

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής

Πτυχιακή διατριβή

Εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων νερού σε υπόγεια άρδευση



Τσερκέζου Περσεφόνη (634)

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: κα Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη

Νέα Ιωνία, Βόλος 2006



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

Αριθ. Εισ.: 5744/1
Ημερ. Εισ.: 24-08-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2006
ΤΣΕ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, αρχικά, την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου, κα Μαρία Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη για την καθοδήγηση και την πολύτιμη αρωγή της κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου διατριβής αλλά και κατά τη διάρκεια όλης της φοίτησης μου στη Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Κ. Κίττα και τον επίκουρο καθηγητή κ. Α. Σφουγγάρη που αφιέρωσαν χρόνο για τη διόρθωση της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και κατανόηση όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	
Εισαγωγή	5
Κεφάλαιο 2	
2.1 Γενικά	8
2.2 Εξέλιξη της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελλάδα	9
2.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού	10
2.4 Αύξηση και ανάπτυξη του βαμβακιού	14
2.5 Οικολογικές απαιτήσεις του βαμβακιού	16
2.6 Καλλιεργητικές φροντίδες στο βαμβάκι	18
2.7 Σπορά βαμβακιού	21
2.8 Αμειψισπορά βαμβακιού	22
2.9 Αποφύλλωση βαμβακιού	22
2.10 Συγκομιδή βαμβακιού	23
2.11 Κυριότεροι εχθροί και ασθένειες	23
Κεφάλαιο 3	
3.1 Άρδευση βαμβακιού	25
3.2 Χρόνος άρδευσης	26
3.3 Μέθοδοι άρδευσης βαμβακιού	27
3.4 Ιστορική εξέλιξη στάγδην άρδευσης	28
3.5 Μέρη του συστήματος στάγδην άρδευσης	29
3.6 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης	31
3.7 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	32
3.8 Υπόγεια στάγδην άρδευση	33
3.9 Πλεονεκτήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης	34
3.10 Μειονεκτήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης	
Κεφάλαιο 4	
4.1 Υδραυλικές παράμετροι	34
4.2 Υδατοϊκανότητα εδάφους	34
4.3 Σημείο μόνιμης μάρανσης (ΣΜΜ)	34
4.4 Φαινόμενο ειδικό βάρος εδάφους (ΦΕΒ)	35
4.5 Διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία καλλιέργειας	36
4.6 Εξατμισοδιαπνοή (ET)	37
4.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	38
Κεφάλαιο 5	
5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού	40
5.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού	46
5.3 Εγκατάσταση καλλιέργειας	48
5.4 Επιλογή ποικιλίας βαμβακιού	49
5.5 Πειραματικά τεμάχια	50
5.6 Υλικά άρδευσης	51
5.7 Αυτοματισμοί άρδευσης	52
5.8 Εξατμισόμετρο τύπου A	55
5.9 Μετεωρολογικά δεδομένα	57

5.10 Καθαρές και ολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό	58
5.11 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης	59
5.12 Αρχική άρδευση με καταιονισμό	61
5.13 Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής	61
5.14 Δόσεις άρδευσης καρποφορίας	64
5.15 Πίνακες δόσης και διάρκειας άρδευσης	66
Κεφάλαιο 6	
6.1 Κλιματικά δεδομένα καλλιεργητικής περιόδου 2003	73
6.2 Μετρήσεις ύψους βαμβακόφυτων	74
6.2.1 Στατιστική επεξεργασία ύψους φυτών βαμβακιού	76
6.3 Μετρήσεις καρποφόρων οργάνων βαμβακιού	80
6.3.1 Στατιστική επεξεργασία αριθμού καρποφόρων οργάνων βαμβακιού	81
6.4 Μετρήσεις παραγωγής βαμβακιού	82
6.4.1 Στατιστική επεξεργασία απόδοσης βαμβακιού	83
6.5 Αποτελέσματα αποδόσεων βαμβακιού στις μεταχειρίσεις Y ₅ και Y ₆	84
Κεφάλαιο 7	
Συμπεράσματα	86
Βιβλιογραφία	87
Ηλεκτρονικές διευθύνσεις	91

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το νερό αποτελεί το κύριο συστατικό των οργανισμών του πλανήτη συνεπώς και κάθε βιολογικής λειτουργίας. Η ζωή του ανθρώπου εξαρτάται άμεσα από το νερό, καθώς το 66% του βάρους του σώματος του αποτελείται από αυτό. Επίσης, θεωρείται βασικός παράγοντας οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης των χωρών. Είναι γνωστό ότι το νερό αποτελεί πολύτιμο πόρο, εκτός από τον ίδιο τον άνθρωπο, στη γεωργία, τη φύση, τη βιομηχανία, την ενέργεια και τις καθημερινές ανάγκες. Στη χώρα μας η αφθονία του δεν θεωρείται δεδομένη. Στο μέλλον ενδέχεται να αυξηθούν οι δυσκολίες όσον αφορά την υδροδότηση, τόσο από ποσοτική όσο και από ποιοτική άποψη.

Οι δυσοίωνες αυτές προβλέψεις δεν είναι άγνωστες και προσφάτως ειπωμένες, αποτελούν θέμα αρκετών χρόνων. Άμεσος στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν, οι άνθρωποι, τον κίνδυνο και να αποδεχτούν την κρίση. Απαραίτητες κρίνονται οι πολιτικές διαχείρισης της ποιότητας και της ποσότητας του νερού και αποτελούν ουσιώδη απαίτηση. Στόχοι της διαχείρισης είναι η εξασφάλιση νερού σε ποσότητα αλλά και ποιότητα και η προστασία του νερού από τη ρύπανση. Είναι γεγονός ότι η πρόληψη είναι καλύτερη από τη θεραπεία. Ο κατάλληλος και προσεκτικός σχεδιασμός χρήσεων γης μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην ενίσχυση των προληπτικών μέτρων.

Τα τελευταία χρόνια η κατανάλωση του νερού έχει αυξηθεί λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και της αύξησης του πληθυσμού. Το περισσότερο νερό καταναλώνεται στις γεωργικές καλλιέργειες. Δεύτερη σε κατανάλωση είναι η βιομηχανία και τρίτη στη σειρά η κατανάλωση στις οικίες. Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται από τη γεωργία σε σχέση με την ετήσια κατανάλωση του νερού είναι 87,4% (στοιχεία Eurostat). Στην Ελλάδα το 1970 αρδεύονταν 2 εκατ. στρ. έναντι 8,5 εκατ. το 1985 και 14,5 εκατ. που αρδεύονται σήμερα. Για το λόγο αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα η ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης που διαμορφώνει αυτό το επίπεδο ζήτησης με αποτέλεσμα η διεύρυνση δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού για άρδευση άσκησε ισχυρότατη πίεση στους διαθέσιμους υδάτινους πόρους της χώρας [http7].

Έχει διαπιστωθεί γενικά ότι το υπάρχον σήμερα καθεστώς στον τομέα των αρδεύσεων οδηγεί σε κατασπατάληση του νερού. Ένα από τα βασικότερα αίτια της σπατάλης αυτής είναι ο μη ακριβής προσδιορισμός των αναγκών σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών. Για να επιτευχθεί, λοιπόν, εξοικονόμηση αρδευτικού νερού απαιτείται παιδεία και επιδεξιότητα εκ μέρους του γεωργού, η οποία προϋποθέτει υποστήριξη από ειδικούς, γνώστες του αντικειμένου (γεωπόνοι).

Λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη νέων τεχνικών εξοικονόμησης είναι η μόνη εναλλακτική λύση, ώστε η ζήτηση να σταθεροποιηθεί στα σημερινά επίπεδα ή ακόμη και να ελαττωθεί από τα επίπεδα αυτά. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια για ορθολογική χρήση του νερού στις καλλιέργειες με αναθεώρηση των παλαιών αντιλήψεων καλλιεργητικών πρακτικών. Αρχικά, επικρατούσε η αρχή μεγιστοποίησης της παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας γης ενώ τώρα η γεωργία κλίνει προς την αρχή βελτιστοποίησης της παραγωγής ανά μονάδα διαθέσιμου νερού.

Το ύψος των απωλειών νερού είναι συνδεδεμένο άμεσα με τη σωστή εφαρμογή της άρδευσης, τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των αρδεύσεων που καθορίζεται από την διακύμανση της εξατμισοδιαπνοή και της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, τον προσδιορισμό της διάρκειας άρδευσης που καθορίζεται από την διηθητικότητα του εδάφους και την εφαρμοζόμενη μέθοδο. Για τον περιορισμό, λοιπόν, των απωλειών του νερού κατά τη διανομή και χορήγηση του στα φυτά, καθώς επίσης και για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων υπάρχει έντονο το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων άρδευσης μερικώς ή πλήρως αυτοματοποιημένων. Με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, η κατανάλωση του νερού μπορεί να μειωθεί έως και στο μισό σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους άρδευσης, ενώ η απόδοση της καλλιέργειας μπορεί σχεδόν να διπλασιαστεί [http8].

Οι καλλιέργειες, όταν έχουν στη διάθεση τους νερό δίχως κάποιον περιορισμό, καταναλώνουν ποσότητες οι οποίες ρυθμίζονται από τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον που αναπτύσσονται. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι ότι αυξάνεται η βλαστική ανάπτυξη χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα και την αύξηση της παραγωγής. Η σύγχρονη αντίληψη στη γεωργία αποβλέπει στη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και οι ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό πρέπει να προσδιορίζονται σαν αυτές που αποφέρουν το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στην καλλιέργεια του βαμβακιού, τον τρόπο άρδευσης του και το πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Βελεστίνου.

Κεφάλαιο 2

2.1 Γενικά

Το βαμβάκι είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών και είναι γνωστό από πολύ παλιά, από τους προϊστορικούς χρόνους υπάρχει αναφορά ότι καλλιεργούνταν. Η ιστορία του χάνεται στα βάθη των αιώνων . Στη μακρόχρονη πορεία του άντεξε το σκληρό ανταγωνισμό άλλων προϊόντων χάρη στις εξαιρετικές και μοναδικές του ιδιότητες.

Η ανάπτυξη και η διάδοση του σε όλο τον κόσμο ήταν ο κυριότερος συντελεστής της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η σημασία του στο παγκόσμιο εμπόριο, τη διεθνή οικονομία και την τεχνολογική πρόοδο ήταν πάντοτε αξιοσημείωτη. Ο άνθρωπος το έθεσε από την αρχαιότητα στα θεία προϊόντα και τις ιερές καλλιέργειες, το ύμνησε και το λάτρευε.

Το βαμβάκι, σύμφωνα με ιστορικές μαρτυρίες, πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ινδία 5,5 χιλιαετηρίδες πριν. Αργότερα άρχισε να καλλιεργείται και να εξαπλώνεται στο Νέο Κόσμο, στις περιοχές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Στον Παλαιό Κόσμο καλλιεργούνταν τα διπλοειδή είδη *Gossypium arboreum* και *G. herbaceum*, ενώ στο Νέο Κόσμο τετραπλοειδή είδη *G. hirsutum* (Κεντρική Αμερική) και *G. barbadense* (Νότια Αμερική).

Το *G. hirsutum* είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σήμερα είδος, αφού η παραγωγή του αντιπροσωπεύει περίπου το 90% της παγκόσμιας παραγωγής. Το *G. hirsutum* ξεκίνησε ως πολυετής θάμνος από τη Γουατεμάλα και το Μεξικό ή από τη Βραζιλία. Με τη διεύρυνση, όμως, της γενετικής παραλλακτικότητας και την απομόνωση των επιθυμητών τύπων μετατράπηκε σε ετήσιο φυτό και εγκλιματίστηκε σε εύκρατες περιοχές από όπου προέρχεται σήμερα το 82% της συνολικής παραγωγής. Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται μέχρι και 43°-45° βόρειο γεωγραφικό πλάτος (Δημοκρατίες πρώην Σοβιετικής Ένωσης και Κίνα) και στο Νότιο Ημισφαίριο μέχρι 32° νότιο γεωγραφικό πλάτος (Ν. Αμερική, Αυστραλία). Καλλιεργείται σε περισσότερες από 70 χώρες στον κόσμο (Αφρική, Ασία, Ωκεανία, Β. Αμερική, Ν. Αμερική), στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στη Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία [19].

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 διαδραμάτιζε και διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και την πολιτική του κόσμου. Τα τελευταία χρόνια το βαμβάκι είναι από τα πιο ενδιαφέροντα φυτά και η καλλιέργεια του επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία σε πολλές χώρες του κόσμου. Είναι φυτό που παράγει φυσική ίνα με अपαράμιλλες ιδιότητες για πολλές χρήσεις και δίνει επίσης το σπόρο που είναι πλούσια πηγή λαδιού και πρωτεΐνης για τη διατροφή του ανθρώπου και την κτηνοτροφία.

Καλλιεργείται παγκοσμίως σε έκταση 330 εκατομμυρίων περίπου στρεμμάτων με ετήσια παραγωγή περίπου 19 εκατομμύρια τόνους εκκοκκισμένο. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 4,3 εκατ. στρ. με ετήσια παραγωγή εκκοκκισμένου βαμβακιού 435 χιλιάδες τόνοι και μέση απόδοση 101,3Kg/στρ.

Παρόλο τον ανταγωνισμό που δέχεται το βαμβάκι από τις τεχνητές ίνες, η παγκόσμια κατανάλωση βαμβακιού παρουσιάζει συνεχή και σταθερή αύξηση, κυρίως χάρη στη στροφή που παρατηρείται στην προτίμηση της κατανάλωσης από τις ανθυγιεινές τεχνητές ίνες στις φυσικές, οι οποίες διαθέτουν καλύτερες ιδιότητες. Το βαμβάκι σήμερα έχει ποσοστό συμμετοχής 48% της παγκόσμιας χρήσης ινών, έναντι 60% και πλέον στα μέσα της δεκαετίας του '60.

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε έντονη ανακατανομή της κατανάλωσης ακατέργαστου βαμβακιού στις διάφορες χώρες με τάση μείωσης στις κυρίως βιομηχανικές, ενώ στις αναπτυσσόμενες, όπως η Ελλάδα παρουσίασαν θεαματική αύξηση της κατανάλωσης και επομένως ανάπτυξη της κλωστοβιομηχανίας [8].

2.2 Εξέλιξη της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελλάδα

Το βαμβάκι είναι σήμερα η πιο δυναμική καλλιέργεια ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και το πρώτο από άποψη συναλλαγματικής αξίας αγροτικό προϊόν. Το βαμβάκι φαίνεται ότι πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ηλεία το 2^ο μ.Χ. αιώνα με το όνομα Βύσσος. Το σημερινό όνομα βαμβάκι αναφέρεται για πρώτη φορά τον 6^ο μ.Χ. αιώνα και τον 10^ο μ.Χ. αιώνα το φυτό είχε διαδοθεί σε όλη την Ελλάδα. Επί Τουρκοκρατίας και αργότερα η καλλιέργεια του περιοριζόταν κυρίως στη Θεσσαλία, τις Σέρρες και τη Λακωνία.

Καλλιεργείται παγκοσμίως σε έκταση 330 εκατομμυρίων περίπου στρεμμάτων με ετήσια παραγωγή περίπου 19 εκατομμύρια τόνους εκκοκκισμένο. Και στην Ελλάδα η εξέλιξη του είναι εντυπωσιακή. Το 1930 η καλλιεργούμενη έκταση ήταν 200 χιλιάδες στρ., το 1963 ξεπερνάει τα 2 εκατ. στρ. ενώ σήμερα καλλιεργούνται 4,3 εκατ. στρ. με ετήσια παραγωγή εκκοκκισμένου βαμβακιού 435 χιλιάδες τόνοι και μέση απόδοση 101,3Kg/στρ. [14].

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των δέκα μεγαλύτερων βαμβακοπαραγωγικών χωρών του κόσμου, ενώ κατέχει την τέταρτη θέση όσον αφορά τις στρεμματικές αποδόσεις. Παρόλο που η Ελλάδα γεωγραφικά είναι οριακή περιοχή για την βαμβακοκαλλιέργεια, συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των πρώτων χωρών παγκοσμίως, τόσο από άποψη αποδόσεων, όσο και από άποψη ποιότητας βαμβακιού τύπου upland. Επιπλέον, είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνεισφέροντας περισσότερο από το 80% της συνολικής παραγωγής της Ένωσης. Για τους παραπάνω λόγους θεωρείται ότι το βαμβάκι στηρίζει την ελληνική κλωστοϋφαντουργία και αποτελεί σημαντική πηγή ξένου συναλλάγματος.

Οι κύριοι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η πρόοδος της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα είναι: α) η ίδρυση του Οργανισμού και του Ινστιτούτου Βάμβακος, β) η ανάπτυξη εγχώριας κλωστοβιομηχανίας, γ) η ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δ) η πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας [8].

2.3 Βοτανικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού

Τα καλλιεργούμενα βαμβάκια είναι φυτά ετήσια και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της οικογένειας Malvaceae. Το γένος *Gossypium* περιλαμβάνει 49 είδη. Από τα είδη που δημιούργησε η φύση ο άνθρωπος εξημέρωσε και καλλιέργησε μόνο τέσσερα, τα οποία είναι τα μόνα με νηματοποιήσιμη ίνα, δυο διπλοειδή τα: *G. herbaceum* και *G. arboreum* και δυο τετραπλοειδή τα: *G. hirsutum* και *G. barbadense*.

Οι σπουδαιότεροι γενετικοί μηχανισμοί που συνέβαλαν στη διεύρυνση της οικολογικής προσαρμοστικότητας του βαμβακιού, ώστε από φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών να έχει μετατραπεί σήμερα σε φυτό κυρίως εύκρατων περιοχών είναι: α) διασταύρωση – υβριδισμός, β) πολυπλοειδία και γ) μεταλλάξεις [2].

Η τροποποίηση της γενετικής σύνθεσης του φυτού είχε ως αποτέλεσμα την τροποποίηση μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών του φυτού. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς που βοήθησαν την προσαρμογή της καλλιέργειας σε οριακές περιοχές είναι οι παρακάτω: α) ο ετήσιος βιολογικός κύκλος του φυτού, β) η αντίδραση του φυτού στον φωτοπεριοδισμό και γ) η αντοχή στο ψύχος.

Υπάρχει πολύ μεγάλη μορφολογική παραλλακτικότητα στο γένος *Gossypium* ετήσια ή πολυετή, ποώδη, θαμνώδη ή μικρά δέντρα. Οι κλάδοι είναι κυλινδρικοί ή γωνιώδεις με πολλές, λίγες ή καθόλου τρίχες. Ποικιλομορφία υπάρχει επίσης στα άνθη, τους, κάλυκες, τα φύλλα, τους πλευρικούς κλάδους, τους καρπούς και τους σπόρους. Κύριο χαρακτηριστικό όλων των φυτών βαμβακιού είναι η ύπαρξη αδένων που περιέχουν το αλκαλοειδές γκοσσυπόλη [8].

Το φυτό του βαμβακιού έχει ίσως την πολυπλοκότερη κατασκευή ανάμεσα στα άλλα φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Η συνεχής αύξηση του και η συμποδιακή καρποφορία του περιπλέκουν την αύξηση και ανάπτυξη του στον χώρο και το χρόνο και το καθιστούν πολύ ευαίσθητο στις οικολογικές αντιξοότητες με αποτέλεσμα τη μεγάλη αποκοπή καρποφόρων οργάνων [12].

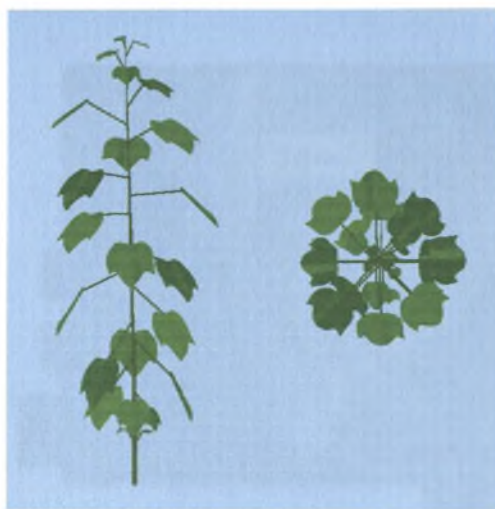
Ριζικό σύστημα: αποτελείται από μια πασσαλώδη ρίζα, η οποία σε μερικές μέρες από τη βλάστηση και σε βάθος περίπου 15cm αρχίζει να αναπτύσσει πολλές δευτερεύουσες ρίζες, οι οποίες στη συνέχεια διακλαδίζονται. Το βάθος του ριζικού συστήματος μπορεί να φτάσει ή ακόμη και να υπερβεί τα 2m. Η ανάπτυξη της ρίζας σταματά αν συναντήσει αδιαπέραστο στρώμα, πολύ αλκαλικό ορίζοντα ή έδαφος κορεσμένο από υγρασία. Αν το άκρο της κύριας ρίζας καταστραφεί, αντικαθιστάται από μια πλευρική ρίζα. Το κυρίως ριζόστρωμα βρίσκεται συνήθως σε βάθος 40-60cm και μπορεί να φτάσει πλευρικά σε απόσταση ως 120cm από την κύρια ρίζα [8].

Βλαστός: αποτελείται από το κύριο στέλεχος και τους πλευρικούς κλάδους. Το ύψος φυτού στα μονοετή βαμβάκια κυμαίνεται από 0,6 ως 1,8m ανάλογα με την ποικιλία, τις συνθήκες περιβάλλοντος και την καλλιεργητική τεχνική. Την εποχή που γενικεύεται η καρποφορία περιορίζεται η ανάπτυξη του στελέχους επειδή τα προϊόντα αφομοίωσης προωθούνται κυρίως προς τα καρύδια. Το κύριο στέλεχος είναι κυλινδρικό και κοίλο εσωτερικά. Στην ενδιάμεση ζώνη σχηματίζονται λυσιγενείς αδένες που περιέχουν γκοσσυπόλη. Κατά μήκος του κεντρικού στελέχους από τους κόμβους εκφύονται φύλλα στη μασχάλη των οποίων υπάρχουν οι καταβολές δυο οφθαλμών, του κύριου μασχαλαίου και του πλευρικού. Το κύριο

στέλεχος και οι πλευρικοί φυλλοφόροι βλαστοί παρουσιάζουν μονοποδιακή αύξηση, σε αντίθεση με τους ανθοφόρους κλάδους που έχουν συμποδιακή αύξηση.



Εικόνα 2.1 Φυτάρια βαμβακιού



Εικόνα 2.2 Σχηματική απεικόνιση διάταξης φύλλων βαμβακιού

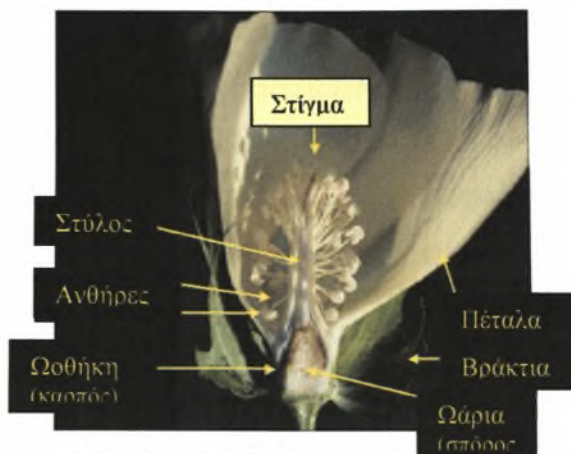
Φύλλα: παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ως προς το μέγεθος, το σχήμα, την υφή και άλλα χαρακτηριστικά ανάλογα με το είδος, την ποικιλία ακόμη και το ίδιο το φυτό. Τα φύλλα αποτελούνται από το έλασμα και το μίσχο και συνήθως έχουν και δυο μικρά παράφυλλα. Η υφή μπορεί να είναι λεπτή ως και δερματώδης. Στους περισσότερους τύπους το έλασμα έχει πλάτος 10-15cm και είναι τρίλοβο ως πεντάλοβο με έντονες όμως διαφορές ως προς το σχήμα των λοβών, ώστε τα φύλλα να φαίνονται από σχεδόν ακέραια ως πολύ σχιστά. Στο έλασμα υπάρχουν 3-5 νευρώσεις με άφθονες διακλαδώσεις. Το έλασμα μπορεί να είναι λείο ή τριχωτό. Το χρώμα των φύλλων ποικίλλει από ανοιχτό ως πολύ σκούρο πράσινο. Υπάρχει και κόκκινο χρώμα των φύλλων. Ο μίσχος έχει μήκος όσο περίπου και το έλασμα και έχει παρόμοια ανατομική κατασκευή [43].

Άνθη: οι ανθοφόροι οφθαλμοί που εξελίσσονται σε άνθη ονομάζονται χτένια. Στα πρώτα τους στάδια τα χτένια καλύπτονται από τρία βράκτια φύλλα. Συνήθως απαιτούνται 21 περίπου μέρες από την εμφάνιση των χτενιών μέχρι την άνθηση. Τα μέρη του άνθους από έξω προς τα μέσα είναι: i) τρία βράκτια φύλλα που περικλείουν το κέντρο της ανθοφόρου καταβολής, ii) κάλυκας που αποτελείται από πέντε σέπαλα ενωμένα, iii) στεφάνη που αποτελείται από πέντε πέταλα ενωμένα στη βάση τους και το χρώμα τους είναι λευκό, κίτρινο ή ερυθρό, iv) στήμονες που είναι πολυάριθμοι,

συνήθως 90-100, τοποθετημένοι σε δέκα κατακόρυφες σειρές, φέρουν δίχωρους ανθήρες οι οποίοι υπολογίζεται ότι παράγουν περίπου 10.000 γυρεόκοκκους και ν) ύπερος που αποτελείται από πολύχωρη ωοθήκη, στύλο και στίγμα.



Εικόνα 2.3 Άνθος βαμβακιού



Εικόνα 2.4 Άνθος βαμβακιού σε διατομή

Καρποί: το γονιμοποιημένο άνθος εξελίσσεται σε καρπό που είναι κάψα και ονομάζεται καρύδι. Αν δε γονιμοποιηθούν αρκετά ωάρια ώστε να δώσουν ισάριθμους σπόρους το καρύδι πέφτει τις πρώτες περίπου 10 ημέρες. Το σχήμα του καρυδιού διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό και μέσα στο ίδιο είδος από επίμηκες ως στρογγυλό. Κατά την ωρίμανση σχίζονται τα καρπόφυλλα στα σημεία συρραφής τους και προβάλλει προς τα έξω το προϊόν, που αποτελείται από σπόρους και ίνες (σύσπορο βαμβάκι). Το βάρος του καρυδιού παραλλάσσει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την ποικιλία και τις εξωτερικές συνθήκες [30].

Σπόροι: ο ώριμος σπόρος έχει σχήμα απιοειδές, μήκος 6-12mm, και βάρος 0,10 - 0,13g. Ο σπόρος αποτελείται από το περισπέρμιο, το έμβρυο και δυο



Εικόνα 2.5 Σπόρος βαμβακιού

καλοαναπτυγμένες και διπλωμένες κοτυληδόνες. Στο σπόρο υπάρχουν ακόμη αδένες που περιέχουν γκοσσυπόλη. Οι σπόροι περιβάλλονται από ίνες και συνήθως και από χνούδι.

Ίνες: η κάθε ίνα σχηματίζεται από ένα κύτταρο της επιδερμίδας του σπόρου. Την ημέρα της άνθησης ορισμένα από τα κύτταρα της επιδερμίδας σχηματίζουν εξογκώσεις που εξελίσσονται σε επιδερμικές τρίχες. Σύντομα οι εξογκώσεις επιμηκύνονται και επεκτείνονται σε όλη την επιφάνεια του σπόρου. Στη συνέχεια γίνεται η επιμήκυνση και η πάχυνση της ίνας. Η πάχυνση γίνεται με εναπόθεση κυτταρίνης κατά ομοκεντρικά στρώματα. Το τελικό μήκος της ίνας αποτελεί βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό και κυμαίνεται από 15-50mm ανάλογα με το είδος και την ποικιλία [16].

2.4 Αύξηση και ανάπτυξη του βαμβακιού

Το φυτό του βαμβακιού αναπτύσσεται σύμφωνα με ένα σχετικά κανονικό χρονοδιάγραμμα. Η διάρκεια των σταδίων αύξησης και ανάπτυξης του εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική, ώστε υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ περιοχών μέσα στη ζώνη του βαμβακιού.

Παρόλη την πρόοδο που έγινε 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 ποιοτική και ποσοτική μείωση της παραγωγής. Το βαμβάκι είναι φυτό συνεχούς αύξησης, ώστε συνεχίζει τη βλαστική του ανάπτυξη και όταν εισέρχεται στο στάδιο της ανθοφορίας με αποτέλεσμα αυτή να ανταγωνίζεται την παραγωγική ανάπτυξη. Επειδή η αναπαραγωγική ανάπτυξη είναι πιο ανταγωνιστική, το φυτό περιορίζει τη βλαστική του ανάπτυξη μετά την είσοδο του στο αναπαραγωγικό στάδιο και καθλώνεται [49].

Η αύξηση και η ανάπτυξη του βαμβακιού περιλαμβάνει διάφορα στάδια πολλά από τα οποία αλληλεπικαλύπτονται χρονικά. Τα στάδια αυτά διαχωρίζονται σε: φύτευμα, βλαστική αύξηση και ανάπτυξη, αναπαραγωγική αύξηση και ανάπτυξη και περίοδος ωρίμανσης καρυδιών.

Φύτρωμα: η βλάστηση του σπόρου αρχίζει με την είσοδο νερού στο σπόρο και την απορρόφηση του από το έμβρυο. Με τη συμβολή του οξυγόνου επιταχύνεται η αναπνοή, παράγεται ενέργεια και δημιουργούνται νέοι ιστοί. Υπό ευνοϊκές συνθήκες το φύτρωμα μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 4-6 ημέρες από τη σπορά, ενώ υπό δυσμενείς συνθήκες ενδέχεται να απαιτηθούν 3-4 εβδομάδες. Πρώιμο και ομοιόμορφο φύτρωμα είναι από τους βασικότερους συντελεστές επιτυχίας της καλλιέργειας. Η βλάστηση του σπόρου ευνοείται από επαρκή αερισμό και υγρασία εδάφους καθώς και από θερμοκρασία εδάφους υψηλότερη από 18°C [http3].

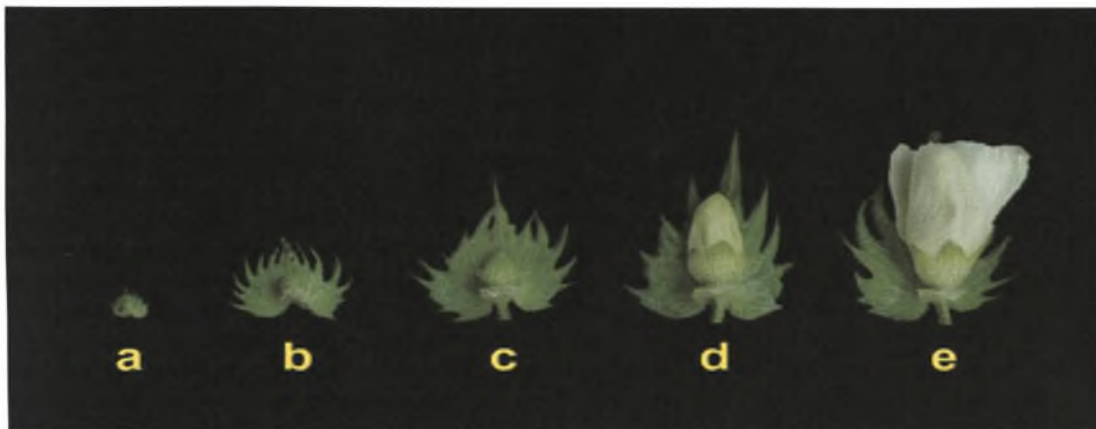


Εικόνα 2.6 Εξέλιξη φυτρώματος βαμβακιού

Βλαστική αύξηση και ανάπτυξη: η αύξηση των φυταρίων είναι βραδεία αμέσως μετά το φύτρωμα και μέχρι την εμφάνιση των 4-5 μόνιμων φύλλων, σε αντίθεση το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται ταχύτατα. Οι κοτυληδόνας με την έκθεση τους στο φως γίνονται πράσινες και αρχίζουν να φωτοσυνθέτουν. Ακόμη και ένα μήνα μετά τη σπορά το φυτό παραμένει χωρίς διακλαδώσεις και έχει 4-5 μεσογονάτια διαστήματα με αντίστοιχο αριθμό φύλλων. Τις επόμενες τέσσερις εβδομάδες η αύξηση επιταχύνεται, ώστε 8 εβδομάδες μετά τη σπορά το φυτό έχει 9-10 κόμβους και 5-6 συμποδιακούς κλάδους.

Αναπαραγωγική αύξηση και ανάπτυξη: α) εμφάνιση του πρώτου χτενιού: απαιτούνται συνήθως 40-45 ημέρες από το φύτρωμα, με την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών η χρονική περίοδος μειώνεται και αυξάνεται με την ύπαρξη χαμηλών, β) περίοδος από το χτένι μέχρι την άνθηση: απαιτούνται συνήθως 21-23 ημέρες και η περίοδος του σταδίου αυτού είναι σταθερότερη από το προηγούμενο στάδιο, γ) ρυθμός ανθοφορίας: μετά την έναρξη της ανθοφορίας ο ρυθμός ανθοφορίας

επιταχύνεται καθημερινώς, σύμφωνα με μια σχεδόν τυπική κανονική καμπύλη με μέγιστο τα τέλη Ιουλίου για τις συνθήκες της Ελλάδας και αγγίζει σχεδόν το 100% περίπου στις 15 Αυγούστου και δ) αποκοπή καρποφόρων οργάνων: η ανθόρροια και η καρπόρροια είναι συνήθη φαινόμενα, το υψηλό ποσοστό απωλειών καρποφόρων οργάνων στο τέλος της ωφέλιμης περιόδου ανθοφορίας είναι συνήθως χωρίς οικονομική σημασία αφού έχει εξασφαλιστεί η πρόωρη καρπόδεση [12].



Εικόνα 2.7 Στάδια εμφάνισης άνθους βαμβακιού

Περίοδος ωρίμανσης καρυδιού: κυμαίνεται από 45-65 ημέρες ανάλογα με τις συνθήκες ωρίμανσης. Η υπερβολική σμίκρυνση της περιόδου ωρίμανσης καρυδιού, όπως και όλων των σταδίων του φυτού, μπορεί να αποβεί σε βάρος της απόδοσης. Για μια ικανοποιητική ποσοτική και ποιοτική παραγωγή το βαμβακόφυτο πρέπει να έχει στη διάθεση του περίπου 6 μήνες με ευνοϊκές οικολογικές συνθήκες [2].

2.5 Οικολογικές απαιτήσεις του βαμβακιού

Κλίμα: επηρεάζει άμεσα τη διαμόρφωση της παραγωγής του βαμβακιού και αποτελεί αιτία της διακύμανσης που παρουσιάζουν οι αποδόσεις σε μια περιοχή από χρόνο σε χρόνο. Σε χώρες, όπως, η Ελλάδα οι οποίες έχουν περιορισμένη βλαστική περίοδο, οι συνθήκες ανάπτυξης κυρίως στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου είναι συχνά λιγότερο ευνοϊκές για μια καλή καρποφορία και ωρίμανση της καλλιέργειας. Βασικός περιοριστικός παράγοντας θεωρούνται οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν τις περιόδους αυτές καθώς και οι απρόβλεπτες καιρικές μεταβολές (πρώιμες βροχές, πτώση θερμοκρασίας) [8].

Έδαφος: το βαμβάκι δεν έχει μεγάλες εδαφικές απαιτήσεις. Καλύτερα θεωρούνται τα εδάφη μέσης σύστασης με επαρκή αερισμό και στράγγιση. Σε πλούσιο έδαφος το βαμβάκι παρουσιάζει υπερβολική βλαστική ανάπτυξη σε βάρος της αναπαραγωγικής ανάπτυξης. Τα καλύτερα εδάφη για την καλλιέργεια του είναι αυτά που έχουν ίσες αναλογίες αργίλου, πηλού και άμμου, ικανή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και μέση γονιμότητα ή μέτρια περιεκτικότητα σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Ιδανικό θεωρείται το pH μεταξύ 7-8, μπορεί να καλλιεργηθεί και σε πιο όξινα εδάφη μέχρι pH 5,2. Τέλος, ανέχεται μέτρια περιεκτικότητα αλάτων και πρέπει το έδαφος να μην είναι πολύ συνεκτικό ή έχει αδιαπέραστο στρώμα, γιατί είναι βαθύρριζο φυτό.

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. Κατά την καρποφορία οι ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία αυξάνονται, ενώ όταν αρχίζει η ωρίμανση της παραγωγής μειώνονται πολύ [21].

Θερμοκρασία: είναι ο σπουδαιότερος κλιματικός παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος και την ποιότητα παραγωγής. Η εξέλιξη του βαμβακόφυτου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία που επικρατεί κατά τη βλάστηση και το φύτεμα του σπόρου. Θερμοκρασία κάτω των 10°C κατά το φύτεμα θεωρείται επιζήμια καθώς ελαττώνεται η βλαστικότητα και δημιουργούνται ανωμαλίες στο ριζικό σύστημα. Η ελάχιστη θερμοκρασία εδάφους για το φύτεμα και τη βλάστηση είναι 15°C, ενώ με θερμοκρασία αέρος 10-12°C σταματά η ανάπτυξη των καρυδιών και με -2°C επέρχεται ο θάνατος του φυτού. Η άριστη θερμοκρασία για το φύτεμα και τη μετέπειτα ανάπτυξη του είναι 33°C. Η θερμοκρασία αέρος επιδρά στην ποιότητα της ίνας και του σπόρου. Με εφαρμογή ορθής καλλιεργητικής τεχνικής η απόδοση είναι ανάλογη του μέσου όρου της μέσης θερμοκρασίας αέρος κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, εφόσον η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει το ευνοϊκό εύρος για την ανάπτυξη του φυτού [12].

Υγρασία: το φυτό του βαμβακιού έχει συντελεστή διαπνοής αρκετά υψηλό, περίπου 560. Για καλλιέργεια βαμβακιού χωρίς άρδευση απαιτείται ετήσια βροχόπτωση τουλάχιστον 500mm από τα οποία τα 175-200mm απαιτείται να πέσουν κατά την περίοδο της καρποφορίας. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια βαμβακιού είναι κατά κανόνα αρδευόμενη. Με το βαθύ ριζικό του σύστημα το βαμβάκι είναι από τις

λίγες εαρινές καλλιέργειες που μπορούν να αποδώσουν και χωρίς άρδευση. Η έλλειψη εδαφικής υγρασίας είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού. Αν η υγρασία εδάφους βρίσκεται στο σημείο μάρανσης ή και κάτω από αυτό, ο σπόρος δε φυτρώνει και τα νεαρά φυτά δεν αναπτύσσονται. Καθώς το φυτό προχωρεί στην εποχική ανάπτυξη οι ημερήσιες απαιτήσεις σε νερό αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό λόγω της γρήγορης αύξησης των φυτικών ιστών. Η περίσσεια υγρασίας μπορεί να είναι επίσης επιβλαβής, ιδιαίτερα στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Υπερβολική εδαφική υγρασία αποκλείει τον καλό αερισμό και εμποδίζει την ορθή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Υπερβολική υγρασία την περίοδο ωρίμανσης των καρυδιών μειώνει την απόδοση της καλλιέργειας, διότι συντελεί στη σήψη αυτών.

Φως: το φυτό του βαμβακιού είναι ηλιόφιλο και παράγει αποτελεσματικά όταν υπάρχει επαρκής ηλιοφάνεια κατά το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργού περιόδου ανάπτυξης. Βαμβάκια που σκιάζονται μένουν καχεκτικά και κοντά με μικρή καρποφορία. Η ανάπτυξη του νεαρού φυτού μπορεί να αναχαιτιστεί αν η φωτοσύνθεση δεν είναι ικανοποιητική λόγω ανεπαρκούς φωτισμού. Η επίδραση της ανεπάρκειας φωτός στην πρώτη ανάπτυξη του βαμβακιού είναι μεγαλύτερη στις πυκνές φυτείες και αποτελεί ίσως το ισχυρότερο αίτιο πρόκλησης προβλημάτων στην καλλιέργεια [44].

2.6 Καλλιεργητικές φροντίδες στο βαμβάκι

Προετοιμασία αγρού: το βαμβάκι απαιτεί επιμελημένη προετοιμασία του αγρού. Κρίσιμο σημείο για τις ελληνικές συνθήκες είναι η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας σε ικανοποιητικό επίπεδο, επειδή ο βαμβακόσπορος είναι ελαιούχος σπόρος και έχει ανάγκη από αρκετή υγρασία για να φυτρώσει. Τα τελευταία χρόνια με την οψίμιση των φυτειών παρεμποδίζεται η χειμερινή κατεργασία με δυσμενείς επιπτώσεις για τη νέα καλλιέργεια. Στα πλαίσια της νέας γεωργίας με τις μειωμένες εισροές επιδιώκεται και στο βαμβάκι η μείωση της κατεργασίας του εδάφους μέχρι και η ακαλλιέργεια.

Η προετοιμασία του αγρού απαιτεί στελεχοκοπή. Όταν η προηγούμενη καλλιέργεια είναι βαμβάκι, καλαμπόκι ή καπνός πρέπει αμέσως μετά τη συγκομιδή να γίνεται στελεχοκοπή και παράχωμα των στελεχών με τη χρήση περιστροφικού στελεχοκόπτη ή δισκοσβάρνας. Το φθινοπωρινό όργωμα αποτελεί σημαντική

καλλιεργητική φροντίδα. Πρέπει να γίνεται κατά το δυνατόν νωρίτερα το φθινόπωρο ή το χειμώνα με αναστρεφόμενο άροτρο σε βάθος εναλλασσόμενο 20-30cm. Έπειτα γίνεται καταστροφή ζιζανίων το χειμώνα και η προετοιμασία του αγρού για σπορά. Την άνοιξη γίνονται οι τελείως απαραίτητες εργασίες και με μεγάλη προσοχή για να εξασφαλιστεί καλή δομή εδάφους και υγρασία για τη σπορά. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν στην καταστροφή των ζιζανίων που βλαστάνουν την άνοιξη, το ψιλοχωμάτισμα του επιφανειακού στρώματος, τον αερισμό και θέρμανση του εδάφους, την τελική διαμόρφωση και ισοπέδωση του αγρού και την ενσωμάτωση των ζιζανιοκτόνων και λιπασμάτων. Άλλες περιστασιακές κατεργασίες που μερικές φορές είναι απαραίτητες για την βαμβακοκαλλιέργεια είναι η ισοπέδωση, η αποστράγγιση και η υπεδαφοκαλλιέργεια [43].

Λίπανση αγρού: το βαμβάκι δε θεωρείται πολύ εξαντλητικό φυτό, γιατί όταν απομακρύνεται από τον αγρό μόνο το σύσπορο, περίπου 70% από την ξηρά ουσία του φυτού επιστρέφει στο έδαφος. Για την κατασκευή όμως του βλαστικού μέρους του φυτού απαιτείται αρκετά μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ανόργανων στοιχείων.

Με την παραγωγή σύσπορου βαμβακιού 240Kg/στρ. βρέθηκε ότι απομακρύνονται από το έδαφος περίπου 5Kg N (αζώτου), 0,9Kg P (φωσφόρου) και 1,8Kg K (καλίου). Το βαμβάκι αφαιρεί επίσης αξιόλογες ποσότητες Ca (ασβεστίου), μικρότερες ποσότητες Mg (μαγνησίου), S (θείου), Na (νατρίου) καθώς και μικρές ποσότητες ιχνοστοιχείων, όπως B (βορίου), Fe (σιδήρου), Mn (μαγγανίου), Cu (χαλκού), Cl (χλωρίου) και Zn (ψευδαργύρου).

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικά υψηλές ποσότητες N, P, K, Ca και Mg. Στα επόμενα στάδια ανάπτυξης οι απαιτήσεις των παραπάνω θρεπτικών στοιχείων μεγιστοποιούνται. Όταν το φυτό υπερβεί την αιχμή της καρπόδεσης, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γοργό ρυθμό, διότι όλη η ποσότητα που είχε συσσωρευτεί στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια.

Το N βοηθά στη μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή περισσότερων συμποδίων, ανθέων και καρυδίων, αυξάνει το βάρος καρυδιού και του σπόρου καθώς και την εκατοστιαία αναλογία ινών. Ο P πρωιμίζει την παραγωγή και ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ενώ η επίδραση του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ίνας και του σπόρου δεν είναι σημαντική. Το βαμβακόφυτο είναι ευαίσθητο στην έλλειψη K. Με την αύξηση της διαθεσιμότητας του K, εντός των

επαρκών ορίων, παρατηρείται συνήθως αύξηση της ανθοφορίας, του μήκους της ίνας, του βάρους του σπόρου και της περιεκτικότητας του σπόρου σε λάδι.

Η λίπανση είναι από τους βασικούς συντελεστές που συνέβαλαν στην ποσοτική και ποιοτική αύξηση της παραγωγής βαμβακιού στην Ελλάδα. Η αποτελεσματικότητά της είναι άμεσα συνδεδεμένη με την άρδευση της βαμβακοκαλλιέργειας [21].

Αντιμετώπιση ζιζανίων: τα ζιζάνια ανταγωνίζονται σε μεγάλο βαθμό το βαμβάκι, ειδικότερα στο νεαρό στάδιο. Ύπαρξη πολλών ζιζανίων μειώνει την απόδοση και υποβαθμίζει την ποιότητα του βαμβακιού. Η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται με αμειψισπορά, καλλιεργητικά μέτρα, βοτάνισμα, σκάλισμα και εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Τα σπουδαιότερα ζιζάνια που απαντώνται στις φυτείες βαμβακιού είναι: *Solanum nigrum* (αγριοντοματιά), *Xanthium strumarium* (αγριομελιτζάνα), *Chenopodium album* (λουβουδιά), *Datura stramonium* (τάτουλας), *Abutilon theophrasti* (αγριοβαμβακιά) και κάποια πολυετή.



Εικόνα 2.8 *Solanum nigrum*
(αγριοντοματιά)



Εικόνα 2.9 *Xanthium strumarium*
(αγριομελιτζάνα)



Εικόνα 2.10 *Datura stramonium*
(τάτουλας)



Εικόνα 2.11 *Abutilon theophrasti*
(αγριοβαμβακιά)

Τα ζιζανιοκτόνα έχουν ευρεία εφαρμογή στο βαμβάκι. Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια βαμβακιού διακρίνονται ανάλογα με το χρόνο εφαρμογής σε προσπαρτικά, προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά. Για αποτελεσματικότερη καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων, ενώ η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των ζιζανίων γίνεται σε συνδυασμό και με γεωργικές μεθόδους. Συνδυασμένη ζιζανιοκτονία εφαρμόζεται περίπου στο 50% των εκτάσεων [20].

2.7 Σπορά βαμβακιού

Εποχή σποράς: το πρώιμο και ομοιόμορφο φύτευμα είναι απαραίτητη προϋπόθεση επιτυχίας για το βαμβάκι, γιατί επεκτείνει τη βλαστική περίοδο και συγχρονίζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Η εποχή σποράς είναι ένας σημαντικός συντελεστής που καθορίζει την επιτυχία φυτρώματος και διαμορφώνει την πρωιμότητα της παραγωγής της βαμβακοκαλλιέργειας. Η σπορά του βαμβακιού μπορεί να αρχίσει, όταν η θερμοκρασία εδάφους φθάσει στους 14-15°C ή και όταν είναι λίγο χαμηλότερη, αλλά παρατηρείται σταθερή βελτίωση της θερμοκρασίας. Είναι προτιμότερο να υπάρχει πρώιμη φυτεία, έστω και με μειωμένο πληθυσμό φυτών μέχρι και 50% χωρίς όμως μεγάλα και συνεχή κενά παρά να γίνει όψιμη επανασπορά. Η καλύτερη εποχή σποράς για τις περισσότερες περιοχές είναι μεταξύ 10-20 Απριλίου ή το αργότερο μέχρι το τέλος αυτού του μήνα. Αργότερα κάθε δεκαήμερο που περνά μειώνει την απόδοση σε βαθμό ώστε σπορές Ιουνίου να έχουν λίγη πιθανότητα να δώσουν οποιαδήποτε απόδοση. Η ωφελιμότητα από την πρώιμη σπορά υπερκαλύπτει τη ζημία που προκύπτει από τη μεγαλύτερη προσβολή από βερτισιλλίωση που παρουσιάζει συχνά η πρώιμη σπορά σε σχέση με οψιμότερη κατά την πρώιμη εμφάνιση της ασθένειας. Η πρώιμη σπορά έχει υιοθετηθεί πλέον και στην πράξη, έτσι ώστε οι παραγωγοί σπέρνουν περίπου 10 ημέρες πρωιμότερα από ό,τι συνήθιζαν παλαιότερα [8].

Αποστάσεις φύτευσης: για το βαμβάκι ο αριθμός φυτών ανά μονάδα επιφάνειας μπορεί να κυμαίνεται σε ευρέα όρια χωρίς να παρατηρείται συχνά διαφορά στην απόδοση, ειδικότερα με πρώιμη σπορά. Η χρησιμοποίηση του πυκνότερου πληθυσμού, εντός ορισμένων ορίων, πλεονεκτεί, όπως έχει αποδειχτεί με συνθήκες περιορισμένης βλαστικής περιόδου και ανάπτυξης φυτών. Τα βραχύτερα και πιο συμπαγή φυτά βαμβακιού έχουν κατά κανόνα πρωιμότερη και ταυτόχρονη

καρποφορία, ενώ ο αυξημένος πληθυσμός φυτών που ανέχονται, υπερκαλύπτει κάτω από κανονικές συνθήκες τη μειωμένη καρποφορία ανά φυτό. Η βαμβακοκαλλιέργεια, σήμερα, έχει μετατοπιστεί σε πυκνότερη φυτεία σε σχέση με το παρελθόν. Οι συνιστώμενοι πληθυσμοί είναι πλέον περίπου 20φυτά/m² για τις ποικιλίες περιορισμένης βλαστικής ανάπτυξης και περίπου 12φυτά/m² για τις εύρωστες ποικιλίες τύπου Acala. Με τη γενίκευση της μηχανοσυλλογής οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ γραμμών είναι περίπου 1m [49].

Βάθος σποράς: εξαρτάται από την υγρασία και τη θερμοκρασία του εδάφους, τη φυσική του κατάσταση και την εποχή σποράς του. Σε ελαφρά εδάφη που θερμαίνονται αλλά και χάνουν την υγρασία ευκολότερα, η σπορά γίνεται συνήθως στα 5-7cm, ενώ σε υγρά αμμοπηλώδη σε 3-4cm. Επίσης, στις πρώιμες σπορές η σπορά είναι πιο επιφανειακή με την προϋπόθεση ότι υπάρχει κατάλληλη υγρασία [2].

2.8 Αμειψισπορά βαμβακιού

Το βαμβάκι δε θεωρείται πολύ εξαντλητικό φυτό και για αυτό το λόγο δεν έχει απόλυτη ανάγκη να εναλλάσσεται με άλλες καλλιέργειες στον ίδιο αγρό. Ειδικά τα τελευταία χρόνια που έχει αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα της καλλιέργειας, εφαρμόζεται το σύστημα της μονοκαλλιέργειας. Η αμειψισπορά είναι αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος για την καταπολέμηση εχθρών, ασθενειών και ορισμένων ζιζανίων του βαμβακιού. Κρίνεται απαραίτητη αυτή η διαδικασία όταν οξυνθεί το πρόβλημα από βερτισιλίωση. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να καλλιεργηθεί ο αγρός για αρκετά χρόνια με ανθεκτικές καλλιέργειες [12].

2.9 Αποφύλλωση βαμβακιού

Η αποφύλλωση του βαμβακιού πριν τη συγκομιδή θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της μηχανοσυλλογής. Τα βασικά πλεονεκτήματα της αποφύλλωσης είναι τα εξής:

- ✓ η ποιότητα του προϊόντος είναι καλύτερη καθώς δε συγκομίζονται πράσινα φύλλα, έτσι ώστε να χρωματίσουν και να υποβαθμίσουν την ίνα
- ✓ περιορίζει τη σήψη των καρυδιών και τις όψιμες προσβολές από έντομα (ρόδινο σκουλήκι, πράσινο σκουλήκι)

- ✓ το συγκομιζόμενο προϊόν έχει λιγότερη υγρασία και επομένως συντηρείται ασφαλέστερα
- ✓ επιτρέπει την έναρξη της συγκομιδής νωρίτερα τις πρωινές ώρες
- ✓ ελέγχεται η πιθανή αναβλάστηση των κορυφών του φυτού, ιδιαίτερα με την προσθήκη αποξηραντικών ουσιών των οφθαλμών
- ✓ αυξάνει την ωριαία απόδοση της μηχανής
- ✓ επιταχύνει το άνοιγμα των ώριμων καρυδιών [8,12].

2.10 Συγκομιδή βαμβακιού

Το παραδοσιακό σύστημα συγκομιδής του βαμβακιού με το χέρι κυριάρχησε μέχρι περίπου τα τέλη της δεκαετίας του '70. Το 1972 η μηχανοσυλλογή κάλυπτε ένα ποσοστό 4%, ενώ σήμερα το ποσοστό της μηχανοσυλλογής είναι περίπου 95% και ο αριθμός των μηχανών περίπου 3000.

Με τη χειροσυλλογή η ποιότητα του προϊόντος είναι καλύτερη και οι απώλειες κατά τη συγκομιδή μικρότερες από ότι με τη μηχανοσυλλογή. Η χειροσυλλογή γίνεται συνήθως σε 2-3 χέρια. Η απόδοση μιας εργάτριας για χειροσυλλογή σύσπορου είναι περίπου 60-90Kg και μπορούσε να υπερβεί και τα 120Kg. Στην περίπτωση της συγκομιδής ολόκληρων των καψών η απόδοση ανά άτομο είναι μεγαλύτερη από 200Kg/ημέρα που ισοδυναμεί περίπου με 150Kg σύσπορο.

Οι μηχανές που επικράτησαν στην Ελλάδα είναι αμερικάνικου τύπου Picker, οι οποίες συλλέγουν το σύσπορο με τα αδράχτια που διαθέτουν. Η μηχανοσυλλογή γίνεται κατά κανόνα δυο φορές για τον ίδιο αγρό και με μια συλλεκτική μηχανή μπορεί να συλλεχθεί βαμβάκι από έκταση 1.000 στρεμμάτων. Η μηχανοσυλλογή αρχίζει συνήθως το δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και μέχρι τέλος Οκτωβρίου συλλέγεται το 80-85% της συνολικής παραγωγής. Η υγρασία του βαμβακιού που συλλέγεται δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12% που θεωρείται το ανώτατο όριο [49].

2.11 Κυριότεροι εχθροί και ασθένειες

Το βαμβάκι υφίσταται σημαντικές ζημιές από εχθρούς και ασθένειες γεγονός που οφείλεται στο μεγάλο βιολογικό κύκλο και συνεχή αύξηση. Για την

αντιμετώπιση των εχθρών και ασθενειών χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα, όπως χημικά, βιολογικά, μηχανικά και καλλιεργητικά.

Εχθροί: οι σπουδαιότεροι εχθροί της ελληνικής βαμβακοκαλλιέργειας είναι οι σιδηροσκώληκες (*Agriotes spp.*), το πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera*), το ρόδινο σκουλήκι (*Pectinophora gossypiella*), οι αφίδες (*Aphis spp.*), ο ακανθώδης (*Earias spp.*), η σποντόπτερα (*Spodoptera spp.*) και άλλα μικρότερης σημασίας [47].



Εικόνα 2.12 Σιδηροσκώληκες



Εικόνα 2.13 *Helicoverpa armigera*



Εικόνα 2.14 *Pectinophora gossypiella*



Εικόνα 2.15 *Aphis gossypii*



Εικόνα 2.16 *Earias spp.*



Εικόνα 2.17 *Spodoptera spp.*

Ασθένειες: στην Ελλάδα οι ζημιές από ασθένειες είναι γενικά μεγαλύτερες εκείνων που οφείλονται σε ζωικά παράσιτα. Οι ασθένειες του βαμβακιού οφείλονται κυρίως σε μύκητες και βακτήρια. Από αυτές οι σπουδαιότερες για τις ελληνικές συνθήκες είναι οι μυκητολογικές σηψιρριζίες, βερτισιλλίωση, αλτερνάρια και βακτηριώση. Οι σηψιρριζίες προκαλούνται από μύκητες που ανήκουν στα γένη: *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora* κ.ά.. Η σήψη αρχίζει από τη μια πλευρά του λαιμού και επεκτείνεται ως την άκρη της ρίζας. Οι αδρομυκώσεις οφείλονται στους μύκητες *Fusarium spp.* και *Verticillium wilt*. Αυτοί οι μύκητες εισχωρούν από το έδαφος στις ρίζες και κλείνουν τα αγγεία που κυκλοφορεί το νερό. Η αλτερνάρια

(*Alternaria spp.*) προσβάλλει τα φύλλα αρχίζοντας από τις κοτυληδόνες, τα στελέχη, τα καρύδια ή τις ίνες είναι όταν είναι ανοιχτά τα καρύδια. Η βακτηρίωση οφείλεται στο βακτήριο *Xanthomonas malvacearum*. Προσβάλλει όλα σχεδόν τα μέρη του φυτού και σε όλα του τα στάδια σχηματίζοντας νεκρωτικές κηλίδες [45].



Εικόνα 2.18 *Verticillium dahliae*



Εικόνα 2.19
Fusarium spp.



Εικόνα 2.20 *Xanthomonas malvacearum*

Κεφάλαιο 3

3.1 Άρδευση βαμβακιού

Η επέκταση των αρδεύσεων ήταν για την Ελλάδα ένας από τους βασικότερους συντελεστές της αύξησης των στρεμματικών αποδόσεων. Σήμερα στη χώρα μας το σύνολο σχεδόν της βαμβακοκαλλιέργειας, περίπου 95%, αρδεύεται. Από πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι η άρδευση είναι πιο αποτελεσματική αν συνδυαστεί με αζωτούχο λίπανση, πρόωγη σπορά και ποικιλία. Πρόωρη έναρξη άρδευσης μπορεί να προκαλέσει οψίμιση, ενώ περίσσεια νερού μπορεί να αυξήσει την ανθόρροια και καρπόρροια.

Η κατανάλωση νερού από το βαμβακόφυτο νερού είναι ελάχιστη κατά το φύτευμα και αυξάνει συνεχώς παρουσιάζοντας τη μέγιστη κατανάλωση στο στάδιο της πλήρους καρποφορίας. Τα μικρά φυτά καταναλώνουν ποσότητα νερού 2-2,5m³/στρ./ημέρα. Στο στάδιο σχηματισμού των χτενιών, η ημερήσια κατανάλωση νερού αγγίζει τα 3-5m³/στρ./ημέρα. Στο στάδιο ανθοφορίας και σχηματισμού καρυδιών η ποσότητα νερού πλησιάζει τα 7-10m³/στρ./ημέρα. Τέλος, κατά το στάδιο ωρίμανσης των καρυδιών η κατανάλωση νερού μειώνεται στα 3-5m³/στρ./ημέρα. Ένα στρώμα εδάφους βάθους ενός μέτρου συγκρατεί περί τα 190-230m³/στρ. όταν είναι ελαφρύ (αμμοαργιλώδες) και 320-360m³/στρ. όταν είναι συνεκτικό (αργιλώδες). Η κανονική ανάπτυξη της φυτείας γίνεται όταν το ωφέλιμο νερό διατηρείται στο 50-70% της υδατοχωρητικότητας [9].

3.2 Χρόνος άρδευσης

Οι αρδεύσεις χωρίζονται ανάλογα με το χρόνο που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια βαμβακιού. Άρδευση για το φύτευμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών γίνεται μόνο σε περιπτώσεις που κρίνεται τελείως απαραίτητο πριν ή μετά τη σπορά και επιβάλλεται να είναι ελαφρύ. Για την ανάπτυξη των φυτών γίνονται ένα με δυο ποτίσματα το Μάιο με αρχές Ιουνίου. Τα ποτίσματα ανάπτυξης είναι απαραίτητα σε περίπτωση που γίνονται επιφανειακές λιπάνσεις.

Οι αρδεύσεις κατά την καρποφορία είναι οι πιο απαραίτητες για τη βαμβακοκαλλιέργεια, επειδή και η κριτική περίοδος του βαμβακιού αρχίζει όταν το φυτό σχηματίσει τα πρώτα του καρύδια. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει 10-15cm. Η πρόωγη έναρξη των ποτισμάτων

καρποφορίας καθώς και το υπερβολικό πότισμα αργότερα ευνοούν τη μη επιθυμητή βλαστική ανάπτυξη των βαμβακόφυτων, οψιμίζουν και μειώνουν την παραγωγή και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι πιο ελαφρύ από τα επόμενα. Κατά την υπόλοιπη διάρκεια του σταδίου της καρποφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Συνήθως το πλήθος των ποτισμάτων καρποφορίας πρέπει να είναι 2-5, λαμβάνοντας υπόψη ότι το βαμβάκι επειδή είναι βαθύρριζο φυτό χρειάζεται αραιές αρδεύσεις αλλά με μεγάλη ποσότητα νερού. Η ποσότητα του νερού άρδευσης εξαρτάται κυρίως από την υδατοϊκανότητα του εδάφους [4].

Μετά τα μέσα Αυγούστου οι ανάγκες του φυτού σε νερό περιορίζονται κυρίως εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών. Αν όμως υφίστανται ακόμη υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σε σχετικά όψιμες φυτείες επιβάλλεται να πραγματοποιούνται 1-2 ποτίσματα μέχρι και τα τέλη Σεπτεμβρίου ακόμη κι αν έχουν ανοίξει τα πρώτα καρύδια. Τα παραπάνω ποτίσματα αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις ωφέλιμα για την αύξηση της παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας των όψιμων καρυδιών.

Γενικά, μέχρι την άνθηση, δηλαδή τέλη Ιουνίου με αρχές Ιουλίου, τα βαμβακόφυτα έχουν περιορισμένες ανάγκες σε νερό και συνήθως αυτές καλύπτονται από τις βροχοπτώσεις και τα εδαφικά αποθέματα. Από τον Ιούλιο μέχρι τον Αύγουστο που το φυτό φέρει χτένια, άνθη και καρύδια, οι ανάγκες σε νερό είναι μεγάλες. Κατά το πότισμα θα δοθούν 50-80m³/στρ.. Ανάλογα με το έδαφος γίνονται 4-6 ποτίσματα με συνολικό όγκο νερού 280-380m³/στρ.. Τους επόμενους μήνες τα ποτίσματα είναι αραιότερα εκτός αν υπάρχει ανάγκη λόγω δυσμενών για την καλλιέργεια καιρικών συνθηκών [24].

3.3 Μέθοδοι άρδευσης βαμβακιού

Κατάκλυση: δε συνίσταται στο βαμβάκι, διότι εκτός από την κατασπατάληση ύδατος, δημιουργούνται συνθήκες ασφυξίας στο ριζικό σύστημα του φυτού. Συνήθως οι αρδεύσεις του βαμβακιού πραγματοποιούνται με τις μεθόδους που αναπτύσσονται παρακάτω.

Άρδευση με αυλάκια: αυτή η μέθοδος άρδευσης πρέπει να προτιμάται σε περιοχές όπου υπάρχει συστηματοποιημένη ισοπέδωση και κατάλληλα αρδευτικά

δίκτυα. Οι υψηλές απαιτήσεις σε εργασία καθιστούν τη μέθοδο αυτή όχι ιδιαίτερα ελκυστική απέναντι στους παραγωγούς.

Άρδευση με τεχνητή βροχή: είναι πολύ διαδεδομένη στο βαμβάκι. Με τη μέθοδο αυτή είναι εύκολη η ρύθμιση της ποσότητας του νερού και η αξιοποίηση της σχετικά μικρής παροχής των γεωτρήσεων. Προτιμάται ιδιαίτερα στις ελαφρές αρδεύσεις. Αρχικά, η εφαρμογή τεχνητής βροχής έγινε με χειρομετακινούμενους αγωγούς, αλλά αυτή η μέθοδος έχει εγκαταλειφθεί σήμερα. Παραλλαγή της προηγούμενης εφαρμογής είναι τα αυτοκινούμενα συστήματα, γνωστά ως καρούλια. Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η εύκολη ρύθμιση της δόσης άρδευσης και η εφαρμογή της άρδευσης στο φύτρωμα. Τα κύρια μειονεκτήματα είναι το αυξημένο κόστος προμήθειας και η γρήγορη εξάτμιση του νερού λόγω των ανέμων.

Στάγδην άρδευση: είχε πολύ περιορισμένη εφαρμογή στην βαμβακοκαλλιέργεια μέχρι πρόσφατα, αλλά τα τελευταία 15 χρόνια παρουσιάζει γρήγορη επέκταση. Το 1998 είχε καταλάβει ήδη το 50% των εκτάσεων στη Θεσσαλία. Με τη στάγδην άρδευση παρατηρείται τρισδιάστατη κίνηση νερού, το οποίο εκρέει από το σύστημα με τη μορφή σταγόνας. Θεωρείται πλέον η οικονομικότερη μέθοδος άρδευσης [48].

3.4 Ιστορική εξέλιξη στάγδην άρδευσης

Η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες, επιφανειακή ή υπόγεια, ανήκει στους τρόπους τοπικής ή μερικής άρδευσης. Αυτός ο χαρακτηρισμός δίνεται στις μεθόδους που χορηγούν το νερό απευθείας στη ζώνη της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας των φυτών και μόνο σε αυτό το σημείο, σε αντίθεση με τις άλλες παραδοσιακές μεθόδους, οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω και χορηγούν το νερό σε όλη ή σχεδόν όλη την έκταση που καλύπτει η καλλιέργεια.

Η έλλειψη νερού που παρατηρείται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας ανάγκασε μεγάλη μερίδα παραγωγών να προσανατολιστεί σε μεθόδους άρδευσης με όσο το δυνατό λιγότερο νερό, δηλαδή στη στάγδην άρδευση. Η μέθοδος της στάγδην άρδευσης αποτελούσε συνηθισμένη πρακτική σε οπωρώνες και αμπελώνες στις αρχές της δεκαετίας του '80. Το 1988 πολύ λίγοι παραγωγοί χρησιμοποίησαν τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα τελευταία χρόνια όμως όλο και περισσότεροι παραγωγοί βαμβακοκαλλιεργειών χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα.

Η στάγδην άρδευση μπορεί να αποτελέσει μεγάλο πλεονέκτημα για την αποτελεσματική χρήση του νερού. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα στάγδην άρδευσης δεν έχει απώλειες νερού εξαιτίας της υπερχειίλισης ή εξάτμισης. Η στάγδην άρδευσης μπορεί να σχεδιαστεί να γίνεται με ακρίβεια, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της καλλιέργειας, παρέχοντας αυξημένες αποδόσεις και καλύτερη ποιότητα της καλλιέργειας. Ακόμη το απαιτούμενο εργατικό κόστος σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης είναι σαφώς πολύ μικρότερο. Η στάγδην άρδευση μειώνει την επαφή του νερού με τα φύλλα, τον κορμό και τους καρπούς της καλλιέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ασθενειών που μπορεί να προσβάλλουν την καλλιέργεια.

Η μέθοδος συνίσταται στην εφαρμογή νερού σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων στην περιοχή του ριζοστρώματος των φυτών, έτσι ώστε κάθε φυτό ξεχωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη υγρασία για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση. Το νερό σταλάζει από την οπή σταλακτήρων που είναι ενσωματωμένοι σε σωλήνες πολυαιθυλενίου και τοποθετημένοι σε ορισμένες αποστάσεις, χωρίς να διαβρέχεται, όπως προαναφέρθηκε, το φυτό. Η πίεση στους σταλακτήρες είναι συνήθως μικρή (0,2-2atm) και η παροχή είναι επίσης μικρή περίπου 1-10L/h [44].

Επίσης, γνωστή στους καλλιεργητές τα τελευταία χρόνια είναι και η υπόγεια στάγδην άρδευση, η νεότερη και αποδοτικότερη μέθοδος άρδευσης γεωργικών καλλιεργειών και χλοοταπών. Στην περίπτωση αυτή ο σταλακτηφόρος σωλήνας τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Ανάλογα με την καλλιέργεια εξαρτάται και το βάθος στο οποίο θα τοποθετηθεί το σύστημα. Με την υπόγεια στάγδην άρδευση η χρήση του νερού μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματική, διότι αποφεύγονται οι απώλειες του νερού λόγω της εξάτμισης, ενώ παράλληλα διαβρέχεται το έδαφος κάτω από τη ριζική ζώνη [39].

3.5 Μέρη του συστήματος στάγδην άρδευσης

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από το δίκτυο μεταφοράς, το δίκτυο εφαρμογής και την μονάδα ελέγχου.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, οι οποίοι μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, που εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και το φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο πολυαιθυλένιο και

πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια με σκοπό την προστασία τους και για την διευκόλυνση της μετακίνησης των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με διάμετρο 12-16mm ακόμη και 26mm σε κάποιες περιπτώσεις. Σε αυτούς τους σωλήνες τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες σε προκαθορισμένες θέσεις. Οι σταλακτήρες, τώρα, είναι υπεύθυνοι για τη πτώση του νερού στο έδαφος με την μορφή σταγόνων [3].

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Σημαντικό ρόλο στη μονάδα ελέγχου διαδραματίζουν τα φίλτρα, τα οποία εμποδίζουν τη μετακίνηση των φερτών υλικών εντός του συστήματος. Τα φίλτρα καθαρίζουν το νερό μόνο μηχανικά κι όχι χημικά ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο [13].

Βάση τους συστήματος στάγδην άρδευσης είναι οι σταλακτήρες. Το νερό φθάνει στο έδαφος από την έξοδο των σταλακτάρων με τη μορφή σταγόνων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Από κάθε θέση όπου υπάρχει σταλακτήρας διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα νερού την ώρα.

Οι σταλακτήρες διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Έτσι, ανάλογα με το είδος ροής του νερού διακρίνονται σε σταλακτήρες στρωτής ροής, μερικά στροβιλώδους ροής και με στροβιλώδους ροής. Ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι. Αυτός είναι κι ο τύπος σταλακτάρων που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα [18].

Οι σταλακτήρες είναι τοποθετημένοι πάνω στους αγωγούς εφαρμογής. Οι αγωγοί μέσα στον αγρό μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες διατάξεις, αλλά η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη είναι η απλή ευθύγραμμη στην οποία οι αγωγοί ακολουθούν τις γραμμές των φυτών της καλλιέργειας. Στο βαμβάκι οι σταλακτηφόροι σωλήνες απλώνονται κάθε δεύτερη γραμμή βαμβακιού [http3].

3.6 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού σε συνδυασμό με το συνεχώς αυξανόμενο πρόβλημα λειψυδρίας, καθώς επίσης και η αύξηση της παραγωγής καθιστούν τη μέθοδο αυτή πολύ ελκυστική στα πλαίσια της γεωργίας μειωμένων εισροών και των πολλών πλεονεκτημάτων που έχει. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι τα εξής:

- ✓ οικονομία νερού μέχρι και 40% σε σχέση με τις άλλες μεθόδους εξαιτίας της μειωμένης διαβροχής του εδάφους και της μειωμένης εξάτμισης αλλά και λόγω των λιγότερων απωλειών νερού στους αγωγούς μεταφοράς
- ✓ ομοιόμορφη άρδευση ανεξάρτητα από τον τύπο και το ανάγλυφο εδάφους και όχι ανομοιόμορφη άρδευση λόγω ανέμων, όπως συμβαίνει στα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό
- ✓ αποτελεσματική τροφοδοσία των φυτών με νερό και με αποφυγή υπέρβασης των ακραίων καταστάσεων του σημείου μάρανσης και υδατοϊκανότητας του εδάφους
- ✓ ευκολότερος έλεγχος της ποιότητας νερού που παρέχεται για την άρδευση
- ✓ αξιοποίηση μικρών ποσοτήτων νερού λόγω της μικρής παροχής
- ✓ ορθολογική διαχείριση του νερού με αποτέλεσμα τη μη εξάντληση των πολύτιμων φυσικών πόρων
- ✓ εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς το σύστημα λειτουργεί με μικρότερες πιέσεις
- ✓ αυτοματοποίηση και υψηλή απόδοση του συστήματος μέχρι και 90%
- ✓ αξιοποίηση άγονων και προβληματικών εδαφών με αυξημένη αλατότητα και εκτάσεων με μεγάλες κλίσεις (ημιορεινές ή ορεινές περιοχές)
- ✓ μη ύπαρξη στρες στα φυτά λόγω έλλειψης υγρασίας, διότι με τη στάγδην άρδευση αυξάνεται η συχνότητα των ποτισμάτων μειώνεται όμως η δόση άρδευσης
- ✓ λιγότερες ασθένειες στα φυτά λόγω μείωσης της υγρασίας από τα φύλλα και γενικότερα πιο υγιή και ανθεκτικά φυτά
- ✓ καλύτερη χρήση και ομοιόμορφη κατανομή λιπασμάτων στον αγρό με τη μέθοδο της υδρολίπανσης
- ✓ μείωση των ζιζανίων λόγω μη διαβροχής όλης της έκτασης
- ✓ διευκόλυνση γεωργικών μηχανημάτων για εκτέλεση γεωργικών εργασιών καθώς ευνοούνται από την ξηρότητα της επιφάνειας του εδάφους

✓ προώμιση της καλλιέργειας, αύξηση της απόδοσης της παραγωγής και της ποιότητας των προϊόντων [1, 40, 44].

3.7 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης υστερούν σε σχέση με τα πλεονεκτήματα της. Για αυτό το λόγο και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται μονοπωλιακά σχεδόν από τους παραγωγούς. Ενδεικτικά κάποια μειονεκτήματα αναφέρονται παρακάτω:

- ✓ υψηλό κόστος προμήθειας και πρώτης εγκατάστασης του συστήματος
- ✓ καλή τεχνογνωσία για την πλήρη αξιοποίηση του συστήματος
- ✓ αυξημένη ευαισθησία του συστήματος
- ✓ πρόκληση συχνών προβλημάτων από εμφράξεις σταλακτήρων από τα φερτά υλικά του νερού
- ✓ φθορές στους σωλήνες πολυαιθυλενίου από τρωκτικά
- ✓ πολυπλοκότητα στο 'άπλωμα' και το 'μάζεμα' με εξειδικευμένα γεωργικά μηχανήματα
- ✓ 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 [1, 29, 44].

3.8 Υπόγεια στάγδην άρδευση

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μια εναλλακτική μορφή της συμβατικής επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο εξαρτάται από τις καλλιεργητικές πρακτικές και την καλλιέργεια που πρόκειται να αρδευτεί. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, η υπόγεια άρδευση πρόσφερε αυξημένη απόδοση της καλλιέργειας καθώς επίσης και διατήρηση του νερού και των ζιζανιοκτόνων. Παρόλα αυτά, όμως, αρκετά προβλήματα δεν κατέστησαν δυνατή την εφαρμογή της μεθόδου ευρέως.

Αργότερα, μελετήθηκαν τεχνικές χειρισμού που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά, ώστε να αποτραπούν οι εμφράξεις των σταλακτήρων και να θεωρείται η χρήση του συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης

πιο εφικτή. Η ανάπτυξη βελτιωμένων πλαστικών υλικών έχει κάνει το σύστημα οικονομικότερο και πιο εφαρμόσιμο σε πολλές καλλιέργειες συμπεριλαμβανομένης και αυτής του βαμβακιού.

Με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης, το νερό άρδευσης και τα διάφορα χημικά όπως λιπάσματα, εφαρμόζονται κατευθείαν στη ρίζα. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τα θρεπτικά συστατικά που έχουν μικρή κινητικότητα στο έδαφος. Στην υπόγεια στάγδην άρδευση τα 15-20cm της επιφάνειας του εδάφους, έχουν χαμηλότερη υγρασία όταν οι πάσσαλοι βρίσκονται σε βάθος 45cm και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της εξάτμισης. Μια σχετικά ξερή εδαφική επιφάνεια επιτρέπει την είσοδο και την κίνηση των γεωργικών μηχανημάτων σε όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου και ελαχιστοποιεί την ανάπτυξη των ζιζανίων. Επιπλέον, παρεμποδίζει την αποσύνθεση των ριζών και άλλες ασθένειες του εδάφους και παρεμποδίζει το σχηματισμό φλοιού που παρεμποδίζει τον αερισμό και την είσοδο του νερού της βροχής στο έδαφος, που με τη σειρά του προκαλεί το ξεχειλίσμα του εδάφους. Ακόμη, ένα υπόγειο σύστημα άρδευσης δεν εκτίθεται στον ήλιο και στις ακραίες καιρικές καταστάσεις, το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των υλικών [33].

3.9 Πλεονεκτήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης καταγράφονται παρακάτω:

- ✓ ο διαβρεχόμενος όγκος είναι μεγαλύτερος (σφαιρικός) σε σχέση με την επιφανειακή που είναι σαφώς μικρότερος (ημισφαιρικός)
- ✓ ο διαθέσιμος όγκος νερού για την ανάπτυξη των ριζών είναι μεγαλύτερος στην υπόγεια σε σχέση με την επιφανειακή
- ✓ η ακτίνα διαβροχής είναι μικρότερη από την επιφανειακή
- ✓ ο μεγαλύτερος όγκος του ριζικού συστήματος αναπτύσσεται σε μεγαλύτερο βάθος
- ✓ η επιφάνεια του εδάφους παραμένει ξερή με αποτέλεσμα η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους ανάλογα με το σχεδιασμό και τη διαχείριση του συστήματος να είναι μειωμένη σε σύγκριση με την επιφανειακή ή ακόμη και αμελητέα
- ✓ τα γεωργικά μηχανήματα διευκολύνονται καθώς ευνοούνται από την ξηρότητα της επιφάνειας του εδάφους

- ✓ το εργατικό κόστος είναι μικρότερο καθώς δε γίνεται εγκατάσταση και επανεγκατάσταση του συστήματος σε κάθε καλλιεργητική περίοδο, αφού γίνεται εγκατάσταση μόνιμη κάτω από το βάθος της άροσης
- ✓ η διάρκεια του συστήματος είναι μεγαλύτερη λόγω αποφυγής της διαδοχικής θέρμανσης και ψύξης και της μη έκθεσης των υλικών στην ηλιακή ακτινοβολία [1].

3.10 Μειονεκτήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης

Τα μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι πολύ λίγα ωστόσο υφίστανται και είναι τα εξής:

- ✓ το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά υψηλό
- ✓ υπάρχει δυσκολία στην τοποθέτηση του δικτύου λόγω της δημιουργίας οπών μέσα στο έδαφος
- ✓ υπάρχει αδυναμία στον καθαρισμό και τη συντήρηση των σωληνώσεων εξαιτίας των αλάτων που μπορεί να συσσωρευτούν στους σταλακτήρες, καθότι αυτή βρίσκονται σε βάθος
- ✓ υπάρχει η πιθανότητα αχρήστευσης του συστήματος λόγω εμφράξεων του δικτύου από φερτά υλικά, όπως άμμος ή ακόμη και ρίζες
- ✓ υπάρχει πιθανότητα καταστροφής του δικτύου από ζώα που διαβιούν στο έδαφος και κυρίως από τρωκτικά [1, 30, 40].

Κεφάλαιο 4

4.1 Υδραυλικές παράμετροι

Στην πρακτική των αρδεύσεων είναι βασικό να είναι γνωστά η ποιότητα του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα χωράφι και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευχέρεια από τις καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση τους. Για τον προσδιορισμό της ποσότητας αυτής είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ορισμένες υδραυλικές παράμετροι.

4.2 Υδατοϊκανότητα εδάφους

Με τον όρο υδατοϊκανότητα του εδάφους εννοείται η υγρασία που είναι ικανό να συγκρατήσει ένα έδαφος βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Στην περίπτωση που το έδαφος είναι κορεσμένο αρχικά, όταν αρχίσει η στράγγιση, η υγρασία του εδάφους ελαττώνεται και μαζί με αυτή και η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας. Κάποια στιγμή η τιμή ελαττώνεται πάρα πολύ με συνέπεια τον περιορισμό της κίνησης του νερού στο έδαφος σε σημείο που θα θεωρηθεί ανύπαρκτη, έστω κι αν η υπάρχουσα υδραυλική κλίση είναι πολύ μεγάλη. Αυτό είναι και το καθοριστικό όριο που καλείται υδατοϊκανότητα [27].

Οπότε, ως υδατοϊκανότητα ορίζεται το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας στο οποίο η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας που αντιστοιχεί είναι αρκετά μικρή, ώστε πρακτικά να έχει σταματήσει κάθε ουσιαστική κίνηση νερού στο έδαφος, ανεξάρτητα από τις υπάρχουσες υδραυλικές κλίσεις. Συνήθως, η υγρασία του εδάφους αγγίζει τα επίπεδα της υδατοϊκανότητας του τρεις ή πέντε ημέρες ύστερα από βροχή ή άρδευση, ανάλογα την υφή και τη δομή του εδάφους. Η υδατοϊκανότητα αποτελεί το πάνω όριο της χρήσιμης για τα φυτά εδαφικής υγρασίας. Αντικειμενικός προσδιορισμός της υδατοϊκανότητας μπορεί να γίνει με μέτρηση της τάσης της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί σε αυτή [26].

4.3 Σημείο μόνιμης μάρανσης (ΣΜΜ)

Το σημείο, το οποίο θεωρείται το κάτω όριο της χρήσιμης για τα φυτά εδαφικής υγρασίας είναι το σημείο μόνιμης μάρανσης, με την προϋπόθεση ότι η

υδατοϊκανότητα αποτελεί το πάνω όριο. Κάτω από το σημείο αυτό τα φυτά δεν είναι ικανά να προσλάβουν το νερό το οποίο χρειάζονται και αρχίζουν σιγα σιγά να μαραίνονται.

Το σημείο μόνιμης μάρανσης δεν παραμένει σταθερό για όλα τα εδάφη αλλά εξαρτάται από την υφή και τη δομή τους. Ακόμη το σημείο μόνιμης μάρανσης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως το είδος του φυτού και την κατάσταση του, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες που έχει κάποια περιοχή. Για τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό κυμαίνεται από 7 ως 32bar. Σήμερα, αντιπροσωπευτική τιμή της τάσης όλων των τύπων εδαφών θεωρούνται τα 15bar [15].

Η ανάπτυξη των φυτών αναστέλλεται ή ακόμη και διακόπτεται όταν η υγρασία του εδάφους αγγίζει το σημείο μόνιμης μάρανσης. Στην περίπτωση αυτή, τα φυτά λαμβάνουν από το έδαφος μια ποσότητα νερού, αλλά αυτή δεν είναι ικανή να διατηρήσει τα κύτταρα τους σε σπαργή. Ωστόσο, αν η υγρασία μειωθεί ακόμη περισσότερο θα επέλθει η ξήρανση των φυτών. Το όριο της εδαφικής υγρασίας κάτω από το οποίο τα φυτά μαραίνονται καλείται έσχατο σημείο μάρανσης. Η τιμή της τάσης που αντιστοιχεί σε αυτό το σημείο μπορεί να πλησιάσει και τα 60bar [44].

4.4 Φαινόμενο ειδικό βάρος εδάφους (ΦΕΒ)

Όταν μια ποσότητα εδάφους έχει υποστεί ξήρανση σε κλίβανο, αποτελείται από στερεά σωματίδια και πόρους που είναι πλήρεις με αέρα. Το ειδικό βάρος των σωματιδίων έχει σχετικά σταθερή τιμή για όλα τα ορυκτά εδάφη, η οποία κυμαίνεται από 2,6 ως 2,7g/cm³ και είναι γνωστό με τον όρο πραγματικό ειδικό βάρος του εδάφους. Το ειδικό βάρος του εδάφους μαζί με τους πόρους γεμάτους αέρα χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο ειδικό βάρος και εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους.

Η παρακάτω σχέση συνδέει το φαινόμενο ειδικό βάρος με το πραγματικό ειδικό βάρος (εξίσωση 1):

$$ASW = (1-n) \cdot SWS \quad [1],$$

όπου ASW το φαινόμενο ειδικό βάρος, n το πορώδες του εδάφους και SWS το πραγματικό ειδικό βάρος [26].

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει το συμπέρασμα ότι το φαινόμενο ειδικό βάρος ελαττώνεται όσο το πορώδες του εδάφους αυξάνεται, εφόσον το πραγματικό ειδικό βάρος έχει σχεδόν σταθερή τιμή. Επομένως, δικαιολογείται το γεγονός ότι τα αργιλώδη εδάφη (βαριά εδάφη) έχουν φαινόμενο ειδικό βάρος $1,6-1,8\text{g/cm}^3$, ενώ στα αμμώδη εδάφη (ελαφρά εδάφη) η τιμή κυμαίνεται μεταξύ $1,2-1,4\text{g/cm}^3$ [21].

4.5 Διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία καλλιέργειας

Η υγρασία ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης στο βάθος της ζώνης του ριζοστρώματος είναι αυτή που ενδιαφέρει για την άρδευση μιας καλλιέργειας κι όχι οποιαδήποτε εδαφική υγρασία και βάθος εδάφους. Η υγρασία αυτή καλείται διαθέσιμη υγρασία και είναι συνάρτηση των παραπάνω παραγόντων. Εκτιμάται από τον παρακάτω τύπο (σχέση 2):

$$ASM = [(FC - PWP) \cdot ASW \cdot RD]/100 \text{ (σε mm ή m}^3\text{/στρέμμα)} \quad [2],$$

όπου ASM η διαθέσιμη υγρασία σε mm πάχους υδάτινου στρώματος, FC η υδατοϊκανότητα εκφρασμένη σε ποσοστό % ξηρού βάρους, PWP το σημείο μόνιμης μάρανσης εκφρασμένο σε ποσοστό % ξηρού βάρους, ASW το φαινόμενο ειδικό βάρος και RD το βάθος ριζοστρώματος σε mm.

Οι παράγοντες που διαμορφώνουν τη διαθέσιμη υγρασία είναι η δομή και η υφή του εδάφους. Γενικά, αμμώδη εδάφη λόγω ότι στραγγίζονται καλά έχουν μικρή διαθέσιμη υγρασία σε αντίθεση με τα ιλυώδη και τα αργιλώδη που έχουν πολύ μεγαλύτερη.

Ωστόσο, αργότερα διαπιστώθηκε ότι η υγρασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών είναι κλάσμα της διαθέσιμης υγρασίας, το οποίο καλείται ωφέλιμη υγρασία. Η ωφέλιμη υγρασία αντιπροσωπεύει το νερό που πρέπει να αποθηκεύεται στον αγρό με κάθε άρδευση. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται είναι φυτικοί (ριζικό σύστημα καλλιεργειών), εδαφικοί (βάθος, δομή εδάφους) και κλιματικοί (ρυθμός εξατμισοδιαπνοής) [44].

4.6 Εξατμισοδιαπνοή (ET)

Καθώς αναπτύσσεται ένα φυτό προσλαμβάνει νερό από το έδαφος μέσω του ριζικού του συστήματος μαζί με διαλυμένα σε αυτό ανόργανα θρεπτικά συστατικά. Το διάλυμα αυτό καταλήγει στα φύλλα του φυτού έπειτα από μια διαδρομή μέσα στους ιστούς του. Στη συνέχεια, αν τα στομάτια είναι ανοιχτά το νερό κινείται προς το περιβάλλον με τη μορφή υδρατμών. Απώλεια νερού υφίσταται και από τον αγρό μέσω της διαδικασίας της εξάτμισης. Η διαδικασία απώλειας νερού από τις παραπάνω λειτουργίες καλείται εξατμισοδιαπνοή και συμβολίζεται ET.

Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής είναι συνάρτηση της κινητικότητας των υδρατμών που διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας είναι τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας και οι κλιματικοί παράγοντες, όπως η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Κάθε σχέση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, για να θεωρηθεί αξιόπιστη, πρέπει να είναι συνάρτηση των παραμέτρων σχετικά με την καλλιέργεια και το κλίμα.

Οι ανάγκες σε νερό που απαιτεί η καλλιέργεια για την κανονική της ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση καλείται εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και συμβολίζεται ET_c . Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ενός αγρού αναφέρεται με τον όρο πραγματική εξατμισοδιαπνοή και συμβολίζεται ET_a . Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας εξαρτάται από το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας [32].

Η επίδραση του κλίματος στην εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή (ET_r). Η βασική εξατμισοδιαπνοή καθορίζεται μόνο από τους κλιματικούς παράγοντες μιας περιοχής. Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας διαφοροποιείται από τη βασική εξατμισοδιαπνοή από το φυτικό συντελεστή και διαμορφώνεται από τη σχέση 3:

$$ET_c = k_c \cdot ET_r \quad [3],$$

όπου ET_c η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, ET_r η βασική εξατμισοδιαπνοή και k_c

ο φυτικός συντελεστής. Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια αλλά και για την ίδια την καλλιέργεια διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.

Η βασική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται βάσει των μετρήσιμων κλιματικών παραμέτρων. Για τον υπολογισμό αυτό και τον προσδιορισμό των παραμέτρων που θα συμμετέχουν σε αυτόν έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές μέθοδοι. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα είναι η τροποποιημένη μέθοδος Penman, καθώς θεωρείται ότι δίνει την καλύτερη προσέγγιση της βασικής εξατμισοδιαπνοής. Πιο πρόσφατα παρουσιάστηκε η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith και φαίνεται να είναι και η ακριβέστερη όλων [50].

4.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή αναλύονται παρακάτω.

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.

Ανακλαστικότητα καλλιέργειας: η ανακλαστικότητα (albedo) α , 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 τη σύσταση και την περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται από 11-23%.

Ποσοστό κάλυψης εδάφους από την καλλιέργεια: όσο μικρότερο είναι το ποσοστό φυτοκάλυψης, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορροφώμενη ενέργεια που είναι διαθέσιμη για εξάτμιση και διαπνοή. Όταν η επιφάνεια του εδάφους ξηραθεί, η εξατμισοδιαπνοή καλύπτεται σχεδόν στο σύνολο της από τη διαπνοή. Σήμερα γίνεται αποδεκτό ότι υπάρχει πλήρης κάλυψη του εδάφους (ποσοστό φυτοκάλυψης >70%) από την καλλιέργεια, όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI) είναι μεγαλύτερος του 3 [8].

Ύψος καλλιέργειας και τραχύτητα φυλλώματος: σε γενικές γραμμές οι καλλιέργειες με μεγάλο ύψος παρουσιάζουν εντονότερη εξατμισοδιαπνοή από ότι αυτές με χαμηλότερο ύψος, 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 στη μεταφορά των υδρατμών και όχι μόνο.

Βάθος και πυκνότητα του ριζικού συστήματος: η κάλυψη της ζήτησης για εξατμισοδιαπνοή μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα όταν τα φυτά έχουν πυκνό και βαθύ ριζικό σύστημα, λόγω της αυξημένης επιφάνειας επαφής των ριζών στο έδαφος. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης ποικιλιών γενετικά βελτιωμένων, οι οποίες να διαθέτουν βαθύ ριζικό σύστημα.

Στάδιο ανάπτυξης καλλιέργειας: στις ετήσιες καλλιέργειες διακρίνουμε τέσσερα βασικά στάδια: i) στάδιο εγκατάστασης (έδαφος σχεδόν γυμνό), ii) στάδιο ανάπτυξης, iii) στάδιο ανθοφορίας και iv) στάδιο ωρίμανσης και συγκομιδή [32].

Κεφάλαιο 5

5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού

Η εξοικονόμηση του νερού είναι βασικός λόγος για ερευνητικούς σκοπούς. Οι λόγοι είναι προφανέστατα αρκετοί, αλλά εστιάζονται σε περιβαλλοντικούς και οικονομικούς. Το παρόν πείραμα είχε ως αντικείμενο μελέτης την άρδευση της καλλιέργειας του βαμβακιού με σύγχρονες μεθόδους άρδευσης και την εξοικονόμηση νερού.

Το πείραμα έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο με γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ}23'$, γεωγραφικό μήκος $22^{\circ}45'$ και υψόμετρο 50m από την επιφάνεια της θάλασσας, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2003. Η καλλιέργεια που επιλέχθηκε ήταν το βαμβάκι, ένα φυτό που καλλιεργείται σε πολύ μεγάλες εκτάσεις στο θεσσαλικό χώρο καταναλώνοντας πολύ μεγάλες ποσότητες νερού.

Ο όγκος του νερού που καταναλώνεται στο θεσσαλικό κάμπο για το βαμβάκι είναι περίπου $1.000.000.000\text{m}^3$ (στοιχεία ΥΕΒ Λάρισας). Από τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ότι μια εξοικονόμηση νερού θα πρόσφερε τεράστια οφέλη για τη Θεσσαλία και το περιβάλλον γενικότερα.



Εικόνα 5.1 Πειραματικός αγρός Βελεστίνου

Το πειραματικό σχέδιο ήταν σχέδιο πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με έξι μεταχειρίσεις, τέσσερις επιφανειακής άρδευσης και δυο υπόγειας άρδευσης, με τέσσερις επαναλήψεις η κάθε μια. Η τυχαιοποίηση έγινε με τη μέθοδο των στατιστικών πινάκων. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 15m μήκος και 4m πλάτος, δηλαδή 60m².

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν είναι:

1. ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (E₁) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 100% της δόσης άρδευσης με εύρος άρδευσης τις 10 ημέρες που είναι η συνήθης καλλιεργητική πρακτική της περιοχής
2. ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (E₂) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 100% της δόσης άρδευσης
3. ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (E₃) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 80% της δόσης άρδευσης
4. ένα επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (E₄) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 40cm, παροχή σταλακτήρα 1,2L/h και άρδευση σε ποσοστό 100% της δόσης άρδευσης
5. ένα υπόγειο σύστημα στάγδην άρδευσης (Y₅) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 100% της δόσης άρδευσης
6. ένα υπόγειο σύστημα στάγδην άρδευσης (Y₆) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτήρων 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 80% της δόσης άρδευσης

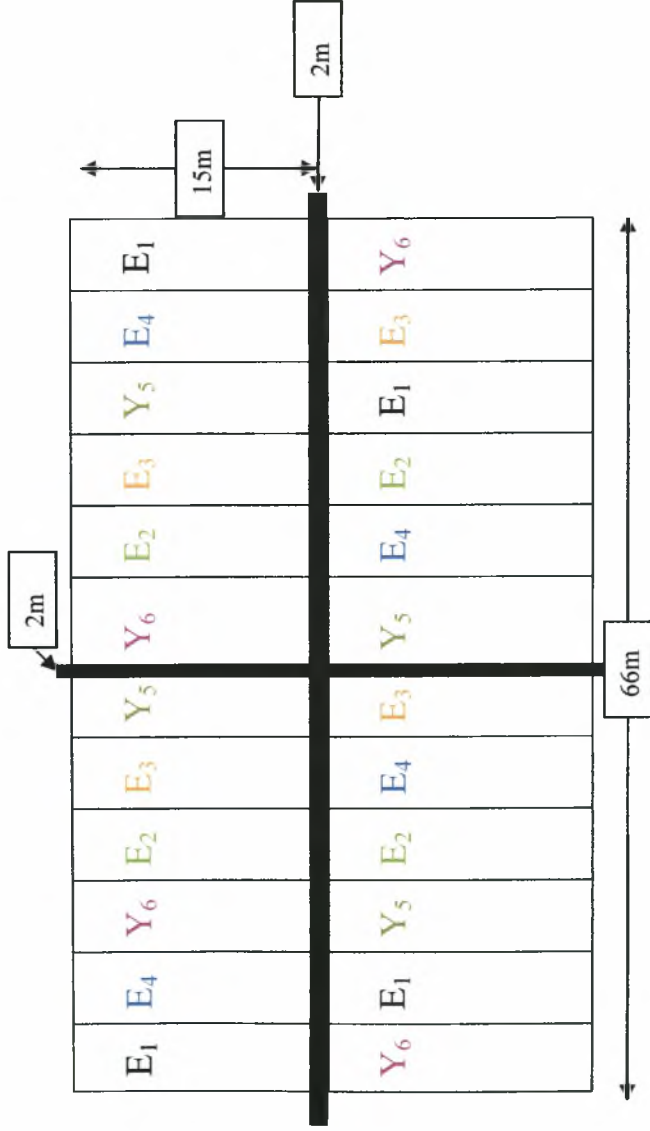
Στην παρούσα διατριβή έγινε σύγκριση μεταξύ των επαναλήψεων που αρδευόταν με υπόγεια στάγδην άρδευση (Y₅) και (Y₆), οι οποίες διέφεραν στο ποσοστό δόσης άρδευσης.

Ο πειραματικός αγρός στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι έξι μεταχειρίσεις είχε διαστάσεις 30m μήκος και 66m πλάτος, δηλαδή εμβαδόν 1980m². Ο πειραματικός αγρός ήταν χωρισμένος σε δυο τμήματα από ένα διάδρομο πλάτους 2m. Κάθε τμήμα διαιρείται σε δώδεκα πειραματικά τεμάχια και το σύνολο των πειραματικών τεμαχίων ήταν 24. Κάθε πειραματικό τεμάχιο απείχε από το διπλανό του 1,5-2m και οι διαστάσεις του ήταν 15m μήκος και 4m πλάτος. Οι σειρές του

βαμβακιού σε κάθε πειραματικό τεμάχιο απείχαν μεταξύ τους 0,95m σύμφωνα με την καλλιεργητική πρακτική (σχήμα 5.1).

Η καλλιέργεια του βαμβακιού αναπτύχθηκε το καλοκαίρι του 2003 σύμφωνα με τις συνήθειες καλλιεργητικές πρακτικές. Η δόση άρδευσης καθορίστηκε σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή και υπολογίστηκε με τη μέθοδο του εξατμισόμετρου τύπου A. Το εύρος άρδευσης καθορίστηκε να είναι μικρό, ανάλογα βέβαια με τις τιμές της εξάτμισης και των βροχοπτώσεων, έτσι ώστε το ριζικό σύστημα των φυτών να βρίσκεται κάθε ημέρα σε επιθυμητά επίπεδα υγρασίας. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες ήταν της εταιρίας Netafim από πολυαιθυλένιο, αυτορυθμιζόμενος και αυτοκαθαριζόμενος, στροβιλώδους ροής. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν κάθε δεύτερη γραμμή, έτσι ώστε ο καθένας να αρδεύει δυο γραμμές φυτών (σχήμα 5.2).

Σχήμα 5.1 Σκαρίφωμα πειραματικού αγρού



Υπόμνημα

E₁: καλλιεργητική πρακτική

E₂: 100% επιφανειακή στάγδην άρδευση (2,3L/h, 80cm)

E₃: 80% επιφανειακή στάγδην άρδευση (2,3L/h, 80cm)

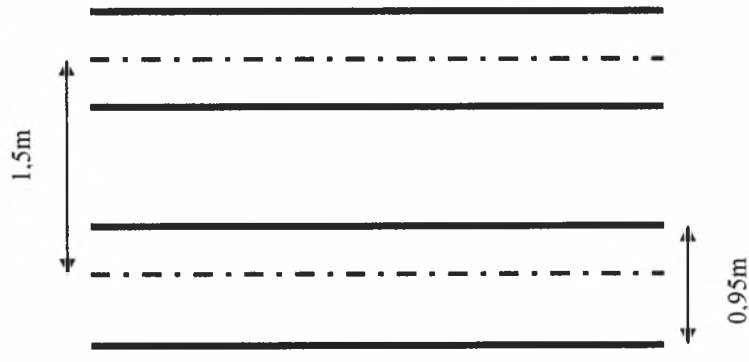
E₄: 100% επιφανειακή στάγδην άρδευση (1,2L/h, 40cm)

Y₅: 100% υπόγεια στάγδην άρδευση (2,3L/h, 80cm)

Y₆: 80% υπόγεια στάγδην άρδευση (2,3L/h, 80cm)

Σχήμα 5.2 Σχηματική περιγραφή άρδευσης πειραματικού τεμαχίου

Διάταξη σταλακτηφόρου σωλήνα



Μεταχείριση Υ5

$q = 2,3L/h$

$c = 80cm$

5.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού

Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε έδαφος ασβεστούχο, καλά στραγγιζόμενο, ιλυοαργιλοπηλώδες που ανήκει στην υποομάδα των Typic Xerochrepts. Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη.

Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας χερsic και εδαφικής θερμοκρασίας thermic. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με Β βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους εξαιτίας της πορώδους σύστασης του.

Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή και σε επίπεδα μετρίως χαμηλά και εμφανίζουν μια σαφή τάση μετακίνησης και έκπλυσης τους προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Ο βαθμός οξύτητας του βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα (pH 7,9 - 8,2) χωρίς, όμως, να είναι ακόμη προβληματικό. Το πορώδες είναι καλά αναπτυγμένο, αποτελούμενο κυρίως από μικρού και μεσαίου μεγέθους πόρους. Ο διαθέσιμος φωσφόρος είναι 20ppm.

Η οργανική ουσία βρίσκεται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα αλλά είναι επαρκής μέχρι βάθους 60cm. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Mg, K και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C.) βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Fe, Zn και Mn βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σε αντίθεση με το Cu [22].

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους του πειραματικού αγρού.

Πίνακας 5.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες εδάφους στην εδαφοτομή P₂

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα ύφους	Κοκκομετρική σύσταση (%)			Υφή	Δομή	Όριο οριζόντων
			S	Si	C			
0-34	Ap	10YR4/6	25	38	37	CL	3m sbk	A
34-62	BA	10YR3/4	30	29	41	C	1f sbk	G
62-96	Bw	10YR3/3	35	28	37	CL	2f sbk	G
96-114	BC	10YR4/4	47	22	31	SCL	2f sbk	C
114-154	C	7,5YR4/4	56	17	27	SCL	1f sbk	-

Εδαφοτομή P₂

Τάξη: Inceptisol

Υπομάδα: Typic xerochrept

Χαρτογραφική μονάδα:

B[(43*4)/A03]lox

Βάθος (cm)	Οργανική ουσία (g/100g εδάφους)	CaCO ₃ (%)	pH 1:1	P – Olsen (ppm)	Ανταλλάξιμα κατιόντα (me/100g εδάφους)			C.E.C. (me/100g εδάφους)	Ιχνοστοιχεία (ppm)			
					K	Na	Ca		Mg	Fe	Cu	Zn
0-34	1,10	5,0	7,9	20	0,27	0,07	25,5	6,16	4,50	2,82	0,80	6,80
34-62	1,07	14,5	8,1	9	0,38	0,15	23,7	8,54	6,40	2,32	0,38	3,40
62-96	0,70	10,7	8,2	12	0,26	0,32	23,6	7,78				
96-114	0,50	5,0	8,2	9	0,29	0,36	19,5	6,70				
114-154	0,13	4,6	8,0	12	0,29	0,25	17,7	5,49				

5.3 Εγκατάσταση καλλιέργειας

Η κατεργασία του πειραματικού αγρού (εικόνα 5.2) άρχισε με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου του 2002. Ακολουθήθηκαν οι συνήθεις γεωργικές πρακτικές, οι οποίες αφορούσαν τις εργασίες που περιγράφονται παρακάτω.

Αφού έγινε η στελεχοκοπή της προηγούμενης περιόδου ακολούθησε όργωμα σε βάθος 20cm. Στις αρχές Φεβρουαρίου έγινε κατεργασία με καλλιεργητή σε βάθος 10cm. Αυτή η αναμόχλευση του εδάφους συνετέλεσε στον καλύτερο αερισμό και τεμαχισμό του εδάφους. Την πρώτη εβδομάδα του Απριλίου έγινε κατεργασία με δισκοσβάρνα και έπειτα ακολούθησε δεύτερη επέμβαση ύστερα από 10 ημέρες. Στο δεύτερο δεκαήμερο του Απριλίου έγινε μια ελαφρού τύπου ισοπέδωση του εδάφους για να αποφευχθούν οι τυχόν επιφανειακές ανωμαλίες. Στις αρχές Μαΐου εφαρμόστηκε ζιζανιοκτόνο, το trifluralin 500mL./στρ. κι ακολούθησε ενσωμάτωση με δισκοσβάρνα και προετοιμάστηκε το έδαφος για τη σπορά.



Εικόνα 5.2 Σπαρτική μηχανή βαμβακιού τεσσάρων σειρών

Η σπορά έγινε στις 10 Μαΐου 2003 με σπαρτική πνευματική μηχανή ακριβείας (εικόνα 5.2). Το βάθος σποράς ήταν 3cm, ώστε ο σπόρος να είναι ικανός να εκμεταλλευτεί την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους, να φυτρώσει φυσιολογικά και αν ακολούθησει πότισμα να μη δημιουργηθούν προβλήματα.

Για τη σπορά υπολογίστηκαν να τοποθετηθούν 22 σπόροι ανά τρέχον μέτρο με στόχο τα φυτά τα οποία θα μείνουν πάνω στη γραμμή θα είναι 14-16. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι υπολογίζονται και πιθανές απώλειες των φυτών κατά το φύτεμα.

Στην καλλιέργεια αμέσως μετά τη σπορά έγιναν οι κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες, όπως εφαρμογή προφυτρωτικού ζιζανιοκτόνου, fluometuron και ενσωματώθηκε με το πρώτο νερό άρδευσης.

5.4 Επιλογή ποικιλίας βαμβακιού

Η ποικιλία που επιλέχθηκε να σπαρθεί στα πειραματικά τεμάχια ήταν η Orpa του διεθνούς φήμης σποροπαραγωγικού οίκου Delta Pine. Πρόκειται για μια σχετικά νέα ποικιλία με πολλά καλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Σπόροι βαμβακιού

Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της ποικιλίας είναι οι πολύ καλές αποδόσεις που δίνει σε σύσπορο βαμβάκι. Η συγκεκριμένη ποικιλία καλλιεργείται στη Θεσσαλία σε αρκετά μεγάλες εκτάσεις. Άλλο χαρακτηριστικό της Orpa είναι η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε μεγάλο βάθος, το έντονα πράσινο χρώμα του φυτού και η μεγάλη ανάπτυξη του. Επιπρόσθετα, αυτή η ποικιλία έχει αρκετά μεγάλο βιολογικό κύκλο και θεωρείται σχετικά όψιμη. Η μεγάλη φυλλική της επιφάνεια επιδέχεται τη χρήση αποφυλλωτικού με σκοπό το πιο γρήγορο άνοιγμα των καψών. Ακόμη εξαιρετικό χαρακτηριστικό θεωρείται η αντοχή της ποικιλίας Orpa σε έλλειψη νερού καθώς το βαθύ ριζικό της σύστημα εξασφαλίζει μέρος της κάλυψης των αναγκών των βαμβακόφυτων σε νερό, εξαιτίας της ικανότητας απορρόφησης του από βαθύτερα σημεία του εδάφους. Τέλος, θεωρείται ποικιλία ανθεκτική στην αδρομύκωση.

5.5 Πειραματικά τεμάχια

Η παρούσα διατριβή αποτελεί μέρος του πειράματος και για αυτό το λόγο παρακάτω αναλύονται δυο διαφορετικές μεταχειρίσεις.

Η πρώτη μεταχείριση (Y_5) αρδεύταν με ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης. Το εύρος της άρδευσης ήταν κάθε δυο ημέρες και με δόση άρδευσης σε ποσοστό 100% ανάλογα με την εξατμισοδιαπνοή. Η απόσταση των σταλακτήρων μεταξύ τους ήταν 80cm και η παροχή κάθε σταλακτήρα 2,3L/h.

Η δεύτερη μεταχείριση (Y_6) διέφερε από την πρώτη μόνο στο ποσοστό δόσης άρδευσης που ήταν 80%. Όμως παρέμεναν ίδια το εύρος άρδευσης, η απόσταση και η παροχή των σταλακτήρων.

Οι ανάγκες των φυτών σε νερό προσδιοριζόταν με τη βοήθεια του εξατμισόμετρου τύπου A, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος. Για κάθε μεταχείριση, όπως προαναφέρθηκε, έγιναν τέσσερις επαναλήψεις, επομένως από τέσσερα πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 15x4m.

Κάθε επανάληψη τώρα έχει από τέσσερις σειρές βαμβακιού, αλλά οι μετρήσεις λαμβάνονταν από τις δυο μεσαίες σειρές για τη μείωση του πειραματικού σφάλματος από τα παρακείμενα πειραματικά τεμάχια που αρδεύταν με διαφορετικό τρόπο.

Κάθε εβδομάδα λαμβάνονταν μετρήσεις που αφορούσαν το ύψος των φυτών και τον αριθμό των καρποφόρων οργάνων. Οι μετρήσεις του ύψους γινόταν από τις δυο μεσαίες σειρές και από τυχαία φυτά. Πιο συγκεκριμένα καταγράφονταν το ύψος τεσσάρων φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Η απόδοση υπολογίστηκε από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Το σύσπορο βαμβάκι ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας στο εργαστήριο του αγροκτήματος στο Βελεστίνο, αφού πρώτα μειώθηκε η υγρασία του έπειτα από φυσιολογική ξήρανση για 48 ώρες στο χώρο του εργαστηρίου.

5.6 Υλικά άρδευσης

Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, το οποίο είχε τέσσερις σειρές βαμβακιού, τοποθετήθηκαν από δυο σωλήνες άρδευσης, έτσι ώστε κάθε σωλήνας να αρδεύει δυο σειρές. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών των σταλακτηφόρων αγωγών στο υπόγειο δίκτυο ήταν 1,5m. Οι σωλήνες άρδευσης ήταν από πολυαιθυλένιο διαμέτρου 20mm

με ισαποχή 0,8m επί των σταλακτηφόρων αγωγών και παροχή 2,3L/h. Μόνο η μεταχείριση (E₄) αρδευόταν με σταλακτηφόρο σωλήνα διαμέτρου 16mm. Οι σταλακτήρες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι με πίεση λειτουργίας 1atm.

Στο υπόγειο δίκτυο άρδευσης είχε εγκατασταθεί ειδική βαλβίδα εκτόνωσης κενού (vacuum breaker valve) για να αποφεύγεται η αναρρόφηση νερού και συνεπώς το φράξιμο των σταλακτῆρων από στερεά εδαφικά σωματίδια κατά την διακοπή της άρδευσης, καθώς και φίλτρο δίσκων (teck filter) εμποτισμένο με trifluralin (ζιζανιοκτόνο της ομάδας των δινιτροανιλινών), ως ριζοαπωθητικού.

Το νερό άρδευσης συγκεντρωνόταν σε δεξαμενή όγκου 65m³. Η δεξαμενή πληρωνόταν από την κεντρική γεώτρηση του αγροκτήματος σε καθημερινή βάση ώστε να υπάρχει πάντα επάρκεια νερού. Από τη δεξαμενή με τη βοήθεια της φυγόκεντρης αντλίας προσαρμοσμένη σε ηλεκτροκινητήρα ισχύος 3Hp, το νερό μέσω του πιεστικού δοχείου και με αγωγό μεταφοράς από πολυαιθυλένιο (PE) διατομής 32mm, έφτανε στην κεφαλή του συστήματος (εικόνα 5.4).

Το πιεστικό με την αντλία ήταν εφοδιασμένα με αυτοματισμό λειτουργίας ώστε όταν η πίεση στο πιεστικό μειωνόταν σε τιμές μικρότερες της 1atm τότε ο ηλεκτροκινητήρας ξεκινούσε αυτόματα τη λειτουργία του.



Εικόνα 5.4 Κυτία με μηχανολογικό εξοπλισμό άρδευσης

Η χρήση πιεστικού κρίθηκε απαραίτητη για να υπάρχει σταθερή πίεση, η οποία εξασφαλίζει σωστή λειτουργία των ηλεκτροβανών και σταθερή παροχή στους

σταλακτήρες, ώστε να παρέχεται η προβλεπόμενη δόση άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες για να λειτουργήσουν ορθά 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 αυτόματα να τίθεται σε λειτουργία. Η σύνθετη αυτή διαδικασία αυτοματοποιείται πλήρως με την τοποθέτηση του πιεστικού δοχείου.

5.7 Αυτοματισμοί άρδευσης

Προϋπήρχε από την πρώτη χρονιά του πειράματος μία ηλεκτροβάνη για κάθε μεταχείριση, ώστε να αυτοματοποιηθεί η έναρξη και διακοπή της άρδευσης σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Η κεφαλή του συστήματος περιλαμβάνει ένα προγραμματιστή άρδευσης Miracle AC6 της εταιρείας Netafim έτσι ώστε, να επιτυγχάνεται αυτοματοποίηση της άρδευσης. Ο προγραμματιστής είναι συνδεδεμένος με έξι ηλεκτροβάνες και προγραμματίζει το εύρος και το χρόνο άρδευσης της κάθε μεταχείρισης.



Εικόνα 5.5 Προγραμματιστής άρδευσης της εταιρείας Netafim

Ο προγραμματιστής παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας τεσσάρων ηλεκτροβανών ταυτόχρονα, με τρία διαφορετικά προγράμματα (εικόνα 5.5). Έχοντας τρία ανεξάρτητα προγράμματα, μπορεί να μοιράσει τις ηλεκτροβάνες σε τρεις διαφορετικές ομάδες με ανεξάρτητες ημέρες και ώρες ποτίσματος (εικόνα 5.6). Αποτελείται από την οθόνη προγραμματισμού, τα πλήκτρα εντολών (καθορισμός

ημέρας, ώρας, δόσης άρδευσης και διάρκειας άρδευσης), τη μπαταρία λιθίου, τον πίνακα ελέγχου, ενώ στη συνέχεια συνδέεται με τις ηλεκτροβάνες.



Εικόνα 5.6 Ηλεκτροβάνες συστήματος άρδευσης

Ο συγκεκριμένος προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει 6, 9 ή 12 ηλεκτροβάνες ανάλογα με τον τύπο. Έχοντας τρία ανεξάρτητα προγράμματα, μπορεί να διαχωρίσει τις ηλεκτροβάνες σε τρεις διαφορετικές ομάδες με ανεξάρτητες ημέρες και ώρες ποτίσματος. Δίνει τη δυνατότητα 4 επαναλήψεων του προγράμματος στο ίδιο 24ωρο. Ειδικότερα έχει τη δυνατότητα της συνεχούς άρδευσης από 1min ως 9h 59min.



Εικόνα 5.7 Υδρόμετρο συστήματος άρδευσης

Παρέχει επίσης τη δυνατότητα εβδομαδιαίου προγραμματισμού των αρδεύσεων. Έχει την δυνατότητα μείωσης ή αύξησης της δόσης άρδευσης ως μέχρι

100%, σε βήματα του 10%, χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός. Επίσης, έχει την ικανότητα καθυστέρησης της άρδευσης ή και διακοπής του προγράμματος για προεπιλεγμένο χρόνο ως και 99 ημέρες, επιστρέφοντας αυτόματα στο πρόγραμμα που είχε επιλεγεί πριν την πάροδο του χρόνου αυτού. Ακόμη, σε περίπτωση βλαβών, υπερπηδά την προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση την επόμενη χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής βάνας. Επιπλέον, διαθέτει πρόγραμμα ασφάλειας 10min για την κάθε ημέρα. Τέλος η ενεργοποίηση των ηλεκτροβανών μπορεί να γίνει και χειροκίνητα όποτε αυτό είναι επιθυμητό.

Η διάθεση του απαιτούμενου για την άρδευση νερού γινόταν από τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας 30m³. Η πλήρωση της δεξαμενής γινόταν από παρακείμενη γεώτρηση (αντλία μέσης παροχής 60-80m³/h με άξονα και σωλήνα 4"). Όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός της άρδευσης (αντλία προώθησης του νερού στα αρδευτικά δίκτυα, ηλεκτροβάνες, φίλτρα, βαλβίδα κενού, αγωγός επιστρεφόμενων, πιεζόμετρο κ.ά) τοποθετήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένα κιτία επί της δεξαμενής.

Κάθε ηλεκτροβάνα χρησιμεύει για την άρδευση μιας μεταχείρισης 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 διακλαδιζόταν και άρδευε τις σειρές των βαμβακόφυτων.

Στη συνέχεια, υπήρχε ένα υδρόμετρο (εικόνα 5.7) ύστερα από κάθε ηλεκτροβάνα ώστε να προσμετράται η ποσότητα νερού σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και να γίνεται γνωστό αν αρδεύτηκε το κάθε ένα με τη σωστή ποσότητα νερού.

5.8 Εξατμισόμετρο τύπου A

Η μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, η οποία χρησιμοποιεί παρατηρήσεις εξάτμισης εξατμισόμετρου λεκάνης τύπου A (εικόνα 5.2), εξάτμισης E_p και συντελεστών εξατμισόμετρου K_p , καλείται μέθοδος του εξατμισόμετρου κατά FAO-24. Η εξάτμιση E_p αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα της ατμόσφαιρας να εξάγει νερό από ένα εξατμισόμετρο συγκεκριμένης μορφής, μεγέθους και χρώματος σε συγκεκριμένο περιβάλλον.

Με μοντέλα που βασίζονται σε μετρήσεις εξατμισομέτρων, μετριέται η εξάτμιση από σταθερές επιφάνειες γνωστών διαστάσεων και σχετίζεται με τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή με ένα συντελεστή. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην

υπόθεση ότι η εξατμισοδιαπνοή ελέγχεται αποκλειστικά από την ατμόσφαιρα. Μια τέτοια μέθοδος είναι αυτή του εξατμισόμετρου λεκάνης.

Εξαιτίας της απλότητας τους τα εξατμισόμετρα λεκάνης χρησιμοποιούνται ευρέως. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία σχεδίων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και περιλαμβάνουν βυθισμένα ή πάνω από την επιφάνεια του εδάφους εξατμισόμετρα λεκάνης. Ο συνηθέστερος τύπος είναι τα εξατμισόμετρα λεκάνης τύπου Α. Τα βυθισμένα στο έδαφος εξατμισόμετρα δίνουν χαμηλότερη εξάτμιση από αυτά που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους. Το σημείο, το οποίο θα τοποθετηθεί το εξατμισόμετρο είναι μείζονος σημασίας, καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο η περιβάλλουσα περιοχή. Η έκθεση ενός εξατμισόμετρου λεκάνης είναι εξίσου σημαντική. Ο λόγος E_p/E_T , κυμαίνεται μεταξύ 0,6 ως 2 ανάλογα με την έκθεση του εξατμισόμετρου. Οι μικρές τιμές απαντώνται όταν το εξατμισόμετρο είναι μερικώς σκιασμένο ή τοποθετημένο σε αρδευόμενο αγρό.



Εικόνα 5.8 Εξατμισόμετρο τύπου Α

Η στάθμη του νερού της λεκάνης πρέπει να διατηρείται σε απόσταση 5-7,5cm κάτω από το άνω χείλος του. Το νερό πρέπει να διατηρείται καθαρό και να μην είναι δυνατή η πρόσβαση σε πτηνά και ζώα. Για την αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων και άλλων αλγών απαιτείται η χρήση γαλαζόπετρας σε πολύ μικρή δόση και για την προστασία του το εξατμισόμετρο καλύπτεται από μεταλλικό πλέγμα. Όταν χρησιμοποιείται πλέγμα η εξάτμιση ελαττώνεται.

Σα φυσικό φαινόμενο η εξάτμιση οποιουδήποτε τύπου εξατμισίμετρου είναι αρκετά διαφορετική από την εξατμισοδιαπνοή από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια. Πειράματα στον αγρό 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 εξατμισίμετρα μπορούν να οδηγήσουν σε πραγματικές εκτιμήσεις της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που λαμβάνονται από το εξατμισίμετρο μεταβάλλονται ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας, το περιβάλλον του εξατμισίμετρου και τις κλιματικές συνθήκες. Για αυτό το λόγο, η βαθμονόμηση και η χρήση ενός πρότυπου εξατμισίμετρου είναι στοιχεία απαραίτητα για να καταστούν τα δεδομένα των εξατμισιμέτρων χρήσιμα στην εκτίμηση της μέσης δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Το εξατμισίμετρο τύπου Α του αγροκτήματος του πανεπιστημίου είναι μία κυλινδρική λεκάνη από γαλβανισμένο χάλυβα με διάμετρο 121cm και βάθος 25,4cm. Η λεκάνη αυτή τοποθετήθηκε πάνω σε ξύλινη βάση σε ύψος 15cm από την επιφάνεια του εδάφους σε οριζόντια θέση. Η επιφάνεια του νερού παρέμενε 5-7,5cm κάτω από το χείλος της λεκάνης. Οι μετρήσεις στο βάθος του νερού στη λεκάνη γίνονταν με σταθμήμετρο με ακίδα. Οι ενδείξεις αυτές, μετρημένες σε mm/ημέρα, αντιπροσώπευαν την εξάτμιση από την λεκάνη και πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου ($K_p = 0,80$) και την αντίστοιχη για κάθε περίοδο τιμή του φυτικού συντελεστή K_c , έδιναν την τιμή της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

5.9 Μετεωρολογικά δεδομένα

Η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων γινόταν σε ωριαία βάση όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Η συλλογή τους έγινε με τη βοήθεια data logger και η επεξεργασία τους με το πρόγραμμα excel της Microsoft.



Εικόνα 5.9 Μετεωρολογικός σταθμός αγροκτήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και άθροισμα ημερήσιας βροχόπτωσης) της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του εργαστηρίου γεωργικής υδραυλικής (εικόνα 5.9), ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 25m από το κέντρο του πειραματικού αγρού.

5.10 Καθαρές και ολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c προσδιορίζει το νερό που απαιτούν οι διάφορες καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση τους. Στη φύση το νερό αυτό προέρχεται από τις βροχοπτώσεις, την υγρασία που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος στη ζώνη του ριζοστρώματος και το υπόγειο νερό. Από τη βροχή που πέφτει σε έναν αγρό, μέρος της μπορεί να απομακρυνθεί με επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Το εναπομένον νερό αποτελεί την ωφέλιμη βροχή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Γενικά, η ωφέλιμη βροχή αποτελεί σχετικά μικρό ποσοστό μιας βροχόπτωσης, η οποία έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση.

Το υπόγειο νερό συμβάλλει στην κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό. Αυτό εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη και από τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους. Στα συνεκτικά εδάφη το νερό μπορεί να

φτάσει αρκετά ψηλά πάνω από την υπόγεια στάθμη με βραδύ όμως ρυθμό, ενώ στα ελαφρά εδάφη το ύψος ανόδου του νερού είναι μεν μικρό αλλά ο ρυθμός είναι ταχύς.

Στο ενδεχόμενο, όμως, οι παραπάνω πηγές νερού να μην είναι επαρκείς για να καλύψουν την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, είναι απαραίτητο να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Έτσι οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες μπορούν να υπολογιστούν από την παρακάτω εξίσωση 4:

$$I_n = ET_c - (P_e + GW + SM) \quad [4],$$

όπου I_n οι καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό, ET_c η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, P_e η ωφέλιμη βροχή, GW η συμβολή του υπόγειου νερού και SM το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος κατά την έναρξη της βλαστικής περιόδου [42].

Εκτός από τις καθαρές ανάγκες σε νερό που πρέπει να καλυφθούν με την άρδευση, πρόσθετες ποσότητες νερού χρειάζονται για την έκπλυση των αλάτων που συγκεντρώνονται στο ριζόστρωμα σε συνέπεια της άρδευσης και για την κάλυψη των απωλειών κατά τη μεταφορά του νερού και την εφαρμογή του στον αγρό.

5.11 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης

Ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για όλες τις μεταχειρίσεις βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισόμετρου τύπου A. Με βάση αυτές υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, το ποσό δηλαδή του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στην καλλιέργεια μέσω της άρδευσης.

Η ένδειξη του εξατμισόμετρου (E_{pan}), που εκφράζει την μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισόμετρου K_p μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, δηλαδή (εξίσωση 5):

$$ET_o = K_p \cdot E_{pan} \quad (\text{σε mm/ημέρα}) \quad [5],$$

όπου ET_o η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, K_p ο συντελεστής διόρθωσης και E_{pan} η ένδειξη του εξατμισόμετρου.

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισόμετρου υπολογίζεται σα συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας, του είδους και της έκτασης της επιφανείας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στη συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0,80.

Στη συνέχεια, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιαζόμενη με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας, μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (εξίσωση 6).

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (\text{σε mm}) \quad [6],$$

όπου ET_c η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, ET_o η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και K_c ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας.

Η θεωρητική δόση άρδευσης δίνεται από την παρακάτω σχέση 7:

$$I_d = (FC - PWP) \cdot h \cdot c \cdot P \cdot ASW / 10 \quad (\text{σε mm}) \quad [7],$$

όπου I_d η θεωρητική δόση άρδευσης, FC η υδατοϊκανότητα, PWP το σημείο μόνιμης μάρανσης, h το βάθος ριζοστρώματος, c το όριο εξάντλησης της υγρασίας, P το ποσοστό διαβροχής και ASW το φαινόμενο ειδικό βάρος.

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της ET_c αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης. Δηλαδή, η πρακτική δόση άρδευσης, που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από την σχέση 8:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B \quad \text{ή} \quad I_{da} = I_d / 0,95 \quad (\text{σε mm}) \quad [8],$$

όπου I_{da} η πρακτική δόση άρδευσης, I_n οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, ET_c η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, ΩB το ωφέλιμο ύψος βροχής ίσο με $0,8B$, B το ύψος βροχής και I_d η θεωρητική δόση άρδευσης.

Στο εξατμισόμετρο τύπου A, όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό, με την χρήση. Συνεπώς, για να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας πρέπει στην τιμή των καθαρών

αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισόμετρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή, στην περίπτωση αυτή θα ισχύει η εξίσωση 9:

$$ET_c = I_n + \Omega B \text{ (σε mm)} \quad [9],$$

όπου ET_c η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, I_n οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας και ΩB το ωφέλιμο ύψος βροχής ίσο με $0,8B$, B το ύψος βροχής.

Στις μεταχειρίσεις, στις οποίες το νερό που προστίθεται με την άρδευση επιδιώκεται να είναι 20% λιγότερο των καθαρών αναγκών, η τιμή της δόσης άρδευσης ($I_{da} = I_n$) πολλαπλασιάζεται με 80%.

Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης έγινε βάση της σχέσης 10:

$$I_t = I_{da} / I_{dh} \text{ (σε h)} \quad [10],$$

όπου I_t η διάρκεια άρδευσης, I_{da} η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και I_{dh} το ωριαίο ύψος βροχής και δίδεται από την εξίσωση 11.

$$I_{dh} = (q \cdot n) / (S_t \cdot S_r) \text{ (σε mm/h)} \quad [11],$$

όπου I_{dh} το ωριαίο ύψος βροχής, q η παροχή του σταλακτήρα σε l/h , $n = S_t / (2 \cdot S_e)$ ο αριθμός σταλακτῆρων ανά 2 σειρές φυτών, S_t η ισαποχή των φυτών επί της σειράς σε m , S_r η ισαποχή των σειρών των φυτών σε m και S_e είναι η ισαποχή των σταλακτῆρων σε m .

5.12 Αρχική άρδευση με καταιονισμό

Η άρδευση με καρούλι χρησιμοποιήθηκε στα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας μέχρι την εμφάνιση των πρώτων ανθέων. Η επιφανειακή άρδευση με καταιονισμό στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού είναι προτιμότερη της στάγδην άρδευσης. Επιπλέον, βοήθησε για τις απαιτήσεις του πειράματος ώστε οι μεταχειρίσεις να παρουσιάσουν ομοιομορφία και έτσι να μειώνεται το πειραματικό σφάλμα, ιδιαίτερα για τις μεταχειρίσεις Y_5 και Y_6 , οι οποίες είναι υπόγειες, δε θα μπορούσαν να αρδευτούν με τον πειραματικό τρόπο αφού το ριζικό τους σύστημα δε

θα έφτανε τον υπόγειο αγωγό. Με τον καταιονισμό το έδαφος φτάνει σε κατάσταση υδατοϊκανότητας και αμέσως μετά εφαρμόζεται η στάγδην άρδευση.

Η άρδευση με το καρούλι εφαρμόστηκε και στο φύτρωμα. Το καρούλι ήταν αυτοκινούμενο με σύστημα ενός εκτοξευτήρα. Η παροχή του εκτοξευτήρα μετρήθηκε στα 35m³/h σε πίεση λειτουργίας 4,5atm και ωριαίου ύψους βροχής 18mm/h.

Κατά το στάδιο της ανάπτυξης έγινε μια εφαρμογή με καταιονισμό τις ακόλουθες ημέρες και με τη συγκεκριμένη δόση σύμφωνα με τις συνήθειες καλλιεργητικές πρακτικές.

Ημερομηνίες άρδευσης με καταιονισμό	Δόση άρδευσης (mm)
11 Μαΐου	30
10 Ιουνίου	40
Σύνολο	70

5.13 Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής

Η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής γινόταν επί καθημερινής βάσης και οι μετρήσεις λαμβάνονταν από το εξατμισόμετρο τύπου A, το οποίο ήταν τοποθετημένο δίπλα στον πειραματικό αγρό. Από τις τιμές του εξατμισόμετρου διαμορφώνονται οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής. Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί καταγράφονται οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής από 10 Ιουνίου 2003 ως 21 Σεπτεμβρίου 2003.

Πίνακας 5.1 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμού δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης

	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Διαθέσιμη υγρασία ASM=[(FC-PWP)/100]·ASW (%κ.ό.)	11,7588	11,7588	11,7588	11,7588
Θεωρητική δόση άρδευσης $I_d=ASM \cdot h \cdot c \cdot P$ (mm ή m ³ /στρ.)	38,8	51,74	64,67	34,6
Πρακτική δόση άρδευσης $I_{da} = I_d / 0,95$ (mm ή m ³ /στρ.) (0,95 είναι ο βαθμός εφαρμογής νερού στην στάγδην άρδευση)	40,84	54,46	68,07	38,68
Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q \cdot n) / (S_r \cdot S_t)$ (mm/h)	1,52	1,52	1,52	1,52
Διάρκεια άρδευσης $I_t = I_{da} / I_{dh}$ (h)	26h 51' 36''	35 h 49' 48''	44 h 46' 48''	23 h 44' 24''

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3L/h$

Ισαποχή σειρών φυτών : $S_r = 0,95 \text{ m}$

Ισαποχή φυτών επί της σειράς : $S_t = 0,07 \text{ m}$

Ισαποχή σταλακτήρων : $S_e = 0,80 \text{ m}$

Αριθμός σταλακτήρων ανά 2 σειρές φυτών : $n = S_t / (2 * S_e) = 0,044$

Φυτικός συντελεστής (K_c) για το βαμβάκι: για το μήνα Ιούνιο 0,55

για το μήνα Ιούλιο 0,85

για το μήνα Αύγουστο 0,90

για το μήνα Σεπτέμβριο 0,48 [44]

Πίνακας 5.2 Εξάτμιση, δόση άρδευσης, διάρκεια άρδευσης στο 100% υπόγειο και διάρκεια άρδευσης στο 80% υπόγειο σύστημα άρδευσης για το μήνα Ιούλιο

E_p (mm/day)	Δόση άρδευσης (mm)	Διάρκεια 100% (h)	Διάρκεια 80% (h)
1	0,68	0,45	0,35
2	1,36	0,89	0,72
3	2,04	1,34	1,25
4	2,72	1,79	1,56
5	3,4	2,23	1,98
6	4,08	2,68	2,14
7	4,76	3,13	2,5
8	5,44	3,57	2,88
9	6,12	4,02	3,44
10	6,8	4,47	3,84
11	7,44	4,92	4,02
12	8,16	5,36	4,46
13	8,84	5,81	4,89
14	9,52	6,26	5,18
15	10,3	6,71	5,55
16	10,8	7,15	6,01
17	11,56	7,6	6,38
18	12,24	8,05	6,85
19	12,92	8,5	6,98
20	13,6	8,94	7,22
21	14,28	9,36	7,88
22	14,96	9,84	8,23
23	15,64	10,28	8,28
24	16,32	10,73	8,55
25	17	11,18	9,22
26	17,68	11,63	9,55
27	18,39	12,07	9,66
28	19,04	12,52	9,89
29	19,72	12,97	10,06
30	20,4	13,42	10,51
31	21,8	13,86	10,86
32	21,76	14,31	11,12
33	22,44	14,76	11,85
34	23,12	15,21	12,25
35	23,8	15,65	12,52
36	24,4	16,10	12,85
37	25,16	16,55	13,4
38	25,84	17	13,82
39	26,52	17,44	14,26
40	27,2	17,89	14,45
41	27,8	18,34	14,67
42	28,56	18,78	15,02
43	29,4	19,23	15,29
44	29,9	19,68	15,78
45	30,6	20,13	16,10

Πίνακας 5.3 Εξάτμιση, δόση άρδευσης, διάρκεια άρδευσης στο 100% υπόγειο και διάρκεια άρδευσης στο 80% υπόγειο σύστημα άρδευσης για το μήνα Αύγουστο

E_p (mm/day)	Δόση άρδευσης (mm)	Διάρκεια 100% (h)	Διάρκεια 80% (h)
1	0,72	0,47	0,37
2	1,44	0,94	0,75
3	2,16	1,42	1,12
4	2,88	1,89	1,45
5	3,6	2,36	1,98
6	4,32	2,84	2,45
7	5,04	3,31	2,86
8	5,76	3,78	3,35
9	6,48	4,26	3,54
10	7,2	4,73	4,12
11	7,92	5,21	4,58
12	8,64	5,68	4,68
13	9,36	6,15	5,12
14	10,08	6,63	5,49
15	10,8	7,1	5,80
16	11,52	7,57	6,12
17	12,24	8,05	6,48
18	12,96	8,52	6,98
19	13,68	9	7,20
20	14,4	9,47	7,45
21	15,12	9,94	7,85
22	15,84	10,42	8,38
23	16,56	10,89	8,59
24	17,28	11,36	8,87
25	18	11,84	9,36
26	18,72	12,31	9,84
27	19,44	12,78	10,25
28	20,16	13,26	10,75
29	20,88	13,73	10,96
30	21,6	14,21	11,26
31	22,32	14,68	11,83
32	23,04	15,15	12,50
33	24,48	15,63	12,80
34	25,2	16,10	13,10
35	25,92	16,57	13,48
36	26,64	17,05	13,86
37	27,36	17,52	14,10
38	28,08	18	14,45
39	28,8	18,47	14,98
40	29,52	18,94	15,45
41	30,24	19,42	15,63
42	30,28	19,89	15,84
43	30,96	20,36	16,23
44	31,68	20,84	16,68
45	32,4	21,35	17,05

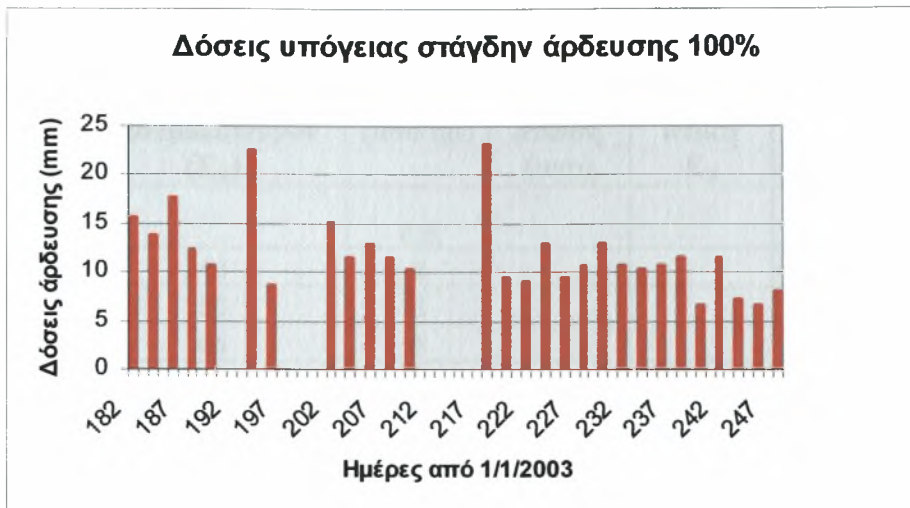
5.14 Δόσεις άρδευσης καρποφορίας

Μετά την 1^η Ιουλίου και εφόσον στην καλλιέργεια βαμβακιού εμφανίστηκαν τα πρώτα καρποφόρα όργανα, η άρδευση εφαρμόστηκε με τη μέθοδο της υπόγειας σταγόνας στα Υ₅ και Υ₆ πειραματικά τεμάχια. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι δόσεις άρδευσης από 1 Ιουλίου. Μέχρι τέλος της αρδευτικής περιόδου, δηλαδή τέλος Αυγούστου.

Οι συνολικές ποσότητες νερού με την υπόγεια στάγδην άρδευση ήταν 332,69mm νερού για τις μεταχειρίσεις που αφορούσαν το 100% της δόσης άρδευσης, κατανεμημένο σε 28 εφαρμογές και 266,13mm νερού για τις μεταχειρίσεις που αφορούσαν το 80% της δόσης άρδευσης, κατανεμημένο σε 28 εφαρμογές. Το εύρος άρδευσης είναι σταθερό και ίσο με δυο ημέρες.

Ο συνολικός όγκος νερού άρδευσης είναι 402,69mm εκ των οποίων τα 70mm είναι από την άρδευση με καρούλι και τα 332,69mm είναι από τη στάγδην άρδευση για την άρδευση 100% και 336,13mm από τα οποία 70mm είναι από την άρδευση με καρούλι και τα 266,13mm είναι από τη στάγδην άρδευση όσον αφορά την 80% άρδευση. Στον παραπάνω όγκο νερού πρέπει να προστεθεί και ένα μέρος των 66,39mm βροχής. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, την ένταση και τη διάρκεια της βροχόπτωσης και την κατάσταση του εδάφους, δηλαδή κατά πόσο είναι κορεσμένο με νερό ή όχι. Συνυπολογίζοντας τις προαναφερθείσες παραμέτρους και με τη βοήθεια της χρήσης του συντελεστή ωφελιμότητας βροχής, το οποίο είναι ίσο με 0,8, τα συνολικά χιλιοστά ωφέλιμης βροχής είναι $66,39 \times 0,8 = 53,112\text{mm}$.

Άρα από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο συνολικός όγκος νερού που χορηγήθηκε στην καλλιέργεια είναι 455,8mm για τις μεταχειρίσεις στο 100% της δόσης άρδευσης και 389,24mm για τις μεταχειρίσεις στο 80% της δόσης άρδευσης.



Σχήμα 5.1 Δόσεις άρδευσης με σταγόνα 100%



Σχήμα 5.2 Δόσεις άρδευσης με σταγόνα 80%

5.15 Πίνακες δόσης και διάρκειας άρδευσης

Με βάση τις τιμές της εξατμισοδιαπνοής, που έχουν προαναφερθεί, και τους υπολογισμούς που έχουν γίνει για τον εύκολο προσδιορισμό των τιμών των αρδεύσεων, γινόταν η άρδευση της καλλιέργειας. Η στάγδην άρδευση άρχισε να εφαρμόζεται στο στάδιο της καρποφορίας. Αυτό σημαίνει έπειτα από την εμφάνιση των πρώτων καρποφόρων οργάνων δηλαδή στην 1^η Ιουλίου.

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται οι ημερομηνίες, η ημερήσια εξάτμιση, τα χιλιοστά βροχής που έχουν συνολικά κατακρημνιστεί, οι δόσεις άρδευσης.

Πίνακας 5.4 Ημερήσιες τιμές εξάτμισης σε mm/ημέρα, βροχόπτωση σε mm/ημέρα, δόσεις άρδευσης και χρόνος άρδευσης για άρδευση 100%

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισόμετρου (E ₀)	E _p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E _p	Δόση άρδ. 100%	Διάρκεια άρδευσης 100% (h)
10/6/2003		8,5			40	Άρδευση με καταιονισμό
11/6/2003	48	8				
12/6/2003	56	8				
13/6/2003	64	8				
14/6/2003	25,5	8,5				
15/6/2003	34	12,5				
16/6/2003	46,5	7,5	0,5			
17/6/2003	54	9,5				
18/6/2003	63,5	8,5				
19/6/2003	72	0	8,05			
20/6/2003(γέμισμα)	72	4				
21/6/2003	19	7,5				
22/6/2003	26,5	8,5				
23/6/2003	35	9				
24/6/2003	44	8				
25/6/2003	52	4	4,28			
26/6/2003	56	8				
27/6/2003	64	4	3			
28/6/2003	68	-3,5	5,55			
29/6/2003	64,5	7,5				
30/6/2003	72	8				
1/7/2003	80	6		21,5	14,62	10,15
2/7/2003(γέμισμα)	86	9				
3/7/2003	16	10		19	12,92	9,05
4/7/2003	26	9				
5/7/2003	35	16		25	17	11,48
6/7/2003	51	8				
7/7/2003	59	9		17	11,56	7,98
8/7/2003	68	8				
9/7/2003(γέμισμα)	76	7		15	10,02	7,01
10/7/2003	27	8				

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισμέτρου (E _p)	E _p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E _p	Δόση άρδ. 100%	Διάρκεια άρδευσης 100% (h)
11/7/2003	35	8	2,3			
12/7/2003	43	9				
13/7/2003	52	9		31,7	21,56	14,73
14/7/2003	61	4				
15/7/2003	65	8		12	8,16	5,53
16/7/2003	73	8	13			
17/7/2003(γέμισμα)	81	12	2,1			
18/7/2003	19	12				
19/7/2003	31	-11				
20/7/2003	20	7				
21/7/2003	27	8		31,9	21,69	9,89
22/7/2003	35	8				
23/7/2003	43	8		16	10,88	7,48
24/7/2003	51	9				
25/7/2003	60	9		18	12,24	8,5
26/7/2003	69	10				
27/7/2003(γέμισμα)	79	6		16	10,88	7,48
28/7/2003	23	7				
29/7/2003	30	7		14	9,52	6,67
30/7/2003	37	6				
31/7/2003	43	3	3,17			
1/8/2003	46	1,5	2,3			
2/8/2003(γέμισμα)	47,5	3	2,4			
3/8/2003	53,5	6	1,54			
4/8/2003	18	7				
5/8/2003	25	8				
6/8/2003	33	9		34,09	30,96	15,08
7/8/2003	42	8				
8/8/2003	50	6		14	10,08	6,11
9/8/2003	56	5,5				
10/8/2003(γέμισμα)	61,5	7		12,5	9	5,89
11/8/2003	20	9				
12/8/2003	29	9		18	12,96	8,5
13/8/2003	38	7				
14/8/2003	45	6		13	9,39	6,11
15/8/2003	51	7				
16/8/2003	58	8		15	10,8	7,01
17/8/2003	66	10				
18/8/2003(γέμισμα)	76	8		18	12,96	8,5
19/8/2003	33	7				
20/8/2003	40	8		15	10,8	7,01
21/8/2003	48	7				
22/8/2003	55	7		14	10,08	6,67
23/8/2003	62	7				

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισόμετρου (E _p)	E _p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E _p	Δόση άρδ. 100%	Διάρκεια άρδευσης 100% (h)
24/8/2003(γέμισμα)	69	8		15	10,08	7,01
25/8/2003	19	8				
26/8/2003	27	8		16	11,52	7,48
27/8/2003	35	3				
28/8/2003	38	6		9	6,48	4,25
29/8/2003	44	8				
30/8/2003	52	8		16	11,52	7,48
31/8/2003	60	3				
1/9/2003	63	7		10	4,85	4,7
2/9/2003	70	6				
3/9/2003	76	3		9	3,46	4,25
4/9/2003(γέμισμα)	79	6				
5/9/2003	22	5		11	4,22	5,17
6/9/2003	27	6				
7/9/2003	33	7				
8/9/2003	40	2	2,1			
9/9/2003	42	4				
10/9/2003	46	-10	12,83			
11/9/2003(γέμισμα)	36	3				
12/9/2003	11	6				
13/9/2003	17	3	3,27			
14/9/2003	20	2				
15/9/2003	22	4				
16/9/2003	26	4				
17/9/2003	30	4				
18/9/2003	34	4				
19/9/2003(γέμισμα)	38	5				
20/9/2003	7	5				
21/9/2003	12	6				
22/9/2003	18	5				
23/9/2003	23	4				
24/9/2003	27	5				
25/9/2003	32	4				
26/9/2003	36	4				
27/9/2003	40	3				
28/9/2003	43					
Σύνολο			66,39		331,11	

Πίνακας 5.5 Ημερήσιες τιμές εξάτμισης σε mm/ημέρα, βροχόπτωση σε mm/ημέρα, δόσεις άρδευσης και χρόνος άρδευσης για άρδευση 80%

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισίμετρου (E _p)	E _p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E _p	Δόση άρδ. 80%	Διάρκεια άρδευσης 80% (h)
10/6/2003		8,5			40	Άρδευση με καταιονισμό
11/6/2003	48	8				
12/6/2003	56	8				
13/6/2003	64	8				
14/6/2003	25,5	8,5				
15/6/2003	34	12,5				
16/6/2003	46,5	7,5	0,5			
17/6/2003	54	9,5				
18/6/2003	63,5	8,5				
19/6/2003	72	0	8,05			
20/6/2003	72	4				
21/6/2003	19	7,5				
22/6/2003	26,5	8,5				
23/6/2003	35	9				
24/6/2003	44	8				
25/6/2003	52	4	4,28			
26/6/2003	56	8				
27/6/2003	64	4	3			
28/6/2003	68	-3,5	5,55			
29/6/2003	64,5	7,5				
30/6/2003	72	8				
1/7/2003	80	6		21,5	11,70	8,12
2/7/2003	86	9				
3/7/2003	16	10		19	10,34	7,24
4/7/2003	26	9				
5/7/2003	35	16		24	13,6	9,18
6/7/2003	51	8				
7/7/2003	59	9		17	9,25	6,38
8/7/2003	68	8				
9/7/2003	76	7		15	8,16	5,61
10/7/2003	27	8				

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισόμετρου (E ₀)	E _p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E _p	Δόση άρδ. 80%	Διάρκεια άρδευσης 80% (h)
11/7/2003	35	8	2,3			
12/7/2003	43	9				
13/7/2003	52	9		31,7	17,25	11,78
14/7/2003	61	4				
15/7/2003	65	8		12	6,53	4,24
16/7/2003	73	8	13			
17/7/2003	81	12	2,1			
18/7/2003	19	12				
19/7/2003	31	-11				
20/7/2003	20	7				
21/7/2003	27	8		20,9	17,35	7,91
22/7/2003	35	8				
23/7/2003	43	8		16	8,7	5,98
24/7/2003	51	9				
25/7/2003	60	9		18	9,79	6,8
26/7/2003	69	10				
27/7/2003	79	6		16	8,7	5,98
28/7/2003	23	7				
29/7/2003	30	7		14	7,62	5,34
30/7/2003	37	6				
31/7/2003	43	3	3,17			
1/8/2003	46	1,5	2,3			
2/8/2003	47,5	3	2,4			
3/8/2003	53,5	6	1,54			
4/8/2003	18	7				
5/8/2003	25	8				
6/8/2003	33	9		32,9	24,77	12,06
7/8/2003	42	8				
8/8/2003	50	6		13	8,06	4,89
9/8/2003	56	5,5				
10/8/2003	61,5	7		12,5	7,2	4,71
11/8/2003	20	9				
12/8/2003	29	9		18	10,37	6,8
13/8/2003	38	7				
14/8/2003	45	6		13	7,51	4,89
15/8/2003	51	7				
16/8/2003	58	8		15	8,64	5,61
17/8/2003	66	10				
18/8/2003	76	8		18	10,37	6,8
19/8/2003	33	7				
20/8/2003	40	8		15	8,64	5,61
21/8/2003	48	7				
22/8/2003	55	7		14	8,06	5,34
23/8/2003	62	7				

Ημερομηνία	Ένδειξη εξατμισόμετρου (E_p)	E_p (mm/ημ)	Βροχό- πτωση (mm)	Αθροι- στική E_p	Δόση άρδ. 80%	Διάρκεια άρδευσης 80% (h)
24/8/2003	69	8		15	8,64	5,61
25/8/2003	19	8				
26/8/2003	27	8		16	9,22	5,98
27/8/2003	35	3				
28/8/2003	38	6		9	5,18	3,4
29/8/2003	44	8				
30/8/2003	52	8		16	9,22	5,98
31/8/2003	60	3				
1/9/2003	63	7		10	3,88	3,76
2/9/2003	70	6				
3/9/2003	76	3		9	2,77	3,4
4/9/2003	79	6				
5/9/2003	22	5		11	3,38	4,14
6/9/2003	27	6				
7/9/2003	33	7				
8/9/2003	40	2	2,1			
9/9/2003	42	4				
10/9/2003	46	-10	12,83			
11/9/2003	36	3				
12/9/2003	11	6				
13/9/2003	17	3	3,27			
14/9/2003	20	2				
15/9/2003	22	4				
16/9/2003	26	4				
17/9/2003	30	4				
18/9/2003	34	4				
19/9/2003	38	5				
20/9/2003	7	5				
21/9/2003	12	6				
22/9/2003	18	5				
23/9/2003	23	4				
24/9/2003	27	5				
25/9/2003	32	4				
26/9/2003	36	4				
27/9/2003	40	3				
28/9/2003	43					
Σύνολο			66,39		264,89	

Κεφάλαιο 6

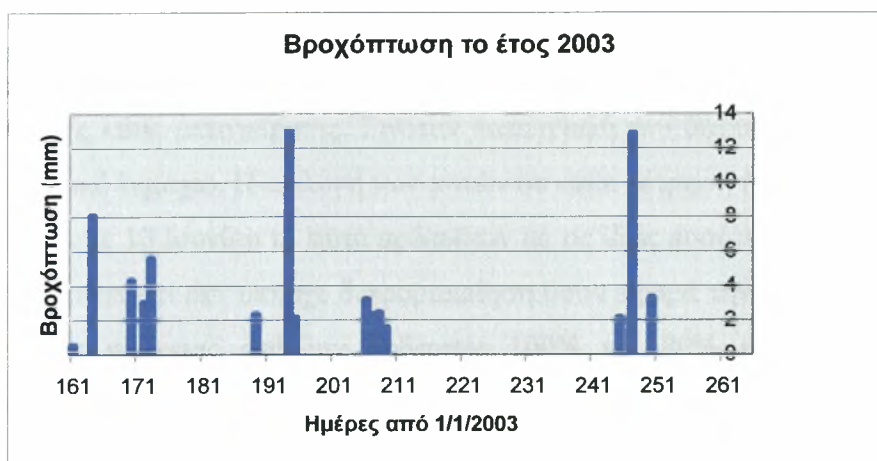
6.1 Κλιματικά δεδομένα καλλιεργητικής περιόδου 2003

Η περίοδος κατά την οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα είναι από το Μάιο 2003 ως το Νοέμβριο 2003. Το έτος 2003 χαρακτηρίζεται υγρό και ζεστό. Οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια αυτής της καλλιεργητικής περιόδου οδήγησαν στη διαφοροποίηση των δόσεων άρδευσης και τον περιορισμό των αρδεύσεων. Οι βροχοπτώσεις βοήθησαν στην καλύτερη απορρόφηση του αζώτου από τα βαμβακόφυτα. Η αυξημένη υγρασία συνετέλεσε στη μεγαλύτερη και ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών.

Ακόμη η καλλιεργητική περίοδος χαρακτηρίζεται από ήπιες σχετικά θερμοκρασίες. Οι κανονικές θερμοκρασίες βοήθησαν στο να επιτευχθεί ικανοποιητική καρποφορία και ορθή ωρίμανση καρυδιών. Όπως είναι γνωστό, οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν αρνητικά την καρποφορία, ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες δημιουργούν προβλήματα στην ανάπτυξη και το σχηματισμό του σπόρου και της ίνας.

Αποτέλεσμα των καλών σχετικά καιρικών συνθηκών ήταν οι ικανοποιητικές μέσες παραγωγές σε εθνικό επίπεδο παρά τις δυσοίωνες προβλέψεις και τις αντίξοες συνθήκες λόγω αυξημένων βροχοπτώσεων κατά την περίοδο της συγκομιδής.

Στο σχήμα 6.1 παρουσιάζεται το ύψος βροχής κατά την καλλιεργητική περίοδο 2003. Από τα 66,39mm νερού από τη βροχόπτωση, τα περισσότερα χρησιμοποιήθηκαν για να καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας.



Σχήμα 6.1 Βροχόπτωση για την καλλιεργητική περίοδο 2003 σε mm ανά δεκαήμερα από το Μάιο ως τον Οκτώβριο.

6.2 Μετρήσεις ύψους βαμβακόφυτων

Η εξέλιξη της ανάπτυξης της καλλιέργειας βαμβακιού είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που εξαρτάται από τον τρόπο και τη δόση άρδευσης. Για αυτό το λόγο η εξέλιξη του ύψους των φυτών αποτελούσε καθοριστικό σημείο ελέγχου για τη σύγκριση των δόσεων άρδευσης. Η ανάπτυξη των φυτών στην βαμβακοκαλλιέργεια αποτελεί έναν παράγοντα που καθορίζει την τελική παραγωγή. Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι η ανάπτυξη της καλλιέργειας επιβάλλεται να συμβαδίζει με την καρποφορία.

Μειωμένη ανάπτυξη στα πρώτα στάδια σημαίνει πρόωρη έναρξη καρποφορίας και μείωση του αριθμού των καρποφόρων οργάνων. Πρόβλημα μπορεί επίσης να προκύψει με την εμφάνιση αναβλάστησης στα τέλη Αυγούστου. Αυτό σημαίνει ότι το φυτό έπειτα από μια πρόωμη περίοδο καρποφορίας και με την παρουσία πλεονάσματος υγρασίας στο ριζικό σύστημα ενδέχεται να δώσει βλάστηση στην κορυφή σε βάρος της καρποφορίας. Υπερβολική ανάπτυξη στα πρώτα στάδια, όμως, λειτουργεί αποτρεπτικά στην έναρξη της καρποφορίας.

Η επιλογή της ποικιλίας αποτελεί βασικό παράγοντα του επιθυμητού ύψους της καλλιέργειας. Το γενετικό υλικό είναι αυτό που κανονίζει σε μεγάλο βαθμό κατά πόσο πρέπει να αναπτυχθεί το φυτό για να δώσει το μέγιστο της απόδοσης. Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα είναι, όπως προαναφέρθηκε, η Opal της Delta Pine. Η ποικιλία αυτή έχει αρκετή βλαστική ανάπτυξη και μεγάλη φυλλική επιφάνεια. Για να έχει μια πολύ καλή απόδοση, η ανάπτυξη της πρέπει να είναι περίπου 100cm. Το βαθύ ριζικό σύστημα κάνει τα φυτά αρκετά μεγάλα και με τάση ανάπτυξης ακόμη και κατά την περίοδο της καρποφορίας.

Κάθε εβδομάδα λαμβάνονταν μετρήσεις για το ύψος 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.

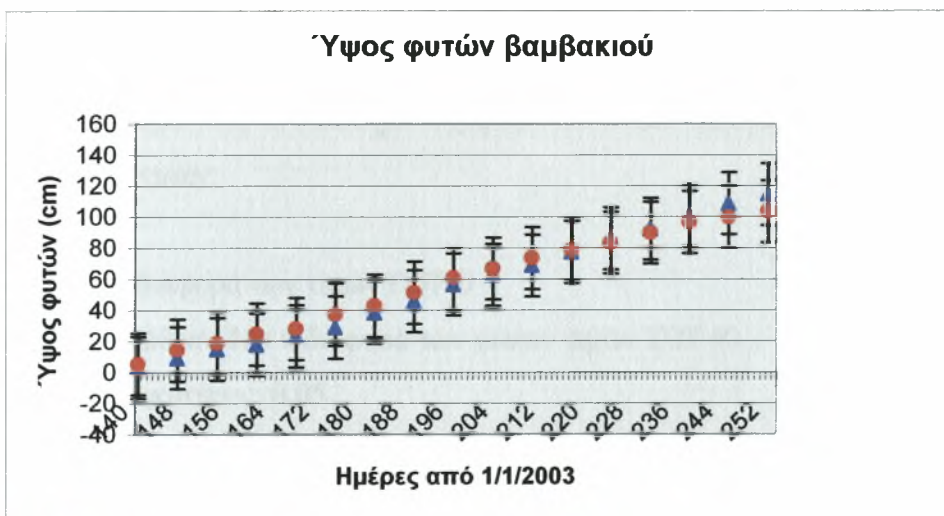
Μέχρι τις 10 Ιουνίου τα φυτά αρδευόταν με τις ίδιες ποσότητες νερού, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν υπήρχε διαφοροποίηση όσον αφορά την ανάπτυξη. Με την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης 100% και 80% υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση στο ύψος των δυο μεταχειρίσεων. Παρακάτω δίνεται η στατιστική επεξεργασία για τη σύγκριση των μέσων όρων του ύψους των φυτών. 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 υποδηλώνει ότι τα φυτά αναπτύχθηκαν με την ίδια υγρασία στο ριζικό σύστημα.

Το ποσοστό δόσης άρδευσης δεν επηρέασε το επίπεδο υγρασίας του εδάφους στο οποίο αναπτύχθηκαν οι δυο μεταχειρίσεις. Η διάχυση της υγρασίας γίνεται ομοιόμορφα στο έδαφος και οι ιδιότητες του συγκεκριμένου τύπου εδάφους επιτρέπουν τη διάχυση του νερού γρήγορα και ομοιόμορφα. Στο σχήμα 6.2 παρουσιάζεται η ανάπτυξη της καλλιέργειας όπως φαίνεται από το ύψος φυτών.

Παρατηρείται ότι η ανάπτυξη της καλλιέργειας ακολουθεί ένα σταθερό ρυθμό. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στους παρακάτω λόγους:

- i) υπάρχει αρκετή διαθέσιμη ποσότητα νερού στο ριζικό σύστημα και στις δυο μεταχειρίσεις. Αυτό οφείλεται και στο μικρό εύρος άρδευσης και στην αξιοποίηση όλης της ποσότητας του αρδευόμενου νερού από τα φυτά
- ii) οι βροχοπτώσεις και η θερμοκρασία επηρέασαν το φυσιολογικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας
- iii) η ποικιλία σε συνδυασμό με τη μικρή οψίμιση της καλλιέργειας συντέλεσαν στη σταθερή ανάπτυξη των φυτών και μετά τα τέλη Ιουλίου στο στάδιο καρποφορίας των βαμβακόφυτων.



■ : Y₅ μεταχείριση

■ : Y₆ μεταχείριση

Σχήμα 6.2 Εξέλιξη του ύψους των φυτών βαμβακιού για τις μεταχειρίσεις Y₅ και Y₆ (μέσοι όροι μετρήσεων σε cm)

6.2.1 Στατιστική επεξεργασία ύψους φυτών βαμβακιού

Στοιχεία

Μεταβλητή: Ύψος φυτού

Ημερομηνία: 8 Ιουλίου

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	16	16
Μέση τιμή	45,7	50,1
Διακύμανση	91,4	89,2
Σταθερή απόκλιση	9,027	10,834
Δειγματικός μέσος	46	51

Διαφορά μέσων τιμών: 4,4

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 6,65

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 6,5

Λόγος διακυμάνσεων:

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,195

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ύψος των φυτών κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Στοιχεία

Μεταβλητή: Ύψος φυτού

Ημερομηνία: 22 Ιουλίου

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	16	16
Μέση τιμή	62,6	66,7
Διακύμανση	118,28	121,42
Σταθερή απόκλιση	10,884	11,017
Δειγματικός μέσος	63	67

Διαφορά μέσων τιμών: 4,1

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 6,65

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 6,6

Λόγος διακυμάνσεων: 1,105

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,183

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ύψος των φυτών κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Στοιχεία

Μεταβλητή: Ύψος φυτού

Ημερομηνία: 12 Αυγούστου

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	16	16
Μέση τιμή	86,1	83,3
Διακύμανση	198,57	227,39
Σταθερή απόκλιση	14,775	11,697
Δειγματικός μέσος	86	83

Διαφορά μέσων τιμών: 2,8

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 10,7812

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 10,78

Λόγος διακυμάνσεων:

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,086

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ύψος των φυτών κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Στοιχεία

Μεταβλητή: Ύψος φυτού

Ημερομηνία: 26 Αυγούστου

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	16	16
Μέση τιμή	101,1	96,5
Διακύμανση	228,97	240,22
Σταθερή απόκλιση	15,787	15,669
Δειγματικός μέσος	101	97

Διαφορά μέσων τιμών: 4,6

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 12,7812

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,9872 ως 12,78

Λόγος διακυμάνσεων: 1,0152

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,096

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

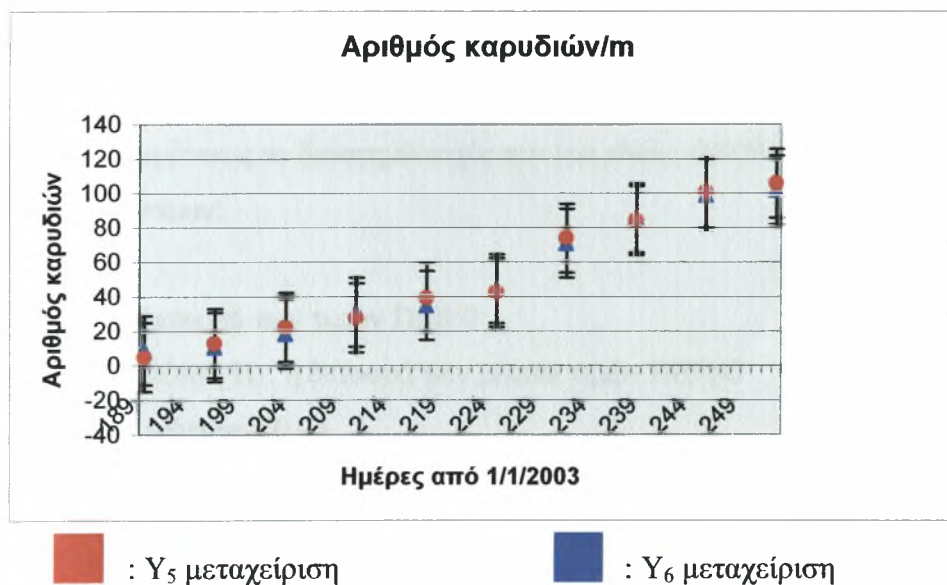
Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο ύψος των φυτών κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

6.3 Μετρήσεις καρποφόρων οργάνων βαμβακιού

Με την ανάπτυξη της καλλιέργειας γινόταν και η καταγραφή των καρποφόρων οργάνων σε εβδομαδιαία βάση. Η καταγραφή περιελάμβανε μετρήσεις χτενιών, ανθέων και στη συνέχεια καρυδιών του βαμβακιού. Οι μετρήσεις που λαμβάνονταν ήταν τυχαίες σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και καταγραφόταν ο αριθμός των καρποφόρων οργάνων σε ένα τρέχον μέτρο καλλιέργειας.

Η εμφάνιση των πρώτων χτενιών έγινε 17 Ιουνίου. Τα πρώτα λουλούδια έκαναν την εμφάνιση τους στις 8 Ιουλίου και τα πρώτα καρύδια δυο μέρες μετά, δηλαδή 10 Ιουλίου. Η καρποφορία ολοκληρώθηκε το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και τότε διαμορφώθηκε ο τελικός αριθμός των καρποφόρων οργάνων ανά μεταχείριση. Στο σχήμα 6.3 καταγράφεται η εξέλιξη της καρποφορίας.

Η καρποφορία κρίνεται ικανοποιητική και στις δυο μεταχειρίσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται και τα στοιχεία στατιστικής επεξεργασίας. Σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων. Μια αξιοπρόσεκτη παρατήρηση είναι η καθυστέρηση της έναρξης της καρποφορίας. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία αλλά και στην όψιμη σπορά της καλλιέργειας.



Σχήμα 6.3 Εξέλιξη καρποφόρων οργάνων για τις μεταχειρίσεις Y₅ και Y₆

6.3.1 Στατιστική επεξεργασία αριθμού καρποφόρων οργάνων βαμβακιού

Στοιχεία

Μεταβλητή: Αριθμός καρποφόρων οργάνων (καρυδιών)

Ημερομηνία: 9 Σεπτεμβρίου

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	16	16
Μέση τιμή	101,7	105,7
Διακύμανση	159,67	203,26
Σταθερή απόκλιση	9,11	6,28
Δειγματικός μέσος	102	106

Διαφορά μέσων τιμών: 4

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -7,009 ως 3,409

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,0094 ως 4,409

Λόγος διακυμάνσεων:

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠ 0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,8338

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στον αριθμό καρποφόρων οργάνων των φυτών κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

6.4 Μετρήσεις παραγωγής βαμβακιού

Οι βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου σε συνδυασμό με την οψίμιση της καλλιέργειας γενικότερα, καθυστέρησαν ακόμη περισσότερο την έναρξη ανοίγματος των καψών του βαμβακιού. Οι πρώτες ανοιχτές κάψες παρατηρήθηκαν στις 9 Σεπτεμβρίου. Στις 8 Οκτωβρίου οι ανοιχτές κάψες προσέγγισαν σε ποσοστό το 50% των καρυδιών. Μόλις έφτασε το ποσοστό στο 50% κρίθηκε απαραίτητη η χρήση αποφυλλωτικού και ωριμαντικού σκευάσματος. Το σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε είχε την εμπορική ονομασία Finish της εταιρείας Bayer και εφαρμόστηκε με ψεκασμό του φυλλώματος σε ποσότητα 250cm³/στρέμμα, σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης του σκευάσματος.

Η επίδραση του προαναφερθέντος σκευάσματος ήταν άμεση και σε συνδυασμό με τις καλές καιρικές συνθήκες που ακολούθησαν είχε σαν αποτέλεσμα το άνοιγμα των καψών. Το 75-80% των ανοιχτών καψών ολοκληρώθηκε στις αρχές Νοεμβρίου και στις 6 Νοεμβρίου πραγματοποιήθηκε η πρώτη συλλογή των ανοιχτών καψών με το χέρι. Στις 19 Νοεμβρίου και αφού είχε ολοκληρωθεί το άνοιγμα των καψών πραγματοποιήθηκε και η δεύτερη συλλογή στο 100% των ανοιγμένων καψών.

Η αυξημένη υγρασία τις ημέρες συγκομιδής επέβαλε την ξήρανση του βαμβακιού. Αυτό έγινε με άπλωμα του συγκομισμένου σύσπορου βαμβακιού στο εργαστήριο του αγροκτήματος για τρεις ημέρες.

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε από τις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου αφήνοντας δυο μέτρα στην αρχή και δυο μέτρα στο τέλος κάθε πειραματικού τεμαχίου χωρίς να συλλεχθούν. Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή και η υγρασία ήταν σε φυσιολογικά επίπεδα ακολούθησε η ζύγιση της παραγωγής κάθε πειραματικού τεμαχίου σε ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή για τις αποδόσεις κάθε τεμαχίου ανά στρέμμα, καθώς οι συγκομισθείσες ποσότητες δεν ήταν από τις ίδιες εκτάσεις λόγω των μικρών διαφορών στο μήκος των πειραματικών τεμαχίων.

6.4.1 Στατιστική επεξεργασία απόδοσης βαμβακιού

Στοιχεία

Μεταβλητή: Παραγωγή βαμβακιού

Ημερομηνία:

Στατιστική επεξεργασία

	Y ₅	Y ₆
Αριθμός παρατηρήσεων	4	4
Μέση τιμή	390,86	379,75
Διακύμανση	141,61	128,907
Σταθερή απόκλιση	12,07	11,311
Δειγματικός μέσος	391	380

Διαφορά μέσων τιμών: 11,21

Διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών: 95%

Για ίσες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,4298 ως 8,1961

Για άνισες διακυμάνσεις το διάστημα ισχύς του test είναι: -0,4298 ως 8,1632

Λόγος διακυμάνσεων:

Υπόθεση H₀: η διαφορά των τιμών Diff=0

Εναλλακτική υπόθεση H₁: η διαφορά των μέσων τιμών Diff ≠0

Επίπεδο σημαντικότητας: 0,05

Βαθμός εμπιστοσύνης: 0,127

Αποτέλεσμα: δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση H₀.

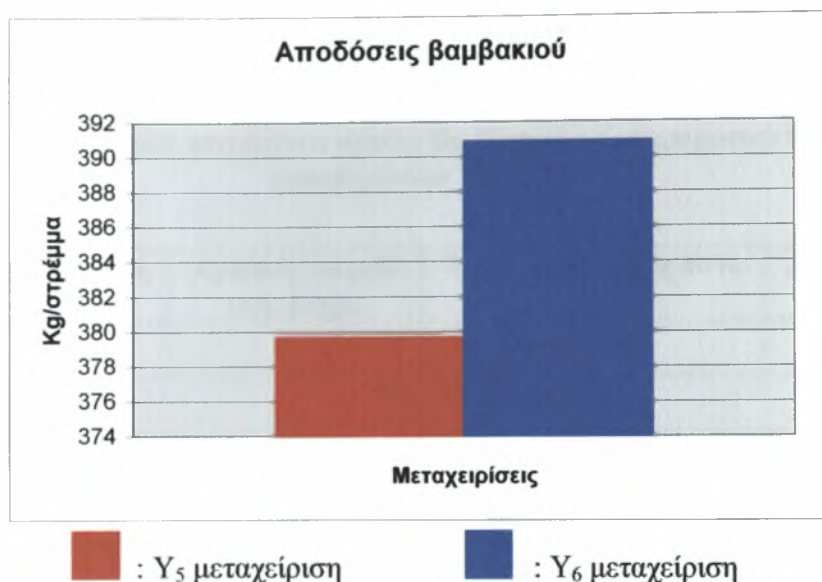
Συμπέρασμα: δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις αποδόσεις του βαμβακιού στις δυο μεταχειρίσεις.

6.5 Αποτελέσματα αποδόσεων βαμβακιού στις μεταχειρίσεις Y₅ και Y₆

Η μέση παραγωγή για τις δυο μεταχειρίσεις είναι:

$$Y_5 = 379,75 \pm 11,31 \text{Kg/στρέμμα}$$

$$Y_6 = 390,86 \pm 12,07 \text{Kg/στρέμμα}$$



Σχήμα 6.4 Απόδοση σύσπορου βαμβακιού των μεταχειρίσεων Y₅ και Y₆

Οι δυο μεταχειρίσεις κρίνονται ισοδύναμες όσον αφορά την απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι οι αποδόσεις αυτές αφορούν συλλογή με το χέρι και δεν πρέπει να γίνεται σύγκριση με αντίστοιχες μηχανοσυλλογής. Στη μηχανοσυλλογή οι απώλειες ξεπερνούν το 10% της παραγωγής.

Στους πίνακες 6.1 και 6.2 που ακολουθούν φαίνονται οι αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι από τα τέσσερα πειραματικά τεμάχια κάθε μεταχείρισης και ο αριθμός ανοιγμένων καψών ανά μέτρο καλλιέργειας.

Το μέσο βάρος βαμβακιού ανά κάψα ανέρχεται σε 4,10g για την Y₅ και 4,37g για την Y₆ και είναι πολύ κοντά στο μέσο βάρος που δίνει η εταιρεία Delta Pine, δηλαδή 4,7g. αυτό σημαίνει ότι ο βιολογικός κύκλος του φυτού ολοκληρώθηκε με επιτυχία και έγινε καλή ωρίμανση των καψών παρά τη χρήση αποφυλλωτικού.

Πίνακας 6.1 Απόδοση σύσπορου βαμβακιού ανά πειραματικό τεμάχιο των μεταχειρίσεων Y₅ και Y₆

Υπόγεια άρδευση 100% Y ₅	Απόδοση (Kg/στρέμμα)	Υπόγεια άρδευση 80% Y ₆	Απόδοση (Kg/στρέμμα)
1 ^η επανάληψη	348	1 ^η επανάληψη	411
2 ^η επανάληψη	366	2 ^η επανάληψη	372
3 ^η επανάληψη	393	3 ^η επανάληψη	401
4 ^η επανάληψη	412	4 ^η επανάληψη	380
Μέσος όρος	379,75	Μέσος όρος	390,5

Πίνακας 6.2 Αριθμός ανοιγμένων καψών βαμβακιού ανά πειραματικό τεμάχιο των μεταχειρίσεων Y₅ και Y₆

Υπόγεια άρδευση 100% Y ₅	Αριθμός καψών ανά μέτρο	Υπόγεια άρδευση 80% Y ₆	Αριθμός καψών ανά μέτρο
1 ^η επανάληψη	81	1 ^η επανάληψη	103
2 ^η επανάληψη	99	2 ^η επανάληψη	101
3 ^η επανάληψη	94	3 ^η επανάληψη	87
4 ^η επανάληψη	96	4 ^η επανάληψη	80
Μέσος όρος	92,5	Μέσος όρος	92,75

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2003 για τις δυο μεταχειρίσεις υπόγειας στάγδην άρδευσης, δηλαδή της (Y₅) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 100% της δόσης άρδευσης και της (Y₆) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80cm, παροχή σταλακτήρα 2,3L/h και άρδευση σε ποσοστό 80% της δόσης άρδευσης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα;

- α) τα φυτά αναπτύσσονται με τον ίδιο ρυθμό σε όλη την καλλιεργητική περίοδο
- β) ο αριθμός των καρποφόρων οργάνων στις δυο μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές
- γ) υπάρχει ομοιομορφία στο συνολικό αριθμό καρυδιών και ανοιγμένων καψών
- δ) η εμφάνιση των καρποφόρων οργάνων ταυτίζεται χρονικά, δηλαδή δεν υπάρχει καθυστέρηση στην εμφάνιση ούτε των χτενιών ούτε των καρυδιών
- ε) παρατηρήθηκε χρονική ταύτιση και στο χρόνο ανοίγματος των καψών
- στ) η απόδοση σύσπορου βαμβακιού δεν παρουσίαζε στατιστικώς σημαντικές διαφορές για τις δυο μεταχειρίσεις.

Οι πολύ καλές αποδόσεις σύσπορου βαμβακιού οφείλονται στις καλές κλιματολογικές συνθήκες τη συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο. Οι ήπιες θερμοκρασίες και η ικανοποιητική υγρασία κατά τη διάρκεια του θέρους είχαν σαν αποτέλεσμα τη μέγιστη αξιοποίηση του αζώτου από το έδαφος καθώς και των υπολοίπων θρεπτικών στοιχείων.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το ποσοστό δόσης της υπόγειας άρδευσης τη συγκεκριμένη 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 υπόγεια στάγδην άρδευση σε ποσοστό 100% και 80% της δόσης άρδευσης.

Πιο συμφέρουσα θεωρείται η οικονομικότερη λύση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση καλύτερη θεωρείται η (Y₆) από άποψη εξοικονόμησης νερού.

Βιβλιογραφία

1. Αλεξίου Ι., Καλφούντζος Δ., Κωστόπουλος Σ., Βύρλας Π., Καμπέλη Σ., 2003, Σύγκριση της υποεπιφανειακής και επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού, Πρακτικά 9^{ου} συνεδρίου υδροτεχνικής ένωσης, 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη.
2. Arcle H.F. and Hamilton K.C., 1993, Effect of annual weeds on furrow-irrigated cotton, *Weed sci.*
3. Ayars J., Phene J.C., Hutmacher B.r., Davis R.K., Schoneman A.R., Vail S.S. and Mead M.R., 1999, Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the water management research laboratory, *Agricultural Water Management* 42(1).
4. Ayars J., Schoneman A.R., dale F., Meso B. and Shouse P., 2001, Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water, *Agricultural Water Management* 47(3).
5. Barber S.A., Katupitiya A. and Hichey M., 2001, effects of long term subsurface drip irrigation on soil structure, *Proceeding of the 10th Australian Agronomy Conference*, Hobard, Australia.
6. Camp R.C. and Lamm R.F., 2003, Irrigation systems, Subsurface drip, *Encyclopedia of Water Science*, p 560-564.
7. Cetin O., Bilget L., 2002, Effects of different methods on shedding and yield of cotton, *Agricultural water management*.
8. Γαλανοπούλου-Σενδουκά Σ., 2002, Βιομηχανικά φυτά, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
9. Devitt D. and Miller W., 1988. Subsurface drip irrigation of Bermudagrass with saline water. *Applied Agricultural Res.* Vol 3, No 3.
10. Enciso J., Multer W. and Collaizzi P., 2002, Irrigation cotton with salty water and subsurface drip irrigation, Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting/ CIGR 15th World Congress Sponsored by ASAE and CIGR, Hayatt Regency Chicago.
11. FAO, 1998, Irrigation and drainage, Paper No 24.
12. Harris V.C., 1983, Weed control in cotton over a 10year period by use of the more promising and materials and techniques, *Weed* 8.

13. I-Pai Wu system for pasture, July 1994, Low Energy subsurface drip irrigation, University of Hawaii.
14. Καλόγηρος Κ.Η., 1994, Σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία, Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ, Το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη, Λάρισα.
15. Καλφούντζος Δ., 2002, Υδατοκατανάλωση καλλιεργειών, Βόλος.
16. Κεχαγιά Ουρ., 2000, Τι είναι και πώς επηρεάζεται η ποιότητα του βαμβακιού, Βαμβάκι 2000, Εκδόσεις Γεωργική τεχνολογία.
17. Klocke N., Hubbard K., Kranz W., Watts D., Evapotranspiration (ET) or crop water use.
18. Lamm R.F., Rogers H.D. and Spurgeon E.W., 2003, Design and management considerations for subsurface drip irrigation systems, First presented at the Central Place Irrigation Shortcourse and Equipment Exposition, Kearney, Nebraska, February 7-8, 1994.
19. Larson Kevin and Thompson Dennis, 2002, of Colorado State University Ag Experiment Station. Limited and Full Subsurface Drip Irrigation on Corn and Sorghum at Walsh.
20. Λόλας Π.Χ., 2003, Ζιζανιολογία, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
21. Μήτσιος Ι.Κ., 1999, Εδαφολογία, Εκδόσεις Ζημελ, Αθήνα.
22. Μήτσιος Ι.Κ., 2000, Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου, Εκδόσεις Ζημελ, Αθήνα.
23. Μιχελάκης Ν., 1998, Συστήματα αυτόματης άρδευσης, Άρδευση με σταγόνες Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε.
24. Οργανισμός βάμβακος, 1996, Άρδευση του βαμβακιού, έκθεση καλλιέργειας βαμβακιού.
25. Orgaz F., Mateos L., Responses of four cotton cultivators to irrigation in a Mediterranean environment, SIA and University of Cordoba.
26. Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1977, Σχεδίαση και υπολογισμός αρδευτικών συστημάτων με σταλακτικές, Εκδόσεις Ι.Ε.Β. Σίνδου.
27. Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1984, Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
28. Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Δεκέμβριος 1992, Τσουκίδου Μ., Ο σταλακτηφόρος σωλήνας ΤΙΠΑΖ.

29. Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Ιανουάριος 1996, Πανώρας Α., Άρδευση του βαμβακιού.
30. Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Μάρτιος 1996, Αφιέρωμα βαμβάκι.
31. Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Απρίλιος 1996, Διάφοροι μέθοδοι άρδευσης και αρδευτικά συστήματα, Μηχανήματα για τη γεωργία.
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. Πουλοβασίλης Α., 1993, Μέθοδοι εφαρμογής του νερού στον αγρό, ΓΠΑ, Αθήνα.
34. Ruskin R., 2000, Subsurface drip irrigation and yield, Geoflow, Inc.
35. 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 υδάτινων πόρων”, ΤΕΕ Περιφερειακό τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας, Λάρισα.
36. 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 υδάτινων πόρων – Εκμηχάνιση της Γεωργίας”, ΓΕΩΤΕΕ Κεντρικής Ελλάδας, Λάρισα.
37. Σακελλαρίου Μ., Μασλάρης Ν., Καλφούντζος Δ., Γούλας Χ., 1998, Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων, Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα.
38. Σακελλαρίου Μ., Νούσιος Γ., Ντιούδης Π., Καλφούντζος Δ., 1999, Σχεδιασμός διατάξεων άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργειες ζαχαρότευτλων, Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου της Ε.Ε.Δ.Υ.Π., Βόλος.
39. Sakellariou-Makrantonaki M., Kalfountzos D., 2000, Water saving using modern irrigation methods, 3rd International Forum Integrated Water Management, Hydrorama.
40. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Παπαλέξης Δ., Δαναλάτος Ν., Βουλτσάνης Π. και Νάκος Ν., 2003, Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του

σόργου στην Κεντρική Ελλάδα, 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Υδροτεχνικής Ένωσης, Θεσσαλονίκη.

41. Sakellariou-Makrantonaki M., Kalfountzos D., Vyrlas P., 2003, Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation, Global Nest, X, X-X.
42. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου, Υδροτεχνικά, Τόμος 6, σελ 62-67.
43. Σφήκας Α.Γ., 1998, Ειδική Γεωργία – Βιομηχανικά Φυτά, Θεσσαλονίκη.
44. Τερζίδης Γ.Α., Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1997, Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
45. Τόλης Ι., 1989, Βαμβάκι – Εχθροί, ασθένειες, ζιζάνια, Αθήνα.
46. Τολίκας Δ., Κωτσοβίνος Ν., Τζαναβάρα Χ., 2000, Νερό – Διαχείριση αποθεμάτων 11.
47. Τσιτσιπής Ι.Α., 1999, Σημειώσεις στο μάθημα “Εφαρμοσμένη εντομολογία”, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
48. Φαρδής Α., 1992, Σημειώσεις για την καλλιέργεια βαμβακιού, ΓΠΑ, Αθήνα.
49. Χριστίδης Β., 1965, Το βαμβάκι, Θεσσαλονίκη.
50. Smith R.B., Oster J. and Phene C.J., 1991, Subsyrface drip produced highest net return in wastelands area study, California Agricultural 45(2).

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

1. http://europa.eu.int/comm/environment/youth/water/arguments2_el.html
2. http://www.plasticulture.org/history_drip_technology.htm
3. <http://www.opekepe.gr/html/kathestota/vamvaki.html>
4. <http://www.bakoulas.gr/htmlgr/agros/stagona/stagona.html>
5. <http://www.water.idx.gr/>
6. <http://www.thessalia.gr/diktio/period2-3.asp>
7. <http://67.18.47.148/com/index2/water/text/georgia.asp>
8. <http://www.future-line.gr/georg-gen.shtml>
9. <http://ena-ellados.gr/praktika10.html>
10. http://www.e_ecology.gr/schools/steg/agriculture/lessons/lessons_online/internet%20tasiopoulos/index.htm
11. http://www.up.ac.za/academic/ecoagric/fulltext/2002_15.pdf
12. <http://juniper.tamu.edu/HOMEPAGE/TBAUGHMA/cotton.htm>
13. <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1252.htm>
14. <http://www.oznet.ksu.edu/fieldday/kids/crops/cotton.htm>
15. <http://cotton.cirad.fr/nui/>
16. <http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/insectos/fotos/agriote-sp01.jpg>
17. http://cropsolutions.fmc.com/Crop_Solutions/Crop
18. http://www.orchids.mu/Problems/Pests/Images/Aphis_gossypii_glover_1.jpg
19. http://www.srbild.de/frsmall/fremd912_small.jpg
20. <http://www.ukmoths2.f9.co.uk/SmallMottledWillowLarva2.jpg>
21. http://www.rbgsyd.gov.au/data/page/2317/V.dahliae_cotton.stems_ti.jpg
22. <http://flogaus-faust2.de/photo/solanig0.jpg>
23. <http://biology.smsu.edu/Herbarium/Plants%20>
24. <http://www.mountainmeadowseeds.com/Perennials.html>
25. http://www.missouriplants.com/Yellowalt/Abutilon_theophrasti_plant.jpg
26. <http://www.invasine.org/images/768x512/1436005.jpg>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085712