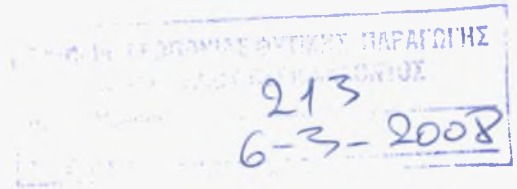


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΟΤΡΩΤΣΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
A.M.: 0499035

Θέμα

Επιφανειακή άρδευση με σταγόνα με εφαρμογή ίδιας ποσότητας νερού από σταλακτήρες διαφορετικής παροχής και εισαποχής 2,2εκ.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ 2007



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

Αριθ. Εισ.: 6215/1
Ημερ. Εισ.: 03-04-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2007
ΚΟΤ

<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u>	Σελ.
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ	8
2.1 Η σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελλάδα	9
2.2 Αύξηση και ανάπτυξη φυτού	10
2.3 Οικολογικές απαιτήσεις	11
2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες	13
2.5 Σπορά	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	16
3.1 Εποχή άρδευσης	16
3.2 Μέθοδοι άρδευσης βαμβακιού	17
3.3 Επιφανειακή στάγδην άρδευσης	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	20
4.1 Υδατοϊκανότητα του εδάφους	20
4.2 Το σημείο μόνιμης μάρανσης	21
4.3 Το φαινομενικό ειδικό βάρος του εδάφους	21
4.4 Εξατμισοδιαπνοή	23
4.5 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	25
5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού	25
5.2 Κατεργασία αγρού	27
5.3 Σπορά	28
5.4 Επιλογή ποικιλίας	28

5.5 Πειραματικά τεμάχια	29
5.6 Υλικά άρδευσης	30
5.7 Αυτοματισμοί άρδευσης	31
5.8 Μέθοδος του εξατμισιμέτρου	33
5.9 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	35
5.10 Καθαρές και ολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών	36
5.11 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών	37
5.12 Εφαρμογή αρχικής άρδευσης με καρούλι	39
5.13 Υπολογισμοί εξατμισοδιαπνοής	40
5.14 Δόση και εύρος άρδευσης με βάση το εξατμισόμετρο	42
5.15 Δόσεις άρδευσης καρποφορίας	42
5.16 Πίνακες δόσης-διάρκειας άρδευσης	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Κλιματικά δεδομένα	52
6.2 Ύψος και φυλλικής επιφάνειας	53
6.3 Απόδοση καλλιέργειας	56
6.4 Συμπεράσματα	59

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στη Σχολή Γεωπονικών Επιστημών θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη καθηγήτριά μου Κ. Μαρία Σακελλαρίου

- Μακραντωνάκη για την καθοδήγηση και τη πολύτιμη βοήθειά της, κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και κατά τη διάρκεια όλης της φοίτησης μου στη σχολή.

Ακόμη Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Χα και τον επίκουρο καθηγητή κ. Σφουγγάρη Αθανάσιο για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την διόρθωση της διατριβής.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια που υπέδειξε όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2003, σε πειραματικό αγρό καλλιέργειας βαμβακιού, στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, έγιναν πειράματα προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των διαφορετικών διατάξεων σταλακτήρων και διαφορετικής παροχής, με εφαρμογή της ίδιας ποσότητας νερού, στην απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι.

Έγιναν δύο μεταχειρίσεις. Η πρώτη μεταχείριση με ισαποχή σταλακτήρων 80 cm και παροχή 2,3lt/h αρδευόταν κάθε δύο ημέρες και η δεύτερη μεταχείριση με ισαποχή σταλακτήρων 40cm και παροχή 1,2 lt/h με το ίδιο εύρος κάθε 2 ημέρες.

Και στις δυο περιπτώσεις εφαρμόστηκε ίδια ποσότητα νερού ίση με το 100% της υδατοκατανάλωσης. Η υδατοκατανάλωση 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 δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών αλλά και στην απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($P=0.05$).

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 ισχυρή 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 όρια 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.

Τελευταία εφαρμόζονται με επιτυχία τεχνικές εξοικονόμησης νερού, που εναρμονίζονται με τις επικρατούσες απόψεις περί βιώσιμης ανάπτυξης. Η εξοικονόμηση νερού στην γεωργία θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, αφού για αρδευτικούς σκοπούς καταναλώνονται οι μεγαλύτερες ποσότητες. Με την χρήση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, η κατανάλωση νερού μπορεί να μειωθεί έως και 50% σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους άρδευσης. Συγχρόνως η απόδοση αυξάνεται μέχρι και 95%. Η Κύπρος και το Ισραήλ αποτελούν εξαιρετικά παραδείγματα χρήσης τέτοιων συστημάτων άρδευσης. (49)

Οι καλλιέργειες, όταν έχουν στην διάθεση 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.

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 του πειράματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

Η Ιστορία του βαμβακιού 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. Σχετικές έρευνες όμως δείχνουν ότι αρχικά αναπτύχθηκε 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 έπαιζε 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 (13)

2.1 Η σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελλάδα

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.

Αποτελεί ένα προϊόν το οποίο στηρίζεται οικονομικά απ' την ευρωπαϊκή κοινότητα σε μεγάλο βαθμό με τη μορφή της επιδότησης, σε αναλογία 1 προς 2, σε σχέση με την εμπορική του αξία. Πολλά είναι τα προβλήματα που δημιουργούνται στη διαμόρφωση της τελικής τιμής του προϊόντος, μιας και η επιδότηση έχει σχέση με τη συνολικά παραγόμενη ποσότητα. (22)

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των 10 σημαντικότερων βαμβακοπαραγωγικών χωρών του κόσμου, ενώ κατέχει μία απ' τις πρώτες θέσεις σε ότι αφορά τις στρεμματικές αποδόσεις. Το 85% περίπου του ελληνικού βαμβακιού κατατάσσεται στα λευκά βαμβάκια, με πολύ καλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά όπως κυτίο 1-4, μήκος ίνας 28-29 mm, πολύ καλή αντοχή και καλή λεπτότητα. Στη μεταποίηση απασχολούνται 150.000 εργάτες σε αστικές περιοχές. Στηρίζει την ελληνική κλωστοϋφαντουργία και αποτελεί σημαντική

πηγή ξένου συναλλάγματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα, παρόλο που γεωγραφικά είναι οριακή περιοχή για τη καλλιέργεια βαμβακιού, συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των πρώτων χωρών παγκοσμίως, τόσο από άποψη αποδόσεων όσο και από άποψη ποιότητας. Είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα της ευρωπαϊκής ένωσης με συνολικά παραγωγή 1,2 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Αξίζει εδώ να πούμε ότι η Ε.Ε. είναι ελλειμματική σε βαμβάκι. Υπάρχει πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας και τα τελευταία χρόνια επιβάλλεται να γίνει φιλική προς το περιβάλλον, ώστε να περιοριστεί η ρύπανση από τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. (22)

2.2. Αύξηση και ανάπτυξη φυτού

Το βαμβακόφυτο αναπτύσσεται σύμφωνα με ένα σχετικώς κανονικό χρονοδιάγραμμα. Η διάρκεια των σταδίων αυξησεως 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 (6)

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 2 1-25 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 καθιλώνεται.

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.

2.3 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 φύτρωμα 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 φύτρωμα 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 175-200mm να πέφτουν κατά την περίοδο της καρποφορίας. Βροχές κατά την εποχή της συγκομιδής δυσχεραίνουν την ωρίμανση των όσινων 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, (45).

Θρεπτικά στοιχεία. Το βαμβάκι είναι φυτό που δεν εξαντλεί πολύ το έδαφος. Χρειάζεται άζωτο, φώσφορο, κάλιο καθώς και άλλα στοιχεία όπως μαγνήσιο, ασβέστιο και θειάφι. Επίσης διάφορα ιχνοστοιχεία όπως σίδηρο, μαγγάνιο, βόριο, χαλκό, ψευδάργυρο, κοβάλτιο και ίσως μολυβδαίνιο. Στην πρώτη περίοδο ανάπτυξης και μέχρι να εμφανιστούν τα χτένια, το βαμβακόφυτο χρειάζεται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ουσιών. Όταν εμφανίζονται τα χτένια και μέχρι να φτάσει στο μεγαλύτερο ύψος η καρποφορία, οι ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία είναι πολύ μεγαλύτερες, ενώ όταν αρχίζει η ωρίμανση της παραγωγής μειώνονται πολύ. Με το άζωτο μεγαλώνει το ύψος του φυτού, παράγονται περισσότεροι ανθοφόροι κλάδοι, λουλούδια και ώριμα καρύδια. Επίσης έχει επίδραση στο βάρος του καρυδιού και του σπόρου και στην αναλογία των ινών. Ο φώσφορος προωμίζει την παραγωγή, επηρεάζει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ενώ δεν επηρεάζει άλλα χαρακτηριστικά του βαμβακιού όπως το βάρος καρυδιού και σπόρου, το μάκρος της ίνας κ.ά. Το κάλιο βοηθάει τη φωτοσύνθεση και περιορίζει τα δυσμενή συμπτώματα περίσσειας αζώτου. Επίσης παρατείνει την άνθηση και βοηθάει να ωριμάσει το βαμβάκι κανονικά. (48)

2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

Κατεργασία των 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 δισκοσβανίσματα. 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 (45)

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 και Na καθώς και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων όπως B, P 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.

2.5 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 όσιμα. 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 (6).

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 ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Η κατανάλωση νερού απ' το βαμβακόφυτο είναι ελάχιστη κατά το φύτευμα και αυξάνει συνεχώς παρουσιάζοντας ένα μέγιστο την εποχή της πλήρους καρποφορίας. Τα μικρά φυτά καταναλώνουν 2 - 2,5m³ /στρέμμα νερό την ημέρα. Στην περίοδο που σχηματίζονται τα χτένια, η ημερήσια κατανάλωση φτάνει τα 3 – 5m³/στρέμμα την περίοδο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρυδιών η κατανάλωση φτάνει τα 7 – 10m³/στρέμμα. Τέλος στην περίοδο της ωρίμανσης των καρυδιών η κατανάλωση μειώνεται στα 3 – 5m³/στρέμμα. Ένα στρώμα εδάφους βάθους ενός μέτρου, συγκρατεί περίπου 190 – 230m³ όταν είναι ελαφρύ (αμμοαργιλώδες) και 320 – 360m³ όταν είναι συνεκτικό (αργιλώδες). Η κανονική ανάπτυξη της φυτείας γίνεται όταν το ωφέλιμο νερό διατηρείται στα 50 - 70% της υδατοχωρητικότητας. (9)

3.1 Εποχή Αρδευσης

Μέχρι την άνθηση, δηλαδή τέλη Ιουνίου - αρχές Ιουλίου, οι βαμβακοφυτείες έχουν περιορισμένες ανάγκες σε νερό που ικανοποιούνται από τις βροχές και τα εδαφικά αποθέματα. Κατά τη περίοδο της έντονης ανθοφορίας και καρποφορίας (Ιούλιο-Αύγουστο), δηλαδή όταν το φυτό παρουσιάζει συγχρόνως χτένια, άνθη και καρύδια, έχει και μεγάλες απαιτήσεις σε νερό. Είναι η λεγόμενη 'κριτική περίοδος'. Θα δώσουμε περίπου 50 – 80m³/στρέμμα και κατά πότισμα. Ανάλογα με τα εδάφη και τις καιρικές συνθήκες χρειάζονται συνολικά 280 – 380m³/στρέμμα που δίνονται συνήθως σε 4-6 ποτίσματα ανάλογα με το έδαφος (ελαφριά, βαριά). Για να ελέγξουμε καλύτερα την κατάσταση υγρασίας του εδάφους μπορούμε να σκάσουμε σε βάθος 30cm σε διάφορες τοποθεσίες στο χωράφι και αν με το σφίξιμο στη παλάμη το χώμα τρίβεται, δηλαδή δεν σχηματίζει σβόλους, θα πει ότι το έδαφος είναι ξηρό και ότι χρειάζεται πότισμα. Πιο σύγχρονη μέθοδος αποτελεί η μέθοδος της μέτρησης της αρνητικής πίεσης και η μέθοδος των λυσιμέτρων. (52)

Από πολλά πειράματα βρέθηκε ότι η πρόωρη έναρξη των ποτισμάτων καρποφορίας καθώς και το υπερβολικό πότισμα αργότερα, ευνοούν την ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, συμβάλλουν στην οψίμιση και μειώνουν την παραγωγή, ενώ ταυτόχρονα υποβαθμίζουν την ποιότητα ιδιαίτερος όταν επικρατήσουν αντίξοες συνθήκες ωρίμανσης και συγκομιδής. Εξίσου όμως ζημιογόνος για την ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής, μπορεί να αποβεί

ιδιαίτερα για τις πρώιμες ποικιλίες η καθυστέρηση έναρξης του ποτίσματος. Καταλληλότερη εποχή για το πρώτο πότισμα είναι η έναρξη ανθοφορίας για τις πρώιμες ποικιλίες. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι μικρότερης διάρκειας από τα επόμενα. Στη συνέχεια το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Ο αριθμός των αρδεύσεων εξαρτάται απ' την ποικιλία, το πληθυσμό, την ανάπτυξη και καρποφορία, τις καιρικές συνθήκες και βέβαια τη ποσότητα άρδευσης. Συνήθως ο αριθμός των ποτισμάτων καρποφορίας είναι από 3 έως 6, λαμβάνοντας υπόψιν ότι το βαμβάκι ως βαθύρριζο φυτό θέλει αραιότερες αρδεύσεις αλλά με περισσότερη ποσότητα νερού. Οι αρδεύσεις καρποφορίας περατώνονται συνήθως αναλόγως της πρωιμότητας της φυτείας, το πρώτο δεκαήμερο του Αυγούστου. (22)

Μετά τα μέσα Αυγούστου λόγω των κλιματολογικών συνθηκών κυρίως, οι ανάγκες του φυτού περιορίζονται. Όταν όμως συνεχίζονται οι υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σε σχετικά όψιμες φυτείες, που ένας μεγάλος αριθμός καρυδιών απέχει πολύ απ' την ολοκλήρωση της ωρίμανσής τους, επιβάλλεται να δίνονται 1 έως 2 ποτίσματα έως τα τέλη Αυγούστου. Τα ποτίσματα αυτά αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις πολύ ωφέλιμα για την αύξηση της παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας ειδικά των όψιμων καρυδιών. (22)

3.2 Η άρδευση

Η επιφανειακή άρδευση, η κατάκλιση, η άρδευση με αυλάκια είναι από τις πιο παλιές μέθοδοι η οποίες έχουν εκλείψει τα τελευταία χρόνια. Δε συνίστανται πλέον, λόγω της μεγάλης κατανάλωσης νερού και της δύσκολης κατανομής με ομοιόμορφο τρόπο στο χωράφι. Ήταν όμως οι πλέον οικονομικές μέθοδοι από την άποψη της εγκατάστασης και οι λιγότερο ενεργοβόρες.

Η άρδευση με τεχνητή βροχή είναι πολύ διαδεδομένη και μπορεί να εφαρμοστεί σε αγρούς με οποιαδήποτε χαρακτηριστικά. Εφαρμόζεται με καρούλια ράμπες και κανόνια ή με σωλήνες και μπεκ. Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η εύκολη ρύθμιση της δόσης άρδευσης, το μειωμένο κόστος εγκατάστασης και η εφαρμογή της άρδευσης στο φυτόμα. Μειονεκτήματα αποτελούν οι απώλειες νερού λόγω εξάτμισης και επιφανειακής απορροής, η διαβροχή των φυτών, η ανομοιομορφία άρδευσης λόγω ανέμου και άλλα. (52)

Η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες έχει κερδίσει τα τελευταία 15 χρόνια ταχύτατα έδαφος στην Ελλάδα. Χρησιμοποιείται ευρέως για την άρδευση του

βαμβακιού. Παρατηρείται τρισδιάστατη κίνηση νερού και προς τους τρεις άξονες. Το νερό εκρέει με τη μορφή σταγόνας από τον σταλλακτηφόρο σωλήνα, ο οποίος κυρίως είναι από πολυαιθυλένιο.

3.3 Επιφανειακή στάγδην άρδευση

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετούνται κάθε δεύτερη γραμμή βαμβακιού, αρδύοντας ταυτόχρονα δύο σειρές. Τοποθετούνται στον αγρό μετά το τελευταίο σκάλισμα όταν αρχίζουν τα ποτίσματα καρποφορίας ενώ για τα προηγούμενα ποτίσματα η μέθοδος δεν θεωρείται αποτελεσματική. Αυτό συμβαίνει επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών δεν είναι ανεπτυγμένο και η απορρόφηση του νερού από τα φυτά γίνεται πιο δύσκολα. Επιπλέον, επειδή έχει προηγηθεί μια περίοδος αρκετά ξηρή και από το έδαφος έχει φύγει μια μεγάλη ποσότητα νερού, επιβάλλεται να γίνει άρδευση με καταιονισμό ώστε να έρθει το έδαφος σε κατάσταση κορεσμού με νερό, να φτάσει σε επίπεδα υδατοικανότητας και στη συνέχεια να ακολουθήσει η στάγδην άρδευση.

Η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού σε συνδυασμό με το συνεχώς αυξανόμενο πρόβλημα της λειψυδρίας, καθώς επίσης και η αύξηση της παραγωγής έχουν κάνει τη μέθοδο αυτή πολύ ελκυστική στα πλαίσια της γεωργίας μειωμένων εισροών.

Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Η στάγδην άρδευση τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί σε μεγάλο βαθμό, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η μέθοδος. Αυτά είναι

- αξιοποίηση μικρών ποσοτήτων νερού (παροχή)
- ευκολότερος έλεγχος της ποσότητας νερού που δίνεται για άρδευση
- ορθολογική διαχείριση νερού
- δεν υπάρχει επιρροή στην ομοιομορφία λόγω ανέμου, όπως στα

συστήματα

άρδευσης με καταιονισμό

- Οικονομία νερού σε σχέση με τις άλλες μεθόδους λόγω της μειωμένης διαβροχής του εδάφους και της μειωμένης εξάτμισης αλλά και λόγω των λιγότερων απωλειών νερού στους αγωγούς μεταφοράς

- εξοικονόμηση ενέργειας, διότι το σύστημα λειτουργεί σε μικρότερες πιέσεις
- αυτοματοποίηση του συστήματος
- λιγότερες ασθένειες στα φυτά λόγω μείωσης της υγρασίας και γενικότερα πιο υγιή και ανθεκτικότερα φυτά
- δεν υπάρχει στρες λόγω έλλειψης υγρασίας, γιατί με την στάγδην άρδευση αυξάνεται η συχνότητα των ποτισμάτων μειώνοντας τις δόσεις άρδευσης.
- αξιοποίηση άγονων και προβληματικών εδαφών και εκτάσεων με μεγάλες κλίσεις
- εκμετάλλευση νερού με αυξημένη αλατότητα
- μείωση των ζιζανίων
- καλύτερη χρήση λιπασμάτων με την μέθοδο της υδρολίπανσης
- αύξηση της απόδοσης της παραγωγής και της ποιότητας των προϊόντων

(47)

Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα πλεονεκτήματα που μας χαρίζει η στάγδην άρδευση είναι ασήμαντα γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται μονοπωλιακά σχεδόν από τους παραγωγούς. Ενδεικτικά μερικά αναφέρονται παρακάτω:

- υψηλό κόστος πρώτης εγκατάστασης
- αυξημένη ευαισθησία του συστήματος
- καλή τεχνογνωσία για την πλήρη αξιοποίηση του συστήματος
- προβλήματα από εμφράξεις σταλακτών
- προβλήματα από αύξηση της αλατότητας στην περιφέρεια της υγρής ζώνης, λόγω της προσθήκης επιπλέον αλάτων χωρίς το απαραίτητο "ξέπλυμα των εδαφών"
- μειωμένος χρόνος ζωής του συστήματος

- φθορές από τρωκτικά στους σωλήνες πολυαιθυλενίου
- πολυπλοκότητα στο ~ άπλωμα ~ των σωλήνων και στο ~ μάζεμα ~ με εξειδικευμένα μηχανήματα (47)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΩΝ

Στην πρακτική των αρδεύσεων είναι βασικό να γνωρίζουμε την ποσότητα νερού που μπορεί να αποθηκευτεί σ' ένα χωράφι και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευχέρεια απ' τις καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοσή τους. Για τον υπολογισμό της ποσότητας αυτής είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ορισμένες εδαφικές παράμετροι.

4.1 Υδατοϊκανότητα του εδάφους

Σαν υδατοϊκανότητα του εδάφους μπορεί να οριστεί η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγισμένο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Όταν αρχίζει η στράγγιση, η υγρασία του εδάφους ελαττώνεται και μαζί και η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας. Σε κάποια στιγμή η τιμή αυτή γίνεται πολύ μικρή με συνέπεια η κίνηση του νερού στο έδαφος να περιοριστεί τόσο, που πρακτικά να θεωρηθεί ανύπαρκτη, έστω και αν η υδραυλική κλίση είναι πολύ μεγάλη. Αυτό είναι το καθοριστικό όριο που ονομάζεται υδατοϊκανότητα. Έτσι σαν υδατοϊκανότητα ορίζεται το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας στο οποίο η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του νερού στο έδαφος ανεξάρτητα απ' τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις. Συνήθως η υγρασία του εδάφους θεωρείται ότι φτάνει στην υδατοϊκανότητα 3 έως 5 ημέρες μετά από βροχή ή άρδευση, ανάλογα με την υφή και τη δομή του. Η υδατοϊκανότητα αποτελεί το πάνω όριο της χρήσιμης στα φυτά εδαφικής υγρασίας. (27)

Στην παρούσα μελέτη η υδατοϊκανότητα του εδάφους όπου έγινε το πείραμα δίδεται στον πίνακα 1.

4.2 Το σημείο μόνιμης μάρανσης

Το αντίστοιχο κάτω όριο της χρήσιμης για τα φυτά υγρασίας είναι το σημείο μάρανσης, όταν η υδατοϊκανότητα αποτελεί το πάνω όριο.

Όταν η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο αυτό τα φυτά δεν μπορούν να πάρουν απ' το έδαφος όλο το νερό που χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών τους και για το λόγο αυτό αρχίζουν να μαραίνονται. Το σημείο μόνιμης μάρανσης δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την υφή και τη δομή του εδάφους, το είδος και την κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Για τους λόγους αυτούς η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό κυμαίνεται από 7 μέχρι 32bar. Σήμερα σαν αντιπροσωπευτική του σημείου μόνιμης μάρανσης όλων των εδαφών, έχει γίνει δεκτή η τάση των 15bar. Όταν η υγρασία του εδάφους φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης η ανάπτυξη των φυτών σταματά. Αν η υγρασία ελαττωθεί ακόμη περισσότερο θα προκληθεί ξήρανση των φυτών και λέγεται έσχατο σημείο μάρανσης. Το σημείο αυτό μπορεί να φτάσει τα 60bar (47)

Το σημείο μόνιμης μάρανσης του πειραματικού αγρού όπου έγιναν τα πειράματα της παρούσας διατριβής δίδεται στον πίνακα 1.

4.3 Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους

Ένα έδαφος που έχει ξηραθεί 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 μέχρι 2,7gr/cm³. Το ειδικό βάρος του εδάφους μαζί με τους γεμάτους με αέρα πόρους, αναφέρεται σαν φαινόμενο ειδικό βάρος και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την υφή και τη δομή του.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος (ASW και το πραγματικό ειδικό βάρος (SWS ενός εδάφους συνδέονται με τη σχέση:

$$ASW = (1-n) SWS$$

όπου n είναι το πορώδες του εδάφους.

Επειδή το πραγματικό ειδικό βάρος είναι σχετικά σταθερό, το φαινόμενο ειδικό βάρος μικραίνει όσο το πορώδες του εδάφους μεγαλώνει. Το πορώδες των ελαφρών

εδαφών (αμμωδών) είναι μικρότερο απ' αυτά των βαρειών (αργλικών), τα πρώτα έχουν μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος από τα δεύτερα. (27)

Το φαινόμενο ειδικό βάρος του πειραματικού αγρού του αγροκτήματος δίδεται στον πίνακα 1.

4.4. Εξατμισοδιαπνοή

Ένα φυτό σε ανάπτυξη παίρνει νερό μέσο του ριζικού συστήματος από το έδαφος μαζί με τα διαλυμένα σε αυτό ανόργανα θρεπτικά συστατικά και μετά από μια διαδρομή μέσα στους ιστούς καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί και όταν τα στομάτια είναι ανοικτά με την μορφή υδρατμών το νερό κινείται προς το περιβάλλον. Νερό επίσης χάνεται από το χωράφι με την διαδικασία της εξάτμισης. Το νερό που απομακρύνεται με τις διαδικασίες αυτές αποτελεί την εξατμισοδιαπνοή (ET). (48)

Το μέγεθος και ο ρυθμός της ET είναι συνάρτηση της κινητικότητας των υδρατμών που, κατά κύριο λόγο, διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Η ET διαμορφώνεται α) από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμά της και β) από κλιματικούς παράγοντες, κυριότεροι από τους οποίους είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Κάθε σχέση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, για να είναι αξιόπιστη, πρέπει να βασίζεται στην ποσοτική εκτίμηση των παραμέτρων που έχουν σχέση με την καλλιέργεια και το κλίμα.

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας, εκφράζεται με τον όρο **ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό** και αντιπροσωπεύεται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ETc). Δηλαδή η εξατμισοδιαπνοή είναι το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια, που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης στο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται.

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας εξαρτάται απ' το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η επίδραση του κλίματος εκφράζεται απ' την **εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική (ETr)** η οποία ορίζεται σαν εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια ~ αναφοράς ή βάσης ~ που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. Σα καλλιέργεια βάσης συνήθως θεωρείται ένας

εκτεταμένος χορτοτάπητας που σκιάζει πλήρως το έδαφος και έχει ομοιόμορφο ύψος από 8 έως 15cm. Άλλοι θεωρούν σαν καλλιέργεια βάσης τη μηδική. (27)

Η διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ETc) από τη βασική εξατμισοδιαπνοή (ETr) εκφράζεται απ' το φυτικό συντελεστή (Kc) έτσι που να διαμορφώνεται η γενική σχέση:

$$ETc = Kc * ETr \text{ ή } Kc = ETc / ETr$$

Ο υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται με διαδικασίες που βασίζονται σε μετρήσιμες κλιματικές παραμέτρους. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και το είδος των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν και το τρόπο διασύνδεσής τους. Μια απ' τις μεθόδους αυτές που σήμερα χρησιμοποιείται ευρύτατα, γιατί θεωρείται ότι δίνει καλή προσέγγιση της ETr είναι η τροποποιημένη μέθοδος του Penman. Μια άλλη λιγότερο ακριβής είναι η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Cridle. Πιο πρόσφατα παρουσιάστηκε η συνδυασμένη μέθοδος Penman-Monteith. Άλλη άμεση μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής η οποία εφαρμόστηκε στην πειραματική διαδικασία είναι αυτή του εξατμισόμετρου.(48)

4.5 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού

Το πείραμα έγινε σε έδαφος καλά αποστραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλλοαργιλοπηλώδες, που ανήκει στα Inceptisols και στην υπό-ομάδα Typic Xerochrept (USDA 1975). (18)

Το έδαφος αυτό έχει κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη.

Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας xeric και εδαφικής θερμοκρασίας thermic.

Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη.

Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με καλό βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πετρώδους σύστασής του.

Το pH βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα (7,5-8,0) χωρίς όμως να αποτελεί πρόβλημα για την καλλιέργεια. (18)

Ο βαθμός οξύτητας είναι σε αλκαλικά επίπεδα (pH 7,9-8,2) αρκετά υψηλός αλλά όχι προβληματικός για την καλλιέργεια βαμβακιού.

Έχει πολύ καλά αναπτυγμένο πορώδες, αποτελούμενο κυρίως από μικρού και μέσου μεγέθους πόρους.

Η οργανική ουσία είναι σε χαμηλά επίπεδα, αλλά επαρκής μέχρι βάθος 60 cm. (18) Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Mg, K και η C.E.C. είναι σε κανονικά επίπεδα. Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίνακα 4.1

Βάθος (cm)	CaCO ₃ (cm)	Φαιν.Ειδ.Βάρος (gr/cm ³)	Υδατοϊκανότητα (%)	pH	Σημείο μόνιμης μάρανσης
0-20	5,5	1,25	20,9	7,6	11,48
20-40	6,38	1,23	21,3	7,9	11,64
40-60	5,72	1,21	21,5	7,9	11,81

Πίνακας 4.1 Υδραυλικές παράμετροι του εδάφους.

Το έδαφος με τα πιο πάνω χαρακτηριστικά θεωρείται αρκετά γόνιμο για την καλλιέργεια βαμβακιού.

Μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου εδάφους αποτελεί το γεγονός της δύσκολης κατεργασίας κατά την εποχή σποράς.

Μειωμένο ποσοστό υγρασίας κάνει δύσκολο τον 'θρυμματισμό' του εδάφους με αποτέλεσμα την δημιουργία βόλων μεγάλης διαμέτρου, που δεν βοηθούν στο φύτευμα του βαμβακιού.

Το βαμβάκι είναι ένα φυτό που φυτρώνει σχετικά δύσκολα. Αυτό γίνεται γιατί στο στάδιο του φυτρώματος πρέπει να εκπτυχθούν έξω από το έδαφος οι δύο κοτυληδόνες του φυταρίου και αν δεν υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες την εποχή της βλάστησης του σπόρου φαινόμενο αρκετά σύνηθες για την περιοχή της Θεσσαλίας δημιουργούνται διάφορα προβλήματα.

Επίσης άλλο μειονέκτημα του συγκεκριμένου εδάφους αποτελεί το γεγονός ότι αν γίνει εφαρμογή νερού με καταιονισμό για το φύτευμα του βαμβακιού τότε δημιουργείται κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους που δυσκολεύει ακόμη περισσότερο την έξοδο των φυτών από το έδαφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Περιγραφή Πειραματικού αγρού

Η εξοικονόμηση νερού είναι ουσιαστικός λόγος για ερευνητικούς σκοπούς. Οι λόγοι είναι προφανώς πολλοί και κυρίως περιβαλλοντικοί και οικονομικοί. Το παρόν πείραμα είχε ως αντικείμενο την άρδευση της καλλιέργειας βαμβακιού με σύγχρονες μεθόδους άρδευσης και την εξοικονόμηση νερού.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο την καλλιεργητική περίοδο 2003. Η καλλιέργεια που επιλέχθηκε ήταν το βαμβάκι, ένα φυτό το οποίο καλλιεργείται σε πολύ μεγάλες εκτάσεις στο θεσσαλικό χώρο, αλλά και στον ελληνικό, καταναλώνοντας τεράστιες ποσότητες νερού. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι η καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα έχει σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια σε εκτάσεις κοντά στα 4 εκ. στρ. και από αυτά τα 2 εκ. στρ. περίπου καλλιεργούνται στη Θεσσαλία. (Στοιχεία Οργανισμού Βάμβακος 2000 - ΟΠΕΚΕΠΕ).

Ο όγκος νερού που καταναλώνεται στο Θεσσαλικό κάμπο για το βαμβάκι, είναι περίπου 1.000.000.000 m³ (Στοιχεία ΥΕΒ Λάρισας). Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι μια εξοικονόμηση νερού θα είχε τεράστια οφέλη για την Θεσσαλία και το περιβάλλον γενικότερα.

Το εργαστήριο γεωργικής υδραυλικής μελέτησε την απόδοση της καλλιέργειας βαμβακιού και τα ενδιάμεσα στάδια ανάπτυξής του, χρησιμοποιώντας έξη διαφορετικές μεταχειρίσεις, με τέσσερις επαναλήψεις η κάθε μια. Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

1. Ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E1**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και άρδευση στο 100% της δόσης άρδευσης., με εύρος άρδευσης τις 10 μέρες που είναι η συνήθης καλλιεργητική πρακτική της περιοχής.

2. Ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E2**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και άρδευση στο 100% της δόσης άρδευσης.

3. Ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E3**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και άρδευση στο 80% της δόσης άρδευσης.

4. Ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E4**) με απόσταση μεταξύ των σταλακτών 40cm και παροχή σταλάκτη 1,2lt/h και άρδευση στο 100% της δόσης άρδευσης.

5. Ένα υποεπιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E5**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και άρδευση στο 100% της δόσης άρδευσης.

6. Ένα υποεπιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E6**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και άρδευση στο 80% της δόσης άρδευσης.

Στην παρούσα διατριβή έγινε σύγκριση μεταξύ των επαναλήψεων που αρδευόταν με επιφανειακή στάγδην άρδευση (**E2**) και (**E4**), οι οποίες διέφεραν ως προς την διάταξη των σταλακτήρων.

Η δόση άρδευσης μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν η ίδια.

Ο πειραματικός αγρός στον οποίο έγιναν οι έξη μεταχειρίσεις είχε διαστάσεις 66X30=1980m². Χωρίστηκε σε δύο τμήματα από ένα διάδρομο πλάτους δυο μέτρων. Κάθε τμήμα φιλοξενούσε 12 πειραματικά τεμάχια.

Κάθε πειραματικό απείχε από το διπλανό του 1,5-2m, και είχε διαστάσεις 15m x 4m. Οι σειρές του βαμβακιού σε κάθε πειραματικό, απείχαν μεταξύ τους 0,95m σύμφωνα με την συνήθη καλλιεργητική πρακτική.

Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 39° 23' και μήκος 22° 45'.

Η καλλιέργεια αναπτύχθηκε το καλοκαίρι του 2003 και έγινε σύμφωνα με τις συνήθειες καλλιεργητικές τεχνικές.

Η δόση άρδευσης καθορίστηκε σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή και υπολογίστηκε με τη μέθοδο του εξατμισόμετρου τύπου A.

Χρησιμοποιήθηκε τυχαίοποιημένο σχέδιο συγκροτημάτων με έξη μεταχειρίσεις και τέσσερις επαναλήψεις. Η τυχαίοποίηση έγινε με τη μέθοδο των στατιστικών πινάκων.

Το εύρος άρδευσης καθορίστηκε να είναι μικρό, ανάλογα βέβαια με την εξάτμιση και την βροχόπτωση, ώστε το ριζικό σύστημα των φυτών να βρίσκεται κάθε ημέρα σε επιθυμητά επίπεδα υγρασίας.

Ο σταλακτηφόρος σωλήνας ήταν της εταιρίας Netafilm από πολυαιθυλένιο, αυτορυθμιζόμενος και αυτοκαθαριζόμενος, στροβιλώδους ροής.

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε κάθε δεύτερη γραμμή, έτσι ώστε ο καθένας να αρδεύει δύο γραμμές φυτών.

Κάθε επανάληψη είχε τέσσερις σειρές βαμβακιού και οι μετρήσεις γινόταν από τις δύο μεσαίες σειρές για τη μείωση του πειραματικού σφάλματος απ' τα διπλανά πειραματικά τεμάχια που αρδεύονταν με διαφορετικό τρόπο..

Σε εβδομαδιαία βάση γινόταν μετρήσεις, που αφορούσαν το ύψος των φυτών και τον αριθμό των καρποφόρων οργάνων.

Οι μετρήσεις του ύψους γινόταν από τις δυο μεσαίες σειρές, από τυχαία φυτά. Πιο συγκεκριμένα καταγραφόταν το ύψος τεσσάρων φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Η απόδοση (παραγωγή) υπολογίστηκε από τις δυο μεσαίες σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Η συλλογή έγινε μαζεύοντας το βαμβάκι με τα χέρια από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Το σύσπορο βαμβάκι ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας στο εργαστήριο του αγροκτήματος, αφού πρώτα μειώθηκε η υγρασία του μετά από φυσιολογική ξήρανση, δηλαδή 'άπλωμα' στο εργαστήριο για 48 ώρες.

Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STAT GRAPHICS και η ανάλυση έγινε με την μέθοδο του T-test για τον υπολογισμό των στατιστικών διαφορών.

5.2 Κατεργασία αγρού

Η κατεργασία του πειραματικού αγρού ξεκίνησε στα τέλη της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου.

Ακολουθήθηκαν οι συνήθειες γεωργικές πρακτικές. Αυτές αφορούσαν τις εξής εργασίες:

Στα τέλη Φεβρουαρίου έγινε υπεδαφοκαλλιέργεια σε βάθος 70 cm για να σπάσει το σκληρό στρώμα κάτω από το βάθος οργώματος, και ισοπέδωση του εδάφους. Στα μέσα Ιανουαρίου Έγινε όργωμα μια πολύ σημαντική καλλιεργητική φροντίδα, με αναστρεφόμενο άροτρο σε βάθος 20 cm.. Μετά το όργωμα έγινε καλλιέργεια με καλλιεργητή, σε μικρό βάθος για να στρώσουν οι ανωμαλίες από το όργωμα και να καταστραφούν τα ζιζάνια. Υπήρχαν υπολείμματα προηγούμενης καλλιέργειας βαμβακιού τα οποία ενσωματώθηκαν στο έδαφος. Αυτή η αναμόχλευση του εδάφους συνετέλεσε στον καλύτερο αερισμό και τον τεμαχισμό του εδάφους.

Την πρώτη εβδομάδα του Απριλίου έγινε κατεργασία με δισκοσβάρνα και ακολούθησε και άλλη επέμβαση μετά από 10 ημέρες.

Στο δεύτερο δεκαήμερο του Απρίλη έγινε μια ‘ελαφρού τύπου’ ισοπέδωση του εδάφους, για να αποφευχθούν οι επιφανειακές ανωμαλίες.

Στις αρχές Μαΐου έγινε πάλι κατεργασία με δισκοσβάρνα και αφού το έδαφος προετοιμάστηκε ώστε να δεχθεί τον σπόρο ακολούθησε η σπορά.

5.3 Σπορά

Η σπορά έγινε στις 10 Μαΐου με σπαρτική πνευματική μηχανή ακριβείας. Το βάθος σποράς ήταν 4 cm, ώστε να εκμεταλλευτεί ο σπόρος την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους και να φυτρώσει φυσιολογικά και αν ακολουθήσει πότισμα να μην δημιουργηθούν προβλήματα.

Τοποθετήθηκαν 22 σπόροι ανά τρέχον μέτρο με στόχο, τα φυτά τα οποία θα μείνουν να είναι 14-16. Αυτό συμβαίνει επειδή πάντα υπάρχουν φυσιολογικές απώλειες φυτών κατά το φύτρωμα των βαμβακόφυτων

5.4 Επιλογή ποικιλίας

Η ποικιλία που επιλέχθηκε ήταν η ΟΠΑΛ του διεθνούς φήμης οίκου DEITA PINE. Πρόκειται για μια σχετικά νέα ποικιλία με πολύ καλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά βαμβακιού.

Χαρακτηριστικό της ποικιλίας ΟΠΑΛ είναι οι πολύ καλές αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι.

Η συγκεκριμένη ποικιλία καλλιεργείται στη Θεσσαλία σε αρκετά μεγάλες εκτάσεις.

Άλλο χαρακτηριστικό είναι το βαθύ ριζικό σύστημα του φυτού, το έντονα πράσινο χρώμα και η μεγάλη ανάπτυξη.

Ακόμη η ποικιλία ΟΠΑΛ είναι σχετικά μεγάλου κύκλου και θεωρείται σχετικά όψιμη. Η έντονη φιλική της επιφάνεια επιδέχεται τη χρήση αποφυλωτικού για πιο γρήγορο άνοιγμα των καψών.

Επιπλέον χαρακτηριστικό είναι η αντοχή στην έλλειψη νερού καθώς το βαθύ ριζικό σύστημα βοηθάει στην απορρόφηση νερού από πιο βαθιά σημεία του εδάφους.

Επίσης είναι ποικιλία ανθεκτική στην αδρομύκωση.

5.5 Πειραματικά τεμάχια

Στο συγκεκριμένο πείραμα της παρούσας διατριβής εφαρμόστηκαν δυο διαφορετικές μεταχειρίσεις.

Η πρώτη μεταχείριση (E2) αρδεύονταν με εύρος άρδευσης κάθε δύο ημέρες και με δόση άρδευσης στο 100% ανάλογα με την εξατμισοδιαπνοή με ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης, με απόσταση μεταξύ των σταλακτών 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h.

Η δεύτερη μεταχείριση (E4) διέφερε στην διάταξη και την παροχή σταλακτών, ήτοι απόσταση μεταξύ των σταλακτών 40cm και παροχή σταλάκτη 1.2lt/h με την ίδια δόση και το ίδιο εύρος άρδευσης, όπως και στην προηγούμενη μεταχείριση.

Οι ανάγκες των φυτών προσδιοριζόταν από το εξατμισόμετρο τύπου A, που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος.

Για κάθε μεταχείριση έγιναν τέσσερις επαναλήψεις, δηλαδή κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από τέσσερα πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 15 x 4m.

Κάθε επανάληψη είχε τέσσερις σειρές βαμβακιού και οι μετρήσεις γινόταν από τις δύο μεσαίες σειρές για τη μείωση του πειραματικού σφάλματος απ τα διπλανά πειραματικά τεμάχια που αρδεύονταν με διαφορετικό τρόπο..

Σε εβδομαδιαία βάση γινόταν μετρήσεις, που αφορούσαν το ύψος των φυτών και τον αριθμό των καρποφόρων οργάνων.

Οι μετρήσεις του ύψους γινόταν από τις δυο μεσαίες σειρές, από τυχαία φυτά. Πιο συγκεκριμένα καταγραφόταν το ύψος τεσσάρων φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Η απόδοση (παραγωγή) υπολογίστηκε από τις δυο μεσαίες σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Η συλλογή έγινε μαζεύοντας το βαμβάκι με τα χέρια από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Το σύσπορο βαμβάκι ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας στο εργαστήριο του αγροκτήματος, αφού πρώτα μειώθηκε η υγρασία του μετά από φυσιολογική ξήρανση, δηλαδή 'άπλωμα' στο εργαστήριο για 48 ώρες.

Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STATGRAPHICS και η ανάλυση έγινε με την μέθοδο του T-test για τον υπολογισμό των στατιστικών διαφορών.

5.6 Υλικά άρδευσης

Το νερό άρδευσης ήταν συγκεντρωμένο σε δεξαμενή όγκου 65m³. Η δεξαμενή γέμιζε από την κεντρική γεώτρηση του Αγροκτήματος, σε καθημερινή βάση ώστε να υπάρχει πάντα επάρκεια νερού.

Από τη δεξαμενή με την βοήθεια φυγόκεντρης αντλίας προσαρμοσμένη σε ηλεκτροκινητήρα ισχύος 3Hp, το νερό διαμέσου πιεστικού δοχείου και με αγωγή μεταφοράς από πολυαιθυλένιο (PE) διατομής 32mm, έφτανε στην κεφαλή του συστήματος.

Το πιεστικό με την αντλία ήταν εφοδιασμένα με αυτοματισμό λειτουργίας ώστε όταν η πίεση στο πιεστικό έπεφτε κάτω από 1atm τότε ο ηλεκτροκινητήρας ξεκινούσε αυτόματα την λειτουργία του.

Η χρήση πιεστικού κρίθηκε απαραίτητη για να υπάρχει σταθερή πίεση η οποία εξασφαλίζει σωστή λειτουργία των ηλεκτροβανών και σταθερή παροχή στους σταλάκτες, ώστε να παρέχεται η προβλεπόμενη δόση άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες για να λειτουργήσουν σωστά χρειάζονται πίεση τουλάχιστον 1atm. Το πιεστικό παρείχε σταθερή πίεση ροής 5atm. Το πιεστικό δοχείο επιπλέον εξυπηρετεί και τον αυτοματισμό λειτουργίας του συστήματος καθώς όταν οι ηλεκτροβάνες είναι κλειστές ο ηλεκτροκινητήρας έπρεπε να είναι σταματημένος ενώ όταν ανοίγει μια



ηλεκτροβάνα ο ηλεκτροκινητήρας έπρεπε αυτόματα να τίθεται σε λειτουργία. Η σύνθετη αυτή διαδικασία αυτοματοποιείτε πλήρως με την τοποθέτηση του πιεστικού.

Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο το οποίο είχε 4 σειρές βαμβακιού τοποθετήθηκαν από δύο σωλήνες άρδευσης ώστε κάθε σωλήνας να αρδεύει δυο σειρές βαμβακιού. Οι σωλήνες άρδευσης ήταν από πολυαιθυλένιο διαμέτρου 20mm, εκτός από την μεταχείριση (E4) η οποία αρδευόταν με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 16mm. Οι σταλάκτες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι με πίεση λειτουργίας τουλάχιστον 1atm.

5.7 Αυτοματισμοί τη άρδευσης

Η κεφαλή του συστήματος περιλαμβάνει ένα προγραμματιστή άρδευσης Miracle AC 6.

Φωτογραφία 2. 0 προγραμματιστής άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.



Ο προγραμματιστής συνδεδεμένος με έξι ηλεκτροβάνες προγραμματίζει το εύρος και το χρόνο άρδευσης της κάθε μεταχείρισης.

Φωτογραφία 3. Η μονάδα ελέγχου όπως ήταν τοποθετημένη στον πειραματικό αγρό στο Βελεστίνο όπου φαίνονται ο προγραμματιστής, οι ηλεκτοβάνες με τους υδρομετρητές και το φίλτρο σίας.



Ο προγραμματιστής παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας τεσσάρων ηλεκτροβανών ταυτόχρονα, με τρία διαφορετικά προγράμματα και αποτελούνται από την οθόνη προγραμματισμού, τα πλήκτρα εντολών (καθορισμός ημέρας, ώρας, δόση άρδευσης και διάρκεια άρδευσης), την μπαταρία λιθίου, τον πίνακα ελέγχου ενώ στην συνέχεια συνδεόταν με τις ηλεκτροβάνες. Ειδικότερα είχε την δυνατότητα της συνεχούς άρδευσης για 9h 59min. Μπορούσε να προγραμματιστεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης, είχε την ικανότητα καθυστέρησης της άρδευσης έως και 99 ημέρες, μπορούσε να μειώσει ή να αυξήσει τις δόσεις άρδευσης μέχρι ποσοστού 100% σε βήματα του 10%, έδινε την δυνατότητα της ανεξάρτητης ακύρωσης ενός ή περισσότερων προγραμμάτων με την αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα. Επίσης σε περίπτωση βλαβών, προσπερνά την προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση στην επόμενη χωρίς την διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής βάνας και τέλος διέθετε πρόγραμμα ασφαλείας 10atm για την κάθε ημέρα.

Κάθε ηλεκτροβάνα χρησίμευε για την άρδευση μιας μεταχειρίσις, με μια συγκεκριμένη δόση άρδευσης, με εφαρμογή σε τέσσερα πειραματικά τεμάχια. Από την ηλεκτροβάνα και με σωλήνα (PE) διαμέτρου 20mm το νερό έφτανε στα πειραματικά τεμάχια. Εκεί διακλαδιζότανε και άρδευε τις σειρές του βαμβακιού.

Στη συνέχεια υπήρχε ένας υδρομετρητής μετά από κάθε ηλεκτροβάνα ώστε να προσμετράτε η ποσότητα του νερού σε κάθε τεμάχιο και να γίνεται γνωστό αν αρδεύτηκε το κάθε ένα με τη σωστή ποσότητα νερού.

Συνολικά εφαρμόστηκαν 19 αρδεύσεις με στάγδην άρδευση με συνολική ποσότητα νερού 352.30mm στις μεταχειρίσεις που αρδευόταν στο 100% της δόσης άρδευσης και 285.22mm στις μεταχειρίσεις που αρδευόταν στο 80% της δόσης άρδευσης.

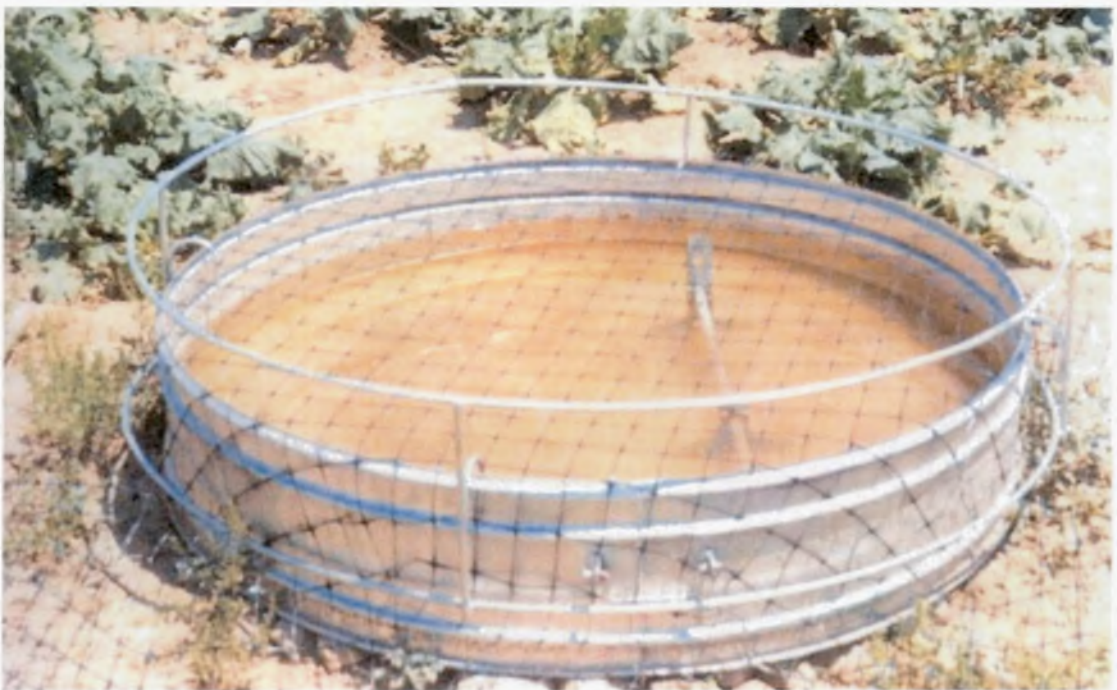
5.8 Μέθοδος του εξατμισόμετρου

Οι Doorknobs and Pruitt, 1977 παρουσίασαν μια μέθοδο υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (ET_r) χορτοτάπητα, χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις εξάτμισης από εξατμισόμετρο λεκάνης τύπου A, E_p και συντελεστών εξατμισιμέτρου k_p. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται σαν **Μέθοδος του εξατμισιμέτρου κατά FAO-24**.

Με μοντέλα που βασίζονται σε μετρήσεις εξατμισιμέτρων, μετριέται η εξάτμιση από σταθερές επιφάνειες γνωστών διαστάσεων και συσχετίζεται με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή με έναν συντελεστή. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην υπόθεση ότι η ET ελέγχεται αποκλειστικά από την ατμόσφαιρα. Μια τέτοια είναι αυτή του εξατμισιμέτρου λεκάνης.

Εξαιτίας της απλότητάς τους τα εξατμισόμετρα λεκάνης χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία σχεδίων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και περιλαμβάνουν 'βυθισμένα' ή 'πάνω στο έδαφος' εξατμισόμετρα λεκάνης. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι τα εξατμισόμετρα λεκάνης τύπου A.

Φωτογραφία 1. Το εξατμισόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.



Η εξάτμιση E_p , αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα της ατμόσφαιρας να εξάγει νερό από ένα εξατμισίμετρο συγκεκριμένης μορφής, μεγέθους και χρώματος στο δεδομένο περιβάλλον. Γι' αυτό οι ρυθμοί εξάτμισης σε μια δεδομένη τοποθεσία αναμένονται να είναι διαφορετικοί.

Τα βυθισμένα στο έδαφος εξατμισίμετρα δίνουν χαμηλότερη εξάτμιση από αυτά που είναι πάνω στο έδαφος.

Η τοποθέτηση του σε κάποιο σημείο είναι κρίσιμο στοιχείο καθώς η περιβάλλουσα περιοχή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Η έκθεση ενός εξατμισίμετρου λεκάνης είναι επίσης σημαντική. Ο λόγος E_p προς την υπολογιζόμενη E_T κυμαίνεται από 0,6 έως 2 ανάλογα με την έκθεση του εξατμισίμετρου. Οι μικρότερες τιμές συμβαίνουν όταν είναι εν' μέρει σκιασμένο ή είναι τοποθετημένο μέσα σ' ένα αρδευόμενο χωράφι. (27)

Η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη πρέπει να διατηρείται σε απόσταση 5 έως 7,5cm κάτω απ' το άνω χείλος του.

Το νερό πρέπει να διατηρείται καθαρό και να μην είναι δυνατή η πρόσβαση στα πουλιά και στα ζώα.

Για να μην αναπτύσσονται μύκητες και διάφορα άλγη απαιτείται η χρήση γαλαζόπετρας σε πολύ μικρή δόση και για προστασία του εξατμισίμετρου καλύπτεται από μεταλλικό πλέγμα. Όταν χρησιμοποιείται πλέγμα η εξάτμιση ελαττώνεται. Οι Cambdell και Rhene 1976, βρήκαν ότι η εξάτμιση ελαττώνεται κατά 13% με τη χρήση πλέγματος.

Τα δεδομένα των εξατμισίμετρων λεκάνης, έχει γίνει προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη δύο κυρίως προβλημάτων. Το πρώτο είναι η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από μια καλά αρδευόμενη φυτοκαλυμμένη επιφάνεια και το δεύτερο, ο προσδιορισμός της εξάτμισης από λίμνη.

Σα φυσικό φαινόμενο η εξάτμιση απ' οποιουδήποτε τύπου εξατμισίμετρο είναι αρκετά διαφορετική από την εξατμισοδιαπνοή από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια. Οι Rosenberg και Powers 1970, παρατήρησαν στη διάρκεια πέντε ημερών, εξατμισοδιαπνοή από λυσίμετρο της τάξης του 51,9mm ενώ τα εξατμισίμετρα λεκάνης τύπου A έχασαν μόνο 45,7mm. Αντίθετα οι Pruitt και Lourence 1968, παρατήρησαν ότι ο λόγος της εξατμισοδιαπνοής από γρασίδι, προς την εξάτμιση απ' το εξατμισίμετρο λεκάνης ελαττώθηκε με δυνατούς, θερμούς και ξηρούς ανέμους.

Παρόλο αυτά τα πειράματα στα χωράφια έχουν δείξει ότι για μακρές χρονικές περιόδους υπάρχει υψηλή συσχέτιση από την περιβάλλουσα καλλιέργεια υπό συνθήκες πλήρους κάλυψης και πλήρους παροχής νερού.

Στις υγρές περιοχές τα εξατμισόμετρα μπορούν να οδηγήσουν σε ρεαλιστικές εκτιμήσεις της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Παράδειγμα μιας τέτοιας συσχέτισης μηνιαίων δεδομένων εξατμισοδιαπνοής πάνω από γρασίδι και εξάτμισης από εξατμισόμετρα λεκάνης από διάφορες τοποθεσίες δίνεται απ' τον Pruitt 1966 και $K_p = 0,8$. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλοί συντελεστές K_p .

Όλα αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν μια σημαντική μεταβολή ανάλογα με το τύπο της καλλιέργειας, το περιβάλλον του εξατμισόμετρου και τις κλιματικές συνθήκες. Γι' αυτό η βαθμονόμηση και η χρήση ενός πρότυπου εξατμισόμετρου είναι στοιχεία απαραίτητα για να καταστούν τα δεδομένα των εξατμισομέτρων χρήσιμα στην εκτίμηση της μέσης δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Τυπικές τιμές των συντελεστών K_p είναι περίπου 0,8 για το εξατμισόμετρο λεκάνης τύπου Colorado και 0,7 για το τύπου A. Όταν ο συντελεστής είναι γνωστός γενικά τα μεγαλύτερα κι αυτά που είναι εγκατεστημένα στο έδαφος είναι τα πιο αξιόπιστα. Όμως ειδικότερα στα μικρότερα ο συντελεστής εξαρτάται όχι μόνο απ' τον τύπο του εξατμισομέτρου, αλλά επίσης από το πόσο εκτεθειμένο είναι, όπως και από τις κλιματολογικές συνθήκες.

5.9 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

α) Το φυτικό είδος

Τα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την περίοδο ανάπτυξης, την πυκνότητα του φυλλώματος, το ύψος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος.

β) Η ανακλαστικότητα της καλλιέργειας

Η ανακλαστικότητα (albedo), μιας καλλιέργειας καθορίζει το μέρος εκείνο της ηλιακής ακτινοβολίας (R_s) που μετατρέπεται σε καθαρή ηλιακή ακτινοβολία (R_{ns}) και απορροφάται από τις επιφάνειες που το δέχονται. Για χαμηλές πυκνοφυτεμένες καλλιέργειες κυμαίνεται από 20-25%, ενώ για το έδαφος ανάλογα με την σύσταση και τη περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται από 11 -23%.(43)

γ) Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια

Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό φυτοκάλυψης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που απορροφάται και είναι διαθέσιμη για εξάτμιση και διαπνοή. Όταν η επιφάνεια του εδάφους ξηραθεί, η εξατμισοδιαπνοή καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό της από την διαπνοή. Σήμερα γίνεται δεκτό ότι υπάρχει πλήρης κάλυψη του εδάφους (ποσοστό φυτοκάλυψης >70%) από την καλλιέργεια, όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, LAI, είναι μεγαλύτερος του 3.(27)

δ) Το ύψος της καλλιέργειας και η τραχύτητα του φυλλώματος

Σε γενικές γραμμές οι υψηλές καλλιέργειες παρουσιάζουν πιο έντονη ET από ότι οι χαμηλές, λόγω του γεγονότος ότι δέχονται περισσότερη έμμεση ανοδική ακτινοβολία από το έδαφος και λόγω της αεροδυναμικής κατάστασης της ατμόσφαιρας στην περιοχή του φυλλώματος. Η τραχύτητα των φυτικών επιφανειών έχει άμεση επίπτωση στην μεταφορά των υδρατμών και όχι μόνο.

ε) Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος

Η κάλυψη της ζήτησης για ET μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα όταν τα φυτά έχουν πυκνό και βαθύ ριζικό σύστημα, λόγω της αυξημένης επιφάνειας επαφής των ριζών με το έδαφος. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης ποικιλιών γενετικά βελτιωμένων, που να διαθέτουν βαθύ ριζικό σύστημα.

στ) Το στάδιο ανάπτυξης καλλιέργειας

Στις ετήσιες καλλιέργειες διακρίνουμε τέσσερα βασικά στάδια:

- ✓ Στάδιο εγκατάστασης (έδαφος σχεδόν γυμνό)
- ✓ Στάδιο ανάπτυξης
- ✓ Στάδιο ανθοφορίας
- ✓ Στάδιο ωρίμανσης και συγκομιδής

5.10 Καθαρές και ολικές σε νερό ανάγκες των καλλιεργειών

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET προσδιορίζει το νερό που χρειάζονται οι διάφορες καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοσή τους. Στη φύση το

νερό αυτό προέρχεται απ' τη βροχή, την υγρασία που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος στη ζώνη του ριζοστρώματος και το υπόγειο νερό.

Απ' τη βροχή που πέφτει σ' ένα χωράφι, μέρος της μπορεί να χαθεί με επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Εκείνο που μένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Γενικά η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει σχετικά μικρό ποσοστό μιας βροχής, που έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση.

Το υπόγειο νερό συμβάλλει στην κάλυψη των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Αυτό εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη και απ' τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους. Στα συνεκτικά εδάφη το νερό μπορεί να φτάσει πολύ ψηλά πάνω απ' την υπόγεια στάθμη με βραδύ όμως ρυθμό ενώ στα ελαφρά εδάφη το ύψος ανόδου του νερού είναι μεν μικρό αλλά ο ρυθμός είναι ταχύς.

Σε περίπτωση που οι παραπάνω πηγές δεν είναι επαρκείς για να καλύψουν την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση. Έτσι οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες I_n μπορούν να υπολογιστούν με τη σχέση:

$$I_n = ET_c - (P_e + GW + SM)$$

όπου ET_c η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, P_e η ωφέλιμη βροχή, GW η συμβολή του υπόγειου νερού και SM το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος. (43)

Πέρα απ' τις καθαρές σε νερό ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν με άρδευση, πρόσθετες ποσότητες νερού χρειάζονται για την έκλυση των αλάτων που συγκεντρώνονται στο ριζόστρωμα σαν συνέπεια της άρδευσης.

5.11 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών

Για τον υπολογισμό της άρδευσης με σταγόνα χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τρόποι, ο θεωρητικός και ο πρακτικός (εξατμισόμετρο).

Ο θεωρητικός τρόπος περιλαμβάνει τους παρακάτω υπολογισμούς:

Υπολογισμός της **θεωρητικής δόσης άρδευσης (I_d)**:

$$I_d(\text{mm}) = (FC - PWP) * h * c * ASW / 10 \quad (\text{σχέση 1})$$

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= Φαινομενικό ειδικό βάρος= 1,232gm⁻³

Επομένως Id=64,67mm.

Εν συνεχεία υπολογίζεται **η πρακτική δόση άρδευσης (Ida)**

Ida (mm)= Id /0,95 (σχέση 2)

όπου 0,95 το ποσοστό ωφελιμότητας του νερού άρδευσης.

Επομένως **Ida = 68mm**

Το ωριαίο ύψος βροχής (Idh) υπολογίζεται από την πιο κάτω σχέση.

Idh= q*n/Sr*St (σχέση 3)

Όπου

q= παροχή σταλάκτη (q1= 2,3 l/h, q2= 1,2 l/h)

Sr= ισαποχή των γραμμών σποράς = 0.95mm

St= ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς = 0,07m

και **n= ο αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό**

n = St/2 *Se (σχέση 4)

όπου

Se= ισαποχή σταλακτήρων (Se1= 0.8m, Se2=0,4m)

Ο αριθμός 2 αναφέρεται στην τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής (σειρά παρά σειρά) Επομένως (**n1 =0,044, n2=0,09**)

και **Idh=1,51 mm/h** ίσο και στις δυο περιπτώσεις

Η διάρκεια άρδευσης (It) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$It(h) = I_{da}/I_{dh}$$

(σχέση 5)

Άρα **It = 49,03h**

Για τον υπολογισμό του εύρους άρδευσης χρησιμοποιούμε την σχέση

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

Όπου:

E_{td} = μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm)

Εάν αυτή για παράδειγμα θεωρηθεί ίση 8mm τότε το εύρος άρδευσης υπολογίζεται ίσο με **8 ημέρες**.

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πειραματική διαδικασία διότι αφ' ενός η ημερήσια εξάτμιση κατά την διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή και αφετέρου διότι απαιτείται μεγάλη διάρκεια χρόνου άρδευσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του εξατμισόμετρου, η οποία είναι πιο άμεση για την μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής και κατά συνέπεια και της δόσης άρδευσης. Με την πιο πάνω μέθοδο προσδιορίστηκε η θεωρητική δόση άρδευσης την οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει κανείς όταν εφαρμόζει την μέθοδο του εξατμισόμετρου.

5.12 Εφαρμογή αρχικής άρδευσης με καρούλι

Η άρδευση με το «καρούλι» έγινε στα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας μέχρι την εμφάνιση των πρώτων λουλουδιών την 1 Ιουλίου.

Η επιφανειακή άρδευση με καταιονισμό στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού είναι προτιμότερη αυτής με στάγδην άρδευση. Επίσης βοήθησε και για τις ανάγκες του πειράματος ώστε οι μεταξύ τους μεταχειρίσεις (οι μεταχειρίσεις E5 και E6 που είναι υπόγειες δεν θα μπορούσαν να αρδευτούν με τον πειραματικό τρόπο άρδευσης αφού το ριζικό τους σύστημα δε θα έφτανε τον υπόγειο αγωγό) να παρουσιάζουν ομοιομορφία και έτσι να μειώνεται το πειραματικό σφάλμα. Με τον καταιονισμό το έδαφος φτάνει σε κατάσταση υδατοϊκανότητας και αμέσως μετά εφαρμόζεται η στάγδην άρδευση

Η άρδευση με το καρούλι εφαρμόστηκε και στο φύτευμα . Το καρούλι ήταν αυτοκινούμενο με σύστημα ενός εκτοξευτήρα. Η παροχή του εκτοξευτήρα

μετρήθηκε στα $35\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ σε πίεση λειτουργίας 4,5 Atm και ωριαίου ύψους βροχής τα 18mm h^{-1}

5.13 Υπολογισμοί εξατμισοδιαπνοής

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γινόταν σε καθημερινή βάση λαμβάνοντας μετρήσεις από το εξατμισόμετρο τύπου A που ήταν τοποθετημένο δίπλα στον πειραματικό αγρό.

Από τις τιμές του εξατμισόμετρου διαμορφωνόταν οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής.

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί υπάρχουν οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής από την 1^η Ιουνίου έως αρχές Σεπτεμβρίου.

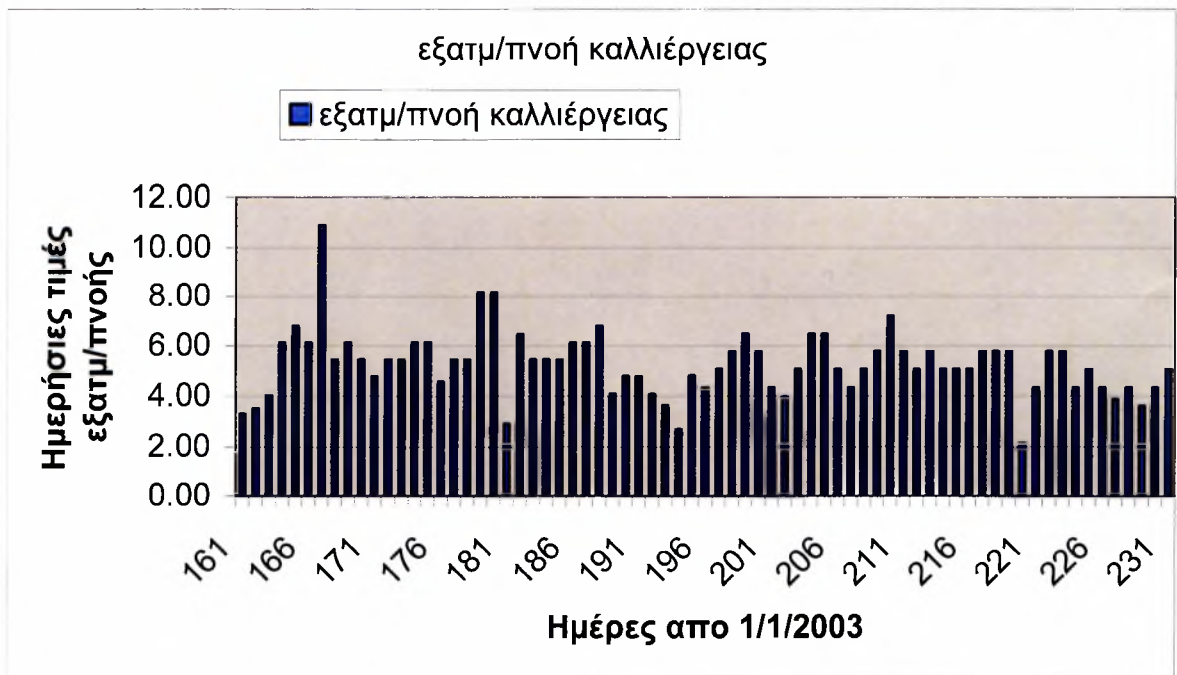
Πίνακας 5.1 Ημερήσια εξάτμιση σε mm/day

Ημερ/νία	Εξάτμιση σε mm/day
10/6/03	8.5
11/6/03	8
12/6/03	8
13/6/03	8
14/6/03	8.5
15/6/03	12.5
16/6/03	7.5
17/6/03	9.5
18/6/03	8.5
19/6/03	0
20/6/03	4
21/6/03	7.5
22/6/03	8.5
23/6/03	9
24/6/03	8
25/6/03	4
26/6/03	8
27/6/03	4
28/6/03	-3.5
29/6/03	7.5
30/6/03	8
1/7/03	6
2/7/03	9
3/7/03	10
4/7/03	9
5/7/03	16
6/7/03	8

7/7/03	9
8/7/03	8
9/7/03	7
10/7/03	8
11/7/03	8
12/7/03	9
13/7/03	9
14/7/03	4
15/7/03	8
16/7/03	8
17/7/03	12
18/7/03	12
19/7/03	-11
20/7/03	7
21/7/03	8
22/7/03	8
23/7/03	8
24/7/03	9
25/7/03	9
26/7/03	10
27/7/03	6
28/7/03	7
29/7/03	7
30/7/03	6
31/7/03	3
1/8/03	1.5
2/8/03	3
3/8/03	6
4/8/03	7
5/8/03	8
6/8/03	9
7/8/03	8
8/8/03	6
9/8/03	5.5
10/8/03	7
11/8/03	9
12/8/03	9
13/8/03	7
14/8/03	6
15/8/03	7
16/8/03	8
17/8/03	10
18/8/03	8
19/8/03	7
20/8/03	8
21/8/03	7
22/8/03	7
23/8/03	7
24/8/03	8
25/8/03	8
26/8/03	8
27/8/03	3

28/8/03	6
29/8/03	8
30/8/03	8
31/8/03	6
1/9/03	7
2/9/03	6
3/9/03	3
4/9/03	6
5/9/03	5
6/9/03	6
7/9/03	7
8/9/03	

Στο σχήμα 1 απεικονίζονται οι ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής του βαμβακιού κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2003 όπως διαμορφώθηκαν από τις καιρικές συνθήκες



5.14 Δόση και εύρος άρδευσης με βάση το εξατμισόμετρο

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

$$E_{Tr} = K_p * E_p$$

(σχέση 6)

Όπου:

ETr είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και

Er η εξάτμιση σε mm d⁻¹ και

Kp ο συντελεστής του εξατμισόμετρου 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 Kp είναι ίση με 0,80.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή **ETc**, υπολογίζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

και τον φυτικό συντελεστή **Kc** με τη σχέση:

$$ETc = Kc * ETr$$

Όπου:

ETc είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας σε mm και

Kc ο φυτικός συντελεστής ο οποίος για το βαμβάκι είναι:

Για το μήνα Μάιο: 0,32

Για το μήνα Ιούνιο 0,55

Για το μήνα Ιούλιο 0,85

Για το μήνα Αύγουστο 0,90 (28)

Στις δύο μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν ποσότητες νερού για την πλήρη κάλυψη της εξατμισοδιαπνοής, η οποία καθορίστηκε με την μέθοδο του εξατμισόμετρου τύπου A. Η μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής και η άρδευση γινόταν σύμφωνα με τις ανάγκες των φυτών. Οι μετρήσεις της εξάτμισης του νερού γινόταν καθημερινά.

Το ωριαίο ύψος βροχής Idh από τη σχέση:

$$Idh = q * n / Sr * St \quad \text{(σχέση 3)}$$

όπου:

q η παροχή του σταλάκτη η οποία είναι ίση με **2,3 lt/h** για τη μεταχείριση (E2) και **1,2 lt/h** για τη μεταχείριση (E4),

n ο αριθμός των σταλακτήρων ανά φυτό

Sr είναι η απόσταση μεταξύ δυο σειρών καλλιέργειας και είναι ίση με **0,95m** και **St** είναι η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών φυτών πάνω στη σειρά και είναι ίση με **0,07m**

Ο αριθμός των σταλακτήρων ανά φυτό **n** προκύπτει από τη σχέση:

$$n = St/2Se \quad (\text{σχέση 4})$$

όπου: **Se** είναι η των σταλακτήρων ίση με **0,8m** για τη μεταχείριση E2, και **0,4m** για τη μεταχείριση E4

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι **n1 = 0,044** για τη μεταχείριση E2 και **n2=0,09** για τη μεταχείριση E4

Το ωριαίο ύψος βροχής **Idh1=1,52mm/h** για **n1 = 0,044** και παροχή σταλάκτη **q1=2,3lt/h** **Idh2=1,52mm/h** για **n2=0,09** και παροχή **q2=1,2lt/h**

Για τον της χρονικής διάρκειας της άρδευσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$It = Ida / Idh \quad (\text{σχέση 9})$$

9)

όπου

It = διάρκεια άρδευσης σε h

Ida= πρακτική δόση άρδευσης αντίστοιχη της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (mm)

Idh= το ωριαίο ύψος βροχής

Η δόση άρδευσης **Ida** επομένως είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή η οποία καθορίζεται με την μέθοδο του εξατμισόμετρου.

Εκείνο που προέχει είναι το άθροισμα των ημερήσιων ενδείξεων του εξατμισόμετρου να μην ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή για ένα σύνολο ημερών. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η υγρασία του εδάφους να πλησιάζει την τιμή του σημείου μάρανσης, κάτι το οποίο θα ήταν καταστροφικό για την καλλιέργεια.

Με τον τρόπο υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής και στη συνέχεια της διάρκειας άρδευσης υπολογίστηκαν οι ανάγκες της καλλιέργειας για το 100% της

δόσης άρδευσης η οποία αφορούσε το επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης δηλαδή τις μεταχειρίσεις E2, E4.

Για πιο εύκολους και γρήγορους υπολογισμούς δημιουργήθηκε οι πίνακας 5.3 ο οποίος περιέχει τις δόσεις άρδευσης και τον αντίστοιχο χρόνο άρδευσης για τις διάφορες τιμές εξάτμισης E_p (mm/day), για τους δυο μήνες που εφαρμόζεται η άρδευση Ιούλιο και Αύγουστο. Πίνακας 5.2 Στοιχεία και τιμές των παραμέτρων

Μεταχειρίσεις	E2	E4
q(l/h)	2,3	1,2
Se(cm)	80	40
St(cm)	7	7
Sr(m)	0,95	0,95
n	0,044	0,088
Idh(mm/h)	1,52	1,52

Ερ(mm/day)	Δόση Άρδευση(mm)	Διάρκεια 100%(hr)	Ερ(mm/day)	Δόση Άρδευση(mm)	Διάρκεια 100%(hr)
	0.68	0.44	1	0.72	0.47
	1.36	0.89	2	1.44	0.95
	2.04	1.34	3	2.16	1.42
	2.72	1.79	4	2.88	1.89
	3.4	2.24	5	3.6	2.37
	4.08	2.68	6	4.32	2.84
	4.76	3.13	7	5.04	3.32
	5.44	3.58	8	5.76	3.79
	6.12	4.03	9	6.48	4.26
	6.8	4.47	10	7.2	4.74
	7.48	4.92	11	7.92	5.21
	8.16	5.37	12	8.64	5.68
	8.84	5.82	13	9.36	6.16
	9.52	6.26	14	10.08	6.63
	10.2	6.71	15	10.8	7.11
	10.88	7.16	16	11.52	7.58
	11.56	7.6	17	12.24	8.05
	12.24	8.05	18	12.96	8.53
	12.92	8.5	19	13.68	9
	13.6	8.95	20	14.4	9.47
	14.28	9.39	21	15.12	9.95
	14.96	9.84	22	15.84	10.42
	15.64	10.29	23	16.56	10.89
	16.32	10.74	24	17.28	11.37
	17	11.18	25	18	11.84
	17.68	11.63	26	18.72	12.32
	18.36	12.08	27	19.44	12.79
	19.04	12.53	28	20.16	13.26
	19.72	12.97	29	20.88	13.74
	20.4	13.42	30	21.6	14.21
	21.08	13.87	31	22.32	14.68
	21.76	14.31	32	23.04	15.16
	22.44	14.76	33	23.76	15.63
	23.12	15.21	34	24.48	16.11
	23.8	15.66	35	25.2	16.58
	24.48	16.11	36	25.92	17.05
	25.16	16.55	37	26.64	17.53
	25.84	17	38	27.36	18
	26.52	17.45	39	28.08	18.47
	27.2	17.89	40	28.8	18.95
	27.88	18.34	41	29.52	19.42
	28.56	18.79	42	30.24	19.89
	29.24	19.24	43	30.96	20.37
	29.92	19.68	44	31.68	20.84
	30.6	20.13	45	32.4	21.32
	Ιούλιος		Αύγουστος		

Πίνακας 5.3 Εξάτμιση, δόση άρδευσης, διάρκεια άρδευσης στο 100% για το επιφανειακό σύστημα άρδευσης για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο

Υπολογίζοντας την εξάτμιση καθοριζόταν η διάρκεια άρδευσης και γινόταν σε ανάλογες προσαρμογές στον προγραμματιστή ώστε να αρδεύεται κάθε μεταχείριση ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος.

5.15 Δόσεις άρδευσης καρποφορίας

Μετά από την 1 Ιουλίου και αφού στην καλλιέργεια εμφανίστηκαν τα πρώτα λουλούδια η άρδευση εφαρμόστηκε με την μέθοδο της σταγόνας επιφανειακής.

Στα σχήματα 5.2 και ,5.3 φαίνονται οι δόσεις άρδευσης από 15 Ιουλίου μέχρι τέλος της αρδευτικής περιόδου δηλαδή τέλος Αυγούστου.

Οι συνολικές ποσότητες νερού με την άρδευση με σταγόνες ήταν **352,30mm** νερού για τις μεταχειρίσεις που αφορούσαν το 100% της δόσης άρδευσης δηλαδή για τις μεταχειρίσεις (E2-E4), καταναμημένο σε **32 εφαρμογές** ανάλογα την εξατμισοδιαπνοή και σύμφωνα με τον **πίνακα 5.4**

Το εύρος άρδευσης και στις δύο μεταχειρίσεις είναι σταθερό και ίσο με δύο ημέρες.

Ο συνολικός όγκος νερού άρδευσης ήταν 34mm με καρούλι και 352,30mm με στάγδην άρδευση σύνολο **386,30mm** νερού για τις μεταχειρίσεις **E2,E4**.

Στις πιο πάνω ποσότητες πρέπει να προστεθεί και ένα μέρος από τα 48,19mm βροχής που είχαμε σε όλη την καλλιεργητική περίοδο. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, από την ένταση και την διάρκεια της βροχόπτωσης και από την κατάσταση του εδάφους, δηλαδή κατά πόσο είναι κορεσμένο με νερό.

Συνοπλογίζοντας όλους τους παραπάνω παράγοντες, και με την χρήση του **συντελεστή ωφελιμότητας βροχής ίσο με 0,7** τα συνολικά χιλιοστά ωφέλιμης βροχής είναι **48,19*0,7=33,73mm**

Ο συνολικός όγκος νερού που έπεσε στον πειραματικό αγρό με τα πιο πάνω δεδομένα ήταν **420,03mm** για τις μεταχειρίσεις στο 100% της δόσης άρδευσης. Στο σχήμα 5.2 φαίνονται οι δόσεις της στάγδην άρδευσης.



Στάγδην άρδευση στο 100% της δόσης άρδευσης

Σχήμα 5.2. Δόσεις άρδευσης καρποφορίας με σταγόνες



Η πρώτη άρδευση (ημέρα 163 από 1/1/2003) έγινε με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα

Σχήμα 5.3 Εφαρμογές άρδευσης με καταιονισμό και στάγδην άρδευση

Ημερ/νια	Ημερ ήσια ένδειξη mm	Διαφο ρά ημέρας Epan mm	Βροχ B ή mm	Δόση άρδευσης E 100%ET mm ή m ³ /στρ.	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET 5/9 h	Δ ιάρκεια άρδευσ ης E 100%E T Se = 0,4m 5/7 h
10/6/03		8.5				
11/6/03	48	8				
12/6/03	56	8		34	2	2
13/6/03	64	8				
14/6/03	25.5	8.5				
15/6/03	34	12.5				
16/6/03	46.5	7.5	0.5			
17/6/03	54	9.5				
18/6/03	63.5	8.5				
19/6/03	72	0	8.05			
20/6/03	72	4				
21/6/03	19	7.5				
22/6/03	26.5	8.5				
23/6/03	35	9				
24/6/03	44	8				
25/6/03	52	4	4.28			
26/6/03	56	8				
27/6/03	64	4	3			
28/6/03	68	-3.5	5.55			
29/6/03	64.5	7.5				
30/6/03	72	8				
1/7/03	80	6		6.82	4.48684	4.20988
2/7/03	86	9				
3/7/03	16	10		10.2	6.71053	6.29630
4/7/03	26	9				
5/7/03	35	16		12.92	8.5	7.97531
6/7/03	51	8				
7/7/03	59	9		16.32	10.73684	10.07407
8/7/03	68	8				
9/7/03	76	7		11.56	7.60526	7.13580
10/7/03	27	8				
11/7/03	35	8		10.2	6.71053	6.29630
12/7/03	43	9				
13/7/03	52	9		11.56	7.60526	7.13580
14/7/03	61	4	2.3			
15/7/03	65	8		8.84	5.81579	5.45679
16/7/03	73	8				
17/7/03	81	12		10.88	7.15789	6.71605
18/7/03	19	12				
19/7/03	31	-11	13	16.32	10.73684	10.07407
20/7/03	20	7	2.1			
21/7/03	27	8				

Άρδευση με εκτοξευτήρα

22/7/03	35	8				
23/7/03	43	8		8.16	5.36842	5.03704
24/7/03	51	9				
25/7/03	60	9		11.56	7.60526	7.13580
26/7/03	69	10				
27/7/03	79	6		12.92	8.5	7.97531
28/7/03	85	7				
29/7/03	11	7		8.84	5.81579	5.45679
30/7/03	18	6				
31/7/03	24	3	2	8.84	5.81579	5.45679
1/8/03	27	1.5	2			
2/8/03	28	3	3.27			
3/8/03	31	6				
4/8/03	37	7		9.6	6.31579	5.92593
5/8/03	44	8				
6/8/03	52	9		10.8	7.10526	6.66667
7/8/03	61	8				
8/8/03	69	6		12.24	8.05263	7.55556
9/8/03	75	5.5				
10/8/03	22	7		8.28	5.44737	5.11111
11/8/03	29	9				
12/8/03	38	9		11.52	7.57895	7.11111
13/8/03	47	7				
14/8/03	54	6		11.52	7.57895	7.11111
15/8/03	13	7				
16/8/03	20	8		9.36	6.15789	5.77778
17/8/03	28	10				
18/8/03	38	8		12.96	8.52632	8.00000
19/8/03	46	7				
20/8/03	53	8		10.8	7.10526	6.66667
21/8/03	61	7				
22/8/03	68	7		10.8	7.10526	6.66667
23/8/03	11	7				
24/8/03	18	8		10.08	6.63158	6.22222
25/8/03	26	8				
26/8/03	34	8		11.52	7.57895	7.11111
27/8/03	42	3				
28/8/03	45	6				
29/8/03	10	8		12.24	8.05263	7.55556
30/8/03	18	8				
31/8/03	26	6		11.52	7.57895	7.11111
1/9/03	32	7				
2/9/03	39	6		9.36	6.15789	5.77778
3/9/03	13	3	2.14			
4/9/03	16	6				
5/9/03	22	5		10.8	7.10526	6.66667
6/9/03	27	6				
7/9/03	33	7				
8/9/03				12.96	8.52632	8
ΣΥΝΟΛ			9	48.1	233.7763	219.4691

Πίνακας 5.4 Ημερήσιες τιμές εξάτμισης και βροχόπτωσης ,δόσεις και χρόνος άρδευσης

5.16 Πίνακες δόσης - διάρκειας άρδευσης

Βάση των τιμών της εξατμισοδιαπνοής και των υπολογισμών που έχουν γίνει για τον εύκολο υπολογισμό των τιμών των αρδεύσεων, γινόταν η άρδευση.

Η στάγδην άρδευση εφαρμόστηκε στο στάδιο καρποφορίας δηλαδή μετά την εμφάνιση των πρώτων λουλουδιών δηλαδή την 1^η Ιουλίου.

Βάση των πιο πάνω δεδομένων εφαρμόσαμε το πρόγραμμα των αρδεύσεων.

Στον πίνακες 5.4 που προηγείται φαίνονται οι ημερομηνίες, η ημερήσια εξάτμιση, τα mm βροχής που έχουν συνολικά κατακρημνισθεί και οι δόσεις άρδευσης της καλλιεργητικής περιόδου των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου.

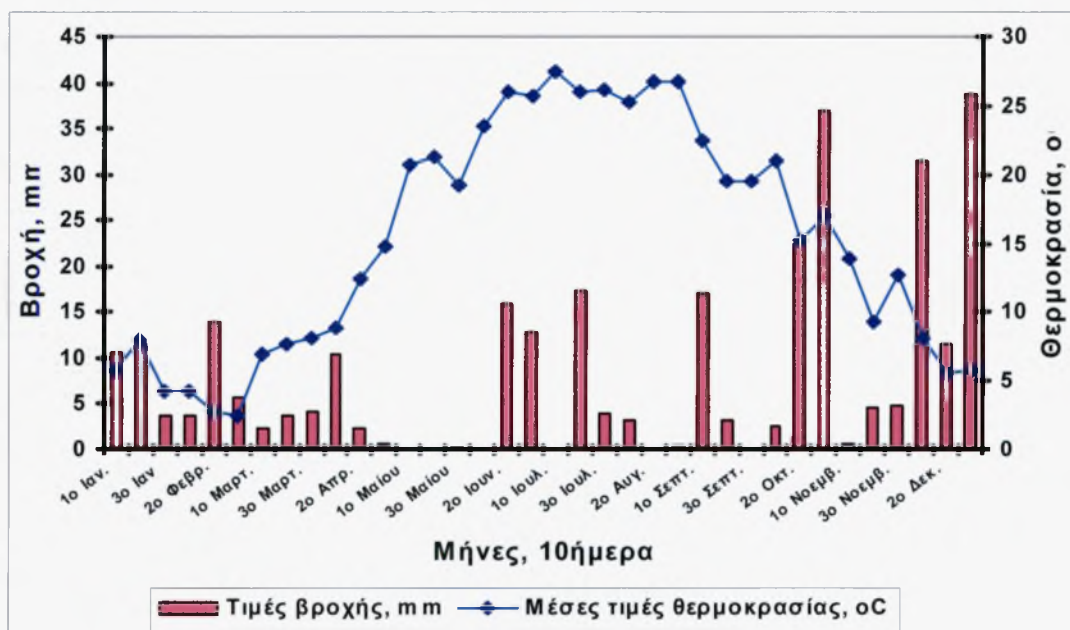
Κεφάλαιο 6

6. Αποτελέσματα -Συζήτηση

6.1 Κλιματικά Δεδομένα

Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης του βαμβακιού το 2003, και συγκρίνονται με τους αντίστοιχους μέσους όρους 25 ετών για την υπό μελέτη περιοχή.

Σχήμα 6. Μέση ημερήσια Θερμοκρασία(°C μ.ο. δεκαήμερου) και βροχόπτωση (mm / δεκαήμερο) στο Βελεστίνο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του έτους 2003.



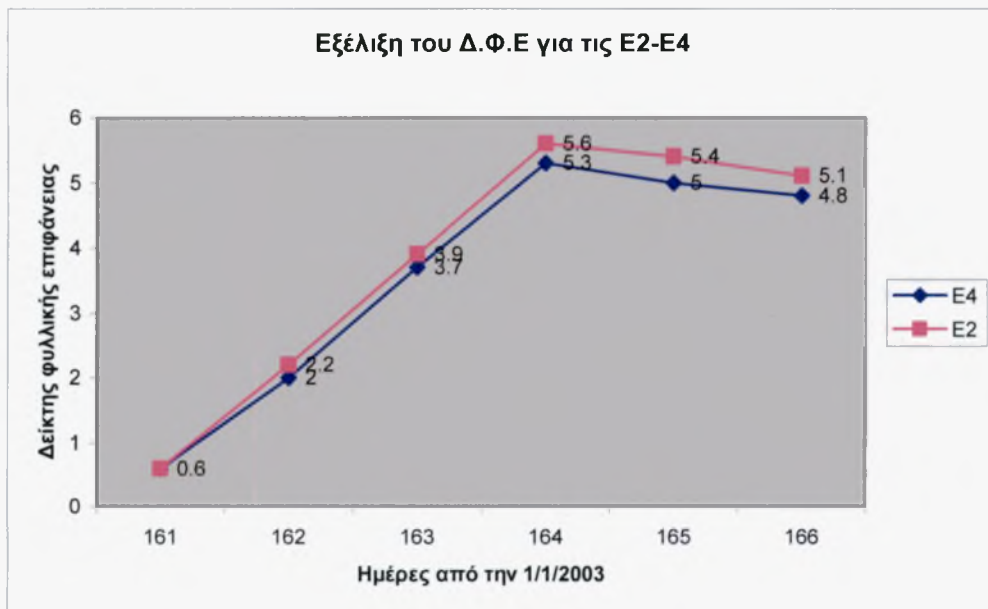
Όπως φαίνεται στο σχήμα 6, το καλοκαίρι του 2003 ήταν ξηρό με βροχόπτωση μικρότερη από τον μέσο όρο βροχόπτωσης (περίπου 70mm από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο). Ιδιαίτερα βροχεροί ήταν οι μήνες Ιούνιος, Ιούλιος και με βροχόπτωση 21,38, 19,4 mm, αντίστοιχα. Επίσης, η καλλιεργητική περίοδος του 2003 χαρακτηρίστηκε από υψηλότερες θερμοκρασίες από ένα μέσο έτος (σχήμα 6).

Επομένως το θέρος του 2003 ήταν λιγότερο ξηροθερμικό από ένα μέσο έτος με καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

6.2 Ύψος και Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας των φυτών

Στο σχήμα 7 απεικονίζεται η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας του βαμβακιού. Ο Δ.Φ.Ε αυξήθηκε με σταθερό ρυθμό μέχρι τις 26 Αυγούστου και για τις δύο μεταχειρίσεις. Στη συνέχεια παρουσιάζει μια σχετική ύφεση και για την E2 όσο και για την E4. Μέχρι τα τέλη Αυγούστου και στις δύο μεταχειρίσεις αυξάνεται έχοντας σταθερή υπεροχή η E2 της E4. Από τα τέλη Αυγούστου αρχίζει να ελαττώνεται και για τις δύο μεταχειρίσεις. Η τελική τιμή του μέσου όρου του Δ.Φ.Ε για την 1^η μεταχείριση (E4) ήταν 4,8 ενώ η αντίστοιχη της 2^{ης} μεταχείρισης (E2) 5,1. Οι διαφορές δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

Σχήμα 7. Η εξέλιξη του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας(LAI) του βαμβακιού υπό το καθεστώς των δυο διαφορετικών μεταχειρίσεων E2 και E4.



Η εξέλιξη της ανάπτυξης της καλλιέργειας βαμβακιού είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που εξαρτάται από τον τρόπο άρδευσης και οπωσδήποτε από τη δόση άρδευσης. (47)

Για το λόγο αυτό η εξέλιξη του ύψους των φυτών αποτελούσε καθοριστικό σημείο ελέγχου για την σύγκριση των συστημάτων άρδευσης και τις δόσεις

άρδευσης. Η ανάπτυξη των φυτών στην βαμβακοκαλλιέργεια είναι μια διαδικασία που καθορίζει τη τελική παραγωγή. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ανάπτυξη της καλλιέργειας πρέπει να συμβαδίζει με τη καρποφορία.

Υπερβολική ανάπτυξη στα πρώτα στάδια λειτουργεί αποτρεπτικά στην έναρξη καρποφορίας. Μειωμένη ανάπτυξη σημαίνει πρόωρη έναρξη καρποφορίας και μείωση του αριθμού των καρποφόρων οργάνων. Πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί με την εμφάνιση ‘αναβλάστησης’ στα τέλη Αυγούστου. Δηλαδή το φυτό μετά από μια πρόωμη περίοδο καρποφορίας και με την παρουσία πλεονάσματος υγρασίας στο ριζικό σύστημα, μπορεί να δώσει βλάστηση στην κορυφή, εις βάρος της καρποφορίας.

Βασικός παράγοντας του επιθυμητού ύψους της καλλιέργειας είναι η επιλογή της ποικιλίας. Το γενετικό υλικό, είναι αυτό που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό κατά πόσο πρέπει να αναπτυχθεί το φυτό, για να αποδώσει το μέγιστο της παραγωγής.

Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε είναι η ποικιλία ΟΠΑΛ της εταιρίας Delta Pine. Η ποικιλία αυτή αναπτύσσεται αρκετά, έχει μεγάλη φυλλική επιφάνεια και η ανάπτυξή της για μια πολύ καλή απόδοση είναι 100cm. Το βαθύ ριζικό σύστημα κάνει τα φυτά αρκετά μεγάλα και με τάση ανάπτυξης ακόμη και κατά τη περίοδο της καρποφορίας. (8)

Κάθε εβδομάδα γινόταν μετρήσεις του ύψους των φυτών από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε μεταχείρισης. Γινόταν καταγραφή του ύψους τεσσάρων φυτών ανά πειραματικό τεμάχιο. Η επιλογή των φυτών σε κάθε μέτρηση ήταν τυχαία.

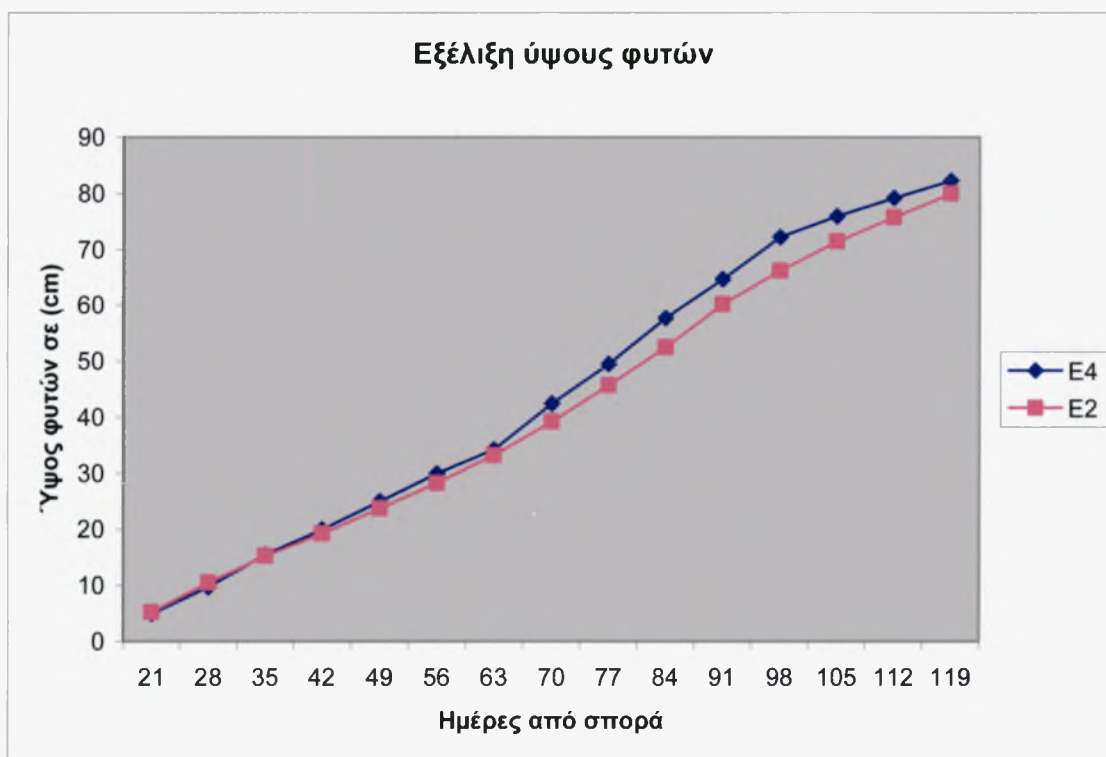
Στο σχήμα 6.3 που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη του ύψους των φυτών από την εποχή της πρώτης ανάπτυξης των φυταρίων έως την εποχή που σταθεροποιείται η ανάπτυξή τους, δηλαδή στα μέσα Αυγούστου.

Μέχρι την 1 Ιουλίου τα φυτά αρδεύονταν με τις ίδιες ποσότητες νερού, που σημαίνει ότι δεν υπήρχε διαφοροποίηση όσον αφορά την ανάπτυξη. Με την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης με διαφορετική παροχή και ισαποχή υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση στο ύψος των δύο μεταχειρίσεων.

Σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$ δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές και οι μικρές αποκλίσεις προέρχονται από τα σφάλματα των μετρήσεων. Η ομοιότητα στην ανάπτυξη των δυο μεταχειρίσεων σημαίνει ότι τα φυτά αναπτύχθηκαν με την ίδια υγρασία στο ριζικό σύστημα.

Η διάταξη των σταλλακτών δεν επηρέασε το επίπεδο υγρασίας του εδάφους στο οποίο αναπτύχθηκαν οι δύο μεταχειρίσεις. Η διάχυση της υγρασίας γίνεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του εδάφους. Οι ιδιότητες του συγκεκριμένου τύπου εδάφους, επιτρέπουν την διάχυση του νερού γρήγορα και ομοιόμορφα.

Στο Σχήμα 6.3 παρουσιάζεται η ανάπτυξη της καλλιέργειας όπως φαίνεται από το ύψος των φυτών.



Παρατηρείται ότι η ανάπτυξη της καλλιέργειας ακολουθεί ένα σταθερό ρυθμό.

Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε τρεις κυρίως λόγους:

α) Οι βροχοπτώσεις επηρέασαν το φυσιολογικό ρυθμό ανάπτυξης.

β) Η ποικιλία σε συνδυασμό με την μικρή οψίμηση της καλλιέργειας συνετέλεσαν στην σταθερή ανάπτυξη των φυτών και μετά τα τέλη Ιουλίου στο στάδιο καρποφορίας των βαμβακόφυτων.

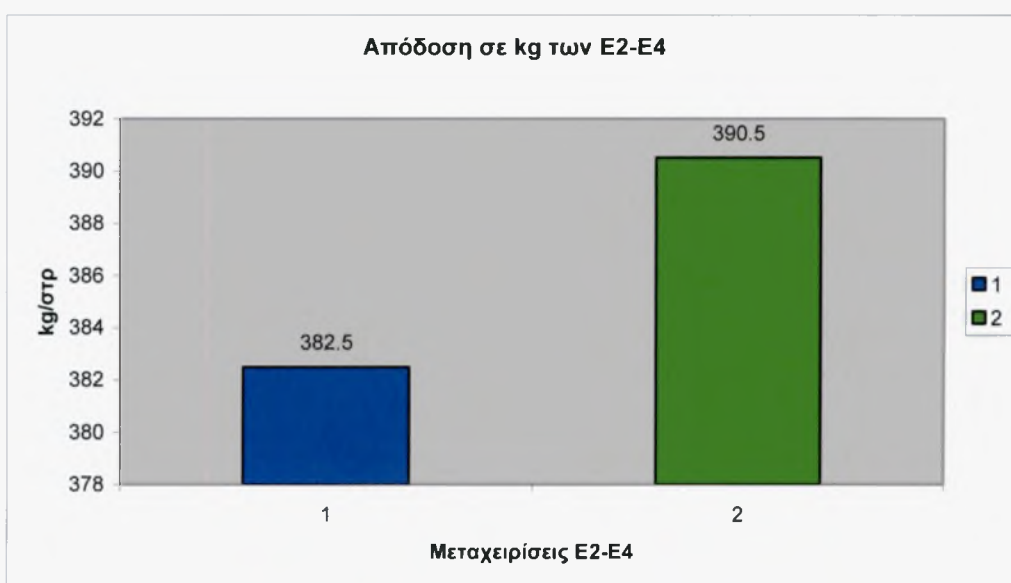
γ) Υπάρχει αρκετή διαθέσιμη ποσότητα νερού στο ριζικό σύστημα και στις δύο μεταχειρίσεις. Αυτό οφείλεται στο μικρό εύρος άρδευσης και στην αξιοποίηση όλης της ποσότητας του αρδευόμενου νερού από τα φυτά.

6.3 Απόδοση της καλλιέργειας

Η συγκομιδή έγινε στις 20 Οκτωβρίου με το χέρι αφού ρώτα εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια ορμονικό επιταχυντικό της ωρίμανσης των καρυδιών, Finish. Ο ψεκάσμος έγινε στις αρχές Οκτωβρίου. Το σύσπορο ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας, και συγκομίστηκαν δυο τυχαία μέτρα καλλιέργειας από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου. Η μέση απόδοση για την 1^η μεταχείριση ήταν 382,5 Kg ενώ για τη 2^η μεταχείριση ήταν 390,5Kg όπως φαίνεται και στον πίνακα 3. Από την στατιστική επεξεργασία για ποσοστό σφάλματος 5% δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Στον πίνακα 4 φαίνεται ο συνολικός αριθμός καρυδιών/m² για κάθε επανάληψη, όπου είναι σαφής η υπεροχή της 2^{ης} μεταχείρισης E2, χωρίς να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για ποσοστό σφάλματος 5%.

Πίνακας 3. Απόδοση σε σύσπορο ανά τεμάχιο σε Kg/στρ

Μεταχείριση 1 Εύρος άρδευσης (E4)	Απόδοση Kg/στρ	Μεταχείριση 2 Εύρος άρδευσης (E2)	Απόδοση Kg/στρ
1 ^η Επανάληψη E4-1	379	1 ^η Επανάληψη E2-1	395
2 ^η Επανάληψη E4-2	385.5	2 ^η Επανάληψη E2-2	377.5
3 ^η Επανάληψη E4-3	394	3 ^η Επανάληψη E2-3	400.5
4 ^η Επανάληψη E4-4	371.5	4 ^η Επανάληψη E2-4	389
M.O.	382.5	M.O.	390.5



Σχήμα 8. Απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι μεταξύ των μεταχειρίσεων (E2-E4)

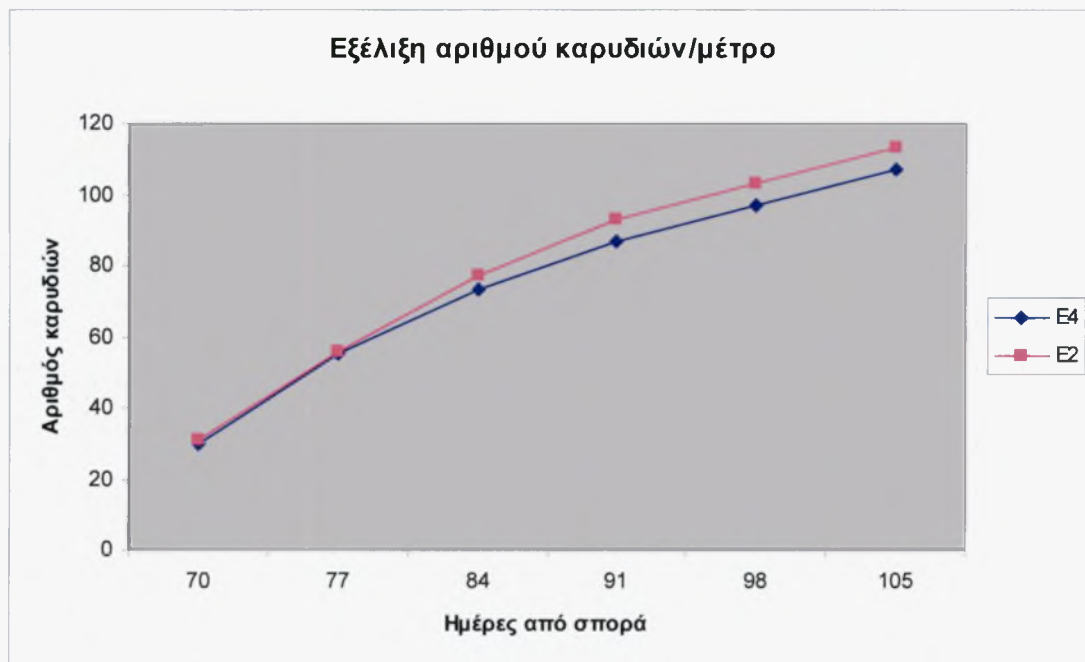
Πίνακας 4. Συνολικός αριθμός καρυδιών/m²

Μεταχείριση 1 Εύρος άρδευσης (E4)	Αριθμός καρυδιών/στρ	Μεταχείριση 2 Εύρος άρδευσης (E2)	Αριθμός καρυδιών/στρ
1 ^η Επανάληψη E4-1	106	1 ^η Επανάληψη E2-1	113
2 ^η Επανάληψη E4-2	109	2 ^η Επανάληψη E2-2	118
3 ^η Επανάληψη E4-3	100	3 ^η Επανάληψη E2-3	105
4 ^η Επανάληψη E4-4	113	4 ^η Επανάληψη E2-4	116
M.O.	107	M.O.	113

Παρακάτω ακολουθεί το σχήμα 9 στο οποίο παρουσιάζεται ο ρυθμός εξέλιξης του αριθμού των καρποφόρων οργάνων για τις μεταχειρίσεις E2 και E4 .

Σχήμα 9. Εξέλιξη του αριθμού καρποφόρων οργάνων για τις μεταχειρίσεις E2 και

E4



6.4 Συμπεράσματα

Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2003 για τις δυο διατάξεις στάγδην άρδευσης E2 η οποία είχε σταλακτηφόρο σωλήνα με σταλάκτες σε απόσταση 80cm και παροχή σταλάκτη 2,3lt/h και της E4 με απόσταση σταλακτών 40cm και παροχή σταλάκτη 1,2 lt/h όπως αυτή προκύπτει από την στατιστική επεξεργασία προκύπτουν τα εξής:

1. Τα φυτά έχουν τον ίδιο ρυθμό ανάπτυξης όλη την καλλιεργητική περίοδο.
2. Ο αριθμός των καρποφόρων οργάνων στις δυο μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές, ο συνολικός αριθμός καρυδιών και ανοιχτών καψών είναι παραπλήσιος.
3. Η εμφάνιση των καρποφόρων οργάνων χρονικά ταυτίζεται και δεν έχουμε καθυστέρηση στην εμφάνιση ούτε των χτενιών αλλά ούτε και των καρυδιών.
4. Παρατηρήθηκε χρονική ταύτιση και στον χρόνο ανοίγματος καψών.
5. Η απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι και στις δυο μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η συγκεκριμένη διάταξη των σταλακτήρων για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο που εκτελέστηκε το πείραμα και στο συγκεκριμένο τύπο εδάφους δε διαχωρίζει ούτε την ανάπτυξη, ούτε την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού.

Ο συγκεκριμένος τύπος εδάφους (αργιλοπηλώδες) και με επίπεδη γεωμετρία χωρίς κλίση, μπορεί να αρδευτεί κάλλιστα με σταλακτηφόρο σωλήνα σε αποστάσεις 40 και 80cm.

Πιο συμφέρουσα θεωρείται ότι είναι η πιο οικονομική λύση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, πιο οικονομική λύση είναι αυτή της μεταχείρισης E2 με σταλάκτες στα 80cm, σε σχέση με την E4 με σταλάκτες 40 cm. Η διαφορά στην τιμή αγοράς μεταξύ των δυο σταλακτηφόρων σωλήνων είναι της τάξης του 12-16%

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Εδώ παρουσιάζονται όλες οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος

28/11/2002 Έγινε υπεδαφοκαλλιέργεια σε βάθος 70 cm για να σπάσει το σκληρό στρώμα κάτω από το βάθος οργώματος, και ισοπέδωση του εδάφους.

15/1/2003 Έγινε όργωμα μια πολύ σημαντική καλλιεργητική φροντίδα, με αναστρεφόμενο άροτρο σε βάθος 20 cm.. Μετά το όργωμα έγινε καλλιέργεια με καλλιεργητή, σε μικρό βάθος για να στρώσουν οι ανωμαλίες από το όργωμα και να καταστραφούν τα ζιζάνια. Υπήρχαν υπολείμματα προηγούμενης καλλιέργειας βαμβακιού τα οποία ενσωματώθηκαν στο έδαφος.

20/3/2003 Πραγματοποιήθηκε η βασική λίπανση με 15 μονάδες αζώτου και 10 μονάδες φωσφόρου, ενώ δεν έγινε καλιούχος λίπανση.

10/5/2003 Έγινε η σπορά του βαμβακιού με πνευματική σπαρτική μηχανή με απόσταση μεταξύ των γραμμών 0,95 m και απόσταση των φυτών πάνω στη γραμμή 0.07 m. Το βάθος σποράς έγινε στα 4 εκατοστά.

10/6/2003 Ξεκίνησαν οι λήψεις μετρήσεων της εξάτμισης του νερού από το εξατμισόμετρο τύπου A που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας. Οι μετρήσεις συνεχίστηκαν να λαμβάνονται καθημερινώς μέχρι και το τέλος της καλλιέργειας.

12/6/2003 Πραγματοποιήθηκε άρδευση για την ανάπτυξη με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα με παροχή $34 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (λειτουργία πίεσης 4,5 Atm και ένταση βροχής 18 mm h^{-1}). Έγινε πριν την άρδευση και επιφανειακή λίπανση με ουρία. Η άρδευση έγινε για δυο ώρες για όλο το πείραμα το οποίο είχε συνολική έκταση 1,5 στρ. Επίσης έγινε επισήμανση των φυτών όπου θα γινόταν οι μετρήσεις για την εξέλιξη του ύψους τους. Στις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου επισημάνθηκε ένα μέτρο με φυτά όπου στη συνέχεια γινόταν οι μετρήσεις του ύψους των φυτών. Σε αυτό το μέτρο καλλιέργειας γινόταν επίσης και μετρήσεις των καρποφόρων οργάνων.

18/6/2003 Έγινε η εγκατάσταση του δικτύου άρδευσης. Χρησιμοποιήθηκαν αγωγοί άρδευσης από πολυαιθυλένιο διατομής 20 mm αντοχής 6Atm. Οι αγωγοί μεταφοράς ήταν διατομής 25 mm όπου συνδέθηκαν στην πηγή που

τροφοδοτούσε το δίκτυο. Τοποθετήθηκαν ένα φίλτρο σήτας, υδρομετρητές και ηλεκτροβάνες για κάθε μεταχείριση οι οποίες συνδέθηκαν με προγραμματιστή άρδευσης..

1/7/2003 Έγινε πότισμα της καλλιέργειας και για τις δυο μεταχειρίσεις με τη στάγδην μέθοδο. Αφού υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή βρέθηκε η δόση άρδευσης και η διάρκεια άρδευσης. Η δόση άρδευσης και για τις δυο μεταχειρίσεις ήταν 6,82 mm νερού

3/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4

5/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4

7/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4

10/7/2003 Έγινε μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας της καλλιέργειας. Κάθε φορά γινόταν 3 μετρήσεις για κάθε πειραματικό τεμάχιο από τις δυο μεσαίες σειρές μόνο. Οι μετρήσεις συνεχίστηκαν μέχρι το τέλος της καλλιέργειας και λαμβάνονταν κάθε 15 ημέρες όταν το επέτρεπαν οι καιρικές συνθήκες.

11/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,2 mm.

13/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,56 mm.

15/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 8,84 mm.

17/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,88 mm.

19/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 16,32 mm.

23/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 8,16 mm. Παρατηρήθηκαν τα πρώτα λουλούδια στην καλλιέργεια.

25/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,56 mm.

29/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 8,84 mm.

31/7/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 8,84 mm.

4/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 9,6 mm.

6/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,8 mm.

8/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 12,24 mm.

10/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 8,28 mm.

12/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,52 mm.

13/8/2003 Η καλλιέργεια ψεκάστηκε με το εντομοκτόνο confidor, διότι υπήρχε έξαρση από ιασσίδες *Empoasca gossypii* οικ. Hemiptera το οποίο αντιμετωπίστηκε πλήρως μετά τον ψεκασμό.

14/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,52 mm.

16/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 9,36 mm.

18/8/2003 Η καλλιέργεια σκαλίστηκε για αντιμετώπιση των ζιζανίων που αναπτύχθηκαν. Τα ζιζάνια που αναπτύχθηκαν ήταν αγριοντοματιά *Solanum nigrum* , αγριομελιτζάνα *Xanthium strumarium* , αγριοβαμβακιά *Abutilon theophrasti* , βλήτα *amaranthus sp.* και τριβόλι *Trilbulus terrestris*. Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 12,96 mm.

20/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,8 mm.

22/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,8 mm.

24/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,8 mm.

26/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,52 mm.

29/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 12,24 mm

31/8/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 11,52 mm.

2/9/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 9,36 mm

5/9/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 10,8 mm. Παρατηρήθηκαν τα πρώτα ανοικτά καρύδια στο πείραμα.

8/9/2003 Έγινε άρδευση της E2 και της E4 με 12,96 mm

10/10/2003 Έγινε ψεκασμός με ορμονικό επιταχυντικό της ωρίμανσης σκεύασμα με το Finish αφού είχαν ανοίξει περίπου το 30% των καρυδιών.

20/10/2003 Έγινε η συγκομιδή του σύσπορου με το χέρι από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε τεμαχίου και ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξίου Ι., Καλφούντζος Δ. Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Υδροτεχνικής Ένωσης, 2003.
2. Arclé, H.F. and Hamilton. K.C 1993. Effect of annual weeds on furrow-irrigated cotton. Weed sci . 21:235-357.
3. Amaducci, M. T., Gucci, G. Caro De, A. Gherdin, P. Mambelli, Venturi G. 1989. Sugar beat yield response to irrigation in different enviromental contisions. Irrigotione E drainaggio Vol. 36 No 4.
4. Camp J.r. Carl r., Bauer Philip J., Busscer Warren J. Evaluation of no tillage crop production with subsurface drip irrigation on soil with compacted layers. United States Department of Agriculture. Agricultural Research service.
5. Cetin O., Bilget L., Effects of Different methods on shedding and yield of cotton. Agricultural Water Management 54 2002 1-15
6. Γαλανοπούλου-Σενδούκα Στέλλα., Ειδική Γεωργία ΙΙ, Βόλος 1997
7. Γιαννοπολίτη, Κ.Ν., Πασπάτη, Ε.Α. και Βυζαντινόπουλος Σ. 1985. Οδηγός Αντιμετώπισης Ζιζανίων. Συστάσεις για τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Αθήνα . Ελληνική ζιζανιολογική Εταιρεία 112 σελίδες.
8. Delta Pine. Σπύρος Ανδριώτης. Οδηγός διαχείρισης νερού στο βαμβάκι.
9. Devitt, D, And Miller, W., 1988. Subsurface drip Irrigation of Bermudagrass with saline water. Applied Agricultural Res. Vol 3, No 3, pp. 133-143
10. Διάφοροι μέθοδοι άρδευσης και αρδευτικά συστήματα. Μηχανήματα για την γεωργία, Γεωργία και κτηνοτροφία, (48-56) 1996.
11. Dr. I-Pai Wu System for Pasture. Low Energy Subsurface drip Irrigation. University of Hawaii, July, 1994.

12. Harris, V.C. 1983. Weed control in cotton over a 10- year period by the use of the more promising and materials and techniques. *Weeds* 8: 616-624
13. Kevin Larson and Dennis Thompson of Colorado State University Ag Experiment Station. Limited and Full Subsurface Drip Irrigation on Corn And Sorghm at Walsh, 2002.
14. Καλόγηρος Κ. Η. 1994. Σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία. Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη, Λάρισα σελ. 13-23.
15. Καλφούτζος Δ. Υδατοκατανάλωση Καλλιεργειών, Βόλος 2002.
16. Κεχαγιά Ουρανία. Τι είναι και πως επηρεάζεται η ποιότητα του βαμβακιού. Βαμβάκι 2000. Εκδόσεις Γεωργική τεχνολογία.
17. Mateos L. Mantovani E., Cotton response to non uniformity of conventional sprinkler irrigation. *Irrigation Science* 17 (1997)(47-53).
18. Μήτσιος Ι. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Βόλος 2000.
19. Μήτσιος Ι. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα 1999.
20. Ντιούδης Π., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ. Διαφορετικές διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Υδροτεχνικής Ένωσης, 2003
21. Ντιούδης Π., Φιλίντας Αγ. Επίδραση της συχνότητας άρδευσης με σταγόνες στην απόδοση της καλλιέργειας του αραβοσίτου. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Υδροτεχνικής Ένωσης, 2003
22. Οργανισμός Βάμβακος. Άρδευση του βαμβακιού, έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού, 1996.
23. Orgaz F., Mateos L. Responses of four cotton cultivators to irrigation in a Mediterranean environment. SIA and University of Cordoba.

24. Πανώρας Α. Άρδευση του βαμβακιού, περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία 1/1/1996 σελ. 46-49.
- 25 Πανώρας Α.Γ. Χατζηαθανασιάδου, Α.Μ. Μαυρούδης, Ι.Γ. Χατζηγιαννάκης, Στ.Γ. και Βαξεβάνη, Χ.Η. 1992. Πρόβλεψη του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων από την χρήση υπόγειων νερών της βορείου Ελλάδος. Υδροτεχνικά, 2(1): 5-13, ISSN 1106-5419.
26. Πανώρας Α.Γ. Χατζηαθανασίου Α.Μ. Τόπης Χ.Γ 1994β. Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. Γεωπονικά, 350:35-40, ISSN 0367-5009
27. Παπαζαφειρίου Ζ. Γ., 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 498 σελ.
28. Παπαζαφειρίου Ζ.Γ. 1977. Σχεδίαση και Υπολογισμός Αρδευτικών Συστημάτων με Σταλακτήρες, Εκδόσεις Ι.Ε.Β. Σίνδου, 58 σελ.
- 29 Περιοδικό Γεωργική Τεχνολογία. Αφιέρωμα βαμβάκι. Μάρτιος 1996
30. Πουλοβασίλης Α. Μέθοδοι εφαρμογής του νερού στον αγρό. ΓΠΑ Αθήνα 1993.
- 31 Phene, C. J at all., 1986. Fertilization of high yielding subsurface trickle irrigated tomatoes. Proceeding of the 34th Fertilizer Conf. California Fertilizer Ass. Fresno California. Pp33-43
32. Phene, C.J., Blume, M.F. Hile M. M. S. Meek D. W. And Re J. V. 1983. Management of subsurface trickle irrigation systems. ASAE paper No 83-2598.
33. S. A. Barder, A. Katupitiya and M. Hichey. Effects of long-term subsurface drip irrigation on soil structure. Proceeding of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart 2001.
34. Ruskin. R. 200. Subsurface drip irrigation and yield. Geoflow, Inc
35. Solomon, K., 1993. Subsurface Drip irrigation: Product selection and performance. In; Subsurface Drip irrigation Theory, Practices and Application, Jorgansen, G.S. And K. N. Norun (Eds). CATI Publication No 921001.

36. Shani, U., Xue, S., Gorddin-Katz, R. And Warrick, A., 1996. Soil-Limiting from subsurface emitters. I pressure measurements. J. Of irrigation and Drainage.

37. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία, Παπαλέξης Δημήτριος. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και Παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου

38. Σακελλαρίου Μ., Μασλάρης Ν., Καλφούτζος Δ., Γούλας Χ. 1998. Μελέτη στη κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Υδροτεχνικής Ένωσης, 2003.

διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στη καλλιέργεια των ζαχαροτεύτλων. Πρακτικά 1ο Εθνικό συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής Αθήνα σελ271-289.

39. Sakellariou – Makrantonaki M., Kalfoutzos D . Water saving using modern irrigation methods, 3rd International Forum Integrated Water Management.Hydrorama (96-100) 2000.

40. Σακελλαρίου Μ., Νούσιος Γ., Ντιούδης Π., Καλφούτζος δ. 1999. Σχεδιασμός διατάξεων άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργειες ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 4ο Συνέδριο της Ε.Ε.Δ.Υ.Π. Βόλος.

41. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρουδής, Ι., Πογιαρίδης, Θ., 1996, “Χάρτες κατανομής μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο νομό Λάρισας. Β' Πανελλήνιο Συνέδριο Εγγειοβελτιωτικά έργα- Διαχείριση Υδατικών Πόρων- Εκμηχάνιση της Γεωργίας”, ΓΕΩΤΕΕ Κεντρικής Ελλάδας, Απρίλιος 2001, Λάρισα.

42. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρουδής, Ι., Πογιαρίδης, Θ., 1996, Χάρτες κατανομής μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στους νομούς Τρικάλων και Καρδίτσας. Διεθνές επιμορφωτικό συνέδριο Διαχείριση υδατικών πόρων’, ΤΕΕ Περιφεριακό Τμήμα κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας, Νοέμβριος 2000 Λάρισα.

43. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου, Υδροτεχνικά, Τόμος 6, σελ.62-67.

44. Sakellariou – Makrantonaki, M., Kalfoyntzos D., P. Vyrlas, 2003. Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nest, X, X-X.
45. Σφήκας Α.Γ., Ειδική Γεωργία — Βιομηχανικά Φυτά., Θεσσαλονίκη 1998.
46. USDA (Soil Survey Staff), 1975. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. Handb. 466. Washington DC, 754 p.
47. Τερζίδης Γ. Α. , Παπαζαφειρίου Ζ. Γ. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1994.
48. Τόλης Ι. Βαμβάκι - Εχθροί, ασθένειες, ζιζάνια. Αθήνα 1989.
49. Τολίκας Δ., Κωτσοβίνος Ν. Τζαναβάρα Χ. περιοδικό 'Νερό Διαχείριση Αποθεμάτων' 11/2000.
50. Τσακίρης Γ. Υδατικοί Πόροι: Τεχνική Υδρολογία. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1995.
51. Τσουκίδου Μ. Ο σταλακτηφόρος σωλήνας ΤΙΠΑΖ, Γεωργία και κτηνοτροφία, 12/1992 (12-13)
52. Φαρδής Α. Σημειώσεις για την καλλιέργεια του βαμβακιού. ΓΠΑ Αθήνα 1992.
53. Χριστίδη, Β. 1965. Το βαμβάκι. Θεσσαλονίκη, 743 σελ.
54. Smith R.B., Oster J., D., and Phene C. J., 1991. Subsurface drip produced Highest net return in wastelands area study. California Agricultural 45(2): 8-10

