

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Μεταπτυχιακή Διατριβή με τίτλο :
**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΟΦΥΤΡΩΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΑ
ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ”**

Τσολάκης Σάββας
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Εκπαιδευτικός Πληροφορικής
Μεταπτυχιακός φοιτητής

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη κατεύθυνση « **Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις τις Γεωργικές Κατασκευές και την Εκμηχάνιση της Γεωργίας** »

ΒΟΛΟΣ 2016

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Μεταπτυχιακή Διατριβή με τίτλο :
“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΟΦΥΤΡΩΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΑ
ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ”

Τσολάκης Σάββας
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Εκπαιδευτικός Πληροφορικής
Μεταπτυχιακός φοιτητής

Εξεταστική επιτροπή

Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ. Καθηγήτρια Π.Θ. Επιβλέπουσα Μ.Δ.Ε.	Δαναλάτος Νικόλαος Καθηγητής Π.Θ.	Χαλκίδης Ηρακλής Λέκτορας Π.Θ.
--	--------------------------------------	-----------------------------------

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω κατ' αρχήν την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε για να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, όσο και για την καθοδήγηση και υποστήριξή της στη διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας αυτής.

Επίσης ευχαριστώ τους κυρίους Δαναλάτο Νικόλαο – καθηγητή Π.Θ. και Χαλκίδη Ηρακλή – Λέκτορα Π.Θ. για την συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή και για την συμβολή τους στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τον κ. Παπανικολάου Χρήστο, συμβασιούχο διδασκων με Π.Δ. 407/1980 στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής για τη σημαντική και πολύτιμη βοήθειά του στην εγκατάσταση του πειράματος, για τη καθοδήγηση και υποστήριξη του σε όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της διατριβής αυτής.

Τον υπεύθυνο Γεωπόνου του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κ. Σουίπα Σπύρο για την άψογη συνεργασία μας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στη σύζυγο μου για την ηθική συμπαράσταση και ανοχή που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	9
1.1. Καταγωγή και διάδοση	9
1.2. Εξέλιξη και σημασία του βαμβακιού για την Ελλάδα.....	12
1.3. Τεχνική της καλλιέργειας.....	14
1.4. Άρδευση	18
1.4.1 Χρόνος εφαρμογής των αρδεύσεων	18
1.4.2 Άρδευση με καταιονισμό	31
1.4.3 Ορθολογική άρδευση	35
2. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	36
2.1. Γενικά Στοιχεία Αυτοματισμού	36
2.2. Συστήματα αυτοματισμών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.	38
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	48
3.1. Χάραξη του πειραματικού αγρού.	48
3.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού.....	54
3.3. Εγκατάσταση της καλλιέργειας.....	56
3.4. Υλικά άρδευσης	59
3.5. Σύστημα μέτρησης υγρασίας του εδάφους.	62
3.6. Εξατμισόμετρο τύπου A	67
3.7. Μετεωρολογικά δεδομένα.....	77
4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	81
4.1. Γενικά	81
4.2. Αριθμός Φυτών Ανά m ²	81
4.3. Ύψος Φυτού.....	84
4.4. Μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας	86
4.5. Καρποφορία	87
4.6. Παραγωγή	92
4.7. Αποδοτικότητα του νερού άρδευσης.	94
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας πραγματοποιήθηκε έρευνα, το 2015, με διπλό σκοπό. Αρχικά να αξιολογηθεί η επίδραση των προφυτρωτικών μεθόδων επιφανειακής άρδευσης στα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της καλλιέργειας του βαμβακιού και ακολούθως να αξιολογηθεί η επίδραση της δόσης άρδευσης στα ίδια χαρακτηριστικά. Κατά την περίοδο του φυτρώματος έγινε σύγκριση δύο μεθόδων επιφανειακής άρδευσης, καταιονισμού και επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Εφαρμόστηκαν τρεις μεταχειρίσεις σε τρεις επαναλήψεις ως εξής: α) εφαρμογή τεχνητής βροχής για το φύτρωμα της καλλιέργειας (K/100%ET), β) εφαρμογή επιφανειακής στάγδην άρδευσης με ισάποχή σταλάκτη 0,33cm (E33/100%ET) και γ) εφαρμογή επιφανειακής στάγδην άρδευσης με ισάποχή σταλάκτη 0,80cm (E80/100%ET). Όταν τα φυτά ανέπτυξαν ύψος 30cm εφαρμόστηκε επιφανειακή στάγδην άρδευση με το ίδιο σύστημα σταλακτηφόρου σωλήνα για το σύνολο των μεταχειρίσεων και τρεις διαφορετικές μεθόδους προγραμματισμού των αρδεύσεων. Αυτές ήταν: α) επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση άρδευσης ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιώντας απλό προγραμματιστή άρδευσης για τον έλεγχο των αρδεύσεων (EA100ET), β) επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση άρδευσης ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιώντας αισθητήρα μέτρησης εδαφικής υγρασίας τύπου Decagon 10HS (EB100ET) σε συνδυασμό με Data logger Zeno-3200 και γ) επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση άρδευσης ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιώντας αισθητήρα μέτρησης εδαφικής υγρασίας τύπου Envirosmart (E100ET) σε συνδυασμό με ένα Data logger GP1. Κατά την περίοδο φυτρώματος της καλλιέργειας το εύρος άρδευσης ήταν ίδιο και αντίστοιχο με τις ανάγκες σε νερό της περιόδου για την επίτευξη του βέλτιστου φυτρώματος. Κατά την περίοδο ανάπτυξης της καλλιέργειας, στη μεταχείριση EA100ET το εύρος άρδευσης ήταν τρεις ημέρες ενώ στις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις το εύρος άρδευσης καθορίζονταν από τους αισθητήρες μέτρησης εδαφικής υγρασίας. Το πειραματικό σχέδιο ήταν Πλήρεις Τυχαιοποιημένες Ομάδες με 3 μεταχειρίσεις και 3 επαναλήψεις.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν ύψος φυτού, αριθμός χτενιών, αριθμός καρυδιών και τελική παραγωγή σύσπορου βάμβακος. Η σπορά της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 19/05/2015 με σπαρτική μηχανή βαμβακιού τεσσάρων γραμμών. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση από τις δύο μεσαίες γραμμές κάθε επανάληψης και από μια έκταση ενός τετραγωνικού μέτρου. Η τελική συγκομιδή πραγματοποιήθηκε κατά το δεύτερο δεκάημερο του Οκτωβρίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή στην παραγωγή σύσπορου βάμβακος με χρήση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης με ισαποχή των σταλακτήρων ίση με 33cm (τελική απόδοση σε βαμβάκι σε kg/στρ.). Αντίστοιχα, η έρευνα φυτρωτικότητας έδειξε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιφανειακή στάγδην άρδευση με ισαποχή σταλάκτη 80cm στη θέση του παραδοσιακού καταιονισμού. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν ήταν σημαντικές ($P < 0,05$).

ABSTRACT

On the farm of Thessaly University a research was conducted in 2015 with a dual purpose. Initially, to evaluate the effect of pre-emergence surface irrigation methods in the growth characteristics of cotton and secondary to evaluate the effect of irrigation dose to the same characteristics. During the germination period two surface irrigation methods were evaluated, sprinkler irrigation and surface drip irrigation. It was organized three treatments in three replications as follows: a) sprinkler irrigation for germination of the crop (K/100%ET), b) surface drip irrigation with emitter spacing 0,33cm (E33/100%ET) and c) surface drip irrigation with emitter spacing 0,80cm (E80/100%ET). When the plants had developed height of 30cm surface drip irrigation was applied with the same dripline system for all the treatments. Three different irrigation programming methods were organised. These were: a) surface drip irrigation with irrigation dose equal to 100% of the daily evapotranspiration using simple irrigation programmer to control the irrigation (EA100ET), b) surface drip irrigation with irrigation dose equal to 100% of the daily evapotranspiration using soil moisture sensors, type Decagon 10HS (EB100ET) in combination with a Data logger, Zeno-3200 and c) surface drip irrigation with irrigation dose equal to 100% of the daily evapotranspiration using a soil moisture sensor, type Envirosmart (E100ET) combined with a Data logger GP1. During the crop germination, the irrigation interval was the same for all the treatments and according to the water requirement of the period so as the optimal germination to be achieved. During the growing period the irrigation interval in the EA100ET treatment was three days while in the remaining two irrigation treatments the interval was determined by the soil moisture sensors. The experimental design was Randomized Complete Blocks with 3 treatments in 3 replications.

It was measured the plant height, the number of buds, the number of cotton bolls and the final production of seed cotton. The crop sowing was held on 19/05/2015 with a cotton seedler with four lines. The measurements were taken every week from the two middle rows of each plot and from an area of one square meter. The final harvest took place during the second ten-days of

October. The results showed superiority as for the seed cotton production when the surface drip irrigation with emitter spacing equal to 33cm (final yield of cotton in kg / ha.) was used. Accordingly, the research showed that as for the germination the surface drip irrigation with emitter spacing equal to 80cm can be used in stead of the traditional sprinkler irrigation. The differences between the treatments were not significant ($P < 0,05$).

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

1.1. Καταγωγή και διάδοση

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας *Malvaceae*. Σ' αυτό το γένος ανήκουν 49 είδη και από τα οποία ο άνθρωπος εξημέρωσε και καλλιέργησε μόνο τα παρακάτω τέσσερα: *G. Herbaceum* L., *G. Arboreum* L., *G. Hirsutum* L. και το *G. Barbadence* L.

Το βαμβάκι είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών και καλλιεργείται από τους προϊστορικούς χρόνους. Σε ανασκαφές που έγιναν στην Ινδία βρέθηκαν υπολείμματα υφασμάτων από βαμβάκι που υπολογίζονται γύρω στο 3000 π.Χ. Στην Ελλάδα πρωτοήρθε από την Ασία κατά την εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου γύρω στο 325 π.Χ. Η καλλιέργειά του στη συνέχεια εξαπλώθηκε στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου. Τα χρόνια εκείνα το βαμβάκι αναφερόταν ως δέντρο, γεγονός που αποδεικνύει ότι καλλιεργούσαν δενδροειδείς ποικιλίες βαμβακιού. Η καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα αναφέρεται από τον Πausανία το 2^ο μ.Χ. αιώνα με την ονομασία "βύσσος". Η καλλιέργεια του επεκτάθηκε σε μεγάλη κλίμακα γύρω στο 550 μ.Χ.

Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα είναι τέσσερα.

1-Αδρότριχο βαμβάκι ή Χνουδωτό βαμβάκι (Γοσσύπιον το αδρότριχον - *Gossypium hirsutum*). Το πιο κοινά καλλιεργούμενο, δίνει πάνω από το 90% της παγκόσμιας παραγωγής. Είναι και το μοναδικό είδος που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Το είδος αυτό είναι πολυετές αλλά στην Ελλάδα καλλιεργείται ως μονοετές γιατί δεν επιβιώνει σε κρύο χειμώνα. Οι ίνες που παράγει φτάνουν τα 45 χιλιοστόμετρα μήκος και χαρακτηριστικό του είναι το χνούδι που περικλείει τα σπόρια του. Τα άνθη του είναι λευκά όταν ανοίξουν αλλά στην πορεία αλλάζουν χρώμα και γίνονται κόκκινα ή μωβ. Είναι βαμβάκι υψηλής ποιότητας με μεγάλη αντοχή, ελαστικότητα, πολύ καλή στιλπνότητα και ομοιομορφία.

2-Πωώδες βαμβάκι (Γοσσύπιον το πωώδες - *Gossypium herbaceum*). Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν στην Ινδία και σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Παλαιότερα η καλλιέργειά του ήταν πολύ διαδεδομένη αλλά σήμερα τείνει να αντικατασταθεί από το χνουδωτό βαμβάκι που είναι

πολύ καλύτερης ποιότητας. Στην Ελλάδα το καλλιεργούσαν μέχρι το 1950 στη Λιβαδειά όπου ήταν γνωστό με την ονομασία Δαδιώτικο και στις Σέρρες.

3-Βαρβαδινό βαμβάκι (Γοσσύπιον το βαρβαδινόν - *Gossypium barbadense*). Πολυετή και ετήσια φυτά που τα περισσότερα είναι δενδροειδή και φτάνουν σε ύψος και τα 6 μέτρα. Η καταγωγή του είδους αυτού είναι η λατινική Αμερική και σήμερα καλλιεργείται στην Αίγυπτο, το Σουδάν, σε πρώην Σοβιετικές χώρες, στις Η.Π.Α., στη Βραζιλία και το Περού. Τα κλαδιά του βαμβακιού αυτού είναι πλάγια και τα φύλλα του έχουν μεγάλες σχισμές. Τα σπόρια του είναι κυανού χρώματος και τα άνθη είναι κιτρινωπά με μία κηλίδα στη βάση του κάθε πέταλου. Οι ίνες του είναι οι μακρύτερες από όλα τα είδη και φτάνουν και τα 50 χιλιοστόμετρα είναι καλής ποιότητας, λεπτές και μαλακές.

4-Δενδρώδες βαμβάκι (Γοσσύπιον το δενδρώδες - *Gossypium arboreum*). Βρίσκεται αυτοφυές στο Πακιστάν, τη Σρι Λάνκα και την Ινδία όπου θεωρείται ιερό φυτό γι αυτό βρίσκεται έξω από πολλούς ναούς. Οι ίνες του είναι πολύ κοντές και όχι τόσο καλής ποιότητας γι αυτό η καλλιέργεια του είναι πολύ περιορισμένη.

Οι σύγχρονες ποικιλίες του **G. hirsutum** (βαμβάκι upland), έχουν μήκος ίνας 22,5 – 29 mm. Είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σήμερα είδος, αφού η παραγωγή του αντιπροσωπεύει το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Στο **G. barbadense**, που αντιπροσωπεύει περίπου το 10% της παγκόσμιας παραγωγής.

Σε όλον τον κόσμο καλλιεργούνται περίπου 330 εκατομμύρια στρέμματα με ετήσια παραγωγή περίπου 19 εκατομμύρια τόνους εκκοκισμένο βαμβάκι και με κύριες χώρες παραγωγής τις Η.Π.Α., Αυστραλία, Κίνα, Ινδία, Πακιστάν που παράγουν περίπου το 70% της παγκόσμιας παραγωγής.

Στην Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα, Ισπανία, Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία μεγάλος αριθμός οικογενειών εξαρτάται από την καλλιέργεια του βαμβακιού (Καλόγηρος 1994). Είναι φυτό που παράγει φυσική ίνα με απaráμιλλες ιδιότητες κυρίως λευκού χρώματος αλλά και άλλων χρωμάτων (καφέ, μπλε) τα τελευταία χρόνια λόγω ανάπτυξης της γενετικής μηχανικής. Η ίνα του βαμβακιού έχει πολλές χρήσεις. Το

βαμβάκι δίνει παράλληλα το σπόρο, που είναι πλούσια πηγή λαδιού και πρωτεΐνης για τη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων.

Πίνακας 1.1

Στοιχεία των μεγαλύτερων βαμβακοπαραγωγών χωρών του κόσμου την περίοδο 1999 - 2000			
Χώρα	Παραγωγή εκκοκκισμένου (Τόνοι)	Έκταση (Στρέμματα)	Απόδοση εκκοκκισμένου Kg / Στρ.
Κίνα	3.900.000	37.500.000	104,0
Η.Π.Α.	3.690.000	53.000.000	69,6
Ινδία	2.750.000	87.300.000	31,5
Πακιστάν	1.800.000	28.000.000	64,3
Ούζμπεκιστάν	1.160.000	15.000.000	77,3
Τουρκία	850.000	7.260.000	117,0
Αυστραλία	660.000	4.600.000	143,5
Βραζιλία	569.000	9.400.000	60,5
Ελλάδα	435.000	4.295.710	101,3
Τουρκμενιστάν	280.000	5.600.000	50,0
Αίγυπτος	228.000	2.740.000	83,2
Σύνολο	16.322.000	254.695.710	64,1

(Οργανισμός Βάμβακος :Έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού 1999)



Εικόνα 1: Βαμβάκι σε πλήρη ωρίμανση



Εικόνα 2: Άνθος του βαμβακιού

1.2. Εξέλιξη και σημασία του βαμβακιού για την Ελλάδα

Το βαμβάκι εξακολουθεί και σήμερα να αποτελεί μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες, ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και το πρώτο από άποψη συναλλαγματικής αξίας αγροτικό προϊόν.

Για την Ελλάδα το βαμβάκι αποτελεί το κορυφαίο αγροτοβιομηχανικό προϊόν και ο ρόλος του είναι σημαντικός τόσο στον γεωργικό τομέα, όσο και στον τομέα της εθνικής οικονομίας. Καλλιεργείται σε μια έκταση η οποία υπερβαίνει τα δύομισι εκατομμύρια στρέμματα, παρέχοντας βασική απασχόληση και ένα ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80.000 – 100.000 αγροτικές οικογένειες. Περίπου 150.000 εργάτες σε αστικές περιοχές ασχολούνται με την πρωτογενή και δευτερογενή παραγωγή και χρήση του. Το βαμβάκι στηρίζει την ελληνική κλωστοϋφαντουργία και αποτελεί σημαντική πηγή ξένου συναλλάγματος (Καλόγηρος 1994). Επιπλέον, η Ελλάδα είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνεισφέροντας περισσότερο από το 80% της συνολικής παραγωγής της Ένωσης.

Οι κύριοι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η πρόοδος της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα είναι οι:

α) Ίδρυση του Οργανισμού Βάμβακος και του Ινστιτούτου Βάμβακος.

β) Ανάπτυξη εγχώριας κλωστοϋφαντουργίας.

γ) Ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

δ) Πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας.

Τα στοιχεία έκτασης, παραγωγής, αποδόσεων και τιμών βαμβακιού για το σύνολο της χώρας, κατά την περίοδο από 1970 έως 2000, δίνονται στον

Πίνακα 1.2 (Στοιχεία Οργανισμού Βάμβακος). Η κατά διαμέρισμα έκταση το 1975 (πριν την ένταξη της χώρας στην Ε.Ε.) και το 1999, η συνολική παραγωγή το 1999, η μέση απόδοση σύσπορου βαμβακιού το 1975 και το 1999 καθώς και ο σταθμικός μέσος όρος απόδοσης σύσπορου βαμβακιού τις πενταετίες 1990-94 και 1995-99, δίνονται στον Πίνακα 1.3 (Στοιχεία Οργανισμού Βάμβακος).

Πίνακας 1.2: Εξέλιξη έκτασης, παραγωγής, αποδόσεων και τιμών βαμβακιού την περίοδο 1970 – 2003 στην Ελλάδα

Έτος	Έκταση χιλ. στρ.	Παραγωγή Συσπόρου τόνοι	Απόδοση Συσπόρου Kg/ στρ.	Μέση τιμή Παραγωγού δρχ/Kg
1970	1.317	308.000	234	8,09
1971	1.302	330.000	253	9,58
1972	1.650	360.000	218	9,93
1973	1.466	310.000	211	19,00
1974	1.510	350.000	232	16,56
1975	1.350	368.000	273	14,10
1976	1.492	340.000	228	23,75
1977	1.820	435.000	239	19,86
1978	1.675	451.000	269	20,68
1979	1.422	320.000	225	24,90
1980	1.412	356.000	252	33,12
1981	1.263	358.835	284	45,21
1982	1.375	315.869	230	62,44
1983	1.680	402.545	240	81,94
1984	1.920	452.370	236	103,35
1985	2.090	526.045	252	112,12
1986	2.100	623.592	297	115,13
1987	2.020	571.051	283	136,78
1988	2.560	749.807	293	139,03
1989	2.800	829.049	296	169,12
1990	2.680	662.844	247	182,75
1991	2.330	675.904	290	254,73
1992	3.235	741.488	229	265,73
1993	3.541	976.698	275	169,40
1994	3.858	1.184.700	307	277,92
1995	4.444	1.355.500	305	168,14
1996	4.274	962.000	225	297,11
1997	3.861	1.059.338	274	287,92
1998	4.173	1.182.454	283	270,96
1999	4.296	1.320.865	307	225,36
2000	4.050	1.236.893	315	300,41
2001	4.230	1.354.719	320	248,70
2002	3.576	1.166.268	326	282,80
2003	3.543	1.148.000	324	282,80

Πίνακας 1.3

Έκταση, παραγωγή και μέση απόδοση σύσπορου βαμβακιού ανά διαμέρισμα

Διαμέρισμα	Έκταση : χιλ. στρ.		Σύσπορο χιλ. t	Απόδοση συσπόρου : kg / στρ.			
	1975	1999		1999	1975	1999	Σταθμικός μέσος όρος 5αετίας
Θεσσαλία	695.145	1.733.387	506.500	287	292	306	283
Κεντρική Μακεδονία	322.017	1.213.523	421.000	300	347	238	302
Αν. Μακ/νία & Θράκη	57.848	586.408	157.493	249	269	198	209
Στερεά Ελλάδα	159.700	641.554	195.961	238	305	256	297
Δυτική Ελλάδα	20.100	109.430	37.120	162	339	298	306
Ήπειρος	38.100	10.689	2.651	216	248	246	218

1.3. Τεχνική της καλλιέργειας

Κλίμα – έδαφος – θερμοκρασία – υγρασία.

Το βαμβάκι είναι φυτό απαιτητικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Το καταλληλότερο κλίμα για τη σωστή ανάπτυξη του είναι μέτρια ζέστη και κρύα άνοιξη, συχνές βροχοπτώσεις όχι μεγάλης έντασης, όχι παγετός ή χαλάζι, δροσερό φθινόπωρο χωρίς πολλές βροχές και ζέστη, υγρό καλοκαίρι. Δυνατές σε ένταση βροχές μπορούν να καταστρέψουν τις ίνες του φυτού. Κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργίλου, οργανική ουσία και λίγο άζωτο και φώσφορο (Σφήκας 1998). Η απόδοση σε παραγωγή δεν επηρεάζεται εάν το χωράφι φυτεύεται για πολλά χρόνια. Στην Ελλάδα για παράδειγμα λόγω έλλειψης μεγάλων εκτάσεων καλλιεργείται στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια χωρίς αμειψισπορά.

Επειδή το βαμβάκι είναι αρκετά ευαίσθητο φυτό η καταπολέμηση των ζιζανίων είναι αρκετά δύσκολη και η ύπαρξή τους μπορεί να μειώσει αισθητά την παραγωγή. Ο πολλαπλασιασμός του βαμβακιού γίνεται με σπορά αφού πρώτα τα σπόρια υποστούν ειδική επεξεργασία και αφαιρεθούν οι διάφορες

ίνες που τα περιβάλλουν. Έτσι ο σπόρος χρησιμοποιείται ευκολότερα στις μηχανές σποράς και διευκολύνει την απορρόφηση της υγρασίας του εδάφους.

Στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για τη σπορά είναι από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Μαΐου. Το όψιμο βαμβάκι σπέρνεται στις βόρειες περιοχές και το πρώιμο στις νότιες. Η θερμοκρασία κατά τη σπορά πρέπει να είναι γύρω στους 15 °C καθώς χαμηλότερες θερμοκρασίες καθυστερούν το φύτευμα και οι σπόροι μπορεί να εμφανίσουν μύκητες. Το βαμβάκι δεν εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά του στοιχεία. Παρ' όλα αυτά χρειάζεται λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα. Η θερμοκρασία είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας που διαμορφώνει το μέγεθος και την ποιότητα της παραγωγής. Συγκεκριμένα η θερμοκρασία που επικρατεί κατά την βλάστηση και φύτευμα του σπόρου, επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη του φυτού, εξαιτίας και της μεγαλύτερης ευαισθησίας που φαίνεται στο βαμβάκι κατά το στάδιο αυτό. Η ελάχιστη θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση και φύτευμα του σπόρου είναι 15 °C (εδάφους), ενώ με θερμοκρασίες αέρος χαμηλότερες από 10-12 °C σταματά η ανάπτυξη των καρυδιών και σε θερμοκρασίες μικρότερες του -2 °C πεθαίνει το φυτό. Η άριστη θερμοκρασία για το φύτευμα όπως και τα υπόλοιπα στάδια ανάπτυξης του φυτού είναι 33 °C.

Η υγρασία

Το βαμβακόφυτο έχει συντελεστή διαπνοής αρκετά υψηλό περίπου 560mm. Για να καλλιεργηθεί χωρίς άρδευση πρέπει η ετήσια βροχόπτωση να είναι τουλάχιστον 500mm, από την οποία τα 175 – 200mm να πέφτουν κατά την περίοδο της καρποφορίας. Βροχές και συνθήκες υψηλής υγρασίας κατά την εποχή ωρίμανσης (Αύγουστος) και συγκομιδής δυσχεραίνουν την ωρίμανση των όψιμων καρυδιών και τη συλλογή του βαμβακιού και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Στη χώρα μας η καλλιέργεια είναι κατά κανόνα αρδευόμενη, αλλά οι συχνά πρώιμες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου δημιουργούν προβλήματα στην καλλιέργεια. Με το βαθύ του ριζικό σύστημα το βαμβάκι είναι από τις λίγες εαρινές καλλιέργειες που μπορούν να αποδώσουν, έστω και περιορισμένα, χωρίς άρδευση, όπως συμβαίνει κυρίως στην περιοχή της Θράκης. Η έλλειψη εδαφικής υγρασίας είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη

του φυτού. Στην Εικ. 1.2 φαίνεται η επίδραση της έλλειψης υγρασίας στην ανάπτυξη του βαμβακιού.



Βαμβάκι ξηρικό αρχές Αυγούστου



Βαμβάκι κανονικά αρδευόμενο.

Εικόνα 1.2: Επίδραση της έλλειψης άρδευσης στο βαμβάκι

Σε έδαφος που η υγρασία βρίσκεται στο σημείο ή κάτω από το σημείο μάρανσης ο σπόρος δε φυτρώνει και τα νεαρά φυτά δεν μπορούν να μεγαλώσουν. Αν μάλιστα οι συνθήκες ξηρασίας συνεχιστούν για μεγάλο χρονικό διάστημα τα φυτάρια ξεραίνονται. Για να φυτρώσει ο σπόρος πρέπει να απορροφήσει αρκετό νερό, σε μερικές ποικιλίες μέχρι και το τριπλάσιο του βάρους του. Όταν η εδαφική υγρασία είναι πολύ περιορισμένη, ο σπόρος μπορεί να μείνει στον αγρό χωρίς να χάσει την φυτρωτικότητα του για αρκετό χρονικό διάστημα (μέχρι και 45 ημέρες σύμφωνα με παρατηρήσεις του (I.B.B.Φ.). Καθώς το φυτό προχωρεί στην εποχική ανάπτυξη οι ημερήσιες ανάγκες του σε νερό αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό (σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Βάμβακος, βαμβάκι 60 ημερών από τη σπορά ξοδεύει περίπου 4mm νερού ημερησίως ενώ βαμβάκι 100 ημερών από τη σπορά ξοδεύει περίπου 10mm νερού ημερησίως), γιατί αυξάνουν οι φυτικοί ιστοί, αλλά και εξαιτίας των εποχικών μεταβολών των κλιματολογικών παραγόντων. Τη μεγαλύτερη ανάγκη σε νερό έχει το βαμβάκι κατά την πλήρη άνθηση, όταν ήδη έχει σχηματίσει αρκετά καρύδια. Γενικώς το βαμβακόφυτο, αφού περάσει το νεαρό βλαστικό στάδιο, είναι πολύ ευαίσθητο στη σοβαρή μείωση της εδαφικής υγρασίας αλλά και περιορισμένη μείωση καθλώνει την ανάπτυξη, προκαλεί πτώση χτενιών, ανθέων και καρυδιών και σε περίπτωση που συνεχίζεται μειώνει την απόδοση και τη ποιότητα του προϊόντος. Όταν τα καρύδια ωριμάζουν κάτω από συνθήκες ξηρασίας, συνήθως ο σπόρος γίνεται

ελαφρύτερος (η γεωργική πρακτική έδειξε ότι μείωση του αριθμού των αρδεύσεων κατά μία ή ακόμα και μείωση της δόσης άρδευσης σε μία και μόνο άρδευση κατά την περίοδο της ωρίμανσης των καρυδιών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής κατά 45 – 60 Kg/Στρ.), η περιεκτικότητά του σε λάδι μειώνεται και η αναλογία ίνας προς σπόρο μεγαλώνει. Όταν επικρατεί έντονη ξηρασία, η εκατοστιαία αναλογία ίνας μειώνεται (χωρίς να μειώνεται οπωσδήποτε το μήκος της ίνας) και οι ίνες παρουσιάζονται με λεπτότερα κυτταρικά τοιχώματα και με γωνίες (neps), χαρακτηριστικά που υποβαθμίζουν την ποιότητα του νήματος. Το μήκος της ίνας μειώνεται, όταν η στέρση παρουσιάζεται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του καρυδιού (Χριστίδης 1965, Grimes et al. 1969) . Μερικές ποικιλίες βαμβακιού δημιουργήθηκαν με ανοχή στην ξηρασία. Κατά κανόνα κοντόινες ποικιλίες υποβαθμίζονται λιγότερο ποιοτικώς από τις μακρόινες, όταν υπάρχει έλλειψη υγρασίας. Ποικιλίες προσαρμοσμένες σε δυσμενείς συνθήκες συχνά παράγουν συγκριτικά χειρότερη ίνα, όταν ωριμάζουν κάτω από συνθήκες υγρασίας, που είναι ιδανικές για άλλες ποικιλίες.

Η περίσσεια υγρασίας μπορεί επίσης να είναι επιβλαβής, ειδικότερα στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σε πλημμυρισμένο έδαφος ο βαμβακόσπορος κατά το στάδιο φυτρώματος και τα νεαρά φυτάρια αργότερα νεκρώνονται από ασφυξία. Υπερβολική εδαφική υγρασία σε πιο προχωρημένα στάδια αναπτύξεως, επειδή αποκλείει τον καλό αερισμό, τείνει να εμποδίσει το φυτό από το να αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα και έτσι αργότερα γίνεται πιο ευαίσθητο στην ξηρασία. Όταν πια το φυτό αναπτύξει το ριζικό του σύστημα, σε ικανοποιητικό βάθος, σπάνια μπορεί να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες για όλο το ριζικό σύστημα.

Υπερβολική εδαφική υγρασία κατά τη βλαστική ανάπτυξη του φυτού, ειδικότερα, όταν συνδυάζεται με χαμηλές θερμοκρασίες, όπως συχνά συμβαίνει στην Ελλάδα, οψιμίζει την παραγωγή. Για το λόγο αυτό συνιστάται, σε όψιμες φυτείες και περιοχές, η αποφυγή των αρδεύσεων μέχρι τον σχηματισμό των πρώτων χτενιών ή και των πρώτων ανθέων. Από την έναρξη ανθοφορίας και μετά το βαμβακόφυτο δεν πρέπει να διψάσει.

Υπερβολική υγρασία, την περίοδο που ωριμάζουν τα κατώτερα καρύδια, περιορίζει συχνά την απόδοση, γιατί συντελεί στη σήψη αυτών των καρυδιών.

Η τεχνητή αποφύλλωση των φυτών και η πνοή αποξηραντικού ανέμου, την περίοδο αυτή, περιορίζουν τη σήψη και διευκολύνουν το άνοιγμα των καρυδιών. Παπανικολάου Χρήστος (2006)

1.4. Άρδευση

Η επέκταση των αρδεύσεων ήταν για τη χώρα μας ένας από τους συντελεστές της αύξησης των στρεμματικών αποδόσεων. Αποδείχτηκε ότι η άρδευση ήταν προϋπόθεση για να εκδηλωθεί η ωφελιμότητα της λίπανσης, καθώς και ο δυναμισμός των βελτιωμένων ποικιλιών. Σήμερα στη χώρα μας το σύνολο σχεδόν της βαμβακοκαλλιέργειας (95%) αρδεύεται. Η κακή διαχείριση των αρδεύσεως μπορεί να προκαλέσει σημαντική οψίμιση της παραγωγής, ενώ περίσσεια νερού μπορεί να αυξήσει την ανθόρροια και καρπόρροια. Η εποχή αρδεύσεως, η συχνότητα και η ποσότητα νερού στη κάθε άρδευση είναι παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη πρωιμότητα, το ύψος και την ποιότητα της παραγωγής και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως τη μηχανική σύσταση του εδάφους, την ποικιλία, την πρωιμότητα της φυτείας, τη λίπανση κ.ά. (Χριστίδης 1965).

1.4.1 Χρόνος εφαρμογής των αρδεύσεων

Οι αρδεύσεις ανάλογα με το χρόνο εφαρμογής τους χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) Άρδευση για το φύτερωμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών.

Τα ποτίσματα αυτά πρέπει να γίνονται μόνο σε περιπτώσεις που είναι τελείως απαραίτητα. Το πότισμα για το φύτερωμα γίνεται πριν ή μετά τη σπορά, είναι ελαφρύ και αποσκοπεί στο να φτάσει στο βάθος της ήδη υπάρχουσας υγρασίας. Γίνονται συνήθως με τεχνητή βροχή.

2) Άρδευση για την ανάπτυξη. Στη Νότια και Κεντρική Ελλάδα και σπανιότερα στη Βόρεια Ελλάδα, στις περιπτώσεις που τα βαμβακόφυτα μένουν καθυστερημένα και κινδυνεύουν να μπούνε στο αναπαραγωγικό στάδιο με ανεπαρκή βλαστική ανάπτυξη, είναι ωφέλιμο ένα έως δύο ποτίσματα αναπτύξεως, που γίνονται τον Μάιο με αρχές Ιουνίου. Τα ποτίσματα 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.

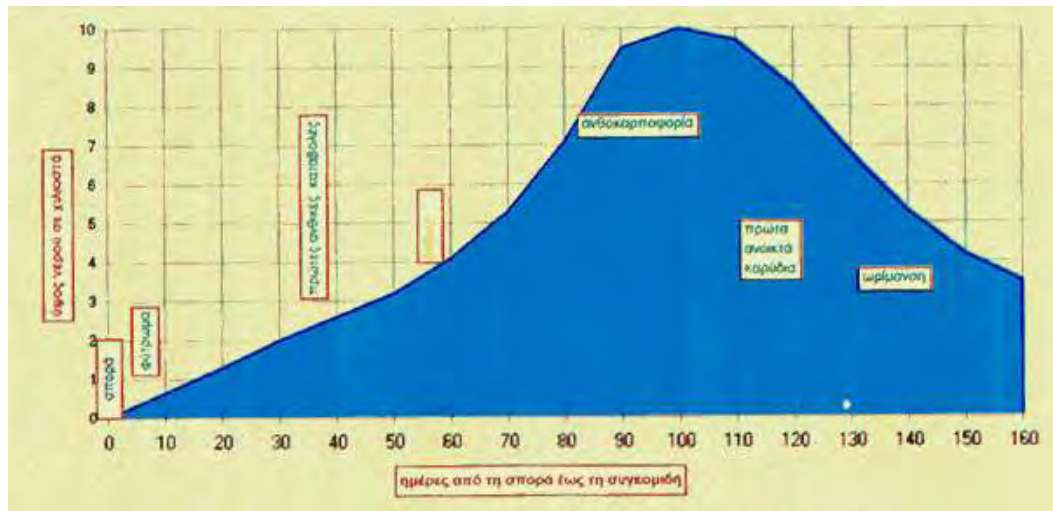
3) Αρδεύσεις καρποφορίας. Είναι οι πιο απαραίτητες για τη βαμβακοκαλλιέργεια, γιατί και η κριτική περίοδος του βαμβακιού αρχίζει, όταν το φυτό σχηματίζει τα πρώτα του καρύδια. Η ανάγκη για άρδευση προσδιορίζεται κυρίως από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει στα 10 – 15 cm. Υπάρχουν επίσης διάφορα όργανα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για άμεση μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Τα φύλλα των βαμβακοφύτων που διψούν αποκτούν κυανοπράσινο χρωματισμό και δείχνουν 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 πολλά πειράματα βρέθηκε ότι η πρόωρη έναρξη των ποτισμάτων καρποφορίας (πρώτο πότισμα) καθώς και το υπερβολικό πότισμα αργότερα ευνοούν την ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, οψιμίζουν και μειώνουν την παραγωγή και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος, ιδιαίτερα όταν επικρατήσουν αντίξοες συνθήκες ωρίμανσης και παραγωγής. Εξίσου όμως ζημιογόνος για τη ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής μπορεί να αποβεί, ιδιαίτερα για πρώιμη ποικιλία και φυτεία η καθυστερημένη έναρξη του ποτίσματος. Κατάλληλη εποχή για το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι η έναρξη της ανθοφορίας για τις πρώιμες ποικιλίες και λίγο αργότερα, όταν το φυτό δέσει τα πρώτα καρύδια, για τις οψιμότερες ποικιλίες. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι πιο ελαφρύ από τα επόμενα. Κατά την υπόλοιπη διάρκεια της περιόδου ανθοφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Ο αριθμός των αρδεύσεων εξαρτάται από την ποικιλία, τον πληθυσμό των φυτών, την ανάπτυξη της καρποφορίας της φυτείας, τις καιρικές συνθήκες και βέβαια από την ποσότητα του χορηγούμενου νερού. Συνήθως ο αριθμός των ποτισμάτων καρποφορίας πρέπει να είναι 2-5, λαμβάνοντας υπόψη ότι το βαμβάκι ως βαθύρριζο φυτό θέλει αραιότερες αρδεύσεις από το καλαμπόκι αλλά με μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

Η ποσότητα του νερού αρδεύσεως εξαρτάται κυρίως από την υδατοϊκανότητα του εδάφους. Ελαφρύτερο πότισμα έχει συχνά ως

αποτέλεσμα να παραμείνει το φυτό επιπολαιόρριζο και επομένως να έχει ανάγκη από περισσότερη ποσότητα νερού, ενώ βαρύτερο πότισμα δημιουργεί, ιδιαίτερα στα ελαφρά εδάφη, βαθιά διήθηση με όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις και στα βαριά κακό αερισμό και χαμηλή θερμοκρασία στο περιβάλλον των ριζών. Η πτώση της θερμοκρασίας, που είναι ιδιαίτερα έντονη, όταν το νερό του ποτίσματος είναι κρύο (από φρέαρ), αυξάνει τη μόλυνση των φυτών από βερτισιλλίωση. Οι αρδεύσεις καρποφορίας περατώνονται συνήθως, αναλόγως της πρωιμότητας της φυτείας και των καιρικών συνθηκών, περί τα μέσα Αυγούστου.

4) Αρδεύσεις παραγωγής. 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 ωρίμανσης, επιβάλλεται να δίνονται 1 – 2 ποτίσματα μέχρι και τέλη Σεπτεμβρίου, ακόμη και μετά το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών. Τα ποτίσματα αυτά αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις πολύ ωφέλιμα για την αύξηση της παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας των όψιμων καρυδιών. Ειδικότερα για τη νοτιότερη Ελλάδα, όπου ο κίνδυνος της οψιμότητας είναι μικρότερος από τα βορειότερα διαμερίσματα, η πρόωρη περάτωση των αρδεύσεων, πολλές φορές και πριν τις 15 Αυγούστου είναι αιτία για την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής (Χριστίδης 1965). Στην Εικ. 1.3 φαίνονται οι ανάγκες του βαμβακιού σε νερό. Στον Πίνακα 1.4 φαίνεται η ποσότητα νερού για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού ανά ημέρα που απαιτείται για μια μέση παραγωγή 350 – 400 Kg/στρ.



Εικόνα 1

Εικόνα 1.3 Διακύμανση των αναγκών του βαμβακιού σε νερό

Πίνακας 1.4

Ενδεικτικές ποσότητες νερού ανά ημέρα και βδομάδα για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού

Στάδιο ανάπτυξης	Ποσότητες νερού ανά ημέρα	Ποσότητες νερού ανά εβδομάδα
Πρώτο άνθος	3,8mm	25mm
Δεύτερη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	5,6mm	38mm
Τρίτη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	7,6mm	50mm
Τέταρτη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	7,6mm	50mm
Πέμπτη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	5,6mm	38mm
Έκτη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	5,6mm	38mm
Έβδομη εβδομάδα από το πρώτο άνθος	3,8mm	25mm



Άρδευση με μπεκάκια



Άρδευση με πολυμπέκ (ράμπτα)

Εικόνες 1.5 Διάφορα συστήματα τεχνητής βροχής

Κατά την άρδευση με τεχνητή βροχή ή καταιονισμό, το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του αγρού σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής και διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα. Σε σύγκριση με τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης, η άρδευση με τεχνητή βροχή μπορεί να αξιοποιήσει μικρότερες παροχές νερού και μεγαλύτερη ποικιλία εδαφικών συνθηκών (όπως πολύ διαπερατά εδάφη, αβαθή εδάφη, με υψηλή υπόγεια στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, μεγαλύτερη κλίση ή ανώμαλη τοπογραφία), για όλες σχεδόν τις καλλιέργειες. Θεωρείται επίσης ότι είναι πιο εύκολη όσον αφορά την εξοικείωση των παραγωγών εφόσον είναι πιο εύκολο να ρυθμιστεί η ποσότητα νερού που θα δοθεί στο χωράφι, με την προϋπόθεση ότι έχει προηγηθεί καλός σχεδιασμός και μελέτη.

Πριν την αγορά, εγκατάσταση και λειτουργία του αρδευτικού συστήματος, πρέπει να λαμβάνει χώρα σχεδιασμός και μελέτη, με σκοπό η κατανομή του νερού στον αγρό να γίνεται ομοιόμορφα και χωρίς σημαντικές απώλειες νερού σε βάθεια διήθηση, εξάτμιση ή επιφανειακή απορροή.

Κατά τη διάρκεια της άρδευσης ο ρυθμός εφαρμογής του νερού πρέπει κάθε στιγμή να είναι, κατά το δυνατόν, ίσος με ή μικρότερος από το ρυθμό που το έδαφος μπορεί να απορροφήσει το νερό, δηλαδή την εκάστοτε στιγμιαία διηθητικότητα. Αυτό είναι επιθυμητό ώστε να μην προκύψει ποσότητα νερού που δε θα διηθηθεί στο έδαφος και το οποίο θα καταλήξει να απορρέει επιφανειακά παρασύροντας μαζί του και λιπάσματα.

Για το σκοπό αυτό η επιλογή των εκτοξευτήρων (με την αντίστοιχη διάταξη αυτών – σε περίπτωση που δεν αρδεύει ένας μόνο εκτοξευτήρας) προς αγορά και χρήση πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η ένταση του καταιονισμού (δηλαδή ο ρυθμός εφαρμογής του νερού) των εκτοξευτήρων να είναι περίπου ίση με τη βασική διηθητικότητα του αρδευόμενου εδάφους. Για να γίνει η σύγκριση πρέπει κατ' αρχήν ο ρυθμός του καταιονιζόμενου νερού από τους εκτοξευτήρες, στη προβλεπόμενη διάταξη, και ο ρυθμός του διηθούμενου νερού (βασική διηθητικότητα) να είναι εκφρασμένα με τον ίδιο τρόπο και συνήθως εκφράζονται σε χιλιοστά ύψους νερού ανά ώρα (mm/h). Εάν αρδεύεται κεκλιμένος αγρός, τότε οι παραγωγοί πρέπει να λάβουν υπόψη τους ότι λόγω της κλίσης η επιφανειακή απορροή εμφανίζεται νωρίτερα, δηλαδή πριν η διηθητικότητα του εδάφους φθάσει στην τελική της τιμή. Η κλίση λειτουργεί μειωτικά ως προς την διηθητική ικανότητα του εδάφους.

Με βάση την τιμή της βασικής διηθητικότητας του εδάφους και με χρήση των ειδικών πινάκων των κατασκευαστών που αφορά την περίπτωση συστήματος εκτοξευτήρων, γίνεται η εκλογή του κατάλληλου εκτοξευτήρα (διάμετρος και πίεση λειτουργίας ακροφυσίου) με την αντίστοιχη διάταξη, έτσι ώστε να ελέγχονται οι απώλειες από επιφανειακή απορροή στο υπό άρδευση έδαφος. Η σωστή επιλογή του αρδευτικού συστήματος εκ μέρους των παραγωγών αποσκοπεί στο να ελεγχθούν οι απώλειες νερού από επιφανειακή απορροή. Πρέπει να διευκρινισθεί ότι αν χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός που έχει ρυθμό εφαρμογής νερού χαμηλότερο από τη βασική διηθητικότητα, να μην

εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν καθόλου απώλειες νερού σε επιφανειακή απορροή, αλλά έτσι:

1) κινδυνεύει να αυξηθεί υπερβολικά η διάρκεια της άρδευσης και να καταστεί πρακτικώς μη εφαρμόσιμη, και

2) λόγω της αργής χορήγησης του νερού, αυτό θα εκτίθεται περισσότερο στο αέριο περιβάλλον, οπότε διευκολύνονται οι απώλειες από εξάτμιση.

Για αυτούς τους λόγους συστήνεται η επιλογή εξοπλισμού με ρυθμό εφαρμογής περίπου ίσο με τη βασική διηθητικότητα του εδάφους. Συστήνεται επίσης να αποφεύγεται η άρδευση κατά τις μεσημεριανές ώρες, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από εξάτμιση.

Η επόμενη μέριμνα των παραγωγών είναι ο έλεγχος της διάρκειας άρδευσης. Αυτό γιατί:

1) Αν ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός χαρακτηρίζεται από ρυθμό εφαρμογής του νερού ελαφρά μεγαλύτερο από τη βασική διηθητικότητα του εδάφους, ελέγχοντας τη διάρκεια άρδευσης, οι παραγωγοί μπορούν να σταματήσουν την άρδευση σύντομα αφού διαπιστώσουν ότι η διηθητικότητα του εδάφους έφτασε στη χαμηλή της τιμή (βασική διηθητικότητα). Έτσι περιορίζουν τις απώλειες επιφανειακής απορροής. Μέχρι η διηθητικότητα να φτάσει στη βασική της τιμή, μπορεί να παρέλθουν λίγες ώρες άρδευσης. Αν ακολουθώντας μια τέτοια πρακτική, δεν επιτυγχάνεται η προκαθορισμένη δόση άρδευσης, τότε, η άρδευση πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνότερα με μικρότερες δόσεις για την ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό.

2) Με δεδομένη την παροχή άρδευσης, η διάρκεια άρδευσης καθορίζει την επίτευξη της χορήγησης συγκεκριμένης δόσης νερού στον αγρό, ώστε δηλαδή να αποθηκευτεί αρκετό νερό στον όγκο του ενεργού ριζοστρώματος, χωρίς σημαντικές απώλειες νερού και αζωτούχων λιπασμάτων στα βαθύτερα στρώματα. Αν λόγω μεγάλης διάρκειας άρδευσης, γίνει υπέρβαση της προκαθορισμένης δόσης, αυτό έχει σαν συνέπεια μεγάλες απώλειες νερού σε βάθια διήθηση, και άρα στην επόμενη άρδευση η διάρκεια άρδευσης πρέπει να μειωθεί.

3) Για την επιτυχή εφαρμογή της άρδευσης, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, σε ύψος που επιλέγεται ανάλογα με το ύψος της καλλιέργειας, με την υποστήριξη σωλήνων ανύψωσης. Εάν οι

εκτοξευτήρες δεν τοποθετηθούν καταλλήλως, η άρδευση δυσχεραίνεται, γίνεται πολύ ανομοιόμορφη κι τελικά χάνεται νερό.

Όλος ο εξοπλισμός (σωλήνες, συνδέσεις, βαλβίδες διακόπτες, ρυθμιστές πίεσης, μετρητές παροχής και ότι άλλο) πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση προκειμένου να αποφεύγονται προβλήματα στην άρδευση, μεταξύ των οποίων και οι απώλειες νερού.

4) Επιπρόσθετα, σημαντική παράμετρο για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνητής βροχής χωρίς σημαντικές απώλειες νερού, αποτελεί και ο άνεμος. Προκαλεί παραμόρφωση της κατανομής του νερού στον αγρό, ανάλογα με τη ταχύτητά του. Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 4 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec), που αντιστοιχούν σε 14,4 χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) ή ένταση ανέμου 3 Beaufort, η άρδευση πρέπει να διακόπτεται, καθώς είναι γνωστό ότι η κατανομή του νερού από το καταιονισμό με τέτοιο άνεμο είναι πολύ ανομοιόμορφη. Αυτό είναι ακόμη πιο ανεπιθύμητο εάν με την άρδευση λαμβάνει χώρα και υδρολίπανση. Άρα οι παραγωγοί για την επιτυχή εφαρμογή της άρδευσης με τεχνητή βροχή πρέπει να παρακολουθούν τις προβλέψεις των μετεωρολογικών συνθηκών των επόμενων ημερών.

Η στάγδην άρδευση είχε πολύ περιορισμένη εφαρμογή στη βαμβακοκαλλιέργεια μέχρι πρόσφατα, αλλά παρουσιάζει γρήγορη επέκταση, ώστε το 1998 είχε καταλάβει ήδη το 50% των εκτάσεων στη Θεσσαλία. Το νερό σταλάζει από την οπή των σταλακτήρων που είναι ενσωματωμένοι σε σωλήνες πολυαιθυλενίου, χωρίς να διαβρέχεται το φυτό. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες απλώνονται (και μαζεύονται αυτομάτως ανά δεύτερη γραμμή βαμβακιού) όπως φαίνεται στην Εικ.1.6. Παρά το υψηλό κόστος προμήθειας του συστήματος και της περιορισμένης διάρκειας ζωής του δικτύου (ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων μαζέματος, απλώματος και συντήρησης αύξησε τη διάρκεια ζωής τους), το σύστημα αυτό άρχισε να επεκτείνεται ακόμη και σε μη παραδοσιακές βαμβακοπαραγωγές περιοχές, γιατί έχει πολλά πλεονεκτήματα. Παπανικολάου Χρήστος (2006)

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Οικονομία στο νερό, μέχρι και 40% (μικρές απώλειες λόγω εξάτμισης ή βαθιάς διήθησης).

- Ομοιόμορφη άρδευση (δεν επηρεάζεται από τον άνεμο), ανεξαρτήτως τύπου εδαφών και ανάγλυφου.

- Αποτελεσματική τροφοδοσία των φυτών με νερό (πρακτικώς συνεχής τροφοδοσία) και με αποφυγή υποβάθμισης πέραν του “σημείου μόνιμης μαράνσεως” και υπέρβασης της “υδατοϊκανότητας” του εδάφους.

- Δυνατότητα εφαρμογής υδρολιπάνσεως.

- Μείωση των ζιζανίων, γιατί δεν διαβρέχεται όλη η έκταση και γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθούν ζιζανιοκτόνα, αλλά και των ασθενειών που ευνοούνται από την διαβροχή των φύλλων.

- Αναφέρεται επίσης πως έτσι επιτυγχάνεται πρωίμηση και αύξηση της παραγωγής.

Η στάγδην άρδευση εφαρμόζεται στον αγρό συνήθως μετά το τελευταίο σκάλισμα, όταν αρχίζουν τα ποτίσματα καρποφορίας και τα βαμβακόφυτα έχουν αναπτύξει επαρκές ριζικό σύστημα, ενώ για τα προηγούμενα στάδια δεν θεωρείται αποτελεσματική. Απαιτείται επίσης ικανοποιητικό φιλτράρισμα νερού προς αποφυγή εμφράξεων των σταλακτήρων. Η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού σε συνδυασμό με το συνεχώς αυξανόμενο πρόβλημα της λειψυδρίας, καθιστά τη μέθοδο αυτή πολύ ελκυστική στο πλαίσιο της νέας γεωργίας των μειωμένων εισροών. Τα τελευταία χρόνια γίνονται εφαρμογές υπόγειας στάγδην άρδευσης στις Η.Π.Α. και στο Ισραήλ, ενώ το σύστημα, για το οποίο αναφέρονται πολλά πλεονεκτήματα, αρχίζει να προκαλεί ενδιαφέρον και στην Ελλάδα.

Το 1995 από τα 4.224.000 στρ. βαμβακιού που αρδεύτηκαν στη χώρα μας με τεχνητή βροχή εφαρμόστηκε σε ποσοστό 82,8% (28,4% με χειρομετακινούμενους αγωγούς και 54,4% με αυτοκινούμενα καρούλια), η στάγδην άρδευση σε ποσοστό 14,8% και η μέθοδος με αυλάκια περιορίστηκε στο 2,4% (Οργανισμός Βάμβακος: Έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού 1995). Στην Εικ. 1.7 φαίνονται διάφορα εξαρτήματα που συμπληρώνουν ένα σύστημα στάγδην άρδευσης.



Εικόνα 1.6 Άπλωμα και μάζεμα σταλακτηφόρων σωλήνων



Φίλτρα καθαρισμού του νερού άρδευσης



Υδρολυπαντήρας



Αγωγός εφαρμογής και βανάκι με ενσωματωμένο φίλτρο
Εικόνα 1.7 Εξαρτήματα συστήματος στάγδην άρδευσης

Κατά τη στάγδην άρδευση το νερό χορηγείται σε μέρος του εδάφους της καλλιέργειας και συγκεκριμένα κατευθείαν στη περιοχή του ριζικού συστήματος κάθε φυτού. Διαφοροποιείται από τις κλασσικές μεθόδους άρδευσης (επιφανειακή άρδευση και τεχνητή βροχή) κατά τις οποίες το νερό αποθηκεύεται σε όλο το έδαφος της καλλιέργειας (δηλαδή στον εδαφικό όγκο που ορίζεται από όλη την καλλιεργούμενη επιφάνεια κι εκτείνεται ως το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος).

Το νερό χορηγείται στο κάθε φυτό με μικρές παροχές (της τάξεως των 2-10 λίτρων ανά ώρα), και οι αρδεύσεις γίνονται συχνότερα σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους (έως και καθημερινά). Υγραίνεται μόνο το έδαφος που περιβάλλει – βρίσκεται κοντά στις ρίζες (το κυριότερο άνω μέρος τους) του κάθε φυτού, ενώ ταυτόχρονα όλα τα είδη απωλειών αρδευτικού νερού (εξάτμιση, βαθεία διήθηση, επιφανειακή απορροή), είναι πολύ μειωμένα. Έτσι η συνολική κατανάλωση νερού κατά τη στάγδην άρδευση είναι προδήλως μικρότερη από ότι κατά τις κλασσικές μεθόδους (επιφανειακή άρδευση, τεχνητή βροχή). Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους άρδευσης προσαρμόζεται καλύτερα σε κεκλιμένα ή ανώμαλης τοπογραφίας (μη ισοπεδωμένα) εδάφη. Με κατάλληλο εξοπλισμό είναι εφικτό στο νερό άρδευσης να προ-διαλύεται λίπασμα, και να χορηγείται μαζί με το νερό άρδευσης στο κάθε φυτό.

Το όλο σύστημα είναι επιδεκτικό αυτοματισμών και άρα, εφόσον έχει εγκατασταθεί και ρυθμιστεί κατάλληλα, παρέχει τη δυνατότητα επαρκούς ελέγχου των χορηγούμενων ποσοτήτων νερού. Για τον ίδιο λόγο, η στάγδην άρδευση δίνει τη δυνατότητα σταδιακής, κατά δόσεις, εφαρμογής υδρολίπανσης, με αντίστοιχα χαμηλές απώλειες λιπάσματος.

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, σε σύγκριση με τις κλασσικές μεθόδους άρδευσης θεωρείται ότι είναι η καταλληλότερη προς χρήση – όπου είναι εφικτό να εφαρμοστεί, όσον αφορά την προστασία από τη νιτρορύπανση. Μέχρι στιγμής η στάγδην άρδευση δεν εφαρμόζεται σε καλλιέργειες που καλύπτουν όλη την έκταση του αγρού, όπως πχ η μηδική. 4.

Τα μόνα σημαντικά μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης είναι:

- Το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.
- Απαιτείται η χρήση κατά το δυνατόν καθαρού νερού, και ο προσεκτικός και αποτελεσματικός καθαρισμός από αιωρούμενα υλικά. Για το λόγο

αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται και διάφορες μέθοδοι καθαρισμού (λεκάνες ηρεμίας για καθίζηση φερτών υλικών, φίλτρα – τα οποία παρέχουν μηχανική προστασία και όχι χημική) στη κεφαλή του δικτύου διανομής του νερού αλλά και στις γραμμές άρδευσης.

- Η πιθανή εμφάνιση τροφοπενιών: αιτία αυτής είναι το ότι το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται πάντοτε στο τμήμα του εδάφους που συνεχώς υγραίνεται από τους σταλακτήρες. Εάν λείψουν έστω και μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το κάθε φυτό, οι ρίζες του δεν εκτείνονται πέραν της περιοχής ύγρανσης, ώστε να αντλήσουν τα θρεπτικά στοιχεία που τους λείπουν. Αυτό το θέμα αντιμετωπίζεται με τη συνεπή εφαρμογή των υπολογισμένων δόσεων λίπανσης μαζί με την άρδευση.

Γενικότερα, επειδή με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης υγραίνεται τμήμα μόνο του εδάφους, η διασπορά των λιπασμάτων σε όλη την επιφάνεια κατά το συνηθισμένο τρόπο λίπανσης δεν συνιστάται, γιατί τα λιπαντικά στοιχεία στα ξερά τμήματα του εδάφους δεν μπορούν να μετακινηθούν με το νερό άρδευσης. Γιαυτό αποτελεσματικότερη είναι η προσθήκη των λιπαντικών στοιχείων στο νερό της άρδευσης, που παρέχει και τη δυνατότητα εφαρμογής της λίπανσης περισσότερες φορές και σε μικρότερες δόσεις. Με τη μέθοδο αυτή της υδρολίπανσης τα φυτά έχουν στη διάθεσή τους λιπαντικά στοιχεία, τα οποία και απορροφούν αδιάκοπα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης και απόδοσης.

Όλος ο εξοπλισμός (δεξαμενές, φίλτρα, σωλήνες σταθεροί ή εύκαμπτοι, συνδέσεις, βαλβίδες διακόπτες, ρυθμιστές πίεσης, μετρητές παροχής, κ.ά.) πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση προκειμένου να αποφεύγονται προβλήματα στην άρδευση, μεταξύ των οποίων και οι απώλειες νερού.

1.4.2 Άρδευση με καταιονισμό.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου με καταιονισμό σε σχέση με τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης, είναι τα εξής:

- Ποιοτικά καλύτερη εφαρμογή του αρδευτικού νερού (μεγαλύτερος βαθμός ομοιομορφίας διανομής).
- Καλύτερος έλεγχος εφαρμογής του νερού (δυνατότητα εφαρμογής του ύψους που απαιτείται, δυνατότητα εφαρμογής μικρών δόσεων).
- Δυνατότητα άρδευσης εδαφών και περιοχών μη κατάλληλων για επιφανειακή άρδευση (εδάφη μεγάλης διηθητικότητας, γεωργικές εκτάσεις με μεγάλη κλίση). Για την άρδευση με καταιονισμό δεν είναι απαραίτητη η συστηματοποίηση των εδαφών.
- Δυνατότητα αξιοποίησης μικρών παροχών νερού.
- Δυνατότητα χρήσης του δικτύου για άλλους σκοπούς (π.χ. αντιπαγετική προστασία).

Ωστόσο η μέθοδος της τεχνητής βροχής παρουσιάζει σημαντικές απώλειες που σχετίζονται άμεσα με τις συνθήκες που επικρατούν. Συγκεκριμένα αν υπάρχει άπνοια την νύχτα που δεν έχουμε εξάτμιση, οι απώλειες είναι της τάξης του 10%. Την ημέρα το ποσοστό ανεβαίνει στο 30% με κανονικές καιρικές συνθήκες και μπορεί να φτάσει και στο 60% - 70% αν έχουμε αέρα. Επιπλέον η μέθοδος της τεχνητής βροχής παρουσιάζει υψηλότερες δαπάνες αρχικής εγκατάστασης και λειτουργίας συγκριτικά με την επιφανειακή άρδευση. Στα θετικά της μεθόδου θα πρέπει να ληφθεί η καλύτερη ομοιομορφία εφαρμογής του νερού ενώ βρίσκει εφαρμογή σε οριζόντιες και επικλινείς εκτάσεις. Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία των καλλιεργειών από τον παγετό κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών.

Στην περίπτωση που οι προς άρδευση εκτάσεις είναι κατάλληλες τόσο για άρδευση με καταιονισμό όσο και για επιφανειακές μεθόδους άρδευσης ιδιαίτερη βαρύτητα αποκτούν τα δύο πρώτα πλεονεκτήματα της μεθόδου του καταιονισμού που έχουν ως συνέπεια τη σημαντική οικονομία αρδευτικού νερού και τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης κατά την εφαρμογή. Στον κλασικό καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του χωραφιού ως 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 είναι αρκετά ομοιόμορφη χωρίς να παρατηρείται λίμνασμα και η επιφανειακή απορροή είναι μηδενική. Ο καταιονισμός μπορεί να εφαρμοστεί για την άρδευση όλων σχεδόν των καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση χωραφιών που έχουν ανομοιόμορφα εδάφη, αβαθή, πολύ διαπερατά, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία, μπορεί δε να εφαρμόζεται και όταν η διατιθέμενη παροχή είναι σχετικά μικρή.

Ένα τυπικό σύστημα καταιονισμού αποτελείται από το αντλητικό συγκρότημα, το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο εφαρμογής. Το αντλητικό συγκρότημα αποτελείται από τον κινητήρα και την αντλία και έχει σκοπό να εξασφαλίζει την παροχή και το φορτίο που χρειάζονται για τη σωστή λειτουργία του αρδευτικού δικτύου. Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από αγωγούς που είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα, αλουμίνιο ή πλαστικό (PVC) και έχει προορισμό να μεταφέρει το νερό που χρειάζεται με την απαιτούμενη πίεση σε όλες τις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής με σκοπό την καλή λειτουργία τους και την κάλυψη των αναγκών κατά την περίοδο αιχμής ζήτησης νερού από τις καλλιέργειες. Αυτό είναι και το κριτήριο της επιλογής των διαμέτρων κατά τον υπολογισμό των αγωγών μεταφοράς ενός δικτύου. Αν το φορτίο για τη λειτουργία του δικτύου παρέχεται από αντλητικό συγκρότημα, οι διάμετροι των αγωγών πρέπει να επιλέγονται έτσι που να υπάρχει μια εξισορρόπηση μεταξύ της αρχικής δαπάνης εγκατάστασης και του κόστους λειτουργίας του αντλητικού συγκροτήματος.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από αγωγούς που στη μεγάλη τους πλειοψηφία είναι κατασκευασμένοι από αλουμίνιο και σε μικρότερο ποσοστό από πλαστικό (PVC), πάνω στους οποίους τοποθετούνται οι εκτοξευτήρες. Πρέπει να εξασφαλίζει καλή ομοιομορφία κατανομής του νερού πάνω στο χωράφι, η οποία είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των εκτοξευτήρων και της διάταξής τους, δηλαδή της μεταξύ τους απόστασης πάνω στους αγωγούς εφαρμογής και της απόστασης των αγωγών αυτών μεταξύ τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο ρυθμό εφαρμογής του νερού στο χωράφι, δηλαδή το ύψος του νερού που εφαρμόζεται στο χωράφι ανά ώρα. Ο ρυθμός

αυτός είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του εδάφους, όπως αυτά αντιπροσωπεύονται από τη διηθητικότητα του. Με τη μέθοδο του καταιονισμού επιδιώκεται ο μηδενισμός της επιφανειακής απορροής και η εξασφάλιση συνθηκών ακόρεστης ροής του νερού στο έδαφος. Αυτό σημαίνει ότι στην επιφάνεια του χωραφιού δεν πρέπει να λιμνάζει νερό, δηλαδή ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να είναι πάντοτε μικρότερος ή ίσος με τη διηθητικότητα του εδάφους που αντιστοιχεί σε χρόνο ίσο με τη διάρκεια της άρδευσης. Με βάση το ρυθμό εφαρμογής γίνεται, κατ' αρχήν, η επιλογή του κατάλληλου τύπου του εκτοξευτήρα.

Οι εκτοξευτήρες στέλνουν το νερό στον αέρα με τη μορφή σταγόνων μέσα από τα ακροφύσια τα οποία ρυθμίζουν την παροχή, την ακτίνα εκτόξευσης, την κατανομή και το μέγεθος των σταγόνων. Οι εκτοξευτήρες κατασκευάζονται σε πολλά είδη και μεγέθη που λειτουργούν κάτω από ένα εύρος πιέσεων που αρχίζουν από μερικά δέκατα της ατμόσφαιρας και φθάνουν μέχρι τις 7 atm. Οι μικροί, χαμηλής πίεσης, εκτοξευτήρες λειτουργούν με πιέσεις από 0,8 - 2atm και έχουν παροχές που κυμαίνονται από 35-400 l/hr, είναι δε κατασκευασμένοι έτσι που να δίνουν σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο 70% περίπου της ακτίνας εκτόξευσης που ποικίλει από 1,5 - 5m. Οι μεγάλοι, υψηλής πίεσης, εκτοξευτήρες λειτουργούν με πιέσεις από 3 - 7atm, είναι περιστροφικού τύπου, με ένα ή δύο ακροφύσια, έχουν παροχή που κυμαίνεται από 20-150 m³/hr και δίνουν κατά προσέγγιση ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο 70-80% περίπου της ακτίνας εκτόξευσης που ποικίλει από 30-80 m. Ανάμεσα στους δύο αυτούς τύπους υπάρχει μια κατηγορία εκτοξευτήρων μέσης πίεσης περιστροφικού τύπου βραδείας περιστροφής, με ένα ή δύο ακροφύσια, που λειτουργούν με πιέσεις από 1,5 - 3 atm και έχουν παροχές από 0,5 - 5 m³/hr. Η κατανομή του νερού που εξασφαλίζουν είναι κατά κανόνα τριγωνική με το μεγαλύτερο ύψος στη θέση του εκτοξευτήρα. Οι εκτοξευτήρες αυτοί αποτελούν τον κύριο τύπο που χρησιμοποιείται στα δίκτυα καταιονισμού που αποσκοπούν στην ομοιόμορφη άρδευση όλης της επιφάνειας των χωραφιών. Οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, σε ύψος που διαμορφώνεται ανάλογα με το αντίστοιχο ύψος της καλλιέργειας, με τη βοήθεια σωλήνων ανύψωσης. Το μήκος των σωλήνων αυτών ποικίλει κατά περίπτωση από 0,2 - 2,5m.

Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης και λειτουργίας, τα συστήματα καταιονισμού διακρίνονται σε μόνιμα, ημιμόνιμα και μεταφερόμενα. Στα μόνιμα συστήματα οι αγωγοί εφαρμογής και μεταφοράς τοποθετούνται σε μόνιμες θέσεις και είναι κατά κανόνα υπόγειοι. Επίσης σταθερή είναι η θέση των εκτοξευτήρων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών μεγάλης αξίας και χορτοταπήτων, γιατί η δαπάνη εγκατάστασής τους είναι μεγάλη. Στα ημιμόνιμα συστήματα οι αγωγοί εφαρμογής είναι μεταφερόμενοι ενώ οι αγωγοί μεταφοράς είναι μόνιμοι και, συνήθως, υπόγειοι. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση οπωρώνων. Στα μεταφερόμενα συστήματα όλα τα τμήματα είναι κινητά, μπορεί δε να μεταφέρονται από χωράφι σε χωράφι και από θέση σε θέση μέσα στο ίδιο χωράφι. Τα συστήματα αυτά είναι πολύ διαδομένα και χρησιμοποιούνται για άρδευση πολλών ετήσιων καλλιεργειών και της μηδικής.

Η συναρμολόγηση των σωλήνων του δικτύου μεταφοράς και εφαρμογής στα μεταφερόμενα συστήματα και του δικτύου εφαρμογής στα ημιμόνιμα συστήματα γίνεται με τη βοήθεια ταχυσυνδέσμων. Οι ταχυσύνδεσμοι πρέπει να είναι κατασκευασμένοι έτσι που να εξασφαλίζουν γρήγορη σύνδεση των αγωγών, να είναι αρκετά ελαστικοί ώστε να επιτρέπουν την προσαρμογή των αγωγών στις συνηθισμένες ανωμαλίες του χωραφιού και να εξασφαλίζουν επαρκή στεγανότητα. Πέρα από τα παραπάνω, στα δίκτυα χρησιμοποιείται και πλήθος άλλων εξαρτημάτων όπως βαλβίδες, διακόπτες, ρυθμιστές πίεσης, μετρητές παροχής κ.α., που είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία τους. Όπως συμβαίνει και στις επιφανειακές μεθόδους, η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού, με τη μέθοδο του καταιονισμού, δεν μπορεί να φτάσει το 100%. Το πόσο μεγάλη θα είναι εξαρτάται από τη διάταξη, τον τύπο του εκτοξευτήρα, το ρυθμό εφαρμογής και την ταχύτητα του ανέμου, είναι δε φυσικό να είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ομοιομορφία κατανομής του νερού πάνω στο έδαφος.

1.4.3 Ορθολογική άρδευση

Η ανάγκη για περιορισμό του αρδευτικού νερού και για μείωση γενικώς των εισροών επιβάλλουν την εντατικοποίηση των προσπαθειών για δημιουργία ποικιλιών με περιορισμένες ανάγκες, όπως αυτές που δημιούργησαν τελευταία επιστήμονες στο Ισραήλ. Επιβάλλεται επίσης ορθή διαχείριση των καλλιεργειών με ορθολογική χρήση του νερού.

Πειράματα που έγιναν στην Ελλάδα με χρηματοδότηση από την Ε.Ε. αποδεικνύουν ότι είναι εφικτή η μείωση της συνολικής ποσότητας άρδευσης που δίνεται σήμερα στο βαμβάκι χωρίς να μειωθεί η απόδοση. Εξάλλου, η υπερβολική άρδευση, εκτός του ότι εξαντλεί το πολύτιμο αυτό φυσικό πόρο, αυξάνει και τη νιτρορύπανση, για αυτό και η Ε.Ε. κατευθύνει τα κράτη μέλη στην επιβολή προστίμων στους γεωργούς που υπερβαίνουν το άριστο επίπεδο άρδευσης από οικονομική και περιβαλλοντική άποψη.

2. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

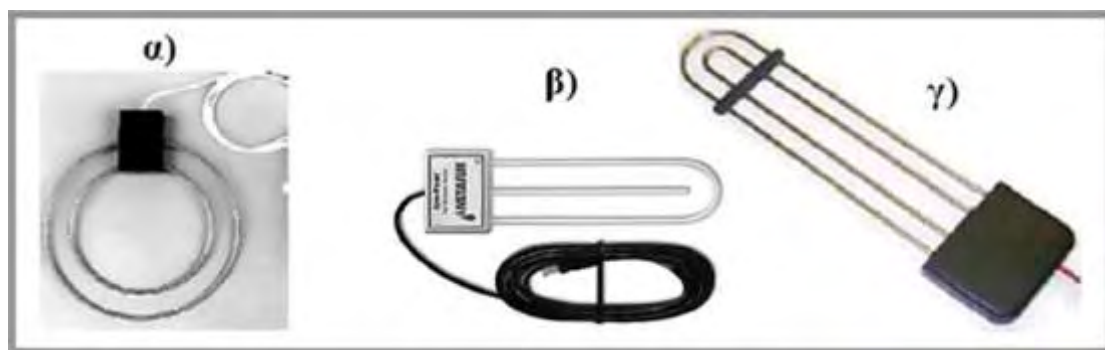
2.1. Γενικά Στοιχεία Αυτοματισμού

Η μέτρηση και παρακολούθηση της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας είναι θεμελιώδης παράγοντας κάθε ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αρδευτικού νερού, χάριν του οποίου διασφαλίζονται ο όγκος και η ποιότητα των παραγόμενων αγροτικών προϊόντων. Με τη βοήθεια αισθητήρων εδαφικής υγρασίας μπορούμε να σχεδιάσουμε συστήματα αρδεύσεων, που να στοχεύουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την υπεράρδευση που είναι: η υψηλή κατανάλωση νερού και ενέργειας, η εξάντληση των επιφανειακών υδατικών πόρων και η διήθηση νιτρικών και φυτοφαρμάκων στο έδαφος με τελικούς αποδέκτες τους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Επομένως η ανάγκη για αποδοτικότερη εφαρμογή του αρδευτικού νερού, οδήγησε σε αλματώδη ανάπτυξη των συσκευών μέτρησης και παρακολούθησης της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος (Ντιούδης 2003)

Η ενσωμάτωση αισθητήρων εδαφικής υγρασίας στο σχεδιασμό των συστημάτων άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό ορισμένων σημαντικών δεικτών όπως είναι: ο κορεσμός, η υδατοϊκανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης και η διαθέσιμη υγρασία. Επίσης είναι γνωστόν, ότι επί του ποσοστού της περιεχόμενης υγρασίας επιδρούν διάφοροι εδαφικοί παράγοντες. Η υφή και η δομή του εδάφους επιδρούν επί της διήθησης, της κίνησης και της συγκράτησης του νερού (Παπαζαφειρίου 1984). Η ειδική θερμότητα όγκου του εδάφους και η θερμική αγωγιμότητα αποτελούν συναρτήσεις της περιεχόμενης υδατικής υγρασίας του εδάφους και μάλιστα αυξανόμενες με την αύξησή της (Μιχελάκης 1988). Η υψηλή αλατότητα έχει σαν συνέπεια την αύξηση της δύναμης που πρέπει να ασκηθεί για την απομάκρυνση του νερού από το έδαφος, συντελεί στο να μειώνεται η διαθεσιμότητα του νερού στα φυτά, έστω και αν η υγρασία είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα και επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Οι διαθέσιμοι αισθητήρες βασίζονται σε έμμεσες μεθόδους προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας, δηλαδή ενσωματώνουν τεχνολογίες μέτρησης άλλων ιδιοτήτων του εδάφους, που μεταβάλλονται σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία εντός αυτού. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται: α) οι μέθοδοι μέτρησης

της τάσης του εδαφικού νερού (soil water potential) και β) οι ογκομετρικές (volumetric) μέθοδοι. Οι μέθοδοι μέτρησης της τάσης του εδαφικού νερού στηρίζονται στην εκτίμηση του υδατικού δυναμικού (water matric potential), το οποίο ως γνωστόν οφείλεται στις δυνάμεις επιφανειακής τάσης που αναπτύσσονται στους ενδιάμεσους χώρους της δομής του εδάφους. Όλοι οι διαθέσιμοι αισθητήρες της κατηγορίας αυτής είναι κατασκευασμένοι από πορώδες υλικό (porous material), το οποίο έρχεται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται: α) το τενσιόμετρο (tensiometer) (Παπαζαφειρίου 1984, Μιχελάκης 1988), β) τα πλακίδια ηλεκτρικής αντίστασης (resistance blocks): τα γύψινα πλακίδια (gypsum blocks), (Bouyoucos G. J. and A. H. Mick), ο αισθητήρας κοκκώδους μήτρας (granular matrix sensor) (Goltz S. M., et al., 1981, Thompson S. J. and C. F. Armstrong 1987), γ) ο αισθητήρας διάχυσης θερμότητας (heat dissipation sensor) (Phene 1973), δ) το ψυχρόμετρο εδάφους (soil psychrometer) (Campbell 1971, Campbell 1973, Brown 1980) και ε) το ισοτενσιόμετρο (equitensometer) (Gaskin 1996). Οι ογκομετρικές μέθοδοι είναι από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους εκτίμησης της υγρασιακής κατάστασης του εδάφους. Σ' αυτές περιλαμβάνονται η μέθοδος νετρονίων (Gardner 1952), της τομογραφίας ακτίνων x (x-ray tomography), του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (nuclear magnetic resonance, NMR) και οι διηλεκτρικές μέθοδοι. Με την κατηγορία των μεθόδων, που βασίζονται σε διηλεκτρικές τεχνικές, εκτιμάται η περιεχόμενη εδαφική υγρασία, μετρώντας τη διηλεκτρική σταθερά του εδάφους. Ως γνωστόν το έδαφος αποτελείται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες: τη στερεά, την υγρή και την αέρια, και επομένως η τιμή της διηλεκτρικότητάς του εξαρτάται από τη συμβολή της κάθε μίας απ' αυτές. Οι διηλεκτρικοί μέθοδοι βασίζονται σε εμπειρικές σχέσεις βαθμονόμησης μεταξύ της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας και του σήματος εξόδου του αισθητήρα (χρόνος, συχνότητα, εμπέδηση, φάση). Οι μέθοδοι αυτές έτυχαν γρήγορα ευρείας αποδοχής επειδή παρουσιάζουν καλό χρόνο απόκρισης, δεν απαιτούν συντήρηση και δίνουν συνεχείς αναγνώσεις για τα συστήματα αυτοματισμών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται: η μέθοδος ανακλωμέτρησης χρόνου (time-domain reflectometry ή TDR) (Topp 1985, Malicki 1989, Baker 1990), η μέθοδος ανακλωμέτρησης συχνότητας (frequency-domain

reflectometry ή FDR), η μέθοδος μέτρησης μετάδοσης χρόνου (time-domain transmissometry ή TDT), η μέθοδος μέτρησης μετατόπισης φάσης (phase transmissometry ή PT) και άλλες (Charlesworth 2000, Munoz-Carpena 2004). Παρά το μεγάλο όγκο αισθητήρων μέτρησης της εδαφικής υγρασίας που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες, οι πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις τους είναι περιορισμένες, ενώ οι συγκριτικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν είναι παρά ελάχιστες. Κοινή διαπίστωση όλων των ερευνητών είναι ότι οι αισθητήρες που βασίζονται στις τεχνολογίες TDR και FDR παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά ακρίβειας (Ντιούδης 2003)

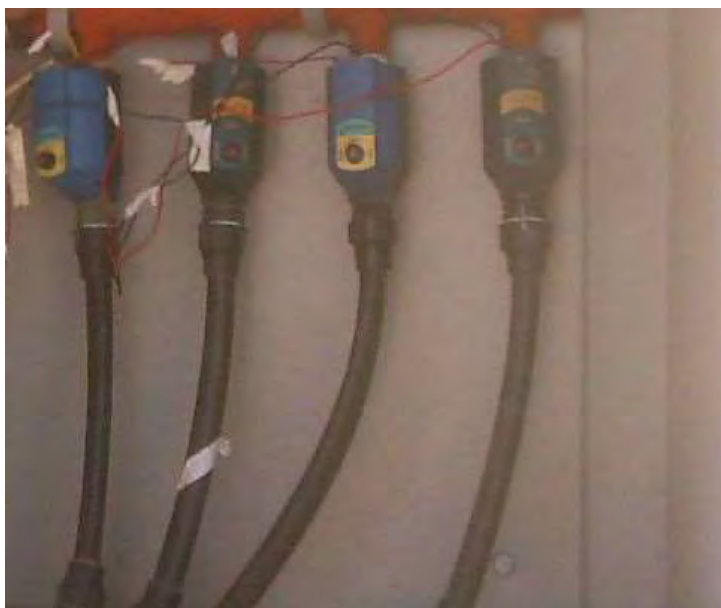


Σχήμα 1. Οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας α) Virrib, β) Gro-Point και γ) Acclima

2.2. Συστήματα αυτοματισμών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

α) (Miracle DG) της εταιρείας Netafim

Οι ηλεκτροβάνες ενός αρδευτικού συστήματος (εικ. 2,1) συνδέονται με ειδικό προγραμματιστή (Miracle DG) της εταιρείας Netafim (Εικ. 2.2) έτσι ώστε να ρυθμίζονται κατάλληλα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται αυτοματοποίηση της άρδευσης και συνεπώς ενεργειακή οικονομία.



Εικόνα 2.1: Ηλεκτροβάνες

Ο συγκεκριμένος προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει 6, 9 ή 12 ηλεκτροβάνες ανάλογα με τον τύπο. Έχοντας τρία ανεξάρτητα προγράμματα, μπορεί να μοιράσει τις ηλεκτροβάνες σε τρεις διαφορετικές ομάδες με ανεξάρτητες ημέρες και ώρες ποτίσματος. Δίνει τη δυνατότητα 4 επαναλήψεων του προγράμματος στο ίδιο 24ωρο. Η δυνατότητα άρδευσης είναι από 1 min έως και 9 h και 59 min για την κάθε ηλεκτροβάνα και την κάθε επανάληψη. Παρέχει επίσης τη δυνατότητα εβδομαδιαίου προγραμματισμού των αρδεύσεων, την δυνατότητα αύξησης του χρόνου ποτίσματος, σε βήματα του 10%, χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός και τη δυνατότητα διακοπής του προγράμματος για προεπιλεγμένο χρόνο και μέχρι 99 ημέρες επιστρέφοντας αυτόματα στο πρόγραμμα που είχε επιλεγεί μετά την πάροδο του χρόνου αυτού. Ο προγραμματιστής είχε τη δυνατότητα επίσης να διακόπτει αυτόματα την άρδευση σε περίπτωση βροχόπτωσης (υπό την προϋπόθεση ότι είναι συνδεδεμένος με μετρητή του ύψους βροχής). Τέλος η ενεργοποίηση της κάθε ηλεκτροβάνας χωριστά ή και όλων μαζί μπορεί να γίνει και χειροκίνητα όποτε αυτό είναι επιθυμητό.



Εικόνα 2.6 Προγραμματιστής Miracle DG της εταιρείας Netafim

β) Envirosmart και EasyAG σύστημα της εταιρείας SENTEK.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έξι λειτουργικά μέρη. Το κύριο μέρος είναι ο επεξεργαστής (Envirosmart και EasyAG) και τα 3 ηλεκτρόδια παραγωγής ηλεκτρικού πεδίου. Τα άλλα σημαντικά κομμάτια είναι το καταγραφικό δεδομένων (data logger), ο σωλήνας εισόδου του αισθητήρα στο έδαφος, το προστατευτικό κάλυμμα και το καλώδιο τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος. Η γενική αρχή λειτουργίας του συστήματος στηρίζεται στην παραγωγή κυμάτων συγκεκριμένης συχνότητας και ανάκλασή τους από το έδαφος, με τα οποία μετράται η χωρητικότητα του εδάφους. Το έδαφος λειτουργεί ως αγώγιμο μέσο για την αποκατάσταση κλειστού κυκλώματος πυκνωτή, το οποίο αποτελεί μέρος βρόγχου ανατροφοδότησης ενός ταλαντωτή υψηλής συχνότητας. Η χωρητικότητα του πυκνωτή - εδάφους μετατρέπεται σε τιμές διηλεκτρικής σταθεράς ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από κάθε ηλεκτρόδιο του αισθητήρα λόγω διαφορετικής εδαφικής υγρασίας. Στη συνέχεια, η διηλεκτρική σταθερά μετατρέπεται σε εδαφική υγρασία %κ.ο. ακολουθώντας τη μέθοδο T.D.R. με τη διαφορά ότι αντί για την καταγραφή του χρόνου υστέρησης μεταξύ της εκπομπής και λήψης ενός ηλεκτρομαγνητικού παλμού

καταγράφεται η διαφορετική συχνότητα ενός ραδιοκύματος. 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. Κάθε φορά που ολοκληρώνεται μία σάρωση όλων των αισθητήρων οι τιμές που συλλέγονται μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή και αποθηκεύονται έως ότου πραγματοποιηθεί νέα σάρωση. Η σάρωση αρχίζει αμέσως μετά την τροφοδοσία του αισθητήρα με ηλεκτρική ενέργεια και η καταγραφή γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, το εύρος των οποίων επιλέγεται από το χρήστη.

Επίσης έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί συνεχόμενα ή διακοπτόμενα. Στη πρώτη περίπτωση ο αισθητήρας είναι σε λειτουργία συνεχώς καταγράφοντας δεδομένα και διατηρώντας στη μνήμη του μόνο αυτά που καταγράφονται στο χρόνο που έχει προεπιλεγεί ενώ στη δεύτερη αμέσως μετά την καταγραφή των δεδομένων και την αποθήκευσή τους τίθεται εκτός λειτουργίας και επαναλειτουργεί όταν ο data logger τον τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ενέργεια ικανή για την επανέναρξη της λειτουργίας του. Η δεύτερη περίπτωση προϋποθέτει την σύνδεση του αισθητήρα με data logger. Το λογισμικό που διαθέτει του δίνει τη δυνατότητα να συνδέει το ηλεκτρικό δυναμικό με το βάθος, τις κανονικοποιημένες τιμές υγρασίας και περιεχόμενου όγκου αέρα στο έδαφος καθώς και άλλων πληροφοριών (ημερομηνία, εύρος μέτρησης και ηλεκτρικό δυναμικό εξόδου), οι οποίες καθορίζουν το ποσοστό % κ.ο. της περιεχόμενης στο έδαφος υγρασίας. 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 Χρήστος (2009)



Εικόνα 2.7: Αισθητήρας EnviroSMART τοποθετημένος στο έδαφος

Από τεχνολογικής πλευράς, το σύστημα EnviroSMART και EasyAG παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Δεν απαιτεί βαθμονόμηση και το σφάλμα στις μετρήσεις κυμαίνεται σε ποσοστό -6% - $+6\%$ ενώ όταν γίνεται βαθμονόμηση με βάση τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο χρησιμοποιείται το σφάλμα περιορίζεται στο εύρος $(-3\%$ - $+3\%)$. Παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης με μετεωρολογικούς σταθμούς, προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLCs), διαφόρων τύπων data loggers ενώ μπορεί να δεχθεί κάθε εξοπλισμό τηλεμετρίας. Παπανικολάου Χρήστος (2009)



Εικόνα 2.8:

Αισθητήρας EnviroSMART με αυτονομία ισχύος.

Εξίσου σημαντικές με τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα είναι και οι πρακτικές ωφέλειες από την εφαρμογή αυτού του

συστήματος. Αναλυτικά:

- αυξάνεται το κέρδος του παραγωγού λόγω αύξησης της παραγωγής και βελτίωσης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων,
- αποτελεί ένα ευέλικτο σύστημα καταγραφής υγρασίας εδάφους ικανό να συνδυαστεί με τον ιδιαίτερο εξοπλισμό που διαθέτει ο κάθε παραγωγός,
- είναι αξιόπιστο και ακριβές σύστημα σύγχρονης τεχνολογίας ικανό να χρησιμοποιηθεί σε πάνω από 100 διαφορετικές καλλιέργειες,
- μειώνει τις απώλειες νερού άρδευσης λόγω βαθιάς διήθησης και την έκπλυση θρεπτικών ουσιών και λόγω της απορρόφησης της κατάλληλης ποσότητας νερού από τα φυτά.

Η αρχή λειτουργίας του βασίζονται στην καταγραφή της μέσης % κ.ο. υγρασίας εδάφους, σε βάθος 90cm, από τον αισθητήρα EnviroSMART ενώ οι διάφορες τιμές της καταγράφονται σε data logger ανά 30 λεπτά της ώρας.



Εικόνα 2.9: Σύστημα αισθητήρα EnviroSMART, Data Logger GP1 και μονάδας ελέγχου.

Θεωρητικά το έδαφος μπορεί να εφοδιάσει με νερό τα φυτά μιας καλλιέργειας έως ότου η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο μόνιμης

μάρανσης (Permanent Wilt Point, PWP). Η συνολική αυτή ποσότητα νερού αποτελεί τη διαθέσιμη υγρασία εδάφους (Available Soil Moisture, ASM). Ωστόσο, όσο η υγρασία του εδάφους μειώνεται τόσο πιο ισχυρά συγκρατείται το περιεχόμενο νερό στα κολλοειδή του εδάφους και επομένως τα φυτά δυσκολεύονται να απορροφήσουν τις απαραίτητες ποσότητες για την κάλυψη των αναγκών τους. Έτσι, όταν η περιεχόμενη υγρασία εδάφους πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο τότε τα φυτά υφίστανται υδατική καταπόνηση. Το κλάσμα της ASM που μπορεί εύκολα να απορροφήσει ένα φυτό από το έδαφος χωρίς να υποστεί υδατική καταπόνηση ισούται με την USM

Δηλαδή:

$$USM = F \times ASM \text{ (σε mm)} \quad (2.1)$$

$$\text{και } ASM = \frac{(FC - PWP)}{100} \times RD \text{ (σε mm)} \quad (2.2)$$

όπου:

ASM είναι η μέγιστη διαθέσιμη υγρασία εδάφους (mm),

USM είναι η άμεσα διαθέσιμη υγρασία εδάφους (mm),

FC είναι η υγρασία στην υδατοϊκανότητα (% κ.ο.),

PWP είναι η υγρασία στο σημείο μόνιμης μάρανσης (% κ.ο.),

RD είναι το βάθος ριζοστρώματος (mm)

F είναι ο συντελεστής εξάντλησης υγρασίας της καλλιέργειας (Allen et al., 1998, Παπαζαφειρίου, 1999).

γ) ZENO-3200

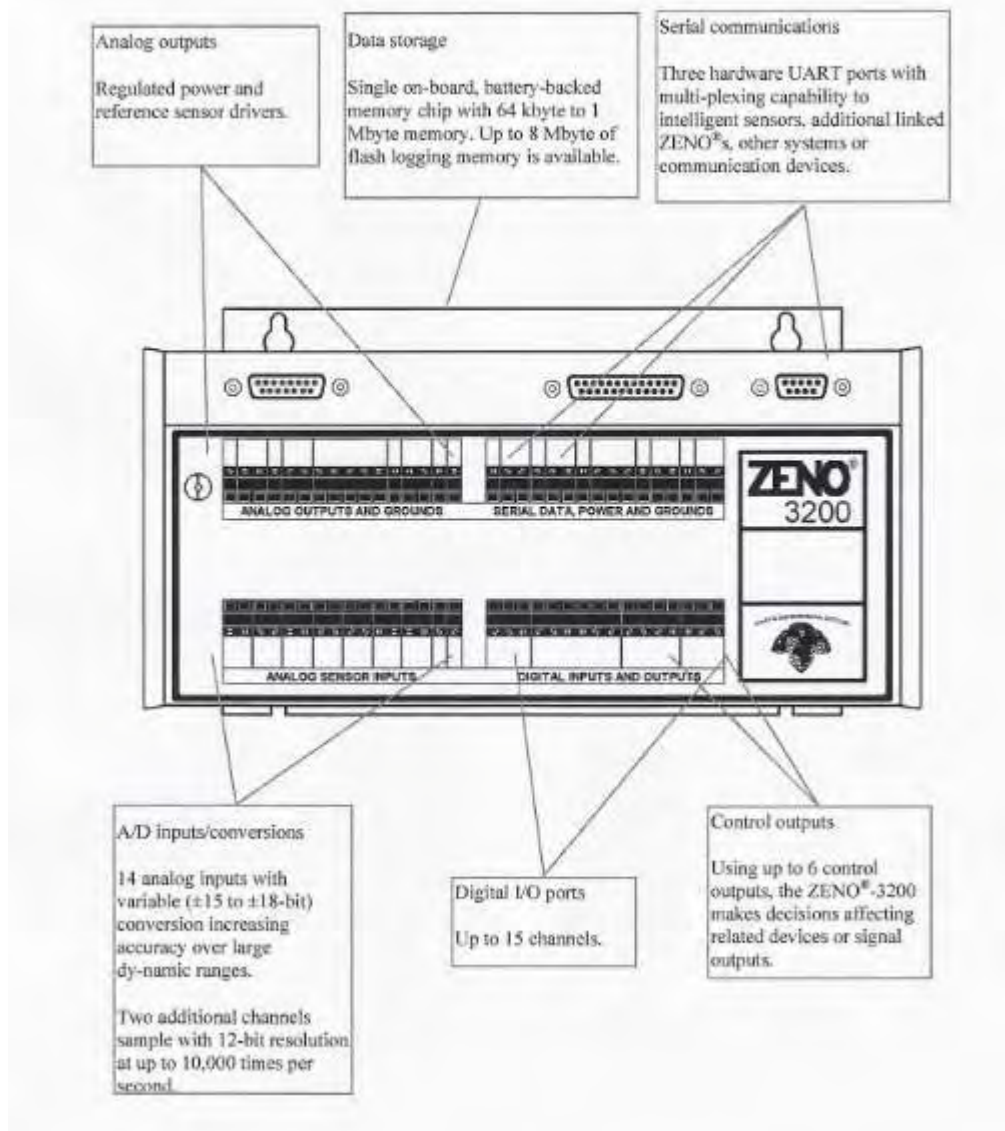
Η ZENO-3200 είναι ένα έξυπνο, ευέλικτο και χαμηλής κατανάλωσης 32-bit σύστημα απόκτησης δεδομένων. Έχει σχεδιαστεί για να συλλέγει, επεξεργάζεται, αποθηκεύει και να διαβιβάζει δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες. Παρουσιάζει μηχανική ευελιξία και έχει χαμηλές απαιτήσεις ισχύος, έτσι ώστε ο ZENO-3200 να λειτουργεί ανεξάρτητα και απομακρυσμένα ώστε να αποδίδει τα αναμενόμενα ακόμα και μέσα σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το λογισμικό που το συνοδεύει είναι το ZENOSOFT® που περιέχει εκτενείς βιβλιοθήκες για τους περισσότερους

τύπους. Ο σχεδιασμός του λογισμικού είναι κατάλληλος και φιλικός προς τον χρήστη ώστε να παρέχεται η δυνατότητα της εύκολης ρύθμισης της συσκευής. Επιπλέον τα δεδομένα μπορούν να διαμοιραστούν άμεσα με άλλα προγράμματα εφαρμογών της Microsoft (Windows) (Zeno-3200 User manual 1997).

Η σύνδεση του ZENO-3200 γίνεται με οποιοδήποτε υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας RS-232 και οι ρυθμίσεις γίνονται εύκολα μέσα από το μενού επιλογών της συσκευής. Δεν είναι απαραίτητο η εγκατάσταση κάποιου λογισμικού στον υπολογιστή και οι ρυθμίσεις του ZENO-3200 αποθηκεύονται στην EEROM της συσκευής και διαβάζονται από τη μνήμη RAM του ZENO-3200 όταν το σύστημα ξεκινήσει να λειτουργεί.



Εικόνα 2.10: Ο ZENO 3200 Data logger με το σύνολο της συνδεσμολογίας ελέγχου άρδευσης.



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 παρακάτω αισθητήρες (εικόνα 2.11) ενταφιάζονται πλήρως στο έδαφος με 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 -40°C έως $+50^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 2.11 Αισθητήρες υγρασίας 10HS

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

3.1. Χάραξη του πειραματικού αγρού.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (39° 23' γεωγραφικό πλάτος, 22° 45' γεωγραφικό μήκος, 70 m υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας).

Η έρευνα χωρίστηκε σε δύο περιόδους. Στην πρώτη χρονική φάση που είναι από τις 20-5-2015 έως τις 18-6-2015 αξιολογήθηκε η επίδραση των προφυτρωτικών μεθόδων επιφανειακής άρδευσης στα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της καλλιέργειας του βαμβακιού. Στην δεύτερη χρονική φάση που είναι από τις 18-6-2015 έως στην περίοδο της συγκομιδής αξιολογήθηκε η επίδραση της δόσης άρδευσης στα ίδια χαρακτηριστικά.

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν κατά την προφυτρωτική περίοδο (20-5-2015 έως 18-6-2015) 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 0,7m³/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 $q = 4$ 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 $q = 2,3$ 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.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 10 m μήκος (παράλληλα στις γραμμές σποράς) και 4 m πλάτος, δηλαδή εμβαδόν 40m². Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων με τρεις μεταχειρίσεις και τέσσερις επαναλήψεις για την κάθε μεταχείριση.

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν κατά τη μεταφυτρωτική περίοδο (18-6-2015 έως τη συγκομιδή) ήταν:

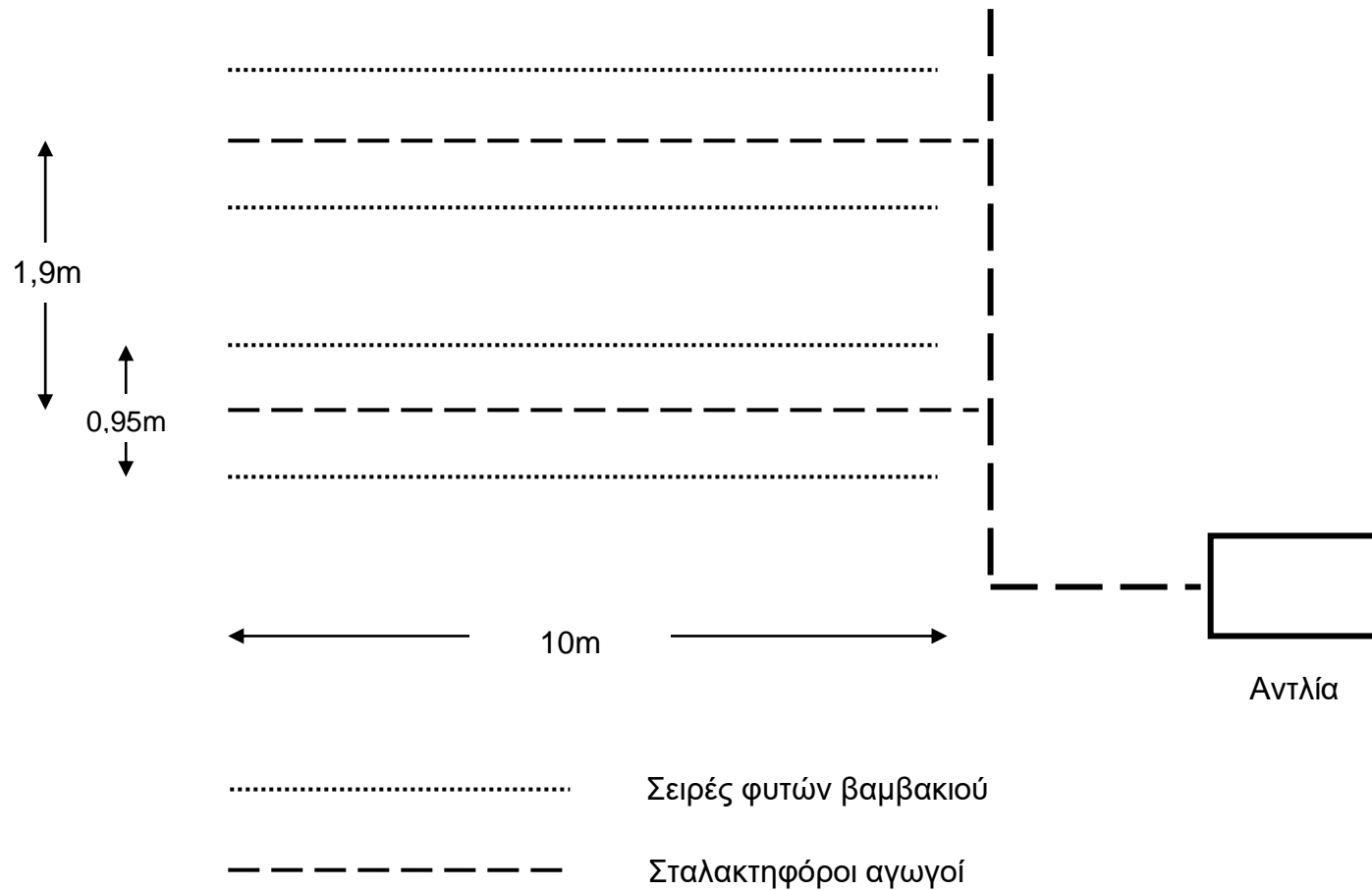
A. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής, το εύρος άρδευσης ήταν τρεις ημέρες, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3$ l/h και απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 0,80m. Ο προγραμματισμός των αρδεύσεων γινόταν από προγραμματιστή Miracle. Στη συνέχεια θα αναφέρεται ως **EA100ET**.

B. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση μετρήσεων εδαφικής υγρασίας, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3$ 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. Στη συνέχεια θα αναφέρεται ως **EB100ET**.

Γ. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας βάση μετρήσεων εδαφικής υγρασίας, παροχή σταλακτήρων $q = 2,3$ 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. Στη συνέχεια θα αναφέρεται ως **E100ET**.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 10 m μήκος (παράλληλα στις γραμμές σποράς) και 4 m πλάτος, δηλαδή εμβαδόν 40m². Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων με τρεις μεταχειρίσεις και τέσσερις επαναλήψεις για την κάθε μεταχείριση.

Στα σχήματα 3.1, 3.2α και 3.2β φαίνονται η διάταξη κάθε πειραματικού τεμαχίου (plot) και η διάταξη των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκαν την πρώτη περίοδο (φύτρωμα) και τη δεύτερη περίοδο (ανάπτυξη καλλιέργειας), αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1: Διάταξη κάθε πειραματικού αγροτεμαχίου (plot).

Σχήμα 4.2α: Διάταξη μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκαν κατά την προφυτρωτική περίοδο (20-5-2015 έως 18-6-2015) .

Κ/100%ΕΤ	Ε33/100%ΕΤ	Ε80/100%ΕΤ	Ε33/100%ΕΤ	Κ/100%ΕΤ	Ε80/100%ΕΤ	Ε80/100%ΕΤ	Ε33/100%ΕΤ	Κ/100%ΕΤ
Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ	Ι

Σχήμα3.2β: Διάταξη μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκαν κατά την μεταφωτρωτική περίοδο (18-6-2015 έως τη συγκομιδή).

EA100ET	EB100ET	E100ET	EB100ET	EA100ET	E100ET	E100ET	EB100ET	EA100ET
A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	I

3.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού

Σύμφωνα με εδαφολογική μελέτη που έγινε, η έρευνα εγκαταστάθηκε σε έδαφος καλά στραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλυο-άργιλοπηλώδες που ανήκει στην υπό-ομάδα των Typic Xerorthent (USDA, 1975). Το έδαφος ταξινομήθηκε στα λεγόμενα Entisols επειδή είναι έδαφος χωρίς πεδογενετικούς ορίζοντες και χωρίς εμφανείς στρώσεις διαφορετικών υλικών απόθεσης, διαφόρου λιθολογικής σύστασης και ηλικίας. Είναι έδαφος A-C κατανομής και οι επικρατούσες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας είναι αντίστοιχα *xeic* και *thermic*. Επειδή το έδαφος του πειραματικού δεν έχει κάποιο χαρακτηριστικό που να το διαφοροποιεί από τα τυπικά της παραπάνω κατηγορίας μπορεί να γίνουν οι ακόλουθες παραδοχές: Η κατάσταση υδρομορφίας είναι πολύ καλή (καλή αποστράγγιση). Δεν είναι κορεσμένο με νερό. Έχει λίθινη ή παραλίθινη επαφή σε βάθος 25 εκ. από την επιφάνεια ή κοκκομετρική σύσταση λεπτότερη από πηλώδη σε βάθος 25 εκ. Ο οργανικός του άνθρακας μειώνεται κανονικά με το βάθος και φτάνει στο 0,2% ή και λιγότερο σε βάθος 1,25m. Σύμφωνα με τη Soil Taxonomy θα πρέπει το έδαφος αυτό να έχει ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά ώστε να συμπεριληφθεί στην προαναφερθείσα κατηγορία των Entisols.

Οι μετρήσεις στο έδαφος του πειραματικού αγρού έδειξαν ότι :

1. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με Β βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους εξαιτίας της πορώδους σύστασής του.
2. Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή σε επίπεδα μετρίως χαμηλά και εμφανίζουν μια σαφή τάση μετακίνησης και έκπλυσής τους προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.
3. Ο βαθμός οξύτητας βρίσκεται σε μετρίως αλκαλικά επίπεδα με pH μεταξύ 7,7 – 8,1 χωρίς όμως να είναι ακόμη προβληματικό.
4. Το πορώδες είναι καλά αναπτυγμένο, αποτελούμενο κυρίως από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους.
5. Η οργανική ουσία είναι σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα και μειώνεται ακανόνιστα με το βάθος.

6. Η CEC είναι μέτρια έως υψηλή και τα επιμέρους κατιόντα Na, Mg και K βρίσκονται σε ικανοποιητικό επίπεδο.

7. Η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Fe, Zn και Mn βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση το διαθέσιμο Cu που βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα.

8. Ο αερισμός είναι ικανοποιητικός καθώς και η συγκράτηση του νερού στο ριζόστρωμα των φυτών (Μήσιος 2000).

Πίνακας 3.1α Φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P₂.

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα ύφυγρο	Κοκκινομετρική σύσταση (%)			Υφή	Δομή	Όριο οριζόντων
			S	Si	C			
0-34	Ap	10YR 4/6	25	38	37	CL	3m sbk	A
34-62	BA	10YR 3/4	30	29	41	C	1f sbk	G
62-96	Bw	10YR 3/3	35	28	37	CL	2f sbk	G
96-114	BC	10YR 4/4	47	22	31	SCL	2f sbk	C
114-154	C	7,5YR 4/4	56	17	27	SCL	1f sbk	

Εδαφοτομή P₂

Τάξη : Inceptisol

Υποομάδα : typic xerochrept

Χαρτογραφική μονάδα : B (43*4) lox / A03

3.3. Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Η σπορά του πειράματος έγινε στις 20 Μαΐου 2015 με τετράσειρη σπαρτική μηχανή βαμβακιού (Εικ. 3.3) χρησιμοποιώντας 1080 gr σπόρων βαμβακιού από την ποικιλία Babylon (Εικ. 3.4) της εταιρείας Σπύρος Σπύρου Α.Β.Ε.Ε., μια ποικιλία μη καθορισμένης ανάπτυξης, μέσου έως μεγάλου βιολογικού κύκλου. Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας στον αγρό έγινε κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20 cm. Βασική λίπανση δεν πραγματοποιήθηκε.

Η σπορά του βαμβακιού έγινε σκόπιμα καθυστερημένα εξαιτίας της ιδιομορφίας της έρευνας. Συγκεκριμένα για την αξιολόγηση των διαφορετικών μεθόδων άρδευσης κατά την πρώτη περίοδο (20/05/2015 έως 18/06/2015) έπρεπε να μην υπάρχουν βροχοπτώσεις. Σύμφωνα με κλιματικά στοιχεία της περιοχής αυτό το χρονικό διάστημα οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες.



Εικόνα3.3: Σπαρτική μηχανή



BABYLON

Ο ΝΕΟΣ ΒΑΣΙΛΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Κύρια χαρακτηριστικά

- Μέγιστο δυναμικό παραγωγής
- Μεγάλης απόδοσης και ανώτερης ποιότητας ίνα
- Εξαιρετική αντοχή σε βερτισίλιο (αδρομύκωση)
- Μεσαίρωμη ποικιλία
- Θαμνώδες φυτό καθορισμένης μαρφατογίας και δομής ανάπτυξης
- Αντεπεξέρχεται άριστα σε ακανόνιστες αρδεύσεις ή σε συνθήκες stress και έλλειψης νερού
- Υψηλή βλαστική ικανότητα, ιδανική ποικιλία για πρώιμες σπορές
- Αξιοποιεί τη χρήση ρυθμιστών ανάπτυξης
- Νέας τεχνολογίας ποικιλία βαμβάκιού, έχοντας αναπτυχθεί για υψηλή απόδοση σε ίνα (φθάνει το 39,5 % απόδοση σε ίνα).

Διαχείριση καλλιέργειας

- Ξεκινήστε μεταφωτρωτική άρδευση με την εμφάνιση των πρώτων κτενιών
- Συνεχίστε με κανονικές εφαρμογές άρδευσης
- Εφαρμόστε ρυθμιστές ανάπτυξης πριν την εμφάνιση κτενιού μεγέθους κεφαλαίου καρφίτσας
- Συνεχίστε με κανονικές εφαρμογές, ανάλογα με την ανάπτυξη καλλιέργειας
- Κανονική διαχείριση λίπανσης.

Χαρακτηριστικά ίνας

• Απόδοση σε ίνα : 37 - 39,5 %	• Micronaire : 4,1 - 4,3
• Μήκος ίνας : 29 - 30 mm	• Ομοιομορφία : > 85 %
• Αντοχή ίνας : 30 - 31 gr/tex	



Εικόνα 3.4: Χαρακτηριστικά της ποικιλίας Babylon. (Αγροτικός Οίκος Σπύρου Α.Ε.Β.Ε. 2014.)

Ημερολόγιο καλλιεργητικών εργασιών

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
27/11/2014	Βαρύς Καλλιεργητής
28/1/2015	Καλλιεργητής προετοιμασίας
16/5/2015	Ψιλοχωμάτισμα (φρέζα)
18/5/2015	Χάραξη και Οριοθέτηση Πειραματικών Τεμαχιών
19/5/2015	Ψιλοχωμάτισμα (φρέζα)
20/5/2015	Σπορά
21/5/2015	Συνδέσεις σταλακτηφόρων και καταιονιστήρων
21/5/2015	Α' Άρδευση φυτρώματος 20mm
28/5/2015	Φύτρωμα σε ποσοστό 80% περίπου
29/5/2015	Καθαρισμός πλήρωση εξατμισιμέτρου
30/5/2015	Β' Άρδευση φυτρώματος 20mm
11/6/2015	Α' σκάλισμα (φρεζάκι ανάμεσα στις γραμμές)
12/6/2015	Σύνδεση αισθητήρων και συστήματος στάγδην άρδευσης
12/6/2015	Α' Άρδευση ανάπτυξης
	Α' μέτρηση ύψους φυτών
	Β' Άρδευση ανάπτυξης
	Γ' Άρδευση ανάπτυξης
23/7/2015	Β' Σκάλισμα
	Γ' Άρδευση
17/11/2015	Μάζεμα σταλακτηφόρων
18/11/2015	Τελική συγκομιδή
2/12/2015	Καταστροφή στελεχών

3.4. Υλικά άρδευσης

Για την περίοδο φυτρώματος (20/05/2015 έως 18/06/2015) πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση του δικτύου άρδευσης το οποίο περιελάμβανε τρία διαφορετικά συστήματα άρδευσης.

- Δύο μικρούς κρουστικούς καταιονιστήρες για την άρδευση της μεταχείρισης **K/100%ET**, ύψους βροχής 0,7m³/h και λειτουργικής πίεσης 4atm.
- Σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 20mm, με παροχή σταλάκτη 4 l/h και ισαποχή 0,33cm, λειτουργικής πίεσης 4 atm για την άρδευση της μεταχείρισης **E33/100%ET**.
- Σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 20mm, με παροχή σταλάκτη 2,3 l/h και ισαποχή 0,80cm, λειτουργικής πίεσης 4 atm για την άρδευση της μεταχείρισης **E80/100%ET**.

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 καταγραφή της ποσότητας νερού που εφαρμόζονταν αλλά και για τον έλεγχο τυχόν διαρροών.

Η εγκατάσταση του δικτύου πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη σπορά. Το σύστημα καταιονισμού μετακινούνταν χειροκίνητα μεταξύ των επαναλήψεων της μεταχείρισης **K/100%ET** και λαμβάνονταν μέριμνα ώστε η τοποθέτηση και η ρύθμιση της γωνίας καταιονισμού να είναι τέτοια ώστε να μην αρδεύεται διπλανό αγροτεμάχιο. Το σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελούνταν από δύο σταλακτηφόρους για κάθε επανάληψη. Καθένας από αυτούς τοποθετούνταν πάνω στη γραμμή σποράς και μετά την παρέλευση του χρόνου άρδευσης μετακινούνταν στις διπλανές γραμμές της κάθε επανάληψης οι οποίες δεν είχαν αρδευτεί. Σε κάθε επανάληψη τοποθετήθηκε υδρόμετρο για την ακριβή καταγραφή της ποσότητας νερού που εφαρμόζονταν αλλά και για τον έλεγχο τυχόν διαρροών.

Για την περίοδο ανάπτυξης 18/06/2015 έως τη συγκομιδή) πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση του δικτύου άρδευσης το οποίο περιελάμβανε τρία διαφορετικά

συστήματα προγραμματισμού των αρδεύσεων και ένα κοινό σύστημα άρδευσης.

- Χρήση προγραμματιστή άρδευσης για την άρδευση της μεταχείρισης **EA100ET** 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 **EB100ET** 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 **E100ET** 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.

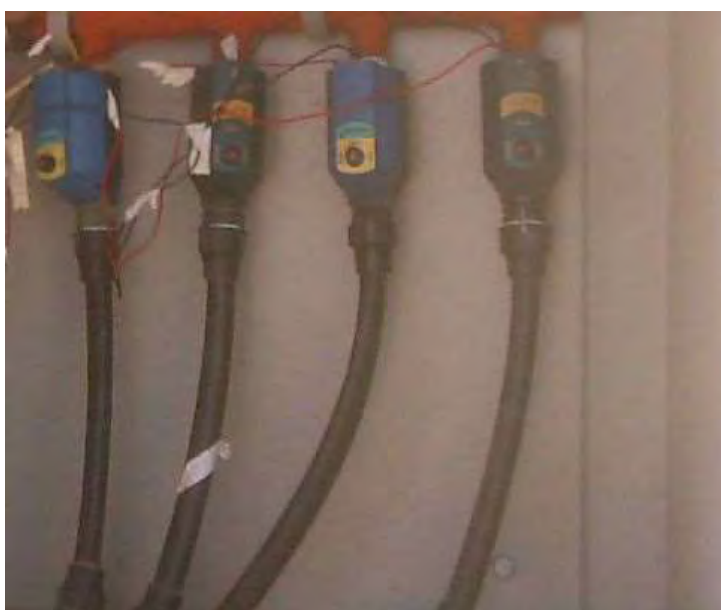
Η εγκατάσταση του δικτύου πραγματοποιήθηκε όταν το ύψος των φυτών ήταν 20cm περίπου. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών των σταλακτηφόρων αγωγών στο επιφανειακό δίκτυο ήταν 1,9 m. Έτσι στο επιφανειακό δίκτυο ανάμεσα σε δύο σταλακτηφόρους αγωγούς περιλαμβάνονταν δύο σειρές φυτών.

Για την περίοδο φυτρώματος (20/05/2015 έως 18/06/2015) χρησιμοποιήθηκαν τρεις ηλεκτροβάνες. Όλες ήταν συνεχούς ρεύματος ισχύος 9V και συνδέονταν με τον προγραμματιστή άρδευσης (Miracle DG). Χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση των μεταχειρίσεων **K/100%ET**, **E33/100%ET** και **E80/100%ET**.

Για την περίοδο ανάπτυξης 18/06/2015 έως τη συγκομιδή χρησιμοποιήθηκαν τρεις ηλεκτροβάνες. Μία συνεχούς ρεύματος ισχύος 9V η οποία συνδέονταν με τον προγραμματιστή (Miracle DG) άρδευσης και οι

υπόλοιπες δύο εναλλασόμενου ρεύματος ισχύος 24V οι οποίες συνδέθηκαν κατάλληλα στο Data Logger ZENO 3200 και στον Data Logger GP1. Μέσω της πρώτης ηλεκτροβάνας τροφοδοτούνταν με νερό η μεταχείριση **EA100ET**, μέσω της δεύτερης ηλεκτροβάνας τροφοδοτούνταν με νερό η μεταχείριση **EB100ET**, και μέσω της τρίτης ηλεκτροβάνας τροφοδοτούνταν με νερό η μεταχείριση **E100ET**.

Οι ηλεκτροβάνες χρησιμοποιήθηκαν για να αυτοματοποιηθεί η έναρξη και η διακοπή της άρδευσης. Συνολικά υπήρχαν 3 ηλεκτροβάνες (Εικ. 3.5) και 9 υδρόμετρα.



Εικόνα 3.5: Ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος ισχύος 9V.

Η διάθεση του απαιτούμενου για την άρδευση νερού γινόταν από τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας 50m³ (Εικ.3.6). Η πλήρωση της δεξαμενής γινόταν από παρακείμενη γεώτρηση (αντλία παροχής 35 m³/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 διαμορφωμένα κουτιά επί της δεξαμενής.



Εικόνα 3.6: Δεξαμενή με ειδικά διαμορφωμένα κουτιά που περιέχουν τον μηχανολογικό εξοπλισμό της άρδευσης.

3.5. Σύστημα μέτρησης υγρασίας του εδάφους.

Στον πειραματικό αγρό τοποθετήθηκαν τρεις αισθητήρες 10HS της εταιρείας Decagon (Εικ 3.8) στο στην πρώτη κατά σειρά επανάληψη της μεταχείρισης **EB100ET** και σε βάθος 30 cm, 50 cm, 70 cm με τη βοήθεια ενός εδαφολήπτη ξηρού εδάφους (Εικ. 3.7). Η θέση των αισθητήρων (Εικ.3.9) ήταν δίπλα στη γραμμή σποράς της μιας από τις δύο μεσαίες γραμμές (Εικ 3.10) έτσι ώστε να μετριέται η διακύμανση της υγρασίας όσο το δυνατόν πιο κοντά στο ριζικό σύστημα του φυτού. Η εδαφική υγρασία που μετρούσαν οι παραπάνω αισθητήρες καταγράφονταν στο Data Logger Zeno-3200. Η έναρξη και λήξη της άρδευσης ελέγχονταν από κατάλληλο Relay on – off που παρεμβάλλονταν μεταξύ του Data Logger και της ηλεκτροβάνας. Από τους τρεις αισθητήρες οι δύο (Βάθος 30cm και 50cm) χρησιμοποιούνταν για τον προγραμματισμό των αρδεύσεων (μέσος όρος της εδαφικής υγρασίας που κατέγραφαν) και ο τρίτος (βάθος 70cm) χρησιμοποιούνταν για απλή καταγραφή της υγρασίας εδάφους. Η έναρξη της άρδευσης γινόταν όταν ο μέσος όρος εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0 – 50cm ήταν 24% κ.ο. και η λήξη της άρδευσης γινόταν όταν ο μέσος όρος εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0 – 50cm ήταν 32% κ.ο.

Ο προγραμματισμός έρδευσης στην πρώτη μεταχείριση πραγματοποιούνταν με τη χρήση εξατμισίμετρου τύπου A. Οι ημερήσια μέτρηση εξάτμισης από το εξατμισίμετρο ανάγονταν σε εξατμισοδιαπνοή αναφοράς με τη χρήση συντελεστού εξατμισιμέτρου. Στη συνέχεια από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς υπολογίζονταν η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας με τη χρήση κατάλληλου φυτικού συντελεστή και η διάρκεια άρδευσης η οποία δίνονταν ως εντολή στον προγραμματιστή άρδευσης.

Επίσης ο αισθητήρας υγρασίας EnviroSMART τοποθετήθηκε στην τελευταία επανάληψη της μεταχείρισης **E100ET** και συνδέονταν με ένα Data Logger GP1 ώστε να παίρνουμε ψηφιακά τιμές ώστε να είναι ευκολότερος ο έλεγχος της επιθυμητής διακύμανσης της τιμής της υγρασίας του εδάφους. Ο έλεγχος της άρδευσης γινόταν από Relay on – off εντός του Data Logger GP1. Η έναρξη της άρδευσης γινόταν όταν ο μέσος όρος εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0 – 50cm ήταν 24% κ.ο. και η λήξη της άρδευσης γινόταν όταν ο μέσος όρος εδαφικής υγρασίας σε βάθος 0 – 50cm ήταν 32% κ.ο.

Οι τιμές της υγρασίας που μέτρησαν οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος με τις γραφικές παραστάσεις που δείχνουν τις διακυμάνσεις της υγρασίας.



Εικόνα 3.7: Ανοιγμα οπής στο έδαφος για τοποθέτηση των αισθητήρων Decagon 10HS με τη χρήση εδαφολήπτης ξηρού εδάφους



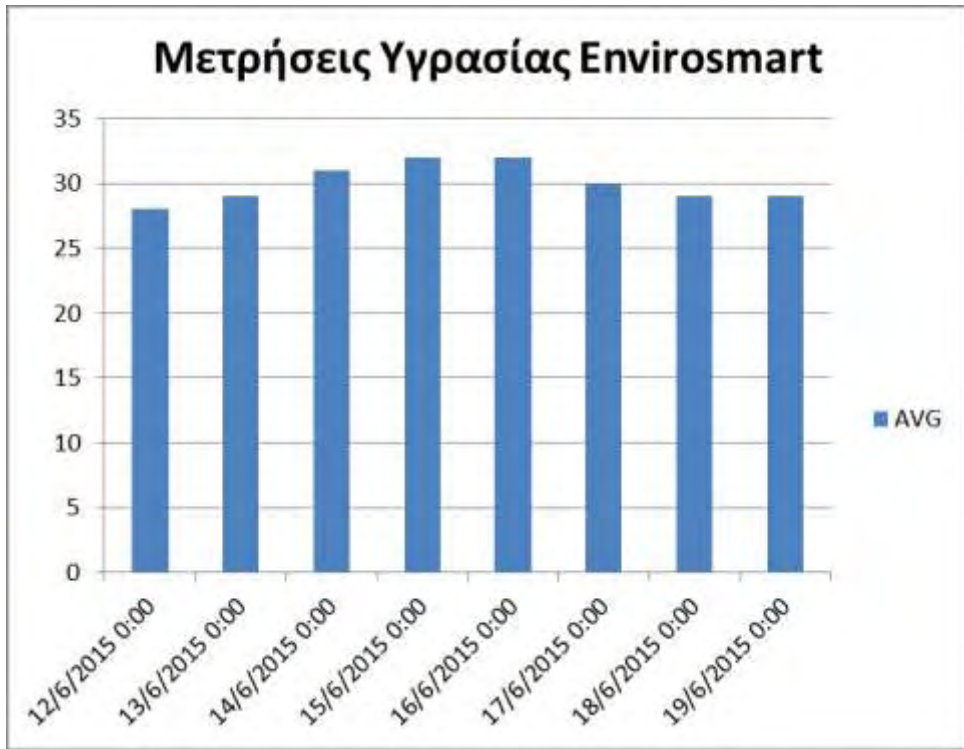
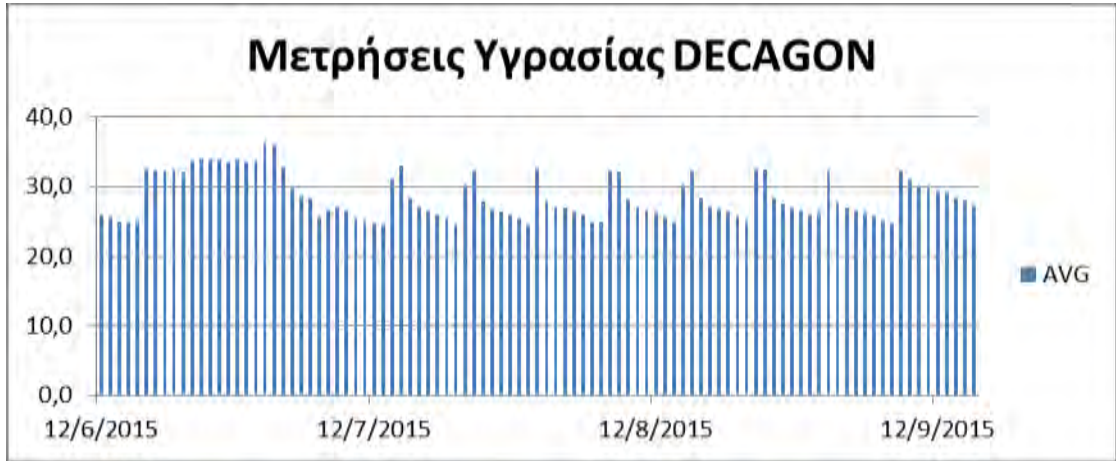
Εικόνα 3.8: Αισθητήρες υγρασίας Decagon 10HS.



Εικόνα 3.9: Τοποθέτηση αισθητήρων.



Εικόνα 3.10: Τοποθέτηση αισθητήρων.



3.6. Εξατμισόμετρο τύπου A

Το εξατμισόμετρο τύπου A χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της εξάτμισης, απαραίτητης για τον υπολογισμό των αναγκών άρδευσης της καλλιέργειας. Το εξατμισόμετρο τύπου A είναι μία κυλινδρική λεκάνη από γαλβανισμένο χάλυβα με διάμετρο 121cm και βάθος 25,4 cm (Εικ.3.11). Η λεκάνη αυτή τοποθετήθηκε πάνω σε ξύλινη βάση σε ύψος 15 cm από την επιφάνεια του εδάφους σε οριζόντια θέση. Η επιφάνεια του νερού παραμένει από 2 έως 7,5cm κάτω από το χείλος της λεκάνης. Οι μετρήσεις στο βάθος του νερού στη λεκάνη γίνονταν με σταθμήμετρο με ακίδα. Οι ενδείξεις αυτές που αντιπροσώπευαν την εξάτμιση από την λεκάνη σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισόμετρου ($K_{εξ} = K_p = 0,70$) και την αντίστοιχη για κάθε περίοδο τιμή του φυτικού συντελεστή K_c , έδιναν την τιμή της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.



Εικόνα 3.11 Εξατμισόμετρο τύπου A

Ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για τη μεταχείριση **EA100ET** βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισίμετρου τύπου Α. Με βάση αυτές υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, το ποσό δηλαδή του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στην καλλιέργεια μέσω της άρδευσης.

Η ένδειξη του εξατμισίμετρου (E_{pan}), που εκφράζει την μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισίμετρου K_p μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_0 . Δηλαδή:

$$ET_0 = K_p \times E_{pan}, \text{ (mm/ημέρα)} \quad (3.6.1)$$

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισίμετρου, K_p , υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισίμετρο. Στην συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0,70 (FAO, 1998).

Στη συνέχεια, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιαζόμενη με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας K_c , μας δίνει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c).

$$ET_c = ET_0 \times K_c, \text{ σε mm} \quad (3.6.2)$$

Στο αρχικό στάδιο (πρώτες 20 ημέρες) ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας K_c είναι 0,37. Αργότερα αυξάνεται σταδιακά έως ότου φτάσει το φυτό στην μέγιστη ανάπτυξή του, οπότε θα γίνει 1,15 (για 45 ημέρες). Μετά φθίνει σταδιακά μέχρι να φτάσει την τιμή 0,55.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της ET_c αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (I_n), την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω της άρδευσης. Δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από την σχέση:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B, \text{ σε mm} \quad (3.6.3)$$

όπου: B είναι το ύψος βροχής και

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

Στο εξατμισίμετρο τύπου Α όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό

(FAO, 1998), με την χρήση των σχέσεων (3.6.1) και (3.6.2). Συνεπώς, για να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας πρέπει στην τιμή των καθαρών αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισιμέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή σύμφωνα με την σχέση 4.6.3, στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$ET_c = I_n + \Omega B, \text{ σε mm} \quad (3.6.4)$$

Στους παρακάτω πίνακες 3.6.1 παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των καθαρών αναγκών (I_n), η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c) με βάση την ημερήσια ένδειξη εξάτμισης (E_{pan}) του εξατμισιμέτρου τύπου A, οι δόσεις και η διάρκεια άρδευσης καθώς και οι ημερομηνίες των αρδεύσεων.

Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης (I_t) έγινε βάση της σχέσης:

$$I_t = I_{da} / I_{dh}, \text{ σε h} \quad (3.6.5)$$

όπου: I_{da} είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και

I_{dh} είναι το ωριαίο ύψος βροχής.

Είναι: $I_{dh} = (q \times n) / (St \times Sr)$, σε mm/h

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

$n = St / (2 \times Se)$ είναι ο αριθμός σταλακτῆρων ανά δύο σειρές φυτών

St είναι η ισαποχή των φυτών επί της σειράς σε m

Sr είναι η ισαποχή των σειρών των φυτών σε m και

Se είναι η ισαποχή των σταλακτῆρων σε m.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ 2015

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή $\Omega B=0,8*B$ 0,8*(7) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς $Eo=kr*Epan$ 0,77*(6) mm	kc	Καθαρές ανάγκες $I_{da}=Eo*kc =ETc$ (9)*(10) mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας $I_n=ETc - \Omega B$ (11)-(8) mm	Σταλάκτες ανά φυτό $n=St/2*Se$	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% $I_t=I_{da}(100\%)/I_{dh}$	Διάρκεια άρδευσης (h)
20/5/2015	0	0	0,00	7,00	0	0	5,39		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
21/5/2015	1	A	7,00	6,00	0	0	4,62		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
22/5/2015	2		13,00	5,00	0	0	3,85		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
23/5/2015	3		18,00	7,00	0	0	5,39		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
24/5/2015	4		25,00	6,00	0	0	4,62		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
25/5/2015	5		31,00	9,00	0	0	6,93		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
26/5/2015	6	0	40,00	8,00	0	0	6,16		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
27/5/2015	7		8,00	3,00	0	0	2,31		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
28/5/2015	8		11,00	2,00	12,00	9,60	1,54		0,00	-9,60	0,08	1,91	0,00	
29/5/2015	9	0	15,00	5,00	0	0	3,85		0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
30/5/2015	10		5,00	6,00	0	0	4,62	0,37	1,71	1,71	0,08	1,91	0,89	0h 53'
31/5/2015	11		11,00	6,00	0	0	4,62	0,37	1,71	1,71	0,08	1,91	0,89	0h 53'
1/6/2015	12		17,00	7,00	0	0	5,39	0,37	1,99	1,99	0,08	1,91	1,04	1h 02'
2/6/2015	13		24,00	7,00	0	0	5,39	0,37	1,99	1,99	0,08	1,91	1,04	1h 02'
3/6/2015	14		32,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
4/6/2015	15	0	40,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
5/6/2015	16		8,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
6/6/2015	17		16,00	5,00	0	0	3,85	0,37	1,42	1,42	0,08	1,91	0,75	0h 46'
7/6/2015	18		21,00	1,00	5,00	4,00	0,77	0,37	0,28	-3,72	0,08	1,91	0,15	0h 09'
8/6/2015	19	0	22,00	3,00	0	0	2,31	0,37	0,85	0,85	0,08	1,91	0,45	0h 27'
9/6/2015	20		3,00	5,00	0	0	3,85	0,37	1,42	1,42	0,08	1,91	0,75	0h 46'
10/6/2015	21		8,00	6,00	0	0	4,62	0,37	1,71	1,71	0,08	1,91	0,89	0h 53'

Ημερομηνία	Ημέρες	Πλήρωση	Ημερήσια	Διαφορά	Βροχή B	Ωφέλιμη	Εξατμ/πνοή	κc	Καθαρές	Εξατμ/πνοή	Σταλάκτες	Ωριαίο ύψος	Διάρκεια	Διάρκεια
Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή $\Omega B=0,8*B$ $0,8*(7)$ mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς $Eo=kr*Epan$ $0,77*(6)$ mm	κc	Καθαρές ανάγκες $Ida=Eo*kc =ETc$ $(9)*(10)$ mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας $In=ETc - \Omega B$ $(11)-(8)$ mm	Σταλάκτες ανά φυτό $n=St/2*Se$	Ωριαίο ύψος βροχής $Idh=(q*n)/(St*Sr)$ mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% $It=Ida(100%)/Idh$	Διάρκεια άρδευσης (h)
11/6/2015	22		14,00	7,00	0	0	5,39	0,37	1,99	1,99	0,08	1,91	1,04	1h 02'
12/6/2015	23	A	21,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
13/6/2015	24		29,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
14/6/2015	25		37,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
15/6/2015	26	0	45,00	9,00	0	0	6,93	0,37	2,56	2,56	0,08	1,91	1,34	1h 20'
16/6/2015	27		9,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
17/6/2015	28		17,00	8,00	0	0	6,16	0,37	2,28	2,28	0,08	1,91	1,19	1h 11'
18/6/2015	29		25,00	3,00	0	0	2,31	0,37	0,85	0,85	0,08	1,91	0,45	0h 20'
19/6/2015	30		28,00	6,00	22,60	18,08	4,62	0,39	1,80	-16,28	0,08	1,91	0,94	0h 56'
20/6/2015	31	0	34,00	7,00	0	0	5,39	0,41	2,21	2,21	0,08	1,91	1,16	1h 10'
21/6/2015	32		7,00	3,00	0	0	2,31	0,43	0,99	0,99	0,08	1,91	0,52	0h 31'
22/6/2015	33		10,00	6,00	18,20	14,56	4,62	0,46	2,13	-12,43	0,08	1,91	1,11	1h 07'
23/6/2015	34	0	16,00	6,00	0	0	4,62	0,48	2,22	2,22	0,08	1,91	1,16	1h 10'
24/6/2015	35		6,00	7,00	0	0	5,39	0,50	2,70	2,70	0,08	1,91	1,41	1h 25'
25/6/2015	36		13,00	8,00	0	0	6,16	0,53	3,26	3,26	0,08	1,91	1,71	1h 43'
26/6/2015	37	0	21,00	10,00	0	0	7,70	0,55	4,24	4,24	0,08	1,91	2,22	2h 13'
27/6/2015	38		31,00	5,00	0	0	3,85	0,57	2,19	2,19	0,08	1,91	1,15	1h 09'
28/6/2015	39		35,00	5,00	0	0	3,85	0,59	2,27	2,27	0,08	1,91	1,19	1h 11'
29/6/2015	40	0	40,00	6,00	0	0	4,62	0,61	2,82	2,82	0,08	1,91	1,48	1h 29'
30/6/2015	41		6,00	3,00	33,60	26,88	2,31	0,64	1,48	-25,40	0,08	1,91	0,77	0h 46'
1/7/2015	42	0	9,00	5,00	0	0	3,85	0,67	2,58	2,58	0,08	1,91	1,35	1h 22'
2/7/2015	43		5,00	7,00	0	0	5,39	0,69	3,72	3,72	0,08	1,91	1,95	1h 57'
3/7/2015	44		12,00	6,00	0	0	4,62	0,71	3,28	3,28	0,08	1,91	1,72	1h 43'
4/7/2015	45	0	18,00	7,00	0	0	5,39	0,73	3,93	3,93	0,08	1,91	2,06	2h 03'

	από τη σπορά 20/5/15	Εξατμ/τρου mm	ένδειξη mm	ημέρας Εραν mm	mm	βροχή $\Omega B=0,8*B$ 0,8*(7) mm	αναφοράς $Eo=k\rho*E_{ραν}$ 0,77*(6) mm		ανάγκες $I_{da}=Eo*k_c =ETc$ (9)*(10) mm	Καλλιέργειας $I_n=ETc - \Omega B$ (11)-(8) mm	ανά φυτό $n=St/2*Se$	βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*S_r)$ mm/h	άρδευσης 100% $I_t=I_{da}(100\%)/I_{dh}$	άρδευσης (h)
5/7/2015	46		25,00	7,00	0	0	5,39	0,75	4,04	4,04	0,08	1,91	2,12	2h 07'
6/7/2015	47		32,00	7,00	0	0	5,39	0,77	4,15	4,15	0,08	1,91	2,17	2h 10'
7/7/2015	48	0	39,00	8,00	0	0	6,16	0,80	4,93	4,93	0,08	1,91	2,58	2h 35'
8/7/2015	49		8,00	8,00	0	0	6,16	0,82	5,05	5,05	0,08	1,91	2,64	2h 38'
9/7/2015	50		16,00	8,00	0	0	6,16	0,84	5,17	5,17	0,08	1,91	2,71	2h 43'
10/7/2015	51	A	24,00	5,00	0,60	0,48	3,85	0,86	3,31	2,83	0,08	1,91	1,73	1h 44'
11/7/2015	52		29,00	7,00	0	0	5,39	0,88	4,74	4,74	0,08	1,91	2,48	2h 29'
12/7/2015	53		36,00	7,00	0	0	5,39	0,90	4,85	4,85	0,08	1,91	2,54	2h 32'
13/7/2015	54	A 0	43,00	7,00	0	0	5,39	0,93	5,01	5,01	0,08	1,91	2,62	2h 37'
14/7/2015	55		7,00	7,00	0	0	5,39	0,95	5,12	5,12	0,08	1,91	2,68	2h 41'
15/7/2015	56	A	14,00	8,00	0	0	6,16	0,97	5,98	5,98	0,08	1,91	3,13	3h 08'
16/7/2015	57		22,00	8,00	0	0	6,16	1,00	6,16	6,16	0,08	1,91	3,23	3h 13'
17/7/2015	58	A	30,00	9,00	0	0	6,93	1,02	7,07	7,07	0,08	1,91	3,70	3h 42'
18/7/2015	59	0	39,00	9,00	0	0	6,93	1,04	7,21	7,21	0,08	1,91	3,77	3h 47'
19/7/2015	60		9,00	8,00	0	0	6,16	1,06	6,53	6,53	0,08	1,91	3,42	3h 25'
20/7/2015	61	A	17,00	8,00	0	0	6,16	1,08	6,65	6,65	0,08	1,91	3,48	3h 29'
21/7/2015	62		25,00	8,00	0	0	6,16	1,10	6,78	6,78	0,08	1,91	3,55	3h 33'
22/7/2015	63	A	33,00	9,00	0	0	6,93	1,13	7,83	7,83	0,08	1,91	4,10	4h 06'
23/7/2015	64	0	42,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
24/7/2015	65	A	8,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
25/7/2015	66		16,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
26/7/2015	67		24,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
27/7/2015	68	A	31,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
28/7/2015	69	0	39,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
29/7/2015	70	A	8,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
30/7/2015	71		16,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
31/7/2015	72	A	24,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(7) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς Eo=kr*Epan 0,77*(6) mm	kc	Καθαρές ανάγκες Ida=Eo*kc =ETc (9)*(10) mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (11)-(8) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It=Ida(100%)/Idh	Διάρκεια άρδευσης (h)
1/8/2015	73		32,00	7,00	1,20	0,96	5,39	1,15	6,20	5,24	0,08	1,91	3,25	3h 15'
2/8/2015	74		39,00	5,00	0	0	3,85	1,15	4,43	4,43	0,08	1,91	2,32	2h 19'
3/8/2015	75	A 0	44,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
4/8/2015	76		7,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
5/8/2015	77	A	14,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
6/8/2015	78		22,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
7/8/2015	79	A 0	29,00	5,00	0,80	0,64	3,85	1,15	4,43	3,79	0,08	1,91	2,32	2h 19'
8/8/2015	80		5,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
9/8/2015	81		12,00	6,00	0	0	4,62	1,15	5,31	5,31	0,08	1,91	2,78	2h 23'
10/8/2015	82	A	18,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
11/8/2015	83		25,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
12/8/2015	84	A 0	32,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
13/8/2015	85		7,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
14/8/2015	86	A	14,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
15/8/2015	87		21,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
16/8/2015	88		28,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
17/8/2015	89	A 0	35,00	9,00	0	0	6,93	1,15	7,97	7,97	0,08	1,91	4,17	4h 10'
18/8/2015	90		9,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
19/8/2015	91	A	17,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
20/8/2015	92		24,00	6,00	0	0	4,62	1,15	5,31	5,31	0,08	1,91	2,78	2h 47'
21/8/2015	93	A	30,00	5,00	0	0	3,85	1,15	4,43	4,43	0,08	1,91	2,32	2h 19'
22/8/2015	94		35,00	4,00	0	0	3,08	1,15	3,54	3,54	0,08	1,91	1,85	1h 51'
23/8/2015	95		39,00	5,00	1,20	0,96	3,85	1,15	4,43	3,47	0,08	1,91	2,32	2h 39'
24/8/2015	96	A 0	45,00	6,00	0	0	4,62	1,15	5,31	5,31	0,08	1,91	2,78	2h 47'
25/8/2015	97		6,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σοδιά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(7) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς Εο=kr*Εραν 0,77*(6) mm	kc	Καθαρές ανάγκες Ιda=Εο*kc =ETc (9)*(10) mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας Ιn=ETc - ΩB (11)-(8) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Ιdh=(q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% Ιt=Ιda(100%)/Ιdh	Διάρκεια άρδευσης (h)
26/8/2015	98	A	13,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
27/8/2015	99		20,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
28/8/2015	100	A	27,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
29/8/2015	101		34,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
30/8/2015	102		41,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
31/8/2015	103	A	48,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
1/9/2015	104		7,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
2/9/2015	105	A	15,00	8,00	0	0	6,16	1,15	7,08	7,08	0,08	1,91	3,71	3h 43'
3/9/2015	106		23,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
4/9/2015	107	A	30,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
5/9/2015	108		37,00	6,00	0	0	4,62	1,15	5,31	5,31	0,08	1,91	2,78	2h 47'
6/9/2015	109		43,00	7,00	0	0	5,39	1,15	6,20	6,20	0,08	1,91	3,25	3h 15'
7/9/2015	110	A 0	50,00	5,00	0	0	3,85	1,13	4,35	4,35	0,08	1,91	2,28	2h 17'
8/9/2015	111		5,00	6,00	0	0	4,62	1,11	5,13	5,13	0,08	1,91	2,68	2h 41'
9/9/2015	112		11,00	4,00	0	0	3,08	1,09	3,36	3,36	0,08	1,91	1,76	1h 46'
10/9/2015	113		15,00	6,00	1,60	1,28	4,62	1,07	4,94	3,66	0,08	1,91	2,59	2h 35'
11/9/2015	114		21,00	5,00	0	0	3,85	1,05	4,04	4,04	0,08	1,91	2,12	2h 07'
12/9/2015	115		26,00	9,00	0	0	6,93	1,03	7,14	7,14	0,08	1,91	3,74	3h 44'
13/9/2015	116		35,00	3,00	0	0	2,31	1,01	2,33	2,33	0,08	1,91	1,22	1h 13'
14/9/2015	117		38,00	4,00	0	0	3,08	0,99	3,05	3,05	0,08	1,91	1,60	1h 36'
15/9/2015	118	0	42,00	3,00	0	0	2,31	0,97	2,24	2,24	0,08	1,91	1,17	1h 10'
16/9/2015	119		3,00	5,00	0	0	3,85	0,95	3,66	3,66	0,08	1,91	1,91	1h 55'
17/9/2015	120		8,00	4,00	0	0	3,08	0,93	2,86	2,86	0,08	1,91	1,50	1h 30'
18/9/2015	121		12,00	6,00	0	0	4,62	0,91	4,20	4,20	0,08	1,91	2,20	2h 12'
19/9/2015	122		18,00	5,00	0	0	3,85	0,89	3,43	3,43	0,08	1,91	1,79	1h 47'
20/9/2015	123		23,00	6,00	0	0	4,62	0,87	4,02	4,02	0,08	1,91	2,10	2h 06'

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραη mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(7) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς Εο=kr*Εραη 0,77*(6) mm	kc	Καθαρές ανάγκες Ιda=Εο*kc =ETc (9)*(10) mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας Ιη=ETc - ΩB (11)-(8) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Ιdh=(q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% Ιt=Ιda(100%)/Ιdh	Διάρκεια άρδευσης (h)
21/9/2015	124		29,00	5,00	0	0	3,85	0,85	3,27	3,27	0,08	1,91	1,71	1h 43'
22/9/2015	125		34,00	6,00	0	0	4,62	0,83	3,83	3,83	0,08	1,91	2,01	
23/9/2015	126	0	40,00	4,00	2,60	2,08	3,08	0,81	2,49	0,41	0,08	1,91	1,31	
24/9/2015	127		4,00	6,00	0	0	4,62	0,79	3,65	3,65	0,08	1,91	1,91	
25/9/2015	128		10,00	5,00	0	0	3,85	0,77	2,96	2,96	0,08	1,91	1,55	
26/9/2015	129		15,00	5,00	0	0	3,85	0,75	2,89	2,89	0,08	1,91	1,51	
27/9/2015	130		20,00	3,00	0	0	2,31	0,73	1,69	1,69	0,08	1,91	0,88	
28/9/2015	131		23,00	4,00	0	0	3,08	0,71	2,19	2,19	0,08	1,91	1,14	
29/9/2015	132		27,00	3,00	0	0	2,31	0,69	1,59	1,59	0,08	1,91	0,83	
30/9/2015	133		30,00	4,00	0	0	3,08	0,67	2,06	2,06	0,08	1,91	1,08	
1/10/2015	134	0	34,00	2,00	0	0	1,54	0,65	1,00	1,00	0,08	1,91	0,52	
2/10/2015	135		2,00	3,00	0	0	2,31	0,63	1,46	1,46	0,08	1,91	0,76	
3/10/2015	136		5,00	3,00	0	0	2,31	0,61	1,41	1,41	0,08	1,91	0,74	
4/10/2015	137		8,00	4,00	0	0	3,08	0,59	1,82	1,82	0,08	1,91	0,95	
5/10/2015	138		12,00	3,00	0	0	2,31	0,57	1,32	1,32	0,08	1,91	0,69	
6/10/2015	139		15,00	4,00	0	0	3,08	0,55	1,69	1,69	0,08	1,91	0,89	
7/10/2015	140		19,00	4,00	0	0	3,08	0,55	1,69	1,69	0,08	1,91	0,89	
8/10/2015	141		23,00	5,00	0	0	3,85	0,55	2,12	2,12	0,08	1,91	1,11	
9/10/2015	142		28,00	4,00	0	0	3,08	0,55	1,69	1,69	0,08	1,91	0,89	
10/10/2015	143		32,00	4,00	0	0	3,08	0,55	1,69	1,69	0,08	1,91	0,89	
11/10/2015	144		36,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
12/10/2015	145	0	38,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
13/10/2015	146		2,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
14/10/2015	147		3,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά 20/5/15	Πλήρωση Εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(7) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς Eo=kr*Epan 0,77*(6) mm	kc	Καθαρές ανάγκες Ida=Eo*kc =ETc (9)*(10) mm	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (11)-(8) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It=Ida(100%)/Idh	Διάρκεια άρδευσης (h)
15/10/2015	148		5,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
16/10/2015	149		6,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
17/10/2015	150		8,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
18/10/2015	151		9,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
19/10/2015	152		11,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
20/10/2015	153		12,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
21/10/2015	154		13,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
22/10/2015	155		14,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
23/10/2015	156		15,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
24/10/2015	157		16,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
25/10/2015	158		17,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
26/10/2015	159		18,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
27/10/2015	160		20,00	2,00	0	0	1,54	0,55	0,85	0,85	0,08	1,91	0,44	
28/10/2015	161		22,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
29/10/2015	162		23,00	0,00	0	0	0,00	0,55	0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	
30/10/2015	163		23,00	1,00	0	0	0,77	0,55	0,42	0,42	0,08	1,91	0,22	
31/10/2015	164		24,00	0,00	0	0	0,00	0,55	0,00	0,00	0,08	1,91	0,00	

3.7. Μετεωρολογικά δεδομένα

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και άθροισμα ημερήσιας βροχόπτωσης) της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 25m από το κέντρο του πειραματικού αγρού (Εικ. 3.12).



Εικόνα 3.12: Ο μετεωρολογικός σταθμός του Πανεπιστημίου

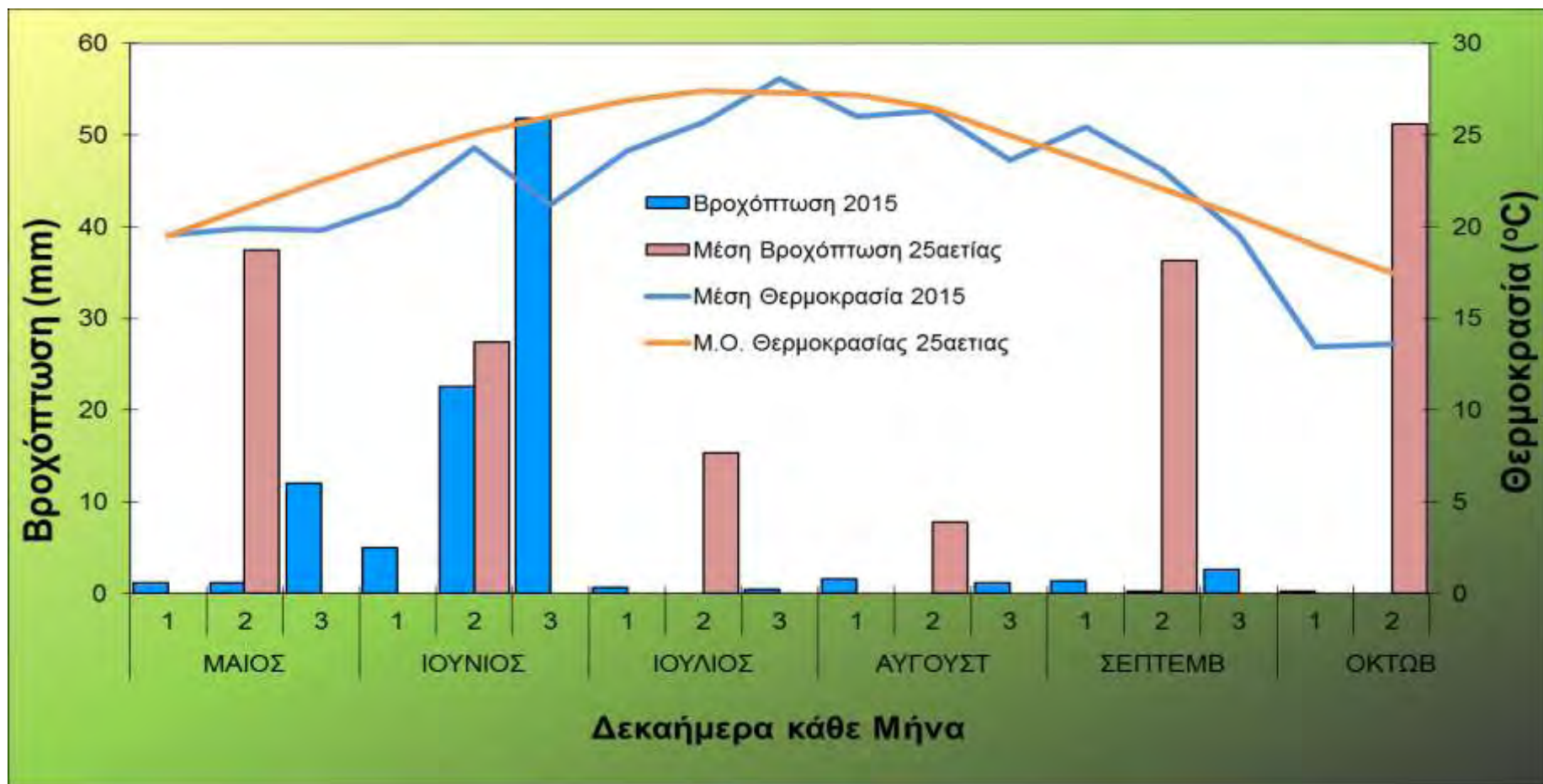
Η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων γινόταν σε ωριαία βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Η συλλογή τους έγινε με τη βοήθεια Data Logger και η επεξεργασία τους με το πρόγραμμα Excel της Microsoft (Πίνακες 3.1 και 3.2). Στον Πίνακα 3.1 φαίνεται η ωφέλιμη βροχόπτωση από τις 20-5-2015 έως στο τέλος της συγκομιδής η οποία είναι 99,6mm. Στον Πίνακα 3.2 φαίνεται η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα για την ίδια περίοδο. Στο Σχήμα 3.3 φαίνεται ότι το ποσό της βροχόπτωσης που απορροφήθηκε από το έδαφος και η μέση θερμοκρασία της καλλιέργειας στο έτος 2015 είναι αντίστοιχη με το μέσο όρο των ποσών που παρατηρήθηκαν στα τελευταία 25 έτη.

Πίνακας 3.1: Τιμές ωφέλιμης βροχόπτωσης ανά δεκαήμερο

ΜΑΙΟΣ	1	1,20
	2	1,20
	3	12,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	1	5,00
	2	22,60
	3	51,80
ΙΟΥΛΙΟΣ	1	0,60
	2	0,00
	3	0,40
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1	1,60
	2	0,00
	3	1,20
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1	1,40
	2	0,20
	3	2,60
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1	0,20
	2	0,00
	3	
Ωφέλιμη Βροχόπτωση		99,60

Πίνακας 3.2: Τιμές μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ανά δεκαήμερο.

ΜΑΙΟΣ	1	19,56
	2	19,94
	3	19,82
ΙΟΥΝΙΟΣ	1	21,22
	2	24,29
	3	21,22
ΙΟΥΛΙΟΣ	1	24,18
	2	25,72
	3	28,06
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1	26,03
	2	26,32
	3	23,62
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1	25,47
	2	23,10
	3	19,56
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1	13,48
	2	13,62
	3	



Σχήμα 3.12: Διακύμανση θερμοκρασίας και βροχόπτωσης καλλιεργητικής περιόδου 2015 σε σύγκριση με τους αντίστοιχους μέσους όρους της τελευταίας 25-ετίας.

Από την επεξεργασία των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής προέκυψε το Σχήμα 3.12 όπου απεικονίζονται η βροχοπτώση του έτους 2015 σε σύγκριση με την μέση βροχοπτώση της τελευταίας 25αετίας καθώς και η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε σύγκριση με τη μέση θερμοκρασία της τελευταίας 25αετίας.

Η καλλιεργητική περίοδος 2015 ήταν ελαφρώς ψυχρότερη σε σύγκριση με την μέση τιμή της 25αετίας. Είχαμε ελαφρά υψηλότερες θερμοκρασίες στο τρίτο δεκαήμερο του Ιουλίου, στο πρώτο και δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου του έτους 2015 πάντα σε σύγκριση με την μέση τιμή της τελευταίας 25αετίας ενώ αντίστοιχα συναντήσαμε ελαφρά ψυχρότερες θερμοκρασίες στο υπόλοιπο χρονικό διάστημα και σημαντικά ψυχρότερη θερμοκρασία στο τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου.

Οι βροχοπτώσεις δεν παρουσίασαν την ίδια σταθερότητα με τις τιμές της θερμοκρασίας. Στον μήνα Μάιο οι βροχοπτώσεις της καλλιεργητικής περιόδου 2015 ήταν αρκετά χαμηλότερες σε σύγκριση με την μέση τιμή της 25αετίας με αποτέλεσμα να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα στο φύτευμα γιατί η άρδευση του έγινε με ελεγχόμενο τρόπο. Αργότερα στον μήνα Ιούνιο είχαμε αρκετά υψηλότερες βροχοπτώσεις και ειδικά στο τρίτο δεκαήμερο χωρίς όμως να παρουσιαστούν ιδιαίτερα προβλήματα στην παραγωγή των μεταχειρίσεων. Αντίστοιχα στην υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο του έτους 2015 είχαμε χαμηλότερα ποσά βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα να πρέπει να αναπληρώσουμε το αναγκαίο ποσό του νερού από το αρδευτικό σύστημα. Παρατηρούμε όμως ότι στο έτος 2015 οι βροχοπτώσεις ήταν πιο συχνές σε σύγκριση με τον μέσο όρο των βροχοπτώσεων της τελευταίας 25αετίας με αποτέλεσμα να έχουμε τελικά ικανοποιητική παραγωγή.

4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

4.1. Γενικά

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις.

- Κατά την περίοδο φυτρώματος (20/02/2015 έως 18/06/2015) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του αριθμού φυτών που υπήρχαν ανά τετραγωνικό μέτρο σε κάθε επανάληψη της κάθε μεταχείρισης **K100ET**, **E33** και **E80**.
- Κατά την περίοδο από 18/06/2015 έως τη συγκομιδή πραγματοποιήθηκαν 10 μετρήσεις ανά 7ήμερο από τις 24/6 (35 ημέρες από την σπορά) έως τις 27/08 (98 ημέρες από την σπορά). Η κάθε μέτρηση γινόταν στις ίδιες σειρές φυτών κάθε πειραματικού τεμαχίου και πάντα την ίδια ώρα του 24ώρου. Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών των φυτών έγιναν σε μήκος ενός μέτρου της γραμμής σποράς στην μία από τις δυο μεσαίες γραμμές του πειραματικού τεμαχίου. Τα χαρακτηριστικά του βαμβακιού που μετρήθηκαν ήταν ύψος φυτού, δείκτης φυλλικής επιφάνειας, αριθμός χτενιών, αριθμός λουλουδιών, αριθμός καρυδιών, τελική παραγωγή σύσπορου βάμβακος. Τέλος υπολογίστηκε και η αποδοτικότητα χρήσης νερού.

4.2. Αριθμός Φυτών Ανά m²

Κατά την περίοδο φυτρώματος του βαμβακιού ερευνήθηκε η φυτρωτικότητα της καλλιέργειας με τη χρήση δύο μεθόδων άρδευσης, καταιονισμού (μεταχείριση K/100%ET) και επιφανειακής στάγδην άρδευσης (μεταχειρίσεις E33/100%ET και E80/100%ET). Στην στάγδην άρδευση χρησιμοποιήθηκαν σταλακτηφόροι με διαφορετική ισαποχή σταλάκτη. Στη μεταχείριση E33 η ισαποχή σταλάκτη ήταν 33cm και στην E80 η ισαποχή ήταν 80cm.

Εφαρμόστηκαν δύο αρδεύσεις φυτρώματος σε όλες τις μεταχειρίσεις. Στη μεταχείριση K/100%ET χρησιμοποιήθηκαν δύο μικροί κρουστικοί καταιονιστήρες. Η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε ήταν 40mm.

Για την άρδευση των επαναλήψεων της συγκεκριμένης μεταχείρισης γίνονταν μετακίνηση του συστήματος των δύο καταιονιστήρων χειροκίνητα.

Στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε στάγδην άρδευση χρησιμοποιήθηκαν δύο σταλακτηφόροι αγωγοί για κάθε επανάληψη της καθεμιάς μεταχείρισης (E33 και E80). Κάθε σταλακτηφόρος τοποθετούνταν ακριβώς δίπλα στη γραμμή σποράς. Έτσι αρδεύονταν ταυτόχρονα η πρώτη και η τρίτη γραμμή σποράς από τις τέσσερις της κάθε επανάληψης. Μετά το πέρας της διάρκειας άρδευσης οι δύο σταλακτηφόροι μετακινούνταν στις διπλανές γραμμές χειροκίνητα έτσι ώστε να αρδευτούν και εκείνες με την ίδια ποσότητα άρδευσης. Η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε ήταν 40mm κατ' αντιστοιχία με αυτή του καταιονισμού.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των φυτών που φύτεψαν σε κάθε τρέχον μέτρο κάθε γραμμής σποράς της κάθε επανάληψης. Αυτές φαίνονται στους επόμενους Πίνακες 4.1. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι ο αριθμός φυτών που φύτεψαν ήταν ικανοποιητικός (μέση τιμή 15-17 φυτά ανά m²) και αρκετά κοντά στις τιμές που δίνουν οι Εταιρείες Σποροπαραγωγής Βάμβακος για τον βέλτιστο αριθμό φυτών ανά m² που πρέπει να διαθέτει ένας αγρός για την επίτευξη της βέλτιστης παραγωγής (μέση τιμή 18 φυτά ανά m²).

Πίνακες 4.1: Αριθμός φυτών ανά m για κάθε επανάληψη.

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
A	11	8	15	23	18	19	23	21	19	21	17,8
A	10	21	11	10	14	19	20	11	18	20	15,4
A	13	11	11	15	18	21	11	10	14	22	14,6
A	11	14	15	23	18	19	11	11	13	20	15,5
											15,83

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
B	17	29	11	15	11	17	19	11	17	18	16,5
B	12	16	16	14	13	13	13	13	13	19	14,2
B	15	18	17	18	10	17	21	10	10	15	15,1
B	13	20	17	18	10	12	12	10	19	18	14,9
											15,18

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Γ	14	16	17	13	16	16	16	18	22	22	17
Γ	14	11	14	18	18	18	10	14	22	15	15,4
Γ	10	18	12	15	15	17	22	21	17	17	16,4
Γ	11	21	16	23	11	13	20	19	23	18	17,5
											16,58

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Δ	16	15	18	11	10	17	18	20	20	20	16,5
Δ	17	16	11	12	12	15	14	11	15	20	14,3
Δ	16	16	10	10	11	13	18	16	19	21	15
Δ	12	16	24	22	14	18	18	16	19	13	17,2
											15,75

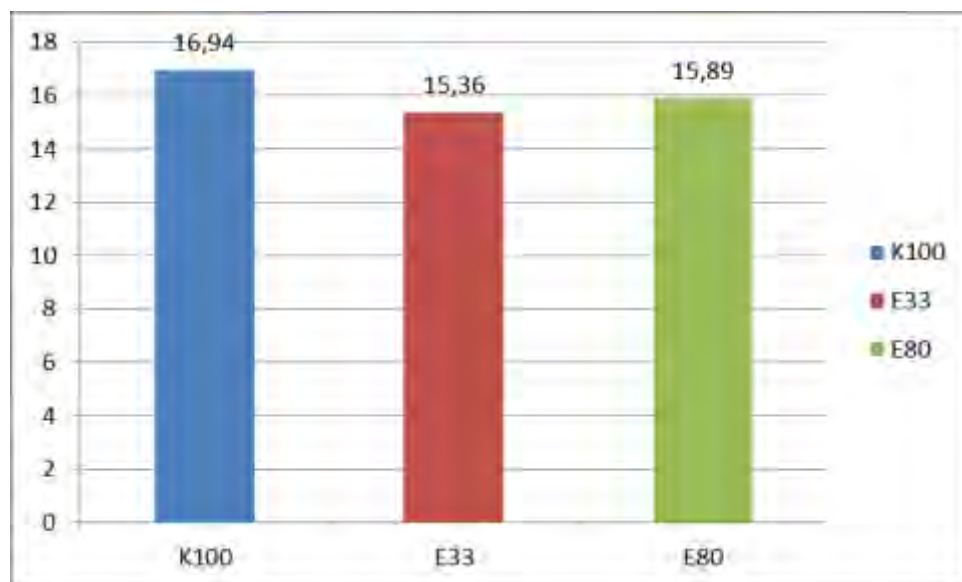
ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Ε	23	23	16	11	16	21	20	19	17	17	18,3
Ε	21	22	12	16	14	23	20	18	20	17	18,3
Ε	12	19	20	16	12	14	14	20	16	18	16,1
Ε	17	15	16	24	25	16	12	20	11	15	17,1
											17,45

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Ζ	13	20	23	11	17	17	16	24	19	11	17,1
Ζ	12	17	14	11	10	13	25	14	16	22	15,4
Ζ	13	10	17	17	12	16	15	11	15	16	14,2
Ζ	14	23	11	10	13	16	11	12	20	12	14,2
											15,23

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Η	11	17	22	23	20	13	10	18	18	23	17,5
Η	10	13	14	17	17	19	11	11	16	16	14,4
Η	11	11	18	22	21	12	14	16	13	20	15,8
Η	10	12	17	23	20	11	16	12	16	21	15,8
											15,88

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
Θ	10	16	17	14	15	11	10	25	23	18	15,9
Θ	15	17	17	19	15	12	12	10	17	12	14,6
Θ	13	15	15	14	14	12	10	15	19	12	13,9
Θ	11	16	20	16	17	15	13	19	20	15	16,2
											15,15

ΣΕΙΡΑ/ΜΕΤΡΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M.O.
I	11	19	18	14	16	21	18	25	11	14	16,7
I	16	16	14	20	18	14	11	17	15	22	16,3
I	12	21	12	20	17	16	18	23	21	27	18,7
I	13	21	15	18	19	19	20	15	23	22	18,5
											17,55



Σχήμα 4.1: Αριθμός Φυτών ανά m² για κάθε μεταχείριση.

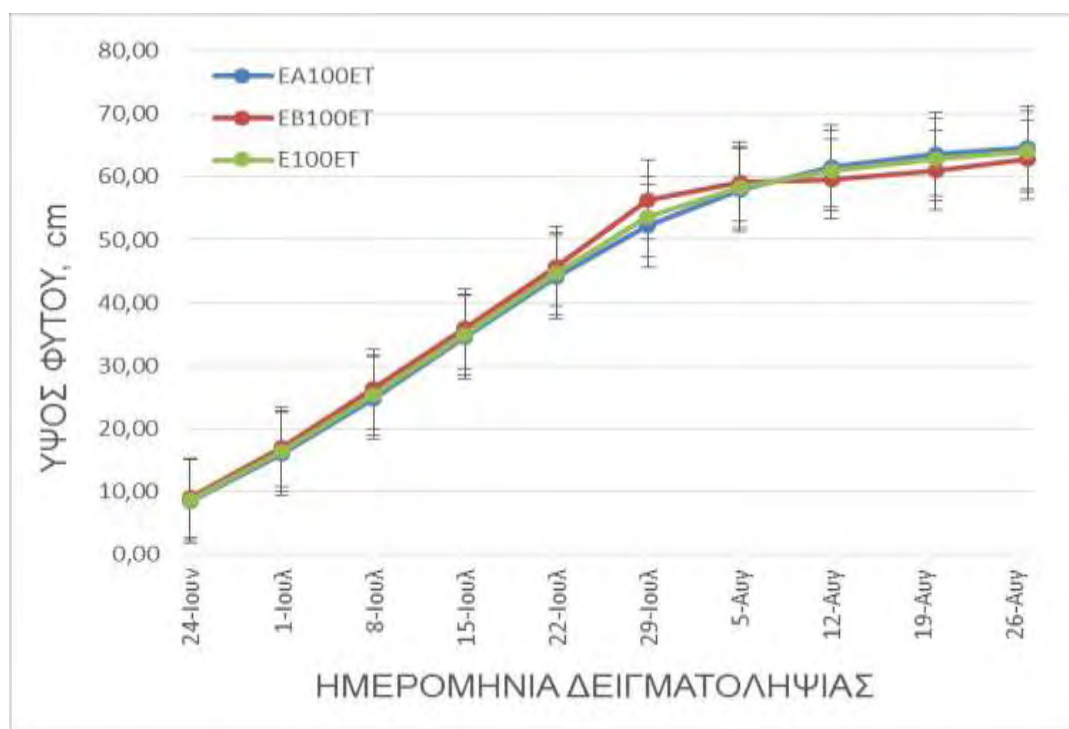
Από το Σχήμα 4.1 προκύπτει μια ελαφριά υπεροχή της μεταχείρισης K100ET σε σύγκριση με τις αντιστοιχες E33 και E80. Ωστόσο η διαφορά δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Φαίνεται ότι η επιφανειακή στάγδην άρδευση με ισάποχή σταλάκτη 80cm θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση φυτρώματος καλλιέργειας βαμβακιού στη θέση του παραδοσιακού καταιονισμού. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι οι παραγωγοί βάμβακος θα μπορούσαν να διαθέτουν ένα σύστημα άρδευσης αντί για δύο (καταιονισμός και στάγδην) τόσο για την περίοδο φυτρώματος της καλλιέργειας όσο και για την περίοδο των κανονικών αρδεύσεων.

4.3. Ύψος Φυτού

Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η εξέλιξη του ύψους του κεντρικού στελέχους του βαμβακιού σε σχέση με το χρόνο, για κάθε μία από τις τρεις μεταχειρίσεις.

Στη τελική διαμόρφωση του ύψους των φυτών για όλες τις μεταχειρίσεις παρατηρείται ότι η ανάπτυξη των φυτών παρουσιάζει ελάχιστες διαφορές. Μια πολύ μικρή τάση υπεροχής παρουσιάζει η μεταχείριση **EA100ET** σε επίπεδο μέσων όρων. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2 στα αρχικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας το ύψος παρουσιάζει σχεδόν τις ίδιες τιμές, με μια μικρή τάση υπεροχής φαίνεται στην E80100ET. Η παρόμοια ανάπτυξη έως τότε οφείλεται στην ομοιομορφία σποράς, φυτρώματος.

Για την μέτρηση του ύψους πραγματοποιήθηκαν συνολικά 10 μετρήσεις ανά 7ήμερο. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 24/6/2015, 35 ημέρες από τη σπορά και σταμάτησαν 27/8/2015, 98 ημέρες από τη σπορά.



Σχήμα 4.2: Μεταβολή του ύψους των φυτών κατά μέσο όρο των τριών μεταχειρίσεων.

Από το Σχήμα 4.2 προκύπτει μια ελαφριά υπεροχή των μεταχειρίσεων **EB100ET** και **E100ET** σε σύγκριση με την **EA100ET** έως τις αρχές Αυγούστου. Στις 5-8-2015 το ύψος των φυτών είναι ακριβώς το ίδιο και στις τρεις μεταχειρίσεις, ενώ αργότερα παρουσιάζεται μια τάση υπεροχής της μεταχείρισης EA100ET μέχρι το τέλος των μετρήσεων χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

Στους πίνακες του παραρτήματος φαίνεται η στατιστική ανάλυση για κάθε μεταχείριση.

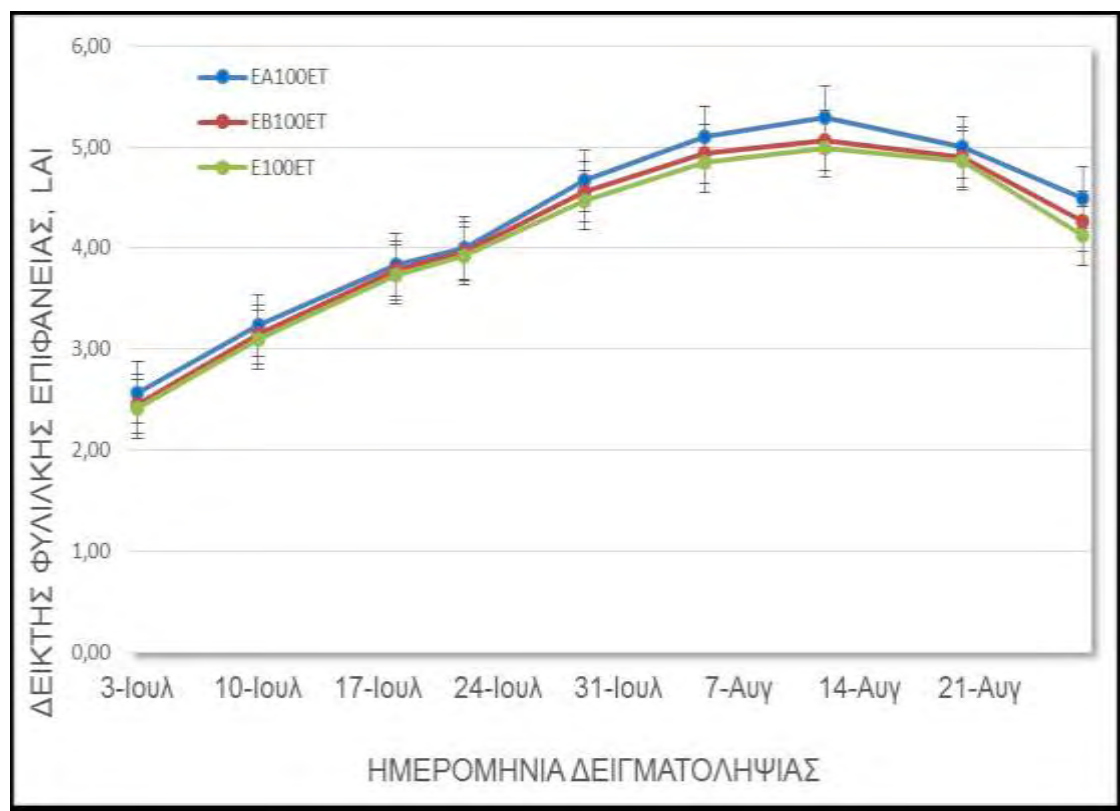
4.4. Μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας ή LAI είναι ο λόγος της συνολικής φυλλικής επιφάνειας μιας καλλιέργειας προς την επιφάνεια του εδάφους στο οποίο είναι εγκαταστημένη η καλλιέργεια αυτή. Είναι αδιάστατος αριθμός και χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί η φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού και μέσω αυτής η ανάπτυξή του. Υψηλός δείκτης φυλλικής επιφάνειας σημαίνει μεγαλύτερη φυλλική μάζα και άρα αυξημένο ρυθμό αναπνοής για το φυτό. Τυπικά το LAI κυμαίνεται από 3 για σαρκώδη φύλλα έως 5 ή 6 για λεπτής υφής φύλλα.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας καθορίζεται παίρνοντας δείγματα φύλλων από την καλλιέργεια. Μετράται η μέση φυλλική επιφάνεια για κάθε φυτό και διαιρείται με την μέση επιφάνεια που εκμεταλλεύεται κάθε φυτό. Η μέση φυλλική επιφάνεια μπορεί να μετρηθεί είτε άμεσα είτε έμμεσα. Η άμεση μέτρηση γίνεται είτε με το χέρι είτε με ειδικά όργανα. Όταν χρησιμοποιείται συσκευή μέτρησης απαιτείται τα φύλλα να κοπούν σε λωρίδες και να τοποθετηθούν στην είσοδο της συσκευής. Ο τρόπος αυτός μέτρησης του LAI είναι αποδεκτός σε μεγάλης κλίμακας πειράματα. Η έμμεση μέτρηση γίνεται με τη χρήση ειδικών συσκευών όπως η LAI – 2000 και άλλες. Αυτού του είδους οι συσκευές μετρούν τη διαφορά της έντασης του προσπίπτοντος φωτός στην κορυφή και τη βάση των φυτών της καλλιέργειας και τη συγκρίνουν με ειδικά διαμορφωμένες εκθετικές συναρτήσεις μεταξύ απορρόφησης φωτός και LAI. Οι έμμεσες μέθοδοι είναι πιο γρήγορες, συνδυάζονται εύκολα με διάφορους τύπους αυτοματισμών και επομένως είναι κατάλληλες για λήψη μεγαλύτερου αριθμού δειγμάτων (Chen et. al., 1992).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Sun Scan Canopy Analysis SS1 – UM – 1.05 της εταιρείας Delta – T Devices.

Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζονται οι μεταβολές του δείκτη LAI ως προς τους μέσους όρους των μετρήσεων από την κάθε μεταχείριση.



Σχήμα 4.3: Μεταβολή του LAI των φυτών κατά μέσο όρο των τριών μεταχειρίσεων.

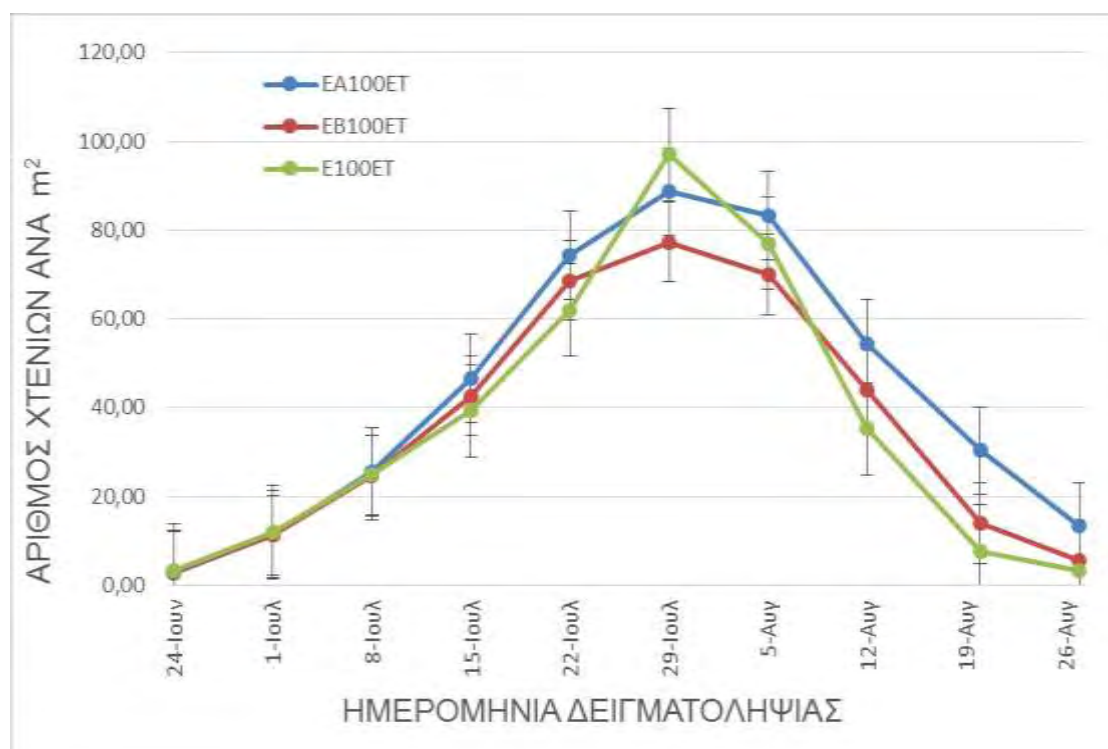
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι ο δείκτης LAI αρχικά αυξάνεται μέχρι να φτάσει περίπου την τιμή 5,5. Από την 11^η Ιουλίου 2015 η τιμή του LAI είχε ξεπεράσει την τιμή 3,0 η οποία αποτελεί ένδειξη ότι η καλλιέργεια επιτυγχάνει τη μέγιστη αφομίωση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας. Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τους μέσους όρους των τιμών του LAI. Οι τιμές του LAI όλων των μεταχειρίσεων μετά την ημερομηνία 8-8-2015 αρχίζουν να μειώνονται αφού η καλλιέργεια εισέρχεται στο στάδιο ωρίμανσης.

4.5. Καρποφορία

4.5.1 Χτένια

Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται η εξέλιξη του πλήθους των χτένιων του βαμβακιού σε σχέση με το χρόνο, για κάθε μία από τις τρεις μεταχειρίσεις.

Για την μέτρηση του αριθμού χτενιών πραγματοποιήθηκαν συνολικά 10 μετρήσεις ανά 7ήμερο. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 24/6/2015, 35 ημέρες από τη σπορά και σταμάτησαν 27/8/2005, 98 ημέρες από τη σπορά.



Σχήμα 4.4: Η εξέλιξη του πλήθους των χτενιών.

Παρατηρούμε από το παραπάνω σχήμα ότι οι γραφικές παραστάσεις που παριστάνουν την μεταβολή του αριθμού των χτενιών έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Στη μέτρηση της 22^{ας} Ιουλίου φτάνουν περίπου κατά μέσο όρο στα 68 χτένια, παρουσιάζουν μια σταδιακή αύξηση έως τις 29-7-2015 πλησιάζοντας τα 88 χτένια και αργότερα στις επόμενες μετρήσεις έχουν πτωτική πορεία. Αυτή εξηγείται από το γεγονός ότι τα χτένια μετατρέπονται σε άνθη- λουλούδια και αργότερα σε καρύδια.

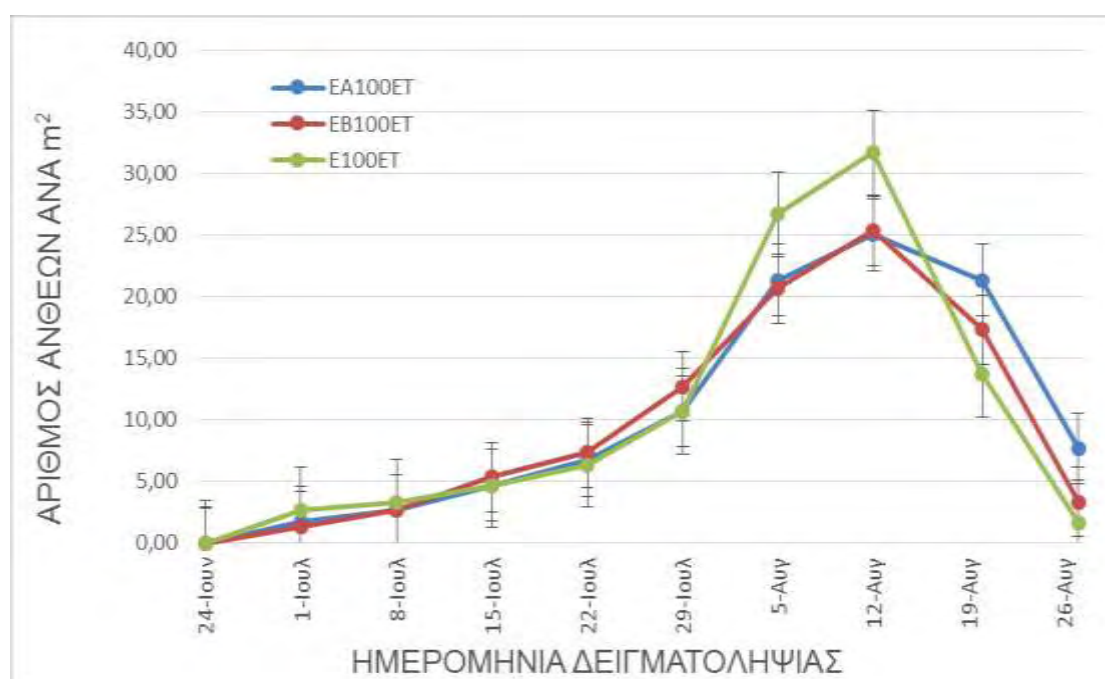
Παρατηρείται ότι στο συγκεκριμένο πείραμα βλέπουμε μια τάση υπεροχής της μεταχείρισης E100ET. Η μεταχείριση αυτή παράγαγε το μεγαλύτερο αριθμό χτενιών (100 χτένια) χωρίς όμως να διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις.

Στους πίνακες του παραρτήματος φαίνεται η στατιστική ανάλυση για κάθε μεταχείριση ως προς τον αριθμό των χτένιων, των ανθών και των καρυδιών των φυτών.

4.5.2 Άνθη – Λουλούδια.

Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η εξέλιξη του πλήθους των λουλουδιών του βαμβακιού σε σχέση με το χρόνο, για κάθε μία από τις τρεις μεταχειρίσεις.

Για την μέτρηση του αριθμού λουλουδιών πραγματοποιήθηκαν συνολικά 8 μετρήσεις ανά 7ήμερο. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 1/7/2015, 49 ημέρες από τη σπορά και σταμάτησαν 27/8/2015, 98 ημέρες από τη σπορά.



Σχήμα 4.5: Η εξέλιξη του αριθμού των λουλουδιών.

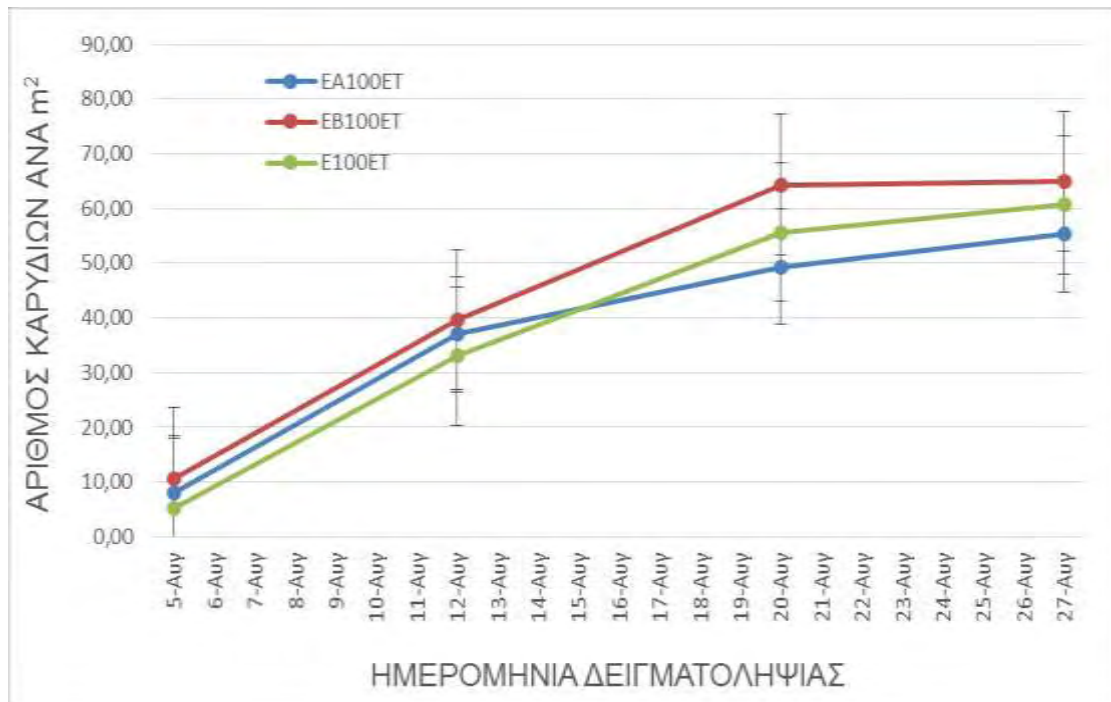
Στο Σχήμα 4.5 παρατηρούμε ότι υπάρχει μια σταδιακή αύξηση του αριθμού των λουλουδιών με τη μεταχείριση E100ET να υπολείπεται αρχικά των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Στη συνέχεια όμως δείχνει μια τάση υπεροχής την εποχή που μετρήθηκε ο μέγιστος αριθμός λουλουδιών (12/8/2015) ως συνέπεια του μεγαλύτερου αριθμού χτένιων. Ωστόσο η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική σε σύγκριση με τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις.

4.5.3. Καρύδια

Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται η εξέλιξη του πλήθους των καρυδιών του βαμβακιού σε σχέση με το χρόνο, για κάθε μία από τις τρεις μεταχειρίσεις.

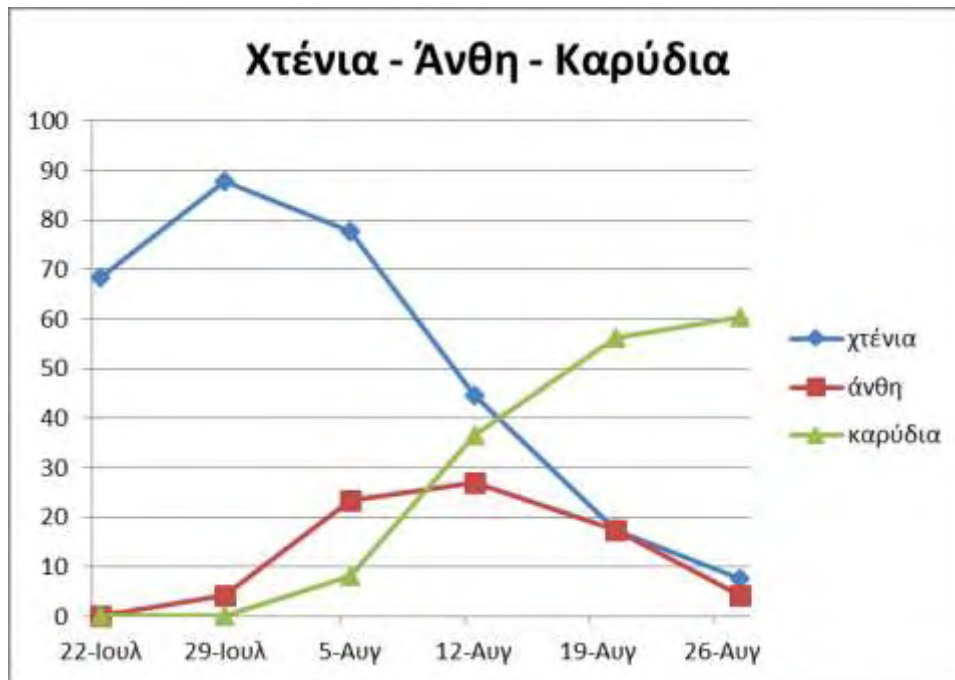
Για την μέτρηση του αριθμού των καρυδιών πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 μετρήσεις ανά 7ήμερο. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 22/7/2015, 63 ημέρες από τη σπορά και σταμάτησαν 27/8/2005, 98 ημέρες από τη σπορά.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ότι η μεταχείριση EB100ET παρουσιάζει μια τάση υπεροχής ως προς τον αριθμό των καρυδιών. Αυτός ανέρχεται σε 65 καρύδια κατά την τελευταία μέτρηση. Στη δεύτερη θέση ακολουθεί η μεταχείριση E100ET με 60 καρύδια και στην τρίτη θέση με τα λιγότερα καρύδια είναι η μεταχείριση EA100ET με 56 καρύδια ανά τετραγωνικό μέτρο. Σύμφωνα με τα προηγούμενα διαγράμματα και μετρήσεις θα υπολόγιζε κάποιος ότι η μεταχείριση E100ET θα είχε τα περισσότερα καρύδια, αλλά τελικά φαίνεται ότι στην πορεία ένα μέρος από τα άνθη της έπεσαν και δεν μετατράπηκαν σε καρύδια. Αυτό αποτελεί φυσιολογική εξέλιξη διότι ο μεγαλύτερος αριθμός λουλουδιών που παρατηρήθηκε απαιτούσε και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και θρεπτικών στοιχείων από το φυτό. Ωστόσο λόγω της μηδενικής εφαρμογής λιπασμάτων αυτό είχε ως συνέπεια τελικά από το σύνολο των λουλουδιών που έδωσε η μεταχείριση E100ET μόνο ένα μέρος τους να καταλήξει σε ώριμο καρύδι. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς το μέσο αριθμό καρυδιών ανά τετραγωνικό μέτρο. Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται ο συνδυασμός των μεταβολών όλων των μέσων όρων του πλήθους των καρυδιών των φυτών.



Σχήμα 4.6: Η εξέλιξη του αριθμού των καρυδιών των τριών μεταχειρίσεων.

Η περίοδος ωρίμανσης των πρώτων καρυδιών αρχίζει το 7^ο 10ήμερο από τη σπορά. 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 οπότε γίνεται και η αποφύλλωση. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι παραπάνω ημερομηνίες ήταν διαφοροποιημένες κατά περίπου 15-20 ημέρες λόγω του γεγονότος ότι η σπορά ήταν όψιμη κατά περίπου 30 ημέρες σε σύγκριση με την κανονική εποχή σποράς του βαμβακιού για την περιοχή.

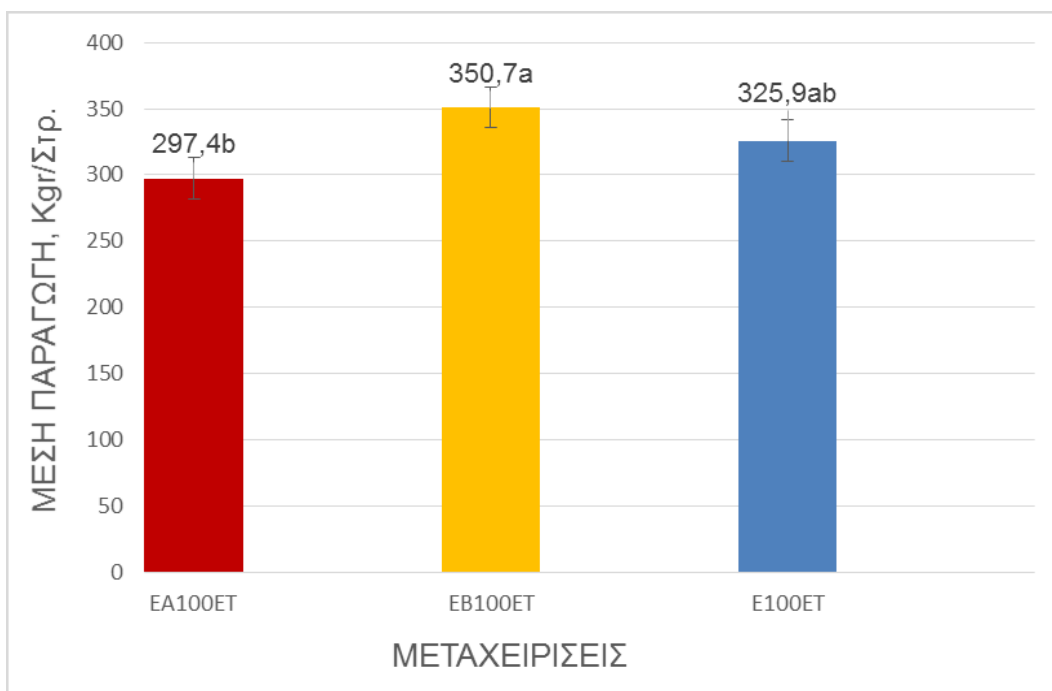


Σχήμα 4.7: Ο συνδυασμός και συσχέτιση των μεταβολών των μέσων όρων και των τριών μεταχειρίσεων του πλήθους των χτένιων, ανθών και καρύδιων.

4.6. Παραγωγή

Η τελική συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 18/11/2015 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 μπορέσουμε με αυτό τον τρόπο να δούμε τις επιπτώσεις των μεταχειρίσεων στην τελική παραγωγή έχοντας παράλληλα κατά νου τις επιπτώσεις αυτών σε όλα τα προηγούμενα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης του βαμβακιού. Το σύσπορο βαμβάκι του κάθε πειραματικού τεμαχίου ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας αμέσως μετά τη συγκομιδή. Από το μέσο όρο της παραγωγής ανά τετραγωνικό μέτρο και των τριών επαναλήψεων προέκυψε η απόδοση ανά στρέμμα της κάθε μεταχείρισης.

Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απόδοσης/στρ. των τριών μεταχειρίσεων και στον Πίνακα 4.1 φαίνεται η στατιστική ανάλυση της τελικής απόδοσης.



Σχήμα 4.8: Μέσος όρος παραγωγής σε κιλά/στρ. βαμβακιού των τριών μεταχειρίσεων.

Πίνακας 4.1: Παραγωγή ανά επανάληψη της κάθε μεταχείρισης.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kg/στρ.)	Μ.Ο.
EA100ET	1	306,2	297,4
EA100ET	2	290,5	
EA100ET	3	295,4	
EB100ET	1	335,8	350,7
EB100ET	2	366,1	
EB100ET	3	350,3	
E100ET	1	310,7	325,9
E100ET	2	339,2	
E100ET	3	327,9	

Παρατηρούμε από τα παραπάνω ότι η μεταχείριση EB100ET παρουσίασε τη μεγαλύτερη παραγωγή (350,7 kg/στρ). Ακολουθεί η μεταχείριση E100ET με παραγωγή 325,9 kg/στρ και στην τρίτη θέση βρίσκεται η μεταχείριση EA100ET με παραγωγή 297,4 kg/στρ. Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει ότι τα ζεύγη των μεταχειρίσεων EB100ET – E100ET και E100ET – EA100ET δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Ωστόσο στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις EA100ET και EB100ET. Με βάση τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των φυτών (ύψος, αριθμό χτενιών, αριθμό λουλουδιών,

αριθμό καρυδιών και δείκτη LAI), όπου δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, θα περίμενε κάποιος ότι και ως προς την παραγωγή σύσπορου βάμβακος δεν θα υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ωστόσο παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων EA100ET και EB100ET. Η διαφορά αυτή μάλλον οφείλεται σε τυχαιότητα του δείγματος εφόσον η ελάχιστη σημαντική διαφορά που καθορίζει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα έχει οριακή τιμή (μόλις 17kg / στρ.).

4.7. Αποδοτικότητα του νερού άρδευσης.

Από την υδατοκατανάλωση και την παραγωγή που επιτεύχθηκε σε κάθε μεταχείριση προσδιορίστηκε η αποδοτικότητα χρήσης του νερού άρδευσης (WUE). Στην υδατοκατανάλωση νερού περιλαμβάνεται η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε από την έναρξη της σπορά έως το τέλος των αρδεύσεων. Η αποδοτικότητα του καταναλισκόμενου νερού ήταν :

⇒ για την μεταχείριση EA100ET ήταν: $WUE_A = \text{Παραγωγή (Kg/στρ.)} / \text{Συνολική ποσότητα νερού (mm)} = 297,4 / (40+356,4) = 0,751 \text{ (Kg/στρ/mm)}$ και

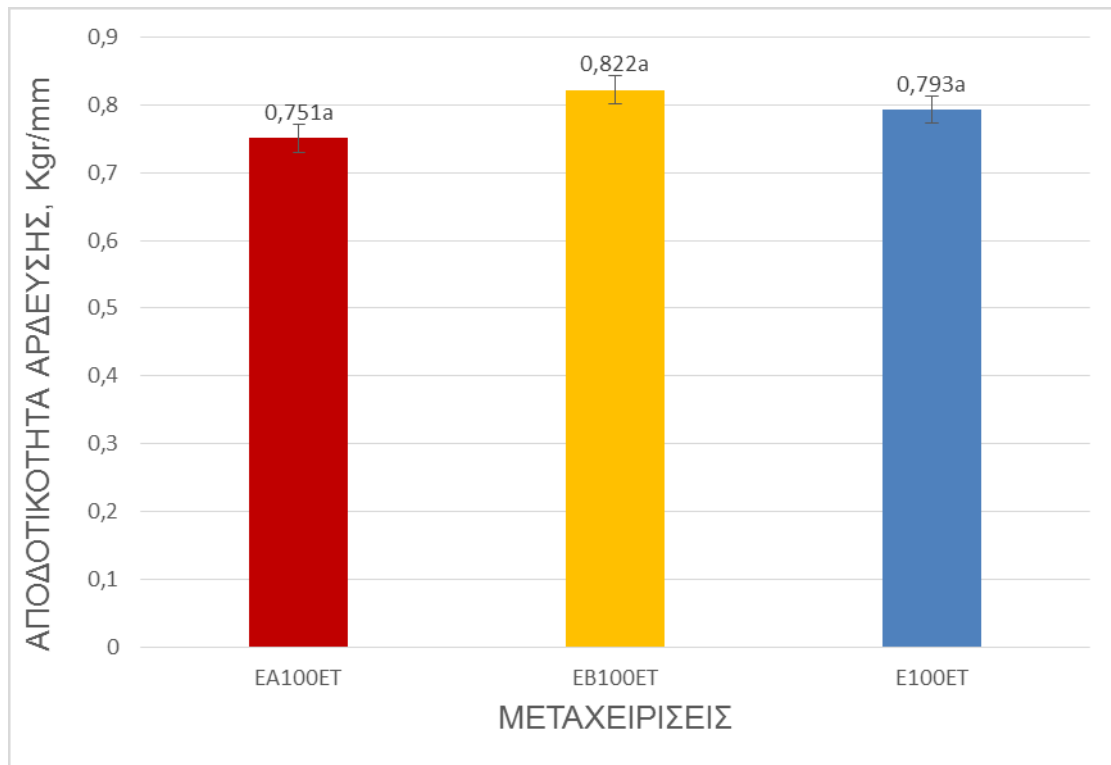
⇒ για τη μεταχείριση EB100ET ήταν: $WUE_B = \text{Παραγωγή (Kg/στρ.)} / \text{(mm)} = 350,7 / (40+386,6) = 0,822 \text{ kg/στρ/mm}$

⇒ για τη μεταχείριση E100ET ήταν: $WUE = \text{Παραγωγή (Kg/στρ.)} / \text{Συνολική ποσότητα νερού (mm)} = 325,9 \text{ (Kg/στρ.)} / (40+371,9) \text{ (mm)} = 0,793 \text{ kg/στρ/mm}$.

Ο μέσος όρος της παραγωγής κάθε μεταχείρισης προκύπτει από τον αντίστοιχο μέσο όρο παραγωγής της κάθε επανάληψης όπως φαίνεται από τον Πίνακα 4.1. Η μέση ποσότητα του νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε σε κάθε μεταχείριση υπολογίστηκε από το μέσο όρο των μετρήσεων από τα υδρόμετρα κάθεμιάς από τις τρεις επαναλήψεις. Το κάθε υδρόμετρο μας δείχνει την ποσότητα του νερού που εφαρμόστηκε σε κάθε επανάληψη (plot) 40m² οπότε έγινε αναγωγή σε έκταση ενός στρέμματος. Αναλυτικά οι τιμές των υδρομέτρων της κάθε ζώνης παρουσιάζονται στο παράρτημα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα νερού άρδευσης πέτυχε η μεταχείριση EB100ET. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση E100ET και τρίτη η μεταχείριση EA100ET. Ωστόσο δεν

παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 5.9.



Σχήμα 4.9: Μέση αποδοτικότητα άρδευσης κάθε μεταχείρισης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2015, πραγματοποιήθηκε έρευνα με σκοπό την διερεύνηση της επίδρασης των τριών μεθόδων προγραμματισμού άρδευσης στα ποιοτικά και παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του βαμβακιού. Για τον προγραμματισμό των αρδεύσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του εξαμισίμετρου τύπου A σε συνδυασμό με προγραμματιστή άρδευσης καθώς και δύο τύποι αισθητήρων μέτρησης της εδαφικής υγρασίας, Decagon 10HS και EnviroSMART. Μετά από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με το στατιστικό πακέτο Minitab v. 18 for Windows οδήγησε στη εξαγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων:

- Ως προς το **ύψος** της καλλιέργειας παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η EA100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση E100ET και τρίτη η μεταχείριση EB100ET. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στις 24/8/2015, 95 ημέρες από τη σπορά.
- Ως προς το **δείκτη φυλλικής επιφάνειας** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η EA100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση EB100ET και τρίτη η μεταχείριση E100ET. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στις 14/8/2015, 85 ημέρες από τη σπορά.
- Ως προς τον **αριθμό χτενιών** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η E100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση EA100ET και τρίτη η μεταχείριση EB100ET. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στις 29/7/2015, 68 ημέρες από τη σπορά.
- Ως προς τον **αριθμό λουλουδιών** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της

καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η E100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση EA100ET και τρίτη η μεταχείριση EB100ET. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στις 12/8/2015, 83 ημέρες από τη σπορά.

- Ως προς τον **αριθμό καρυδίων** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η EB100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση E100ET και τρίτη η μεταχείριση EA100ET. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στις 27/8/2015, 98 ημέρες από τη σπορά.
- Ως προς την **παραγωγή σύσπορου βάμβακος** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η EB100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε στα ζεύγη μεταχειρίσεων EB100ET – E100ET και E100ET – EA100ET δεν ήταν στατιστικά σημαντική ενώ στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε στο ζεύγος μεταχειρίσεων EB100ET – EA100ET. Η διαφορά αυτή οφείλεται μάλλον σε τυχαιότητα του δείγματος. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 18/11/2015, 120 ημέρες από τη σπορά.
- Ως προς την **αποδοτικότητα άρδευσης** παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, υπερίσχυσε η EB100ET. Η διαφορά που παρατηρήθηκε με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν ήταν στατιστικώς σημαντική. Δεύτερη κατά σειρά ήταν η μεταχείριση E100ET και τρίτη η μεταχείριση EA100ET.
- 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 10HS, οι οποίοι έχουν και χαμηλό κόστος αγοράς σε σύγκριση με τον αντίστοιχο κόστος του Envirosmart, μπορούν να προταθούν για χρήση από τους παραγωγούς.

Για περιπτώσεις όπου το κόστος εξοπλισμού λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, μέθοδος του απλου εξαμίσιμετρου 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** δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον αριθμό φυτών ανά m² που φύτεψαν εφαρμόζοντας διαφορετική μέθοδο άρδευσης. Μια τάση καλύτερης φυτρωτικότητας έδειξε η μεταχείριση που αρδεύτηκε με καταιονισμό. Ωστόσο, εάν ληφθεί υπόψη το κόστος αγοράς και συντήρησης δύο συστημάτων άρδευσης τότε προτείνεται η εφαρμογή στάγδην άρδευσης και την περίοδο φυτώματος της καλλιέργειας βαμβακιού.
- Μεταξύ των μεταχειρίσεων E33 και E80 στις οποίες η ισαποχή του σταλάκτη ήταν 33cm και 80cm δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά και μάλιστα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεταχείριση E80 υπερείχε ελαφρώς της αντίστοιχης E33. Αυτό δείχνει ότι ο παραγωγός δεν είναι αναγκασμένος να προμηθευτεί δύο τύπους σταλακτηφόρου σωλήνα, έναν για την περίοδο φυτώματος με μεγάλη πυκνότητα σταλακτάρων και έναν δεύτερο για την περίοδο ανάπτυξης των φυτών.
- Η εφαρμογή άρδευσης φυτώματος με το σταλάκτη των 33cm έδειξε ότι η κίνηση ελκυστήρων για τη μετακίνηση των σταλακτηφόρων αγωγών από τη μία γραμμή σποράς στην διπλανή είναι εφικτή υπό την προϋπόθεση ότι ο ελκυστήρας θα διαθέτει στενού τύπου ελαστικά. Στην περίπτωση της μεταχείρισης E80 αυτό δεν είναι εφικτό και θα χρειαστεί η μεταφορά των σωλήνων με το χέρι με μια αντίστοιχη επιβάρυνση της καλλιέργειας με εργατικό κόστος, το οποίο ωστόσο εκτιμάται μικρό λόγω της φύσεως της συγκεκριμένης εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M (1998). Crop Evapotranspiration : Guidelines for computing crop water requirements
- ASAE (1996). ASAE Standarts. 43rd Ed. Soil and Water Terminology. Ayars, J. E., Phene, J. C, Hutmacher, B. R., Davis, R. K., Schoneman, A. R., Vails, S. S. and Mead, M. R. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. Agricultural Water Management. 42 (1), pp1 – 27.
- Baker J. M. and R. W. Allmaras (1990) “System for automating and multiplexing soil moisture measurement by time-domain reflectometry”, Soil Science Society of American Journal, Vol. 54, pp. 1-6.
- Bouyoucos G. J. and A. H. Mick (1942) “An electrical resistance method for the continuous measurement of soil moisture under field conditions”, Mich. State Coll. Agric. Exp. Tech. Bull., Vol. 172, pp. 1-14.
- Brown R. W. and J. M. Collins (1980) “A screen-caged thermocouple psychrometer and calibration chamber for measurements of plant and soil water potential”, Agron. J., Vol. 72, pp. 851-854.
- Campbell G. S. and W. H. Gardner (1971) “Psychrometric measurement of soil water potential: temperature and bulk density effects”, Soil Science Society of American Journal, Vol. 35, pp. 8-12.
- Campbell E. C., G. S. Campbell and W. K. Barlow (1973) “A dewpoint hygrometer for water potential measurement”, Agric. Meteorol., Vol. 12, pp. 113-121
- Charlesworth P. (2000) “Soil water monitoring”, CSIRO Land and Water.
- Chen, J. M. and Black , T.A. (1992): Defining leaf area index for non-flat leaves. Agricultural and forest Meteorology 57:1-12
- FAO, (1998). Irrigation and Drainage. Paper No 24.
- ZENO-3200 User Manual Version 1.60-1067X March 3, 1997
- Phene C. J., G. J. Hoffman and R. S. Austin (1973) “Controlling automated irrigation with soil matric potential sensor”, Transactions of the ASAE, Vol. 42, pp. 774-76.

- Gaskin G. D. and J. D. Miller (1996) "Measurement of soil water content using simplified impedance measuring technique", *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 63, pp. 153-160.
- Gardner W. and D. Kirkham (1952) "Determination of soil moisture by neutron scattering", *Soil Science Society of American Journal*, Vol. 73, pp. 391-401.
- Goltz S. M., G. Benoit, and H. Schimmelpfenning (1981) "New circuitry for measuring soil water matric potential with moisture blocks", *Agric. Meteorol.*, Vol. 24, pp. 75-85.
- Καλόγηρος Κ. Η. (1994). Σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελληνική και παγκόσμια οικονομία. Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ. Το Ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη. Λάρισα.
- I.B.B.Φ. Το ερευνητικό πρόγραμμα στο βαμβάκι. Το ερευνητικό έργο του Ινστιτούτου Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών. Σίνδος.
- Malicki M. A. and W. M. Skierucha (1989) "A manually controlled TDR soil moisture meter operating with 300ps rise-time needle pulse", *Irrigation Science*, Vol. 10, pp. 153-163.
- 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 Zymel. Αθήνα.
- Μιχελάκης, Ν. (1998). Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α. Ε., σελ. 319.
- Muñoz-Carpena R. (2004) "Field devices for monitoring soil water", *Bulletin 343, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*.
- Ντιούδης, Π., Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Τερζίδης, Γ., Μασλάρης, Ν. και Νούσιος, Γ. (2003). Διαφορετικές διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαροτεύλων. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2 – 5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 159-166.
- Ντιούδης Π., Φιλίντας Αγ., Κατέρης Δ., Δημητριάδης Χ., Γράβαλος Ι. (2008) Συγκριτική μελέτη αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας.
- Οργανισμός Βάμβακος 1976 – 1995. Βιβλιογραφική επιλογή σε θέματα βάμβακος. Ετήσια έκδοση.
- Παπαζαφειρίου, Γ. Ζ. (1999). Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

Παπαζαφειρίου Ζ. Γ. (1984) "Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων", Εκδόσεις Ζήτη.

Παπανικολάου Χρήστος (2006). Μεταπτυχιακή Διατριβή με τίτλο «Σύγχρονα συστήματα άρδευσης και εξοικονόμηση νερού» , σελ 12-36, Βόλος

Παπανικολάου Χρήστος (2009). Διδακτορική διατριβή με τίτλο «Μεγιστοποίηση της ενεργειακής ωφέλειας από την καλλιέργεια του ενεργειακού φυτού σόργου με ευφυή ρύθμιση άρδευσης» Βόλος

Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ. - Παπανικολάου Χρήστος - Βλάχος Β., Πρακτικά του 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε. στις 15-16/12/2006, Ξάνθη 2006 με θέμα « Επίδραση διαφορετικών διατάξεων στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση του βάμβακος»

Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., (1993). Άρδευση με σταγόνα. Άρδευση με αυλάκια. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Βόλος.

Σφήκας, Α. Γ. 1988. Ειδική γεωργία ΙΙ Βιομηχανικά φυτά. Θεσσαλονίκη.

Τερζίδης, Γ. Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ. (1997). Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη.

Topp G. C. and J. L. Davis (1985) "Measurement of soil water content using Time-Domain Reflectometry (TDR): A field evaluation", Soil Science Society of American Journal, Vol. 49, pp. 19-30.

Χριστίδης, Β. Γ. 1965. Το βαμβάκι. Θεσσαλονίκη

www.gaiapedia.gr