



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και
στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**«Εφαρμογή καταιονισμού και στάγδην άρδευσης σε
προφυτρωτική άρδευση»**

ΚΑΛΥΒΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Βόλος, 2017

Εφαρμογή καταιονισμού και στάγδην άρδευσης σε προφυτρωτική άρδευση

Μεταπτυχιακή διατριβή του φοιτητή

Καλυβά Γεωργίου

Τριμελής Επιτροπή:

Επιβλέπουσα: *Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία,*
Καθηγήτρια (Αρδεύσεις - Στραγγίσεις, Υδραυλική)

Μέλη συμβουλευτικής
Επιτροπής : *Δαναλάτος Νικόλαος,*
Καθηγητής (Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας
Χαλκίδης Ηρακλής,
Λέκτορας, (Γεωργική Υδραυλική με έμφαση στη διαχείριση του νερού
στο έδαφος)

Ευχαριστίες

Μέσα από αυτή τη σελίδα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν με οποιοδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο, για την συνεχή παρακολούθηση της, την συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξή της κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον Χρήστο Παπανικολάου για την πολύτιμη καθοδήγησή του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| Πρόλογος..... | 7 |
| Κεφάλαιο 1: Βαμβάκι..... | 9 |
| 1.1. Ιστορία του βαμβακιού..... | 9 |
| 1.2. Εξέλιξη και σημασία..... | 9 |
| 1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά..... | 10 |
| 1.3.1. Μορφολογία φυτού-Σπόρος-Φύτρωμα..... | 12 |
| 1.3.2. Ριζικό σύστημα..... | 13 |
| 1.3.3. Βλαστός και πλευρικοί κλάδοι..... | 13 |
| 1.3.4. Φύλλο..... | 14 |
| 1.3.5. Κατασκευή λουλουδιού..... | 14 |
| 1.4. Η ανάπτυξη του βαμβακόφυτου..... | 16 |
| 1.5. Κλίμα και Έδαφος..... | 18 |
| 1.5.1. Θερμοκρασία..... | 18 |
| 1.5.2. Υγρασία..... | 18 |
| 1.5.3. Φώς..... | 18 |
| 1.5.4. Θρεπτικά στοιχεία..... | 19 |
| Κεφάλαιο 2: Άρδευση..... | 20 |
| 2.1. Γενικά..... | 20 |
| 2.2. Μέθοδοι άρδευσης..... | 23 |
| 2.3. Επιλογή μεθόδου άρδευσης..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 2.4. Μέθοδοι άρδευσης..... | 24 |
| 2.4.1. Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης..... | 24 |
| 2.4.2. Άρδευση με λεκάνες με κατάκλιση..... | 25 |
| 2.4.3. Άρδευση με περιορισμένη διάχυση ή των λωρίδων..... | 28 |
| 2.4.4. Άρδευση με αυλάκια..... | 28 |
| 2.4.5. Άρδευση με καταιονισμό..... | 30 |
| 2.4.6. Άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση)..... | 32 |
| 2.4.7. Υπόγεια στάγδην άρδευση..... | 35 |
| 2.4.8. Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης..... | 38 |
| 2.4.9. Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης..... | 43 |
| 2.5. Αισθητήρες υγρασίας..... | 47 |
| 2.6. Αισθητήρας υγρασίας envirosmart..... | 49 |
| 2.7. Αισθητήρας υγρασίας 10HS της εταιρίας decagon..... | 50 |
| Κεφάλαιο 3: Εγκατάσταση και διεξαγωγή του πειράματος..... | 51 |
| 3.1. Χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού..... | 51 |
| 3.2. Σχεδιασμός πειράματος..... | 52 |
| 3.3. Καλλιεργητικές φροντίδες..... | 53 |
| 3.4. Σύστημα άρδευσης..... | 56 |
| 3.5. Μεταφυτρωτικό σύστημα άρδευσης..... | 57 |
| 3.6. Υλικά άρδευσης και αυτοματισμών..... | 58 |
| 3.7. Ηλεκτροβάνες..... | 58 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα..... | 60 |
| 4.1. Μετρήσεις υγρασίας..... | 61 |
| 4.2. Αριθμός φυτών ανά m | 62 |
| 4.3. Ύψος φυτών..... | 63 |
| 4.4. Χτένια ανά φυτό..... | 64 |
| 4.5. Άνθη ανά φυτό..... | 66 |
| 4.6. Καρύδια ανά φυτό..... | 68 |
| 4.7. Περίοδος ωρίμανσης..... | 70 |
| 4.8. Συγκομιδή..... | 70 |
| 4.9. Κατανάλωση νερού..... | 72 |
| Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα..... | 73 |
| Βιβλιογραφία..... | 76 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βαμβάκι, από πολλές ενδείξεις, φαίνεται ότι καλλιεργούταν σε προϊστορικούς χρόνους. Δεν είναι γνωστό ποιες χώρες το καλλιέργησαν για πρώτη φορά, σχετικές έρευνες όμως δείχνουν ότι πρωτοαναπτύχθηκε σε δύο χωριστές και πολύ μακριά η μία από την άλλη περιοχές, την Ινδία και την Αμερική.

Ο Ηρόδοτος πατέρας της Ιστορίας, έγραψε (γύρω στα 445 π.Χ.) "Στην Ινδία φυτρώνουν άγρια δέντρα που παράγουν μαλλί πιο ωραίο και πιο εκλεκτό από το μαλλί του προβάτου και από τα δέντρα αυτά οι Ινδοί εξασφαλίζουν τα ρούχα τους".

Εκτός από την Ινδία, από πολύ παλιά, αναπτύχθηκε η καλλιέργεια στην Κεντρική και Νότια Αμερική. Ο Κολόμβος, στο πρώτο ταξίδι αναφέρει ότι σ' ένα από τα νησιά του συμπλέγματος Μπαχάμες οι ιθαγενείς, τους έδωσαν μαζί μ' άλλα δώρα κουβάρια από βαμβακερό νήμα, ενώ ενδείξεις μαρτυρούν ότι χρησιμοποιούσαν κούνιες και άλλα είδη φτιαγμένα από βαμβακερό σχοινί. Αποδεδειγμένα πλέον το βαμβάκι πρωτοεμφανίστηκε και καλλιεργήθηκε πριν χιλιάδες χρόνια στην Ινδία και στην Αμερική.

Με το πέρας του χρόνου διαπιστώνεται εξάπλωση της καλλιέργειας από την Ινδία στις χώρες του παλιού κόσμου και από εκεί σιγά-σιγά σ' ολόκληρο τον κόσμο. Το βαμβάκι στην Ελλάδα αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Πausανία το 174 μ.Χ., με το όνομα βύσσος. Ο Πausανίας που ταξίδευε σ' όλη την Ελλάδα αναφέρει ότι στην Ηλεία καλλιεργούσαν τη βύσσο (βαμβάκι) και από αυτήν έκαναν μαντίλια για το κεφάλι και φορέματα. Η χρήση του βαμβακιού και αργότερα η καλλιέργεια του φυτού, φαίνεται ότι διαδόθηκαν από την Συρία στην Κύπρο και την Περσία, ενώ μέσω των εμπορικών δρόμων που δημιούργησε ο Μέγας Αλέξανδρος μεταξύ Ανατολής-Δύσης, η παγκόσμια διάδοσή του είχε λάβει χώρα.

Στον Μεσαίωνα σημειώνεται σημαντική πρόοδος τόσο στη χρήση του βαμβακερών προϊόντων, όσο και στην διάδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού. Μέχρι τον 14ο αιώνα η επεξεργασία του γινόταν στην Ανατολή, απ' όπου και συνήθως ερχόταν τα βαμβακερά υφάσματα που ήταν όμως πολύ ακριβά. Με το τέλος του αιώνα αυτού η επεξεργασία του βαμβακιού άρχισε και στην Ευρώπη, ενώ τώρα το εμπόριο με την Ανατολή δεν γίνεται πια από τη Μεσόγειο αλλά μέσω του Ατλαντικού, περιπλέοντας την Αφρική, εγείροντας έτσι την πρώτη στις τιμές των Ινδικών προϊόντων παραγωγή.

Κεφάλαιο 1: Βαμβάκι

1.1. Ιστορία του βαμβακιού

Στην Ελλάδα φαίνεται πως το βαμβάκι ήρθε από τη Συρία και την Κύπρο, όπως αναφέρει ο Πausanias, το 2ο μ.Χ αιώνα με το όνομα βύσσοις. Το σημερινό όνομα (βάμβαξ) αναφέρεται για πρώτη φορά στην νομοθεσία του Ιουστινιανού (6ο μ.Χ αι.), αλλά τον 10ο αιώνα είχε διαδοθεί σε όλη την Ελλάδα. Στο 17ο και 18ο αιώνα η Μακεδονία, Θεσσαλία και ορισμένα νησιά του Αιγαίου είχαν τόση παραγωγή που έκαναν και εξαγωγή στο εξωτερικό, ενώ στην εποχή της Τουρκοκρατίας καλλιεργείται στη Θεσσαλία, Σέρρες και στην κοιλάδα του Κηφισού. Στο 18ο αιώνα αναπτύχθηκε η κλωστοβιομηχανία στη Θεσσαλία και ειδικότερα στα Αμπελάκια, κάνοντας τα ελληνικά νήματα γνωστά για την ποιότητά τους σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, αλλά την μεγάλη ώθηση της καλλιέργειας στην Ελλάδα έδωσε ο εμφύλιος πόλεμος των Αμερικανών γιατί την περίοδο αυτή δημιουργήθηκε μεγάλη έλλειψη βαμβακιού στην παγκόσμια αγορά.

1.2. Εξέλιξη και σημασία

Το βαμβάκι είναι ένα βιομηχανικό φυτό και αποτελεί μία από τις δυναμικότερες καλλιέργειες για τη χώρα μας, μιας και αποτελεί ένα προϊόν με σοβαρές εξαγωγικές δυνατότητες με ανάλογα οφέλη για την εθνική μας οικονομία.

Η εξέλιξη της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα τον 20^ο αιώνα είναι πράγματι εντυπωσιακή. Το 1911 καλλιεργήθηκε σε 90.500 και το 1930 σε 201.980 στρέμματα, για να πλησιάσει το 1963 την καλλιεργούμενη επιφάνεια των 2,3 εκατομμυρίων στρεμμάτων.

Η καλλιέργειά του εντατικοποιήθηκε μετά την ίδρυση του Οργανισμού Βάμβακος (Ο.Β.) το 1930, ενός ιδρύματος που αποτέλεσε μοχλό εξέλιξης της καλλιέργειας, προωθώντας την έτσι ώστε η στρεμματική απόδοση σε εκκοκκισμένο βαμβάκι να τετραπλασιάζεται και η παραγωγή σήμερα να ξεπερνάει τις 350.000 τόνους.

Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που συνετέλεσαν στην γρήγορη εξέλιξη της βαμβακοκαλλιέργειας ήταν οι ικανοποιητικές τιμές του βαμβακιού, σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες, η χρησιμοποίηση κατάλληλων προσαρμοσμένων στις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, η βελτιωμένη τεχνική της καλλιέργειας, η αύξηση της αρδευόμενης έκτασης κ.λπ.

1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας *Malvaceae*, που περιλαμβάνει συνολικά 23 είδη βαμβακιού, εκ των οποίων τα 19 βρίσκονται σε άγρια ή αυτοφυή κατάσταση και τα 4 είναι καλλιεργούμενα. Τα άγρια είδη δεν έχουν βιομηχανοποιήσιμες ίνες αλλά έχουν πρακτικό ενδιαφέρον επειδή μερικά από αυτά είναι ανθεκτικά σε

ορισμένους εχθρούς. Όλα τα είδη εκτός από το *G. tomentosum*, έχουν 13 απλοειδή χρωματοσώματα.

Τα είδη που έχουν καλλιεργητική αξία είναι:

- Το *G. Herbaceum* (ποώδες): Είναι μικροί θάμνοι ύψους 1-1,5 m. Τα φύλλα έχουν 3-5 όχι καλά διαμορφωμένους λοβούς, τα λουλούδια είναι μικρά με κιτρινωπό συνήθως χρώμα και τα βράκτια σκεπάζουν τα καρύδια, τα οποία είναι μικρά και σφαιρικά. Καλλιεργείται στην Ασία και φέρει κοντές ίνες μικρής ποιοτικής αξίας.
- Το *G. arboreum* είναι το δενδρώδες βαμβάκι. Οι πολυετείς τύποι είναι θάμνοι με πολλές διακλαδώσεις και ύψος μέχρι 2 m ενώ τα μονοετή φυτά έχουν ύψος 0,5-1,5 m. Τα φύλλα του σχηματίζουν 5-7 λοβούς, το λουλούδι περιβάλλεται από τα βράκτια εμφανίζοντας το ίδιο σχήμα με τα καρύδια, τριγωνικό. Σήμερα δεν παρουσιάζει γεωργικό ενδιαφέρον ενώ στη χώρα μας απαντάται σαν άγριο είδος με κοντές ίνες αλλά πολύ ανθεκτικές.
- Το *G. barbadense* (βαρβαδινό βαμβάκι) περιλαμβάνει ετήσια φυτά ή πολυετείς θάμνους που γίνονται μεγάλα δέντρα. Παρουσιάζει φύλλα με 3-5 λοβούς, βράκτια αναπτυγμένα, μεγάλα λουλούδια

(άνθη κίτρινα με κόκκινες κηλίδες) και καρύδια συνήθως μυτερά με 3-4 χώρους.

➤ Στο είδος αυτό διακρίνουμε δύο τύπους:

1. Το αιγυπτιακό βαμβάκι που καλλιεργείται στην κοιλάδα του Νείλου και σε μικρότερη έκταση στο Σουδάν και στις Η.Π.Α. Έχει πολύ μακριά ίνα (35-38 mm) με ιδιαίτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά (λεπτότητα και αντοχή),
 2. Τύπος Sea-Island, ο οποίος καλλιεργείται στη Φλώριδα και τη Γεωργία. Έχει τις πιο μακριές ίνες (60 mm) και η καλλιέργειά του έχει περιορισθεί λόγω των σοβαρών ζημιών που υφίσταται από τις προσβολές του ανθονόμου (*Anthonomus grandis*).
- Το *G. Hirsutum* (χνοώδες βαμβάκι) περιλαμβάνει πολυετείς ή ετήσιους θάμνους με φύλλα που σχηματίζουν 3-5 λοβούς, με τα άνθη να είναι άσπρα ή ελαφρά κίτρινα, κάψες 4-5 χώρων, μήκος ίνας 25-31 mm και σπόρους με χνούδι σε όλη την επιφάνεια. Είναι διαδεδομένο σε όλο τον κόσμο (Τουρκία, Κίνα, Ινδία, Κορέα, Αφρική, ενώ στη Βραζιλία και στις Η.Π.Α. αντιπροσωπεύει το 95% της παραγωγής), και το μόνο που καλλιεργείται στη χώρα μας.

1.3.1. Μορφολογία φυτού-Σπόρος-Φύτρωμα

Το καλλιεργούμενο βαμβάκι (*Gossypium* sp.) είναι φυτό πολυετές και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία, λόγω των πολλών ειδών ενώ σπέρνεται σε πάρα πολλές χώρες με διάφορες κλιματικές, εδαφικές και λοιπές συνθήκες.

Οι ώριμοι σπόροι εμφανίζουν σχήμα ακανόνιστο. Το πιο φαρδύ άκρο του ονομάζεται χάλαζα, ενώ στο άλλο άκρο που βρίσκεται η μικροπύλη παρουσιάζεται ο ομφαλός που χρησιμεύει για να συνδέεται ο σπόρος με το καρύδι. Ο σπόρος αποτελείται από το περισπέρμιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο, με το τελευταίο να περιλαμβάνει το φύτρο και τις δύο αναδιπλωμένες κοτυληδόνες, στις οποίες υπάρχουν αποθησαυριστικές ουσίες για τη διατροφή του νεαρού φυτού όταν ο σπόρος αρχίζει να φυτρώνει.

Το βαμβάκι φυτρώνει δύσκολα και σε θερμοκρασία 15°C φυτρώνει αργά. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες το φύτρωμα και η πρώτη ανάπτυξη επιταχύνονται πολύ μια και στους 20°C-30°C διπλασιάζεται απ' ότι στους 15°C.

1.3.2. Ριζικό σύστημα

Η κύρια ρίζα του βαμβακόφυτου προχωρεί κατακόρυφα προς τα κάτω και για αρκετές ημέρες δεν σχηματίζει διακλάδωση. Πριν τα φυτά εμφανιστούν στην επιφάνεια αρχίζει η ανάπτυξη και των δευτερευόντων

ριζών, από τις οποίες σχηματίζονται τριτεύουσες ώστε το φυτό να αφομοιώνει απ' το έδαφος νερό και θρεπτικά συστατικά σε αρκετή απόσταση από το κεντρικό στέλεχος. Το βάθος που φτάνει η κύρια ρίζα εξαρτάται από το έδαφος, την υγρασία και τον αερισμό έτσι ώστε σε βαθιά προσχωματικά χώματα που αρδεύονται να φτάνει σε βάθος μέχρι και τα 2 m.

1.3.3. Βλαστός και πλευρικοί κλάδοι

Ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες του περιβάλλοντος τα μονοετή φυτά φτάνουν σε ύψος 0,60-1,80m. Το στέλεχος του φυτού είναι κυλινδρικό και κατά μήκος του σχηματίζονται μεγάλα φύλλα σε κανονική σπειροειδή διάταξη και σε απόσταση το ένα από το άλλο $\frac{3}{8}$ του κύκλου μιας στροφής του βλαστού. Στη μασχάλη κάθε φύλλου υπάρχουν οι καταβολές δύο ματιών (ίσως και 3) με το κεντρικό μάτι να είναι ο πραγματικός μασχαλιαίος οφθαλμός, ενώ το άλλο είναι ο πλευρικός. Οι κατώτεροι μασχαλιαίοι οφθαλμοί θα δώσουν φυλλοφόρους βλαστούς με λουλούδια να κάνουν νέα διακλάδωση ενώ οι πλευρικοί και μασχαλιαίοι της κορυφής παράγουν ανθοφόρους βλαστούς (συμπόδια). Σε πλούσια χωράφια παράγονται περισσότεροι φυλλοφόροι βλαστοί παρά ανθοφόροι, ενώ το ίδιο συμβαίνει με πλούσια αζωτούχα λίπανση ή άρδευση.

Το ύψος του φυτού εξαρτάται από το μήκος και τον αριθμό των μεσογονατίων διαστημάτων, στον κύριο βλαστό και στα πλευρικά κλαδιά. Τα φυτά γίνονται πιο πρώιμα όταν τα διαστήματα είναι κοντά, όταν οι ανθοφόροι κλάδοι παράγονται κατ' ευθείαν στο κύριο στέλεχος (πρωτογενή συμπόδια) και όσο πιο κοντά στο χώμα, διότι τα δευτερογενή συμπόδια προκαλούν οψιμότητα και δεν είναι επιθυμητά.

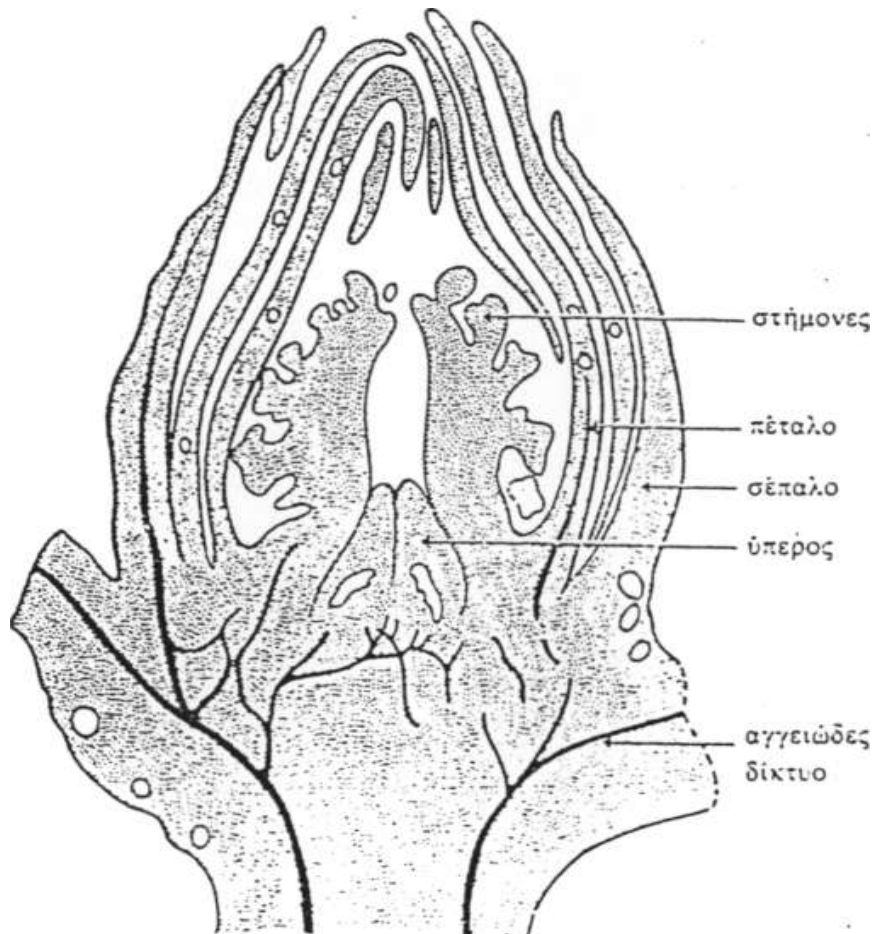
1.3.4. Φύλλο

Ανάλογα με τα είδη και τις ποικιλίες, τα φύλλα παρουσιάζουν διαφορές στο μέγεθος, το σχήμα, την υφή κ.λπ. έχοντας όμως τη ίδια τυπική εμφάνιση, αποτελούμενα όλα από το έλασμα και το μίσχο. Στο σημείο που ενώνεται ο μίσχος με το στέλεχος υπάρχουν δύο μικρά παράφυλλα. Το έλασμα είναι τριχωτό, έχει συνήθως 5 λοβούς. Στο κάτω μέρος του φύλλου υπάρχουν οι διακλαδώσεις των νεύρων σ' όλη την επιφάνειά του και το κεντρικό νεύρο έχει ένα μεγάλο κυπελλοειδές νεκτάριο. Στομάτια για την λειτουργία της διαπνοής υπάρχουν και στις δύο επιφάνειες των φύλλων αλλά περισσότερα στην κάτω επιφάνεια.

1.3.5. Κατασκευή λουλουδιού

Οι ανθοφόροι οφθαλμοί που ονομάζονται χτένια, μεγαλώνουν σιγά-σιγά παίρνουν την τελική τους μορφή και ανοίγουν σε λουλούδια. Το

λουλούδι του βαμβακιού αποτελείται από τα παρακάτω μέρη: Τρία βράκτια, που καταλήγουν σε 10 περίπου μυτερά δόντια. Μέσα από τα βράκτια υπάρχει ο κάλυκας με πέντε μικρά σέπαλα ενωμένα στη βάση του λουλουδιού, ώστε να σχηματίζουν ένα δοχείο σαν κύπελλο. Εσωτερικότερα υπάρχει η στεφάνη αποτελούμενη από πέντε μεγάλα πέταλα ενωμένα στη βάση τους, ενώ στο εσώτατο μέρος κάνουν την εμφάνισή τους οι στήμονες που είναι το αρσενικό μέρος του άνθους, και το θηλυκό που αποτελείται από το στίγμα, τον ύπερο και την ωοθήκη.



Εικόνα 1: Κατά μήκος τομή σε ανθοφόρο οφθαλμό

(Πηγή: Oosterhuis, 1990)

Την επομένη ημέρα από τη γονιμοποίηση σχηματίζεται το μικρό καρύδι που αρχίζει να μεγαλώνει και σε 21 ημέρες παίρνει το τελικό του σχεδόν μέγεθος αλλά δεν είναι ακόμη ώριμο για συγκομιδή, σημείο που χαρακτηρίζεται από το σχίσσιμο στην εξωτερική τους επιφάνεια, κατά μήκος των καρπόφυλλων, ώστε να ανοίξουν και το βαμβάκι να χύνεται προς τα έξω.

1.4. Η ανάπτυξη του βαμβακόφυτου

Το βαμβακόφυτο στον τόπο μας για να συμπληρώσει τον κύκλο του, από τη σπορά μέχρι το τέλος της συγκομιδής χρειάζεται 170-210 ημέρες περίπου, αναλόγως τις συνθήκες που επικρατούν.

Η περίοδος αυτή μπορεί να χωριστεί σε πέντε στάδια:

- Στάδιο φυτρώματος. Είναι η περίοδος από τη σπορά μέχρι την εμφάνιση των κοτυληδόνων στην επιφάνεια. Διαρκεί 8-10 ημέρες, όταν όμως οι συνθήκες είναι δυσμενείς μπορεί να παραταθεί μέχρι και 30 ημέρες.
- Στάδιο πρώτης ανάπτυξης. Είναι η περίοδος από το φύτευμα μέχρι την εμφάνιση των πρώτων ανθοφόρων καταβολών (χτένια). Διαρκεί 35-50 ημέρες ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας (27°C-33°C) και υγρασίας.

- Στάδιο προ-άνθησης. Είναι η περίοδος που μεσολαβεί από τον σχηματισμό των πρώτων χτενιών μέχρι την εμφάνιση των πρώτων λουλουδιών. Διαρκεί 20-25 ημέρες περίπου και στο στάδιο αυτό το φυτό αναπτύσσεται ταχύτατα.
- Στάδιο ανθοφορίας-καρποφορίας. Αποτελεί την παραγωγική περίοδο, διαρκεί 45-50 ημέρες και συμπίπτει με το διάστημα αρχές Ιουλίου μέχρι 15-20 Αυγούστου.
- Στάδιο ωρίμανσης. Είναι η περίοδος που μεσολαβεί από την άνθηση μέχρι την ωρίμανση του καρυδιού. Διαρκεί 45-70 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία, τις καιρικές συνθήκες και τη θέση που βρίσκεται το καρύδι πάνω στο φυτό. Ο χρόνος ωρίμανσης είναι μικρότερος στις πρώιμες ποικιλίες καθώς και στα καρύδια που έρχονται από τα πρώτα άνθη.

Σε ηλικία 40-45 ημερών το βαμβάκι έχει ολοκληρώσει το πρώτο στάδιο της ζωής του με το σχηματισμό των πρώτων "χτενιών". Και στις επόμενες 22 περίπου ημέρες το φυτό αναπτύσσεται έντονα έτσι ώστε στην ηλικία των 61-68 ημερών, τα πρώτα χτένια να γίνουν άνθη. Αμέσως μετά την εμφάνιση του άνθους αρχίζει ο σχηματισμός του σπόρου και η μορφοποίηση των πρώτων ινών του βαμβακιού στη θέση της κορυφής του σπόρου, είναι γεγονός. Η ίνα επί 20 ημέρες αυξάνεται συνεχώς, μέχρι να αποκτήσει το τελικό μήκος της και στη συνέχεια παχαίνουν τα τοιχώματά της, ενώ για το τελικό μέγεθος των καρυδιών πρέπει να

περάσουν 28 ημέρες μετά την άνθιση και άλλες 30 περίπου μέχρι να ανοίξουν πλήρως.

1.5. Κλίμα και Έδαφος

1.5.1. Θερμοκρασία

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι κατάλληλες θερμοκρασίες για την βαμβακοκαλλιέργεια είναι από 15 έως 39 βαθμούς Κελσίου. Μη κατάλληλες θερμοκρασίες επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών, την καρπόδεση και την ωρίμανση.

1.5.2. Υγρασία

Το βαμβάκι είναι πολύ απαιτητικό σε εδαφική υγρασία αφού απαιτούνται περίπου 560 λίτρα νερού για την παραγωγή ενός κιλού φυτικής ύλης. Οι ανάγκες σε νερό του βαμβακόφυτου διαφέρουν πολύ ανάλογα με το κλίμα, την ποσότητα και συχνότητα των αρδεύσεων. Η έλλειψη νερού είναι ένας από τους πιο σπουδαίους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του βαμβακιού και προκαλεί πτώση χτενιών και μικρών καρυδιών. Αν η έλλειψη συνεχιστεί μειώνεται η παραγωγή ποσοτικά και ποιοτικά. Όταν τα καρύδια ωριμάσουν σε ξερές συνθήκες ο σπόρος είναι ελαφρύτερος από τον κανονικό, το λάδι είναι μειωμένο και η αναλογία ινών είναι μεγαλύτερη.

1.5.3. Φως

Το βαμβάκι, για να ευδοκιμήσει θέλει πολύ ήλιο. Βαμβακόφυτα που σκιάζονται μένουν κοντά, καχεκτικά και με μικρή καρποφορία. Ανεπαρκής φωτισμός κάνει μακριά τα κατώτερα μεσογονάτια διαστήματα, μειώνει τον αριθμό των φυλλοφόρων βλαστών, κάνει πιο όρθια τη θέση του πρώτου ανθοφόρου κλάδου και εμποδίζει να αναπτυχθούν οι καρποφόροι βλαστοί.

1.5.4. Θρεπτικά στοιχεία

Το βαμβάκι είναι φυτό που δεν εξαντλεί πολύ το έδαφος. Μετά την απομάκρυνση του σύσπορου βαμβακιού, το 75% τουλάχιστο της φυτικής μάζας των φυτών παραμένουν και ενσωματώνονται στο χωράφι.

Ενδεικτικά μια καλή παραγωγή αφαιρεί από το έδαφος 4 κιλά περίπου άζωτο, 1,6 κιλά περίπου φωσφόρου και 1,7 κιλά περίπου καλίου.

Βέβαια για την ανάπτυξη των φυτών απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες θρεπτικών συστατικών που ενδεικτικά είναι: 11kg (N) , 5 kg (P₂O₅) και 8 kg (K₂O). Το σημαντικότερο όμως μέρος αυτών μένει στο έδαφος με τις ρίζες, τα στελέχη, τα φύλλα και τις κάψες. Εκτός των βασικών στοιχείων το βαμβάκι χρειάζεται και άλλα στοιχεία όπως μαγνήσιο, ασβέστιο και θείο όπως και κάποια ιχνοστοιχεία όπως σίδηρο, μαγγάνιο, βόριο, χαλκό, ψευδάργυρο κοβάλτιο και μολυβδαίνιο.

Κεφάλαιο 2: Άρδευση

2.1: Γενικά

Επέκταση των αρδεύσεων ήταν για τη χώρα μας ένας από τους βασικότερους συντελεστές της αύξησης των στρεμματικών αποδόσεων. Αποδείχθηκε ότι η άρδευση ήταν προϋπόθεση για να εκδηλωθεί η ωφελιμότητα της λίπανσης, καθώς και η δυναμικότητα παραγωγής των βελτιωμένων ποικιλιών. Σήμερα στη χώρα μας το σύνολο σχεδόν της βαμβακοκαλλιέργειας (περίπου 95%) αρδεύεται. Για την οργάνωση των αρδεύσεων της καλλιέργειας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το κλίμα, το έδαφος, η επάρκεια ή έλλειψη νερού στην περιοχή, σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες κατά τη βλαστική περίοδο. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η καλλιεργούμενη ποικιλία, καθώς η κάθε μια έχει τις δικές της απαιτήσεις. Οι πρώιμες ποικιλίες με φτωχότερο ριζικό σύστημα, χρειάζονται νωρίτερα και συχνότερα άρδευση. Επίσης, οι αρδεύσεις επηρεάζονται από την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική και το ύψος των αποδόσεων που επιδιώκεται.

1.4.3.1 Χρόνος εφαρμογής των αρδεύσεων

Εφόσον επικρατήσουν κανονικές καιρικές συνθήκες και έχουν σημειωθεί βροχοπτώσεις στην περίοδο του χειμώνα, μετά τη σπορά γίνονται 1 ή 2

αρδεύσεις για το φύτευμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών. Οι αρδεύσεις αυτές πρέπει να γίνονται μόνο σε περιπτώσεις που είναι τελείως απαραίτητα. Η άρδευση φυτρώματος γίνεται πριν ή μετά τη σπορά, είναι ελαφρύ και γίνεται συνήθως με τεχνητή βροχή. Μετά το φύτευμα και μέχρι τη συγκομιδή, το βαμβάκι έχει μεγάλες ανάγκες σε νερό. Στο στάδιο ανάπτυξης του βαμβακιού και ιδιαίτερα την εποχή εμφάνισης των πρώτων ανθέων, οι απαιτήσεις των βαμβακοφύτων σε νερό είναι αυξημένες. Οι αρδεύσεις αναπτύξεως είναι απαραίτητα σε περιπτώσεις που γίνονται επιφανειακές λιπάνσεις και εφόσον η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή ή στάγδην, μπορεί το λίπασμα να προστεθεί σε δεξαμενή η οποία τροφοδοτεί το νερό, υπό μορφή υδρολίπανσης. Το στάδιο της ανθοφορίας θεωρείται το πλέον κρίσιμο για τη βαμβακοφυτεία. Οι μεγάλες ανάγκες των φυτών σε νερό την περίοδο αυτή οφείλονται στην παραγωγή ανθέων, στη θρέψη των καρυδιών και στο σχηματισμό σπόρων και ινών. Η ανάγκη για άρδευση προσδιορίζεται κυρίως από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Τα φύλλα των βαμβακοφύτων που υφίστανται καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού αποκτούν κυανοπράσινο χρωματισμό και δείχνουν τα σημεία μαράνσεως, ενώ οι βλαστοί αποκτούν κοκκινωπό χρώμα. Επίσης, σταματάει η ανάπτυξη των φυτών και η ανθοφορία ανεβαίνει πρόωρα στην κορυφή του φυτού με δυσμενείς επιπτώσεις στην απόδοση. Από πολλές έρευνες έχει βρεθεί ότι η πρόωρη έναρξη των αρδεύσεων

καρποφορίας (πρώτη άρδευση) καθώς και η υπερβολική άρδευση αργότερα ευνοούν την ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, οψιμίζουν και μειώνουν την παραγωγή ενώ υποβαθμίζουν και την ποιότητα του προϊόντος, ιδιαίτερος όταν επικρατήσουν αντίξοες συνθήκες ωρίμανσης και παραγωγής. Εξίσου όμως ζημιογόνος για την ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής μπορεί να αποβεί, ιδιαίτερα για πρώιμη ποικιλία και φυτεία, η καθυστερημένη έναρξη των αρδεύσεων. Κατάλληλη εποχή για την πρώτη άρδευση καρποφορίας είναι η έναρξη ανθοφορίας για τις πρώιμες ποικιλίες και περιοχές και λίγο αργότερα, όταν το φυτό δέσει τα πρώτα καρύδια, για τις οψιμότερες ποικιλίες και περιοχές. Συνήθως κατά την πρώτη άρδευση καρποφορίας η ποσότητα νερού που εφαρμόζεται είναι μικρότερη από αυτή των επόμενων. Κατά την υπόλοιπη διάρκεια της περιόδου καρποφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να υποστεί καταπόνηση νερού. Ο αριθμός των αρδεύσεων εξαρτάται από την ποικιλία, τον πληθυσμό φυτών ανά στρέμμα, την ανάπτυξη και καρποφορία της φυτείας, τις καιρικές συνθήκες και βέβαια από την δόση άρδευσης. Συνήθως ο αριθμός των αρδεύσεων καρποφορίας πρέπει να είναι 2-5, λαμβάνοντας υπόψη ότι το βαμβάκι ως βαθύρριζο φυτό θέλει αραιότερες αρδεύσεις αλλά με περισσότερη ποσότητα νερού. Οι αρδεύσεις καρποφορίας περατώνονται συνήθως, αναλόγως της προωριότητας της φυτείας και των καιρικών συνθηκών, περί τα μέσα Αυγούστου. Μετά τα μέσα Αυγούστου, λόγω των κλιματολογικών

συνθηκών κυρίως, οι ανάγκες του φυτού σε νερό περιορίζονται. Όταν όμως συνεχίζονται οι υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σε σχετικώς όψιμες φυτείες που ένας μεγάλος αριθμός καρυδιών απέχει πολύ από την ολοκλήρωση της ωρίμανσής τους, επιβάλλεται να δίνονται 1-2 αρδεύσεις μέχρι τα τέλη Σεπτεμβρίου, ακόμη και μετά το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών. Οι αρδεύσεις αυτές αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις πολύ ωφέλιμες για την αύξηση της παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας των όψιμων καρυδιών. Ειδικότερα για τη νοτιότερη Ελλάδα, όπου ο κίνδυνος της οψιμότητας είναι μικρότερος από ότι στα βορειότερα διαμερίσματα, η πρόωρη περάτωση των αρδεύσεων, πολλές φορές και πριν τις 15 Αυγούστου είναι αιτία για την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής.

2.2: Μέθοδοι άρδευσης

Η προσπάθεια για την επίτευξη μικρότερου κόστους και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας κατά την εφαρμογή του νερού στις αρδεύσεις, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών και ποικίλων μεθόδων άρδευσης.

Μέθοδοι άρδευσης ονομάζονται οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο έδαφος.

Οι μέθοδοι αυτοί εξαρτώνται από τις εδαφικές, κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, την ποιότητα του αρδευτικού νερού

και γενικά από την γεωργοτεχνική ανάπτυξη στον τομέα των αρδεύσεων.

Για να είναι επιτυχής μία άρδευση πρέπει:

1. Να εφοδιάζει το χωράφι με τόσο νερό ώστε η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος να φθάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή να εφοδιάσει το έδαφος με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία.
2. Να περιορίσει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από την επιφανειακή απορροή, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να φθάνει τη μονάδα.
3. Να εφαρμόζεται το νερό ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την βαθιά διήθηση.

Οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού, σε επιφανειακές μεθόδους (κατάκλιση, λωρίδες, αυλάκια), καταιονισμό (τεχνητή βροχή) και στάγδην άρδευση (πρόσφατα, και υπόγεια στάγδην άρδευση) (U.S.D.A., 1956, Παπαζαφειρίου, 1984, Σακελλαρίου, 2003).

2.3. Επιλογή μεθόδου άρδευσης

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της μεθόδου άρδευσης, είναι η παροχή και η ποιότητα του νερού, το κλίμα, το έδαφος, το είδος της καλλιέργειας, το κόστος αγοράς και εφαρμογής

της μεθόδου και η ικανότητα του καλλιεργητή να διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης.

2.4. Μέθοδοι άρδευσης

2.4.1. Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

Οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης είναι: η μέθοδος των λεκανών με κατάκλιση, η μέθοδος της περιορισμένης διάχυσης ή των λωρίδων και η μέθοδος των αυλακιών. Και οι τρεις αυτοί μέθοδοι έχουν κοινά σημεία, η γνώση των οποίων βοηθάει στην καλύτερη εφαρμογή της άρδευσης.

Το νερό εφαρμόζεται στο ψηλότερο σημείο του χωραφιού. Από εκεί και αφού πρώτα μια ποσότητα αυτού διηθηθεί, το υπόλοιπο ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία, με μειωμένη παροχή εξαιτίας της συνεχούς διήθησης.

Με αυτόν όμως τον τρόπο δημιουργείται το πρόβλημα της ανομοιομορφίας άρδευσης. Αυτό συμβαίνει γιατί η ποσότητα του νερού που διηθείται στα υψηλότερα τμήματα του εδάφους είναι μεγαλύτερη από αυτήν που διηθείται στα χαμηλότερα αφού περισσότερο χρόνο μένει το νερό στα πρώτα τμήματα του χωραφιού. Παρόλο που το πρόβλημα αυτό υπάρχει, παρέχεται η δυνατότητα να περιορίσουμε την ανομοιομορφία και να εξασφαλίσουμε τις κατάλληλες συνθήκες για πιο ομοιομορφή άρδευση.

Υπάρχουν τρεις βασικοί ρυθμιστικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την

ομοιομορφία εφαρμογής νερού στις επιφανειακές μεθόδους. Οι παράγοντες αυτοί είναι: Η παροχή αρδεύσεως, η αρδευόμενη κάθε φορά έκταση, και η διηθητικότητα του εδάφους.

Στην περίπτωση των λεκανών κατάκλισης οι τρεις αυτοί ρυθμιστικοί παράγοντες παραμένουν μοναδικοί. Στις λωρίδες και στα αυλάκια, εκτός απ' τους παραπάνω παράγοντες, υπάρχουν κι άλλοι. Αυτοί είναι: Η κλίση του εδάφους, η ταχύτητα ροής και η πυκνότητα της καλλιέργειας, που επηρεάζουν την ομοιομορφία της άρδευσης σε μεγάλο βαθμό.

Ο καλύτερος συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων συνεπάγεται με την καλύτερη δυνατή ομοιομορφία. Απόλυτη ομοιομορφία εφαρμογής του νερού στο χωράφι επιτυγχάνεται, όταν το νερό παραμείνει τον ίδιο χρόνο σε όλα τα σημεία του εδάφους.

Το νερό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των φυτών προέρχεται είτε από ένα ποτάμι είτε μια τεχνητή ή φυσική λίμνη. Η μεταφορά του νερού από το σημείο υδροληψίας στο ψηλότερο σημείο του χωραφιού και από κει μέσα στο χωράφι γίνεται με τη βοήθεια αρδευτικού δικτύου.

Το αρδευτικό δίκτυο περιλαμβάνει το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο εφαρμογής. Το δίκτυο μεταφοράς περιλαμβάνει ένα σύστημα ανοικτών αγωγών, διώρυγες, το οποίο μεταφέρει νερό από το ποτάμι, τη λίμνη, ή το κανάλι, στις διώρυγες εφαρμογής από τις οποίες γίνεται απευθείας εφαρμογή του νερού στο χωράφι.

2.4.2. Άρδευση σε λεκάνες με κατάκλιση

Η άρδευση με κατάκλιση αποτελεί τον πιο απλό τρόπο επιφανειακής άρδευσης. Το χωράφι στη μέθοδο αυτή χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα με χωμάτινα αναχώματα. Σχηματίζονται δηλαδή σχεδόν οριζόντιες λεκάνες, στις οποίες παροχετεύεται το νερό. Το έδαφος καλύπτεται με ένα στρώμα νερού ποικίλου πάχους, ανάλογα με την περίπτωση. Το νερό αυτό, αφήνεται για ένα χρονικό διάστημα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους τόσο όσο χρειάζεται, για να διηθηθεί και να φτάσει στο επιθυμητό βάθος του εδάφους.

Η μέθοδος αυτή διαφέρει, από αυτές των λωρίδων και των αυλακιών όπου το νερό ρέει στην επιφάνεια του εδάφους σε όλη τη διάρκεια της αρδεύσεως, με παροχή ανάλογη με τη διηθητικότητα του χωραφιού και την κλίση του εδάφους και η διήθηση γίνεται κατά την διάρκεια της ροής.

Στην άρδευση με λεκάνες η μέγιστη υψομετρική διαφορά μεταξύ ακραίων σημείων των λεκανών πρέπει να είναι μικρή και αυτό πάντα ανάλογα με την έκταση της λεκάνης ώστε το ίδιο ύψος νερού να διηθείται σε όλα τα σημεία του χωραφιού και επιτυγχάνοντας ομοιόμορφη διήθηση.

Οι διαστάσεις των λεκανών είναι ανάλογες με την κλίση του εδάφους και τη διηθητικότητά του. Στα ελαφρά εδάφη οι λεκάνες έχουν διαστάσεις από λίγα τετραγωνικά μέτρα, μέχρι και μισό στρέμμα. Στα συνεκτικά

εδάφη μπορεί να φτάσουν και τα δυο στρέμματα, όταν φυσικά το επιτρέπει η κλίση.

Ο όγκος του νερού που θα εφαρμοστεί στη λεκάνη είναι ανάλογος με το είδος του φυτού και τις ανάγκες του σε νερό. Πρέπει επίσης σε αυτόν τον όγκο να προστεθούν οι απώλειες που οφείλονται στη βαθιά διήθηση και την εξάτμιση. Το νερό παρέχεται με τη βοήθεια αυλακών και πλαστικών σωλήνων οι οποίες μεταφέρουν διαδοχικά το νερό σε κάθε λεκάνη. Οι λεκάνες ανάλογα με το μέγεθός τους και το σχήμα τους διαιρούνται σε δυο κατηγορίες. Στις ορθογωνικές και τις λεκάνες κατά τις ισοϋψείς του εδάφους.

- *Ορθογωνικές λεκάνες.* Τα αναχώματα σχηματίζουν μεταξύ τους ορθές γωνίες. Συνήθως οι λεκάνες αυτές έχουν μικρό μέγεθος ιδιαίτερα όταν τα εδάφη είναι πολύ διαπερατά, ώστε να «γεμίζουν» γρήγορα με νερό. Αυτό όμως συνεπάγεται τη συνεχή απασχόληση προσωπικού. Είναι πολύπλοκο σύστημα διανομής με υψηλό κόστος. Μεγάλες λεκάνες μπορούμε να κατασκευάσουμε όταν η επιφάνεια του χωραφιού είναι σχεδόν οριζόντια και το έδαφος είναι λίγο διαπερατό.
- *Λεκάνες κατά τις ισοϋψείς του εδάφους.* Οι λεκάνες αυτές σχηματίζονται με αναχώματα τα οποία ακολουθούν τις ισοϋψείς του εδάφους. Η δε απόσταση των αναχωμάτων

μεταξύ τους πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η υψομετρική διαφορά να μην είναι μεγαλύτερη από 5 – 6 cm. Ήταν άλλωστε ο μόνος τρόπος άρδευσης των επικλινών εδαφών.

- Πλεονεκτήματα

Η μέθοδος των λεκανών μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι οι δαπάνες πρώτης εγκατάστασης και η συντήρηση των κατασκευών είναι μικρές εφόσον το έδαφος είναι αρκετά επίπεδο. Αλλιώς θα πρέπει να κατασκευαστούν περισσότερα αναχώματα και με μεγαλύτερο ύψος. Στην άρδευση δέντρων με ατομικές λεκάνες οι απώλειες είναι πολύ μικρές και ελαχιστοποιείται η ανάγκη για αυστηρή επίβλεψη. Σε περίπτωση που τα νερά περιέχουν ιλύ, η οποία είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη σε εδάφη αμμώδη ή χαλικώδη, η μέθοδος με κατάκλιση επιτρέπει την εναπόθεσή της στην επιφάνεια του χωραφιού. Πολλές φορές χρησιμοποιείται για την προστασία των μικρών φυτών από τις παγωνιές της άνοιξης.

- Μειονεκτήματα

Η περιεκτικότητα των νερών κατάκλισης σε ιλύ πολλές φορές μπορεί να αποτελεί και μειονέκτημα, γιατί φράζοντας τους πόρους του εδάφους έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες και τη διηθητικότητά του. Μεταβάλλονται έτσι οι φυσικές ιδιότητες και στα συνεκτικά εδάφη η υδροπερατότητα μπορεί να γίνει ακόμα μικρότερη.

Δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της μεθόδου σε συνεκτικά εδάφη, γιατί η

στράγγιση είναι πολύ δύσκολη. Γενικά, η μέθοδος έχει περιορισμένη εφαρμογή κι αυτό, γιατί, απαιτεί μεγάλη παροχή νερού, πολύπλοκο σύστημα διανομής και εντατική απασχόληση προσωπικού.

Εφαρμόζεται κυρίως για την άρδευση ορυζώνων, αφού το ρύζι δεν αναπτύσσεται παρά μόνο στο νερό. Χρησιμοποιείται επίσης και για την άρδευση οπωρώνων και για τις χειμερινές αρδεύσεις αμπελώνων.

2.4.3. Άρδευση με περιορισμένη διάχυση ή των λωρίδων

Με τη μέθοδο αυτή της περιορισμένης διάχυσης, το νερό εφαρμόζεται σε εδαφικές λωρίδες που περικλείονται ανάμεσα σε δυο παράλληλα αναχώματα κατά τη φορά της μέγιστης κλίσης. Τυπικά οι λωρίδες δεν έχουν εγκάρσια κλίση αλλά κλίση μόνο προς τη διεύθυνση της ροής του νερού.

Στην περιορισμένη διάχυση το νερό παροχετεύεται στη λωρίδα στο πάνω μέρος από το αρδευτικό αυλάκι και αφήνεται να ωθηθεί προς τα κάτω ως συνέπεια της κλίσης.

2.4.4. Άρδευση με αυλάκια

Με τη μέθοδο αυτή το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι κατά την κίνησή του μέσα σε αυλάκια που κατασκευάζονται μεταξύ των γραμμών των καλλιεργούμενων φυτών. Τα αρδευτικά αυλάκια μπορούν να κατασκευαστούν ακολουθώντας την κλίση του εδάφους και τις ισοϋψείς

του εδάφους με κάποια μικρή κλίση, για να μπορεί το νερό να ρέει μέσα σε αυτά με μικρές ταχύτητες ώστε να μην προκαλείται διάβρωσή τους (Πανώρας κ.α., 1998α, β, 1999α, β).

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Ο αργός ρυθμός άρδευσης.
- Η σκληρή δουλειά η οποία απαιτεί πολλά χέρια.
- Η δύσκολη αν όχι αδύνατη χωρίς συνέπειες η μετακίνηση κάθετα προς τα αυλάκια.
- Οι αυξημένες απώλειες νερού λόγω της βαθείας διηθήσεως, ιδίως όταν το μήκος των αυλακιών είναι μεγάλο.
- Οι μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται
- Οι απαιτήσεις σε στραγγιστικό δίκτυο για τη διαχείριση του πλεονάζοντος νερού.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

1. Μικρές δαπάνες προετοιμασίας εδάφους.
2. Δυνατότητα εκτέλεσης αγροτικών εργασιών μεταξύ των αυλακιών.
3. Δυνατότητα άρδευσης φυτών πυκνής φύτευσης.
4. Αποφυγή διαβροχής του φυλλώματος των φυτών, πράγμα το οποίο αποτρέπει την εμφάνιση ασθενειών.

2.4.5. Άρδευση με καταιονισμό

Στον καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του αγρού σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής που διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες ροής. Αν το σύστημα σχεδιαστεί σωστά, η κατανομή του νερού πάνω στο χωράφι γίνεται ομοιόμορφα, χωρίς λίμνασμα και επιφανειακή απορροή.

Ο καταιονισμός εφαρμόζεται για άρδευση σχεδόν όλων των εμπορεύσιμων καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών. Ιδιαίτερα η μέθοδος συνίσταται όταν η διαθέσιμη παροχή νερού αρδεύσεως είναι σχετικά μικρή και όταν το έδαφος είναι πολύ διαπερατό, ανομοιόμορφο, αβαθές, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι:

- Επιτρέπεται η άρδευση εκτάσεων ανώμαλης επιφάνειας με ελάττωση στο ελάχιστο των εργασιών ισοπέδωσής χωρίς να διαταράσσεται η επιφανειακή στρώση εδάφους, ιδιαίτερα στα αβαθή εδάφη.
- Εφαρμόζεται σε αμμώδη ή πολύ υδατοπερατά εδάφη και έτσι αποφεύγονται οι απώλειες λόγω βαθείας διήθησης και η δημιουργία προβλημάτων στράγγισης.

- Αξιοποιούνται μικρές παροχές που με την επιφανειακή ήταν αδύνατο να αξιοποιηθούν.
- Εξοικονομείται νερό σε σχέση με την επιφανειακή.
- Δεν καταστρέφεται καλλιεργήσιμη έκταση.
- Το νερό πέφτει με τη μορφή φυσικής βροχής και κατά την διαδρομή του με μικρά σταγονίδια στον ατμοσφαιρικό αέρα θερμαίνονται και παραλαμβάνουν άζωτο και οξυγόνο που τα μεταφέρουν στο έδαφος.
- Δεν καταστρέφεται ή δομή του εδάφους.
- Αποφεύγονται οι εστίες ζιζανίων που δημιουργούνται στις όχθες των διωρύγων και τάφρων των αρδευτικών δικτύων που αποτελούν και εστίες μόλυνσης για τους διπλανούς αγρούς.
- Ελαχιστοποιείται η ανάγκη εργατικών χεριών σε σχέση πάντα με την επιφανειακή η οποία απαιτεί συνεχή παρακολούθηση της πορείας του αρδευτικού νερού.
- Μειώνονται οι καλλιεργητικές δαπάνες.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι:

- Μεγάλες δαπάνες λειτουργίας. Αυτές αναφέρονται κυρίως στα καύσιμα ή το ηλεκτρικό ρεύμα κατά τη διάρκεια της

εφαρμογής της μεθόδου.

- Αδυναμία εφαρμογής σε περιπτώσεις που η παροχή του αρδευτικού νερού δεν είναι συνεχής.
- Ανομοιομορφία άρδευσης λόγω μηχανικών ανωμαλιών π.χ. περιστροφικοί εκτοξευτήρες να σταματούν σε μια θέση.
- Ανομοιομορφία άρδευσης σε ανεμόπληκτες περιοχές.
- Αδυναμία εφαρμογής όταν το νερό είναι υψηλής αλατότητας προς αποφυγή εγκαυμάτων των καλλιεργειών και ταχεία φθορά των εκτοξευτήρων.

2.4.6. Άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση)

Η άρδευση γίνεται μέσω σωληνωτού ποτίσματος που ο σταλακτοφόρος σωλήνας δικτυώνεται σε όλη την επιφάνεια. Οι ενσωματωμένοι σταλάκτες έχουν απόσταση μεταξύ τους από 0.25 έως 1.00 μέτρο και οι γραμμές των σωλήνων απέχουν από 0.30 έως 2.00 μέτρα. Οι σταλακτοφόροι είναι επιφανειακοί (επιφανειακή στάγδην άρδευση) ή υπόγειοι (υπόγεια στάγδην άρδευση).

Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό χορηγείται φιλτραρισμένο κατ' ευθείαν στις ρίζες των φυτών με ένα προκαθορισμένο ρυθμό, σε μικρές ποσότητες και σε μικρά χρονικά διαστήματα, με τη μορφή σταγόνων (Papadopoulos and Stylianos, 1988).

Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτή είναι:

- Μικρή παροχή.
- Μερική διαβροχή του εδάφους.
- Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια της άρδευσης.
- Υψηλό ποσοστό υγρασίας στο έδαφος και συνεπώς χαμηλή εδαφική τάση.
- Κίνηση του νερού στο έδαφος σε δύο ή τρεις διευθύνσεις σε συγκρίσεις με τις άλλες μεθόδους.

Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης:

- Είναι δυνατή η εκμετάλλευση πηγών μικρής παροχής που με άλλες μεθόδους είναι δύσκολο να αξιοποιηθούν.
- Επιτυγχάνεται οικονομία νερού γύρω στο 25% έναντι της μεθόδου με καταιονισμό και 50% έναντι των επιφανειακών μεθόδων άρδευσης.
- Η μικρή πίεση λειτουργίας και οι μικρές παροχές απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την άρδευση μιας έκτασης.
- Επιτυγχάνεται υψηλός έλεγχος νερού γιατί είναι δυνατόν να χορηγηθούν στα φυτά με ακρίβεια οι αναγκαίες ποσότητες αρδευτικού νερού.
- Τα απαιτούμενα για τη λειτουργία του συγκροτήματος εργατικά είναι ελάχιστα και σχεδόν μηδενίζονται με τη χρήση αυτοματισμών.

- Λόγω της περιορισμένης διαβροχής του εδάφους είναι δυνατή η απρόσκοπτη εκτέλεση των άλλων αναγκαίων καλλιεργητικών εργασιών.
- Τα λιπάσματα είναι δυνατόν να χορηγηθούν με το αρδευτικό νερό οπότε επιτυγχάνεται και οικονομία λιπάσματος.
- Είναι κατάλληλη για την άρδευση επικλινών και αβαθών εδαφών.
- Παρέχεται η δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών.
- Δεν επηρεάζεται από τον άνεμο.

Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

- Οι εμφράξεις της μικρής διαμέτρου στομίων των σταλλακτήρων από τα αιωρούμενα στερεά υλικά, τα άγλη ή τα διαλυμένα σε αυτά άλατα.
- Τρωκτικά και έντομα είναι δυνατό να προκαλέσουν ζημιές σε ορισμένα εξαρτήματα του δικτύου.
- Απαιτεί σχετικά υψηλό επίπεδο γνώσεων για σωστό χειρισμό και τη συντήρηση του δικτύου.
- Το υψηλό κόστος εγκατάστασής του δικτύου έναντι των άλλων μεθόδων αρδεύσεως.
- Επειδή η διαβροχή του εδάφους είναι περιορισμένη είναι ανάγκη να προσεχθεί ιδιαίτερα το ποσοστό διαβροχής

ανάλογα με το έδαφος και την καλλιέργεια.

- Κίνδυνος συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος περιμετρικά της υγρής και ξερής φάσης του εδάφους.

2.4.7. Υπόγεια στάγδην άρδευση

Ανήκει στην κατηγορία εκείνη των αρδευτικών μεθόδων που ονομάζονται τοπικές, λόγω του ότι το νερό χορηγείται απευθείας στη ζώνη του εδάφους όπου υπάρχει η μεγαλύτερη δραστηριότητα των ριζών και όχι σε όλη την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια.

Αποτελεί την πλέον σύγχρονη και αποδοτική μέθοδο αφού εφαρμόζονται μικρές ποσότητες νερού μέσα στο έδαφος και στο σημείο εκείνο που το φυτό μπορεί να κάνει την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών σταλακτήρων, οι οποίοι βρίσκονται κατά μήκος πλαστικών αγωγών επί της γραμμής των φυτών. Η πρακτική αυτή αποδίδει υψηλή παραγωγικότητα της καλλιέργειας με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση νερού και μάλιστα χωρίς να υπάρχουν προβλήματα λόγω έκπλυσης ή απορροής (Sakellariou- Makrantonaki et al., 2001, 2002, 2003).

Από ιστορικής άποψης οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν με την ευρύτερη έννοια τις ευεργετικές επιδράσεις της άρδευσης με μικρές παροχές ήταν κάποιοι παραγωγοί στη Γερμανία το 1860. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούσαν για άρδευση ένα σύστημα πηλοσωλήνων με ανοικτούς

αρμούς, το οποίο τους εξυπηρετούσε ταυτόχρονα και για στραγγιστικούς σκοπούς (Σακελλαρίου 2003). Η στάγδην άρδευση εφαρμόστηκε αρχικά σε καλλιέργειες λαχανικών, οπωρώνες και αμπέλια, αλλά στις μέρες μας η χρήση της έχει επεκταθεί στις περισσότερες γραμμικές καλλιέργειες (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Η στάγδην άρδευση άρχισε να παίρνει σάρκα και οστά όταν το 1930 ένας Ισραηλινός μηχανικός, ο Symch Blas παρατήρησε δίπλα σε μια κάνουλα που είχε διαρροή ότι η ανάπτυξη των φυτών ήταν μεγαλύτερη. Την παρατήρηση αυτή έφερε προς βελτίωση τόσο ο ίδιος όσο και άλλες κατασκευαστικές εταιρίες και ειδικά μετά την εμφάνιση των πλαστικών σωλήνων (PE, PVC), το κόστος μειώθηκε σημαντικά και η νέα αυτή μέθοδος αναπτύχθηκε και έγινε πιο προσιτή στο ευρύ κοινό.

Η τεχνική αυτή έτυχε ευρείας αποδοχής ιδιαίτερα στη Μεγάλη Βρετανία και στις Η.Π.Α. όπου χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια οπωροφόρων, λαχανικών, βαμβακιού και αμπέλου, κυρίως σε περιοχές που διαθέτουν περιορισμένο αρδευτικό νερό με μεγάλη επιτυχία (Phene et al., 1992). Επίσης πειράματα που έχουν γίνει σε πολλές χώρες δείχνουν την υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των λοιπών μεθόδων, όσον αφορά την απόδοση των καλλιεργειών, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και την αξιοποίηση του νερού από τα φυτά.

Εργασία που έγινε στα νησιά Χαβάη των Η.Π.Α., έδειξε ότι η κατανάλωση ενέργειας σε αντλία που χρησιμοποιήθηκε για την παροχή

νερού με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης, μειώθηκε 30- 90% σε σχέση με αυτή που απαιτείται για άρδευση με καταιονισμό σε αντίστοιχη καλλιεργούμενη έκταση (I Pai Wu, 1994). Ο Ruskin (2000) αναφέρει επίσης ότι, σε εδάφη μέσης και βαριάς υφής η κίνηση του νερού οφείλεται κατά κύριο λόγο στις τριχοειδείς δυνάμεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό μέσω της μεθόδου αυτής να μπορεί να εφαρμόζεται σε μικρά ποσά και με μεγάλη συχνότητα.

Ο Solomon, (1993) αναφέρεται στο πλεονέκτημα της υπόγειας στάγδην άρδευσης στον τομέα της λίπανσης, αφού σύμφωνα με τη μελέτη τα λιπάσματα που διοχετεύονται στο φυτό κατά τη διάρκεια της άρδευσης μέσα από το σύστημα, διοχετεύονται απευθείας στο ριζόστρωμα των φυτών. Ακόμη κατά την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης τα πρώτα 15- 20cm από την επιφάνεια του εδάφους περιέχουν λιγότερη υγρασία όταν οι σταλάκτες βρίσκονται σε βάθος 45cm, με συνέπεια να περιορίζεται η εξάτμιση του νερού από το έδαφος (Phene et al., 1992).

Σε καλλιέργεια τομάτας η εφαρμογή της τεχνικής αυτής έδειξε αύξηση του όγκου παραγωγής. Έτσι σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των παραδοσιακών καλλιεργητικών και ενεργειακών δαπανών που απορρέουν από την χρήση της υπόγειας άρδευσης, υπήρξε αύξηση του εισοδήματος σε σύγκριση με τον καταιονισμό ως αρδευτική πρακτική (Hanson et al., 2004).

Οι Zoldoske et al. (1998) συμπεραίνουν ότι η παραγωγή σε καλλιέργεια

αμπέλου με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι κατά πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με την εφαρμογή στην ίδια καλλιέργεια επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες. Αξίζει να σημειωθεί μάλιστα, ότι η βελτίωση όσον αφορά την παραγωγή επιτεύχθηκε με μειωμένες δόσεις αρδευτικού νερού σε ποσοστό 20% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Οι ίδιοι ερευνητές (Zoldoske et al., 1995) έδειξαν επίσης τις ευεργετικές επιδράσεις και τα σημαντικά οφέλη που είχε η χρήση της υπόγειας εφαρμογής με σταγόνες στην άρδευση του χλοοτάπητα.

Ανάλογα αποτελέσματα είχαν έρευνες που διεξήχθησαν και στο Ισραήλ, το οποίο είναι μια χώρα που βοήθησε σημαντικά στην ανάπτυξη και βελτίωση της μεθόδου αυτής. Οι Shani κ.α. (1996) απέδειξαν ότι η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, έχει σημαντική επίδραση στην παροχή κάθε σταλάκτη. Θεαματική επιτυχία είχε επίσης η εφαρμογή της μεθόδου σε υποβαθμισμένα εδάφη λόγω αλατότητας, όπως συνήθως συμβαίνει σε άγονες περιοχές. Εκεί όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, τα εδάφη αμμώδη και η σχετική πίεση μικρή, η ανάπτυξη των καλλιεργειών παρουσίασε μεγάλη βελτίωση με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Στον Ελλαδικό χώρο σε πειράματα που έγιναν σε ζαχαρότευτλα, διαπιστώθηκε ότι η εδαφική υγρασία αυξάνει μετά το βάθος των 30cm και ότι εφαρμόζοντας το 80% της δόσης άρδευσης είναι δυνατό να επιτευχθεί εξοικονόμηση νερού, χωρίς να υπάρχει μείωση της παραγωγής

(Σακελλαρίου, 2000, 2001, 2002). Ακόμη σε μελέτη άρδευσης καλλιέργειας ινώδους σόργου με επιφανειακή και υπόγεια στάγδην άρδευση, διαπιστώθηκε η υπεροχή της υπόγειας έναντι της επιφανειακής με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης και σημαντικά μεγαλύτερη απόδοση σε ξηρή βιομάζα (Σακελλαρίου κ.α., 2003).

2.4.8. Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μια επαναστατική και σχετικά νέα μέθοδος, η οποία έχει σημαντικές ωφέλειες τόσο στο γεωργικό τομέα, όσο και από περιβαλλοντικής άποψης. Τόσο τα πειραματικά στοιχεία όσο και η ευρεία χρήση της σε πολλές ανά τον κόσμο χώρες αποδεικνύουν ότι είναι μια πρακτική με πολλά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα σε περιοχές ξηρές και ημιξηρικές που αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη διαχείριση του αρδευτικού νερού λόγω έλλειψης πόρων.

Με αφορμή λοιπόν τα παραπάνω γίνεται μια παράθεση των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την επιλογή της ως αρδευτικής μεθόδου.

- Γίνεται πιο αποτελεσματική χρήση του νερού σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, αφού αυτό εφαρμόζεται σε μικρότερες ποσότητες και με μεγαλύτερη συχνότητα.
- Μειώνονται οι υδατικές απώλειες λόγω εξάτμισής του από

το έδαφος και διαπνοής του από την καλλιέργεια, λόγω του ότι χορηγείται στα φυτά το απαιτούμενο για τις ανάγκες τους νερό και όχι επιφανειακά. Παράλληλα μειώνεται η διαπνοή του από παρακείμενα ζιζάνια, γιατί η υγρή ζώνη του εδάφους περιορίζεται κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής και όχι σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου.

- Το σύστημα της υπόγειας άρδευσης έχει ευρεία χρήση σε όλους τους τύπους εδαφών.
- Μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς και ειδικότερα σε αγροτεμάχια όπου το ανάγλυφό τους παρουσιάζει περίεργους σχηματισμούς ή η τοπογραφία της περιοχής είναι προβληματική, χωρίς να χρειάζονται διάφορες χωματοργικές επεμβάσεις όπως είναι η ισοπέδωση.
- Η αρνητική πίεση του νερού στο έδαφος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, διευκολύνοντας έτσι την πρόσληψή του από τα φυτά. Οι άριστες τιμές για την αρνητική πίεση κυμαίνονται μεταξύ 0 και 3 Atm, στις οποίες η διαθέσιμη για την καλλιέργεια εδαφική υγρασία προσεγγίζει την υδατοϊκανότητα του εδάφους.
- Ρυθμίζοντας την εδαφική υγρασία στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται με την υπόγεια στάγδην άρδευση, τα φυτά αναπτύσσονται σε ένα

ιδανικό περιβάλλον από πλευράς υγρασίας χωρίς να υποστούν υδατικό στρες.

- Επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις και αύξηση του όγκου παραγωγής, πράγμα το οποίο είναι και το ζητούμενο στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις.
- Επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή του νερού στην καλλιέργεια.
- Λόγω ομοιόμορφης κατανομής του νερού, ευνοείται η ομοιόμορφη ανάπτυξη της καλλιέργειας με αποτέλεσμα αυτή να ωριμάζει νωρίτερα. Η πρόιμη συγκομιδή σε συνδυασμό με τις υψηλές αποδόσεις που πετυχαίνονται, δίνουν ένα ικανοποιητικό εισόδημα στον παραγωγό και συγκριτικά καλύτερο από τις άλλες μεθόδους που μπορεί να εφαρμοστούν για την ίδια καλλιέργεια.
- Λόγω της μείωσης των υδατικών απωλειών από τη διήθηση και την επιφανειακή απορροή, καθώς επίσης από την εξάτμιση και τη διαπνοή, εξοικονομείται περισσότερο νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους κοινωφελείς σκοπούς. Αυτό συμβάλλει στην προστασία των υδατικών πόρων και αποτελεί μία ορθή περιβαλλοντική πρακτική.
- Μειώνεται το κόστος άντλησης νερού και συνεπώς η κατανάλωση ενέργειας (IPaiWu, 1994).

- Η εγκατάστασή του είναι μόνιμη, με αποτέλεσμα να μειώνεται η χειρονακτική εργασία η οποία στις αναπτυγμένες χώρες έχει μεγάλο κόστος.
- Πλεονεκτεί στις περιοχές όπου το αρδευτικό νερό βρίσκεται σε έλλειψη ή έχει πολύ ακριβό κόστος, λόγω του ότι με τη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται συγκεκριμένες ποσότητες νερού (Σακελλαρίου, 2003).
- Προσφέρει τη δυνατότητα λίπανσης μέσω του συστήματος, μειώνοντας έτσι το κόστος των εισροών, ενώ παράλληλα με τη μείωση της χρήσης των λιπασμάτων αποφεύγεται και η μόλυνση των υπογείων νερών με νιτρικά λόγω έκπλυσης.
- Η εφαρμογή των θρεπτικών συστατικών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια όσον αφορά το πεδίο και τη χορηγούμενη ποσότητα, επειδή γίνεται απευθείας στη ζώνη διαβροχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη και πιο άμεση αφομοίωσή τους από τα φυτά (Σακελλαρίου, 2003).
- Καθιστά δυνατή τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση (Σακελλαρίου, 2003), γιατί μειώνει την ανθρώπινη επαφή με αυτά. Επίσης δεν υπάρχει ανάγκη για τριτοβάθμια επεξεργασία γιατί τα νερά αυτά που περιέχουν ποσότητες αζώτου και φωσφόρου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λιπαντικό μέσο.

- Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί νερό υποβαθμισμένης ποιότητας.
- Με την εφαρμογή της αποφεύγεται η διαβροχή του φυλλώματος των φυτών, η οποία είναι παράγοντας δημιουργίας πολλών μυκητολογικών ασθενειών.
- Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ανάπτυξη των ριζών και αύξησή τους προς τα βαθύτερα στρώματα. Αυτό έχει ως συνέπεια τη καλύτερη εκμετάλλευση του εδάφους και έμμεσα τη σημαντική αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών.
- Με την εφαρμογή μικρών ποσοτήτων νερού, αποφεύγεται η συσσώρευση του στο ριζόστρωμα, με αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό των ριζών και την επάρκεια του εδάφους σε οξυγόνο που συμβάλλουν στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.
- Τα περισσότερα τμήματα ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης είναι πλαστικά και εγκαθίστανται υπόγεια, οπότε έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση. Ακόμη το σύστημα αυτό δεν απαιτεί επανεγκατάσταση ούτε απομάκρυνσή του με αποτέλεσμα τη διασφάλιση της ακεραιότητας της καλλιέργειας, και τη παροχή της δυνατότητας στον παραγωγό να κάνει

διπλοκαλλιέργεια.

- Η υπόγεια στάγδην άρδευση προσφέρεται για εγκατάσταση αυτοματισμών, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση χρόνου όσον αφορά το πρόγραμμα του παραγωγού.
- Με εξαίρεση τις βροχοπτώσεις η επιφάνεια του εδάφους διατηρείται στεγνή, διευκολύνοντας την εκτέλεση καλλιεργητικών εργασιών και χωρίς να διακόπτεται η άρδευση.
- Μέσω του συστήματος άρδευσης μπορεί να γίνει εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την καλύτερη προστασία της καλλιέργειας.

2.4.9. Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Εκτός από τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει η άρδευση με σταγόνες υπογείως και την κάνουν τόσο δημοφιλή στον αναπτυγμένο κόσμο, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζει η εν λόγω αρδευτική μέθοδος. Αυτά λειτουργούν ως περιοριστικός παράγοντας στη διάδοσή της στις φτωχότερες κυρίως χώρες και παραθέτονται ευθύς αμέσως.

- Το μεγαλύτερο και βασικότερο μειονέκτημα που εμποδίζει τα αναπτυσσόμενα κυρίως κράτη να ωφεληθούν από την

πρακτική αυτή, είναι το μεγάλο κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης, το οποίο ποικίλει ανάλογα με την καλλιεργούμενη έκταση. Αυτό όμως λόγω της μαζικής παραγωγής των πλαστικών τμημάτων που γίνεται πλέον με επίπτωση στη μείωση των τιμών και σε συνδυασμό με τις υψηλές αποδόσεις που επιτυγχάνονται με τη μέθοδο αυτή, τείνει να αντισταθμιστεί.

- Οι εμφράξεις που δημιουργούνται στους σταλακτήρες, αποτελούν ακόμη ένα πρόβλημα. Σε ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης μπορούν να εμφανιστούν τριών ειδών εμφράξεις. Οι μηχανικές έχουν ως αίτιο την παρουσία στερεών σωματιδίων στο αρδευτικό νερό, τα οποία με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται σε διάφορα τμήματα του συστήματος δημιουργώντας προβλήματα. Οι χημικές εμφράξεις από την άλλη πλευρά προκαλούνται στο σύστημα από την καθίζηση ανθρακικών αλάτων σε συνδυασμό με την συσσώρευση ιζημάτων σιδήρου και ασβεστίου. Τέλος υπάρχουν και οι βιολογικές εμφράξεις, οι οποίες οφείλονται στην ανάπτυξη βακτηρίων, μυκήτων, αλγών και άλλων μικροοργανισμών υπό τη μορφή αποικιών εντός των δικτύων μεταφοράς και εφαρμογής.

- Υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων στην περιφέρεια της υγρής ζώνης και ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις σπανίζουν και το νερό το οποίο διατίθεται δεν μπορεί να τα απομακρύνει με την έκπλυση. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση της υπόγειας άρδευσης εναλλακτικά με καταιονισμό.
- Η χρήση των γεωργικών μηχανημάτων για καλλιεργητικές εργασίες και ιδιαίτερα στην άροση προκαλεί μηχανικές ζημιές κυρίως στους αγωγούς μεταφοράς του αρδευτικού νερού, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός επιπλέον κόστους επισκευής και με ότι αυτό περικλείει.
- Παρατηρούνται δυσκολίες όσον αφορά την παρακολούθηση και αξιολόγηση της άρδευσης, για το λόγο ότι αυτή εξελίσσεται υπογείως. Έτσι για να διαπιστωθεί αν το σύστημα είναι αποδοτικό και λειτουργεί σωστά, είναι αναγκαία η συνεχής παρακολούθηση των υδρομέτρων και των καταστολέων πίεσης.
- Τα συστήματα αυτά έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής συγκριτικά με τα υπόλοιπα, γεγονός που επιβαρύνει τον παραγωγό με το επιπλέον κόστος της αντικατάστασης τμημάτων ή και ολόκληρου του συστήματος.
- Κατά τη σπορά της καλλιέργειας και για τη φύτευση των

σπόρων χρειάζεται επιπλέον επιφανειακή άρδευση, επειδή η επιφάνεια του εδάφους είναι στεγνή, με αποτέλεσμα να μην παρέχεται η επαρκής υγρασία που απαιτείται για τη διαδικασία αυτή.

- Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι σταλακτήρες να φράξουν λόγω της πλευρικής ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού απαιτούνται κάποιες ενέργειες όπως είναι η χρήση εξειδικευμένων χημικών ουσιών, η χρήση σταλακτήρων με κατάλληλο σχεδιασμό και η σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού. Πέραν της διαχείρισης οι λοιπές ενέργειες όπως είναι λογικό ανεβάζουν το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- Η απαίτηση του συστήματος να τροφοδοτεί συνεχώς την καλλιέργεια με καθαρό νερό απαλλαγμένο από οποιουδήποτε είδους προσμίξεις και ανεπιθύμητα υλικά, καθιστά τον καθαρισμό και την αντικατάσταση των φίλτρων καθαρισμού, όταν αυτό χρειάζεται, αναγκαία. Αυτό έχει ως συνέπεια την επιβάρυνση του κόστους συντήρησης, καθώς επίσης και του χρόνου του παραγωγού.

2.5. Αισθητήρες υγρασίας

Ερευνητές έχουν συνδυάσει αισθητήρες οι οποίοι μετρούν την υγρασία του εδάφους σε διάφορα βάθη με ασύρματα δίκτυα που στέλνουν τα δεδομένα αυτόματα σε μονάδα ελέγχου προς επεξεργασία (Hautala and Tiisanen, 2007). Τα συστήματα εγκαθίστανται σε πολυετείς φυτείες κατά κύριο λόγο, αλλά και σε ετήσιες, και συγκεντρώνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο για διάφορες βασικές παραμέτρους που αφορούν την κατάσταση των φυτών, το έδαφος κλπ.

Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να διαχειριστεί έγκαιρα και με τον κατάλληλο τρόπο καλλιεργητικές επεμβάσεις στα διάφορα τμήματα του αγρού. Από βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποίησαν οι Wang et al. (2006), διαπιστώθηκε ότι η χρησιμοποίηση ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με αισθητήρες διευκολύνει τη λήψη μετρήσεων σε πολλαπλές εφαρμογές.

Όσον αφορά τους αισθητήρες υγρασίας εδάφους, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν και στο πείραμα, αποτελούν ένα τύπο αισθητήρων που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα για δενδρώδεις καλλιέργειες και σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Οι αισθητήρες αυτοί αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα κατά την τελευταία δεκαετία δίνοντας την δυνατότητα περιοδικών μετρήσεων της υγρασίας με κατά περιόδους μετρήσεις αλλά και συνεχών μετρήσεων με την χρήση δικτύου ασύρματων αισθητήρων.

Ταυτόχρονα υπάρχει δυνατότητα μέτρησης και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας όπως της ατμοσφαιρικής υγρασίας, της θερμοκρασίας, κ.α. Οι ασύρματοι αισθητήρες εγκαθίστανται σε ειδικούς κλωβούς εντός του αγρού που τους παρέχουν προστασία από ακραίες κλιματικές συνθήκες επιτρέποντας την συνεχή καταγραφή της εδαφικής υγρασίας.

Στον τομέα της γεωργίας, κυρίως, συνδέονται με την εφαρμογή τεχνολογιών μεταβλητών εισροών (άρδευση, λίπανση κ.α.) και παροχή δεδομένων και προειδοποιήσεων στους παραγωγούς. Οι Brasa-Ramos et al. (2010) πραγματοποίησαν την εφαρμογή WSN (ZigBee) σε αμπελώνα στην Ισπανία. Το δίκτυο αποτελούνταν από 12 κόμβους με έως και τέσσερις διαφορετικούς αισθητήρες μέτρησης της υγρασίας του περιβάλλοντος, της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις διαβιβάζονταν στον χρήστη μέσω LAN, WLAN ή μέσω του Διαδικτύου και χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των βασικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα και για την ανάπτυξη ενός πληροφορικού συστήματος προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της αμπελοκαλλιέργειας, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση των δεδομένων.

Ηλεκτρονικά χαμηλής ενέργειας και μπαταρίες μεγάλης διάρκειας που μπορούν να συνδυαστούν με μικρά φωτοβολταϊκά ή ηλιοσυλλέκτες δίνουν τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης

συστημάτων με ασύρματους αισθητήρες, ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμα. Η ασύρματη τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή σε συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής, καθώς και στο κομμάτι της μεταβλητής λίπανσης και άρδευσης στο πλαίσιο εφαρμογής γεωργίας ακριβείας. Οι Vellidis et al. (2008) σε πείραμα που πραγματοποίησαν στην Πολιτεία Georgia των ΗΠΑ χρησιμοποίησαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για τον έλεγχο και προγραμματισμό της άρδευσης. Σε άλλη έρευνα, οι Damas et al. (2001) εφάρμοσαν σύστημα μεταβλητής άρδευσης σε αγρό έκτασης 1500 ha ο οποίος χωρίστηκε σε 7 τμήματα με διαφορετικές ανάγκες σε άρδευση. Η άρδευση στο κάθε τμήμα ελέγχονταν από κέντρο ελέγχου. Τα κέντρα ελέγχου επικοινωνούσαν μεταξύ τους μέσω ασύρματου δικτύου. Αποδείχτηκε ότι με την εφαρμογή του συστήματος μεταβλητής άρδευσης εξοικονομήθηκε 30 έως 60% αρδευτικού νερού. Σε άλλη έρευνα στον τομέα της άρδευσης ακριβείας, ασύρματοι αισθητήρες χρησιμοποιήθηκαν στον προγραμματισμό των αναγκών σε αρδευτικό νερό παρέχοντας μετεωρολογικά δεδομένα, μετρήσεις αγρού και πληροφορίες για τις ιδιαιτερότητες του αγρού (Evans and Bergman 2003).

Πρόκειται για μηχανισμούς που μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και παρέχουν δεδομένα στην κονσόλα ελέγχου.

2.6. Αισθητήρας υγρασίας EnviroSMART

Το σύστημα του αισθητήρα EnviroSMART αποτελείται από έξι λειτουργικά μέρη. Το κύριο μέρος είναι ο επεξεργαστής (EnviroSMART και EasyAG) και τα 3 ηλεκτρόδια παραγωγής ηλεκτρικού πεδίου. Τα υπόλοιπα σημαντικά κομμάτια είναι το καταγραφικό δεδομένων (data logger), ο σωλήνας εισόδου του αισθητήρα στο έδαφος, το προστατευτικό κάλυμμα και το καλώδιο τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος.

Το σύστημα EnviroSMART και EasyAG είναι ένας αισθητήρας ηλεκτρικού δυναμικού που μετατρέπει ένα αναλογικό ηλεκτρικό σήμα σε % κ.ο. υγρασία εδάφους. Έχει τη δυνατότητα να συλλέγει δεδομένα από ένα ή από περισσότερους επιλεγμένους αισθητήρες δίνοντας μία τιμή που προκύπτει από το σύνολο των μετρήσεων κάθε αισθητήρα. Ο αισθητήρας είναι εφοδιασμένος με πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας όπου αποθηκεύεται ενέργεια ικανή να διατηρήσει σε λειτουργία τον αισθητήρα για ακριβώς 2 εβδομάδες από τη στιγμή που διακοπεί κάθε είδους παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να υποστηρίζει έως 8 αισθητήρες (Παπανικολάου, 2009).

2.7. Αισθητήρας υγρασίας 10HS της εταιρείας Decagon

Το ZENO-3200 συνδέεται με τους αισθητήρες υγρασίας 10HS της εταιρείας Decagon, οι οποίοι έχουν περιοχή μέτρησης από 0 έως 100% (0.001 έως 1 m³ νερού ανά 1 m³ εδάφους) με χρόνο μέτρησης 10ms και ακρίβεια μέτρησης 2,5%.

Οι αισθητήρες αυτοί ενταφιάζονται πλήρως στο έδαφος και έχουν μήκος 10cm. Κατά την λειτουργία τους καταναλώνουν ισχύ 10mVA, έχουν τάση τροφοδοσίας από 3 έως 15 V σε συνεχές ρεύμα, η οποία πρέπει να παρέχεται στον αισθητήρα (λίγα δευτερόλεπτα πριν την λήψη της μέτρησης) και λειτουργούν αποτελεσματικά σε θερμοκρασίες από -40⁰C έως +50⁰C.

Κεφάλαιο 3: Εγκατάσταση και διεξαγωγή του πειράματος

3.1. Χαρακτηριστικά Πειραματικού Αγρού

Το πείραμα διεξήχθη κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2016 σε πειραματικό αγροτεμάχιο, που ανήκει στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου. Το συγκεκριμένο πειραματικό αγροτεμάχιο έχει Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος $39^{\circ} 23'$, Ανατολικό Γεωγραφικό Πλάτος $22^{\circ} 45'$ και 70 m υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας. Η συνολική του έκταση είναι 500 m^2



Εικόνα 2: Άποψη του πειραματικού αγροτεμαχίου κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2016.

3.2. Σχεδιασμός πειράματος

Έπειτα από κατάλληλη προετοιμασία της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε η χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου. Η χάραξη έγινε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιούνται οι εξής προϋποθέσεις:

Τα εννιά (9) συνολικά πειραματικά τεμάχια να καταλαμβάνουν την ίδια ακριβώς έκταση. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο απέχει από το διπλανό κατά 1.20 m. Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν αυτό των πλήρων τυχαιοποιημένων ομάδων, περιελάμβανε τρεις μεταχειρίσεις σε τρεις επαναλήψεις.

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν και στις οποίες αναφέρετε η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή είναι οι εξής:

- Προφυτρωτική άρδευση με καταιονισμό.
- Προφυτρωτική άρδευση με επιφανειακή στάγδην άρδευση με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου Φ20 και ισαποχή σταλάκτη ανά 0,80 m
- Προφυτρωτική άρδευση με επιφανειακή στάγδην άρδευση με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου Φ20 και ισαποχή σταλάκτη ανά 0,33 m

- Επίσης χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες εδαφικής υγρασίας της εταιρίας EnviroSMART και Decagon για τον προγραμματισμό των αρδεύσεων.

| | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|--------------|------|------|------|--------------|
| καταιονισμός | 0,80 | 0,33 | 0,33 | καταιονισμός | 0,80 | 0,80 | 0,33 | καταιονισμός |
|--------------|------|------|------|--------------|------|------|------|--------------|

Γράφημα 1: Γραφική απεικόνιση του πειραματικού αγρού.

3.3. Καλλιεργητικές φροντίδες

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε καλή κατεργασία του εδάφους ούτως ώστε να είναι ψιλοχωματισμένο. Να τονισθεί ότι, για τη σωστή χάραξη των πειραματικών τεμαχίων απαιτείται καλή κατεργασία του εδάφους. Γι' αυτό το σκοπό πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαιτούμενες καλλιεργητικές εργασίες σύμφωνα με την γενική καλλιεργητική πρακτική μειωμένης κατεργασίας ακολουθώντας τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής (Σφήκας 1988, υπουργική Απόφαση 125347/568/2004 ΦΕΚ 142/Β/29.1.2004).

Μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου, καταστράφηκαν τα στελέχη με τη χρήση στελεχοκοπτικού

μηχανήματος. Ενώ, τα υπολείμματά της ενσωματώθηκαν στο έδαφος. Νωρίς την ερχόμενη άνοιξη πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους με βαρύ καλλιεργητή για την καταστροφή τυχόν χειμερινών ζιζανίων. Ακολούθησε ελαφριά κατεργασία του εδάφους με ελαφρό καλλιεργητή, με στόχο το ψιλοχωματισμό του εδάφους και την καταστροφή τυχόν ανοιξιάτικων ζιζανίων. Ενώ, για την τελική κατεργασία της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε κατεργασία με σβολοκοπτικό μηχάνημα.



Εικόνα 3: Σπορά πειραματικού αγροτεμαχίου.

Εφαρμόστηκε προφυτρωτική ζιζανιοκτονία στις 13/05/16 με stomp



Εικόνα 4: Προφυτρωτική χημική ζιζανιοκτονία

Έπειτα πραγματοποιήθηκε η σπόρα της καλλιέργειας του βαμβακιού. Χρησιμοποιήθηκε η πρώιμη ποικιλία Babylon ενώ δεν εφαρμόστηκε λίπανση. Για την σπορά χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή τεσσάρων μονάδων. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν 0,95m ενώ το βάθος σποράς ήταν 5cm. Μετά την σπορά στις 16/05/16 πραγματοποιήθηκε μετασπαρτική και προφυτρωτική ζιζανιοκτονία με τη ζιζανιοκτόνο ουσία Fluometuron.

3.4. Προφυτρωτικό σύστημα άρδευσης

Κατά την προφυτρωτική περίοδο (16-5-2016 έως 11-6-2016) οι μεταχειρίσεις ήταν:

A) Άρδευση με καταιονισμό με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής και παροχή μικρού κρουστικού εκτοξευτήρα $0,7\text{m}^3/\text{h}$. Στη συνέχεια αυτή θα αναφέρεται ως **K/100%ET**. Σε αυτό το χρονικό διάστημα έγιναν δύο αρδεύσεις που η κάθε μία είχε διάρκεια 2 h και απείχαν χρονικά μεταξύ τους τέσσερις ημέρες.

B) Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, παροχή σταλακτήρων $q = 4 \text{ l/h}$ και απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 0,33m. Στη συνέχεια θα αναφέρεται ως **E33/100%ET**. Σε αυτό το χρονικό διάστημα έγιναν δύο αρδεύσεις που η κάθε μία είχε διάρκεια 2,5 h και απείχαν χρονικά μεταξύ τους τέσσερις ημέρες.

Γ) Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3 \text{ l/h}$ και απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 0,80m. Στη συνέχεια θα αναφέρεται ως **E80/100%ET**. Σε αυτό το χρονικό διάστημα έγιναν δύο αρδεύσεις που η

κάθε μία είχε διάρκεια 4 h και απείχαν χρονικά μεταξύ τους τέσσερις ημέρες.

3.5. Μεταφυτρωτικό σύστημα άρδευσης

Κατά τη μεταφυτρωτική περίοδο (11-6-2016 έως τη συγκομιδή) οι μεταχειρίσεις ήταν:

A) Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή υπολογίστηκε με τη χρήση εξατμισόμετρου τύπου A, το εύρος άρδευσης ήταν τρεις ημέρες, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3 \text{ l/h}$ και απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 0,80m. Ο προγραμματισμός των αρδεύσεων γινόταν από προγραμματιστή Miracle.

B) Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση μετρήσεων εδαφικής υγρασίας, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3 \text{ l/h}$ και απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 0,80m. Ο προγραμματισμός των αρδεύσεων γινόταν από αισθητήρα εδαφικής υγρασίας τύπου Decagon 10HS και το εύρος άρδευσης καθορίζονταν από την πτώση της εδαφικής υγρασίας που κατέγραφε ο αισθητήρας.

Γ) Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση μετρήσεων εδαφικής υγρασίας, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3 \text{ l/h}$ και απόσταση μεταξύ των

σταλακτήρων 0,80m. Ο προγραμματισμός των αρδεύσεων γινόταν από αισθητήρα εδαφικής υγρασίας τύπου EnviroSMART και το εύρος άρδευσης καθορίζονταν από την πτώση της εδαφικής υγρασίας που κατέγραφε ο αισθητήρας.

3.6. Υλικά άρδευσης και αυτοματισμών

Από τις 11/06/2016 έως και τη συγκομιδή χρησιμοποιήθηκε προγραμματιστής άρδευσης για την άρδευση της μεταχείρισης **K/100%ET** σε συνδυασμό με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 20mm, με παροχή σταλάκτη 2,3 l/h και ισαποχή 0,80cm, λειτουργικής πίεσης 4 atm.

Χρήση αισθητήρα μέτρησης εδαφικής υγρασίας, τύπου Decagon 10HS για την άρδευση της μεταχείρισης **E80/100%ET** σε συνδυασμό με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 20mm, με παροχή σταλάκτη 2,3 l/h και ισαποχή 0,80cm, λειτουργικής πίεσης 4 atm.

Χρήση αισθητήρα μέτρησης εδαφικής υγρασίας, τύπου EnviroSMART για την άρδευση της μεταχείρισης **E33/100%ET** σε συνδυασμό με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 20mm, με παροχή σταλάκτη 2,3 l/h και ισαποχή 0,80cm, λειτουργικής πίεσης 4 atm.

Οι αγωγοί μεταφοράς νερού ήταν από πολυαιθυλένιο διατομής 30 mm για τον πρωτεύοντα αγωγό μεταφοράς και 25mm για τον δευτερεύοντα ο οποίος τροφοδοτούσε τους σταλακτηφόρους. Η λειτουργική πίεση αυτών

ήταν 6 atm. Σε κάθε επανάληψη τοποθετήθηκε υδρόμετρο για την ακριβή καταγραφή της ποσότητας νερού που εφαρμόζονταν αλλά και για τον έλεγχο τυχόν διαρροών.

3.7. Ηλεκτροβάνες

Οι ηλεκτροβάνες χρησιμοποιήθηκαν για να αυτοματοποιηθεί η έναρξη και η διακοπή της άρδευσης. Συνολικά υπήρχαν 3 ηλεκτροβάνες και 9 υδρόμετρα.

Η διάθεση του απαιτούμενου για την άρδευση νερού γινόταν από τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας 50m^3 . Η πλήρωση της δεξαμενής γινόταν από παρακείμενη γεώτρηση (αντλία παροχής $35\text{ m}^3/\text{h}$ με άξονα και σωλήνα 3”). Όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός της άρδευσης (αντλία προώθησης του νερού στα αρδευτικά δίκτυα, ηλεκτροβάνες, φίλτρα, βαλβίδα κενού, αγωγός επιστρεφόμενων, πιεζόμετρο κ.ά.), τοποθετήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένους κλωβούς επί της δεξαμενής.



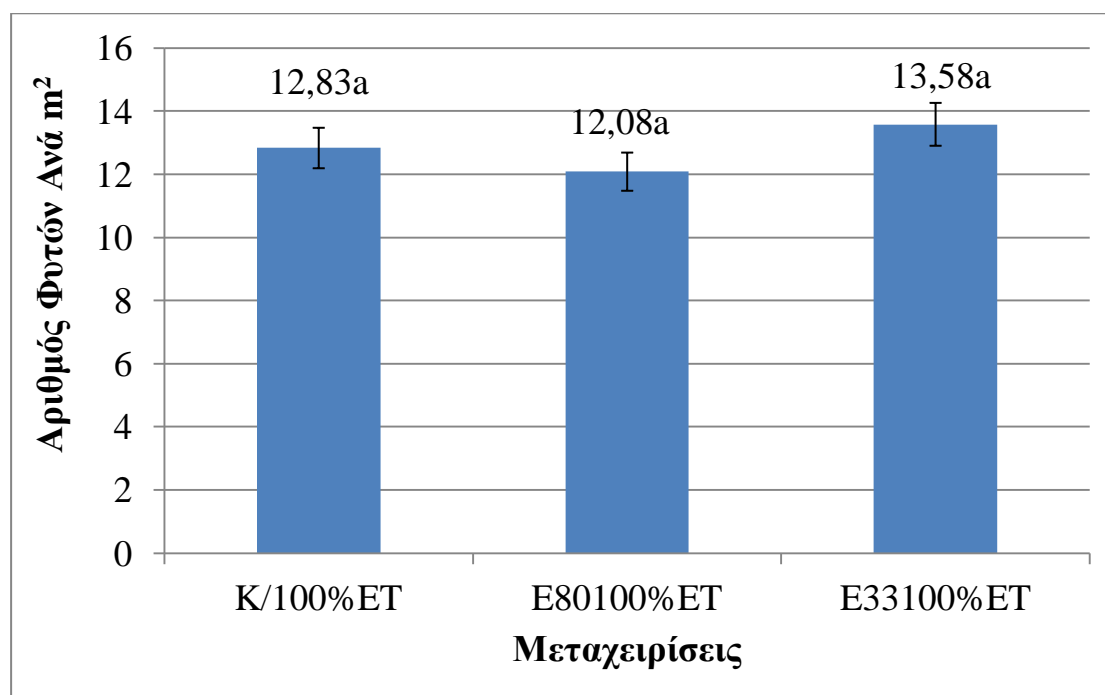
Εικόνα 5: Ηλεκτροβάνες

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις: Ύψος φυτού, αριθμός χτενιών, αριθμός λουλουδιών, αριθμός καρυδιών και τελική παραγωγή βάμβακος. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν από τις δύο μεσαίες γραμμές σποράς.

4.2. Αριθμός φυτών ανά m

Η πρώτη μέτρηση φυτρώματος πραγματοποιήθηκε στις 11/06/2016.



Γράφημα 4.1: Αριθμός φυτών ανά m

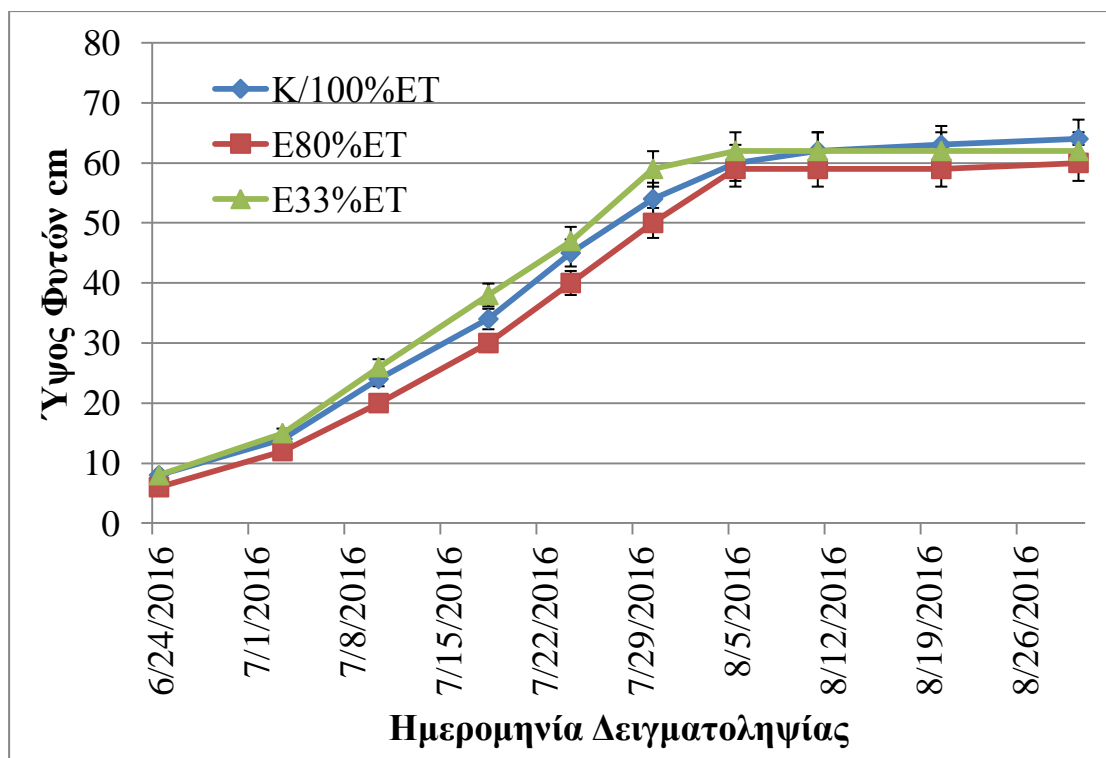
Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των φυτών που φύτεψαν σε κάθε τρέχον μέτρο κάθε γραμμής σποράς της κάθε επανάληψης. Μπορούμε να

το δούμε στο Γράφημα 4.1 Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι ο αριθμός φυτών που φύτεψαν ήταν ικανοποιητικός (μέση τιμή 12-13 φυτά ανα m) και αρκετά χαμηλότερα από τις μέσες τιμές που δίνουν οι Εταιρείες Σποροπαραγωγής Βάμβακος για τον βέλτιστο αριθμό φυτών ανά m που πρέπει να διαθέτει ένας αγρός για την επίτευξη της βέλτιστης παραγωγής (μέση τιμή 18 φυτά ανά m). Η χαμηλή φυτρωτικότητα οφείλονταν σε δυσμενείς συνθήκες θερμοκρασίας που επικράτησαν την περίοδο εκείνη στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας. Σημειώνεται ότι μεγάλος αριθμός παραγωγών προχώρησε σε επανασπορά των αγροτεμαχίων τους κάτι που απεφευχθη στην περίπτωση της εν λόγω έρευνας. Μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ενώ τάση υπεροχή έδειξε η μεταχείριση **E33/100%ET**.

4.3. Ύψος φυτού (cm)

Στο παρακάτω Γράφημα 4.2 φαίνεται η εξέλιξη στο ύψος φυτού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2016.

Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 24/6/2016, 40 ημέρες από τη σπορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά εβδομάδα έως την 28^η Αυγούστου. Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **K/100%ET** παρουσίασε μια ελαφριά υπεροχή έναντι των μεταχειρίσεων **E33/100%ET** και **E80/100%ET** χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές.



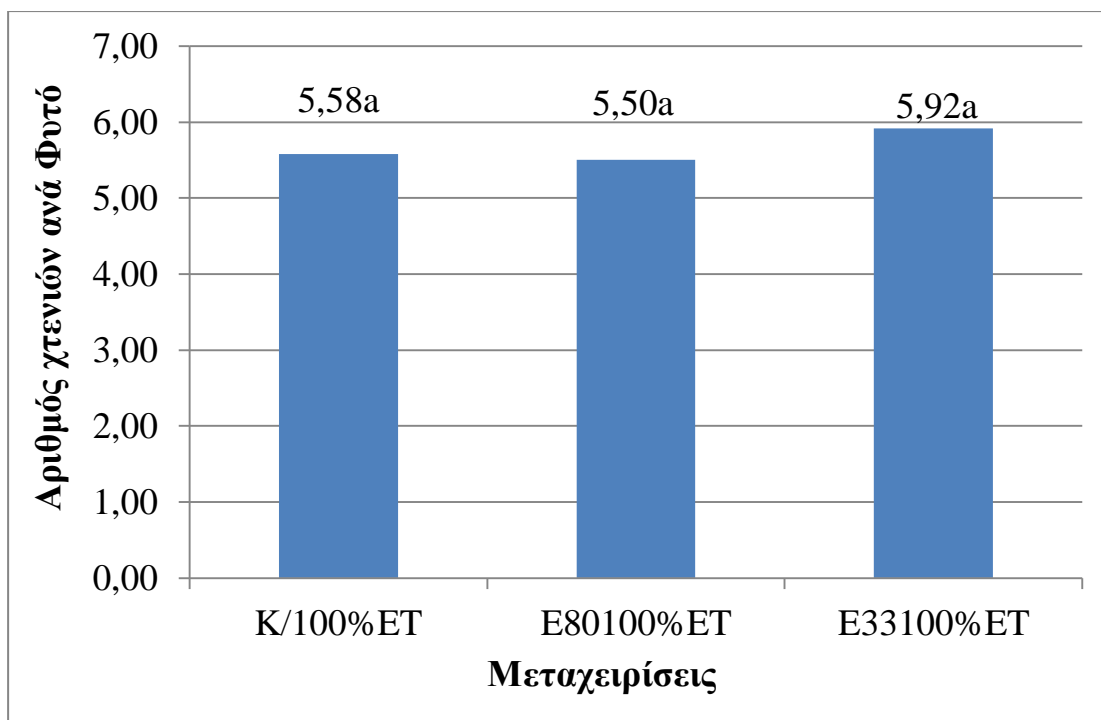
Γράφημα 4.2: Ύψος φυτού (cm)

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την όψιμη σπορά τα φυτά αναπτύχθηκαν σε ικανοποιητικό ύψος φτάνοντας τα 50cm περίπου κατά μέσο όρο.

4.4. Χτένια ανά φυτό

Στο παρακάτω Γράφημα 4.3 φαίνεται ο μέσος αριθμός χτενιών ανά φυτό για την κάθε μεταχείριση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2016.

Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 10/07/2016, 56 ημέρες από τη σπορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά εβδομάδα έως την 23^η Αυγούστου. Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **E33/100%ET** παρουσίασε μια ελαφριά υπεροχή έναντι των μεταχειρίσεων **K/100%ET** και **E80/100%ET** χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές.



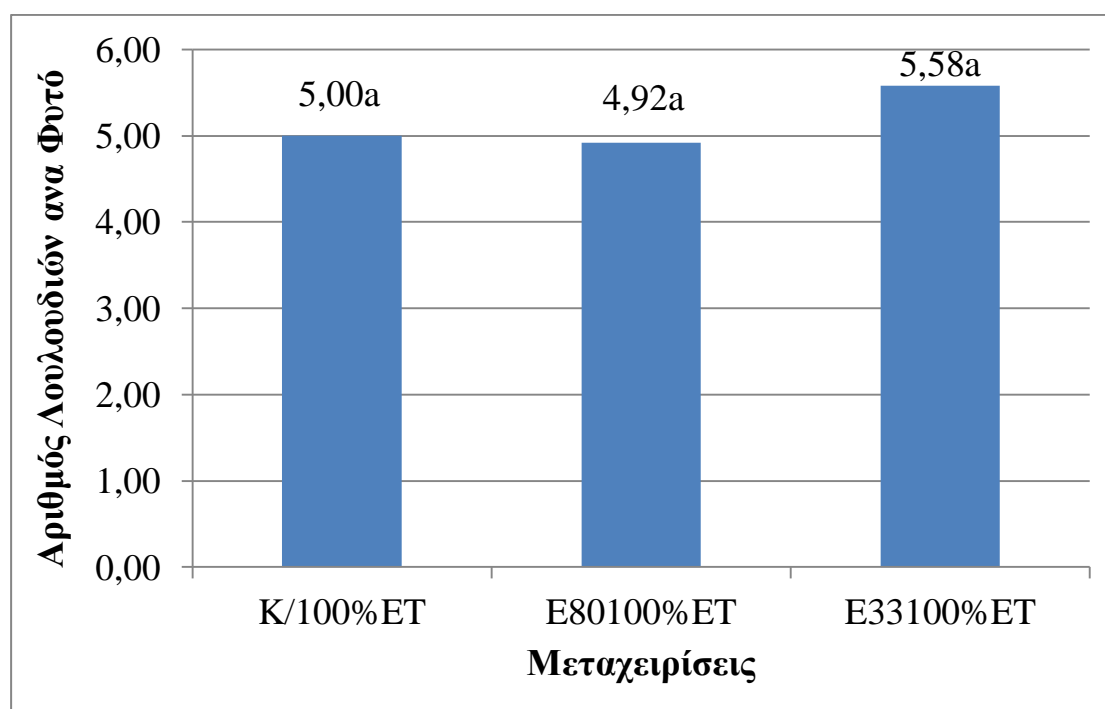
Γράφημα 4.3: Χτένια ανά φυτό

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την όψιμη σπορά τα φυτά παρήγαγαν ικανοποιητικό αριθμό χτενιών φτάνοντας τα 60 περίπου κατά μέσο όρο ανά m^2 .

4.5. Άνθη ανά φυτό

Στο παρακάτω Γράφημα 4.4 φαίνεται ο μέσος αριθμός λουλουδιών ανά φυτό για την κάθε μεταχείριση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2016. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 15/07/2016, 61 ημέρες από τη σπορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά εβδομάδα έως την 23^η Αυγούστου. Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **E33/100%ET**

παρουσίασε μια ελαφριά υπεροχή έναντι των μεταχειρίσεων **K/100%ET** και **E80/100%ET** χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές.

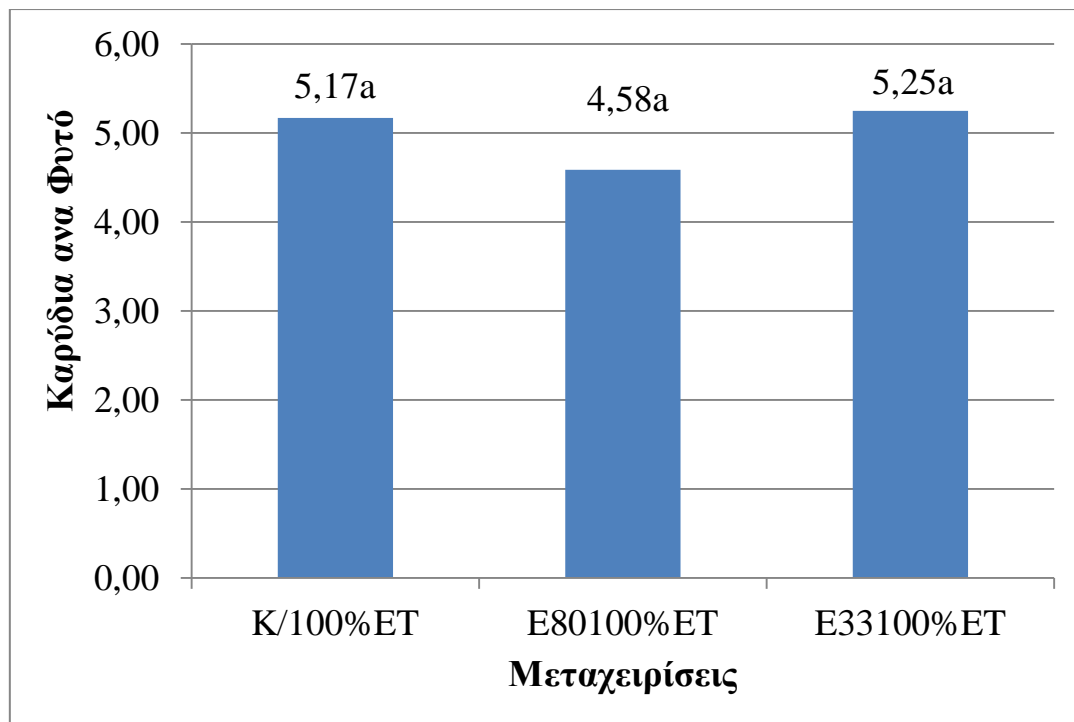


Γράφημα 4.4: Άνθη ανά φυτό

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την όψιμη σπορά τα φυτά παρήγαγαν ικανοποιητικό αριθμό λουλουδιών φτάνοντας τα 65 περίπου κατά μέσο όρο ανά m^2 .

4.6. Καρύδια ανά φυτό

Στο παρακάτω Γράφημα 4.5 φαίνεται ο μέσος αριθμός καρυδιών ανά φυτό για την κάθε μεταχείριση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2016. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 30/07/2016, 76 ημέρες από τη σπορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά εβδομάδα έως την 23^η Αυγούστου.



Γράφημα 4.5: Καρύδια ανά φυτό

Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **E33/100%ET** παρουσίασε μια ελαφριά υπεροχή έναντι των μεταχειρίσεων **K/100%ET** και **E80/100%ET** χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την όψιμη σπορά τα φυτά παράγαγαν ικανοποιητικό αριθμό καρυδιών φτάνοντας τα 53 περίπου κατά μέσο όρο ανά m^2 .

4.7. Περίοδος ωρίμανσης

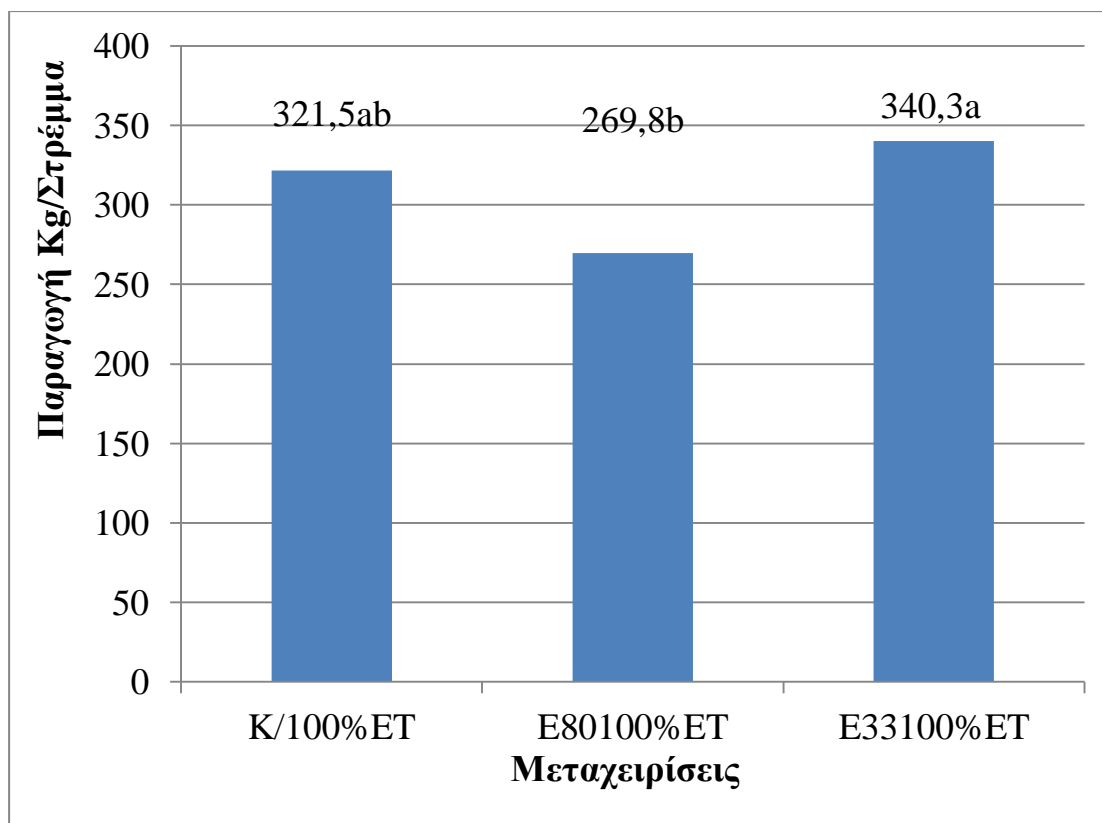
Ο κύκλος ωρίμανσης ολοκληρώνεται σε διάστημα περίπου δύο μηνών από την άνθηση όταν πλέον έχει σταθεροποιηθεί ο αριθμός των καρυδιών. Τα πρώτα ανοιγμένα καρύδια παρατηρούνται συνήθως τέλη Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου ενώ το 50-60% των καρυδιών

ανοίγουν κατά το 2^ο ως τα μέσα του 3^ο 10ήμερου του Σεπτεμβρίου. Στην παρούσα έρευνα, λόγω της όψιμης σποράς κατά 25 ημέρες σε σύγκριση με την συνήθη καλλιεργητική πρακτική που εφαρμόζεται στην περιοχή, η ωρίμανση των καρυδιών παρατηρήθηκε κατά τα τέλη Οκτωβρίου.

4.8. Συγκομιδή

Η τελική συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 8/11/2016 προσομοιάζοντας έτσι όσο το δυνατόν περισσότερο τη γεωργική πρακτική για όψιμη σπορά βαμβακιού. Η δειγματοληψία έγινε από τις ίδιες γραμμές και τα ίδια φυτά από τα οποία πάρθηκαν και οι υπόλοιπες μετρήσεις, για να είναι δυνατή με αυτό τον τρόπο η διαπίστωση της επίδρασης της άρδευσης των μεταχειρίσεων στην τελική παραγωγή έχοντας παράλληλα κατά νου τις επιπτώσεις αυτών σε όλα τα προηγούμενα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης του βαμβακιού. Το βαμβάκι του κάθε πειραματικού τεμαχίου ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας αμέσως μετά τη συγκομιδή. Από το μέσο όρο της παραγωγής ανά τετραγωνικό μέτρο προέκυψε η απόδοση ανά στρέμμα της κάθε μεταχείρισης.

Στο παρακάτω Γράφημα 4.6 φαίνεται η μέση παραγωγή σύσπορου βάμβακος ανά φυτό για την κάθε μεταχείριση κατά την καλλιεργητική περίοδο 2016.

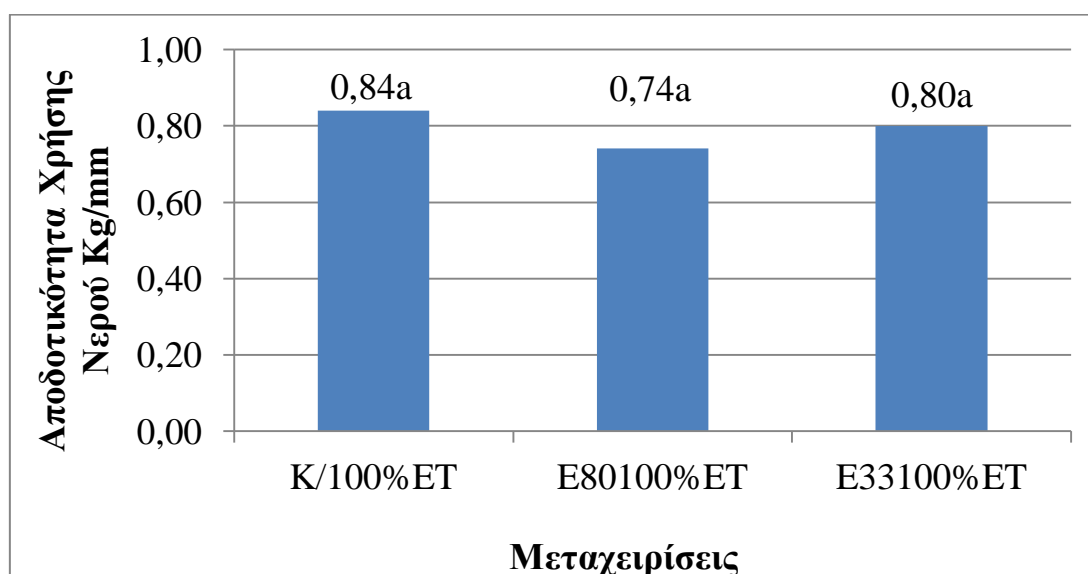


Γράφημα 4.6: Παραγωγή βάμβακος

Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **E33/100%ET** παρουσίασε μια υπεροχή έναντι των μεταχειρίσεων **K/100%ET** και **E80/100%ET**. Η διαφορά από τη μεταχείριση **K/100%ET** δεν ήταν στατιστικά σημαντική ενώ η διαφορά από την μεταχείριση **E80/100%ET** ήταν στατιστικά σημαντική. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά την όψιμη σπορά παρατηρήθηκε αρκετά ικανοποιητική παραγωγή πλησιάζοντας τα 350Kg/στρ. περίπου κατά μέσο όρο. Η παρατήρηση αυτή λαμβάνει ακόμη μεγαλύτερη σημασία αν ληφθεί υπόψη ότι εφαρμόστηκε μηδενική λίπανση στο πλαίσιο της γεωργίας χαμηλών εισροών.

4.9. Κατανάλωση νερού

Η μέση ποσότητα του νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε σε κάθε μεταχείριση υπολογίστηκε από το μέσο όρο των μετρήσεων από τα υδρόμετρα καθεμιάς από τις τρεις επαναλήψεις. Το κάθε υδρόμετρο κατέγραψε την ποσότητα του νερού που εφαρμόστηκε σε κάθε επανάληψη (plot) έκτασης 40m^2 οπότε έγινε αναγωγή σε έκταση ενός στρέμματος.



Γράφημα 4.7: Αποδοτικότητα άρδευσης σε Kg/mm.

Από το Γράφημα φαίνεται ότι η μεταχείριση **E33/100%ET** παρουσίασε μια ελαφριά υπεροχή ως προς την αποδοτικότητα χρήσης νερού έναντι των μεταχειρίσεων **K/100%ET** και **E80/100%ET** χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ως αποδοτικότητα χρήσης νερού ορίζεται το πηλίκο της παραγωγής σύσπορου βάμβακος ανά στρέμμα προς την συνολική ποσότητα νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

- Ως προς το ύψος της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση **K/100%ET** και τρίτη η μεταχείριση **E80/100%ET**.
- Ως προς αριθμό χτενίων ανά φυτό της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση **K/100%ET**. και τρίτη η μεταχείριση **E80/100%ET**.
- Ως προς τον αριθμό ανθών της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση **K/100%ET**. και τρίτη η μεταχείριση **E80/100%ET**.
- Ως προς τον αριθμό καρυδιών της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση **K/100%ET**. και τρίτη η μεταχείριση **E80/100%ET**.

- Ως προς την παραγωγή βάμβακος παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε στα ζεύγη μεταχειρίσεων **E33/100%ET** και **K/100%ET** και **K/100%ET** και **E80/100%ET** δεν ήταν στατιστικά σημαντική ενώ στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε στο ζεύγος μεταχειρίσεων **E33/100%ET** και **E80/100%ET**.
- Ως προς την αποδοτικότητα του νερού της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων, υπερίσχυσε η **E33/100%ET**. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση **K/100%ET**, και τρίτη η μεταχείριση **E80/100%ET**.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας βάμβακος δεν φαίνεται να επηρεάζονται από τη μέθοδο προγραμματισμού των αρδεύσεων. Αυτό σημαίνει ότι ο προγραμματισμός των αρδεύσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας. Ειδικά οι αισθητήρες Degagon, οι οποίοι έχουν και χαμηλό κόστος αγοράς σε σύγκριση με το αντίστοιχο κόστος του Envirosmart, μπορούν να προταθούν για χρήση από τους παραγωγούς. Για περιπτώσεις όπου το κόστος εξοπλισμού λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, η μέθοδος του απλου εξατμισόμετρου τύπου

Α σε συνδυασμό με έναν απλό προγραμματιστή δίνει πολύ καλά αποτελέσματα.

Επίσης κατά την ίδια καλλιεργητική περίοδο πραγματοποιήθηκε έλεγχος της επίδρασης διαφορετικών μεθόδων άρδευσης στη φυτρωτικότητα του βαμβακιού. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του καταιονισμού και η επιφανειακή στάγδην άρδευση με δύο τύπους σταλακτηφόρων σωλήνων. Στον ένα τύπο οι σταλάκτες έχουν ισαποχή 33cm και στον δεύτερο τύπο 80cm.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι ως προς τη φυτρωτικότητα παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ως προς τον αριθμό φυτών ανά m^2 που φύτεψαν εφαρμόζοντας διαφορετική μέθοδο άρδευσης. Μια τάση υπεροχής έδειξε η μεταχείριση **E33/100%ET**. Ωστόσο, εάν ληφθεί υπόψη το κόστος αγοράς και συντήρησης δύο συστημάτων άρδευσης τότε προτείνεται η εφαρμογή στάγδην άρδευσης και την περίοδο φυτρώματος της καλλιέργειας βαμβακιού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Παπαϊκονόμου, Μ., Αγροχημικά ΑΒΕΞ (2002). Οδηγός Γεωργίας Ακρίβειας. Τμήμα τεχνικής υποστήριξης
- Φλωράς, Σ., (2004). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.
- Βαμβάκι 2000 Ειδική ετήσια θεματική έκδοση Μάρτιος 1999 Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία
<http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=59805>
- Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ. (2003), Βιομηχανικά Φυτά. Εκδόσεις Σταμούλης, Βόλος.
- Μηχανήματα για τη Γεωργία, Διάφοροι Μέθοδοι Άρδευσης και Άρδευτικά Συστήματα. Γεωργία- Κτηνοτροφία, (1996) 48-57.
- Ντιούδης Π., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ. (2003), Διαφορετικές διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Πρακτ. 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Υδροτεχνικής Ένωσης,
- Οργανισμός Βάμβακος. (1996), Άρδευση του βαμβακιού, Έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ. (1993) Σημειώσεις Άρδευσεων.

- Τερζίδης Γ.Α., Παπαζαφειρίου Ζ.Γ. (1994), Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη
- Δαναλάτος Ν., 2008, Ειδική Γεωργία ΙΙ, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Βόλος
- Βαρδαβάκης Ε., 1994. Συστηματική Βοτανική. Έκδοση Τέταρτη. Τόμος Ι, Εκδόσεις Δ.Κ. Σαλονικίδη, Θεσσαλονίκη.
- Πανώρας Α. Γ., Τόπης Χ. Γ., 1994. Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. Γεωπονικά, 35: 35-40.

Ξενόγλωσση

- Cetin O., Bilger L. (2002), Effects of different methods on shedding and yield of cotton. Agricultural Water Management 54, 1-15
- Mateos L., Mantovani E. (1997), Cotton response to non-uniformity of conventional sprinkler irrigation. Irrigation Science 17,47-52.
- Doorenbos J. and Kassam A. (1979), Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper,

- Blaney, H.F. and W.D.Griddle, 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. USDA (SCS) TP-96, 48p.
- Orgaz F., Mateos L. Responses of four cotton cultivars to irrigation in a Mediterranean environment SIA and University of Cordoba.
- Sakelariou-Makrantonaki M., Kalfountzos D. (2000), Water saving using modern irrigation methods, 3rd International Forum Integrated Water Management. Hydorama (96-100).