

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών
Σπουδών



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΑΡΔΕΥΣΗΣ*

Βασίλειος Δ. Καπετάνος

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

Βόλος, Σεπτέμβριος 2003

ΤΙΤΛΟΣ Μ Δ Ε: Σύγκριση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- **Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη**, Καθηγήτρια, Άρδεύσεις Στραγγίσεις – Υδραυλική, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

- **Π. Λόλας**, Καθηγητής, Φυσιολογίας φυτού – Ζιζανιολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

- **Θ. Γέμτος**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Γεωργική Μηχανολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 4190/1
Ημερ. Εισ.: 14-12-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
631.587
ΚΑΠ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ	4
2.1 Αύξηση και ανάπτυξη φυτού	6
2.2 Οικολογικές απαιτήσεις	7
2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες	9
2.4 Σπορά	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΑΡΔΕΥΣΗ	12
3.1 Ανάγκες βαμβακιού σε νερό	12
3.2 Αρδεύσεις βαμβακιού	14
3.3 Τρόποι αρδεύσεως	21
3.4 Οικονομική μελέτη συστήματος επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	32
4.1 Υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους	32
4.1.1 Φαινόμενο Ειδικό βάρος	32
4.1.2 Ισοδύναμο Υγρασίας (Υδατοϊκανότητα) του εδάφους	32
4.1.3 Σημείο Μόνιμης Μάρανσης	33
4.1.4 Η υδραυλική αγωγιμότητα	34
4.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού	35
4.3 Κλιματικά δεδομένα	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	40
5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού	40
5.1.1 Θέση	40
5.1.2 Κατεργασία αγρού	40

5.1.3 Σπορά	41
5.1.4 Ποικιλία	42
5.1.5 Πειραματικά τεμάχια	42
5.2 Υλικά άρδευσης	44
5.3 Υπόλοιπα υλικά	47
5.4 Θεωρητική δόση και εύρος άρδευσης	48
5.4.1 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών	48
5.5 Μέθοδος του εξατμισιμέτρου	51
5.5.1 Περιγραφή	51
5.5.2 Θεωρία εξατμισιμέτρου	55
5.5.3 Πίνακες δόσης - χρόνου άρδευσης	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	64
6.1 Αξιολόγηση του μέσου ύψους	64
6.2 Αξιολόγηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας	70
6.3 Αξιολόγηση της απόδοσης	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	87

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θεωρώ χρέος μου από τη θέση αυτή να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κ. Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Πρόεδρο του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, για την εμπιστοσύνη με την οποία με περιέβαλε και για την άψογη συνεργασία και συνεχή παρακολούθηση κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου διατριβής και για τις υποδείξεις της κατά την συγγραφή της.

Ευχαριστώ τους σεβαστούς μου καθηγητές για τις γνώσεις και τον τρόπο σκέψης που μου μετέδωσαν. Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στους καθηγητές κ. Π. Λόλα και κ. Θ. Γέμτο που με τίμησαν με την συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή, καθώς και για τις υποδείξεις τους στην εργασία αυτή.

Επίσης θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον κ. Καλφούντζο Δημήτρη, ερευνητή του ΕΘΙΑΓΕ, για την πολύτιμη βοήθεια του.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2003

Βασίλειος Δ. Καπετάνος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2002 σε πειραματικό αγρό καλλιέργειας βαμβακιού, στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, εγκαταστάθηκαν δύο συστήματα στάγδην άρδευσης: ένα επιφανειακό και ένα υποεπιφανειακό για την αξιολόγηση της ανάπτυξης και της απόδοσης σε σύσπορο βάμβακος.

Εφαρμόστηκαν 3 Μεταχειρίσεις άρδευσης. Η πρώτη επιφανειακή (E1) με εύρος άρδευσης 10 ημέρες, η δεύτερη επιφανειακή (E2) με εύρος άρδευσης 2 ημέρες και η τρίτη υποεπιφανειακή (Y5) με εύρος άρδευσης 2 ημέρες. Και στις τρεις Μεταχειρίσεις εφαρμόστηκε ίδια ποσότητα νερού ίση με το 100% της υδατοκατανάλωσης η οποία υπολογιζόταν από τις μετρήσεις της εξάτμισης σε εξατμισόμετρο τύπου A και τις τιμές του φυτικού συντελεστή.

Από την στατιστική ανάλυση των πειραματικών δεδομένων, προέκυψε ότι τόσο στην περίπτωση σύγκρισης των επιφανειακών Μεταχειρίσεων (E1) και (E2) όσο και στην περίπτωση σύγκρισης επιφανειακής και υποεπιφανειακής Μεταχείρισης (E2) και (Y5) δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αύξηση και την απόδοση του βαμβακιού για επίπεδο σημαντικότητας 5% ($P=0.05$)

ABSTRACT

During the growing period of 2002, a surface and a subsurface trickle irrigation system were installed in an experimental cotton field of the University of Thessaly.

Three irrigation treatments were applied: the first was irrigated with surface drip irrigation (E1) with 10 days irrigation interval, the second was irrigated with surface drip irrigation (E2) with two days irrigation interval and the third one was irrigated with subsurface drip irrigation (Y5) with two days irrigation interval.

The applied water amount was the 100% of the crop requirements.

The calculation of the crop water needs was based upon pan, class A, evaporation measurements and the crop coefficient approach.

From the statistical analysis of the selected cotton yields it was found that the cotton yields were not significantly different ($P=0,05$) either between both surface irrigation systems (E1) and (E2) or between the surface (E2) and the subsurface one (Y5).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό, βασικό στοιχείο κάθε βιολογικής διαδικασίας, διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στη ζωή του ανθρώπου και αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης κάθε χώρας. Στην προοπτική των δύο επόμενων δεκαετιών μάλιστα, εκτιμάται ότι το νερό θα αποτελέσει τον πλέον κρίσιμο περιοριστικό παράγοντα για την επιβίωση και την ανάπτυξη των περισσότερων αναπτυσσόμενων, αλλά και πολλών ήδη αναπτυγμένων χωρών στον κόσμο.

Οι δυσοίωνες προβλέψεις αυτές, που δεν είναι ούτε άγνωστες αλλά ούτε καινούργιες, πρέπει επιτέλους να κρούσουν τον κώδωνα του κινδύνου και να μας οδηγήσουν στην αποδοχή της κρίσης, τόσο για την επάρκεια, όσο και για τον τρόπο διαχείρισης του ζωτικού αυτού φυσικού πόρου που λέγεται νερό.

Βάση για τη χάραξη της οποιασδήποτε στρατηγικής για τους υδατικούς πόρους πρέπει να αποτελεί η εξισορρόπηση ανάμεσα στην προσφορά και τη ζήτηση νερού, μέσα σε ένα διαχρονικό πλαίσιο ποσοτικής και ποιοτικής διατήρησης των χαρακτηριστικών των πόρων αυτών. Οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών σε νερό της γεωργίας, των κατοίκων των αστικών και τουριστικών περιοχών, της βιομηχανίας και για την διατήρηση των ισορροπιών του περιβάλλοντος.

Ο κύριος χρήστης νερού είναι η γεωργία, με συμμετοχή που ανέρχεται στο 87,4% των υδάτων της χώρας, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της Eurostat, αρδεύοντας σήμερα 14,5 εκατ. στρ. έναντι 8,5 εκατ. του 1985 και 2 εκατ. του 1970. Για τον λόγο αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα η ανάλυση της υφισταμένης κατάστασης που διαμορφώνει αυτό το επίπεδο ζήτησης με αποτέλεσμα την διερεύνηση δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού μέσα από κατάλληλες ενέργειες και επεμβάσεις. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης νερού για άρδευση άσκησε ισχυρότατη πίεση στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας.

Γενική είναι η διαπίστωση ότι το υφιστάμενο σήμερα καθεστώς στον τομέα των αρδεύσεων οδηγεί σε μεγάλη σπατάλη νερού. Ένα από τα βασικότερα αίτια της σπατάλης αυτής είναι ο μη ακριβής προσδιορισμός των αναγκών σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών. Η σχεδίαση των μεγάλων αρδευτικών έργων στην χώρα μας για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής έγινε με ξεπερασμένες μεθόδους οι οποίες υπερεκτιμούν τις ανάγκες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30 %. Το ύψος των απωλειών νερού είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη σωστή εφαρμογή της άρδευσης, η οποία προϋποθέτει τον ακριβή υπολογισμό της αρδευτικής δόσης, τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των αρδεύσεων που καθορίζεται από την διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής και της βροχής κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου, τον προσδιορισμό της διάρκειας της άρδευσης που καθορίζεται από τη διηθητικότητα του εδάφους και την εφαρμοζόμενη μέθοδο. Για να επιτευχθεί η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού απαιτείται αρδευτική παιδεία και επιδεξιότητα από τον αγρότη η οποία προϋποθέτει επί τόπου υποστήριξη από γεωπόνους γνώστες του αντικειμένου.

Η διαθεσιμότητα νερού έχει φθάσει στα όριά της και η μόνη εναλλακτική λύση που απομένει είναι η ανάπτυξη τεχνικών εξοικονόμησης, ώστε η ζήτηση να σταθεροποιηθεί στα σημερινά επίπεδα ή να περιορισθεί κάτω από τα επίπεδα αυτά. Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να αναθεωρούνται παλαιές αντιλήψεις, όπως είναι η μετάπτωση από την αρχή της μεγιστοποίησης της παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας γης σε αυτή της βελτιστοποίησης της παραγωγής ανά μονάδα διαθέσιμου νερού.

Οι καλλιέργειες, όταν έχουν στην διάθεσή τους νερό χωρίς κανένα περιορισμό, καταναλώνουν ποσότητες οι οποίες ρυθμίζονται από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που τις περιβάλλει. Αποτέλεσμα αυτού είναι αύξηση της βλάστησης που δεν σημαίνει κατ' ανάγκη αύξηση της παραγωγής. Η σύγχρονη αντίληψη στη γεωργία αποβλέπει στη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας πρέπει να προσδιορίζονται σαν αυτές που αποφέρουν το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα. Οι ανάγκες αυτές εκφράζονται από την

εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Η εξατμισοδιαπνοή αυτή βασίζεται στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και στους φυτικούς συντελεστές που αντιπροσωπεύουν τις ιδιαιτερότητες της κάθε καλλιέργειας.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η σύγκριση δύο σύγχρονων μεθόδων άρδευσης υποεπιφανειακής και επιφανειακής στάγδην άρδευσης και η επίδρασή τους στην αύξηση και παραγωγική συμπεριφορά του βαμβακιού.

Αναλυτικά στα κεφάλαια που ακολουθούν, γίνεται αναφορά γενικά για το βαμβάκι, για την άρδευση του βαμβακιού, για την έναρξη των πειραμάτων, παρουσιάζονται τα υλικά και μέθοδοι, και τέλος η συζήτηση και τα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

Το βαμβάκι ήταν γνωστό από πολύ παλιά. Η ιστορία του χάνεται στα βάθη των αιώνων. Στη μακρόχρονη πορεία του επέζησε από το σκληρό ανταγωνισμό άλλων προϊόντων χάρη στις εξαιρετικές και μοναδικές ιδιότητες του.

Η ανάπτυξη και διάδοση του σ' όλο τον κόσμο ήταν ο κυριότερος συντελεστής της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η σημασία του στο παγκόσμιο εμπόριο, στη διεθνή οικονομία και στην τεχνολογική πρόοδο ήταν πάντοτε μεγάλη. Για την προσφορά του αγαπήθηκε από τον άνθρωπο που από την αρχαιότητα το έθεσε στα θεία προϊόντα και τις ιερές καλλιέργειες, το ύμνησε και το λάτρευσε.

Το βαμβάκι, από πολλές ενδείξεις, φαίνεται ότι ήταν σε καλλιέργεια από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους. Δεν είναι γνωστό ποιες χώρες το καλλιέργησαν για πρώτη φορά.



Εικόνα 2.1. Καλλιέργεια βαμβακιού

Σχετικές έρευνες όμως δείχνουν ότι πρωτοαναπτύχθηκε σε δύο χωριστές και πολύ μακριά η μία από την άλλη περιοχές, την Ινδία και την Αμερική.

Από την Ινδία το βαμβάκι διαδόθηκε σιγά- σιγά σε διάφορες χώρες του Παλιού Κόσμου και από την ανάπτυξη του στην Κεντρική και Νότια Αμερική, εξαπλώθηκε στις χώρες του Νέου Κόσμου.

Στην ιστορική του ανάπτυξη και μέχρι σήμερα η καλλιέργεια του βαμβακιού και η παραγωγή του παρουσίασαν εντυπωσιακές μεταβολές και εξέλιξη.

Σε αυτό συντέλεσαν ο εκσυγχρονισμός της καλλιέργειας του βαμβακιού με την παράλληλη αλματώδη εξέλιξη της βαμβακοβιομηχανίας κυρίως της εκκόκκισης και της κλωστικής.

Το βαμβάκι έπαιξε και παίζει ένα σπουδαίο ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και στην πολιτική του κόσμου. Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε μεγάλη επέκταση της καλλιέργειας και για πολλές χώρες, όπως και για την χώρα μας, το βαμβάκι θεωρείται το πρώτο γεωργικό προϊόν.

Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται κυρίως στις τροπικές περιοχές, μέσα στην δική του ζώνη και μέχρι γεωγραφικό πλάτος 43°- 45° (Δημοκρατίες πρώην Σοβιετικής Ένωσης και Κίνα) και στο Νότιο ημισφαίριο (Ν. Αμερική, Αυστραλία) μέχρι 32° περίπου νότιο γεωγραφικό πλάτος.

Καλλιεργείται σε περισσότερες από 70 χώρες στον κόσμο (Αφρική 28, Ασία / Ωκεανία 22, Β. Αμερική 11, Ν. Αμερική 8), στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στη Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία [3].

Η εξέλιξη του βαμβακιού στην Ελλάδα είναι πράγματι εντυπωσιακή. Η καλλιεργούμενη έκταση από 200000 στρέμματα το 1930 ξεπερνάει τα 2000000 το 1963 και σήμερα έφτασε στα 4000000 στρέμματα.

Η βαμβακοκαλλιέργεια στην χώρα μας αποτελεί σήμερα μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας, με τεράστια σημασία για την αγροτική και Εθνική οικονομία.

2.1 Αύξηση και ανάπτυξη φυτού

Το βαμβακόφυτο αναπτύσσεται σύμφωνα με ένα σχετικώς κανονικό χρονοδιάγραμμα. Η διάρκεια των σταδίων αυξήσεως και αναπτύξεως του φυτού εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική, ώστε υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ περιοχών μέσα στην ζώνη του βαμβακιού [1].

Παρόλη την πρόοδο που έγινε ειδικότερα στο *G. hirsutum* L. ώστε από φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών να καλλιεργείται σήμερα κυρίως στην εύκρατη ζώνη, η συχνά βραχεία καλλιεργητική περίοδος των εύκρατων περιοχών δεν επιτρέπει την κανονική συμπλήρωση του μεγάλου βιολογικού κύκλου του φυτού, με αποτέλεσμα την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής. Για χώρες όπως η Ελλάδα, που βρίσκονται στα όρια της ζώνης βαμβακιού, κάθε παράγοντας που συντελεί στο να ωριμάσουν τα καρύδια, πριν τις βροχές και παγωνιές του φθινοπώρου, είναι πρωταρχικής σημασίας, ιδίως όταν η συγκομιδή είναι εκμηχανισμένη.

□ **Φύτρωμα.** Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 4-6 ημέρες από την σπορά ενώ με δυσμενείς συνθήκες μπορεί να απαιτήσει 3-4 εβδομάδες (ή και περισσότερο). Πρώιμο και ομοιόμορφο φύτρωμα είναι από τους πιο βασικούς συντελεστές επιτυχίας της καλλιέργειας ιδιαίτερα σε οριακές περιοχές.

□ **Εμφάνιση του πρώτου χτενιού.** Συνήθως απαιτούνται 40-45 ημέρες από το φύτρωμα. Η περίοδος είναι μικρότερη όταν οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές και μεγαλύτερη αν είναι χαμηλότερη από τις κανονικές.

□ **Περίοδος από χτένι μέχρι την άνθηση.** Απαιτούνται συνήθως 21-25 ημέρες. Η χρονική περίοδος του σταδίου αυτού είναι πιο σταθερή από την αντίστοιχη του φυτρώματος και πρώτου χτενιού. Στην Ελλάδα τα πρώτα άνθη παρατηρούνται γενικώς ύστερα από τις 20 Ιουνίου και συνήθως αρχές Ιουλίου.

Το φυτό του βαμβακιού (φυτό συνεχούς αυξήσεως) συνεχίζει την βλαστική του ανάπτυξη όταν εισέρχεται στο στάδιο της ανθοφορίας με αποτέλεσμα αυτή να ανταγωνίζεται την αναπαραγωγική ανάπτυξη αλλά

συνηθέστερα, επειδή η αναπαραγωγική ανάπτυξη είναι πιο ανταγωνιστική, το φυτό καθυλώνεται.

□ **Ρυθμός ανθοφορίας.** Έχουν προαναφερθεί τα χρονικά διαστήματα σύμφωνα με τα οποία εμφανίζονται τα άνθη στους ανθοφόρους βλαστούς. Μετά την έναρξη της ανθοφορίας ο ρυθμός ανθοφορίας επιταχύνεται καθημερινώς, σύμφωνα με μία σχεδόν τυπική κανονική καμπύλη με μέγιστο (για της συνθήκες της χώρας μας) περί τα τέλη Ιουλίου.

□ **Περίοδος ωριμάνσεως καρυδιών.** Η περίοδος ωριμάνσεως καρυδιού κυμαίνεται συνήθως, όπως προαναφέρθηκε από 45-65 ημέρες αναλόγως των συνθηκών ωριμάνσεως όπως διαμορφώνονται κυρίως από την ημερομηνία ανθήσεως. Ο μέσος όρος της περιόδου ωριμάνσεως των καρυδιών όλης της φυτείας βρέθηκε να είναι σε πειράματα στο Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών (Ι.Β.Β.Φ), στη Σίνδο 55-65 ημέρες. Η υπερβολική σμίκρυνση της περιόδου ωριμάνσεως καρυδιού, όπως και όλων των σταδίων του φυτού, αποβαίνει σε βάρος της απόδοσης.

Για μια ικανοποιητική ποσοτική και ποιοτική παραγωγή το βαμβακόφυτο πρέπει να έχει στην διάθεση του τουλάχιστον 6 μήνες με ευνοϊκές οικολογικές συνθήκες.

2.2 Οικολογικές απαιτήσεις

□ **Κλίμα.** Οι κλιματολογικές συνθήκες ασκούν αποφασιστικό ρόλο στην διαμόρφωση της παραγωγής του βαμβακιού και αποτελούν αιτία της διακύμανσης που παρουσιάζουν οι αποδόσεις σε μία περιοχή από χρόνο σε χρόνο.

Σε χώρες όπως η Ελλάδα και ειδικότερα στις ψυχρότερες και οψιμότερες περιοχές, οι συνθήκες ανάπτυξης κυρίως στην αρχή και το τέλος της περιόδου, είναι συχνά λιγότερο ευνοϊκές για μία καλή καρποφορία και ωρίμανση της παραγωγής. Βασικός περιοριστικός παράγοντας είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν συχνά κατά την περίοδο βλαστήσεως του σπόρου και αρχικής αναπτύξεως του φυτού, καθώς και οι απρόβλεπτες

καιρικές μεταβολές, με πρώιμες βροχές και πτώση της θερμοκρασίας, κατά την ωρίμανση και συγκομιδή.

□ **Θερμοκρασία.** Θεωρείται ο σπουδαιότερος κλιματικός παράγοντας που διαμορφώνει το μέγεθος και την ποιότητα της παραγωγής. Ιδιαίτερα η θερμοκρασία που επικρατεί κατά την βλάστηση και φύτευμα του σπόρου, επηρεάζει σοβαρά την εξέλιξη του φυτού, εξαιτίας και της μεγαλύτερης ευαισθησίας που παρουσιάζει το βαμβάκι κατά το στάδιο αυτό. Θερμοκρασία κάτω των 10 °C κατά το φύτευμα είναι επιζήμια για την όλη συμπεριφορά των βαμβακοφύτων και ειδικότερα μικρή έστω έκθεση του βαμβακόσπορου στο ψύχος (5 °C), κατά το στάδιο του εμποτισμού του με νερό, ελαττώνει τη βλαστικότητα και δημιουργεί ανωμαλίες στο ριζικό σύστημα. Η υπερβολική εδαφική υγρασία επιδεινώνει τη δυσμενή επίδραση του ψύχους. Χαμηλή θερμοκρασία κατά το στάδιο αυτό συνδέεται ακόμη και με εντονότερη προσβολή από μύκητες που προκαλούν σήψη του λαιμού, ειδικότερα όταν συνδυάζεται με υψηλή υγρασία.

Το μέγεθος και το είδος της επιδράσεως των χαμηλών θερμοκρασιών εξαρτάται από το στάδιο του φυτού, την διάρκεια και την κύμανση της θερμοκρασίας, καθώς και από τις συνθήκες που θα ακολουθήσουν την περίοδο του ψύχους. Σταδιακή αποκατάσταση των καιρικών συνθηκών είναι πιο ευνοϊκή για το φυτό.

□ **Υγρασία.** Το βαμβακόφυτο έχει συντελεστή διαπνοής αρκετά υψηλό ≈ 560 . Για να καλλιεργηθεί χωρίς άρδευση, πρέπει η ετήσια βροχόπτωση να είναι τουλάχιστον 500mm από την οποία τα 175-200 να πέφτουν κατά την περίοδο της καρποφορίας. Βροχές κατά την εποχή της συγκομιδής δυσχεραίνουν την ωρίμανση των όψιμων καρυδιών και την συλλογή του βαμβακιού και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Στην χώρα μας η καλλιέργεια είναι κατά κανόνα (=90%) αρδευόμενη αλλά οι συχνά πρώιμες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου δημιουργούν προβλήματα στην καλλιέργεια. Με το βαθύ ριζικό του σύστημα το βαμβάκι είναι από τις λίγες εαρινές καλλιέργειες που μπορεί να αποδώσουν, έστω και περιορισμένα χωρίς άρδευση. Η περίσσεια υγρασίας μπορεί επίσης να είναι επιβλαβής ειδικότερα

στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σε πλημμυρισμένο έδαφος ο βαμβακόσπορος που φυτρώνει και τα νεαρά φυτά γρήγορα 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 ώστε γίνεται πιο ευαίσθητο στην ξηρασία αργότερα. Όταν πια το φυτό αναπτύξει το ριζικό του σύστημα σε ικανοποιητικό βάθος σπάνια μπορούν να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες για όλο το ριζικό σύστημα.

□ **Φως.** Το βαμβακόφυτο είναι ηλιόφιλο και παράγει αποτελεσματικά όταν υπάρχει επαρκής ηλιοφάνεια κατά το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργού περιόδου αναπτύξεως. Βαμβάκια που σκιάζονται μένουν κοντά και καχεκτικά με μικρή καρποφορία.

□ **Έδαφος.** Το βαμβάκι καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών από τα αμμώδη ως τα βαριά αργιλώδη. Τα καλύτερα εδάφη για την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι εκείνα που έχουν ίσες αναλογίες άμμου, πηλού και αργίλου, ικανή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και μέση γονιμότητα ή μέτρια περιεκτικότητα σε N, P και K, [15].

2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες

□ **Κατεργασία του εδάφους.** Η κατεργασία των αγρών γίνεται με διάφορα μηχανήματα ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό κάθε φορά. Η συχνότητα και ο βαθμός κατεργασίας (π.χ. βάθος), πρέπει να βασίζονται σε ουσιαστικούς λόγους ώστε να δικαιολογούνται τα αντίστοιχα έξοδα. Καταστροφή ζιζανίων, καλή δομή εδάφους και εξοικονόμηση υγρασίας για τη σπορά και το φύτευμα αποτελούν τους βασικούς σκοπούς για τους οποίους γίνεται η κατεργασία των χωραφιών.

Φθινοπωρινά οργώματα, σχετικώς βαθιά, διευκολύνουν την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων, καταπολεμούν διάφορα έντομα, συντελούν στη μεγαλύτερη συγκράτηση του νερού της βροχής και εξασφαλίζουν καλή δομή εδάφους, για την προετοιμασία της σποράς. Τα φυτικά υπολείμματα βαμβακιού, καπνού ή καλαμποκιού, αντί να καίγονται, καλά είναι να

τεμαχίζονται με σταλεχοκόπτη ή δισκοσβάρνα και να καλύπτονται με βαθύ όργωμα, ώστε να προσθέτουν οργανική ουσία στο έδαφος.

Την άνοιξη χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατεργασία των χωραφιών για να εξασφαλισθεί καλή δομή εδάφους και υγρασία για τη σπορά . Το πρώτο όργωμα γίνεται βαθύτερο για να σκεπάσει τα ζιζάνια και τυχόν φυτά χλωράς λιπάνσεως. Μετά ακολουθούν τα απολύτως απαραίτητα ελαφρά οργώματα (8-10 cm) ή δισκοσβαρνίσματα. Ένα παράκαιρο (με θερμό καιρό και άνεμο) όργωμα την άνοιξη μπορεί να εξαντλήσει επικίνδυνα την υγρασία. Αντίθετα, σε μερικά επίπεδα χωράφια πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια για στράγγιση της περίσσειας του νερού [15].

□ *Λίπανση.* Το βαμβάκι όπως προαναφέρθηκε δεν εξαντλεί το έδαφος σε μεγάλο βαθμό γιατί, όταν απομακρύνεται από το χωράφι μόνο το σύσπορο, τουλάχιστον 75% από την ξηρά ουσία του φυτού επιστρέφει στο έδαφος. Για την διαμόρφωση όμως του βλαστικού μέρους του φυτού απαιτείται αρκετά μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ανόργανων στοιχείων που ποικίλει αναλόγως της ποικιλίας και της καλλιεργητικής τεχνικής ώστε τα στοιχεία από διάφορες αναλύσεις έχουν μόνο ενδεικτική σημασία.

Με παραγωγή συσπόρου βαμβακιού 240 kg/στρ. βρέθηκε ότι απομακρύνονται από το έδαφος περίπου 5 kg N, 0.9 kg P και 1.8 kg K. Το βαμβάκι αφαιρεί επίσης αξιόλογες ποσότητες Ca, μικρότερες Mg, S και Na καθώς και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων όπως B, Fe, Mn, Cu, Cl και Zn.

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, πριν την εμφάνιση των χτενιών, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικώς υψηλές ποσότητες N, P, K, Ca και Mg. Καθώς το φυτό εισέρχεται στο στάδιο του χτενιού και στα επόμενα στάδια αυξάνονται οι απαιτήσεις στα παραπάνω στοιχεία οι οποίες και μεγιστοποιούνται κατά την φάση της καρποφορίας, οπότε το φυτό συσσωρεύει περίπου την μισή από την συνολική ποσότητα. Στην φάση αυτή τα στοιχεία συσσωρεύονται κατά κύριο λόγο στους καρποφόρους ιστούς ενώ στα προηγούμενα στάδια συσσωρεύονται στα φύλλα, μίσχους και ρίζες. Όταν το φυτό ξεπεράσει την αιχμή της καρποδέσεως, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γρήγορο ρυθμό γιατί όλη η ποσότητα

που είχε συσσωρευτεί στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια.

2.4 Σπορά

□ **Εποχή σποράς.** Το πρώιμο και το ομοιόμορφο φύτευμα είναι για το βαμβάκι απαραίτητη προϋπόθεση επιτυχίας, γιατί επεκτείνει τη βλαστική περίοδο και συγχρονίζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Η σπορά του βαμβακιού μπορεί να αρχίσει όταν η θερμοκρασία του εδάφους φθάσει στους 14-15 °C ή και όταν είναι λίγο χαμηλότερη αλλά παρατηρείται σταθερή βελτίωση. Με βάση πολυάριθμα πειράματα και παρατηρήσεις φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να διακινδυνεύσουμε μία αποτυχία στο φύτευμα παρά να χαθεί πολύτιμος χρόνος. Φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να έχουμε πρώιμη φυτεία έστω και με μειωμένο πληθυσμό φυτών μέχρι και 50%, χωρίς όμως με μεγάλα και συνεχή κενά, παρά να επανασπείρουμε όψιμα. Πολυάριθμα πειράματα εποχής σποράς στο Ι.Β.Β.Φ. από της ιδρύσεως του οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η καλύτερη εποχή σποράς για τις περισσότερες περιοχές είναι μεταξύ 10-20 Απριλίου ή το αργότερο μέχρι το τέλος του ίδιου μήνα. Αργότερα κάθε δεκαήμερο που περνά μειώνει την απόδοση σε βαθμό ώστε σπορές του Ιουνίου να έχουν λίγη πιθανότητα να δώσουν οποιαδήποτε απόδοση [1].

□ **Αποστάσεις φυτών – πληθυσμός φυτών.** Πολυάριθμα πειράματα στην Ελλάδα έδειξαν ότι για το βαμβάκι ο αριθμός φυτών ανά μονάδα επιφάνειας μπορεί να κυμαίνεται σε ευρέα όρια χωρίς να παρατηρείται συχνά διαφορά στην απόδοση, ειδικότερα σε πρώιμη σπορά. Ωστόσο η χρησιμοποίηση του πυκνότερου πληθυσμού πλεονεκτεί, όπως έχει αποδεχθεί, με συνθήκες περιορισμένης βλαστικής περιόδου και αναπτύξεως φυτών.

Γενικώς σήμερα η βαμβακοκαλλιέργεια, όπως και πολλές άλλες, έχουν μετατοπιστεί σε πυκνότερες σε σχέση με το παρελθόν φυτείες. Οι συνιστώμενοι πληθυσμοί σήμερα είναι γύρω στα 20 φυτά / m² για τις εύρωστες ποικιλίες τύπο Acala.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΔΕΥΣΗ

3.1 Ανάγκες βαμβακιού σε νερό

Το βαμβάκι είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά φυτά στην αξιοποίηση πενιχρών υδατικών αποθεμάτων, πράγμα που το κάνει και δημοφιλές σε πολλές περιοχές του πλανήτη που έχουν πρόβλημα νερού, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Όταν λέμε αποτελεσματικότητα χρήσης νερού εννοούμε ότι το βαμβάκι είναι ικανό να επιζήσει και να είναι αποδοτικό σε λιγότερη ποσότητα νερού από όλα σχεδόν τα καλλιεργούμενα φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

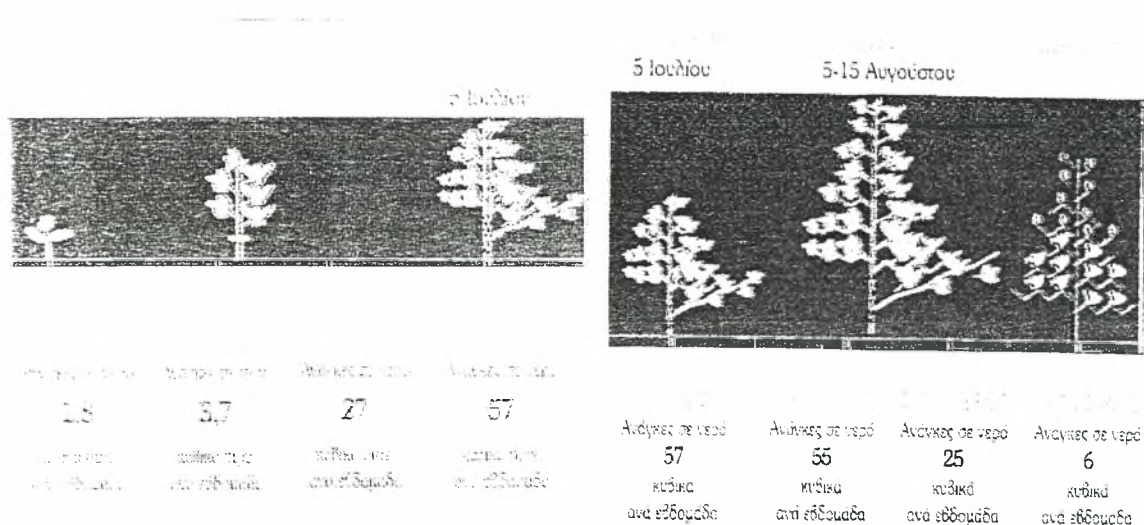
Η ημερήσια κατανάλωση νερού είναι γύρω στα 12 mm στις πολύ θερμές και ξηρές περιοχές, αλλά συνήθως είναι γύρω στα 8mm κατά τη διάρκεια της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής. Την άνοιξη λόγω της περιορισμένης φιλικής επιφάνειας και το φθινόπωρο λόγω της ξήρανσης του φυλλώματος, η απαίτηση σε νερό είναι μικρή. Κατά τον Ιούλιο και Αύγουστο όμως, κάτω από υψηλές θερμοκρασίες ενώ τα άλλα φυτά σταματούν να αυξάνονται, το βαμβάκι συνεχίζει ακόμη και τις θερμές απογευματινές ώρες, λόγω της αντοχής του στις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό δε σημαίνει ότι το βαμβάκι χρειάζεται περισσότερο νερό. Οφείλεται στα στομάτια που έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν τις απώλειες, αλλά και στις βαθιές ρίζες του που μπορούν και εξερευνούν νερό βαθιά στο έδαφος. Συνεπώς, το βαμβάκι είναι η καταλληλότερη καλλιέργεια σε κατάσταση έλλειψης νερού, μέχρι όμως ένα σημείο.

Για να παραχθεί βαμβάκι και να είναι πρακτικά συμφέρον, απαιτείται μια ελάχιστη ποσότητα νερού. Σύμφωνα με τη Delta Pine [19], η ελάχιστη ποσότητα που πρέπει να εφαρμοστεί είναι 500 m³/στρ, με αυτή όμως τη δόση θα έχουμε 30% μικρότερη απόδοση (πίνακας 3.1). Με 635 m³/στρ θα έχουμε 15% μικρότερη απόδοση, ενώ με 760 m³/στρ θα έχουμε μόνο 5% πτώση της απόδοσης.

Πίνακας 3.1. Σχέση μεταξύ εφαρμοζόμενου νερού και % μέγιστης απόδοσης

<i>Μέγιστης απόδοσης %</i>	<i>Εφαρμοζόμενο νερό (κυβικά, αποθηκευμένο και άρδευσης)</i>
10	230
45	380
70	500
85	635
95	760
95	1015
93	1250

Στην εικόνα 3.1 απεικονίζεται η συνιστώμενη ποσότητα νερού κατά (Delta pine).



Εικόνα 3.1. Συνιστώμενη ποσότητα νερού κατά Delta pine

Οι Doorendos και Kassam 1979 [21], εκτιμούν τις μέσες συνολικές ανάγκες του βαμβακιού σε 700 mm περίπου. Στη βλαστική περίοδο οι

ανάγκες είναι μικρές και ίσες με 10% των συνολικών. Στην περίοδο της άνθησης είναι υψηλές και ίσες με 50-60 των συνολικών. Από εκεί και μετά οι ανάγκες μειώνονται.

Σύμφωνα με τον Σφήκα το 1998 [15], οι συνολικές ανάγκες σε νερό υπολογίζονται στα 200-300 mm που δίνονται σε 3-5 αρδεύσεις στα βαριά εδάφη και σε 5-7 αρδεύσεις στα ελαφρά. Η ανάγκη αρδεύσεως προσδιορίζεται από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά μαραίνονται τις μεσημβρινές ώρες και η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει σε βάθος 10-15cm.

Σε πολλά είδη φυτών βρέθηκε η ευεργετική επίδραση στην αύξηση των συγκομιζομένων αποδόσεων όταν τα φυτά σε κάποιο πρώιμο στάδιο αναπτύξεως υποστούν κάποιο stress υγρασίας. Για το βαμβάκι το στάδιο αυτό είναι το της έναρξεως της καρποφορίας [5].

Στην παρούσα μελέτη οι ανάγκες του βαμβακιού σε νερό υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του εξατμισιμέτρου τύπου Α. Η συνολική ποσότητα του νερού που έλαβε στο βαμβάκι ήταν 576 mm συνυπολογίζοντας και την βροχόπτωση.

3.2 Άρδεύσεις βαμβακιού

Η επέκταση των αρδεύσεων ήταν για την χώρα μας ένας από τους βασικότερους συντελεστές στην αύξηση των στρεμματικών αποδόσεων. Αποδείχθηκε ότι η άρδευση ήταν προϋπόθεση για να εκδηλωθεί η ωφελιμότητα της λίπανσης καθώς και ο συνδυασμός των βελτιωμένων ποικιλιών.

Από πειράματα στο Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών (Ι.Β.Β.Φ.) βρέθηκε ότι η άρδευση είναι πιο αποτελεσματική όταν συνδυάζεται με αζωτούχο λίπανση, με πρώιμη σπορά και ποικιλία και όταν ο πληθυσμός φυτών είναι μεγαλύτερος. Εξάλλου όμως πρόωρη έναρξη αρδεύσεως μπορεί να προκαλέσει σημαντική οψίμιση ενώ περίσσεια νερού μπορεί να αυξήσει την ανθόρροια και καρποφορία. Η εποχή αρδεύσεως, η

συχνότητα και η ποσότητα νερού στην κάθε άρδευση είναι παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την πρωιμότητα, το ύψος και την ποιότητα της παραγωγής και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως την μηχανική σύσταση του εδάφους, την ποικιλία, την πρωιμότητα της φυτείας, την λίπανση κ.α. [1].

□ **Άρδευση για το φύτευμα και την πρώιμη ανάπτυξη των φυτών.** Οι αρδεύσεις αυτές εφαρμόζονται εκεί όπου δεν είναι δυνατός ο ψιλοχωματισμός και κατά συνέπεια η διατήρηση επαρκούς υγρασίας για το φύτευμα. Η άρδευση αυτή είναι ελαφριά και αρκεί να φθάσει στο βάθος της ήδη υπάρχουσας στο έδαφος υγρασίας και να ενωθεί με αυτή. Η ωφελιμότητα της δεν περιορίζεται μόνο στο να υποβοηθήσει το φύτευμα, αλλά δίδει και μια πρώτη ώθηση στα φυτά [5].

Συνήθως γίνεται μία άρδευση για φύτευμα μέσα στον Απρίλιο ή στις αρχές Μαΐου με μικρή ποσότητα νερού γύρω στα 20 με 25mm. Στον αγρό που έγινε το πείραμα και σε όλες τις μεταχειρίσεις (E1,E2,Y5), η πρώτη άρδευση για φύτευμα έγινε στις 15 Μαΐου 2002 με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα παροχής $35\text{m}^3 / \text{h}$, λειτουργία πίεσης 8 atm, και ένταση βροχής 18 mm / h. Η συνολική ποσότητα νερού υπολογίστηκε στα 20mm. Ακολούθησαν άλλο ένα πότισμα με καρούλι συνολικής ποσότητας νερού 40mm, (Πίνακες 3.2 και 3.3).

□ **Άρδευση για την ανάπτυξη.** Στην νότια και κεντρική Ελλάδα και σπανιότερα στην βόρεια Ελλάδα, στις περιπτώσεις που τα βαμβακόφυτα μένουν καθυστερημένα και κινδυνεύουν να μπούνε στο αναπαραγωγικό στάδιο με ανεπαρκή βλαστική ανάπτυξη, είναι ωφέλιμο δύο έως τρία ποτίσματα αναπτύξεως 30-40 mm που γίνονται τον Ιούνιο με αρχές Ιουλίου. Τα ποτίσματα αυτά είναι ελαφρά και γίνονται με τεχνητή βροχή ή όπου η άρδευση γίνεται με σιφώνια αρδεύεται αυλάκι παρά αυλάκι με μεγάλη παροχή, ώστε η ποσότητα αρδεύσεως να είναι μικρή.

Τα ποτίσματα αναπτύξεως είναι απαραίτητα σε περιπτώσεις που γίνονται επιφανειακές λιπάνσεις και εφόσον η άρδευση γίνεται με τεχνητή

βροχή μπορεί το λίπασμα να προστεθεί σε δεξαμενή η οποία τροφοδοτεί το νερό.

Στον πειραματικό αγρό πραγματοποιήθηκαν 3 ποτίσματα για την ανάπτυξη των φυτών σε όλες τις μεταχειρίσεις με αυτοκινούμενο σύστημα άρδευσης (καρούλι) συνολικής ποσότητας νερού 160mm (Πίνακες 3.2 και 3.3).

□ **Άρδεύσεις καρποφορίας.** Είναι οι πιο απαραίτητες για την βαμβακοκαλλιέργεια. Η ανάγκη για άρδευση προσδιορίζεται κυρίως από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν η προσωρινή μάρανση παρατείνεται και η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει σε 10-15cm. Υπάρχουν επίσης διάφορα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Τα φύλλα των βαμβάκων που διψούν αποκτούν κυανοπράσινο χρωματισμό και δείχνουν τα σημεία μαράνσεως. Επίσης σταματάει η ανάπτυξη των φυτών και η ανθοφορία ανεβαίνει πρόωρα στην κορυφή του φυτού με δυσμενείς επιπτώσεις στην απόδοση.

Από πολλά πειράματα φάνηκε ότι η πρόωρη έναρξη των ποτισμάτων καρποφορίας (πρώτο πότισμα) καθώς και το υπερβολικό πότισμα αργότερα, ευνοούν την ανεπιθύμητη 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 την ποσότητα 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 ανθοφορίας για τις πρώιμες ποικιλίες και περιοχές και λίγο αργότερα, όταν το φυτό δέσει τα πρώτα καρύδια, για τις οψιμότερες ποικιλίες και περιοχές. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι πιο ελαφρύ από τα επόμενα. Κατά την διάρκεια της περιόδου καρποφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Ο αριθμός των ποτισμάτων εξαρτάται από την ποικιλία, τον πληθυσμό φυτών, την ανάπτυξη και καρποφορία της φυτείας, τις καιρικές

συνθήκες και βέβαια από την ποσότητα αρδεύσεως. Συνήθως ο αριθμός των ποτισμάτων καρποφορίας κυμαίνεται από 2-5, με ποσότητα νερού 30-40mm.

Η ποσότητα του νερού αρδεύσεως εξαρτάται κυρίως από την υδατοικανότητα του εδάφους. Ελαφρότερο πότισμα έχει συχνά ως αποτέλεσμα να παραμείνει το φυτό επιπολαιόριζο και επομένως να έχει ανάγκη από περισσότερη συνολική ποσότητα νερού στην διάρκεια της περιόδου, ενώ βαθύτερο 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 την προσβολή των φυτών από βερτιτσιλλίωση. Οι αρδεύσεις καρποφορίας περατώνονται συνήθως, αναλόγως της προωμότητας της φυτείας και των καιρικών συνθηκών, περί τα μέσα Αυγούστου. Στον αγρό του πειράματος έγιναν 6 αρδεύσεις καρποφορίας με το σύστημα της στάγδην άρδευσης για τις μεταχειρίσεις (E2,Y5), συνολικής ποσότητας νερού 79.69mm (Πίνακας 3.3) και 2 αρδεύσεις για τη μεταχείριση (E1) συνολικής ποσότητας νερού 80.07mm (Πίνακας 3.2)

□ **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 σχετικά όψιμες φυτείες, που ένας μεγάλος αριθμός καρυδιών απέχει πολύ από την ολοκλήρωση της ωρίμανσης του, επιβάλλεται να δίνονται 1-2 ποτίσματα μέχρι και τέλη Σεπτεμβρίου, ποσότητας από 10-15 mm, ακόμη και μετά το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών. Τα ποτίσματα αυτά αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις πολύ ωφέλιμα για την αύξηση της παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας των όψιμων καρυδιών. Ειδικότερα για την νοτιότερη Ελλάδα, όπου ο κίνδυνος της οψιμότητας είναι μικρότερος από τα βορειότερα διαμερίσματα, η πρόωγη περάτωση των αρδεύσεων (πολλές φορές και πριν τις 15 Αυγούστου) είναι αιτία για την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής.

Συνήθως η πρώτη άρδευση εφαρμόζεται μια με δύο εβδομάδες πριν την ανθοφορία. Σε περιοχές με υψηλή σχετική ατμοσφαιρική υγρασία η πρώτη άρδευση εφαρμόζεται με την έναρξη της ανθοφορίας.

Αποτελέσματα έρευνας αποδεικνύουν ότι η επιθυμητή αρδευτική πρακτική συνίσταται σε συνεχή άρδευση σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα σύμφωνα με την ανάπτυξη των φυτών, χωρίς να προκαλείται αίσθηση έλλειψης νερού στα φυτά. Ο λόγος μεταξύ των υδατικών αναγκών των φυτών-εξατμισοδιαπνοή και εξατμίσσης είναι πολύ γνωστός από την έρευνα και καθορίζεται σύμφωνα με το δείκτη φυτοκάλυψης (LAI). Σύμφωνα με το δείκτη αυτό και τα δεδομένα εξατμίσσης, που συνήθως λαμβάνονται από ενδείξεις εξατμισιμέτρων, είμαστε σε θέση να αποφασίσουμε για το απαιτούμενο νερό για άρδευση σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή και όταν χρησιμοποιούμε καθορισμένη συχνότητα αρδεύσεων [20].

Η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους και την παροχή των σταλακτήρων. Αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι για βαμβάκι που καλλιεργείται σε εδάφη ικανοποιητικού βάθους, η συχνότητα των αρδεύσεων μπορεί να μεταβάλλεται από μια φορά μέχρι και αρκετές φορές τη βδομάδα, χωρίς να προκαλείται μείωση της παραγωγής. Στον αγρό του πειράματος έγιναν 9 αρδεύσεις παραγωγής για τις μεταχειρίσεις E2 και Y5 με το σύστημα της στάγδην άρδευσης συνολικής ποσότητας νερού 66.30mm (Πίνακας 3.3) και 2 αρδεύσεις για τη μεταχείριση E1 συνολικής ποσότητας νερού 66.30mm (Πίνακας 3.2)

□ **Τέλος των αρδεύσεων.** Στην άρδευση με σταγόνες είναι δυνατό να μειώσουμε την ποσότητα νερού προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου έτσι ώστε να μην υπάρχει περίσσεια νερού που να μπορεί να διεισδύσει κάτω από το ριζικό σύστημα. Το υπάρχον νερό θα είναι αρκετό για την πλήρη ανάπτυξη των τελευταίων καρυδιών και όταν φθάσει η καλλιέργεια στην περίοδο αποφύλλωσης να υπάρχει επάρκεια εδαφικής υγρασίας.

Η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους και την παροχή των σταλακτήρων. Αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι

για βαμβάκι που καλλιεργείται σε εδάφη ικανοποιητικού βάθους, η συχνότητα των αρδεύσεων μπορεί να μεταβάλλεται από μια φορά μέχρι και αρκετές φορές τη βδομάδα, χωρίς να προκαλείται μείωση της παραγωγής.

Στον αγρό του πειράματος έγιναν 4 αρδεύσεις για τις μεταχειρίσεις E2 και Y5 με το σύστημα της στάγδην άρδευσης συνολικής ποσότητας νερού 10.11mm (Πίνακας 3.3) και μία άρδευση για τη μεταχείριση E1 συνολικής ποσότητας νερού 10.11mm.(Πίνακας 3.2)

Στον πίνακα 3.2 αναφέρονται οι ημερομηνίες ποτισμάτων και ο τρόπος άρδευσης στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, για τις μεταχειρίσεις, E2 επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης 2 ημέρες και η Y5 υπόγεια στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης 2 ημέρες. (Οι μεταχειρίσεις E2 και Y5 αναφέρονται στο κεφάλαιο 5).

Στον πίνακα 3.3 αναφέρονται οι ημερομηνίες ποτισμάτων και ο τρόπος άρδευσης στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, για την μεταχείριση, E1 επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης 10 ημέρες.(Η μεταχείριση E1 αναφέρεται στο κεφάλαιο 5)

Πίνακας 3.2. Ημερολόγιο ποτισμάτων πειραματικού αγρού για τη μεταχείριση E1

Ημερ/νια Άρδευσης	Τρόπος Ποτίσματος	Στάδιο Φυτρώματος (mm)	Στάδιο Ανάπτυξης (mm)	Στάδιο Καρποφορίας (mm)	Στάδιο Παραγωγής (mm)	Τέλος Αρδεύσεων (mm)
15/5	καρούλι	20				
13/6	καρούλι	40				
24/6	καρούλι		50			
3/7	καρούλι		55			
10/7	καρούλι		55			
19/7	στάγδην			48,96		
26/7	στάγδην			31,11		
20/8	στάγδην				33,18	
31/8	στάγδην				33,12	
7/9	στάγδην					10,11
Αθροιστικά		60	160	80,07	66,30	10,11

Πίνακας 3.3. Ημερολόγιο ποτισμάτων πειραματικού αγρού για τις μεταχειρίσεις Ε2 και Υ5.

Ημερ/νια Άρδευσης	Τρόπος Ποτίσματος	Στάδιο Φυτρώματος (mm)	Στάδιο Ανάπτυξης (mm)	Στάδιο Καρποφορίας (mm)	Στάδιο Παραγωγής (mm)	Τέλος Άρδεύσεων (mm)
15/5	καρούλι	20				
13/6	καρούλι	40				
24/6	καρούλι		50			
3/7	καρούλι		55			
10/7	καρούλι		55			
15/7	στάγδην			18,40		
17/7	στάγδην			14,54		
19/7	στάγδην			15,65		
21/7	στάγδην			10,50		
23/7	στάγδην			10,30		
25/7	στάγδην			10,30		
14/8	στάγδην				10,80	
16/8	στάγδην				11,52	
18/8	στάγδην				4,75	
20/8	στάγδην				6,11	
22/8	στάγδην				7,20	
24/8	στάγδην				8,64	
26/8	στάγδην				7,92	
28/8	στάγδην				8,64	
30/8	στάγδην				0,72	
1/9	στάγδην					3,86
3/9	στάγδην					2,25
5/9	στάγδην					3,50
7/9	στάγδην					0,50
Αθροιστικά		60	160	79,69	66,30	10,11

Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου οι πολλές βροχοπτώσεις είχαν σαν αποτέλεσμα να μεταβάλλουν το πρόγραμμα άρδευσης και έτσι να

έχουμε αποκλίσεις από το καθορισμένο εύρος άρδευσης των 2 και 10 ημερών για τις αντίστοιχες μεταχειρίσεις.

3.3 Τρόποι αρδεύσεως

Η κατάκλιση δεν συνιστάται στο βαμβάκι γιατί εκτός από την σπατάλη νερού δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας στο ριζικό σύστημα του φυτού. Συνήθως οι αρδεύσεις γίνονται με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή [1].

□ **Η άρδευση με αυλάκια** είναι πιο οικονομική και πρέπει να προτιμάται όπου υπάρχει συστηματοποιημένη ισοπέδωση και κατάλληλα αρδευτικά δίκτυα. Τα αυλάκια ανοίγονται με μηχανικούς αυλακωτήρες και συνήθως παίρνουν το νερό από την διάφυγα παροχής με σιφώνια. Το μήκος τους πρέπει να είναι ανάλογο με την συνεκτικότητα του εδάφους, μικρότερο στα ελαφρά και μεγαλύτερο στα βαριά ενώ η κλίση τους αντιστρόφως ανάλογη.

□ **Η άρδευση με τεχνητή βροχή** είναι πολύ διαδεδομένη για το βαμβάκι. Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε αγρούς που δεν έχουν ισοπεδωθεί ή έχουν κλίση. Επίσης είναι εύκολη η ρύθμιση ποσότητας του νερού και η αξιοποίηση της σχετικώς μικρής παροχής των γεωτρήσεων. Προτιμάται ιδιαίτερα στα ελαφρά ποτίσματα. Τα βασικά μειονεκτήματα της είναι το αυξημένο κόστος προμήθειας αλλά και λειτουργίας του συγκροτήματος, ότι η ομοιομορφία του ποτίσματος επηρεάζεται από την πνοή ανέμου, ότι οι απώλειες νερού από εξάτμιση είναι μεγαλύτερες και ότι με την διαβροχή των φυτών συμβάλλει στην εκδήλωση ορισμένων ασθενειών [5].

Παραλλαγή της τεχνητής βροχής είναι τα **αυτοκινούμενα συστήματα** τεχνητής βροχής (καρούλια) που έχουν περιορισμένο κόστος εφαρμογής της αρδεύσεως αλλά αυξημένο κόστος προμήθειας του συγκροτήματος.

□ **Η άρδευση με σταγόνες.** Η άρδευση με σταγόνες κερδίζει συνεχώς όλο και περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής άρδευσης, η οποία περιορίζεται ακόμη περισσότερο εφαρμοζόμενη μόνο σε καλλιέργειες οι οποίες δεν μπορούν να ποτιστούν με άλλο τρόπο [12].

Προφανώς, η αύξηση της παραγωγής στο βαμβάκι είναι αποτέλεσμα της επέκτασης της περιόδου κατά την οποία εφαρμόζεται στην καλλιέργεια περιορισμένη ποσότητα νερού. Η ποσότητα αυτή είναι εν τούτοις αρκετή για το γέμισμα όλων των καρυδιών μέχρι το τέλος της περιόδου. Η παραγωγή επηρεάζεται επίσης από τη δημιουργία βέλτιστων συνθηκών για την απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Στο Ισραήλ το ποσοστό της έκτασης που αρδεύεται με σταγόνες είναι περίπου 60-70%. Συγκρινόμενη με την άρδευση τεχνητής βροχής, η παραγωγή των καλλιεργειών που ποτίζονται με σταγόνες είναι γενικά ψηλότερες κατά 15-20%.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης συνοψίζονται σε υψηλότερες αποδόσεις, αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού και μεγαλύτερη διεισδυτικότητα. Για την εξασφάλιση αυτών των ουσιαστικών πλεονεκτημάτων, είναι σημαντικό το σύστημα στάγδην άρδευσης να είναι σχεδιασμένο σωστά και να λειτουργεί όπως πρέπει.

□ *Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπόγειας και επιφανειακής άρδευσης*

Πλεονεκτήματα

- **Πρωίμιση της παραγωγής.** Ένα από τα ευνοϊκότερα αποτελέσματα της έλλειψης stress στα φυτά με την άρδευση με σταγόνες είναι ότι αναπτύσσονται ομοιόμορφα και φθάνουν έτσι στην ωρίμανση νωρίτερα από εκείνα που ποτίζονται με άλλες μεθόδους. Έτσι επιτυγχάνεται και πρωίμιση και αύξηση των αποδόσεων.
- **Οικονομία νερού.** Το σύστημα παρουσιάζει τον μικρότερο βαθμό απωλειών τόσο κατά την μεταφορά του νερού όσο και κατά την εφαρμογή του. Η εξοικονόμηση νερού είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την άρδευση με καταιονισμό και 50% από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης [4].
- **Οικονομικά και ενεργειακά οφέλη.** Το κόστος εγκατάστασης ενός σταθερού συστήματος άρδευσης με σταγόνες συνήθως είναι υψηλότερο από τις άλλες μεθόδους. Αυτό είναι οπωσδήποτε ένα μειονέκτημα της μεθόδου το

οποίο όμως αντισταθμίζεται από το κόστος άντλησης και το κόστος της εργασίας που είναι χαμηλότερο.

- **Μερική διαβροχή του εδάφους.** Με την στάγδην άρδευση το νερό εφαρμόζεται τοπικά στην καλλιέργεια με αποτέλεσμα μόνο ένα τμήμα του εδάφους να διαβρέχεται. Το πλεονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι περιορίζεται σημαντικά η εξάτμιση από το έδαφος.
- **Διατήρηση ξηρού φύλλωματος.** Το ξηρό φύλλωμα καθυστερεί την ανάπτυξη πολλών παθογόνων μικροοργανισμών στα φυτά.
- **Εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.** Κατά την άρδευση με σταγόνες είναι δυνατόν να προστεθούν στο νερό άρδευσης λιπάσματα, διαδικασία η οποία έχει διάφορα προτερήματα έναντι των άλλων μεθόδων ως προς την οικονομία χρήματος και εργατικών χεριών.
- **Εφαρμογή σε δύσκολα εδάφη.** Ένα από τα πλεονεκτήματα της άρδευσης με σταγόνες είναι ότι μπορούν να αρδευθούν περιοχές στις οποίες οι άλλες μέθοδοι δεν μπορούν να εφαρμοσθούν.
- **Άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων.** Με την πολύ μικρή παροχή που απαιτείται για την άρδευση ποτίζονται συγχρόνως με μία δεδομένη παροχή αναλογικά μεγαλύτερες εκτάσεις απ' ότι στα άλλα συστήματα.

Μειονεκτήματα

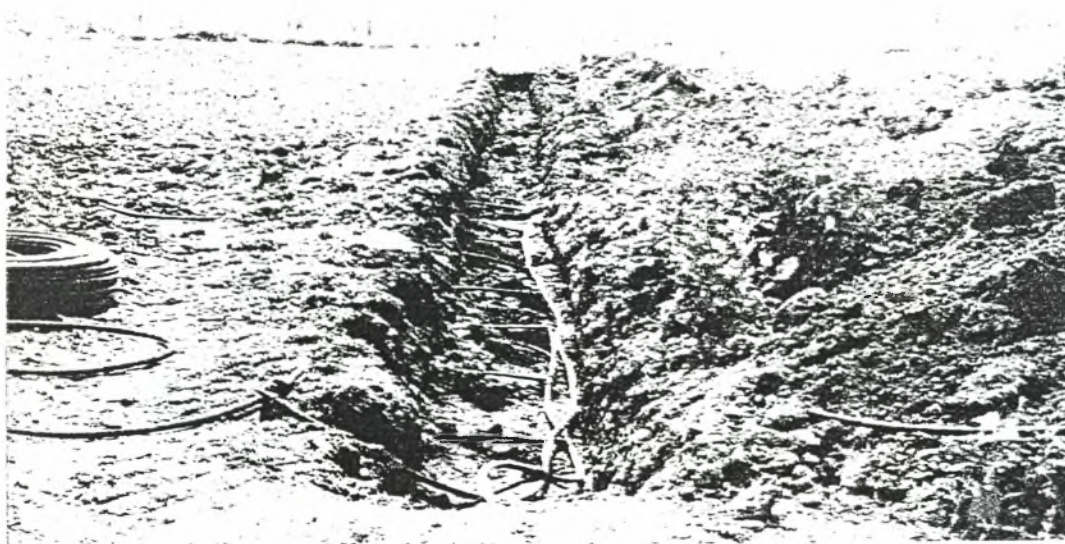
- **Κόστος εγκατάστασης.** Οποσδήποτε το κόστος της πρώτης εγκατάστασης είναι υψηλό, οι παρατηρούμενες όμως υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών σε συνδυασμό με του κόστους λόγω της βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και άλλων εξαρτημάτων, τείνουν να εμφανίσουν αμελητέο το εν λόγω μειονέκτημα.
- **Συσσώρευση αλάτων.** Τα άλατα συσσωρεύονται στην περιφέρεια της υγρής ζώνης.



Εικόνα 3.2. Σταλακτηφόροι σωλήνες σε φυτεία βαμβακιού

□ *Η Υποεπιφανειακή Στάγδην Άρδευση (ΥΣΑ)*, είναι μια παραλλαγή της επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες και γίνεται όλο και περισσότερο γνωστή ανά τον κόσμο. Επειδή είναι μια σύγχρονη μέθοδος για την Ελλάδα θα γίνει κάπως εκτενέστερη αναφορά σε αυτήν.

□



Εικόνα 3.3. Σύστημα υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης

Σύμφωνα με τον Phene και Ruskin [25] όπως έχει ευρέως αποδειχθεί, εξασφαλίζει τις μεγαλύτερες αποδόσεις και την καλύτερη αξιοποίηση νερού σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο στον κόσμο.

Με την εφαρμογή της υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης με υψηλής συχνότητας δόσεις, η κίνηση του νερού ελέγχεται περισσότερο από τις τριχοειδείς δυνάμεις από ότι τις δυνάμεις βαρύτητας στο έδαφος, επιτρέποντας στα φυτά να λαμβάνουν το νερό τους σε τακτά χρονικά διαστήματα και τα θρεπτικά συστατικά άμεσα σε μικρές δόσεις στο ριζικό σύστημα.

Σχετικές με την υπόγεια άρδευση με σωλήνες Perjores είναι οι πειραματικές εργασίες του Zetzche στο Τέξας, του Pohjakj στον Καναδά και στο Ισραήλ υπό τον τίτλο “Systeme Louz [2].

Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν πλαστικοί διάτρητοι σωλήνες στους οποίους το νερό παροχετεύεται υπό πίεση 0.5 έως 2.7 ατμόσφαιρες με ισαποχή σωλήνων 1 m. Οι τεχνικές αυτές παρουσίασαν μειονεκτήματα διότι ελάμβαναν χώρα, εμφράξεις σωλήνων από εδαφικά σωματίδια και από τις ρίζες των φυτών. Επίσης το υψηλό κόστος εγκατάστασης αυτών των συστημάτων περιόρισε την εφαρμογή τους κυρίως σε θεωρητικά πλαίσια και το θέμα παρέμεινε υπό λανθάνουσα κατάσταση έως το 1955 οπότε με την παραγωγή και ευρεία χρήση των αγωγών από πλαστικό υλικό υποβιβάστηκε το κόστος κατασκευής των δικτύων και άρχισαν οι πρώτες εφαρμογές άρδευσης με επιφανειακά συστήματα σταγόνας στις πλέον προσοδοφόρες καλλιέργειες. Πολλές εργασίες με αντικείμενο αυτό το θέμα έχουν δημοσιευθεί μέχρι σήμερα.

Ο Vyrlas το 1992 [35], παρουσιάζει την πιθανότητα εμφράξης των σταλακτήρων λόγω εισρόφησης.

Ο Solomon το 1993 [34], αναφέρει ότι τα προϊόντα διανομής του νερού με ΥΣΑ εμπίπτουν σε τρεις γενικές κατηγορίες : προϊόντα τύπου ταινίας, σκληρού σωλήνα και πορώδους σωλήνα.

Ο I Pai Wu το 1994 [22] αναφέρει σε πειράματα στην Χαβάη ότι η κατανάλωση ενέργειας της αντλίας για την παροχή νερού στην υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μειωμένη σε ποσοστά 30-90% σε σχέση με την ενέργεια που απαιτείται για άρδευση με τεχνητή βροχή της αντίστοιχης καλλιεργήσιμης έκτασης.

Σύμφωνα με τους Phene & Ruskin το 1995 [25], ο σχεδιασμός και η λειτουργία των υποεπιφανειακών στάγδην συστημάτων, εξελίχθησαν με τον χρόνο αλλά διαφέρουν ελάχιστα από τα επιφανειακά συστήματα, εκτός από τρία σημαντικά κριτήρια :

- Πρέπει να τοποθετηθούν βαλβίδες ανακούφισης σε αρκετά σημεία, κυρίως στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του συστήματος,
- Τα συστήματα υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης απαιτούν συχνή πλύση των πρωτεύοντων, και πλευρικών αγωγών, ειδικότερα κατά την διάρκεια των 6 πρώτων μηνών της λειτουργίας τους και
- Επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών που αρδεύονται με υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση είναι βαθύτερα, η λίπανση των καλλιεργειών καθίσταται ιδιαίτερος σημαντική από την στιγμή που το ριζικό σύστημα επεκτείνεται σε έδαφος με έλλειψη αρκετών θρεπτικών στοιχείων.

Ο Shani et al. το 1996 [32] από πειράματα που έκανε στο Ισραήλ απέδειξε ότι η παροχή του σταλάκτη στην υπόγεια άρδευση εξαρτάται από την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους και προτείνει την δημιουργία κοιλότητας στο έδαφος κατά την τοποθέτηση των σταλακτηφόρων σωλήνων.

Αυξημένη παραγωγή στη μηδική (Hutmacher et al, 1996) [18] και στη ντομάτα (Lobmeyer, 1993) [24] παρατηρήθηκε με την εφαρμογή ΥΣΑ.

Τέλος οι Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη κ.α. [10],[11],[30],[31], παρατηρούν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων και αύξηση του ζαχαρικού τίτλου αυτών συγκρίνοντας την υπόγεια μέθοδο άρδευσης με αυτήν της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Οι Ayars et al το 1999 [18] αναφέρουν ότι με την υπόγεια άρδευση το νερό άρδευσης και τα εγχυόμενα χημικά όπως τα λιπάσματα, παροχετεύονται κατευθείαν στο ριζόστρωμα των φυτών. Αυτό αποτελεί ειδικότερο πλεονέκτημα για θρεπτικά στοιχεία με χαμηλή κινητικότητα στο έδαφος. Μια ξηρή εδαφική επιφάνεια διατηρείται όπου συστήματα ΥΣΑ τοποθετούνται σε βάθη 15 εκ. ή βαθύτερα. Ένα ξηρό χωράφι επιτρέπει προσέγγιση από μηχανήματα όλο τον καιρό όπως επίσης και μειωμένη ανάπτυξη ζιζανίων. Από την στιγμή που το σύστημα είναι θαμμένο, η απόδοση του συστήματος είναι ανεπηρέαστη από τα χαρακτηριστικά διήθησης της επιφάνειας. Αυτό αυξάνει το δυναμικό για υψηλή ομοιομορφία της άρδευσης του ΥΣΑ συστήματος σε σχέση με τα συμβατικά επιφανειακά συστήματα.

Ο Ruskin το 2000 [26] αναφέρει ότι οι δυνάμεις που ελέγχουν την κίνηση του νερού στο έδαφος είναι κυρίως οι τριχοειδείς οι οποίες είναι ίσες προς όλες τις διευθύνσεις και η βαρύτητα που είναι σταθερή προς τα κάτω. Οι τριχοειδείς δυνάμεις μειώνονται όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, ενώ σε ξηρό έδαφος είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές της βαρύτητας. Η απλή και βασική αυτή έννοια οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ΥΣΑ πρέπει να γίνεται με μικρές διακοπόμενες δόσεις οπότε η κίνηση το νερού στο έδαφος να γίνεται κυρίως από τις τριχοειδείς δυνάμεις. Με αυτό τον τρόπο με εφαρμογή ίσης ποσότητας νερού έχουμε διαβροχή εδάφους με ΥΣΑ 46% μεγαλύτερη από αυτή της επιφανειακής.

Ο Smith το 2002 [33], υπεύθυνος συγκομιδής του βαμβακιού στο Τέξας Dennis Flowers αναφέρει χαρακτηριστικά ότι παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής κατά 180 kg str^{-1} σύσπορου βαμβακιού στις εκτάσεις που αρδεύτηκαν με τη μέθοδο της υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση ΥΣΑ είναι η νεότερη και η πιο αποδοτική και πιθανόν η πιο εξεζητημένη μέθοδος άρδευσης γεωργικών καλλιεργειών και χλοοταπήτων. Όπως έχει αποδεχθεί η ΥΣΑ επιτυγχάνει τις μεγαλύτερες παραγωγές και την υψηλότερη αποδοτικότητα της χρήσης του

νερού από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο άρδευσης που βρίσκεται σε χρήση ανά τον κόσμο [24], [18].

Τα δυναμικά αυτά αποτελέσματα της ΥΣΑ όταν συγκρίνεται με την επιφανειακή στάγδην άρδευση ΣΑ οφείλονται στον συνδυασμό μερικών παραγόντων που αφορούν τον βασισμένο σε επιστημονικά κριτήρια σχεδιασμό και διαχείριση του συστήματος.

Ο μεγαλύτερος όγκος του ριζικού συστήματος των φυτών που αρδεύονται με σύστημα ΥΣΑ αναπτύσσεται σε μεγαλύτερο βάθος, έτσι το ριζικό σύστημα συνήθως λειτουργεί σε περιβάλλον με σταθερή και χαμηλότερη θερμοκρασία απ' ότι στο σύστημα ΕΣΑ. Η επιφάνεια του εδάφους παραμένει ξηρή στην ΥΣΑ με αποτέλεσμα η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους ανάλογα με το σχεδιασμό και τη διαχείριση του συστήματος, να είναι μειωμένη σε σύγκριση με την ΕΣΑ, ή ακόμη και αμελητέα.

Πέρα από την μεγαλύτερη παραγωγή και την υψηλότερη αποδοτικότητα της χρήσης του νερού στο σύστημα ΥΣΑ, υπάρχουν μερικά πρακτικά επιπρόσθετα πλεονεκτήματα [25], [23]. Όπως η εξοικονόμηση εργατικών για την εγκατάσταση και την απεγκατάσταση του συστήματος, όταν το ΥΣΑ τοποθετηθεί μόνιμα σε βάθος μεγαλύτερο απ' το βάθος άρσης. Η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του συστήματος λόγω αποφυγής της διαδοχικής θέρμανσης και ψύξης και της μη έκθεσης των υλικών στην UV ακτινοβολία του ηλιακού φωτός. Η διέλευση των γεωργικών μηχανημάτων διευκολύνεται από την ξηρότητα της επιφάνειας του εδάφους και για τον ίδιο λόγο αποφεύγεται η ανάπτυξη ζιζανίων και ασθενειών ή εντόμων του εδάφους [34].

Παρά τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα που δημιουργούν αβεβαιότητα στην εφαρμογή της ΥΣΑ λόγω του ότι: το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι μεγάλο, υπάρχει πιθανότητα ζημιάς από τα τρωκτικά, το σύστημα είναι δύσκολο να συντηρηθεί και να επιδιορθωθεί, υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων μεταξύ των σταλακτηφόρων, η κίνηση του νερού προς τα πάνω μπορεί να είναι οριακή

σε χονδρόκοκκα εδάφη. Βέβαια καλλιέργειες οι οποίες ποτίζονται σήμερα με υπόγεια άρδευση σε μεγάλες εκτάσεις, όπως είναι στο Ισραήλ και στην Αμερική έχει διαπιστωθεί ότι έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις και μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού. Επίσης πρόσφατα αρδευτικές εταιρείες έχουν βρει πατέντες με τις οποίες αποφεύγεται η καταστροφή των υπόγειων σωλήνων από τα τρωκτικά [31].

3.4 Οικονομική μελέτη συστήματος επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης

Για την εγκατάσταση ενός συστήματος στάγδην άρδευσης, με βάση στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από μελέτη υλικών στάγδην άρδευσης του ΕΘΙΑΓΕ για συνολική έκταση 80 στρεμμάτων βαμβακιού, παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες τα απαιτούμενα υλικά εγκατάστασης με τις αντίστοιχες ποσότητες και την δαπάνη τους για τις δύο μεθόδους άρδευσης.

Πίνακας 3.4. Προϋπολογισμός δαπάνης επιφανειακής στάγδην άρδευσης

<i>A/A</i>	<i>Είδος απαιτούμενων υλικών</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>Ποσότητα</i>	<i>Τιμή μονάδος σε ευρώ</i>	<i>Δαπάνη σε ευρώ</i>
1	Κεφαλή	τεμάχια	1	750	750
2	Υδρολιπαντήρας	τεμάχια	1	150	150
3	Σωλήνας PE	μέτρα	43000	0,17	7310
4	Παροχές	τεμάχια	52	4	208
5	Σύνδεσμοι Φ20	τεμάχια	250	1	250
6	Διόφθαλμα	τεμάχια	244	1	244
7	Τοποθέτηση	Στρέμματα	800**	3	2400
				Σύνολο	11318
				ΦΠΑ 8%	905
				Τελ. Σύν.	12223

(**) Το κόστος εγκατάστασης και απεγκατάστασης του επιφανειακού συστήματος υπολογίστηκε για 10 έτη ή για 800 στρέμματα (80*10).

Πίνακας 3.5. Προϋπολογισμός δαπάνης υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης

<i>A/A</i>	<i>Είδος απαιτούμενων υλικών</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>Ποσότητα</i>	<i>Τιμή μονάδος σε ευρώ</i>	<i>Δαπάνη σε ευρώ</i>
1	Κεφαλή	τεμάχια	1	750	750
2	Υδρολιπαντήρας	τεμάχια	1	150	150
3	Σωλήνας PE	μέτρα	43000	0,17	7310
4	Παροχές	τεμάχια	52	4	208
5	Σύνδεσμοι Φ20	τεμάχια	250	1	250
6	Διόφθαλμα	τεμάχια	244	1	244
7	Διάνοιξη και επιχωμάτωση				
	αύλακα	μέτρα	300	2	600
8	Βαλβίδες εκτώνωσης	τεμάχια	10	10	100
9	Τοποθέτηση	στρέμματα	80	15	1200
				Σύνολο	10818
				ΦΠΑ 8%	865
				Τελ. Σύν.	11683

Για τους παραπάνω υπολογισμούς ορίστηκε η έκταση του αγρού ίση με 80 στρέμματα, η διάρκεια ζωής των σταλακτηφόρων ίση με δέκα έτη και υπολογίστηκε το κόστος των εργατικών για την εγκατάσταση και την απεγκατάσταση των δύο συστημάτων. Οι σταλακτηφόροι και για τις δύο περιπτώσεις τοποθετήθηκαν σε απόσταση 1,90 μέτρα και οι τιμές των προϊόντων αφορούν τιμοκατάλογο του 2003.

Από τα αποτελέσματα των πινάκων φαίνεται ότι το σύστημα της επιφανειακής άρδευσης εμφανίζει υψηλότερο κόστος από την υποεπιφανειακή αλλά στην περίπτωση που οι σταλακτηφόροι τοποθετηθούν και στις δύο περιπτώσεις στις ίδιες αποστάσεις. Στην πράξη οι

υποεπιφανειακοί σταλακτηφόροι τοποθετούνται σε απόσταση τη μισή από την επιφανειακή με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

4.1. Υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους

4.1.1 Φαινόμενο ειδικό βάρος

Ένα έδαφος που έχει ξηρανθεί σε κλίβανο αποτελείται από στερεά σωματίδια και πόρους γεμάτους με αέρα. Το ειδικό βάρος των στερεών σωματιδίων που αναφέρεται σαν πραγματικό ειδικό βάρος του εδάφους είναι σχετικά σταθερό για όλα τα ορυκτά εδάφη με διακύμανση από 2.6-2.7 gr/cm³. Το ειδικό βάρος του εδάφους μαζί με τους γεμάτους με αέρα πόρους που αναφέρεται σαν Φαινόμενο Ειδικό βάρος (Φ.Ε.Β), εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την δομή και την μηχανική σύσταση του εδάφους.

Το Φ.Ε.Β είναι φυσική ιδιότητα του εδάφους που έχει μεγάλη σημασία για τις αρδεύσεις, επειδή με αυτό είναι δυνατός ο υπολογισμός του όγκου του νερού σε ορισμένο όγκο εδάφους. Στην περιοχή μελέτης συλλέχθηκαν από μία (1) θέση εδαφοτομής δείγματα σε τρία βάθη:

α. 0-20 cm

β. 20-40 cm

γ. 40-60 cm

και μετρήθηκε το Φ.Ε.Β αυτών. (Πίνακας 4.1)

4.1.2 Ισοδύναμο Υγρασίας (Υδατοϊκανότητα) του εδάφους

Στην πρακτική των αρδεύσεων είναι ουσιώδες να γνωρίζουμε πόσο από το νερό στο έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση τους. Το έδαφος από την άποψη αυτή πρέπει να θεωρηθεί σαν μία δεξαμενή που χωράει μια ορισμένη ποσότητα χρήσιμης υγρασίας που το επάνω όριο της είναι το Ισοδύναμο Υγρασίας (Υδατοϊκανότητα).

Επομένως σαν Υδατοϊκανότητα μπορεί να ορισθεί η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Σαν πληρέστερος ορισμός, Υδατοϊκανότητα μπορεί να ορισθεί το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας,

στο οποίο η τιμή της τριχοειδούς αγωγιμότητας που αντιστοιχεί είναι τόσο μικρή, ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του νερού στο έδαφος, ανεξάρτητα από τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις [9].

Εργαστηριακά ο προσδιορισμός της υδατοϊκανότητας γίνεται με την συσκευή μέτρησης της υδατοϊκανότητας με εφαρμογή πιέσεως. Οι μετρήσεις έγιναν στο εργαστήριο του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και οι τιμές δίδονται στον Πίνακα 4.1.

Στην παρούσα μελέτη η υδατοϊκανότητα μετρήθηκε στα δείγματα στα οποία μετρήθηκε το Φ.Ε.Β., όπως φαίνεται στον πίνακα 4.1.

4.1.3 Σημείο Μόνιμης Μάρανσης

Ενώ η Υδατοϊκανότητα αποτελεί το επάνω όριο της ωφέλιμης για τα φυτά υγρασίας, το αντίστοιχο κάτω όριο αυτής είναι το **Σημείο Μόνιμης Μάρανσης**. Όταν η εδαφική υγρασία φθάσει στο σημείο αυτό, τα φυτά δεν μπορούν να πάρουν από το έδαφος όλο το νερό που χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών τους και για τον λόγο αυτό αρχίζουν να μαραίνονται. Το Σημείο Μάρανσης δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- α. Την μηχανική σύσταση και δομή του εδάφους.
- β. Την συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος.
- γ. Το είδος και την κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά.
- δ. Τις ειδικές συνθήκες της περιοχής.

Λόγω των παραπάνω παραγόντων η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο Σημείο Μάρανσης κυμαίνεται από 7 atm μέχρι 32 atm. Η διαφορά όμως αυτή σε τάση δεν σημαίνει ανάλογη διαφορά και σε περιεχόμενη υγρασία. Είναι παρατηρημένο ότι, στα χαμηλά αυτά επίπεδα, μεγάλες μεταβολές τις τάσεως συνεπάγονται μικρές μεταβολές τις υγρασίας. Σήμερα, σαν αντιπροστατευτική τάση του Σημείου Μάρανσης όλων των εδαφών, έγινε δεκτή η τάση των 15atm. Το Σ.Μ.Μ μετρήθηκε στο εργαστήριο του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και οι τιμές δίδονται στον Πίνακα 4.1

4.1.4 Η υδραυλική αγωγιμότητα

Η ικανότητα μεταφοράς νερού στα ακόρεστα και κορεσμένα εδάφη περιγράφεται με την παράμετρο που ονομάζεται τριχοειδής ή ακόρεστη (unsaturated hydraulic conductivity) και κορεσμένη (saturated hydraulic conductivity) υδραυλική αγωγιμότητα αντίστοιχα. Ο μακροσκοπικός ορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας απορρέει από το γενικευμένο νόμο του Darcy.A. [16]

$$K = -\frac{q}{\nabla(h-z)} \quad (4.1)$$

όπου K είναι η υδραυλική αγωγιμότητα που εξαρτάται από το είδος του ρευστού (πυκνότητα), από την θερμοκρασία (ιξώδες) και από την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία, q είναι η ειδική παροχή, h η εδαφική τάση και z η κατακόρυφη συντεταγμένη όπου ο κατακόρυφος θετικός άξονας z διευθύνεται προς τα κάτω.

Στα κορεσμένα με νερό εδάφη η υδραυλική αγωγιμότητα K (κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα) είναι σταθερή $K=K_s$ (LT^{-1}).

Για ακόρεστα με νερό εδάφη η υδραυλική αγωγιμότητα K (ακόρεστη υδραυλική αγωγιμότητα) δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από την εδαφική υγρασία θ , ή από το ύψος πίεσεως, h . Είναι δηλαδή $K=f(\theta)$ ή $K=f(h)$.

□ **Μέτρηση της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας.** Η μέτρηση της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι ιδιαίτερης σημασίας λόγω της χρήσεως τους στον σχεδιασμό και τον έλεγχο των αρδεύσεων, των στραγγίσεων, στην αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων στις δεξαμενές σήψης και σε άλλες αγροτικές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εγκαταστάσεις. Στα φυσικά εδάφη η κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα επηρεάζεται κυρίως από το εύρος μεγέθους των πόρων, αλλά και από άλλους επιπλέον παράγοντες, όπως είναι οι ρωγμές τόσο στην επιφάνεια όσο και μέσα στην μάζα τους, οι διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές κλπ. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα θα

πρέπει να προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε έδαφος, γιατί οι παράγοντες που την επηρεάζουν δεν μπορούν να συμπεριληφθούν σε μία γενική μαθηματική διατύπωση.

Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας όταν το έδαφος είναι κορεσμένο με νερό (K_s) γίνεται στο εργαστήριο σε δείγματα εδάφους ή απευθείας στο χωράφι και εκφράζεται με τις συνηθισμένες μονάδες μέτρησης της ταχύτητας όπως cm/sec, m/sec, m/ώρα ή και m/ 24 ώρο.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.1 δίδονται οι μετρηθείσες υδραυλικές παράμετροι του υπό μελέτη αγρού.

Πίνακας 4.1. Υδραυλικές παράμετροι του εδάφους

Βάθος cm	CaC O ₃ %	PH 1:1H ₂ O	ΦΕΒ gr/cm ³	Υδατοϊκανότητα %w	Σημείο Μόνιμης Μάρανσης %w	Ks cm/h
0-20	5,50	7,6	1,25	20,9	11,48	1,8
20-40	6,38	7,9	1,23	21,2	11,64	1,7
40-60	5,72	7,9	1,21	21,5	11,81	1,5

4.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού

Σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη του αγροκτήματος [6], το έδαφος του πειραματικού μας ταξινομήθηκε στην υποομάδα Typic Xerorthent των Entisols επειδή είναι έδαφος χωρίς πεδογενετικούς ορίζοντες και χωρίς εμφανείς στρώσεις διαφορετικών υλικών απόθεσης, διαφόρου λιθολογικής σύστασης και ηλικίας, δεν έχουν κάποιο χαρακτηριστικό που να διαφοροποιεί από τα τυπικά της κατηγορίας αυτής. Είναι εδάφη A-C εδαφοκατανομής και οι επικρατούσες συνθήκες υγρασίας είναι xeric και θερμοκρασίας είναι thermic.

Τα εδάφη των Xerorthent έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Είναι πρόσφατα εδάφη, βρίσκονται πάνω σε παλιές επιφάνειες, είναι αυτόχθονα και υφίστανται διαρκή διάβρωση εξ αιτίας της κλίσεως τους. Με την διάβρωση χάνουν τα ανώτερα και γονιμότερα τμήματα τους, ιδιαίτερα όταν καλύπτονται από βλάστηση ή όταν καλλιεργούνται κάθετα προς τις ισοϋψείς καμπύλες. Υπάρχουν περιπτώσεις που έχουν χαθεί όλοι οι επιφανειακοί ορίζοντες και έρχεται στην επιφάνεια το μητρικό υλικό, που πολλές φορές είναι πέτρωμα μη αποσαθρωμένο και οπωσδήποτε τελείως ακατάλληλο για κάθε γεωργική χρήση.

Έχουν συνήθως μεγάλα ποσοστά ανθρακικών και άλλων αλάτων και όταν βρίσκονται υπό λιβαδική ή δασική βλάστηση μπορεί να έχουν μεγάλα ποσοστά χούμου και οργανικών υλικών, διαφόρου βαθμού αποσύνθεσης, που λειτουργεί όπως και η ποώδης βλάστηση προστατεύοντας τα εδάφη από διάβρωση.

Η κοκκομετρική τους σύσταση είναι μάλλον χονδρόκοκκη και ενίοτε μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη.

1. Προβλήματα υδρομορφίας (κακή αποστράγγιση) δεν έχουν αλλά αντίθετα παρουσιάζουν φαινόμενα απορροής και διάβρωσης σε περιόδους εντόνων βροχοπτώσεων.

Σύμφωνα με τη Soil Taxonomy πρέπει να έχουν και ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Έχουν λίθινη ή παραλίθινη επαφή σε βάθος 25 εκ. από την επιφάνεια ή κοκκομετρική σύσταση λεπτότερη από πηλώδη σε βάθος 25 εκ.
- Δεν έχουν διαγνωστικούς ορίζοντες.
- Έχουν κλίση μεγαλύτερη από 25% ή οργανικό άνθρακα που μειώνεται κανονικά με το βάθος και φθάνει στο 0.2 % ή λιγότερο σε βάθος 1.25 μ.
- Δεν είναι κορεσμένα με νερό.

Γενικά στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται μια ποικιλομορφία εδαφών, αφού εδώ τοποθετούνται όλα τα εδάφη, που δε μπορούν να συμπεριληφθούν σε άλλη υπόταξη των Entisol.

Σε όλο το βάθος της τομής υπερισχύουν τα κλάσματα της άμμου και η κοκκομετρική σύσταση βρίσκεται μεταξύ μέσης έως μετρίως χονδρόκοκκης ή μετρίως λεπτόκοκκης με υφή πηλώδη έως αμμοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη.

Είναι εδάφη πλούσια σε ανθρακικά άλατα και σε όλο το βάθος τους, σε επίπεδα κατώτερα των απαγορευτικών για τις καλλιέργειες.

Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή έως άριστη (αποστράγγιση υπερβολική έως άριστη). Η κλίση τους απαιτεί μικρή προστασία από τη διάβρωση χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Η οργανική ουσία βρίσκεται σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα και μειώνεται ακανόνιστα με το βάθος.

Ο βαθμός οξύτητας είναι μετρίως αλκαλικός pH μεταξύ 7.7-8.1.

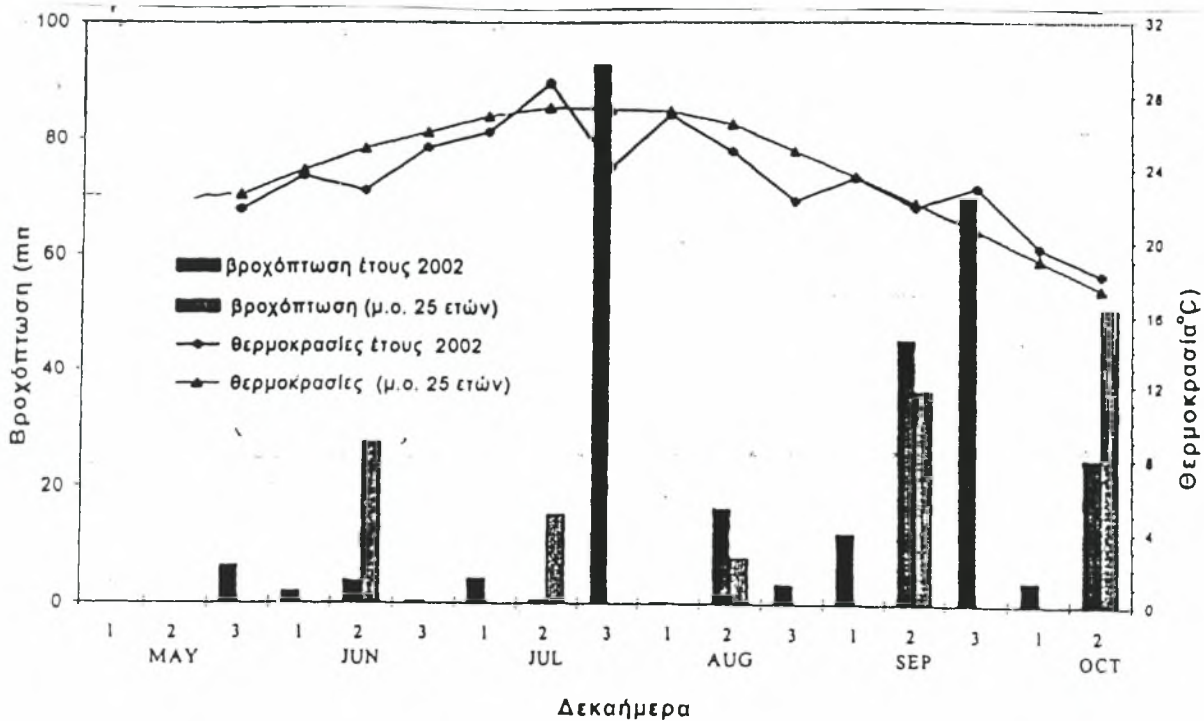
Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) είναι μέτρια έως υψηλή και τα επιμέρους κατιόντα Mg, K, και Na βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων όπως προσδιορίστηκε με την μέθοδο του DTPA έχει ως εξής: Τα διαθέσιμα Fe, Zn και Mn βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση τον διαθέσιμο Cu που βρίσκεται υψηλά επίπεδα. Το πετρώδες και η όχι αναπτυγμένη δομή, δημιουργούν ένα καλό πορώδες στο έδαφος αποτελούμενο από μία ποικιλία (σε μεγέθη και σχήματα) πόρους, που εξασφαλίζουν ικανοποιητικό αερισμό και συγκράτηση νερού στο ριζόστρωμα των φυτών .

4.3 Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση) καταγράφηκαν σε ωριαία βάση σε πλήρως αυτοματοποιημένο μετεωρολογικό σταθμό που υπήρχε σε απόσταση 50 μέτρων από τον πειραματικό αγρό.

Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζονται τα κλιματολογικά δεδομένα θερμοκρασίας, αέρα και βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης του βαμβακιού το 2002, και συγκρίνονται με του αντίστοιχους μέσους όρους 25 ετών για την υπό μελέτη περιοχή.



Σχήμα 4.1. Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα (°C, μ.ο. δεκαημέρου) και βροχόπτωση (mm ανά δεκαήμερο) στο Βελεστίνο κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2002

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1, το θέρος του 2002 ήταν αρκετά υγρό με διπλάσια περίπου βροχόπτωση (περίπου 250mm από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο) από ένα μέσο θέρος. Ιδιαίτερα βροχεροί ήταν οι μήνες Ιούλιος και Σεπτέμβριος με βροχόπτωση 98 και 127 mm, αντίστοιχα. Επίσης, η καλλιεργητική περίοδος του 2002 χαρακτηρίστηκε από ηπιότερες θερμοκρασίες από ένα μέσο έτος. Επομένως το θέρος του 2002 ήταν λιγότερο ξηροθερμικό από ένα μέσο έτος με καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Γενικά το 2002 ήταν μια καλή χρονιά για τους παραγωγούς βαμβακιού. Οι βροχοπτώσεις επέδρασαν θετικά στην παραγωγή σύσπορου βάμβακος η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 380 και 430 κιλά το στρέμμα κατά μέσο όρο για την περιοχή Βελεστίνου όπου βρίσκεται και ο πειραματικός αγρός. Η παραγωγή παρουσιάζεται αυξημένη σε σχέση με προηγούμενα έτη (το 2001 μ.ο 350 κιλά στο στρέμμα, το 2000 μ.ο 360 κιλά στο στρέμμα) γιατί οι

βροχοπτώσεις έπεσαν κατά την κρίσιμη περίοδο καρποφορίας του βαμβακιού δηλαδή στον μέσα Ιούλιο.

Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι κατά την περίοδο συγκομιδής (Οκτώβριο) επικράτησαν συνθήκες χωρίς βροχές με αποτέλεσμα να μην έχουμε απώλειες βάρους και η παραγωγή σύσπορου βαμβακιού να είναι υψηλή. Οι παραγωγές των μεταχειρίσεων του πειράματος κυμάνθηκαν από 392.5 έως 395 κιλά το στρέμμα οι επιφανειακές και 420 κιλά στο στρέμμα η υπόγεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού

5.1.1 Θέση

Μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικού εύρους άρδευσης με επιφανειακές σταγόνες στην αύξηση και απόδοση του βαμβακιού. Επίσης συγκρίθηκε η επιφανειακή με την υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση εφαρμόζοντας την ίδια ποσότητα νερού και το ίδιο εύρος άρδευσης. Το πείραμα έγινε στον πειραματικό αγρό του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, με γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 23'$ και γεωγραφικό μήκος $22^{\circ} 45'$, την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2002.

5.1.2 Κατεργασία αγρού

Οι κατεργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό για την εγκατάσταση της καλλιέργειας και του συστήματος υποεπιφανειακής άρδευσης ήταν οι εξής :

Στις 7 Απριλίου πραγματοποιήθηκε ισοπέδωση, με ειδικό μηχάνημα ρυμουλκούμενο σε ελκυστήρα. Ακολούθησε εδαφοσχίστης βάθους 80cm ανά 50cm πλάτους. Η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης έγινε με ειδικό μηχάνημα εγκατάστασης στις 8 Μαΐου 2002. (εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.1. Τοποθέτηση υποεπιφανειακού σταλακτηφόρου σωλήνα

Στη συνέχεια έγινε άροση με αναστρεφόμενο άροτρο σε βάθος 30 cm και μετά ακολούθησε βαρύς καλλιεργητής σε βάθος 20cm. Έγινε ενσωμάτωση 7 μονάδων Αζώτου - Φωσφόρου - Καλίου ανά στρέμμα και φρεζάρισμα. Ακολούθησε προσπαρτική ζιζανιοκτονία με δόση 350cc ανά στρέμμα (flyomethuron) και ενσωμάτωση σε βάθος 3-5 cm.

5.1.3 Σπορά

Η σπορά έγινε στις 10 Απριλίου 2002 με πνευματική μηχανή (εικόνα 5.2), σκόπιμα καθυστερημένα, εξαιτίας της ιδιομορφίας του εδάφους. Το συγκεκριμένο έδαφος σχηματίζει κρούστα και περιμέναμε αύξηση της θερμοκρασίας για να πετύχουμε καλύτερο φύτρωμα. Για τον ίδιο λόγο επιλέξαμε αυξημένο αριθμό σπόρων περίπου (29 σπόρους στο μέτρο) ή 2,9 κιλά στο στρέμμα για να έχουμε καλύτερη φυτρωτική ικανότητα. Η απόσταση μεταξύ των φυτών επί της γραμμής ήταν 3.4 cm.



Εικόνα 5.2. Πνευματική μηχανή σποράς βαμβακιού

5.1.4 Ποικιλία

Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η OPAL της Delta –Pine, μια ποικιλία μη καθορισμένης ανάπτυξης , μέσου έως μεγάλου βιολογικού κύκλου (εικόνα 5.3). Η ποιότητα της ίνας της βρίσκεται στην κορυφή μεταξύ των ποικιλιών του τύπου Upland με άριστα, μήκος, αντοχή και μικροναίρ ίνας. Είναι κατάλληλη για περιοχές όπου καλλιεργούνται ποικιλίες μέσου και μεγάλου βιολογικού κύκλου όπως η Θεσσαλία. Αναπτύσσει υψηλή ανθεκτικότητα στην ξηρασία, λόγω της πολύ γρήγορης πρώτης ανάπτυξης και καρποφορίας. Είναι ανθεκτική σε πολλές μυκητολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες, ιδιαίτερα στην ανδρομύκωση.



Εικόνα 5.3. Ποικιλία βαμβακιού OPAL

5.1.5 Πειραματικά τεμάγια

Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε αγρό του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εγκαταστάθηκαν διάφορες διατάξεις συστήματος άρδευσης με σταγόνες, επιφανειακή και υποεπιφανειακή και αξιολογήθηκαν οι συνέπειες στην αύξηση και στην παραγωγική συμπεριφορά του βαμβακιού. Συγκεκριμένα μετρήθηκε το ύψος, ο δείκτης

φυλλικής επιφάνειας σε κάθε πειραματικό σε διάφορα στάδια καθώς και η τελική παραγωγή του σύσπορου βαμβακιού. Κάθε επέμβαση εφαρμόζε συγκεκριμένη ποσότητα νερού 100% της δόσης άρδευσης (ή εξατμισοδιαπνοής) και η άρδευση γινόταν κάθε δύο ημέρες εκτός από τον μάρτυρα όπου ποτίζαμε κάθε 10 ημέρες.

Το πειραματικό ήταν τυχαιοποιημένο σχέδιο συγκροτημάτων RCB με 3 Μεταχειρίσεις σε τέσσερις επαναλήψεις. Η τυχαιοποίηση έγινε με τη μέθοδο των στατιστικών πινάκων. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε πλάτος 4 m (κάθετα στις γραμμές σποράς, οι οποίες ήταν ανά 90cm) και μήκος 15m (παράλληλα στις γραμμές σποράς).

Στο σχήμα 5.1 απεικονίζεται η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων. Η Μεταχείριση 1 (E1) ήταν επιφανειακή άρδευση είχε εύρος άρδευσης 10 ημέρες και δόση 100% της δόσης άρδευσης που προέκυπτε από την εξατμισοδιαπνοή. Η Μεταχείριση 2 (E2) ήταν επιφανειακή άρδευση με δόση 100% της δόσης άρδευσης και εύρος 2 ημέρες και η Μεταχείριση 5 (Y5) ήταν υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση άρδευσης 100% και εύρος 2 ημέρες. Στην παρούσα διατριβή έγινε σύγκριση της Μεταχείρισης 2 (E2) με τη Μεταχείριση 5 (Y5) δηλαδή μιας επιφανειακής και μιας υποεπιφανειακής με την ίδια παροχή σταλακτήρων 2,3 l/h, ίδια απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων 80 cm και εφαρμογή του 100% της δόσης άρδευσης που προέκυπτε από την εξατμισοδιαπνοή. Το εύρος άρδευσης και για τις δύο μεταχειρίσεις ήταν δύο μέρες. Επίσης συγκρίθηκε η Μεταχείριση 1(E1) με τη Μεταχείριση 2 (E2) οι οποίες είχαν τα ίδια χαρακτηριστικά αλλά διαφορετικό εύρος άρδευσης, δέκα και δυο μέρες αντίστοιχα. Η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού κάθε άρδευσης καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισομέτρου τύπου A (Evaporation pan type), με βάση την αθροιστική εξατμισοδιαπνοή από την προηγούμενη άρδευση. Κάθε Μεταχείριση είχε τέσσερις επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη υπήρχαν τέσσερις σειρές βαμβακιού και οι μετρήσεις γινόταν μόνο από τις δύο μεσαίες. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, του ύψους των φυτών, των καρποφόρων οργάνων και τέλος της απόδοσης της

καλλιέργειας. Επίσης γινόταν καθημερινά μέτρηση του νερού που εξατμιζόταν από το εξατμισόμετρο.

Συνοπτικά τα παραπάνω δίδονται στον πίνακα 5.1.

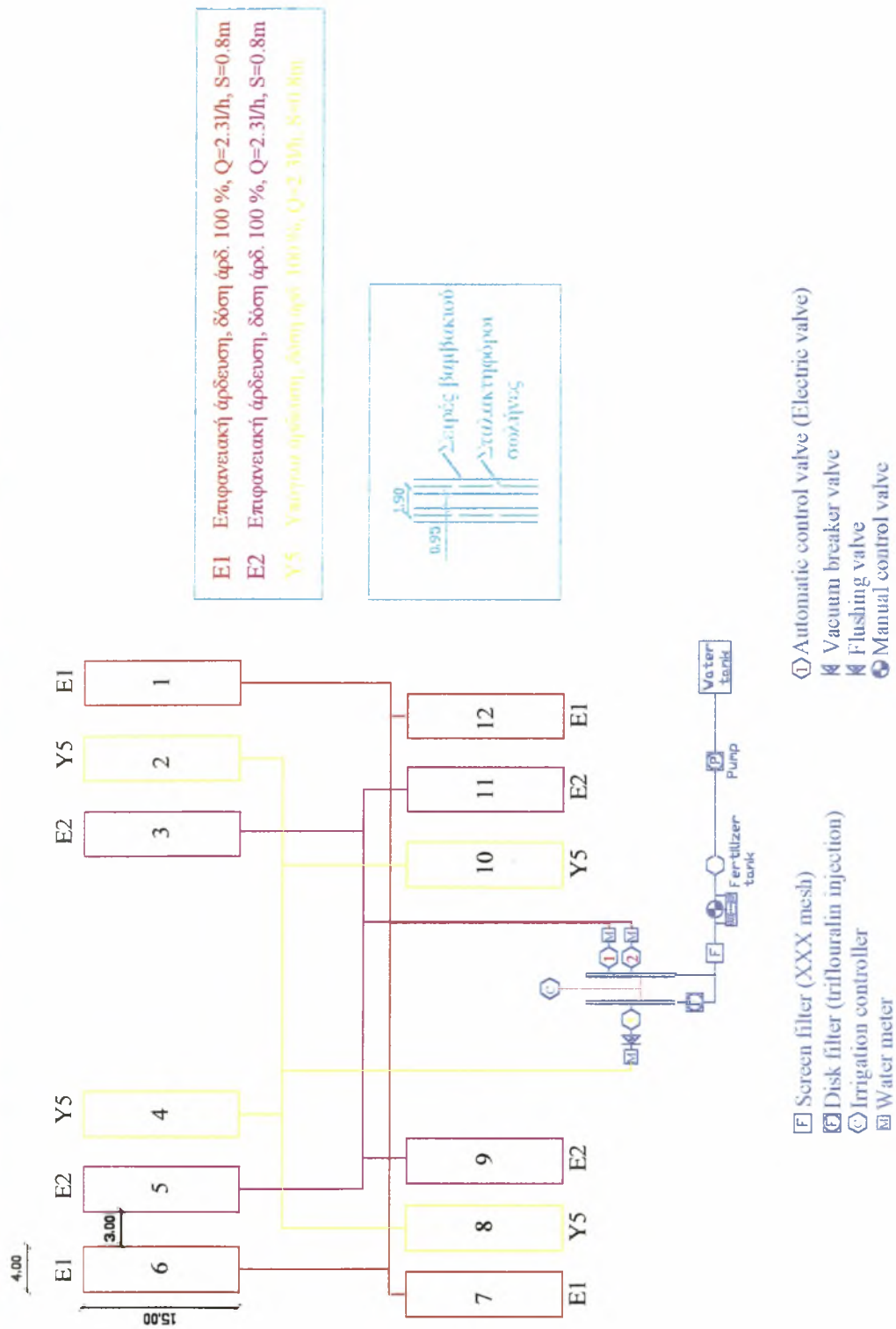
Πίνακας 5.1. Γενικά χαρακτηριστικά των Μεταχειρίσεων

<i>Μεταχειρίσεις</i>	<i>Παροχή σταλάκτη</i>	<i>Πίεση</i>	<i>Ισαποχή σταλακτήρων</i>	<i>Εύρος άρδευσης</i>	<i>Δόση άρδευσης</i>
E1	2,3l/h	1,5 atm	0,80m	10 ημέρες	100%ET
E2	2,3l/h	1,5 atm	0,80m	2 ημέρες	100%ET
Υ5	2,3l/h	1,5 atm	0,80m	2 ημέρες	100%ET

5.2 Υλικά άρδευσης

Εγκαταστάθηκε αρδευτικό δίκτυο που αποτελείτο από τον κύριο αγωγό μεταφοράς από PE Φ30, τους δευτερεύοντες αγωγούς από PE Φ30 και Φ20 στις 6 Atm. Και τους σταλακτηφόρους σωλήνες από PE Φ17 με ενσωματωμένους αυτορυθμιζόμενους και αυτοκαθαριζόμενους σταλάκτες ΝΕΤΑΦΙΜ. Ταυτόχρονα τοποθετήθηκαν υποεπιφανειακοί σταλακτηφόροι σωλήνες σε βάθος 45 cm περίπου, που είχαν ισαποχή 1,90 m, μήκος 15 m, και απόσταση σταλακτήρων 0,80 m. Ο αριθμός των σταλακτήρων ανά πειραματικό τεμάχιο ήταν 38 σταλακτήρες. Οι σταλακτήρες αυτοί διαθέτουν βαθύ λαβύρινθο μαιανδρικής διαδρομής, ώστε να εξασφαλίζουν την τυρβώδη ροή του νερού και την ελάχιστη ευαισθησία στις εμφράξεις. Η παροχή των σταλακτήρων ήταν 2,3l/h. Από μετρήσεις της παροχής των σταλακτήρων διαπιστώθηκε ότι οι διακυμάνσεις της, ήταν μέσα στα επιτρεπτά από τον κατασκευαστή όρια. Η άντληση του νερού ($2,5m^3$) γινόταν από βάθος 2,5m με αντλία 5HP. Στην κεφαλή του πειραματικού αγρού υπήρχε φίλτρο σήτας δυνατότητας $20m^3/h$ με μανόμετρα στην είσοδο και στην έξοδο.

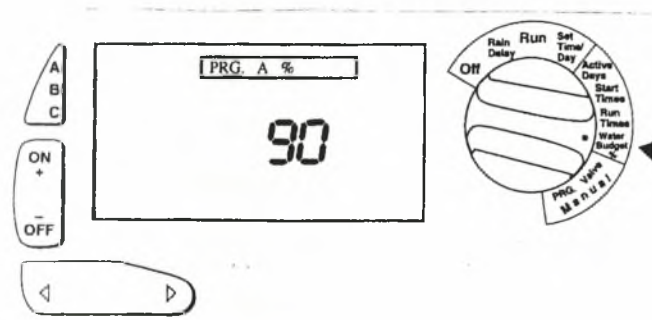
Σχήμα 5.1. Πειραματικό σχέδιο διατίξεως δικτύου αρδευόμεως με σταγόνες



Στη συνέχεια υπήρχαν ηλεκτροβάνες που ρύθμιζαν την ροή του νερού σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Οι ηλεκτροβάνες ρυθμίζονταν από έναν ηλεκτρονικό προγραμματιστή (MIRACLE), ο οποίος βρισκόταν στην κεφαλή του πειραματικού αγρού.

Ο προγραμματιστής έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

Έχει δυνατότητα να ενεργοποιήσει 6 ή 9 ή 12 ηλεκτροβαλβίδες ανάλογα με τον τύπο που έχετε επιλέξει, διαθέτει τρία ανεξάρτητα προγράμματα (μπορεί δηλαδή να μοιράσει τις ηλεκτροβαλβίδες σας μέχρι σε τρεις διαφορετικές ομάδες με ανεξάρτητες ημέρες και ώρες ποτίσματος), εκτελώντας μέχρι 4 επαναλήψεις του προγράμματος στο ίδιο 24ωρο. Έχει δυνατότητα αρδεύσεως για την κάθε ηλεκτροβαλβίδα από 1 λεπτό έως 9 ώρες και 59 λεπτά για την κάθε επανάληψη, και εβδομαδιαίου προγραμματισμού με αριθμητική καθυστέρηση μεταξύ των ποτισμάτων π.χ κάθε 2 ημέρες. Μπορεί να αυξήσει το χρόνο του ποτίσματος, σε βήματα του 10% χωρίς να χρειάζεται να τον αναπρογραμματίσετε καθώς και να διακόψει το πρόγραμμα για προεπιλεγμένο χρόνο μέχρι 99 ημέρες και να ξαναγυρίσει αυτόματα στο πρόγραμμα μετά από τις ημέρες που έχετε επιλέξει. Τέλος ενεργοποιεί την κάθε ηλεκτροβαλβίδα ή το πρόγραμμα χειροκίνητα [7].



Εικόνα 5.4. Προγραμματιστής MIRACLE

Σε κάθε αγωγό μεταφοράς τοποθετήθηκε ένας υδρομετρητής για την καταγραφή του καταναλισκόμενου όγκου νερού. Στο τέλος των αγωγών

μεταφοράς είχαν τοποθετηθεί ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης για την αποφυγή των εμφράξεων των υποεπιφανειακών σταλακτηφόρων σωλήνων.

5.3 Υπόλοιπα υλικά

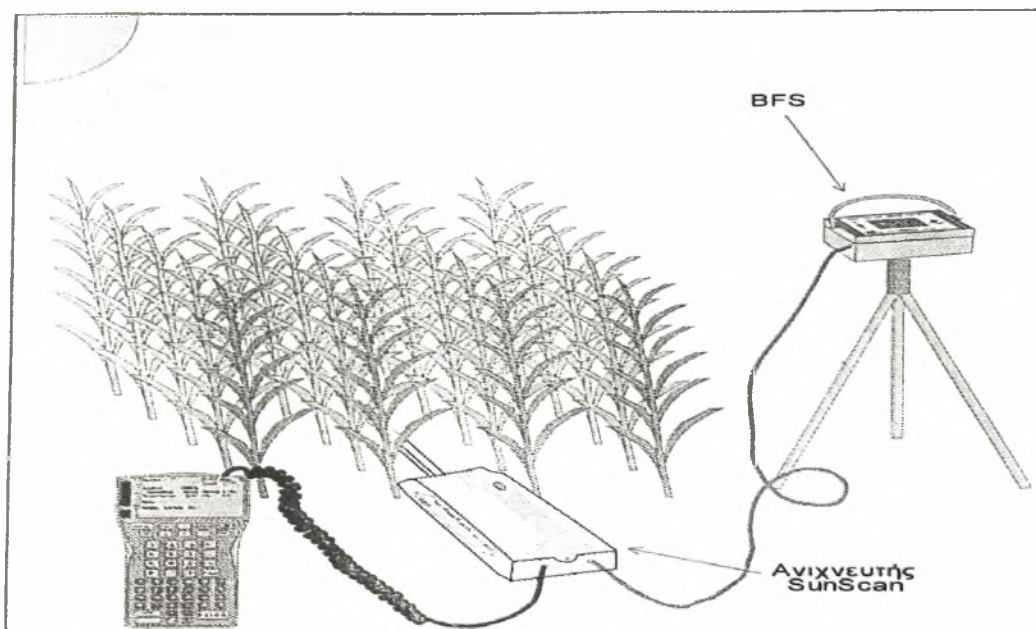
Η συνολική φυλλική επιφάνεια εκφράζεται ως δείκτης φυλλικής επιφάνειας Δ.Φ.Ε. Ο Δ.Φ.Ε (Leaf Area Index : L.A.I.) είναι η συνολική επιφάνεια μιας πλευράς φύλλων που αντιστοιχεί στη μονάδα επιφάνειας του εδάφους. Ο Δ.Φ.Ε αυξάνει βραδέως τις πρώτες 6-7 εβδομάδες μετά το φύτευμα, αλλά πολύ γρηγορότερα στη συνέχεια, κατά το πρώιμο στάδιο της καρποφορίας, οπότε επιτυγχάνεται η πλήρης φυτοκάλυψη του εδάφους. Η φυλλική επιφάνεια μπορεί να συνεχίσει να αυξάνεται και ένα μήνα μετά την εμφάνιση του πρώτου άνθους.

Κάθε 15ήμερο-20ήμερο γίνονταν μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των καλλιεργειών με το σύστημα μέτρησης των παραμέτρων θόλου (φυλλώματος) φυτών (SunScan Canopy Analysis System).

Για τον προσδιορισμό του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε η διάταξη Sun Scan Analysis System (Εικόνα 5.5). Η διάταξη περιλαμβάνει τον ανιχνευτή SunScan, τον αισθητήρα BFS (Beam Fraction Sensor) και το τερματικό συλλογής δεδομένων.

Ο ανιχνευτής είναι ένα φορητό όργανο μέτρησης της Φωτοσυνθετικώς Ενεργής Ακτινοβολίας (Photosynthetically Active Radiation, PAR) στο φύλλωμα των φυτών. Μέσω αυτού μπορεί να προσδιορισθεί ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI) των φυτών.

Ο ανιχνευτής αποτελείται από μια ράβδο μήκους ενός μέτρου που διαθέτει 64 φωτοδιόδους που ισαπέχουν μεταξύ τους κατά το μήκος της. Η χειρολαβή του ανιχνευτή περιέχει την πηγή ισχύος (συσσωρευτή) και το ηλεκτρονικό κύκλωμα για την μετατροπή των εξερχομένων από τις φωτοδιόδους σημάτων σε ψηφιακές αναγνώσεις οι οποίες αποστέλλονται στο Τερματικό συλλογής δεδομένων μέσω μια RS232 σύνδεσης.



Εικόνα 5.5. Η διάταξη μέτρησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI)

Ο Αισθητήρας BFS χρησιμοποιείται για την μέτρηση του φωτός που προσπίπτει στο φύλλωμα ταυτόχρονα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται κάτω από αυτό. Αυτό επιτρέπει τον διαχωρισμό των συνθετικών της PAR, διαδικασία που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του LAI.

Για την λήψη και αποθήκευση των μετρήσεων από τον ανιχνευτή, χρησιμοποιήθηκε ως τερματικό ένας μικροϋπολογιστής PSION. Ο μικροϋπολογιστής είναι μια ελαφριά, στιβαρή μονάδα πεδίου με πλήρες αλφαβητικό πληκτρολόγιο και αποσπώμενη κάρτα μνήμης για την αποθήκευση και μεταφορά δεδομένων.

5.4 Θεωρητική δόση και εύρος άρδευσης

5.4.1 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών

Στην παρούσα ενότητα περιγράφεται ο θεωρητικός τρόπος υπολογισμού της δόσης και του εύρους άρδευσης [12].

Θεωρητική δόση άρδευσης (I_d)

$$I_d(\text{mm}) = \frac{(FC - PWP) * h * c * P * ASW}{10} \quad (5.1)$$

όπου:

FC = Υδατοϊκανότητα = 21,2 % κ.ο.

PWP = Σημείο Μόνιμης Μάρανσης = 11,64% κ.ο.

h = βάθος ριζοστρώματος = 1m

c = όριο εξάντλησης υγρασίας = 0,55

P = Ποσοστό διαβροχής = 100%

ASW = Φαινόμενο ειδικό βάρος = $1,23 \text{ gm}^{-3}$

Επομένως $I_d = 64,67 \text{ mm}$.

Εν συνεχεία υπολογίζεται η **πρακτική δόση άρδευσης (I_{da})**:

$$I_{da}(\text{mm}) = I_d / 0,95 \quad (5.2)$$

Όπου 0,95 το ποσοστό ωφελιμότητας του νερού άρδευσης.

Επομένως $I_{da} = 68 \text{ mm}$.

Το **ωριαίο ύψος βροχής (I_{dh})** υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση.

$$I_{dh} = \frac{q * n}{Sr * St} \quad (5.3)$$

όπου:

q=παροχή σταλάκτη = $2,3 \text{ l h}^{-1}$

Sr = ισαποχή των γραμμών σποράς = 0,95m

St = ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς = 0,034 m

Και **n = αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό**

$$n = \frac{St}{2 * Se} \quad (5.4)$$

όπου:

$S_e = \text{ισαποχή σταλακτήρων} = 0,8 \text{ m}$

Ο αριθμός 2 αναφέρεται την τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής (σειρά παρά σειρά).

Επομένως $n = 0,02125 \text{ σταλάκτες ανά φυτό}$

και $I_{dh} = 1,51 \text{ mm h}^{-1}$

Τέλος, η **διάρκεια άρδευσης (I_t)** υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_t(h) = I_{da} / I_{dh} \quad (5.5)$$

άρα $I_t = 45\text{h } 19' 8''$

Για τον υπολογισμό του **εύρους άρδευσης** χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$I_r(d) = I_d / E_{td} \quad (5.6)$$

Όπου:

$E_{td} = \text{μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm)}$.

Εάν αυτή για παράδειγμα θεωρηθεί ίση με **7mm** τότε το εύρος άρδευσης υπολογίζεται σε περίπου **9 ημέρες**.

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα υγρασία διότι, αφ' ενός η ημερήσια εξάτμιση κατά την διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή, και αφετέρου διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του εξατμισιμέτρου, η οποία είναι πιο άμεση για την μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής και κατά συνέπεια και της δόσης άρδευσης. Με την παραπάνω όμως μέθοδο προσδιορίστηκε η θεωρητική δόση άρδευσης την οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει κανείς όταν ποτίζει με την μέθοδο του εξατμισιμέτρου.

5.5 Μέθοδος του εξατμισιμέτρου

5.5.1 Περιγραφή

Στην παρούσα διατριβή οι ανάγκες του βαμβακιού υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του εξατμισιμέτρου. Τα εξατμισίμετρα με ελεύθερη επιφάνεια νερού, γνωστά σαν εξατμισίμετρα τύπου λεκάνης, παρέχουν ένα μέτρο της συνδυασμένης επιδράσεως που ασκούν η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα πάνω στην εξάτμιση από μια συγκεκριμένη ελεύθερη επιφάνεια νερού. Οι καλλιέργειες αντιδρούν, σε γενικές γραμμές, στους παραπάνω κλιματικούς παράγοντες με ανάλογο τρόπο. Για τον λόγο αυτό, εξατμισίμετρα του τύπου αυτού χρησιμοποιήθηκαν από πολλούς εδώ και χρόνια για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής σε διάφορα μέρη του κόσμου [17].

Όμως η εξάτμιση από ένα εξατμισίμετρο τύπου λεκάνης και η εξατμισοδιαπνοή από ένα καλλιεργημένο χωράφι δεν ταυτίζονται απόλυτα. Πολλοί παράγοντες διαφοροποιούν την μια από την άλλη, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το ποσοστό που ανακλάται από μια ελεύθερη επιφάνεια νερού ανέρχεται σε 5-7% ενώ από τις περισσότερες καλλιέργειες το ποσοστό αυτό είναι 20-30%. Έτσι για τις ίδιες κατά τα άλλα συνθήκες, το νερό έχει περισσότερο διαθέσιμη ενέργεια για εξάτμιση από ότι οι καλλιέργειες.
- Η αποθήκευση θερμότητας μέσα στο εξατμισίμετρο μπορεί να είναι σημαντική, με αποτέλεσμα να έχουμε σχεδόν λίγη εξάτμιση κατά την ημέρα και την νύχτα. Αυτό βρίσκεται σε αντίθεση με όλες σχεδόν τις καλλιέργειες που διαπνέουν μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Μπορεί να υπάρξει μεταφορά θερμότητας από ή προς το εξατμισίμετρο μέσω των τοιχωμάτων του, με ανάλογη επίδραση στην εξάτμιση. Ο παράγοντας αυτός είναι κατ' εξοχή σημαντικός στα βυθισμένα εξατμισίμετρα.
- Το χρώμα των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της συσκευής διαφοροποιεί επίσης το ύψος της εξατμίσεως.

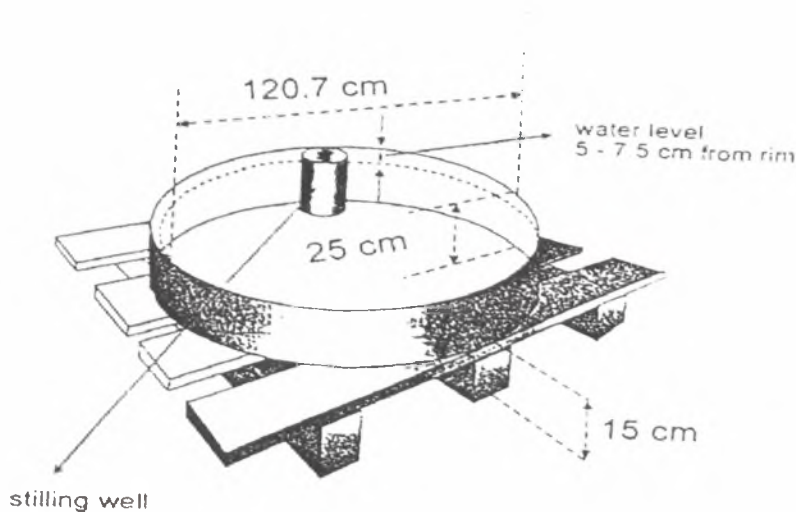
- Η θέση, ο τρόπος εγκατάστασής και το περιβάλλον του τόπου εγκατάστασής του οργάνου επηρεάζουν σημαντικά το τελικό μέγεθος της εξατμίσεως. Τα εξατμισόμετρα τύπου λεκάνης για να δώσουν αξιόπιστες εκτιμήσεις των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό πρέπει να σχεδιαστούν και να τοποθετηθούν έτσι που να ελαχιστοποιούν την επίδραση των παραγόντων αυτών.

Τύποι εξατμισόμετρων υπάρχουν πολλοί. Σήμερα περισσότερο χρησιμοποιείται το εξατμισόμετρο Α τάξεως της Αμερικανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και λιγότερο το βυθισμένο εξατμισόμετρο του Κολοράντο.

Το εξατμισόμετρο τύπου Κολοράντο είναι τετράγωνο με πλευρά 92cm και βάθος 46cm. Είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένη λαμαρίνα και τοποθετείται μέσα στο έδαφος έτσι που το χείλος του να είναι 5 cm πάνω από την επιφάνεια του περιβάλλοντος εδάφους. Η στάθμη του νερού μέσα στο εξατμισόμετρο διατηρείται περίπου στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος.

Το εξατμισόμετρο Α τάξεως που χρησιμοποιήσαμε στο πείραμα της παρούσης εργασίας είναι μία κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χοντρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 121 cm και βάθος 25.4 cm που τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15cm από την επιφάνεια του εδάφους όπως φαίνεται στην εικόνα 5.6.

Στην συνέχεια το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από την λεκάνη έτσι που τελικά να απέχει 15 cm από τον πυθμένα της. Η λεκάνη γεμίζεται από τον πυθμένα της.



Εικόνα 5.6. Εξατμισόμετρο τύπου Α.

Η λεκάνη γεμίζεται με νερό μέχρι 5cm κάτω από το πάνω χείλος της, η δε στάθμη του νερού κατά την λειτουργία του οργάνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 7.5 cm από το χείλος αυτό. Το νερό της λεκάνης πρέπει να ανανεώνεται συχνά για να μην θολώνει. Τα τοιχώματα της λεκάνης κάθε χρόνο πρέπει να χρωματίζονται με χρώμα αλουμινίου.

Η σχέση που δίνει τη βασική εξατμισοδιαπνοή στη μέθοδο αυτή είναι: $E_{Tr} = K_p \cdot E_{pan}$ όπου E_{pan} είναι η μέση εξατμηση του 24ωρου από το εξατμισόμετρο σε mm/ημέρα και K_p είναι ο συντελεστής του εξατμισόμετρου. Τιμές του K_p για εξατμισόμετρα Α τάξεως και για τα εξατμισόμετρα τύπου Κολοράντο δίνονται αντίστοιχα από πίνακες για διάφορες συνθήκες υγρασίας, ανέμου και περιβάλλοντος του οργάνου. (Πίνακας 5.2)

Κατά την επιλογή της τιμής του K_p ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην κάλυψη του εδάφους που είναι εγκατεστημένο το όργανο, την κατάσταση του εδάφους που περιβάλλει την θέση εγκαταστάσεως και τις γενικές συνθήκες ανέμου και υγρασίας. Αν το εξατμισόμετρο είναι τοποθετημένο σε θέση με φτωχή φυτοκάλυψη ή σε γυμνό έδαφος ή σε επιφάνεια καλυμμένη με τσιμέντο ή άσφαλτο (περίπτωση που πρέπει απόλυτα να αποφεύγεται) η θερμοκρασία του αέρα στη θέση του οργάνου

μπορεί να είναι 2-5⁰C ψηλότερη και η σχετική υγρασία 20-30% χαμηλότερη από την ευρύτερη περιοχή.

Αν η θέση του εξατμισίμετρου περιβάλλεται από καλλιέργειες που το ύψος τους ξεπερνά το ένα μέτρο, όπως στην περίπτωση αραβόσιτου που το ύψος του μπορεί να φθάσει τα 2.5 m, οι συντελεστές K_p των πινάκων πρέπει να αυξηθούν μέχρι και 30% για ξερές, με δυνατό αέρα συνθήκες ενώ η αύξηση αυτή περιορίζεται σε 5-10% όταν η υγρασία είναι υψηλή και η ταχύτητα του αέρα μικρή.

Η στάθμη στην οποία διατηρείται το νερό μέσα στα εξατμισίμετρα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Σφάλματα μέχρι 15% μπορεί να παρατηρηθούν αν η στάθμη του νερού πέσει 10cm κάτω από τα χείλη του οργάνου. Τοποθέτηση πλεγμάτων πάνω από το όργανο, για την αποφυγή χρησιμοποίησεως του νερού από τα πουλιά, περιορίζει την E_{pan} μέχρι 10%. Για να αποφεύγεται η χρήση του νερού του εξατμισιμέτρου από τα πουλιά, κοντά σε αυτό μπορεί να τοποθετηθεί μια λεκάνη γεμάτη με νερό μέχρι το χείλος της, οπότε τα πουλιά κατά κανόνα την προτιμούν. Η θολότητα του νερού μπορεί να επηρεάσει την E_{pan} μέχρι 5%.

Στην παρούσα πειραματική εργασία η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού σε κάθε άρδευση υπολογιζόταν από τις μετρήσεις του εξατμισιμέτρου με βάση την αθροιστική εξάτμιση από την προηγούμενη άρδευση. Οι μετρήσεις της εξάτμισης του νερού γινόταν καθημερινά.

Πίνακας 5.2. Τιμές του συντελεστή K_p εξατμισιμέτρου Α τάξεως για διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος του οργάνου, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου

Ταχύτητα ανεμού $Km / ημ.$	Περίπτωση Α: Εξατμισόμετρο τοποθετημένο σε φυτοκαλυμμένο έδαφος				Περίπτωση Β: Εξατμισόμετρο τοποθετημένο σε ξηρό έδαφος			
	Απόσταση από φυτο- καλυμμένο όριο, m	RH_{mean} , %			Απόσταση από φυτο- καλυμμένο όριο, m	RH_{mean} , %		
		Χαμηλή <40	Μέση 40-70	Υψηλή >70		Χαμηλή <40	Μέση 40-70	Υψηλή >70
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μικρή <175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Μέτρια 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Μεγάλη 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Πολύ μεγάλη >700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

5.5.2 Θεωρία εξατμισιμέτρου

Η σχέση που συνδέει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς με την εξάτμιση (μετρήσεις εξατμισιμέτρου) έχει τη μορφή

$$ET_r = k_p E_p \quad (5.7)$$

όπου ET_r και E_p είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και η εξάτμιση αντίστοιχα σε $mm d^{-1}$ και k_p ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου που υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής

υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στη συγκεκριμένη θέση η τιμή του k_p ήταν 0.80.

Η **πραγματική εξατμισοδιαπνοή**, ET_c υπολογιζόταν από την ET_r και τον φυτικό συντελεστή με τη σχέση

$$ET_c = k_c ET_r \quad (5.8)$$

όπου ET_c είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας σε mm και k_c ο φυτικός συντελεστής όπου για το βαμβάκι είναι για το μήνα Μάιο 0.32, τον Ιούνιο 0.55, τον Ιούλιο 0.85 και τον Αύγουστο 0.90.

Το **ωριαίο ύψος βροχής** Id_h προκύπτει από τον τύπο

$$Id_h = \frac{q * n}{S_r * S_t} \quad (5.9)$$

Όπου q η παροχή του σταλάκτη που είναι 2.3 lh^{-1} , n ο αριθμός των σταλακτάρων ανά φυτό, S_r η απόσταση μεταξύ δύο σειρών φυτών που είναι 0.95 m και S_t η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών φυτών πάνω στη σειρά που είναι 0.034m.

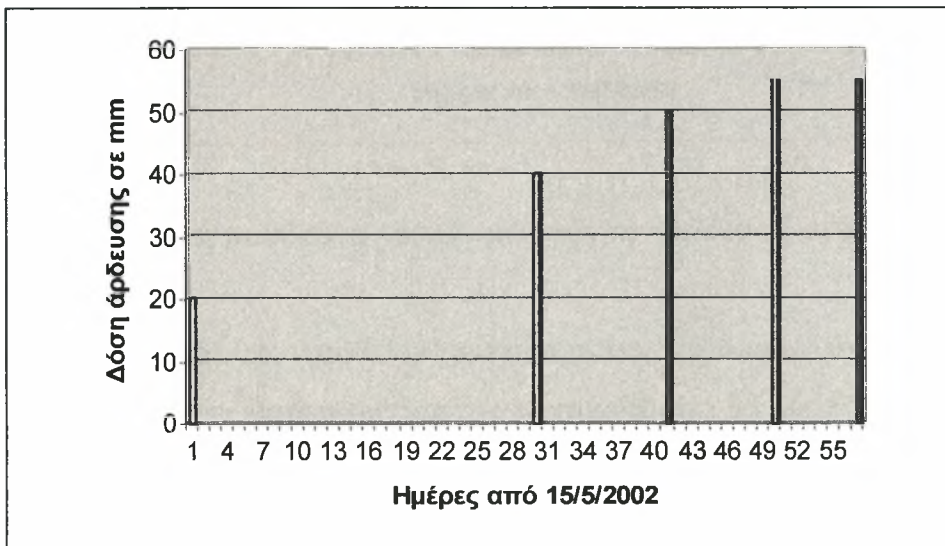
Ο **αριθμός των σταλακτάρων n / φυτό** προκύπτει από τη σχέση:

$$n = \frac{S_t}{2S_e} \quad (5.10)$$

όπου S_e η ισαποχή των σταλακτάρων δηλαδή 0.80m και S_t η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών φυτών πάνω στη σειρά 0.034m, οπότε το n είναι ίσο με 0.02125. Το ωριαίο ύψος βροχής προκύπτει ίσο με 1.52 mmh^{-1} . Η δόση άρδευσης ΔA είναι ίση με την ET_c που υπολογίζεται όπως περιγράφηκε πιο πάνω. Έτσι προκύπτει και η **διάρκεια άρδευσης** I_t .

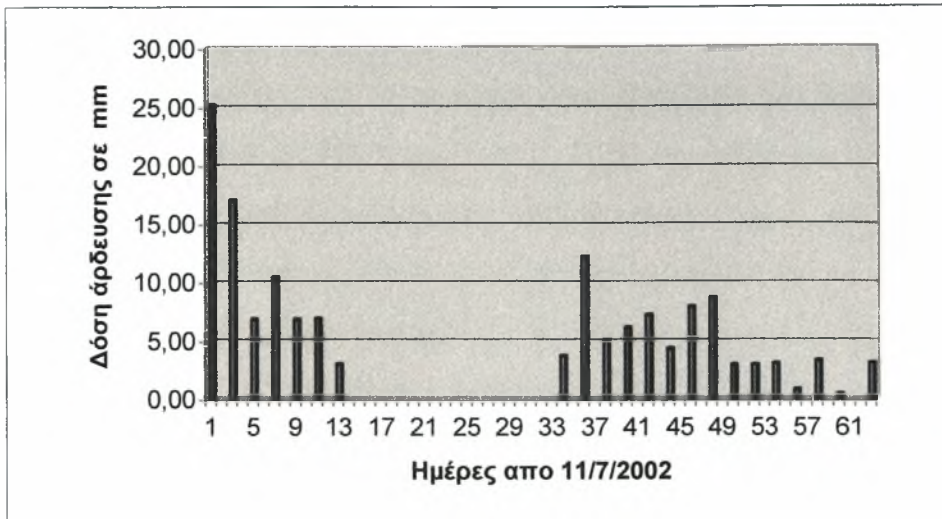
$$I_t = \frac{\Delta A}{Id_h} \quad (5.11)$$

όπου I_t η διάρκεια άρδευσης σε h και είναι ανάλογη της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας. Εφαρμόστηκαν συνολικά 376 mm νερού με τα συστήματα στάγδην άρδευσης και καταιονισμού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε κάθε μεταχείριση. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι δόσεις άρδευσης με καρούλι κατά την διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, για όλες τις μεταχειρίσεις. Συνολικά εφαρμόστηκαν 220mm νερού.



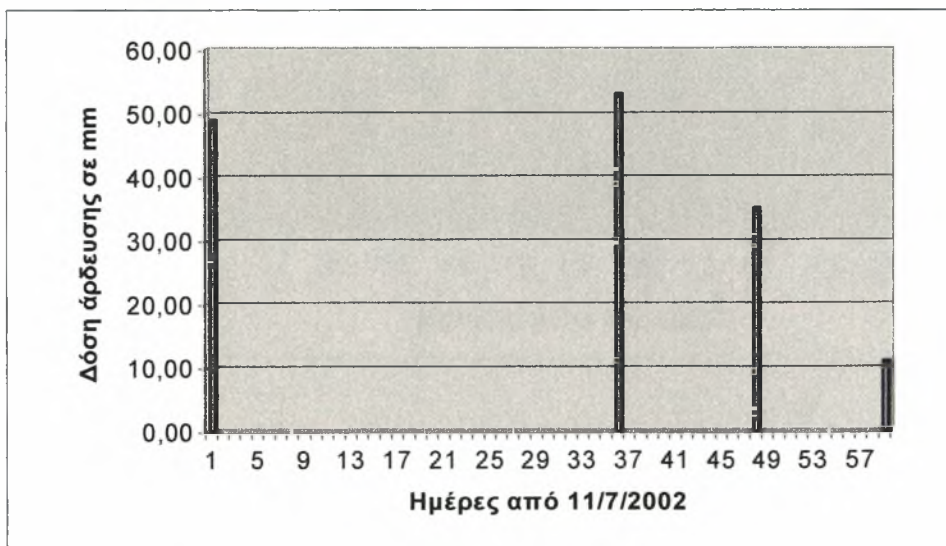
Σχήμα 5.2. Συνολική ποσότητα νερού με καρούλι για όλες τις μεταχειρίσεις

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζονται οι δόσεις άρδευσης με το σύστημα της στάγδην άρδευσης για τις μεταχειρίσεις E2 και Y5 με εύρος άρδευσης 2 ημέρες. Εφαρμόστηκαν συνολικά 156 mm νερού.



Σχήμα 5.3. Συνολική ποσότητα νερού με στάγδην άρδευση ανά 2 ημέρες

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δόσεις άρδευσης με το σύστημα της στάγδην άρδευσης για τις μεταχείρισης E1 με εύρος άρδευσης 10 ημέρες. Εφαρμόστηκαν συνολικά 156 mm νερού.

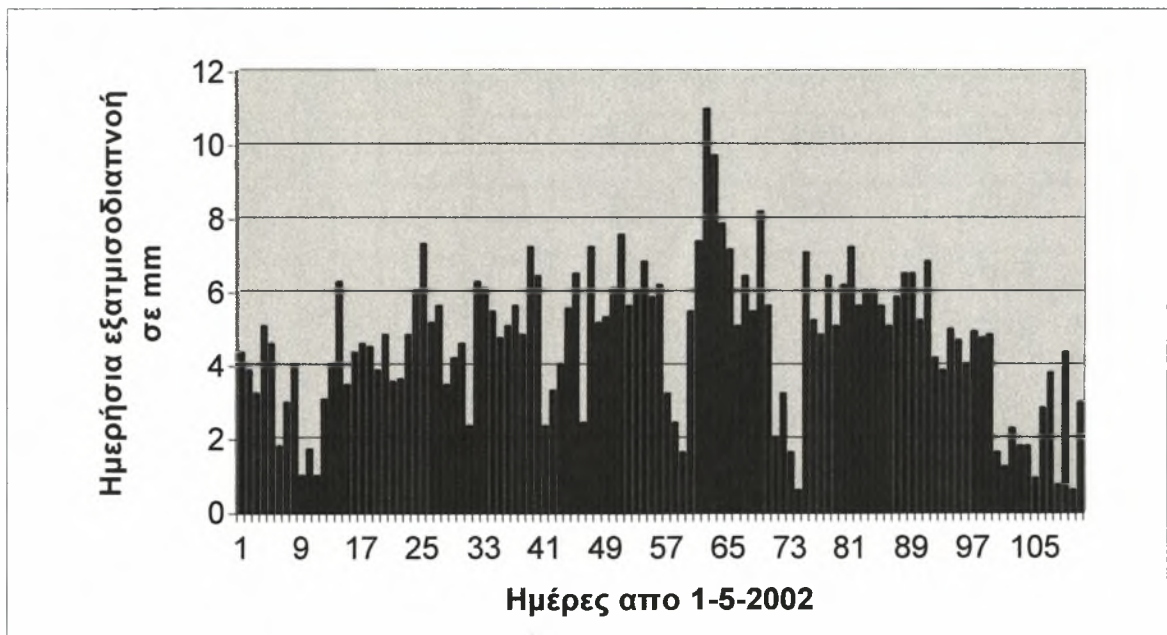


Σχήμα 5.4. Συνολική ποσότητα νερού με στάγδην άρδευση ανά 10 ημέρες

Στις αρχές Οκτώβρη λόγω του ότι η φυτεία ήταν όψιμη πραγματοποιήθηκε ψεκασμός της καλλιέργειας με (finish) ενός ωριμαντικού σκευάσματος για το άνοιγμα των καρυδιών του βαμβακιού.

Η συγκομιδή έγινε σε δύο δόσεις στις 30 Οκτωβρίου και 15 Νοεμβρίου 2002. Η απόδοση μετρήθηκε από τις δύο μεσαίες σειρές από δύο μέτρα καλλιέργειας από κάθε σειρά, όπου η εκλογή τους έγινε τυχαία. Το σύσπορο βαμβάκι ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας. Η Μεταχείριση E1 είχε μέσο όρο παραγωγής 392,25 κιλά /στρέμμα , η Μεταχείριση E2 μέσο όρο παραγωγής 395 κιλά /στρέμμα και η Μεταχείριση Y5 420 κιλά /στρέμμα.

Στο σχήμα 5.5 απεικονίζονται οι ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής του βαμβακιού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όπως διαμορφώθηκαν από τις καιρικές συνθήκες.



Σχήμα 5.5. Ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής του βαμβακιού στο Βελεστίνο κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2002

5.5.3 Πίνακες δόσης- χρόνου άρδευσης

Στους παρακάτω πίνακες απεικονίζονται: οι ημερήσιες μετρήσεις του εξατμισιμέτρου, η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή σε mm, η βροχόπτωση σε mm, η αθροιστική εξατμισοδιαπνοή σε mm, η δόση άρδευσης βάση του εξατμισιμέτρου, καθώς και η διάρκεια άρδευσης για εύρος δύο και δέκα ημέρες.

Πίνακας 5.3. Δόση και διάρκεια άρδευσης για τις μεταχειρίσεις E2 και Y5 με εύρος άρδευσης 2 ημέρες

Ημερομηνία μέτρησης	Μέτρηση σε mm	Εραπ mm/day	Βροχόπτωση σε mm	Αθροιστική Εραπ	Δόση άρδευσης σε mm	Διάρκεια άρδευσης (h)
11/7/2002	12,0	0,0	0			
12/7/2002	6,0	6,0	0			
13/7/2002	0-50	6,0	0			
14/7/2002	41,2	8,8	8			
15/7/2002	37,0	6,5	0	27,3	12,07	12,07
16/7/2002	25,0	9,7	0			
17/7/2002	13,1	11,9	0	21,6	14,54	9,36
18/7/2002	0-50	13,1	0			
19/7/2002	40,2	9,8	0	22,9	15,65	10,28
20/7/2002	31,3	8,9	0			
21/7/2002	25,0	6,3	0	15,2	10,5	6,78
22/7/2002	17,0	8,0	0			
23/7/2002	10,2	6,8	0	14,8	10,3	6,71
24/7/2002	0-50	10,2	0			
25/7/2002	43,0	7,0	2,36	14,8	10,3	6,71
26/7/2002	40,5	2,5	2,76			
27/7/2002	45,0	0,0	57			
28/7/2002	50,0	0,0	26			
29/7/2002	50,0	0,0	0			
30/7/2002	46,0	4,0	0			
31/7/2002	44,0	2,0	3,5			
1/8/2002	43,3	0,7	0			
2/8/2002	34,5	8,8	0			
3/8/2002	28,0	6,5	0			
4/8/2002	29,5	0,0	0			
5/8/2002	14,0	15,5	0			
6/8/2002	7,7	6,3	0			
7/8/2002	0-50	7,7	0			
8/8/2002	41,0	9,0	0			
9/8/2002	34,0	7,0	0			
10/8/2002	26,5	7,5	14,91			
11/8/2002	19,0	7,5	0			
12/8/2002	12,0	7,0	0			
13/8/2002	5,7-50	6,3	0			

Ημερομηνία μέτρησης	Μέτρηση σε mm	Εραπ mm/day	Βροχόπτωση σε mm	Αθροιστική Εραπ	Δόση άρδευσης σε mm	Διάρκεια άρδευσης (h)
14/8/2002	42,7	7,3	0	14,91	10,8	6,71
15/8/2002	34,6	8,1	0			
16/8/2002	26,5	8,1	0	16,20	11,52	7,18
17/8/2002	37,5	0,0	0			
18/8/2002	31,0	6,5	0	6,50	4,75	3,30
19/8/2002	38,0	0,0	0			
20/8/2002	29,5	8,5	0	8,50	6,11	3,42
21/8/2002	24,3	5,2	0			
22/8/2002	19,5-50	5	0	10,0	7,20	4,73
23/8/2002	43,8	6,0	0			
24/8/2002	38,0	6,0	0	12,0	8,64	5,68
25/8/2002	33,0	5,0	0			
26/8/2002	26,9	6,0	0	11,0	7,92	3,31
27/8/2002	21,0	6,0	0			
28/8/2002	15,0	6,0	0	12,0	8,64	5,68
29/8/2002	13,0	2,0	2,56			
30/8/2002	11,5	1,5	0	0,90	0,72	0,47
31/8/2002	8,7	2,8	0			
1/9/2002	6,5	2,2	0	5,50	3,86	2,64
2/9/2002	4,3	2,2	0			
3/9/2002	3,2-50	1,1	0	3,30	2,25	1,52
4/9/2002	46,5	3,5	0			
5/9/2002	41,8	4,7	3,60	4,70	3,50	2,35
6/9/2002	42,4	0,0	0			
7/9/2002	37,0	5,4	4,75	0,65	0,50	0,38
8/9/2002	37,0	0,0	0			
9/9/2002	36,3	0,7	0			
10/9/2002	32,6	3,7	0			
				ΣΥΝΟΛΟ	156	

Πίνακας 5.4. Δόση και διάρκεια άρδευσης για την μεταχείριση E1 με εύρος άρδευσης 10 ημέρες

Ημερομηνία μέτρησης	Μέτρηση σε mm	Διαφορά Έραπ	Βροχόπτωση σε mm	Αθροιστική Έραπ	Δόση άρδευσης σε mm	Διάρκεια άρδευσης (h)
11/7/2002	12,0	0,0	0			
12/7/2002	6,0	6,0	0			
13/7/2002	0,0	6,0	0			
13/7/2002	50,0	0,0	0			
14/7/2002	41,2	8,8	8			
15/7/2002	37,0	6,5	0			
16/7/2002	25,0	9,7	0			
17/7/2002	13,1	11,9	0			
18/7/2002	0,0	13,1	0			
18/7/2002	50,0	0,0	0			
19/7/2002	40,2	9,8	0	71,8	48,59	31,11
20/7/2002	31,3	8,9	0			
21/7/2002	25,0	6,3	0			
22/7/2002	17,0	8,0	0			
23/7/2002	10,2	6,8	0			
24/7/2002	0,0	10,2	0			
24/7/2002	50,0	0,0	0			
25/7/2002	43,0	7,0	2,36			
26/7/2002	40,5	2,5	2,76	44,80	31,1	20,2
27/7/2002	45,0	0,0	57			
28/7/2002	50,0	0,0	26			
29/7/2002	50,0	0,0	0			
30/7/2002	46,0	4,0	0			
31/7/2002	44,0	2,0	3,5			
1/8/2002	43,3	0,7	0			
2/8/2002	34,5	8,8	0			
3/8/2002	28,0	6,5	0			
4/8/2002	29,5	0,0	0			
5/8/2002	14,0	15,5	0			
6/8/2002	7,7	6,3	0			
7/8/2002	0,0	7,7	0			
7/8/2002	50,0	0,0	0			
8/8/2002	41,0	9,0	0			
9/8/2002	34,0	7,0	0			
10/8/2002	26,5	7,5	14,91			
11/8/2002	19,0	7,5	0			
12/8/2002	12,0	7,0	0			
13/8/2002	5,7	6,3	0			
13/8/2002	50,0	0,0	0			
14/8/2002	42,7	7,3	0			
15/8/2002	34,6	8,1	0			
16/8/2002	26,5	8,1	0			
17/8/2002	37,5	0,0	0			
18/8/2002	31,0	6,5	0			
19/8/2002	38,0	0,0	0			
20/8/2002	29,5	8,5	0	46,11	33,18	20,61

Ημερομηνία μέτρησης	Μέτρηση σε mm	Διαφορά Εραπ	Βροχόπτωση σε mm	Αθροιστική Εραπ	Δόση άρδευσης σε mm	Διάρκεια άρδευσης (h)
21/8/2002	24,3	5,2	0			
22/8/2002	19,5	4,8	0			
22/8/2002	50,0	0,0	0			
23/8/2002	43,8	6,2	0			
24/8/2002	38,0	5,8	0			
25/8/2002	33,0	5,0	0			
26/8/2002	26,9	6,1	0			
27/8/2002	21,0	5,9	0			
28/8/2002	15,0	6,0	0			
29/8/2002	13,0	2,0	2,56			
30/8/2002	11,5	1,5	0	45,9	33,12	19,87
31/8/2002	8,7	2,8	0			
1/9/2002	6,5	2,2	0			
2/9/2002	4,3	2,2	0			
3/9/2002	3,2	1,1	0			
3/9/2002	50,0	0,0	0			
4/9/2002	46,5	3,5	0			
5/9/2002	41,8	4,7	3,6			
6/9/2002	42,4	0,0	0			
7/9/2002	37,0	5,4	4,75	14,15	10,11	6,89
8/9/2002	37,0	0,0	0			
9/9/2002	36,3	0,7	0			
10/9/2002	32,6	3,7	0			
				ΣΥΝΟΛΟ	156	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Αξιολόγηση του μέσου ύψους

Η εξέλιξη του ύψους των φυτών του βαμβακιού σε σχέση με τον χρόνο για κάθε μεταχείριση απεικονίζεται στους ακόλουθους πίνακες 6.1, 6.2 και 6.3. Η μέτρηση του ύψους γινόταν από τυχαία φυτά των δύο μεσαιών σειρών μέχρι το τέλος της καλλιέργειας. Παρατηρείται υπεροχή της πέμπτης Μεταχείρισης (υπόγεια στάγδην άρδευση, εύρος άρδευσης 2 ημέρες) ως προς το τελικό ύψος. Η Μεταχείριση 5 (Υ-5) παρουσίασε τελικό μέσο όρο ύψους 86.25cm, η Μεταχείριση 1 (Ε-1) (επιφανειακή με εύρος άρδευσης 10 ημέρες) 85cm, και η Μεταχείριση 2 (Ε-2)(επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης 2 ημέρες) τελικό ύψος 80cm. Στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας η διαφορά στο ύψος των φυτών δεν ήταν αισθητή αλλά μετά την εφαρμογή του προγράμματος άρδευσης φάνηκε η διαφορά. Λόγω των παρατεταμένων βροχοπτώσεων τελικά η διαφορά αυτή έμεινε σε χαμηλά επίπεδα.

Πίνακας 6.1. Μέτρηση του ύψους του βαμβακιού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε cm, για την Μεταχείριση Ε1 (επιφανειακή άρδευση εύρος άρδευσης 10 ημέρες)

Πειραμ/κό τεμάχιο 1	Πειραμ/κό τεμάχιο (cm) 12	Πειραμ/κό τεμάχιο 14	Πειραμ/κό τεμάχιο 22	Μέσο ύψος	Ημερομηνίες μέτρησης	Ημέρες μετά την σπορά
5	5	5	5	5,00	29/5/2002	19
10	10	10	10	10,00	7/6/2002	26
15	15	15	15	15,00	14/6/2002	33
18	18	18	18	18,00	21/6/2002	40
20	19	21	20	20,00	28/6/2002	47
25	25	24	21	23,75	5/7/2002	54
35	32	30	26	30,75	12/7/2002	61
42	45	42	36	41,25	19/7/2002	68
50	51	47	48	49,00	26/7/2002	75
60	55	60	60	58,75	2/8/2002	82
68	55	68	62	63,25	9/8/2002	89
75	72	75	70	73,00	16/8/2002	96
80	76	80	75	77,75	23/8/2002	103
85	80	78	90	83,25	30/8/2002	110
85	85	80	90	85,00	7/9/2002	117

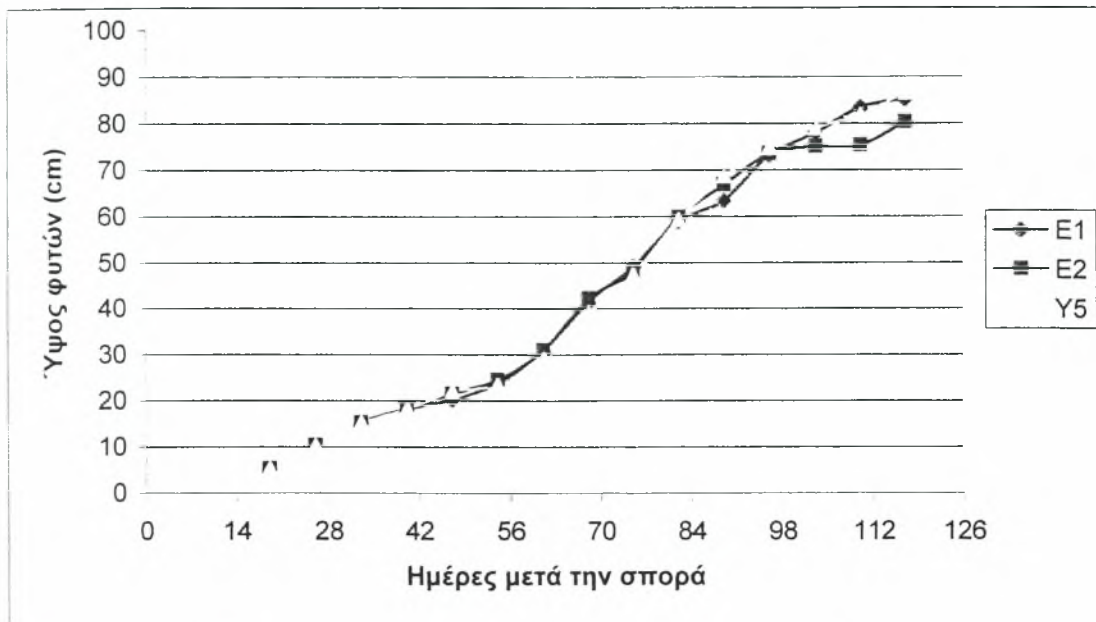
Πίνακας 6.2. Μέτρηση του ύψους του βαμβακιού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε cm, για την Μεταχείριση 2 (επιφανειακή άρδευση εύρος άρδευσης 2 ημέρες)

<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 5	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 9	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 16	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 21	<i>Μέσο ύψος</i>	<i>Ημερομηνίες μέτρησης</i>	<i>Ημέρες μετά την σπορά</i>
5	5	5	5	5,00	29/5/2002	19
10	10	10	10	10,00	7/6/2002	26
15	15	15	15	15,00	14/6/2002	33
18	18	18	18	18,00	21/6/2002	40
20	23	20	22	21,25	28/6/2002	47
25	25	24	23	24,25	5/7/2002	54
32	30	30	31	30,75	12/7/2002	61
44	41	41	42	42,00	19/7/2002	68
46	50	49	46	47,75	26/7/2002	75
58	58	61	61	59,50	2/8/2002	82
68	64	71	63	66,50	9/8/2002	89
74	74	75	70	73,25	16/8/2002	96
70	75	84	70	74,75	23/8/2002	103
90	60	75	75	75,00	30/8/2002	110
100	60	80	80	80,00	7/9/2002	117

Πίνακας 6.3. Μέτρηση του ύψους του βαμβακιού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε cm, για την Μεταχείριση 5 (υπόγεια άρδευση εύρος άρδευσης 2 ημέρες)

<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 5	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 7	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 15	<i>Πειραμ/κό τεμάχιο</i> 19	<i>Μέσο ύψος</i>	<i>Ημερομηνίες μέτρησης</i>	<i>Ημέρες μετά την σπορά</i>
5	5	5	5	5,00	29/5/2002	19
10	10	10	10	10,00	7/6/2002	26
15	15	15	15	15,00	14/6/2002	33
18	18	18	18	18,00	21/6/2002	40
20	25	20	22	21,75	28/6/2002	47
21	23	26	23	23,25	5/7/2002	54
28	28	30	29	28,75	12/7/2002	61
40	38	40	38	39,00	19/7/2002	68
45	45	46	52	47,00	26/7/2002	75
55	52	63	66	59,00	2/8/2002	82
65	70	70	69	68,50	9/8/2002	89
70	78	76	74	74,50	16/8/2002	96
78	76	83	78	78,75	23/8/2002	103
97	65	70	95	81,75	30/8/2002	110
105	70	70	100	86,25	7/9/2002	117

Στο σχήμα 6.1 παρατηρούμε την μεταβολή του ύψους των φυτών μετά την σπορά, για το σύνολο των μεταχειρίσεων.



Σχήμα 6.1. Μεταβολή του ύψους των φυτών σε σχέση με το χρόνο

□ Σύγκριση των υψών των Μεταχειρίσεων (E1) και (E2)

Η στατιστική επεξεργασία για τη σύγκριση των μέσων όρων των μεταχειρίσεων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Stat graphik T-test.

T-test

t-test (Paired samples Test)

Σύγκριση μέσων όρων

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο όρο της E1: 43,5833+/-15,6461

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο όρο της E2: 42,8667+/-14,86

95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής 0,71667+/-20,6086

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: 0,71667 +/-20,611

t-test για τη σύγκριση μέσων όρων

Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(1) μέσος1 NE μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: $t=-0,0886609$ P-value=0,943718
υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: $t=-0,0886609$ P-value=0,943719

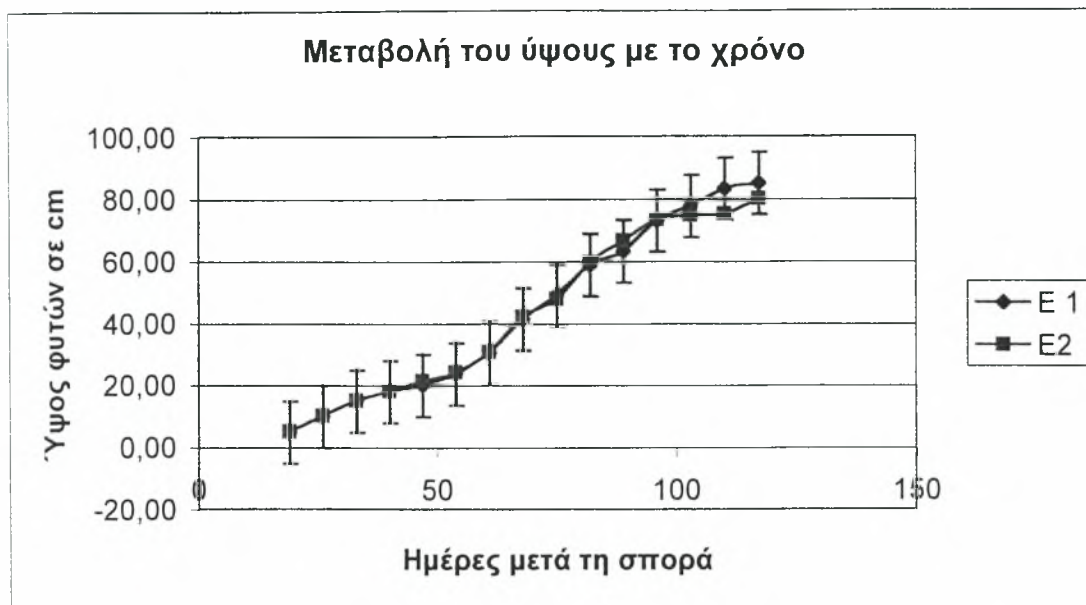
(2) μέσος1 > μέσος2
υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : $t=-0,0886609$ P-value=0,471859
υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : $t=-0,0886609$ P-value=0,0,47186

(3) μέσος1 < μέσος2
υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : $t=-0,0886609$ P-value=0,528141
υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: $t=-0,0886609$ P-value=0,0,52814

Συνολικά στατιστικά

	<i>Μεταχείριση 1 (E1)</i>	<i>Μεταχείριση 2 (E2)</i>
<i>Μέσος όρος</i>	43,5833	42,8667
<i>Διακύμανση</i>	798,238	720,043
<i>Τυπική απόκλιση</i>	28,2531	26,8336

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης Μεταχειρίσεων.



Σχήμα 6.2. Όρια εμπιστοσύνης

□ Σύγκριση των υψών των Μεταχειρίσεων (E2) και (Y5)

T-test
t-test (Paired samples Test)

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E2: 42,8667+/-14,86
 95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της Y5: 43,7667+/-15,9121
 95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων
 υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής :-0,9+/-20,7935
 υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: -0,9 +/-20,7979

t-test για τη σύγκριση μέσων όρων
 Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(4) μέσος1 NE μέσος2
 υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=-0,0886609 P-value=0,929983
 υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : t=-0,0886609 P-value=0,929986

(5) μέσος1 >μέσος2
 υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=-0,0886609 P-value=0,535009

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : $t=-0,0886609$ P-value=0,535007

(6) μέσος1 < μέσος2

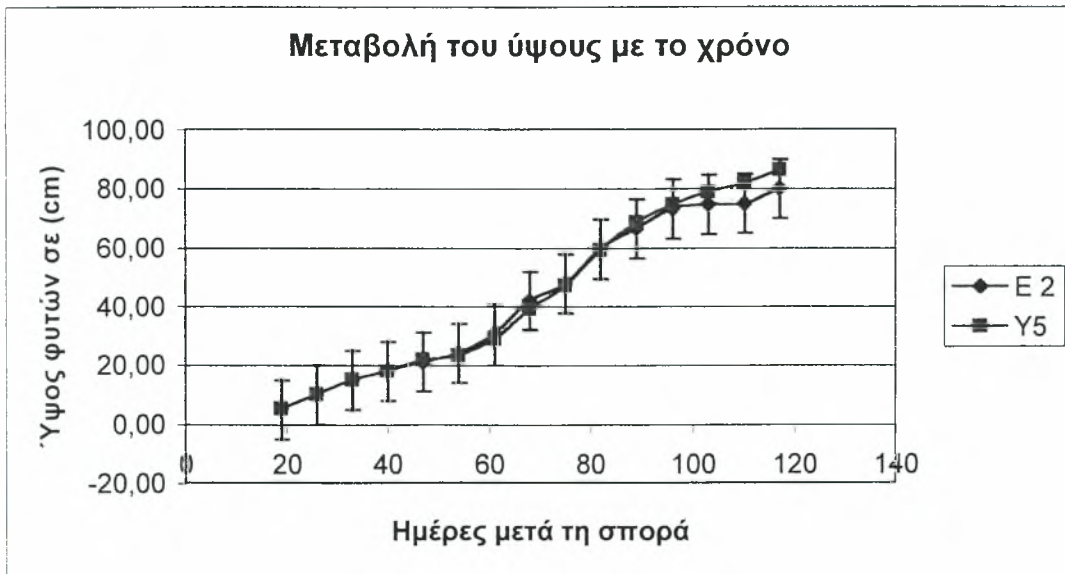
υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: $t=-0,0886609$ P-value=0,464991

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: $t=-0,0886609$ P-value=0,464993

Συνολικά στατιστικά

	Μεταχείριση 2(E2)	Μεταχείριση5(Y5)
Μέσος όρος	42,8667	43,7667
Διακύμανση	720,043	825,611
Τυπική απόκλιση	26,8336	28,7335

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των Μεταχειρίσεων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης των δύο Μεταχειρίσεων.



Σχήμα 6.3. Όρια εμπιστοσύνης

6.2 Αξιολόγηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI)

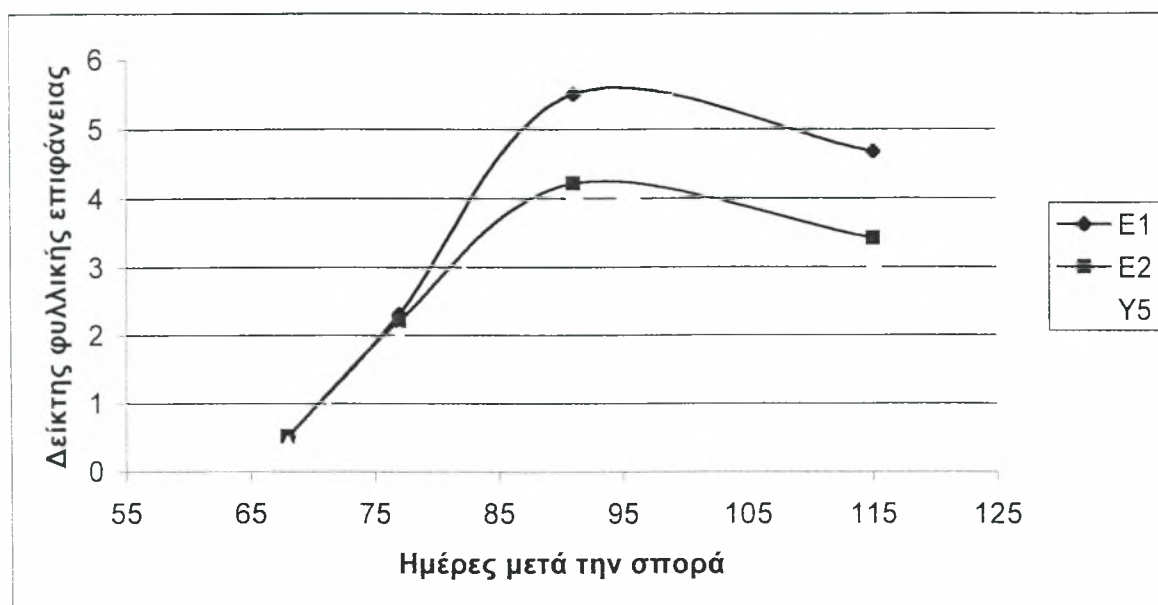
Οι μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας γινόνταν τυχαία από τις μεσαίες σειρές των πειραματικών τεμαχίων και λαμβανόνταν τρεις μετρήσεις από κάθε επανάληψη.

Στο σχήμα 6.4 παρουσιάζεται η μεταβολή του L.A.I και για τις τρεις Μεταχειρίσεις.

Στα αρχικά στάδια έχει περίπου την ίδια τιμή σε όλες, ενώ αργότερα παρατηρούμε μία απότομη άνοδο του δείκτη στην Μεταχείριση 1(E1) και τελικά στο τέλος της περιόδου έχει την μεγαλύτερη τιμή δείκτη φυλλικής επιφάνειας από τις υπόλοιπες Μεταχειρίσεις με τιμή 4,66. Η Μεταχείριση 2(E-2) είχε τιμή 3,4 ενώ η αντίστοιχη τιμή της Μεταχείρισης 5(Y-5) ήταν 3,1. Στον πίνακα 6.4 αναφέρονται οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

Πίνακας 6.4. Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας

<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>Y5</i>	<i>Ημερομηνία μέτρησης</i>
0,5	0,5	0,4	13/7/2002
2,3	2,2	2	10/8/2002
5,5	4,2	4	30/8/2002
4,66	3,4	3,1	30/9/2002



Σχήμα 6.4. Μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας με τον χρόνο

□ Σύγκριση της μεταβολής του *L.A.I* Μεταξύ των Μεταχειρίσεων (E1) και (E2)

T-test

t-test (Paired samples Test)

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E1: 3,24+/-3,61867

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E2: 2,575+/-2,56042

95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής :0,665+/-3,40836

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: 0,665 +/-3,50197

t-test Για τη σύγκριση μέσων όρων

Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(7) μέσος1 NE μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,477414 P-value=0,649961

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,477414 P-

value=0,651763

(8) μέσος1 >μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,477414 P-value= 0,32498

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,477414 P-

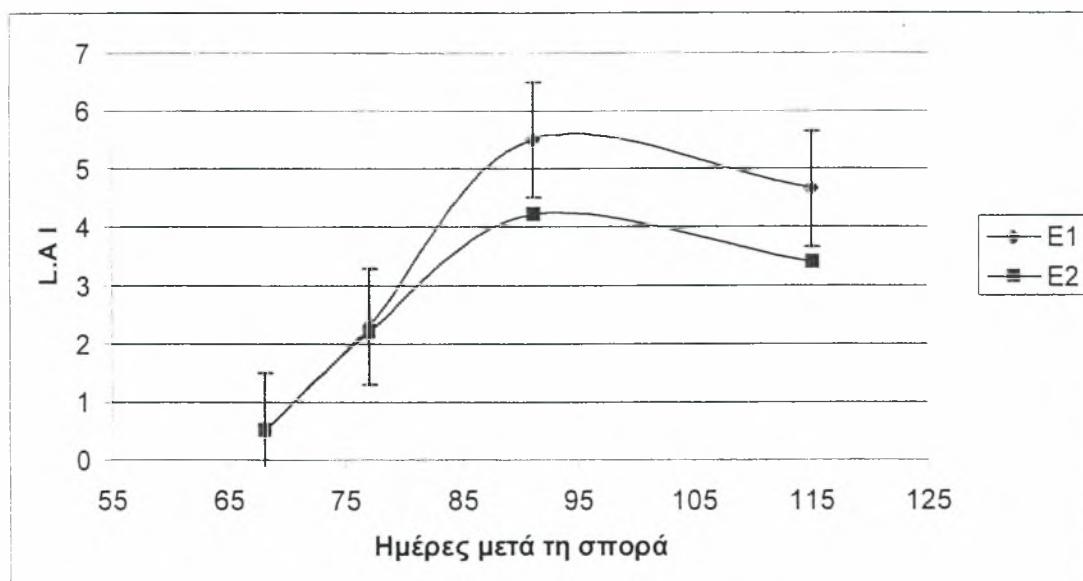
value=0,329882

(9) μέσος1 < μέσος2
 υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : $t=0,477414$ $P\text{-value}=0,67502$
 υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : $t=0,477414$ $P\text{-value}=0,674118$

Συνολικά στατιστικά

	Μεταχείριση1 (E1)	Μεταχείριση 2 (E2)
Μέσος όρος	3,24	2,575
Διακύμανση	5,17173	2,58917
Τυπική απόκλιση	2,27414	1,60909

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των Μεταχειρίσεων είναι στατιστικώς σημαντικές. Στα αρχικά στάδια οι τιμές του LAI δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις αλλά προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου διαφοροποιούνται σε κάθε Μεταχείριση. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης των δύο Μεταχειρίσεων.



Σχήμα 6.5. Όρια εμπιστοσύνης

□ Σύγκριση της μεταβολής του L.A.I Μεταξύ των Μεταχειρίσεων (E2) και (Y5)

T-test

t-test (Paired samples Test)

Comparison of means

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E2: 2,575+/-2,56042

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της Y5: 2,375+/-2,4664

95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής 0,2+/-2,73346

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: 0,2 +/-2,73438

t-test Για σύγκριση μέσων όρων

Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(10) μέσος1 NE μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,179035 P-value=0,863803

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,179035 P-value=0,863811

(11) μέσος1 >μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,179035 P-value=

0,431902

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,179035 P-

value=0,431906

(12) μέσος1 < μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,179035 P-value=0,568098

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,179035 P-

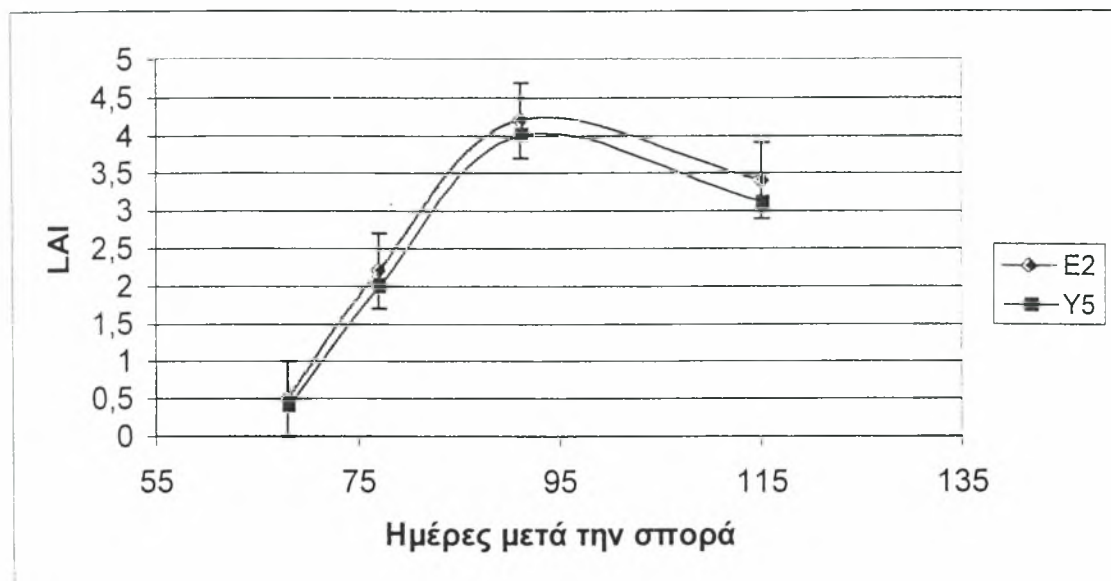
value=0,568094

Συνολικά στατιστικά

	Μεταχείριση 2 (E2)	Μεταχείριση 5(Y2)
Μέσος όρος	2,575	2,375
Διακύμανση	2,58917	2,4025
Τυπική απόκλιση	1,60909	1,55

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν

είναι στατιστικώς σημαντικές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης των δύο Μεταχειρίσεων.



Σχήμα 6.6. Όρια εμπιστοσύνης

6.3 Αξιολόγηση της απόδοσης

Η συγκομιδή έγινε με το χέρι σε δύο τυχαία μέτρα καλλιέργειας κάθε πειραματικού τεμαχίου σε δυο δόσεις. Η πρώτη συλλογή έγινε στις 30/10/2002 και η δεύτερη στις 15/11/2002. Το σύσπορο βαμβάκι ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας και η συνολική παραγωγική συμπεριφορά των τεμαχίων ήταν η ακόλουθη.

Πίνακας 6.5. Απόδοση σε σύσπορο ανά τεμάχιο σε kg / στρ.

<i>Μεταχείριση 1 (E1)</i>	<i>Απόδοση Kg/στρ.</i>	<i>Μεταχείριση 2 (E2)</i>	<i>Απόδοση Kg/στρ.</i>	<i>Μεταχείριση 5 (Y5)</i>	<i>Απόδοση Kg/στρ.</i>
Επανάληψη 1 ^η E1-1	400	Επανάληψη 1 ^η E2-5	350	Επανάληψη 1 ^η Y5-3	380
Επανάληψη 2 ^η E1-12	409	Επανάληψη 2 ^η E2-9	402	Επανάληψη 2 ^η Y5-7	430
Επανάληψη 3 ^η E1-14	390	Επανάληψη 3 ^η E2-16	420	Επανάληψη 3 ^η Y5-15	450
Επανάληψη 4 ^η E1-22	370	Επανάληψη 4 ^η E2-21	408	Επανάληψη 4 ^η Y5-19	420
M.O	392,25	M.O	395,00	M.O	420,00

Η μέση απόδοση για τη Μεταχείριση 1 (E1) ήταν 392.25 kg / στρ, για τη Μεταχείριση 2 (E2) ήταν 395 kg / στρ ενώ για τη Μεταχείριση 5 (Y5) 420 kg / στρ όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.5. Παρατηρείται μια υπεροχή της Μεταχείρισης 5 (Y5) αλλά όπως προκύπτει από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για ποσοστό σφάλματος 5% (P=0.05)

Ο τελικός μέσος όρος καρυδιών ανά στρέμμα για κάθε Μεταχείριση φαίνεται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6. Τελικός μέσος όρος καρυδιών ανά μέτρο σε κάθε Μεταχείριση

	<i>Μεταχείριση 1 (E1)</i>	<i>Μεταχείριση 2 (E2)</i>	<i>Μεταχείριση 5 (Y5)</i>	<i>Ημερομηνία μέτρησης</i>
<i>Τελικός μέσος όρος καρυδιών ανά μέτρο σε κάθε Μεταχείριση</i>	94	108	120	20/8/2002

Από τους παραπάνω Πίνακες 6.5 και 6.6 παρατηρούμε ότι, όσο αυξάνεται ο τελικός αριθμός των καρυδιών ανά μέτρο τόσο αυξάνεται και η τελική παραγωγή σε σύσπορο βαμβάκι.

□ **Σύγκριση της απόδοσης σε σύσπορο kg/στρ μεταξύ των Μεταχειρίσεων (E1) και (E2)**

T-test

t-test (Paired samples Test)

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E1: 392,25+/-26,6382

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E2: 395+/-49,1995

95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής 2,75+/-43,0172

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: 2,75 +/-46,3336

t-test Για τη σύγκριση μέσων όρων

Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(13) μέσος1 NE μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,156426 P-value=0,880828

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,156426 P-value=0,8823

(14) μέσος1 >μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,156426 P-value=

0,440414

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,477414 P-value=0,44115

(15) μέσος1 < μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=0,156426 P-value=0,559586

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: t=0,156426 P-value=0,55885

Συνολικά στατιστικά

	Μεταχείριση1 (E1)	Μεταχείριση 2 (E2)
Μέσος όρος	392,25	395
Διακύμανση	280,25	956
Τυπική απόκλιση	16,7407	30,9192

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

□ Σύγκριση της απόδοσης σε σύσπορο σε kg/στρ. μεταξύ των Μεταχειρίσεων (E2) και (Y5)

T-test
t-test (Paired samples Test)

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E1: 395+/-49,1995

95,0% Όρια εμπιστοσύνης για τον μέσο της E2: 420+/-46,8444

95,0% όρια εμπιστοσύνης για τη διαφορά μεταξύ των μέσων όρων

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής 25+/-52,2328

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: 25 +/-52,2632

Μηδενική υπόθεση μέσος1=μέσος2

(16) μέσος1 NEμέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=1,17116 P-value=0,285935

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής: t=1,17116 P-

value=0,286037

(17) μέσος1 >μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής: t=1,17116 P-value= 0,142968

υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : t=1,17116 P-

value=0,143018

(18) μέσος1 < μέσος2

υπολογισμός ισοδύναμης μεταβλητής : t=1,17116 P-value=0,857032

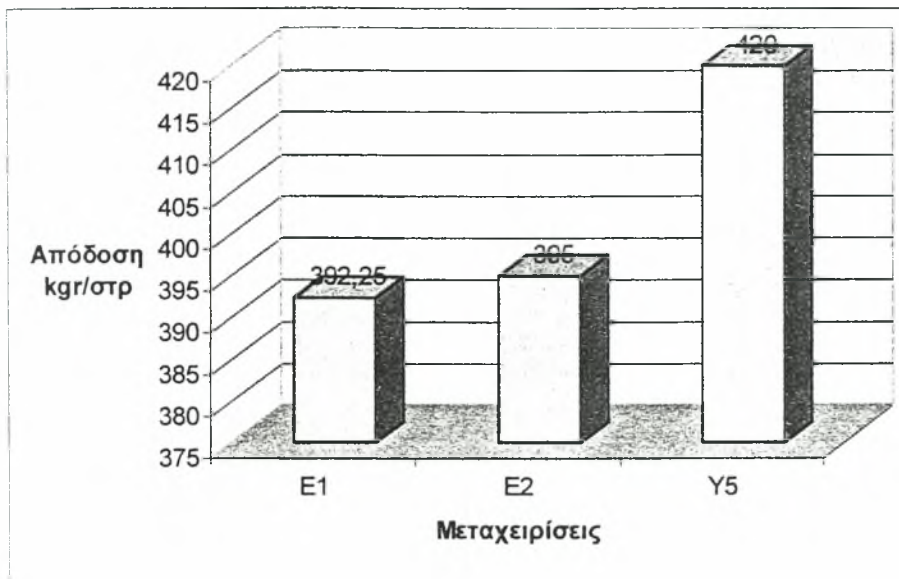
υπολογισμός μη ισοδύναμης μεταβλητής : t=1,17116 P-value=0,8569

Συνολικά στατιστικά

	Μεταχείριση2 (E2)	Μεταχείριση 5 (Y5)
Μέσος όρος	395	420
Διακύμανση	956	866,667
Τυπική απόκλιση	30,9192	29,4392

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για ποσοστό σφάλματος 5%, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

Η σχηματική απεικόνιση των αποδόσεων σε κάθε μεταχείριση παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 6.7. Γραφική απεικόνιση αποδόσεων

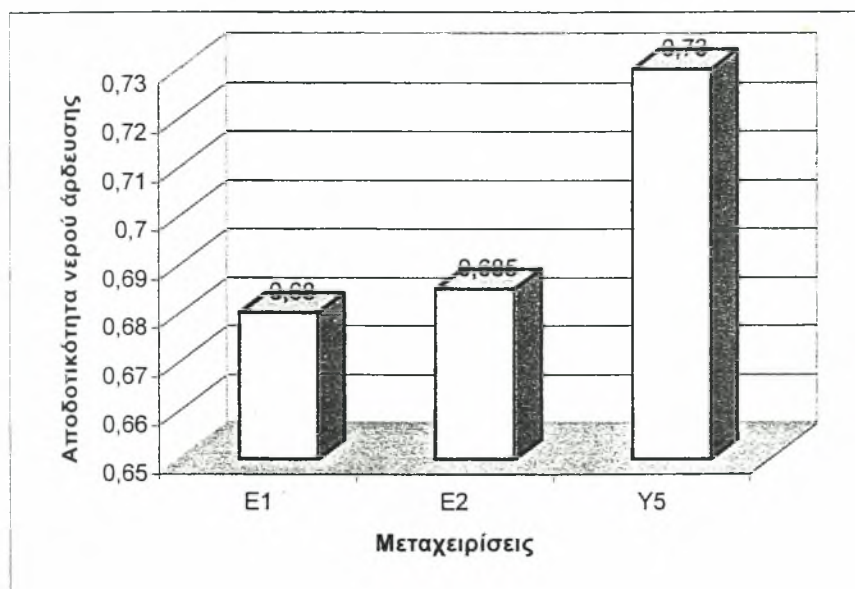
□ Αποδοτικότητα νερού άρδευσης

Από την υδατοκατανάλωση και την παραγωγή που επιτεύχθηκε σε κάθε περίπτωση προσδιορίσθηκε η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Η αποδοτικότητα του καταναλισκόμενου νερού για την Μεταχείριση 1(E1) είναι ίση με $392,25/576=0,68$ kg/στρ για τη Μεταχείριση 2 (E2) ίση με $395/576=0,685$ kg/στρ ενώ για τη Μεταχείριση 5 (Y5) ίση με $420/576=0,73$ kg/στρ (όπου 576 mm η συνολική υδατοκατανάλωση νερού).

Στην υδατοκατανάλωση νερού περιλαμβάνεται η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε συμπεριλαμβανομένης και της βροχής. Αναλυτικά εφαρμόστηκαν 376mm με τα διάφορα συστήματα άρδευσης (καρούλι και στάγδην άρδευση) και 200mm από νερού τη βροχή.

Παρατηρούμε ότι η αποδοτικότητα της χρήσης νερού είναι μεγαλύτερη στην υποεπιφανειακή από ότι στις επιφανειακές Μεταχειρίσεις. Πιθανόν να οφείλεται στην απευθείας εφαρμογή του νερού στο ριζικό σύστημα των φυτών.

Οι βροχοπτώσεις επέδρασαν θετικά στην παραγωγή σύσπορου βάμβακος η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 380 και 430 κιλά το στρέμμα κατά μέσο όρο για την περιοχή Βελεστίνου όπου βρίσκεται και ο πειραματικός αγρός. Η παραγωγή παρουσιάζεται αυξημένη σε σχέση με προηγούμενα έτη (Το 2001 μ.ο 350 κιλά στο στρέμμα 2000 μ.ο 360 κιλά στο στρέμμα) γιατί οι βροχοπτώσεις έπεσαν κατά την κρίσιμη περίοδο καρποφορίας του βαμβακιού δηλαδή στα μέσα Ιουνίου.



Σχήμα 6.8. Σχηματική απεικόνιση αποδοτικότητας νερού άρδευσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η εφαρμογή της υποεπιφανειακής στάγδην άρδευση μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα του νερού άρδευσης κατά 7% σε σύγκριση με την αντίστοιχη επιφανειακή μέθοδο. Για την ίδια κατανάλωση νερού παρουσίασε αυξημένη απόδοση κατά 25 κιλά στο στρέμμα σε σχέση με την επιφανειακή στάγδην άρδευση.
- Στην υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση έχουμε χορήγηση νερού απευθείας στο ριζικό σύστημα της καλλιέργειας, οικονομία νερού λόγω εξάλειψης επιφανειακής απορροής, υδρολίπανση Φωσφόρου και Καλίου στην ρίζα του φυτού χωρίς να δεσμεύονται από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους.
- Από την διερεύνηση της απόδοσης του βαμβακιού, υπό την επίδραση δύο διαφορετικών μεθόδων άρδευσης, (επιφανειακή και υποεπιφανειακή), παρατηρήθηκε υπεροχή στην απόδοση σε βάρος σύσπορου, της υποεπιφανειακής Μεταχείρισης 5 (Y5) με μέσο όρο παραγωγής 420 kg/στρ. σε σχέση με την επιφανειακή Μεταχείριση 2 (E2), με παραγωγή 395 kg/στρ., αλλά η υπεροχή αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
- Όσον αφορά τα αποτελέσματα της επίδρασης δύο διαφορετικών εύρων άρδευσης, δηλαδή της Μεταχείρισης 1 (E1) με εύρος άρδευσης 10 ημέρες και μέσο όρο παραγωγής 392,25 kg/στρ σε σχέση με την Μεταχείριση 2 (E2) με εύρος άρδευσης 2 ημέρες και μέσο όρο παραγωγής 395 kg/στρ, παρατηρήθηκε μικρή υπεροχή της Μεταχείρισης 2 (E2) σε σχέση με την Μεταχείριση 1(E1) αλλά η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
- Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας στα διάφορα στάδια καλλιέργειας παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά. Ο τελικός αριθμός καρυδιών ανά μέτρο φάνηκε ότι επηρεάζει την απόδοση. Αυξημένος αριθμός καρυδιών είχε σαν αποτέλεσμα αυξημένη παραγωγή σε σύσπορο βαμβάκι.

- Παρατηρήθηκε αυξημένη απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι στην υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση της τάξεως των 25 kgr/στρ ή 22 ευρώ ανά στρέμμα αν γίνει αναγωγή σε χρήματα με τιμές βάμβακος 2002.
- Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούσαν μία χρονιά παρατηρήσεων. Το πείραμα θα συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια και θα αξιολογηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η αυξητική και παραγωγική συμπεριφορά των Μεταχειρίσεων, ούτως ώστε να μπορούν να γενικευθούν τα συμπεράσματα.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γαλανοπούλου-Σενδούκα Στέλλα., Ειδική Γεωργία. ΙΙ, Βόλος 1997.
2. Έκθεση “Άρδευση με σταγόνες”, Ι.Ε.Β. Σίδνος Θεσσαλονίκης, Απρίλιος 1977.
3. Καλόγηρος Κ. Η. 1994. Σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην ελληνική κα παγκόσμια οικονομία. Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη, Λάρισα Σελ. 13-23.
4. Κωνσταντινίδης Κ. 1985. Άρδευση και συστήματα αρδεύσεων. Εκδοτικός οίκος Σάκκουλα, Θεσσαλονίκη.
5. Μαρέτης Κ., 1981, Οικολογία βάμβακος - Φυτό έδαφος - Βιολογικοί παράγοντες.
6. Μήτσιος Ι. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του Αγροκτήματος του Π.Θ στο Βελεστίνο, Βόλος 2000.
7. Οδηγίες προγραμματισμού MIRACLE, A.C 220-24V, NETAFIM.
8. Πανώρας Α., Ανδρέας Η., Παπαγιανοπούλου Α., Σκαράκης Γ., Παπαδόπουλος Φ., Παρισσόπουλος Γ., Ζδράκας Α., Καμπέλη Σ., 2000. Επίδραση του τρόπου άρδευσης και της ποιότητας του νερού στην απόδοση της κρυσταλλικής ζάχαρης των ζαχαροτεύτλων. Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Αθήνα σελ. 477-484.
9. Παπαζαφειρίου Ζ., 1985. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων, Εκδόσεις Ζήτη.

- 10.Σακελλαρίου Μ., Μασλάρης Ν., Καλφούντζος Δ., Γούλας Χ. (1998). Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 1^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής Αθήνα.
- 11.Σακελλαρίου Μ., Μασλάρη Ν., Νούσιος Γ., Ντιούδης Π., Καλφούντζος Δ. (1999). Σχεδιασμός διατάξεων άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Υπό ανακοίνωση στο 4^ο Εθνικό Συνέδριο της Ε.Ε.Δ.Υ.Π. Βόλος.
- 12.Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Άρδευση με σταγόνες, Βόλος 2000.
- 13.Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης Δ., Δαναλάτος Ν., Βουλτσάνης Π., Νάκος Ν., 2003. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 9^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 183-190.
- 14.Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Τέντας Ι., Κολιού Α., Καλφούτζος Δ., Παπανίκος Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29-31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σ. 265-272.
- 15.Σφήκας Α.Γ., Ειδική Γεωργία-Βιομηχανικά Φυτά., Θεσσαλονίκη 1998.
- 16.Τζιμόπουλος, Χ., 1983. Στραγγίσεις – Υδραυλική Φρεάτων. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Ζήτη.

17. Alen, R. G, Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.
18. Ayars, J. E., Pnene, C. J., Hutmacher, R. B., Davis, K.R., Schoneman, R.A., Vail S.S. and Mead, R.M., 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management, Research Laboratory. *Agricultural Water Man.*, 42: 1-27.
19. Delta & Pine. Οδηγός διαχείρισης νερού στο βαμβάκι.
20. Delta – T DEVICES Ltd. Version 1.05 1996. Sun – Scan canopy analysis System – User manual.
21. Doorenbos, J. and Kassam, A. H., 1979. Yield Response to Water, FAO Irrigation and D. Drainage. Paper No 33, 193 p.
22. I Pai Wu 1994. System for pasture low energy subsurface drip irrigation. University of Hawai.
23. Lamm F. R 2001. International Microirrigation Congress, ed. April 2-6, Orlando Florida, pp. 155-167. American Society of Agricultural Engineers.
24. Lobmeyer, D. (1993). Use and management of subsurface drip irrigation. In *Subsurface drip irrigation: Theory, practices and application*, eds. Jorgensen, G. S. and K. N. Norum, CATI Publication No:921001.
25. Phene C. J. and R. Ruskin (1995). Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In *Microirrigation for a Changing World : Conserving Resources/ Preserving the Environment*,

26. Ruskin R., 2000. Subsurface drip irrigation and yields. Geoflow, Inc.
27. Sakellariou - Makrantonaki (1991). Groundwater movement into layered soil Advances in Water Resources Technology pp.
28. Sakellariou – Makrantonaki, M., Tentas I., Koliou A., Kalfoyntzos D., Vyrlas P., 2003. Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater. Proceedings of 8th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), September 8-11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707-714.
29. Sakellariou – Makrantonaki, M., Kalfoyntzos D., Tentas I. and P. Vyrlas, 2003. Subsurface drip irrigation with treated wastewater. Αποδεκτή για παρουσίαση στο XI World Water Congress of IWRA, October 10, Madrid, Spain.
30. Sakellariou – Makrantonaki, M., Kalfoyntzos D., P. Vyrlas, 2003. Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nest, (Εγκρίθηκε για δημοσίευση).
31. Sakellariou – Makrantonaki, IAHR.
32. Shani U., Xue S., Cordin – Katz R. and Warrich A 1996. Soil-limiting from subsurface emitters. (Pressure measurements) of irrigation and Drainage.
33. Smith R. B., Drip irrigation helps conserve water southwest farm Press, Oct. 17, 2002.

34. Solomon, K. (1993). Subsurface drip irrigation: Product selection and performance. In Subsurface drip irrigation: Theory, practices and application, eds. Jorgensen, G. S. and K. N. Norum, CATI Publication No:921001.

35. Vyrlas, P. (1992). Blockage due to suck-back in subsurface drip irrigation systems. MSc thesis, Silsoe College, Cranfield University.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΦΥΤΕΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ
ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ
ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



Εικόνα 1. Πειραματικός αγρός πριν το φύτευμα



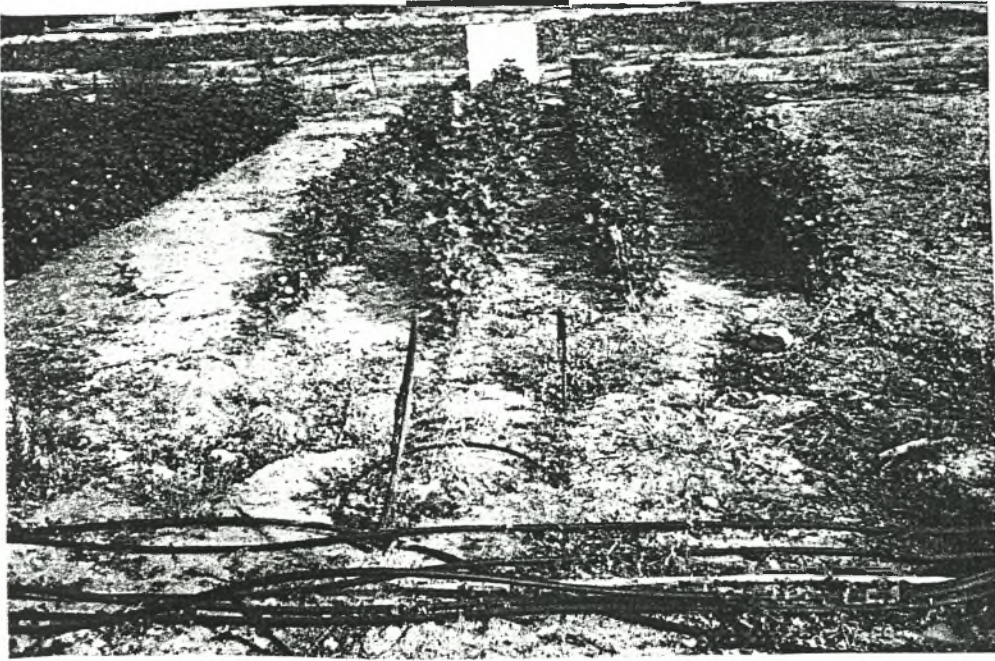
Εικόνα 2. Βαμβακόφυτα μετά το φύτευμα



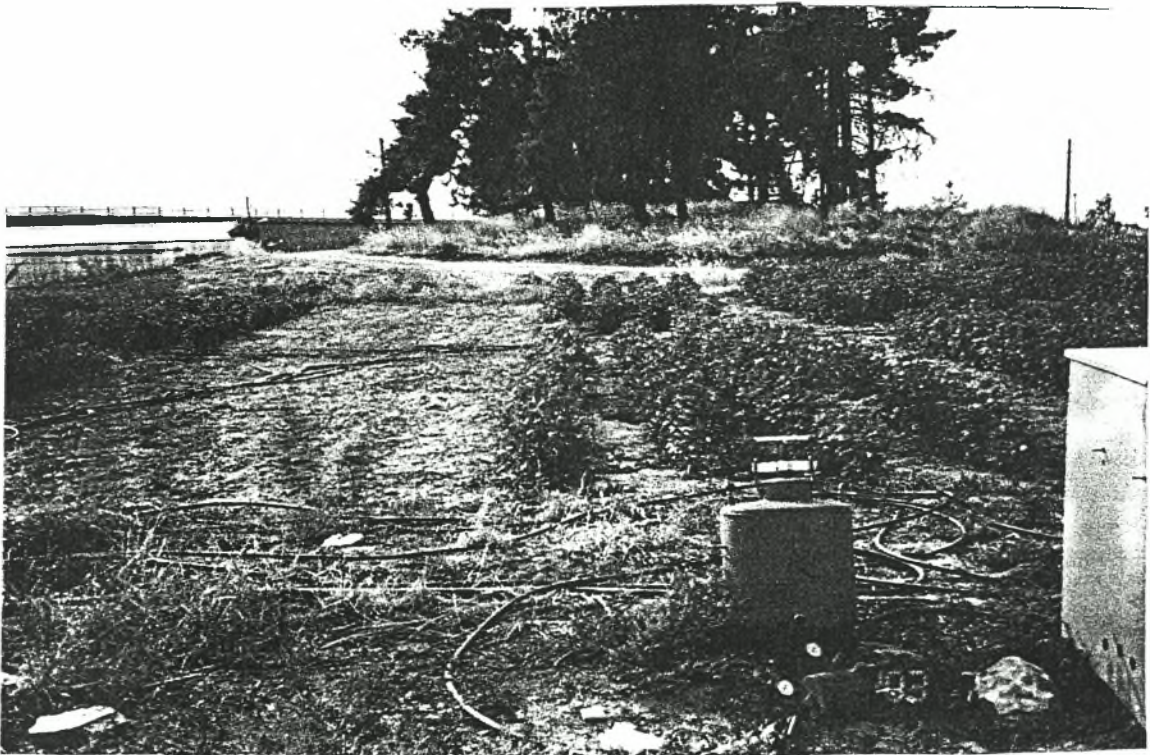
Εικόνα 3. Φυτεία βαμβακιού σε πλήρη ανάπτυξη



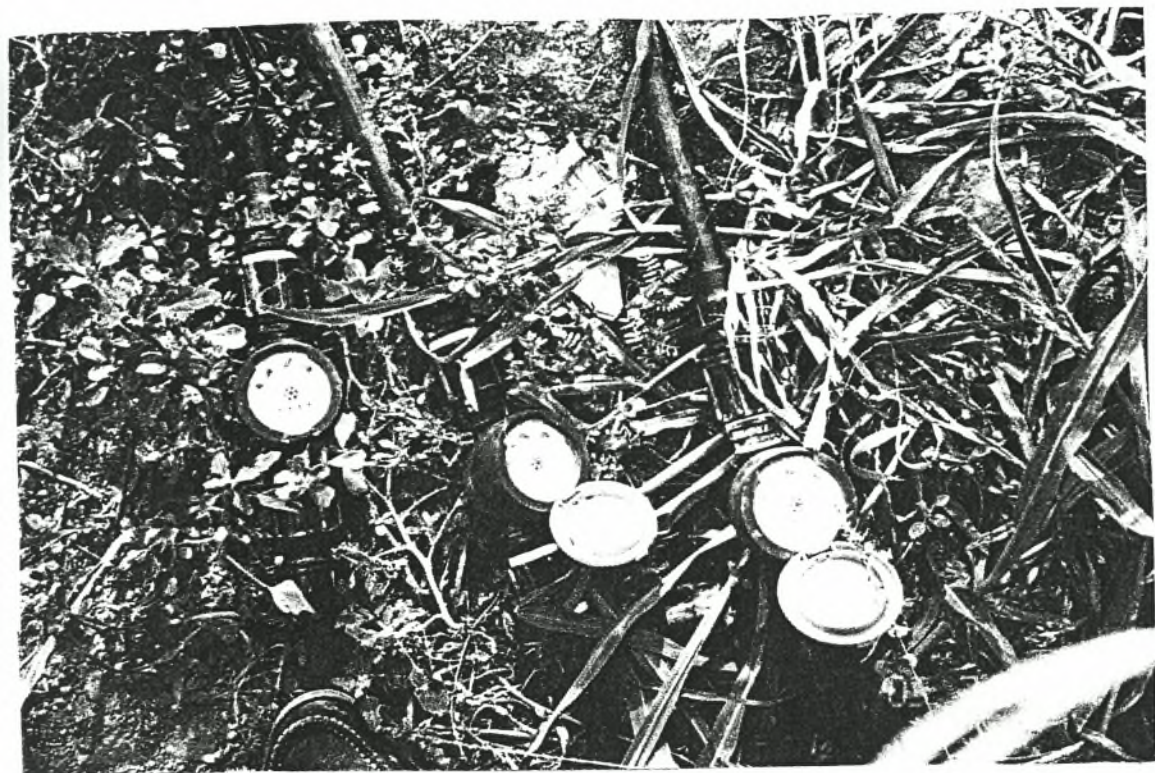
Εικόνα 4. Φυτεία βαμβακιού σε πλήρη ανάπτυξη



Εικόνα 5. Πειραματικό τεμάχιο υπόγειας στάγδην άρδευσης



Εικόνα 6. Υδροληπαντήρας και φίλτρο σίτας



Εικόνα 7. Υδρόμετρα



Εικόνα 8. Πειραματικό τεμάχιο με επιφανειακή στάγδην άρδευση



Εικόνα 9. Τοποθέτηση υπόγειας στάγδην άρδευσης



Εικόνα 10. Δευτερεύοντες αγωγοί συστήματος στάγδην άρδευσης



Εικόνα 11. Τοποθέτηση υπόγειας στάγδην άρδευσης



Εικόνα 12. Πειραματικό τεμάχιο υπόγειας στάγδην άρδευσης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074272