

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ»**

Κατσιάνη Νικολέτα

Γεωπόνος



Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην κατεύθυνση << Γεωργική Μηχανική – Διαχείριση Φυσικών Πόρων >>

ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ 2006



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

Αριθ. Εισ.: 3653/1
Ημερ. Εισ.: 27-03-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιδετικός Κωδικός: Δ
631.587
ΚΑΤ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κίττα Κων/νο, διευθυντή του εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, καθώς και τον κ. Μαυρομάτη Α. λέκτορα Π.Θ. για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή και για τη συμβολή τους στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστίες εκφράζονται στον κ.Βύρλα Παναγιώτη, υποψήφιο διδάκτορα στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, και στον κ.Παπανίκο Νικόλαο συνεργάτη του εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, για τη σημαντική βοήθειά του.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένειά μου για την ηθική συμπαράσταση που μου έδειξε σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	5
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	5
2.2 Η καλλιέργεια βαμβακιού στη χώρα μας	7
2.3 Τεχνική της καλλιέργειας	9
2.3.1 Οικολογικές απαιτήσεις	9
2.3.2 Αύξηση και ανάπτυξη του φυτού	11
2.3.3 Λίπανση	12
2.3.4 Σπορά	13
2.3.5 Ζιζανιοκτονία.....	13
2.3.6 Κυριότεροι ζωικοί εχθροί	14
2.3.7 Κυριότερες ασθένειες	15
2.3.8 Συγκομιδή	15
2.4 Άρδευση της καλλιέργειας του βαμβακιού	15
3. ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ	24
3.1 Γενικά	24
3.2 Μέρη του συστήματος της στάγδην άρδευσης	26
3.3 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης	28
3.4 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	32
4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
4.1 Χάραξη του πειραματικού αγρού	37

4.2	Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού	41
4.3	Υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους.....	43
4.3.1	Φαινόμενο ειδικό βάρος.....	43
4.3.2	Ισοδύναμο υγρασίας του εδάφους	43
4.3.3	Σημείο μόνιμης μάρανσης	44
4.3.4	Η υδραυλική αγωγιμότητα.....	44
4.4	Εγκατάσταση της καλλιέργειας.....	46
4.5	Υλικά άρδευσης.....	47
4.6	Εξατμισόμετρο τύπου A	52
4.7	Σύστημα μέτρησης της υγρασίας του εδάφους.....	53
4.8	Συσκευή προσδιορισμού του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας.....	54
4.9	Μετρήσεις ποιοτικών και παραγωγικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας.....	55
4.10	Μετεωρολογικά δεδομένα	56
4.11	Στατιστική επεξεργασία	57
4.12	Υπολογισμοί δόσεων, εύρους και διάρκειας άρδευσης	57
5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	99
5.1	Κλιματικά δεδομένα	99
5.2	Υγρασία εδάφους	101
5.3	Φυλλική επιφάνεια.....	103
5.4	Ύψος φυτών	106
5.5	Αριθμός χτενιών	111
5.6	Αριθμός καρυδιών.....	113
5.7	Απόδοση καλλιέργειας.....	115
5.8	Εξοικονόμηση νερού	116
5.9	Αποδοτικότητα νερού άρδευσης.....	117
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	119
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	129

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αξιολογήθηκε η επίδραση της υπόγειας στάγδην άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας βαμβακιού, συγκρίνοντας την με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στις εξής περιπτώσεις : α) για το ίδιο εύρος άρδευσης και στα δύο αρδευτικά συστήματα σύμφωνα με την μετρούμενη εξατμισοδιαπνοή (ET), β) για εύρος άρδευσης στο μεν επιφανειακό σύστημα σύμφωνα με την καλλιεργητική πρακτική, στο δε υπόγειο και επιφανειακό σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή (ET). Ταυτόχρονα έγινε σύγκριση μεταξύ των επιφανειακών και των υπογείων μεθόδων που δέχθηκαν διαφορετικές δόσεις νερού (σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή σε κάλυψη 100% και 80% των αναγκών της καλλιέργειας) σε ίδιο εύρος άρδευσης, καθώς και μεταξύ αυτών που ίδια δόση νερού σε διαφορετικό εύρος άρδευσης και γ) για το ίδιο εύρος άρδευσης και με ίδια δόση νερού επιφανειακής στάγδην άρδευσης αλλά με διαφορετική απόσταση σταλακτήρων (υποδιπλάσια) σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε πείραμα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το 2003. Το πειραματικό σχέδιο ήταν Πλήρεις Τυχαιοποιημένες Ομάδες με 6 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις. Η άρδευση ήταν αυτοματοποιημένη και η δόση άρδευσης καθορίστηκε, με τη βοήθεια εξατμισόμετρου τύπου A, σύμφωνα με την εξατμισοδιαπνοή σε κάλυψη 100% και 80% των αναγκών της καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή της Υπόγειας στάγδην άρδευσης Y100%ET στην παραγωγική ικανότητα (παραγωγικά χαρακτηριστικά, τελική απόδοση σύσπορου βαμβακιού σε kg/στρ.). Ανάμεσα στις μεταχειρίσεις οι οποίες δέχθηκαν διαφορετική ποσότητα νερού με το ίδιο εύρος άρδευσης, μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα παρουσίασαν αυτές οι οποίες δεχθήκαν το 100% των αναγκών σε νερό. Η μεταχείριση στην οποία χρησιμοποιήθηκαν αρδευτικοί αγωγοί με απόσταση σταλακτήρων υποδιπλάσια των υπολοίπων έδειξε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

ABSTRACT

The effects of subsurface drip irrigation (SDI) on cotton crop performance was evaluated in comparison with surface drip irrigation (DI) in the following cases: a) for the same irrigation intervals between SDI and DI, according to the measured evapotranspiration, b) for the irrigation intervals of DI treatments according to the cultivation practice and of SDI treatments according to the evapotranspiration. At the same time, there has been a comparison between DI treatments which received different water depths (100% and 80% evapotranspiration needs) at equal irrigation intervals as well as between those which received equal water depth at different irrigation intervals and c) for the same irrigation intervals and the same water depths with different aperture's distance (half distance), from the rest treatments. For this purpose, a field experiment was set up in the experimental farm of University of Thessaly in 2003. The experimental design was a Randomize Complete Block with 6 treatments and 4 blocks. Irrigation was automated, and application depths were determined, using a class-A evaporation pan, for matching the 100% and 80% evapotranspiration needs. The results showed that SDI from the 100%ET treatment has ascendancy over DI in the productive characteristics and in the final weight of the selected cotton yields. Between the treatments with different amount of water and with the same irrigation intervals those who accepted 100% evapotranspiration needs, appeared to have the biggest productive capacity. The treatment which water pipes that were used had the half aperture distance from the others showed successful results in comparison with the rest of treatments.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

Κύρια επιδίωξη σε όλες τις γεωργικά ανεπτυγμένες χώρες σήμερα, αποτελεί η επίτευξη υψηλών αποδόσεων με το μικρότερο κόστος πόρων (οικονομικών και μη). Στην πραγματοποίηση του στόχου αυτού, η άρδευση φαίνεται να παίζει ρόλο αποφασιστικής σημασίας. Αυτό εξηγεί το τεράστιο ενδιαφέρον που εκδηλώνεται διεθνώς τα τελευταία χρόνια για την όσο το δυνατόν πληρέστερη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων.

Βάση για τη χάραξη της οποιασδήποτε στρατηγικής για τους υδάτινους 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.

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

Στα μεσογειακά περιβάλλοντα, όπου η ποσότητα του νερού άρδευσης δεν είναι αρκετή και συνήθως χορηγείται σε καλλιέργειες με υψηλή πρόσοδο, οι εναλλακτικές πρακτικές άρδευσης πρέπει να επιδιωχθούν για να λύσουν το

πρόβλημα. Η υπόγεια και η επιφανειακή στάγδην άρδευση συγκαταλέγονται ανάμεσα στις σύγχρονες μεθόδους άρδευσης και χαρακτηρίζονται από υψηλή αποδοτικότητα χρήσης ύδατος.

Η χρήσιμη γεωργική έκταση στην Ελλάδα είναι 26,6 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τα 26,3 εκατομμύρια στρέμματα από τα οποία η αρδευόμενη έκταση είναι 13,3 εκατομμύρια στρέμματα. Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία κατά το έτος 2000 η αρδευθείσα έκταση ήταν 11,7 εκατομμύρια στρέμματα, στην οποία η στάγδην άρδευση συμμετείχε με ποσοστό 22% (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2000).

Η βαμβακοκαλλιέργεια στην χώρα μας αποτελεί σήμερα μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας, με τεράστια σημασία για την αγροτική και Εθνική οικονομία. Η άρδευση με σταγόνες κερδίζει συνεχώς όλο και περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής άρδευσης, η οποία περιορίζεται ακόμη περισσότερο εφαρμοζόμενη μόνο σε καλλιέργειες οι οποίες δεν μπορούν να ποτιστούν με άλλο τρόπο.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αξιολογήσει την επίδραση της υπόγειας στάγδην άρδευσης στην αύξηση και παραγωγική συμπεριφορά του βαμβακιού συγκρίνοντάς την με την επιφανειακή στάγδην άρδευση σε δύο περιπτώσεις: α) σε ίδιο εύρος άρδευσης με αυτή και β) σε εύρος άρδευσης της επιφανειακής όπως κατά μέσο όρο ακολουθείται στην καλλιεργητική πρακτική.

2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Καταγωγή, διάδοση, ιστορία της καλλιέργειας

Το βαμβάκι ανήκει στο γένος *Gossypium* της Οικογένειας *Malvaceae*. Το γένος *Gossypium* περιλαμβάνει 49 είδη, κατανεμημένα σε πολλές τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου. Από τα είδη που δημιούργησε η φύση ο άνθρωπος εξημέρωσε και καλλιέργησε μόνο τα τέσσερα, που είναι και τα μόνα με νηματοποιήσιμη ίνα. Αυτά είναι τα : *G. herbaceum* L., *G. arboreum* L., *G. hirsutum* L. και το *G. barbadense* L.

Το βαμβάκι είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών και καλλιεργείται από τους προϊστορικούς χρόνους. Σύμφωνα με ιστορικά δεδομένα, στην Ινδία πριν από 5,5 χιλιοετηρίδες πρωτοκαλλιεργήθηκαν τα διπλοειδή είδη *G. arboreum* και *G. herbaceum*, ενώ κάπως αργότερα, αλλά και ανεξάρτητα, άρχισαν να καλλιεργούνται στον Νέο Κόσμο τα τετραπλοειδή βαμβάκια *G. barbadense* (Νότια Αμερική) και *G. hirsutum* (Κεντρική Αμερική). (Χρηστίδης ,1965).

Το *G. hirsutum* L. (βαμβάκι upland),(Εικ. 2.1) με μήκος ίνας 22,5 – 29mm, είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σήμερα είδος, αφού η παραγωγή του αντιπροσωπεύει το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Στο *G. barbadense* L., που αντιπροσωπεύει περίπου το 10% της παγκόσμιας παραγωγής με τάση συνεχούς μειώσεως λόγω της οψιμότητάς του, ανήκουν οι μικρόινοι τύποι Sea Island και Αιγυπτιακό βαμβάκι, ενώ τα κοντόινα βαμβάκια *G. herbaceum* L. και *G. arboretum* L. αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 1% του συνόλου.



Εικόνα 2.1 Καλλιέργεια βαμβακιού

Το *G.hirsutum* ξεκίνησε ως πολυετής θάμνος από τη Γουατεμάλα και το Μεξικό ή από τη Βραζιλία, με τη διεύρυνση όμως της γενετικής του παραλλακτικότητας και την απομόνωση των επιθυμητών τύπων, μετατράπηκε σε ετήσιο φυτό και εγκλιματίστηκε σε εύκρατες περιοχές πλάτους 20 - 42°, από όπου προέρχεται σήμερα το 82% της συνολικής παραγωγής. Με αφορμή τον εμφύλιο πόλεμο της Αμερικής το *hirsutum* διαδόθηκε από τις νοτιοανατολικές πολιτείες των Η.Π.Α., όπου είχε αρχίσει να καλλιεργείται από τα μέσα του 18^{ου} αιώνα, σε όλο τον κόσμο και αντικατέστησε το *arboresum* και *herbaceum* από την Αφρική και την Ασία εκτός από την Ινδία. (Χρηστίδης 1965, Γαλανοπούλου-Σενδουκά 1979).

Καλλιεργείται παγκοσμίως σε έκταση 330 εκατομμυρίων περίπου στρεμμάτων, με ετήσια παραγωγή περίπου 19 εκατομμύρια τόνους εκκοκκισμένο και με κύριες χώρες παραγωγής τις Η.Π.Α., Κίνα, Ινδία, Πακιστάν και Ουζμπεκιστάν, οι οποίες παράγουν περίπου το 70% της παγκόσμιας παραγωγής.

Καλλιεργείται σε περισσότερες από 70 χώρες στον κόσμο (Αφρική 28, Ασία / Ωκεανία 22, Β. Αμερική 11, Ν. Αμερική 8), στην Ευρώπη καλλιεργείται κυρίως

στην Ελλάδα, Ισπανία και σε μικρότερες εκτάσεις στη Γιουγκοσλαβία, Βουλγαρία, Αλβανία και Ιταλία (Καλόγηρος 1994).

2.2 Η καλλιέργεια βαμβακιού στη χώρα μας

Η βαμβακοκαλλιέργεια στην χώρα μας αποτελεί σήμερα μια από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες, ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, με τεράστια σημασία για την αγροτική και Εθνική οικονομία. Οι κύριοι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η πρόοδος της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα είναι η ίδρυση του Οργανισμού και Ινστιτούτου Βάμβακος, η ανάπτυξη της εγχώριας κλωστοβιομηχανίας, η ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και η πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας.

Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε μια έκταση η οποία υπερβαίνει τα τέσσερα εκατομμύρια στρέμματα παρέχοντας βασική απασχόληση και ένα ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80.000 με 100.000 αγροτικές οικογένειες. Τα βαμβακοπαραγωγικά διαμερίσματα της χώρας κατά σειρά σπουδαιότητας είναι:

- Θεσσαλία (Νομοί: Λαρίσης, Καρδίτσας, Τρικάλων, Μαγνησίας)
 - Κεντρική Μακεδονία (Νομοί: Σερρών, Θεσσαλονίκης, Πέλλας, Ημαθίας, Χαλκιδικής, Δράμας, Κιλκίς, Πιερίας)
 - Κεντρική Ελλάδα (Νομοί: Βοιωτίας, Φθιώτιδας, Ευβοίας, Αττικής, Φωκίδας)
 - Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (Νομοί: Ροδόπης, Έβρου, Ξάνθης, Καβάλας)
 - Ηπείρου (Νομοί: Πρέβεζας, Άρτας, Θεσπρωτίας)
 - Νήσοι Βόρειου Αιγαίου (Νομός Λέσβου)
- και σποραδικές άλλες εκτάσεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα στοιχεία της εξέλιξης της έκτασης, της παραγωγής και των αποδόσεων του βαμβακιού την περίοδο 1970-2000 στην Ελλάδα.(Στοιχεία Οργανισμού Βαμβακος)

Πίνακας 2.1 Εξέλιξη έκτασης, παραγωγής και αποδόσεων βαμβακιού (1970-2000)

Έτος	Έκταση (χιλ.στρ.)	Παραγωγή Σύσπορου (τόνοι)	Απόδοση Σύσπορου (Kg/στρ.)
1970	1,317	308,000	234
1971	1,302	330,000	253
1972	1,650	360,000	218
1973	1,466	310,000	211
1974	1,510	350,000	232
1975	1,350	368,000	273
1976	1,492	340,000	228
1977	1,820	435,000	239
1978	1,675	451,200	269
1979	1,422	320,000	225
1980	1,412	356,000	252
1981	1,263	358,835	284
1982	1,375	315,869	230
1983	1,680	402,545	240
1984	1,920	452,370	236
1985	2,090	526,045	252
1986	2,100	623,592	297
1987	2,020	571,051	283
1988	2,560	749,807	293
1989	2,800	829,049	296
1990	2,680	662,844	247
1991	2,330	675,904	290
1992	3,235	741,488	229
1993	3,541	976,698	275
1994	3,858	1,184,700	307
1995	4,444	1,355,500	305
1996	4,274	962,000	225
1997	3,861	1,059,338	274
1998	4,173	1,182,454	283
1999	4,296	1,320,865	307
2000	4,050	1,236,893	315

2.3 Τεχνική της καλλιέργειας

2.3.1 Οικολογικές απαιτήσεις : Κλίμα - Έδαφος – Θερμοκρασία –

Υγρασία - Φως

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

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

Το βαμβάκι καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών από τα αμμώδη ως τα βαριά αργιλώδη. Τα καλύτερα εδάφη για την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι εκείνα που έχουν ίσες αναλογίες άμμου, πηλού και αργίλου, ικανή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και μέση γονιμότητα ή μέτρια περιεκτικότητα σε N, P και K (Σφήκας 1998). Το καλύτερο pH είναι 7-8, μπορεί όμως να καλλιεργηθεί και σε πιο όξινα εδάφη μέχρι pH 5,2.

Η θερμοκρασία θεωρείται ο σπουδαιότερος κλιματικός παράγοντας που διαμορφώνει το μέγεθος και την ποιότητα της παραγωγής. Ιδιαίτερα η θερμοκρασία που επικρατεί κατά την βλάστηση και φύτρωμα του σπόρου, επηρεάζει σοβαρά την εξέλιξη του φυτού, εξαιτίας και της μεγαλύτερης ευαισθησίας που παρουσιάζει το βαμβάκι κατά το στάδιο αυτό. Η ελάχιστη

θερμοκρασία εδάφους για τη βλάστηση και φύτευμα του σπόρου είναι 15° C (εδάφους), ενώ με θερμοκρασίες αέρος χαμηλότερες από 10-12° C σταματά η ανάπτυξη των καρυδιών και σε θερμοκρασίες -2° C επέρχεται ο θάνατος του φυτού. Η άριστη θερμοκρασία για το φύτευμα αλλά και για τα μετέπειτα στάδια του φυτού είναι 33° C.

Το βαμβακόφυτο έχει συντελεστή διαπνοής αρκετά υψηλό ≈ 560 . Για να καλλιεργηθεί χωρίς άρδευση, πρέπει η ετήσια βροχόπτωση να είναι τουλάχιστον 500mm από την οποία τα 175-200 να πέφτουν κατά την περίοδο της καρποφορίας. Βροχές κατά την εποχή της συγκομιδής δυσχεραίνουν την ωρίμανση των όψιμων καρυδιών και την συλλογή του βαμβακιού και υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Στην χώρα μας η καλλιέργεια είναι κατά κανόνα ($\approx 90\%$) αρδευόμενη αλλά οι συχνά πρώιμες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου δημιουργούν προβλήματα στην καλλιέργεια. Η έλλειψη εδαφικής υγρασίας είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού. Σε έδαφος που η εδαφική υγρασία βρίσκεται στο σημείο ή κάτω από το σημείο μόνιμης μάρανσης ο σπόρος δεν φυτρώνει και τα νεαρά φυτά δεν μπορούν να μεγαλώσουν. Η περίσσεια υγρασίας μπορεί επίσης να είναι επιβλαβής ειδικότερα στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σε πλημμυρισμένο έδαφος ο βαμβακόσπορος που φυτρώνει και τα νεαρά φυτά γρήγορα νεκρώνονται από ασφυξία. Υπερβολική εδαφική υγρασία σε πιο προχωρημένα στάδια αναπτύξεως, επειδή αποκλείει τον καλό αερισμό, τείνει να εμποδίσει το φυτό από το να αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα ώστε γίνεται πιο ευαίσθητο στην ξηρασία αργότερα. Όταν πια το φυτό αναπτύξει το ριζικό του σύστημα σε ικανοποιητικό βάθος σπάνια μπορούν να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες για όλο το ριζικό σύστημα.

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.

2.3.2. Αύξηση και ανάπτυξη του φυτού

Το βαμβακόφυτο αναπτύσσεται σύμφωνα με ένα σχετικώς κανονικό χρονοδιάγραμμα. Η διάρκεια των σταδίων αυξήσεως και αναπτύξεως του φυτού εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική, ώστε υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ περιοχών μέσα στην ζώνη του βαμβακιού (Γαλανοπούλου- Σενδούκα 1997).

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

- **Φύτρωμα:** Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 4-6 ημέρες από την σπορά ενώ με δυσμενείς συνθήκες μπορεί να απαιτήσει 3-4 εβδομάδες (ή και περισσότερο). Πρώιμο και ομοιόμορφο φύτρωμα είναι από τους πιο βασικούς συντελεστές επιτυχίας της καλλιέργειας ιδιαίτερα σε οριακές περιοχές.
- **Εμφάνιση του πρώτου χτενιού:** Συνήθως απαιτούνται 40-45 ημέρες από το φύτρωμα. Η περίοδος είναι μικρότερη όταν οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές και μεγαλύτερη αν είναι χαμηλότερη από τις κανονικές.
- **Περίοδος από χτένι μέχρι την άνθηση:** Απαιτούνται συνήθως 21-25 ημέρες. Η χρονική περίοδος του σταδίου αυτού είναι πιο σταθερή από την αντίστοιχη του φυτρώματος και πρώτου χτενιού. Στην Ελλάδα τα πρώτα άνθη παρατηρούνται γενικώς ύστερα από τις 20 Ιουνίου και συνήθως αρχές Ιουλίου.
- **Ρυθμός ανθοφορίας:** Μετά την έναρξη της ανθοφορίας ο ρυθμός ανθοφορίας επιταχύνεται καθημερινώς, σύμφωνα με μία σχεδόν τυπική κανονική καμπύλη με μέγιστο (για της συνθήκες της χώρας μας) περί τα τέλη Ιουλίου.

- **Περίοδος ωριμάνσεως καρυδιών:** Η περίοδος ωριμάνσεως καρυδιού κυμαίνεται συνήθως, όπως προαναφέρθηκε από 45-65 ημέρες αναλόγως των συνθηκών ωριμάνσεως όπως διαμορφώνονται κυρίως από την ημερομηνία ανθήσεως. Ο μέσος όρος της περιόδου ωριμάνσεως των καρυδιών όλης της φυτείας βρέθηκε να

είναι σε πειράματα στο Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών (Ι.Β.Β.Φ), στη Σίνδο 55-65 ημέρες. Η υπερβολική σμίκρυνση της περιόδου ωριμάνσεως καρυδιού, όπως και όλων των σταδίων του φυτού, αποβαίνει σε βάρος της απόδοσης.

2.3.3 Λίπανση

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

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

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, πριν την εμφάνιση των χτενιών, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικά υψηλές ποσότητες N, P, K, Ca και Mg. Καθώς το φυτό εισέρχεται στο στάδιο του χτενιού και στα επόμενα στάδια αυξάνονται οι απαιτήσεις στα παραπάνω στοιχεία οι οποίες και μεγιστοποιούνται κατά την φάση της καρποφορίας, οπότε το φυτό συσσωρεύει περίπου την μισή από την συνολική ποσότητα. Στην φάση αυτή τα στοιχεία συσσωρεύονται κατά κύριο λόγο στους καρποφόρους ιστούς ενώ στα προηγούμενα στάδια συσσωρεύονται στα φύλλα,

μίσχους και ρίζες. Όταν το φυτό ξεπεράσει την αιχμή της καρποδέσεως, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γρήγορο ρυθμό γιατί όλη η ποσότητα που είχε συσσωρευτεί στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια. (Σφήκας 1988)

2.3.4 Σπορά

Το πρώιμο και το ομοιόμορφο φύτευμα είναι για το βαμβάκι απαραίτητη προϋπόθεση επιτυχίας, γιατί επεκτείνει τη βλαστική περίοδο και συγχρονίζει την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Η σπορά του βαμβακιού μπορεί να αρχίσει όταν η θερμοκρασία του εδάφους φθάσει στους 14-15 °C ή και όταν είναι λίγο χαμηλότερη αλλά παρατηρείται σταθερή βελτίωση. Με βάση πολυάριθμα πειράματα και παρατηρήσεις φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να διακινδυνεύσουμε μία αποτυχία στο φύτευμα παρά να χαθεί πολύτιμος χρόνος. Φαίνεται ότι είναι προτιμότερο να έχουμε πρώιμη φυτεία έστω και με μειωμένο πληθυσμό φυτών μέχρι και 50%, χωρίς όμως με μεγάλα και συνεχή κενά, παρά να γίνει όψιμη επανασπορά. Πολυάριθμα πειράματα εποχής σποράς στο Ι.Β.Β.Φ. από της ιδρύσεως του οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η καλύτερη εποχή σποράς για τις περισσότερες περιοχές είναι μεταξύ 10-20 Απριλίου ή το αργότερο μέχρι το τέλος του ίδιου μήνα. Αργότερα κάθε δεκαήμερο που περνά μειώνει την απόδοση σε βαθμό ώστε σπορές του Ιουνίου να έχουν λίγη πιθανότητα να δώσουν οποιαδήποτε απόδοση (Γλανοπούλου-Σενδούκα 1997).

2.3.5 Ζιζανιοκτονία

Τα ζιζάνια στην βαμβακοκαλλιέργεια δημιουργούν πολλά και δυσεπίλυτα προβλήματα. Η αντιμετώπισή τους θεωρείται υποχρεωτική καλλιεργητική εργασία, αφού η παρουσία τους δημιουργεί σοβαρές

επιπτώσεις στην παραγωγή άμεσα με τον ανταγωνισμό σε θρεπτικά στοιχεία, φως, νερό αλλά και διαθέσιμο χώρο και έμμεσα εμποδίζοντας την σωστή εκτέλεση αρκετών καλλιεργητικών εργασιών, όπως ποτίσματα, ψεκασμούς, συγκομιδή. Επίσης, όχι σπάνια, αποτελούν ξενιστές και φορείς εχθρών και ασθενειών.

Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι είτε προληπτικά (αμειψισπορά, θερινά οργώματα κ.α.), είτε καταστροφή με μηχανικά μέσα (σκαλίσματα), βοτάνισμα και χημική καταπολέμηση.

Τα σπουδαιότερα ζιζάνια που απαντώνται στα βαμβακοχώρα της Ελλάδας είναι: *Solanum nigrum*, *Xanthium strumarium*, *Chenopodium album*, *Datura stramonium*, *Abutilon theophrasti*, *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*, κ.α.

2.3.6 Κυριότεροι ζωικοί εχθροί

Οι σιδηροσκώληκες (Οικ.*Elateridae*), οι αγρότιδες (*Agrotis spp.*), ο κρεμμυδοφάγος (*Grylotapla spp.*) και οι θρίπες (*Thrips spp.*) είναι τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν κυρίως τα νεαρά βαμβακόφυτα και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη καταστροφή στην καλλιέργεια αν βρίσκονται σε μεγάλους πληθυσμούς.

Στα μεγαλύτερα φυτά προσβολές από τις αφίδες (*Aphis spp.*), τους αλευρώδεις (*Bemisia spp.*), τις ιασσίδες (*Empoasca spp.*), το πράσινο σκουλήκι (*Helicoverpa armigera*) και το ρόδινο σκουλήκι (*Pectinophora gossypiella*) είναι οι πιο συχνά εμφανιζόμενες.

Όσον αφορά τους εχθρούς των νεαρών φυτών, η επένδυση του σπόρου με εντομοκτόνο δίνει καλή προστασία στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού.

2.3.7 Κυριότερες ασθένειες

Οι ασθένειες του βαμβακιού οφείλονται κυρίως σε μύκητες ή βακτήρια. Οι πιο συνηθισμένες μυκητολογικές ασθένειες είναι οι σηψιρριζίες που προκαλούνται από διάφορους μύκητες που ανήκουν στα γένη *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*, οι αδρομυκώσεις που οφείλονται στους μύκητες *Fusarium spp.* και *Verticillium spp.* και η αλτερνάρια (*Alternaria spp.*). Η βακτηρίωση οφείλεται στο βακτήριο *Bacterium* ή *Xanthomonas malvacearum*. Τα κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα, η αμειψισπορά, ο απολυμασμένος σπόρος καθώς και η αποφυγή της άρδευσης με τεχνητή βροχή περιορίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό την εμφάνιση των προσβολών.

2.3.8 Συγκομιδή

Η συγκομιδή του βαμβακιού στη χώρα μας γίνεται κατά κύριο λόγο με μηχανές (≈95%) και κατά ένα μικρό ποσοστό με το χέρι. Με τις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα η μηχανοσυλλογή γίνεται κατά κανόνα δύο φορές για τον ίδιο αγρό. Αρχίζει συνήθως το δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και μέχρι τέλος Οκτωβρίου συλλέγεται το 80-85% της συνολικής παραγωγής.

2.4 **Άρδευση της καλλιέργειας του βαμβακιού**

Το βαμβάκι είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά φυτά στην αξιοποίηση πενιχρών υδατικών αποθεμάτων, πράγμα που το κάνει και δημοφιλές σε πολλές περιοχές του πλανήτη που έχουν πρόβλημα νερού, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Όταν λέμε αποτελεσματικότητα

χρήσης νερού εννοούμε ότι το βαμβάκι είναι ικανό να επιζήσει και να είναι αποδοτικό σε λιγότερη ποσότητα νερού από όλα σχεδόν τα καλλιεργούμενα φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

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

Η καλλιέργεια στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της απαιτεί λίγο νερό. Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού χάνεται με την εξάτμιση από το γυμνό έδαφος. Όσο τα φυτά αναπτύσσονται, η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούν αυξάνει, ενώ μειώνεται αυτή που χάνεται από την εξάτμιση.

Ο φυτικός συντελεστής K_c που ορίζεται από την εξίσωση:

$ET_c = K_c * ET_{αναφ.}$, όπου: ET_c είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και $ET_{αναφ.}$ είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, παίρνει τη μέγιστη τιμή του στην πλήρη κάλυψη του εδάφους από το φύλλωμα. Σύμφωνα με το FAO, (1998), ο φυτικός συντελεστής K_c για το βαμβάκι για τους καλλιεργητικούς μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο παίρνει τις τιμές 0,55 , 0,85 , 0,90 , 0,90 αντίστοιχα.

➤ **Αρδευση για το φύτευμα και την πρώιμη ανάπτυξη των φυτών.**

Οι αρδεύσεις αυτές εφαρμόζονται εκεί όπου δεν είναι δυνατός ο

ψιλοχωματισμός και κατά συνέπεια η διατήρηση επαρκούς υγρασίας για το φύτευμα. Η άρδευση αυτή είναι ελαφριά και αρκεί να φθάσει στο βάθος της ήδη υπάρχουσας στο έδαφος υγρασίας και να ενωθεί με αυτή. Η ωφελιμότητα της δεν περιορίζεται μόνο στο να υποβοηθήσει το φύτευμα, αλλά δίδει και μια πρώτη ώθηση στα φυτά (Μαρέτης 1981).

Συνήθως γίνεται μία άρδευση για φύτευμα μέσα στον Απρίλιο ή στις αρχές Μαΐου με μικρή ποσότητα νερού γύρω στα 20 με 25mm.

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

Τα ποτίσματα αναπτύξεως είναι απαραίτητα σε περιπτώσεις που γίνονται επιφανειακές λιπάνσεις και εφόσον η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή μπορεί το λίπασμα να προστεθεί σε δεξαμενή η οποία τροφοδοτεί το νερό.

➤ **Άρδεύσεις καρποφορίας.** Είναι οι πιο απαραίτητες για την βαμβακοκαλλιέργεια. Η ανάγκη για άρδευση προσδιορίζεται κυρίως από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν η προσωρινή μάρανση παρατείνεται και η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει σε 10-15cm. Κατάλληλη εποχή για το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι η έναρξη ανθοφορίας για τις πρώιμες ποικιλίες και περιοχές και λίγο αργότερα, όταν το φυτό δέσει τα πρώτα καρύδια, για τις οψιμότερες ποικιλίες και περιοχές. Συνήθως το πρώτο πότισμα καρποφορίας είναι πιο ελαφρύ από τα επόμενα. Κατά την διάρκεια της περιόδου

καρποφορίας το βαμβάκι δεν πρέπει να διψάσει. Ο αριθμός των ποτισμάτων εξαρτάται από την ποικιλία, τον πληθυσμό φυτών, την ανάπτυξη και καρποφορία της φυτείας, τις καιρικές συνθήκες και βέβαια από την ποσότητα αρδεύσεως. Συνήθως ο αριθμός των ποτισμάτων καρποφορίας κυμαίνεται από 2-5, με ποσότητα νερού 30-40mm.

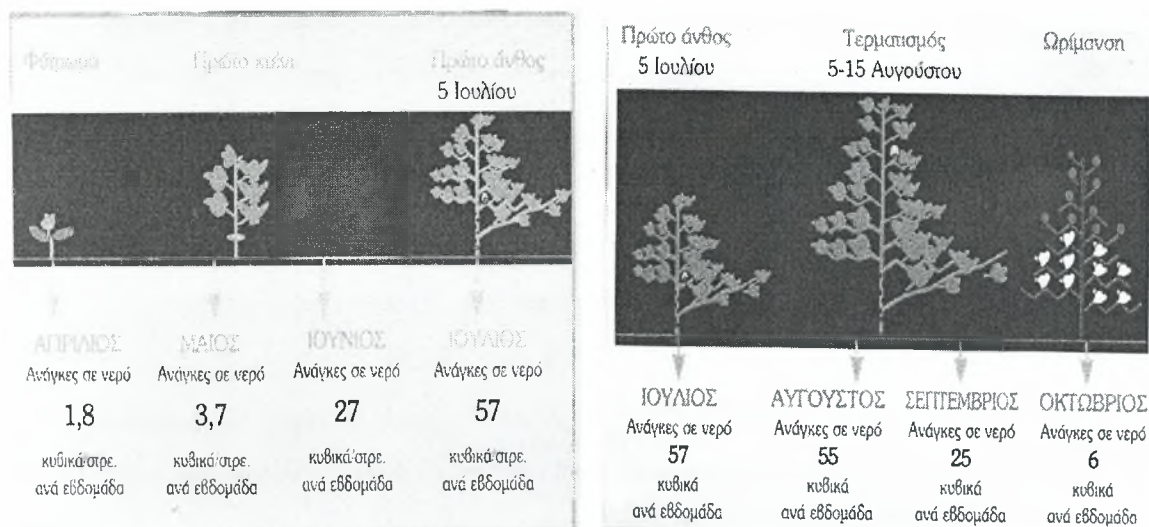
- **Αρδεύσεις παραγωγής.** Μετά τα μέσα Αυγούστου, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών κυρίως, οι ανάγκες του φυτού σε νερό περιορίζονται. Όταν όμως συνεχίζονται οι υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα σε σχετικά όψιμες φυτείες, που ένας μεγάλος αριθμός καρυδιών απέχει πολύ από την ολοκλήρωση της ωρίμανσης του, επιβάλλεται να δίνονται 1-2 ποτίσματα μέχρι και τέλη Σεπτεμβρίου, ποσότητας από 10-15 mm, ακόμη και μετά το άνοιγμα των πρώτων καρυδιών.
- **Τέλος των αρδεύσεων.** Στην άρδευση με σταγόνες είναι δυνατό να μειώσουμε την ποσότητα νερού προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου έτσι ώστε να μην υπάρχει περίσσεια νερού που να μπορεί να διεισδύσει κάτω από το ριζικό σύστημα. Το υπάρχον νερό θα είναι αρκετό για την πλήρη ανάπτυξη των τελευταίων καρυδιών και όταν φθάσει η καλλιέργεια στην περίοδο αποφύλλωσης να υπάρχει επάρκεια εδαφικής υγρασίας.

Για να παραχθεί βαμβάκι και να είναι πρακτικά συμφέρον, απαιτείται μια ελάχιστη ποσότητα νερού. Σύμφωνα με τη Delta Pine , η ελάχιστη ποσότητα που πρέπει να εφαρμοστεί είναι 500 m³/στρ, με αυτή όμως τη δόση θα έχουμε 30% μικρότερη απόδοση (πίνακας 2.2). Με 635 m³/στρ θα έχουμε 15% μικρότερη απόδοση, ενώ με 760 m³/στρ θα έχουμε μόνο 5% πτώση της απόδοσης.

Πίνακας 2.2. Σχέση μεταξύ εφαρμοζόμενου νερού και % μέγιστης απόδοσης σύμφωνα με τη Delta Pine.

Μέγιστη απόδοση %	Εφαρμοζόμενο νερό (Αποθηκευμένο & άρδευσης) m ³
10	230
45	380
70	500
85	635
95	760

Στην εικόνα 2.2 απεικονίζεται η συνιστώμενη ποσότητα νερού κατά (Delta pine).



Εικόνα 2.2. Συνιστώμενη ποσότητα νερού κατά Delta pine

Οι Doorendos και Kassam , εκτιμούν τις μέσες συνολικές ανάγκες του βαμβακιού σε 700 mm περίπου. Στη βλαστική περίοδο οι ανάγκες είναι μικρές και ίσες με 10% των συνολικών. Στην περίοδο της άνθησης είναι υψηλές και ίσες με 50-60% των συνολικών. Από εκεί και μετά οι ανάγκες μειώνονται.

Σύμφωνα με τον Σφήκα το 1998 , οι συνολικές ανάγκες σε νερό υπολογίζονται στα 200-300 mm που δίνονται σε 3-5 αρδεύσεις στα βαριά εδάφη

και σε 5-7 αρδεύσεις στα ελαφρά. Η ανάγκη αρδεύσεως προσδιορίζεται από την εμφάνιση των φυτών και την κατάσταση του εδάφους. Άρδευση πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά μαραίνονται τις μεσημβρινές ώρες και η ξήρανση του εδάφους έχει προχωρήσει σε βάθος 10- 15cm.

Σε πολλά είδη φυτών βρέθηκε η ευεργετική επίδραση στην αύξηση των συγκομιζομένων αποδόσεων όταν τα φυτά σε κάποιο πρώιμο στάδιο αναπτύξεως υποστούν κάποιο stress υγρασίας. Για το βαμβάκι το στάδιο αυτό είναι το της ενάρξεως της καρποφορίας (Μαρέτης 1981).

Από τις γνωστές μεθόδους άρδευσης η κατάκλιση δεν συνιστάται στο βαμβάκι γιατί εκτός από την σπατάλη νερού δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας στο ριζικό σύστημα του φυτού. Συνήθως οι αρδεύσεις γίνονται με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή.

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

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

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

Η άρδευση με σταγόνες κερδίζει συνεχώς όλο και περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής άρδευσης, η οποία περιορίζεται ακόμη περισσότερο εφαρμοζόμενη μόνο σε καλλιέργειες οι οποίες δεν μπορούν να ποτιστούν με άλλο τρόπο. Η στάγδην άρδευση είναι ακόμα υπό έρευνα, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνεται να είναι ενθαρρυντικά, τόσο όσον αφορά την παραγωγή αλλά και σε σχέση με την ομοιομορφία άρδευσης, την εξοικονόμηση νερού και την επίδραση στο μικροκλίμα της καλλιέργειας (συνθήκες για ανάπτυξη ζιζανίων και ασθενειών).

Είχε πολύ περιορισμένη εφαρμογή στη βαμβακοκαλλιέργεια μέχρι πρόσφατα, αλλά παρουσιάζει γρήγορη επέκταση, ώστε το 1998 είχε καταλάβει ήδη το 50% των εκτάσεων στη Θεσσαλία. Το νερό σταλάζει από την οπή των σταλακτιήρων που είναι ενσωματωμένοι σε σωλήνες πολυαιθυλενίου, χωρίς να διαβρέχεται το φυτό. Οι σταλακτιηφόροι σωλήνες απλώνονται (και μαζεύονται αυτομάτως ανά δεύτερη γραμμή βαμβακιού). Παρά το υψηλό κόστος προμήθειας του συστήματος και της περιορισμένης διάρκειας ζωής του δικτύου, το σύστημα αυτό άρχισε να επεκτείνεται ακόμη και σε μη παραδοσιακές βαμβακοπαραγωγικές περιοχές, γιατί έχει πολλά πλεονεκτήματα (Goren 1994).

Τα κυριότερα από αυτά είναι :

- Οικονομία στο νερό, μέχρι και 40% (μικρές απώλειες λόγω εξάτμισης ή βαθείας διήθησης).
- Ομοιόμορφη άρδευση (δεν επηρεάζεται από τον άνεμο), ανεξαρτήτως τύπου εδαφών και αναγλύφου.
- Αποτελεσματική τροφοδοσία των φυτών με νερό (πρακτικώς συνεχής τροφοδοσία) και με αποφυγή υπέρβασης των ακραίων καταστάσεων του 'σημείου μαράνσεως' και 'υδατοικανότητας' του εδάφους.
- Δυνατότητα εφαρμογής υδρολιπάνσεως.
- Μείωση των ζιζανίων, γιατί δεν διαβρέχεται όλη η έκταση, αλλά και των ασθενειών που ευνοούνται από την υγρασία των φύλλων
- Αναφέρεται επίσης πρωίμηση και αύξηση της παραγωγής.

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

Ο Smith το 2002, υπεύθυνος συγκομιδής του βαμβακιού στο Τέξας Dennis Flowers αναφέρει χαρακτηριστικά ότι παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής κατά 180 kg/str σύσπορου βαμβακιού στις εκτάσεις που αρδεύτηκαν με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Οι Bhattarai et al., (2003), συγκρίνοντας διαφορετικά επίπεδα εφαρμογής νερού (50, 75, 90 και 120% των υπολογιζόμενων αναγκών βάση της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής) σε καλλιέργεια βαμβακιού σε βαρύ αργιλλώδες έδαφος, διαπίστωσαν μεγαλύτερη παραγωγή με αποδοτικότερη χρήση ύδατος στην εφαρμογή ποσότητας νερού ίσης με το 75% των υπολογιζόμενων αναγκών.

Επίσης έχει αξιολογηθεί η επιφανειακή και υπόγεια στάγδην άρδευση σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη κ.α.,2000), όπου διαπιστώθηκε αύξηση του βάρους των ριζών και του ζαχαρικού τίτλου, καθώς και υψηλότερες τιμές υγρασίας σε μεγαλύτερα βάθη του εδάφους κάτω από συνθήκες υπόγειας στάγδην άρδευσης. Ακόμα αναφέρεται, η δυνατότητα εξοικονόμησης νερού κατά 20% κάτω από συνθήκες στάγδην άρδευσης, χωρίς να υπάρχει ουσιαστική μείωση στην παραγωγή ζαχαρότευτλων (Sakellariou – Makrantonaki et al., 2002;).

Ανάλογα αποτελέσματα, όσον αφορά την παραγωγή της καλλιέργειας βαμβακιού, διαπίστωσαν οι Millholon et al., (2001), σε πείραμα που εγκαταστάθηκε σε αμμοαργιλώδες έδαφος στην περιοχή του LSU AgCenter's Red River Station στην πόλη Bossier της Λουϊζιάνα.

3. ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

3.1 Γενικά

Η προσπάθεια για την επίτευξη μικρότερου κόστους και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας κατά την εφαρμογή του νερού στις αρδεύσεις, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών και ποικίλων μεθόδων άρδευσης.

Η στάγδην άρδευση, επιφανειακή ή υπόγεια, ανήκει στις μεθόδους της τοπικής ή μερικής άρδευσης. Έτσι χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι εκείνες, που χορηγούν το νερό κατευθείαν στη ζώνη της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας των φυτών και μόνο εκεί, σε αντίθεση με τις διάφορες παραδοσιακές μεθόδους που χορηγούν το νερό σε όλη (κατάκλιση, καταιονισμός) ή σχεδόν όλη (αυλάκια) την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια.

Ιδιαίτερα για την υπόγεια στάγδην άρδευση ο Phene, (1999) θεωρεί ότι είναι η νεότερη και ενδεχομένως η περιπλοκότερη και αποδοτικότερη μέθοδος άρδευσης.

Οι Carter et al., (2000), αναφέρουν την ύπαρξη υπόγειας στάγδην άρδευσης από το 1860, χωρίς όμως να έχει πρακτική εφαρμογή.

Σύμφωνα με τον John Roberts (Roberts Irrigation Products, Inc.), η ιστορία της στάγδην άρδευσης χρονολογείται πριν πολλά έτη, ανάλογα με το πώς ορίζεται και το πόσο πρωτόγονη μορφή έχει. Η προέλευσή της πιθανόν να είναι από την Αίγυπτο ή ακόμα και από την Ασία. Κατά τη διάρκεια του 1700 υπήρχαν αναφορές ανθρώπων που πειραματιζόνταν με πρώιμους τύπους στάγδην άρδευσης. Με τη σημερινή της μορφή καινοτομήθηκε το 1940 στην Αγγλία, αλλά δεν άρχισε να αναγνωρίζεται ως ένα αποτελεσματικό σύστημα άρδευσης παρά μόνο μετά την εισαγωγή της χρήσης πολυαιθυλενίου (PVC) στα τέλη του 1960 για την κατασκευή των σταλακτηφόρων αγωγών. Η μεγάλη ανάπτυξη στον τομέα των πλαστικών ειδών που ακολούθησε τον 2^ο Παγκόσμιο πόλεμο, συνετέλεσε στην

ανάπτυξη της στάγδην άρδευσης αρχικά στη Μεγάλη Βρετανία και αργότερα στο Ισραήλ και στις Η.Π.Α., γύρω στο 1959.

Κατά το 1970 ο εξοπλισμός για την εγκατάσταση της στάγδην άρδευσης (επιφανειακής ή υπόγειας) είχε αναπτυχθεί.

Στις αρχές του 1980 το ενδιαφέρον για το σύστημα στάγδην άρδευσης μειώθηκε, πιθανόν εξαιτίας του κόστους των υλικών και του εξοπλισμού αλλά αναζωπυρώθηκε πάλι μετά το 1985, περίοδο όπου δημοσιεύονταν οι περισσότερες αναφορές των αποτελεσμάτων έρευνας, τόσο για την υπόγεια, όσο και για την επιφανειακή μέθοδο.

Αρχικά το σύστημα υπόγειας άρδευσης χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση μεγάλης αγρονομικής αξίας καλλιεργειών όπως τα λαχανικά, τα φρούτα, τα καρύδια, το ζαχαροκάλαμο. Όταν η αξιοπιστία και η μακροβιότητα του συστήματος βελτιώθηκε, η χρήση του επεκτάθηκε και σε καλλιέργειες μικρότερης αγρονομικής αξίας. Αυτό έγινε κατά κύριο λόγο γιατί το σύστημα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για περισσότερα έτη μειώνοντας έτσι το ετήσιο κόστος άρδευσης (Camp et al., 2000).

Σύμφωνα με τον ASAE S526.1(ASAE Standards, 43rd Ed. 1996.) “ Soil and Water Terminology ” , η κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στάγδην άρδευση ορίζεται ως: << η εφαρμογή νερού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους διαμέσου σταλακτήρων με αναλογία αποδέσμευσής του, σε γενικές γραμμές, στην ίδια κλίμακα με την επιφανειακή στάγδην άρδευση >> (Camp et al.,2003).

Άλλοι ορισμοί της υπόγειας άρδευσης προϋποθέτουν την παράπλευρη τοποθέτηση λάστιχων κάτω από το κανονικό βάθος οργώματος ή στο βάθος που θα διασφάλιζε την επιβίωσή τους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, υπονοώντας κάποιο βαθμό μονιμότητας.

Ο όρος υπόγεια άρδευση χρησιμοποιείται γενικά τα τελευταία 10-15 χρόνια, για να περιγράψει την εφαρμογή του εξοπλισμού της στάγδην άρδευσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις τοπικές αρδεύσεις είναι:

1. Μικρή παροχή νερού (κατώτερη από 12 lt/h).
2. Μερική διαβροχή του εδάφους.
3. Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια άρδευσης.
4. Υψηλή περιεκτικότητα και χαμηλή τάση εδαφικής υγρασίας.
5. Τρισδιάστατη κίνηση του νερού στο έδαφος.

3.2 Μέρη του συστήματος της στάγδην άρδευσης

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και τη μονάδα ελέγχου.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους, όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στον αγρό των γεωργικών μηχανημάτων.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με διάμετρο 12-25 mm, στους οποίους, σε προκαθορισμένες θέσεις τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φθάνει στο έδαφος με τη μορφή των σταγόνων.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Βάση του συστήματος της στάγδην άρδευσης είναι οι σταλακτήρες. Αυτοί διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

τους. Έτσι, ανάλογα με το είδος της ροής του νερού διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικώς στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή.

Ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη. Οι αυτοκαθαριζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτορυθμιζόμενοι και είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα (Τερζίδης κ.ά., 1997, Μιχελάκης 1998).

Σύμφωνα με τους Phene et al., (1995), ο σχεδιασμός και η λειτουργία των υποεπιφανειακών στάγδην συστημάτων εξελίχθηκαν με τον χρόνο, αλλά διαφέρουν ελάχιστα από τα επιφανειακά συστήματα, εκτός από τρία σημαντικά κριτήρια :

- α) Πρέπει να τοποθετηθούν βαλβίδες ανακούφισης σε αρκετά σημεία, κυρίως στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του συστήματος.
- β) τα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης απαιτούν συχνή πλύση των πρωτευόντων και πλευρικών αγωγών ειδικότερα κατά τη διάρκεια των 6 πρώτων μηνών της λειτουργίας τους και,
- γ) επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών που αρδεύονται με υπόγεια στάγδην άρδευση είναι βαθύτερα, η λίπανση των καλλιεργειών καθίσταται ιδιαίτερος σημαντική από τη στιγμή που το ριζικό σύστημα επεκτείνεται σε έδαφος με έλλειψη αρκετών θρεπτικών στοιχείων.

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

3.3 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης υπόγειας ή επιφανειακής, με έμφαση σε αυτά της υπόγειας είναι:

1. Το σύστημα στάγδην άρδευσης μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών, καθώς και σε αγρούς με περίεργες μορφές ή ανώμαλη τοπογραφία.
2. Πλεονεκτεί σε περιοχές όπου το νερό που διατίθεται για την άρδευση είναι λιγοστό ή πολύ ακριβό. Είναι αποδοτικότερο επειδή η εξάτμιση μειώνεται, η απορροή μειώνεται ή εξαλείφεται, η βαθιά διήθηση μειώνεται και η ομοιομορφία άρδευσης βελτιώνεται.

Τα αποτελέσματα μελέτης που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Britz της Mendota το 1991-1993, σε αγρό με παρουσία ρηχού υπογείου ύδατος, όπου καλλιεργήθηκαν βαμβάκι και τομάτα από τους Ayars et al., (2001) κατέδειξαν ότι ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρουσία του ρηχού υπογείου νερού για να προκαλέσει από την καλλιέργεια τη χρήση ύδατος από το ρηχό υπόγειο νερό μειώνοντας έτσι το συνολικό εφαρμοζόμενο νερό άρδευσης. Οι παραγωγές βελτιώθηκαν και για το βαμβάκι και για την τομάτα έναντι της άρδευσης με αυλάκια και οι βαθιές απώλειες διεύθυνσης μειώθηκαν ή σχεδόν μηδενίστηκαν.

Μηδενική απορροή αναφέρει κατά την εφαρμογή υπόγειας στάγδην άρδευσης σε γκαζόν ο Zoldoske et al., 1995.

3. Η εφαρμογή θρεπτικών ουσιών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι δαπάνες λιπάσματος και οι απώλειες νιτρικών μπορούν να μειωθούν (Lamm et al., 1997; Phene, 1999).

Οι Ayars et al., (1999), αναφέρουν ότι με την υπόγεια άρδευση το νερό άρδευσης και τα εγχυόμενα χημικά όπως τα λιπάσματα, παροχετεύονται

κατευθείαν στο ριζόστρωμα των φυτών. Αυτό αποτελεί ειδικότερο πλεονέκτημα για θρεπτικά στοιχεία με χαμηλή κινητικότητα στο έδαφος.

4. Συμβάλλει στη μείωση της αλατότητας στην περιοχή του ενεργού ριζοστρώματος (Al-Orman et al., 2004).

5. Είναι δυνατό με κατάλληλο σχεδιασμό του συστήματος να παραμένουν στον αγρό αρκετά ξηρές λωρίδες γης, όπου μπορούν να κινούνται με ευκολία τα γεωργικά μηχανήματα, οποιαδήποτε στιγμή απαιτηθεί. Στην υπόγεια δε τοποθέτηση των σταλακτηφόρων αγωγών, όλη η επεφάνεια του αγρού παραμένει ξηρή.

Οι Zoldoske et al., (1998), θεωρούν ότι οι καλλιέργειες, όπως τα οινοποιήσιμα σταφύλια, που τείνουν προς περισσότερη εκμηχάνιση, μπορούν να ωφεληθούν από την εφαρμογή του συστήματος της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

6. Είναι δυνατός ο καλύτερος έλεγχος των ζιζανίων, μιας και αυτά μειώνονται λόγω έλλειψης υγρασίας ή καταπολεμούνται όπου χρειάζεται έγκαιρα με εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, αφού το ψεκαστικό μηχάνημα μπορεί εύκολα να κινηθεί μέσα στον αγρό. Σημαντικό γεγονός όμως είναι και η μείωση της εμφάνισης ασθενειών που ευνοούνται από την υγρασία στην επιφάνεια του εδάφους και γενικότερα στο περιβάλλον του φυτού (Jorgensen, 1995; Neibling et al., 1997; Bell et al., 1998; Lanier et al., 2004).

7. Το σύστημα στάγδην άρδευσης προσφέρεται για αυτοματοποίηση της άρδευσης.

Ο Lamm et al., (1997) αναφέρει ότι το σύστημα υπόγειας άρδευσης είναι μια μέθοδος άρδευσης όχι μόνο κατάλληλη για αυτοματοποίηση, αλλά είναι επίσης μια μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιήσει την αυτοματοποίηση για να επιτύχει τα υψηλά πρότυπα της συντήρησης ύδατος και της προστασίας της ποιότητας του νερού.

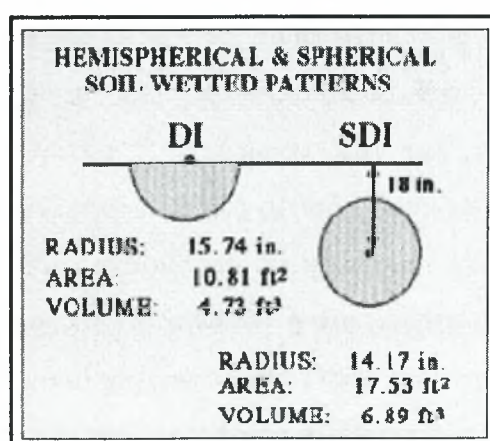
8. Η υπόγεια στάγδην άρδευση δίνει τη δυνατότητα άρδευσης με τη χρήση υγρών αποβλήτων (Σακελλαρίου κ.α. 2003 και 2004).

Οι Trooien et al., (1999), θεωρούν ότι η χρήση υγρών ζωικών αποβλήτων για άρδευση με το σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης έχει πολλά πιθανά πλεονεκτήματα μεταξύ των οποίων και μειωμένη ανθρώπινη επαφή με τα υγρά απόβλητα.

9. Έχει αποδειχθεί πολύ καλή ποιότητα και παραγωγή των καλλιεργειών κάτω από συνθήκες στάγδην άρδευσης και σε συγκρίσεις της επιφανειακής με την υπόγεια φαίνεται να υπερέχει η δεύτερη.

Ο Phene (1999), έχει αποδείξει ότι υπάρχει μια αύξηση στον όγκο του βρεγμένου εδάφους στο σύστημα υπόγειας άρδευσης (βρεγμένος όγκος με σφαιρικό σχήμα) σε σχέση με το σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης (βρεγμένος όγκος ημισφαιρικού σχήματος). Για μια δεδομένη ποσότητα χορηγημένου ύδατος σε ένα εύφορο αργιλώδες έδαφος, έχει δείξει, ότι:

α) ο σφαιρικός όγκος που διαβρέχεται με το σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι κατά 46% μεγαλύτερος από τον ημισφαιρικό όγκο που διαβρέχεται με την επιφανειακή στάγδην άρδευση.



Εικόνα 1. Διαφορές στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ημισφαιρικού και σφαιρικού διαβρεχόμενου σχεδίου της στάγδην άρδευσης και της υπόγειας στάγδην άρδευσης αντίστοιχα.

- β) η αντίστοιχη βρεγμένη περιοχή εδάφους που είναι διαθέσιμη για την προσρόφηση νερού από τη ρίζα είναι κατά 62% μεγαλύτερη στην υπόγεια άρδευση από ότι στην επιφανειακή αποκλείοντας στην τελευταία την υγρή επιφάνεια του εδάφους και
- γ) η ακτίνα διαβροχής είναι κατά 10% μικρότερη στο σύστημα υπόγειας από αυτή στο σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Τα παραπάνω έχουν σαν συνέπεια:

- α) ο βρεγμένος εδαφικός όγκος στην υπόγεια στάγδην άρδευση να έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε νερό από ότι στην επιφανειακή
- β) η αντίστοιχη βρεγμένη περιοχή που διατίθεται για την λήψη ύδατος και θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα να είναι μεγαλύτερη στο σύστημα της υπόγειας στάγδην άρδευσης και
- γ) η πιο μικρή ακτίνα διαβροχής στην υπόγεια άρδευση επιτρέπει μικρότερα διαστήματα μεταξύ των σταλακτήρων με αποτέλεσμα την καλύτερη ύγρανση και ομοιομορφία διανομής.

Σε όλες τις περιπτώσεις οι αποδόσεις με την χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης διαπιστώνεται ότι είναι ίσες ή καλύτερες με τις αποδόσεις που προκύπτουν με την χρήση άλλων συστημάτων. Σημαντικό όμως πλεονέκτημα είναι η εφαρμογή μικρότερης ποσότητας αρδευτικού νερού.

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

Οι Ayars et al., (1999) αναφέρουν ότι η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι η νεότερη και η πιο αποδοτική και πιθανόν η πιο εξεζητημένη μέθοδος άρδευσης γεωργικών καλλιεργειών και χλοοταπήςτων. Όπως έχει αποδεχθεί επιτυγχάνει τις μεγαλύτερες παραγωγές και την υψηλότερη αποδοτικότητα της χρήσης του νερού από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο άρδευσης που βρίσκεται σε χρήση ανά τον κόσμο.

Ο I Pai Wu et al., (1994) αναφέρει σε πειράματα στην Χαβάη ότι η κατανάλωση ενέργειας της αντλίας για την παροχή νερού στην υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μειωμένη σε ποσοστά 30-90% σε σχέση με την

ενέργεια που απαιτείται για άρδευση με τεχνητή βροχή της αντίστοιχης καλλιεργήσιμης έκτασης.

Οι Hanson et al., (1997) σύγκριναν την άρδευση με αυλάκια, την επιφανειακή στάγδην άρδευση και την υπόγεια στάγδην άρδευση σε καλλιέργεια μαρουλιών. Τα παραγωγικά αποτελέσματα έδειξαν ισότιμη παραγωγή στην άρδευση με αυλάκια και στην υπόγεια στάγδην άρδευση, αλλά μικρότερη στην επιφανειακή στάγδην άρδευση. Η εφαρμογή όμως του νερού στα συστήματα της στάγδην άρδευσης κυμάνθηκε σε ποσοστά από 43% έως 74% μικρότερα από την άρδευση με αυλάκια.

Οι Sakellariou – Makrantonaki et al., (2000) παρατηρούν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων και αύξηση του ζαχαρικού τίτλου αυτών συγκρίνοντας την υπόγεια μέθοδο άρδευσης με αυτήν της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Ανάλογα αποτελέσματα, όσον αφορά την παραγωγή της καλλιέργειας βαμβακιού, διαπίστωσαν οι Millhollon et al., (2001), σε πείραμα που εγκαταστάθηκε σε αμμοαργιλώδες έδαφος στην περιοχή LSU AgCenter's Red River Station στην πόλη Bossier της Λουϊζιάνα.

Σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής, με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης και σημαντικά μεγαλύτερη τελική απόδοση ξηρής βιομάζας, με παράλληλη εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, ήταν το αποτέλεσμα πειραματικής μελέτης σε καλλιέργεια σόργου (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ. κ.α.,2003).

3.4 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που εμφανίζονται στο σύστημα υπόγειας και επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι:

1. Υψηλό κόστος. Ένα μέρος του κόστους αποτελεί η κύρια επένδυση η οποία χρησιμοποιείται για αρκετά έτη και ένα μέρος είναι ετήσιο.

Η αγροοικονομική ανάλυση που πραγματοποίησαν οι Sharmasarkar et al., (2001), σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων έδειξε ότι η άρδευση με σταγόνες είναι πιο κερδοφόρα όταν εφαρμόζεται σε μεγάλες εκτάσεις από ότι σε εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας.

Διάφοροι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τον σωστό σχεδιασμό, λειτουργία και συντήρηση του συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης με σκοπό την μείωση του κόστους (Ferguson, 1994; Lamm et al., 2003), καθώς και με τη σύγκριση του κόστους της υπόγειας στάγδην άρδευσης με άλλα συστήματα άρδευσης (Lamm et al., 2003).

Οι Lamm et al., (2003), θεωρούν ότι η αυξανόμενη μακροζωία του συστήματος της υπόγειας άρδευσης είναι πιθανόν ο σημαντικότερος παράγοντας για να υπερισχύσει στον οικονομικό ανταγωνισμό με το σύστημα του περιστροφικού αρδευτή (center pivot).

Οι Hanson et al., (2004), σε καλλιέργεια τομάτας, αναφέρουν ότι το κέρδος από την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης προκύπτει από το αυξανόμενο εισόδημα, λόγω μεγαλύτερης παραγωγής και την ετήσια μείωση του κόστους των παραδοσιακών καλλιεργητικών και ενεργειακών δαπανών σε σχέση με την άρδευση με καταιονισμό.

2. Οι σταλάκτες μπορούν εύκολα να φράξουν από άγλη, βούρκο ή άλλα σωματίδια του εδάφους.

Οι Trooien et al., (1998), διαχωρίζουν τον κίνδυνο απόφραξης στα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης σε τρεις κατηγορίες ανεξάρτητα από την προέλευση του νερού άρδευσης: Φυσική (μεγάλου μεγέθους στερεά σωματίδια), χημική (κυρίως άλατα CaCO_3 και σχηματισμός ιζήματος σιδήρου) και βιολογική (οργανικά υλικά) απόφραξη.

Τα αποτελέσματα εργαστηριακής έρευνας που διεξήχθη από τους Βύρλας κ.α., (2003), προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση του εδαφικού τύπου και της υποπίεσης στην έμφραξη λόγω εισρόφησης ενός σταλακτήρα που χρησιμοποιείται σε υποεπιφανειακά συστήματα άρδευσης, έδειξαν πως η έμφραξη ήταν τόσο μερική όσο και ολική και κυμάνθηκε σε

υψηλότερα επίπεδα στο αμμοπηλώδες και το πηλοαμμώδες έδαφος, ενώ αυξανόταν με την αύξηση της υποπίεσης.

Το φράξιμο των σταλακτήρων που προκαλείται από την παρείσφρηση ρίζας είναι ένα σημαντικό πρόβλημα του συστήματος της υπόγειας στάγδην άρδευσης, αλλά μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με χρήση χημικών ουσιών, με κατάλληλο σχεδιασμό των σταλακτήρων και με σωστή διαχείριση της άρδευσης (Camp R.C. et al., 2000). Οι τεχνικές που βασίζονται στις χημικές ουσίες περιλαμβάνουν είτε την χρήση ζιζανιοκτόνων, είτε ουσιών που επιβραδύνουν την αύξηση και ενσωματώνονται στους σταλακτήρες και στα φίλτρα, είτε έγχυση άλλων χημικών ουσιών, όπως τα καπνογόνα στο νερό άρδευσης. Επίσης η περιοδική έγχυση φωσφορικού οξέος και χλωρίου μπορεί να τροποποιήσει το περιβάλλον γύρω από τους σταλακτήρες μειώνοντας έτσι την ανάπτυξη ριζών. Όσον αφορά τον σχεδιασμό των σταλακτήρων, τα μικρότερα στόμια τείνουν να μειώσουν την παρείσφρηση ρίζας, αλλά είναι πιο ευαίσθητα στο φράξιμο από κόκκους εδάφους. Επίσης η υψηλή συχνότητα άρδευσης που διατηρεί το χώμα γύρω από τους σταλακτήρες σχεδόν πάντα υγρό, τείνει να αποθαρρύνει την αύξηση του ριζικού συστήματος στην περιοχή. Το αντίθετο συμβαίνει σε ελλειμματική άρδευση που εφαρμόζεται πολλές φορές για ειδικούς λόγους, όπως η βελτίωση της ποιότητας, η επιτάχυνση της ωρίμανσης κ.α.

Σε πείραμα που εγκατέστησαν το Φθινόπωρο του 1989 και επαναλήφθηκε για 4 συνεχόμενα έτη οι Solomon και Jorgensen (1993), μελέτησαν μεταξύ άλλων την αποτελεσματικότητα της χρήσης του ζιζανιοκτόνου Treflan στην προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος της παρείσφρησης ρίζας που παρουσιάστηκε. Έτσι, κατά την επανάληψη του πειράματος το 1991, εγκατέστησαν μια ακόμη μεταχείριση, όπου εφαρμόστηκε η ουσία treflan και τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά. Παρατηρήθηκε ότι γύρω από τους σταλακτήρες μια σφαιρική περιοχή διαμέτρου 2,54cm παρέμενε καθαρή από παρουσία ριζών. Στο ίδιο πείραμα παρατηρήθηκε ότι στους σταλακτήρες τύπου Techline της εταιρίας Netafim, δεν παρουσιάστηκε το πρόβλημα παρείσφρησης ρίζας.

3. Απαιτείται η επιλογή ζιζανιοκτόνων που δεν χρειάζονται υγρασία (άρδευση με καταιονισμό ή τεχνητή βροχή) για να ενεργοποιηθούν, μιας και με το σύστημα στάγδην άρδευσης μέρος του εδάφους ή όλη η επιφάνεια παραμένει ξηρή.

4. Απαιτείται επιπλέον άρδευση φυτρώματος μιας και με το σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης το επιφανειακό στρώμα του εδάφους παραμένει ξηρό, οπότε δεν παρέχεται η αναγκαία υγρασία για το φύτρωμα των σπόρων.

Οι Ayars et al., (1999), αναφέρουν ότι η άρδευση προ-εγκαταστάσεων, δηλαδή η εφαρμογή του ύδατος σε ένα τομέα αγροαναπαύσεων για λόγους της διάλυσης οποιουδήποτε συσσωρευμένου άλατος και για το ξαναγέμισμα της ζώνης ρίζας, δίνει τη δυνατότητα στο βαμβάκι να μπορεί να σπαρθεί και να βλαστήσει χωρίς περαιτέρω άρδευση. Υπάρχει αρκετή ανάπτυξη ρίζας στο χώμα για να επιτρέψει τη χρήση του συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης, όταν είναι χρόνος να αρχίσει η άρδευση.

5. Πρέπει να προγραμματίζεται η επαναχρησιμοποίηση των σταλακτηφόρων αγωγών για να μειώνονται οι δαπάνες εφαρμογής του συστήματος. Όσον αφορά το δίκτυο σταλακτηφόρων αγωγών στην υπόγεια στάγδην άρδευση που παραμένει μόνιμα στον αγρό αναφέρεται ότι με κατάλληλο σχεδιασμό, εγκατάσταση και διαχείριση μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα έως και 20 έτη (Camp et al., 2000).

Πολλοί ερευνητές τα τελευταία χρόνια διερευνούν το σύστημα της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε διάφορες καλλιέργειες με σκοπό να εντοπίσουν αδυναμίες και να προτείνουν βελτιώσεις έτσι ώστε, να γίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο αποδοτικό. Πεδία της έρευνάς τους δεν είναι μόνο οι αποδόσεις των καλλιεργειών κάτω από το συγκεκριμένο σύστημα άρδευσης αλλά και άλλα θέματα όπως:

- το βάθος και η απόσταση τοποθέτησης των σταλακτηφόρων αγωγών σε διάφορες καλλιέργειες και τύπους εδαφών (Camp, 1999, σε βαμβάκι και καλαμπόκι; Alam et al., 2002, στη μηδική; Enciso et al., 2002, σε βαμβάκι εφαρμόζοντας άρδευση με αλμυρό νερό; Machado et al., 2003, στην καλλιέργεια τομάτας; Byrla et al., 2003, σε κουκιά).

Σύμφωνα με τον Charlesworth και Muirhead, (2003), ο καθορισμός του κατάλληλου βάθους εγκατάστασης των σταλακτηφόρων αγωγών του συστήματος απαιτεί την εκτίμηση : α) της δομής και της σύστασης του εδάφους, β) τη μορφή ανάπτυξης της ρίζας του φυτού, γ) αν το σύστημα θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση φυτρώματος, δ) το βάθος καλλιέργειας του εδάφους και ε) την μονιμότητα του συστήματος.

Επίσης, η επιλογή του τύπου των σταλακτιών είναι πρωταρχικής σημασίας, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της πίεσης επιστροφής νερού στο εσωτερικό των σταλακτηφόρων σωλήνων. Για την επιλογή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους, σύμφωνα με τους Shani et al., (1996).

- την επίδραση της υπόγειας άρδευσης στη δομή και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Barber et al., 2001; Jnad et al., 2001)
- την εκτίμηση των ιδιαίτερων απαιτήσεων στο σχεδιασμό, εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος.(Lamm et al.,1997; Zhu et al.,2002).

Σύμφωνα μάλιστα με τους Lamm et al., (1997), ένα εσφαλμένα σχεδιασμένο υπόγειο σύστημα στάγδην άρδευσης συγχωρείται λιγότερο από ότι ένα εσφαλμένα σχεδιασμένο επιφανειακό σύστημα. Τα προβλήματα διανομής ύδατος που συνδέονται με ένα εσφαλμένα σχεδιασμένο σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης μπορεί να είναι δύσκολο ή αδύνατο να διορθωθούν.

Οι Rogers et al., (2003), απαραίτητη την ανάλυση νερού από την πηγή που προέρχεται το νερό άρδευσης, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα λήψης μέτρων κατά την εγκατάσταση του συστήματος για την αποφυγή πιθανών μελλοντικών προβλημάτων.

4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Χάραξη του πειραματικού αγρού

Μελετήθηκε η επίδραση του συστήματος της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες στην αύξηση και παραγωγική συμπεριφορά του βαμβακιού σε σύγκριση με επιφανειακές μεθόδους στάγδην άρδευσης εφαρμόζοντας την ίδια ποσότητα νερού και το ίδιο εύρος άρδευσης. Επίσης μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικού εύρους άρδευσης με επιφανειακές σταγόνες. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικ.4.1) κοντά στο Βελεστίνο (39° 23' γεωγραφικό πλάτος , 22° 45' γεωγραφικό μήκος , 50 m υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2003.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων με έξι μεταχειρίσεις σε τέσσερις επαναλήψεις. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 60 m² με μήκος 15 m και πλάτος 4 m.



Εικόνα 4.1 Πειραματικός αγρός.

Εφαρμόστηκαν οι εξής μεταχειρίσεις :

1. **E100%ET.** Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης δύο ημέρες και δόση άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής.
2. **E80%ET.** Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης δύο ημέρες και δόση άρδευσης ίση με το 80% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής.
3. **Y100%ET.** Υπόγεια στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης δύο ημέρες και δόση άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής.
4. **Y80%ET.** Υπόγεια στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης δύο ημέρες και δόση άρδευσης ίση με το 80% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής.
5. **EKT100%ET.** Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης ανάλογο με τη συνήθη καλλιεργητική τεχνική των βαμβακοπαραγωγών της περιοχής (10 ημέρες) και δόση άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής.
6. **E100%ET,Se=0.4m.** Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εύρος άρδευσης δύο ημέρες και δόση άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών βάση της εξατμισοδιαπνοής. Η απόσταση των σταλακτάρων επί των σταλακτηφόρων αγωγών είναι σε όλες τις μεταχειρίσεις 0,8m εκτός από την τελευταία μεταχείριση που είναι 0,4m.

Στα σχήματα 4.1 και 4.2 παρουσιάζονται η διάταξη του πειραματικού αγρού και το πειραματικό τεμάχιο αντίστοιχα.

E80%ET	-1-	Y100%ET	-1-	Y80%ET	-1-	E100%ET	-1-	E100%ET Se=0.4m	-1-	EKT100%ET μάρτυρας	-1-
--------	-----	---------	-----	--------	-----	---------	-----	--------------------	-----	-----------------------	-----

E80%ET	-2-	E100%ET Se=0.4m	-2-	E80%ET	-2-	Y100%ET	-2-	Y80%ET	-2-	E100%ET	-2-
--------	-----	--------------------	-----	--------	-----	---------	-----	--------	-----	---------	-----

ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ

E100%ET	-4-	E100%ET Se=0.4m	-4-	Y100%ET	-4-	EKT100%ET μάρτυρας	-4-	Y80%ET	-4-	E80%ET	-4-
---------	-----	--------------------	-----	---------	-----	-----------------------	-----	--------	-----	--------	-----

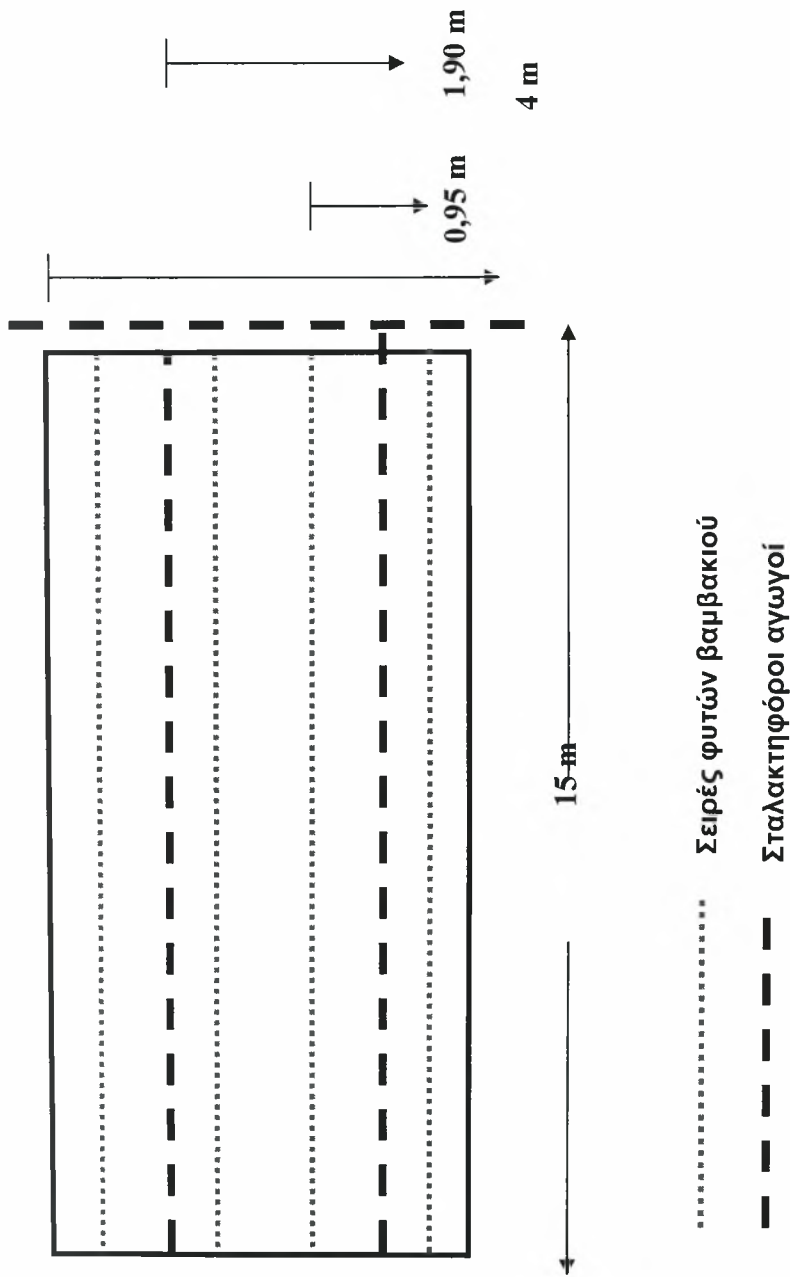
E80%ET	-3-	EKT100%ET μάρτυρας	-3-	E100%ET	-3-	Y100%ET	-3-	E100%ET Se=0.4m	-3-	Y80%ET	-3-
--------	-----	-----------------------	-----	---------	-----	---------	-----	--------------------	-----	--------	-----



Εξατμισμέτρο τύπου A

Δεξαμενή
Ηλεκτροβάνες
Αντλία

Οι επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση σημειώνονται με τους δείκτες 1, 2, 3, 4.



Σχήμα 3.2 Πειραματικό τεμάχιο σε μεγέθυνση και οι διαστάσεις του

4.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού

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

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

Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή έως άριστη (αποστράγγιση υπερβολική έως άριστη).

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

Είναι έδαφος πλούσιο σε ανθρακικά άλατα και σε όλο το βάθος του, σε επίπεδα κατώτερα των απαγορευτικών για τις καλλιέργειες.

Το pH βρίσκεται σε μετρίως αλκαλικά επίπεδα (7,7 – 8,1) χωρίς όμως να είναι ακόμη προβληματικό.

Το πετρώδες και η όχι αναπτυγμένη δομή, δημιουργούν ένα καλό πορώδες στο έδαφος αποτελούμενο από μία ποικιλία (σε μεγέθη και σχήματα) πόρους, που εξασφαλίζουν ικανοποιητικό αερισμό και συγκράτηση νερού στο ριζόστρωμα των φυτών .

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

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

(Μήτσιος κ. ά.,2000).

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους του αγρού.

Πίνακας 4.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P₂

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

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

Εδαφοτομή P₂

Τάξη: Inceptisol

Υποομάδα: Typic xerochrept

Χαρτογραφική μονάδα: B 43*4/A03Iox

4.3 Υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους

4.3.1 Φαινόμενο ειδικό βάρος

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

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

α. 0-20 cm

β. 20-40 cm

γ. 40-60 cm

και μετρήθηκε το Φ.Ε.Β αυτών.

4.3.2 Ισοδύναμο Υγρασίας (Υδατοϊκανότητα) του εδάφους

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

Επομένως σαν Υδατοϊκανότητα μπορεί να ορισθεί η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Σαν πληρέστερος ορισμός, Υδατοϊκανότητα μπορεί να ορισθεί το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας, στο οποίο η τιμή της τριχοειδούς αγωγιμότητας που αντιστοιχεί είναι τόσο μικρή, ώστε πρακτικά να έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του νερού στο έδαφος, ανεξάρτητα από τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις.

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

Στην παρούσα μελέτη η υδατοϊκανότητα μετρήθηκε στα δείγματα στα οποία μετρήθηκε το Φ.Ε.Β.,.

4.3.3 Σημείο Μόνιμης Μάρανσης

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

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

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

4.3.4 Η υδραυλική αγωγιμότητα

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

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

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

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

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

Μέτρηση της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας. Η μέτρηση της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι ιδιαίτερης σημασίας λόγω της χρήσεως τους στον σχεδιασμό και τον έλεγχο των αρδεύσεων, των στραγγίσεων, στην αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων στις δεξαμενές σήψης και σε άλλες αγροτικές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εγκαταστάσεις. Στα φυσικά εδάφη η κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα επηρεάζεται κυρίως από το εύρος μεγέθους των πόρων, αλλά και από άλλους επιπλέον παράγοντες, όπως είναι οι ρωγμές τόσο στην επιφάνεια όσο και μέσα στην μάζα τους, οι διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές κλπ. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα θα πρέπει να προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε έδαφος, γιατί οι παράγοντες που την επηρεάζουν δεν μπορούν να συμπεριληφθούν σε μία γενική μαθηματική διατύπωση.

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

4.4 Εγκατάσταση της καλλιέργειας

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

Η σπορά έγινε στις 15 Μαΐου 2003 με πνευματική μηχανή (Εικ. 4.2), σκόπιμα καθυστερημένα, εξαιτίας της ιδιομορφίας του εδάφους. Το συγκεκριμένο έδαφος σχηματίζει κρούστα και περιμέναμε αύξηση της θερμοκρασίας για να πετύχουμε καλύτερο φύτρωμα. Για τον ίδιο λόγο επιλέξαμε αυξημένο αριθμό σπόρων περίπου 29 σπόρους στο μέτρο για να έχουμε καλύτερη φυτρωτική ικανότητα. Η τοποθέτηση των σπόρων έγινε σε αποστάσεις 95cm μεταξύ των γραμμών και 3,4 cm επί της γραμμής, έτσι ώστε μετά από αραίωμα να έχουμε απόσταση περίπου 7cm.



Εικόνα 4.2 Πνευματική μηχανή σποράς βαμβακιού.

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

Στις εικόνες 4.3 και 4.4 απεικονίζονται φυτά της ποικιλίας OPAL κατά το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης και στο άνοιγμα των καρυδιών.



Εικόνα 4.3



Εικόνα 4.4

4.5 Υλικά άρδευσης

Πριν τη σπορά προηγήθηκε η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης με τη

βοήθεια υπεδαφοδέτη (Εικ.4.5). Το βάθος τοποθέτησης ήταν στα 45cm περίπου. Η απόσταση των σταλακτηφόρων αγωγών μεταξύ των γραμμών ήταν 1,90m και οι αγωγοί είχαν μήκος 15m.

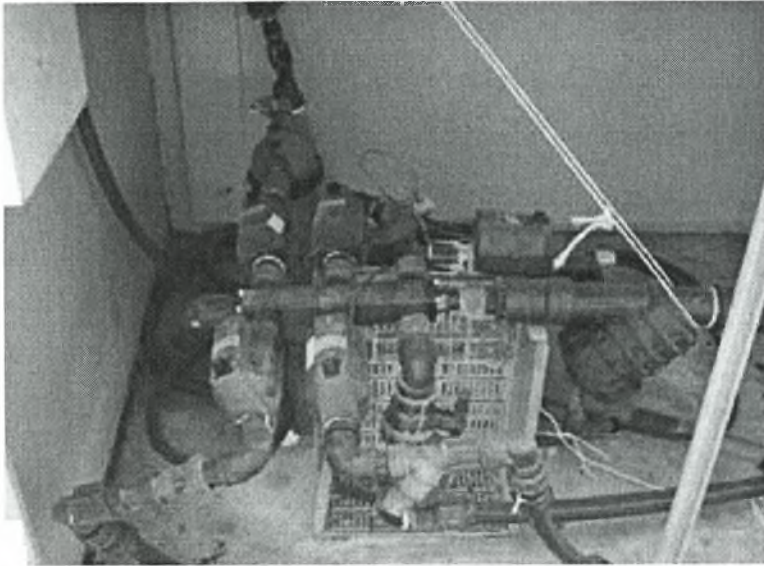


Εικόνα 4.5 Τοποθέτηση υπόγειου δικτύου άρδευσης.

Η εγκατάσταση του επιφανειακού δικτύου άρδευσης έγινε αργότερα όταν τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο εμφάνισης των πρώτων χτενιών. Ομοίως με το υπόγειο δίκτυο η απόσταση των σταλακτηφόρων αγωγών μεταξύ των γραμμών ήταν 1,90m.

Το αρδευτικό δίκτυο αποτελείτο από τον κύριο αγωγό μεταφοράς που ήταν από πολυαιθυλένιο διατομής 30mm , τους δευτερεύοντες αγωγούς από πολυαιθυλένιο διατομής 30mm και 20mm και τους σταλακτηφόρους σωλήνες από πολυαιθυλένιο διατομής 17mm. Οι σταλακτήρες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι με ισαποχή επί των σταλακτηφόρων αγωγών 0,8m και παροχή 2,3l/h για τις πέντε μεταχειρίσεις και ισαποχή 0,4m και παροχή 1,2l/h για μία μεταχείριση. Οι σταλακτήρες αυτοί διαθέτουν βαθύ λαβύρινθο μαιανδρικής διαδρομής, ώστε να εξασφαλίζουν την τυρβώδη ροή του νερού και την ελάχιστη ευαισθησία στις εμφράξεις.

Τοποθετήθηκε μία ηλεκτροβάννα για κάθε μεταχείριση, ώστε να αυτοματοποιηθεί η έναρξη και διακοπή της άρδευσης και υδρομετρητές για κάθε μεταχείριση ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος τυχόν αποκλίσεων από την επιθυμητή δόση άρδευσης.(Εικ.4.6, 4.7)



Εικόνα 4.6 Ηλεκτροβάνες



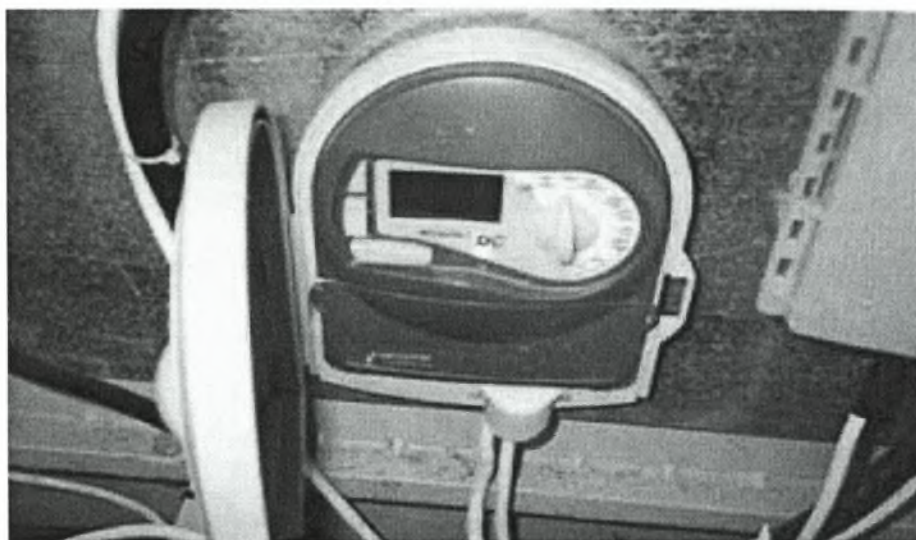
Εικόνα 4.7 Υδρόμετρο

Στο υπόγειο δίκτυο άρδευσης τοποθετήθηκε ειδική βαλβίδα εκτόνωσης κενού (vacuum breaker valve) για να αποφεύγεται η αναρρόφηση νερού και συνεπώς το φράξιμο των σταλακτήρων από στερεά εδαφικά σωματίδια κατά την διακοπή της άρδευσης, καθώς και φίλτρο δίσκων (teck filter) εμποτισμένο με Trifluralin-5 (ζιζανιοκτόνο της ομάδας των δινιτροανιλινών), ως ριζοαπωθητικού.

Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή (miracle DC) της εταιρείας Netafim (Εικ.4.8) έτσι ώστε να έχουμε αυτοματοποίηση της άρδευσης.

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

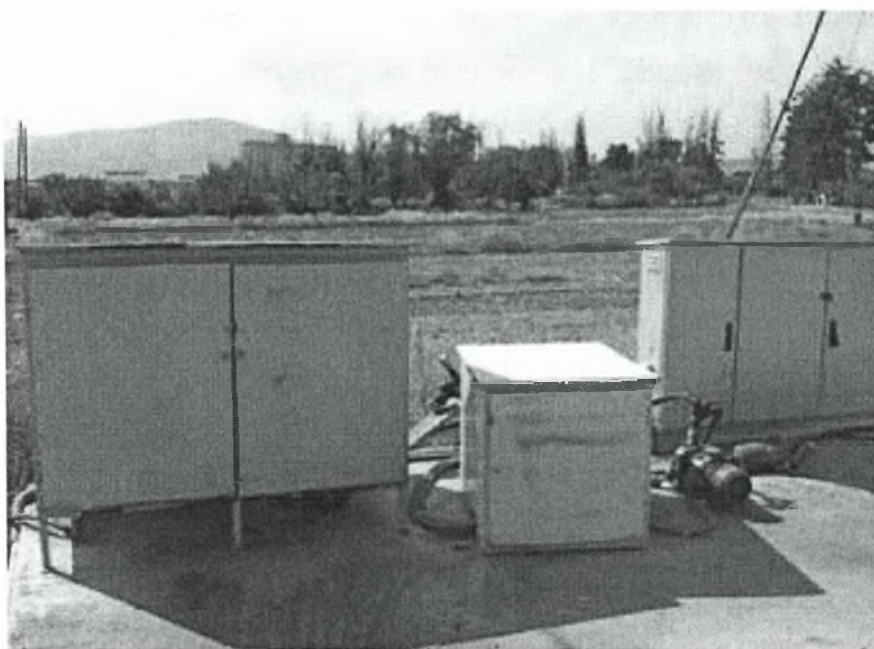
Η άντληση του νερού γινόταν από βάθος 2,5m με αντλία 5HP. Στην κεφαλή του πειραματικού αγρού υπήρχε φίλτρο σήτας δυνατότητας $20\text{m}^3/\text{h}$ με μανόμετρα στην είσοδο και στην έξοδο. Όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός της άρδευσης (αντλία προώθησης του νερού στα αρδευτικά δίκτυα, ηλεκτροβάνες, φίλτρα, βαλβίδα κενού, προγραμματιστής κ.α.) τοποθετήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο κουβούκλιο παρακείμενα του πειραματικού αγρού. (Εικ.4.9 ,4.10)



Εικόνα 4.8 Προγραμματιστής (Miracle DG) της εταιρείας Netafim.



Εικόνα 4.9 Δεξαμενή συγκέντρωσης νερού άρδευσης



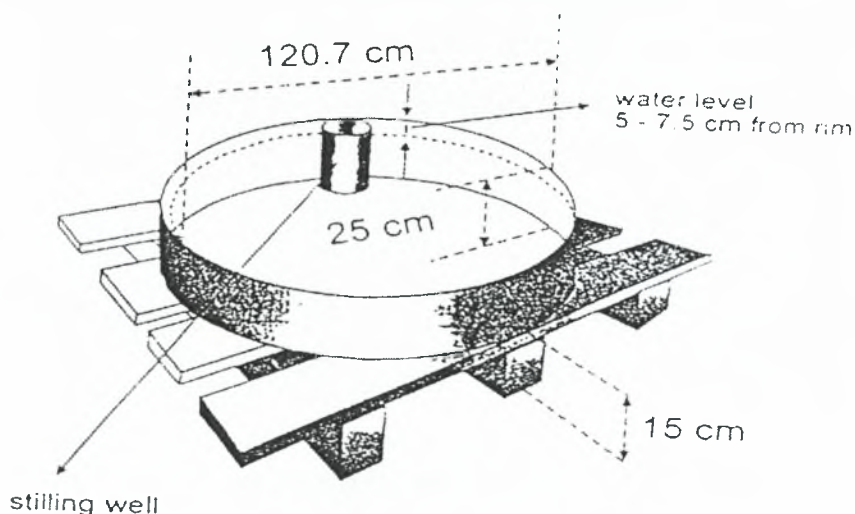
Εικόνα 4.10 Ειδικά κουτιά με το μηχανολογικό εξοπλισμό της άρδευσης

4.6 Εξατμισόμετρο τύπου Α

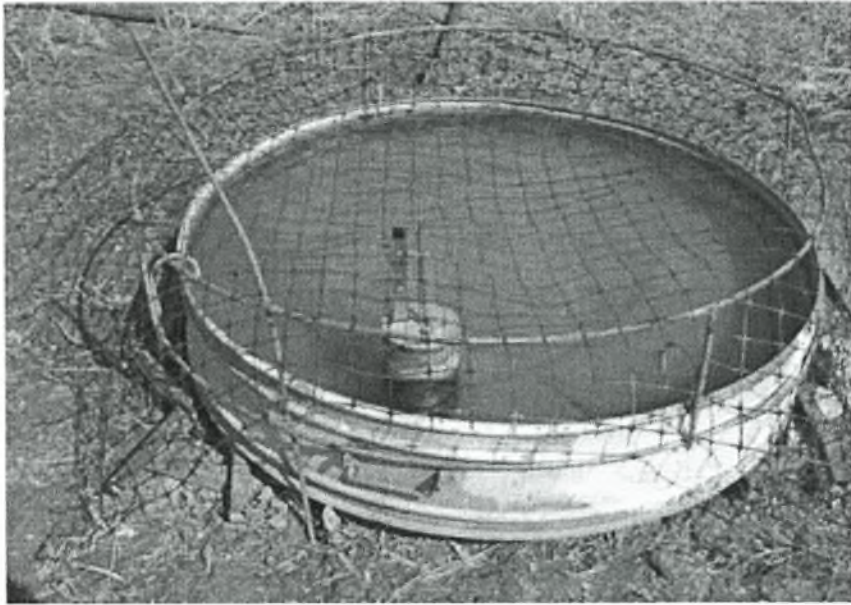
Στην παρούσα διατριβή οι ανάγκες άρδευσης του βαμβακιού υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του εξατμισόμετρου. Τα εξατμισόμετρα με ελεύθερη επιφάνεια νερού, γνωστά σαν εξατμισόμετρα τύπου λεκάνης, παρέχουν ένα μέτρο της συνδυασμένης επιδράσεως που ασκούν η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα πάνω στην εξάτμιση από μια συγκεκριμένη ελεύθερη επιφάνεια νερού. Οι καλλιέργειες αντιδρούν, σε γενικές γραμμές, στους παραπάνω κλιματικούς παράγοντες με ανάλογο τρόπο. Για τον λόγο αυτό, εξατμισόμετρα του τύπου αυτού χρησιμοποιήθηκαν από πολλούς εδώ και χρόνια για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής σε διάφορα μέρη του κόσμου (Allen et al., 1997).

Το εξατμισόμετρο τύπου Α χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της εξάτμισης, απαραίτητης για τον υπολογισμό των αναγκών άρδευσης της καλλιέργειας.

Το εξατμισόμετρο τύπου Α είναι μία κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χοντρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 121 cm και βάθος 25.4 cm που τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15cm από την επιφάνεια του εδάφους όπως φαίνεται στις Εικόνες 4.11, 4.12.



Εικόνα 4.11 Εξατμισόμετρο τύπου Α



Εικόνα 4.12 Εξατμισόμετρο τύπου Α που χρησιμοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό.

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

Οι μετρήσεις στο βάθος του νερού στη λεκάνη γίνονταν με σταθμήμετρο με ακίδα. Οι ενδείξεις αυτές που αντιπροσωπεύουν την εξάτμιση από την λεκάνη σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισίμετρου ($K_p=0.80$) και την αντίστοιχη για κάθε περίοδο τιμή του φυτικού συντελεστή K_c , έδιναν την τιμή της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

4.7 Σύστημα μέτρησης της υγρασίας του εδάφους

Η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας έγινε με τη μέθοδο T.D.R. (Time Domain Reflectometry), η οποία είναι μία μη ραδιενεργός μέθοδος, γρήγορη και ανεξάρτητη

από τον τύπο του εδάφους. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στην απευθείας μέτρηση της φαινόμενης διηλεκτρικής σταθεράς του υπό μελέτη εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα νερού (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη κ.α., 1997). Δηλαδή βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για διάφορα βάθη από 0 – 75 cm ή 0 – 120 cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης με τη χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων σε μονάδες εδαφικής υγρασίας (% κ.ο.).

Το σύστημα περιλαμβάνει :

- τη συσκευή T.D.R. με ενσωματωμένο επεξεργαστή μετατροπής και την οθόνη προβολής των ενδείξεων
- τον αισθητήρα του οργάνου (probe)
- τον φορτιστή των μπαταριών του οργάνου
- τα καλώδια επικοινωνίας της συσκευής με τον αισθητήρα και τον υπολογιστή
- την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή των αισθητήρων.

Η βαθμονόμηση του οργάνου έχει γίνει από τον κατασκευαστή.

Στον πειραματικό αγρό τοποθετήθηκαν έξι αισθητήρες μήκους 75 cm έτσι ώστε να αντιστοιχεί ένας αισθητήρας για κάθε μεταχείριση. Η θέση των αισθητήρων ήταν επί της γραμμής σποράς στο μέσο της απόστασης δύο διαδοχικών φυτών.

Στην παρούσα πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις υγρασίας πριν και μετά από κάθε άρδευση σε όλες τις μεταχειρίσεις.

4.8 Σύσκευή προσδιορισμού του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας

Η εκτίμηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του αυτόματου οργάνου εμβαδομέτρησης LI – COR (Εικ. 4.13)

Πραγματοποιήθηκαν 6 μετρήσεις ανά 15ήμερο, από τις 10 Ιουλίου έως τις 26 Σεπτεμβρίου. Η κάθε μέτρηση γινόταν στην ίδια σειρά φυτών κάθε πειραματικού τεμαχίου και πάντα την ίδια ώρα του 24ώρου.



Εικόνα 4.13

4.9 Μετρήσεις ποιοτικών και παραγωγικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας

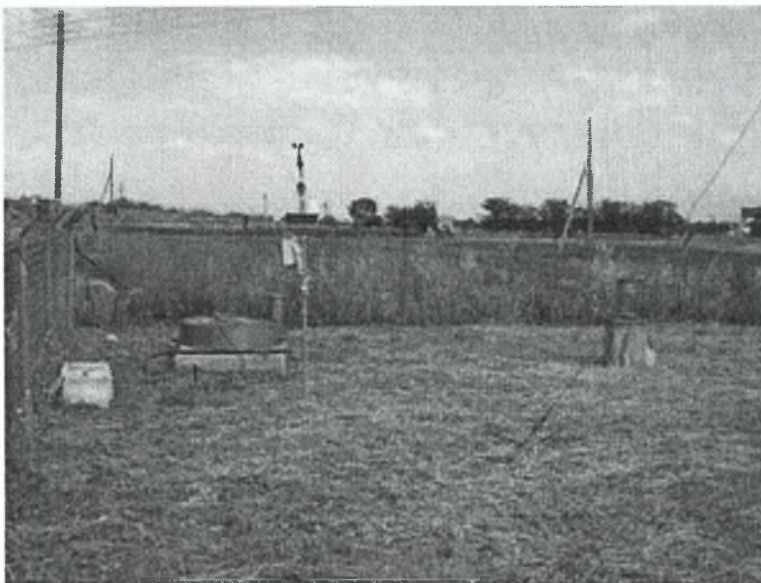
Πραγματοποιήθηκαν 15 μετρήσεις του ύψους των φυτών, ανά εβδομάδα, από τις 1/6 (21 ημέρες μετά τη σπορά) έως τις 7/9 (119 ημέρες μετά τη σπορά). Επίσης 7 μετρήσεις του αριθμού των χτενιών, ανά 10 ημέρες, από τις 20/6 (40 ημέρες από τη σπορά) έως τις 20/8 (101 ημέρες από τη σπορά) και 6 μετρήσεις του αριθμού των καρυδιών, ανά 7 ημέρες, από τις 20/7 (70 ημέρες από τη σπορά) έως τις 24/8 (105 ημέρες από τη σπορά). Επίσης πραγματοποιήθηκαν 15 μετρήσεις του Δείκτη

Φυλλικής Επιφάνειας, ανά 15 ημέρες, από τις 10/7 έως τις 26/9. Τέλος η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε σε μια δόση στις 20 Οκτωβρίου και έγινε με το χέρι. Στη συνέχεια τα δείγματα που συλλέχθηκαν κλείστηκαν αεροστεγώς και μεταφέρθηκαν στην ζυγαριά που υπάρχει στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου όπου μετρήθηκε χωριστά το βάρος του δείγματος του κάθε πειραματικού τεμαχίου. Από τα βάρη αυτά υπολογίστηκε ο μέσος όρος της απόδοσης σε κιλά ανά στρέμμα κάθε μεταχείρισης.

Όλες οι μετρήσεις καθώς και η συγκομιδή πραγματοποιήθηκαν από τυχαία φυτά των δύο μεσαίων σειρών κάθε πειραματικού τεμαχίου.

4.10 Μετεωρολογικά δεδομένα

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και άθροισμα ημερήσιας βροχόπτωσης) της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του εργαστηρίου γεωργικής υδραυλικής ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 25 m από το κέντρο του πειραματικού αγρού. (Εικ.4.14)



Εικόνα 4.14 Μετεωρολογικός σταθμός στο αγρόκτημα του Παν/μίου Θεσσαλίας

4.11 Στατιστική επεξεργασία

Έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) των αποτελεσμάτων με τη χρήση του πειραματικού σχεδίου των Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων (R.C.B.). Εκτιμήθηκε ο μέσος όρος όλων των μετρήσεων των μεταχειρίσεων και η ελάχιστη σημαντική διαφορά ($LSD_{0.05}$).

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο M-STAT (MSTAT-C, version 1.41, Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University).

4.12 Υπολογισμοί δόσεων, εύρους και διάρκειας άρδευσης

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

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

$$ET_0 = K_p * E_{pan}, \quad (\text{mm/ημέρα}) \quad (4.1)$$

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισόμετρου, K_p , υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στη συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0,80 (FAO, 1998).

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

$$ET_c = ET_0 * K_c, \quad (\text{mm/ημέρα}) \quad (4.2)$$

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της E_{Tc} αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (I_n), την ποσότητα δηλαδή του νερού που θα πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης.

Δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση :

$$I_{da} = I_n = E_{Tc} - \Omega B, \text{ σε mm} \quad (4.3)$$

όπου : B είναι το ύψος της βροχής και

ΩB είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται

ίσο με $0,8 B$ (Μιχελάκης, 1998)

Στο εξατμισόμετρο τύπου A όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), με τη χρήση των σχέσεων (4.1) και (4.2). 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 4.3, στην περίπτωση αυτή θα ισχύει :

$$E_{Tc} = I_n + \Omega B, \text{ σε mm} \quad (4.4)$$

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των καθαρών αναγκών (I_n) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (E_{Tc}) με βάση την ημερήσια ένδειξη εξάτμισης (E_{pan}) του εξατμισόμετρου τύπου A.

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

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

$$I_t = I_{da} / I_{dh}, \text{ σε h} \quad (4.5)$$

όπου : I_{da} είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και
 I_{dh} είναι το ωριαίο ύψος βροχής.

Ο υπολογισμός του ωριαίου ύψους βροχής (I_{dh}) έγινε βάση της σχέσης :

$$I_{dh} = (q \cdot n) / (St \cdot Sr), \text{ σε mm/h} \quad (4.6)$$

όπου : q είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h,
 $n = St / (2 \cdot Se)$ είναι ο αριθμός σταλακτιήρων ανά δύο σειρές φυτών,
 St είναι η ισαποχή των φυτών επί της σειράς σε m
 Sr είναι η ισαποχή των σιρών των φυτών σε m και
 Se είναι η ισαποχή των σταλακτιήρων σε m.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι δόσεις και η διάρκεια άρδευσης καθώς και οι ημερομηνίες των αρδεύσεων για κάθε μεταχείριση.

Πίνακας 4.2 Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νια	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 mm	Εξατμ/πνοή αναφοράς Εο=Κρ*Εραν 0,8*5 mm	Κε	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε 8*9 mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας Ετε=In+ΩB 10+7 mm
10/6/03	161	39.5		8.5						
11/6/03	162		48	8						
12/6/03	163		56	8						
13/6/03	164	17.5	64	8						
14/6/03	165		25.5	8.5						
15/6/03	166		34	12.5						
16/6/03	167		46.5	7.5	0.5	0.4				
17/6/03	168		54	9.5						
18/6/03	169		63.5	8.5						
19/6/03	170		72	0	8.05	6.44				
20/6/03	171	15	72	4						
21/6/03	172		19	7.5						
22/6/03	173		26.5	8.5						
23/6/03	174		35	9						
24/6/03	175		44	8						
25/6/03	176		52	4	4.28	3.424				
26/6/03	177		56	8						
27/6/03	178		64	4	3	2.4				
28/6/03	179		68	-3.5	5.55	4.44				
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
2/7/03	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

Πίνακας 4.2 Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νια	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 Εο=Κρ*Έρην 0,8*5 mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc 8*9 mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας Ετε=In+ΩB 10+7 mm
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
25/7/03	206		60	9			7.2	0.85	6.12	6.12
26/7/03	207		69	10			8	0.85	6.8	6.8
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

Πίνακας 4.2 Υπολογισμός των καθάρων αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νια	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 Εο=Κρ*Εραν 0,8*5 mm	Kc	Καθάρς ανάγκες In=Εο*Κc 8*9 mm	Εξατμ/πνοή καλλιέργειας Ετε=In+ΩB 10+7 mm
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	4.776
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
16/8/03	228		20	8			6.4	0.9	5.76	5.76
17/8/03	229		28	10			8	0.9	7.2	7.2
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

Πίνακας 4.2 Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατισμοδιαπινοής της καλλιέργειας (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Παλίρωση εξοστμ/τρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή Β mm	Ωφέλιμη βροχή ΩΒ=0,8*Β 0,8*6 mm	Εξατμ/πινοή αναφοράς Εο=Κρ*Εραν 0,8*5 mm	Κc	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc 8*9 mm	Εξατμ/πινοή καλλιέργειας Etc=In+ΩΒ 10+7 mm
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	0.9	5.04	5.04
2/9/03	245	7	39	6			4.8	0.9	4.32	4.32
3/9/03	246		13	3	2.14	1.712	2.4	0.9	2.16	3.872
4/9/03	247		16	6			4.8	0.9	4.32	4.32
5/9/03	248		22	5			4	0.9	3.6	3.6
6/9/03	249		27	6			4.8	0.9	4.32	4.32
7/9/03	250		33	7			5.6	0.9	5.04	5.04
8/9/03	251									
ΣΥΝΟΛΟ					48.19	38.552			352.30	373.748

Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στις μεταχειρίσεις E100%ET, Y 100%ET, E80%ET και Y80%ET

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET & Y100%ET mm ή m ³ /στρ.	Δόση άρδευσης Y 80%ET & E 80%ET mm ή m ³ /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET & Y100%ET 5/8 h	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET & E80%ET 6/9 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	0,044	1,52	4h 29' 12"	3h 35' 22"
2/7/03	183	6,12	10,2						
3/7/03	184	6,80		10,2	8,16	0,044	1,52	6h 42' 38"	5h 22' 6"
4/7/03	185	6,12	12,92						
5/7/03	186	10,88		12,92	10,336	0,044	1,52	8h 30'	6h 48'
6/7/03	187	5,44	16,32						
7/7/03	188	6,12		16,32	13,056	0,044	1,52	10h 44' 12"	8h 35' 22"
8/7/03	189	5,44	11,56						
9/7/03	190	4,76		11,56	9,248	0,044	1,52	7h 36' 19"	6h 5' 3"
10/7/03	191	5,44	10,2						
11/7/03	192	5,44		10,2	8,16	0,044	1,52	6h 42' 38"	5h 22' 6"
12/7/03	193	6,12	11,56						
13/7/03	194	6,12		11,56	9,248	0,044	1,52	7h 36' 19"	6h 5' 3"
14/7/03	195	2,72	8,84						
15/7/03	196	5,44		8,84	7,072	0,044	1,52	5h 48' 56"	4h 39' 9"
16/7/03	197	5,44	10,88						
17/7/03	198	8,16		10,88	8,704	0,044	1,52	7h 9' 28"	5h 43' 34"
18/7/03	199	8,16	16,32						
19/7/03	200	-7,48		16,32	13,056	0,044	1,52	10h 44' 12"	8h 35' 22"
20/7/03	201	4,76							

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

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

Ισοαχρή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισοαχρή σταλακτήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στις μεταχειρίσεις E100%ET, Y 100%ET, E80%ET και Y80%ET (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET & Y100%ET mm ή m ³ /στρ.	Δόση άρδευσης Y 80%ET & E 80%ET mm ή m ³ /στρ.	n	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET & Y100%ET 5/8 h	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET & E80%ET 6/9 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	0,044	1,52	5h 22' 6"	4h 17' 50"
24/7/03	205	6,12	11,56						
25/7/03	206	6,12		11,56	9,248	0,044	1,52	7h 36' 19"	6h 5' 3"
26/7/03	207	6,8	12,92						
27/7/03	208	4,08		12,92	10,336	0,044	1,52	8h 30'	6h 48'
28/7/03	209	4,76	8,84						
29/7/03	210	4,76		8,84	7,072	0,044	1,52	5h 48' 56"	4h 39' 9"
30/7/03	211	4,08	8,84						
31/7/03	212	2,04		8,84	7,072	0,044	1,52	5h 48' 56"	4h 39' 9"
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	0,044	1,52	6h 18' 56"	5h 3' 9"
5/8/03	217	5,76	10,8						
6/8/03	218	6,48		10,8	8,64	0,044	1,52	7h 6' 19"	5h 41' 3"
7/8/03	219	5,76	12,24						
8/8/03	220	4,32		12,24	9,792	0,044	1,52	8,05263	6,44211
9/8/03	221	3,96	8,28						
10/8/03	222	5,04		8,28	6,624	0,044	1,52	5h 26' 50"	4h 21' 28"
11/8/03	223	6,48	11,52						

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

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

Ισοποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισοποχή σταλακτήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στις μεταχειρίσεις E100%ET, Y100%ET, E80%ET και Y80%ET(συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E100%ET & Y100%ET mm ή m ³ /στρ.	Δόση άρδευσης Y80%ET & E80%ET mm ή m ³ /στρ.	n Su/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET 5/8 h	Διάρκεια άρδευσης Y80%ET & E80%ET 6/9 h
12/8/03	224	6,48		11,52	9,216	0,044	1,52	7h 34' 44"	6h 37' 53"
13/8/03	225	5,04	11,52						
14/8/03	226	4,32		11,52	9,216	0,044	1,52	7h 34' 44"	6h 37' 53"
15/8/03	227	5,04	9,36						
16/8/03	228	5,76		9,36	7,488	0,044	1,52	6h 9' 28"	4h 55' 34"
17/8/03	229	7,2	12,96						
18/8/03	230	5,76		12,96	10,368	0,044	1,52	8h 31' 34"	6h 49' 15"
19/8/03	231	5,04	10,8						
20/8/03	232	5,76		10,8	8,64	0,044	1,52	7h 6' 19"	5h 41' 33"
21/8/03	233	5,04	10,8						
22/8/03	234	5,04		10,8	8,64	0,044	1,52	7h 6' 19"	5h 41' 33"
23/8/03	235	5,04	10,08						
24/8/03	236	5,76		10,08	8,064	0,044	1,52	6h 37' 53"	5h 18' 18"
25/8/03	237	5,76	11,52						
26/8/03	238	5,76		11,52	9,216	0,044	1,52	7h 34' 44"	6h 37' 53"
27/8/03	239	2,16							
28/8/03	240	4,32	12,24						
29/8/03	241	5,76		12,24	9,792	0,044	1,52	8h 3' 9"	6h 26' 31"
30/8/03	242	5,76	11,52						
31/8/03	243	4,32		11,52	9,216	0,044	1,52	7h 34' 44"	6h 37' 53"
1/9/03	244	5,04	9,36						
2/9/03	245	4,32		9,36	7,488	0,044	1,52	6h 9' 28"	4h 55' 34"

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

Ισατοχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

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

Ισατοχή σταλακττήρων : Se = 0,80m

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

Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες , δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στις μεταχειρισείς E100%ET, Y100%ET, E80%ET και Y 80%ET(συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET & Y100%ET mm ή m ³ /στρ.	Δόση άρδευσης Y 80%ET & E 80%ET mm ή m ³ /στρ.	n S/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET & Y100%ET 5/8 h	Διάρκεια άρδευσης Y 80%ET & E80%ET 6/9 h
3/9/03	246	2,16							
4/9/03	247	4,32	10,8						
5/9/03	248	3,60		10,8	8,64	0,044	1,52	7h 6' 9"	5h 41' 3"
6/9/03	249	4,32							
7/9/03	250	5,04	12,96						
8/9/03	251			12,96	10,368	0,044	1,52	8h 31' 34"	6h 49' 15"
ΣΥΝΟΛΟ		352,30	352,30	352,30	281,84				

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

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

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτιήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.4 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκειες των αρδεύσεων στη μεταχείριση ΕΚΤ100%ΕΤ

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νια	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης ΕΚΤ100%ΕΤ mm ή m ³ /στρ.	n S/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*Sf) mm/h	Διάρκεια άρδευσης ΕΚΤ 100%ΕΤ 5/7 h
29/6/03	180	3,30					
30/6/03	181	3,52	6,82				
1/7/03	182	4,08		6,82	0,044	1,52	4h 29' 12"
2/7/03	183	6,12					
3/7/03	184	6,80					
4/7/03	185	6,12					
5/7/03	186	10,88					
6/7/03	187	5,44					
7/7/03	188	6,12					
8/7/03	189	5,44	51				
9/7/03	190	4,76		51	0,044	1,52	33h 33' 9"
10/7/03	191	5,44					
11/7/03	192	5,44					
12/7/03	193	6,12					
13/7/03	194	6,12					
14/7/03	195	2,72					
15/7/03	196	5,44					
16/7/03	197	5,44					
17/7/03	198	8,16	49,64				
18/7/03	199	8,16		49,64	0,044	1,52	32h 39' 28"
19/7/03	200	-7,48					
20/7/03	201	4,76					

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

Αριθμός σταλακτήρων ανά 2 σειρές φυτών : n = Sf / (2*Se) = 0,044

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.4 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στη μεταχείριση ΕΚΤ100%ΕΤ (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθάρες ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης ΕΚΤ100%ΕΤ mm ή m ³ /στρ.	$\frac{n}{St(2*Se)}$	$\frac{Idh}{(q*n)/(Sr*St)}$ mm/h	Διάρκεια άρδευσης ΕΚΤ 100%ΕΤ 5/7 h
21/7/03	202	5,44					
22/7/03	203	5,44					
23/7/03	204	5,44					
24/7/03	205	6,12					
25/7/03	206	6,12					
26/7/03	207	6,8	40,8				
27/7/03	208	4,08		40,8	0,044	1,52	26h 50' 31"
28/7/03	209	4,76					
29/7/03	210	4,76					
30/7/03	211	4,08					
31/7/03	212	2,04					
1/8/03	213	1,08					
2/8/03	214	2,16					
3/8/03	215	4,32					
4/8/03	216	5,04	32,32				
5/8/03	217	5,76		32,32	0,044	1,52	21h 15' 47"
6/8/03	218	6,48					
7/8/03	219	5,76					
8/8/03	220	4,32					
9/8/03	221	3,96					
10/8/03	222	5,04					
11/8/03	223	6,48					

Παροχή σταλακτήρα : $q = 2,3 \text{ l/h}$

Ισοποχή φυτών επί της σειράς : $St = 0,07\text{m}$

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

Ισοποχή σειρών φυτών : $Sr = 0,95\text{m}$

Ισοποχή σταλακτήρων : $Se = 0,80\text{m}$

Πίνακας 4.4 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στη μεταχείριση ΕΚΤ100%ΕΤ (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης ΕΚΤ100%ΕΤ mm ή m ³ /στρ.	$\frac{n}{St/(2*Se)}$	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης ΕΚΤ 100%ΕΤ 5/7 h
12/8/03	224	6,48	44,28				
13/8/03	225	5,04		44,28	0,044	1,52	29h 7' 53"
14/8/03	226	4,32					
15/8/03	227	5,04					
16/8/03	228	5,76					
17/8/03	229	7,2					
18/8/03	230	5,76					
19/8/03	231	5,04					
20/8/03	232	5,76	43,92				
21/8/03	233	5,04		43,92	0,044	1,52	28h 53' 41"
22/8/03	234	5,04					
23/8/03	235	5,04					
24/8/03	236	5,76					
25/8/03	237	5,76					
26/8/03	238	5,76					
27/8/03	239	2,16					
28/8/03	240	4,32	38,88				
29/8/03	241	5,76		38,88	0,044	1,52	25h 34' 44"
30/8/03	242	5,76					
31/8/03	243	4,32					
1/9/03	244	5,04					
2/9/03	245	4,32					

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

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

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.4 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στη μεταχείριση ΕΚΤ100%ΕΤ (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης ΕΚΤ100%ΕΤ mm ή m ³ /στρ.	St/(2*Se) ⁿ	Idh (q*η)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης ΕΚΤ 100%ΕΤ 5/7 h
3/9/03	246	2,16					
4/9/03	247	4,32					
5/9/03	248	3,60					
6/9/03	249	4,32					
7/9/03	250	5,04	44,64				
8/9/03	251			44,64	0,044	1,52	29h 22' 6"
	ΣΥΝΟΛΟ	352,30	352,30	352,30			

Παροχή σταλακτήρα : q = 2,3 l/h

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

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

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,80m

Πίνακας 4.5 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στη μεταχείριση E100%ET με Se=0,4m

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m mm ή m ³ /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m 5/7 h
29/6/03	180	3,30					
30/6/03	181	3,52	6,82				
1/7/03	182	4,08		6,82	0,09	1,62	4h 12' 35"
2/7/03	183	6,12	10,2				
3/7/03	184	6,80		10,2	0,09	1,62	6h 17' 46"
4/7/03	185	6,12	12,92				
5/7/03	186	10,88		12,92	0,09	1,62	7h 58' 31"
6/7/03	187	5,44	16,32				
7/7/03	188	6,12		16,32	0,09	1,62	10h 4' 26"
8/7/03	189	5,44	11,56				
9/7/03	190	4,76		11,56	0,09	1,62	7h 8' 8"
10/7/03	191	5,44	10,2				
11/7/03	192	5,44		10,2	0,09	1,62	6h 17' 46"
12/7/03	193	6,12	11,56				
13/7/03	194	6,12		11,56	0,09	1,62	7h 8' 8"
14/7/03	195	2,72	8,84				
15/7/03	196	5,44		8,84	0,09	1,62	5h 27' 24"
16/7/03	197	5,44	10,88				
17/7/03	198	8,16		10,88	0,09	1,62	6h 42' 57"
18/7/03	199	8,16	16,32				
19/7/03	200	-7,48		16,32	0,09	1,62	10h 4' 26"
20/7/03	201	4,76					

Παροχή σταλακτίρια : q = 1,2 l/h

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

Αριθμός σταλακτιρίων ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2*Se) = 0,09

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτιρίων : Se = 0,4m

Πίνακας 4.5 Ημερομηνίες , δόσεις και διάρκεια των αρδεύσεων στη μεταχείριση E100%ET με Se=0,4m (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νια	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m mm ή m ³ /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m 5/7 h
21/7/03	202	5,44					
22/7/03	203	5,44	8,16				
23/7/03	204	5,44		8,16	0,09	1,62	5h 2' 13"
24/7/03	205	6,12	11,56				
25/7/03	206	6,12		11,56	0,09	1,62	7h 8' 8"
26/7/03	207	6,8	12,92				
27/7/03	208	4,08		12,92	0,09	1,62	7h 58' 31"
28/7/03	209	4,76	8,84				
29/7/03	210	4,76		8,84	0,09	1,62	5h 27' 24"
30/7/03	211	4,08	8,84				
31/7/03	212	2,04		8,84	0,09	1,62	5h 27' 24"
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	0,09	1,62	5h 55' 33"
5/8/03	217	5,76	10,8				
6/8/03	218	6,48		10,8	0,09	1,62	6h 40'
7/8/03	219	5,76	12,24				
8/8/03	220	4,32		12,24	0,09	1,62	7h 33' 19"
9/8/03	221	3,96	8,28				
10/8/03	222	5,04		8,28	0,09	1,62	5h 6' 39"
11/8/03	223	6,48	11,52				

Παροχή στάλακτηρα : q = 1,2 l/h

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

Αριθμός στάλακτηρών ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2*Se) = 0,09

Ισοποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισοποχή στάλακτηρών : Se = 0,4m



Πίνακας 4.5 Ημερομηνίες, δόσεις και διάρκειες των αρδεύσεων στη μεταχείριση E100%ET με Se=0,4m (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερήσια	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m mm ή m ³ /στρ.	$\frac{n}{St(2*Se)}$	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης E 100%ET Se = 0,4m 5/7 h
	12/8/03	6,48		11,52	0,09	1,62	7h 6' 39"
	13/8/03	5,04	11,52				
	14/8/03	4,32		11,52	0,09	1,62	7h 6' 39"
	15/8/03	5,04	9,36				
	16/8/03	5,76		9,36	0,09	1,62	5h 46' 40"
	17/8/03	7,2	12,96				
	18/8/03	5,76		12,96	0,09	1,62	8h
	19/8/03	5,04	10,8				
	20/8/03	5,76		10,8	0,09	1,62	6h 40'
	21/8/03	5,04	10,8				
	22/8/03	5,04		10,8	0,09	1,62	6h 40'
	23/8/03	5,04	10,08				
	24/8/03	5,76		10,08	0,09	1,62	6h 13' 19"
	25/8/03	5,76	11,52				
	26/8/03	5,76		11,52	0,09	1,62	7h 6' 39"
	27/8/03	2,16					
	28/8/03	4,32	12,24				
	29/8/03	5,76		12,24	0,09	1,62	7h 33' 19"
	30/8/03	5,76	11,52				
	31/8/03	4,32		11,52	0,09	1,62	7h 6' 39"
	1/9/03	5,04	9,36				
	2/9/03	4,32		9,36	0,09	1,62	5h 46' 40"

Ποροχή σταλακτήρα : q = 1,2 l/h

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

Αριθμός σταλακτήρων ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2*Se) = 0,09

Ισοποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισοποχή σταλακτήρων : Se = 0,4m

Πίνακας 4.5 Ημερομηνίες , δόσεις και διάρκειες των αρδεύσεων στη μεταχείριση Ε100%ΕΤ με Se=0,4m (συνέχεια)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ημερ/νία	Ημέρες από 1/1/2003	Καθαρές ανάγκες In mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης Ε 100%ΕΤ Se = 0,4m mm ή m ³ /στρ.	n St/(2*Se)	Idh (q*n)/(Sr*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης Ε 100%ΕΤ Se = 0,4m $\frac{5}{7}$ h
3/9/03	246	2,16					
4/9/03	247	4,32	10,8				
5/9/03	248	3,60		10,8	0,09	1,62	6h 40'
6/9/03	249	4,32					
7/9/03	250	5,04	12,96				
8/9/03	251			12,96	0,09	1,62	8h
ΣΥΝΟΛΟ		352,30	352,30	352,30			

Παροχή σταλακτήρα : q = 1,2 l/h

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

Αριθμός σταλακτήρων ανά 2 σειρές φυτών : n = St / (2*Se) = 0,09

Ισαποχή σειρών φυτών : Sr = 0,95m

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,4m

Το εύρος της άρδευσης πρέπει να είναι τέτοιο ώστε, η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία να βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα (FC) και πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Απαιτείται δηλαδή ο προσδιορισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό της υδατοϊκανότητας (FC), του σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) και του φαινόμενου ειδικού βάρους (ΦΕΒ) του εδάφους του αγρού. Ο προσδιορισμός τους έγινε εργαστηριακά και οι τιμές τους παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 4.6

Στον ίδιο πίνακα δίνονται επίσης η τιμή της διαβροχής P του εδάφους για τη συγκεκριμένη διάταξη σταλακτηφόρων αγωγών στον πειραματικό αγρό (Τερζίδης κ.α.,1997) καθώς και οι τιμές του βάθους του ριζικού συστήματος των φυτών (Πεσεξίδης , 1982), του ορίου εξαντλήσεως της εδαφικής υγρασίας (Σακελλαρίου, 1993), του συντελεστή που εξαρτάται από την καλλιέργεια (f1) (FAO, 1998) και του συντελεστή που εξαρτάται από την αναμενόμενη φυτοσκίαση του εδάφους (Σακελλαρίου, 1993) για κάθε έναν από τους τρεις αρδευτικούς μήνες.

Πίνακας 4.6 Τιμές δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης

	FC %κ.β.	PWP %κ.β.	ΦΕΒ g / m ³	h m	c	P1	P2	f1	f2	Eo mm / ημ
ΙΟΥΝΙΟΣ	21,2	11,64	1,23	0,50	0,55	0,40	0,35	0,55	0,50	5,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	21,2	11,64	1,23	0,70	0,55	0,40	0,35	0,85	0,70	6,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	21,2	11,64	1,23	0,90	0,55	0,40	0,35	0,90	0,75	5,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	21,2	11,64	1,23	1,00	0,55	0,40	0,35	0,90	0,75	3,2

Με βάση τα δεδομένα αυτά η διαδικασία υπολογισμού της πρακτικής δόσης άρδευσης παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα 4.7 Η μεθοδολογία αυτή οδηγεί επίσης στον υπολογισμό της διάρκειας και του εύρους της στάγδην άρδευσης με θεωρητικό τρόπο

βασιζόμενο στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, παρά μόνο για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης, διότι αφενός η ημερήσια εξάτμιση κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή και αφετέρου διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος.

Πίνακας 4.7 Θεωρητικός τρόπος υπολογισμού της δόσης, του εύρους και της διάρκειας άρδευσης. (Σακελλαρίου, 1993)

	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Διαθέσιμη υγρασία $\Delta.Y.=[(FC-PWP)/100]*\Phi EB,$ % κ.ο.	11,7588	11,7588	11,7588	11,7588
Θεωρητική δόση άρδευσης $Id = \Delta.Y. * h * c * P,$ mm ή m ³ /στρ.	12,934 (P ₁) 11,318 (P ₂)	18,108 (P ₁) 15,845 (P ₂)	23,282 (P ₁) 20,372 (P ₂)	23,282 (P ₁) 20,372 (P ₂)
Πρακτική δόση άρδευσης $Ida = Id / 0,95$ mm ή m ³ /στρ. (0,95 είναι ο βαθμός εφαρμογής νερού στην στάγδην άρδευση)	12,287 (P ₁) 10,752 (P ₂)	17,203 (P ₁) 15,053 (P ₂)	22,118 (P ₁) 19,353 (P ₂)	22,118 (P ₁) 19,353 (P ₂)
Ωριαίο ύψος βροχής $Idh = (q*n)/(St*Sr),$ mm / h	1,52 1,62	1,52 1,62	1,52 1,62	1,52 1,62
Μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή $ETd = Eo * f1 * f2,$ mm/ημέρα	1,51	3,63	3,91	2,16
Εύρος άρδευσης $Ir = Ida / ETd,$ ημέρες	8,13 7,12	4,73 4,15	5,65 4,95	9,41 9,23
Διάρκεια άρδευσης $It = Ida / Idh,$ H	8h 04' 59'' 6h 38' 13''	11h 19' 05'' 9h 17' 31''	14h 33' 04'' 11h 56' 46''	14h 33' 04'' 11h 56' 46''

Παροχή σταλακτήρα: $q_1 = 2/3$ l/h και $q_2 = 1/2$ l/h

Ισαποχή των γραμμών σποράς : $S_R = 0,95$ m

Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς : $S_t = 0,034$ m

Ισαποχή σταλακτῆρων : $S_{e_1} = 0,8$ m και $S_{e_2} = 0,4$ m

Αριθμός σταλακτῆρων ανά 2 σειρές φυτών : $n_1 = 0,044$ και $n_2 = 0,09$

Από τον πίνακα 4.7 φαίνεται ότι το άθροισμα των καθαρών αναγκών που λαμβάνεται υπόψη από το εξατμισόμετρο σε κάθε άρδευση, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τον Ιούνιο τα 12,287mm, τον Ιούλιο τα 18,108mm, τον Αύγουστο τα 23,282mm και τον Σεπτέμβριο τα 23,282mm για τις πέντε αρδεύσεις όπου η διάταξη των σταλακτηφόρων αγωγών που χρησιμοποιούμε είναι με ισαποχή σταλακτήρων $Se=0.8m$. Αντίστοιχα το άθροισμα των καθαρών αναγκών που λαμβάνεται υπόψη από το εξατμισόμετρο σε κάθε άρδευση, για $Se=0.4m$ δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τον Ιούνιο τα 11,318mm, τον Ιούλιο τα 15,845mm, τον Αύγουστο τα 20,372mm και τον Σεπτέμβριο τα 20,372.

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

Για την διευκόλυνση του προγραμματισμού της άρδευσης στον αγρό χρησιμοποιήθηκαν οι τυποποιημένοι εκ των προτέρων Πίνακες 4.8 α,β, όπου με βάση την ένδειξη του εξατμισομέτρου (Epan) παραπέμπουν απευθείας στην δόση και στην διάρκεια της άρδευσης.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 32 αρδεύσεις στις μεταχειρίσεις E100%ET, E100%ET με $Se=0,4m$, E80%ET, Y100%ET και Y80%ET και 9 αρδεύσεις στη μεταχείριση EKT100%ET.

Οι συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (Δόση άρδευσης, Ωφέλιμη βροχή) σε σχέση με την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, για κάθε μεταχείριση, παρουσιάζονται στα σχήματα 4.3, 4.4, 4.5 και 4.6.

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβάκινου κατά το μήνα Ιούνιο με βέση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισμέτρου για $Se=0,8m$

Εξάμιση Epan (mm)	E100%ET & Y100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc (mm)	E80%ET & Y80%ET Ida(80)=Ida(100)*0,80 (mm)	Σταλάττες ανά φυτό $n=Su/(2*Se)$	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*St)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET $It = Ida(100) / I_{dh}$ (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET, $It = Ida(80) / I_{dh}$ (h)
0	0	0	0,044	1,52		
1	0,44	0,352	0,044	1,52	17' 22"	13' 54"
2	0,88	0,704	0,044	1,52	34' 44"	27' 48"
3	1,32	1,056	0,044	1,52	52' 06"	41' 41"
4	1,76	1,408	0,044	1,52	1h 09' 28"	55' 35"
5	2,2	1,76	0,044	1,52	1h 26' 50"	1h 09' 28"
6	2,64	2,112	0,044	1,52	1h 44' 12"	1h 23' 22"
7	3,08	2,464	0,044	1,52	2h 01' 35"	1h 37' 16"
8	3,52	2,816	0,044	1,52	2h 18' 57"	1h 51' 09"
9	3,96	3,168	0,044	1,52	2h 36' 19"	2h 05' 03"
10	4,4	3,52	0,044	1,52	2h 53' 41"	2h 18' 57"
11	4,84	3,872	0,044	1,52	3h 11' 03"	2h 32' 50"
12	5,28	4,224	0,044	1,52	3h 28' 25"	2h 46' 44"
13	5,72	4,576	0,044	1,52	3h 45' 48"	3h 01' 00"
14	6,16	4,928	0,044	1,52	4h 03' 09"	3h 14' 32"
15	6,6	5,28	0,044	1,52	4h 20' 32"	3h 28' 25"
16	7,04	5,632	0,044	1,52	4h 37' 54"	3h 41' 58"
17	7,48	5,984	0,044	1,52	4h 55' 16"	3h 56' 12"
18	7,92	6,336	0,044	1,52	5h 12' 40"	4h 10' 06"
19	8,36	6,688	0,044	1,52	5h 30' 00"	4h 24' 00"
20	8,8	7,04	0,044	1,52	5h 47' 22"	4h 37' 54"

Συντελεστής εξατμισμέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3 \text{ l/h}$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων : $Se = 0,8m$

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Ιούνιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου για $Se=0,8m$

Εξάτμιση Epan (mm)	E100%ET & Y100%ET $I_{da}(100)=E1*0,8*kc$ (mm)	E80%ET & Y80%ET $I_{da}(80)=I_{da}(100)*0,80$ (mm)	Σταλάτρες ανά φυτό $n=Sr/(2*Se)$	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET $I_t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET, $I_t = I_{da}(80) / I_{dh}$ (h)
21	9,24	7,392	0,044	1,52	6h 04' 44"	4h 51' 48"
22	9,68	7,744	0,044	1,52	6h 22' 06"	5h 05' 41"
23	10,12	8,096	0,044	1,52	6h 39' 28"	5h 19' 35"
24	10,56	8,448	0,044	1,52	6h 56' 51"	5h 33' 28"
25	11	8,8	0,044	1,52	7h 14' 12"	5h 47' 22"
26	11,44	9,152	0,044	1,52	7h 31' 35"	6h 01' 16"
27	11,88	9,504	0,044	1,52	7h 48' 57"	6h 15' 09"
28	12,32	9,856	0,044	1,52	8h 06' 19"	6h 29' 03"
29	12,76	10,208	0,044	1,52	8h 23' 41"	6h 42' 57"
30	13,2	10,56	0,044	1,52	8h 41' 03"	6h 56' 51"
31	13,64	10,912	0,044	1,52	8h 58' 25"	7h 10' 44"
32	14,08	11,264	0,044	1,52	9h 15' 48"	7h 24' 38"
33	14,52	11,616	0,044	1,52	9h 33' 09"	7h 38' 32"
34	14,96	11,968	0,044	1,52	9h 50' 32"	7h 52' 26"
35	15,4	12,32	0,044	1,52	10h 07' 54"	8h 06' 19"
36	15,84	12,672	0,044	1,52	10h 25' 16"	8h 20' 13"
37	16,28	13,024	0,044	1,52	10h 42' 38"	8h 34' 07"
38	16,72	13,376	0,044	1,52	11h 00' 00"	8h 48' 01"
39	17,16	13,728	0,044	1,52	11h 17' 22"	9h 01' 54"
40	17,6	14,08	0,044	1,52	11h 34' 44"	9h 15' 48"

Συντελεστής εξατμισομέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3 l/h$

Ισοαχία των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοαχία των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοαχία σταλακτήρων : $Se = 0,8m$

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Ιούνιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισμέτρου για $Se=0,8m$

Εξάτμιση Έρπην (mm)	$E_{100\%ET} \ \& \ Y_{100\%ET}$ $I_{da}(100)=ET*0,8*kc$ (mm)	$E_{80\%ET} \ \& \ Y_{80\%ET}$ $I_{da}(80)=I_{da}(100)*0,80$ (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $n=Sr/(2*Se)$	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $E_{100\%ET} \ \& \ Y_{100\%ET}$ $I_t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)	Διάρκεια άρδευσης $E_{80\%ET} \ \& \ Y_{80\%ET}$ $I_t = I_{da}(80) / I_{dh}$ (h)
41	18,04	14,432	0,044	1,52	11h 52' 06"	9h 29' 41"
42	18,48	14,784	0,044	1,52	12h 09' 28"	9h 43' 35"
43	18,92	15,136	0,044	1,52	12h 26' 51"	9h 57' 28"
44	19,36	15,488	0,044	1,52	12h 44' 12"	10h 11' 22"
45	19,8	15,84	0,044	1,52	13h 01' 35"	10h 25' 16"
46	20,24	16,192	0,044	1,52	13h 18' 57"	10h 39' 10"
47	20,68	16,544	0,044	1,52	13h 36' 18"	10h 53' 04"
48	21,12	16,896	0,044	1,52	13h 53' 41"	11h 06' 57"
49	21,56	17,248	0,044	1,52	14h 11' 03"	11h 20' 51"
50	22	17,6	0,044	1,52	14h 28' 25"	11h 34' 44"
51	22,44	17,952	0,044	1,52	14h 45' 47"	11h 48' 38"
52	22,88	18,304	0,044	1,52	15h 03' 09"	12h 02' 31"
53	23,32	18,656	0,044	1,52	15h 20' 31"	12h 16' 25"
54	23,76	19,008	0,044	1,52	15h 37' 53"	12h 30' 19"
55	24,2	19,36	0,044	1,52	15h 55' 16"	12h 44' 13"
56	24,64	19,712	0,044	1,52	16h 12' 38"	12h 58' 06"
57	25,08	20,064	0,044	1,52	16h 30' 00"	13h 12' 00"
58	25,52	20,416	0,044	1,52	16h 47' 22"	13h 25' 54"
59	25,96	20,768	0,044	1,52	17h 04' 44"	13h 39' 48"
60	26,4	21,12	0,044	1,52	17h 22' 06"	13h 53' 42"

Συντελεστής εξατμισμέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3 \text{ l/h}$

Ισαποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισαποχή σταλακτήρων : $Se = 0,8m$

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Ιούλιο με βύθση την ημερήσια ένδειξη του εξαιμισιμέτρου για Se=0,8m

Εξάμιση Έπαν (mm)	E100%ET & Y100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc (mm)	E80%ET & Y80%ET Ida(80)=Ida(100)*0,80 (mm)	Σταλάκιες ανά φυτό n=Sr/(2*Sc)	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET It = Ida(100) / Idh (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET. It = Ida(80) / Idh (h)
0	0	0	0,044	1,52		
1	0,68	0,544	0,044	1,52	26' 51"	21' 28"
2	1,36	1,088	0,044	1,52	53' 41"	42' 57"
3	2,04	1,632	0,044	1,52	1h 20' 32"	1h 04' 25"
4	2,72	2,176	0,044	1,52	1h 47' 22"	1h 25' 54"
5	3,4	2,72	0,044	1,52	2h 14' 12"	1h 47' 22"
6	4,08	3,264	0,044	1,52	2h 41' 03"	2h 08' 51"
7	4,76	3,808	0,044	1,52	3h 07' 54"	2h 30' 19"
8	5,44	4,352	0,044	1,52	3h 34' 44"	2h 51' 48"
9	6,12	4,896	0,044	1,52	4h 01' 35"	3h 13' 16"
10	6,8	5,44	0,044	1,52	4h 28' 25"	3h 34' 44"
11	7,48	5,984	0,044	1,52	4h 55' 16"	3h 56' 12"
12	8,16	6,528	0,044	1,52	5h 22' 06"	4h 17' 41"
13	8,84	7,072	0,044	1,52	5h 48' 57"	4h 39' 09"
14	9,52	7,616	0,044	1,52	6h 15' 48"	5h 00' 40"
15	10,2	8,16	0,044	1,52	6h 42' 38"	5h 22' 06"
16	10,88	8,704	0,044	1,52	7h 09' 28"	5h 43' 35"
17	11,56	9,248	0,044	1,52	7h 36' 19"	6h 05' 03"
18	12,24	9,792	0,044	1,52	8h 03' 09"	6h 26' 32"
19	12,92	10,336	0,044	1,52	8h 30' 00"	6h 48' 00"
20	13,6	10,88	0,044	1,52	8h 56' 51"	7h 09' 28"

Συντελεστής εξαιμισιμέτρου: kp = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλακτήρα: q = 2,3 l/h

Ισοποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισοποχή σταλακτήρων : Se = 0,8m

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακικού κατά το μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισμέτρου για Se=0,8m

Εξάτμιση Epan (mm)	E100%ET & Y100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc (mm)	E80%ET & Y80%ET Ida(80)=Ida(100)*0,80 (mm)	Σταλακτές ανά φυτό n=St/(2*Se)	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET It = Ida(100) / Idh (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET, It = Ida(80) / Idh (h)
21	14,28	11,424	0,044	1,52	9h 23' 41"	7h 30' 57"
22	14,96	11,968	0,044	1,52	9h 50' 32"	7h 52' 25"
23	15,64	12,512	0,044	1,52	10h 17' 22"	8h 13' 54"
24	16,32	13,056	0,044	1,52	10h 44' 12"	8h 35' 22"
25	17	13,6	0,044	1,52	11h 11' 03"	8h 56' 51"
26	17,68	14,144	0,044	1,52	11h 37' 54"	9h 18' 19"
27	18,36	14,688	0,044	1,52	12h 04' 44"	9h 39' 48"
28	19,04	15,232	0,044	1,52	12h 31' 35"	10h 01' 16"
29	19,72	15,776	0,044	1,52	12h 58' 25"	10h 22' 44"
30	20,4	16,32	0,044	1,52	13h 25' 16"	10h 44' 12"
31	21,08	16,864	0,044	1,52	13h 52' 06"	11h 05' 41"
32	21,76	17,408	0,044	1,52	14h 18' 57"	11h 27' 09"
33	22,44	17,952	0,044	1,52	14h 45' 48"	11h 48' 40"
34	23,12	18,496	0,044	1,52	15h 12' 38"	12h 10' 06"
35	23,8	19,04	0,044	1,52	15h 39' 28"	12h 31' 35"
36	24,48	19,584	0,044	1,52	16h 06' 19"	12h 53' 03"
37	25,16	20,128	0,044	1,52	16h 33' 09"	13h 14' 31"
38	25,84	20,672	0,044	1,52	17h 00' 48"	13h 36' 00"
39	26,52	21,216	0,044	1,52	17h 26' 51"	13h 57' 28"
40	27,2	21,76	0,044	1,52	17h 53' 41"	14h 18' 57"

Συντελεστής εξατμισμέτρου: kp = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλακτήρα: q = 2,3 l/h

Ισαποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,8m

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βραββατικού κατά το μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξαιμισιμέτρου για Se=0,8m

Εξάμιση Έρην (mm)	E100%ET & Y100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc (mm)	E80%ET & Y80%ET Ida(80)=Ida(100)*0,80 (mm)	Σταλάκτης ανά φυτό π=St/(2*Se)	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET It = Ida(100) / Idh (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET. It = Ida(80) / Idh (h)
41	27,88	22,304	0,044	1,52	18h 20' 32"	14h 40' 25"
42	28,56	22,848	0,044	1,52	18h 47' 22"	15h 01' 54"
43	29,24	23,392	0,044	1,52	19h 14' 12"	15h 23' 22"
44	29,92	23,936	0,044	1,52	19h 41' 03"	15h 44' 51"
45	30,6	24,48	0,044	1,52	20h 07' 54"	16h 06' 19"
46	31,28	25,024	0,044	1,52	20h 34' 44"	16h 27' 48"
47	31,96	25,568	0,044	1,52	21h 01' 35"	16h 49' 16"
48	32,64	26,112	0,044	1,52	21h 28' 25"	17h 10' 44"
49	33,32	26,656	0,044	1,52	21h 55' 16"	17h 32' 13"
50	34	27,2	0,044	1,52	22h 22' 06"	17h 53' 41"
51	34,68	27,744	0,044	1,52	22h 48' 57"	18h 15' 09"
52	35,36	28,288	0,044	1,52	23h 15' 48"	18h 36' 38"
53	36,04	28,832	0,044	1,52	23h 42' 38"	18h 58' 06"
54	36,72	29,376	0,044	1,52	24h 09' 28"	19h 19' 35"
55	37,4	29,92	0,044	1,52	24h 36' 19"	19h 41' 03"
56	38,08	30,464	0,044	1,52	25h 03' 09"	20h 02' 32"
57	38,76	31,008	0,044	1,52	25h 30' 00"	20h 24' 00"
58	39,44	31,552	0,044	1,52	25h 56' 51"	20h 45' 28"
59	40,12	32,096	0,044	1,52	26h 23' 41"	21h 06' 57"
60	40,8	32,64	0,044	1,52	26h 50' 32"	21h 28' 25"

Συντελεστής εξαιμισιμέτρου: kp = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλάκτηρα: q = 2,3 l/h

Ισαποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισαποχή σταλάκτηρων : Se = 0,8m

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου για $Se=0,8m$

Εξάτμιση E _{pan} (mm)	E100%ET & Υ100%ET Ida(100)=EΓ*0,8*kc (mm)	E80%ET & Υ80%ET Ida(80)=Ida(100)*0,80 (mm)	Στυλάκτες ανά φυτό n=St/(2*Se)	Ωριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*St) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Υ100%ET It = Ida(100) / Idh (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Υ80%ET, It = Ida(80) / Idh (h)
0	0	0	0,044	1,52		
1	0,72	0,576	0,044	1,52	28' 25"	22' 44"
2	1,44	1,152	0,044	1,52	56' 51"	45' 28"
3	2,16	1,728	0,044	1,52	1h 25' 16"	1h 08' 12"
4	2,88	2,304	0,044	1,52	1h 53' 42"	1h 30' 57"
5	3,6	2,88	0,044	1,52	2h 22' 06"	1h 53' 41"
6	4,32	3,456	0,044	1,52	2h 50' 32"	2h 16' 25"
7	5,04	4,032	0,044	1,52	3h 18' 57"	2h 39' 09"
8	5,76	4,608	0,044	1,52	3h 47' 22"	3h 01' 54"
9	6,48	5,184	0,044	1,52	4h 15' 48"	3h 24' 38"
10	7,2	5,76	0,044	1,52	4h 44' 12"	3h 47' 22"
11	7,92	6,336	0,044	1,52	5h 12' 38"	4h 10' 06"
12	8,64	6,912	0,044	1,52	5h 41' 03"	4h 32' 51"
13	9,36	7,488	0,044	1,52	6h 09' 28"	4h 55' 35"
14	10,08	8,064	0,044	1,52	6h 37' 53"	5h 18' 19"
15	10,8	8,64	0,044	1,52	7h 06' 19"	5h 41' 03"
16	11,52	9,216	0,044	1,52	7h 34' 44"	6h 03' 48"
17	12,24	9,792	0,044	1,52	8h 03' 09"	6h 26' 32"
18	12,96	10,368	0,044	1,52	8h 31' 35"	6h 49' 16"
19	13,68	10,944	0,044	1,52	9h 00' 00"	7h 12' 00"
20	14,4	11,52	0,044	1,52	9h 28' 25"	7h 34' 44"

Συντελεστής εξατμισομέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή στάλακτηρα: $q = 2,3 \text{ l/h}$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή στάλακτηρα : $Se = 0,8m$

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου για $Se=0,8m$

Εξάμιση Epan (mm)	E100%ET & Y100%dT $I_{da}(100)=E_T*0,8*kc$ (mm)	E80%ET & Y80%ET $I_{da}(80)=I_{da}(100)*0,80$ (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $n=Su/(2*Se)$	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*St)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET & Y100%ET $t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)	Διάρκεια άρδευσης E80%ET & Y80%ET. $t = I_{da}(80) / I_{dh}$ (h)
21	15,12	12,096	0,044	1,52	9h 56' 51"	7h 57' 28"
22	15,84	12,672	0,044	1,52	10h 25' 16"	8h 20' 12"
23	16,56	13,248	0,044	1,52	10h 53' 41"	8h 42' 57"
24	17,28	13,824	0,044	1,52	11h 22' 06"	9h 05' 41"
25	18	14,4	0,044	1,52	11h 50' 32"	9h 28' 25"
26	18,72	14,976	0,044	1,52	12h 18' 57"	9h 51' 09"
27	19,44	15,552	0,044	1,52	12h 47' 22"	10h 13' 54"
28	20,16	16,128	0,044	1,52	13h 15' 48"	10h 36' 38"
29	20,88	16,704	0,044	1,52	13h 44' 12"	10h 59' 22"
30	21,6	17,28	0,044	1,52	14h 12' 38"	11h 22' 06"
31	22,32	17,856	0,044	1,52	14h 41' 03"	11h 44' 51"
32	23,04	18,432	0,044	1,52	15h 09' 28"	12h 07' 35"
33	23,76	19,008	0,044	1,52	15h 37' 54"	12h 30' 19"
34	24,48	19,584	0,044	1,52	16h 06' 19"	12h 53' 03"
35	25,2	20,16	0,044	1,52	16h 34' 44"	13h 15' 48"
36	25,92	20,736	0,044	1,52	17h 03' 09"	13h 38' 32"
37	26,64	21,312	0,044	1,52	17h 31' 35"	14h 01' 16"
38	27,36	21,888	0,044	1,52	18h 00' 00"	14h 24' 00"
39	28,08	22,464	0,044	1,52	18h 28' 25"	14h 46' 44"
40	28,8	23,04	0,044	1,52	18h 56' 51"	15h 09' 28"

Συντελεστής εξατμισομέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3 \text{ l/h}$

Ισοποχή των γραμμών πορράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής πορράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων : $Se = 0,8m$

Πίνακας 4.8α Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου για $S_e=0,8m$

Εξάτμιση Έρπν (mm)	$E_{100\%ET} \& Y_{100\%ET}$ $I_{da}(100)=E_T * 0,8 * k_c$ (mm)	$E_{80\%ET} \& Y_{80\%ET}$ $I_{da}(80)=I_{da}(100) * 0,80$ (mm)	Σπαλάκτες ανά φυτό $n=Su/(2 * S_c)$	Ωριμάτο ύψος βροχής $I_{dh}=(q * n)/(St * S_t)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $E_{100\%ET} \& Y_{100\%ET}$ $I_t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)	Διάρκεια άρδευσης $E_{80\%ET} \& Y_{80\%ET}$ $I_t = I_{da}(80) / I_{dh}$ (h)
41	29,52	23,616	0,044	1,52	19h 25' 16"	15h 32' 12"
42	30,24	24,192	0,044	1,52	19h 53' 41"	15h 54' 57"
43	30,96	24,768	0,044	1,52	20h 21' 19"	16h 17' 41"
44	31,68	25,344	0,044	1,52	20h 50' 32"	16h 40' 25"
45	32,4	25,92	0,044	1,52	21h 18' 57"	17h 03' 09"
46	33,12	26,496	0,044	1,52	21h 47' 22"	17h 25' 54"
47	33,84	27,072	0,044	1,52	22h 15' 48"	17h 48' 38"
48	34,56	27,648	0,044	1,52	22h 44' 12"	18h 11' 22"
49	35,28	28,224	0,044	1,52	23h 12' 38"	18h 34' 06"
50	36	28,8	0,044	1,52	23h 41' 03"	18h 56' 51"
51	36,72	29,376	0,044	1,52	24h 09' 28"	19h 19' 35"
52	37,44	29,952	0,044	1,52	24h 37' 54"	19h 42' 19"
53	38,16	30,528	0,044	1,52	25h 06' 19"	20h 05' 03"
54	38,88	31,104	0,044	1,52	25h 34' 44"	20h 27' 48"
55	39,6	31,68	0,044	1,52	26h 03' 09"	20h 50' 32"
56	40,32	32,256	0,044	1,52	26h 31' 35"	21h 13' 16"
57	41,04	32,832	0,044	1,52	27h 00' 00"	21h 36' 00"
58	41,76	33,408	0,044	1,52	27h 28' 25"	21h 58' 44"
59	42,48	33,984	0,044	1,52	27h 56' 51"	22h 21' 28"
60	43,2	34,56	0,044	1,52	28h 25' 16"	22h 44' 12"

Συντελεστής εξατμισομέτρου: $k_p = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $k_c = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 2,3 l/h$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $S_t = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $S_t = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων: $S_e = 0,8m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιου κατά το μήνα Ιούνιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξοτιμισμέτρου για Se=0,4m

Εξότιμιση Epan (mm)	E100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc, Se=0,4m (mm.)	Σταλάσεις ανά φυτό $n=St/(2*Se)$	Ωροστό ύψος βροχής $Idh=(q*H)/(S*St)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET, It = Ida(100) / Idh (h)
0	0	0,09	1,62	
1	0,44	0,09	1,62	16' 18"
2	0,88	0,09	1,62	32' 36"
3	1,32	0,09	1,62	48' 53"
4	1,76	0,09	1,62	1h 05' 11"
5	2,2	0,09	1,62	1h 21' 29"
6	2,64	0,09	1,62	1h 37' 47"
7	3,08	0,09	1,62	1h 54' 04"
8	3,52	0,09	1,62	2h 10' 23"
9	3,96	0,09	1,62	2h 26' 40"
10	4,4	0,09	1,62	2h 42' 58"
11	4,84	0,09	1,62	2h 59' 15"
12	5,28	0,09	1,62	3h 15' 33"
13	5,72	0,09	1,62	3h 31' 51"
14	6,16	0,09	1,62	3h 48' 09"
15	6,6	0,09	1,62	4h 04' 26"
16	7,04	0,09	1,62	4h 20' 45"
17	7,48	0,09	1,62	4h 37' 02"
18	7,92	0,09	1,62	4h 53' 20"
19	8,36	0,09	1,62	5h 09' 38"
20	8,8	0,09	1,62	5h 25' 56"

Συντελεστής εξοτιμισμέτρου: kp = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλακτήρα: q = 1,2 l/h

Ισαποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισαποχή σταλακτιών : Se = 0,4m

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Ιούνιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισμέτρου για $Se=0,4m$

Εξάτμιση Epan (mm)	E100%ET Ida(100)=ET*0,8*kc, Se=0,4m (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $n = SI/(2*Se)$	Ωριστό ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(S*Se)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET, It = Ida(100) / Idh (h)
21	9,24	0,09	1,62	5h 42' 13"
22	9,68	0,09	1,62	5h 58' 31"
23	10,12	0,09	1,62	6h 14' 49"
24	10,56	0,09	1,62	6h 31' 07"
25	11	0,09	1,62	6h 47' 24"
26	11,44	0,09	1,62	7h 03' 42"
27	11,88	0,09	1,62	7h 20' 00"
28	12,32	0,09	1,62	7h 36' 18"
29	12,76	0,09	1,62	7h 52' 35"
30	13,2	0,09	1,62	8h 08' 56"
31	13,64	0,09	1,62	8h 25' 12"
32	14,08	0,09	1,62	8h 41' 29"
33	14,52	0,09	1,62	8h 57' 47"
34	14,96	0,09	1,62	9h 14' 05"
35	15,4	0,09	1,62	9h 30' 22"
36	15,84	0,09	1,62	9h 46' 40"
37	16,28	0,09	1,62	10h 01' 30"
38	16,72	0,09	1,62	10h 19' 16"
39	17,16	0,09	1,62	10h 35' 33"
40	17,6	0,09	1,62	10h 51' 51"

Συντελεστής εξατμισμέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 1,2 l/h$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων : $Se = 0,4m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβάκου κατά το μήνα Ιούνιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισομέτρου για $Se=0,4m$

Εξάτμιση Epan (mm)	$E100\%ET$ $I_{da}(100)=ET \cdot 0,8 \cdot k_c$, $Se=0,4m$ (mm)	Σταλάκιες ανά φυτό $n-Su/(2 \cdot Se)$	Ωρίσιο ύψος βροχής $I_{dh}=(q \cdot n)/(St \cdot Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $E100\%ET$, $I_t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)
41	18,04	0,09	1,62	11h 08' 09"
42	18,48	0,09	1,62	11h 24' 27"
43	18,92	0,09	1,62	11h 40' 44"
44	19,36	0,09	1,62	11h 57' 02"
45	19,8	0,09	1,62	12h 13' 20"
46	20,24	0,09	1,62	12h 29' 38"
47	20,68	0,09	1,62	12h 45' 55"
48	21,12	0,09	1,62	13h 02' 13"
49	21,56	0,09	1,62	13h 18' 31"
50	22	0,09	1,62	13h 34' 49"
51	22,44	0,09	1,62	13h 51' 07"
52	22,88	0,09	1,62	14h 07' 25"
53	23,32	0,09	1,62	14h 23' 42"
54	23,76	0,09	1,62	14h 40' 00"
55	24,2	0,09	1,62	14h 56' 17"
56	24,64	0,09	1,62	15h 12' 35"
57	25,08	0,09	1,62	15h 28' 53"
58	25,52	0,09	1,62	15h 45' 11"
59	25,96	0,09	1,62	16h 01' 29"
60	26,4	0,09	1,62	16h 17' 47"

Συντελεστής εξατμισομέτρου: $k_p = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $k_c = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 1,2 \text{ l/h}$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων : $Se = 0,4m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιου κατά το μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξαιμισμέτρου για Se=0,4m

Εξάτιμηση Epan (mm)	Ida(100)=ET*0,8*kc, Se=0,4m (mm)	E100%ET (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/(2*Se)	Ωρίσιο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*St) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET, It = Ida(100) / Idh (h)
0	0	0	0,09	1,62	
1	0,68	0,68	0,09	1,62	25' 11"
2	1,36	1,36	0,09	1,62	50' 22"
3	2,04	2,04	0,09	1,62	1h 15' 34"
4	2,72	2,72	0,09	1,62	1h 40' 44"
5	3,4	3,4	0,09	1,62	2h 05' 56"
6	4,08	4,08	0,09	1,62	2h 31' 07"
7	4,76	4,76	0,09	1,62	2h 56' 18"
8	5,44	5,44	0,09	1,62	3h 21' 29"
9	6,12	6,12	0,09	1,62	3h 46' 40"
10	6,8	6,8	0,09	1,62	4h 11' 51"
11	7,48	7,48	0,09	1,62	4h 37' 02"
12	8,16	8,16	0,09	1,62	5h 02' 13"
13	8,84	8,84	0,09	1,62	5h 27' 24"
14	9,52	9,52	0,09	1,62	5h 52' 35"
15	10,2	10,2	0,09	1,62	6h 17' 47"
16	10,88	10,88	0,09	1,62	6h 42' 58"
17	11,56	11,56	0,09	1,62	7h 08' 08"
18	12,24	12,24	0,09	1,62	7h 33' 19"
19	12,92	12,92	0,09	1,62	7h 58' 30"
20	13,6	13,6	0,09	1,62	8h 23' 04"

Συντελεστής εξαιμισμέτρου: kr = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλακτήρα: q = 1,2 l/h

Ισοποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισοποχή σταλακτήρων : Se = 0,4m

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιου κατά το μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισιμέτρου για Se=0,4m

Εξάτμιση Epan (mm)	E100%ET I _{da} (100)=E _T *0,8*kc, Sc=0,4m (mm)	Σταλακτεις ανά φυτό n=St/(2*Se)	Ωριαίο ύψος βροχής I _{dh} =(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET, It = I _{da} (100) / I _{dh} (h)
21	14,28	0,09	1,62	8h 48' 53"
22	14,96	0,09	1,62	9h 14' 05"
23	15,64	0,09	1,62	9h 39' 16"
24	16,32	0,09	1,62	10h 04' 26"
25	17	0,09	1,62	10h 29' 37"
26	17,68	0,09	1,62	10h 54' 48"
27	18,36	0,09	1,62	11h 20' 00"
28	19,04	0,09	1,62	11h 45' 10"
29	19,72	0,09	1,62	12h 10' 23"
30	20,4	0,09	1,62	12h 35' 34"
31	21,08	0,09	1,62	13h 00' 44"
32	21,76	0,09	1,62	13h 25' 55"
33	22,44	0,09	1,62	13h 51' 06"
34	23,12	0,09	1,62	14h 16' 17"
35	23,8	0,09	1,62	14h 41' 28"
36	24,48	0,09	1,62	15h 06' 40"
37	25,16	0,09	1,62	15h 31' 51"
38	25,84	0,09	1,62	15h 57' 02"
39	26,52	0,09	1,62	16h 22' 13"
40	27,2	0,09	1,62	16h 47' 24"

Συντελεστής εξατμισιμέτρου: kp = 0,8

Φυτικός συντελεστής: kc = 0,55

Παροχή σταλακτήρα: q = 1,2 l/h

Ισαποχή των γραμμών σποράς: Sr = 0,95m

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

Ισαποχή σταλακτήρων : Se = 0,4m

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Ιούλιο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισιμέτρου για $Se=0,4m$

Εξάριση Έρπον (mm)	E100%ET Ida(100)=ET*0,8*ks, Se=0,4m (mm)	Στάλας ανά φυτό $n-Su(2*Sc)$	Επιπόνο βροχής $I_{dh}=(q-n)/(St*St)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης E100%ET, $I_{t}=Ida(100)/I_{dh}$ (h)
41	27,88	0,09	1,62	17h 12' 36"
42	28,56	0,09	1,62	17h 37' 47"
43	29,24	0,09	1,62	18h 03' 00"
44	29,92	0,09	1,62	18h 28' 11"
45	30,6	0,09	1,62	18h 53' 20"
46	31,28	0,09	1,62	19h 18' 31"
47	31,96	0,09	1,62	19h 43' 42"
48	32,64	0,09	1,62	20h 08' 53"
49	33,32	0,09	1,62	20h 34' 05"
50	34	0,09	1,62	20h 59' 16"
51	34,68	0,09	1,62	21h 24' 27"
52	35,36	0,09	1,62	21h 49' 38"
53	36,04	0,09	1,62	22h 14' 49"
54	36,72	0,09	1,62	22h 40' 00"
55	37,4	0,09	1,62	23h 05' 11"
56	38,08	0,09	1,62	23h 30' 22"
57	38,76	0,09	1,62	23h 55' 33"
58	39,44	0,09	1,62	24h 20' 45"
59	40,12	0,09	1,62	24h 45' 56"
60	40,8	0,09	1,62	25h 11' 07"

Συντελεστής εξατμισιμέτρου: $k_p = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $k_c = 0,55$

Παροχή στάλακτηρα: $q = 1,2 l/h$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή στάλακτηρων : $Se = 0,4m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβάκιου κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισιμέτρου για Se=0,4m

Εξάτμιση Epan (mm)	$E100\%EI$ $[Ida(100)]=E\Gamma*0,8*kc, Se=0,4m$ (mm)	Σταλακτικές ανά φυτό $n=St/(2*Se)$ (mm/h)	Διάστημα ύψος βροχής $Ibh=(q*H)/(St*Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $EI100\%ET, H=Ida(100)/Idh$ (h)
0	0	0,09	1,62	
1	0,72	0,09	1,62	26' 40"
2	1,44	0,09	1,62	53' 20"
3	2,16	0,09	1,62	1h 20' 00"
4	2,88	0,09	1,62	1h 46' 40"
5	3,6	0,09	1,62	2h 12' 20"
6	4,32	0,09	1,62	2h 39' 00"
7	5,04	0,09	1,62	3h 06' 40"
8	5,76	0,09	1,62	3h 33' 20"
9	6,48	0,09	1,62	3h 60' 00"
10	7,2	0,09	1,62	4h 27' 40"
11	7,92	0,09	1,62	4h 53' 20"
12	8,64	0,09	1,62	5h 20' 00"
13	9,36	0,09	1,62	5h 46' 40"
14	10,08	0,09	1,62	6h 12' 20"
15	10,8	0,09	1,62	6h 39' 00"
16	11,52	0,09	1,62	7h 06' 40"
17	12,24	0,09	1,62	7h 33' 20"
18	12,96	0,09	1,62	8h 00' 00"
19	13,68	0,09	1,62	8h 26' 40"
20	14,4	0,09	1,62	8h 53' 20"

Συντελεστής εξατμισιμέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 1,2 \text{ l/h}$

Ισοποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισοποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισοποχή σταλακτήρων: $Se = 0,4m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβάκιου κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξαμισιμέτρου για $Se=0,4m$

Εξάμιση Έπαν (mm)	$E100\%ET$ $I_{da}(100)=ET*0,8*kc$, $Se=0,4m$ (mm)	Σταλάτες ανά φυτό $n=St/(2*Se)$	Ωρίσιο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*\eta)/(St*Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $E100\%ET$, $I_t = I_{da}(100) / I_{dh}$ (h)
21	15,12	0,09	1,62	9h 20' 00"
22	15,84	0,09	1,62	9h 46' 40"
23	16,56	0,09	1,62	10h 13' 20"
24	17,28	0,09	1,62	10h 40' 00"
25	18	0,09	1,62	11h 06' 40"
26	18,72	0,09	1,62	11h 33' 20"
27	19,44	0,09	1,62	12h 00' 00"
28	20,16	0,09	1,62	12h 26' 40"
29	20,88	0,09	1,62	12h 53' 20"
30	21,6	0,09	1,62	13h 20' 00"
31	22,32	0,09	1,62	13h 46' 40"
32	23,04	0,09	1,62	14h 13' 20"
33	23,76	0,09	1,62	14h 40' 00"
34	24,48	0,09	1,62	15h 07' 40"
35	25,2	0,09	1,62	15h 33' 20"
36	25,92	0,09	1,62	16h 00' 00"
37	26,64	0,09	1,62	16h 26' 40"
38	27,36	0,09	1,62	16h 53' 20"
39	28,08	0,09	1,62	17h 20' 00"
40	28,8	0,09	1,62	17h 46' 40"

Συντελεστής εξαμισιμέτρου: $kp = 0,8$

Φυτικός συντελεστής: $kc = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 1,2 l/h$

Ισατοχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισατοχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

Ισατοχή σταλακτήρων : $Se = 0,4m$

Πίνακας 4.8β Πρόγραμμα άρδευσης του βαμβακιού κατά το μήνα Αύγουστο με βάση την ημερήσια ένδειξη του εξατμισιμέτρου για $Se=0,4m$

Εξάτμιση Epan (mm)	$E100\%aET$ $I_{da}(100)=ET*0,8*k_c$, $Se=0,4m$ (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό $\eta=Su/(2*Se)$	Ωρίσιο ύψος βροχής $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $E100\%ET$, $I_t = I_{da}(E100) / I_{dh}$ (h)
41	29,52	0,09	1,62	18h 13' 20"
42	30,24	0,09	1,62	18h 40' 00"
43	30,96	0,09	1,62	19h 06' 40"
44	31,68	0,09	1,62	19h 33' 20"
45	32,4	0,09	1,62	20h 00' 00"
46	33,12	0,09	1,62	20h 26' 40"
47	33,84	0,09	1,62	21h 53' 20"
48	34,56	0,09	1,62	21h 20' 00"
49	35,28	0,09	1,62	21h 46' 40"
50	36	0,09	1,62	22h 13' 20"
51	36,72	0,09	1,62	22h 40' 00"
52	37,44	0,09	1,62	23h 06' 40"
53	38,16	0,09	1,62	23h 33' 20"
54	38,88	0,09	1,62	24h 00' 00"
55	39,6	0,09	1,62	24h 26' 40"
56	40,32	0,09	1,62	24h 53' 20"
57	41,04	0,09	1,62	25h 20' 00"
58	41,76	0,09	1,62	25h 46' 40"
59	42,48	0,09	1,62	26h 13' 20"
60	43,2	0,09	1,62	26h 40' 00"

Συντελεστής εξατμισιμέτρου: $k_p = 0,8$

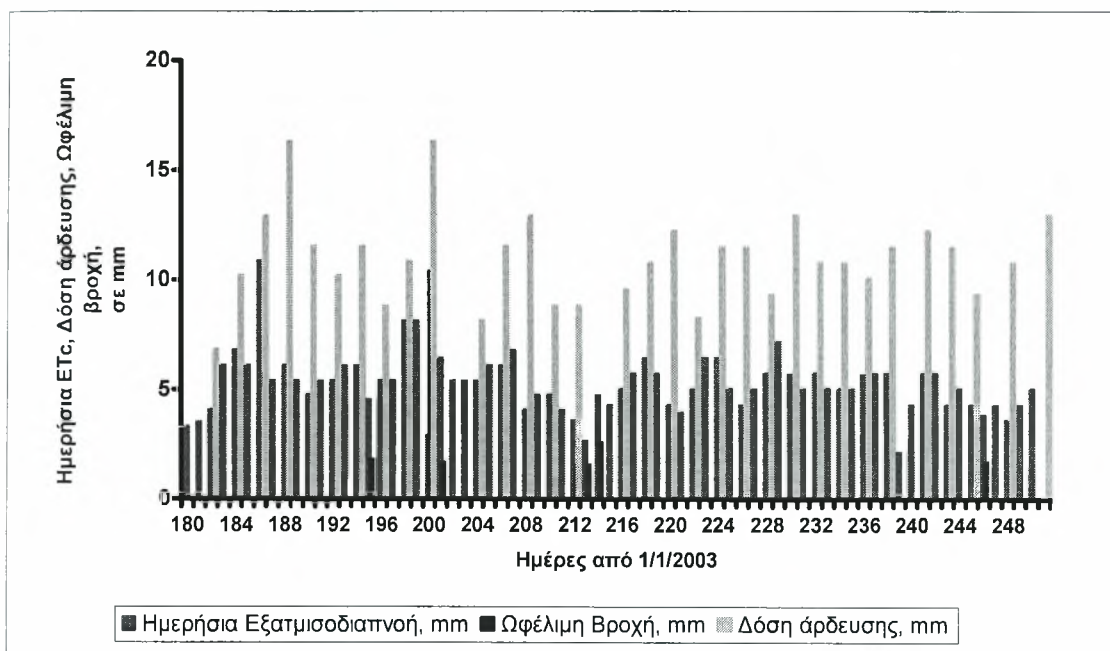
Φυτικός συντελεστής: $k_c = 0,55$

Παροχή σταλακτήρα: $q = 1,2 l/h$

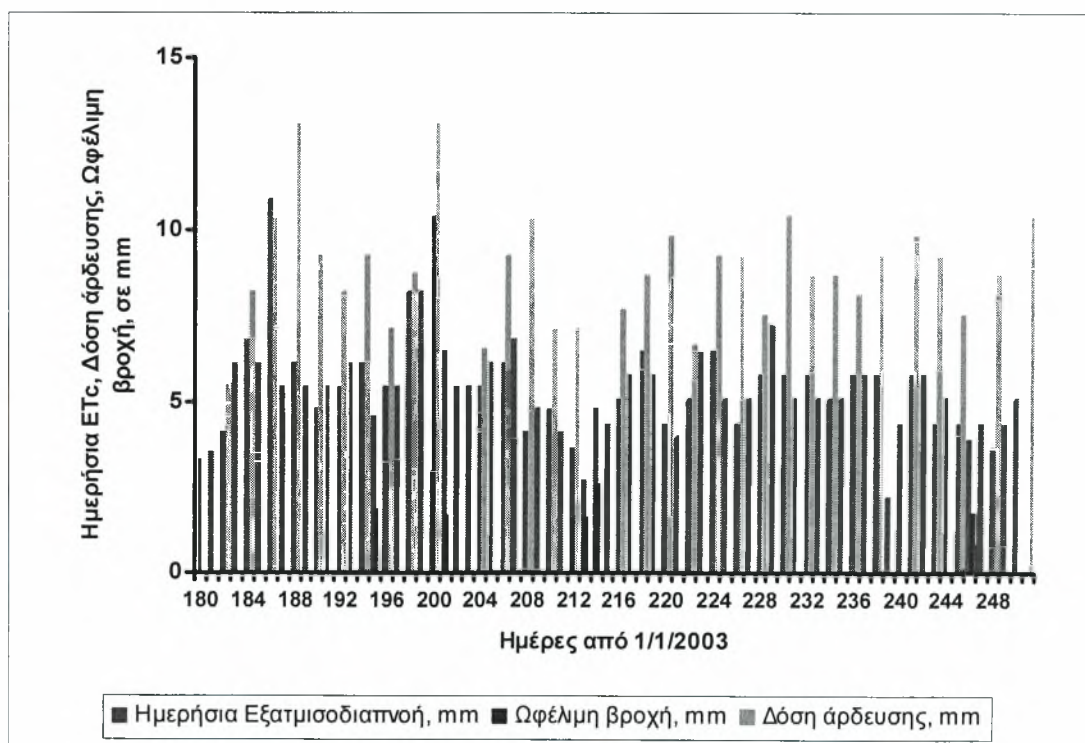
Ισαποχή των γραμμών σποράς: $Sr = 0,95m$

Ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς: $St = 0,034m$

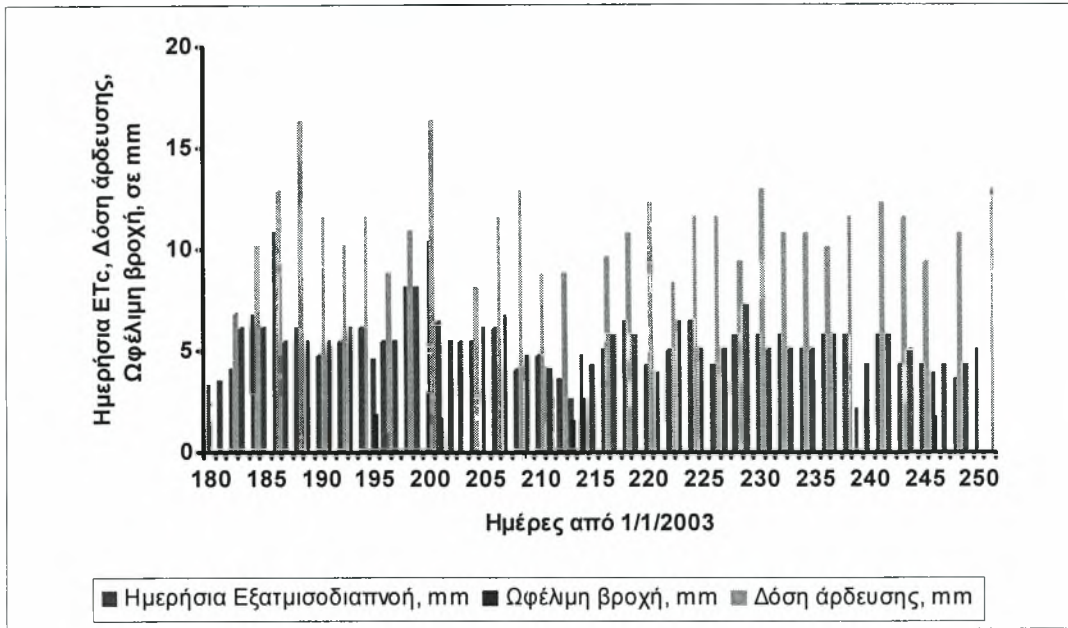
Ισαποχή σταλακτήρων : $Se = 0,4m$



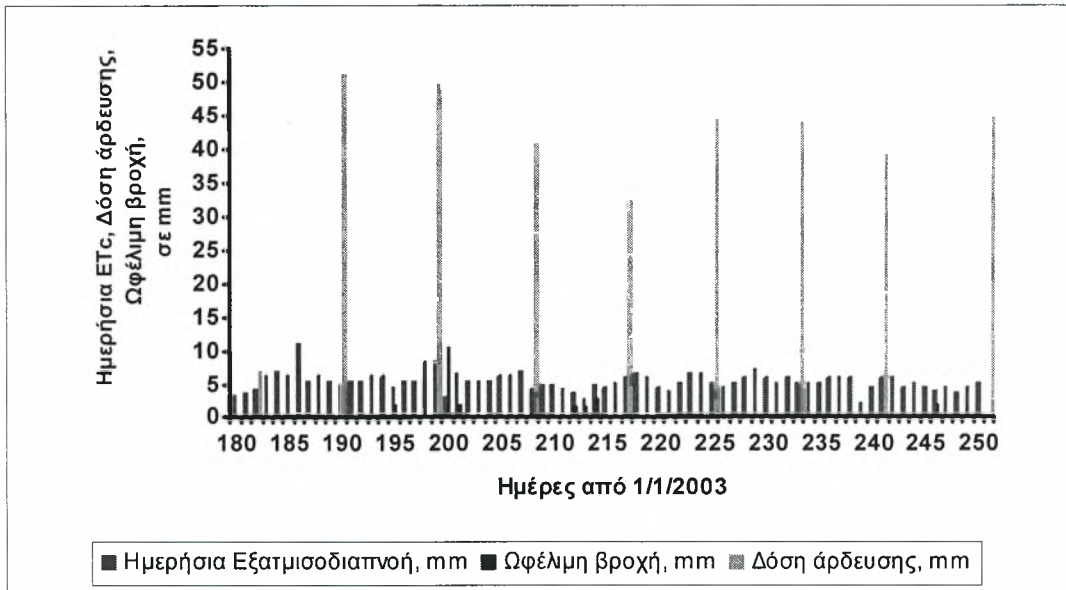
Σχήμα 4.3 Ημερήσια εξατμισοδιαπνοή και συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό στις μεταχειρίσεις E100%ET και Y100%ET.



Σχήμα 4.4 Ημερήσια εξατμισοδιαπνοή και συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό στις μεταχειρίσεις E80%ET και Y80%ET



Σχήμα 4.5 Ημερήσια εξατμισοδιαπνοή και συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό στη μεταχείριση E100%ET , Se=0,4m

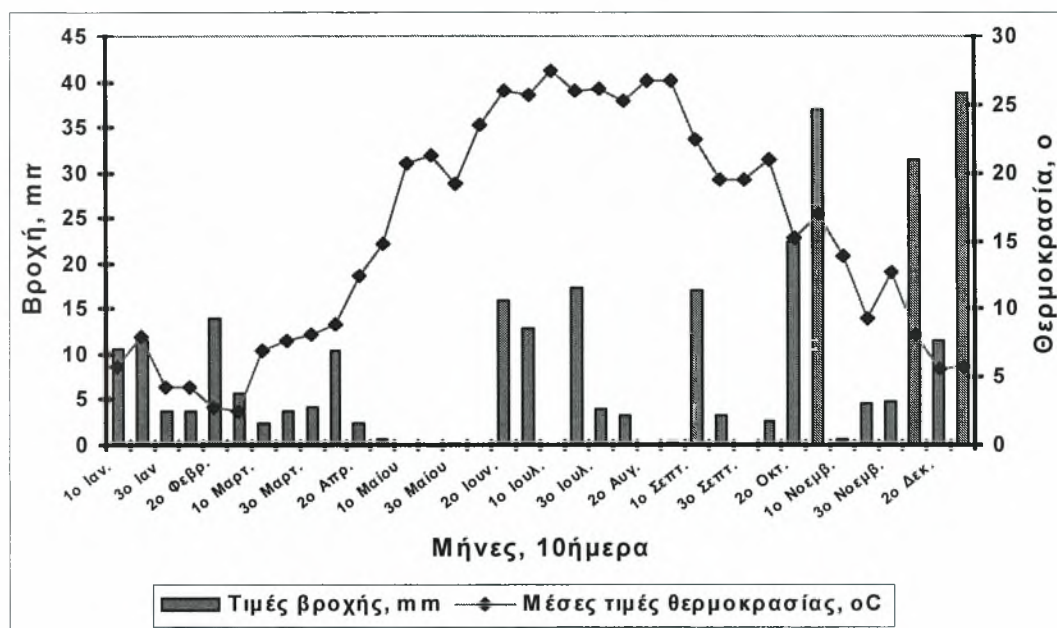


Σχήμα 4.6 Ημερήσια εξατμισοδιαπνοή και συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό στη μεταχείριση EKT100%ET .

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Κλιματικά δεδομένα

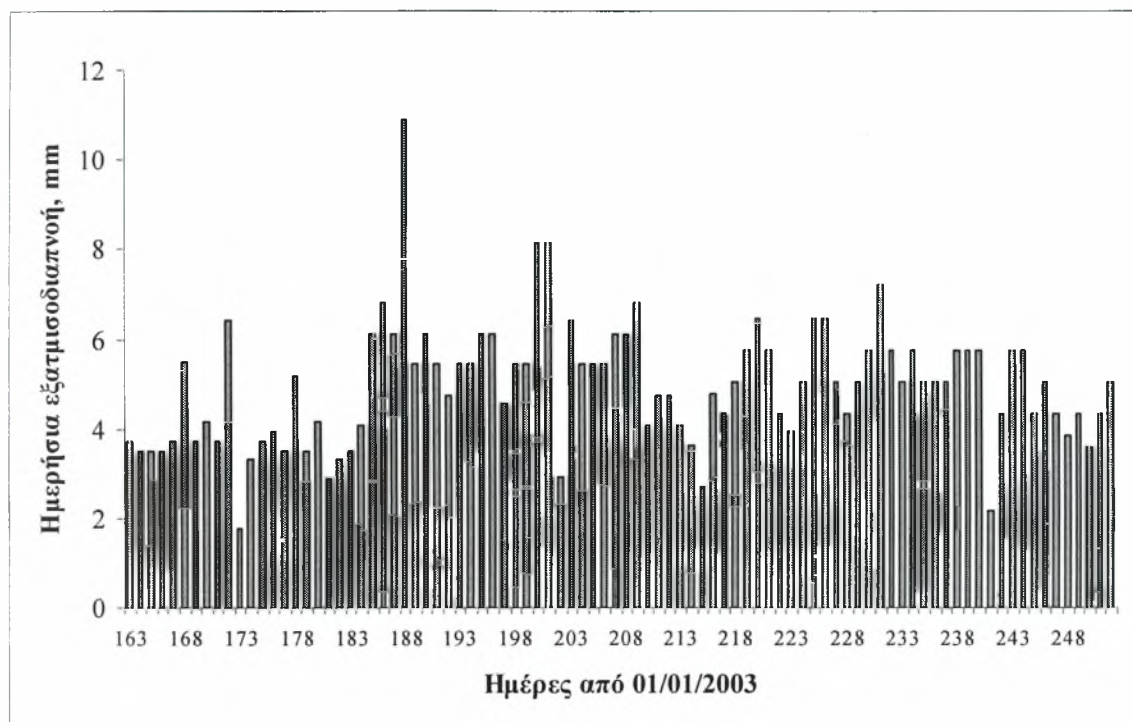
Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζονται, ανά δεκαήμερο, οι τιμές της βροχόπτωσης και της μέσης θερμοκρασίας του 24ώρου κατά τη διάρκεια του έτους 2003 στην περιοχή του Βελεστίνου Μαγνησίας, όπου διεξήχθη το πείραμα.



Σχήμα 5.1 Τιμές βροχόπτωσης και μέσης θερμοκρασίας 24ώρου ανά 10ήμερο έτους 2003.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 5.1 κατά τη διάρκεια της κύριας αρδευτικής περιόδου (Ιούλιος – Αύγουστος) έλαβαν χώρα επτά βροχοπτώσεις και σε καμία το ύψος βροχής δεν ξεπέρασε τα 13mm. Μάλιστα οι έξι από αυτές ήταν συνολικού ύψους βροχής κάτω των 6mm. Από την ημερομηνία έναρξης της στάγδην άρδευσης (1/07/2003) μέχρι και τη λήξη των αρδεύσεων (8/09/2003) η βροχόπτωση ήταν συνολικά 26,81mm. Το γεγονός των μειωμένων βροχοπτώσεων συντελεί στην πιο ξεκάθαρη αξιολόγηση των μεθοδολογιών άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν σε σχέση με τα παραγωγικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της καλλιέργειας του βαμβακιού, μιας και οι αναγκαίες για την καλλιέργεια ποσότητες νερού χορηγήθηκαν κυρίως μέσω της άρδευσης.

Οι θερμοκρασίες κατά το διάστημα αυτό κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα (μέσες θερμοκρασίες 24ώρου μεγαλύτερες των 25°C.) Οι συνθήκες αυτές προκάλεσαν την έντονη διαπνοή της καλλιέργειας και την εξάτμιση της επιφάνειας του εδάφους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2. Η μεγαλύτερη τιμή εξατμισοδιαπνοής σημειώθηκε στις 5/7 (186 ημέρες από 1/1/2003). Την ημέρα εκείνη σημειώθηκε και η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία 24ώρου (Σχήμα 5.1).



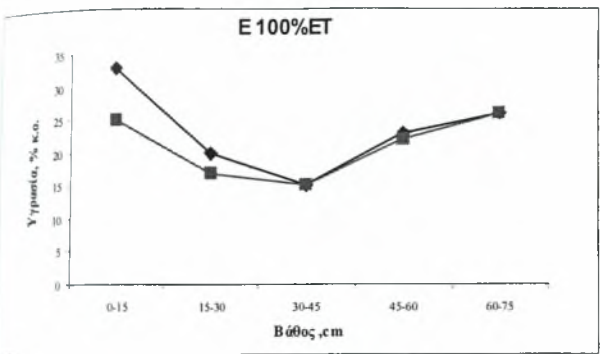
Σχήμα 5.2 Ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας
(Οι τιμές αντιστοιχούν στην στήλη 11 του Πίνακα)

5.2 Υγρασία εδάφους

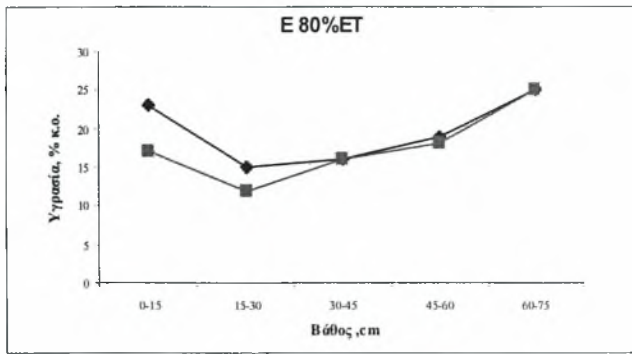
Ο κατάλληλος συγχρονισμός της άρδευσης και η εφαρμογή της απαραίτητης ποσότητας νερού μπορεί να μεγιστοποιήσει την παραγωγή των καλλιεργειών ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους ανάπτυξης ασθενειών, την αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και την εξοικονόμηση νερού.

Το βαμβάκι με το ριζικό του σύστημα να φθάνει μέχρι και τα 100cm μπορεί να απορροφήσει αποτελεσματικά το νερό από τέτοιο βάθος εφόσον δεν υπάρχουν αδιαπέρατοι ορίζοντες στο εδαφικό προφίλ. Συνεπώς, η άρδευση με σταγόνα υπογείως δύναται να μειώσει τις δόσεις άρδευσης εφόσον υπάρχει υψηλή διαθεσιμότητα αρδευτικού νερού πλησίον της ζώνης του ριζοστρώματος.

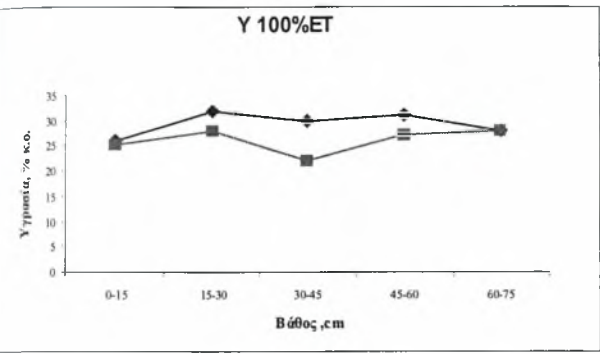
Η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στις έξι μεταχειρίσεις παρουσιάζεται στα παρακάτω σχήματα (Σχήματα 5.3 α, β, γ, δ, ε, στ.). Τα σχήματα αυτά αναφέρονται στις μετρήσεις της υγρασίας πριν και μετά την άρδευση της 9^{ης} Ιουλίου, αλλά ανάλογη διακύμανση διαμορφώνεται σε όλες τις μετρήσεις, τα σχήματα των οποίων παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



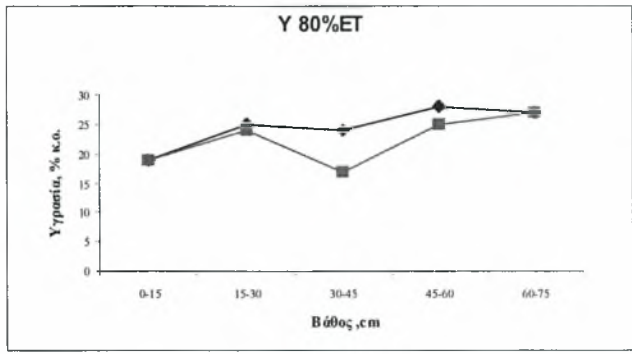
(α)



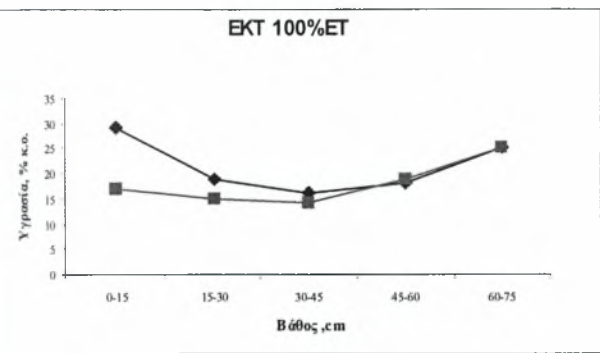
(β)



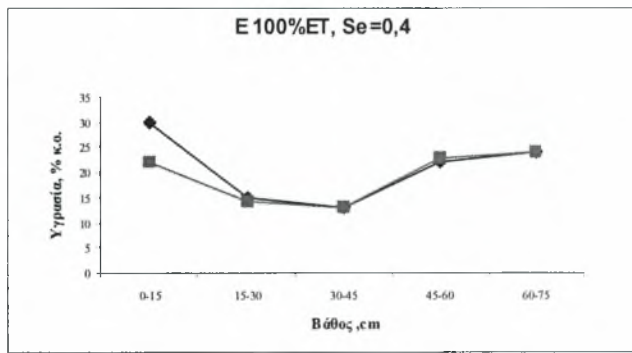
(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

Σχήμα 5.3 α, β, γ, δ, ε, στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στη 2^η μέτρηση εδαφικής υγρασίας: 9/07 – 11/07

Παρατηρείται ότι, στις μεταχειρίσεις της υπόγειας άρδευσης (Y100%ET και Y80%ET) η υγρασία δύο ημέρες μετά την άρδευση είναι αυξημένη σε βάθος 30-60cm, δηλαδή πλησίον του βάθους τοποθέτησης των σταλακτήρων, ενώ μειώνεται ελάχιστα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό έχει ως συνέπεια το χορηγούμενο νερό να είναι πιο εύκολα διαθέσιμο για πρόσληψη από τις ρίζες των φυτών.

Αντίθετα στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η υγρασία μετά την άρδευση αυξάνει στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και μέχρι βάθους 45cm ακολουθώντας φθίνουσα πορεία, ενώ δεν παρατηρείται καμία αξιόλογη μεταβολή σε μεγαλύτερα βάθη.

Οι τιμές της μεταβολής της υγρασίας πρέπει να βρίσκονται πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης του (PWP = 11,64%κ.β.) και πλησίον της υδατοϊκανότητας του εδάφους (FC=21,2%κ.β.). Παρατηρούμε ότι στις μετρήσεις των δύο υπογείων μεταχειρίσεων η εδαφική υγρασία είναι πλησίον της υδατοϊκανότητας σε όλα τα βάθη, ενώ υπάρχουν αποκλίσεις σε κάποιες μετρήσεις στις επιφανειακές μεταχειρίσεις, κυρίως σε βάθη μεγαλύτερα των 45cm. Αυτό δείχνει ότι το τμήμα της καλλιέργειας (πειραματικά τεμάχια) όπου εφαρμόστηκε η υπόγεια στάγδην άρδευση, δεν βρέθηκε ποτέ σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης.

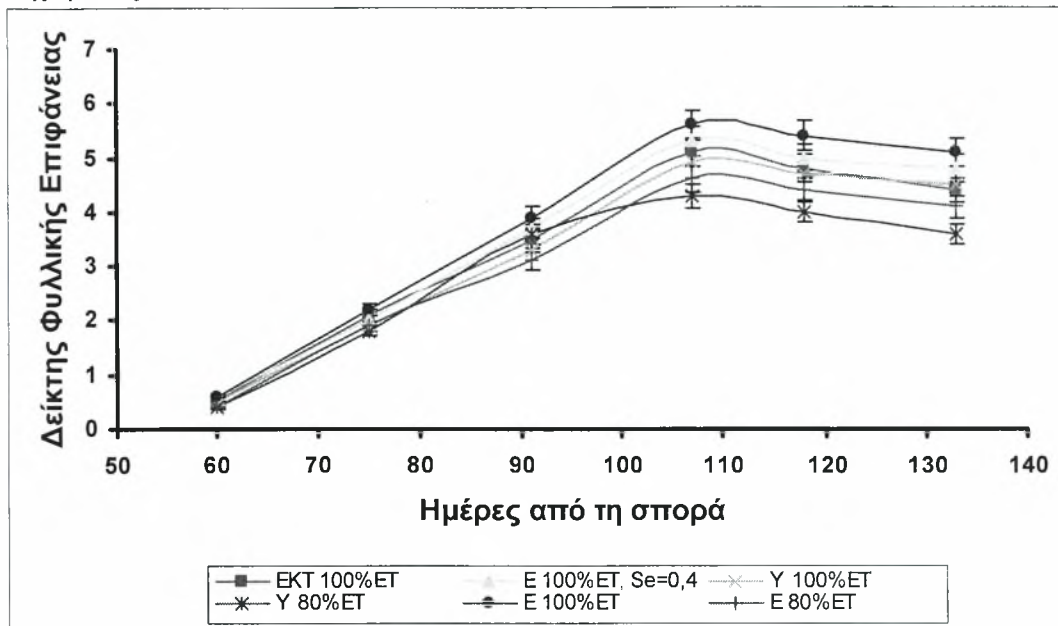
Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τη διαπίστωση των Neibling et al., (1997), για την ικανότητα του συστήματος άρδευσης με υπόγειους σταλακτηφόρους αγωγούς να διατηρεί τη εδαφική υγρασία στο βάθος των 30-45 cm σε επίπεδα τέτοια ώστε η τιμή της να μην υπερβαίνει ποτέ τα 50 cbars (ένδειξη τενσιόμετρου), τιμή πάνω από την οποία το έδαφος χαρακτηρίζεται ξηρό στους περισσότερους τύπους εδαφών.

Ανάλογη διαπίστωση αναφέρουν και οι Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη κ.α. (2000), μετά από πειραματική καλλιέργεια στην ίδια περιοχή.

5.3 Φυλλική επιφάνεια

Ο κύριος στόχος σε μια καλλιέργεια για τη αύξηση της παραγωγικότητας είναι να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία συνδέεται άμεσα με τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας(Δ.Φ.Ε.).

Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται η εξέλιξη του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας στις έξι μεταχειρίσεις.



Σχήμα 5.4 Εξέλιξη του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών Μετρήσεων σε κάθε μεταχείριση για κάθε ημερομηνία.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των τιμών του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας της καλλιέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1

Όπως φαίνεται οι τιμές του ΔΦΕ μέχρι και το πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου κινούνται στα ίδια επίπεδα ενώ από το τρίτο δεκαήμερο του Ιουλίου και μετά αρχίζουν να διαφοροποιούνται. Αυτό συμβαίνει γιατί το πρόγραμμα της στάγδην άρδευσης ξεκίνησε στις 1/7 και μέχρι τότε όλες οι μεταχειρίσεις είχαν δεχθεί την ίδια ποσότητα νερού. Όλες οι τιμές του ΔΦΕ (LAI) ακολουθούν μια αυξητική πορεία μέχρι και το τρίτο δεκαήμερο του Αυγούστου, στο τέλος του οποίου παρουσιάζουν το μέγιστό τους. Από το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου και μετά αρχίζει η μείωση των τιμών του ΔΦΕ η οποία συνεχίζεται μέχρι και το τέλος Σεπτεμβρίου.

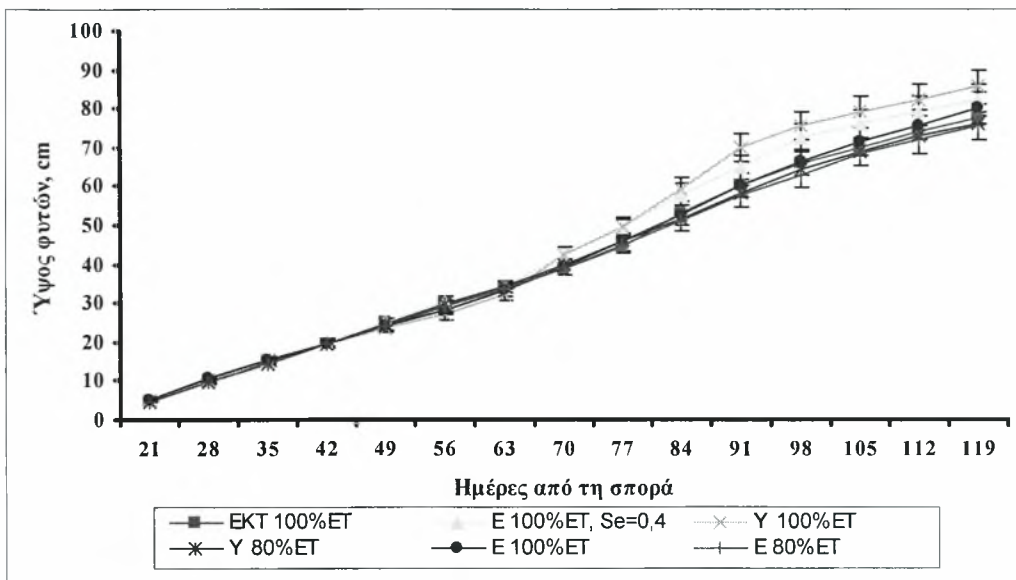
Η μεταχείριση E100%ET εμφανίζει τελικά την υψηλότερη τιμή του ΔΦΕ και ακολουθούν η E100%ET, Se=0,4m, η Y100%ET, η EKT100%ET, η E80%ET και η Y80%ET. Οι τελικές διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των μεταχειρίσεων είναι στατιστικώς σημαντικές εκτός από αυτές των Y100%ET και EKT100%ET οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας στις έξι μεταχειρίσεις.

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)	
1η μέτρηση	EKT100% ET	0,5 ^{ab}	0,1348	17,64	
	E100%ET, Se =0,4m	0,6 ^a			
	10/7	Y100% ET			0,5 ^{ab}
	Y80%ET	0,4 ^b			
	E100%ET	0,6 ^a			
	E80%ET	0,4 ^b			
2^η μέτρηση	EKT100%ET	2,1 ^{ab}	0,1718	5,77	
	E100%ET, Se =0,4m	2 ^{bc}			
	25/7	Y100%ET			1,9 ^{cd}
	Y80%ET	1,8 ^d			
	E100%ET	2,2 ^a			
	E80%ET	1,9 ^{cd}			
3^η μέτρηση	EKT100%ET	3,5 ^c	0,1651	3,09	
	E100% ET,Se =0,4m	3,7 ^b			
	10/8	Y100%ET			3,3 ^d
	Y80%ET	3,6 ^{bc}			
	E100%ET	3,9 ^a			
	E80%ET	3,1 ^e			
4^η μέτρηση	EKT100%ET	5,1 ^c	0,1718	2,27	
	E100%ET, Se =0,4m	5,3 ^b			
	26/8	Y100%ET			4,9 ^d
	Y80%ET	4,3 ^f			
	E100%ET	5,6 ^a			
	E80%ET	4,6 ^e			
5^η μέτρηση	EKT100% ET	4,8 ^c	0,1783	2,51	
	E100%ET, Se =0,4m	5 ^b			
	11/9	Y100%ET			4,7 ^c
	Y80%ET	4 ^c			
	E100%ET	5,4 ^a			
	E80%ET	4,4 ^d			
6^η μέτρηση	EKT100% ET	4,4 ^c	0,2184	3,25	
	E100%ET, Se =0,4m	4,8 ^b			
	26/9	Y100%ET			4,5 ^c
	Y80%ET	3,6 ^e			
	E100%ET	5,1 ^a			
	E80%ET	4,1 ^d			

5.4 Ύψος φυτών

Στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζεται η εξέλιξη του ύψους του κεντρικού βλαστικού στελέχους του βαμβακιού σε σχέση με το χρόνο στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου.



Σχήμα 5.5 Εξέλιξη του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών μετρήσεων Σε κάθε μεταχείριση για κάθε ημερομηνία.

Μέχρι και τις αρχές Ιουλίου οι τιμές του ύψους των φυτών κινούνται στα ίδια επίπεδα μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μετά τη 1/7 ξεκίνησε το πρόγραμμα της στάγδην άρδευσης και μέχρι τότε όλες οι μεταχειρίσεις είχαν δεχθεί την ίδια ποσότητα νερού. Από τις 20/7 και μετά η μεταχείριση Y100%ET αρχίζει να παρουσιάζει μια μικρή υπεροχή στο ύψος έναντι των άλλων μεταχειρίσεων η οποία μεγαλώνει σταδιακά και διατηρείται μέχρι το τέλος της ανάπτυξης. Ακολουθεί η μεταχείριση E100%ET, Se=0,4m η οποία όμως δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά με την Y100%ET. Τρίτη έρχεται η μεταχείριση E100%ET η οποία δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με την E100%ET, Se=0,4m διαφέρει όμως με την Y100%ET.

Τέταρτη σε τελικό ύψος έρχεται η μεταχείριση ΕΚΤ100%ΕΤ η οποία δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με την Ε100%ΕΤ διαφέρει όμως με την Υ100%ΕΤ και την Ε100%ΕΤ, $Se=0,4m..$ Ακολουθούν οι μεταχειρίσεις Υ80%ΕΤ και Ε80%ΕΤ οι οποίες μαζί και με την ΕΚΤ100%ΕΤ δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές, διαφέρουν όμως στατιστικώς σημαντικά με όλες τις προηγούμενες.

Τα αποτελέσματα των τιμών του ύψους των φυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του ύψους των φυτών στις έξι μεταχειρίσεις.

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)
1^η μέτρηση	EKT100%ET	4,75		8,96
	E100%ET, Se=0,4m	5,00		
	1/6 Y100%ET	5,25		
	21 Y80%ET	4,75		
	E100%ET	5,25		
	E80%ET	4,75		
2^η μέτρηση	EKT100%ET	9,50		5,77
	E100%ET, Se=0,4m	9,75		
	8/6 Y100%ET	10,25		
	28 Y80%ET	9,50		
	E100%ET	10,50		
	E80%ET	9,50		
3^η μέτρηση	EKT100%ET	14,75		4,39
	E100%ET, Se=0,4m	15,50		
	15/6 Y100%ET	15,50		
	35 Y80%ET	14,50		
	E100%ET	15,25		
	E80%ET	14,50		
4^η μέτρηση	EKT100%ET	19,50		3,78
	E100%ET, Se=0,4m	20,00		
	22/6 Y100%ET	19,25		
	42 Y80%ET	19,50		
	E100%ET	19,25		
	E80%ET	19,50		
5^η μέτρηση	EKT100%ET	24,75		3,5
	E100%ET, Se=0,4m	25,00		
	29/6 Y100%ET	23,50		
	49 Y80%ET	24,25		
	E100%ET	23,75		
	E80%ET	24,00		
6^η μέτρηση	EKT100%ET	29,75 ^a	1,348	3,08
	E100%ET, Se=0,4m	30 ^a		
	6/7 Y100%ET	27 ^c		
	56 Y80%ET	29,75 ^a		
	E100%ET	28,25 ^{bc}		
	E80%ET	29,25 ^{ab}		
7^η μέτρηση	EKT100%ET	34,00		4,15
	E100%ET, Se=0,4m	34,25		
	13/7 Y100%ET	32,25		
	63 Y80%ET	34,25		
	E100%ET	33,25		
	E80%ET	33,50		

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του ύψους των φυτών στις έξι μεταχειρίσεις.(συνέχεια)

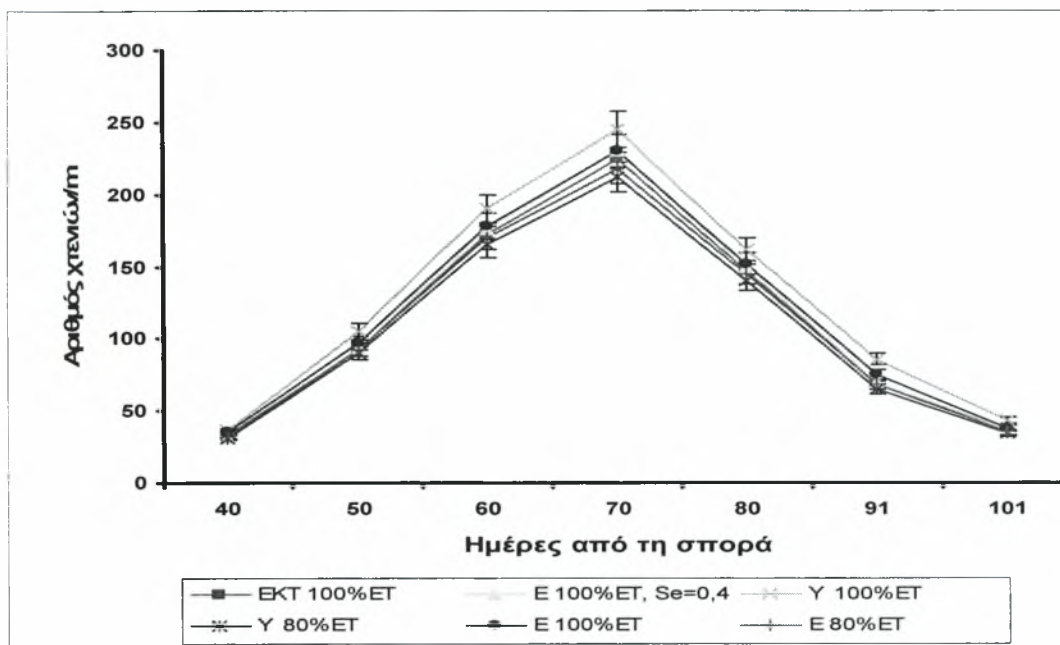
	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)	
8^η μέτρηση	EKT100%ET	39 ^c	2,63	4,34	
	E100%ET, Se=0,4m	42,5 ^a			
	20/7	Y100%ET			42,25 ^{ab}
	70	Y80%ET			39,75 ^{bc}
		E100%ET			39,25 ^c
		E80%ET			39 ^c
9^η μέτρηση	EKT100%ET	44,5 ^b	2,811	4,00	
	E100%ET, Se=0,4m	49,5 ^a			
	27/7	Y100%ET			49,25 ^a
	77	Y80%ET			46 ^b
		E100%ET			45,75 ^b
		E80%ET			45 ^b
10^η μέτρηση	EKT100%ET	53,25 ^b	2,662	3,26	
	E100%ET, Se=0,4m	57,75 ^a			
	3/8	Y100%ET			59,25 ^a
	84	Y80%ET			51,5 ^b
		E100%ET			52,5 ^b
		E80%ET			51 ^b
11^η μέτρηση	EKT100%ET	60,25 ^c	3,822	4,1	
	E100%ET, Se=0,4m	64,75 ^b			
	10/8	Y100%ET			70 ^a
	91	Y80%ET			58 ^c
		E100%ET			60,25 ^c
		E80%ET			57,5 ^c
12^η μέτρηση	EKT100%ET	65,75 ^b	3,43	3,35	
	E100%ET, Se=0,4m	72,25 ^a			
	17/8	Y100%ET			75,5 ^a
	98	Y80%ET			64,25 ^b
		E100%ET			66,25 ^b
		E80%ET			63 ^b
13^η μέτρηση	EKT100%ET	69,75 ^b	3,799	3,49	
	E100%ET, Se=0,4m	76 ^a			
	24/8	Y100%ET			79 ^a
	105	Y80%ET			69 ^b
		E100%ET			71,5 ^b
		E80%ET			68,5 ^b

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του ύψους των φυτών στις έξι μεταχειρίσεις.(συνέχεια)

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)
14^η μέτρηση	EKT100%ET	74 ^{cd}	3,684	3,22
	E100%ET, Se=0,4m	79,25 ^{ab}		
	31/8 Y100%ET	82,25 ^a		
	112 Y80%ET	72,75 ^{cd}		
	E100%ET	75,75 ^{bc}		
	E80%ET	71,75 ^d		
15^η μέτρηση	EKT100%ET	77,5 ^{cd}	3,695	3,08
	E100%ET, Se=0,4m	82,25 ^{ab}		
	7/9 Y100%ET	85,5 ^a		
	119 Y80%ET	76,25 ^d		
	E100%ET	80 ^{bc}		
	E80%ET	75,5 ^d		

5.5 Αριθμός χτενιών

Στο Σχήμα 5.5 φαίνεται η εξέλιξη του αριθμού παραγωγής χτενιών/m των φυτών στις 7 μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Σχήμα 5.6 Εξέλιξη του αριθμού χτενιών/m των φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών μετρήσεων σε κάθε μεταχείριση για κάθε ημερομηνία.

Παρατηρείται ότι ο αριθμός των χτενιών αυξάνει σταδιακά, παρουσιάζει το μέγιστό του λίγο μετά το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου και μετά μειώνεται πάλι σταδιακά. Από την αρχή των μετρήσεων η μεταχείριση Y100%ET παρουσιάζει μεγαλύτερο αριθμό χτενιών έναντι των άλλων μεταχειρίσεων, και η διαφορά αυτή διατηρείται μέχρι και την περίοδο που εμφανίζεται ο μέγιστος αριθμός χτενιών. Δεύτερη έρχεται η μεταχείριση E100%ET, Se=0,4m, ακολουθεί η E100%ET, η EKT100%ET, η Y80%ET και τέλος η E80%ET.

Όλες οι μεταχειρίσεις παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές εκτός από τις E100%ET, Se=0,4m και E100%ET οι οποίες δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

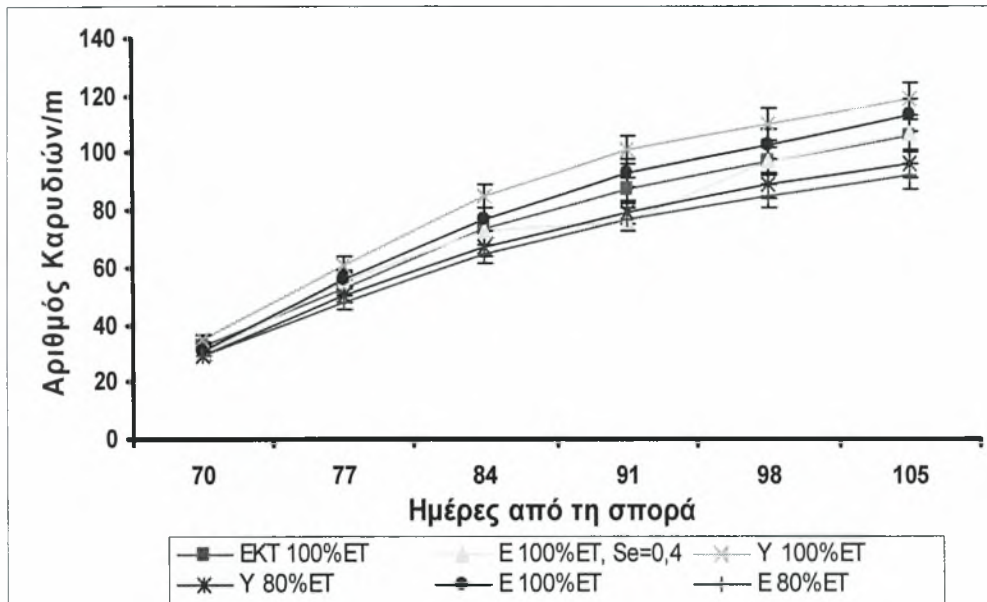
Τα αποτελέσματα των τιμών του αριθμού των χτενιών/m παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 5.3)

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του αριθμού των χτενιών/m των φυτών στις έξι μεταχειρίσεις

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)
1η μέτρηση	EKT100%ET	33 ^{bc}	2,50	5,03
	E100%ET, Se=0,4m	31 ^c		
20/6/*	Y100%ET	36 ^a		
40**	Y80%ET	31 ^c		
	E100%ET	35 ^{ab}		
	E80%ET	32 ^c		
2η μέτρηση	EKT100%ET	92 ^c	3,385	2,37
	E100%ET, Se=0,4m	93 ^c		
30/6/*	Y100%ET	105 ^a		
50**	Y80%ET	90 ^c		
	E100%ET	97 ^b		
	E80%ET	92 ^c		
3η μέτρηση	EKT100%ET	172 ^c	3,517	1,33
	E100%ET, Se=0,4m	176 ^b		
10/7/*	Y100%ET	190 ^a		
60**	Y80%ET	165 ^d		
	E100%ET	178 ^b		
	E80%ET	170 ^c		
4η μέτρηση	EKT100%ET	225 ^c	3,233	0,95
	E100%ET, Se=0,4m	230 ^b		
20/7/*	Y100%ET	245 ^a		
70**	Y80%ET	212 ^e		
	E100%ET	230 ^b		
	E80%ET	218 ^d		
5η μέτρηση	EKT100%ET	147 ^{cd}	3,317	1,48
	E100%ET, Se=0,4m	149 ^{bc}		
30/7/*	Y100%ET	162 ^a		
80**	Y80%ET	140 ^e		
	E100%ET	152 ^b		
	E80%ET	145 ^d		
6η μέτρηση	EKT100%ET	68 ^{cd}	3,048	2,81
	E100%ET, Se=0,4m	70 ^c		
10/8/*	Y100%ET	86 ^a		
91**	Y80%ET	65 ^d		
	E100%ET	75 ^b		
	E80%ET	68 ^{cd}		
7η μέτρηση	EKT100%ET	38 ^b	2,696	4,75
	E100%ET, Se=0,4m	38 ^b		
20/8/*	Y100%ET	43 ^a		
101**	Y80%ET	34 ^c		
	E100%ET	38 ^b		
	E80%ET	35 ^c		

5.6 Αριθμός καρυδιών

Στο Σχήμα 5.7 παρουσιάζεται η εξέλιξη του αριθμού των καρυδιών/μ των φυτών στις 6 μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Σχήμα 5.7 Εξέλιξη του αριθμού καρυδιών/μ των φυτών κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών μετρήσεων σε κάθε μεταχείριση για κάθε ημερομηνία.

Παρατηρείται ότι ο αριθμός των καρυδιών αρχίζει να αυξάνεται σταδιακά μετά το δεύτερο 10ήμερο του Ιουλίου και μέχρι το τέλος Αυγούστου όπου σταθεροποιείται και παρουσιάζει το μέγιστο για το σύνολο των μεταχειρίσεων.

Η μεταχείριση Y100%ET από τις πρώτες κιόλας μετρήσεις εμφανίζει αυξημένο αριθμό καρυδιών/μ σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η υπεροχή αυτή διατηρείται μέχρι και την τελευταία μέτρηση. Δεύτερη έρχεται η E100%ET η οποία όμως, δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με την Y100%ET. Ακολουθούν οι E100%ET, Se=0,4m και EKT100%ET οι οποίες δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με τη δεύτερη, διαφέρουν όμως με την πρώτη. Πέμπτη και έκτη έρχονται οι μεταχειρίσεις Y80%ET και E80%ET αντίστοιχα οι οποίες δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, διαφέρουν όμως με όλες τις υπόλοιπες.

Τα αποτελέσματα των τιμών του αριθμού των καρυδιών/μ παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 5.4)

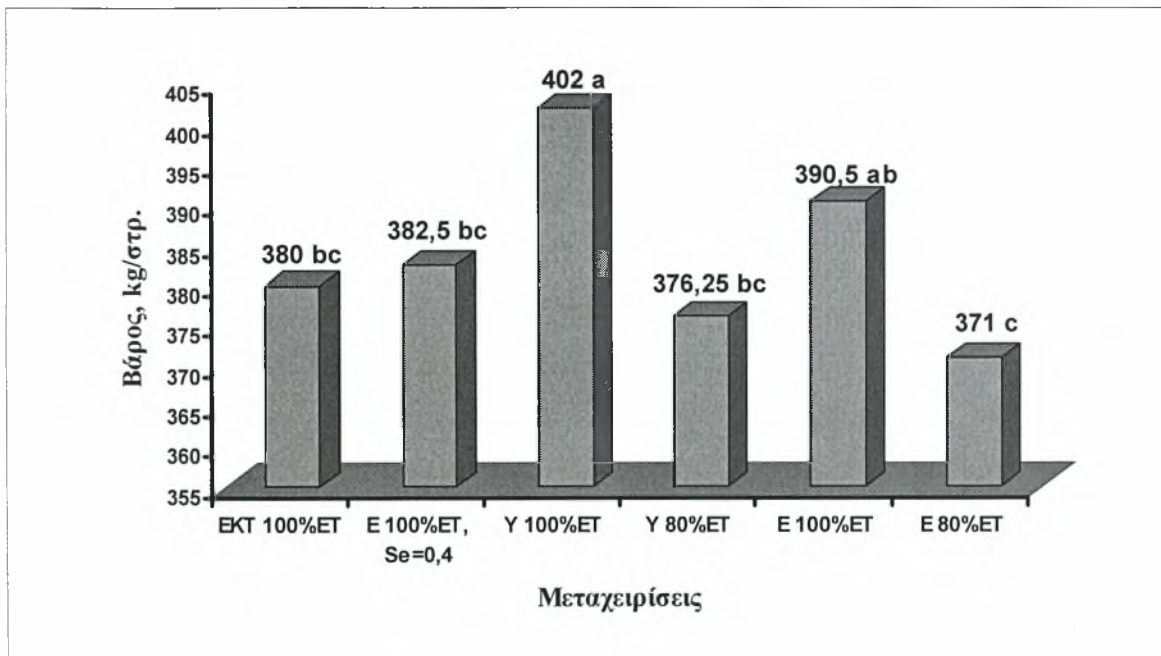
Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για κάθε ημερομηνία μέτρησης του αριθμού των καρδιών/m των φυτών στις έξι μεταχειρίσεις

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι 4 επαναληπτικών μετρήσεων	ΕΣΔ _{0,05}	CV (%)
1η μέτρηση	EKT100%ET	32 ^a	4,20	8,98
	E100%ET, Se=0,4m	30 ^a		
	20/7* Y100%ET	35 ^b		
	70** Y80%ET	29 ^{ab}		
	E100%ET	31 ^a		
	E80%ET	29 ^{ab}		
2η μέτρηση	EKT100%ET	53 ^{bc}	4,686	5,78
	E100%ET, Se=0,4m	55 ^b		
	27/7* Y100%ET	61 ^a		
	77** Y80%ET	50 ^{cd}		
	E100%ET	56 ^b		
	E80%ET	48 ^d		
3η μέτρηση	EKT100%ET	74 ^b	4,454	4,02
	E100%ET, Se=0,4m	73 ^b		
	3/8* Y100%ET	85 ^a		
	84** Y80%ET	67 ^c		
	E100%ET	77 ^b		
	E80%ET	65 ^c		
4η μέτρηση	EKT100%ET	87 ^b	6,444	5,00
	E100%ET, Se=0,4m	76,5 ^c		
	10/8* Y100%ET	101 ^a		
	91** Y80%ET	79 ^c		
	E100%ET	93 ^b		
	E80%ET	77 ^c		
5η μέτρηση	EKT100%ET	96,75 ^c	6,095	4,18
	E100%ET, Se=0,4m	97 ^{bc}		
	17/8* Y100%ET	110 ^a		
	98** Y80%ET	89 ^d		
	E100%ET	103 ^b		
	E80%ET	85 ^d		
6η μέτρηση	EKT100%ET	106 ^b	7,682	4,83
	E100%ET, Se=0,4m	107 ^b		
	24/8* Y100%ET	119 ^a		
	105** Y80%ET	96 ^c		
	E100%ET	113 ^{ab}		
	E80%ET	92 ^c		

5.7 Απόδοση καλλιέργειας

Η συγκομιδή έγινε με το χέρι, σε δύο τυχαία μέτρα καλλιέργειας της κάθε μεταχείρισης και στο σύνολο των επαναλήψεων αυτής, στις 20/10/2004. Το σύσπορο βαμβάκι του κάθε πειραματικού τεμαχίου ζυγίστηκε με ζυγό ακριβείας, ενώ στη συνέχεια από το μέσο όρο των τεσσάρων επαναλήψεων προέκυψε η απόδοση ανά στρέμμα της κάθε μεταχείρισης.

Στο Σχήμα 5.8 παρουσιάζεται η απόδοση της καλλιέργειας σε kg/στρ. σε κάθε μεταχείριση.



Σχήμα 5.8 Απόδοση σε kg/στρ. στις έξι μεταχειρίσεις. Οι τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο τεσσάρων επαναληπτικών μετρήσεων για κάθε μεταχείριση.

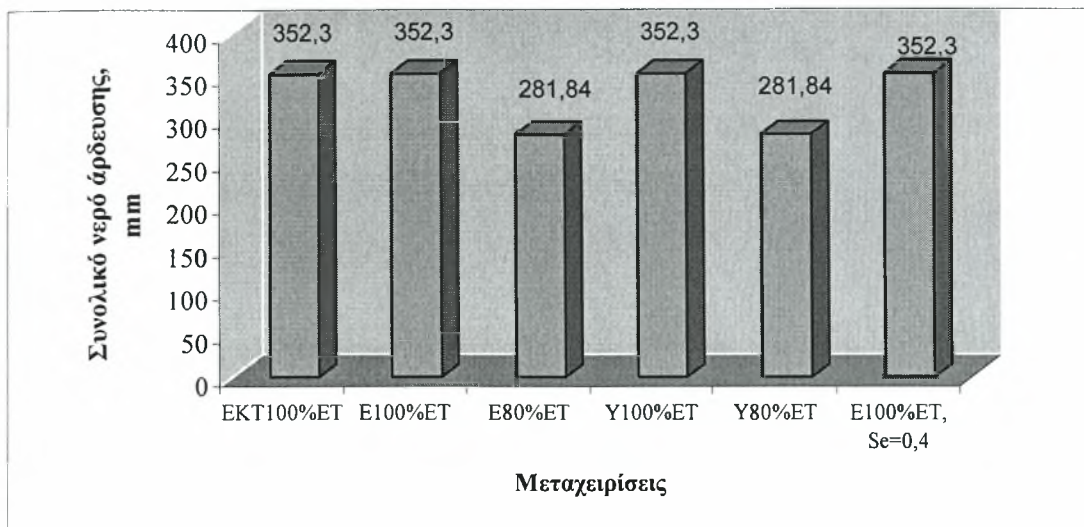
Από τις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 100% των αναγκών σε νερό την μεγαλύτερη απόδοση, 402 kg/στρ., έδωσε η μεταχείριση Υ100%ΕΤ. Δεύτερη σε παραγωγή, 390,5 kg/στρ., έρχεται η μεταχείριση Ε100%ΕΤ χωρίς όμως να παρουσιάζει με την

πρώτη στατιστικώς σημαντική διαφορά. Ακολουθούν οι μεταχειρίσεις E100%ET, $Se=0,4m$, και EKT100%ET με απόδοση 382,5 kg/στρ. και 380 kg/στρ. αντίστοιχα.

Οι μεταχειρίσεις αυτές δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Επίσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά και με την E100%ET. Διαφέρουν όμως και οι δύο στατιστικώς σημαντικά με τη μεταχείριση Y100%ET. Από τις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 80% των συνολικών αναγκών σε νερό την μεγαλύτερη απόδοση, 376,25 kg/στρ., παρουσίασε η υπόγεια Y80%ET χωρίς όμως να εμφανίζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την E80%ET. Όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση η μεταχείριση αυτή δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τις E100%ET, $Se=0,4m$, EKT100%ET παρουσιάζει όμως στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την Y100%ET και την E100%ET.

5.8 Εξοικονόμηση νερού

Η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε με την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης ήταν 352,30mm στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 100% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών. Στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 80% των καθαρών αναγκών χορηγήθηκε νερό ύψους 281,84mm. (Σχήμα 5.9). Ένα επιπλέον ποσό ύδατος 48,19mm δέχθηκε η καλλιέργεια από βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου (τέλη Ιουνίου-τέλη Σεπτεμβρίου), το ωφέλιμο ύψος της οποίας ήταν 38,552mm. Επίσης πραγματοποιήθηκαν και δύο ποτίσματα με αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα πριν την έναρξη του προγράμματος της στάγδην άρδευσης. Το πρώτο με ύψος νερού 30mm πραγματοποιήθηκε στις 12/5 δύο ημέρες μετά τη σπορά και το δεύτερο με ύψος νερού 40mm πραγματοποιήθηκε στις 11/6.



Σχήμα 5.9 Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με στάγδην άρδευση σε κάθε μεταχείριση.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών (Ι.Β.Β.Φ.) οι συνολικές ανάγκες της καλλιέργειας του βαμβακιού σε νερό στη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου, με στόχο την οικονομικότερη απόδοση τα επίπεδα της χορηγούμενης άρδευσης κυμαίνονται μεταξύ 400 – 450 m³/ στρ στη πεδιάδα της Θεσσαλίας. Τα αποτελέσματα του παραπάνω σχήματος συμφωνούν με αυτές τις εκτιμήσεις αν στα ποσά νερού συνυπολογιστούν οι δύο αρδεύσεις που χορηγήθηκαν στα στάδια του φυτρώματος και της πρώτης ανάπτυξης.

5.9 Αποδοτικότητα νερού άρδευσης

Από την υδατοκατανάλωση και την παραγωγή που επιτεύχθηκε σε κάθε μεταχείριση, προσδιορίστηκε η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Στην υδατοκατανάλωση της καλλιέργειας περιλαμβάνεται η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε συνυπολογιζόμενης και της βροχής. Δηλαδή 470,49mm νερό για τις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 100% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών και 400,03mm για τις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 80% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών.

Η αποδοτικότητα υπολογίζεται αν διαιρέσουμε την απόδοση κάθε μεταχείρισης με το αντίστοιχο νερό που έχει δεχθεί κάθε μεταχείριση.(Πίνακας 5.5)

Πίνακας 5.5 Αποδοτικότητα χρήσης νερού άρδευσης στις έξι μεταχειρίσεις

Μεταχειρίσεις	Απόδοση καλλιέργειας (kg/στρ.)	Συνολική ποσότητα νερού (mm)	Αποδοτικότητα νερού άρδευσης
EKT100%ET	380	352,3	0,8
E100%ET,Se=0,4m	382,5	352,3	0,812
Y100%ET	402	352,3	0,854
Y80%ET	376,25	281,84	0,94
E100%ET	390,5	352,3	0,83
E80%ET	371	281,84	0,927

Παρατηρήθηκε ότι στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 100% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών την μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρήσης του νερού άρδευσης παρουσιάζει η μεταχείριση Y100%ET και ακολουθούν οι E100%ET, E100%ET με ισαποχή σταλακτήρων Se=0,4m και EKT100%ET. Στις μεταχειρίσεις που δέχθηκαν το 80% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών, μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρήσης νερού παρουσιάζει η Y80%ET και έπεται η μεταχείριση E80%ET.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διερεύνηση της επίδρασης δύο σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης, στα ποιοτικά και παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του βαμβακιού οδήγησε στην διεξαγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων:

1. Οι τιμές της υγρασίας του εδάφους στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, έδειξαν μια διαφοροποίηση της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των επιφανειακών μεθόδων. Οι τιμές υγρασίας διατηρήθηκαν κοντά στην υδατοϊκανότητα στα διαστήματα ανάμεσα στις αρδεύσεις, με συνέπεια η καλλιέργεια να μην βρεθεί ποτέ σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης. Παράλληλα η διατήρηση ξηρής επιφάνειας εδάφους, ελαχιστοποίησε τις απώλειες νερού λόγω εξάτμισης.
2. Η υπόγεια στάγδην άρδευση που δέχθηκε το 100% των υπολογιζόμενων καθαρών αναγκών σε νερό, αν και διατήρησε μικρότερη επιφάνεια φυλλώματος κατά το μεγαλύτερο διάστημα της βλαστικής περιόδου ανάπτυξης των φυτών σε σχέση με τις μεταχειρίσεις E100%ET και E100%ET, Se=0,4m εντούτοις είχε τελική απόδοση μεγαλύτερη από τις μεταχειρίσεις αυτές. Επίσης η μεταχείριση Y80%ET αν και παρουσίασε μικρότερο Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας από την E80%ET είχε τελική απόδοση μεγαλύτερη από αυτή της E80%ET.
3. Οι τιμές του ύψους των φυτών αρχίζουν να διαφοροποιούνται ανάμεσα στις μεταχειρίσεις μετά την έναρξη του προγράμματος της στάγδην άρδευσης και να παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Το τελικό ύψος στο οποίο φτάνουν τα φυτά βλέπουμε ότι σχετίζεται άμεσα και με την απόδοση. Πράγματι η μεταχείριση Y100%ET έδωσε τα ψηλότερα φυτά και τελικά και τη μεγαλύτερη απόδοση. Το ίδιο συμβαίνει και με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.
4. Ο αριθμός χτενιών/m και καρυδιών/m φαίνεται να επηρεάζει και την απόδοση του βαμβακιού. Πράγματι η μεταχείριση Y100%ET είχε τον μεγαλύτερο αριθμό

χτενιών/m στο τέλος του δεύτερου 10ήμερου του Ιουλίου (περίοδος εμφάνισης του μέγιστου αριθμού χτενιών), έδωσε το μεγαλύτερο τελικό αριθμό καρυδιών/m και τελικά την υψηλότερη απόδοση μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

5. Μεταξύ των μεταχειρίσεων στις οποίες η εφαρμογή της άρδευσης κάλυψε το 100% των αναγκών της καλλιέργειας και είχαν το ίδιο εύρος άρδευσης, 2 ημέρες, τη μεγαλύτερη απόδοση έδωσε η υπόγεια μεταχείριση και ακολουθεί η επιφανειακή χωρίς όμως να εμφανίζουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Τρίτη έρχεται η επιφανειακή μεταχείριση με $Se=0,4m$ η οποία παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την πρώτη όχι όμως και με τη δεύτερη. Η μεταχείριση της καλλιεργητικής τεχνικής που έχει εύρος άρδευσης 10 ημέρες και δέχθηκε το 100% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό παρουσιάζει τη μικρότερη απόδοση από όλες τις προηγούμενες και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με την πρώτη όχι όμως και με τις άλλες δύο.
6. Μεταξύ των μεταχειρίσεων στις οποίες η εφαρμογή της άρδευσης κάλυψε το 80% των αναγκών της καλλιέργειας και είχαν το ίδιο εύρος άρδευσης, 2 ημέρες, υπερέχει σε απόδοση η υπόγεια μεταχείριση έναντι της επιφανειακής. Η διαφορά αυτή όμως μεταξύ τους δεν είναι στατιστικώς σημαντική.
7. Η αποδοτικότητα της χρήσης του αρδευτικού νερού εμφανίζεται μεγαλύτερη και στις δύο μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε σύγκριση με τις αντίστοιχες επιφανειακές. Στις μεταχειρίσεις Y100%ET και E100%ET η πρώτη για την ίδια κατανάλωση νερού παρουσιάζει αυξημένη απόδοση σε σχέση με τη δεύτερη κατά 11,5 kg/στρ. Αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις Y80%ET και E80%ET η υπόγεια για την ίδια κατανάλωση νερού παρουσιάζει αυξημένη απόδοση κατά 5,5 kg/στρ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alam, M., Trooien, P.T., Rogers, H.D. and Dumber, J.T.(2002). *An efficient irrigation technology for alfalfa growers*. Journal of Extension. 40 (3).
- Alen, R. G, Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M.,(1998).*Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*.
FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.
- Al-Omran, M. A., Sheta. S. A., Falatah, M. A. and Al-Harbi, R. A. (2004). Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management*. Άρθρο υπό εκτύπωση.
- ASAE (1996). ASAE Standards. 43rd Ed. Soil and Water Terminology. Ayars, J. E., Phene, J. C, Hutmacher, B. R., Davis, R. K., Schoneman, A. R., Vail, S. S. and Mead, M. R. (1999). *Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory*. *Agricultural Water Management*. 42 (1), pp 1-27.
- Ayars, E. J., Schonemsn, A. R., Dale, F., Meso, B. and Shouse. P. (2001). *Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water*. *Agricultural Water management*. 47 (3), pp. 243-264.
- Barber, A. S., Katupitiya, A. and Hickey, M. (2001). *Effects of long – term subsurface drip irrigation on soil structure*. Proceedings of the 10th Australian Conference, Hobart, Australia.
- Bryla, R. D., Gary S. Banuelos, S. G. and Mitchell, P. J. (2003). *Water requirements of subsurface drip-irrigated faba bean in California*. *Irrig. Sci.* 22, pp 31-37.
- Βύρλας, Π., Καλφούντζος, Δ. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. (2003).

Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισρόφησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης. Πρακτικά 9^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 225-232.

Bell, A. A., Liu, L., Reidy, B., Davis, M. R. and Subbarao, V. K. (1998). *Mechanism of Subsurface Drip Irrigation-Mediated Suppression of Lettuce Drop Caused by Sclerotinia minor*. Phytopathology, 1998.

Bhattarai, S., McHugh, J., Lotz, G. and Mildmore, D. (2003). *Physiological responses of cotton to subsurface drip irrigation on heavy clay Soil*. Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, Geelong, Australia.

Γαλανοπούλου-Σενδούκα Στέλλα., (1997). Ειδική Γεωργία. ΙΙ, Βόλος 1997.

Camp, R. C. (1999). *Subsurface drip irrigation Part II*. Irrigation Journal. April, (01).

Camp, R. C, Lamm R. F., Evans, G. R. and Phene, J. C. (2000). *Subsurface drip irrigation – Past, Present and Future*. Proceedings of the 4th Decennial National Irrigation Symposium, Nov. 14-16, Phoenix AZ. pp 363-372.

Camp, R. C. and Lamm, R. F. (2003). *Irrigation Systems, Subsurface Drip*. Encyclopedia of Water Science, pp 560-564.

Carter, A. and Howell, J. (2000). *An Overview of drip irrigation*. Department of Plant and Soil Sciences, University of Massachusetts.

Charlesworth, B. P. and Muirhead, A. W. (2003). *Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources*. Irrigation Science, 22(3-4), pp 171-176.

Doorendos, J. and Kassam, A. H., (1979). Yield Response to Water, FAO Irrigation and D. Drainage. Paper No 33, 193 p.

Enciso, J., Multer, W. and Colaizzi, P. (2002). *Irrigation cotton with salty water and subsurface drip irrigation*. Written for presentation at the 2002 ASAE Annual

International Meeting / GIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and GIGR.
Hyatt Regency Chicago.

Εθνική Στατιστική υπηρεσία, 2000. Απογραφή Γεωργίας/Κτηνοτροφίας.

Delta & Pine. Οδηγός διαχείρισης νερού στο βαμβάκι.

FAO, (1998). *Irrigation and Drainage*. Paper No 24.

Ferguson, K. R. (1994). *Subsurface drip irrigation for turf*. In Proc. Of the 15th annual int'l Irrigation Assn, Expo and Tech. Conf., Atlanta, GA. Nov. 5-8. Irrigation Assn. Pp 273-278.

Jnad, I., Lesikar, B., Kenimer, A. and Sabbagh, G. (2001). *Subsurface Drip Dispersal of Residential Effluent : II. Soil hydraulic characteristics*. Transactions of the ASAE. 44(5), pp 1159-1165.

Jorgensen, G. (1995). *Subsurface drip irrigation eyed as aid in weed control*. CATI Publication #950701.

Hanson, R. B., Schwankl, J. L., Schulbach, F. K. and Pettygrove, S. G. (1997). *A comparison of furrow, surface drip and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water*. Agricultural Water Management. 33, pp 139-157.

Hanson, B. and May, D. (2004). *Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability*. Agricultural Water Management. 68 (1), pp 1-17.

I-Pai, Wu (1994). *Low Energy Subsurface drip irrigation. System for pasture*.
Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.

Καλόγηρος Κ. Η. (1994). *Σημασία της καλλιέργειας βαμβακιού στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία*. Πρακτικά συνεδρίου ΓΕΩΤΕΕ το ελληνικό βαμβάκι στην Ευρώπη, Λάρισα Σελ. 13-23.

Lamm, R. F., Clark, A. G., Yitayew, M., Schoneman, A. R., Mead, M. R. and

Schneider, D. A. (1997). *Installation Issues for SDI Systems*. Presented at the Irrigation Association's 16th Annual International Irrigation Exposition and

Technical Conference. Phoenix, Arizona. November 12-14, 1995. Slight revisions were made in August 1997.

Lamm, F., Trooien, T., Clark, G., Rogers, D. and Alam, M. (1997). *SDI and Electrotechnologies*. Presented at the EPRI-Agricultural Technology Alliance semi-annual meeting. May 28-30, Boise, Idaho.

Lamm, R. F., Schlegel, J. A. and Clark, A. G. (1997). *Optimum nitrogen fertigation for corn using SDI*. A condensation of ASAE Paper No. 972174, Nitrogen Fertigation for Corn Using SDI: A BMP, first presented at the ASAE International Meeting. August 10-14. Minneapolis. Minnesota.

Lamm, R. F., Rogers, H. D. and Spurgeon, E. W. (2003). *Design and management Considerations for Subsurface Drip Irrigation Systems*. First presented at the Central Place Irrigation Shortcourse and Equipment Exposition. Kearney, Nebraska, February 7-8, 1994. Slight revisions were made in January 1997. Significant revisions were made in January 2000 and also in January 2003.

Lamm, R. F., O'Brien, M. D., Rogers, H. D. and Dumler, J. T. (2003). *Center Pivot Sprinkler and SDI Economic Comparisons*. A January 2003 revision of a paper first presented at the 2002 Mid-Central ASAE Meeting, April 12 - 13, 2002, St. Joseph, MO, USA. Paper Number: MC02-201.

Lanier, E. J., Jordan, L. D., Barnes, J. S., Matthews, J., Grabow, L. G., Griffin, J. W., Jack, Jr., Bailey, E., Johnson, P. D., Spears, F. J. and Wells, R. (2004). *Disease Management in Overhead Sprinkler and Subsurface Drip Irrigation Systems for Peanut*. *Agronomy Journal*. 96, pp 1058-1065.

Machado, M. A. Rui, Maria do Rosario, Oliveira, G. and Portas, C. A. M. (2003)

Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation.
Plant and Soil. 255(1), pp 333-341.

Millhollon, E. and Anderson, R.(2001). *Subsurface drip irrigation study.* Red River
Researce Station. Also Available in <http://www.Isuagcenter.com>

Μαρέτης Κ.,1981, Οικολογία βάμβακος - Φυτό έδαφος - Βιολογικοί
παράγοντες.

Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ. (2000)
Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης τον αγροκτήματος του
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή τον Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel.Αθήνα.

Μιχελάκης, Ν. (1998). *Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες.*
Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., σελ. 319.

Neibling, W. H. and Gallian, J. J. (1997). *Irrigation Water Management in Sugarbeet*
Production. Presented at Sugarbeet Schools on January 27-31. 1997.

Roberts, J. *Drip Technology.* American society for plasticulture.

Phene, C. J. and Ruskin, R. (1995). *Potential of subsurface drip irrigation for*
management of /nitrate in wastewater. Proceedings of the 5th International
Microirrigation Congress, April 2-6, Orlando, Florida, pp. 155-167.

Phene, J. C. (1999). *Subsurface drip irrigation. Part I: Why and How.* Irrigation
Journal. April (01).

Παπαζαφειρίου Ζ., 1985. *Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων,* Εκδόσεις Ζήτη.

Πεσεξίδης, Σ. (1982). *Φυσιολογία των Αγροτικών Φυτών: Η φυσιολογία του*
ζαχαρότευτλου. Θεσσαλονίκη, σελ. 498.

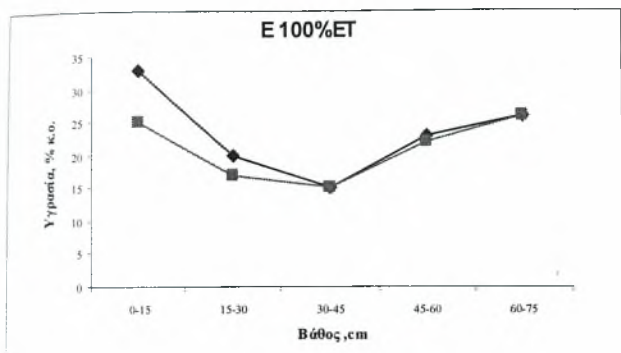
- Rogers, H. D., Lamm, R. F. and Alam, M. (2003). *SDI Water quality assessment guidelines*. Also available in www.oznet.ksu/sdi/Reports/2003.
- Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D., Vyrlas, P. and Kapetanios, B. (2002). *Water saving using modern irrigation methods*. Hydorama 2002, pp 96-102.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος, Χ. και Καλφούντζος, Δ. (1997). *Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων*. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ε.Υ.Ε., Πάτρα, σελ. 184-192.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Καλφούντζος, Δ. και Παπανίκος, Ν. (2000). *Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων*. Πρακτικά 2ου Εθνικού Συνεδρίου Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 28-30 Σεπτεμβρίου, Βόλος. σελ. 157-164.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Παπαλέξης, Δ. Δαναλάτος, Ν. Βουλτσάνης Π. και Νάκος, Ν. (2003). *Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου στην κεντρική Ελλάδα*. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 183 – 190.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τέντας, Ι., Κολιού, Α., Καλφούντζος, Δ. και Παπανίκος, Ν. (2003). *Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα*. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29-31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σελ. 265-272.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη. Μ., Βαρδούλη, Β., Βύρλας, Π., Κολιού. Α. και Παπανίκος, Ν. (2004). *Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση πρασίνου*. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου, 7-9 Μαΐου, Ορεστιάδα.
- Σφήκας Α.Γ., (1998). *Ειδική Γεωργία-Βιομηχανικά Φυτά.*, Θεσσαλονίκη

- Shani, U., Xue, S., Gordin-Katz, R. and Warrick, W. A. (1996). *Soil-limiting flow from subsurface emitters. I. Pressure Measurements*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 122 (5), pp 291 - 295.
- Sharmasarkar, C. F., Sharmasarkar, S., Held, J. L., Miller, D. S., Vance, F. G. and Zhang, R. (2001). *Agroeconomic Analyses of Drip Irrigation for Sugarbeet Production*. Agronomy Journal. 93, pp 517-523.
- .Smith R. B. (2002). *Drip irrigation helps conserve water southwest farm* Press, Oct. 17.
- Solomon, H. K. and Jorgensen, G. (1993). *Subsurface drip Irrigation*. Research Report. Center for Irrigation Technology, CATI Publication #930405.
- Trooien, P. T., Alam, M. and Lamm, R. F. (1998). *Filtration and Maintenance considerations for SDI systems*. Kansas University. Also available in: <http://www.oznet.ksu.edu/sdi/Reports/document.htm>
- Trooien P. T., Lamm, R. F., Stone, R. L., Alam, M., Rogers, H. D., Clark, A. G. and Shclegel, J. A. (1999). *Testing subsurface drip irrigation laterals with lagoon wastewater*. Presented to the Irrigation Association International Irrigation Show, Orlando, Florida, USA, 7-9 November.
- Τερζίδης, Α. Γ. και Παπαζαφειρίου, Γ. Ζ. (1997). *Γεωργική υδραυλική*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, σελ. 227.
- Zhu, H., Sorensen, B. R., Butts, L. C, Lamb, C. M. and Blankenship, D. P. (2002). *A Pressure Regulating System for Variable Irrigation Flow Controls*. Applied Engineering in Agriculture. 18 (5), pp 533-540.
- Zoldoske, F. D., Genito, S. and Jorgensen, S. G. (1995). *Subsurface Drip Irrigation (SDI) on Turfgrass: A University Experience*. CAT! Publication #950104.

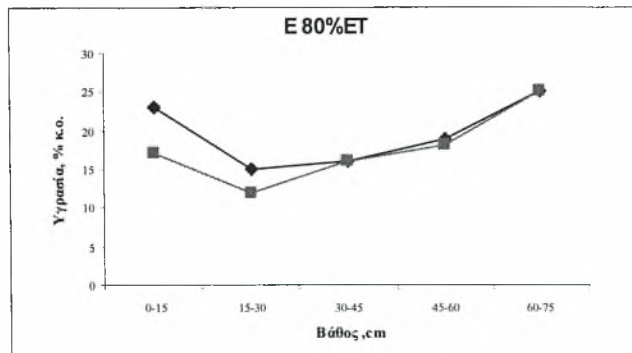
Zoldoske, D., Striegler, K. R., Berg. T. G., Jorgensoa, G., Lake. B. C, Graves G.S.
and Burnett, M. D. (1998). *Evulation of Trellis System and Subsurface Drip
Irrigation for Wine Grape Production: A Progress Report*. CATI Publication
#980401.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

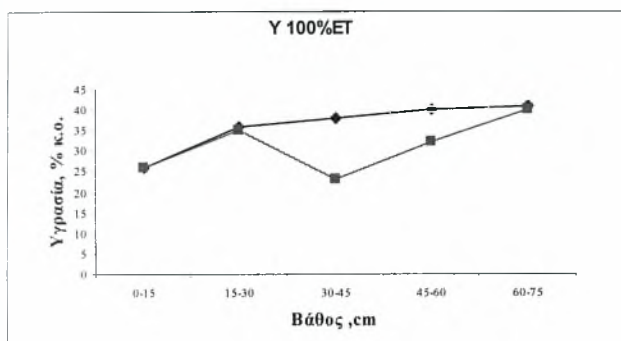
1. Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στις έξι μεταχειρίσεις για κάθε ημερομηνία μέτρησης.
2. Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.



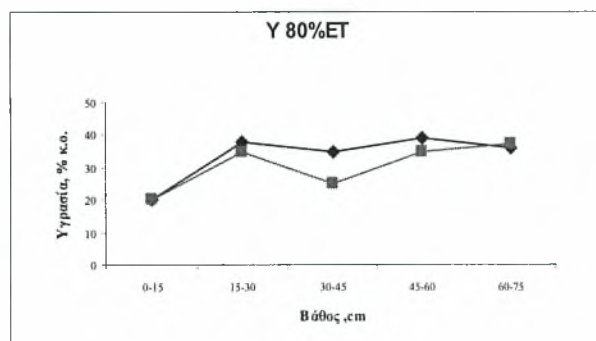
(α)



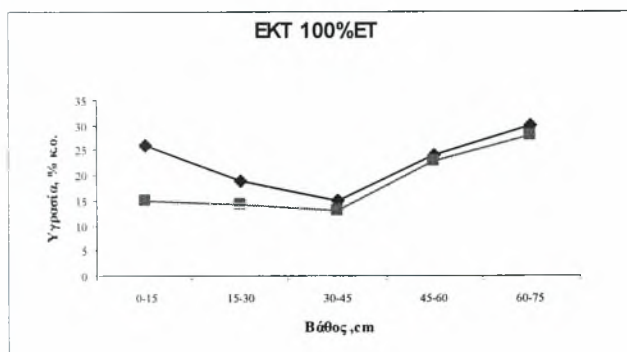
(β)



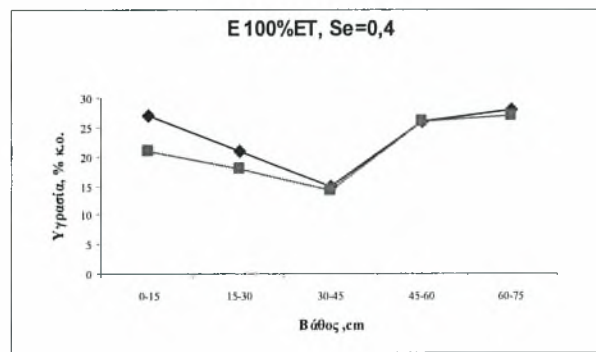
(γ)



(δ)



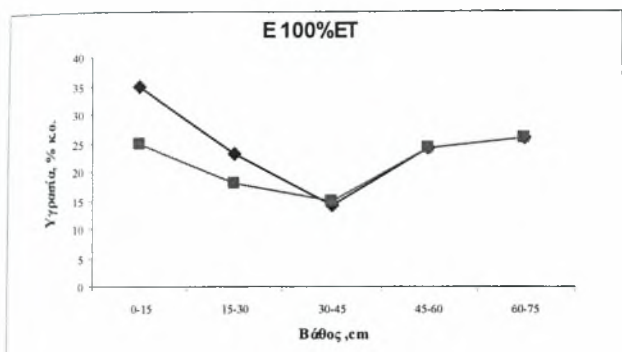
(ε)



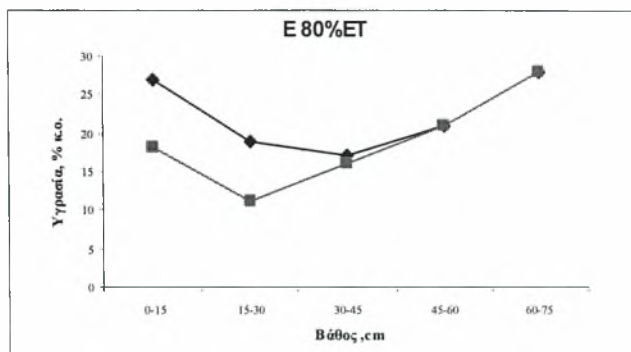
(στ)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

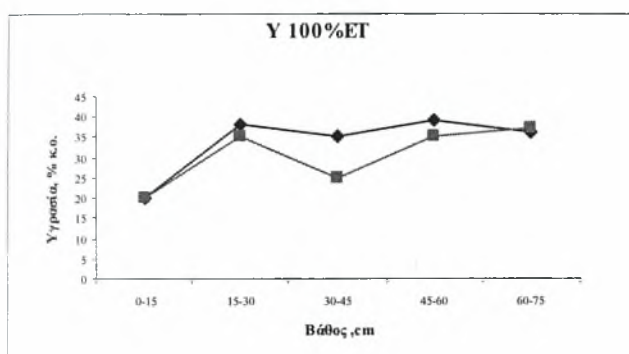
Σχήμα 1 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 1^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 1/07 – 3/7.



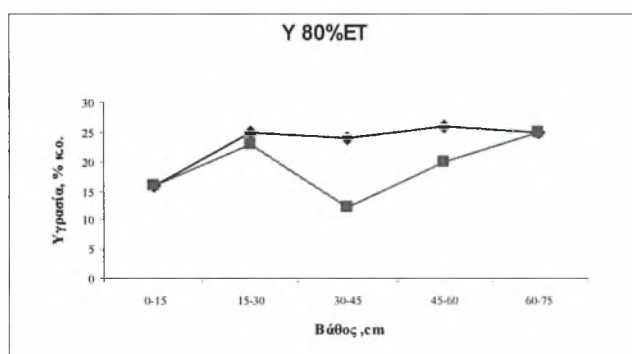
(α)



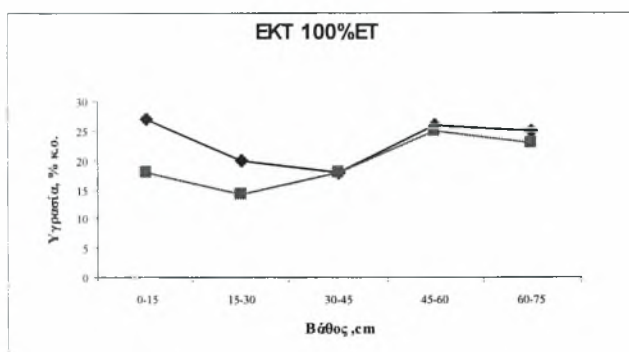
(β)



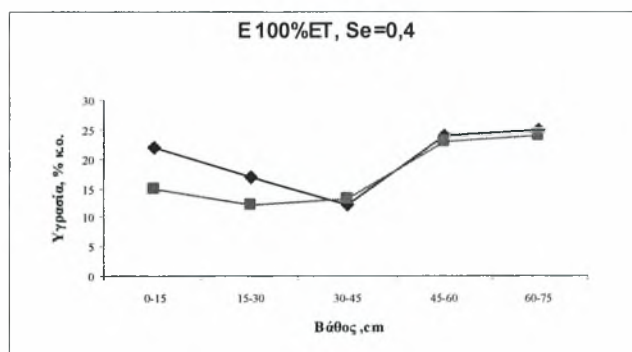
(γ)



(δ)



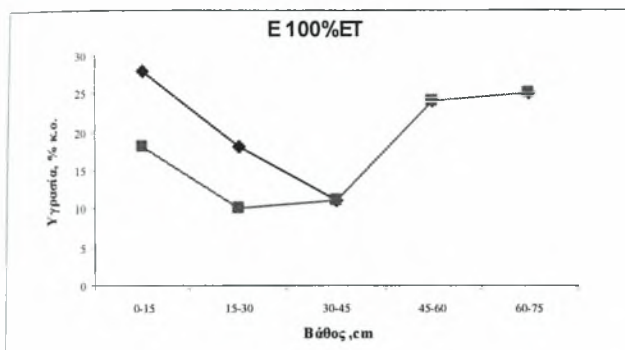
(ε)



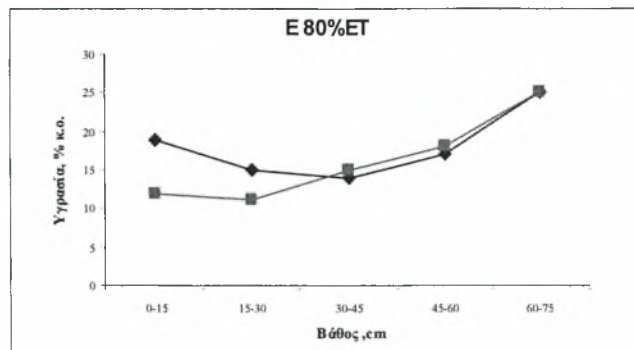
(στ)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

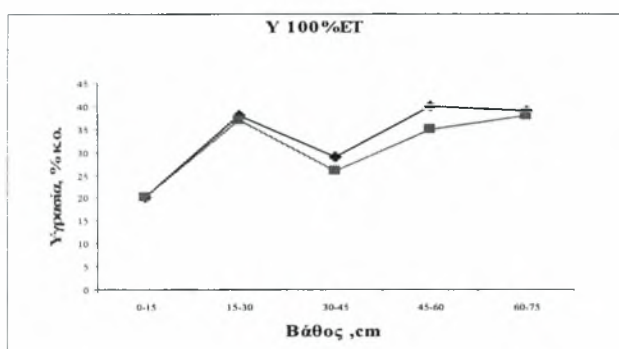
Σχήμα 2 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 3^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 17/07 – 19/7.



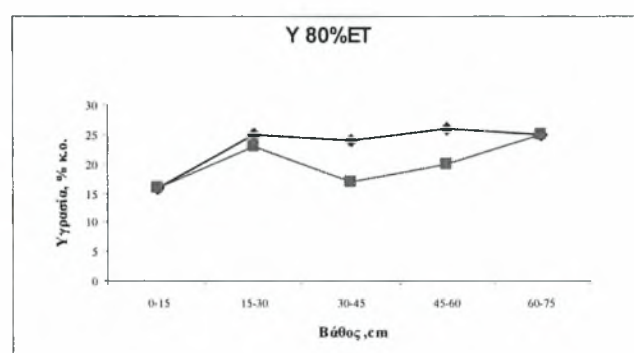
(α)



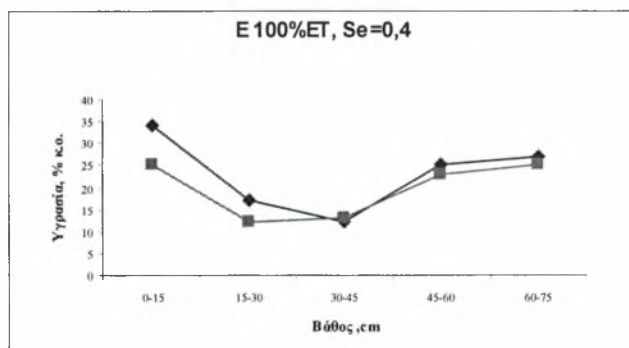
(β)



(γ)



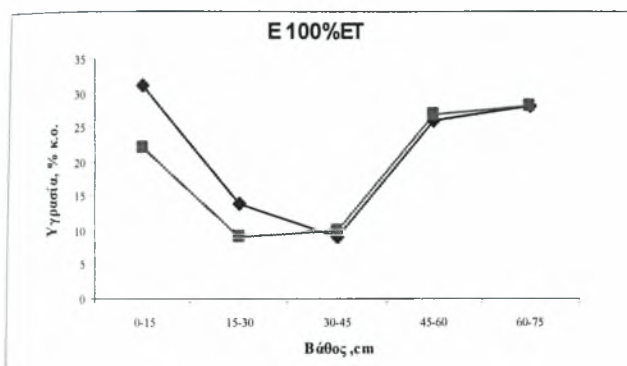
(δ)



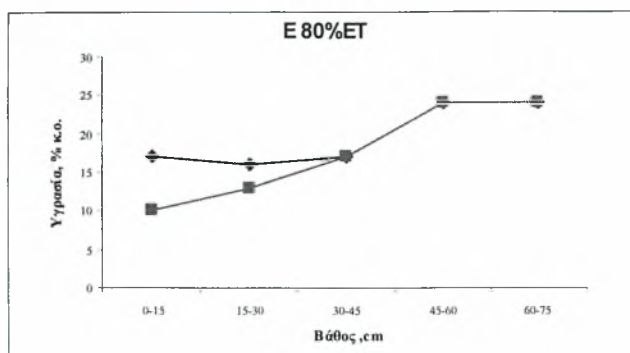
(ε)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

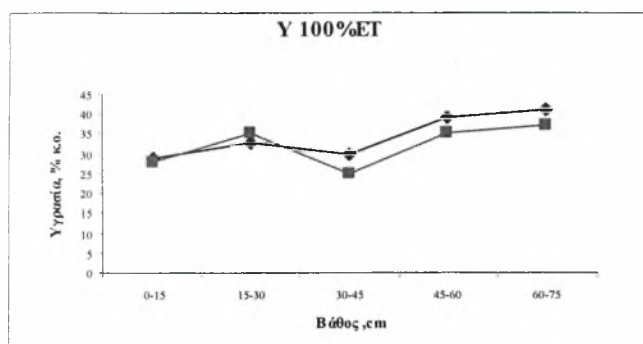
Σχήμα 3 α,β,γ,δ,ε Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 4^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 23/07 – 25/7.



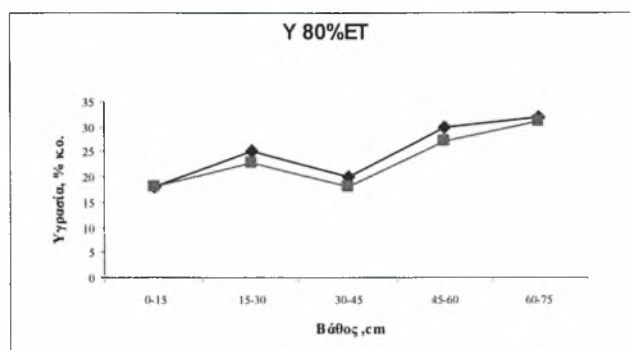
(α)



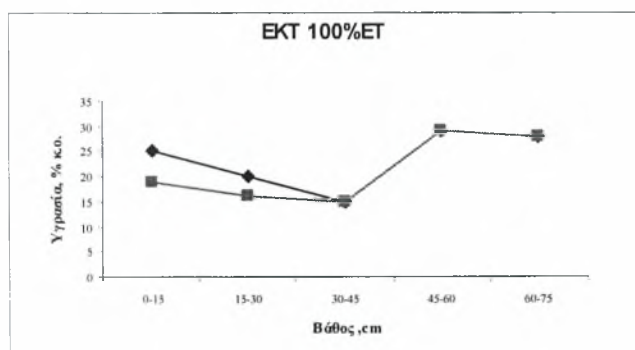
(β)



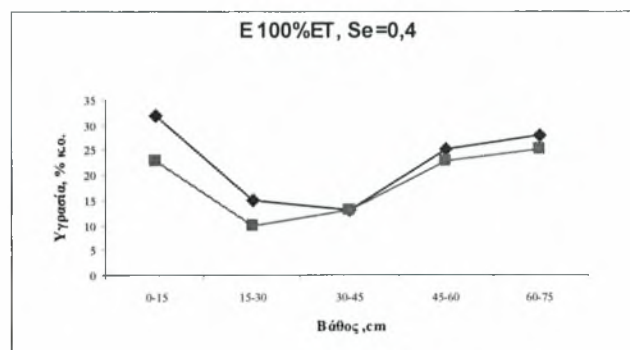
(γ)



(δ)



(ε)



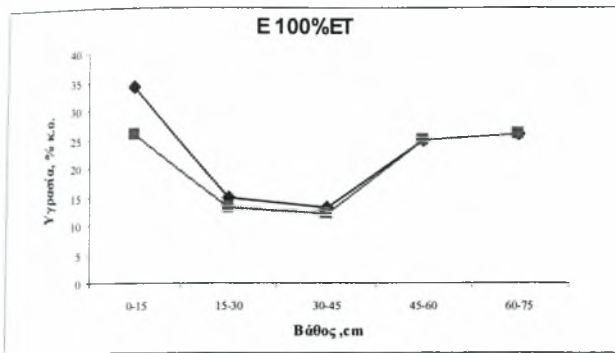
(στ)

■ Πριν την άρδευση

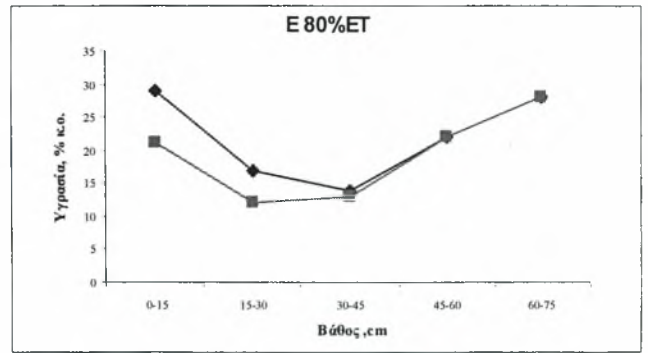
◆ Μετά την άρδευση

Σχήμα 4 α,β,γ,δ,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 5^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 31/07 – 2/08.

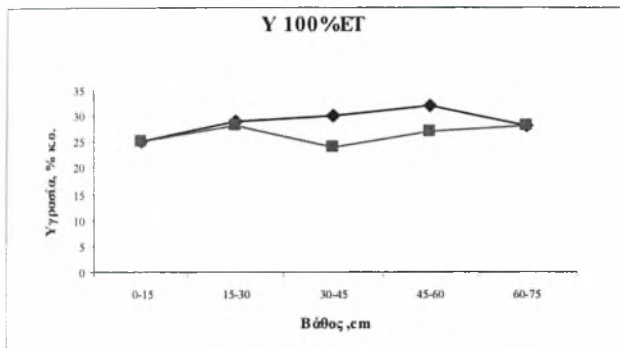
Σχήμα 4 ε Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 4^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας για τη μεταχείριση EKT100%ET: 27/07 – 29/08.



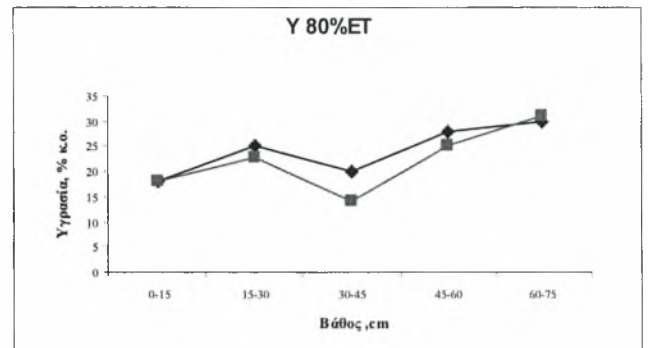
(α)



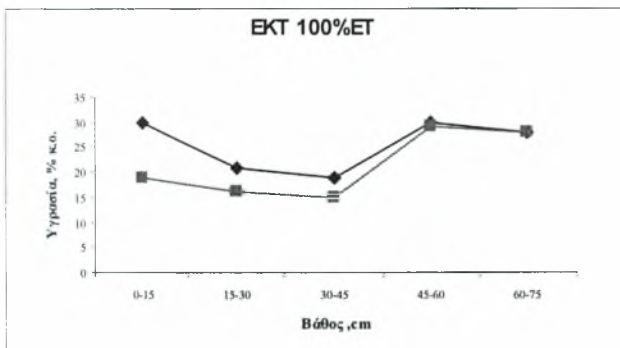
(β)



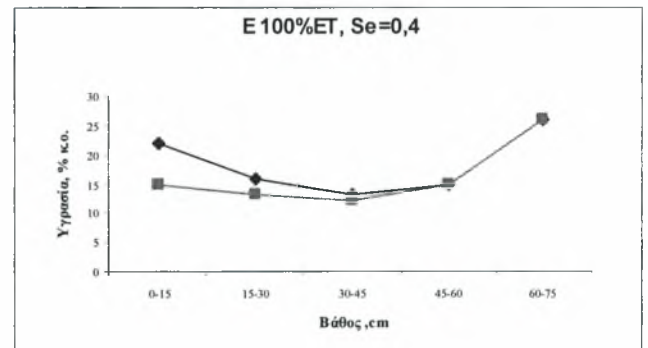
(γ)



(δ)



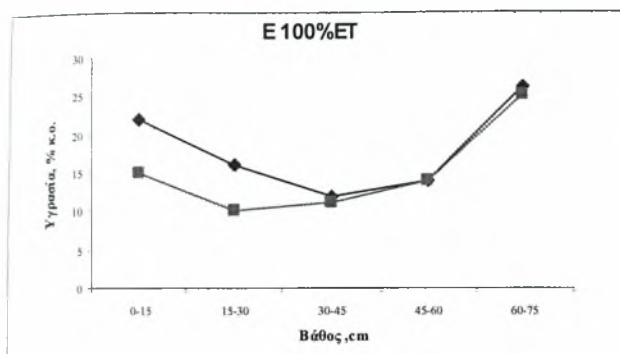
(ε)



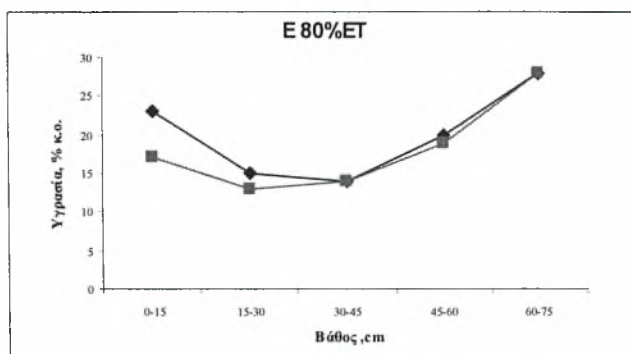
(στ)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

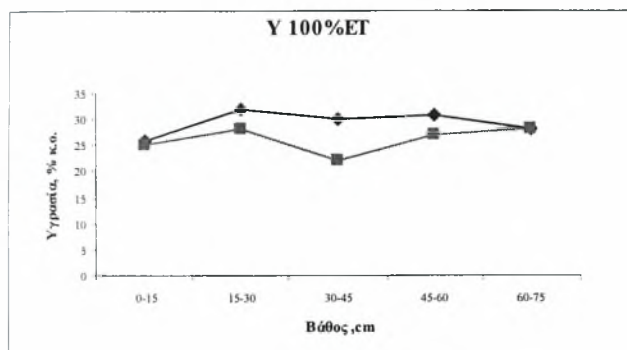
Σχήμα 5 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 6^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 6/08 – 8/08



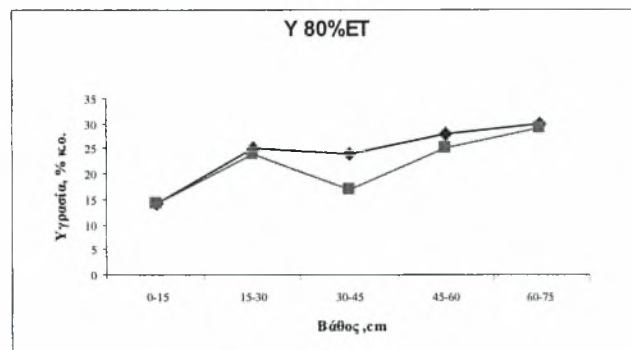
(α)



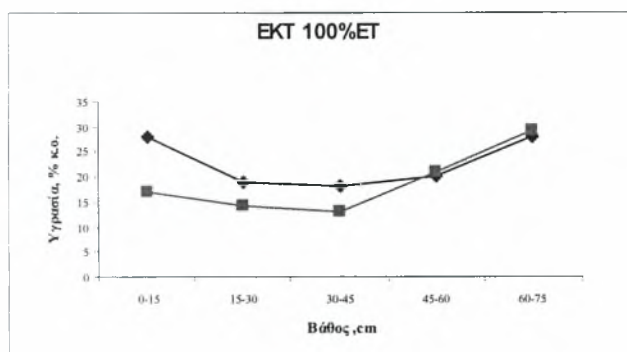
(β)



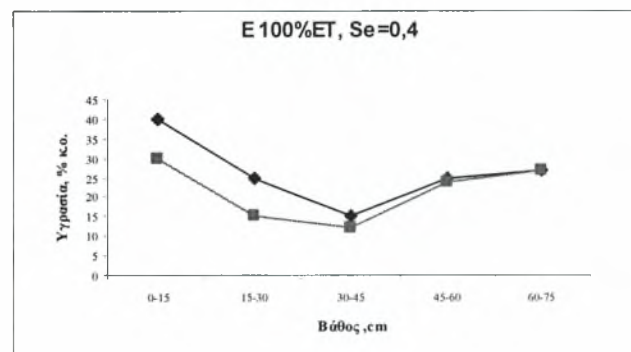
(γ)



(δ)



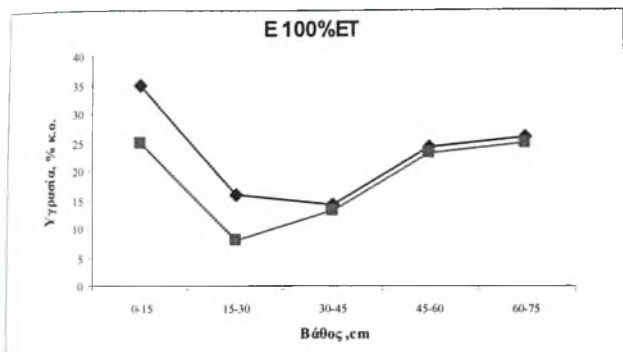
(ε)



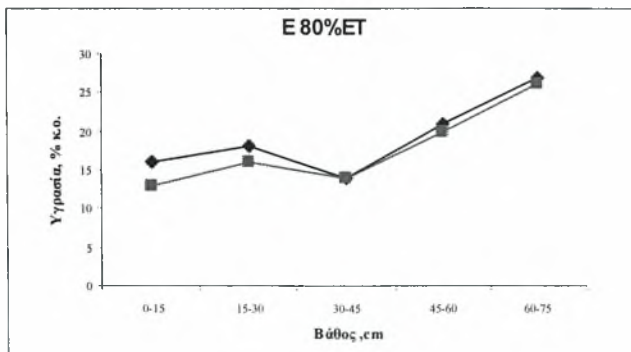
(στ)

- Πριν την άρδευση
- ◆ Μετά την άρδευση

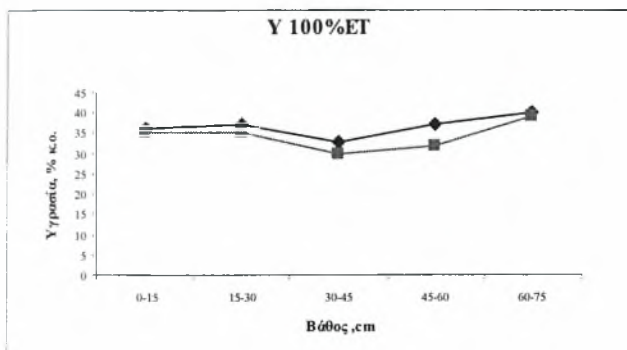
Σχήμα 6 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 7^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 14/08 – 16/08



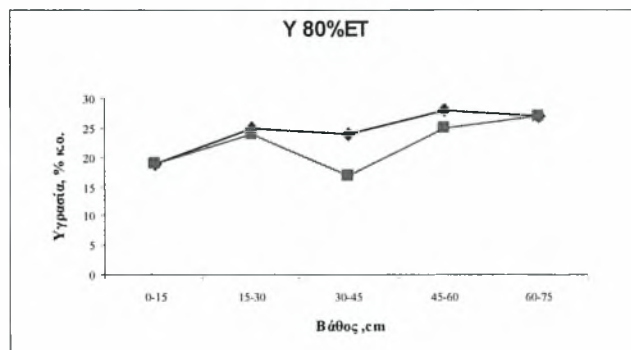
(α)



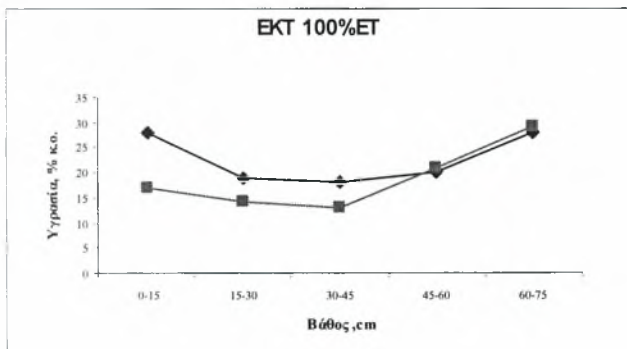
(β)



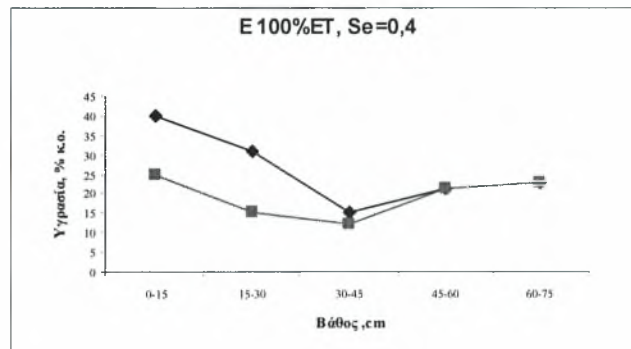
(γ)



(δ)



(ε)

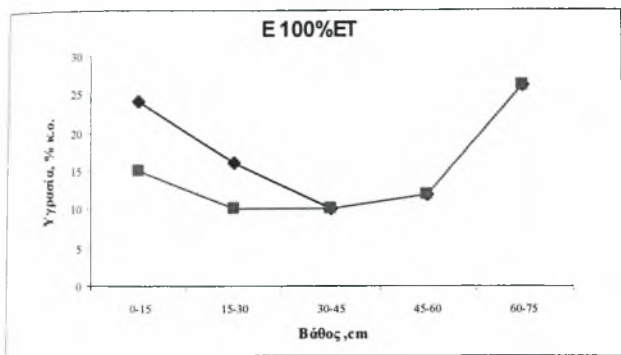


(στ)

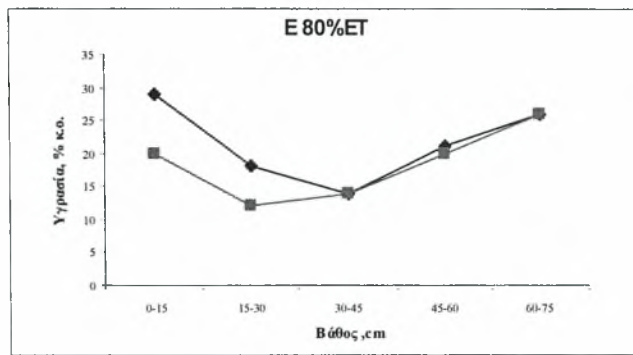
■ Πριν την άρδευση

◆ Μετά την άρδευση

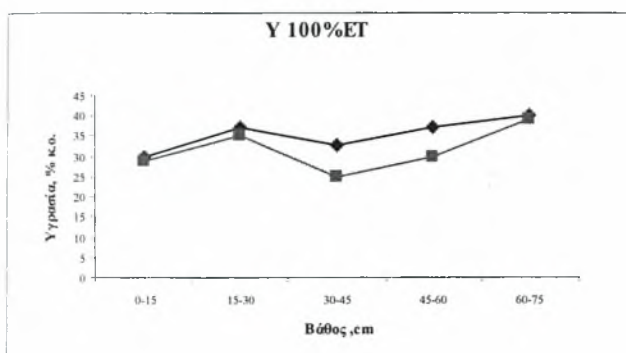
Σχήμα 7 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 8^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 22/08 – 24/08



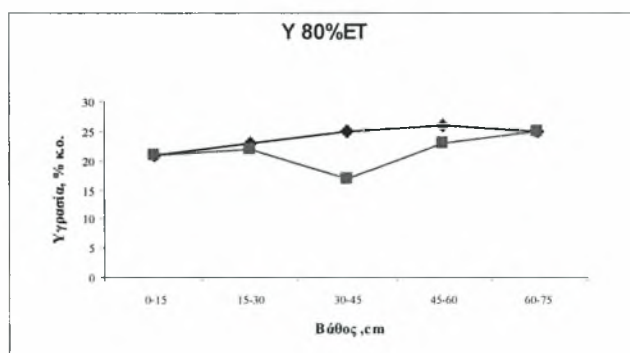
(α)



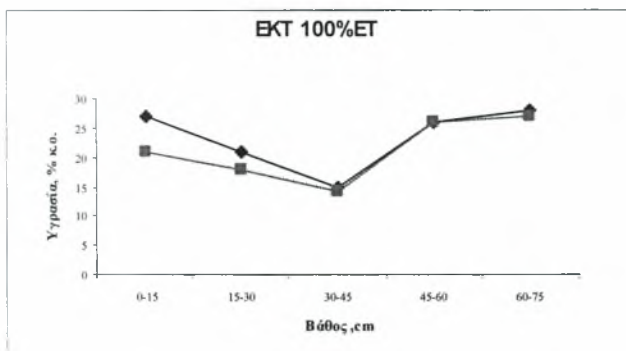
(β)



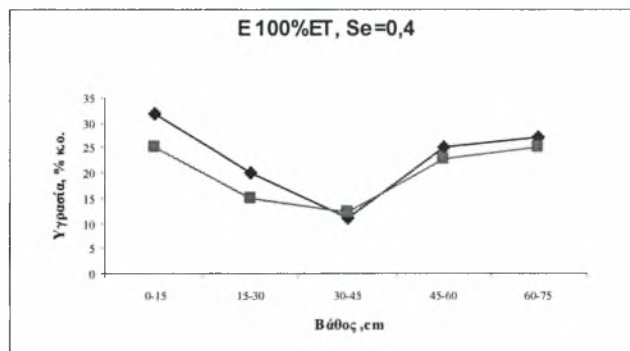
(γ)



(δ)



(ε)

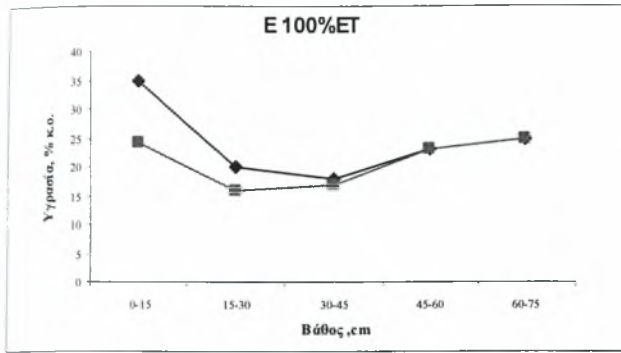


(στ)

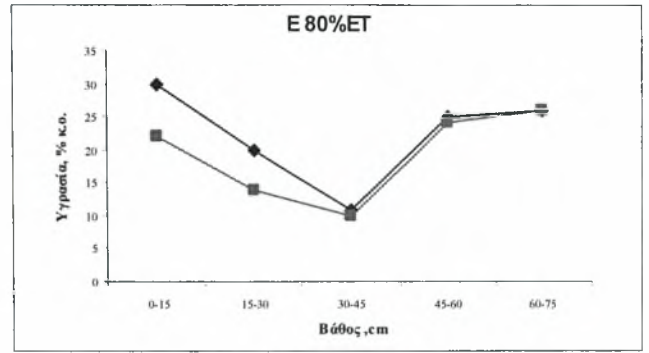
■ Πριν την άρδευση

◆ Μετά την άρδευση

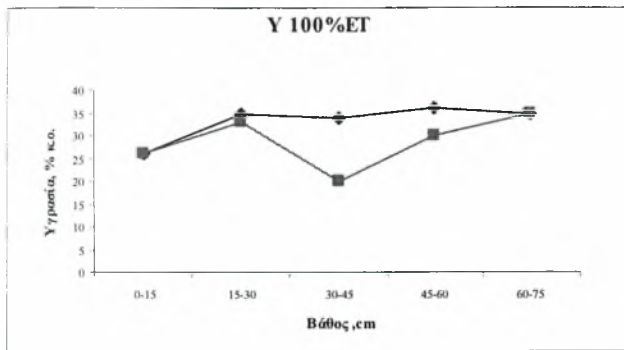
Σχήμα 8 α,β,γ,δ,ε,στ Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 9^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 29/08 – 31/08



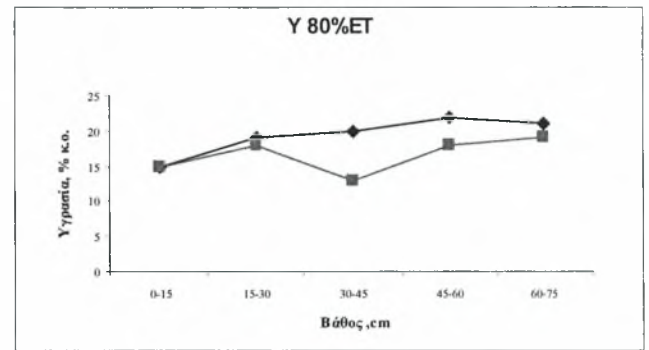
(α)



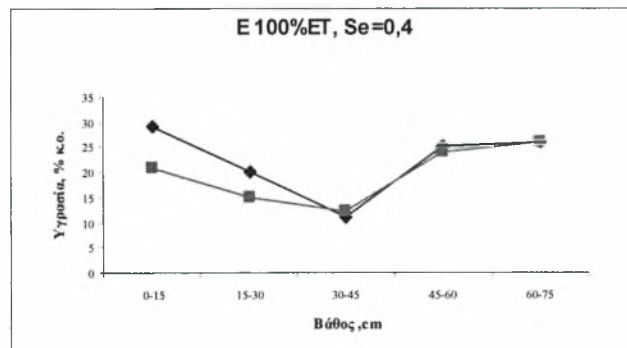
(β)



(γ)



(δ)



(ε)

■ Πριν την άρδευση

◆ Μετά την άρδευση

Σχήμα 9 α,β,γ,δ,ε Διακύμανση της υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στην 10^η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας : 5/09 – 7/09.

2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Συμβολισμοί μεταχειρίσεων

- 1 επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση 100% της ET και εύρος 10 ημέρες (**EKT100%ET**)
- 2 επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση 100% της ET, $Se=0,4m$ (**E100%ET, Se=0,4m**)
- 3 υπόγεια στάγδην άρδευση με δόση 100% της ET (**Y100%ET**)
- 4 υπόγεια στάγδην άρδευση με δόση 80% της ET (**Y80%ET**)
- 5 επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση 100% της ET (**E100%ET**)
- 6 επιφανειακή στάγδην άρδευση με δόση 80% της ET (**E80%ET**)

Ύψος φυτών

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:

One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: replic) with values from 1 to 4

Factor A (Var 1: metax) with values from 1 to 6

1^η Μέτρηση: 1/6

Grand Mean = 4.958 Grand Sum = 119.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S			
2	1	3	Total
1	*	5.000	30.000
2	*	5.000	30.000
3	*	4.667	28.000
4	*	5.167	31.000
* 1		4.750	19.000
* 2		5.000	20.000
* 3		5.250	21.000
* 4		4.750	19.000
* 5		5.250	21.000
* 6		4.750	19.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.792	0.264	1.3380	0.2994
2	Factor A	5	1.208	0.242	1.2254	0.3452
-3	Error	15	2.958	0.197		
	Total	23	4.958			

Coefficient of Variation: 8.96%

s_y for means group 1: 0.1813 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.2220 Number of Observations: 4

2^η Μέτρηση: 8/6

Grand Mean = 9.833 Grand Sum = 236.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	4	Total
1	*	10.000	60.000
2	*	10.000	60.000
3	*	9.667	58.000
4	*	9.667	58.000
* 1		9.500	38.000
* 2		9.750	39.000
* 3		10.250	41.000
* 4		9.500	38.000
* 5		10.500	42.000
* 6		9.500	38.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.667	0.222	0.6897	
2	Factor A	5	3.833	0.767	2.3793	0.0886
-3	Error	15	4.833	0.322		
	Total	23	9.333			

Coefficient of Variation: 5.77%

s_y for means group 1: 0.2317 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.2838 Number of Observations: 4

3^η Μέτρηση: 15/6

Grand Mean = 15.000 Grand Sum = 360.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	5	Total
1	*	14.833	89.000
2	*	15.333	92.000
3	*	15.000	90.000
4	*	14.833	89.000

*	1	14.750	59.000
*	2	15.500	62.000
*	3	15.500	62.000
*	4	14.500	58.000
*	5	15.250	61.000
*	6	14.500	58.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	1.000	0.333	0.7692	
2	Factor A	5	4.500	0.900	2.0769	0.1253
-3	Error	15	6.500	0.433		

	Total	23	12.000			

Coefficient of Variation: 4.39%

$s_{\bar{y}}$ for means group 1: 0.2687 Number of Observations: 6

$s_{\bar{y}}$ for means group 2: 0.3291 Number of Observations: 4

4^η Μέτρηση: 22/6

Grand Mean = 19.500 Grand Sum = 468.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	6	Total
1	*	19.667	118.000
2	*	19.333	116.000
3	*	19.500	117.000
4	*	19.500	117.000
*	1	19.500	78.000
*	2	20.000	80.000
*	3	19.250	77.000
*	4	19.500	78.000
*	5	19.250	77.000
*	6	19.500	78.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.333	0.111	0.2041	
2	Factor A	5	1.500	0.300	0.5510	
-3	Error	15	8.167	0.544		
	Total	23	10.000			

Coefficient of Variation: 3.78%

s_y for means group 1: 0.3012 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.3689 Number of Observations: 4

5η Μέτρηση:29/6

Grand Mean = 24.208 Grand Sum = 581.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	7	Total
1	*	24.000	144.000
2	*	24.333	146.000
3	*	23.833	143.000
4	*	24.667	148.000
*	1	24.750	99.000
*	2	25.000	100.000
*	3	23.500	94.000
*	4	24.250	97.000
*	5	23.750	95.000
*	6	24.000	96.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	2.458	0.819	1.1390	0.3652
2	Factor A	5	6.708	1.342	1.8649	0.1606
-3	Error	15	10.792	0.719		
	Total	23	19.958			

Coefficient of Variation: 3.50%

s_y for means group 1: 0.3463 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.4241 Number of Observations: 4

6η μέτρηση: 6/7

Grand Mean = 29.000 Grand Sum = 696.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	8	Total
1	*	28.500	171.000
2	*	29.500	177.000
3	*	29.000	174.000
4	*	29.000	174.000

*	1	29.750	119.000
*	2	30.000	120.000
*	3	27.000	108.000
*	4	29.750	119.000
*	5	28.250	113.000
*	6	29.250	117.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	3.000	1.000	1.2500	0.3268
2	Factor A	5	27.000	5.400	6.7500	0.0018
-3	Error	15	12.000	0.800		

	Total	23	42.000			

Coefficient of Variation: 3.08%

s_y for means group 1: 0.3651 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.4472 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 0.8000

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 1.348 at alpha = 0.050

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	29.75	A	Mean	2 =	30.00	A
Mean	2 =	30.00	A	Mean	1 =	29.75	A
Mean	3 =	27.00	C	Mean	4 =	29.75	A
Mean	4 =	29.75	A	Mean	6 =	29.25	AB
Mean	5 =	28.25	BC	Mean	5 =	28.25	BC
Mean	6 =	29.25	AB	Mean	3 =	27.00	C

7η Μέτρηση:13/7

Grand Mean = 33.583 Grand Sum = 806.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	9	Total
1	*	33.333	200.000
2	*	34.167	205.000
3	*	33.333	200.000
4	*	33.500	201.000
*	1	34.000	136.000
*	2	34.250	137.000
*	3	32.250	129.000
*	4	34.250	137.000
*	5	33.250	133.000
*	6	33.500	134.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	2.833	0.944	0.4857	
2	Factor A	5	11.833	2.367	1.2171	0.3486
-3	Error	15	29.167	1.944		
	Total	23	43.833			

Coefficient of Variation: 4.15%

s_y for means group 1: 0.5693 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.6972 Number of Observations: 4

8η Μέτρηση:20/7

Grand Mean = 40.292 Grand Sum = 967.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	10	Total
1	*	40.333	242.000
2	*	40.667	244.000
3	*	39.500	237.000
4	*	40.667	244.000

*	1	39.000	156.000
*	2	42.500	170.000
*	3	42.250	169.000
*	4	39.750	159.000
*	5	39.250	157.000
*	6	39.000	156.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	5.458	1.819	0.5960	
2	Factor A	5	53.708	10.742	3.5187	0.0265
-3	Error	15	45.792	3.053		

	Total	23	104.958			

Coefficient of Variation: 4.34%

s_y for means group 1: 0.7133 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.8736 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 3.053

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 2.633 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	39.00	C	Mean	2 =	42.50	A
Mean	2 =	42.50	A	Mean	3 =	42.25	AB
Mean	3 =	42.25	AB	Mean	4 =	39.75	BC
Mean	4 =	39.75	BC	Mean	5 =	39.25	C
Mean	5 =	39.25	C	Mean	1 =	39.00	C
Mean	6 =	39.00	C	Mean	6 =	39.00	C

9η Μέτρηση: 27/7

Grand Mean = 46.667 Grand Sum = 1120.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	11	Total
1	*	47.167	283.000
2	*	47.500	285.000
3	*	45.833	275.000
4	*	46.167	277.000

*	1	44.500	178.000
*	2	49.500	198.000
*	3	49.250	197.000
*	4	46.000	184.000
*	5	45.750	183.000
*	6	45.000	180.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	11.333	3.778	1.0863	0.3850
2	Factor A	5	93.833	18.767	5.3962	0.0049
-3	Error	15	52.167	3.478		

	Total	23	157.333			

Coefficient of Variation: 4.00%

s_y for means group 1: 0.7613 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.9324 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 3.478

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 2.811 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	44.50	B	Mean	2 =	49.50	A
Mean	2 =	49.50	A	Mean	3 =	49.25	A
Mean	3 =	49.25	A	Mean	4 =	46.00	B
Mean	4 =	46.00	B	Mean	5 =	45.75	B
Mean	5 =	45.75	B	Mean	6 =	45.00	B
Mean	6 =	45.00	B	Mean	1 =	44.50	B

10η Μέτρηση: 3/8

Grand Mean = 54.208 Grand Sum = 1301.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	12	Total
1	*	54.833	329.000
2	*	56.000	336.000
3	*	52.833	317.000
4	*	53.167	319.000
*	1	53.250	213.000
*	2	57.750	231.000
*	3	59.250	237.000
*	4	51.500	206.000
*	5	52.500	210.000
*	6	51.000	204.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	39.458	13.153	4.2164	0.0238
2	Factor A	5	237.708	47.542	15.2404	0.0000
-3	Error	15	46.792	3.119		
Total		23	323.958			

Coefficient of Variation: 3.26%

s_y for means group 1: 0.7210 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.8831 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 3.119

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 2.662 at alpha = 0.050

☐

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	53.25	B	Mean	3 =	59.25	A
Mean	2 =	57.75	A	Mean	2 =	57.75	A
Mean	3 =	59.25	A	Mean	1 =	53.25	B
Mean	4 =	51.50	B	Mean	5 =	52.50	B
Mean	5 =	52.50	B	Mean	4 =	51.50	B
Mean	6 =	51.00	B	Mean	6 =	51.00	B

11η Μέτρηση: 10/8

Grand Mean = 61.792 Grand Sum = 1483.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	13	Total
1	*	62.333	374.000
2	*	63.500	381.000
3	*	59.500	357.000
4	*	61.833	371.000

*	1	60.250	241.000
*	2	64.750	259.000
*	3	70.000	280.000
*	4	58.000	232.000
*	5	60.250	241.000
*	6	57.500	230.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	50.792	16.931	2.6328	0.0880
2	Factor A	5	454.708	90.942	14.1421	0.0000
-3	Error	15	96.458	6.431		

	Total	23	601.958			

Coefficient of Variation: 4.10%

s_y for means group 1: 1.0353 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.2679 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 6.431

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.822 at alpha = 0.050

□

Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	60.25 C	Mean	3 =	70.00 A
Mean	2 =	64.75 B	Mean	2 =	64.75 B
Mean	3 =	70.00 A	Mean	1 =	60.25 C
Mean	4 =	58.00 C	Mean	5 =	60.25 C
Mean	5 =	60.25 C	Mean	4 =	58.00 C
Mean	6 =	57.50 C	Mean	6 =	57.50 C

12η Μέτρηση: 17/8

Grand Mean = 67.833 Grand Sum = 1628.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	14	Total
1	*	68.333	410.000
2	*	69.833	419.000
3	*	66.667	400.000
4	*	66.500	399.000

*	1	65.750	263.000
*	2	72.250	289.000
*	3	75.500	302.000
*	4	64.250	257.000
*	5	66.250	265.000
*	6	63.000	252.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	44.333	14.778	2.8541	0.0724
2	Factor A	5	485.333	97.067	18.7468	0.0000
-3	Error	15	77.667	5.178		

	Total	23	607.333			

Coefficient of Variation: 3.35%

s_y for means group 1: 0.9290 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.1377 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 5.178
 Error Degrees of Freedom = 15
 No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
 LSD value = 3.430 at alpha = 0.050

□

	Original Order		Ranked Order	
Mean	1 =	65.75	B	Mean 3 = 75.50 A
Mean	2 =	72.25	A	Mean 2 = 72.25 A
Mean	3 =	75.50	A	Mean 5 = 66.25 B
Mean	4 =	64.25	B	Mean 1 = 65.75 B
Mean	5 =	66.25	B	Mean 4 = 64.25 B
Mean	6 =	63.00	B	Mean 6 = 63.00 B

13η Μέτρηση: 24/8

Grand Mean = 72.292 Grand Sum = 1735.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	15	Total
1	*	72.667	436.000
2	*	73.667	442.000
3	*	71.333	428.000
4	*	71.500	429.000

*	1	69.750	279.000
*	2	76.000	304.000
*	3	79.000	316.000
*	4	69.000	276.000
*	5	71.500	286.000
*	6	68.500	274.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	21.458	7.153	1.1259	0.3700
2	Factor A	5	364.208	72.842	11.4661	0.0001
-3	Error	15	95.292	6.353		

	Total	23	480.958			

Coefficient of Variation: 3.49%

s_y for means group 1: 1.0290 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.2602 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 6.353

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.799 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	69.75	B	Mean	3 =	79.00	A
Mean	2 =	76.00	A	Mean	2 =	76.00	A
Mean	3 =	79.00	A	Mean	5 =	71.50	B
Mean	4 =	69.00	B	Mean	1 =	69.75	B
Mean	5 =	71.50	B	Mean	4 =	69.00	B
Mean	6 =	68.50	B	Mean	6 =	68.50	B

14η Μέτρηση: 31/8

Grand Mean = 75.958 Grand Sum = 1823.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	16	Total
1	*	76.333	458.000
2	*	77.667	466.000
3	*	75.167	451.000
4	*	74.667	448.000

*	1	74.000	296.000
*	2	79.250	317.000
*	3	82.250	329.000
*	4	72.750	291.000
*	5	75.750	303.000
*	6	71.750	287.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	32.125	10.708	1.7922	0.1918
2	Factor A	5	329.208	65.842	11.0195	0.0001
-3	Error	15	89.625	5.975		

	Total	23	450.958			

Coefficient of Variation: 3.22%

s_y for means group 1: 0.9979 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.2222 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 5.975
 Error Degrees of Freedom = 15
 No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
 LSD value = 3.684 at alpha = 0.050

□

Original Order		Ranked Order
Mean 1 =	74.00 CD	Mean 3 = 82.25 A
Mean 2 =	79.25 AB	Mean 2 = 79.25 AB
Mean 3 =	82.25 A	Mean 5 = 75.75 BC
Mean 4 =	72.75 CD	Mean 1 = 74.00 CD
Mean 5 =	75.75 BC	Mean 4 = 72.75 CD
Mean 6 =	71.75 D	Mean 6 = 71.75 D

15η Μέτρηση: 7/9

Grand Mean = 79.500 Grand Sum = 1908.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	17	Total
1	*	79.833	479.000
2	*	81.000	486.000
3	*	78.500	471.000
4	*	78.667	472.000

*	1	77.500	310.000
*	2	82.250	329.000
*	3	85.500	342.000
*	4	76.250	305.000
*	5	80.000	320.000
*	6	75.500	302.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	24.333	8.111	1.3494	0.2960
2	Factor A	5	297.500	59.500	9.8983	0.0002
-3	Error	15	90.167	6.011		

	Total	23	412.000			

Coefficient of Variation: 3.08%

s_y for means group 1: 1.0009 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.2259 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 6.011

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.695 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	77.50	CD	Mean	3 =	85.50	A
Mean	2 =	82.25	AB	Mean	2 =	82.25	AB
Mean	3 =	85.50	A	Mean	5 =	80.00	BC
Mean	4 =	76.25	D	Mean	1 =	77.50	CD
Mean	5 =	80.00	BC	Mean	4 =	76.25	D
Mean	6 =	75.50	D	Mean	6 =	75.50	D

Αριθμός χτενιών / m

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:
One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:
Replication (Var 2: REPLIC) with values from 1 to 4
Factor A (Var 1: METAX) with values from 1 to 6

1^η Μέτρηση: 20/6

Grand Mean = 33.000 Grand Sum = 792.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	3	Total
1	*	32.333	194.000
2	*	33.333	200.000
3	*	32.667	196.000
4	*	33.667	202.000
*	1	33.000	132.000
*	2	31.000	124.000
*	3	36.000	144.000
*	4	31.000	124.000
*	5	35.000	140.000
*	6	32.000	128.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	6.667	2.222	0.8065	
2	Factor A	5	88.000	17.600	6.3871	0.0023
-3	Error	15	41.333	2.756		
	Total	23	136.000			

Coefficient of Variation: 5.03%

s_y for means group 1: 0.6777 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.8300 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 2.756
Error Degrees of Freedom = 15
No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
LSD value = 2.502 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	33.00	BC	Mean	3 =	36.00	A
Mean	2 =	31.00	C	Mean	5 =	35.00	AB
Mean	3 =	36.00	A	Mean	1 =	33.00	BC
Mean	4 =	31.00	C	Mean	6 =	32.00	C
Mean	5 =	35.00	AB	Mean	4 =	31.00	C
Mean	6 =	32.00	C	Mean	2 =	31.00	C

2^η Μέτρηση: 30/6

Grand Mean = 94.833 Grand Sum = 2276.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	4	Total
1	*	95.333	572.000
2	*	93.833	563.000
3	*	94.500	567.000
4	*	95.667	574.000
*	1	92.000	368.000
*	2	93.000	372.000
*	3	105.000	420.000
*	4	90.000	360.000
*	5	97.000	388.000
*	6	92.000	368.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	12.333	4.111	0.8150	
2	Factor A	5	603.333	120.667	23.9207	0.0000
-3	Error	15	75.667	5.044		
Total		23	691.333			

Coefficient of Variation: 2.37%

s_y for means group 1: 0.9169 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.1230 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 5.044

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.385 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	92.00	C	Mean	3 =	105.0	A
Mean	2 =	93.00	C	Mean	5 =	97.00	B
Mean	3 =	105.0	A	Mean	2 =	93.00	C
Mean	4 =	90.00	C	Mean	1 =	92.00	C
Mean	5 =	97.00	B	Mean	6 =	92.00	C
Mean	6 =	92.00	C	Mean	4 =	90.00	C

3^η Μέτρηση: 10/7

Grand Mean = 175.167 Grand Sum = 4204.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	5	Total
1	*	175.000	1050.000
2	*	175.167	1051.000
3	*	175.333	1052.000
4	*	175.167	1051.000
*	1	172.000	688.000
*	2	176.000	704.000
*	3	190.000	760.000
*	4	165.000	660.000
*	5	178.000	712.000
*	6	170.000	680.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.333	0.111	0.0204	
2	Factor A	5	1475.333	295.067	54.1959	0.0000
-3	Error	15	81.667	5.444		
Total		23	1557.333			

Coefficient of Variation: 1.33%

s_y for means group 1: 0.9526 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.1667 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 5.444

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.517 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 172.0 C	Mean 3 = 190.0 A
Mean 2 = 176.0 B	Mean 5 = 178.0 B
Mean 3 = 190.0 A	Mean 2 = 176.0 B
Mean 4 = 165.0 D	Mean 1 = 172.0 C
Mean 5 = 178.0 B	Mean 6 = 170.0 C
Mean 6 = 170.0 C	Mean 4 = 165.0 D

4^η Μέτρηση: 20/7

Grand Mean = 226.667 Grand Sum = 5440.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	6	Total
1	*	226.000	1356.000
2	*	227.000	1362.000
3	*	226.500	1359.000
4	*	227.167	1363.000
*	1	225.000	900.000
*	2	230.000	920.000
*	3	245.000	980.000
*	4	212.000	848.000
*	5	230.000	920.000
*	6	218.000	872.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	5.000	1.667	0.3623	
2	Factor A	5	2605.333	521.067	113.2754	0.0000
-3	Error	15	69.000	4.600		
	Total	23	2679.333			

Coefficient of Variation: 0.95%

s_y for means group 1: 0.8756 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.0724 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 4.600

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.233 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 225.0 C	Mean 3 = 245.0 A
Mean 2 = 230.0 B	Mean 2 = 230.0 B
Mean 3 = 245.0 A	Mean 5 = 230.0 B
Mean 4 = 212.0 E	Mean 1 = 225.0 C
Mean 5 = 230.0 B	Mean 6 = 218.0 D
Mean 6 = 218.0 D	Mean 4 = 212.0 E

5^η Μέτρηση: 30/7

Grand Mean = 149.167 Grand Sum = 3580.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	7	Total
1	*	150.167	901.000
2	*	148.500	891.000
3	*	148.167	889.000
4	*	149.833	899.000
*	1	147.000	588.000
*	2	149.000	596.000
*	3	162.000	648.000
*	4	140.000	560.000
*	5	152.000	608.000
*	6	145.000	580.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	17.333	5.778	1.1927	0.3461
2	Factor A	5	1115.333	223.067	46.0459	0.0000
-3	Error	15	72.667	4.844		
Total		23	1205.333			

Coefficient of Variation: 1.48%

s_y for means group 1: 0.8986 Number of Observations: 6
s_y for means group 2: 1.1005 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 4.844
Error Degrees of Freedom = 15
No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
LSD value = 3.317 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	147.0	CD	Mean	3 =	162.0	A
Mean	2 =	149.0	BC	Mean	5 =	152.0	B
Mean	3 =	162.0	A	Mean	2 =	149.0	BC
Mean	4 =	140.0	E	Mean	1 =	147.0	CD
Mean	5 =	152.0	B	Mean	6 =	145.0	D
Mean	6 =	145.0	D	Mean	4 =	140.0	E

6^η Μέτρηση: 10/8

Grand Mean = 72.000 Grand Sum = 1728.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	8	Total
1	*	71.667	430.000
2	*	72.667	436.000
3	*	70.333	422.000
4	*	73.333	440.000

*	1	68.000	272.000
*	2	70.000	280.000
*	3	86.000	344.000
*	4	65.000	260.000
*	5	75.000	300.000
*	6	68.000	272.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	30.667	10.222	2.5000	0.0991
2	Factor A	5	1160.000	232.000	56.7391	0.0000
-3	Error	15	61.333	4.089		

	Total	23	1252.000			

Coefficient of Variation: 2.81%

s_y for means group 1: 0.8255 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.0111 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 4.089

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 3.048 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	68.00	CD	Mean	3 =	86.00	A
Mean	2 =	70.00	C	Mean	5 =	75.00	B
Mean	3 =	86.00	A	Mean	2 =	70.00	C
Mean	4 =	65.00	D	Mean	1 =	68.00	CD
Mean	5 =	75.00	B	Mean	6 =	68.00	CD
Mean	6 =	68.00	CD	Mean	4 =	65.00	D

7^η Μέτρηση: 20/8

Grand Mean = 37.667 Grand Sum = 904.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	9	Total
1	*	37.667	226.000
2	*	37.667	226.000
3	*	37.667	226.000
4	*	37.667	226.000

*	1	38.000	152.000
*	2	38.000	152.000
*	3	43.000	172.000
*	4	34.000	136.000
*	5	38.000	152.000
*	6	35.000	140.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.000	0.000	0.0000	
2	Factor A	5	197.333	39.467	12.3333	0.0001
-3	Error	15	48.000	3.200		
Total		23	245.333			

Coefficient of Variation: 4.75%

s_y for means group 1: 0.7303 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.8944 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 3.200

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 2.696 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 38.00 B	Mean 3 = 43.00 A
Mean 2 = 38.00 B	Mean 1 = 38.00 B
Mean 3 = 43.00 A	Mean 2 = 38.00 B
Mean 4 = 34.00 C	Mean 5 = 38.00 B
Mean 5 = 38.00 B	Mean 6 = 35.00 C
Mean 6 = 35.00 C	Mean 4 = 34.00 C

Αριθμός Καρδιών/ m

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:

One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: replic) with values from 1 to 4

Factor A (Var 1: metax) with values from 1 to 6

1^η Μέτρηση: 20/7

Grand Mean = 31.000 Grand Sum = 744.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S			
2	1	4	Total
1	*	30.167	181.000
2	*	30.833	185.000
3	*	29.333	176.000
4	*	33.667	202.000
* 1		32.000	128.000
* 2		30.000	120.000
* 3		35.000	140.000
* 4		29.000	116.000
* 5		31.000	124.000
* 6		29.000	116.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	63.667	21.222	2.7364	0.0802
2	Factor A	5	104.000	20.800	2.6819	0.0634
-3	Error	15	116.333	7.756		
	Total	23	284.000			

Coefficient of Variation: 8.98%

s_y for means group 1: 1.1369 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.3924 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 7.756

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 4.197 at alpha = 0.050

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	32.00	A	Mean	1 =	32.00	A
Mean	2 =	30.00	A	Mean	5 =	31.00	A
Mean	3 =	25.00	B	Mean	2 =	30.00	A
Mean	4 =	29.00	AB	Mean	6 =	29.00	AB
Mean	5 =	31.00	A	Mean	4 =	29.00	AB
Mean	6 =	29.00	AB	Mean	3 =	25.00	B

2^η Μέτρηση: 27/7

Grand Mean = 53.833 Grand Sum = 1292.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	5	Total
1	*	53.167	319.000
2	*	54.333	326.000
3	*	52.167	313.000
4	*	55.667	334.000

*	1	53.000	212.000
*	2	55.000	220.000
*	3	61.000	244.000
*	4	50.000	200.000
*	5	56.000	224.000
*	6	48.000	192.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	41.000	13.667	1.4138	0.2777
2	Factor A	5	427.333	85.467	8.8414	0.0004
-3	Error	15	145.000	9.667		

	Total	23	613.333			

Coefficient of Variation: 5.78%

s_y for means group 1: 1.2693 Number of Observations: 6
s_y for means group 2: 1.5546 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 9.667
Error Degrees of Freedom = 15
No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
LSD value = 4.686 at alpha = 0.050

□

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	53.00	BC	Mean	3 =	61.00 A
Mean	2 =	55.00	B	Mean	5 =	56.00 B
Mean	3 =	61.00	A	Mean	2 =	55.00 B
Mean	4 =	50.00	CD	Mean	1 =	53.00 BC
Mean	5 =	56.00	B	Mean	4 =	50.00 CD
Mean	6 =	48.00	D	Mean	6 =	48.00 D

3^η Μέτρηση: 03/8

Grand Mean = 73.500 Grand Sum = 1764.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	6	Total
1	*	72.167	433.000
2	*	73.667	442.000
3	*	70.667	424.000
4	*	77.500	465.000
*	1	74.000	296.000
*	2	73.000	292.000
*	3	85.000	340.000
*	4	67.000	268.000
*	5	77.000	308.000
*	6	65.000	260.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	155.000	51.667	5.9160	0.0072
2	Factor A	5	1038.000	207.600	23.7710	0.0000
-3	Error	15	131.000	8.733		
Total		23	1324.000			

Coefficient of Variation: 4.02%

s_y for means group 1: 1.2065 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 1.4776 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 8.733

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 4.454 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	74.00	B	Mean	3 =	85.00	A
Mean	2 =	73.00	B	Mean	5 =	77.00	B
Mean	3 =	85.00	A	Mean	1 =	74.00	B
Mean	4 =	67.00	C	Mean	2 =	73.00	B
Mean	5 =	77.00	B	Mean	4 =	67.00	C
Mean	6 =	65.00	C	Mean	6 =	65.00	C

4^η Μέτρηση: 10/8

Grand Mean = 85.583 Grand Sum = 2054.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	7	Total
1	*	85.833	515.000
2	*	85.833	515.000
3	*	81.667	490.000
4	*	89.000	534.000
*	1	87.000	348.000
*	2	76.500	306.000
*	3	101.000	404.000
*	4	79.000	316.000
*	5	93.000	372.000
*	6	77.000	308.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	162.833	54.278	2.9696	0.0655
2	Factor A	5	1976.833	395.367	21.6310	0.0000
-3	Error	15	274.167	18.278		
	Total	23	2413.833			

Coefficient of Variation: 5.00%

s_y for means group 1: 1.7454 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 2.1376 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 18.28

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 6.444 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 87.00 B	Mean 3 = 101.0 A
Mean 2 = 76.50 C	Mean 5 = 93.00 B
Mean 3 = 101.0 A	Mean 1 = 87.00 B
Mean 4 = 79.00 C	Mean 4 = 79.00 C
Mean 5 = 93.00 B	Mean 6 = 77.00 C
Mean 6 = 77.00 C	Mean 2 = 76.50 C

5^η Μέτρηση: 17/8

Grand Mean = 96.792 Grand Sum = 2323.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	8	Total
1	*	96.167	577.000
2	*	97.000	582.000
3	*	93.833	563.000
4	*	100.167	601.000
*	1	96.750	387.000
*	2	97.000	388.000
*	3	110.000	440.000
*	4	89.000	356.000
*	5	103.000	412.000
*	6	85.000	340.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	123.458	41.153	2.5166	0.0976
2	Factor A	5	1651.208	330.242	20.1948	0.0000
-3	Error	15	245.292	16.353		
	Total	23	2019.958			

Coefficient of Variation: 4.18%

$s_{\bar{Y}}$ for means group 1: 1.6509 Number of Observations: 6

$s_{\bar{Y}}$ for means group 2: 2.0219 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 16.35
 Error Degrees of Freedom = 15
 No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
 LSD value = 6.095 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 96.75 C	Mean 3 = 110.0 A
Mean 2 = 97.00 BC	Mean 5 = 103.0 B
Mean 3 = 110.0 A	Mean 2 = 97.00 BC
Mean 4 = 89.00 D	Mean 1 = 96.75 C
Mean 5 = 103.0 B	Mean 4 = 89.00 D
Mean 6 = 85.00 D	Mean 6 = 85.00 D

6^η Μέτρηση: 24/8

Grand Mean = 105.500 Grand Sum = 2532.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	3	Total
1	*	104.667	628.000
2	*	104.833	629.000
3	*	102.500	615.000
4	*	110.000	660.000
*	1	106.000	424.000
*	2	107.000	428.000
*	3	119.000	476.000
*	4	96.000	384.000
*	5	113.000	452.000
*	6	92.000	368.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	182.333	60.778	2.3396	0.1146
2	Factor A	5	2054.000	410.800	15.8135	0.0000
-3	Error	15	389.667	25.978		
Total		23	2626.000			

Coefficient of Variation: 4.83%

s_y for means group 1: 2.0808 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 2.5484 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 25.98

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 7.682 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 106.0 B	Mean 3 = 119.0 A
Mean 2 = 107.0 B	Mean 5 = 113.0 AB
Mean 3 = 119.0 A	Mean 2 = 107.0 B
Mean 4 = 96.00 C	Mean 1 = 106.0 B
Mean 5 = 113.0 AB	Mean 4 = 96.00 C
Mean 6 = 92.00 C	Mean 6 = 92.00 C

Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:

One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: replic) with values from 1 to 4

Factor A (Var 1: metax) with values from 1 to 6

1η Μέτρηση: 10/7

Grand Mean = 0.500 Grand Sum = 12.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	3	Total
1	*	0.450	2.700
2	*	0.533	3.200
3	*	0.517	3.100
4	*	0.500	3.000
*	1	0.500	2.000
*	2	0.600	2.400
*	3	0.500	2.000
*	4	0.400	1.600
*	5	0.600	2.400
*	6	0.400	1.600

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.023	0.008	1.0000	
2	Factor A	5	0.160	0.032	4.1143	0.0149
-3	Error	15	0.117	0.008		
	Total	23	0.300			

Coefficient of Variation: 17.64%

s_y for means group 1: 0.0360 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.0441 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 0.008000

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 0.1348 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	0.5000	AB	Mean	2 =	0.6000	A
Mean	2 =	0.6000	A	Mean	5 =	0.6000	A
Mean	3 =	0.5000	AB	Mean	1 =	0.5000	AB
Mean	4 =	0.4000	B	Mean	3 =	0.5000	AB
Mean	5 =	0.6000	A	Mean	4 =	0.4000	B
Mean	6 =	0.4000	B	Mean	6 =	0.4000	B

2η Μέτρηση: 25/7

Grand Mean = 1.983 Grand Sum = 47.600 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	4	Total
1	*	1.983	11.900
2	*	1.933	11.600
3	*	1.967	11.800
4	*	2.050	12.300

*	1	2.100	8.400
*	2	2.000	8.000
*	3	1.900	7.600
*	4	1.800	7.200
*	5	2.200	8.800
*	6	1.900	7.600

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.043	0.014	1.1017	0.3791
2	Factor A	5	0.433	0.087	6.6102	0.0019
-3	Error	15	0.197	0.013		
Total		23	0.673			

Coefficient of Variation: 5.77%

s_y for means group 1: 0.0467 Number of Observations: 6
s_y for means group 2: 0.0573 Number of Observations: 4

RANGE

Error Mean Square = 0.01300
Error Degrees of Freedom = 15
No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test
LSD value = 0.1718 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	2.100	AB	Mean	5 =	2.200	A
Mean	2 =	2.000	BC	Mean	1 =	2.100	AB
Mean	3 =	1.900	CD	Mean	2 =	2.000	BC
Mean	4 =	1.800	D	Mean	3 =	1.900	CD
Mean	5 =	2.200	A	Mean	6 =	1.900	CD
Mean	6 =	1.900	CD	Mean	4 =	1.800	D

3η Μέτρηση: 10/8

Grand Mean = 3.517 Grand Sum = 84.400 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	5	Total
1	*	3.517	21.100
2	*	3.533	21.200
3	*	3.550	21.300
4	*	3.467	20.800
*	1	3.500	14.000
*	2	3.700	14.800
*	3	3.300	13.200
*	4	3.600	14.400
*	5	3.900	15.600
*	6	3.100	12.400

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.023	0.008	0.6604	
2	Factor A	5	1.633	0.327	27.7358	0.0000
-3	Error	15	0.177	0.012		
	Total	23	1.833			

Coefficient of Variation: 3.09%

$s_{\bar{y}}$ for means group 1: 0.0443 Number of Observations: 6

$s_{\bar{y}}$ for means group 2: 0.0543 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 0.01200

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 0.1651 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean	1 =	3.500	C	Mean	5 =	3.900	A
Mean	2 =	3.700	B	Mean	2 =	3.700	B
Mean	3 =	3.300	D	Mean	4 =	3.600	BC
Mean	4 =	3.600	BC	Mean	1 =	3.500	C
Mean	5 =	3.900	A	Mean	3 =	3.300	D
Mean	6 =	3.100	E	Mean	6 =	3.100	E

4η Μέτρηση: 26/8

Grand Mean = 4.967 Grand Sum = 119.200 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	6	Total
1	*	4.917	29.500
2	*	4.983	29.900
3	*	4.933	29.600
4	*	5.033	30.200
*	1	5.100	20.400
*	2	5.300	21.200
*	3	4.900	19.600
*	4	4.300	17.200
*	5	5.600	22.400
*	6	4.600	18.400

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.050	0.017	1.3158	0.3061
2	Factor A	5	4.453	0.891	70.3158	0.0000
-3	Error	15	0.190	0.013		
	Total	23	4.693			

Coefficient of Variation: 2.27%

s_y for means group 1: 0.0459 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.0563 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 0.01300

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 0.1718 at alpha = 0.050

□

Original Order

Ranked Order

Mean 1 = 5.100	C	Mean 5 = 5.600	A
Mean 2 = 5.300	B	Mean 2 = 5.300	B
Mean 3 = 4.900	D	Mean 1 = 5.100	C
Mean 4 = 4.300	F	Mean 3 = 4.900	D
Mean 5 = 5.600	A	Mean 6 = 4.600	E
Mean 6 = 4.600	E	Mean 4 = 4.300	F

5η Μέτρηση: 11/9

Grand Mean = 4.717 Grand Sum = 113.200 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	7	Total
1	*	4.700	28.200
2	*	4.717	28.300
3	*	4.700	28.200
4	*	4.750	28.500
*	1	4.800	19.200
*	2	5.000	20.000
*	3	4.700	18.800
*	4	4.000	16.000
*	5	5.400	21.600
*	6	4.400	17.600

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.010	0.003	0.2381	
2	Factor A	5	4.673	0.935	66.7620	0.0000
-3	Error	15	0.210	0.014		
Total		23	4.893			

Coefficient of Variation: 2.51%

s_y for means group 1: 0.0483 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.0592 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 0.01400

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 0.1783 at alpha = 0.050

□

Original Order	Ranked Order
Mean 1 = 4.800 C	Mean 5 = 5.400 A
Mean 2 = 5.000 B	Mean 2 = 5.000 B
Mean 3 = 4.700 C	Mean 1 = 4.800 C
Mean 4 = 4.000 E	Mean 3 = 4.700 C
Mean 5 = 5.400 A	Mean 6 = 4.400 D
Mean 6 = 4.400 D	Mean 4 = 4.000 E

6η Μέτρηση: 26/9

Grand Mean = 4.417 Grand Sum = 106.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	8	Total
1	*	4.400	26.400
2	*	4.450	26.700
3	*	4.417	26.500
4	*	4.400	26.400

*	1	4.400	17.600
*	2	4.800	19.200
*	3	4.500	18.000
*	4	3.600	14.400
*	5	5.100	20.400
*	6	4.100	16.400

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	0.010	0.003	0.1613	
2	Factor A	5	5.553	1.111	53.7419	0.0000
-3	Error	15	0.310	0.021		
Total		23	5.873			

Coefficient of Variation: 3.25%

s_y for means group 1: 0.0587 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 0.0719 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 0.02100

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 0.2184 at alpha = 0.050

□

	Original Order			Ranked Order		
Mean	1 =	4.400	C	Mean	5 =	5.100 A
Mean	2 =	4.800	B	Mean	2 =	4.800 B
Mean	3 =	4.500	C	Mean	3 =	4.500 C
Mean	4 =	3.600	E	Mean	1 =	4.400 C
Mean	5 =	5.100	A	Mean	6 =	4.100 D
Mean	6 =	4.100	D	Mean	4 =	3.600 E

Απόδοση (Κg/στρ.)

Function: FACTOR

Experiment Model Number 7:
One Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:
Replication (Var 2: repl) with values from 1 to 4
Factor A (Var 1: metax) with values from 1 to 6

Variable 3: apod

Grand Mean = 383.708 Grand Sum = 9209.000 Total Count = 24

T A B L E O F M E A N S

2	1	3	Total
1	*	382.667	2296.000
2	*	383.667	2302.000
3	*	388.000	2328.000
4	*	380.500	2283.000

*	1	380.000	1520.000
*	2	382.500	1530.000
*	3	402.000	1608.000
*	4	376.250	1505.000
*	5	390.500	1562.000
*	6	371.000	1484.000

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	178.792	59.597	0.4419	
2	Factor A	5	2452.208	490.442	3.6366	0.0236
-3	Error	15	2022.958	134.864		
Total		23	4653.958			

Coefficient of Variation: 3.03%

s_y for means group 1: 4.7410 Number of Observations: 6

s_y for means group 2: 5.8065 Number of Observations: 4

RANGE□

Error Mean Square = 134.9

Error Degrees of Freedom = 15

No. of observations to calculate a mean = 4

Least Significant Difference Test

LSD value = 17.50 at alpha = 0.050

□

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	380.0	BC	Mean	3 =	402.0	A
Mean	2 =	382.5	BC	Mean	5 =	390.5	AB
Mean	3 =	402.0	A	Mean	2 =	382.5	BC
Mean	4 =	376.3	BC	Mean	1 =	380.0	BC
Mean	5 =	390.5	AB	Mean	4 =	376.3	BC
Mean	6 =	371.0	C	Mean	6 =	371.0	C

