός,

στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων του Π.Θ. γίνεται με τη συσκευή δίσκου πίεσεως. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ένα μικρό δείγμα κορεσμένου εδάφους με νερό τοποθετείται επάνω σε κεραμικό πορώδη δίσκο. Ο δίσκος αυτός είναι κορεσμένος με νερό και καλύπτεται αεροστεγώς με μεταλλικό κάλυμμα. Ο χώρος κάτω από το δίσκο βρίσκεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ στο χώρο που βρίσκεται επάνω από το δίσκο εφαρμόζεται αέρας υπό πίεση. Η συσκευή αυτή ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε η διαφορά πίεσης, μεταξύ του επάνω και κάτω χώρου από το δίσκο, να ισούται με την τάση που αντιστοιχεί στην υδατοϊκανότητα του εδάφους που εξετάζεται. Παραμένει για ορισμένο χρόνο το δείγμα στη συσκευή και εν συνεχεία, προσδιορίζεται η υδατοϊκανότητα από τη διαφορά βάρους του δείγματος πριν και μετά την εφαρμογή του αέρα υπό πίεση. Η διάρκεια παραμονής του δείγματος στη συσκευή είναι 24h περίπου, ενώ η πίεση που συνήθως εφαρμόζεται είναι μεταξύ 0,05 – 1,0 atm. Κατά τον ίδιο τρόπο προσδιορίστηκε και η ποσότητα νερού που συγκρατεί το ίδιο έδαφος στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι, σημείο μόνιμης μάρανσης ονομάζεται το σημείο στο οποίο το έδαφος συγκρατεί ποσότητα νερού, η οποία όμως δεν είναι διαθέσιμη για την κάλυψη των αναγκών των φυτών. Σήμερα, ως αντιπροσωπευτική του σημείου μόνιμης μάρανσης όλων των εδαφών, έχει γίνει αποδεκτή η τάση των 15 atm (Παπαζαφειρίου, 1994).

Με τη θερμοβαρυμετρική μέθοδο προσδιορίστηκε η κατά βάρος ποσότητα νερού που συγκρατεί το έδαφος στην υδατοϊκανότητα και στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Η κατ' όγκο ποσότητα νερού που συγκρατεί το έδαφος είναι το γινόμενο της αντίστοιχης κατά βάρος ποσότητας επί τη φαινομενική πυκνότητά του. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι, η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, υπολογίστηκε ως το πηλίκο του ξηρού βάρους του αρχικού δείγματος εδάφους, όπως αυτό συλλέχθηκε στους ειδικούς κυλίνδρους δειγματοληψίας αδιατάρακτου δείγματος, προς τον όγκο του μεταλλικού δοχείου δειγματοληψίας.

4.7 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Αρχικά, διενεργήθηκε καλή κατεργασία του εδάφους, έτσι ώστε να είναι ψιλοχωματισμένο και με ομοιόμορφη κλίση. Μάλιστα, η καλή κατεργασία του εδάφους αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή χάραξη των πειραματικών τεμαχίων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαιτούμενες καλλιεργητικές εργασίες για την καλλιέργεια αραβόσιτου, αφενός μεν σύμφωνα με την γενική καλλιεργητική πρακτική μειωμένης κατεργασίας και αφετέρου δε σύμφωνα με τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής (Σφήκας 1988, Υπουργική Απόφαση 125347/568/2004 ΦΕΚ 142/Β/29.1.2004).

Επειδή το συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε επί τρεις συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους 2011, 2012, 2013 και 2014 (η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή αφορά μόνο τη 2^η χρονιά) έλαβαν χώρα οι ακόλουθες ενέργειες, πριν τη σπορά της καλλιέργειας του σόργου. Μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου, με τη χρήση στελεχοκοπτικού μηχανήματος, καταστρέφοντας τα στελέχη της. Ενώ τα υπολείμματα της ενσωματώνονταν στο έδαφος. Για την καταστροφή τυχόν χειμερινών ζιζανίων και για την αναμόχλευση του εδάφους, πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους με βαρύ καλλιεργητή, νωρίς την ερχόμενη άνοιξη. Ελαφριά κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε περίπου ένα μήνα αργότερα, με ελαφρό καλλιεργητή. Στόχος αυτής της ελαφριάς κατεργασίας αποτελούσε ο ψιλοχωματισμός του εδάφους και την καταστροφή τυχόν ανοιξιάτικων ζιζανίων (που είχαν αναπτυχθεί). Για την τελική διαμόρφωση της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε κατεργασία με σβολοκοπτικό μηχάνημα.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε η σπορά της καλλιέργειας του ηλίανθου. Η σπορά διενεργήθηκε στο τέλος του πρώτου δεκαημέρου του Απριλίου. Για τη σπορά χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή τεσσάρων μονάδων. Η ποικιλία που σπάρθηκε ήταν η PR64A63 της PIONEER. Οι αποστάσεις σποράς του ηλίανθου ήταν 0,80m μεταξύ των γραμμών και 0,12m επί των γραμμών. Το βάθος σποράς ήταν 5cm.

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2012, αμέσως μετά τη σπορά, πραγματοποιήθηκε χημική ζιζανιοκτονία με εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου STOMP και δόση $350\text{cm}^3/\text{στρ}$. Ένα εικοσιτετράωρο αργότερα πραγματοποιήθηκε άρδευση με καταιονισμό.

4.8 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ

Τα εξατμισίμετρα τύπου λεκάνης (evaporation pans) είναι τα εξατμισίμετρα με ελεύθερη επιφάνεια και παρέχουν ένα μέτρο της συνδυασμένης επίδρασης που ασκούν ο άνεμος, η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η υγρασία του ανέμου στην εξάτμιση από μία συγκεκριμένη ελεύθερη επιφάνεια νερού. Η μέθοδος αυτή, δηλαδή του εξατμισίμετρου τύπου Α, είναι ευρύτατα διαδεδομένη, απλή και εύκολη στην εφαρμογή της.

Η εξάτμιση από ένα εξατμισίμετρο τύπου λεκάνης και από μία καλλιεργούμενη έκταση δεν ταυτίζονται απόλυτα. Οι παράγοντες που διαφοροποιούν τη μία από την άλλη, είναι οι εξής:

- Στο εξατμισίμετρο, η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να είναι σημαντική. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρατηρείται η ίδια εξάτμιση τόσο την ημέρα, όσο και για τη νύχτα, κάτι που στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει στις καλλιέργειες.
- Το ποσοστό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από μία ελεύθερη επιφάνεια νερού (5 – 7%) είναι μικρότερο από αυτό που ανακλάται από μία καλλιέργεια (20 – 30%). Συνεπώς, περισσότερη διαθέσιμη ενέργεια για εξάτμιση το νερό απ' ό τι μια καλλιέργεια.
- Το χρώμα των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της συσκευής διαφοροποιεί το ύψος της εξάτμισης.
- Το περιβάλλον, η θέση και ο τρόπος εγκατάστασης του εξατμισίμετρου επηρεάζουν το μέγεθος της εξάτμισης.

- Πιθανότητα ύπαρξης μεταφοράς θερμότητας από ή προς το εξατμισόμετρο μέσω των τοιχωμάτων του, με ανάλογη επίδραση στην εξάτμιση. Στα βυθισμένα εξατμισόμετρα, ο συγκεκριμένος παράγοντας, είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Τα εξατμισόμετρα τύπου λεκάνης πρέπει να σχεδιαστούν και να τοποθετηθούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν την επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων, για να δώσουν αξιόπιστες εκτιμήσεις των αναγκών των καλλιεργειών. Επιπροσθέτως, οι παράγοντες αυτοί έχουν αμελητέα επίδραση στον προγραμματισμό των αρδεύσεων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι εξατμισόμετρων, αλλά το ευρέως χρησιμοποιούμενο είναι το εξατμισόμετρο τύπου A της Αμερικανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (U.S.W.B. ClassApan). Αντιθέτως, το λιγότερο χρησιμοποιούμενο εξατμισόμετρο, είναι αυτό του Κολοράντο (Coloradosunkenpan). Το εξατμισόμετρο τύπου A είναι μία κυλινδρική λεκάνη και κατασκευάζεται από χοντρή, γαλβανισμένη λαμαρίνα. Τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση έτσι ώστε ο πυθμένας του να είναι απολύτως οριζοντιωμένος και να απέχει από την επιφάνεια του εδάφους 15cm. Εν συνεχεία, το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από τη λεκάνη, για να απέχει τελικά 5cm κάτω από το χείλος της. Η στάθμη του νερού κατά τη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής δεν πρέπει να πέφτει κάτω από τα 7,5cm από το χείλος της λεκάνης (Παπαζαφειρίου, 1994, Allenetal., 1998, Goodwin, 2000, Smajstrla, 2000). Το εξατμισόμετροτύπου A είναι εφασδιασμένο με ειδικό δοχείο μέτρησης της στάθμης του νερού στο εσωτερικό του. αυτό το δοχείο είναι κατασκευασμένο από το ίδιο υλικό με αυτό του εξατμισόμετρου και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Ένα σωλήνα (διαμέτρου 100mm και μήκους 230mm) με 4 ισαπέχουσες μεταξύ τους τρύπες (διαμέτρου 9mm), για να μην επηρεάζεται η στάθμη μέσα στη λεκάνη.
- Ένα καπάκι για το σφράγισμα του σωλήνα. Έτσι, προστατεύεται το νερό μέσα στο δοχείο μέτρησης από την επίδραση των κλιματικών παραμέτρων. Στο κέντρο του φέρει

οπή (5mm) και στην επάνω πλευρά του είναι μόνιμα εγκατεστημένο υποδεκάμετρο.

- Μία ειδική φλάντζα (100mm διαμέτρου, κατασκευασμένη από πολυβινυλοχλωρίδιο), ώστε το δοχείο μέτρησης να κλείνει αεροστεγώς.
- Μία κολώνα επάνω στην οποία προσαρμόζεται και κινείται κατά μήκος της, η ακίδα μέτρησης της στάθμης νερού. Η κολώνα αυτή είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι, ύψους 170mm και διαμέτρου 5mm.
- Μία ακίδα μέτρησης της στάθμης. Η συγκεκριμένη ακίδα είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να κινείται ελεύθερα κατά μήκος της μεταλλικής κολώνας.
- Ένα πλωτήρα στον οποίο είναι προσαρμοσμένη η ακίδα μέτρησης της στάθμης νερού (Goodwin, 2000).

4.9 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Σε κάθε άρδευση ελέγχονταν και καταγράφονταν η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού άρδευσης, μέσω υδρομετρητών. Για κάθε μεταχείριση και στις τέσσερις επαναλήψεις χρησιμοποιήθηκε και ένας υδρομετρητής (συνολικά 24, από τα οποία στις μεταχειρίσεις Α.Ε., αντιστοιχούσαν 4 από αυτά). Η καταγραφή των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζονταν, γίνονταν πριν και μετά το τέλος κάθε άρδευσης.



Εικόνα 3 :Υδρόμετρο τοποθετημένο στον πειραματικό αγρό,κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου

Με τακτικό έλεγχο των υδρομετρητών εξασφαλίστηκε η έγκαιρη διαπίστωση και αποκατάσταση τυχόν δυσλειτουργιών ή αστοχίας του συστήματος. Έτσι, κατέστη δυνατός ο έλεγχος της ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού άρδευσης και των τυχόν αποκλίσεων από την επιθυμητή δόση άρδευσης.

4.10 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

4.10.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας ή LeafAreaIndex (L.A.I.), είναι μια αδιάστατη παράμετρος του φυλλώματος των φυτών. Ως δείκτης φυλλικής επιφάνειας ορίζεται ο λόγος της φυλλικής επιφάνειας, ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους.



Εικόνα 4 :Το σύστημα Sun Scan canopy analysis για τη μέτρηση του L.A.I.

Οι μέθοδοι μέτρησης του L.A.I. διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες (Breda, 2003). Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε το σύστημα SunScancanopyanalysis της Delta – TDevicesLtd, που ανήκει στις έμμεσες μεθόδους. Το σύστημα αυτό, μετρά την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία μήκους κύματος 400 – 700 nm, επάνω και κάτω από το φύλλωμα της καλλιέργειας του σόργου. Το L.A.I. υπολογίζεται βάσει του νόμου του Beer, από την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις του L.A.I. πρέπει να λαμβάνονται κατά τις μεσημβρινές ώρες, όταν δηλαδή η γωνία κλίσης του ήλιου έχει μικρές τιμές.

Από τρία λειτουργικά μέρη αποτελείται το σύστημα SunScancanopyanalysis. Τα μέρη αυτά, είναι τα ακόλουθα:

- Ο ανιχνευτής SunScan.
- Ο αισθητήρας BeamFractionSensor (BFS).
- Η συσκευή συλλογής δεδομένων, η οποία και περιλαμβάνει το λογισμικό εφαρμογής.

Ο ανιχνευτής SunScan είναι φορητός, μήκους 1,5m και μετρά τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία, κάτω από το φύλλωμα των φυτών

του σόργου. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με τον αισθητήρα BFS ή ανεξάρτητα από αυτόν. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται μαζί, τα δεδομένα που λαμβάνονται αφορούν το ποσοστό της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που απορροφάται από τη φυλλική επιφάνεια του φυτού εν συγκρίσει με αυτή που φτάνει επάνω από αυτή. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες χρησιμοποιείται μόνο ο ανιχνευτής SunScan, υπολογίζεται η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος και από αυτή το L.A.I.

Η συσκευή συλλογής των δεδομένων αποτελείται από τον μικροεπεξεργαστή, ο οποίος καταγράφει τις μετρήσεις του ανιχνευτή SunScan και του αισθητήρα BFS και υπολογίζει αυτόματα την τιμή του L.A.I. Πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος έναντι των υπολοίπων αποτελεί η δυνατότητα λήψης μετρήσεων ακόμα και από συνθήκες συνεχούς ή παροδικής νέφωσης του ουρανού ενώ τα υπόλοιπα συστήματα απαιτούν σταθερές συνθήκες του ουρανού για μεγάλο χρονικό διάστημα της ημέρας (Wilhelm et al., 2000).

Κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν μετρήσεις του L.A.I. και συνολικά ελήφθησαν 18 μετρήσεις. Η επιλογή να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις του L.A.I. κάθε εβδομάδα βασίστηκε στην θεωρία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή απαιτούνται 15 τουλάχιστον μετρήσεις από κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή. Εφαρμόστηκε, μάλιστα, για την εξαγωγή μοντέλου πρόβλεψης του L.A.I. από ανεξάρτητες παραμέτρους. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν στο ίδιο σημείο της κάθε επανάληψης, το οποίο είχε έκταση 2m^2 , ίση δηλαδή με το μήκος (2,5m) επί το πλάτος του εδάφους που εκμεταλλεύονταν τα φυτά στη συγκεκριμένη γραμμή σποράς (0,8m). Κατά την πρώτη μέτρηση καθορίστηκε η θέση αυτή, με γνώμονα την ομοιομορφία ανάπτυξης των φυτών στις δύο μεσαίες γραμμές σποράς έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο η αλληλεπίδραση με γειτονικά πειραματικά τεμάχια. Λαμβάνονταν 4 μετρήσεις σε κάθε σημείο μέτρησης, παράλληλα προς τις γραμμές σποράς, δύο μετρήσεις εκατέρωθεν της γραμμής σποράς. Ο μέσος όρος των τιμών αυτών καταγράφονταν ως το L.A.I. του συγκεκριμένου πειραματικού τεμαχίου.

4.10.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΎΨΟΥΣ

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ελήφθησαν μετρήσεις ύψους του κεντρικού στελέχους του φυτού. Αυτές οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε εβδομάδα από το ίδιο σημείο, από το οποίο λαμβάνονταν και οι μετρήσεις L.A.I. και από το σύνολο των φυτών που υπήρχαν στο 1m². Όπως και στην περίπτωση των μετρήσεων L.A.I., έτσι και σε αυτή την περίπτωση καθορίστηκε το πλήθος των μετρήσεων, με τη διαφορά ότι η εναρκτήρια μέτρηση ύψους πραγματοποιούνταν περίπου ένα μήνα πριν την αντίστοιχη εναρκτήρια μέτρηση του L.A.I.

4.10.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι μετρήσεις χλωρής και ξηρής βιομάζας πραγματοποιούνταν σε μεμονωμένα φυτά που επιλέγονταν τυχαία από τις μεσαίες γραμμές σποράς. Το πλήθος των μετρήσεων καθορίστηκε βάσει της θεωρίας της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Είχε ληφθεί μέριμνα, ώστε κάθε φορά που η τυχαιοποίηση οδηγούσε σε επιλογή φυτού από την έκταση στην οποία πραγματοποιούνταν μετρήσεις L.A.I. και ύψους φυτών να απορρίπτονται και να επαναλαμβάνεται η διαδικασία έως ότου επιλεγεί φυτό εκτός της συγκεκριμένης έκτασης. Αυτή η προσέγγιση, έγινε για να μην αλλοιωθεί η πυκνότητα των φυτών και επομένως για να μην αλλοιωθούν οι μετρήσεις L.A.I. και ο μέσος όρος ύψους φυτών.

Τα φυτά του σόργου, μετά τη δειγματοληψία, διαχωρίζονταν σε 3 μέρη, δηλαδή, τα φύλλα, το στέλεχος και την ταξιανθία. Χωριστά, τα μέρη αυτά ζυγίζονταν και από το άθροισμα των επιμέρους βαρών, υπολογίζονταν το συνολικό βάρος του φυτού, το οποίο και ανάγονταν σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα. Έπειτα, τα μέρη του φυτού ξηραίνονταν σε πυριαντήριο στους 105°C, μέχρι σταθεροποιήσεως του βάρους τους για τον προσδιορισμό της ξηρής φυτικής βιομάζας (Hunsaker et al., 1998, Tognetti et al., 2003).

4.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ

4.11 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο εφοδιασμός της εκάστοτε καλλιέργειας με το απαραίτητο νερό, για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσής τους, σε συνδυασμό με την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων αποτελεί τον αντικειμενικό σκοπό των αρδεύσεων. Για το σωστό προγραμματισμό και εφαρμογή των αρδεύσεων απολύτως απαραίτητη είναι η ποσοτική εκτίμηση της αναγκαίας ποσότητας νερού για την ανάπτυξη των φυτών.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής και ο προγραμματισμός των αρδεύσεων. Βάσει της μεθόδου του φυτικού συντελεστή πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας του σόργου. Για τη διενέργεια της μεθόδου αυτής, απαραίτητη είναι η γνώση τόσο του φυτικού συντελεστή της καλλιέργειας (σε κάθε στάδιο ανάπτυξης του φυτού), όσο και της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo). Επιπλέον, υπόψη πρέπει να λαμβάνονται η ωφέλιμη εδαφική υγρασία, η διαθέσιμη υγρασία εδάφους και το κλάσμα αυτής, καθώς και η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι, ο υπολογισμός της δόσης άρδευσης ολοκληρώνεται σε τρία στάδια. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- Αρχικά, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETo).
- Μέσω του φυτικού συντελεστή και της ETo, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ETc).
- Σύμφωνα με τις πραγματικές συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας στον αγρό, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας.

4.11.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Η εξατμισοδιαπνοή είναι η ποσότητα του νερού που απομακρύνεται από το καλλιεργούμενο έδαφος με τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής. Αυτές οι δύο διαδικασίες συμβάλλουν σε διαφορετικό

ποσοστό στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης, το έδαφος καλύπτεται σε μικρό ποσοστό από το φύλλωμα της και συνεπώς το μεγαλύτερο μέρος της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την εξάτμιση. Όσο η καλλιέργεια αναπτύσσεται, τόσο το έδαφος καλύπτεται όλο και περισσότερο από το φύλλωμα της καλλιέργειας και επομένως το μεγαλύτερο μέρος της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από τη διαπνοή της καλλιέργειας, ενώ η εξάτμιση περιορίζεται.

Συμπερασματικά, λοιπόν, την περίοδο αμέσως μετά τη σπορά, το 100% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από την εξάτμιση. Αντιθέτως, όταν η φυτοκάλυψη είναι μέγιστη (100%), ποσοστό τουλάχιστον 90% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την διαπνοή. Επιπροσθέτως, μακροχρόνιες έρευνες οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι, όταν το ποσοστό κάλυψης του εδάφους είναι 50 – 60%, ελάχιστα διαφέρει η εξατμισοδιαπνοή από την αντίστοιχη τιμή της όταν η φυτοκάλυψη είναι 100%.

Επιπλέον, η ποσότητα νερού που καταναλώνεται από μία καλλιέργεια η οποία αναπτύσσεται σε πραγματικές συνθήκες αγρού, αποτελεί την πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_a). Η ET_c αποτελεί το επάνω όριο της ET_a και στην σπάνια περίπτωση κατά την οποία η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε ιδανικές συνθήκες ισχύει η ET_c = ET_a. Επιπροσθέτως, τη δόση άρδευση αποτελούν οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας. Ως εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή (ET_o) ορίζεται η εξατμισοδιαπνοή από μία καλλιέργεια αναφοράς ή βάσης, που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς είναι αυτή που εκφράζει την επίδραση του κλίματος στην ET_c.

4.11.3 ΕΞΑΤΜΙΣΗ (E)

Υπό μορφή υδρατμών, μια ποσότητα νερού απομακρύνεται από ανοιχτές υδατικές επιφάνειες, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Απομακρύνεται νερό, με την ίδια διαδικασία, και από την επιφάνεια του εδάφους και από υγρές επιφάνειες των φυτών, όπως τα φύλλα και οι βλαστοί. Εξάτμιση (E) ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία το νερό μεταπίπτει από την υγρή στην αέρια φάση (Brouweretal., 1986, Allenetal., 1998). Για την μετάπτωση του νερού από την υγρή φάση στην αέρια, απαιτείται ενέργεια. Πηγή αυτής της ενέργειας αποτελούν:

- η άμεση ηλιακή ακτινοβολία (κυρίως),
- η θερμοκρασία, &
- η ταχύτητα ανέμου.

Το φαινόμενο της εξάτμισης παρατηρείται όταν υπάρχει διαφορά στην πίεση υδρατμών μεταξύ μιας επιφάνειας και της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας. Αυτή η διαφορά όταν είναι μεγάλη, τότε η εξάτμιση είναι έντονη. Αντιθέτως, όταν η περιβάλλουσα την συγκεκριμένη επιφάνεια ατμόσφαιρα τείνει να κορεστεί σε υδρατμούς, η εξάτμιση εξασθενεί ή παύει να υφίσταται. Από την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί, εξαρτάται η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να χωρέσει σε ένα συγκεκριμένο όγκο αέρα. Άρα, η εξάτμιση εξαρτάται από:

- την ταχύτητα του ανέμου,
- τη θερμοκρασία του αέρα,
- την υγρασία της ατμόσφαιρας, &
- την ηλιακή ακτινοβολία.

Η εξάτμιση, κατά τις περιπτώσεις καλλιεργούμενων εκτάσεων, εξαρτάται από:

- το φύλλωμα της καλλιέργειας,
- την διαθέσιμη υγρασία στην επιφάνεια του εδάφους, &
- το ποσοστό σκίασης της επιφάνειας του εδάφους.

Στην ενίσχυση του φαινομένου της εξάτμισης συμβάλουν οι συχνές βροχοπτώσεις ή/και οι συχνές αρδεύσεις, καθώς και η συμβολή του υπόγειου νερού. Το φαινόμενο της εξάτμισης εξασθενεί όταν οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες, το εύρος της άρδευσης μεγάλο και η συμβολή του υπόγειου νερού μηδενική. Τελειώνοντας, όταν επικρατούν τελείως ξηρικές συνθήκες (παντελής απουσία βροχοπτώσεων, άρδευσης) η περιεχόμενη υγρασία εδάφους μειώνεται ταχύτατα και η εξάτμιση μηδενίζεται εντός λίγων ημερών (Allenetal., 1998).

4.11.4 ΔΙΑΠΝΟΗ (Τ)

Με τον όρο διαπνοή καλείται η διαδικασία απώλειας των υδρατμών από τα φύλλα των φυτών. Η διαπνοή επηρεάζει την ποσότητα του νερού, η οποία θα κινηθεί μέσω του φυτού.

Από την διαθέσιμη ενέργεια, τον άνεμο και την ποσότητα υδρατμών στην περιβάλλουσα το φύλλο ατμόσφαιρα, εξαρτάται και η διαπνοή, όπως άλλωστε η εξάτμιση. Η ατμοσφαιρική υγρασία και η ηλιακή ακτινοβολία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του φαινομένου της διαπνοής. Επιπλέον, παράμετροι που επηρεάζουν την διαπνοή είναι η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους στο βάθος του ριζοστρώματος, η αλατότητα του νερού και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Επίσης, το ρυθμό διαπνοής επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του περιβάλλοντος και οι καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται σε κάθε περιοχή. Τέλος όταν γίνεται αναφορά στο φαινόμενο της διαπνοής θα πρέπει να συνυπολογίζονται ο τύπος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης της, το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται εγκατεστημένη και η γενικότερη διαχείριση της (Allenetal., 1998).

4.11.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Με διαδικασίες, βασιζόμενες στις κλιματικές παραμέτρους, διενεργείται ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ΕΤ₀). Για

την επίτευξη του σκοπού αυτού, αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και το είδος των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν, καθώς και με τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους. η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith κατά FAO μαζί με την τροποποιημένη μέθοδο Penman, χρησιμοποιείται ευρύτατα και είναι μία από τις μεθόδους αυτές. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν είναι αυτή των Blaney – Criddle και η τροποποιημένη Blaney – Criddle (Παπαζαφειρίου, 1997).

Η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith κατά FAO και η τροποποιημένη μέθοδος Penman υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια της ΕΤο και απαιτούν γνώση πολλών παραμέτρων. Αντιθέτως, η μέθοδος Blaney – Criddle, καθώς και η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney – Criddle είναι λιγότερο ακριβείς. Το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των μεθόδων Penman – Monteith κατά FAO και για την τροποποιημένη μέθοδο Penman, είναι εξαιρετικά δύσκολο να συγκεντρωθεί σε συνθήκες καθημερινής γεωργικής πρακτικής. Επιπλέον, το κόστος εφαρμογής τους είναι δεκαπλάσιο από το αντίστοιχο κόστος της μεθόδου του εξατμισόμετρου τύπου Α, τόσο για έναν μεμονωμένο παραγωγό, όσο και για μια ομάδα παραγωγών. Από την άλλη απαιτούνται ειδικές γνώσεις και πολύπλοκοι υπολογισμοί για την εφαρμογή τους γεγονός που τις καθιστά χρονοβόρες γιατί πρέπει να αφιερωθεί διπλάσιος χρόνος στους υπολογισμούς (Stanhill, 2002). Στην συγκεκριμένη διατριβή, ο υπολογισμός της ΕΤο πραγματοποιήθηκε με τη του εξατμισόμετρου τύπου Α, καθώς η εφαρμογή των προαναφερθέντων μεθόδων καθιστάται δυσχερής από τους παραγωγούς, οι οποίοι ενδιαφέρονται για μία μέθοδο προσδιορισμού των αναγκών των καλλιεργειών τους σε νερό, η οποία θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- να είναι εύκολη στο χειρισμό,
- να έχει μεγάλη ακρίβεια,
- να απαιτεί τους λιγότερους δυνατούς υπολογισμούς, και
- το κόστος εγκατάστασης να κυμαίνεται σε λογικά πλαίσια.

4.11.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ET_c

Στο σημείο αυτό, καιρός είναι να περιγραφεί η διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ET_c) υπό κανονικές συνθήκες. Οι κανονικές συνθήκες αναφέρονται σε καλλιέργειες, οι οποίες αναπτύσσονται σε άριστες αγρονομικές συνθήκες και σε συνθήκες επαρκούς υγρασίας εδάφους. Πλήρη άρδευση δέχθηκε τόσο η μεταχείριση A100, όσο και η E100. Επιπλέον, διατηρήθηκε η καλλιέργεια σε άριστη κατάσταση, αφού παρέμεινε απαλλαγμένη από μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές. Συνεπώς, στο συγκεκριμένο πείραμα ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις υπολογισμού της ET_c. Οι μέθοδοι υπολογισμού της ET_c είναι οι εξής δύο:

- η μέθοδος φυτικού συντελεστή, &
- η μέθοδος του άμεσου υπολογισμού.

Κατά τη μέθοδο του φυτικού συντελεστή, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας διαφέρει από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά, από αυτά της καλλιέργειας αναφοράς. Η διαφοροποίηση της ET_c από την ET_o εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή K_c κατά τρόπο που να διαμορφώνεται η γενική σχέση:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Όπου: ET_c είναι η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (mm/d),

K_c είναι ο φυτικός συντελεστής (αδιάστατος) και

ET_o είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/d).

Οι φυτικοί συντελεστές προσδιορίζονται πειραματικά, διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια αλλά και για την ίδια καλλιέργεια διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (Παπαζαφειρίου, 1997, Allen et al., 1998).

Σύμφωνα με τη μέθοδο του άμεσου υπολογισμού, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας μπορεί να μετρηθεί στον αγρό από μετρήσεις της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας με την εφαρμογή αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας και με λυσίμετρα. Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι αυτή των διαδοχικών δειγματοληψιών, του υδατικού ισοζυγίου και η μέθοδος του λυσίμετρου (Παπαζαφειρίου, 1997). Στο παρόν πείραμα, χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας μέτρησης υγρασίας εδάφους, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στην αρχή της δημιουργίας και διάδοσης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου γύρω από τα ηλεκτρόδια. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας αποτελούσε μέρος του ευφυούς συστήματος άρδευσης και σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής αναφέρθηκαν τα χαρακτηριστικά του.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΣΗΣ ΆΡΔΕΥΣΗΣ 4.11.7

Στη συγκεκριμένη διατριβή, χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό φύλλο MsExcel για τον υπολογισμό της ETC και κατ' επέκταση και της δόσης άρδευσης. Ο υπολογισμός αυτός πραγματοποιήθηκε σε 4 στάδια, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET₀) πραγματοποιείται με τη χρήση του εξατμισόμετρου τύπου A.
- Καθορισμός των σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας.
- Υπολογισμός του απλού φυτικού συντελεστή ή λήψη του από πίνακα.
- Υπολογισμός της ET₀ με την εξίσωση $Etc = Kc * ET_0$.

Αρκετές φορές στην παρούσα διατριβή έχει αναφερθεί ότι η Etc εκφράζει τις απώλειες μιας καλλιέργειας σε νερό. Συνεπώς θα πρέπει η αρδευτική δόση να ισούται τουλάχιστον με τις απώλειες αυτές. Παρά ταύτα, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η συνολική ποσότητα νερού που θα εφαρμόζεται στον αγρό, να καλύπτει τις διάφορες απώλειες. Χρησιμοποιώντας τον όρο «απώλειες» αναφερόμαστε:

- ο στις πραγματικές απώλειες του αρδευτικού συστήματος,
- ο στην ποσότητα του νερού, η οποία προορίζεται για την έκπλυση των αλάτων, &
- ο σε μία επιπλέον ποσότητα νερού από πιθανά σφάλματα μέτρησης της εξάτμισης από το εξατμισόμετρο τύπου A, εξαιτίας της σκίασης που προκαλούνταν από το προστατευτικό δίχτυ που σκέπαζε τη λεκάνη του. Το προστατευτικό δίχτυ χρησιμοποιήθηκε για την αποφυγή της καθόδου των πτηνών και την αφαίρεση από αυτή νερού.

Αυτές οι απώλειες, συνολικά, ενσωματώθηκαν σε ένα συντελεστή 0,09. Αυτός ο συντελεστής ενσωματώθηκε στον συντελεστή εξατμισόμετρου (Kran), ο οποίος διαμορφώθηκε στην τιμή 0,77. Για την ακρίβεια, η πραγματική τιμή του Kran είναι 0,68, όπως προκύπτει από μετρήσεις που διενεργήθηκαν στην περιοχή του Βελεστίνου. Οπότε, η δόση άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν πλήρως υπολογίστηκε από τη σχέση :

$$Dn = [(Kran+0,04)*Eran*Kc-Pe]/Ed, \quad (6.12)$$

όπου :

Dn = η δόση άρδευσης για τις πλήρως αρδευόμενες μεταχειρίσεις E100 και Y100 (mm),

Ed = ο βαθμός απόδοσης του συστήματος στάγδην άρδευσης (0,95),

$Kran$ = ο συντελεστής εξατμισόμετρου (αδιάστατος),

$Eran$ = η ημερήσια εξάτμιση από το εξατμισόμετρο τύπου A (mm),

Kc = ο φυτικός συντελεστής (αδιάστατος), &

Pe = η ωφέλιμη βροχόπτωση (mm).

Για τις ελλειμματικά αρδευόμενες μεταχειρίσεις, δηλαδή για τις E70 και Y70, τη δόση άρδευσης αποτελούσε το γινόμενο της Dn επί το συντελεστή 0,7, ο οποίος εξέφραζε το 70% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Η διάρκεια της στάγδην άρδευσης υπολογίζεται, γνωρίζοντας το ωριαίο ύψος βροχής που εφαρμόζεται από το αρδευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται. Για τον υπολογισμό του ωριαίου ύψους βροχής πρέπει απαραίτητως να είναι γνωστά τα εξής χαρακτηριστικά του συστήματος στάγδην άρδευσης:

- ο αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό (αδιάστατος),
- η παροχή κάθε σταλάκτη (L/h), &
- η ισαποχή των σταλακτήρων επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (m).

Εκτός των προαναφερθέντων στοιχείων, απαραίτητη είναι και η γνώση των αποστάσεων σποράς ή φύτευσης, καθώς και η πυκνότητα φύτευσης, δηλαδή ο αριθμός των φυτών επί της γραμμής σποράς. Οπότε, όταν είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι, η διάρκεια άρδευσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$t = Dn/Dh, \quad (6.13)$$

όπου:

t = η διάρκεια άρδευσης (h),

Dn = η δόση άρδευσης (mm), &

Dh = το ωριαίο ύψος βροχής (mm/h),

ενώ, το ωριαίο ύψος βροχής από τη σχέση: $Dn = (q*n)/(St*Sr), \quad (6.14)$

όπου:

q = η παροχή του σταλάκτη (L/h),

n = ο αριθμός σταλακτήρων ανά δύο γραμμές φυτών, δηλαδή $n=St/(2*Se), \quad (6.15)$

St = η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (m),

Sr = η ισαποχή των γραμμών σποράς ή φύτευσης (m), &

Se = η ισαποχή των σταλακτήρων επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (αδιάστατος).

Βάσει της πρακτικής της υψηλής συχνότητας άρδευσης καθορίστηκε ο αριθμός των αρδεύσεων και σύμφωνα με τη συγκεκριμένη πρακτική, το εύρος άρδευσης ήταν δύο ημέρες. Η συχνή στάγδην άρδευση (1 – 3 αρδεύσεις ανά εβδομάδα) δεν επηρέασαν την παραγωγή καρποδοτικού σόργου (Raveloetal., 1977, FaciandFererres, 1980). Η συχνή άρδευση (εύρος άρδευσης 3,5 ημέρες) με συστήματα άρδευσης υψηλής ακριβείας τα οποία εφαρμόζουν το νερό άρδευσης υπό χαμηλή πίεση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής καρποδοτικού σόργου (BordovskyanLyle, 1996) ενώ σε καλλιέργεια τομάτας η συχνή υπόγεια στάγδην άρδευση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής (Pheneetal., 1987).

4.11.8 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΆΡΔΕΥΣΗΣ

Έπρεπε να διενεργηθεί έλεγχος του εύρους άρδευσης για την ελαχιστοποίηση του πιθανού σφάλματος να μεσολαβεί, δηλαδή, μεγάλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων με το ευφυές σύστημα. Με τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης, για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, δηλαδή τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος. Η πρακτική δόση άρδευσης δεν έπρεπε να υπερβαίνει την αθροιστική ημερήσια εξατμισοδιαπνοή μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων. Οι παράμετροι που ακολουθούν πρέπει να είναι γνωστές για να υπολογισθεί η πρακτική δόση άρδευσης:

- Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (PWP),
- Υδατοϊκανότητα εδάφους (FC),
- Βάθος Ριζοστρώματος (RD) για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου,
- Ποσοστό Διαβροχής Εδάφους (P),

- Συντελεστής Εξάντλησης Υγρασίας (F),
- Αποστάσεις σποράς ή φύτευσης (Sr),
- Αποστάσεις φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (St),
- Χαρακτηριστικά Αρδευτικού Συστήματος όπως q , n , E_d (βαθμός απόδοσης συστήματος), S_e (ισαποχήσταλακτῆρων επί του αγωγού εφαρμογής),
- Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (ETd) για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου από τα δεδομένα προηγούμενων ετών του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

4.11.9 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Όταν η βροχόπτωση δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό (απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής) είναι απαραίτητη η άρδευση. Η έγκαιρη εφαρμογή άρδευσης αποτελεί τον πρωταρχικό στόχο της άρδευσης, καθώς επίσης και η δόση άρδευσης να είναι αυτή που απαιτείται κάθε φορά. Το πρόγραμμα στάγδην άρδευσης για κάθε μεταχείριση (εκτός της A100), σχεδιάστηκε σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τέλη Ιουνίου – αρχές Ιουλίου που τα φυτά είχαν ύψος 0,5m, άρχισε το πρόγραμμα στάγδην άρδευσης. Μέσα Σεπτεμβρίου ολοκληρωνόταν το πρόγραμμα άρδευσης. Η μεταχείριση A100 είχε πρόγραμμα άρδευσης με την ίδια χρονική διάρκεια περίπου με αυτό των υπολοίπων. Ανάλογα με τη χρονική στιγμή που ο αισθητήρας καθόριζε την εναρκτήρια και καταληκτική ημερομηνία άρδευσης.

Με τη μέθοδο του καταιονισμού καλύπτονταν οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, από τη σπορά της καλλιέργειας και έως ότου ξεκινήσει το πρόγραμμα της στάγδην άρδευσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε κανόνι τεχνητής βροχής, που είχε παροχή 35,5 m³/h, η πίεση λειτουργίας 5,0 atm, διάμετρο διαβροχής 80m και ύψος βροχής

18mm/h. Μετά τη σπορά αρχίζουν οι αρδεύσεις και διαρκούν μέχρι τα φυτά να αποκτήσουν μέσο ύψος 0,5m. Ο αριθμός των αρδεύσεων αυτών καθορίζονται από τις κλιματικές συνθήκες. Ιδιαίτερος όμως, από τις βροχοπτώσεις που επικρατούσαν κατά τη χρονική περίοδο, από τη σπορά έως και το τέλος Ιουνίου.

4.11.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΕΩΝ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στην ημερήσια ένδειξη της εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου A, βασίστηκε ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για όλες τις μεταχειρίσεις. Βάσει αυτών υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, δηλαδή το ποσό του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στη καλλιέργεια μέσω άρδευσης. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ένδειξης του εξατμισιμέτρου (E_{pan}) που εκφράζει τη μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, με το συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου K_p . Δηλαδή: $ET_0 = K_p * E_{pan}$, (mm/ημέρα) (1). Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου (K_p) υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στη συγκεκριμένη περιοχή είναι 0,70 (FAO,1998). Έπειτα, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιάζεται με το φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας (K_c) και προκύπτει η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c). Δηλαδή: $ET_c = ET_0 * K_c$ (mm) (2). Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αφαιρώντας από τη τιμή της ET_c , το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας (I_n), δηλαδή τη ποσότητα του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω της άρδευσης. Η πρακτική δόση άρδευσης (I_d) δηλαδή, που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση: $I_d = I_n = ET_c - \Omega B$ (mm) (3),

όπου: B είναι το ύψος της βροχής, και

ΩB είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με $0,8 B$ (Μιχελάκης 1998, Παπαζαφειρίου 1999).

Όμως, στο εξατμισόμετρο τύπου A, η ημερήσια ένδειξη, εάν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), χρησιμοποιώντας (1) και (2). Οπότε, για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, πρέπει στη τιμή των καθαρών αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισιμέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή βάσει της σχέσης (3), θα ισχύει στη περίπτωση αυτή:

$ET_c = I_n + \Omega B$ (mm) (4). Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των καθαρών αναγκών (I_n) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c) βάσει της ημερήσιας ένδειξης εξάτμισης (E_{pan}) του εξατμισιμέτρου τύπου A. Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης (I_t) έγινε βάσει της σχέσης:

$$I_t = Id_a / Id_h (h) (5),$$

όπου: Id_a είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης, και

Id_h είναι το ωριαίο ύψος βροχής.

$$\text{Είναι } Id_h = (q \cdot n) / (S_t \cdot S_r) \text{ (mm/h),}$$

όπου: q είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h,

$n = S_t / (2 \cdot S_e)$ είναι ο αριθμός των σταλακτάρων ανά δύο σειρές φυτών,

S_t είναι η ισαποχή των φυτών επί της σειράς σε m,

S_r είναι η ισαποχή των σειρών των φυτών σε m, και

S_e είναι η ισαποχή των σταλακτάρων σε m.

Η δόση και το εύρος άρδευσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε, η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία να βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα (FC) και πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Δηλαδή, απαιτείται ο προσδιορισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης, την οποία η αθροιστική ένδειξη του εξατμισιμέτρου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της

πρακτικής δόσης άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό της υδατοϊκανότητας (FC), του σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) και του φαινόμενου ειδικού βάρους (ΦΕΒ) του εδάφους του αγρού.

Η τιμή της διαβροχής (P) του εδάφους για τη διάταξη σταλακτηφόρων αγωγών που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό για ισαποχή σταλακτών $S_e = 0,8 \text{ m}$ (Τερζίδης κ.α., 1997), καθώς και οι τιμές του βάθους του ριζικού συστήματος των φυτών (h) (Παπαζαφειρίου, 1999), του ορίου εξαντλήσεως της εδαφικής υγρασίας (C) (Σακελλαρίου, 1993), του συντελεστή που εξαρτάται από τη καλλιέργεια (f1) (FAO, 1998) και του συντελεστή που εξαρτάται από την αναμενόμενη φυτοσκίαση του εδάφους (f2) (Σακελλαρίου, 1993) για κάθε έναν από τους τέσσερις αρδευτικούς μήνες.

Βάσει των δεδομένων αυτών, η διαδικασία υπολογισμού της πρακτικής δόσης άρδευσης παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα. Επίσης, αυτή η μεθοδολογία οδηγεί στον υπολογισμό της διάρκειας και του εύρους της στάγδην άρδευσης με θεωρητικό τρόπο, βασιζόμενο στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Αυτή η μέθοδος δεν χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία παρά μόνο για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης, καθώς αφενός η ημερήσια εξάτμιση κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή και αφετέρου, διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος. Από τον πίνακα αυτό, φαίνεται ότι το άθροισμα των καθαρών αναγκών που λαμβάνεται υπόψη από το εξατμισόμετρο σε κάθε άρδευση, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 30mm, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή της πρακτικής δόσης άρδευσης (I_{d_a}). Στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η εδαφική υγρασία να πλησιάσει την τιμή του σημείου μόνιμης μάρανσης, γεγονός που μπορεί να αποβεί καταστροφικό για την καλλιέργεια.

Παροχή σταλακτήρα: $q=2,3\text{l/h}$.

Ισαποχή των γραμμών σποράς: $S_r=0,78\text{m}$.

Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σπόρας: $S_t=0,12\text{m}$.

Ισαποχή σταλακτών: $S_e=0,8\text{m}$.

Αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό: $n=0,08$.

Ο προγραμματισμός της δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών όπως η παροχή σταλακτήρων, το ωριαίο ύψος βροχής, οι διαστάσεις γραμμών άρδευσης και η ισαποχήσταλακτήρων επί των γραμμών για κάθε μεταχείριση, βάσει των μετρούμενων ρυθμών ημερήσιας εξάτμισης.

Στη θεωρία του απλού εξατμισιμέτρου βασίστηκε ο υπολογισμός της δόσης άρδευσης και για τη μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος του αυτοματοποιημένου εξατμισιμέτρου τύπου Α. Υπόψη ελήφθη και η πρακτική δόση άρδευσης ώστε να καθοριστεί το όριο πτώσης στάθμης μέσα στη λεκάνη του εξατμισιμέτρου, έτσι ώστε να δοθεί η κατάλληλη τιμή έναρξης της άρδευσης. Σύμφωνα με τη μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς της περιοχής, για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο για το έτος 2012 και λαμβάνοντας υπόψη ότι το εύρος άρδευσης ήταν δύο ημέρες και επιλέχθηκε ως όριο εξάτμισης νερού από τη λεκάνη του εξατμισιμέτρου τα $E_{pan}=30\text{mm}<38\text{mm}$ της πρακτικής δόσης άρδευσης. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο υπολογισμός των δόσεων άρδευσης βάσει του προγράμματος CROPWAT, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη διαταύρωση της ορθότητας των υπολογισμών του προγράμματος άρδευσης.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ 2011	R.D. (mm)	R.D. (m)	F	kp	Ea	C	SI (cm)	Se (cm)	Sr (cm)	St (cm)	h (m)	I (m ³ /στρ.)
	400	0,8-1,5	0,45	0,8	0,95	0,5	78	80	0,78	0,12	2	2,3

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ Α	ΗΜΕΡΕΣ (από σπορά)	ΠΑΗΡΩΣΗ ΕΞΑΤΜΙΣΙΜ ΕΤΡΟΥ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΈΝΔΕΙΞΗ (mm)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΜΕΡΑΣ Ή ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΡΜΟΝ (mm)		ΒΡΟΧΗ Β (mm)	ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ ΩΒ=0,8*Β kp		ΙΔΙΟΝΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ Eo=kp*Epan (mm)		ΟΔΙΑΠΝΟ Η ΚΑΛΛΙΕΡΓ ΕΙΑΣ	ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ c+ΩΒ ΕΣ/ΦΥΤΟ n=St/2*Se (mm)		ΎΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ Idh=(q*n)/(St*Sr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ It=Ida/Idh (h)	ΕΙΑ ΑΡΔΕΥ ΣΗΣ It=Ida/I
				ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΡΜΟΝ (mm)	ΒΡΟΧΗ Β (mm)		ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ ΩΒ=0,8*Β kp	ΙΔΙΟΝΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ Eo=kp*Epan (mm)	ΟΔΙΑΠΝΟ Η ΚΑΛΛΙΕΡΓ ΕΙΑΣ	ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ c+ΩΒ ΕΣ/ΦΥΤΟ n=St/2*Se (mm)						
15/6/2012	68	1					0,70		1,11			0,08	1,97			
16/6/2012	69		5	4	0	0	0,70	2,8	1,13	3,2	3,2	0,08	1,97	1,61	1h 37'	
17/6/2012	70		9	6	0	0	0,70	4,2	1,15	4,8	4,8	0,08	1,97	2,45	2h 27'	
18/6/2012	71		10	9,5	0	0	0,70	6,7	1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88	3h 53'	
19/6/2012	72			9,5	0	0	0,70	6,7	1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88	0h 49'	
20/6/2012	73		29	2	0	0	0,70	1,4	1,15	1,6	1,6	0,08	1,97	0,82	0h 25'	
21/6/2012	74		31	1	0	0	0,70	0,7	1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41	0h 25'	
22/6/2012	75			1	0	0	0,70	0,7	1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41	0h 25'	
23/6/2012	76			1	0	0	0,70	0,7	1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41	0h 25'	
24/6/2012	77			1	1,3	1,0	0,70	0,7	1,15	0,8	-0,2	0,08	1,97	0,41	0h 25'	
25/6/2012	78			1	0	0	0,70	0,7	1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41	0h 25'	
26/6/2012	79		36	8,5	0	0	0,70	6,0	1,15	6,8	6,8	0,08	1,97	3,47	3h 28'	
27/6/2012	80			8,5	0	0	0,70	6,0	1,15	6,8	6,8	0,08	1,97	3,47	3h 28'	
28/6/2012	81	1	53	9	0	0	0,70	6,3	1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68	3h 41'	
29/6/2012	82			9	0	0	0,70	6,3	1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68	3h 41'	
30/6/2012	83			9	0	0	0,70	6,3	1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68	3h 41'	
1/7/2012	84			9	0	0	0,70	6,3	1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68	3h 41'	
2/7/2012	85		36	6	0	0	0,70	4,2	1,15	4,8	4,8	0,08	1,97	2,45	2h 27'	
3/7/2012	86	1	42	8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
4/7/2012	87			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
5/7/2012	88			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
6/7/2012	89	1	26	8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
7/7/2012	90			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
8/7/2012	91			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'	
9/7/2012	92	1	26	9,5	0	0	0,70	6,7	1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88	3h 53'	
10/7/2012	93			9,5	0	0	0,70	6,7	1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88	3h 53'	
11/7/2012	94	1	19	9,6	0	0	0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'	

12/7/2012	95			9,6	0	0 0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'
13/7/2012	96			9,6	0	0 0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'
14/7/2012	97	1	29	10,5	0	0 0,70	7,4	1,15	8,5	8,5	0,08	1,97	4,29	4h 17'
15/7/2012	98			10,5	0	0 0,70	7,4	1,15	8,5	8,5	0,08	1,97	4,29	4h 17'
16/7/2012	99	1	21	8,6	0	0 0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
17/7/2012	100			8,6	0	0 0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
18/7/2012	101			8,6	0	0 0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
19/7/2012	102	1	26	7,3	0	0 0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
20/7/2012	103			7,3	0	0 0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
21/7/2012	104			7,3	0	0 0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
22/7/2012	105			7,3	0	0 0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
23/7/2012	106	1	29	7	0	0 0,70	4,9	1,15	5,6	5,6	0,08	1,97	2,86	2h 52'
24/7/2012	107			7	0	0 0,70	4,9	1,15	5,6	5,6	0,08	1,97	2,86	2h 52'
25/7/2012	108	1	14	14,5	0	0 0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
26/7/2012	109			14,5	0	0 0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
27/7/2012	110	1	29	6,3	0	0 0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
28/7/2012	111			6,3	0	0 0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
29/7/2012	112			6,3	0	0 0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
30/7/2012	113	1	19	8	0	0 0,70	5,6	1,15	6,4	6,4	0,08	1,97	3,27	3h 16'
31/7/2012	114			8	0	0 0,70	5,6	1,15	6,4	6,4	0,08	1,97	3,27	3h 16'
1/8/2012	115	1	16	14,5	0	0 0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
2/8/2012	116			14,5	0	0 0,70	10,2	1,12	11,4	11,4	0,08	1,97	5,77	5h 46'
3/8/2012	117	1	29	8,4	0	0 0,70	5,9	1,09	6,4	6,4	0,08	1,97	3,25	3h 15'
4/8/2012	118			8,4	0	0 0,70	5,9	1,06	6,2	6,2	0,08	1,97	3,16	3h 10'
5/8/2012	119			8,4	0	0 0,70	5,9	1,03	6,1	6,1	0,08	1,97	3,07	3h 4'
6/8/2012	120			8,4	0	0 0,70	5,9	1	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
7/8/2012	121			8,4	0	0 0,70	5,9	0,97	5,7	5,7	0,08	1,97	2,90	2h 54'
8/8/2012	122	1	42	9	0	0 0,70	6,3	0,94	5,9	5,9	0,08	1,97	3,01	3h 1'
9/8/2012	123			9	0	0 0,70	6,3	0,91	5,7	5,7	0,08	1,97	2,91	2h 55'
10/8/2012	124	1	18	4	0	0 0,70	2,8	0,88	2,5	2,5	0,08	1,97	1,25	1h 15'
11/8/2012	125			4	0	0 0,70	2,8	0,85	2,4	2,4	0,08	1,97	1,21	1h 13'
12/8/2012	126			4	0	0 0,70	2,8	0,82	2,3	2,3	0,08	1,97	1,17	1h 10'
13/8/2012	127	1	12	5,6	0	0 0,70	3,9	0,79	3,1	3,1	0,08	1,97	1,57	1h 34'

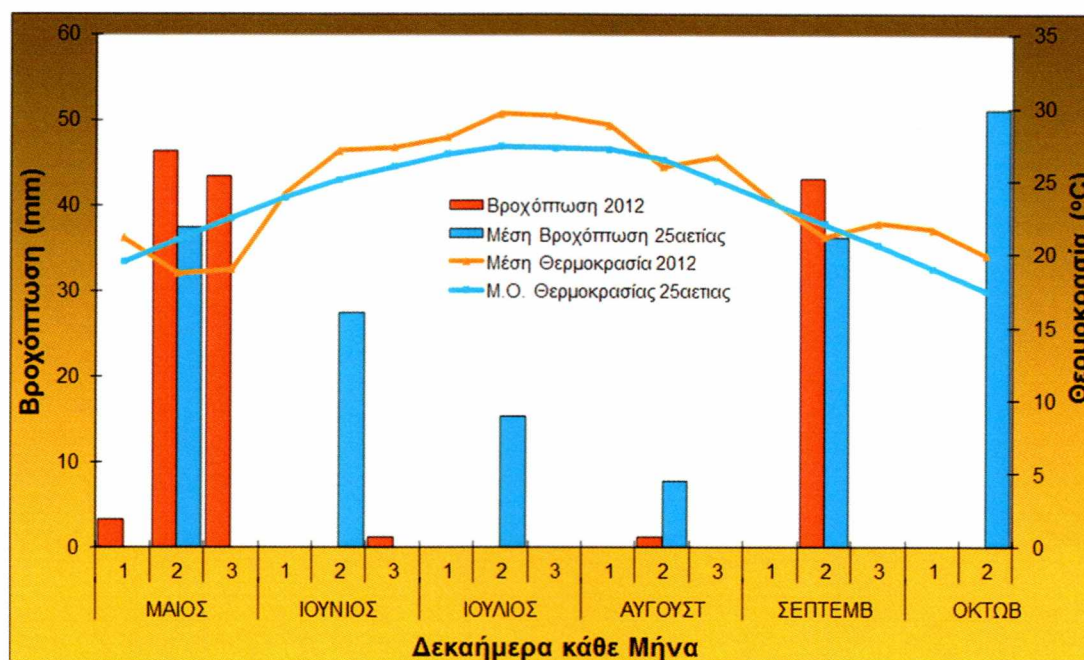
14/8/2012	128			5,6	0	0 0,70	3,9 0,76	3,0	3,0	0,08	1,97	1,51 1h 31'
15/8/2012	129			5,6	0	0 0,70	3,9 0,73	2,9	2,9	0,08	1,97	1,45 1h 27'
16/8/2012	130	1	17	7	0	0 0,70	4,9 0,7	3,4	3,4	0,08	1,97	1,74 1h 44'
17/8/2012	131			7	0	0 0,70	4,9 0,67	3,3	3,3	0,08	1,97	1,67 1h 40'
18/8/2012	132	1	14	7,5	0	0 0,70	5,3 0,64	3,4	3,4	0,08	1,97	1,71 1h 43'
19/8/2012	133			7,5	0	0 0,70	5,3 0,61	3,2	3,2	0,08	1,97	1,63 1h 38'
20/8/2012	134	1	15	20,5	0	0 0,70	14,4 0,58	8,3	8,3	0,08	1,97	4,22 4h 13'
21/8/2012	135			20,5	0	0 0,70	14,4 0,55	7,9	7,9	0,08	1,97	4,01 4h 1'
22/8/2012	136	1	41	7,4	0	0 0,70	5,2 0,52	2,7	2,7	0,08	1,97	1,37 1h 22'
23/8/2012	137			7,4	0	0 0,70	5,2 0,49	2,5	2,5	0,08	1,97	1,29 1h 17'
24/8/2012	138			7,4	0	0 0,70	5,2 0,46	2,4	2,4	0,08	1,97	1,21 1h 13'
25/8/2012	139			7,4	0	0 0,70	5,2 0,43	2,2	2,2	0,08	1,97	1,13 1h 8'
26/8/2012	140			7,4	0	0 0,70	5,2 0,4	2,1	2,1	0,08	1,97	1,05 1h 3'
27/8/2012	141	1	37			0,70	0,37			0,08	1,97	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

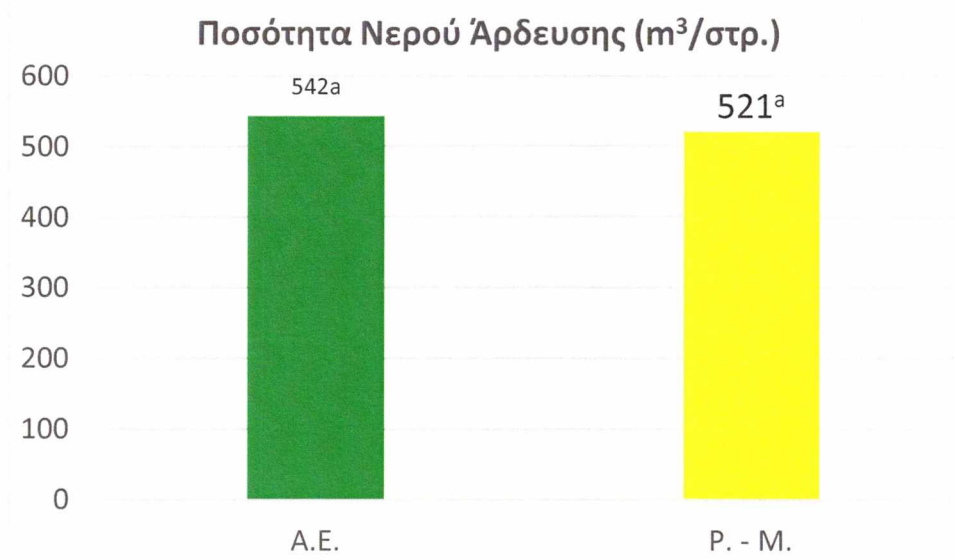
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία και η ωφέλιμη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012, καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων της τελευταίας 25ετίας.



Σχήμα 1: Μέσοι όροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης Μαΐου – Αυγούστου 2012 εν συγκρίσει με των τελευταίων 25 ετών, ανά δεκαήμερο.

5.2 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΆΡΔΕΥΣΗΣ

Ο ηλιάνθος είναι ένα φυτό απαιτητικό στην άρδευση προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή απόδοση. Οι μέσοι όροι που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2 είναι η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε ανά μεταχείριση με στάγδην άρδευση.



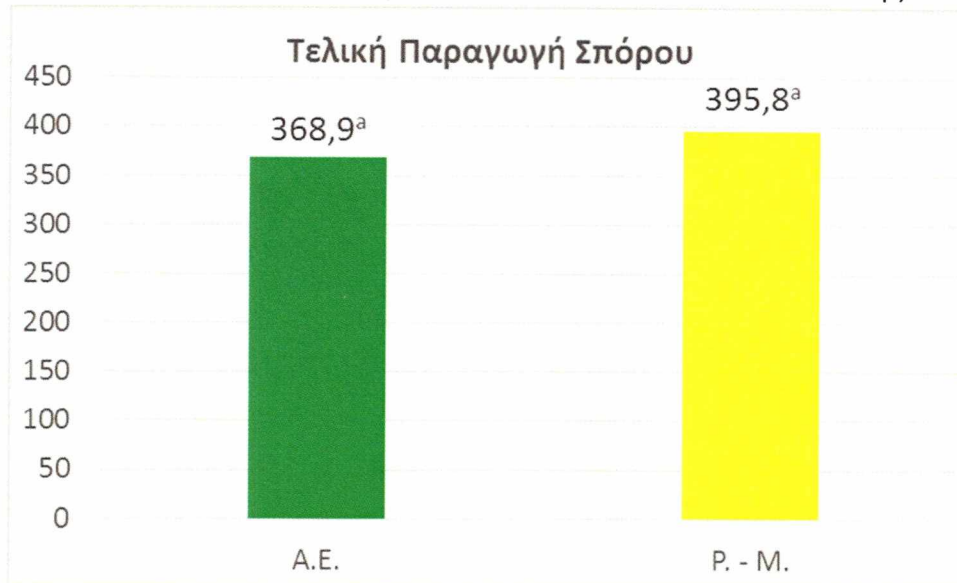
Σχήμα 2: Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε ανά μεταχείριση.

Ως προς τη συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε ανά μεταχείριση δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα νερού εφαρμόσθηκε στη μεταχείριση A.E. Η ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε στη μεταχείριση A.E. ήταν 542m³/στρ., ενώ σε αυτή της P. – M. ήταν 521m³/στρ. Συνεπώς, η εξοικονόμηση νερού που παρατηρήθηκε από τη χρήση της μεταχείρισης P. – M. ήταν της τάξεως του 4% περίπου. Η μικρότερη ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με τη χρήση της μεθόδου Penman – Monteith ήταν αναμενόμενη, καθώς όπως αναφέρει και η βιβλιογραφία είναι η ακριβέστερη μέθοδος προσδιορισμού των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

5.3 ΤΕΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΟΥ

Το τελικό προϊόν της καλλιέργειας του ηλιάνθου είναι ο παραγόμενος σπόρος, ο οποίος συγκομίζεται με ειδική μηχανή. Από το σπόρο θα εξαχθεί βρώσιμο ηλιέλαιο. Επιπλέον, μπορεί μετά από βιομηχανική επεξεργασία του θα προκύψει υγρό βιοκαύσιμο, το βιοντίζελ. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η τελική παραγωγή σπόρου ανά μεταχείριση. Αν και δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, η P. – M. εμφάνισε μία τάση υπεροχής ως προς τη

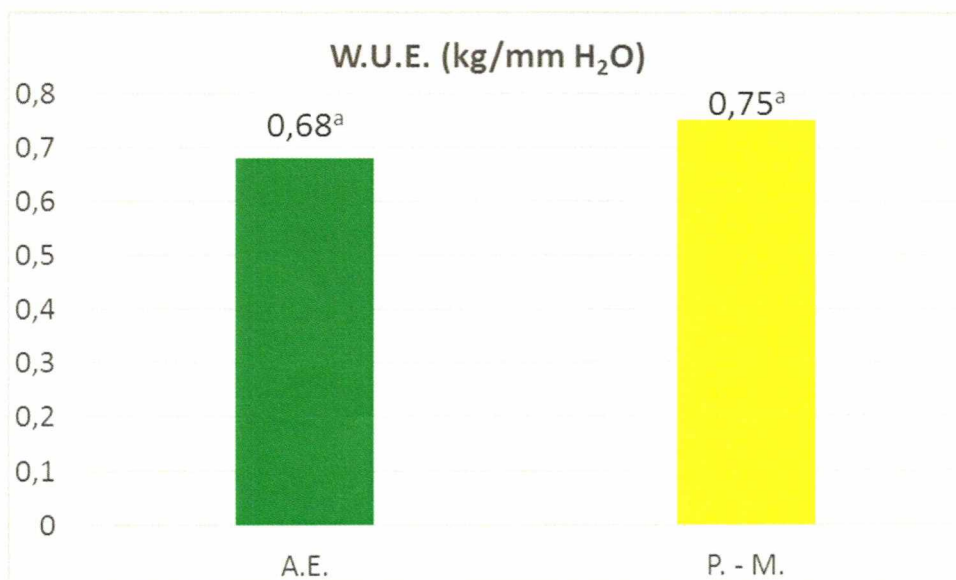
παραγωγή σπόρου, έναντι της Α.Ε.



Σχήμα 3: Τελική παραγωγή σπόρου ανά μεταχείριση.

5.4 ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

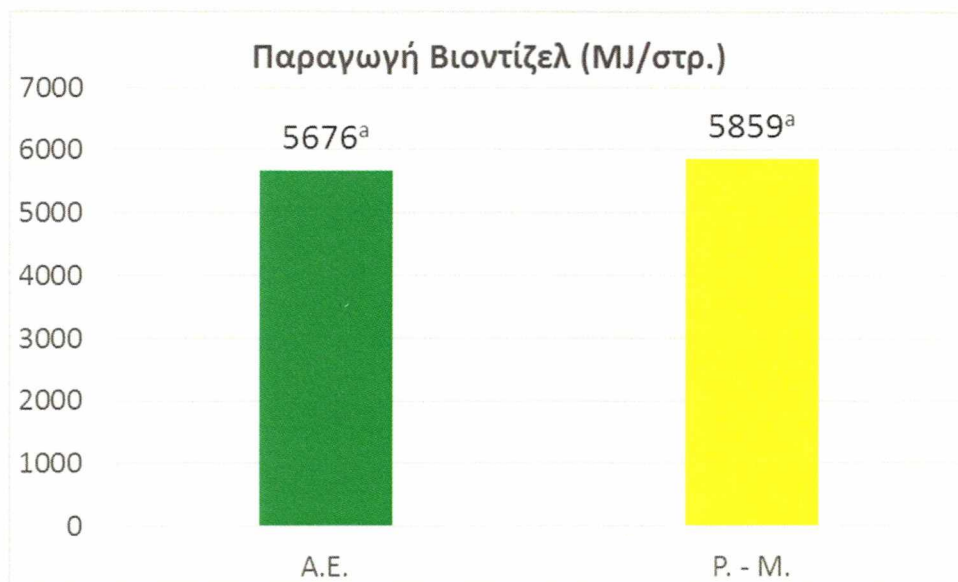
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η αποδοτικότητα της χρήσης νερού άρδευσης (W.U.E), η οποία αποτελεί το λόγο της συνολικής παραγωγής σπόρου προς το συνολικό νερό που άρδευσης που εφαρμόστηκε (Howell et al., 1990). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, η μεταχείριση P. – M. παρουσιάζει υψηλότερη αποδοτικότητα χρήσης νερού άρδευσης σε σχέση με τη Α.Ε., χωρίς όμως να παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά.



Σχήμα 4: Αποδοτικότητα χρήσης νερού άρδευσης ανά μεταχείριση.

5.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η αναλογία μεταξύ πετρελαίου και ηλιελαίου είναι 1:1,13lt, ενώ η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου είναι 44MJ και του ηλιελαίου 33,5MJ. Λαμβάνοντας λοιπόν, υπόψη τα παραπάνω υπολογίστηκε η παραγόμενη ενέργεια από το βιοντίζελ. Στην περίπτωση αυτή, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, αν και μια μικρή τάση υπεροχής παρουσιάζει η Ρ. – Μ., όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6: Παραγωγή βιοντίζελ ανά μεταχείριση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν ένα κρίσιμο φυσικό πόρο απαραίτητο για την αγροτική, βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας. Ωστόσο, η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων συμβάλλει στην μόλυνση του περιβάλλοντος λόγω των αυξημένων εκπομπών CO₂ κατά την καύση τους και στην επιβάρυνση των οικονομιών των εξαρτημένων χωρών με τις συνεχείς αυξομειώσεις στην τιμή τους. Συνεπώς, στις μέρες μας, η ανταγωνιστική, αξιόπιστη και αειφόρος παραγωγή ενέργειας αποτελεί βασικό παράγοντα για την οικονομία. Επιπλέον, το νερό στη σύγχρονη εποχή αποτελεί έναν εξίσου κρίσιμο φυσικό πόρο, ο οποίος είναι απαραίτητος για την οικονομική, βιομηχανική και αγροτική ανάπτυξη. Σήμερα, οι υδατικοί πόροι καθίστανται ανεπαρκείς εξαιτίας της ταχείας αύξησης του πληθυσμού της γης, της επέκτασης των αρδευόμενων εκτάσεων και της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η γεωργία μάλιστα αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού. Κατά συνέπεια, επιτακτική ανάγκη σήμερα αποτελεί η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

Στο πλαίσιο αυτό, στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας πραγματοποιείται έρευνα για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού και τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Τμήμα της έρευνας αυτής αποτελεί και η παρούσα διατριβή, κατά την οποία μελετήθηκε η χρήση της ενεργειακής καλλιέργειας του ηλίανθου ως πηγή ενέργειας και συγκεκριμένα βιοντίζελ και παράλληλα, η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση αρδευτικού νερού χωρίς ποσοτική μείωση της παραγωγής. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεσίνου του νομού Μαγνησίας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2012. Πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση του επιφανειακού συστήματος στάγδην άρδευσης και για τον ορθό προγραμματισμό της άρδευσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του απλού εξατμισιμέτρου (A.E.) και η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith. Πραγματοποιήθηκε μάλιστα σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων προγραμματισμού άρδευσης, η οποία παρατίθεται στη συνέχεια.

Όσον αφορά τη ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε για την άρδευση των δύο μεταχειρίσεων στην Penman – Monteith χρησιμοποιήθηκαν 521mm, ενώ στο Αυτόματο Εξατμισόμετρο. 542mm. Παρατηρούμε ότι εφαρμόσθηκε ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα νερού στη μεταχείριση Αυτόματο Εξατμισόμετρο, η οποία δεν θεωρείται ιδιαίτερα ακριβής και οι μετρήσεις καταγράφονται από τον παρατηρητή και οφείλονται στην αμεροληψία/κρίση του. Αντιθέτως, η μεταχείριση Penman – Monteith. θεωρείται ακριβέστερη μέθοδος μέτρησης εκ της βιβλιογραφίας, καθώς η δόση άρδευσης προκύπτει από την εξίσωση που λαμβάνει υπόψη τις κλιματικές παραμέτρους. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η εξοικονόμηση νερού της τάξεως του 4% περίπου. Βάσει της στατιστικής ανάλυσης μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Ως προς τη παραγωγή σπόρου, του τελικού δηλαδή προϊόντος που εμπορεύεται ο παραγωγός, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όμως, ελαφρώς υψηλότερη παραγωγή σπόρου παρατηρήθηκε στη μεταχείριση Penman – Monteith. Επίσης, εξαιτίας της περιεκτικότητας (%) ηλιελαίου, η παραγωγή ηλιελαίου σε lt/στρ. και ενέργειας από βιοντίζελ σε MJ/στρ. είναι ελαφρώς υψηλότερες στη μεταχείριση Penman – Monteith, αν και δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τόσο ως προς την παραγωγή σπόρου, όσο και ως προς την παραγωγή ενέργειας από βιοντίζελ, υπερέχει ελαφρώς η μεταχείριση Penman – Monteith. Επιπλέον, εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει το φυτό του ηλίανθου προτείνεται η καλλιέργεια του στο άμεσο μέλλον στην Ελλάδα, ως εναλλακτική, ενεργειακή καλλιέργεια. Επειδή, η παρούσα έρευνα μελετά τον ηλίανθο ως ενεργειακό φυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παραγόμενη ενέργεια από το βιοκαύσιμο και γι' αυτό προτείνεται για τον προγραμματισμό της άρδευσης η μέθοδος Penman - Monteith, που παρουσίασε υψηλότερη ποσότητα ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναλογίδης Δ., 2007. Τα μικροθρεπτικά στοιχεία στο Αγροτικό Οικοσύστημα. Αθήνα, Γεωργία-Κτηνοτροφία, εκδόσεις Αγρότυπος
2. Αναστασιάδης Άνθιμος 2012 < Ηλίανθος> Εκδόσεις Αγρότυπος Αθήνα
3. Δαναλάτος Ν.- Αρχοντούλης . 2008. «Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων/Αγριαγκινάρας/Ηλίανθου Σόργου». σελ. 72. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος
4. Δαναλάτος Ν. 2008, Ειδική Γεωργία ΙΙ, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Βόλος.
5. Θανασουλόπουλος Κ, 1989. Ασθένειες του ηλίανθου>. Εκδοση ΓΕΩΤΕΕ, Θεσσαλονίκη σελ. 46.
6. Μεμάκη Άννα 2009 Διπλωματική Εργασία «Συγκριτική αξιολόγηση καλλιέργειας Ηλίανθου σε τρεις νομούς (Αιτωλοακαρνανία,Καρδίτσα και Κιλκίς)> Αθήνα
7. Μήτσιος, Ι., Τούλιος Μ., Χαρούλης Α., Γάτσιος Φ. και Φλωράς Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Ζημεί, Αθήνα.
8. Μουσταφέρη Φ.Θ., 2010. Μεταπτυχιακή διατριβή «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>. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
9. Ιανθόπουλος Φ.Π. 1993. «Ο ηλίανθος> ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών, Θεσσαλονίκη.
10. Οικονομίδης Κ. 2010. «Ο ηλίανθος ως συμβολαιακή καλλιέργεια Γεωργία-Κτηνοτροφία, 1/2010. Εκδόσεις Αγρότυπος.
11. Παπαζαφειρίου Ζ. Γ.,1984.,< Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων.> Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
12. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., 1993. «Άρδευση με σταγόνα.Άρδευση με αυλάκια> Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Βόλος

13. Σαμαράς Βασίλειος Γεωπόνος < Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής - Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών >
14. Τερζίδης Γ.Α. και Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1997.< Γεωργική υδραυλική>, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- 15.Αλεξίου, Ι., Καλφούντζος, Δ., Κωτσόπουλος, Σ., Βύρλας, Π. και Καμπέλη, Σ., 2003. Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού. 9ο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής ένωσης, σελ. : 199 – 206.
16. Βύρλας, Π., Καλφούντζος, Δ. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2003. Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισφόρησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής ένωσης, σελ. 225 – 232.
17. Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2001. Ειδική Γεωργία Ι, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.
18. Γιακουμάκης, Ε. 1985. Πότισμα με σταγόνες. ΙΕΒ. Θεσσαλονίκη.
19. Δημοπούλου Καλ., 2005. Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλου. Μεταπτυχιακή διατριβή. Βιβλιοθήκη Γεωπονικής Σχολής Νέα Ιωνία.
20. Devitt, D. and Miller, W., 1998. Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with Saline Water. Applied Agricultural Res. Vol. 3, No 3, pp. 133 – 143.
21. Fares, A. and Polyakov, V., 2006. Advances in Crop Water Management Using Capacitive Water Sensors. University of Hawaii – Manoa.
22. Κωνσταντινίδης, Κ. 1985. Άρδευση και συστήματα αρδεύσεων. Εκδοτικός οίκος Σάκκουλα Θεσσαλονίκη.
23. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.

24. Ροδιάτης Αθ., 2003. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμογή ίδιας ποσότητας νερού σε διαφορετικό εύρος άρδευσης, Βιβλιοθήκη Γεωπονικής Σχολής Βόλος.
25. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέκης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π. και Νάκος, Ν., 2003. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του Ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2 – 5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ.: 183 – 190.
26. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., 2004. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Αρδεύσεων. Βόλος, 2004.
27. Σφήκας, 1984. Ειδική Γεωργία, Πανεπιστημιακές παραδόσεις.
28. Sakellariou-Makrantonaki M., C. Papanikolaou, E. Mygdakos, 2009. Fiber sorghum biomass yield, water use efficiency and economic results under different levels of water, using subsurface and surface irrigation systems. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 18, No 9, pp. 1624 – 1632
29. Sakellariou-Makrantonaki M., Giouvanis V., Soulti A., Papadakis E., Koliou A., 2012. Water-saving by irrigating two varieties of Sorghum (Energy Plant) with Treated municipal wastewater : A3-years study in Central Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 21 (1A), pp. 207 – 205
30. Papanikolaou C. and Sakellariou-Makrantonaki M., 2012. The effect of an intelligent surface drip irrigation method on sorghum biomass, energy and water savings. *Irrigation Science Journal*, DOI 10.1007/s00271-012-0344-2
31. Sakellariou-Makrantonaki M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas, 2001. Water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. *Proceedings of the 7th International Congress of Environmental Science and Technology*, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. C., 466-473
32. Sakellariou - Makrantonaki M., C. Papanikolaou, 2008. Maximizing energy benefits by cultivating fiber sorghum in central Greece under intelligent irrigation methods. *Proceedings of Protection and*

Restoration of the Environment IX, 29 June-3 July, Kefalonia, Greece, A5:5 (CD-ROM)

33. Sakellariou-Makrantonaki M. and Dimakas D., 2011. Energy saving by the application of biosolids in sweet sorghum crop under deficit irrigation. Proceedings of the 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos Islands, Greece, June 19-24, 2011, pp. 449-454

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

1.<http://www.paragogi.net/348/energeiaka-fyta-sthn-ellada-tha-paroyn-mpros>

2.http://1lyk-vyron.att.sch.gr/A1b_kaplani.pdf

3.<http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EKETA-CD-88-ENERGEIAKES-KALLIERGEIES-by-MYRSINH-CHRISTOU-at-BIOKAVSIMA-DIHMERIDA-3-4-NOV-2006-TEE-TKM-PP-11-Y-2006.pdf>

4.<http://www.easy2find.gr/articles/show/τι-είναι-οι-ενεργειακές-καλλιέργειες>

5.http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

6.http://www.herb.gr/index.php/news/Helianthus_anuus/

7.<https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλίανθος>

8.http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ηλίανθος_φυτό#cite_note-Sanay_MR-2

9.http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ποικιλίες_ηλίανθου

10.http://bikiropoulos.blogspot.gr/2013/07/blog-post_6369.html

11. http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Εχθροί_ηλίανθου
12. http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ασθένειες_ηλίανθου
13. <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκαύσιμα>
14. <http://www.agroenergy.gr/categories/βιοκαύσιμα>
15. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292>
16. <http://users.auth.gr/ibkirkenidis/plant/Biofuel/biofuel.htm>
17. <https://el.wikipedia.org/wiki/Άρδευση>
18. http://www.viar.gr/VIAR/STAGDEN_ARDEUSE.html
19. http://eclass.teilar.gr/modules/document/file.php/EY133/7_ΣΤΑΓΔΗΝ%20ΑΡΔΕΥΣΗ/Θεωρια_σταγδην.pdf
20. <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/1077/P0001077.pdf?sequence=1>
21. <http://docplayer.gr/892970-Energeiaka-fyta-stin-paragogi-viokaysimon.html>
22. <https://sites.google.com/site/biobiologika/home/elianthoi>
23. http://www.ethnos.gr/epaggelmatikes_eukairies/arthro/ilianthos_to_biokausimo_pou_pata_gkazi_sta_kerdi-63647721/
24. http://giornofelice.blogspot.gr/2008/09/blog-post_25.html
25. <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB101/Εργασίες%20Διημερίδας/ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ%20ΥΔΑΤΙΚΩΝ%20ΠΟΡΩΝ/ΥΠΟΓΕΙΑ%20ΣΤΑΓΔΗΝ%20ΑΡΔΕΥΣΗ.pdf>

26.[http://eclass.teiep.gr/modules/document/file.php/TEXG108/Διδακτικό%20Πακέτο/Ενότητα%206 Κριτήρια%20επιλογή%20κατάλληλου%20συστήματος%20άρδευσης.pdf](http://eclass.teiep.gr/modules/document/file.php/TEXG108/Διδακτικό%20Πακέτο/Ενότητα%206%20Κριτήρια%20επιλογή%20κατάλληλου%20συστήματος%20άρδευσης.pdf)

27.http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Μέθοδοι_άρδευσης_σε_καλλιέργειες_ανοιχτού_τύπου

28.http://www.hydrosense.org/eDocuments/Anages_twn_fytwn_se_ardeutiko_nero_B_SAMARAS.pdf

29.[http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/0BC3B2470CC569CC2257A2300495BEB/\\$file/ARDEYSH.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/0BC3B2470CC569CC2257A2300495BEB/$file/ARDEYSH.pdf?OpenElement)

30.<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/814/P0000814.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000136950