

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 1124  
Ημερομηνία 19-10-2006

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**“ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑΣ  
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΑ”**

**Γιαννακός Ε. Ηλίας**

Πτυχιακή Διατριβή που υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Πτυχίου του Γεωπόνου.

**ΒΟΛΟΣ 2005**



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

Αριθ. Εισ.: 5724/1  
Ημερ. Εισ.: 23-08-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2005  
ΓΙΑ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**“ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑΣ  
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΑ”**

**Γιαννακός Ε. Ηλίας**

**Εξεταστική επιτροπή**

**Σακελλαρίου - Μακραντονάκη Μ.  
Καθηγήτρια Π.Θ.  
Επιβλέπουσα**

**Γέμτος Θεοφάνης  
Καθηγητής Π.Θ  
Μέλος**

**Μαυρομάτης Αθανάσιος  
Λέκτορας Π.Θ  
Μέλος**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της κ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μαρίας, στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτριά μου κ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μαρία, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξή της καθ'όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γέμτο Θεοφάνη, καθηγητή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κ. Μαυρομάτη Αθανάσιο, λέκτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις αλλά και για το χρόνο που αφιέρωσαν για τη διόρθωση της διατριβής μου.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στην αγαπητή μου φίλη και συμφοιτήτρια Αργυρίου Στεργιανή, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη συγγραφή της παρούσης διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση που επέδειξε τόσο κατά τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής μου διατριβής αλλά και κατά την μέχρι τώρα φοίτησή μου στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Βόλος, Δεκέμβριος 2005

Ηλίας Ε. Γιαννακός

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>Σελ.</u>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>7</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>7</b>
<b>2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Η σημασία της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Αύξηση και ανάπτυξη του φυτού</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Οικολογικές απαιτήσεις</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες</b>	<b>16</b>
2.4.1 Κατεργασία εδάφους	16
2.4.2 Λίπανση	17
<b>2.5 Σπορά</b>	<b>17</b>
<b>3. ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Εποχή άρδευσης</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Τρόποι άρδευσης της καλλιέργειας του βαμβακιού</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Επιφανειακή στάγδην άρδευση</b>	<b>23</b>
3.3.1 Πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης	23
3.3.2 Μειονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης	25
<b>3.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση</b>	<b>26</b>
3.4.1 Πλεονεκτήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης	27
3.4.2 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης	28
<b>3.5 Οικονομική μελέτη εγκατάστασης συστήματος επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης</b>	<b>29</b>
<b>4. ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Εδαφικές παράμετροι</b>	<b>33</b>
4.1.1 Η υδατοϊκανότητα του εδάφους	33

4.1.2	Το σημείο μόνιμης μάρανσης	34
4.1.3	Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους	34
4.1.4	Η υδραυλική αγωγιμότητα	35
4.1.5	Η διηθητικότητα του εδάφους	35
<b>4.2</b>	<b>Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Εξατμισοδιαπνοή</b>	<b>37</b>
4.3.1	Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	38
<b>5.</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>42</b>
<b>5.1</b>	<b>Περιγραφή πειραματικού αγρού</b>	<b>42</b>
<b>5.2</b>	<b>Σχήμα πειραματικού αγρού</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b>Μεταχειρίσεις</b>	<b>43</b>
<b>5.4</b>	<b>Κατεργασία αγρού</b>	<b>47</b>
<b>5.5</b>	<b>Σπορά</b>	<b>47</b>
<b>5.6</b>	<b>Επιλογή ποικιλίας</b>	<b>48</b>
<b>5.7</b>	<b>Υλικά άρδευσης</b>	<b>48</b>
5.7.1	Υδροληψία	48
5.7.2	Κεφαλή αρδευτικού συστήματος	49
5.7.3	Αγωγοί εφαρμογής	50
<b>5.8</b>	<b>Δείκτης φυλλικής επιφάνειας</b>	<b>50</b>
<b>5.9</b>	<b>Μέθοδος του εξατμισόμετρου</b>	<b>51</b>
<b>5.10</b>	<b>Υπολογισμός των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό</b>	<b>55</b>
<b>5.11</b>	<b>Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών των αναγκών σε νερό</b>	<b>55</b>
<b>5.12</b>	<b>Άρδευση φυτρώματος με καταιονιστήρες</b>	<b>58</b>
<b>5.13</b>	<b>Άρδευσεις ανάπτυξης με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα</b>	<b>58</b>
<b>5.14</b>	<b>Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με καταιονισμό</b>	<b>59</b>
<b>5.15</b>	<b>Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής με βάση το εξατμισόμετρο</b>	<b>60</b>
<b>5.16</b>	<b>Δόση και διάρκεια άρδευσης με βάση το εξατμισόμετρο</b>	<b>66</b>
<b>5.17</b>	<b>Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε</b>	<b>77</b>

<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>78</b>
<b>6.1 Κλιματικά δεδομένα περιόδου 2003</b>	<b>78</b>
<b>6.2 Μετρήσεις ύψους φυτών</b>	<b>79</b>
<b>6.3 Μετρήσεις καρποφόρων οργάνων</b>	<b>83</b>
<b>6.4 Μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας</b>	<b>86</b>
<b>6.5 Μετρήσεις παραγωγής</b>	<b>87</b>
<b>6.6 Οικονομική ανάλυση αποτελεσμάτων</b>	<b>89</b>
6.6.1 Αποδοτικότητα νερού άρδευσης	89
6.6.2 Αξία της παραγωγής για κάθε μεταχείριση	90
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>91</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>93</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b>	

## Περίληψη.

Αξιολογήθηκε η επίδραση της υπόγειας στάγδην άρδευσης ως προς τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του βαμβακιού, συγκρίνοντάς την με την επιφανειακή στάγδην άρδευση. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε πείραμα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, την καλλιεργητική περίοδο 2003. Το πειραματικό σχέδιο ήταν Πλήρως Τυχαιοποιημένες Ομάδες με έξι μεταχειρίσεις και τέσσερεις επαναλήψεις η καθεμιά. Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκαν δύο μεταχειρίσεις, μία επιφανειακή E3 και μία υπόγεια Υ6. Η άρδευση ήταν αυτοματοποιημένη και η δόση άρδευσης καθορίστηκε σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή η οποία υπολογιζόταν με τη χρήση εξατμισόμετρου τύπου A. Και οι δύο μεταχειρίσεις αρδευόταν με το 80% των αναγκών τους σε νερό. Από τη διερεύνηση της απόδοσης σε σύσπορο βαμβάκι υπό την επίδραση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης, παρατηρήθηκε υπεροχή της υπόγειας μεταχείρισης (E3 80%) σε σχέση με την επιφανειακή μεταχείριση (Υ6 80%). Να σημειωθεί όμως, ότι από την σύγκριση των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

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

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

Ο κύριος χρήστης νερού είναι η γεωργία, με συμμετοχή που ανέρχεται στο 87,4% των υδάτων της χώρας, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της Eurostat, αρδεύοντας σήμερα 14.5 εκατ. στρέμματα έναντι 8.5 εκατ. το 1985 και 2 εκατ. το 1970. Για το λόγο αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης που διαμορφώνει αυτό το επίπεδο ζήτησης με αποτέλεσμα τη διερεύνηση δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού μέσα από κατάλληλες ενέργειες και επεμβάσεις. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης του νερού για άρδευση άσκησε ισχυρότατη πίεση στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας.

Γενική είναι η διαπίστωση ότι το υφιστάμενο σήμερα καθεστώς στον τομέα των αρδεύσεων οδηγεί σε μεγάλη σπατάλη νερού. Ένα από τα βασικότερα αίτια της σπατάλης αυτής είναι ο μη ακριβής προσδιορισμός των αναγκών σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών. Το ύψος των απωλειών νερού είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη σωστή εφαρμογή της άρδευσης, η οποία προϋποθέτει τον ακριβή υπολογισμό της

αρδευτικής δόσης, τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των αρδεύσεων που καθορίζεται από τη διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής και της βροχής κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, τον προσδιορισμό της διάρκειας άρδευσης που καθορίζεται από τη διηθητικότητα του εδάφους και την εφαρμοζόμενη μέθοδο. Για να επιτευχθεί η εξοικονόμηση νερού απαιτείται αρδευτική παιδία και επιδεξιότητα από τον αγρότη, η οποία προϋποθέτει υλικοτεχνική υποστήριξη από γνώστες του αντικειμένου.

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

Τελευταία εφαρμόζονται με επιτυχία τεχνικές εξοικονόμησης νερού, που εναρμονίζονται με τις επικρατούσες απόψεις περί βιώσιμης ανάπτυξης της γεωργίας και διασφάλισης των υπαρχόντων υδατικών πόρων. Η εξοικονόμηση νερού στη γεωργία θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, αφού για αρδευτικούς σκοπούς καταναλώνονται οι μεγαλύτερες ποσότητες. Με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, η κατανάλωση νερού μπορεί να μειωθεί έως και 50% σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ενώ συγχρόνως η απόδοση αυξάνεται μέχρι και 95%. Η Κύπρος και το Ισραήλ αποτελούν εξαιρετικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων άρδευσης. (32) (3)

Οι καλλιέργειες όταν έχουν στη διάθεσή τους νερό χωρίς κανένα περιορισμό, καταναλώνουν ποσότητες οι οποίες ρυθμίζονται από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που τις περιβάλλει. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση της βλάστησης που δεν σημαίνει κατ'ανάγκη αύξηση και της παραγωγής. Η σύγχρονη αντίληψη στη γεωργία αποβλέπει στη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος. Για το λόγο αυτό και οι ανάγκες σε νερό μίας καλλιέργειας πρέπει να προσδιορίζονται επακριβώς ώστε να αποφέρουν το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα. Οι ανάγκες αυτές εκφράζονται από την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Η εξατμισοδιαπνοή αυτή (καλλιέργειας) βασίζεται στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και στους φυτικούς συντελεστές που αντιπροσωπεύουν τις ιδιαιτερότητες της κάθε καλλιέργειας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η σύγκριση της επιφανειακής και υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού.

Τέλος στα κεφάλαια που ακολουθούν περιγράφεται η καλλιέργεια του βαμβακιού (κεφάλαιο δεύτερο) και συγκεκριμένα η σημασία του για την Ελλάδα, η αύξηση και η ανάπτυξη του κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου καθώς η σπορά και η λίπανση του. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την άρδευση του βαμβακιού, τις μεθόδους άρδευσης που χρησιμοποιούνται σήμερα και γίνεται εκτενής περιγραφή αλλά και σύγκριση μεταξύ των συστημάτων επιφανειακής και υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι εδαφικές παράμετροι και τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού, η εξατμισοδιαπνοή και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος και τέλος στο έκτο κεφάλαιο καταγράφονται τα αποτελέσματα του πειράματος αλλά και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

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

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

Το βαμβάκι, από πολλές αναφορές, φαίνεται ότι καλλιεργούνταν από τους προϊστορικούς χρόνους αλλά δεν είναι γνωστό ποιες χώρες το καλλιεργήσαν για πρώτη φορά. Σχετικές όμως έρευνες μαρτυρούν ότι πρωτοαναπτύχθηκε σε δύο διαφορετικές και η μία μακριά από την άλλη χώρες, την Ινδία και την Αμερική. Από την Ινδία, το βαμβάκι διαδόθηκε σιγά σιγά σε διάφορες χώρες του Παλιού Κόσμου και από την ανάπτυξή του στην Κεντρική και Νότια Αμερική, εξαπλώθηκε στις χώρες του Νέου Κόσμου. Στην ιστορική του ανάπτυξη και μέχρι σήμερα η καλλιέργεια του βαμβακιού και η παραγωγή του παρουσίασαν εντυπωσιακές μεταβολές και εξέλιξη. Σε αυτό συντέλεσαν ο εκσυγχρονισμός της καλλιέργειας του βαμβακιού με την παράλληλη αλματώδη εξέλιξη της βαμβακοβιομηχανίας κυρίως της εκκόκκισης και της κλωστικής. Το βαμβάκι έπαιζε και παίζει σπουδαίο ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και στην πολιτική πολλών χωρών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε μεγάλη επέκταση της καλλιέργειας και για πολλές χώρες, όπως και για τη χώρα μας, το βαμβάκι θεωρείται το επικρατέστερο γεωργικό προϊόν.

Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται κυρίως στις τροπικές περιοχές, μέσα στη δική του ζώνη και μέχρι το γεωγραφικό πλάτος των 43°-45° (Δημοκρατίες πρώην Σοβιετικής Ένωσης και Κίνα) και στο Νότιο ημισφαίριο ( Ν. Αμερική, Αυστραλία), μέχρι 32° περίπου νότιο γεωγραφικό πλάτος. Καλλιεργείται σε περισσότερες από εβδομήντα χώρες στον κόσμο (Αφρική 28, Ασία - Ωκεανία 22, Β. Αμερική 11, Ν. Αμερική 8). Στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως στην Ελλάδα, στην Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στη Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία (40)

## 2.1 Η σημασία της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα

Η εξέλιξη της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα είναι πράγματι εντυπωσιακή. Η καλλιεργούμενη έκταση από 200.000 στρέμματα το 1930 ξεπερνά τα 2.400.000 στρέμ. το 1963 και σήμερα έφτασε τα 4.000.000 στρέμ.

Η βαμβακοκαλλιέργεια στη χώρα μας αποτελεί σήμερα μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας, με τεράστια σημασία για την αγροτική αλλά και την εθνική οικονομία. Αποτελεί ένα προϊόν που στηρίζεται οικονομικά από την ευρωπαϊκή κοινότητα, σε μεγάλο βαθμό, με τη μορφή επιδότησης σε αναλογία 1 προς 2, σε σχέση με την εμπορική του αξία. Πολλά είναι όμως τα προβλήματα που δημιουργούνται στη διαμόρφωση της τελικής τιμής του προϊόντος, μιας και η επιδότηση έχει σχέση με τη συνολική παραγόμενη ποσότητα. (17) (7)

Με τη νέα όμως μεταρρύθμιση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, οι ενισχύσεις του παρελθόντος ενοποιούνται σε μια νέα αποδεσμευμένη ενίσχυση η οποία θα χορηγείται ανά έτος ασχέτως είδους και ύψους παραγωγής (από το 2006 και μετά). Σε γενικές γραμμές θα συνδέεται με το μέσο όρο των ενισχύσεων που ο παραγωγός εισέπραξε κατά την τριετία 2000 – 2002 (έτη αναφοράς). Βασική όμως προϋπόθεση για την εισπραξη της ενιαίας αποδεσμευμένης ενίσχυσης, θα είναι ο σεβασμός των κοινοτικών οδηγιών σχετικά με τη δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος (Πολλαπλή Συμμόρφωση). Έτσι λοιπόν ο παραγωγός θα επιδοτείται με την αποδεσμευμένη ενίσχυση ακόμη και όταν δεν καλλιεργεί τα χωράφια του. Όταν όμως ο παραγωγός καλλιεργεί το χωράφι του και παράγει γεωργικό προϊόν, πέρα από την αποδεσμευμένη ενίσχυση θα εισπράττει επιπλέον οικονομική ενίσχυση ανάλογα με την καλλιέργεια. Συγκεκριμένα όταν καλλιεργεί βαμβάκι θα εισπράττει επιπλέον 59.4 € ανά στρέμμα. (28)

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των δέκα σημαντικότερων βαμβακοπαραγωγικών χωρών του κόσμου, ενώ κατέχει μία από τις πρώτες θέσεις σε ότι αφορά στις στρεμματικές αποδόσεις. Το 85% περίπου του ελληνικού βαμβακιού κατατάσσεται στα λευκά βαμβάκια, με πολύ καλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά όπως κυτίο 1-4, μήκος ίνας 28-29 mm, πολύ καλή αντοχή και καλή λεπτότητα. Στη μεταποίηση ασχολούνται 150.000 εργάτες σε αστικές περιοχές. Στηρίζει την ελληνική κλωστοϋφαντουργία και αποτελεί σημαντική πηγή ξένου συναλλάγματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα, παρόλο που γεωγραφικά είναι οριακή περιοχή για την καλλιέργεια του βαμβακιού,

συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των πρώτων χωρών παγκοσμίως, τόσο από άποψη αποδόσεων όσο και από άποψη ποιότητας. Είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με συνολική παραγωγή 1,2 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Αξίζει εδώ να αναφέρουμε ότι η Ε.Ε είναι ελλειμματική σε βαμβάκι. Υπάρχει πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας και τα τελευταία χρόνια επιβάλλεται να γίνει πιο φιλική προς το περιβάλλον, με σκοπό να περιοριστεί η ρύπανση από τα χημικά λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. (17)

## 2.2 Αύξηση και ανάπτυξη του φυτού

Το βαμβάκοφυτο αναπτύσσεται σύμφωνα με ένα σχετικά κανονικό χρονοδιάγραμμα. Η διάρκεια των σταδίων αύξησης και ανάπτυξης του φυτού εξαρτάται από της εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ περιοχών μέσα στη ζώνη του βαμβακιού. (4)

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

**Φύτρωμα.** Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας εδάφους και υγρασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 4-6 ημέρες από την σπορά ενώ με δυσμενείς συνθήκες μπορεί να απαιτήσει 3-4 εβδομάδες ή και περισσότερο. Πιθανά προβλήματα που παρεμποδίζουν τη βλάστηση και το φύτρωμα του σπόρου είναι η υποβαθμισμένη ποιότητα του σπόρου, ασθένειες, πλημμύρες, κρούστα εδάφους, υπολλειμματικότητα ζιζανιοκτόνων και χαμηλές θερμοκρασίες. Η βλάστηση του σπόρου επηρεάζεται γενικώς θετικά από επαρκή αερισμό και υγρασία εδάφους καθώς και από θερμοκρασία εδάφους μεγαλύτερη από 18°C. Η βλάστηση μπορεί να αρχίσει και με μέση ημερήσια θερμοκρασία εδάφους 15°C ή ελαφρώς μικρότερη, αλλά η αύξηση είναι πολύ βραδεία

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

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

Το φυτό του βαμβακιού (φυτό συνεχούς αυξήσεως) συνεχίζει τη βλαστική του ανάπτυξη ακόμα και όταν εισέρχεται στο στάδιο της ανθοφορίας, με αποτέλεσμα αυτή να ανταγωνίζεται την αναπαραγωγική ανάπτυξη αλλά συνηθέστερα, επειδή η αναπαραγωγική ανάπτυξη είναι πιο ανταγωνιστική, το φυτό καθλώνεται.

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

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

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

### 2.3 Οικολογικές απαιτήσεις

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

Σε χώρες όπως η Ελλάδα και ειδικότερα στις ψυχρότερες και όψιμες περιοχές, οι συνθήκες ανάπτυξης στην αρχή και στο τέλος της περιόδου, είναι συχνά λιγότερο

ευνοϊκές για μια καλή καρποφορία και ωρίμανση της παραγωγής. Βασικός περιοριστικός παράγοντας είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν συχνά κατά την περίοδο ωρίμανσης του σπόρου και αρχικής αναπτύξεως του φυτού, καθώς και οι απρόβλεπτες καιρικές μεταβολές, με πρώιμες βροχές και πτώση της θερμοκρασίας, κατά την ωρίμανση και συγκομιδή.

**Θερμοκρασία.** Θεωρείται ο σπουδαιότερος κλιματικός παράγοντας που διαμορφώνει το μέγεθος και την ποιότητα της παραγωγής. Ιδιαίτερα η θερμοκρασία που επικρατεί κατά το φύτευμα του σπόρου και κατά τη διάρκεια της βλάστησης, επηρεάζει σοβαρά την εξέλιξη του φυτού, εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας που παρουσιάζει το βαμβάκι κατά το στάδιο αυτό. Θερμοκρασία κάτω των 10°C κατά το φύτευμα είναι επιζήμια για όλη τη συμπεριφορά του βαμβακόφυτου και ειδικότερα η μικρή ακόμη έκθεση του βαμβακόσπορου στο ψύχος (5 °C), κατά το στάδιο του εμποτισμού με νερό, ελαττώνει τη βλαστικότητα και δημιουργεί ανωμαλίες στο ριζικό σύστημα του φυτού. Η υπερβολική εδαφική υγρασία επιδεινώνει τη δυσμενή επίδραση του ψύχους. Χαμηλή θερμοκρασία κατά το στάδιο αυτό συνδέεται ακόμη και με εντονότερη προσβολή από μύκητες που προκαλούν σήψεις λαιμού και ριζών, ειδικότερα όταν συνδυάζεται με υψηλή υγρασία. Το μέγεθος και το είδος της επιδράσεως των χαμηλών θερμοκρασιών εξαρτάται από το στάδιο του φυτού, τη διάρκεια και τη διακύμανση της θερμοκρασίας, καθώς και από τις συνθήκες που θα επικρατήσουν κατά τη διάρκεια του ψύχους. Σταδιακή αποκατάσταση των καιρικών συνθηκών είναι πιο ευνοϊκή για το φυτό.

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



που φυτρώνει και τα νεαρά φυτά γρήγορα νεκρώνονται από ασφυξία. Υπερβολική εδαφική υγρασία σε προχωρημένα στάδια ανάπτυξης, επειδή αποκλείει τον κανονικό αερισμό της ρίζας, τείνει να εμποδίσει το φυτό από το να αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα με αποτέλεσμα να γίνεται αργότερα πιο ευαίσθητο στην ξηρασία. Όταν πια το φυτό αναπτύξει το ριζικό του σύστημα σε ικανοποιητικό βάθος, σπάνια μπορούν να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες για όλο το ριζικό σύστημα. (4)

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μήκος της ίνας, η σπουδαιότερη παράμετρος που προσδιορίζει την ποιότητα του βαμβακιού, επηρεάζεται από το διαθέσιμο στην καλλιέργεια νερό καθ'όλη τη βλαστική περίοδο. Για το λόγο αυτό η καλλιέργεια βαμβακιού πρέπει να γίνεται σε περιοχές με επάρκεια αρδευτικού νερού ώστε το παραγόμενο προϊόν να είναι καλής ποιότητας. (9)

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

**Έδαφος.** Το βαμβάκι καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών, από τα αμμώδη ως τα βαριά αργιλώδη. Τα καλλίτερα εδάφη για την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι εκείνα που έχουν ίσες αναλογίες άμμου, πηλού και αργίλου, ικανή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και μέση γονιμότητα ή μέτρια περιεκτικότητα σε N, P και K. (9)

**Θρεπτικά στοιχεία.** Το βαμβάκι είναι φυτό που δεν εξαντλεί το έδαφος. Χρειάζεται άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K), καθώς και άλλα στοιχεία όπως σίδηρο (Fe), μαγγάνιο (Mn), βόριο (B), χαλκό (Cu), ψευδάργυρο (Zn), κοβάλτιο (Co), και ίσως και μολιβδένιο (Mo). Την πρώτη περίοδο ανάπτυξης και μέχρι να εμφανιστούν τα πρώτα χτένια, το βαμβακόφυτο χρειάζεται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ουσιών. Όταν εμφανίζονται τα χτένια και μέχρι να φτάσει στο ύψος της η καρποφορία, οι ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία είναι πολύ μεγαλύτερες (κρίσιμο στάδιο), ενώ όταν αρχίζει η ωρίμανση της παραγωγής, μειώνονται πολύ. Το άζωτο βοηθά στη μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή περισσότερων συμποδίων, ανθών και καρυδιών, αυξάνει το βάρος του καρυδιού και του σπόρου καθώς και την εκατοστιαία αναλογία των ινών. Εξάλλου μειώνει την περιεκτικότητα ελαίου στο σπόρο και αυξάνει αυτήν της πρωτεΐνης. Οι μεγαλύτερες ανάγκες σε άζωτο παρατηρούνται δυο περίπου βδομάδες μετά την έναρξη της ανθοφορίας. Ο φώσφορος προωμίζει την παραγωγή και ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ενώ η επίδρασή του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ίνας και του σπόρου δεν είναι σημαντική. Μεγαλύτερη φαίνεται να είναι η σημαία του, όταν το έδαφος λιπαίνεται με υψηλές δόσεις αζώτου,

για το λόγο αυτό και μια ισορροπημένη λίπανση N:P πλησιάζει την αναλογία 2:1. Το βαμβακόφυτο είναι ευαίσθητο την έλλειψη καλίου. Με την αύξηση της διαθεσιμότητας του καλίου, εντός των επαρκών ορίων, παρατηρείται συνήθως αύξηση της ανθοφορίας, του μήκους της ίνας, του βάρους του σπόρου καθώς και της περιεκτικότητας αυτού σε λάδι. (4),(31)

## 2.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

**Κατεργασία εδάφους.** Η κατεργασία των αγρών γίνεται με διάφορα μηχανήματα ανάλογα με τον επιδιωκόμενο κάθε φορά σκοπό. Η συχνότητα και ο βαθμός κατεργασίας (π.χ βάθος), πρέπει να βασίζονται σε ουσιαστικούς λόγους ώστε να μην αυξάνεται το κόστος παραγωγής. Στα πλαίσια της νέας γεωργία με μειωμένες εισροές, προκειμένου να μειωθεί το κόστος παραγωγής, η ρύπανση του περιβάλλοντος και παράλληλα να ενισχυθεί η αειφορία της καλλιεργούμενης γης, επιδιώκεται και στο βαμβάκι η μείωση της κατεργασίας του εδάφους μέχρι και η καλλιέργεια (4). Για παράδειγμα η χρήση υπεδαφοκαλλιεργιτή απαιτεί κατά 50% μικρότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση το άροτρο, ενώ περεταιίρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας παρατηρείται όταν χρησιμοποιηθούν και αβαθή στελέχη στον υπεδαφοκαλλιεργιτή. (20)

Φθινοπωρινά οργώματα, σχετικώς βαθειά, διευκολύνουν την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων, καταπολεμούν διάφορα έντομα, συντελούν στη μεγαλύτερη συγκράτηση του νερού της βροχής και εξασφαλίζουν καλή δομή εδάφους, για την προετοιμασία της σποράς. Τα φυτικά υπολείμματα του βαμβακιού καλό είναι να τεμαχίζονται με στελεχοκόπτη ή δισκοσβάρνα και να καλύπτονται με βαθύ όργωμα, ώστε να προσθέτουν οργανική ουσία στο έδαφος. (3) Την άνοιξη, πριν την σπορά, γίνονται οι τελείως απαραίτητες εργασίες και μόνο όταν ο αγρός είναι στο ρόγο του. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν στην καταστροφή των ζιζανίων που φυτρώνουν την άνοιξη, το ψιλοχωμάτισμα του επιφανειακού στρώματος, τον αερισμό και την θέρμανση του εδάφους, την τελική διαμόρφωση και ισοπέδωση του αγρού καθώς και την ενσωμάτωση ζιζανιοκτόνων και λιπασμάτων. (4) Στα πλαίσια της ολοκληρωμένης διαχείρισης του βαμβακιού, αξίζει να σημειωθεί ότι η νυχτερινή προετοιμασία της σποροκλήνης μειώνει τη συνολική ποσότητα ζιζανίων σε σχέση με εκείνη της ημέρας κατά 33-51% με χρήση φρέζας και κατά 17-25% με καλλιεργιτή προετοιμασίας. (27)

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

Με την παραγωγή σύσπορου βαμβακιού 240Kg/στρ. βρέθηκε ότι απομακρύνονται από το έδαφος περίπου 5 Kg αζώτου (N), 0.9 Kg φωσφόρου (P) και 1.8 Kg καλίου (K). Το βαμβάκι αφαιρεί επίσης αξιόλογες ποσότητες ασβεστίου (Ca), μικρότερες μαγνησίου (Mg), θείου (S) και νατρίου (Na) καθώς και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων όπως βορίου (B), σιδήρου (Fe), μαγγανίου (Mn), χαλκού (Cu), χλωρίου (Cl) και ψευδαργύρου (Zn).

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, πριν την εμφάνιση των χτενιών, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικώς υψηλές ποσότητες N, P, K, Ca και Mg. Καθώς το φυτό εισέρχεται στο στάδιο του χτενιού και στα επόμενα στάδια, αυξάνονται οι απαιτήσεις στα παραπάνω στοιχεία, οι οποίες και μεγιστοποιούνται κατά το στάδιο της καρποφορίας, οπότε το φυτό συσσωρεύει τη μισή περίπου από τη συνολική ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων. Στη φάση αυτή τα στοιχεία συσσωρεύονται κατά κύριο λόγο στους καρποφόρους ιστούς, ενώ στα προηγούμενα στάδια συσσωρεύονται στα φύλλα, μίσχους και ρίζες. Όταν το φυτό υπερβεί την αιχμή της καρπόδεσης, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γρήγορο ρυθμό, γιατί όλη η ποσότητα που είχε συσσωρεύει στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια (4)

## 2.5 Σπορά

**Εποχή σποράς.** Το πρώιμο και ομοιόμορφο φύτευμα είναι για το βαμβάκι απαραίτητη προϋπόθεση επιτυχίας, 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 του φυτρώματος και διαμορφώνει την οψιμότητα της παραγωγής. Η σπορά του βαμβακιού μπορεί να αρχίσει όταν η θερμοκρασία του εδάφους φθάσει τους 14-15°C ή και όταν είναι λίγο χαμηλότερη αλλά παρατηρείται σταθερή βελτίωση. Με βάση πολυάριθμα πειράματα και

παρατηρήσεις, φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να διακινδυνεύσουμε μια αποτυχία στο φύτευμα παρά να χαθεί πολύτιμος χρόνος με αποτέλεσμα να μην προλάβουν να ωριμάσουν τα καρποφόρα όργανα του φυτού. Φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να έχουμε πρώιμη φυτεία έστω και με μειωμένο πληθυσμό φυτών μέχρι και 50%, χωρίς όμως με μεγάλα και συνεχή κενά, παρά να επανασπείρουμε όψιμα. Πολυάριθμα πειράματα του Ι.Β.Β.Φ. οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η καλύτερη εποχή σποράς για τις περισσότερες φορές είναι μεταξύ 10-29 Απριλίου ή το αργότερο μέχρι το τέλος του ίδιου μήνα. Αργότερα, κάθε δεκαήμερο που περνά μειώνει την απόδοση σε τέτοιο βαθμό ώστε σπορές του Ιουνίου να έχουν μικρή πιθανότητα να δώσουν οποιαδήποτε απόδοση. (4)

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

Γενικά η βαμβακοκαλλιέργεια σήμερα, όπως και πολλές άλλες καλλιέργειες, έχουν μετατραπεί σε πυκνότερες σε σχέση με το παρελθόν φυτείες. Οι συνιστώμενοι πληθυσμοί είναι πλέον γύρω στα 20 φυτά/m<sup>2</sup> για περιορισμένης βλαστικής ανάπτυξης ποικιλίες και περίπου 12 φυτά/m<sup>2</sup> για εύρωστες ποικιλίες τύπου Acala. (4)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Από το Ι.Β.Β.Φ. (Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών) βρέθηκε ότι η άρδευση είναι ποιο αποτελεσματική, όταν συνδυάζεται με αζωτούχο λίπανση, με πρώιμη σπορά και ποικιλία και όταν ο πληθυσμός των φυτών είναι μεγαλύτερος. Εξάλλου, πρόωρη έναρξη της αρδεύσεως μπορεί να προκαλέσει σημαντική οψίμηση, ενώ περίσσεια νερού μπορεί να αυξήσει την ανθόρεια και καρπóρεια. Η εποχή άρδευσης, η συχνότητα και η ποιότητα του νερού σε κάθε άρδευση είναι παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την πρωιμότητα, το ύψος και την ποιότητα της παραγωγής και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως τη μηχανική σύσταση του εδάφους, την ποικιλία, την πρωιμότητα της φυτείας, τη λίπανση κ.α (4)

Η κατανάλωση νερού από το βαμβακόφυτο είναι ελάχιστη κατά το φύτευμα και αυξάνει συνεχώς παρουσιάζοντας μέγιστο την εποχή της πλήρους καρποφορίας. Τα μικρά φυτά καταναλώνουν 2-2.5 m<sup>3</sup>/στρ. νερό τη ημέρα. Την περίοδο που σχηματίζονται τα χτένια, η ημερήσια κατανάλωση φτάνει τα 3-5 m<sup>3</sup>/στρ., την περίοδο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρυδιών η κατανάλωση φτάνει τα 7-10 m<sup>3</sup>/στρ. Τέλος κατά την περίοδο της ωρίμανσης των καρυδιών η κατανάλωση μειώνεται στα 3-5 m<sup>3</sup>/στρ. Ένα στρώμα εδάφους βάθους ενός μέτρου, συγκρατεί περίπου 190-230 m<sup>3</sup>/στρ. όταν είναι ελαφρύ (αμμοαργιλώδες) και 320-360 m<sup>3</sup>/στρ. όταν είναι συνεκτικό (αργιλώδες). Η κανονική ανάπτυξη της φυτείας γίνεται όταν το ωφέλιμο νερό διατηρείται στα 50-70 % της υδατοχωρητικότητας (36)

Σε πολλά είδη φυτών παρατηρείται αύξηση των συγκομιζόμενων αποδόσεων όταν σε πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης τους υποστούν, για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, υδατική στέρηση ή stress υγρασίας. Στο βαμβάκι το στάδιο αυτό συμπίπτει με την έναρξη της ανθοφορίας. (14)

### 3.1 Εποχή άρδευσης

Οι αρδεύεις ανάλογα με το χρόνο εφαρμογής τους χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες

- 1) **Άρδευση για το φύτευμα και την πρώτη ανάπτυξη των φυτών.** Τα ποτίσματα αυτά πρέπει να γίνονται μόνο σε περιπτώσεις που είναι τελείως απαραίτητα. Το πότισμα για το φύτευμα γίνεται πριν ή μετά τη σπορά, είναι ελαφρύ και αποσκοπεί στο να ενωθεί η υγρασία ποτίσματος με την υγρασία εδάφους. Γίνονται συνήθως με τεχνητή βροχή και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε εδάφη τα οποία σχηματίζουν επιφανειακή κρούστα (ταράτσωμα) η οποία δυσχεραίνει το κανονικό φύτευμα του βαμβακιού. (4)
- 2) **Άρδευση για την ανάπτυξη.** Στη Νότια και Κεντρική αλλά σπανιότερα και στη Βόρεια Ελλάδα, στις περιπτώσεις που τα βαμβακόφυτα μένουν καθυστερημένα και κινδυνεύουν να μούνε στο αναπαραγωγικό στάδιο με ανεπαρκή βλαστική ανάπτυξη, είναι ωφέλιμα ένα με δύο ποτίσματα αναπτύξεως, που γίνονται το Μάιο με αρχές Ιουνίου. Τα ποτίσματα αυτά είναι ελαφρά και γίνονται συνήθως με τεχνητή βροχή. (4)
- 3) **Αρδεύσεις καρποφορίας.** Είναι οι πιο απαραίτητες για τη βαμβακοκαλλιέργεια, για αυτό και η κριτική περίοδος του βαμβακιού αρχίζει όταν το φυτό σχηματίζει τα πρώτα του καρύδια. Η ανάγκη για άρδευση προσδιορίζεται κυρίως από την εμφάνιση των φυτών και τη κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν η προσωρινή μάρανση παρατείνεται και η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει σε βάθος 10-15 cm. Υπάρχουν επίσης διάφορα όργανα με τα οποία μπορεί να γίνει η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας.

Από πολλά πειράματα βρέθηκε ότι η πρόωρη έναρξη των ποτισμάτων (πρώτο πότισμα) καθώς και το υπερβολικό πότισμα αργότερα, ευνοούν την ανεπιθύμητη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, οψιμίζουν και μειώνουν την παραγωγή και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος, ιδιαίτερος όταν επικρατούν αντίξοες συνθήκες ωρίμανσης της παραγωγής. Εξίσου όμως ζημιογόνος για την ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής μπορεί να αποβεί, ιδιαίτερα για την πρώιμη ποικιλία και φυτεία, η καθυστερημένη έναρξη του ποτίσματος. Κατάλληλη εποχή για το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι η έναρξη της ανθοφορίας για της πρώιμες ποικιλίες και περιοχές και λίγο αργότερα, όταν το φυτό δέσει τα πρώτα καρύδια, για τις οψιμότερες

ποικιλίες και περιοχές. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι το πιο ελαφρύ από τα επόμενα. Κατά την υπόλοιπη διάρκεια της περιόδου καρποφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Ο αριθμός των αρδεύσεων εξαρτάται από την ποικιλία, τον πληθυσμό των φυτών, την ανάπτυξη και καρποφορία της φυτείας, τις καιρικές συνθήκες και βέβαια από τη ποσότητα αρδεύσεως. Συνήθως ο αριθμός των ποτισμάτων καρποφορίας πρέπει να είναι 2-5, λαμβάνοντας υπόψη ότι το βαμβάκι ως βαθύρριζο φυτό θέλει αραιές αρδεύσεις αλλά με περισσότερη ποσότητα νερού. Οι αρδεύσεις καρποφορίας περατώνονται συνήθως, αναλόγως της πρωιμότητας της φυτείας και των καιρικών συνθηκών, περί τα μέσα Αυγούστου. (4)

4) **Αρδεύσεις παραγωγής.** Μετά τα μέσα Αυγούστου, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών κυρίως, οι ανάγκες του φυτού σε νερό περιορίζονται. Όταν όμως συνεχίζονται οι υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σε σχετικά όψιμες φυτείες, που ένας μεγάλος αριθμός καρυδιών απέχει πολύ από την ολοκλήρωση και την ωρίμανσή τους, επιβάλλεται να δίνονται 1-2 ποτίσματα μέχρι και τα τέλη Σεπτεμβρίου, ακόμη και μετά το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών. Τα ποτίσματα αυτά αποδεικνύονται σε πολλές περιπτώσεις πολύ ωφέλιμα για την αύξηση της παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας των όψιμων καρυδιών. Ειδικότερα για τη νοτιότερη Ελλάδα, όπου ο κίνδυνος της οψιμότητας είναι μικρότερος από τα βορειότερα διαμερίσματα, η πρόωγη περάτωση των αρδεύσεων, πολλές φορές κι πριν τις 15 Αυγούστου, είναι αιτία για την ποσοτική και ποιοτική μείωση της παραγωγής. (4)

### 3.2 Τρόποι άρδευσης της καλλιέργειας του βαμβακιού

Η κατάκλιση δεν συνιστάται στο βαμβάκι, γιατί εκτός από τη σπατάλη ύδατος δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας στο ριζικό σύστημα του φυτού. Συνήθως οι αρδεύσεις γίνονται με αυλάκια, με τεχνητή βροχή και με στάγδην άρδευση που σήμερα επεκτείνεται όλο και περισσότερο.

1) **Άρδευση με αυλάκια** Είναι η πιο οικονομική μέθοδος άρδευσης και πρέπει να προτιμάται όταν υπάρχουν συστηματοποιημένη ισοπέδωση και κατάλληλα αρδευτικά δίκτυα. Τα αυλάκια ανοίγονται με μηχανικούς αυλακωτήρες και συνήθως παίρνουν το νερό από τη διάφυρα παροχής με σιφόνια. (4) Με τον τρόπο όμως αυτό άρδευσης έχουμε μεγάλες απώλειες νερού τόσο με την εξάτμιση αλλά και τη διήθηση του νερού

στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής. Επίσης οι υψηλές απαιτήσεις σε εργασία καθιστούν τη μέθοδο αυτή μη ελκυστική από τους παραγωγούς.

**2) Άρδευση με τεχνητή βροχή.** Είναι πολύ διαδεδομένη στο βαμβάκι. Μπορεί να εφαρμοστεί και σε αγρούς που δεν έχουν ισοπεδωθεί ή έχουν μεγάλη κλίση. Επίσης είναι εύκολη η ρύθμιση της ποσότητας του νερού και η αξιοποίηση της σχετικώς μικρής παροχής των γεωτρήσεων. Προτιμάται ιδιαίτερα στις ελαφρές αρδεύσεις. Τα βασικά μειονεκτήματά της είναι το αυξημένο κόστος προμήθειας αλλά και λειτουργίας του συγκροτήματος, η ομοιομορφία άρδευσης επηρεάζεται από την πνοή του ανέμου, οι απώλειες ύδατος με εξάτμιση είναι μεγαλύτερες και τέλος η διαβροχή των φυτών συμβάλλει στην εκδήλωση ορισμένων ασθενειών.

Η τεχνητή βροχή εφαρμόζεται με χειρομετακινούμενους αγωγούς από γαλβανίζε σωλήνες οι οποίοι φέρουν σταθερούς μεταλλικούς εκτοξευτήρες. Η μέθοδος αυτή εγκαταλείπεται σήμερα γιατί απαιτεί πολλά εργατικά για τη μεταφορά του δικτύου εντός του αγρού. Εφαρμόζεται όμως κατά τα πρώτα ποτίσματα φυτρώματος σε χωράφια στα οποία υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας επιφανειακής κρούστας (ταράτσωμα).

Η τεχνητή βροχή εφαρμόζεται επίσης με αυτοκινούμενα συστήματα τεχνητής βροχής (καρούλια), που έχουν περιορισμένο κόστος εφαρμογής της αρδεύσεως, αλλά αυξημένο κόστος προμήθειας του συγκροτήματος. Η άρδευση με τα συστήματα αυτά γίνεται είτε με εκτοξευτήρα μεγάλης ακτίνας (κανόνι), που μετακινείται αυτόματα με καρούλι είτε με ράμπα (μπάρα) που φέρει πολλά ακροφύσια και μετακινείται επίσης με καρούλι.

**3) Στάγδην άρδευση.** Η άρδευση με σταγόνες κερδίζει συνεχώς όλο και περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής άρδευσης, η οποία περιορίζεται ακόμη περισσότερο, εφαρμοζόμενη μόνο σε καλλιέργειες οι οποίες δεν μπορούν να αρδευτούν με άλλο τρόπο. (26)

Το νερό σταλάζει από την οπή σταλακτών που είναι ενσωματωμένοι σε σωλήνες πολυαιθυλενίου, χωρίς να διαβρέχεται το φυτό. Οι σταλακτηφόροι αγωγοί τοποθετούνται ανά δεύτερη γραμμή βαμβακιού. Παρά το υψηλό κόστος προμήθειας του συστήματος αλλά και της περιορισμένης διάρκειας ζωής του δικτύου, το σύστημα αυτό άρχισε να επεκτείνεται ακόμη και σε μη παραδοσιακές βαμβακοπαραγωγικές περιοχές.



### 3.3 Επιφανειακή στάγδην άρδευση

Οι σταλακτηφόροι αγωγοί τοποθετούνται στον αγρό μετά το τελευταίο σκάλισμα, όταν αρχίζουν τα ποτίσματα καρποφορίας, διότι για τα προηγούμενα ποτίσματα η μέθοδος αυτή δεν θεωρείται αποτελεσματική. Αυτό συμβαίνει επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών δεν είναι ανεπτυγμένο με αποτέλεσμα η απορόφιση του νερού να γίνεται δύσκολα. Έτσι λοιπόν το μη ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα των φυτών σε συνδυασμό με το μικρό ποσοστό της διαβροχής της επιφάνειας του εδάφους καθιστούν μη αποτελεσματική τη μέθοδο αυτή πριν το τελευταίο σκάλισμα. Επιπλέον, επειδή έχει προηγηθεί μια περίοδος αρκετά ξηρή με αποτέλεσμα από το έδαφος να έχει απομακρυνθεί μεγάλη ποσότητα νερού, επιβάλλεται να γίνει άρδευση με καταιονισμό ώστε το έδαφος να φτάσει στα επίπεδα της υδατοϊκανότητάς του και στη συνέχεια να ακολουθήσει η στάγδην άρδευση.

Η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού σε συνδιασμό με το αυξανόμενο πρόβλημα της λειψυδρίας, καθώς επίσης και η αύξηση της παραγωγής, έχουν κάνει τη μέθοδο αυτή πολύ ελκυστική στα πλαίσια της γεωργίας μειωμένων εισροών. (3) (5)

#### Πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης:

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

- **Στην άρδευση με σταγόνες** το νερό εφαρμόζεται σε μικρές ποσότητες και υψηλές συχνότητες σε ένα ορισμένο ποσοστό της επιφάνειας του αγρού. Επειδή η άρδευση γίνεται δια μέσου ενός συστήματος αγωγών, είναι εύκολη η εφαρμογή συγκεκριμένης δόσης άρδευσης.
- **Οικονομία νερού.** Το σύστημα παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό απωλειών κατά την εφαρμογή του νερού διότι δεν έχουμε επιφανειακή απορροή και βαθιή διήθηση. Η εξοικονόμηση νερού είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την άρδευση με καταιονισμό και 50% από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης. (11) Ο βαθμός απόδοσης της στάγδην άρδευσης φθάνει εύκολα το 90% συγκρινόμενη με το 60-80 % του καταιονισμού και το 50-60 % της επιφανειακής άρδευσης. (22)
- **Πρωίμηση της παραγωγής.** Η υγρασία το έδαφος κατά την εφαρμογή της άρδευσης με σταγόνες παραμένει σχεδόν σταθερή διότι το νερό διοχετεύεται με

μικρές ποσότητες και πολύ συχνά. Με τη στάγδην άρδευση ο παραγωγός μπορεί να ρυθμίσει την παροχή ώστε η υγρασία να βρίσκεται διαρκώς στο βέλτιστο επίπεδο. Έτσι τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς συνθήκες έλλειψης νερού (stress) σε ένα ιδανικό περιβάλλον υγρασίας. Έτσι επιτυγχάνεται πρωίμηση, αύξηση της ποιότητας και των αποδόσεων.

- **Τοπική διαβροχή.** Με τη στάγδην άρδευση το νερό εφαρμόζεται τοπικά στον αγρό με αποτέλεσμα να διαβρέχεται συγκεκριμένο ποσοστό εδάφους (50-70%). Περιορίζεται έτσι η εξάτμιση, η ανάπτυξη των ζιζανίων, διευκολύνεται η μετακίνηση (στις ξηρές σειρές) των γεωργικών μηχανημάτων για τις καλλιεργητικές εργασίες. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι έχει αναπτυχθεί, από τους Έλληνες τουλάχιστον παραγωγούς, μία τεχνική σκαλίσματος του χωραφιού για την αντιμετώπιση κυρίως των ζιζανίων και μάλιστα χωρίς να αφαιρεθούν οι σταλακτηφόροι αγωγοί. Το σκάλισμα γίνεται κανονικά με τα κοινά γεωργικά μηχανήματα (ελαφροί καλλιεργητές-σκαλιστήρια) και οι αγωγοί τοποθετούνται σε απλές βάσεις πάνω ή δίπλα στους τροχούς του γεωργικού ελκιστήρα. Έτσι λοιπόν έχουμε αντιμετώπιση των ζιζανίων με λιγότερους ψεκασμούς στα πλαίσια της γεωργίας μειωμένων εισροών.
- **Άρδευση με υφάλμυρο νερό.** Με τις άλλες μεθόδους άρδευσης, η συγκέντρωση των αλάτων στο έδαφος αυξάνει καθώς αυτό ξηραίνεται μεταξύ των διαδοχικών αρδεύσεων. Με την στάγδην άρδευση η συγκέντρωση των αλάτων ελέγχεται μέσω των διαρκών εκπλύσεων. Τα άλατα απωθούνται προς την περιφέρεια της διαβρεχόμενης περιοχής. Τα φυτά μπορούν να πάρουν νερό από το κέντρο της ζώνης διαβροχής όπου η τάση είναι χαμηλή.
- **Διατήρηση ξηρού φυλλώματος.** Το ξηρό φύλλωμα καθυστερεί την ανάπτυξη πολλών παθογόνων μικροοργανισμών στα φυτά. Τα φύλλα δεν βρέχονται και έτσι δεν εκπλύνονται τα φυτοφάρμακα από τη επιφάνειά τους.
- **Εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.** Είναι δυνατόν να προστεθούν στο νερό άρδευσης λιπάσματα και φυτοφάρμακα, διαδικασία η οποία έχει πολλά προτερήματα έναντι των άλλων μεθόδων ως προς την οικονομία χρημάτων και εργατικών χεριών. Επιπλέον η εφαρμογή τους είναι πιο ακριβής διότι γίνεται απευθείας στη ζώνη διαβροχής και έτσι απορροφάται γρήγορα από τα φυτά.

- **Εφαρμογή σε δύσκολα εδάφη.** Ένα από τα πλεονεκτήματα της άρδευσης με σταγόνες είναι ότι μπορούν να αρδευτούν περιοχές στις οποίες δεν μπορούν να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι. (30)
- **Άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων.** Με την πολύ μικρή παροχή που απαιτείται για την άρδευση ποτίζονται συγχρόνως, με μια δεδομένη παροχή, αναλογικά μεγαλύτερες εκτάσεις απ'ότι με τις άλλες μεθόδους.
- **Οικονομικά και ενεργειακά οφέλη.** Το σύστημα λειτουργεί με μικρότερες πιέσεις με αποτέλεσμα να καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια για την άντληση του νερού. Επίσης έχουμε και αυτοματοποίηση του συστήματος με αποτέλεσμα λιγότερα εργατικά

#### Μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης:

Τα μειονεκτήματα σε σχέση με τα πλεονεκτήματα που μας προσφέρει η στάγδην άρδευση είναι ασήμαντα. Για το λόγο αυτό και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται μονοπωλιακά σχεδόν από του παραγωγούς. Τα μειονεκτήματα είναι:

- **Κόστος εγκατάστασης.** Το κόστος της πρώτης εγκατάστασης είναι υψηλό, οι παρατηρούμενες όμως υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών σε συνδυασμό με το μικρό ποσοστό των εργατικών που απαιτεί η μέθοδος και χάρη στη μείωση του κόστους λόγω της βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και των άλλων εξαρτημάτων, τείνουν να εμφανίσουν αμελητέο το εν λόγω μειονέκτημα.
- **Εμφράξεις σταλαχτών.** Αυτές μπορεί να οφείλονται στην παρουσία των στερεών σωματιδίων στο νερό άρδευσης όπως για παράδειγμα η άμμος. Το πρόβλημα όμως αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση φίλτρων που συκρατούν τα παραπάνω σωματίδια.
- **Συσσώρευση αλάτων.** Τα άλατα συσσωρεύονται στην περιφέρεια της υγρής ζώνης και μπορεί να προκαλούν προβλήματα στις επόμενες καλλιέργειες εάν αρδευτούν με άλλη μέθοδο άρδευσης. Το πρόβλημα παρατηρείται κυρίως σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές ώστε να εκπλύνουν τα άλατα προς τα βαθύτερα στρώμα της εδαφικής κατατομής. Το πρόβλημα δεν υφίσταται στη Ελλάδα και ελαττώνεται αν γίνει άρδευση με καταιονισμό ή επιφανειακή άρδευση. (6),(26),(30)

- **Ευαισθησία του συστήματος.** Οι σταλακτηφόροι αγωγοί πολυαιθυλενίου (PE) είναι εκτεθειμένοι, για μεγάλο χρονικό διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου, στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό συνεπάγεται πρόκληση σημαντικών φθορών στους αγωγούς και αύξηση της ευαισθησίας του συστήματος.  
Οι αγωγοί επίσης εκτός από νερό μεταφέρουν υδατοδιαλυτά λιπάσματα και διάφορα γεωργικά φάρμακα με άμεσο κίνδυνο τόσο την έμφραξη των σταλακτών όσο και την αλλοίωση της χημικής δομής των αγωγών. Επιπλέον τα τρωκτικά (κυρίως ποντίκια) προκαλούν σημαντικές φθορές στους αγωγούς.

### 3.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση

Η υπόγεια στάγδην άρδευση (ΥΣΑ) είναι η νεότερη και η πιο αποδοτική και πιθανόν η πιο εξεζητημένη μέθοδος άρδευσης γεωργικών καλλιεργειών και χλοοταπιτών. Όπως έχει αποδειχθεί η ΥΣΑ επιτυγχάνει τις μεγαλύτερες αποδόσεις και την υψηλότερη αποδοτικότητα της χρήσης νερού από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται σήμερα. (35) (45)

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

Οι δυνάμεις που ελέγχουν την κίνηση του νερού στο έδαφος είναι κυρίως οι τριχοειδείς οι οποίες είναι ίσες προς όλες τις διευθύνσεις και η βαρύτητα που είναι σταθερή προς τα κάτω. Οι τριχοειδείς δυνάμεις μειώνονται όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, ενώ σε ξηρό έδαφος είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές τις βαρύτητας. Η απλή αυτή και βασική έννοια οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην ΥΣΑ η άρδευση πρέπει να γίνεται με μικρές διακοπόμενες δόσεις, ώστε η κίνηση του νερού στο έδαφος να γίνεται κυρίως από τις τριχοειδείς δυνάμεις, επιτρέποντας στα φυτά να προσλαμβάνουν νερό και θρεπτικά στοιχεία σε μικρές και συχνές δόσεις.

Κατά τους Phen και Ruskin (1995) και Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη κ.α., (2000) (43),(24),(1), στην ΥΣΑ ο διβεχόμενος όγκος εδάφους (σφαιρικός) είναι μεγαλύτερος απ'οτι στην ΕΣΑ (ημισφαιρικός). Ακόμη ο διαθέσιμος όγκος για την ανάπτυξη των ριζών είναι επίσης μεγαλύτερος στην ΥΣΑ, ενώ η ακτίνα διαβροχής (εξαιρείται η

επιφάνεια του εδάφους) είναι μικρότερη στην ΥΣΑ απ'οτι στην ΕΣΑ. Κατά συνέπεια κατά από τις ίδιες συνθήκες άρδευσης η υγρασία του διαδεχομένου όγκου εδάφους θα είναι μικρότερη την ΥΣΑ, όπως επίσης και το δυναμικό έκπλυσης, ενώ ο διαθέσιμος όγκος το εδάφους για απορρόφηση νερού και θρεπτικών θα είναι σημαντικά αυξημένος στην ΥΣΑ.

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

Μελετώντας στην Ιταλία την επίδραση της ΥΣΑ σε ζαχαρότευτλα οι Amaducci et al. 1989 (34) παρατήρησαν αύξηση της συνολικής παραγωγής ζάχαρης. Το 1993 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το Trifluralin-5 στην υπόγεια άρδευση ως ριζοαποθητικό (25). Το 2000 και 2002, οι Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη κ.α (24)(47), παρατηρούν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και αύξηση του ζαχαρικού τίτλου κατά την ΥΣΑ σε σχέση με την ΕΣΑ. Ακόμη σύμφωνα με τη Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη κ.α, (2003) η διερεύνηση της παραγωγικότητας του ινώδους σόργου ως ενεργειακού φυτού (πειραματικά αποτελέσματα πρώτου έτους), υπό την επίδραση της επιφανειακής και υπόγεια άρδευσης με σταγόνα, έδειξε σαφή υπεροχή της ΥΣΑ έναντι της ΕΣΑ με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης και σημαντικά μεγαλύτερη απόδοση σε ξηρή βιομάζα (3.86 t/στρ έναντι 3.33 t/στρ). (25)

Εκτός από τη μεγαλύτερη παραγωγή και την υψηλότερη αποδοτικότητα της χρήσης του νερού στο σύστημα της ΥΣΑ, υπάρχουν και άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου.

#### **Πλεονεκτήματα της υπόγεια στάγδην άρδευσης :**

- **Εξοικονόμηση εργατικών** για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση του συστήματος, όταν η ΥΣΑ τοποθετείται μόνιμα σε βάθος μεγαλύτερο από το βάθος άρδευσης.

- **Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του συστήματος** λόγω αποφυγής της διαδοχικής θέρμανσης και ψύξης και της μη έκθεσης των υλικών στην UV ακτινοβολία του ηλιακού φωτός.
- **Η διέλευση των γεωργικών μηχανημάτων** διευκολύνεται από την ξηρότητα της επιφανείας του εδάφους. Μπορεί δηλαδή να γίνεται ταυτόχρονα πότισμα και κάποια άλλη καλλιεργητική εργασία όπως για παράδειγμα ψεκασμός.
- **Απουσία ζιζανίων** λόγω της ξηρότητας του εδάφους. Βέβαια η απουσία των ζιζανίων δεν είναι καθολική και αυτό οφείλεται τόσο στο βαθύ ριζικό σύστημα που αναπτύσσουν τα ζιζάνια για την εξεύρεση νερού όσο και στις βροχοπτώσεις που σημειώνονται κατά τη διάρκεια τις καλλιεργητικής περιόδου. (49)(41)(42)
- **Καλύτερος αερισμός της ρίζας** παρατηρείται κατά την εφαρμογή της ΥΣΑ διότι αυτή αναπτύσσεται κάτω από συνθήκες σταθερής υγρασίας και όχι υπό συνθήκες κορεσμού του εδάφους με νερό που παρατηρείται συνήθως στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης. Έτσι λοιπόν αποτρέπεται το σάπισμα των ριζών καθώς και η ανάπτυξη ασθενειών που ευνοούνται από την υπερβολική υγρασία του εδάφους. (44)
- **Επιτυχέστερη διήθηση του νεαρού της βροχής** διότι με την ΥΣΑ η επιφάνεια του εδάφους παραμένει ξηρή καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Έτσι λοιπόν το βρόχινο νερό αξιοποιείται στο έπακρον από την καλλιέργεια και δεν παρατηρείται επιφανειακή απορροή στα επικλινή εδάφη (μέχρι βέβαια να κορεστεί το έδαφος με νερό). (44)

Παρά τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν με την εφαρμογή της ΥΣΑ, υπάρχουν και μειονέκτημα, όπως αλώςτε συμβαίνει και σε κάθε μέθοδο άρδευσης. Μερικά από τα μειονεκτήματα που θα αναπτυχθούν αναφερθήκαν ήδη στην εφαρμογή της ΕΣΑ.

#### Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης:

- **Το αρχικό κόστος εγκατάστασης** αν και είναι υψηλό, αντισταθμίζεται από την αυξημένη απόδοση, αποδοτικότητα και οικονομία του νερού άρδευσης.
- **Τα τρωκτικά** πρέπει να αντιμετωπίζονται επιτυχώς (αν υπάρχουν στον αγρό) διότι προκαλούν σήμανες φθορές στους αγωγούς.
- **Δύσκολη η συντήρηση και επιδιόρθωση του συστήματος** διότι οι αγωγοί εφαρμογής είναι τοποθετημένοι κάτω από το βάθος άροσης. Για παράδειγμα στην

περίπτωση που τρυπήσει κάποιος σταλακτηφόρος αγωγός ο παραγωγός θα σπεύσει να τον επιδιορθώσει μίας και θα παρατηρήσει υπερβολική υγρασία στην επιφάνεια του εδάφους. Στην περίπτωση όμως που κάποιος σταλάκτης δεν λειτουργεί λόγω έμφραξης (από τις ρίζες ή από άλλα φερτά υλικά) τότε είναι δύσκολη η ανεύρεσή του με δυσμενή αποτελέσματα στην παραγωγή και ποιότητα του προϊόντος.

- **Υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων** μεταξύ των σταλακτηφόρων αγωγών. Ωστόσο το πρόβλημα είναι έντονο σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις και όπως έχει είδη αναφερθεί, στην Ελλάδα δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα και αντιμετωπίζεται κυρίως με καταιονισμό ή επιφανειακή άρδευση.
- **Η κίνηση του νερού προς τα πάνω** μπορεί να είναι οριακή ιδίως σε χονδρόκοκκα εδάφη. Στην περίπτωση λοιπόν που έχουμε χονδρόκοκκο έδαφος, η εφαρμογή της στάγδην άρδευσης ενδίκνεται εφόσον έχει προηγηθεί κάποιο πείραμα στον συγκεκριμένο τύπο εδάφους και με τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.
- **Η παροχή του σταλαχτή** εξαρτάται από την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους και για το λόγο αυτό προτείνεται η δημιουργία κοιλότητας στο έδαφος κατά την τοποθέτηση των σταλακτηφόρων αγωγών. (48)
- **Βαθειά άρρωση.** Το βαθύ όργωμα τόσο με τον υπεδαφοκαλλιεργητή όσο και με το άροτρο μπορεί να γίνει μόνο σε συγκεκριμένο βάθος πάνω από τους σταλακτηφόρους αγωγούς. Στην περίπτωση όμως που χρειαστεί να γίνει επέμβαση σε μεγαλύτερο βάθος (π.χ σε συμπιεσμένο έδαφος) τότε μπορεί να γίνει μόνο χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή και μάλιστα σε διεύθυνση παράλληλη προς τους αγωγούς και υπο ορισμένες προϋποθέσεις.

### 3.5 Οικονομική μελέτη εγκατάστασης συστήματος επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης

Σύμφωνα με στοιχεία του ΕΘΙΑΓΕ για την εγκατάσταση ενός συστήματος επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού έκτασης 80 στρεμμάτων, απαιτούνται τα υλικά των οποίων οι τιμές και οι ποσότητες παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν, για την κάθε μέθοδο χωριστά. Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο προϋπολογισμός δαπάνης για την εγκατάσταση του συστήματος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

**Πίνακας 3.1.** Προϋπολογισμός εγκατάστασης συστήματος ΕΣΑ

A/A	ΥΛΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ
1	Υδροκυκλώνας	Τεμάχια	1	750	750
2	Υδρολυπαντήρας	Τεμάχια	1	150	150
3	Σωλήνας PE Φ20 /1m/ 4 l/h	Μέτρα (m)	43000	0.17	7310
4	Παροχές	Τεμάχια	52	5.5	286
5	Βάνες	Τεμάχια	52	1.5	78
6	Σύνδεσμοι Φ20	Τεμάχια	250	0.5	125
7	Διόφθαλμα Φ20	Τεμάχια	244	0.1	24.4
8	Άπλωμα-Μάζεμα	Στρέμματα	800*	3.57	2856
Σύνολο(€)**					11579

(\*) Το κόστος εγκατάστασης και απεγκατάστασης του ΕΣΑ υπολογίστηκε για 10 έτη ή για 80 στρέμματα (80\*10)

(\*\*) Στις τιμές συμπεριλαμβάνεται και ο Φ.Π.Α (19%)

Για τους παραπάνω υπολογισμούς ορίστηκε η έκταση του αγρού ίση με 80 στρέμματα, η διάρκεια ζωής των σταλακτηφόρων ίση με 10 έτη και υπολογίστηκε το κόστος των εργατικών για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση των δύο συστημάτων. Οι σταλακτηφόροι και στις δύο περιπτώσεις τοποθετήθηκαν σε απόσταση 1.9 m μεταξύ τους (δηλαδή ένας αγωγός ανά δύο σειρές βαμβακιού) και οι τιμές των υλικών αφορούν τιμοκατάλογο του 2005.

Στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο προϋπολογισμός δαπάνης για την εγκατάσταση του συστήματος της υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης.



**Πίνακας 3.2.** Προϋπολογισμός εγκατάστασης συστήματος ΥΣΑ

A/A	ΥΛΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ
1	Υδοκυκλώνας	Τεμάχια	1	750	750
2	Υδρολυπαντήρας	Τεμάχια	1	150	150
3	Σωλήνας PE Φ 20 1m /4 l/h	Μέτρα (m)	43000	0.17	7310
4	Παροχές	Τεμάχια	52	5.5	286
5	Βάνες	Τεμάχια	52	1.5	78
6	Σύνδεσμοι Φ 20	Τεμάχια	250	0.5	125
7	Διόφθαλα Φ20	Τεμάχια	244	0.1	24.4
8	Διάνοιξη- επιχωμάτωση αυλάκων σωλήνων άρδευσης	Μέτρα	300	2.18	654
9	Βαλβίδες εκτόνωσης	Τεμάχια	10	4	40
10	Τοποθέτηση	Στρέμματα	80	16.35	1308
Σύνολο(€)**					10725

(\*\*) Στις τιμές συμπεριλαμβάνεται και ο Φ.Π.Α ( 19%)

Παρατηρούμε από τους πίνακες 3.1 και 3.2 ότι το κόστος εγκατάστασης του συστήματος της ΥΣΑ είναι χαμηλότερο από αυτό της ΕΣΑ κατά 854 €. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι το κέρδος των 854 € προέρχεται με την παρέλευση μιας δεκαετίας, δηλαδή το ετήσιο κέρδος είναι 85.4 €. Στην περίπτωση όμως που για οποιοδήποτε λόγο αναγκαστούμε να εγκαταστήσουμε κάποια άλλη καλλιέργεια στον ίδιο αγρό που εφαρμόζω ΥΣΑ, η άρδευση της θα είναι εφικτή με κάποιες τροποποιήσεις, στην περίπτωση βέβαια που χρειαστεί διαφορετική διάταξη άρδευσης. Για παράδειγμα αν εφαρμόζουμε ΥΣΑ σε βαμβάκι (αποστάσεις σταλακτηφόρων 1.9 m) και χρειαστεί να καλλιεργήσουμε τεύτλα, στην περίπτωση αυτή μπορούμε να τοποθετήσουμε περισσότερους υπόγειους σταλακτηφόρους αγωγούς αλλά το κόστος εγκατάστασης αυξάνεται. (10)(26<sup>a</sup>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΝΑΡΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

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

#### 4.1 Εδαφικές παράμετροι

##### 4.1.1 Η υδατοϊκανότητα του εδάφους

Σαν υδατοϊκανότητα του εδάφους μπορεί να οριστεί η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και κακά στραγγισμένο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Όταν το έδαφος κορεστεί με νερό και αρχίσει η αποστράγγιση, η υγρασία του εδάφους ελαττώνεται και μαζί της και η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας. Σε κάποια στιγμή η τιμή αυτή γίνεται πολύ μικρή με συνέπεια η κίνηση του νερού στο έδαφος να περιοριστεί τόσο που πρακτικά να θεωρηθεί ανύπαρκτη, έστω και αν η υδραυλική κλίση είναι πολύ μεγάλη. Αυτό είναι το καθοριστικό όριο που ονομάζεται *υδατοϊκανότητα*. Έτσι αν υδατοϊκανότητα ορίζεται το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας στο οποίο η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του νερού στο έδαφος ανεξάρτητα από τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις. Συνήθως η υγρασία του εδάφους θεωρείται ότι φτάνει στην υδατοϊκανότητα 3 έως 5 ημέρες μετά από βροχή ή άρδευση, ανάλογα με την υφή και τη δομή του. Η υδατοϊκανότητα αποτελεί το επάνω όριο της χρήσιμης στα φυτά εδαφικής υγρασίας. (30)

#### 4.1.2 Το σημείο μόνιμης μάρανσης

Έστω ότι η υδατοϊκανότητα αποτελεί το επάνω όριο της χρήσιμης για τα φυτά υγρασίας, το αντίστοιχο κάτω όριο της είναι το *σημείο μόνιμης μάρανσης*. Όταν η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο αυτό, τα φυτά δεν μπορούν να πάρουν από το έδαφος όλο το νερό που χρειάζονται για την κάλυψη των αναγκών τους και για το λόγο αυτό αρχίζουν να μαραίνονται. Το σημείο μόνιμης μάρανσης δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την υφή και τη δομή του εδάφους, το είδος και την κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος καθώς και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Για τους λόγους αυτούς η τάση της εδαφικής υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό κυμαίνεται από 7 μέχρι 32 bar. Η διαφορά όμως αυτή σε τάση δε σημαίνει και ανάλογη διαφορά σε περιεχόμενη υγρασία. Είναι παρατηρημένο, ότι στα χαμηλά αυτά επίπεδα, μεγάλες μεταβολές της τάσης ελάχιστες συνεπάγονται μεταβολές της υγρασίας. Σήμερα σαν αντιπροσωπευτικοί τιμή του σημείου μόνιμης μάρανσης όλων των εδαφών, έχει γίνει η τάση των 15 bar. Όταν η υγρασία του εδάφους φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης, η ανάπτυξη των φυτών σταματά. Τα φυτά εξακολουθούν να παίρνουν νερό από το έδαφος και κάτω από το σημείο αυτό. Το νερό όμως αυτό είναι μόλις αρκετό να τα κρατά στη ζωή. Αν η υγρασία του εδάφους ελαττωθεί ακόμη περισσότερο θα προκληθεί ξήρανση των φυτών. Το όριο της εδαφικής υγρασίας κάτω από το οποίο τα φυτά ξηραίνονται λέγεται *έσχατο σημείο μάρανσης*. Η τάση που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό μπορεί να φτάσει μέχρι 60 bar.

(30)

#### 4.1.3 Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους

Ένα έδαφος που έχει ξηραθεί σε κλίβανο, αποτελείται από στερεά σωματίδια και πόρους γεμάτους με αέρα. Το ειδικό βάρος των στερεών σωματιδίων που αναφέρεται σαν πραγματικό ειδικό βάρος του εδάφους, είναι σχετικά σταθερό για όλα τα ορυκτά εδάφη με διακύμανση από 2.6 μέχρι 2.7 g/cm<sup>3</sup>. Το ειδικό βάρος του εδάφους μαζί με τους γεμάτους με αέρα πόρους, αναφέρεται σαν *φαινόμενο ειδικό βάρος* και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη δομή και την υφή του.

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

$ASW = (1-n) SWS$ , όπου  $n$  είναι το πορώδες του εδάφους

Επειδή το πραγματικό ειδικό βάρος είναι σχετικά σταθερό, το φαινόμενο ειδικό βάρος μικραίνει όσο το πορώδες του εδάφους μεγαλώνει. Το πορώδες των ελαφρών εδαφών (αμμωδών) είναι μικρότερο από αυτά των βαρειών (αργιλικών). Μάλιστα, τα πρώτα έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τα δεύτερα. (30)

#### 4.1.4 Η υδραυλική αγωγιμότητα

Η ικανότητα μεταφοράς νερού στα ακόρεστα και κορεσμένα εδάφη, περιγράφεται με την παράμετρο που ονομάζεται τριχοειδής ή ακόρεστη (unsaturated hydraulic conductivity) και κορεσμένη (saturated hydraulic conductivity) υδραυλική αγωγιμότητα αντίστοιχα.

#### 4.1.5 Η διηθητικότητα του εδάφους

Γενικά, σαν διήθηση ορίζεται η διείσδυση του νερού (άρδευσης, βροχής) στο έδαφος δια της επιφανείας του. Πολλοί από τους εδαφικούς παράγοντες που διαμορφώνουν τη διηθητικότητα επηρεάζουν κι την παραπέρα κίνηση του νερού μέσα στο εδαφικό προφίλ, κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της διήθησης. Η εισροή του νερού στο έδαφος εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας, τη δομή και την υφή του, την σε βάθος ομοιογένεια του και την αρχική υγρασία. (21)

Η ταχύτητα με τη οποία το νερό διηθείται στο έδαφος δεν είναι σταθερή με το χρόνο. Αρχικά η ταχύτητα αυτή είναι πολύ μεγάλη αλλά, με την πάροδο του χρόνου, ελαττώνεται σημαντικά μέχρι κάποιο όριο που από κει και πέρα παραμένει σταθερή. Η ταχύτητα διήθησης στην αρχή του φαινομένου λέγεται *αρχική διηθητικότητα* και η σταθερή τιμή που παίρνει μετά την παρέλευση αρκετού χρόνου λέγεται *τελική ή βασική διηθητικότητα*. Η ταχύτητα διήθησης σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του φαινομένου λέγεται *στιγμιαία διηθητικότητα*. Αν σε ένα διάγραμμα τοποθετηθούν τα σημεία που αντιστοιχούν στις τιμές της στιγμιαίας διηθητικότητας με το χρόνο, σχηματίζεται η καμπύλη της στιγμιαίας διηθητικότητας. Η ποσότητα του νερού που διηθείται στο έδαφος από την αρχή του φαινομένου μέχρι κάποιο χρόνο, λέγεται *αθροιστική διηθητικότητα*. Αν σε ένα διάγραμμα τοποθετηθούν οι αθροιστικές

διηθητικότητες που αντιστοιχούν σε διάφορους χρόνους, σχηματίζεται η καμπύλη της αθροιστικής αγωγιμότητας. Οι καμπύλες τις στιγμιαίας και της αθροιστικής διηθητικότητας έχουν πρωταρχική σημασία στην εφαρμογή των αρδεύσεων γιατί, με βάση αυτές, καθορίζεται ο ρυθμός εφαρμογής του νερού και η διάρκεια όδευσης.

Η διήθηση του νερού στο έδαφος εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του. Εξαρτάται επίσης από τη συμπίεση του εδάφους που προκαλείται από τα γεωργικά μηχανήματα καθώς και από τα άλατα που συσσωρεύονται στον αγρό με το νερό άρδευσης. (30)

#### 4.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού

Το πείραμα έγινε σε έδαφος καλά αποστραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλλουαγιλοπηλώδες, που ανήκει στα Inceptisols και στην υποομάδα Typic Xerochrept. Το έδαφος αυτό έχει κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη. Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας xeric και εδαφικής θερμοκρασίας thermic. Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με καλό βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πετρώδους σύστασής του. Το pH βρίσκεται ε αλκαλικά επίπεδα (7.5-8.0) χωρίς όμως να αποτελεί πρόβλημα για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Έχει πολύ καλά αναπτυγμένο πορώδες, αποτελούμενο κυρίως από μικρού και μέσου μεγέθους πόρους. Η οργανική ουσία βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, αλλά είναι επαρκής μέχρι το βάθος των 60 cm.

Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) είναι μέτρια έως υψηλή και τα επιμέρους κατιόντα Mg, K και Na βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Επίσης τα ιχνοστοιχεία Fe, Zn και Mn βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση τον διαθέσιμο Cu που βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Το έδαφος λοιπόν με τα παραπάνω χαρακτηριστικά θεωρείται αρκετά γόνιμο για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί, φαίνονται οι υδραυλικές παράμετροι του εδάφους του πειραματικού αγρού. (15)

**Πίνακας 4.1.** Υδραυλικές παράμετροι του εδάφους του πειραματικού αγρού

<b>Βάθος (cm)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Φαινόμε.Ειδικό Βάρος (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Υδατοϊκανότητα (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (% w)</b>
0-20	5.5	1.25	20.9	7.6	11.48
20-40	6.38	1.23	21.3	7.9	11.64
40-60	5.72	1.21	21.5	7.9	11.81

Μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου εδάφους αποτελεί το γεγονός της δύσκολης κατεργασίας κατά την εποχή της σποράς διότι έχει μεγάλο ποσοστό ιλύος. Στο έδαφος αυτό επίσης, αν γίνει άρδευση φυτρώματος με καταιονισμό (καρούλι) , τότε δημιουργείται στην επιφάνειά του κρούστα με δυσμενείς συνέπειες στο ομαλό φύτεμα των βαμβακοφύτων τα οποία δυσκολεύονται να βγούνε στην επιφάνεια του εδάφους. Το πρόβλημα λύνεται βέβαια καθώς το πότισμα φυτρώματος γίνεται με εκτοξευτήρες (μπέκ) μικρής παροχής.

### 4.3 Εξατμισοδιαπνοή

Αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσης τους σε συνδυασμό με την υψηλή ποιότητα των προϊόντων. Ένα σε ανάπτυξη φυτό απορροφά νερό μέσω του ριζικού συστήματος από το έδαφος μαζί με τα διαλυμένα σε αυτό ανόργανα θρεπτικά συστατικά και μετά από μία διαδρομή μέσα τους ιστούς καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί και όταν τα στομάτια είναι ανοιχτά, το νερό με τη μορφή υδρατμών διαπνέεται από τα φύλλα του φυτού δηλαδή κινείται προς το περιβάλλον. Το νερό επίσης απομακρύνεται από την επιφάνεια του χωραφιού, όταν αυτή είναι υγρή, με τη διαδικασία της εξάτμισης. Το νερό λοιπόν που απομακρύνεται με τη μορφή υδρατμών από τα φυτά και το χωράφι αποτελεί την εξατμισοδιαπνοή ET (evapotranspiration). (30)

Το μέγεθος και ο ρυθμός της ET εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας όσο και από τους κλιματικούς παράγοντες.

Έτσι λοιπόν τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που επηρεάζουν την ET είναι τα εξής:

- **Το φυτικό είδος.** Τα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την περίοδο ανάπτυξης, την πυκνότητα του φυλλώματος, το ύψος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος.
- **Την ανακλαστικότητα της καλλιέργειας.** Η ανακλαστικότητα μιας καλλιέργειας καθορίζει το μέρος εκείνο της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε καθαρή ηλιακή ακτινοβολία 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 %.
- **Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια.** Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό φυτοκάλυψης τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που απορροφάται και είναι διαθέσιμη για την εξάτμιση και τη διαπνοή. Όταν η επιφάνεια του εδάφους ξηραθεί, η εξατμισοδιαπνοή καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό της από την διαπνοή. Σήμερα γίνεται δεκτό ότι υπάρχει πλήρης φυτοκάλυψη του εδάφους ( ποσοστό φυτοκάλυψης > 70 %) από την καλλιέργεια όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) είναι μεγαλύτερος του 3.
- **Το ύψος της καλλιέργεια και η τραχύτητα του φυλλώματος.** Σε γενικές γραμμές οι υψηλές καλλιέργειες παρουσιάζουν πιο έντονη ET από ότι οι χαμηλές λόγω του γεγονότος ότι δέχονται περισσότερη άμεση ανοδική ακτινοβολία από το έδαφος και λόγω της αεροδυναμικής κατάστασης της ατμόσφαιρας στην περιοχή του φυλλώματος. Η τραχύτητα των φυτικών επιφανειών έχει άμεση επίδραση στη μεταφορά των υδρατμών και όχι μόνο.
- **Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος.** Η κάλυψη της ET της καλλιέργειας μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα όταν φυτά έχουν πυκνό και βαθύ ριζικό σύστημα που σημαίνει αυξημένη επιφάνεια επαφής των ριζών με το έδαφος. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης ποικιλιών που να διαθέτουν βαθύ ριζικό σύστημα.

• **Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας.** Στις ετήσιες καλλιέργειες διακρίνουμε τέσσερα βασικά στάδια:

- α) στάδιο εγκατάστασης (έδαφος σχεδόν γυμνό),
- β) στάδιο ανάπτυξης,
- γ) στάδιο ανθοφορίας,
- δ)στάδιο ωρίμανσης και συγκομιδής.

Το μέγεθος και ο ρυθμός της ΕΤ εξαρτάται επίσης και από περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι είναι:

- **Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία.**
- **Η ταχύτητα του ανέμου.**
- **Η σχετική υγρασία**
- **Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. (8)**

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

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η επίδραση του κλίματος εκφράζεται από την *εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική* (ET<sub>r</sub>) η οποία ορίζεται σαν εξατμισοδιαπνοή από μία καλλιέργεια ‘‘αναφοράς ή βάσης’’ που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. Σαν καλλιέργεια βάσης συνήθως θεωρείται ένας εκτεταμένος χορτοτάπητας που σκιάζει πλήρως το έδαφος και έχει ομοιόμορφο ύψος από 8-15 cm. Σαν καλλιέργεια βάσης θεωρείται επίσης και η μηδική.

Η εξατμισοδιαπνοή κάθε άλλης καλλιέργειας διαφέρει από τη βασική εξατμισοδιαπνοή σαν συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά, από αυτά της καλλιέργειας βάσης. Η διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ETc) από τη βασική



εξατμισοδιαπνοή (ETr) εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή (Kc) έτσι που να διαμορφώνεται η σχέση:  $E_{Tc} = K_c \cdot E_{Tr}$  ή  $K_c = E_{Tr} / E_{Tc}$

Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά και για την ίδια την καλλιέργεια παρουσιάζουν διακύμανση κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές τους διαμορφώνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται, την καλλιεργητική πρακτική και τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Για τις ετήσιες καλλιέργειες επιπρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν τον Kc είναι ο χρόνος σποράς ή φύτευσης, ο ρυθμός ανάπτυξης καθώς και η συχνότητα των βροχών και αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδια ανάπτυξής τους. Ο Kc αντιπροσωπεύει το συνδυασμένο αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών που διακρίνουν την  $E_{Tc}$  από την  $E_{Tr}$ . Αυτά είναι το ύψος της καλλιέργειας, η αντίσταση της μικτής επιφάνειας εδάφους- καλλιέργειας, το ποσοστό του εδάφους που καλύπτεται από το φύλλωμα καθώς και η ηλικία και η κατάσταση των φύλλων.

Οι ετήσιες καλλιέργειες παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών τους, κυρίως σε ότι αφορά το ποσοστό κάλυψης του εδάφους κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αυτό έχει άμεση επίπτωση στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής τους και κατ'επέκταση στις τιμές των φυτικών συντελεστών. Για τη διευκόλυνση του προσδιορισμού των συντελεστών αυτών, η βλαστική περίοδος της κάθε καλλιέργειας χωρίζεται σε τέσσερα κύρια στάδια ανάπτυξης. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- **Στάδιο 1<sup>0</sup>: Περίοδος εγκατάστασης τις καλλιέργειας.** Το στάδιο αυτό αρχίζει με τα σπορά ή τη μεταφύτευση και φτάνει μέχρι την οριακή εγκατάσταση της καλλιέργειας, κατά την οποία τα φυτά έχουν αναπτυχθεί τόσο που να καλύπτουν το έδαφος σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο από 10 %.
- **Στάδιο 2<sup>0</sup>: Περίοδος κύριας βλαστικής.** Το στάδιο αυτό αρχίζει από εκεί που τελειώνει το προηγούμενο και περιλαμβάνει όλη την περίοδο της έντονης ανάπτυξης του φυλλώματος μέχρι την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια και με ποσοστό κάλυψης από 70-100 %. Να σημειωθεί ότι το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από έντονη ανάπτυξη των φυτών.

- **Στάδιο 3<sup>0</sup>: Περίοδος διαμόρφωσης της παραγωγής.** Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την περίοδο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρπών. Η τιμή του Kc παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του σταδίου αυτού.
- **Στάδιο 4<sup>0</sup>: Περίοδος ωρίμανσης.** Κατά το στάδιο αυτό συντελείται η ωρίμανση των καρπών και τερματίζεται με τη συγκομιδή. Σε πολλές καλλιέργειες, όπως και στο βαμβάκι, η τιμή του Kc κατά το στάδιο αυτό μειώνεται όσο πλησιάζει το στάδιο της συγκομιδής.

Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου και των επιμέρους σταδίων ανάπτυξης, διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια αλλά επηρεάζεται και από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο. Έτσι, πρώτο μέλημα στη διαδικασία προσδιορισμού των φυτικών συντελεστών είναι ο καθορισμός της βλαστικής περιόδου και των επιμέρους σταδίων για κάθε εδαφικό διαμέρισμα. (8)(30)(22)

Ο ακριβής υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών είναι προϋπόθεση για τον ορθολογικό προγραμματισμό των αρδεύσεων και τη βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής. (37) Για τον ακριβή υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών χρησιμοποιούνται συνήθως πολύπλοκες εξισώσεις που απαιτούν τη χρήση πληθώρας κλιματικών παραμέτρων. Σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον η μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith που έχει αξιολογηθεί ως η πλέον ακριβής και μάλιστα οι υπολογίσιμες τιμές της μεθόδου έχουν θεωρηθεί ιδιαίτερα ακριβείς για περιοχές του χώρου. (12) Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ET<sub>p</sub> είναι η Blaney-Criddle, η τροποποιημένη μέθοδος του Penman, η μέθοδος του λυσιμέτρου καθώς και η μέθοδος του εξατμισόμετρου η οποία εφαρμόστηκε στην παρούσα πειραματική διαδικασία

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 5.1 Περιγραφή πειραματικού αγρού

Η εξοικονόμηση νερού είναι ένα από τα βασικά μελήματα κάθε χώρας αλλά και ολόκληρου του πλανήτη. Καθώς λοιπόν οι ανάγκες των ανθρώπων αυξάνονται ραγδαία, με τον ίδιο ρυθμό αυξάνεται και η κατανάλωση νερού με κύριο καταναλωτή τη γεωργία. Οι λόγοι λοιπόν που κάνουν επιτακτική την ανάγκη για την εξοικονόμηση του νερού είναι κυρίως περιβαλλοντικοί και οικονομικοί. Το παρόν πείραμα έχει ως αντικείμενο την άρδευση της καλλιέργειας του βαμβακιού με σύγχρονες μεθόδους άρδευσης με σκοπό την εξοικονόμηση νερού.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2003. Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 39° 23' και το γεωγραφικό μήκος 22° 45'. Η καλλιέργεια που επιλέχθηκε ήταν το βαμβάκι το οποίο καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις, κυρίως στο χώρο της Θεσσαλίας, αλλά και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας και για την άρδυσή του καταναλώνονται τεράστιες αρδευτικού νερού. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα έχει σταθεροποιηθεί κοντά στα 4 εκ. στρ. εκ των οποίων τα 2 εκ. στρ. περίπου καλλιεργούνται στη Θεσσαλία. (Στοιχεία Οργανισμού Βάμβακος – ΟΠΕΚΕΠΕ) Επίσης ο όγκος του νερού που καταναλώνεται στο Θεσσαλικό κάμπο για την άρδευση του βαμβακιού είναι περίπου 1 000 000 m<sup>3</sup> (Στοιχεία ΥΕΒ Λάρισας). Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι η εφαρμογή μεθόδων για την εξοικονόμηση νερού θα είχε τεράστια οφέλη (οικονομικά και περιβαλλοντικά) για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας.

Το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μελέτησε την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού και τα ενδιάμεσα στάδια ανάπτυξής του, χρησιμοποιώντας έξι διαφορετικές μεταχειρίσεις στάγδην άρδευσης, με τέσσερις επαναλήψεις η κάθε μία. Ο σκοπός της μελέτης ήταν η σύγκριση των έξι διαφορετικών μεταχειρίσεων ως προς την απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι καθώς και την αποδοτικότητα του νερού άρδευσης.

## 5.2 Σχήμα πειραματικού αγρού

Χρησιμοποιήθηκε το πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο ( RCB) με έξι μεταχειρίσεις και τέσσερις επαναλήψεις η κάθε μία. Η τυχαιοποίηση έγινε με τη μέθοδο των στατιστικών πινάκων.

Ο πειραματικός αγρός είχε διαστάσεις  $66 \times 30 \text{ m} = 1980 \text{ m}^2$ . Χωρίστηκε σε δύο τμήματα από ένα διάδρομο πλάτους δύο μέτρων. Κάθε τμήμα φιλοξενούσε 12 πειραματικά τεμάχια (σχήμα 5.1). Κάθε πειραματικό τεμάχιο απείχε από το διπλανό του 1.5 m και είχε διαστάσεις  $15 \times 4 \text{ m}$ . Οι σειρές του βαμβακιού απείχαν μεταξύ τους 0.95 m και οι σταλακτηφόροι αγωγοί 1.9 m σύμφωνα με τη συνήθη καλλιεργητική πρακτική (σχήμα 5.2). Δηλαδή κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε τέσσερις σειρές βαμβακιού και οι αγωγοί ήταν τοποθετημένοι σειρά παρά σειρά.

## 5.3 Μεταχειρίσεις

Οι έξι διαφορετικές μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν για τη στάγδην άρδευση του βαμβακιού του πειραματικού αγρού κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2003 ήταν οι εξής :

- 1<sup>η</sup>. Επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E1**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80 cm και παροχή σταλάκτη 2.3 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 100 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 10 ημέρες που είναι η συνήθης καλλιεργητική πρακτική της περιοχής. Η E1 μεταχείριση χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.
- 2<sup>η</sup>. Επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E2**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80 cm και παροχή σταλάκτη 2.3 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 100 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 2 ημέρες.
- 3<sup>η</sup>. Επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E3**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80 cm και παροχή σταλάκτη 2.3 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 80 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 2 ημέρες.
- 4<sup>η</sup>. Επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (**E4**) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 40 cm και παροχή σταλάκτη 1.21 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 100 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 2 ημέρες.

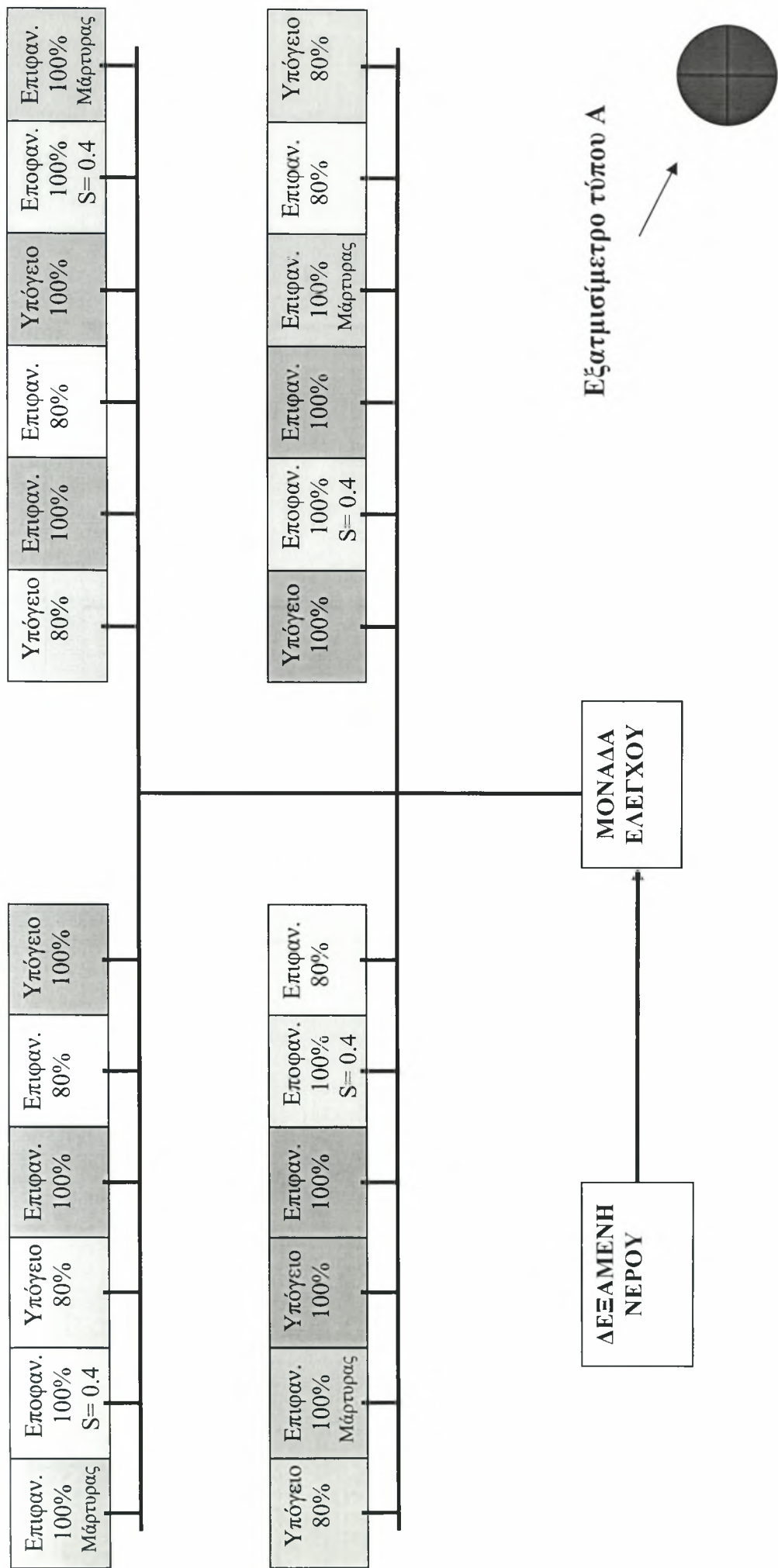
5<sup>η</sup>. Υποεπιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (Y5) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80 cm και παροχή σταλάκτη 2.3 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 100 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 2 ημέρες.

6<sup>η</sup>. Υποεπιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (Y6) με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτών 80 cm και παροχή σταλάκτη 2.3 l/h . Η άρδευση γινόταν στο 80 % της δόσης άρδευσης και με εύρος άρδευσης 2 ημέρες.

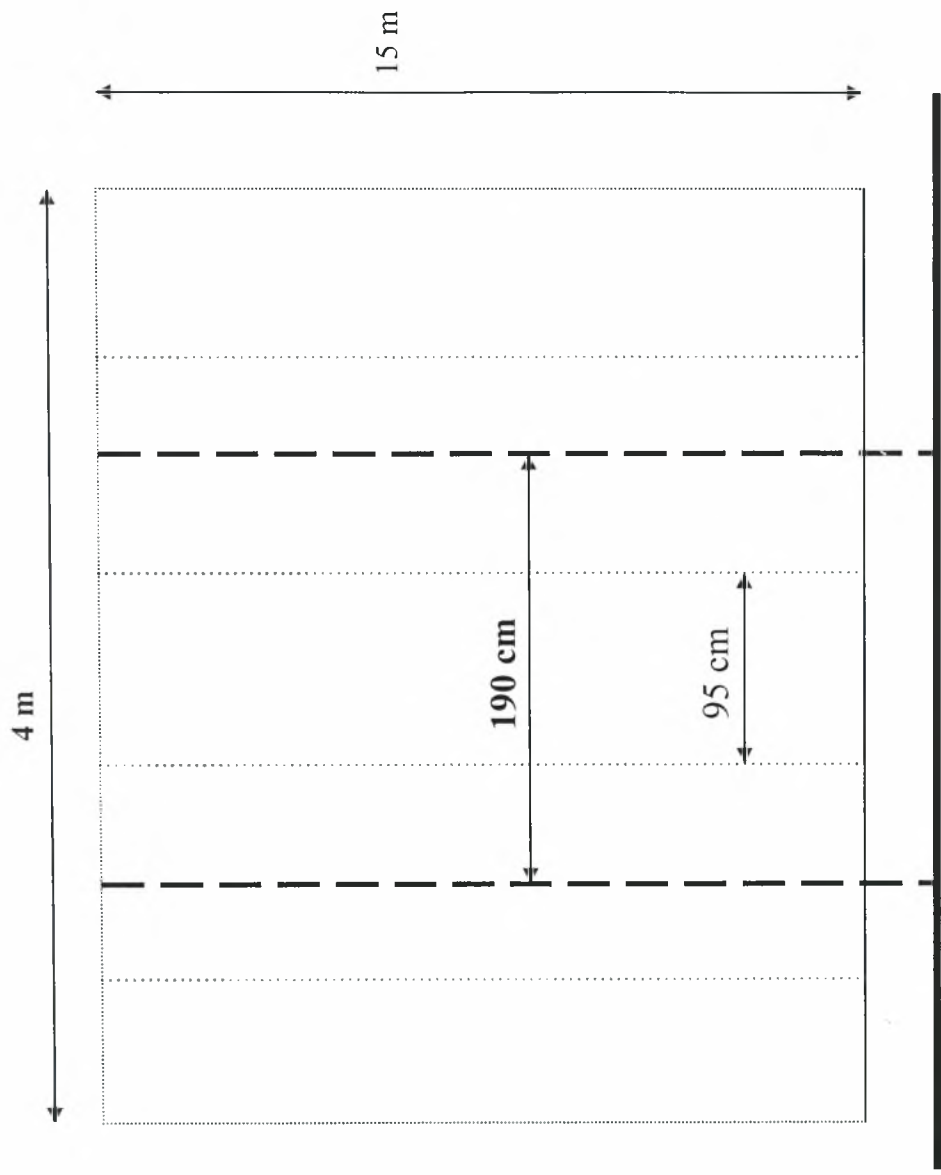
Στην παρούσα διατριβή έγινε σύγκριση μεταξύ της επιφανειακής (E3) και της υποεπιφανειακής (Y6) μεταχείρισης ως προς την απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι, την αποδοτικότητα σε νερό άρδευσης καθώς και τα ενδιάμεσα στάδια αύξησης (ύψος φυτού, δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI) και ανάπτυξης (αριθμός χτενιών, καρυδιών) των βαμβακοφύτων.

Οι ανάγκες των φυτών σε νερό προσδιοριζόταν από το εξατμισόμετρο τύπου A, που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος και καθημερινά γινότανε μέτρηση του νερού που εξατμιζότανε από αυτό με σκοπό τον υπολογισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής. Οι υπόλοιπες μετρήσεις γινόταν σε εβδομαδιαία βάση και αφορούσαν το ύψος των φυτών, τον αριθμό των καρποφόρων οργάνων (χτένια, καρύδια) καθώς και τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI). Όσο αφορά το ύψος, οι μετρήσεις γινόταν τυχαία από τις δύο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου και καταγραφόταν το ύψος από ένα μέτρο καλλιέργειας για κάθε σειρά. Η απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι υπολογίστηκε τυχαία από δύο μέτρα καλλιέργειας από τις δύο μεσαίες σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου. Η συλλογή έγινε με το χέρι και το σύσπορο βαμβάκι από κάθε πειραματικό τεμάχιο ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας.

Για τη στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS.



Σχήμα 5.1 Σκαρίφημα του πειραματικού αγρού.



..... Σειρές φυτών

--- Σταλακτηφόροι αγωγοί

— Αγωγός μεταφοράς

Σχήμα 5.2. Σκαρίφημα πειραματικού τεμαχίου.

## 5.4 Κατεργασία αγρού

Η κατεργασία του πειραματικού αγρού ξεκίνησε από τα τέλη της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου και περιελάμβανε τις συνήθεις γεωργικές πρακτικές. Δηλαδή μετά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας, που ήταν βαμβάκι, ακολούθησε στελεχοκοπή και επέμβαση με αναστρεφόμενο άροτρο σε βάθος 20 cm με σκοπό να ενσωματωθούν τα υπολείμματα της καλλιέργειας στο έδαφος. Στις αρχές της άνοιξης της του έτους 2003 έγινε επέμβαση με καλλιεργητή σε βάθος 10 cm ώστε να ισοπεδωθεί το έδαφος και ακολούθησε επέμβαση με δισκοσβάρνα ώστε να ψιλοχοματιστεί το έδαφος και να προετοιμαστεί η σποροκλίνη για τη σπορά. Ακολούθησε λιπαντική αγωγή με 15 μονάδες N και 10 μονάδες P, ενώ δεν έγινε καλιούχος λίπανση.

## 5.5 Σπορά

Στις αρχές Μαΐου πραγματοποιήθηκε πάλι επέμβαση με δισκοσβάρνα για την καλή προετοιμασία της σποροκλίνης αλλά και την ενσωμάτωση του εντομοκτόνου που χρησιμοποιήθηκε. Πρόκειται για το Trifluralin με εμπορική ονομασία Triflon από το οποίο ψεκάστηκαν 1700 ml. Έγινε επίσης εφαρμογή του προφυτρωτικού ζιζανιοκτόνου Fluomenturon με εμπορική ονομασία Cottonex το οποίο ενσωματώθηκε με το πρώτο νερό άρδευσης. Στις 10 Μαΐου ακολούθησε η σπορά με πνευματική μηχανή. Η καθυστέρηση της σποράς έγινε σκόπιμα λόγω της ιδιομορφίας του εδάφους του πειραματικού αγρού να σχηματίζει επιφανειακή κρούστα. Για το λόγο αυτό περιμέναμε αύξηση της θερμοκρασίας για να πετύχουμε ομοιόμορφο φύτευμα. Για τον ίδιο λόγο επιλέξαμε αυξημένο αριθμό σπόρων ανά μέτρο γραμμής σποράς, δηλαδή 29 σπόρους ανά μέτρο, με την μεταξύ τους απόσταση ίση με 3.4 cm. Να σημειωθεί ότι εκτός από την ιδιομορφία του εδάφους, ελήφθη υπόψη και ο κίνδυνος μείωσης του πληθυσμού των φυτών λόγω διαφόρων ασθενειών που μπορεί να προέκυπταν κατά τη διάρκεια του φυτρώματος και μετά αλλά και οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που μπορεί να ακολουθούσαν. Μετά το φύτευμα ακολούθησε αραίωμα ώστε να έχουμε 18-20 φυτά ανά μέτρο. Το βάθος σποράς ήταν 3 cm ώστε να έχουμε γρήγορο φύτευμα αλλά και αποφυγή μετακίνησης των σπόρων κατά την άρδευση με καταιονισμό.



## 5.6 Επιλογή ποικιλίας

Η ποικιλία που επιλέχθηκε ήταν η OPAL της εταιρίας Delta Pine. Πρόκειται για ποικιλία η οποία καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις στο θεσσαλικό κάμπο και αποδίδει ικανοποιητικά σε σύσπορο βαμβάκι. Είναι μη καθορισμένης ανάπτυξης ποικιλία μέσου ή μεγάλου βιολογικού κύκλου (κατάλληλη για τη Θεσσαλία) . Η ποιότητα της ίνας βρίσκεται στην κορυφή μεταξύ των ποικιλιών τύπου Upland με άριστο μήκος, αντοχή και microner ίνας. Χαρακτηρίζεται επίσης από αντοχή στην ξηρασία, καθώς το βαθύ ριζικό σύστημα που αναπτύσσει , βοηθά στην απορρόφηση νερού από βαθύτερα σημεία του εδάφους. Να σημειωθεί επίσης ότι αναπτύσσει έντονο πράσινο χρώμα και παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην αδρομύκωση. (10)(3)

## 5.7 Υλικά άρδευσης

### 5.7.1 Υδροληψία

Το νερό άρδευσης αρχικά συγκεντρωνόταν σε δεξαμενή όγκου  $50 \text{ m}^3$ . Η δεξαμενή γέμιζε από την κεντρική γεώτρηση (παροχή  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ ) του Αγροκτήματος καθημερινά ώστε να υπάρχει πάντα επάρκεια νερού. Από τη δεξαμενή με τη βοήθεια φυγόκεντρης αντλίας προσαρμοσμένη σε ηλεκτροκινητήρα ισχύος 3 Hp, το νερό διαμέσου πιεστικού δοχείου και με αγωγό μεταφοράς από πολυαιθυλένιο (PE) διατομής 32 mm, έφτανε στην κεφαλή του συστήματος.

Το πιεστικό με την αντλία ήταν εφοδιασμένα με αυτοματισμό λειτουργίας ώστε όταν η πίεση στο πιεστικό έφτανε κάτω από 1Atm τότε ο ηλεκτροκινητήρας άρχιζε αυτόματα τη λειτουργία του. Η χρήση του πιεστικού κρίθηκε απαραίτητη ώστε να υπάρχει σταθερή πίεση η οποία εξασφαλίζει σωστή λειτουργία των ηλεκτροβανών και σταθερή παροχή στους σταλάκτες με αποτέλεσμα να παρέχεται η σωστή δόση άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες για να λειτουργήσουν σωστά χρειάζονται πίεση τουλάχιστον 1Atm. Το πιεστικό παρείχε σταθερή πίεση ροής 5Atm. Να σημειωθεί επίσης ότι το πιεστικό εξυπηρετεί και τον αυτοματισμό λειτουργίας του συστήματος καθώς όταν οι ηλεκτροβάνες είναι κλειστές, ο ηλεκτροκινητήρας πρέπει να είναι σταματημένος, ενώ όταν ανοίγει μια ηλεκτροβάνα ο ηλεκτροκινητήρας πρέπει να

τίθεται σε λειτουργία. Η σύνθετη αυτή διαδικασία αυτοματοποιείται πλήρως με τη χρήση του πιεστικού.

### 5.7.2 Κεφαλή αρδευτικού συστήματος

Στην κεφαλή του αρδευτικού συστήματος του πειραματικού αγρού υπήρχε φίλτρο σήτας δυναμικότητας 20m<sup>3</sup>/h με μανόμετρα στην είσοδο και έξοδο ώστε να ελέγχεται η πίεση καθώς και υδρολιπαντήρας για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των φυτών. Η κεφαλή περιελάμβανε επίσης έναν ηλεκτρονικό προγραμματιστή άρδευσης (Miracle AC 6 της Motorola) ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με έξι ηλεκτροβάνες (μία για κάθε μεταχείριση) και ρυθμιζόταν ως προς το χρόνο και εύρος άρδευσης ανάλογα με τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Σε κάθε ηλεκτροβάνα ήταν προσαρμοσμένος και ένας υδρομετρητής ώστε να γνωρίζουμε την ακριβή ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για κάθε μεταχείριση.

Ο προγραμματιστής άρδευσης παρείχε τη δυνατότητα λειτουργίας έξι ηλεκτροβανών ταυτόχρονα, με τρία διαφορετικά προγράμματα. Αποτελούνταν από την οθόνη προγραμματισμού, τα πλήκτρα εντολών (καθορισμός ημέρας, ώρας, δόση και διάρκεια άρδευσης), την μπαταρία λιθίου, τον πίνακα ελέγχου καθώς και τις υποδοχές των καλωδίων για να συνδέεται με τις ηλεκτροβάνες. Είχε τη δυνατότητα συνεχούς άρδευσης για 9 ώρες και 59 λεπτά και μπορούσε να προγραμματιστεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης. Παρείχε τη δυνατότητα καθυστερήσεις της άρδευσης έως και 99 ημέρες, ενώ μπορούσε να μειώσει ή να αυξήσει τις δόσεις άρδευσης μέχρι ποσοστού 100%, σε βήματα του 10%. Έδινε τη δυνατότητα της ανεξάρτητης ακύρωσης ενός ή περισσότερων προγραμμάτων με την αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα. Τέλος, σε περίπτωση βλαβών, προσπερνά την προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση στην επόμενη χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας του προγράμματος και μάλιστα διαθέτε πρόγραμμα ασφαλείας 10 λεπτών για την κάθε ημέρα.

### 5.7.3 Αγωγοί εφαρμογής

Σε κάθε ηλεκτροβάννα ήταν συνδεδεμένος και ένας δευτερεύον αγωγός μεταφοράς (PE, Φ30), ο οποίος διακλαδιζότανε στα τέσσερα πειραματικά τεμάχια (επαναλήψεις) της κάθε μεταχείρισης. Ο δευτερεύον αγωγός μεταφοράς ήταν συνδεδεμένος με τους σταλακτηφόρους αγωγούς εφαρμογής της κάθε μεταχείρισης.

Οι σταλακτηφόροι αγωγοί ήταν από πολυαιθυλένιο (PE), είχαν διάμετρο 20mm (Φ 20), παροχή 2.3 l/h, αντοχή μέχρι 6Atm πίεση και οι σταλάκτες απείχαν μεταξύ τους 80cm. Εξάιρεση αποτελούν οι σταλακτηφόροι αγωγοί της (E4) μεταχείρισης που είχαν διάμετρο 20mm, παροχή 1.2 l/h και ισαποχή σταλακτών 40cm.

Οι σταλακτηφόροι αγωγοί ήταν της εταιρίας NEAFIM. Οι σταλάκτες ήταν τύπου RAM, αυτοκαθαριζόμενοι, και αυτορυθμιζόμενοι επιτρέποντας έτσι την εφαρμογή μεγάλου μήκους γραμμών άρδευσης, διατηρώντας παράλληλα σταθερή την παροχή σε όλο το μήκος του σταλακτηφόρου αγωγού. Οι σταλάκτες διαθέτουν βαθύ λαβύρινθο μαιανδρικής διαδρομής, ώστε να εξασφαλίζουν την τυρβώδη ροή του νερού και προστασία από τις εμφράξεις. Έχουν τη δυνατότητα αυτορύθμισης της παροχής σε ένα ευρύ πεδίο πιέσεων (0.5-4.0 bar), εξασφαλίζουν εύκολη λειτουργία και ομοιόμορφη άρδευση σε αγρούς με μεγάλες κλίσεις καθώς και σε δίκτυα με αυξομειώσεις της πίεσης. Για το λόγο αυτό φέρουν στο εσωτερικό τους μια ειδική μεμβράνη από σιλικόνη, στην οποία βασίζεται η ρύθμιση της παροχής, με αποτέλεσμα να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις της πίεσης.

### 5.8 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας

Η φυλλική επιφάνεια που αντιστοιχεί στη μονάδα επιφάνειας του εδάφους ονομάζεται *δείκτης φυλλικής επιφάνειας*, Δ.Φ.Ε ( Leaf Area Index, LAI) και δίνεται από τον τύπο:

$$\Delta.Φ.Ε = \text{Φυλλική επιφάνεια} / \text{Επιφάνεια εδάφους, σε } m^2/m^2 \quad (13)$$

Στο βαμβάκι ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αυξάνει βραδέως τις πρώτες 6-7 εβδομάδες μετά το φύτευμα ενώ η αύξηση είναι μεγαλύτερη κατά το πρώιμο στάδιο της καρποφορίας, οπότε επιτυγχάνεται η πλήρης φυτοκάλυψη του εδάφους. Να

σημειωθεί ότι η φυλλική επιφάνεια μπορεί να συνεχίσει να αυξάνεται και μετά την ανθοφορία διότι το βαμβάκι είναι φυτό συνεχούς αύξησης και ανάπτυξης.

Οι μετρήσεις του Δ.Φ.Ε γινόταν τυχαία, κάθε 15-20 ημέρες, από τις μεσαίες σειρές και λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις από κάθε επανάληψη. Για τις μετρήσεις του Δ.Φ.Ε χρησιμοποιήθηκε η διάταξη Sun Scan Analysis System της εταιρίας Delta-T. Η διάταξη αυτή περιελάμβανε τον ανιχνευτή Sun Scan, τον αισθητήρα BFS ( Beam Fraction Sensor) και το τερματικό συλλογής δεδομένων.

Ο ανιχνευτής είναι ένα φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσυνθετικώς ενεργής ακτινοβολίας (photosynthetically active radiation) στο φύλλωμα των φυτών. Αποτελείται από μια ράβδο μήκους ενός μέτρου η οποία διαθέτει 64 φωτοδιόδους που ισαπέχουν μεταξύ τους κατά το μήκος της. Η χειρολαβή του ανιχνευτή περιέχει τη πηγή ισχύος ( συσσωρευτή) και το ηλεκτρονικό κύκλωμα για την μετατροπή των εξερχόμενων από τις φωτοδιόδους σημάτων σε ψηφιακές αναγνώσεις οι οποίες αποστέλλονται στο τερματικό συλλογής δεδομένων μέσω μίας RS232 σύνδεσης.

Ο αισθητήρας BFS χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του φωτός που προσπίπτει στο φύλλωμα ταυτόχρονα με τις μετρήσεις που γίνονται κάτω από αυτό. Αυτό επιτρέπει το διαχωρισμό των συνθετικών της φωτοσυνθετικώς ενεργής ακτινοβολίας, διαδικασία που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του Δ.Φ.Ε.

Τέλος, για τη λήψη και αποθήκευση των δεδομένων από τον ανιχνευτή, χρησιμοποιήθηκε ως τερματικό ένας μικροϋπολογιστής PSION. Ο μικροϋπολογιστής είναι μια ελαφριά, στιβαρή μονάδα πεδίου με πλήρες αλφαβητικό πληκτρολόγιο και αποσπώμενη κάρτα μνήμης για την αποθήκευση και μεταφορά των δεδομένων. (10) (22)

### 5.9 Μέθοδος του εξατμισόμετρου

Οι Doechos και Pruitt, 1977 παρουσίασαν μια μέθοδο υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής χορτοτάπητα (ET<sub>r</sub>), χρησιμοποιώντας μετρήσεις εξάτμισης από εξατμισόμετρο λεκάνης τύπου A, E<sub>p</sub> (εξάτμισης) και συντελεστών εξατμισόμετρου K<sub>p</sub>. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται σαν *μέθοδος του εξατμισόμετρου κατά FAO-24* και η γενική της μορφή είναι η εξής:  $ET_r = K_p E_p$ .

Όπου ET<sub>r</sub> και E<sub>p</sub>, σε mm/d και συντελεστής του εξατμισόμετρου K<sub>p</sub> δίνεται σε πίνακα ως συνάρτηση της ταχύτητας και της μέσης σχετικής υγρασίας του αέρα, του

είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στο πίνακα 5.1 που ακολουθεί φαίνονται οι τιμές του συντελεστή του εξατμισόμετρου (Kp) με βάση τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στην παρούσα διατριβή η τιμή του Kp ήταν 0.8 (8)

**Πίνακας 5.1.** Τιμές του συντελεστή Kp εξατμισόμετρου λεκάνης τύπου A

Εξατ/τρο Τύπου A	Εξατμισόμετρο σε φυτοκαλυμμένη επιφάνεια				Εξατμισόμετρο σε ακάλυπτη επιφάνεια			
	Απόσταση από φυτοκαλυμμένο όριο (m)	RHmean %			Απόσταση από φυτοκαλυ- μένο όριο (m)	RHmean %		
Χαμηλή <40		Μέση 40-70	Υψηλή ή>70	Χαμηλή <40		Μέση 40-70	Υψηλή ή>70	
Μικρή <2 Km/day	1	0.55	0.65	0.75	1	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
Μέτρια 2-5	1	0.50	0.60	0.65	1	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
Μεγάλη 5-8	1	0.45	0.50	0.60	1	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
Πολύ μεγάλη >8	1	0.40	0.45	0.50	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

Με μοντέλα που βασίζονται σε μετρήσεις εξατμισίμετρων, μετριέται η εξάτμιση από σταθερές επιφάνειες γνωστών διαστάσεων και συσχετίζεται με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή με τον συντελεστή του εξατμισίμετρου Κρ. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην υπόθεση ότι η ΕΤ ελέγχεται αποκλειστικά από την ατμόσφαιρα. Μια τέτοια μέθοδος είναι αυτή του εξατμισίμετρου λεκάνης.

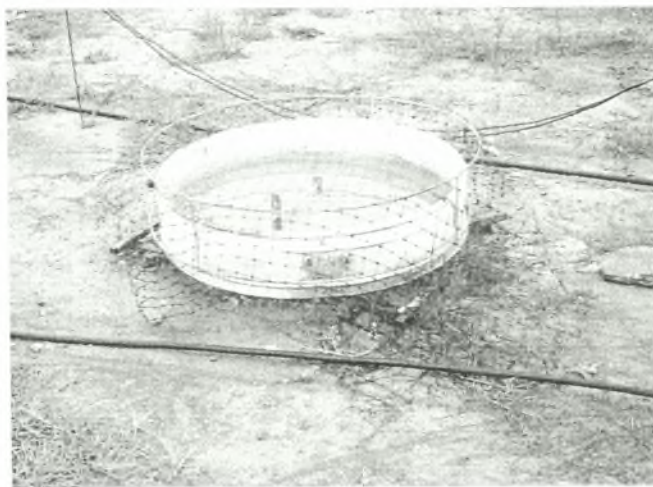
Εξαιτίας της απλότητάς τους τα εξατμισίμετρα λεκάνης χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σχεδίων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και περιλαμβάνουν «βυθισμένα» ή «πάνω στο έδαφος» εξατμισίμετρα λεκάνης. Να σημειωθεί ότι τα εξατμισίμετρα λεκάνης τύπου Α χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

Η εξάτμιση του νερού πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του εξατμισίμετρου επηρεάζεται από τους κλιματικούς παράγοντες που επικρατούν όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα. Στους ίδιους όμως παράγοντες οφείλονται και οι απώλειες σε νερό των καλλιεργειών μέσω της ΕΤ. Αλλά, η εξάτμιση από ένα εξατμισίμετρο τύπου λεκάνης και η ΕΤ από μία καλλιέργεια δεν ταυτίζονται απόλυτα. Οι παράγοντες οι οποίοι προκαλούν αυτή τη διαφορά είναι, όπως αναφέρθηκε, κλιματικοί αλλά και όχι μόνο. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι οι εξής :

- **Η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας.** Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από μια ελεύθερη επιφάνεια νερού ανέρχεται σε 5-7 % ενώ για τις περισσότερες καλλιέργειες το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 20-30 %. Έτσι λοιπόν, σε μια περιοχή με τις ίδιες συνθήκες, το νερό της ελεύθερης επιφάνειας του εξατμισίμετρου έχει περισσότερη διαθέσιμη ενέργεια ώστε να εξατμιστεί απ'ότι το σύστημα καλλιέργεια -έδαφος.
- **Μεταφορά θερμότητας** από ή προς το εξατμισίμετρο μέσω των τοιχωμάτων του, με ανάλογη επίδραση στην εξάτμιση. Σημαντικό ρόλο στη μεταφορά θερμότητας έχει το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εξατμισίμετρο και συγκεκριμένα η ικανότητά του να απορροφά αλλά και να μεταδίδει θερμότητα.
- **Το χρώμα** των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων του εξατμισίμετρου διαφοροποιεί επίσης το ύψος της εξάτμισης.
- **Η θέση και ο περιβάλλοντας χώρος** του οργάνου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξάτμιση. Παρατηρούνται για παράδειγμα μικρότερες τιμές εξάτμισης όταν το εξατμισίμετρο είναι σκιασμένο ή μερικώς σκιασμένο. (18)

Για να είναι πιο ακριβείς οι μετρήσεις που παίρνουμε από το εξατμισόμετρο θα πρέπει η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη να διατηρείται σε απόσταση 5-7.5 cm κάτω από το χείλος του. Το νερό επίσης θα πρέπει να διατηρείται καθαρό και να μην είναι δυνατή η πρόσβαση σε ζώα και πουλιά. Για το λόγο αυτό πολλές φορές γίνεται χρήση πλέγματος που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στην περίπτωση αυτή η εξάτμιση ελαττώνεται κατά 13 %. Για την αποφυγή ανάπτυξης διαφόρων μυκήτων απαιτείται η χρήση γαλαζόπετρας σε πολύ μικρή δόση.

Στην παρούσα διατριβή οι ανάγκες του βαμβακιού σε νερό υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του εξατμισόμετρου λεκάνης τύπου A. Πρόκειται για μια κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χονδρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 120.7 cm και βάθος 25 cm. Είναι τοποθετημένη πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15 cm από την επιφάνεια του εδάφους, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1.



**Εικ. 5.1.** Το εξατμισόμετρο του πειράματος.

Η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού σε κάθε άρδευση υπολογιζόταν από τις μετρήσεις του εξατμισόμετρου με βάση την αθροιστική εξάτμιση από την προηγούμενη άρδευση. Οι μετρήσεις της εξάτμισης γινόταν καθημερινά από μία βαθμονομημένη στήλη στο εσωτερικό του εξατμισόμετρου.

## 5.10 Υπολογισμός των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $E_{Tc}$  προσδιορίζει την ποσότητα του νερού που χρειάζονται οι διάφορες καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοσή τους.

Στη φύση το νερό προέρχεται από τη βροχή, την υγρασία που είναι υποθηκευμένη στο έδαφος στη ζώνη του ριζοστρώματος καθώς και στο υπόγειο νερό. Από την ποσότητα των κατακρημνισμάτων της βροχής που πέφτουν σε ένα χωράφι, μέρος τους μπορεί να χαθεί με την επιφανειακή απορροή αλλά και τη διήθηση τα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής. Η ποσότητα εκείνη που παραμένει στο χωράφι αποτελεί την ωφέλιμη βροχή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους.

Το υπόγειο νερό συμβάλει επίσης στην κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών. Αυτό βέβαια εξαρτάται από το βάθος της υπόγειας στάθμης του νερού αλλά και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Στα βαριά (αργιλώδη) εδάφη το νερό μπορεί να φτάσει αρκετά ψιλά πάνω από την υπόγεια στάθμη με βραδύ όμως ρυθμό ενώ στα ελαφρά εδάφη το ύψος ανόδου του νερού είναι μεν μικρό αλλά ο ρυθμός ταχύς.

Στην περίπτωση που οι παραπάνω «πηγές» νερού δεν είναι επαρκείς για την κάλυψη την κάλυψη του νερού που χάνεται μέσω της  $E_T$ , κρίνεται αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών, να δοθεί επιπλέον νερό με άρδευση. Έτσι οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες ( $I_n$ ) μπορούν να υπολογιστούν με τη σχέση:

$$I_n = E_{Tc} - (P_e + G_W + S_M)$$

όπου  $E_{Tc}$  η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας,  $P_e$  η ωφέλιμη βροχή,  $G_W$  η συμβολή του υπόγειου νερού και  $S_M$  το νερό που είναι υποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος. (23) (46)

## 5.11 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών των αναγκών σε νερό

Για τον υπολογισμό της άρδευσης χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τύποι, ο θεωρητικός και ο πρακτικός (εξατμισόμετρο). Ο θεωρητικός τρόπος άρδευσης περιλαμβάνει τους παρακάτω υπολογισμούς:



### Θεωρητική δόση άρδευσης (Id)

$$Id \text{ (mm)} = (FC - PWP) * h * c * P * ASW / 100$$

όπου:

FC = Υδατοϊκανότητα (21.2 % κ.β)

PWP = Σημείο μόνιμης μάρανσης (11.64% κ.β)

h = Βάθος ενεργού ριζοστρώματος (0.5m)

c = Όριο εξάντλησης της υγρασίας (0.6)

P = Ποσοστό διαβροχής εδάφους (60 %)

ASW = Φαινόμενο ειδικό βάρος (1.23 g/cm<sup>3</sup>)

$$Id \text{ (mm)} = 21.16$$

Στην πράξη, κατά κανόνα επειδή τα γεωργικά εδάφη είναι διαστρωμένα, η Id ή η διαθέσιμη υγρασία (ASM) υπολογίζεται για κάθε 30 cm βάθους χωριστά

### Πρακτική δόση άρδευσης (Ida)

Η πρακτική δόση άρδευσης ισούται με το πηλίκο της διαίρεσης της Id με τον βαθμό εφαρμογής του νερού άρδευσης (Ea). Επομένως:

$$(Ida) \text{ (mm)} = Id / Ea$$

Ο βαθμός εφαρμογής του νερού άρδευσης (Ea) προκύπτει από την εξής σχέση:

$$Ea = Eu * TR$$

όπου TR, είναι το μέρος εκείνο του νερού που διηθήθηκε στο έδαφος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα από την καλλιέργεια. Για τις ελληνικές συνθήκες TR = 0.95.

Eu είναι η ομοιομορφία ενστάλαξης του νερού και  $Eu = q_n / q_m$

Όπου  $q_m$ , η μέση παροχή ενός ποσοστού 5-10 % από τους συνολικούς σταλάκτες και  $q_n$ , η μέση παροχή που αντιστοιχεί στο ¼ των σταλακτών με τις μικρότερες παροχές.  
(26)

$$(Ida) \text{ (mm)} = 21.16 / 0.95 = 22.27$$

### Ωριαίο ύψος βροχής (Idh)

Το ωριαίο ύψος βροχής υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Idh \text{ (mm/h)} = q \cdot n / Sr \cdot St$$

όπου:

$q$  = Παροχή σταλάκτη (l/h)

$Sr$  = Ισαποχή των γραμμών σποράς (m)

$St$  = Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς (m)

$n$  = Αριθμός σταλακτών ανά φυτό

$$n = St / 2 \cdot Se$$

όπου:

$Se$  = Ισαποχή σταλακτών (m)

Ο αριθμός 2 αναφέρεται στην τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής σειρά παρά σειρά.

$$Idh \text{ (mm/h)} = 1.52$$

### Διάρκεια άρδευσης

Η διάρκεια άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$It \text{ (h)} = Ida / Idh$$

$$It \text{ (h)} = 22.27 / 1.52 = 14.6$$

### Εύρος άρδευσης

Το εύρος άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Ir \text{ (d)} = Id / ETd$$

όπου:

$ETd$ , η μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm).

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πειραματική διαδικασία, διότι αφενός η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή και αφετέρου διότι απαιτείται μεγάλη διάρκεια χρόνου άρδευσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του εξατμισίμετρου, η οποία είναι πιο άμεση για τη μέτρηση της ET και κατά συνέπεια και της δόσης άρδευσης. Με την παραπάνω μέθοδο προσδιορίστηκε η θεωρητική δόση άρδευσης (21.16 mm), την οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει κανείς, όταν εφαρμόζει με τη μέθοδο του εξατμισίμετρου τη δόση άρδευσης.

### 5.12 Άρδευση φυτρώματος με καταιονιστήρες

Το πότισμα φυτρώματος έγινε αμέσως μετά τη σπορά (10 Μαΐου) με σκοπό να ενωθεί η υγρασία ποτίσματος με την υγρασία εδάφους και να έχουμε έτσι γρήγορο φύτευμα των βαμβακοφύτων. Η άρδευση εφαρμόστηκε με καταιονιστήρες λόγω της ιδιομορφίας του εδάφους να σχηματίζει επιφανειακή κρούστα η οποία δυσχεραίνει το κανονικό φύτευμα.

Αρχικά αρδεύτηκε ο μισός πειραματικός αγρός και στη συνέχεια ο άλλος μισός. Χρησιμοποιήθηκαν 12 μεταλλικοί καταιονιστήρες (μπέκ) παροχής 3.5 m<sup>3</sup>/h. Συνολικά για το φύτευμα εφαρμόστηκαν 60 mm νερού σε δύο δόσεις των 30mm. Η πρώτη εφαρμόστηκε κατά τη σπορά και η δεύτερη στις 17 Μαΐου.

### 5.13 Αρδεύσεις ανάπτυξης με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα

Η άρδευση με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα «καρούλι» εφαρμόστηκε στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, μετά το φύτευμα, μέχρι την εμφάνιση των πρώτων λουλουδιών στις 15 Ιουλίου.

Η επιφανειακή άρδευση με καταιονισμό στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του βαμβακιού είναι προτιμότερη έναντι της στάγδην άρδευσης, διότι με τη δεύτερη, έχουμε τοπική εφαρμογή του νερού άρδευσης και σε συνδυασμό με το μικρό ριζικό σύστημα των βαμβακοφύτων, καθίσταται ακατάλληλη η επιφανειακή στάγδην άρδευση κατά το στάδιο αυτό. Το ίδιο ακατάλληλη κρίνεται και η εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης κατά το στάδιο αυτό, διότι όπως προαναφέρθηκε το ριζικό σύστημα των φυτών είναι μικρό σε μήκος και απέχει πολύ από τον υπόγειο αγωγό ο

οποίος αφενός βρίσκεται σε βάθος 45 cm και αφετέρου αρδεύει δυο σειρές βαμβακιού. Με τον καταιονισμό λοιπόν το έδαφος φτάνει σε κατάσταση υδατοϊκανότητας και αμέσως μετά εφαρμόζεται η στάγδην άρδευση.

Το καρούλι που χρησιμοποιήθηκε είχε εκτοξευτήρα παροχής 35 m<sup>3</sup>/h σε πίεση λειτουργίας 4.5 Atm και το ωριαίο ύψος βροχής υπολογίστηκε ίσο με 18 mm/h.

Κατά τα στάδια ανάπτυξης των βαμβακοφύτων και μέχρι την εμφάνιση των πρώτων λουλουδιών, έγιναν οι ακόλουθες εφαρμογές άρδευσης με τον αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα «καρούλι» και με τις ακόλουθες δόσεις :

Στις 11 Ιουνίου εφαρμόστηκαν **40 mm** νερού.

Στις 29 Ιουνίου εφαρμόστηκαν **50 mm** νερού.

Στις 8 Ιουλίου εφαρμόστηκαν **55 mm** νερού.

Στις 14 Ιουλίου εφαρμόστηκαν **55 mm** νερού.

#### 5.14 Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με καταιονισμό

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, εφαρμόστηκαν συνολικά έξι αρδεύσεις με καταιονισμό. Στον πίνακα 5.2 που ακολουθεί, φαίνονται ο τρόπος άρδευσης, η δόση άρδευσης καθώς και η ημερομηνία που εφαρμόστηκε η κάθε μία.

**Πίνακας 5.2.** Συνολική ποσότητα νερού άρδευσης με καταιονισμό

Ημερομηνία	Μέθοδος Άρδευσης	Κατηγορία Άρδευσης	Δόση Άρδευσης (mm)
10 Μαΐου	Με καταιονιστήρες	φυτρώματος	30
17 Μαΐου	Με καταιονιστήρες	φυτρώματος	30
11 Ιουνίου	Με καρούλι	ανάπτυξης	40
29 Ιουνίου	Με καρούλι	ανάπτυξης	55
8 Ιουλίου	Με καρούλι	ανάπτυξης	55
14 Ιουλίου	Με καρούλι	ανάπτυξης	55
		<b>Σύνολο</b>	<b>265</b>

### 5.15 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής με βάση το εξατμισόμετρο

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

Η σχέση που συνδέει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETr) με την εξάτμιση (Epan) από το εξατμισόμετρο έχει τη μορφή :

$$ETr = Kp * Epan \quad (5.1)$$

όπου:

**ETr** = Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm).

**Epan** = Η εξάτμιση (mm).

**Kp** = Ο συντελεστής του εξατμισόμετρου. Στην προκειμένη περίπτωση  $Kp=0.8$

Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας προκύπτει από το γινόμενο της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και του φυτικού συντελεστή, δηλαδή

$$ETc = ETr * Kc \quad (5.2)$$

όπου:

**ETc** = Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (mm)

**Kc** = Ο φυτικός συντελεστής

Οι τιμές του φυτικού συντελεστή για τα τέσσερα κύρια στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας του βαμβακιού στην Ελλάδα είναι οι εξής:

Για το μήνα Μάιο, **0.32**

Για το μήνα Ιούνιο, **0.55**

Για το μήνα Ιούλιο, **0.85**

Για το μήνα Αύγουστο, **0.90**

Για το μήνα Σεπτέμβριο, **0.48** (19)

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της ETc αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (In), την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης. Δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης (I<sub>da</sub>), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B \quad (5.3)$$

όπου:

**I<sub>n</sub>** = οι καθαρές ανάγκες σε νερό (mm).

**B** = το ύψος βροχής (mm).

**ΩB** = το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με 0.8\*B (16)

Στο εξατμισόμετρο τύπου A όμως, η ημερησία ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), (38) με τη χρήση των σχέσεων (5.1) και (5.2). 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 σύμφωνα με τη σχέση 5.3, στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$ET_c = I_n + \Omega B \quad (4.4)$$

Στον πίνακα 5.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των καθαρών αναγκών (I<sub>n</sub>) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) με βάση την ημερησία ένδειξη εξάτμισης (E<sub>pan</sub>) του εξατμισόμετρου τύπου A κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

**Πίνακας 5.3** Υπολογισμός των καθαριών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Έρην mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(6) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς ET=Kp*Eran 0,8*(5) mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In=ETr*Kc (8)*(9) mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας ETe=In+OB (10)+(7) mm
10/6/03	161	39.5		8.5			6.8	0.55	3.74	3.74
11/6/03	162		48	8			6.4	0.55	3.52	3.52
12/6/03	163		56	8			6.4	0.55	3.52	3.52
13/6/03	164	17.5	64	8			6.4	0.55	3.52	3.52
14/6/03	165		25.5	8.5			6.8	0.55	3.74	3.74
15/6/03	166		34	12.5			10	0.55	5.50	5.50
16/6/03	167		46.5	7.5	0.5	0.4	6	0.55	3.30	3.70
17/6/03	168		54	9.5			7.6	0.55	4.18	4.18
18/6/03	169		63.5	8.5			6.8	0.55	3.74	3.74
19/6/03	170		72	0	8.05	6.44	0	0.55	0.00	6.44
20/6/03	171	15	72	4			3.2	0.55	1.76	1.76
21/6/03	172		19	7.5			6	0.55	3.30	3.30
22/6/03	173		26.5	8.5			6.8	0.55	3.74	3.74
23/6/03	174		35	9			7.2	0.55	3.96	3.96
24/6/03	175		44	8			6.4	0.55	3.52	3.52
25/6/03	176		52	4	4.28	3.424	3.2	0.55	1.76	5.18
26/6/03	177		56	8			6.4	0.55	3.52	3.52
27/6/03	178		64	4	3	2.4	3.2	0.55	1.76	4.16
28/6/03	179		68	-3.5	5.55	4.44	-2.8	0.55	-1.54	2.90
29/6/03	180		64.5	7.5			6	0.55	3.30	3.30
30/6/03	181		72	8			6.4	0.55	3.52	3.52
1/7/03	182		80	6			4.8	0.85	4.08	4.08

**Πίνακας 5.3** Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (συνέχεια.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξεστμ/γρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Έρpan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(6) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς ΕΤr=Kr*Epan 0,8*(5) mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In=ETr*Kc (8)*(9) mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας ETe=In+ΩB (10)+(7) mm
27/03	183	7	86	9			7.2	0.85	6.12	6.12
3/7/03	184		16	10			8	0.85	6.80	6.80
4/7/03	185	7	26	9			7.2	0.85	6.12	6.12
5/7/03	186		35	16			12.8	0.85	10.88	10.88
6/7/03	187		51	8			6.4	0.85	5.44	5.44
7/7/03	188		59	9			7.2	0.85	6.12	6.12
8/7/03	189		68	8			6.4	0.85	5.44	5.44
9/7/03	190	20	76	7			5.6	0.85	4.76	4.76
10/7/03	191		27	8			6.4	0.85	5.44	5.44
11/7/03	192		35	8			6.4	0.85	5.44	5.44
12/7/03	193		43	9			7.2	0.85	6.12	6.12
13/7/03	194		52	9			7.2	0.85	6.12	6.12
14/7/03	195		61	4	2.3	1.84	3.2	0.85	2.72	4.56
15/7/03	196		65	8			6.4	0.85	5.44	5.44
16/7/03	197		73	8			6.4	0.85	5.44	5.44
17/7/03	198	7	81	12			9.6	0.85	8.16	8.16
18/7/03	199		19	12			9.6	0.85	8.16	8.16
19/7/03	200		31	-11	13	10.4	-8.8	0.85	-7.48	2.92
20/7/03	201		20	7	2.1	1.68	5.6	0.85	4.76	6.44
21/7/03	202		27	8			6.4	0.85	5.44	5.44
22/7/03	203		35	8			6.4	0.85	5.44	5.44
23/7/03	204		43	8			6.4	0.85	5.44	5.44
24/7/03	205		51	9			7.2	0.85	6.12	6.12



**Πίνακας 5.3** Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξαιμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ( συνέχεια )

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξαιμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Έραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(6) mm	Εξαιμ/πνοή αναφοράς ETr=Kr*Eran 0,8*(5) mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In=ETr*Kc (8)*(9) mm	Εξαιμ/πνοή καλλιέργειας ETc=In+ΩB (10)+(7) mm
25/7/03	206		60	9			7.2	0.85	6.12	6.12
26/7/03	207		69	10			8	0.85	6.80	6.80
27/7/03	208		79	6			4.8	0.85	4.08	4.08
28/7/03	209	4	85	7			5.6	0.85	4.76	4.76
29/7/03	210		11	7			5.6	0.85	4.76	4.76
30/7/03	211		18	6			4.8	0.85	4.08	4.08
31/7/03	212		24	3	2	1.6	2.4	0.85	2.04	3.64
1/8/03	213		27	1.5	2	1.6	1.2	0.9	1.08	2.68
2/8/03	214		28	3	3.27	2.616	2.4	0.9	2.16	4.78
3/8/03	215		31	6			4.8	0.9	4.32	4.32
4/8/03	216		37	7			5.6	0.9	5.04	5.04
5/8/03	217		44	8			6.4	0.9	5.76	5.76
6/8/03	218		52	9			7.2	0.9	6.48	6.48
7/8/03	219		61	8			6.4	0.9	5.76	5.76
8/8/03	220		69	6			4.8	0.9	4.32	4.32
9/8/03	221	16.5	75	5.5			4.4	0.9	3.96	3.96
10/8/03	222		22	7			5.6	0.9	5.04	5.04
11/8/03	223		29	9			7.2	0.9	6.48	6.48
12/8/03	224		38	9			7.2	0.9	6.48	6.48
13/8/03	225		47	7			5.6	0.9	5.04	5.04
14/8/03	226	7	54	6			4.8	0.9	4.32	4.32
15/8/03	227		13	7			5.6	0.9	5.04	5.04

**Πίνακας 5.3** Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ( συνέχεια )

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξατμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(6) mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς ΕΤΓ=Κρ*Εραν 0,8*(5) mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In=ET <sub>r</sub> *Kc (8)*(9) mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας ETc=In+ΩB (10)+(7) mm
16/8/03	228		20	8			6.4	0.9	5.76	5.76
17/8/03	229		28	10			8	0.9	7.20	7.20
18/8/03	230		38	8			6.4	0.9	5.76	5.76
19/8/03	231		46	7			5.6	0.9	5.04	5.04
20/8/03	232		53	8			6.4	0.9	5.76	5.76
21/8/03	233		61	7			5.6	0.9	5.04	5.04
22/8/03	234	4	68	7			5.6	0.9	5.04	5.04
23/8/03	235		11	7			5.6	0.9	5.04	5.04
24/8/03	236		18	8			6.4	0.9	5.76	5.76
25/8/03	237		26	8			6.4	0.9	5.76	5.76
26/8/03	238		34	8			6.4	0.9	5.76	5.76
27/8/03	239		42	3			2.4	0.9	2.16	2.16
28/8/03	240	4	45	6			4.8	0.9	4.32	4.32
29/8/03	241		10	8			6.4	0.9	5.76	5.76
30/8/03	242		18	8			6.4	0.9	5.76	5.76
31/8/03	243		26	6			4.8	0.9	4.32	4.32
1/9/03	244		32	7			5.6	0.48	2.69	2.69
2/9/03	245	7	39	6			4.8	0.48	2.30	2.30
3/9/03	246		13	3	2.14	1.712	2.4	0.48	1.15	2.86
4/9/03	247		16	6			4.8	0.48	2.30	2.30
5/9/03	248		22	5			4	0.48	1.92	1.92
6/9/03	249		27	6			4.8	0.48	2.30	2.30
7/9/03	250		33	7			5.6	0.48	2.69	2.69
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>48.19</b>	<b>38.552</b>			<b>352.30</b>	<b>373.748</b>

## 5.16 Δόση και διάρκεια άρδευσης με βάση το εξατμισόμετρο

### Δόση άρδευσης

Η πρακτική δόση άρδευσης ( $I_d$ ) ισούται με τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό ( $I_n$ ). Στην παρούσα διατριβή η άρδευση γινόταν κάθε δύο ημέρες και η δόση άρδευσης για τις μεταχειρίσεις (E3) και (Y6) ήταν το 80% του αθροίσματος των ημερήσιων αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

### Ωριαίο ύψος βροχής

Για τον υπολογισμό της διάρκειας άρδευσης ( $I_t$ ) πρέπει να είναι γνωστό το ωριαίο ύψος βροχής το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{dh} \text{ (mm/h)} = q \cdot n / S_r \cdot S_t$$

όπου:

$q$  = Παροχή σταλάκτη (l/h)

$S_r$  = Ισαποχή των γραμμών σποράς (m)

$S_t$  = Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς (m)

$n$  = Αριθμός σταλακτών ανά φυτό

$$n = S_t / 2 \cdot S_e$$

όπου:

$S_e$  = Ισαποχή σταλακτών (m)

Ο αριθμός 2 αναφέρεται στην τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής σειρά παρά σειρά (απέχουν μεταξύ τους 1.90 m).

### Διάρκεια άρδευσης

Η διάρκεια άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$It (h) = Ida / Idh$$

όπου:

**Ida** = η δόση άρδευσης (mm)

**Idh** = το ωριαίο ύψος βροχής (mm/h)

Στον πίνακα 5.3 που ακολουθεί υπολογίζονται όλες οι παράμετροι που αναφερθήκαν παραπάνω για την άρδευση των μεταχειρίσεων E3 και Y6.

**Πίνακας 5.4.** Στοιχεία και τιμές των παραμέτρων.

Μεταχειρίσεις	E3 – Y6
q (l/h)	2.3
Se (m)	0.8
St (m)	0.07
n	0.044
Idh (mm/h)	1.51

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε το άθροισμα των ημερήσιων τιμών να μην ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή για ένα σύνολο ημερών. Σε αντίθετη περίπτωση, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η υγρασία του εδάφους να πλησιάζει την τιμή του σημείου μόνιμης μάρανσης, με δυσμενείς επιπτώσεις στην καλλιέργεια του βαμβακιού.

Στην παρούσα διατριβή, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η υγρασία του εδάφους ήταν κοντά στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας διότι το εύρος άρδευσης ήταν δύο ημέρες και μάλιστα, η στάγδην άρδευση άρχισε να εφαρμόζεται αμέσως μετά

την άρδευση με καρούλι, η οποία ανέβασε την υγρασία στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας.

Όμως οι μεταχειρίσεις E3 και Y6, που αρδεύονταν με το 80% των αναγκών τους σε νερό, μετά από κάθε άρδευση η ωφέλιμη υγρασία τους ήταν κατά 20 % μικρότερη σε σχέση με τη υδατοϊκανότητα αλλά και τις μεταχειρίσεις που αρδεύονταν με το 100% των αναγκών τους. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, θα περίμενε κανείς, η υγρασία του εδάφους να φτάνει στο σημείο μόνιμης μάρανσης εφόσον θα ελαττωνόταν κατά 20% κάθε φορά με δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή. Στην προκειμένη όμως περίπτωση μπορεί οι βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν κατά την καλλιεργητική περίοδο να είχαν σαν αποτέλεσμα την κάλυψη του ελλείμματος σε υγρασία των μεταχειρίσεων E3 και Y6, ώστε να μη σημειωθούν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και γενικά στην παραγωγή. Μπορεί επίσης να ειπωθεί ότι η μέθοδος του εξατμισόμετρου υπερεκτιμά τις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, με αποτέλεσμα οι μεταχειρίσεις που αρδεύονταν με το 80% των αναγκών να μην εμφανίζουν μειωμένη παραγωγή. Στην παρούσα διατριβή οι μεταχειρίσεις E3 και Y6 είχαν σχεδόν την ίδια απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι δηλαδή 376 kg/στρ και 371 kg/στρ αντίστοιχα

Στον πίνακα 5.5 ακολουθεί, παρουσιάζονται οι δόσεις και η διάρκεια των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Ο προγραμματισμός της δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών (παροχή σταλακτών, αποστάσεις φυτών επί της γραμμής, ωριαίο ύψος βροχής, διαστάσεις γραμμών άρδευσης και ισαποχή σταλακτών επί των γραμμών) για κάθε μεταχείριση χωριστά, με βάση τους μετρούμενους ρυθμούς ημερήσιας εξάτμισης.

Να σημειωθεί ότι (για πρακτικούς λόγους) η μεταχείριση Y6 αρδεύονταν με το 80% των αναγκών σε νερό της E3 ή το 64% των αναγκών της μεταχείρισης E2 η οποία αρδεύονταν επιφανειακά με το 100% των αναγκών της σε νερό. Θεωρήσαμε λοιπόν ότι στην E3 μεταχείριση έχουμε απώλειες νερού, μέσω της εξάτμισης, της τάξης του 20%. Άρα λοιπόν για να εφαρμοστεί η ίδια ποσότητα νερού και στην υπόγεια Y3 μεταχείριση, θα έπρεπε αυτή να αρδευτεί με το 80% της δόσης άρδευσης της επιφανειακής E3.

Για τη διευκόλυνση του προγραμματισμού της άρδευσης στον αγρό χρησιμοποιήθηκαν εκ των προτέρων οι πίνακες 5.6α, και 5.6β, που ακολουθούν, όπου με βάση την ένδειξη του εξατμισόμετρου (Epan) παραπέμπουν απευθείας στη δόση και στη διάρκεια της άρδευσης.

Πίνακας 5.5 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκειες των αρδεύσεων στις μεταχειρήσεις E3 80%ET και Y6 80%ET

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Y 100%ET & E 80%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Y 80%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET (5)/(9) h	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E80%ET (6)/(9) h	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET (7)/(9) h
29/6/03	180	3,30									
30/6/03	181	3,52	6,82								
1/7/03	182	4,08		6,82	5,456	4,364	0,044	1,52	4,48684	3,58947	2,87105
2/7/03	183	6,12	10,2								
3/7/03	184	6,80		10,2	8,16	6,528	0,044	1,52	6,71053	5,36842	4,29474
4/7/03	185	6,12	12,92								
5/7/03	186	10,88		12,92	10,336	8,268	0,044	1,52	8,5	6,8	5,43947
6/7/03	187	5,44	16,32								
7/7/03	188	6,12		16,32	13,056	10,444	0,044	1,52	10,73684	8,58947	6,87105
8/7/03	189	5,44	11,56								
9/7/03	190	4,76		11,56	9,248	7,398	0,044	1,52	7,60526	6,08421	4,86711
10/7/03	191	5,44	10,2								
11/7/03	192	5,44		10,2	8,16	6,528	0,044	1,52	6,71053	5,36842	4,29474
12/7/03	193	6,12	11,56								
13/7/03	194	6,12		11,56	9,248	7,398	0,044	1,52	7,60526	6,08421	4,86711
14/7/03	195	2,72	8,84								
15/7/03	196	5,44		8,84	7,072	5,657	0,044	1,52	5,81579	4,65263	3,72171
16/7/03	197	5,44	10,88								
17/7/03	198	8,16		10,88	8,704	6,963	0,044	1,52	7,15789	5,72632	4,58092
18/7/03	199	8,16	16,32								
19/7/03	200	-7,48		16,32	13,056	10,444	0,044	1,52	10,73684	8,58947	6,87105
20/7/03	201	4,76									

Παροχή σταλακτίρια : q = 2,3 l/h

Ισοποχή φυτών επί της σειράς : St = 0,07m

Αριθμός σταλακτιρίων ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2\*Se) = 0,044

Ισοποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισοποχή σταλακτιρίων : Se = 0,80m

Πίνακας 5.5 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στις μεταχειρήσεις E3 80%ET και Y6 80%ET (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Λθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Y 100%ET & E 80%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Y 80%ET mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET 5/9 h	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E 80%ET 6/9 h	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET 7/9 h
21/7/03	202	5,44									
22/7/03	203	5,44	8,16								
23/7/03	204	5,44		8,16	6,528	5,222	0,044	1,52	5,36842	4,29474	3,43553
24/7/03	205	6,12	11,56								
25/7/03	206	6,12		11,56	9,248	7,398	0,044	1,52	7,60526	6,08421	4,86711
26/7/03	207	6,8	12,92								
27/7/03	208	4,08		12,92	10,336	8,268	0,044	1,52	8,5	6,8	5,43947
28/7/03	209	4,76	8,84								
29/7/03	210	4,76		8,84	7,072	5,657	0,044	1,52	5,81579	4,65263	3,72171
30/7/03	211	4,08	8,84								
31/7/03	212	2,04		8,84	7,072	5,657	0,044	1,52	5,81579	4,65263	3,72171
1/8/03	213	1,08									
2/8/03	214	2,16									
3/8/03	215	4,32	9,6								
4/8/03	216	5,04		9,6	7,68	6,144	0,044	1,52	6,31579	5,05263	4,04211
5/8/03	217	5,76	10,8								
6/8/03	218	6,48		10,8	8,64	6,912	0,044	1,52	7,10526	5,68421	4,54797
7/8/03	219	5,76	12,24								
8/8/03	220	4,32		12,24	9,792	7,833	0,044	1,52	8,05263	6,44211	5,15329
9/8/03	221	3,96	8,28								
10/8/03	222	5,04		8,28	6,624	5,299	0,044	1,52	5,44737	4,35789	3,48618
11/8/03	223	6,48	11,52								

Παροχή σταλακτιήρα : q = 2,3 l/h

Ισαποχή φυτόν επί της σειράς : St = 0,07m

Αριθμός σταλακτιήρων ανά 2 σειρές φυτόν : n = St / (2\*Se) = 0,044

Ισαποχή σειρών φυτόν : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτιήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 5.5 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκειες των αρδεύσεων στις μεταχειρήσεις Ε3 80%ΕΤ και Υ6 80%ΕΤ (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθρέφς αντήκας In mm	Αθροισμα Καθάρων αναγκών mm	Δόση άρδευσης Ε 100%ΕΤ mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Υ 100%ΕΤ & Ε 80%ΕΤ mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	Δόση άρδευσης Υ 80%ΕΤ mm ή m <sup>3</sup> /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης Ε 100%ΕΤ h	Διάρκεια άρδευσης Υ 100%ΕΤ & Ε 80%ΕΤ h	Διάρκεια άρδευσης Υ 80%ΕΤ h
12/8/03	224	6,48		11,52	9,216	7,372	0,044	1,52	7,57895	6,06316	4,85
13/8/03	225	5,04	11,52								
14/8/03	226	4,32		11,52	9,216	7,372	0,044	1,52	7,57895	6,06316	4,85
15/8/03	227	5,04	9,36								
16/8/03	228	5,76		9,36	7,488	5,99	0,044	1,52	6,15789	4,92632	3,94079
17/8/03	229	7,2	12,96								
18/8/03	230	5,76		12,96	10,368	8,294	0,044	1,52	8,52632	6,82105	5,45658
19/8/03	231	5,04	10,8								
20/8/03	232	5,76		10,8	8,64	6,912	0,044	1,52	7,10526	5,68421	4,54737
21/8/03	233	5,04	10,8								
22/8/03	234	5,04		10,8	8,64	6,912	0,044	1,52	7,10526	5,68421	4,54737
23/8/03	235	5,04	10,08								
24/8/03	236	5,76		10,08	8,064	6,451	0,044	1,52	6,63158	5,30526	4,24408
25/8/03	237	5,76	11,52								
26/8/03	238	5,76		11,52	9,216	7,372	0,044	1,52	7,57895	6,06316	4,85
27/8/03	239	2,16									
28/8/03	240	4,32	12,24								
29/8/03	241	5,76		12,24	9,792	7,833	0,044	1,52	8,05263	6,44211	5,15329
30/8/03	242	5,76	11,52								
31/8/03	243	4,32		11,52	9,216	7,372	0,044	1,52	7,57895	6,06316	4,85
1/9/03	244	2,69	7,01								
2/9/03	245	2,30		9,36	7,488	5,99	0,044	1,52	6,15789	4,92632	3,94079

Παροχή σταλακτίρα : q = 2,3 l/h

Ισαποχή φυτών επί της σειράς : St = 0,07m

Αριθμός σταλακτρίων ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2\*Se) = 0,044

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτρίων : Se = 0,80m





Πίνακας 5.6α. Πρόγραμμα άρδευσης βαμβακιού κατά τον μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξημισιόμετρου

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Εξάτμιση Epan (mm)	Δόση Άρδευσης E 100% ET Ida=ET*0.8*Kc (mm)	Δόση άρδευσης Y 100%ET & E80%ET Ida=ET*0.8*Kc*0.8 (mm)	Δόση άρδευσης Y 80%ET Ida=ET*0.8*Kc*0.8*0.8 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n = St/(2*Se)	Ωραίο ύψος βροχής Idh = (q*n)/(Sr*St) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E80%ET (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET (h)
0	0	0	0	0.04	1.52	0	0	0
1	0.68	0.54	0.44	0.04	1.52	0.45	0.36	0.29
2	1.36	1.09	0.87	0.04	1.52	0.89	0.72	0.57
3	2.04	1.63	1.31	0.04	1.52	1.34	1.07	0.86
4	2.72	2.18	1.74	0.04	1.52	1.79	1.43	1.15
5	3.4	2.72	2.18	0.04	1.52	2.24	1.79	1.43
6	4.08	3.26	2.61	0.04	1.52	2.68	2.15	1.72
7	4.76	3.81	3.05	0.04	1.52	3.13	2.51	2
8	5.44	4.35	3.48	0.04	1.52	3.58	2.86	2.29
9	6.12	4.9	3.92	0.04	1.52	4.03	3.22	2.58
10	6.8	5.44	4.35	0.04	1.52	4.47	3.58	2.86
11	7.48	5.98	4.79	0.04	1.52	4.92	3.94	3.15
12	8.16	6.53	5.22	0.04	1.52	5.37	4.29	3.44
13	8.84	7.07	5.66	0.04	1.52	5.82	4.65	3.72
14	9.52	7.62	6.09	0.04	1.52	6.26	5.01	4.01
15	10.2	8.16	6.53	0.04	1.52	6.71	5.37	4.29
16	10.88	8.7	6.96	0.04	1.52	7.16	5.73	4.58
17	11.56	9.25	7.4	0.04	1.52	7.61	6.08	4.87
18	12.24	9.79	7.83	0.04	1.52	8.05	6.44	5.15
19	12.92	10.34	8.27	0.04	1.52	8.5	6.8	5.44
20	13.6	10.88	8.7	0.04	1.52	8.95	7.16	5.73

Πίνακας 5.6α. Πρόγραμμα άρδευσης βαμβακιού κατά τον μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Εξάτμιση Epan (mm)	Δόση Άρδευσης E 100% ET $I_{da} = ET * 0.8 * K_c$ (mm)	Δόση άρδευσης Y 100%ET & E80%ET $I_{da} = ET * 0.8 * K_c * 0.8$ (mm)	Δόση άρδευσης Y 80%ET $I_{da} = ET * 0.8 * K_c * 0.8 * 0.8$ (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $n = S_t / (2 * Se)$	Ωραίο ύψος βροχής $I_{dh} = (q * n) / (S_r * S_t)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET (5)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E80%ET (6)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET (6)/(9) (h)
21	14.28	11.42	9.14	0.04	1.52	9.39	7.52	6.01
22	14.96	11.97	9.57	0.04	1.52	9.84	7.87	6.3
23	15.64	12.51	10.01	0.04	1.52	10.29	8.23	6.59
24	16.32	13.06	10.44	0.04	1.52	10.74	8.59	6.87
25	17	13.6	10.88	0.04	1.52	11.18	8.95	7.16
26	17.68	14.14	11.32	0.04	1.52	11.63	9.31	7.44
27	18.36	14.69	11.75	0.04	1.52	12.08	9.66	7.73
28	19.04	15.23	12.19	0.04	1.52	12.53	10.02	8.02
29	19.72	15.78	12.62	0.04	1.52	12.97	10.38	8.3
30	20.4	16.32	13.06	0.04	1.52	13.42	10.74	8.59
31	21.08	16.86	13.49	0.04	1.52	13.87	11.09	8.88
32	21.76	17.41	13.93	0.04	1.52	14.32	11.45	9.16
33	22.44	17.95	14.36	0.04	1.52	14.76	11.81	9.45
34	23.12	18.5	14.8	0.04	1.52	15.21	12.17	9.73
35	23.8	19.04	15.23	0.04	1.52	15.66	12.53	10.02
36	24.48	19.58	15.67	0.04	1.52	16.11	12.88	10.31
37	25.16	20.13	16.1	0.04	1.52	16.55	13.24	10.59
38	25.84	20.67	16.54	0.04	1.52	17	13.6	10.88
39	26.52	21.22	16.97	0.04	1.52	17.45	13.96	11.17
40	27.2	21.76	17.41	0.04	1.52	17.89	14.32	11.45

**Πίνακας 5.6β.** Πρόγραμμα άρδευσης βαμβακιού κατά τον μήνα Αυγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξοριόμετρου (συνέχεια).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Εξόριση Epan (mm)	Δόση Άρδευσης E 100%ET Ida=ET*0.8*Kc (mm)	Δόση άρδευσης Y 100%ET &E80%ET Ida=ET*0.8*Kc*0.8 (mm)	Δόση άρδευσης Y 80%ET Ida=ET*0.8*Kc*0.8*0.8 (mm)	Σταλάκτες ανά φωτό n = St/(2*Se)	Ωραίο ύψος βροχής Idh = (q*n)/(S*St) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET (5)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E80%ET (6)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET (6)/(9) (h)
21	15.12	12.1	9.68	0.04	1.52	9.95	7.96	6.37
22	15.84	12.67	10.14	0.04	1.52	10.42	8.34	6.67
23	16.56	13.25	10.6	0.04	1.52	10.89	8.72	6.97
24	17.28	13.82	11.06	0.04	1.52	11.37	9.09	7.28
25	18	14.4	11.52	0.04	1.52	11.84	9.47	7.58
26	18.72	14.98	11.98	0.04	1.52	12.32	9.85	7.88
27	19.44	15.55	12.44	0.04	1.52	12.79	10.23	8.19
28	20.16	16.13	12.9	0.04	1.52	13.26	10.61	8.49
29	20.88	16.7	13.36	0.04	1.52	13.74	10.99	8.79
30	21.6	17.28	13.82	0.04	1.52	14.21	11.37	9.09
31	22.32	17.86	14.28	0.04	1.52	14.68	11.75	9.4
32	23.04	18.43	14.75	0.04	1.52	15.16	12.13	9.7
33	23.76	19.01	15.21	0.04	1.52	15.63	12.51	10
34	24.48	19.58	15.67	0.04	1.52	16.11	12.88	10.31
35	25.2	20.16	16.13	0.04	1.52	16.58	13.26	10.61
36	25.92	20.74	16.59	0.04	1.52	17.05	13.64	10.91
37	26.64	21.31	17.05	0.04	1.52	17.53	14.02	11.22
38	27.36	21.89	17.51	0.04	1.52	18	14.4	11.52
39	28.08	22.46	17.97	0.04	1.52	18.47	14.78	11.82
40	28.8	23.04	18.43	0.04	1.52	18.95	15.16	12.13

Πίνακας 5.6β. Πρόγραμμα άρδευσης βαμβακιού κατά τον μήνα Αυγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξαιρισίμετρου (συνέχεια).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Εξάμιση Εραν (mm)	Δόση Άρδευσης E 100%ET $I_{da}=ET*0.8*Kc$ (mm)	Δόση άρδευσης Y 100%ET & E80%ET $I_{da}=ET*0.8*Kc*0.8$ (mm)	Δόση άρδευσης Y 80%ET $I_{da}=ET*0.8*Kc*0.8*0.8$ (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $n = St/(2*Se)$	Ωραίο ύψος βροχής $I_{dh} = (q*n)/(St*St)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET (5)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 100%ET & E80%ET (6)/(9) (h)	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET (6)/(9) (h)
21	15.12	12.1	9.68	0.04	1.52	9.95	7.96	6.37
22	15.84	12.67	10.14	0.04	1.52	10.42	8.34	6.67
23	16.56	13.25	10.6	0.04	1.52	10.89	8.72	6.97
24	17.28	13.82	11.06	0.04	1.52	11.37	9.09	7.28
25	18	14.4	11.52	0.04	1.52	11.84	9.47	7.58
26	18.72	14.98	11.98	0.04	1.52	12.32	9.85	7.88
27	19.44	15.55	12.44	0.04	1.52	12.79	10.23	8.19
28	20.16	16.13	12.9	0.04	1.52	13.26	10.61	8.49
29	20.88	16.7	13.36	0.04	1.52	13.74	10.99	8.79
30	21.6	17.28	13.82	0.04	1.52	14.21	11.37	9.09
31	22.32	17.86	14.28	0.04	1.52	14.68	11.75	9.4
32	23.04	18.43	14.75	0.04	1.52	15.16	12.13	9.7
33	23.76	19.01	15.21	0.04	1.52	15.63	12.51	10
34	24.48	19.58	15.67	0.04	1.52	16.11	12.88	10.31
35	25.2	20.16	16.13	0.04	1.52	16.58	13.26	10.61
36	25.92	20.74	16.59	0.04	1.52	17.05	13.64	10.91
37	26.64	21.31	17.05	0.04	1.52	17.53	14.02	11.22
38	27.36	21.89	17.51	0.04	1.52	18	14.4	11.52
39	28.08	22.46	17.97	0.04	1.52	18.47	14.78	11.82
40	28.8	23.04	18.43	0.04	1.52	18.95	15.16	12.13

### 5.17 Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κατά τις αρδεύσεις φυτρώματος και ανάπτυξης, εφαρμόστηκαν συνολικά έξι αρδεύσεις με συνολική ποσότητα νερού 265 mm. Από τις 15 Ιουλίου, που εμφανίστηκαν τα πρώτα καρποφόρα όργανα, μέχρι τα τέλη Αυγούστου εφαρμόστηκε η στάγδην άρδευση. Πραγματοποιήθηκαν 26 αρδεύσεις (στάγδην άρδευση) με συνολική ποσότητα νερού 207.33 mm για την Ε3 μεταχείριση και 165.95 mm για την Υ6 μεταχείριση.

Στις ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν, πρέπει να προτεθεί και ένα μέρος από τα 48.19mm βροχής που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το ποσοστό του νερού της βροχής που δεσμεύει το έδαφος εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, την κλίση του, την φυτοκάλυψη, την ένταση και τη διάρκεια της βροχόπτωσης αλλά και το ποσοστό κορεσμού του εδάφους με νερό. Συνυπολογίζοντας λοιπόν τους παραπάνω παράγοντες και χρησιμοποιώντας τον συντελεστή ωφελιμότητας βροχής ίσο με 0.8, προκύπτει ότι το βρόχινο νερό που δεσμεύτηκε από τον αγρό ισούται με  $48.19 \cdot 0.8 = 38.55$  mm.

Έτσι λοιπόν ο συνολικός όγκος νερού που δέχθηκαν οι μεταχειρίσεις Ε3 και Υ6 είναι 510.88 mm και 469.5 mm αντίστοιχα.

Στον πίνακα 5.7 που ακολουθεί καταγράφονται αρχικά οι αρδεύσεις φυτρώματος και ανάπτυξης των βαμβακοφύτων. Στη συνέχεια καταγράφονται οι αρδεύσεις που γίνανε με την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης από 15 Ιουλίου μέχρι και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

**Πίνακας 5.7** Ημερομηνία και δόση άρδευσης για τις μεταχειρίσεις Ε3 και Υ6.

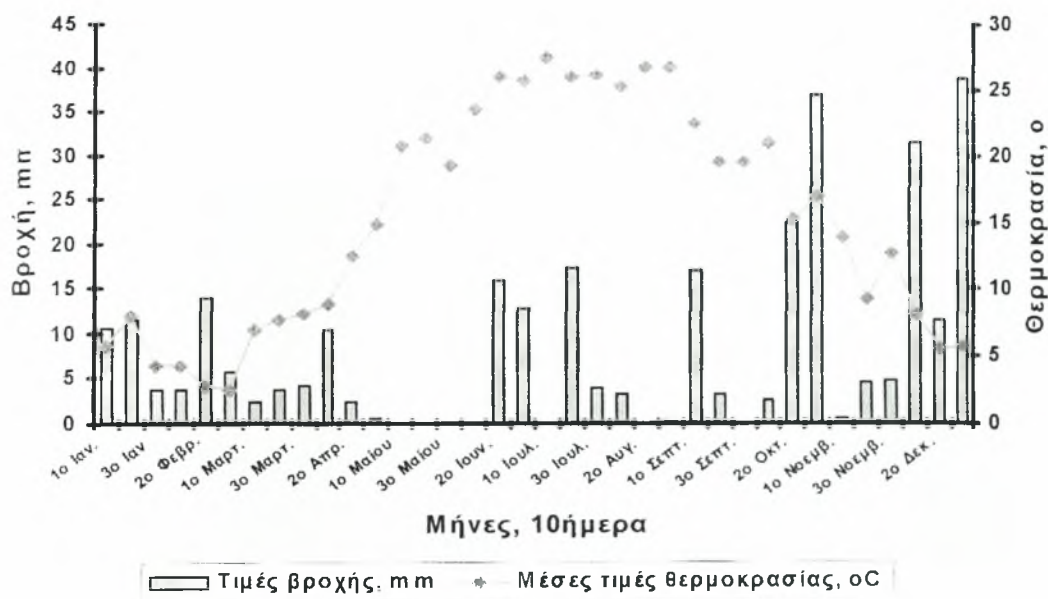
Ημερομηνία	Δόση Άρδευσης (mm)		Ημερομηνία	Δόση Άρδευσης (mm)		Ημερομηνία	Δόση Άρδευσης (mm)	
	Μεταχειρίσεις			Μεταχειρίσεις			Μεταχειρίσεις	
	Ε3	Υ6		Ε3	Υ6		Ε3	Υ6
10/5	30	30	29/7	7.072	5.657	24/8	8.064	6.541
17/5	30	30	31/7	7.072	5.657	26/8	9.216	7.372
11/6	40	40	4/8	7.68	6.144	29/8	9.729	7.833
29/6	55	55	6/8	8.64	6.912	31/8	9.216	7.372
8/7	55	55	8/8	9.792	7.833	2/9	7.488	5.99
14/7	55	55	10/8	6.624	5.299	4/9	2.76	2.21
15/7	7.072	5.657	12/8	9.216	7.372	6/9	3.38	2.70
17/7	8.704	6.963	14/8	9.216	7.372	8/9	3.99	3.19
19/7	13.056	10.444	16/8	7.488	5.99			
23/7	6.528	5.222	18/8	10.368	8.294			
25/7	9.248	7.398	20/8	8.64	6.912		<b>Ε3</b>	<b>Υ6</b>
27/7	10.336	8.268	22/8	8.64	6.912	Σύνολο	472.33	430.5

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 6.1 Κλιματικά δεδομένα περιόδου 2003

Στο γράφημα 6.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται, ανά δεκαήμερο, οι τιμές της βροχόπτωσης και της μέσης θερμοκρασίας του 24ώρου κατά τη διάρκεια του έτους 2003 στην περιοχή του Βελεστίνου Μαγνησίας, όπου διεξήχθη το πείραμα.



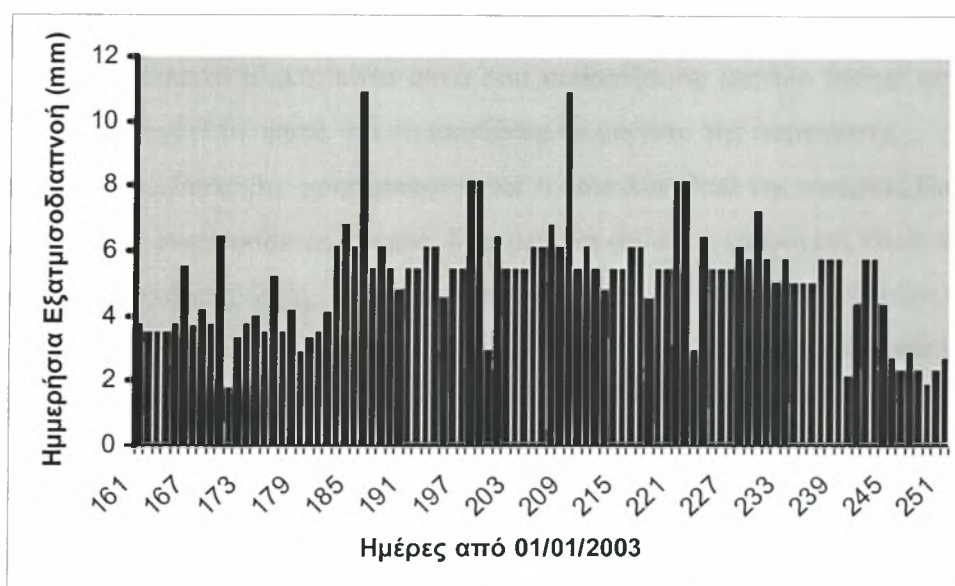
**Γράφημα 6.1** Τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Σύμφωνα με το γράφημα, δεν σημειώθηκαν βροχοπτώσεις από την περίοδο σποράς (10 Μαΐου) μέχρι και το πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου με αποτέλεσμα οι ανάγκες τις καλλιέργειας σε νερό να καλύπτονται εξολοκλήρου με άρδευση (καταιονισμό). Από το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουνίου και μέχρι το τέλος της αρδευτικής περιόδου (αρχές Σεπτεμβρίου), σημειώθηκαν συνολικά δώδεκα βροχοπτώσεις με συνολικό ύψος βροχής 48.19 mm από τα οποία τα 38.55 mm ήταν ωφέλιμα για την καλλιέργεια. Αν και οι βροχοπτώσεις αυτές δεν ήταν μεγάλου ύψους, αξιοποιήθηκαν από την καλλιέργεια η οποία βρισκόταν την περίοδο αυτή σε πλήρη καρποφορία.



Το γεγονός των μειωμένων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, συντελεί στην πιο ξεκάθαρη αξιολόγηση των μεθόδων άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν ως προς τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του βαμβακιού, μιας και οι αναγκαίες για την καλλιέργεια ποσότητες νερού χορηγήθηκαν κυρίως μέσω άρδευσης.

Η θερμοκρασία κατά την καλλιεργητική περίοδο κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα (μέσες θερμοκρασίες 24ώρου μεγαλύτερες των 25°C). Οι συνθήκες αυτές προκάλεσαν έντονη εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, όπως προκύπτει από το γράφημα 6.2 που ακολουθεί. Η μεγαλύτερη τιμή εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (10.88mm) σημειώθηκε στις 5/7 (186 ημέρες από 1/1/2003). Την ημέρα εκείνη σημειώθηκε και η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία 24ώρου (41 °C, γράφημα 6.1).



**Γράφημα 6.2 Εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας**

## 6.2 Μετρήσεις ύψους φυτών.

Η εξέλιξη της ανάπτυξης της καλλιέργειας βαμβακιού είναι καθοριστικός παράγοντας, ως προς τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, ο οποίος εξαρτάται από τον τρόπο άρδευσης και οπωσδήποτε από τη δόση άρδευσης που εφαρμόζεται κάθε φορά. (30)

Για το λόγω αυτό η εξέλιξη του ύψους των φυτών αποτελούσε καθοριστικό σημείο ελέγχου για τη σύγκριση των συστημάτων άρδευσης αλλά των δόσεων άρδευσης. Η ανάπτυξη των φυτών στην βαμβακοκαλλιέργεια είναι μια διαδικασία που καθορίζει την τελική παραγωγή. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ανάπτυξη της καλλιέργειας πρέπει να συμβαδίζει με την καρποφορία.

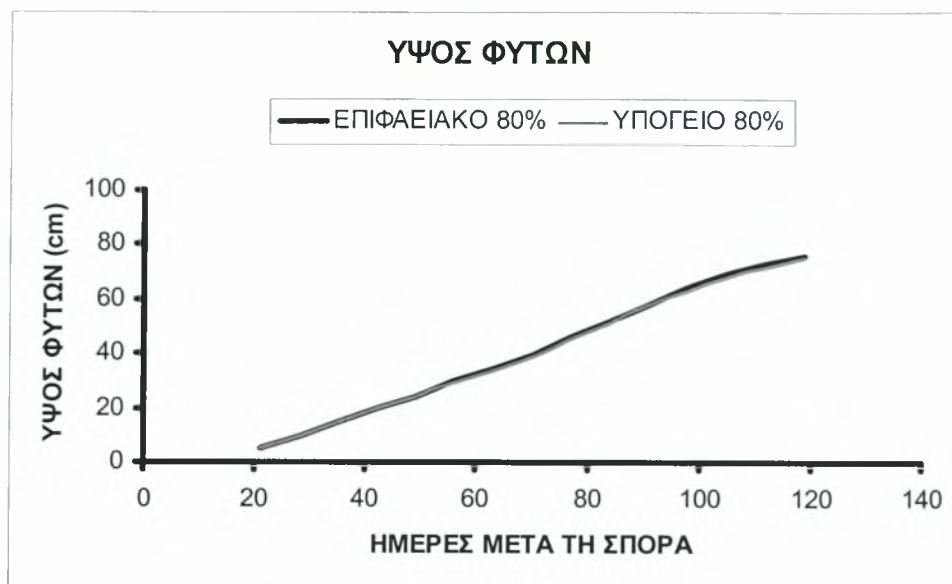
Υπερβολική ανάπτυξη στα πρώτα στάδια λειτουργεί αποτρεπτικά στην έναρξη της καρποφορίας. Μειωμένη ανάπτυξη σημαίνει πρόωρη έναρξη καρποφορίας και μείωση του αριθμού των καρποφόρων οργάνων. Πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί με την “αναβλάστηση” στα τέλη Αυγούστου. Δηλαδή το φυτό μετά από μια πρόωμη περίοδο καρποφορίας και με την παρουσία πλεονάσματος υγρασίας στο ριζικό του σύστημα, μπορεί να προκαλέσει συνέχιση της βλάστησης στην κορυφή του φυτού, εις βάρος της καρποφορίας. (3)

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

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία Opal της εταιρίας Delta Pine. Η ποικιλία αυτή αναπτύσσεται αρκετά, έχει μεγάλη φυλλική επιφάνεια και η ανάπτυξή της, για μια καλή απόδοση, είναι περίπου 100 cm. Το βαθύ ριζικό σύστημα που αναπτύσσει κάνει τα φυτά αρκετά μεγάλα και με τάση ανάπτυξης σκόμη και κατά την περίοδο της καρποφορίας. (2)

Κάθε εβδομάδα γινόταν μετρήσεις του ύψους των φυτών από τις δύο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου. Γινόταν καταγραφή του ύψους των φυτών που αντιστοιχούσαν σε ένα μέτρο της σειράς. Η επιλογή των φυτών σε κάθε μέτρηση ήταν τυχαία.

Στο γράφημα 6.3 που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη του ύψους των φυτών από την περίοδο της πρώτης ανάπτυξης των φυταρίων μέχρι την εποχή που σταθεροποιείται η ανάπτυξή τους, δηλαδή στα μέσα Αυγούστου. Οι τιμές προκύπτουν από τον μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών μετρήσεων σε κάθε μεταχείριση, για κάθε ημερομηνία,



**Γράφημα 6.3.** Εξέλιξη του ύψους φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.

Σύμφωνα με το γράφημα, το ύψος των φυτών και των δύο μεταχειρίσεων αυξανόταν σχεδόν με τον ίδιο ρυθμό κατά τη διάρκεια της βλαστικής τους περιόδου και μάλιστα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών σε ποσοστό σημαντικότητας 95%. ( $p=0.05$ ). Η ομοιότητα στην ανάπτυξη του ύψους των δύο μεταχειρίσεων σημαίνει ότι τα φυτά αναπτύχθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες υγρασίας.

Στους πίνακες 6.1 και 6.2 που ακολουθούν καταγράφονται οι τιμές του ύψους των φυτών για τις μεταχειρίσεις Ε3 και Υ6. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναλήψεων για κάθε μεταχείριση ανά ημερομηνία.

Επιφανειακό 80%						
Πειραμ/τικό τεμάχιο 4	Πειραμ/τικό τεμάχιο 8	Πειραμ/τικό τεμάχιο 18	Πειραμ/τικό τεμάχιο 23	Μέσο ύψος (cm)	Ημερομηνία	Μέρες από σπορά
5	5	4	5	4.75	1/6	21
10	10	9	9	9.5	8/6	28
15	15	14	14	14.5	15/6	35
20	19	19	20	19.5	22/6	42
25	24	23	25	24.25	29/6	49
31	30	29	29	29.75	6/7	56
36	35	32	34	34.25	13/7	63
42	39	37	41	39.75	20/7	70
49	46	43	46	46	27/7	77
54	53	49	50	51.5	3/8	84
62	60	54	56	58	10/8	91
68	66	62	61	64.25	17/8	98
73	71	66	66	69	24/8	105
77	74	70	70	72.75	31/8	112
80	78	73	74	<b>76.25</b>	7/9	119

Πίνακας 6.1. Μετρήσεις ύψους φυτών για την μεταχείριση Ε3.

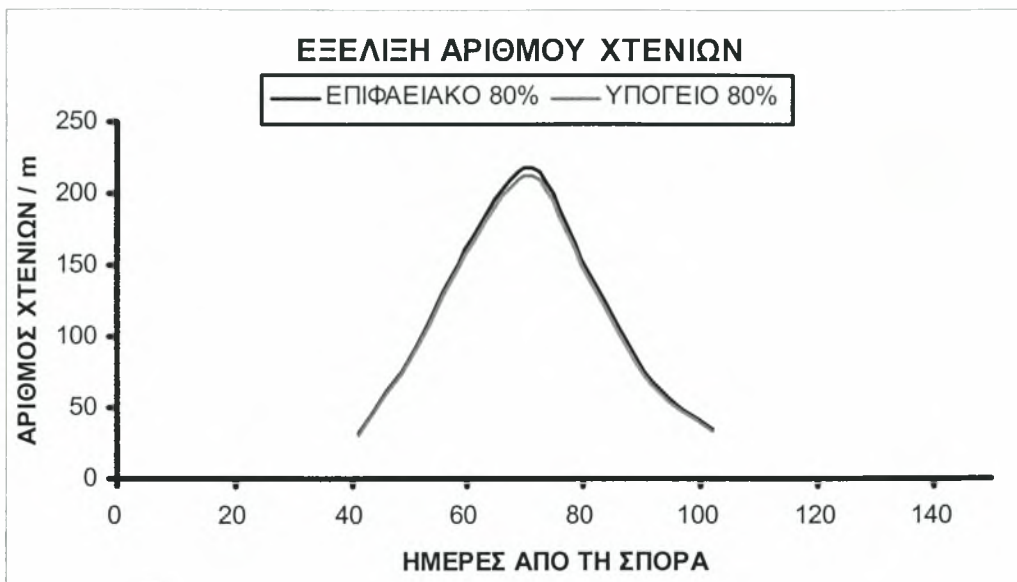
Υπόγειο 80%						
Πειραμ/τικό τεμάχιο 4	Πειραμ/τικό τεμάχιο 8	Πειραμ/τικό τεμάχιο 18	Πειραμ/τικό τεμάχιο 23	Μέσο ύψος (cm)	Ημερομηνία	Μέρες από σπορά
5	5	4	5	4.75	1/6	21
10	10	9	9	9.5	8/6	28
15	15	14	14	14.5	15/6	35
20	19	19	20	19.5	22/6	42
24	24	23	25	24	29/6	49
29	30	29	29	29.25	6/7	56
33	35	32	34	33.5	13/7	63
39	39	37	41	39	20/7	70
45	46	43	46	45	27/7	77
52	53	49	50	51	3/8	84
60	60	54	56	57.5	10/8	91
65	66	60	61	63	17/8	98
70	70	66	66	68	24/8	105
73	74	70	70	71.75	31/8	112
77	78	73	74	<b>75.5</b>	7/9	119

Πίνακας 6.2. Μετρήσεις ύψους φυτών για την μεταχείριση Υ6.

### 6.3 Μετρήσεις καρποφόρων οργάνων

Με την ανάπτυξη της καλλιέργειας γινόταν και η καταγραφή των καρποφόρων οργάνων σε εβδομαδιαία βάση. Η καταγραφή αφορούσε μετρήσεις χτενιών και καρυδιών των βαμβακοφύτων. Οι μετρήσεις γινόταν τυχαία σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και καταγράφονταν ο αριθμός των καρποφόρων οργάνων από ένα μέτρο της καλλιέργειας. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο οι μετρήσεις γινόταν από τις δύο μεσαίες σειρές.

Στα γραφήματα 6.4 και 6.5 που ακολουθούν καθώς και στους πίνακες 6.3 και 6.4 καταγράφονται η εξέλιξη της καρποφορίας των μεταχειρίσεων Ε3 και Υ6 κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου της καλλιέργειας.



Γράφημα 6.4. Εξέλιξη αριθμού χτενιών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.



Γράφημα 6.5. Εξέλιξη αριθμού καρυδιών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

**Πίνακας 6.3** Εξέλιξη αριθμού καρυδιών για την Ε3 μεταχείριση.

<b>Επιφανειακό 80%</b>						
<b>4</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>Μ.Ο.</b>	<b>Ημερομ.</b>	<b>Μέρες από σπορά</b>
28	30	25	33	29	20/7	70
48	52	46	54	50	27/7	77
65	70	60	73	67	3/8	84
77	82	72	85	79	10/8	91
86	92	84	94	89	17/8	98
92	98	94	100	<b>96</b>	24/8	105

**Πίνακας 6.4** Εξέλιξη αριθμού καρυδιών για την Υ6 μεταχείριση.

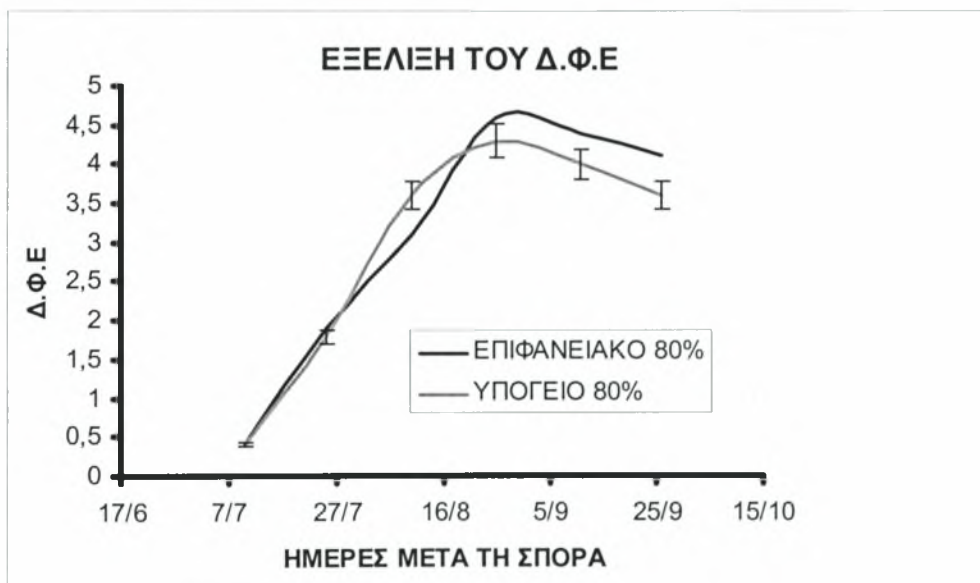
<b>Υπόγειο 80%</b>						
<b>6</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>Μ.Ο.</b>	<b>Ημερομ.</b>	<b>Μέρες από σπορά</b>
30	27	32	27	29	20/7	70
49	48	50	45	48	27/7	77
64	62	68	66	65	3/8	84
76	73	81	78	77	10/8	91
84	79	91	86	85	17/8	98
90	86	98	94	<b>92</b>	24/8	105

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω γραφήματα, η εξέλιξη του αριθμού των καρποφόρων οργάνων και στις δύο μεταχειρίσεις ακολούθησε σχεδόν τον ίδιο ρυθμό. Και στα δύο όμως γραφήματα παρατηρούμε σε κάποιες χρονικές στιγμές της βλαστικής περιόδου αυξημένο αριθμό καρποφόρων οργάνων υπέρ της Ε3 μεταχείρισης. Αλλά από τη στατιστική επεξεργασία, σε ποσοστό σημαντικότητας 95% ( $p=0.05$ ), προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον αριθμό των καρποφόρων οργάνων των δύο μεταχειρίσεων.

#### 6.4 Μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας

Οι μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας γινόταν τυχαία από τις δύο μεσαίες σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου και λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις από κάθε ανάληψη.

Στο γράφημα 6.6 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας για τις μεταχειρίσεις Ε3 και Υ6.



Γράφημα 6.6. Εξέλιξη του Δ.Φ.Ε

Σύμφωνα με το γράφημα 6.6, μέχρι τα τέλη Ιουλίου η τιμή του Δ.Φ.Ε ήταν η ίδια και για της δύο μεταχειρίσεις. Στη συνέχεια παρατηρούμε μεγαλύτερη αύξηση του δείκτη για την υπόγεια μεταχείριση μέχρι τα μισά του Αυγούστου. Στη συνέχεια στον



πίνακα 6.5 που ακολουθεί καταγράφονται οι τιμές του Δ.Φ.Ε για κάθε μέτρηση που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

**Πίνακας 6.5.** Τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.

Δείκτης φυλλικής επιφάνειας		
Μετρήσεις	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων
<b>1η μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	0.4
10/7	Υπόγεια 80%	0.4
<b>2<sup>η</sup> μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	1.9
25/7	Υπόγεια 80%	1.8
<b>3<sup>η</sup> μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	3.1
10/8	Υπόγεια 80%	3.6
<b>4<sup>η</sup> μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	4.6
26/8	Υπόγεια 80%	4.3
<b>5<sup>η</sup> μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	4.4
11/9	Υπόγεια 80%	4
<b>6<sup>η</sup> μέτρηση</b>		
	Επιφ.80%	4.1
26/9	Υπόγεια 80%	3.6

### 6.5 Μέτρηση παραγωγής

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 20 Οκτωβρίου του 2003. Το σύσπορο βαμβάκι συγκομίστηκε με το χέρι από τις δύο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου (2m από κάθε σειρά) και συλλέχθηκε από δύο μέτρα τις κάθε σειράς. Στη συνέχεια ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας και έγινε η αναγωγή της απόδοσης σε Kg/στρ για κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Οι ευνοϊκές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν κατά την περίοδο ωρίμανσης των καρυδιών είχαν σαν αποτέλεσμα να ανοίξουν οι κάψες σε ποσοστό κοντά στο 100% και μάλιστα χωρίς τη χρήση ορμονικού σκευάσματος (ωρίμανσης ή αποφύλλωσης).

Η μέση παραγωγή για την επιφανειακή μεταχείριση (E3 80%) ήταν  $371 \pm 12.51$  Kg/στρ ενώ για την υπόγεια μεταχείριση (Y6 80%) η μέση απόδοση ανήρθε στα  $376.25 \pm 11.91$  Kg/στρ. Να σημειωθεί όμως ότι οι αποδόσεις αυτές αφορούν συλλογή με το χέρι και όχι με βαμβακοσυλεκτική μηχανή στην οποία οι απώλειες ξεπερνούν το 5-10% της παραγωγής όταν η συλλογή γίνεται σε ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης των καρυδιών.

Στον πίνακα 6.6 που ακολουθεί καταγράφονται οι αποδόσεις κάθε πειραματικού τεμαχίου καθώς και η μέση απόδοση της κάθε μεταχείρισης.

**Πίνακας 6.6.** Αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι για τις μεταχειρίσεις E3 και Y6.

Μεταχείριση	Επαναλήψεις				M.O	C.V	S.D
	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	3 <sup>η</sup>	4 <sup>η</sup>			
E3 80%	358	379	383	364	371	0.03	12.51
Y6 80%	370	383,5	389,5	362	376,25	0.03	11.91

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, η υπόγεια μεταχείριση παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι (5.25 Kg/στρ) έναντι της επιφανειακής. Από τη στατιστική επεξεργασία όμως προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων σε ποσοστό σημαντικότητας 95%.

Το μέσο βάρος βαμβακιού ανά κάψα ανέρχεται σε 4g για την E3 μεταχείριση και 3.9 για την Y6 και είναι πολύ κοντά στο μέσο βάρος της ποικιλίας, σύμφωνα με την εταιρία Delta Pine, δηλαδή 4.5g. πράγμα που σημαίνει ότι ο κύκλος του φυτού ολοκληρώθηκε με επιτυχία.

Στο γράφημα 6.7 που ακολουθεί φαίνονται οι διαφορές σε σύσπορο βαμβάκι μεταξύ των μεταχειρίσεων E3 και Y6.



**Γράφημα 6.7.** Απόδοση των μεταχειρίσεων E3 και Y6 σε σύσπορο βαμβάκι.

## 6.6 Οικονομική ανάλυση αποτελεσμάτων

### 6.6.1 Αποδοτικότητα νερού άρδευσης

Η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε μέσω άρδευσης είναι 472.33 mm για την E3 μεταχείριση και 430.95 mm για την Y6 μεταχείριση οι οποίες δέχθηκαν το 80% των αναγκών τους σε νερό. Ένα επιπλέον ποσό ύδατος 48.19 mm δέχθηκε η καλλιέργεια από βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου ( πρώτο 15ήμερο Ιουλίου - πρώτο 10ήμερο Σεπτεμβρίου), το ωφέλιμο ύψος της οποίας ήταν 38.55mm.

Η αποδοτικότητα του νερού άρδευσης

για την μεταχείριση E3 ισούται με  $472.33/371 = 1.27$

για τη μεταχείριση Y6 ισούται με  $430.95/376.25 = 1,14$

Παρατηρείται λοιπόν ότι η αποδοτικότητα του νερού άρδευσης στην επιφανειακή μεταχείριση είναι μεγαλύτερη κατά 1.3 % έναντι της υπόγειας.

Αντίθετα, μεγαλύτερη αποδοτικότητα του νερού άρδευσης στην ΥΣΑ παρατηρήθηκε από τους Kalfountzos et all στην περιοχή της Λάρισας κατά τα έτη 2001 και 2002. (39)

### 6.6.2 Αξία της παραγωγής για κάθε μεταχείριση

Όπως αναφέρθηκε, η υπόγεια μεταχείριση παρουσίασε μεγαλύτερη απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι κατά 5.25 Kg/στρ σε σχέση με την επιφανειακή μεταχείριση.

Η τιμή του σύσπορου βαμβακιού για το έτος 2003 ήταν 0.9€ / Kg. Έτσι λοιπόν η αξία της παραγωγής είναι :

για την επιφανειακή μεταχείριση **371 Kg/στρ\* 0.9€ / Kg = 334 € /στρ,**

για την υπόγεια μεταχείριση **376.25 Kg/στρ\* 0.9€ / Kg = 339 € /στρ.**

Παρατηρείται λοιπόν ότι εφαρμόζοντας την E3 μεταχείριση έναντι της Y6 έχουμε κέρδος 5 €/στρ. Γνωρίζουμε επίσης ότι ο μέσος κλήρος στην Ελλάδα είναι 50 στρέμματα. Άρα λοιπόν, το κέρδος για τον παραγωγό που την καλλιεργητική περίοδο 2003 καλλιεργήσε 50 στρέμματα με βαμβάκι θα είναι 5 €/στρ\* 50 στρ = 250 €.

Έτσι λοιπόν εφαρμόζοντας την YΣΑ έναντι της ΕΣΑ έχουμε μικρότερη αποδοτικότητα του νερού άρδευσης κατά 1.3%, αλλά μεγαλύτερο χρηματικό κέρδος κατά 5 €/στρ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διερεύνηση της επίδρασης δύο συγχρόνων μεθόδων άρδευσης (επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης με κάλυψη του 80% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό), στα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του βαμβακιού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2003, οδήγησε στη διεξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

1. Από τη διερεύνηση της απόδοσης σε σύσπορο βαμβάκι υπό την επίδραση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης, παρατηρήθηκε υπεροχή της υπόγειας μεταχείρισης (E3 80%) με μέση απόδοση 376.25 Kg/στρ. σε σχέση με την επιφανειακή μεταχείριση (Y6 80%) με μέση απόδοση 371 Kg/στρ. Να σημειωθεί ότι από την σύγκριση των μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
2. Η εφαρμογή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα του νερού άρδευσης κατά 1.3 % σε σχέση με την υπόγεια στάγδην άρδευση.
3. Με την ίδια κατανάλωση νερού, η υπόγεια μεταχείριση παρουσίασε αυξημένη απόδοση κατά 5.25 Kg/στρ. σε σχέση με την επιφανειακή, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
4. Η χρηματική αξία της παραγωγής βρέθηκε να είναι ελάχιστα μεγαλύτερη υπέρ της υπόγειας μεταχείρισης κατά 5 €/στρ.
5. Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο τελικό ύψος των φυτών αλλά και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

6. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Δ.Φ.Ε) παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, αρχικά υπέρ της υπόγειας μεταχείρισης και στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου υπέρ της επιφανειακής.
7. Ο τελικός αριθμός καρυδιών ανά μέτρο φάνηκε ότι δεν επηρεάζει την απόδοση. Έτσι λοιπόν, αν και η επιφανειακή μεταχείριση είχε υψηλότερο αριθμό καρυδιών (αλλά όχι στατιστικά σημαντικό) ανά μέτρο καλλιέργειας, η υπόγεια μεταχείριση παρουσίασε μεγαλύτερη απόδοση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

- 1) **Αλεξίου, Ι., Καρφούντζος, Δ., Κωτσόπουλος, Σ., Βύρλας, Π., Καμπέλη, Σ.,** 2003. Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού. Πρακτικά, 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 199-206. Θεσσαλονίκη
- 2) **Ανδριώτης, Σ.** Οδηγός διαχείρισης νερού στο βαμβάκι. Delta Pine
- 3) **Βλάχος, Κ. Β.,** 2004. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμογή ίδιας ποσότητας νερού από σταλάκτες διαφορετικής παροχής και ισαποχής. Πτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Βόλος
- 4) **Γαλανοπούλου - Σενδουκά, Στέλλα.** 2002. Βιομηχανικά Φυτά. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα
- 5) **Δημοπούλου, Καλλιρόη,** 2005. Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά των τεύτλων. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Βόλος
- 6) **Διάφοροι,** 1996. Μέθοδοι άρδευσης και αρδευτικά συστήματα – Μηχανήματα για τη γεωργία. Γεωργία και Κτηνοτροφία, τεύχος 25, σελ. 48-57.
- 7) **Καλόγηρος, Κ.Η.,** 1994. Σημασία της καλλιέργειας του βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία. Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ, «Το Ελληνικό Βαμβάκι στην Ευρώπη», σελ 13-23. Λάρισα.
- 8) **Καρφούντζος, Δ.,** 2002. Παραδόσεις του μαθήματος Υδατοκατανάλωση Καλλιεργειών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος
- 9) **Καρφούντζος Δ., Αλεξίου Ι., Βύρλας Π., Κωτσόπουλος Σ., Ζέρβα Γ.,** 2003. Σχέση νερού και ποιοτικών χαρακτηριστικών βαμβακιού. Πρακτικά, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής. Θεσσαλονίκη.

- 10) **Καπετάνος, Δ. Β.,** 2003. Σύγκριση σύγχρονων μεθόδων άρδευσης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Βόλος
- 11) **Κωσταντινίδης, Κ.,** 1985. Άρδευση και συστήματα αρδεύσεων. Εκδοτικός οίκος Σάκκουλα. Θεσσαλονίκη.
- 12) **Κωτσόπουλος, Σ., Αλεξίου, Ι., Καλφούντζος, Δ., Ζέρβα, Γ., Καταφυγιώτης, Α.,** 2003. Απλοποιημένες εξισώσεις υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Πρακτικά, 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 61-68. Θεσσαλονίκη
- 13) **Λόλας, Χ., Π.,** 2005. Παραδόσεις του μαθήματος Φυσιολογία φυτού. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, εργαστήριο Ζιζανιολογίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος
- 14) **Μαρέτης, Κ.,** 1981. Οικολογία βάμβακος – Φυτό – Έδαφος – Βιολογικοί παράγοντες.
- 15) **Μητσιοι, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιοι, Φ. και Φλωράς, Σ.,** 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
- 16) **Μιχελάκης, Ν.,** 1998. Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., σελ. 319
- 17) **Οργανισμός βάμβακος,** 1996. Άρδευση του βαμβακιού. Έκθεση καλλιέργειας του βαμβακιού.
- 18) **Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ.,** 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- 19) **Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.,** 1997. Σχεδίαση και Υπολογισμός Αρδευτικών Συστημάτων με Σταλακτήρες. Έκδοση Ι.Ε.Β. Σίνδου, σελ 58
- 20) **Παπαθανασίου Ι., Καραμούτης Χρ., Καβαλάρης Χρ., Παπαμηχαήλ Δ., Γέμτος Θ.Α.,** 2003. Ανάπτυξη βαμβακιού κάτω από κατεργασία υπεδαφοκαλλιεργητή με αβαθή στελέχη. Πρακτικά, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, σελ 87-94. Θεσσαλονίκη.
- 21) **Παπαμηχαήλ, Μ. Δ.,** 2001. Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούδη. Θεσσαλονίκη.



- 22) **Ροδιάτης, Α.** 2003. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμογή ίδιας ποσότητας νερού σε διαφορετικό εύρος άρδευσης. Πτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Βόλος
- 23) **Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ.** Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου. Υδροτεχνικά. Τόμος 6, σελ 62-67.
- 24) **Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., Καλφούντζος, Δ. και Παπανίκος, Ν.,** 2000. Αξιολόγηση της επιφανειακής και υποεπιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. Πρακτικά, 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, σελ 157-164. Βόλος.
- 25) **Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης, Δ., Βουλτάνης, Π., Νάκος, Ν., Δαναλάτος, Ν.** 2003. Επίδραση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου. Πρακτικά, 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 183-190. Θεσσαλονίκη
- 26) **Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ.,** 2004. Παραδόσεις του μαθήματος Άρδευεις – Στραγγίσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος
- 26<sup>α</sup>) **Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Ντιούδης, Π., Τερζίδης, Γ., Μασλάρης, Ν., Νούσιος, Γ.,** 2003. Διαφορετικές διατάξεις άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων.
- 27) **Σουϊπας, Σ.Δ., Λόλας, Π.Χ., Γέμτος, Θ.Α.,** 2003. Επίδραση τρόπου-χρόνου κατεργασίας του εδάφους και εφαρμογής ζιζανιοκτόνων στην εμφάνιση των ζιζανίων. Πρακτικά, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, σελ 290 - 300. Θεσσαλονίκη.
- 28) **Στοιχεία από Νομαρχιακή Αυτοδιήκηση Μαγνησίας,** Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης.
- 29) **Σφήκας, Α.Γ.,** 1998. Ειδική Γεωργία- Βιομηχανικά Φυτά. Θεσσαλονίκη.
- 30) **Τερζίδης, Γ.Α., Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.,** 1997. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- 31) **Τόλης, Ι.,** 1989. Βαμβάκι: Εχθροί – Ασθένειες – Ζιζάνια. Αθήνα

- 32) **Τολίκας, Δ., Κωτσοβίνος, Ν., Τζαναβάρα, 12.,** 11/2000. Νερό, διαχείριση αποθεμάτων.
- 33) **Τσατσαρέλης, Α.Κ., 2003.** Μηχανική συγκομιδή γεωργικών προϊόντων. Εκδόσεις Γιαχούδη, σελ 336. Θεσσαλονίκη.

Ξένη βιβλιογραφία

- 34) **Amaducci, M.T., Caro De, A., Gherbin, P., Mambelli, S., Venturi, G.,** 1989. Sugar beet yield response to irrigation in different environmental conditions. Irrigazione E drainaggio Vol 36, No 4.
- 35) **Ayars, J.E., Phene, J., Huntacter R. B., Davis, K.R., Vail, S.S. and Mead, R.M.,** 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management, Research Laboratory. Agricultural Water Man., 42:1-27
- 36) **Devit, D. and Miller, W.,** 1998. Subsurface drip irrigation of Bermudgrass with saline water. Applied Agricultural Res. Vol 3, No 3, pages 133-143
- 37) **Doorenbos, J. and Kassam, A. H.,** 1979. Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper No 33. FAO. Rome.
- 38) **FAO,** 1998. Irrigation and Drainage. Paper No 24.
- 39) **Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S., Vyrlas, P. and Kampeli, S.,** 2004. Evaluation of a subsurface and surface trickle irrigation system applied on cotton plantations in central Greece. Proceedings of EWRA Symposium on Water Resources Management. Risks and Challenges for the 21<sup>st</sup> Century, September 2-4, Smyrni, Turkey, pp. 417-427.
- 40) **Kevin, L. and Thompson, D.,** 2002. Limited and Full Subsurface Drip Irrigation on Cotton and Sorghum at Walse. Colorado State University Ag Experiment Station.
- 41) **Lamm, F., Trooien, T. and Rogers, D.,** 2000. Subsurface drip irrigation for alfalfa in western Kansas. 6<sup>th</sup> international Micro-irrigation Congress. South Africa
- 42) **Lamm, F., Trooien, T.** Subsurface drip irrigation for corn production: A ten year summary of research. 6<sup>th</sup> international Micro-irrigation Congress. South Africa

- 43) **Phen, C.J and Ruskin, R.,** 1995. Potential of drip irrigation for management of nigrade wastewater. In *Micro irrigation for a Hanging World: Conserving Resources/ Preserving the Environment*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Microirrigation Congress, ed F.R. Lamm, April 2-6, Orlando Florida, pp. 155-167. American Society of Agricultural Engineers.
- 44) **Phene, C. J., Blume, M. F., Hile, M.M.S., Meek D. W. and Re, J. V.,** 1983. Management of subsurface trickle irrigation systems. ASAEpaper No.83-2598.
- 45) **Sakellariou-Makrandonaki, M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas,** 2001. Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. *Proceedings of the 7th International Congress of Environmental Science and Technology*, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. C, pp. 466-473.
- 46) **Sakellariou-Maktantonaki, M., I. Vagenas,** 2005. Mapping crop evapotranspiration and total water requirements estimation in central Greece. *European Water Journal*, (Under publication).
- 47) **Sakellariou-Maktantonaki M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas,** 2002. Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. *Global Nest: The International Journal*, 4(2-3):85-91.
- 48) **Shani, U., Xue, S., Cordin-Katz, R. and Warrich, A.** 1996. Soil limiting from subsurface emitters. Pressure measurements of irrigation and drainage
- 49) **Solomon, K.,** 1993. Subsurface drip irrigation: Product selection and performance. In *Subsurface drip irrigation: Theory, practices and application*, eds. Jorgensen, G.S. and K.N. Norum, CATI Publication No:921001

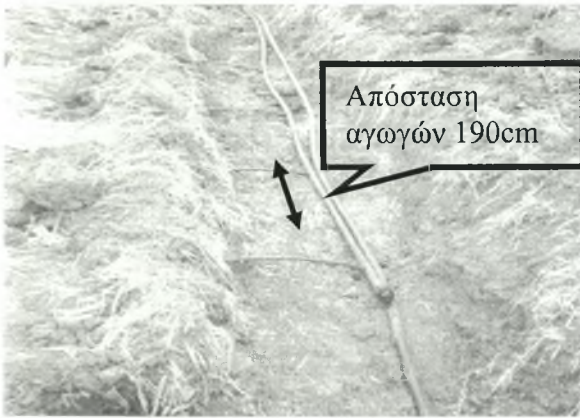
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



**Εικ. 1** Χρήση υπεδαφοθέτη.



**Εικ. 2** Τοποθέτηση υπόγειου αγωγού.



**Εικ. 3** Τοποθέτηση υπόγειου αγωγού.



**Εικ. 4** Ο πειραματικός αγρός πριν τη σπορά.



**Εικ.5** Σπορά των πειραματικών τεμαχίων.



**Εικ.6** Σπορά της υπόγειας μεταχείρισης Υ6 80%.



**Εικ.7** Άρδευση μετά τη σπορά.



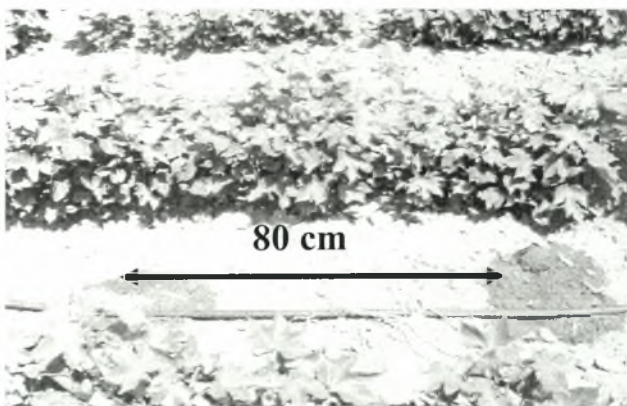
**Εικ.8** Μεταφορά του αγωγού.



**Εικ 9.** Βαμβακόφυτα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης.



**Εικ 10.** Υπόγεια μεταχείριση.



**Εικ 11.** Πορεία ύγρανσης του εδάφους.



**Εικ 12.** Επιφανειακή στάγδην άρδευση.



**Εικ.13** Απουσία επιφανειακής υγρασίας στην ΥΣΑ



**Εικ.14** Πειραματικό τεμάχιο Ε3 80%



**Εικ.15** Καταμέτρηση καρποφόρων οργάνων





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085703