

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

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**  
**ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Ph.D.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΝΑΚΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**ΜΕ ΘΕΜΑ : ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟ**  
**ΦΥΤΟ ΣΟΡΓΟ**



**ΒΟΛΟΣ - ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004**



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

Αριθ. Εισ.: 4896/1  
Ημερ. Εισ.: 8/9/2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2005  
NAK

**Τριμελής εισηγητική επιτροπή είναι :**

**Η κ. Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη , Καθηγήτρια Π.Θ.,  
επιβλέπουσα της διατριβής , ο κ. Ιωάννης Κ. Μήτσιος, Καθηγητής Π.Θ. και  
ο κ. Αθανάσιος Ι. Σφουγγάρης Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1. Γενικά.....	7
1.2. Σκοπός του έργου.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.	
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΟΡΓΟ.....	10
2.1. Ιστορική αναδρομή – Περιοχές που καλλιεργείται.....	10
2.2. Βοτανικά γνωρίσματα.....	10
2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες – Οικολογικές απαιτήσεις.....	12
2.4. Προϊόντα.....	15
2.5. Παραγωγή Ενέργειας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.	
Η ΑΡΔΕΥΣΗ.....	19
3.1. Γενικά.....	19
3.2. Κανόνι βροχής (αυτοπροωθούμενο συγκρότημα με εκτοξευτή).....	20
3.3. Επιφανειακή στάγδην άρδευση.....	21
3.3.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	25
4.1. Γενικά – Οριοθέτηση – Σχέδιο.....	25
4.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά.....	27
4.3. Υλικά άρδευσης.....	29
4.4. Εξοπλισμός για τη συλλογή βασικών δεδομένων.....	32
4.5. Υπολογισμοί δόσεων άρδευσης και χρόνου άρδευσης.....	37
4.5.1. Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών.....	37
4.5.2. Πρακτικός τρόπος υπολογισμών.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
5.1. Κλιματικά δεδομένα.....	43
5.1.1. Γενικά.....	43
5.1.2. Συζήτηση.....	45
5.2. Υγρασίες εδάφους.....	46
5.2.1. Γενικά.....	46
5.2.2. Συζήτηση.....	47
5.3. Ύψος φυτών.....	49
5.3.1. Γενικά.....	49
5.3.2. Συζήτηση.....	51
5.4. Φυλλική επιφάνεια (L.A.I.).....	55
5.4.1. Γενικά.....	55
5.4.2. Συζήτηση.....	60
5.5. Χλωρή βιομάζα.....	60

5.5.1. Γενικά.....	60
5.5.2. Συζήτηση .....	64
5.6. Ξηρή βιομάζα .....	70
5.6.1. Γενικά.....	70
5.6.2. Συζήτηση .....	72
5.7. Εφαρμογή και εξοικονόμηση νερού .....	81
5.7.1. Γενικά.....	81
5.7.2. Συζήτηση .....	81
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.</b>	
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>83</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.</b>	
<b>ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....</b>	<b>86</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.</b>	
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>93</b>
8.1. Ελληνική βιβλιογραφία.....	93
8.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	95



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της πτυχιακής μου δόθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών της Σχολής.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την καθηγήτρια Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς. Επίσης την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη, την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές της κατά την διάρκεια του πειράματος.

Τον Καθηγητή κύριο Ιωάννη Κ. Μήτσιο και τον Επίκουρο Καθηγητή κύριο Αθανάσιο Ι. Σφουγγάρη, ευχαριστώ για τη συμβολή τους στην διόρθωση της πτυχιακής μου διατριβής και την βαθμολογία της.

Τους μεταπτυχιακό φοιτητή Δημήτρη Παπαλέξη και φοιτητή Παντελή Βουλτσάνη, ευχαριστώ για τη σημαντική τους βοήθεια και συνεργασία στην εγκατάσταση του πειράματος, για τη συμμετοχή τους στην συγκέντρωση βασικών στοιχείων της έρευνας, καθώς και τις πολύτιμες συμβουλές τους πάνω στο πείραμα.

Τέλος, η παρούσα διατριβή ήλθε εις πέρας, χάρις στο πνεύμα συνεργασίας και στη φιλική διάθεση που έδειξαν οι: κύριοι Νίκος Παπανίκος, Σπύρος Σουίπας και οι εργαζόμενοι και εργαζόμενες στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνήθηκε η ανάπτυξη και η παραγωγή του ιώδους Σόργου ως ενεργειακού φυτού (*Sorghum bicolor L.*), υπό την επίδραση δυο μεθόδων άρδευσης, ήτοι της άρδευσης με κανόνι βροχής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Για τους σκοπούς αυτούς έγινε πείραμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το έτος 2002, με 3 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου Α και με την αυτόματη ενεργοποίηση προγράμματος άρδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων, με μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης και σημαντικά μεγαλύτερη τελική απόδοση σε χλωρή και ξηρή βιομάζα, ενώ παράλληλα επιτεύχθηκε και σημαντική εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, καθιστώντας φανερή τη δυναμική του ιώδους Σόργου ως εναλλακτικής καλλιέργειας για τη παραγωγής βιομάζας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικά

Ο πληθυσμός της γης και η εξάρτηση του ανθρώπου από την ενέργεια αυξάνει συνεχώς . Οι μορφές ενέργειας και οι πηγές που αξιοποιεί ο άνθρωπος έχουν εξελιχθεί παράλληλα με την τεχνολογική πρόοδο . Έτσι από την ηλιακή και χημική ενέργεια της τροφής που αξιοποιούσαν οι πρωτόγονες ανθρώπινες κοινωνίες , σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως η ενέργεια των ορυκτών καυσίμων , στερεών ( άνθρακας ) , υγρών ( αργό πετρέλαιο ) και αέριων ( φυσικό αέριο ) . Αυτή η κατάσταση προβληματίζει τις ανθρώπινες κοινωνίες διότι :

- Τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων είναι πεπερασμένα
- Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές αυτών των καυσίμων (κυρίως πετρελαίου και αερίου ) βρίσκονται σε λίγες και πολιτικά ασταθείς περιοχές
- Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα στον πλανήτη μας .

Αυτή η κατάσταση επηρεάζει και ενδιαφέρει τον γεωργικό τομέα , διότι :

- Η γεωργική παραγωγή και οι τιμές των γεωργικών προϊόντων εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τις τιμές των ορυκτών καυσίμων
- Μέσα από την γεωργία παράγονται προϊόντα και υπολείμματα τα οποία περιέχουν χημική ενέργεια παρόμοια με αυτή που περιέχουν τα ορυκτά καύσιμα ( υδρογονάνθρακες ) .

Εύκολα , λοιπόν συμπεραίνουμε από τα παραπάνω πόσο σημαντική είναι η ανάγκη διερεύνησης στο άμεσο μέλλον μεθόδων αλλά και υλικών, που σκοπό θα έχουν την μεγιστοποίηση των εισροών ενέργειας από τις Ανανεώσιμες Πηγές, όπως η βιομάζα, με την ταυτόχρονη ελάττωση της κατανάλωσης, των σημαντικά μειωμένων από την πολύχρονη χρήση τους, Συμβατικών Ενεργειακών Καυσίμων καθώς και των ρυπογόνων εκροών αυτών.



Η έννοια της βιομάζας είναι πολύπλευρη και περιλαμβάνει τα πάσης φύσεως φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα, τα βιομηχανικά στερεά οργανικά απορρίμματα καθώς επίσης και τις ενεργειακές καλλιέργειες. Ο όρος ενεργειακή καλλιέργεια αναφέρεται στα καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας, βιοαιθανόλης κτλ., μετά από την κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας τους.

Ειδικότερα οι ενεργειακές καλλιέργειες, που θεωρούνται κατάλληλες για τις νοτιότερες περιοχές της Ευρώπης κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία των Δασικών Ενεργειακών Καλλιεργειών ανήκουν ο Ευκάλυπτος, η Λεύκα, η Ιτιά και η Ψευδακακκία. Στην δεύτερη των Πολυετών Γεωργικών Ενεργειακών Καλλιεργειών ανήκουν το Καλάμι, η Αγριαγκινάρα και ο Μίσχανθος. Τέλος, στις Ετήσιες Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες ανήκουν το Κενάφ, η Ελαιοκράμβη, ο Ηλίανθος, καθώς επίσης και το Γλυκό και Ινώδες Σόργο.

Η Γεωργία στη Ελλάδα αποτελεί σημαντικό τομέα της εθνικής οικονομίας και συμμετέχει σε ποσοστό 22% επί του Α.Ε.Π. και σε ποσοστό 15% της συνολικής απασχόλησης (Panoutsou, 1999). Η ελληνική γεωργία παρουσιάζει χαμηλό ποσοστό ανάπτυξης, παρά τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις περισσότερες αγροτικές περιοχές, που λογικά θα έπρεπε να έχουν ως αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Τα τελευταία χρόνια δεν έχουν γίνει οι κατάλληλες προσπάθειες από αρμόδιους και υπεύθυνους για εκσυγχρονισμό στους τομείς της διοίκησης και αποκέντρωσης, έρευνας και τεχνολογίας, ενημέρωσης και καθοδήγησης των αγροτών, γεγονός που έχει οδηγήσει στη βαθμιαία μείωση του ετήσιου οικογενειακού γεωργικού εισοδήματος και στην απροθυμία των Ελλήνων γεωργών να αποδεχθούν μία νέα αγροτική πολιτική.

Οι σύγχρονοι Έλληνες αγρότες βασίζονται κυρίως στο παρεχόμενο ποσό επιχορηγήσεων και αποζημιώσεων, που τους παρέχεται στα πλαίσια της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (Κ.Α.Π.), προκειμένου να διατηρήσουν μία σχετική ισορροπία στο ετήσιο γεωργικό τους εισόδημα. Τα κυριότερα προβλήματα που δημιουργεί αυτή η πολιτική είναι: α) η ανικανότητα προσαρμογής των αγροτών σε νέες πιο επικερδείς και προσοδοφόρες καλλιέργειες, β) η έλλειψη ποιοτικών προτύπων και ανταγωνιστικότητας των παραγόμενων προϊόντων τους, γ) η έλλειψη διαπραγματευτικής ικανότητας και η μείωση της αγοραστικής τους δύναμης και δ) η αβεβαιότητα για το μέλλον (πιθανή αλλαγή πολιτικής στο καθεστώς των επιχορηγήσεων). Η ένταξη περιοχών αποκλειστικά και μόνο για ενεργειακούς

σκοπούς, με βάση την παραγωγή ξηρής βιομάζας, θα οδηγούσε σε σημαντική κοινωνική και οικονομική (παρέχοντας ένα επιπρόσθετο εισόδημα στους αγρότες) αναδιάρθρωση του γεωργικού τομέα σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.

Θέτοντας ως στόχο την οικονομική βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών στο πλαίσιο της νέας Κ.Α.Π. καλό θα ήταν: α) να εφαρμοστεί μία παρόμοια πολιτική επιδότησης ανάλογη των Δημητριακών για τα πρώτα τουλάχιστον χρόνια, β) να δοθεί επιπλέον ενθάρρυνση και υποστήριξη στους αγρότες μέσω των συνεταιρισμών στους οποίους ανήκουν, και γ) κρατική υποστήριξη με τη μορφή νομοθετικού πλαισίου που διέπει σήμερα τους "νέους αγρότες".

Χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η παραγωγή ξηρής βιομάζας από τις κατ' εξοχήν ενεργειακές καλλιέργειες, υπολογίζεται ότι περίπου 5,5 εκατομμύρια τόνοι ξηρής βιομάζας το χρόνο από υπολείμματα καλλιεργειών όπως τα δημητριακά, το ρύζι, ο αραβόσιτος, το βαμβάκι, ο καπνός, το αμπέλι, τα ροδάκινα, τα αμύγδαλα, τα πορτοκάλια και οι ελιές θα μπορούσαν να διατεθούν για ενεργειακή χρήση. Πιστεύεται επομένως ότι το σόργο μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική καλλιέργεια μειωμένων εισροών στα πλαίσια της νέας αειφορικής γεωργίας, ώστε να εισέλθει σε αμειψισπορές σε συνδυασμό με παραδοσιακά ενεργοβόρες καλλιέργειες, ειδικότερα σε περιοχές όπου το νερό καλής ποιότητας είναι αρκετά περιορισμένο.

Προβλήματα εξαιτίας της λειψυδρίας κατά τους κρίσιμους θερινούς μήνες (1984-1992 & 1996-2000), όπως μείωση της γεωργικής παραγωγής, οδήγησαν να παρθούν μέτρα με σκοπό την εξοικονόμηση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων (Δ.Ε.Β., 2000). Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή η καλλιέργεια θα πρέπει να αρδεύεται με σύγχρονα συστήματα εξοικονόμησης νερού και μειωμένων απωλειών λόγω εξάτμισης, όπως είναι τα συστήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, τα οποία θα ερευνηθούν στην παρούσα πτυχιακή διατριβή.

## 1.2. Σκοπός του έργου

Σκοπός του έργου είναι η διερεύνηση της επίδρασης της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του Ινώδους Σόργου ως ενεργειακού φυτού για μελλοντική του χρήση στα πλαίσια της εναλλακτικής αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών στην Κεντρική Ελλάδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

### ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΟΡΓΟ

#### 2.1. Ιστορική αναδρομή – Περιοχές που καλλιεργείται

Το σόργο κατάγεται από την Κεντρική Αφρική και για πολλές χιλιετίδες η καλλιέργεια του ήταν περιορισμένη στην Αφρική και Ασία . Σήμερα , καλλιεργείται και στην Αμερική και στην Ευρώπη ( περιορισμένη έκταση ) . Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε περιορισμένη έκταση , κυρίως στην Θράκη , για κατασκευή σαρώθρων . Περιορισμένο ενδιαφέρον παρουσιάζεται τελευταία και για καλλιέργεια χορτοδοτικών υβριδίων ( χόρτο του Σουδάν ) , ύστερα από τις προσπάθειες του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών της Λάρισας . Οι χώρες με τις μεγαλύτερες παραγωγές ανήκουν γεωγραφικά στην Ασία και είναι η Κίνα, η Ινδία, το Ιράν, το Πακιστάν, η Κορέα κ.α. Σημαντικές επίσης παραγωγές εμφανίζουν οι Η.Π.Α. (85 εκ. στρ.), η Αυστραλία και αρκετές χώρες της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής με την Βραζιλία να έχει μεταξύ αυτών τη σπουδαιότερη θέση. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του σόργου δεν ξεπερνά τα 10.000 στρέμματα.

Καλλιεργείται για τον καρπό , με μέση παγκόσμια απόδοση περίπου 150 kg/στρ , για τον σανό (χορτοδοτικό διαδεδομένο στις ΗΠΑ) και σε μικρή έκταση για σάρωθρα (σκούπες) και για σιρόπι (το ζαχαροφόρο). Τελευταία , όμως αποκτά ενδιαφέρον ως φυτό βιοενέργειας . Ως ενεργειακό φυτό το ινώδες σόργο καλλιεργείται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αλλά και στο εξωτερικό (π.χ. Βραζιλία). Από πρόσφατες έρευνες (Dalianis, 1996;Chatziathanassiou *et al.*, 1998), η συγκεκριμένη καλλιέργεια παρουσίασε μια εντυπωσιακή προσαρμοστικότητα τόσο σε εύκρατα όσο και σε υποτροπικά κλίματα.

#### 2.2. Βοτανικά γνωρίσματα

Μοιάζει μορφολογικά με το καλαμπόκι , εκτός από την ταξιανθία που είναι φόβη στην κορυφή του φυτού . είναι φυτό μόνικο με άνθη διγενή ή μονογενή (οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν μονοκλινή φυτά) . Τα σταχύδια είναι διανθή με ένα γόνιμο άνθος . Το γόνιμο άνθος αποτελείται από 2 λέπυρα , 3 στήμονες , 1

ύπερο που αποτελείται από μονόχωρη ωοθήκη , 2 στύλους και 2 γλωχίνες (στη βάση του υπέρου) . Η ταξιανθία έχει μήκος 20-70 εκ. και η άνθηση διαρκεί 6-15 ημέρες .

Αδελφώνει πολύ και όταν θεριστεί βγάζει άλλα αδέλφια . Με ζεστό χειμώνα μπορεί να γίνει πολυετές . το ύψος κυμαίνεται από 1,2-5,5m , ανάλογα με την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται (άρδευση – λίπανση). Αυτογονιμοποιείται και σταυρογονιμοποιείται σε ίσες περίπου αναλογίες . Ο σπόρος του είναι μικρός (1000 σπόροι = 7-40gr.), στρογγυλός ή πεπλατυσμένος και διαφόρου χρώματος . Είναι C4 φυτό βραχείας φωτοπεριόδου . Η βλαστική περίοδος είναι συνήθως 100-120 ημέρες , αλλά συντομεύεται με αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της φωτοπεριόδου (μείωση 1 ώρας οδηγεί σε προίμιση κατά 10-14 ημέρες).

Ανήκει στην οικογένεια Gramineae , υποοικογένεια Andropogoneae και γένος *Sorghum* . Το καλλιεργούμενο είδος είναι το *Sorghum bicolor L* με  $2n=20$  χρωμοσώματα . Άγρια είδη : *Sorghum versicolor* (αυτοφύεται στην Αφρική με  $2n=10$ χρωμ.) , *Sorghum halepense* (κοινώς Βέλιουρας – πολυετές ζιζάνιο με  $2n=40$ χρωμ.). Το *Sorghum bicolor L*. ταξινομείται στους εξής τύπους ποικιλιών :

- i) Καρποδοτικές (grain sorghum): χαμηλόσωμες (Kafir) , μετρίου ύψους (Dura) και υψηλόσωμες (Milo)
- ii) Χορτοδοτικές (grass sorghum) . Τύπος *Sudanense* , το ονομαζόμενο χόρτο του Σουδάν . Χαρακτηρίζεται από πολλά αδέλφια και πλούσιο φύλλωμα (ορισμένες ποικιλίες περιέχουν αρκετή ποσότητα ενός γλυκοζίτη , που ύστερα από υδρόλυση παράγει HCN ). Είναι κοπτόμενος τύπος μέχρι και 4 φορές (κόβεται όταν αποκτήσει ύψος περίπου 1 μέτρο). Ελληνική συνθετική ποικιλία του I.K.Φ.B. με το όνομα Κρόκιο αποδίδει περίπου 8,5 τόνους χλωρό χόρτο ή 1,8 τόνους ξηρό χόρτο.
- iii) Ζαχαροφόρες (sorgo). Περιέχουν ζαχαρώδεις ουσίες στην εντεριώνη (περισσότερο από 17%) και είναι όψιμες . Χρησιμοποιούνται για ενσίρωση και παραγωγή σιροπιού .
- iv) Σκούπα (broom corn). Στην Ελλάδα (νομός Έβρου) καλλιεργούνται για καρπό και σάρωθρα . Χαρακτηριστική είναι η πολύ μακριά ταξιανθία

τους , η οποία φτάνει έως 60 εκατοστά και χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκούπας.

### 2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες – οικολογικές απαιτήσεις

Η σπορά γίνεται την Άνοιξη και μάλιστα περίπου δύο εβδομάδες μετά την σπορά του αραβοσίτου. Η καλύτερη περίοδος για τις Εύκρατες περιοχές θεωρείται αυτή από τα μέσα Μαΐου έως και τις αρχές Ιουνίου.

Απαιτεί θερμοκρασίες εδάφους 7-10 °C για επιτυχές φύτρωμα, ενώ η αντίστοιχη θερμοκρασία ανάπτυξης πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 16 °C. Πάντως είναι γενικότερα θερμοφιλο φυτό καθώς οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται σε θερμοκρασίες αέρα μεταξύ των 27 και 29 °C.

Σε αντίθεση με τον αραβόσιτο, το σόργο δεν αποθηκεύει τους υδατάνθρακες (από την υδρόλυση των οποίων προέρχεται η αιθανόλη) στον καρπό αλλά στο καλάμι, στα φύλλα και κυρίως στο μίσχο. Επίσης η κυριότερη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο φυτών έγκειται στο μειωμένο χρόνο συγκομιδής που κυμαίνεται μεταξύ των 8-10 εβδομάδων στο σόργο.

Παρόλο που είναι τροπικής προελεύσεως, μπορεί να αναπτυχθεί άριστα σε υποτροπικές και εύκρατες περιοχές της υφελίου. Ορισμένα μάλιστα υβρίδια σόργου που προορίζονται για την παραγωγή ίνας αναπτύσσονται άριστα σε Μεσογειακές κλιματολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

Οι μεν γραμμές σποράς καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται το σόργο (για σάκχαρα, για καρπό, για ίνα, για ενέργεια, κτλ.) και κυμαίνονται από 40-120 cm, οι δε αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής σποράς εξαρτώνται από την πυκνότητα σποράς και την καλλιεργητική τεχνική και κυμαίνονται από 10 έως 15 cm.

Μεγάλο βέβαια πλεονέκτημα της καλλιέργειας είναι το σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης των φυτών στον αγρό, ενώ αραίωμα απαιτείται μόνο στην περίπτωση που η καλλιέργεια θα χρησιμοποιηθεί για την συλλογή των καρπών. Η τοποθέτηση του σπόρου γίνεται με μία απλή σπαρτική σιτηρών σε βάθος 3 έως 4 cm.

Το σόργο αντιδρά επιτυχώς στην αζωτούχο και τη φωσφορική λίπανση. Για παραγωγές της τάξης των 5-7 t στρ.<sup>-1</sup> τα φυτά καταναλώνουν περίπου 5 κιλά στρ.<sup>-1</sup> φώσφορο P. Ανάλογα με την εδαφολογική συμπεριφορά του χωραφιού και για παραγωγές της τάξης των 5-7 t στρ.<sup>-1</sup> απαιτούνται περίπου 5 με 7 κιλά N σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία, σε μία δόση λίγο πριν ή λίγο μετά τη σπορά, και σε αμμώδη εδάφη σε δύο δόσεις μία πριν τη σπορά και μία περίπου 30 ημέρες μετά (Undersander., *et al*, 1990). Συνήθως χορηγούνται 4-15 μονάδες N και 4-7 μονάδες P στο στρέμμα αντίστοιχα (Dercas *et al.*, 1995).

Κοινώς αποδεκτό είναι το γεγονός να αφήνεται χωρίς καμία λιπαντική αγωγή, η καλλιέργεια του σόργου, για χρονικό διάστημα από 2 έως 3 έτη, όταν έχουμε ικανοποιητικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας, καθώς το φυτό κυρίως εξαιτίας του πλούσιου και εκτεταμένου ριζικού του συστήματος, δεσμεύει το φυσικό άζωτο καθώς και άλλα θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος. Γι' αυτό άλλωστε θεωρείται σημαντική η συμβολή του στην οικοδόμηση της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.

Το σόργο μπορεί να ακολουθήσει σε πρόγραμμα αμειψισποράς οποιοδήποτε φυτό, αλλά καλό είναι να προηγούνται ψυχανθή, καθώς έχουν παρατηρηθεί μειωμένες αποδόσεις όταν μετά το σόργο ακολουθούν χειμερινά σιτηρά, διότι το πληθωρικό, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, ριζικό σύστημα του φυτού εξαντλεί τη διαθέσιμη υγρασία και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Επίσης σημαντικά προβλήματα παρουσιάστηκαν με την ανάπτυξη και παραγωγικότητα διαφόρων εαρινών καλλιεργειών όπως το βαμβάκι και ο αραβόσιτος, διότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα των ριζικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας του σόργου οδηγεί στην ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι ανταγωνίζονται τα φυτά σε άζωτο και θρεπτικά στοιχεία κατά την φάση της αποσυνθέσεως τους.

Το σημαντικότερο βέβαια πλεονέκτημα του σόργου είναι η αντοχή του σε εκτεταμένες περιόδους ξηρασίας. Η ανατομική κατασκευή των φύλλων του και το εκτενές ριζικό του σύστημα, σε συνδυασμό με την ικανότητα να αναστέλλει την ανάπτυξη του (λήθαργος) σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας, του δίδει την δυνατότητα να αντικαθιστά την καλλιέργεια του καλαμποκιού, ειδικότερα σε περιοχές με χαμηλές τιμές βροχόπτωσης. Επάξια λοιπόν του έχει δοθεί το προσωνύμιο φυτό "καμήλα" μεταξύ των υπολοίπων καλλιεργειών. Μάλιστα

ακόμη και αν το κεντρικό στέλεχος δεν επανέλθει έχει την δυνατότητα της ανάπτυξης νέων βλαστών (αδέλφια) με αποτέλεσμα να αποδίδει ικανοποιητικά. Στις περιπτώσεις μάλιστα που καλλιεργείται για τη ξηρή ή χλωρή του βιομάζα δεν πραγματοποιείται κανενός είδους αραίωμα ή κοπή των επιπλέον βλαστών (αδέλφια) που αυτό αναπτύσσει.

Στις περιπτώσεις βέβαια που υπάρχει διαθέσιμο νερό καλό είναι να αρδεύεται αμέσως μετά τη σπορά, 2 έως 3 φορές, σε αναλογικές δόσεις μετά την κάθε κοπή. Η κρίσιμη πάντως περίοδος είναι λίγο πριν την εμφάνιση των ταξιανθιών έως και την περίοδο της μαλακής ζύμης.

Παρότι θεωρείται από τα φυτά με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό (Mastrorilli *et al.*, 1995), η άρδευση θεωρείται απαραίτητη. Μάλιστα σε συνδυασμό με υψηλής γονιμότητας εδάφη δύναται να επιτευχθούν πολύ υψηλές παραγωγές. Ενώ η λιπαντική αγωγή δεν παίζει σπουδαίο ρόλο στην παραγωγή βιομάζας ή ζάχαρης, η επάρκεια αρδευτικού νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας. Ειδικότερα, για τα κλιματικά δεδομένα του Θεσσαλικού κάμπου ο μέσος όρος των συνολικών αναγκών σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο υπολογίζεται σε  $480 \text{ m}^3 \text{ στρ.}^{-1}$  συνυπολογιζομένου και ενός ποσοστού απωλειών περίπου 20% (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 1996).

Για την καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεσματική αποδεικνύεται η χρήση των προ-φυτρωτικών προπαζίνη ή και CDAA σε δόσεις 150-250 g στο στρέμμα. Είναι ευπαθές στο 2,4D και θεωρείται πτωχός ανταγωνιστής στο νεαρό στάδιο. Οι κυριότεροι εχθροί του φυτού είναι οι σιδηροσκώληκες, οι αγρότιδες, το πράσινο σκουλήκι (προσβάλλει τα φύλλα και τους σχηματιζόμενους καρπούς), η μύγα του σόργου (καταστροφή του κορυφαίου μεριστώματος), και η σεσάμια (εμποδίζεται η εμφάνιση ταξιανθιών). Αντιμετωπίζονται με εντομοκτόνα (ανάμιξη σπόρου ή γραμμική απεντόμωση εδάφους, ή δολώματα) και αμειψισπορά (π.χ. με ψυχανθή).

Οι σπουδαιότερες ασθένειες που προσβάλλουν το φυτό είναι οι σηψηριζίες (νανισμός), οι σήψεις του στελέχους (πλάγιασμα – πρώιμη ωρίμανση), οι σκωριάσεις καθώς επίσης και οι άνθρακες (π.χ. *Sphacelotheca sorghi*). Παρόλα αυτά τα νεαρά φυτά του σόργου παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα εμφανίζοντας μικρότερες ζημιές από την προσβολή των διαφόρων μυκήτων. Οι

μυκητιάσεις κάνουν την εμφάνιση τους μετά το πέρας 60 με 70 ημερών από τη σπορά της καλλιέργειας, όταν βέβαια το ευνοούν και οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (βροχοπτώσεις και εν συνεχεία υψηλές θερμοκρασίες).

Ο σπόρος είναι φυσιολογικά ώριμος όταν η υγρασία του είναι περίπου 40% . Η συγκομιδή πραγματοποιείται ανάλογα με τη χρήση χορτοκοπτικής μηχανής (για σανό, για ενσίρωση, για βιομάζα κ.ο.κ.) και με την χρήση θεριζοαλωνιστικής (για καρπό). Προτιμάται η συλλογή για κτηνοτροφικούς σκοπούς να γίνεται όταν η υγρασία του καρπού κυμαίνεται μεταξύ των ποσοστών 18-22% και τούτο διότι, πρώτον αυξάνει η ξηρά ουσία του στελέχους των φυτών, και δεύτερον μειώνεται το ποσοστό του πρωσικού οξέος (δηλητήριο) που περιέχεται στον καρπό και στο σανό.

Η αποξήρανση επιβάλλεται προκειμένου να αποθηκευτεί ο σπόρος με υγρασία μικρότερη από 14%. Χρησιμοποιούνται ειδικά αποξηραντήρια και διοχετεύεται αέρας με θερμοκρασία αναλόγως της υγρασίας και τον προορισμό του σπόρου . Η αποθήκευση γίνεται κυρίως σε μεταλλικά σιλό με συνθήκες υγρασίας μικρότερες από 13,5% και θερμοκρασία περίπου 0 βαθμούς Κελσίου, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σπόρο σποράς.

## 2.4. Προϊόντα

Ο καρπός του σόργου περιέχει 12% πρωτεΐνη , 3% φυτικό λίπος , 70% υδατάνθρακες και λίγες βιταμίνες . Στην Αφρική και Ασία χρησιμοποιείται στην διατροφή του ανθρώπου , ενώ στην Αφρική μόνον παρασκευάζεται και ένα είδος μπύρας . Στον Δυτικό Κόσμο χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και τροφή για πούλια . Το χόρτο χρησιμοποιείται ως χλωρή και ενσιρωμένη ζωοτροφή .

Από τα στελέχη του ζαχαροφόρου εξάγεται σιρόπι που περιέχει έως και περισσότερο από 17% ζάχαρα . Από αυτό 10-14% είναι ζαχαρόζη η οποία δεν μπορεί όμως να εξαχθεί σε κρυσταλλική μορφή με την υπάρχουσα τεχνολογία. Ορισμένες ποικιλίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σκούπας .



## 2.5. Παραγωγή ενέργειας

Ανάλογα με την ενεργειακή του χρήση διακρίνουμε δύο ποικιλίες, το γλυκό Σόργο (*sweet sorghum*) για την παραγωγή βιοαιθανόλης, και το ινώδες Σόργο (*fiber sorghum*) για την παραγωγή βιομάζας.

Ειδικότερα σε περιοχές με έντονο το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Λος Άντζελες, Πόλη του Μεξικού, Λονδίνο κ.α.) θεωρείται πλέον αναγκαία η λύση της παραγωγής οξυγονωμένων καυσίμων με μείγμα αιθανόλης (USDA, 1990). Η σημασία της χρήσης της αιθανόλης αναμένεται να αυξηθεί δεδομένου ότι μεγάλο μέρος των προβλημάτων υγείας σήμερα συσχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Μάλιστα, αν και σε αρχικό στάδιο ακόμα έχει προβλεφθεί σε μερικές χώρες με υψηλές καθημερινές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων (π.χ. Η.Π.Α.), η θεσμοθέτηση ειδικών φοροαπαλλαγών στους χρήστες αυτοκινήτων που θα επιλέξουν ως καύσιμη ύλη το εν λόγω μείγμα. Με το φορολογικό αυτό κίνητρο σε ισχύ για άλλα 10 έτη η παραγωγική ικανότητα της αιθανόλης αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 1995 και να τριπλασιαστεί μέχρι το έτος 2010 (Dinneen, 1991).

Η απόδοση σε χλωρό βάρος του γλυκού σόργου κυμαίνεται από 80-100 t ha<sup>-1</sup> στη Γερμανία, σε 92 t ha<sup>-1</sup> στην Ισπανία (Curt *et al.*, 1995) και υπολογίζεται να ανέλθει στους 141 t ha<sup>-1</sup> στην Ελλάδα (Dalianis, 1996). Αντίστοιχα η παραγωγή του ινώδους σόργου σε χλωρή βιομάζα έφτασε τους 90 t ha<sup>-1</sup> σε συγκομιδές στις αρχές του Φθινοπώρου στην Ελλάδα (Panoutsou, 1999).

Σημαντικά υψηλές παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα παρατηρήθηκαν σε πείραμα που έγινε στην Κεντρική Ελλάδα με διαφορετικές μεθοδολογίες άρδευσης (Sakellariou – Makrandonaki *et al.*, 2001) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής. Έτσι, στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με επιφανειακή στάγδην άρδευση η μέγιστη παραγωγή ξηρής βιομάζας άγγιξε τους 1,3 t ha<sup>-1</sup> και ακολούθησε η άρδευση με κανόνι βροχής με 1,2 t ha<sup>-1</sup> ξηρής βιομάζας.

Επίσης παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά (LSD<sub>p=0,05</sub>) των επιφανειακών επαναλήψεων έναντι της άρδευσης με κανόνι βροχής αναφορικά με το ύψος και τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) που αντιπροσωπεύουν

σημαντικές μεταβλητές της αναπτυξιακής εξέλιξης των φυτών, καθώς επίσης και σε ξηρή βιομάζα που αντιπροσωπεύει παράμετρο της παραγωγικότητας. Στα συμπεράσματα πειράματος που πραγματοποιήθηκε στη νότια Ρουμανία (Roman *et al.*, 1998), αναφέρεται ότι η μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα του γλυκού σόργου έφτασε τους 2,8 t στρ.<sup>-1</sup>, χωρίς περιορισμούς στις δόσεις άρδευσης (κάλυψη αναγκών στο 100% της εξατμισοδιαπνοής). Δεν παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας σε πείραμα που διεξήχθη στην Ιταλία (Venturi, 1999). Εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά προγράμματα λίπανσης (0, 100, 200 kg N ha<sup>-1</sup>), οι μέγιστες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν στα επίπεδα των 2,1 με 2,4 t στρ.<sup>-1</sup> και μάλιστα στις επαναλήψεις στις οποίες εφαρμόστηκε η μέγιστη δόση αζωτούχας λίπανσης.

Βάση πειραματικών αποτελεσμάτων (Νικολάου και συνεργάτες, 2000) προέκυψε ότι η πλέον παραγωγική ποικιλία για τα Ελληνικά δεδομένα σακχαρούχου σόργου είναι η Keller (3,8 t στρ.<sup>-1</sup> ξηρής βιομάζας) και ακολουθούν, η Tracy και το υβρίδιο H132 (3,7 t στρ.<sup>-1</sup> ξηρής βιομάζας).

Βέβαια σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα του φυτού παίζουν, πέραν των κλιματολογικών δεδομένων, η γονιμότητα του εδάφους και η καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται. Αντίθετα σε κλιματολογικές ζώνες όπου η έλλειψη νερού είναι σημαντική ο κυριότερος παράγοντας μεγιστοποίησης της παραγωγής είναι το διαθέσιμο νερό άρδευσης. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια αρδεύεται είναι πολλά υποσχόμενη, έτσι ώστε με μέτρια ποσά άρδευσης της τάξης των 250-300 mm year<sup>-1</sup> έχουν σημειωθεί παραγωγικότητες που υπερβαίνουν τους 3,5 t στρ.<sup>-1</sup> σε ξηρή ουσία ή τους 1,4 τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου (Dercas *et al.*, 1995 ; Dercas *et al.*, 1996).

Με βάση τα στοιχεία που αναφέρονται σε πειράματα των Maxey *et al.* (1989) και των Worley και Cundiff (1991), το υπολογιζόμενο κόστος για την παραγωγή του γλυκού σόργου, έως και την συγκομιδή, ανέρχεται στα \$ 365 ha<sup>-1</sup>. Εάν μάλιστα οργανωθεί καλύτερα μία αλυσίδα βιομηχανικής παραγωγής αιθανόλης, από τη ξηρή βιομάζα του γλυκού σόργου, η επιστροφή την οποία μπορούν να επιτύχουν οι αγρότες ανέρχεται σε \$ 125 ha<sup>-1</sup>.

Σε πείραμα (Rajvashi and Nimbkar, 1995) που πραγματοποιήθηκε στην Ινδία σε τοπική οινοπνευματοποιία με τη χρήση Ηλιακής Ενέργειας σε ποσοστό 70% για την απόσταξη αιθανόλης 95% (v/v), υπολογίστηκε το κόστος παραγωγής της αιθανόλης σε \$ 0,4 ανά λίτρο από την ξηρή βιομάζα του γλυκού σόργου.

Επομένως για παραγωγές της τάξης των 4 t στρ.<sup>-1</sup> το συνολικό κόστος παραγωγής ανέρχεται σε \$ 12,25 t<sup>-1</sup>, ή αλλιώς το συνολικό κόστος παραγωγής λίγο πριν την διάθεση του στο Εμπόριο τιμάται στα \$ 0,600 l<sup>-1</sup> αιθανόλης, όταν η τιμή διάθεσης του προϊόντος στην αγορά δεν ξεπερνά τα \$ 0,360 l<sup>-1</sup> αιθανόλης.

Δηλαδή για να μπορέσει το προϊόν να τύχει ικανοποιητικότερων τιμών διάθεσης πρέπει αφ' ενός να βελτιωθεί η αλυσίδα παραγωγής (μειώνοντας το κόστος παραγωγής, συγκομιδής, αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας) και αφετέρου να αυξηθεί η συνολικά παραγόμενη ποσότητα (ενημέρωση των αγροτών, θέσπιση φοροαπαλλαγών για τους αγρότες που απασχολούνται αποκλειστικά και μόνο με την παραγωγή Ενεργειακών φυτών, επιχορηγήσεις, διευκολύνσεις για την αγορά λιπασμάτων – υλικών άρδευσης).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### Η ΑΡΔΕΥΣΗ

#### 3.1. Γενικά

Υπό το καθεστώς των κλιματικών συνθηκών του ξηρού Μεσογειακού καλοκαιριού, για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής του σόργου και κάθε εαρινής καλλιέργειας, απαιτείται η χορήγηση δόσεων άρδευσης οι οποίες να ικανοποιούν τις ανάγκες εξατμισοδιαπνοής, έτσι ώστε καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης τους τα φυτά να βρίσκονται συνεχώς υπό το καθεστώς ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας. Επίσης για την άμβλυνση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν από τη χρήση των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης (κατάκλιση, άρδευση με αυλάκια και λωρίδες, καταιονισμός) εφαρμόστηκαν σύγχρονα συστήματα άρδευσης όπως η επιφανειακή άρδευση με σταγόνα.

Το “κάψιμο” των φύλλων και το φυλλώδες βρέξιμο που εμφανίζεται κυρίως στην άρδευση με τεχνητή βροχή, οι μεγάλες απώλειες υγρασίας λόγω επιφανειακής εξάτμισης, η συσσώρευση αλάτων στη ζώνη της ριζόσφαιρας που δημιουργείται στην άρδευση λωρίδων και αυλακίων, σοβαρά προβλήματα που συναντούσαμε με τις παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης μπορούν να εξαλειφθούν με την επιφανειακή στάγδην άρδευση.



### 3.2. Κανόνι βροχής (αυτοπροωθούμενο συγκρότημα με εκτοξευτή)

Το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα με εκτοξευτή (κανόνι βροχής) είναι ένας υψηλής πίεσεως καταιονιστήρας που τροφοδοτείται με νερό μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα και κινείται από το ένα μέχρι το άλλο άκρο του χωραφιού αρδεύοντας μία λωρίδα εδάφους. Το σύστημα αποτελείται επίσης από ένα φορείο πάνω στο οποίο βρίσκεται ο εκτοξευτής και από ένα δεύτερο φορείο το οποίο φέρει το τύμπανο πάνω στο οποίο τυλίγεται ο εύκαμπτος σωλήνας. Με την έναρξη της άρδευσης το τύμπανο αρχίζει να περιστρέφεται τυλίγοντας το σωλήνα, ο οποίος ταυτόχρονα τροφοδοτεί με νερό τον εκτοξευτήρα και έλκει το φορείο που τον φέρει, επιτυγχάνοντας έτσι την άρδευση μίας λωρίδας εδάφους του χωραφιού (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Το κάθε συγκρότημα χαρακτηρίζεται από τη διάμετρο του ακροφυσίου, το μήκος του εύκαμπτου σωλήνα και τη διάμετρο αυτού. Οι γωνίες εκτόξευσης κυμαίνονται μεταξύ των  $18^{\circ}$  –  $32^{\circ}$  και για τη σωστή άρδευση οι ταχύτητες του ανέμου δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα  $16 \text{ km h}^{-1}$ . Η ταχύτητα του συγκροτήματος και ο συνολικός χρόνος εφαρμογής υπολογίζεται ανάλογα με το μήκος του χωραφιού, τις συνολικές εφαρμογές, τη δόση άρδευσης, τη διάμετρο διαβροχής και το μήκος του εύκαμπτου σωλήνα. Η διαδικασία της επιλογής του κατάλληλου συγκροτήματος έχει να κάνει με την έκταση και τις διαστάσεις του αγρού, την μέση ένταση των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή καθώς και την κατεύθυνση των, την καλλιέργεια που θα χρησιμοποιηθεί, τον τύπο του εδάφους, την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή για τις ημέρες αιχμής (Ιούλιος), την αρδευτική αποδοτικότητα, τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος και το εύρος άρδευσης κατά την περίοδο αιχμής.

Μέχρι το έτος 1988 περίπου 4500 συγκροτήματα είχαν καταγραφεί σε ολόκληρη τη χώρα εξυπηρετώντας περισσότερα από 600.000 στρέμματα αρδευόμενων καλλιεργειών (Λουϊζάκης, 1991). Σημαντική ήταν άλλωστε η συνεισφορά του εν λόγω συστήματος στον διπλασιασμό του οικογενειακού γεωργικού εισοδήματος την περίοδο από το 1981 έως το 1985 στη χώρα μας και σαν αποτέλεσμα αυτού από τότε έως σήμερα ο αριθμός αυτών και η έκταση που καταλαμβάνουν υπερδιπλασιάστηκε.

Γενικότερα ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να μην υπερβαίνει τη διηθητικότητα του εδάφους (ίσως το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου). Προβλήματα συναντούμε στην ομοιομορφία άρδευσης αυτών των συστημάτων, καθώς σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνά σε ποσοστό το 70 – 75%, εξαιτίας κυρίως των διακυμάνσεων της φοράς και της ταχύτητας του ανέμου. Στα αρνητικά του συστήματος υπολογίζονται επίσης και οι γραμμικές απώλειες φορτίου του αγωγού καθώς επίσης και οι απώλειες του φορείου του τυμπάνου.

Ο σχεδιασμός για τη βέλτιστη λειτουργία του συστήματος, καθώς επίσης και οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συνήθως αγνοούνται και η αγορά τους γίνεται χωρίς κατάλληλη μελέτη, εμπειρικά σε συνεννόηση με τον αντίστοιχο πωλητή. Το κόστος προμήθειας του συγκροτήματος είναι σημαντικά υψηλό και απαιτεί μεγάλη ισχύ κινητήρα και αντίστοιχα υψηλή διαθέσιμη παροχή νερού (Rolland, 1982 ; Λουϊζάκης, 1995).

Ολοκληρωμένες μελέτες από έμπειρους και ειδικούς, που να επικεντρώνονται στην αξιολόγηση, επιλογή προμήθειας και χρήση του συγκροτήματος (ακροφύσια, μήκος σωλήνα, ταχύτητα συγκροτήματος, ταχύτητα και φορά ανέμου κ.α.), θεωρούνται απαραίτητες ώστε να ανταποκρίνεται το επιλεχθέν συγκρότημα στις ανάγκες της κάθε ξεχωριστής γεωργικής επιχείρησης, χωρίς σημαντικά προβλήματα

### **3.3. Επιφανειακή στάγδην άρδευση**

Η άρδευση με σταγόνες επιφανειακά είναι η μέθοδος με την οποία το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με την μορφή σταγόνας, έτσι ώστε η κάθε καλλιέργεια να εφοδιάζεται ξεχωριστά την αναγκαία ποσότητα υγρασίας για την ορθή ανάπτυξή της. Η μέθοδος προσφέρεται ειδικότερα σε περιοχές όπου το διαθέσιμο αρδευτικό νερό δεν διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες και είναι χαμηλής ποιότητας (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου. Οι αγωγοί του δικτύου είναι από P.V.C. διαμέτρων 12-25 mm. Επάνω στους σωλήνες ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο χωράφι με τη μορφή σταγόνων. Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά την αντλία ή την υδροληψία και περιλαμβάνει μετρητές ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσεως και

συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Ο κάθε σταλακτήρας πρέπει να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη παροχή που να μην επηρεάζεται από τις μεταβολές της πίεσης στον σωλήνα εφαρμογής και επίσης να είναι κατασκευασμένος από υλικό που δεν καταστρέφεται σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Οι περισσότεροι σήμερα σταλακτήρες είναι αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι.

Το κυριότερο κομμάτι που περιλαμβάνεται στην μονάδα ελέγχου είναι τα φίλτρα. Χρησιμοποιούνται με σκοπό τη πρόληψη από τις πιθανές φθορές και δυσλειτουργίες του δικτύου που προκαλούνται κυρίως από τα υλικά που μεταφέρονται με το νερό. Τα φίλτρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες α) τα φίλτρα σίτας, β) τους υδροκυκλώνες και γ) τα φίλτρα χαλικιών και άμμου. Οι απώλειες φορτίου που δημιουργούνται εντός των φίλτρων οφείλονται στις υψηλές παροχές του νερού άρδευσης που τα διαπερνά. Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου άρδευσης με σταγόνες απαιτεί ορισμένους χειρισμούς όπως η αυτοματοποιημένη έναρξη και παύση λειτουργίας του συστήματος, η διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων και η ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής στην αρχή του δικτύου και στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Η μεγάλη εξάπλωση της μεθόδου με επιφανειακή άρδευση στη χώρα μας οφείλεται κυρίως στις καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων και αμπέλου από τις αρχές της δεκαετίας του 80'. Σε πολλές διεθνείς εργασίες και δημοσιεύσεις έχει αναφερθεί εξοικονόμηση αρδευτικού νερού σε αμπελώνες και ταυτόχρονα αύξηση παραγωγής σταφυλιών ανά συστάδα (Smart and Coombe, 1983 ; Williams and Matthews, 1990 ; Mullins, *et al.*, 1992). Επίσης οι Bravdo και Herper (1987) απέδειξαν ότι με την επιφανειακή στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται ικανοποιητικότερη χορήγηση των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της αμπέλου και ειδικότερα του φωσφόρου, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής ανά στρέμμα και τη βελτίωση διαφόρων χαρακτηριστικών όπως τη χημική σύσταση του μούστου και το τελικό χρώμα του κρασιού.

Η χρήση αυτής της μεθόδου στην καλλιέργεια του βαμβακιού στην Ελλάδα έχει φέρει εντυπωσιακά αποτελέσματα. Ενδεικτικά αναφέρεται η αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης στη χώρα μας με βαμβάκι από 160.000 ha στα τέλη της δεκαετίας του 80' σε άνω των 400.000 ha σήμερα (Οργανισμός Βάμβακος, 2001).

Για τις περιοχές του Νομού Λάρισας που μελετήθηκαν (Κωτσόπουλος και συνεργάτες, 1996) ως προς το σχεδιασμό των δικτύων τοπικής άρδευσης, κρίνεται ότι η εφαρμογή της μεθόδου είναι αρκετά ικανοποιητική. Συχνοί πρέπει όμως να είναι οι έλεγχοι για τυχόν εμφράξεις και μηχανικές ζημιές, καθώς και η συντήρηση των δικτύων, ειδάλως οδηγούμαστε σε δυσμενή αποτελέσματα στην παραγωγή και απόδοση της καλλιέργειας.

### **3.3.1. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Επιφανειακής στάγδην άρδευσης**

Τα πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι α) η χαμηλή πίεση λειτουργίας του συστήματος, β) η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, γ) η δυνατότητα ταυτόχρονης χορήγησης λιπασμάτων σε υδατοδιαλυτή μορφή, δ) η μείωση των απωλειών νερού εξαιτίας της επιφανειακής απορροής και των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου, ε) η πλήρης αυτοματοποίηση της μεθόδου (καθορισμός προγράμματος άρδευσης) και στ) η εφαρμογή του σε περιοχές με εξαιρετικά ανάμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπέδωσης.

Παρόλα αυτά η μέθοδος παρουσίασε και ορισμένα μειονεκτήματα όπως α) το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, β) η ανάγκη απομάκρυνσης και επανατοποθέτησης των δευτερευόντων αγωγών άρδευσης λίγο πριν και μετά την εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας (σε μονοετείς καλλιέργειες) και γ) η φθορά των υλικών άρδευσης εξαιτίας κυρίως των καιρικών συνθηκών, της τοπικής υπέργεια πανίδας και των καλλιεργητικών πρακτικών. Τα παραπάνω όμως τις περισσότερες φορές, υπερκαλύπτονται από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής.

Η χρήση αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα οδηγεί σε έμφραξη των σταλακτήρων και σε πιθανή αύξηση της αλατότητας στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Το πρόβλημα της έμφραξης των σταλακτήρων αντιμετωπίζεται προληπτικά με τη ρύθμιση του pH του νερού άρδευσης γύρω στο 6,5 έτσι ώστε να μειώνονται δραστικά οι αποθέσεις του ανθρακικού ασβεστίου. Σύμφωνα με τον Nakayama (1986) για να επιτευχθεί μείωση του pH από την τιμή 8 στην τιμή 6,5 απαιτούνται περίπου  $1 \text{ me l}^{-1}$  υδροχλωρικού οξέος περιεκτικότητας 36%. Ο Meyer (1985) ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία για τον καθαρισμό των σταλακτήρων: πλήρωση των γραμμών με νερό και ταυτόχρονη προσθήκη της αναγκαίας



ποσότητας υδροχλωρικού οξέος, έλεγχος της τιμής του pH ώστε αυτή να μην ξεπερνά τη τιμή 2 ακόμα και στα πιο απομακρυσμένα σημεία, παραμονή του νερού για τουλάχιστον μία ώρα εντός των σωληνώσεων, έκπλυση των σταλακτηφόρων αγωγών και επανάληψη της διαδικασίας ώστε το νερό να τρέχει στο τέλος απολύτως καθαρό.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 4.1. Γενικά – Οριοθέτηση - Σχέδιο

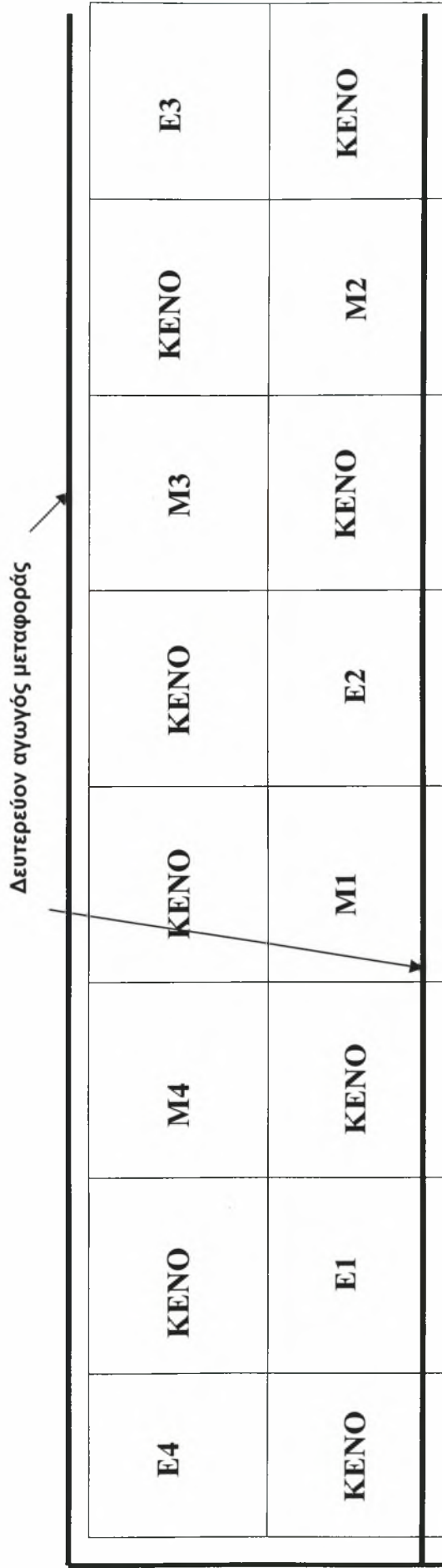
Η ανάπτυξη και παραγωγικότητα του ινώδους σόργου (*Sorghum bicolor* L Moench) ποικιλία FS-5 μελετήθηκε σε πείραμα αγρού στο πειραματικό αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2002. Το συγκεκριμένο αγρόκτημα βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 39°23', γεωγραφικό μήκος 22°45' και σε υψόμετρο 50 m από το επίπεδο της θάλασσας. Στην περιοχή επικρατεί ένα τυπικό μεσογειακό κλίμα, χαρακτηριζόμενο από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς και υγρούς χειμώνες.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 28 Μαΐου του 2002. Η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει ο συγκεκριμένος πειραματικός αγρός είναι 1 στρέμμα. Χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένο σχέδιο συγκροτημάτων με τρεις μεταχειρίσεις σε τέσσερις επαναλήψεις (συνολικά 12 πειραματικά τεμάχια – σχέδιο 4.1.).

Η διαφοροποίηση των τεμαχίων έγινε με βάση τη μέθοδο άρδευσης. Έτσι τέσσερα πειραματικά αρδεύτηκαν με τη χρήση αυτοπροωθούμενου συγκροτήματος τεχνητής βροχής με αγωγό (Φ110) και εκτοξευτή (κανόνι βροχής), τέσσερα πειραματικά αρδεύτηκαν με επιφανειακή στάγδην άρδευση, ενώ τέλος τέσσερα πειραματικά χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες και δεν αρδεύτηκαν καθόλου.

Η συνολική επιφάνεια του κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 50 m<sup>2</sup> (κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε μήκος 10 m και πλάτος 5 m). Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εγκαταστάθηκαν έξι σειρές φυτών. Η απόσταση μεταξύ των σειρών σποράς της κάθε επανάληψης ήταν 0,8 m. Η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς υπολογίστηκε στα 0,143 m και επομένως η πληθυσμιακή πυκνότητα σποράς βρέθηκε 8.400 φυτά στρ.<sup>-1</sup>. Τα υλικά άρδευσης, οι αποστάσεις των δικτύων εφαρμογής, οι ισαποχή των σταλακτήρων, και τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά της άρδευσης παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο "υλικά άρδευσης". Στο σχέδιο 4.1 που ακολουθεί φαίνεται η διάταξη των τεμαχίων στον αγρό.

K4	K3
K1	K2



Αγωγός  
μεταφοράς

Δεξαμενή Νερού

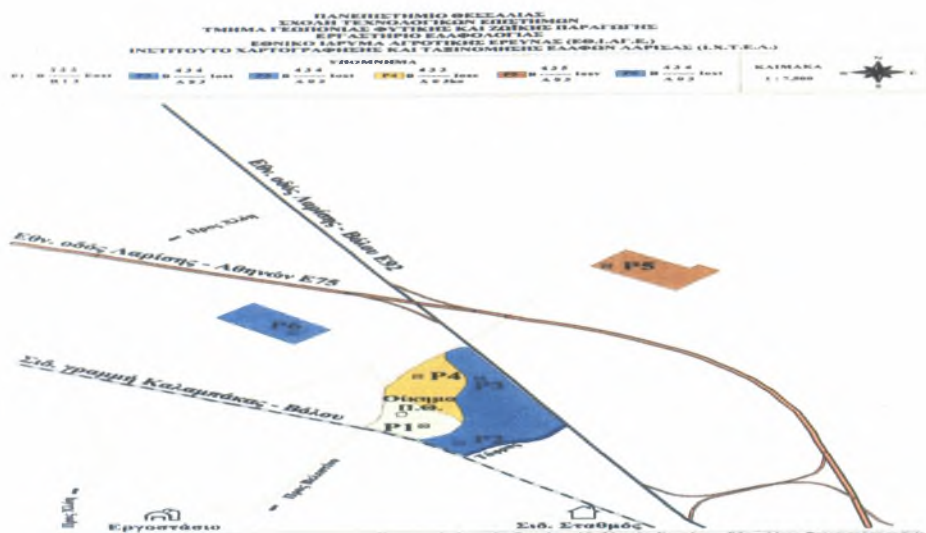
K1-K4 : ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΝΟΝΙ  
E1-E4 : ΑΡΔΕΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ  
M1-M4 : ΜΑΡΤΥΡΑΣ

Σχέδιο 4.1 Πειραματικός αγρός στο Βελεστίνο 2002

## 4.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Το έδαφος, όπου το πείραμα πραγματοποιήθηκε, είναι καλά αποστραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλυο-αργιλοπηλώδους υφής και ανήκει στην υποομάδα των Typic Xerochrepts (USDA, 1975).

Η εδαφοτομή P<sub>2</sub> αντιπροσωπεύει τη μισή περίπου έκταση του κεντρικού τμήματος του αγροκτήματος Βελεστίνου. Η οριοθέτηση του παρουσιάζεται στο σχήμα



Παρατηρείται έναρξη της διαδικασίας εδαφογένεσης με το σχηματισμό “καμβικού” ορίζοντα και την εμφάνιση “ωχρού” επιπέδου υπεράνω του διαγνωστικού ορίζοντα. Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας *xeigic* και εδαφικής θερμοκρασίας *thermic*. Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκκοκη έως λεπτόκκοκη. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με Β βαθμό αποστράγγισης ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πετρώδους σύστασης του. Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή και σε επίπεδα μετρίως χαμηλά και εμφανίζουν μία σαφή τάση μετακίνησης και έκπλυσης τους προς τα βαθύτερα στρώματα της εδάφους.

Το pH βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα (7,9-8,2), χωρίς όμως να είναι προβληματικό. Το πορώδες είναι καλά αναπτυγμένο, αποτελούμενο κυρίως από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους. Ο διαθέσιμος φώσφορος είναι 20 ppm. Η οργανική ουσία είναι επαρκής μέχρι το βάθος των 60 cm και σε πολύ χαμηλά επίπεδα βαθύτερα. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Mg, K και η C.E.C. γενικά

βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Fe, Zn και Mn βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σε αντίθεση με το Cu.

### Πίνακας 4.1. Φυσικές και Χημικές ιδιότητες του εδάφους στην εδαφοτομή P<sub>2</sub>.

Εδαφοτομή: P<sub>2</sub>

Τάξη: Inceptisol

Υποομάδα: Typic xerochrept

43\*4

Χαρτογραφική μονάδα: B—Iox

A03

Βάθος (cm)	Οριζοντας	Χρώμα Ύφουρο	Κοκκομετρική 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 (Ο.Υ.) (g/100g εδάφους)	Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	pH (H <sub>2</sub> O 1:1)	P ppm Olsen	Ανταλλάξιμα Κατιόντα				I.A.K. me/100 g Εδάφους
					K	Na	Ca	Mg	
0-34	1,10	5,0	7,9	20	0,27	0,07	25,5	6,16	32,0
34-62	1,07	14,5	8,1	9	0,38	0,15	23,7	8,54	32,8
62-96	0,70	10,7	8,2	12	0,26	0,32	23,6	7,78	32,0
94-114	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

Βάθος (cm)	Ιχνοστοιχεία (ppm)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0-34	4,50	2,82	0,80	6,80
34-62	6,40	2,32	0,38	3,40

(Μήτσιος και συνεργάτες, 2000)

### 4.3. Υλικά άρδευσης

Οι αγωγοί μεταφοράς αρδευτικού νερού του επιφανειακού δικτύου άρδευσης ήταν από πολυαιθυλένιο (PE), διατομής 32 mm με πίεση λειτουργίας στις 6 Atm. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο της επιφανειακής στάγδην άρδευσης τοποθετήθηκαν τρεις αγωγοί εφαρμογής των 20 mm. Η απόσταση των αγωγών εφαρμογής μεταξύ τους ήταν 1,6 m και η τοποθέτηση τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών σποράς της καλλιέργειας. Η ισαποχή των σταλακτήρων (emitters) επί των γραμμών άρδευσης ήταν 0,6 m. Οι σταλάκτες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι, παροχής  $3,6 \text{ l h}^{-1}$  σε πίεση λειτουργίας 3,5 Atm και ωριαίου ύψους βροχής  $3,78 \text{ mmh}^{-1}$  (πίνακας 4.2.).

Πραγματοποιήθηκε επίσης η τοποθέτηση τεσσάρων ηλεκτροβανών (μία για κάθε δύο πειραματικά τεμάχια της ίδιας μεταχείρισης) με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της άρδευσης και τέσσερις υδρομετρητές, αντίστοιχα με τις ηλεκτροβάνες, για τον έλεγχο των πιθανών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των δόσεων άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες ήταν τύπου Aquanet II, με τάση λειτουργίας 9-40 V. Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή (miracle, φωτο σελ.24) της εταιρίας Netafim με σκοπό την αυτοματοποίηση της άρδευσης. Ο προγραμματιστής παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας τεσσάρων ηλεκτροβανών ταυτοχρόνως σε τρία διαφορετικά προγράμματα και αποτελείται από την ψηφιακή οθόνη προγραμματισμού, τα πλήκτρα εντολών (καθορισμός ημέρας, ώρας, δόσης και διάρκειας άρδευσης), την μπαταρία Λιθίου (9 V), τον πίνακα ελέγχου, τα καλώδια με τις συνδέσεις τους και το πλαίσιο στήριξης

Ειδικότερα παρέχει τη δυνατότητα της συνεχούς άρδευσης για 9 h 59 min, μπορεί να προγραμματιστεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης, διαθέτει την ικανότητα καθυστέρησης της άρδευσης έως και 99 ημέρες, παρέχει τη δυνατότητα μείωσης ή και αύξησης των δόσεων άρδευσης μέχρι ποσοστού 100% σε βήματα του 10%, δίνει τη δυνατότητα της ανεξάρτητης ακύρωσης ενός ή περισσότερων προγραμμάτων με την αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα, επίσης σε περιπτώσεις βλαβών προσπερνά την προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση στην επόμενη χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής βάνας, και τέλος διαθέτει πρόγραμμα ασφαλείας 10 min για την κάθε ημέρα.

Χρησιμοποιήθηκε επίσης τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας 50 m<sup>3</sup> με σκοπό τη συγκέντρωση και διάθεση του απαιτούμενου προς άρδευση ύδατος. Η πλήρωση της δεξαμενής πραγματοποιούνταν από παρακείμενη γεώτρηση με τη χρήση αντλίας μέσης παροχής 60-80 m<sup>3</sup> νερού h<sup>-1</sup> με άξονα και σωλήνα 4". Τοποθετήθηκαν επίσης η αντλία προώθησης του νερού στα δίκτυα, οι ηλεκτροβάνες, τα διάφορα φίλτρα, η βαλβίδα κενού, ο αγωγός των επιστρεφόμενων, το πιεζόμετρο και ο υπόλοιπος μηχανολογικός εξοπλισμός της άρδευσης .

Στο σύνολο τους οι αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν δεκαεπτά και χορηγήθηκαν 280 m<sup>3</sup> νερού στρ.<sup>-1</sup> στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και 280 m<sup>3</sup> νερού στρ.<sup>-1</sup> στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με την μέθοδο της άρδευσης με κανόνι βροχής, καλύπτοντας το 100% των αναγκών σε εξατμισοδιανοή της καλλιέργειας (πίνακας 4.3.). Στις ποσότητες αυτές, βεβαίως, δεν συμπεριλαμβάνεται η ποσότητα των κατακρημνισμάτων (βροχή) και το νερό φυτρώματος.

Για την μέθοδο της άρδευσης με κανόνι βροχής, ο εκτοξευτής τοποθετήθηκε σε σταθερό σημείο κοντά στα πειραματικά τεμάχια και χρησιμοποιήθηκαν δοκιμαστικοί σωλήνες για τον έλεγχο της ομοιομορφία της άρδευσης. Η παροχή του 'κανονιού' μετρήθηκε στα 34 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> σε πίεση λειτουργίας 4,5 Atm και ωριαίου ύψους βροχής τα 18 mm h<sup>-1</sup>.

Η διηθητικότητα του συγκεκριμένου εδάφους αγγίζει τα 7 mm h<sup>-1</sup>, και γι' αυτό το λόγο οι εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν με ενδιάμεσες διακοπές της τάξης των 40' με 45', όταν ο συνολικός χρόνος άρδευσης ξεπερνούσε τα δεκαπέντε λεπτά της ώρας (ανάλογα και με τις τιμές της εδαφικής υγρασίας). Εξαιρέση αποτέλεσαν η πρώτη και όγδοη κατά σειρά εφαρμογή εξαιτίας των χαμηλών τιμών εδαφικής υγρασίας στα συγκεκριμένα πειραματικά.

**Πίνακας 4.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά άρδευσης των μεταχειρίσεων**

Μεταχείριση	Ισαποχή αγωγών εφαρμογής (m)	Ισαποχή σταλακτήρων (m)	Παροχή ( $l\ h^{-1}$ )	Πίεση λειτουργίας (Atm)	Δόση άρδευσης (% ET)
K1	-	-	34.000	4,5	100
K2	-	-	34.000	4,5	100
K3	-	-	34.000	4,5	100
K4	-	-	34.000	4,5	100
E1	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E2	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E3	1,6	0,6	3,6	3,5	100
E4	1,6	0,6	3,6	3,5	100

**Πίνακας 4.3. Δόσεις άρδευσης και διάρκειες άρδευσης των μεταχειρίσεων**

Ημερομηνία	Δόση Επιφ/κής Στάγδην (mm)	Διάρκεια Άρδευσης Επιφ.	Δόση Κανονιού βροχής (mm)	Διάρκεια Άρδευσης Κανονιού
18/7/2002	32	7h 12'11''	32	1h 2'47''
21/7/2002	21	4h 43'37''	21	41'11''
23/7/2002	10	2h 15'3''	10	19'37''
24/7/2002	5	1h 7'31''	5	9'41''
1/8/2002	20	4h 30'6''	20	39'14''
4/8/2002	17	3h 49'36''	17	33'21''
7/8/2002	16	3h 36'5''	16	31'23''
11/8/2002	29	6h 31'40''	29	56'50''
15/8/2002	24	5h 24'8''	24	47'5''
19/8/2002	15	3h 22'35''	15	29'25''
23/8/2002	17	3h 49'36''	17	33'21''
26/8/2002	14	3h 9' 5''	14	27'28''
28/8/2002	9	2h 1'33''	9	17'39''
2/9/2002	9	2h 1'33''	9	17'39''
4/9/2002	5	1h 7'31''	5	9'41''
11/9/2002	14	3h 9' 5''	14	27'28''
26/9/2002	23	5h 10'38''	23	45'7''
<b>Σύνολο</b>	<b>280</b>	<b>63h 1'33''</b>	<b>280</b>	<b>9h 9'16''</b>



#### 4.4. Εξοπλισμός για τη συλλογή βασικών δεδομένων του πειράματος

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας έγιναν λίγο πριν την άρδευση και δύο ημέρες μετά από αυτήν, με την μέθοδο TDR (Time Domain Reflectometry), με αισθητήρες μήκους 75cm και διαστημάτων μέτρησης: 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 και 60-75 cm.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στην απευθείας μέτρηση της φαινόμενης διηλεκτρικής σταθεράς του υπό μέτρηση εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα νερού. Η διηλεκτρική σταθερά επιδρά και καθορίζει την ταχύτητα κίνησης ενός υψηλής συχνότητας σήματος το οποίο διαβιβάζεται στο έδαφος μέσω κατάλληλου κυματοδηγού (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και συνεργάτες, 1997). Με άλλα λόγια, η αρχή λειτουργίας του TDR βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για διάφορα βάθη από 0-75 cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης σε μονάδες εδαφικής υγρασίας (% κ.ο.), με την χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων. Το όλο σύστημα περιλαμβάνει τη συσκευή T.D.R. με ενσωματωμένο επεξεργαστή μετατροπής και την οθόνη προβολής των τιμών εδαφικής υγρασίας, τον αισθητήρα του οργάνου (probe), τον φορτιστή των μπαταριών του οργάνου, τα καλώδια επικοινωνίας της συσκευής με τον αισθητήρα και τον υπολογιστή, και την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή των αισθητήρων. Το συγκεκριμένο όργανο δεν απαιτεί βαθμονόμηση, καθώς είναι βαθμονομημένο από τον κατασκευαστή. Τοποθετήθηκαν συνολικά τρεις αισθητήρες ένας για κάθε διαφορετική μεθοδολογία άρδευσης.

Σημειώνεται εδώ ότι κατά τις ημέρες των υψηλών βροχοπτώσεων, οι οποίες συνέπεσαν με τις προκαθορισμένες μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας, αυτές πραγματοποιήθηκαν κανονικά αλλά δεν συμπεριελήφθησαν στην γραφική και στατιστική επεξεργασία των τιμών της εδαφικής υγρασίας, καθώς οι τιμές αυτές δεν είχαν απολύτως καμία σχέση με τις διαφορετικές μεθοδολογίες άρδευσης που εφαρμόστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής (καταγραφή της ημερήσιας βροχόπτωσης και ημερήσια εξάτμιση) χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του αγροκτήματος ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 25 μέτρων από το κέντρο του πειραματικού αγρού. Τα στοιχεία των μετρήσεων παρουσιάζονται στο πίνακα 4.4.

**Πίνακας 4.4. Μετεωρολογικά δεδομένα περιοχής**

Ημερομηνία	T <sub>mean</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	T <sub>min</sub> (°C)	P (mm)	Καθαρή Ε <sub>T</sub> (mm)
16/7/2002	31,41	39,71	21,47	0	7,36
17/7/2002	30	35,95	20,65	0	10,96
18/7/2002	29,24	34,76	22,78	0	9,68
19/7/2002	27,1	34,78	20,41	0	7,84
20/7/2002	26,91	34,62	20,23	0,19	7,12
21/7/2002	26,52	33,05	18,69	0	5,04
22/7/2002	28,15	36,71	18,93	0	5,4
23/7/2002	27,68	34,1	19,67	0	5,44
24/7/2002	27,33	35,3	17,01	0	8,16
25/7/2002	23,64	27,33	19,42	2,36	5,6
26/7/2002	23,27	31,01	17,62	2,76	2
27/7/2002	20,01	23,95	16,88	56,62	0
28/7/2002	19,32	23,61	17,16	25,98	0
29/7/2002	21,64	26,18	18,09	1,56	0
30/7/2002	22,87	27,84	19,7	0	3,2
31/7/2002	24,37	30,72	19,36	3,57	1,6
1/8/2002	26,13	32,44	18,09	0,19	0,56
2/8/2002	26,77	33,04	19,25	0	7,04
3/8/2002	27,25	34,53	19,3	0	5,2
4/8/2002	27,83	35,23	20,06	0	4,8
5/8/2002	28,52	36,94	20,07	0	6,4
6/8/2002	28,41	35,67	20,4	0	5,04
7/8/2002	27,64	35,63	20,16	0	6,16
8/8/2002	26	32,17	19,21	0	7,4
9/8/2002	25,03	31,59	17,08	0	5,4
10/8/2002	26,22	32,26	18,99	0	5,6
11/8/2002	27,88	34,09	20,4	0	6
12/8/2002	27,48	32,34	22,38	0	6
13/8/2002	25,58	32,08	19,54	0	5,04
14/8/2002	25,45	30,88	19,59	0	5,84
15/8/2002	24,93	30,47	18,26	0	7,12
16/8/2002	23,8	30,92	17,76	14,91	5,8
17/8/2002	23,76	29,8	17,4	0,19	0
18/8/2002	23,55	29,68	16,95	0	5,2
19/8/2002	23,57	29,85	17,05	1,31	0
20/8/2002	23,69	30,04	17,5	0	6,8
21/8/2002	23,72	30,08	17,47	0	4,2
22/8/2002	23,44	29,38	17,23	0	3,8
23/8/2002	24,26	30,23	18,09	0	4,2
24/8/2002	23,69	30,84	17,54	0	4
25/8/2002	23,41	30,74	17,04	0	4,6
26/8/2002	22,23	29,57	15,93	0	4,6
27/8/2002	21,93	27,71	15,62	0	4,8
28/8/2002	22,07	29,06	15,13	0	4,8
29/8/2002	19,76	25,27	15,13	2,56	1,6
30/8/2002	20,36	25,96	15,6	0,19	1,2

Ημερομηνία	T <sub>mean</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	T <sub>min</sub> (°C)	P (mm)	Καθαρή E <sub>T</sub> (mm)
31/8/2002	19,27	23,19	15,95	0,58	2,24
1/9/2002	19,24	25,01	16,21	0,78	1,72
2/9/2002	23,35	31	15	0,55	1,76
3/9/2002	23,85	29	18	1,36	0,88
4/9/2002	23,35	30	16	0	2,8
5/9/2002	24,85	34	15	0,18	3,76
6/9/2002	24,35	32	16	3,52	0
7/9/2002	23,1	29,7	15,8	0	4,32
8/9/2002	25	32,4	16,9	0	0
9/9/2002	23,85	33	14	5,66	0,52
10/9/2002	23,85	33	14	0	2,96
11/9/2002	22,85	33	12	0,25	2,72
12/9/2002	25,35	33	17	0	2,72
13/9/2002	22,85	29	16	8,75	0
14/9/2002	20,35	27	13	0	0
15/9/2002	19,35	26	12	0	0
16/9/2002	18,85	25	12	36,49	0
17/9/2002	19,85	29	10	0	0,08
18/9/2002	22,35	31	13	0	5,76
19/9/2002	23,35	32	14	0	2,96
20/9/2002	23,6	32	14,5	0	2,08
21/9/2002	23,2	32	13,7	0	2,96
22/9/2002	23,85	33	14	0	2,24
23/9/2002	23,85	33	14	0	2,4
24/9/2002	23,85	33	14	0	1,52
25/9/2002	20,85	30	11	17,49	0
26/9/2002	23,35	33	13	0	0
27/9/2002	22,35	32	12	0	1,6
28/9/2002	24,35	34	14	0	4,5
29/9/2002	22,85	33	12	0	0
30/9/2002	20,85	32	9	52,34	0
1/10/2002	17,85	26	9	2,39	1,2
2/10/2002	16,85	25	8	0	0
3/10/2002	18,85	29	8	0	1,8
4/10/2002	20,35	32	8	0	1,1
5/10/2002	21,85	35	8	0	1,2
6/10/2002	21,85	34	9	0	0,6
7/10/2002	19,35	30	8	1,51	1,4
8/10/2002	20,35	31	9	0	1,6

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα υγρό και ξηρό θερμόμετρο, βροχόμετρο, πυρανόμετρο και ανεμόμετρο. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια data logger και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα Excel της Microsoft. Τονίζεται ότι η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων έγινε σε ωριαία βάση καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Χρησιμοποιήθηκαν, κατά κύριο λόγο, οι ενδείξεις θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας και οι ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης για την σύγκριση των κλιματικών δεδομένων του έτους 2002 με αυτές της προηγούμενης εικοσιπενταετίας. Τα υπόλοιπα μετεωρολογικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν δευτερευόντως για την εξήγηση μερικών φυσιολογικών διαφορών, όπως για παράδειγμα η καθυστέρηση ανάπτυξης της καλλιέργειας υπό το καθεστώς νεφοσκεπών ημερών κατά τη διάρκεια του Ιουλίου.

Η μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) έγινε στον αγρό αλλά και στο εργαστήριο. Χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις του εργαστηρίου για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Αυτό έγινε διότι οι μετρήσεις στον αγρό επηρεάζονται καταρχήν από τον χειρισμό του οργάνου και κατά δεύτερον από την κατάσταση του ουρανού (π.χ. μικρή διάρκεια ηλιοφάνειας-νεφοσκεπής ουρανός).

Όσον αφορά τις μετρήσεις στον πειραματικό αγρό, επιλέχθηκαν τρία τυχαία φυτά από την κάθε επανάληψη για τη μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και του ύψους. Η επιλογή έγινε βάση τυχαίου τριψηφίου αριθμητικού συνδυασμού, με το πρώτο ψηφίο να παίρνει την τιμή από 2 – 5 (μία από τις τέσσερις εσωτερικές σειρές κάθε επανάληψης) και τα δύο επόμενα ψηφία να παίρνουν τις τιμές από 11 – 60 (ένα από τα 50 φυτά της κάθε σειράς αποκλείοντας τα 10 πρώτα και τα 10 τελευταία φυτά).

Για την γραφική απεικόνιση της εξέλιξης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των μετρήσεων. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν με το ειδικό όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR που είναι αρκετά ακριβές και απόλυτα αξιόπιστο. Το σφάλμα μέτρησης του οργάνου προσδιορίστηκε σε μία τιμή 5,8% πέραν της πραγματικής. Η υπερτίμηση της τιμής του L.A.I. οφείλεται στην συνεχή εγγραφή του οργάνου καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής αποτελεσμάτων χωρίς διακοπή για την εισαγωγή ενός νέου δείγματος.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δέκα μετρήσεις στον αγρό και έξι μετρήσεις στο εργαστήριο.

Η εξέλιξη της παραγωγής σε χλωρή και ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων μετρήθηκε συνολικά σε έξι στελεχοκοπές (15/7, 16/8, 4/9, 22/9, 8/10 και 4/11). Για την μέτρηση της χλωρής βιομάζας, σε κάθε δειγματοληψία ελήφθησαν, από τις δύο εκ των τεσσάρων κεντρικών σειρών του κάθε πειραματικού τεμαχίου, όλα τα φυτά που υπήρχαν σε δύο μη συνεχόμενα τρέχοντα μέτρα. Στον αγρό πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των φυτικών τμημάτων (φύλλα, βλαστοί, όργανα αναπαραγωγής), καθώς επίσης και το ζύγισμα των νωπών δειγμάτων.

Χρησιμοποιήθηκε ειδική ζυγαριά ακριβείας με μέγιστο αποδεκτό βάρος τα 100 kg. Εν συνεχεία τα νωπά δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Οι βλαστοί και τα φύλλα της κάθε επανάληψης τοποθετήθηκαν ξεχωριστά σε ειδικές χάρτινες σακούλες και αποξηράνθηκαν σε θερμοκρασία 85<sup>0</sup>C, μέχρι σταθεροποίησης των βαρών τους σε δύο ειδικά ξηραντήρια του Πανεπιστημίου. Εν συνεχεία ζυγίστηκαν τα ξηρά βάρη των δειγμάτων για τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των δειγμάτων.

Τέλος, τονίζεται ότι στα πλαίσια της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών δεν πραγματοποιήθηκε κανενός είδους λιπαντική αγωγή ή άλλου είδους προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος των πειραματικών.

## 4.5. Υπολογισμοί δόσεων άρδευσης και χρόνου άρδευσης

### 4.5.1. Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών

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

Ο θεωρητικός τρόπος περιλαμβάνει του παρακάτω υπολογισμούς:

Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης άρδευσης ( $I_d$ ):

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

όπου:

$FC$  = Υδατοϊκανότητα = 21,2 %κ.ο.

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

$h$  = βάθος ριζοστρώματος = 1 m

$c$  = όριο εξάντλησης υγρασίας = 0,55

$P$  = Ποσοστό διαβροχής = 100%

$ASW$  = Φαινόμενο Ειδικό Βάρος = 1,23 g m<sup>-3</sup>

Επομένως  **$I_d = 64,67 \text{ mm}$** .

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

$$I_{da} \text{ (mm)} = I_d / 0,95 \quad (\text{σχέση 2})$$

Όπου 0,95 το ποσοστό ωφελιμότητας του νερού άρδευσης.

Επομένως  **$I_{da} = 68 \text{ mm}$** .

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

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

Όπου:

$q$  = παροχή σταλάκτη =  $3,6 \text{ l h}^{-1}$

$Sr$  = ισαποχή των γραμμών σποράς =  $0,8 \text{ m}$

$St$  = ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς =  $0,143 \text{ m}$

Και  $n$  = αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό

$$n = \frac{St}{2 \times Se} \quad (\text{σχέση 4})$$

όπου:

$Se$  = ισαποχή σταλακτήρων =  $0,6 \text{ m}$

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

Επομένως  $n = 0,12$  σταλάκτες ανά φυτό

και  $Idh = 3,78 \text{ mm h}^{-1}$

Τέλος, η διάρκεια άρδευσης ( $It$ ) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$It (h) = Ida / Idh \quad (\text{σχέση 5})$$

άρα  $It = 17 \text{ h } 59'22''$

Για τον υπολογισμό του εύρους άρδευσης χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$Ir (d) = Id / Etd \quad (\text{σχέση 6})$$

Όπου:

$Etd$  = μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm).

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

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται διότι, αφ' ενός η ημερήσια εξάτμιση κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή, και αφετέρου διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας.

#### **4.5.2. Πρακτικός τρόπος υπολογισμών**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας ήταν αυτή του εξατμισιμέτρου τύπου A . Το εξατμισίμετρο A τάξης αποτελείται από μία κυλινδρική λεκάνη από γαλβανισμένη λαμαρίνα και έχει διάμετρο 121 cm και βάθος 25,4 cm.

Η τοποθέτηση της γίνεται επάνω σε ειδική ξύλινη βάση σε ύψος 15 cm από την επιφάνεια του εδάφους και οριζοντιώνεται. Εντός της λεκάνης βρίσκεται γυάλινος ογκομετρικός σωλήνας μήκους 28,5 cm και διαμέτρου 1,2 cm. Η χωρητικότητα του σωλήνα είναι 50 ml με διακριτικότητα 0,1 ml και σφάλμα ανάγνωσης τα 0,05 ml.

Ειδικότερα ο καθορισμός των δόσεων άρδευσης και για τις τρεις μεθοδολογίες βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου A το οποίο τοποθετήθηκε εγγύς του πειραματικού αγρού, πολλαπλασιάζοντας πάντα με το συντελεστή του εξατμισιμέτρου ( $K_{εξ} = 0,85$ ).

Η σχέση που διέπει τη βασική εξάτμιση είναι η:

$$E_T = K_{εξ} \times E_{pan} \text{ (σχέση 7)}$$

Ο παράγοντας  $E_{pan}$  εκφράζει τη μέση εξάτμιση του εικοσιτετραώρου σε  $mm \text{ day}^{-1}$  και  $K_{εξ}$  είναι ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου.

Εν συνεχεία η εν λόγω ημερήσια τιμή εξάτμισης πολλαπλασιάστηκε με το φυτικό συντελεστή του ινώδους σόργου ( $K_C = 1$ ) με σκοπό τον προσδιορισμό της ημερήσιας τιμής εξατμισοδιαπνοής της φυτείας. Για τα κλιματικά δεδομένα του υποτροπικού Μεσογειακού θέρους της Θεσσαλίας η τιμή του αποφασίστηκε να



διατηρηθεί σταθερή ( $K_c = 1$ ) καθ' όλη τη καλλιεργητική περίοδο του 2002 (FAO, 1977). Με τον τρόπο αυτό υπολογιζόταν σε ημερήσια βάση η τιμή της πρακτικής δόσης άρδευσης για την επιφανειακή στάγδην μέθοδο.

$$Id_{αεπ} (mm) = E_{pan} \times E_{εξ} \times K_c \quad (\text{σχέση } 8)$$

Όλες οι μεταχειρίσεις έλαβαν, ανά τακτά χρονικά διαστήματα και για την περίοδο από 15 Ιουλίου έως 8 Οκτωβρίου την ποσότητα νερού που τους αναλογούσε με σκοπό την κάλυψη των αναγκών της φυτείας σε mm εξάτμισης (βλ. πίνακα 4.3.).

Η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού κάθε άρδευσης καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου A, με βάση την αθροιστική εξατμισοδιαπνοή από την προηγούμενη άρδευση, λαμβάνοντας υπόψη και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής (για παράδειγμα δεν πραγματοποιήθηκαν αρδεύσεις μετά από περίοδο υψηλών βροχοπτώσεων ή πριν η υγρασία του εδάφους βρεθεί σε τιμές πλησίον και κάτω της τιμής της ιδατοϊκανότητας για το κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών).

Αντίστοιχα για την άρδευση με το κανόνι υπολογίστηκε το ωριαίο ύψος βροχής ( $Id_h$ ) σε  $18 \text{ mm h}^{-1}$  και η παροχή του εκτοξευτήρα σε  $34 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Επομένως ανάλογα με την ημερήσια ένδειξη του εξατμισιμέτρου υπολογίστηκε η πρακτική δόση άρδευσης από τη σχέση:

$$Id_{ααν} (mm) = E_{pan} \times E_{εξ} \times K_c \quad (\text{σχέση } 10)$$

Η δόση άρδευσης και η διάρκεια άρδευσης για την κάθε μέθοδο, όπως αυτή καθορίστηκε με βάση την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή, απεικονίζεται στον πίνακα 4.5.

Για τον υπολογισμό της χρονικής διάρκειας της άρδευσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$I_t = I_{da} / I_{dh} \quad (\text{σχέση 11})$$

Όπου:

**$I_t$**  = διάρκεια άρδευσης σε h

**$I_{da}$**  = πρακτική δόση άρδευσης αντίστοιχη της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (mm)

**$I_{dh}$**  = ωριαίο ύψος βροχής =  $(q \times n) / (St \times Sr) = 3,78 \text{ mm h}^{-1}$  για την επιφανειακή και  $18 \text{ mm h}^{-1}$  για την άρδευση με κανόνι βροχής.

Εκείνο που προέχει είναι το άθροισμα των ημερήσιων ενδείξεων του εξατμισιμέτρου να μην ξεπερνά μία συγκεκριμένη τιμή για ένα σύνολο ημερών. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η υγρασία του εδάφους να πλησιάσει την τιμή του σημείου μόνιμης μάρανσης, κάτι βέβαια που θα ήταν καταστροφικό για την καλλιέργεια. Η τιμή αυτή που καθορίζει το όριο για την απαρχή μίας νέας άρδευσης προκύπτει από τους υπολογισμούς της πρώτης φάσης (θεωρητικός τρόπος υπολογισμών) και εν προκειμένω είναι ίση με την τιμή της πρακτικής δόσης άρδευσης ( $I_{da} = 68 \text{ mm}$ ).

**Πίνακας 4.5. Πρόγραμμα άρδευσης**

Εξ/τρο mm	Δόση επιφανειακής στάγδην και κανόνι βροχής	Διάρκεια άρδευσης επιφανειακής	Διάρκεια άρδευσης κανόνι
	$I_{da\epsilon\pi} = E_{pan} \times E_{\xi} \times E_c$	$I_t = I_{da\epsilon\pi} / I_{dh}$	$I_t = I_{da\kappa\alpha\nu} / I_{dh}$
0	0,00	0	0
1	0,85	13' 30"	1' 57"
2	1,70	27' 6"	3' 55"
3	2,55	40' 31"	5' 53"
4	3,40	54' 12"	7' 50"
5	4,25	1h 7' 31"	9' 41"
6	5,10	1h 21' 2"	11' 46"
7	5,95	1h 34' 32"	13' 44"
8	6,80	1h 48' 0"	15' 41"
9	7,65	2h 1' 33"	17' 39"
10	8,50	2h 15' 3"	19' 37"
11	9,35	2h 28' 34"	21' 35"
12	10,20	2h 42' 4"	23' 32"
13	11,05	2h 55' 34"	25' 30"
14	11,90	3h 9' 5"	27' 28"
15	12,75	3h 22' 35"	29' 25"
16	13,6	3h 36' 5"	31' 23"
17	14,45	3h 49' 36"	33' 21"
18	15,3	4h 3' 6"	35' 19"
19	16,15	4h 16' 36"	37' 16"
20	17	4h 30' 6"	39' 14"
21	17,85	4h 43' 37"	41' 11"
22	18,7	4h 57' 7"	43' 9"
23	19,55	5h 10' 38"	45' 7"
24	20,4	5h 24' 8"	47' 5"
25	21,25	5h 37' 38"	49' 2"
26	22,1	5h 51' 9"	51' 0"
27	22,95	6h 4' 39"	52' 58"
28	23,8	6h 18' 9"	54' 58"
29	24,65	6h 31' 40"	56' 50"
30	25,5	6h 45' 10"	58' 51"

$E_{pan}$  = ημερήσια εξάτμιση ( $mm\ day^{-1}$ ),  $E_{\xi}$  = συντελεστής διόρθωσης εξατμισιμέτρου

$E_c$  = φυτικός συντελεστής καλλιέργειας,  $I_{da}$  = πρακτική δόση άρδευσης ( $mm$  ή  $m^3\ str^{-1}$ )

$I_t$  = διάρκεια άρδευσης (h)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 5.1. Κλιματικά δεδομένα

##### 5.1.1. Γενικά

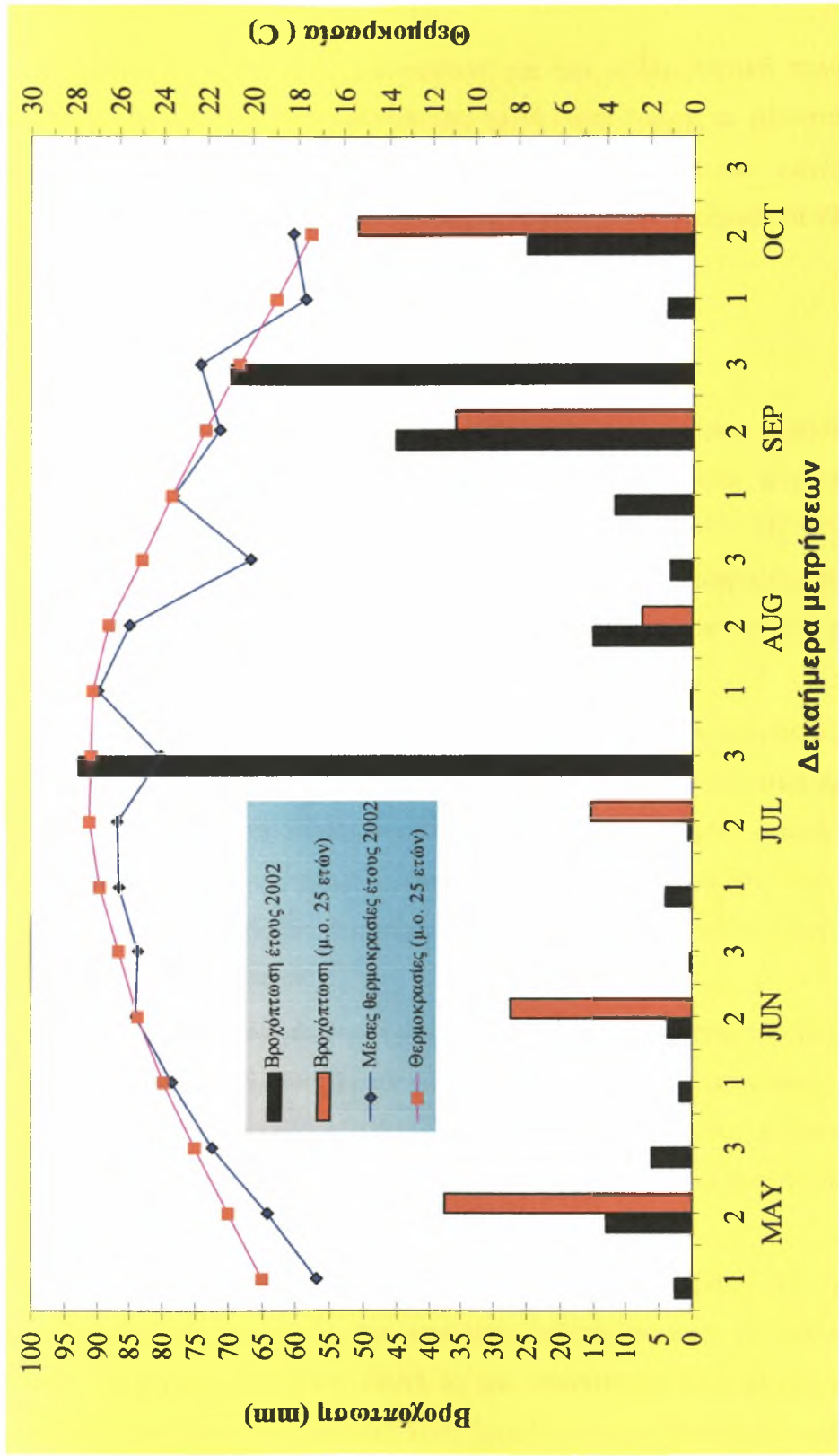
Στο διάγραμμα 5.1. παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση), που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (από 28/5 έως και 8/10/02) στο Βελεστίνο. Παράλληλα πραγματοποιείται η σύγκριση τους με τις μέσες κλιματικές τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης της τελευταίας 25τίας για την υπό μελέτη περιοχή.

Η καλοκαιρινή περίοδος του 2002 χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές βροχόπτωσης, ειδικότερα για τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, ενώ ταυτόχρονα επικράτησαν ηπιότερες θερμοκρασίες αέρα σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, σε σχέση βέβαια με τις μέσες τιμές που επικρατούσαν στην περιοχή την τελευταία 25ετία.

Ειδικότερα, στον πίνακα 5.1. παρουσιάζεται η ποσοστιαία απόκλιση των τιμών βροχόπτωσης της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 από τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές της τελευταίας εικοσιπενταετίας.

**Πίνακας 5.1. Ποσοστιαία απόκλιση των τιμών της βροχόπτωσης για την καλλιεργητική περίοδο του 2002.**

ΜΗΝΑΣ	Μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης του 2002 (mm)	Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης 25ετίας (mm)	Ποσοστιαία απόκλιση για την καλλιεργητική περίοδο του 2002 (%)
ΜΑΙΟΣ	21,9	37,5	-41,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	6,1	27,4	-77,7
ΙΟΥΛΙΟΣ	97,5	15,3	+537,6
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	18,6	7,8	+138,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	127,4	36,3	+250,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	29,1	51,2	-43,2



Διάγραμμα 5.1. Κλιματικά δεδομένα πειραματικού αγρού

Ειδικότερα, για το έτος 2002, 56,6 mm βροχής έπεσαν στις 27/7 και 25,9 mm στις 28/7. Αντίστοιχα 14,9 mm βροχής είχαμε στις 16/8, 36,5 mm στις 16/9, 17,5 mm στις 25/9 και 52,3 mm στις 30/9.

Το σύνολο των κατακρημνισμάτων για την καλλιεργητική περίοδο του 2002 έφτασε τα 301 mm. Αφαιρώντας από τα 301 mm βροχής τα χιλιοστά βροχής των έξι ημερών που αναφέρονται παραπάνω, παρατηρούμε ότι ολόκληρη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο (133 ημέρες) η βροχή δεν ξεπέρασε τα 97 mm.

### 5.1.2. Συζήτηση

Η ορυκτοποίηση και απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοτήτων αζώτου από τα φυτά (πλούσιο ριζικό σύστημα) ευνοήθηκε από τις σχετικά μεγάλες τιμές βροχόπτωσης κατά την αναπτυξιακή διαδικασία της καλλιέργειας του φυτού σόργο. Αντίθετα με τις τιμές των βροχοπτώσεων, οι θερμοκρασίες του αέρα κυμάνθηκαν σε λογικά πλαίσια, όντας ηπιότερες σε σχέση με την προηγούμενη 25ετία.

Έτσι παρατηρήθηκαν κατά μέσο όρο αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τις μέσες μηνιαίες τιμές της τάξης του  $\pm 5\%$  καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν το τρίτο δεκαήμερο του Ιουλίου και μεταξύ του τρίτου δεκαήμερου του Αυγούστου και του πρώτου δεκαήμερου του Σεπτεμβρίου, και συνέπεσαν βέβαια με τις περιόδους των υψηλών για την εποχή βροχοπτώσεων.

Η συνολική ποσότητα νερού άρδευσης ανήλθε σε 280 mm ενώ τα επιπλέον 301 mm εξάτμισης ικανοποιήθηκαν από το σύνολο των κατακρημνισμάτων της καλλιεργητικής περιόδου (28 Μαΐου – 8 Οκτωβρίου). Επομένως, οι επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην μεθόδου και της άρδευσης με κανόνι βροχής, δέχθηκαν συνολικά από 581 mm νερού .

Η τιμή αυτή της συνολικής εξάτμισης είναι συμβατή σε σχέση με προγενέστερους υπολογισμούς για την υπό μελέτη περιοχή (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη και συνεργάτες, 1996), αν και επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου υψηλές τιμές βροχόπτωσης, οι οποίες δεν είχαν όμως μεγάλη χρονική διάρκεια.

## 5.2. Υγρασίες εδάφους

### 5.2.1. Γενικά

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 21 μετρήσεις, λίγο πριν την άρδευση (12 μετρήσεις) και δύο ημέρες μετά από αυτήν (9 μετρήσεις), με σκοπό την καταγραφή της εδαφικής υγρασίας και τις διακυμάνσεις αυτής σε ολόκληρο το εύρος της εδαφικής κατατομής (0-75 cm) και για το σύνολο των μεταχειρίσεων (επιφανειακή, τεχνητή βροχή και μάρτυρας). Στον πίνακα 5.2. παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων της εδαφικής υγρασίας για το σύνολο των επαναλήψεων που έτυχαν διαφορετικής μεθοδολογίας άρδευσης

**Πίνακας 5.2. Διακύμανση εδαφικής υγρασίας για το σύνολο των μεταχειρίσεων πριν την άρδευση και δύο ημέρες μετά από αυτήν.**

Βάθος εδάφους (cm)	Επιφανειακή Στάγδην (πριν)(% κ.ο.)	Επιφανειακή Στάγδην (μετά)(% κ.ο.)	Τεχνητή βροχή (πριν) (% κ.ο.)	Τεχνητή βροχή (μετά) (% κ.ο.)
0-15	23,8	26,1	29,4	36,1
15-30	20,6	23,4	21,1	23,7
30-45	18,2	19,3	16,9	20,7
45-60	20,5	18,5	25,5	20,6
60-75	29,6	28,9	31,2	30,3

Για τον υπολογισμό των μέσων όρων δεν ελήφθησαν υπόψη οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας που προέκυψαν μετά από μία περίοδο ισχυρών βροχοπτώσεων, καθώς θεωρήθηκε ότι κάτι τέτοιο θα επηρέαζε σημαντικά την διαφορετικότητα της κάθε μεθοδολογίας, ακόμη και όταν αυτές συνέπεσαν με τις προκαθορισμένες ημερομηνίες των μετρήσεων.

Τέλος, στον πίνακα 5.3 απεικονίζονται όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την καλλιεργητική περίοδο του 2002 στο Βελεστίνο.(E= Επιφανειακή, K= Κανόνι, M= Μαρτυράς).

Η κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε αρδευτικό νερό, εξαιτίας της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής δεν ήταν ο μόνος σκοπός του πειράματος, αλλά επιδίωξη ήταν η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας στην περιοχή του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών (μεταξύ των 30 και 60 cm) κοντά στα όρια της

υδατοϊκανότητας, πριν τελειώσει μια εφαρμογή αρδευτικού νερού. Έτσι, θα ήταν και πετυχημένος ο σκοπός της όλης έρευνας, δηλαδή της ορθολογικότερης χρήσης του διαθέσιμου αρδευτικού νερού.

### 5.2.2. Συζήτηση

Η διατήρηση των τιμών της εδαφικής υγρασίας στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις πλησίον της τιμής της ιδατοϊκανότητας, παράλληλα με την ικανοποίηση των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό σε ποσοστό 85% και σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές παραγωγικότητας (βλ. κεφάλαιο παραγωγικότητα χλωρής και ξηρής βιομάζας), επιβεβαιώνει τον κανόνα της ορθολογικής διαχείρισης του αρδευτικού νερού με τη χρήση αυτής της μεθόδου.

Από την παρουσίαση των στοιχείων, για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου των 84 ημερών, προέκυψε μία σημαντική αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος των επιφανειακών επαναλήψεων.



Πίνακας 5.3. Μετρήσεις εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

Ημερομηνία	0-15		15-30		30-45		45-60		60-75						
	E	K	M	E	K	M	E	K	M	E	K	M			
3/7/2002	24,8	27,2	21,9	26,4	23,7	28,6	21	23,5	29,5	37,8	31,2	39,4	40,6	40,4	38,7
15/7/2002	23,3	33,8	16,1	26	27,1	22,6	21,5	21,1	25,9	35,3	30,1	37,6	41,6	40,7	41,7
20/7/2002	18,7	29,5	13,2	25,6	23,3	21,8	18,4	18,2	23,2	32,4	29,3	35,4	41	39,3	38,9
22/7/2002	21,2	28	12,6	25,4	21,1	19,6	18,7	19,1	21,4	33,9	29,3	33,8	41,5	40,8	38,5
23/7/2002	20,3	27,5	13,6	25,3	21,3	20,2	15,6	17,3	21,5	29,6	29,6	32,9	38,1	41,9	37,6
24/7/2002	20,5	33,2	12,9	25,4	22,3	19	20,4	17,3	15,6	31,4	28,7	32,8	38,9	41	38,2
2/8/2002	31	35,9	22,9	28	22	19,6	21	19,7	16,6	30,4	26,8	32,3	37,7	40,9	33,1
5/8/2002	19,3	33,6	15,4	27	21,4	20,6	20,1	19,4	15,7	29,6	24,5	33,8	39,2	39,4	36,5
7/8/2002	18,5	33	14,5	26,4	22,9	19,4	19,5	17,7	14,4	29	23,7	32,1	37,8	38,5	35,1
9/8/2002	20,2	30,1	12,9	27,2	21,7	18,6	18,9	16,8	14	29,7	26,8	30,9	36,1	39,2	34,8
12/8/2002	18,2	27,1	12,6	26,8	22	18,3	16,9	16,8	14	29,8	26,7	30,6	37,2	39	34,7
15/8/2002	17,4	27,9	11,8	26,3	21,8	16,9	17,5	15,8	13,3	28,8	28,3	29,5	35,5	39,7	33,8
17/8/2002	26,1	40,1	12,8	24,8	23,1	17,5	16,9	16,1	15,7	28,9	26,9	29	37,1	39	30,5
19/8/2002	25,2	35,8	12,3	25,2	22,5	16,9	18,4	17	15,9	31,9	26,5	29,6	39,3	38,8	33,3
23/8/2002	19	30,5	11,6	26,3	22,8	16,9	18,3	17,7	15,6	31,7	27	28,9	38,6	40,9	30,4
26/8/2002	19,1	28,1	10,8	25,5	21,4	16,2	17,8	17	15,4	30,7	26,1	29,6	36,7	39	29,9
30/8/2002	18,2	27,8	10,6	25,3	20,2	15,6	16,4	16,9	15,3	31,2	26,1	27,9	37,9	38,1	28,5
3/9/2002	17,8	27,8	10,5	25,5	20,6	16,2	16,2	16,8	15,3	31,2	25,2	28,5	37,1	37,4	29,2
6/9/2002	26,3	35,5	11	27,9	24,7	17,6	19,4	21,1	17,2	33,4	27,8	30,3	42,6	39,3	34
11/9/2002	19,6	27,4	10,5	24,9	18,8	14,8	16,5	19	14,8	30,1	23,4	25,2	35,5	37,8	29,5
20/9/2002	24,3	37,5	19	24,9	23,3	25,9	23,8	24,9	26,7	37,3	24,9	24,2	37,6	35,7	32,7

### 5.3. Ύψος φυτών

#### 5.3.1. Γενικά

Η εξέλιξη των υψών των φυτών όλων των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθόδου άρδευσης καθώς επίσης και του μάρτυρα απεικονίζονται στο διάγραμμα 5.3 για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002. Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι ρυθμοί εξέλιξης των υψών των φυτών, καθώς επίσης και οι μέγιστες τιμές υψών των φυτών. Τέλος, στον πίνακα 5.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη των υψών των φυτών που επιλέχθηκαν με βάση τον τριψήφιο αριθμό από την κάθε επανάληψη.

**Πίνακας 5.4 Ρυθμοί εξέλιξης των υψών των μεταχειρίσεων και μέγιστες τιμές που παρατηρήθηκαν.**

Περίοδος Μέτρησης	ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΨΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΩΝ (cm d <sup>-1</sup> )			ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΥΨΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ(cm)		
	ΕΠΙΦ	ΚΑΝΟΝΙ	ΜΑΡΤ	ΕΠΙΦ	ΚΑΝΟΝΙ	ΜΑΡΤ
28/5-4/7				88	97	90
	2,1	2,1	1,7			
5/7-19/7				112	147	112
	2,3	2,4	1,3			
20/7-30/8				377	387	266
	4,8	5,4	3,3			
31/8-29/9				457	433	322
	3,6	2,6	1,8			
30/9-13/10				475	466	345
	0,3	0,6	0,4			

Όπως φαίνεται στο πίνακα 5.5 τα φυτά αρχικά αυξήθηκαν με ρυθμούς της τάξης των 1,3-2,4 cm d<sup>-1</sup> για να φτάσουν σε ύψος 110 με 150 cm περί τις 19 Ιουλίου.

Για τις επόμενες 40 ημέρες παρατηρούνται υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης και παράλληλα μεγάλοι ρυθμοί αύξησης των υψών, γεγονός που οφείλεται στην έναρξη των αρδεύσεων. Ειδικότερα, η ημερήσια αύξηση ύψους στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής (5,4 cm ανά ημέρα) και οι επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις (4,8 cm ανά ημέρα).

Οι ρυθμοί αυτοί μειώνονται σε 1,8-3,6 cm d<sup>-1</sup> για μία περίοδο περίπου 30 ημερών, έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου, αλλά παραμένουν εξαιρετικά υψηλοί λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι έχει ήδη ξεκινήσει η φυσιολογική γήρανση της

καλλιέργειας. Τη μεγαλύτερη αύξηση αυτή τη περίοδο έχουν τα φυτά που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά.

Τέλος, εμφανίζονται μηδενικοί ρυθμοί αύξησης και σταθεροποίηση των υψών για το σύνολο των μεταχειρίσεων, έχοντας πλέον διανύσει 137 ημέρες από την σπορά της καλλιέργειας, εβρισκόμενοι στα μέσα του δευτέρου δεκαημέρου του Οκτωβρίου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι παρατηρήθηκαν, με βάση την βιβλιογραφία (Νικολάου και συνεργάτες, 2000 ; Panoutsou, 1999), υψηλοί μέσοι όροι τελικών τιμών υψών, της τάξης των 425 και 420 cm στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά και με κανόνι βροχής αντίστοιχα .

Έτσι αρχικά (6/6/2002) και χωρίς την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθόδου άρδευσης η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (ίσες διακυμάνσεις) με εξαίρεση το ζευγάρι “επιφανειακή στάγδην άρδευση” - “μάρτυρας”. Η διαφοροποίηση αυτή πάντως στην συγκεκριμένη φάση της αναπτυξιακής διαδικασίας θεωρείται αμελητέα.

Στη συνέχεια και με την έναρξη της άρδευσης (19/7/2002), εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, υπέρ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής έναντι του μάρτυρα. Η υπεροχή που εμφανίζεται μεταξύ των διαφόρων μεθόδων άρδευσης οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην ανισότητα των διακυμάνσεων μεταξύ των τιμών των επαναλήψεων .

Στα τέλη Ιουλίου στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 95% εμφανίζουν οι τιμές των υψών της άρδευσης με κανόνι βροχής έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα. Η αλλαγή αυτή των δεδομένων οφείλεται στην ανομοιόμορφη ανάπτυξη των δύο εκ των τεσσάρων πειραματικών της επιφανειακής στάγδην άρδευσης (καθυστέρηση ανάπτυξης).

Την αμέσως επόμενη ημερομηνία μέτρησης (2/8/2002), δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των υψών των φυτών των δυο μεθόδων άρδευσης, ενώ διατηρείται η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών και του μάρτυρα.

Την τελευταία περίοδο μέτρησης (μήνας Σεπτέμβριος) διαφοροποιούνται πλήρως τα αποτελέσματα. Έτσι, στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζουν οι μέσοι όροι των υψών της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και των αντίστοιχων της άρδευσης με κανόνι βροχής υπέρ της πρώτης μεθοδολογίας. Η κατάσταση αυτή

διατηρείται ως και την ολοκλήρωση των μετρήσεων με την σταθεροποίηση των υψών.

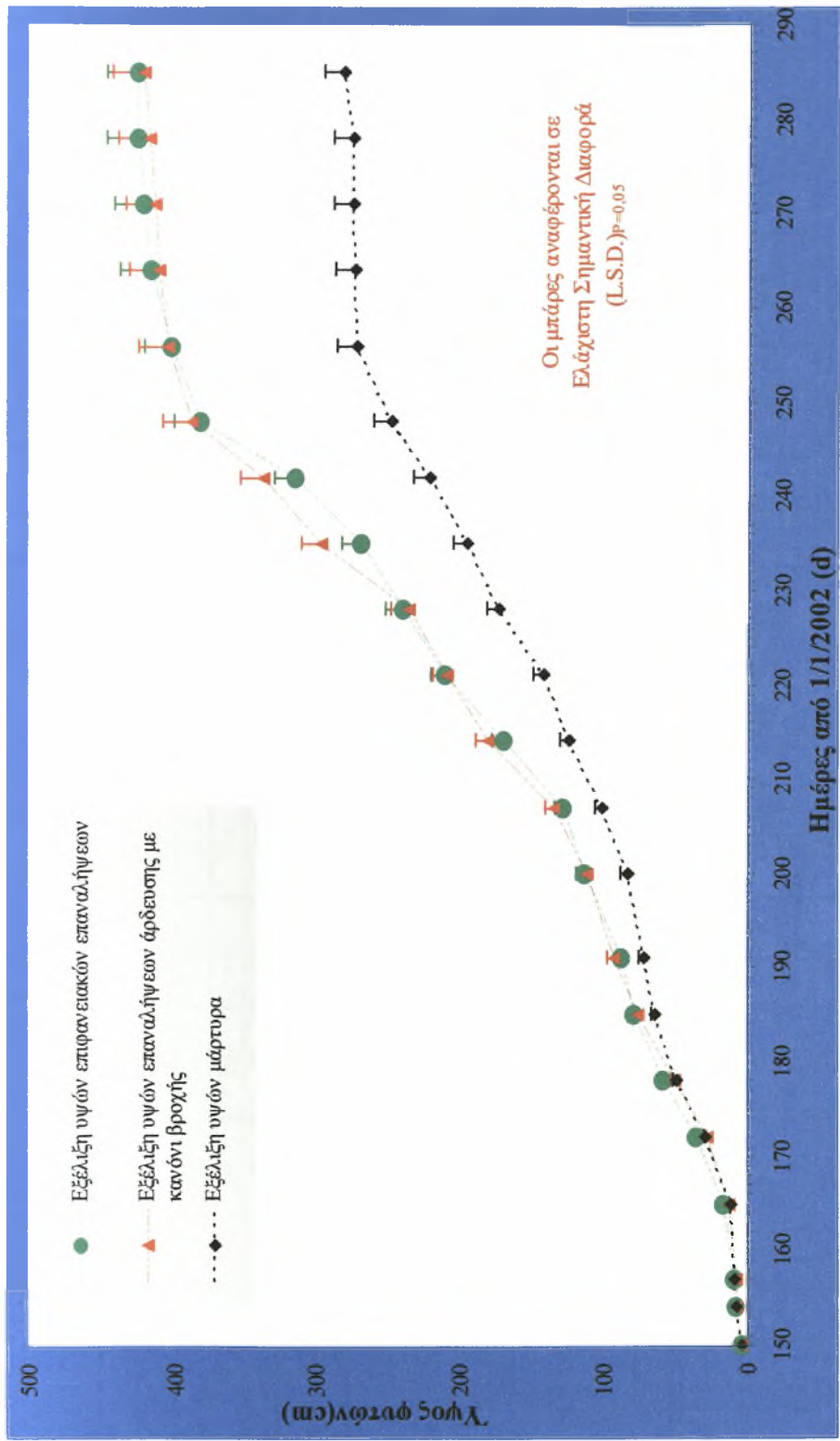
### 5.3.2. Συζήτηση

Συμπερασματικά υπεροχή εμφανίζουν οι μέσες τιμές των υψών των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν επιφανειακά σε σχέση με την μέθοδο του κανονιού . Επίσης, υψηλότερες ήταν οι τελικές τιμές υψών των επαναλήψεων που έτυχαν της επιφανειακής άρδευσης έναντι του μάρτυρα και του κανονιού .

Επομένως, πρώτον επιταχύνεται η ανάπτυξη των φυτών στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά κυρίως εξαιτίας της διοχέτευσης του αρδευτικού νερού στο ανώτερο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών, και δεύτερον η αναπτυξιακή δραστηριότητα δεν σταματά με τη λήξη της άρδευσης αλλά παρατείνεται για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα, εξαιτίας της διατήρησης ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας στο συγκεκριμένο τμήμα του εδάφους ελλείψει επιφανειακής εξάτμισης.

Εκείνο όμως το οποίο σαφώς επιβεβαιώνεται είναι η ανάγκη των φυτών για αρδευτικό νερό με σκοπό την υψηλή ανάπτυξη και παραγωγικότητα και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής. Δηλαδή συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της εξέλιξης των υψών μεταξύ των μεταχειρίσεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως με τον μάρτυρα (χωρίς άρδευση) εμφανίζεται υψηλή στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ( $P < 0,000$ ). Επίσης, το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τελικές τιμές των υψών που έχουν τα φυτά του μάρτυρα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

Παρόλο που είχαμε σχετικά υψηλές τιμές βροχόπτωσης (301 mm), οι οποίες επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του θέρους δεν κατέστη δυνατό να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας του μάρτυρα σε νερό, ώστε να επιτευχθούν ταυτόχρονα και υψηλοί δείκτες ανάπτυξης και παραγωγικότητας. Έτσι, ο τελικός μέσος όρος ύψους στον μάρτυρα δεν ξεπέρασε τα 282 cm με μέγιστη παρατηρούμενη τιμή τα 345 cm. Η διαφορά αυτή των μέσων όρων (143 cm) μεταξύ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης (425 cm) και του μάρτυρα (282 cm) μεταφράζεται σε αρκετούς τόνους ανά εκτάριο διαφορά σε τελικές αποδόσεις ξηρής βιομάζας, άρα και ενέργειας, μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 5.3. Εξέλιξη των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων για το 2002 στο Βελεστίνο

Πίνακας 5.5. Μετρήσεις του ύψους των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων

	6/6/2002	14/6/2002	21/6/2002	27/6/2002	10/7/2002	19/7/2002	26/7/2002	2/8/2002	9/8/2002	23/8/2002	30/8/2002	5/9/2002	21/9/2002	5/10/2002
Ε41	9	13	29	54	87	101	125	180	205	225	251	285	327	333
Ε42	8	10	41	76	101	112	131	153	167	189	209	264	342	345
Ε43	9	12	25	43	74	96	122	157	173	185	197	226	272	275
Ε11	8	12	28	52	88	102	111	165	184	285	307	410	436	441
Ε12	8	13	26	43	89	104	113	176	192	295	316	418	456	456
Ε13	7	14	27	41	79	98	102	157	176	274	305	382	413	414
Ε11	9	12	24	35	49	57	69	79	98	130	145	185	235	241
Ε12	8	12	24	37	59	67	74	87	96	145	165	177	241	243
Ε13	7	12	23	41	75	84	97	118	134	175	205	228	292	292
Ε21	9	12	30	65	100	112	125	208	238	293	325	412	435	440
Ε22	10	13	23	45	79	96	119	194	218	297	335	410	434	434
Ε23	10	14	33	53	87	101	130	186	213	313	364	403	443	445
Ε41	9	12	33	61	92	109	124	173	197	300	357	419	428	432
Ε42	10	15	34	60	91	105	121	196	212	305	349	443	455	457
Ε43	10	13	29	52	88	104	126	202	225	316	377	452	471	475
Ε21	8	12	22	35	49	55	71	93	115	127	135	170	219	222
Ε22	9	15	35	52	75	89	114	136	153	203	266	246	264	266
Ε23	9	11	24	33	50	57	64	85	124	177	197	215	241	243
Ε31	9	12	30	47	76	85	119	156	182	287	306	360	377	380
Ε32	8	13	31	49	79	92	106	189	201	265	321	397	409	411
Ε33	10	16	37	57	80	89	103	190	204	270	302	363	386	391
Ε31	10	12	28	44	54	61	77	89	118	145	165	207	259	263
Ε32	8	12	30	44	61	77	89	119	146	210	225	264	287	295
Ε33	7	12	32	61	89	103	121	159	181	205	222	264	300	301
Κ11	7	12	24	45	80	110	127	168	181	332	384	415	424	425
Κ12	9	12	23	44	79	103	122	196	220	312	352	427	436	440

	6/6/2002	14/6/2002	21/6/2002	27/6/2002	10/7/2002	19/7/2002	26/7/2002	2/8/2002	9/8/2002	23/8/2002	30/8/2002	5/9/2002	21/9/2002	5/10/2002
<b>K13</b>	8	12	22	48	84	110	131	194	218	298	347	403	413	417
<b>K21</b>	8	13	27	49	76	93	117	154	190	262	309	352	365	370
<b>K22</b>	8	11	30	51	97	114	133	188	227	278	303	357	375	382
<b>K23</b>	8	12	31	48	86	102	127	166	239	303	321	380	406	410
<b>K31</b>	10	12	25	43	79	99	117	159	196	272	298	358	380	382
<b>K32</b>	9	15	33	67	115	126	159	173	193	275	312	322	348	355
<b>K33</b>	8	14	29	54	97	107	116	167	182	272	300	352	373	380
<b>K41</b>	8	12	28	56	124	147	177	218	243	333	387	446	465	466
<b>K42</b>	10	12	30	61	117	139	165	192	221	327	377	432	447	453
<b>K43</b>	9	13	28	48	76	94	122	197	215	317	355	412	422	425

**E = Επιφανειακή στάγδην άρδευση K = Άρδευση με κανόνι βροχής M = Μάρτυρας**

## 5.4. Φυλλική επιφάνεια (L.A.I.)

### 5.4.1. Γενικά

Στο διάγραμμα 5.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) της καλλιέργειας για όλες τις μεταχειρίσεις καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 στο Βελεστίνο. Επίσης στον πίνακα 5.6 απεικονίζονται οι μετρήσεις του L.A.I. για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 στο Βελεστίνο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 16 μετρήσεις.

Μετά το πέρας μίας εβδομάδας περίπου από την έναρξη των αρδεύσεων δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων με εξαίρεση το ζευγάρι των μεταχειρίσεων "επιφανειακή στάγδην άρδευση" και άρδευση με "κανόνι βροχής" (υπέρ της επιφανειακής άρδευσης). Η διαφορά αυτή έχει να κάνει με την επιλογή των τυχαίων φυτών της άρδευσης με κανόνι βροχής.

Άλλωστε, η αναπτυξιακή δραστηριότητα της καλλιέργειας δεν επηρεάζεται σημαντικά όταν η τιμή του L.A.I. είναι σαφώς μικρότερη της επιθυμητής τιμής έξι και αντίστοιχα όχι μεγαλύτερη από την τιμή τέσσερα. Η τιμή έξι (6) για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας έχει να κάνει με την αναγκαία και ικανή συνθήκη φυτοκάλυψης της επιφάνεια του εδάφους από το σύνολο των φύλλων της καλλιέργειας που υποστηρίζει (σε ποσοστό 99%), ώστε να ενεργοποιείται πλήρως η φωτοσυνθετική δραστηριότητα αυτής. Βέβαια για τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας μεταξύ του 4 με 5 η φυτοκάλυψη κρίνεται ως αρκετά καλή (90-98%) και η φωτοσυνθετική διαδικασία λαμβάνει χώρα σε απολύτως ικανοποιητικά επίπεδα. Λόγω όμως των εξαιρετικά υψηλών απαιτήσεων του πειράματος καθορίστηκε ως κατώτερη η τιμή 6 του δείκτη της φυλλικής επιφάνειας με σκοπό την πληρέστερη σύγκριση της αναπτυξιακής δραστηριότητας μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Περί τα τέλη Ιουλίου με τα μέσα Αυγούστου δεν παρατηρείται υπεροχή κάποιας από τις μεθόδους άρδευσης, με την τιμή του L.A.I. βέβαια να μην ξεπερνά την τιμή 3 για το σύνολο των επαναλήψεων. Διανύοντας περίπου ενάμιση μήνα από την έναρξη των αρδεύσεων δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στα στατιστικά αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Αυτό διαπιστώνεται εύκολα με την σύγκριση των τιμών των μέσων όρων L.A.I. της επιφανειακής άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, τιμές μέσων όρων L.A.I. 6,56, 7,56, 7,49, 3,95



για την επιφανειακή άρδευση και 6,53 , 7,09 , 7,31 ,3,87 για το 'κανόνι', δεν αποδεικνύονται σημαντικές .

Έτσι, η διαφορά του L.A.I. μεταξύ των φυτών της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής, δείχνει να μειώνεται ακόμα περισσότερο. Σημειώνεται επίσης ότι σε διάστημα ενός μήνα περίπου παρατηρείται αύξηση των τιμών του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 100%. Επιπλέον , παρατηρείται διαφορά στην ημερομηνία κατά την οποία η τιμή του L.A.I. αρχίζει να μειώνεται . Η τιμή του L.A.I. αρχίζει να μειώνεται πιο νωρίς στην επιφανειακή άρδευση απ'ότι στην μέθοδο άρδευσης με κανόνι βροχής .

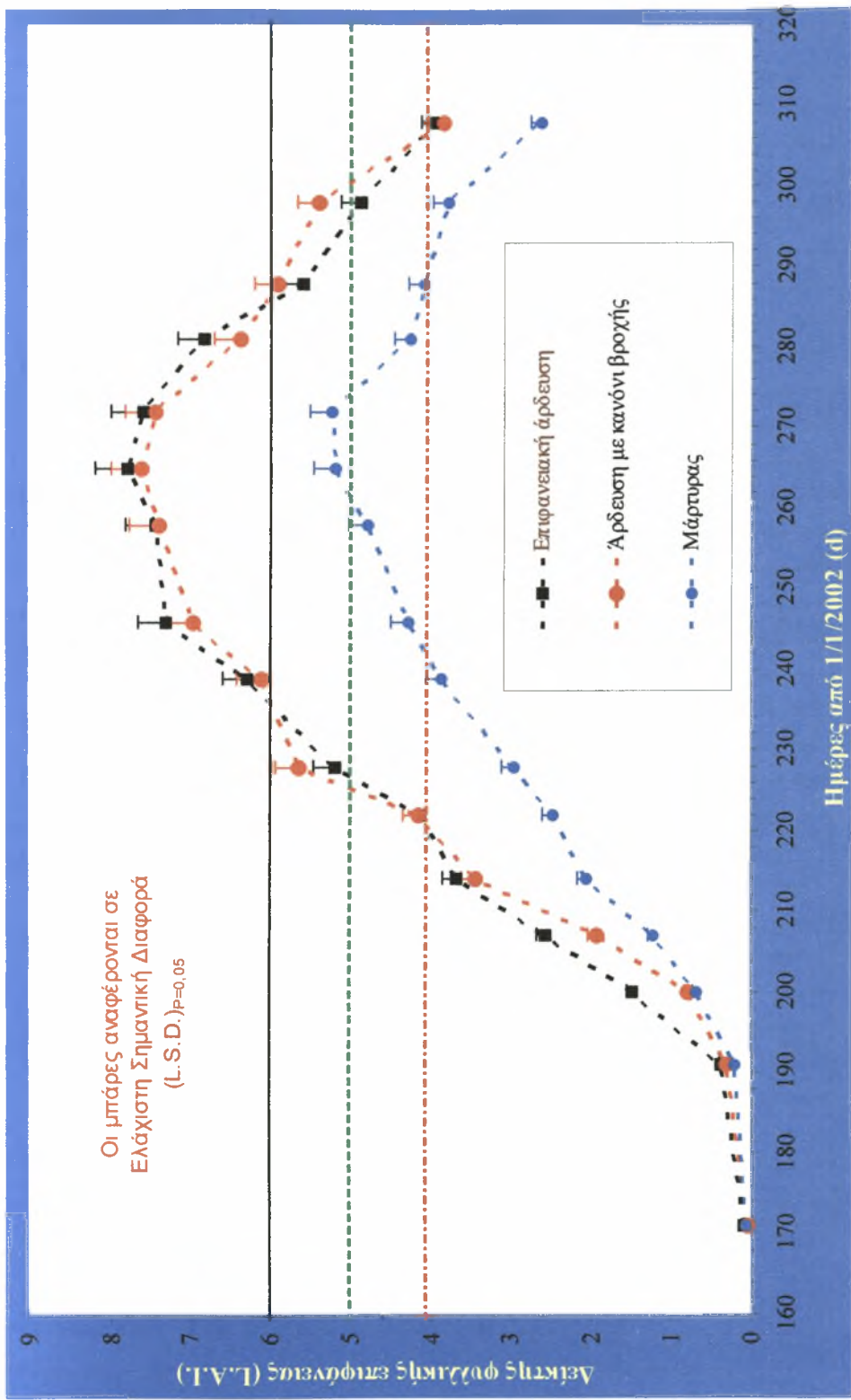
Την ίδια χρονική περίοδο η οριακή τιμή 6 του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ξεπερνιέται από το σύνολο των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση τον μάρτυρα, ο οποίος καθυστερεί σημαντικά. Τονίζεται εδώ, όσον αφορά το μάρτυρα (χωρίς άρδευση), ότι η τιμή 4 επιτυγχάνεται περί τα τέλη Αυγούστου, ενώ υπέρβαση της τιμής 5 παρατηρείται στο τελευταίο δεκαπενθήμερο του Σεπτεμβρίου. Η σημαντική αυτή καθυστέρηση επιβεβαιώνει τη σημασία της άρδευσης, που σκοπό έχει την επιτάχυνση της αναπτυξιακής διαδικασίας και την μεγιστοποίηση της παραγωγής.

Μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, που έτυχαν διαφορετικής μεθόδου άρδευσης και προέκυψαν από τις μετρήσιμες τιμές του L.A.I., μειώνονται σημαντικά, ειδικότερα όσον αφορά τις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά .Μάλιστα στα τέλη του πρώτου δεκαπενθήμερου του Σεπτεμβρίου επιτυγχάνονται και οι μέγιστες τιμές του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Έτσι η μέγιστη τιμή L.A.I. που παρατηρήθηκε στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις 8,33, στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής 8,01, και στον μάρτυρα (χωρίς άρδευση) 5,49. Ανάλογες υψηλές τιμές έχουν παρατηρηθεί και στο παρελθόν σε αντίστοιχες μελέτες (Roman *et al.*, 1998 ; Dercas and Liakatas, 1999).

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου στις αρχές Νοεμβρίου παρατηρείται μείωση των τιμών του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Η υποβάθμιση αυτή των τιμών γίνεται εντονότερη στα τέλη Οκτωβρίου με αρχές Νοεμβρίου και οφείλεται βέβαια στο γηρασμό της καλλιέργειας και στην σταδιακή μάρανση των φύλλων.

Όσον αφορά το χρόνο συγκομιδής (βλ. παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας) η πτώση αυτή του δείκτη δεν έχει καμία απολύτως επίδραση στην τελική παραγωγή,

καθώς όπως είναι φυσικό αυτή συντάσσεται χρονικά με τους αρνητικούς ρυθμούς παραγωγικότητας της συγκεκριμένης περιόδου.



Διάγραμμα 5.4 Εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των μεταχειρίσεων για το έτος 2002 στο Βελεστίνο

**Πίνακας 5.6 Μετρήσεις δείκτη φυλλικής επιφάνειας μεταχειρίσεων**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>15/7/2002</b>	1	1,95	1,92	0,61
	2	1,99	1,77	0,73
	3	2,01	1,76	1,81
	4	2,11	1,89	1,79
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>2,02</b>	<b>1,83</b>	<b>1,23</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>16/8/2002</b>	1	3,24	3,19	1,78
	2	2,95	3,1	1,76
	3	2,84	2,86	2,12
	4	2,96	3,15	2,57
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>3,00</b>	<b>3,08</b>	<b>2,06</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>4/9/2002</b>	1	6,79	6,64	3,81
	2	6,56	6,52	3,48
	3	6,36	6,15	3,8
	4	6,51	6,81	3,91
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>6,56</b>	<b>6,53</b>	<b>3,75</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>22/9/2002</b>	1	7,21	7,16	5,28
	2	7,22	6,74	5,29
	3	7,54	6,58	5,38
	4	8,25	7,88	5,46
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>7,56</b>	<b>7,09</b>	<b>5,35</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>8/10/2002</b>	1	7,28	7,30	5,30
	2	7,72	7,26	5,05
	3	7,75	7,41	5,40
	4	7,19	7,27	5,48
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>7,49</b>	<b>7,31</b>	<b>5,31</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		<b>ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ</b>	<b>ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ</b>	<b>ΜΑΡΤΥΡΑΣ</b>
<b>4/11/2002</b>	1	4,11	3,59	2,13
	2	4,63	4,07	2,31
	3	3,89	3,74	2,87
	4	3,17	4,08	3,27
	<b>Μ.Ο.</b>	<b>3,95</b>	<b>3,87</b>	<b>2,65</b>

## 5.4.2. Συζήτηση

Μια σημαντική παρατήρηση η οποία αφορά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, στο στάδιο της γήρανσης των φύλλων, είναι η σαφή διαφοροποίηση στη χρονική διάρκεια πτώσης του L.A.I. κάτω από την επιθυμητή τιμή 6, για την οποία έγινε λόγος παραπάνω, στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Ειδικότερα στις επιφανειακές μεταχειρίσεις (στάγδην, κανόνι βροχής) η πτώση αυτή λαμβάνει χώρα περί τις 13 με 15 Οκτωβρίου, με την επιφανειακή να προηγείται, όπως αναφέραμε και παραπάνω. Αυτό βέβαια συνεπάγεται μια σημαντική επιβράδυνση στη γήρανση και υψηλότερες τελικές τιμές σε χλωρή βιομάζα, κυρίως εξαιτίας της διατήρησης ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας κοντά στο ενεργό τμήμα του ριζοστρώματος καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Μάλιστα συγκρίνοντας, τη χρονική διάρκεια διατήρησης της τιμής του L.A.I. πάνω από την τιμή 5 για το σύνολο των μεταχειρίσεων παρατηρούμε ότι στα πειραματικά της επιφανειακής στάγδην άρδευσης 69 ημέρες (από 15/8 – 23/10), στα πειραματικά που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής 76 ημέρες (από 13/8 – 28/10), και τέλος στα πειραματικά του μάρτυρα 15 ημέρες (από 16/9 - 1/10).

Το γενικότερο συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν επιφανειακά με σταγόνα είχαν ταχύτερη ανάπτυξη, μεγαλύτερη αντοχή στην γήρανση και επομένως την ευκαιρία για την επίτευξη υψηλότερων τελικών τιμών παραγωγικότητας σε χλωρή, ξηρή βιομάζα, και ενέργεια έναντι του 'κανονιού' και του μάρτυρα.

## 5.5. Χλωρή βιομάζα

### 5.5.1. Γενικά

Τα δύο προηγούμενα μεγέθη ύψος και φυλλική επιφάνεια των φυτών αναφέρονται στον παράγοντα ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η παραγωγή σε χλωρή βιομάζα που ακολουθεί αναφέρεται στο δεύτερο παράγοντα που τέθηκε προς εξέταση και χαρακτηρίζεται με τον όρο "παραγωγικότητα της καλλιέργειας".

Έτσι στο διάγραμμα 5.5 απεικονίζονται, η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 και για όλες τις μεταχειρίσεις, καθώς επίσης και οι πολυωνυμικές εξισώσεις της μεταβολής της

χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων. Στους πίνακες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται η παραγωγή σε  $t\ στρ.^{-1}$  και η παραγωγικότητα σε  $kg/d/στρ.$  της χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002.

Στα διαγράμματα 5.6 έως και 5.8 απεικονίζονται οι παραγωγικότητες σε χλωρή βιομάζα για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου της επιφανειακής άρδευσης με το 'κανόνι' και τον μάρτυρα. Τέλος, στον πίνακα 5.9 που ακολουθεί απεικονίζονται συνολικά οι μετρήσεις σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ( $t\ ha^{-1}$ ) των μεταχειρίσεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως για το έτος 2002.

**Πίνακας 5.7. Παραγωγή χλωρής βιομάζας μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002.**

Ημερομηνία μετρήσεων	Παραγωγή χλωρής βιομάζας ( $t/στρ.$ )		
	Επιφανειακή	Κανόνι βροχής	Μάρτυρας
15/7	5,04	4,76	3,67
16/8	7,20	7,45	5,20
4/9	12,92	12,33	7,63
22/9	15,59	14,58	8,89
8/10	15,10	14,11	9,17
4/11	14,79	13,79	8,95

**Πίνακας 5.8. Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002.**

Περίοδοι μέτρησης	Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας ( $kg/d/στρ.$ )		
	Επιφανειακή	Κανόνι βροχής	Μάρτυρας
28/5-15/7	102,9	97,1	74,9
16/7-16/8	98,6	84,2	47,7
17/8-4/9	248,5	257,0	128,3
5/9-22/9	148,2	124,8	69,8
23/9-8/10	-30,4	-29,2	17,4
9/10-4/11	-11,6	-11,9	-8,2

**Πίνακας 5.9 Μετρήσεις χλωρής βιομάζας μεταχειρίσεων**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (15/7/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	53,27	49,44	32,94
	2	56,73	42,89	34,68
	3	47,19	48,22	38,36
	4	44,52	49,78	40,79
	M.O.	<b>50,43</b>	<b>47,58</b>	<b>36,69</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (16/8/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	83,25	75,93	47,62
	2	82,80	69,33	49,25
	3	79,94	72,70	54,29
	4	81,94	80,08	56,64
	M.O.	<b>81,98</b>	<b>74,51</b>	<b>51,95</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (4/9/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	137,32	125,64	65,61
	2	120,95	115,46	68,77
	3	132,25	120,21	83,74
	4	126,25	132,05	87,17
	M.O.	<b>129,19</b>	<b>123,34</b>	<b>76,32</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (22/9/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	161,36	150,37	78,79
	2	156,58	136,80	80,12
	3	153,65	140,38	97,85
	4	151,89	155,70	98,74
	M.O.	<b>155,87</b>	<b>145,81</b>	<b>88,88</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (8/10/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	155,77	147,10	80,80
	2	155,92	132,54	84,41
	3	135,14	134,81	99,99
	4	157,17	150,12	101,49
	M.O.	<b>151,00</b>	<b>141,14</b>	<b>91,67</b>
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ (4/11/2002)		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ	ΚΑΝΟΝΙ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
	1	140,52	143,87	79,14
	2	142,18	128,97	80,40
	3	151,80	131,86	98,90
	4	157,02	147,06	99,36
	M.O.	<b>147,88</b>	<b>137,94</b>	<b>89,45</b>

Όπως λοιπόν φαίνεται στους παραπάνω πίνακες και διαγράμματα της παραγωγής και της παραγωγικότητας σε χλωρή βιομάζα, οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά εμφάνισαν υπεροχή έναντι του μάρτυρα και του ‘κανονιού’.

Την αμέσως επόμενη περίοδο μέτρησης από τις 16 Ιουλίου έως και τις 16 Αυγούστου οι διαφορές που αρχικά παρουσιάστηκαν στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν επιφανειακά και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής διατηρούνται, ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές εμφανίζουν και οι τιμές σε χλωρή βιομάζα της επιφανειακής στάγδην και των επαναλήψεων που δεν αρδεύτηκαν καθόλου (μάρτυρας). Αυτό βέβαια αποτελεί απόδειξη και όχι απλώς ένδειξη της αναγκαιότητας χρήσης αρδευτικού νερού, ακόμη και στις ξηρικές καλλιέργειες, όταν η επιδίωξη είναι η υψηλή παραγωγή σε χλωρή βιομάζα. Επίσης στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση παρουσιάζουν και οι μέσοι όροι των τιμών της χλωρής βιομάζας μεταξύ των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής, υπέρ της πρώτης μεθόδου.

Η περίοδος με τις μέγιστες τιμές παραγωγικότητας για το σύνολο των μεταχειρίσεων ήταν αυτήν από 17 Αυγούστου έως 4 Σεπτεμβρίου (βλέπε πίνακα 5.9). Ειδικότερα, αυτή τη περίοδο όσον αφορά το ζευγάρι επιφανειακή στάγδην άρδευση και άρδευση με κανόνι βροχής η αρχικά μεγάλη διαφοροποίηση που παρατηρείται (μέσα Αυγούστου), σε παραγωγή χλωρής βιομάζας μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (υπέρ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης), μειώνεται σημαντικά όσο πλησιάζουμε στις αρχές του Σεπτεμβρίου.

Η αναπτυξιακή δραστηριότητα της καλλιέργειας με την εμφάνιση των μεγίστων τελικών τιμών χλωρής βιομάζας για το σύνολο των μεταχειρίσεων με εξαίρεση τον μάρτυρα, ολοκληρώνεται στα τέλη του μήνα Σεπτεμβρίου. Την περίοδο αυτή από 4 Σεπτεμβρίου έως και 22 Σεπτεμβρίου η επεξεργασία των δεδομένων ανέδειξε μία στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων που αρδεύτηκαν επιφανειακά σε σχέση με την άρδευση με κανόνι βροχής. Στο γεγονός αυτό συνέβαλλε βέβαια και η υψηλή παραγωγικότητα που παρουσίασαν οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν επιφανειακά την αμέσως προηγούμενη περίοδο μέτρησης.

Από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τη λήξη της καλλιεργητικής περιόδου εμφανίζονται αρνητικοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας. Παρολ'αυτά στατιστικά σημαντική παραμένει η διαφοροποίηση μεταξύ των μέσων όρων χλωρής βιομάζας της επιφανειακής άρδευσης και των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν με κανόνι



βροχής. Οι αρνητικοί αυτοί ρυθμοί παραγωγικότητας (βλέπε πίνακα 5.9), οι οποίοι βέβαια οφείλονται στη γήρανση της καλλιέργειας, είναι σχεδόν ίσοι για το σύνολο των μεταχειρίσεων και έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των τελικών αποδόσεων αλλά και των διαφοροποιήσεων μεταξύ των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως. Εξαίρεση όλων αυτών αποτελεί ο μάρτυρας (χωρίς άρδευση) του οποίου οι ρυθμοί παραγωγικότητας παραμένουν θετικοί καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου από 23/9 έως 8/10.

Το παραπάνω γεγονός εξηγείται πολύ εύκολα διότι οι επαναλήψεις που δεν αρδεύτηκαν καθόλου καθυστέρησαν σημαντικά την ανάπτυξή τους με αποτέλεσμα να διαθέτουν επιπλέον αποθέματα για αναπτυξιακή δραστηριότητα, ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η αντίδραση στην επάρκεια νερού και θρεπτικών στοιχείων ήταν άμεση. Με άλλα λόγια ήταν σαφής η επιτάχυνση της αναπτυξιακής διαδικασίας (πρώιμη ανάπτυξη) των φυτών που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως. Πάντως η αύξηση αυτή στο μάρτυρα δεν είναι σημαντική χρονικά και ποσοτικά ώστε να δικαιολογεί οικονομικά μία επιπλέον κοπή.

Εύκολα λοιπόν, καταλαβαίνει κανείς πόσο σημαντική είναι η διερεύνηση τόσο του βέλτιστου χρόνου εγκατάστασης, διάρκειας άρδευσης και κοπής της καλλιέργειας του ινώδους σόργου με σκοπό τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων για τα Ελληνικά δεδομένα.

Έχοντας πλέον περάσει 160 ημέρες από τη σπορά, την τελευταία περίοδο μέτρησης από 9 Οκτωβρίου έως και 4 Νοεμβρίου, εμφανίζονται σταθερά αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Πέραν αυτής της περιόδου κρίθηκε ως μη απαραίτητη η διερεύνηση της εξέλιξης της χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων. Επίσης την περίοδο αυτή δεν εμφανίζεται και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεθόδων με εξαίρεση βέβαια τον μάρτυρα.

### 5.5.2. Συζήτηση

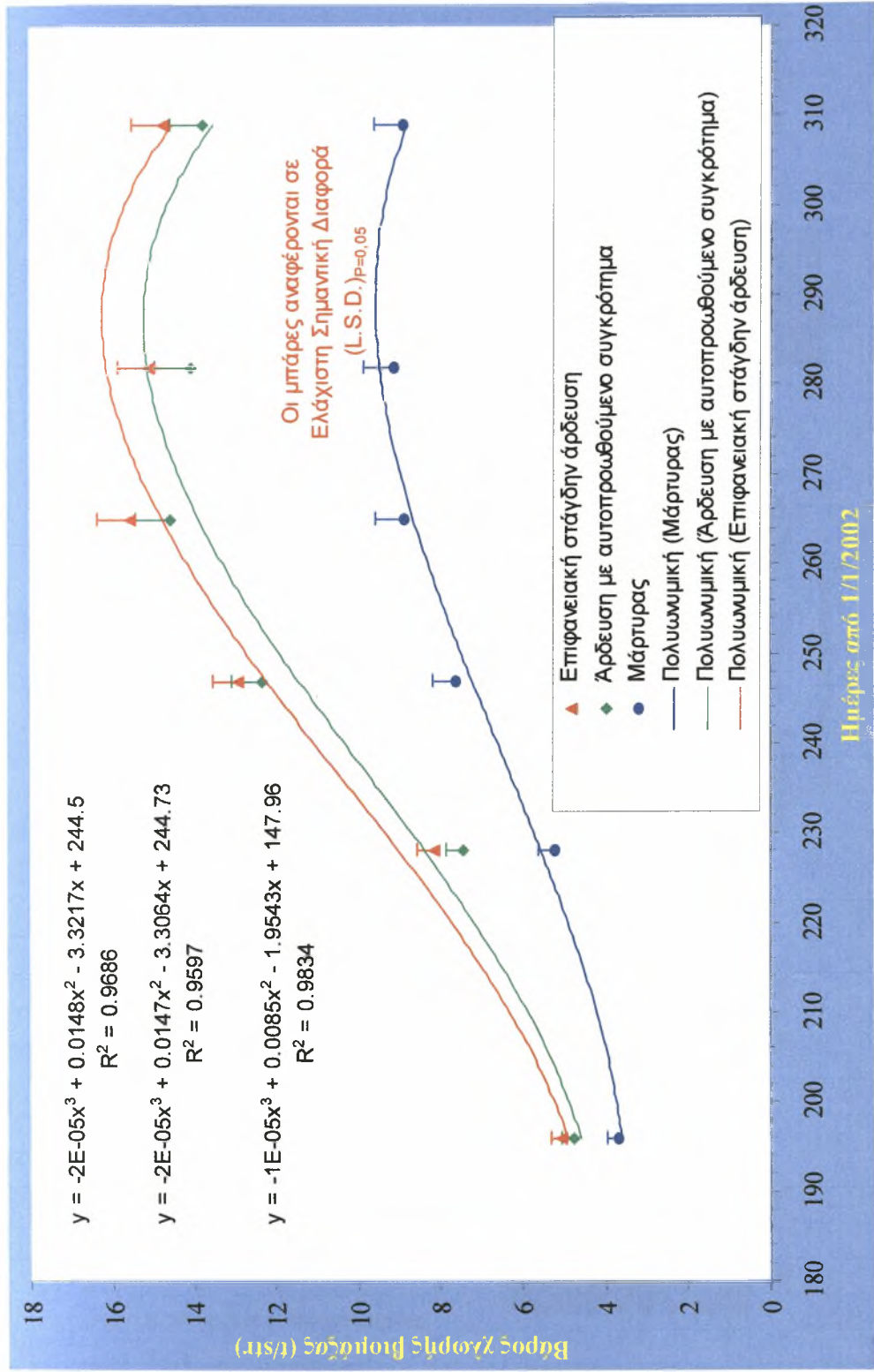
Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι άξιο να αναφερθεί, πρώτον ότι η ανάγκη χρήσης αρδευτικού νερού συμπληρωματικά, ακόμα και στις χαμηλών απαιτήσεων καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών σε εξατμισοδιαπνοή, και δεύτερον ότι η χρήση της επιφανειακής άρδευσης αποδεικνύεται αρκετά σημαντική μεταξύ των σύγχρονων και των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης για την μεγιστοποίηση των αποδόσεων σε χλωρή βιομάζα και μάλιστα με την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

Όταν τα φυτά βρίσκονται στην βέλτιστη παραγωγική τους φάση και ευνοούνται από κλιματικές και θρεπτικές παραμέτρους, στην περίπτωση της επιφανειακής άρδευσης με σταγόνα, επιταχύνονται οι παραγωγικοί ρυθμοί της καλλιέργειας και παράλληλα μεγιστοποιείται η τελική παραγωγή των φυτών. Δηλαδή, οι παραπάνω σημαντικές στατιστικές διαφοροποιήσεις των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν επιφανειακά έναντι των υπολοίπων μεθόδων παρουσιάζονται τη περίοδο με τις μέγιστες τελικές τιμές παραγωγής και παραγωγικότητας (μέσα Αυγούστου με τέλος Σεπτεμβρίου), αποδεικνύοντας έτσι της σημασία χρήσης της συγκεκριμένης μεθόδου.

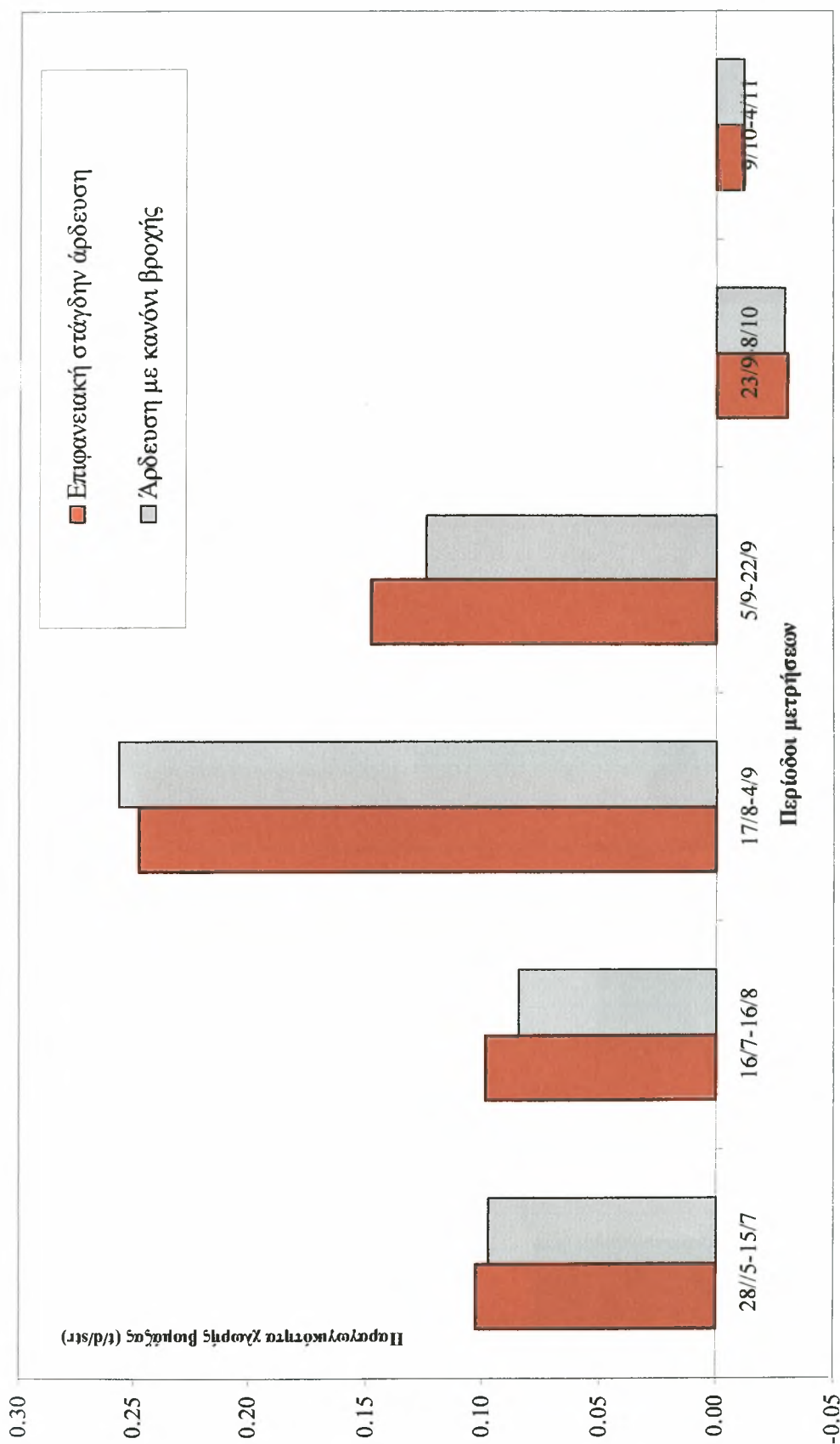
Η άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού στο πάνω τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών με τη ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω εξάτμισης, καθώς επίσης και η διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (ιδατοϊκανότητα) μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (2 – 5 ημέρες) για το συγκεκριμένο τμήμα της εδαφικής κατατομής των 30 – 60 cm, ευθύνονται για τα παραπάνω αποτελέσματα, που έχουμε.

Τέλος οι τιμές παραγωγικότητας θεωρούνται εξαιρετικά υψηλές σε σχέση με αποδόσεις που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν (Panoutsou, 1999 ; Sakellariou – Makrantonaki *et al.*, 2001) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

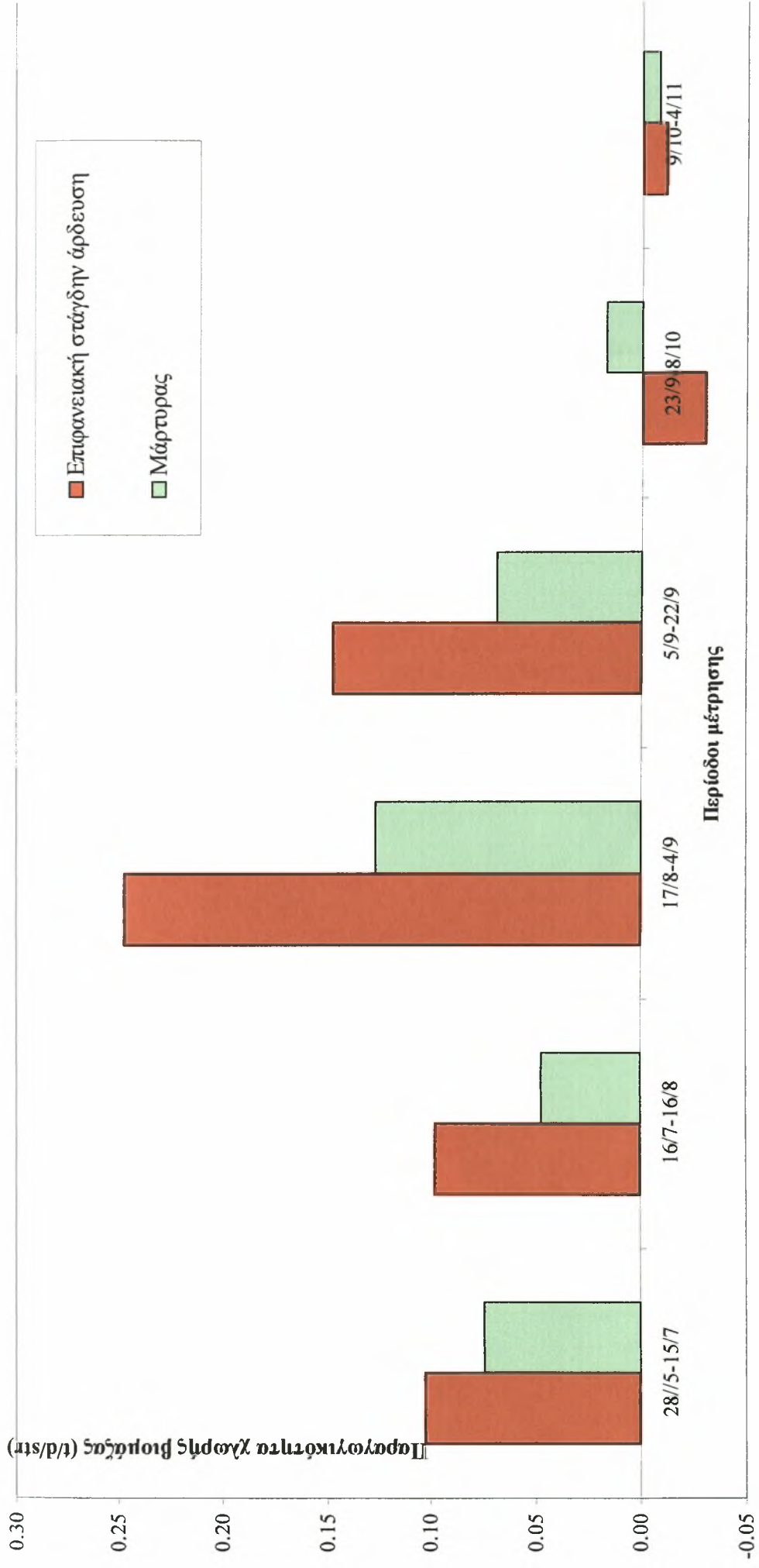
Αποδεικνύεται έτσι και έμπρακτα η δυνατότητα ανάπτυξης του ινώδους σόργου ως ενεργειακού φυτού για τη παραγωγή υψηλών ποσοτήτων βιο-καυσίμου στην Κεντρική Ελλάδα, με τη χρήση της επιφανειακής άρδευσης, καθώς επίσης και μελλοντική χρήση αυτού σε προγράμματα αμειψισπορών στα πλαίσια της νέας εναλλακτικής αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.



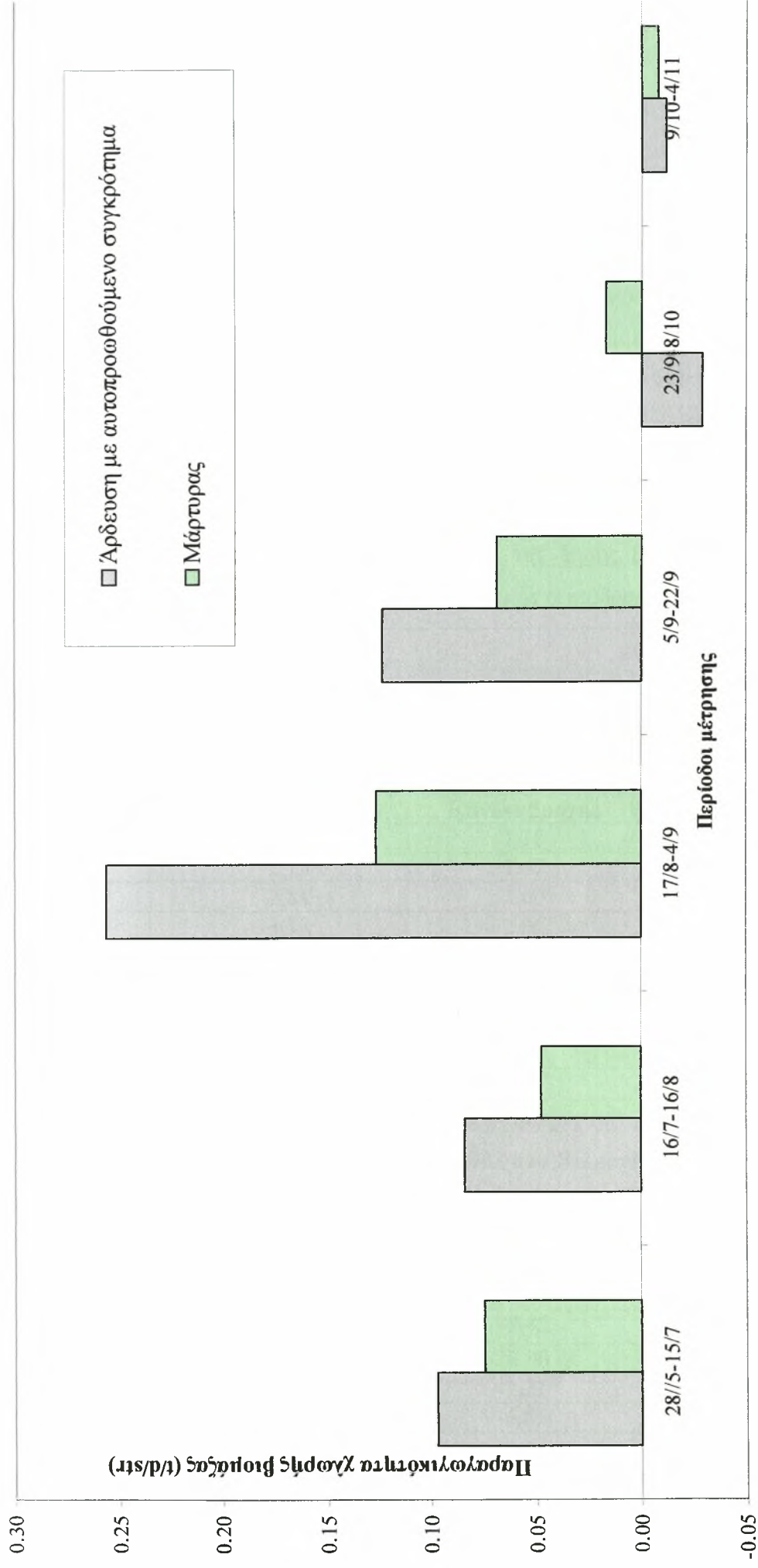
Διάγραμμα 5.5 Εξέλιξη σε παραγωγή χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το έτος 2002 στο Βελεστίνο.



**Διάγραμμα 5.6 Παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής**



**Διάγραμμα 5.7 Παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα**



**Διάγραμμα 5.8 Παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της άρδευσης με κανόνι βροχής και του μάρτυρα**

## 5.6. Ξηρή βιομάζα

### 5.6.1. Γενικά

Η μεταβολή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων που έτυχαν διαφορετικής μεθόδου άρδευσης παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5.9 που ακολουθεί, καθώς επίσης και των πολυωνυμικών εξισώσεων που διέπουν την διακύμανση αυτή.

Αντίστοιχα στα διαγράμματα 5.11 έως και 5.13 απεικονίζονται οι παραγωγικότητες σε ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων σε συνδυασμούς ανά δύο εξ' αυτών σε κάθε διάγραμμα. Στους πίνακες 5.10 και 5.11 παρουσιάζονται η παραγωγή σε  $t\ στρ.^{-1}$  και η παραγωγικότητα σε  $kg/d/στρ.$  της ξηρής βιομάζας των τριών μεταχειρίσεων καθ' όλη τη διάρκεια της αναπτυξιακής περιόδου.

**Πίνακας 5.10. Παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 στο Βελεστίνο.**

Ημερομηνίες μέτρησης	Παραγωγή ξηρής βιομάζας ( $t/στρ.$ )		
	Επιφανειακή	Κανόνι βροχής	Μάρτυρας
15/7	1,29	1,18	0,59
16/8	2,13	1,87	1,03
4/9	2,81	2,60	1,68
22/9	3,33	2,96	1,78
8/10	3,25	2,72	1,97
4/11	2,84	2,28	1,53

**Πίνακας 5.11. Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων την καλλιεργητική περίοδο του 2002 στο Βελεστίνο.**

Περίοδοι μέτρησης	Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας ( $kg/d/στρ.$ )		
	Επιφανειακή	Κανόνι βροχής	Μάρτυρας
28/5-15/7	26,00	24,08	12,04
16/7-16/8	27,09	22,26	14,19
17/8-4/9	35,26	38,42	34,21
5/9-22/9	29,44	20,00	5,56
23/9-8/10	-5,00	-5,21	4,87
9/10-4/11	-6,14	-6,85	-3,45

Η πρώτη καταγραφή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων έγινε μία εβδομάδα μετά την πρώτη κοπή στις 15 Ιουλίου. Τα δεδομένα που προέκυψαν αναφέρονται στην εξέλιξη των ξηρών βαρών των μεταχειρίσεων που έως τότε δεν είχαν αρδευτεί διαφορετικά αλλά είχαν λάβει από κοινού τις ίδιες ποσότητες προ-φυτρωτικού ύδατος με κανόνι βροχής.

Οι παραγωγές σε ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων με ημερομηνία 15/7 δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, με εξαίρεση βέβαια τον μάρτυρα ο οποίος αρδεύτηκε ελάχιστα τις δύο πρώτες εβδομάδες από 28 Μαΐου έως και 10 Ιουνίου, με μοναδικό σκοπό το ομοιόμορφο φύτρωμα. Η διαφοροποίηση που εμφανίζεται μεταξύ της επιφανειακής μεθόδου και της άρδευσης με κανόνι βροχής, σε παραγωγή ξηρής βιομάζας, οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην ανισότητα (άνισες διακυμάνσεις) μεταξύ των τιμών των πειραματικών της τεχνητής βροχής .

Με την έναρξη της άρδευσης και ένα μήνα μετά, στις 16 Αυγούστου, παρουσιάζεται πλέον στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ειδικότερα οι επαναλήψεις που αρδεύτηκαν επιφανειακά παρουσιάζουν υπεροχή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας έναντι όλων των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Μεταξύ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής υπάρχει μικρή διαφοροποίηση η οποία διαπιστώνεται και στους παραπάνω πίνακες 5.10 και 5.11 .

Τα αποτελέσματα δεν αλλάζουν και την επόμενη περίοδο μέτρησης (17/8-4/9). Οι διαφορές και πάλι παραμένουν στατιστικά σημαντικές και η υπεροχή των επαναλήψεων που αρδεύτηκαν επιφανειακά σε παραγωγή ξηρής βιομάζας είναι και αυτή τη χρονική περίοδο εμφανής έναντι των υπολοίπων μεθόδων (πίνακας 5.10). Εμφανής είναι και η αρνητική διαφορά του μάρτυρα συγκριτικά με τις άλλες δυο μεθόδους άρδευσης. Η υγρασία των νωπών δειγμάτων τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή κυμαίνεται μεταξύ των ορίων του 77 με 79% του συνόλου της χλωρής βιομάζας των δειγμάτων.

Οι μέγιστες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα επιτυγχάνονται περί τα τέλη Σεπτεμβρίου ακολουθώντας τις αντίστοιχες μέγιστες αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα των μεταχειρίσεων.

Τα αποτελέσματα δεν αλλάζουν ούτε τη περίοδο από τέλη Σεπτεμβρίου έως και τις αρχές Νοεμβρίου με τις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν επιφανειακά να εμφανίζουν και αυτή τη χρονική περίοδο στατιστικά σημαντική διαφορά έναντι των υπολοίπων σε παραγωγή ξηρής βιομάζας. Η υγρασία που περιέχεται στο σύνολο του νωπού βάρους των φυτών κυμαίνεται και τη περίοδο αυτή σε ποσοστά 77% με 80%.



Μείωση της παραγωγής σε ξηρή βιομάζα παρατηρείται στο σύνολο των μεταχειρίσεων, εκτός του μάρτυρα, μετά το πέρας των 120 ημερών από τη σπορά και ως τις αρχές Νοεμβρίου που ολοκληρώθηκε το πείραμα. Αντίστοιχα, αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας εμφανίζονται στον μάρτυρα μετά τα μέσα Οκτωβρίου.

Η μείωση αυτή αποδίδεται στη ολοκλήρωση της αναπτυξιακής διαδικασίας και στη φυσιολογική γήρανση της φυτείας. Οι μειωμένες τιμές έντασης της ακτινοβολίας σε συνδυασμό με την πτώση των τιμών της ημερήσιας θερμοκρασίας και την αυξημένη αναπνοή της φυτείας λόγω των υψηλών ποσοτήτων βιομάζας συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της NET (εμφάνιση αρνητικών τιμών αυτής).

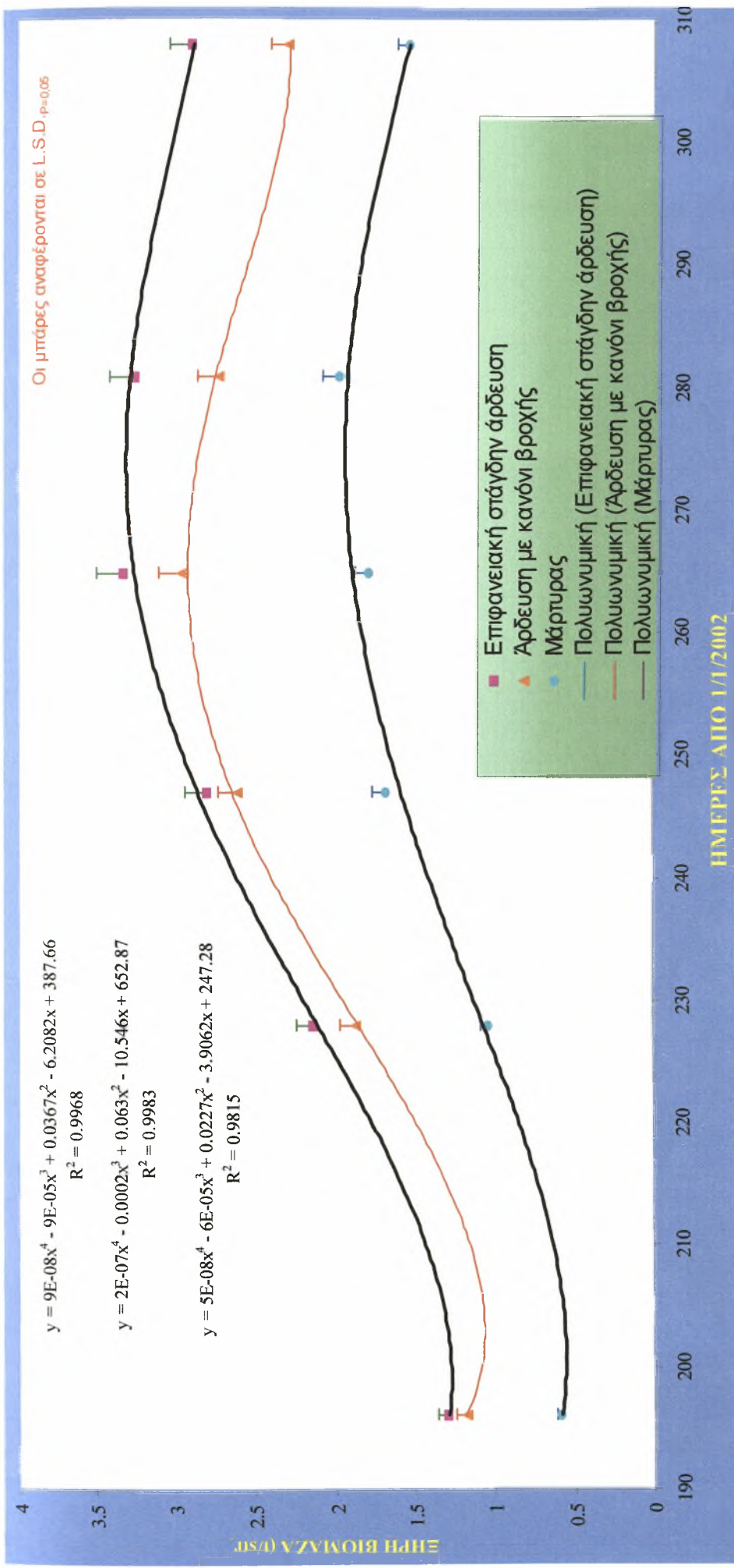
Στο διάγραμμα 5.10 απεικονίζονται τόσο η διακύμανση σε παραγωγή ενέργειας (Τ.Ι.Π.) των μεταχειρίσεων όσο και οι μέσες μέγιστες αποδόσεις σε τόνους ισοδυνάμου πετρελαίου. Τέλος, στον πίνακα 5.13 απεικονίζονται οι μετρήσεις σε ξηρή βιομάζα του συνόλου των μεταχειρίσεων για το έτος 2002 στο Βελεστίνο.

Σημαντική επίσης διαπίστωση, όσον αφορά το χρόνο συγκομιδής με σκοπό την μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα και ενέργεια, είναι ότι αυτή επιτεύχθηκε με το πέρας 115 ημερών από την ημερομηνία σποράς (28/5).

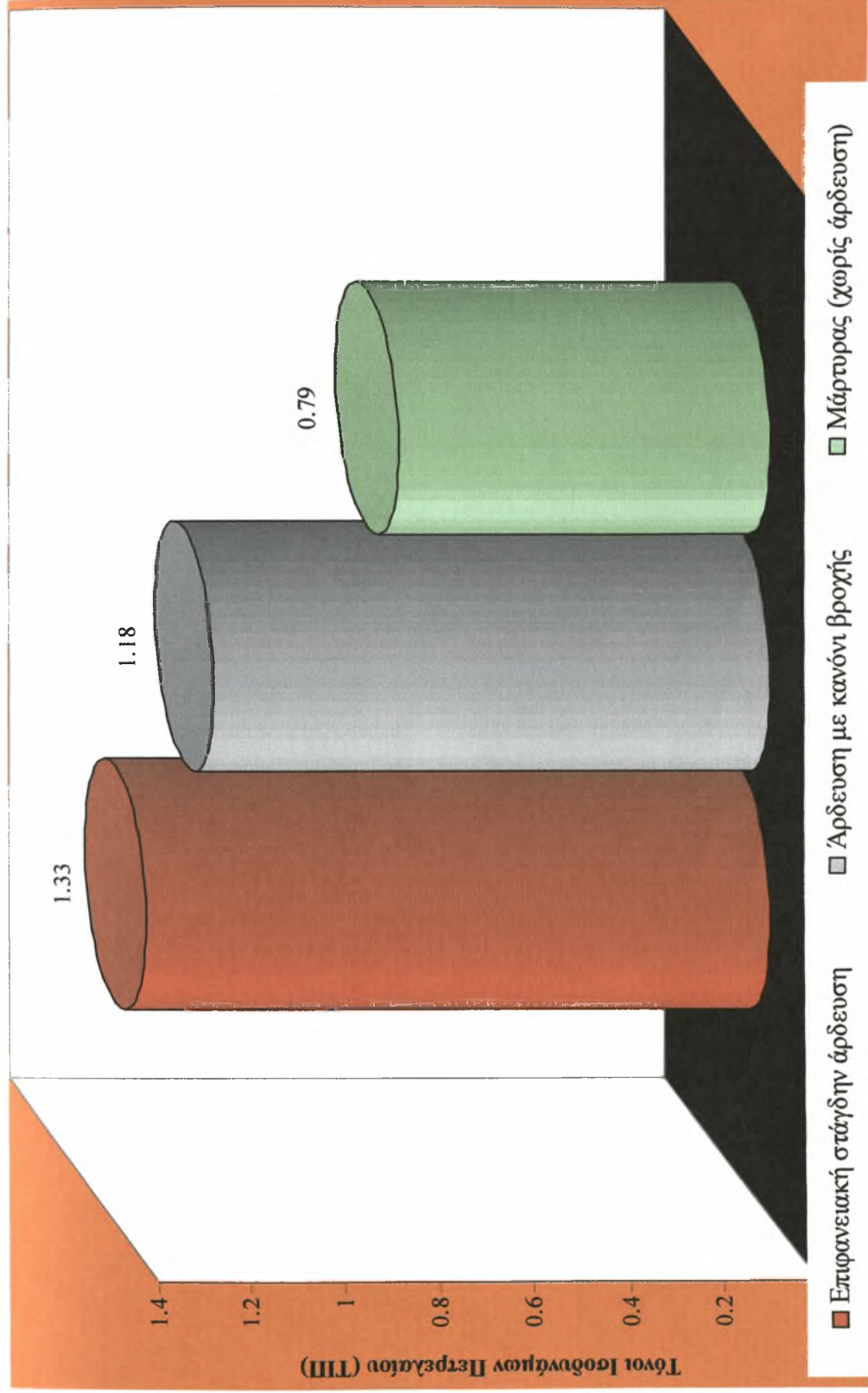
## 5.6.2. Συζήτηση

Συμπερασματικά λοιπόν μπορεί να αναφερθεί ότι τα φυτά που αρδεύτηκαν επιφανειακά έτυχαν ικανοποιητικότερων τιμών εδαφικής υγρασίας με αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλότερων τελικών τιμών ξηρής βιομάζας. Επίσης επέδειξαν ταχύτερους και υψηλότερους ρυθμούς παραγωγικότητας. Οι ανάγκες των φυτών σε νερό καλύφθηκαν απολύτως και εγκαίρως, επιβεβαιώνοντας για ακόμη μία φορά τη δυναμική της συγκεκριμένης καλλιέργειας στην παραγωγή υψηλών τιμών ενέργειας.

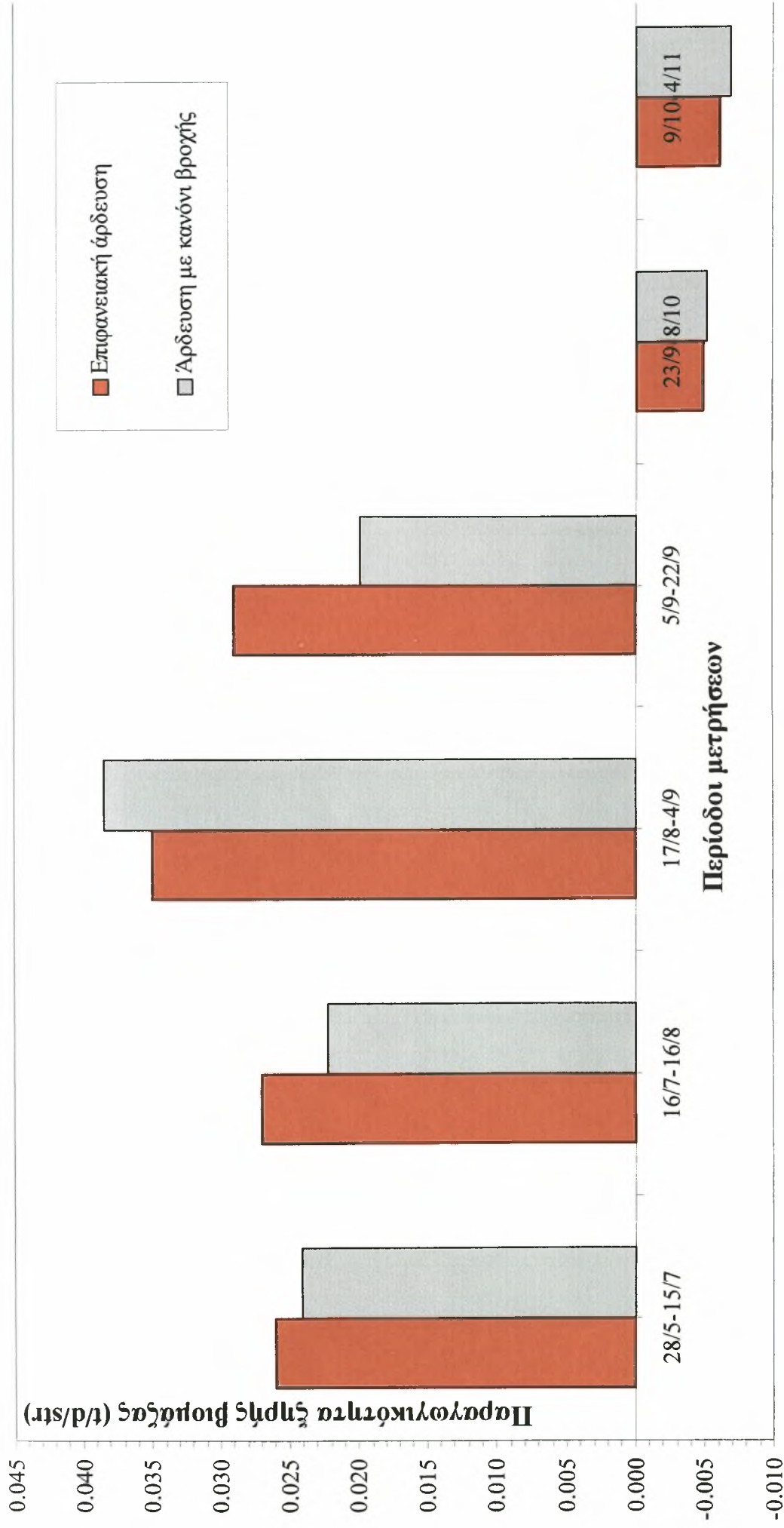
Το γεγονός ότι αν εφαρμοστεί επιφανειακή άρδευση σε σόργο, παίρνουμε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα παραγωγής ενέργειας (διαγρ. 5.10), είναι σημαντικό και επίσης, καλό είναι να επισημανθεί η σπουδαιότητα του χρόνου συγκομιδής, ο οποίος με βάση τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος δεν πρέπει να ξεπερνά τις 120 με 125 ημέρες από τη σπορά (για σπορές στα τέλη Μαΐου).



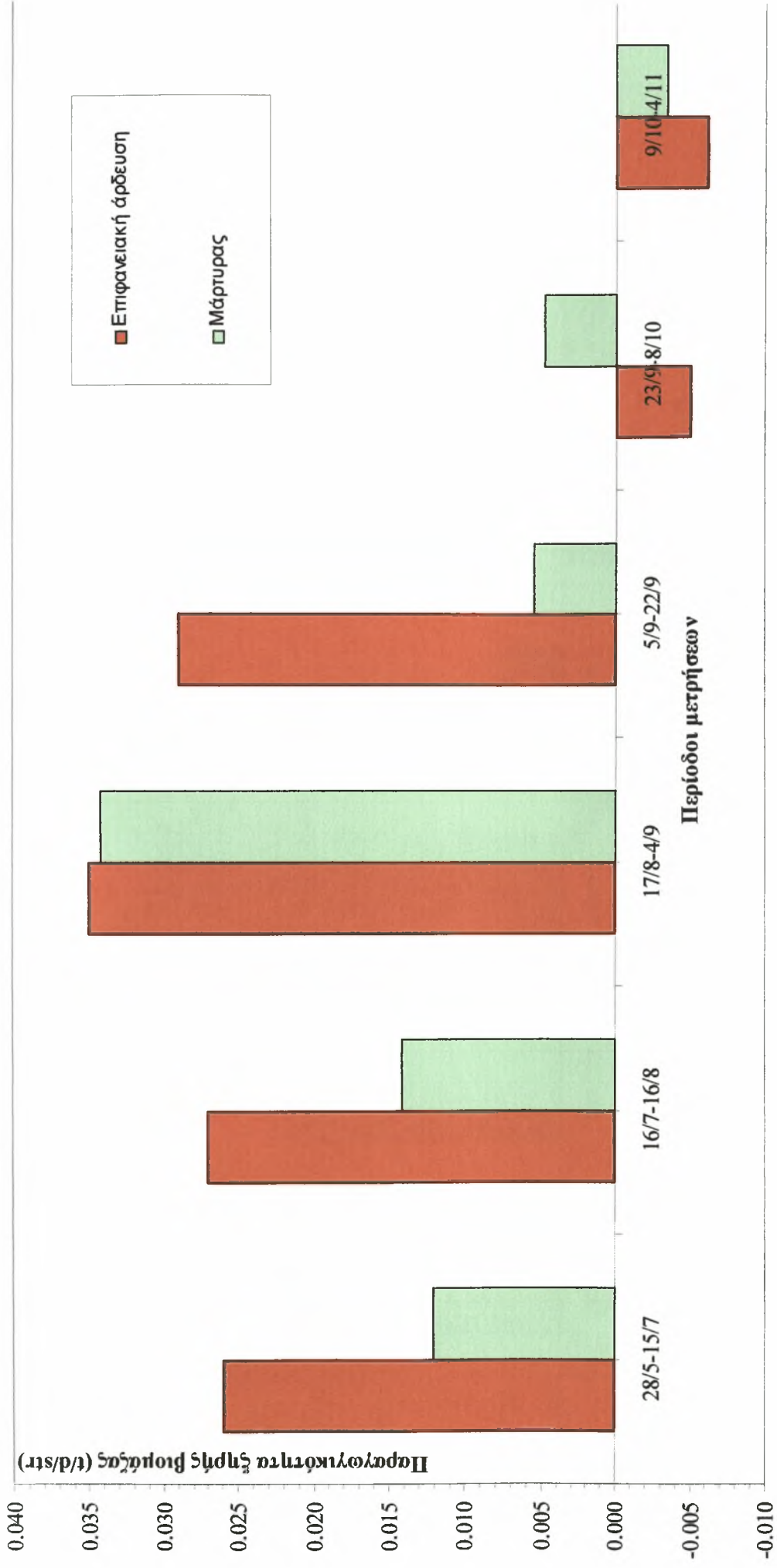
Διάγραμμα 5.9. Εξέλιξη σε παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το έτος 2002 στο Βελεστίο



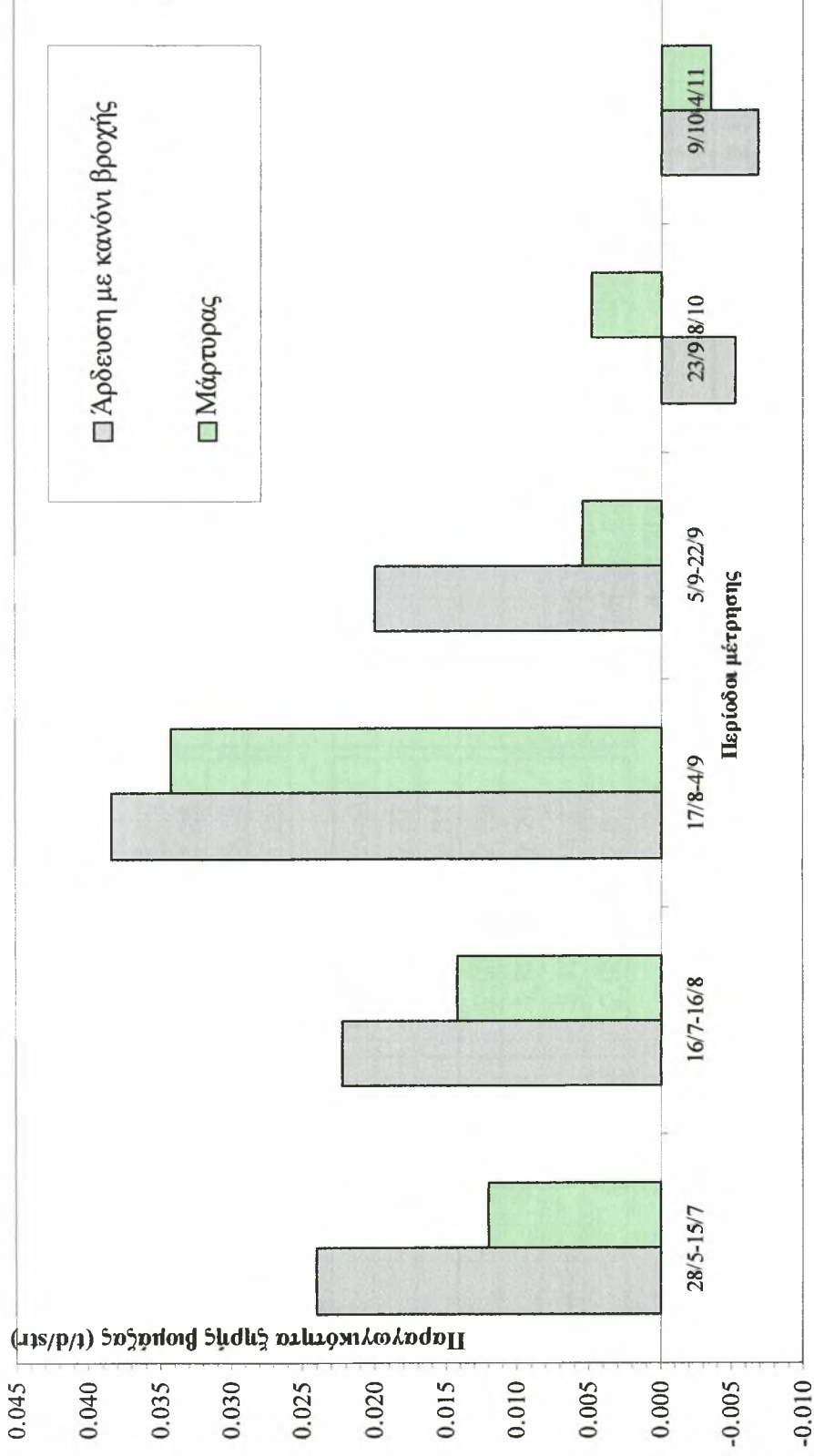
**Διάγραμμα 5.10 Μέγιστη παραγωγή ενέργειας των μεταχειρίσεων για το έτος 2002 στο Βελεστίνο**



Διάγραμμα 5.11 Παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κανόνι βροχής



Διάγραμμα 5.12 Παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της επιφανειακής στάγδην άρδευσης και του μάρτυρα



**Διάγραμμα 5.13 Παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα των μεταχειρίσεων της άρδευσης με κανόνι βροχής και του μάρτυρα**

15/7/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,46	0,80	1,26
E2	0,48	0,87	1,35
E3	0,44	0,86	1,30
E4	0,47	0,78	1,25
Σύνολο πειραματικών	1,85	3,31	5,16
Μέσος Όρος	0,46	0,83	1,29

4/9/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,75	2,02	2,77
E2	0,83	2,08	2,91
E3	0,76	2,07	2,83
E4	0,78	1,93	2,71
Σύνολο πειραματικών	3,12	8,10	11,22
Μέσος Όρος	0,78	2,03	2,81

8/10/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,80	2,42	3,22
E2	0,83	2,53	3,36
E3	0,81	2,42	3,23
E4	0,75	2,44	3,19
Σύνολο πειραματικών	3,18	9,82	13,00
Μέσος Όρος	0,79	2,46	3,25

15/7/2002

16/8/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,70	1,40	2,10
E2	0,75	1,47	2,22
E3	0,72	1,44	2,16
E4	0,68	1,36	2,04
Σύνολο πειραματικών	2,85	5,67	8,52
Μέσος Όρος	0,71	1,42	2,13

22/9/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,83	2,45	3,28
E2	0,85	2,59	3,44
E3	0,88	2,43	3,31
E4	0,81	2,48	3,29
Σύνολο πειραματικών	3,37	9,95	13,32
Μέσος Όρος	0,84	2,49	3,33

4/11/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
E1	0,49	2,33	2,82
E2	0,60	2,50	3,10
E3	0,42	1,86	2,28
E4	0,74	2,42	3,16
Σύνολο πειραματικών	2,24	9,12	11,36
Μέσος Όρος	0,56	2,28	2,84

16/8/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
K1	0,40	0,73	1,13	K1	0,54	1,09	1,63
K2	0,39	0,67	1,06	K2	0,62	1,21	1,83
K3	0,48	0,81	1,29	K3	0,66	1,25	1,91
K4	0,45	0,80	1,25	K4	0,69	1,40	2,09
Σύνολο πειραματικών	1,73	3,00	4,73	Σύνολο πειραματικών	2,51	4,95	7,46
Μέσος Όρος	0,43	0,75	1,18	Μέσος Όρος	0,63	1,24	1,87

4/9/2002

22/9/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
K1	0,61	1,58	2,19	K1	0,77	2,04	2,81
K2	0,66	1,83	2,49	K2	0,80	1,86	2,66
K3	0,78	2,03	2,81	K3	0,92	2,27	3,19
K4	0,79	2,10	2,89	K4	0,87	2,29	3,16
Σύνολο πειραματικών	2,84	7,54	10,38	Σύνολο πειραματικών	3,36	8,46	11,82
Μέσος Όρος	0,71	1,89	2,60	Μέσος Όρος	0,84	2,12	2,96

8/10/2002

4/11/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
K1	0,64	1,95	2,59	K1	0,33	1,65	1,98
K2	0,72	1,85	2,57	K2	0,29	1,62	1,91
K3	0,63	2,14	2,77	K3	0,50	2,11	2,61
K4	0,73	2,20	2,93	K4	0,43	2,21	2,64
Σύνολο πειραματικών	2,72	8,14	10,86	Σύνολο πειραματικών	1,55	7,59	9,14
Μέσος Όρος	0,68	2,03	2,72	Μέσος Όρος	0,39	1,90	2,29

15/7/2002

16/8/2002



Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
M1	0,19	0,27	0,46	M1	0,31	0,51	0,82
M2	0,26	0,40	0,66	M2	0,32	0,51	0,83
M3	0,21	0,28	0,49	M3	0,41	0,80	1,21
M4	0,30	0,44	0,74	M4	0,42	0,85	1,27
Σύνολο πειραματικών	0,96	1,39	2,35	Σύνολο πειραματικών	1,46	2,67	4,13
Μέσος Όρος	0,24	0,35	0,59	Μέσος Όρος	0,36	0,67	1,03

4/9/2002

22/9/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
M1	0,34	0,88	1,22	M1	0,31	0,90	1,21
M2	0,53	1,44	1,97	M2	0,35	1,02	1,37
M3	0,44	1,08	1,52	M3	0,55	1,56	2,11
M4	0,56	1,43	1,99	M4	0,63	1,80	2,43
Σύνολο πειραματικών	1,87	4,83	6,70	Σύνολο πειραματικών	1,83	5,29	7,12
Μέσος Όρος	0,47	1,21	1,68	Μέσος Όρος	0,46	1,32	1,78

8/10/2002

4/11/2002

Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο	Επαναλήψεις	Φύλλα	Βλαστοί	Σύνολο
M1	0,31	1,04	1,35	M1	0,21	0,94	1,15
M2	0,33	1,12	1,45	M2	0,29	1,22	1,51
M3	0,58	1,96	2,54	M3	0,30	1,29	1,59
M4	0,57	1,95	2,52	M4	0,37	1,48	1,85
Σύνολο πειραματικών	1,78	6,08	7,86	Σύνολο πειραματικών	1,17	4,93	6,10
Μέσος Όρος	0,45	1,52	1,97	Μέσος Όρος	0,29	1,23	1,53

Πίνακας 5.13 Μετρήσεις της ξηρής βιομάζας των μεταχειρισμένων

Ε= Επιφανειακή στάγδην άρδευση

Κ = Άρδευση με κανόνι βροχής

Μ = Μάρτυρας

## 5.7. Εφαρμογή και εξοικονόμηση νερού

### 5.7.1. Γενικά

Όπως λοιπόν παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο “κλιματικά δεδομένα” και βάση των πινάκων 4.3 και 4.5 (δόσεις άρδευσης και πρόγραμμα άρδευσης) των υλικών και μεθόδων, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 17 εφαρμογές στο χωράφι οι οποίες κάλυψαν πλήρως τις ανάγκες της φυτείας σε νερό.

Ο προγραμματισμός της κάθε δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών (παροχή σταλακτήρων, ωριαίο ύψος βροχής, διαστάσεις γραμμών άρδευσης και ισαποχή σταλακτήρων επί των γραμμών) για τη κάθε μεταχείριση ξεχωριστά, με βάση τις μετρούμενες τιμές εξάτμισης .

Για παράδειγμα για ημερήσια εξάτμιση της τάξης των 10 mm υπολογίζονται οι δόσεις της επιφανειακής στάγδην μεθοδολογίας και της άρδευσης με κανόνι βροχής σε  $8,5 \text{ m}^3 \text{ στρ.}^{-1}$  και αντίστοιχα οι χρόνοι άρδευσης για την επιφανειακή στάγδην άρδευση σε 2 ώρες και 15 λεπτά και για την άρδευση με κανόνι βροχής σε 19 λεπτά και 37 δευτερόλεπτα.

### 5.7.2. Συζήτηση

Λαμβάνοντας υπόψη τις μέγιστες τιμές τελικών βαρών σε ξηρή βιομάζα για το σύνολο των μεταχειρίσεων, καθώς επίσης και τη συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε για την επίτευξη αυτών των τιμών, συμπεραίνεται ότι με την επιφανειακή άρδευση επιτεύχθηκε ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού σε σχέση με την χρήση κανονιού άρδευσης .

Δηλαδή, για την επιφανειακή στάγδην άρδευση για τη παραγωγή  $3,33 \text{ t στρ.}^{-1}$  ξηρής βιομάζας απαιτήθηκαν 220 mm νερού και για την άρδευση με κανόνι βροχής για την παραγωγή  $2,96 \text{ t στρ.}^{-1}$  ξηρής βιομάζας απαιτήθηκαν επίσης 220 mm αρδευτικού νερού.

Πραγματοποιώντας τις αντίστοιχες αναλογίες και διαιρέσεις προκύπτει ότι χρησιμοποιήθηκαν 66,1 λίτρα αρδευτικού νερού για τη παραγωγή ενός κιλού ξηρής βιομάζας στις επιφανειακές επαναλήψεις όταν η αντίστοιχη κατανάλωση στις

επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τη μέθοδο της άρδευσης με κανόνι βροχής 74,3 λίτρα νερού ανά κιλό ξηρής βιομάζας.

Παράλληλα για την παραγωγή ενός ισοδυνάμου πετρελαίου απαιτήθηκαν στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις 165 m<sup>3</sup> αρδευτικού νερού και αντίστοιχα στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής 186 m<sup>3</sup> αρδευτικού νερού. Όλες οι παραπάνω τιμές αναφέρονται για την περίοδο της μέγιστης παραγωγής (22 Σεπτεμβρίου). Αυτό σημαίνει, ότι τα επιπλέον 60 από τα 280 m<sup>3</sup> αρδευτικού νερού που χορηγήθηκαν στις επιφανειακές (στάγδην και άρδευση με κανόνι βροχής) καταναλώθηκαν άσκοπα (μετά το πέρας των 120 ημερών), εφόσον ο σκοπός του έργου θα ήταν να γίνει μία και μόνο κοπή τη περίοδο της μέγιστης παραγωγής .

Σημειώνεται επίσης ότι, το κοστολόγιο νερού για καταναλώσεις μεταξύ των 201 – 300 m<sup>3</sup> τιμάται στα 0,21 euro το κυβικό και για καταναλώσεις μεταξύ των 101 –200 m<sup>3</sup> τιμάται στα 0,18 euro ανά κυβικό. Επομένως σε ένα γεωργό η παραγωγή ενός τόνου ισοδυνάμου πετρελαίου εάν χρησιμοποιούσε την άρδευση με κανόνι βροχής θα κόστιζε 39,0 euro, ενώ εάν χρησιμοποιούσε την επιφανειακή στάγδην άρδευση 34,6 euro (οι τιμές αυτές αναφέρονται για την περίοδο της μέγιστης παραγωγής – 22 Σεπτεμβρίου).

Μπορούμε έτσι να κατανοήσουμε πόσο σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων θα μπορούσε να επιτύχει ένας παραγωγός χρησιμοποιώντας την επιφανειακή στάγδην άρδευση, όσον αφορά βέβαια το κοστολόγιο νερού. Αντισταθμίζεται έτσι σε σημαντικό βαθμό και η διαφορά σε αξία αγοράς και τοποθέτησης των υλικών άρδευσης μεταξύ επιφανειακής στάγδην άρδευσης και άρδευσης με καρούλι .

Πάντως τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν σίγουρα ένα πολύ καλό πεδίο για μελλοντική διερεύνηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καλλιέργεια του σόργου, σε γενικές γραμμές ευνοήθηκε αρκετά από τις κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση) που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2002, οι οποίες βοήθησαν στο μέγιστο στην επίτευξη υψηλών τελικών αποδόσεων (εξαιτίας της αυξημένης απορρόφησης του αζώτου από το έδαφος). Ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων σε συνδυασμό με τις συνεχείς μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας και οι τροπικές κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του θέρους δεν διέκοψαν την αναπτυξιακή διαδικασία της καλλιέργειας, αντίθετα επιτεύχθηκαν μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης και εξαιρετικά υψηλές τελικές τιμές σε παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας.

Οι τιμές υγρασίας του εδάφους στην περιοχή λίγο πιο πάνω του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών (0 - 30 cm) έδειξαν μία σαφή ποιοτική υπεροχή της επιφανειακής άρδευσης έναντι του κανονιού, εξαιτίας της διατήρησης των τιμών υγρασίας πλησίον της υδατοϊκανότητας πριν και μετά το πέρας της κάθε άρδευσης, με την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω επιφανειακής εξάτμισης. Επιβεβαιώθηκε έτσι και η ορθή πρακτική της τοποθέτησης του επιφανειακού δικτύου άρδευσης για τη συγκεκριμένη μορφή και λειτουργία του πειράματος.

Τα συμπεράσματα που βγαίνουν όσον αφορά την αναπτυξιακή δραστηριότητα των φυτών είναι:

Υπήρξε υπεροχή των φυτών, που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά έναντι των φυτών, που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής, ως προς τους ρυθμούς ανάπτυξης και τις τελικές τιμές υψών. Η υπεροχή αυτή σε ύψη φυτών, που αρδεύτηκαν επιφανειακά εμφανίστηκε εντονότερη σε σχέση με αυτά της άρδευσης με κανόνι βροχής από το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου και από τα μέσα Σεπτεμβρίου ως και τη λήξη της αναπτυξιακής διαδικασίας. Επομένως, τα φυτά, που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά, αναπτύχθηκαν ταχύτερα και αντιστάθηκαν στην γήρανση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με τα φυτά, που αρδεύτηκαν με την μέθοδο της άρδευσης με κανόνι βροχής.

Επιβεβαιώνεται επίσης η ανάγκη χορήγησης αρδευτικού νερού και στις καλλιέργειες χαμηλών απαιτήσεων, όταν επιδιώκεται αφενός η γρήγορη ανάπτυξη και

αφετέρου η υψηλή παραγωγικότητα και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής (σύγκριση αναπτυξιακών ρυθμών και τελικών υψών των φυτών που αρδεύτηκαν ποικιλοτρόπως με τις αντίστοιχες του μάρτυρα). Επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε η ανάπτυξη των φυτών, που αρδεύτηκαν επιφανειακά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, έναντι των φυτών, που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής, με βάση τις μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI).

Τα συμπεράσματα, που βγαίνουν όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία των φυτών είναι:

Είχαμε υπεροχή των επαναλήψεων, που αρδεύτηκαν επιφανειακά σε παραγωγή χλωρής βιομάζας έναντι των υπολοίπων μεθόδων άρδευσης και στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των επαναλήψεων που έτυχαν της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε παραγωγή ξηρής βιομάζας και ενέργειας.

Οι υψηλές αυτές αποδόσεις οφείλονται στην ιδιαιτερότητα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, καθώς μειώνονται οι απώλειες νερού εξαιτίας της επιφανειακής απορροής και τυχόν υψηλών ταχυτήτων του ανέμου. Επίσης, αξιωματικά ξέρουμε ότι η χρήση του κατάλληλου (ποιοτικά) αρδευτικού νερού, η χαμηλή πίεση του συστήματος, καθώς και η πλήρης αυτοματοποίηση της μεθόδου (καθορισμός προγράμματος άρδευσης) είναι μεγάλη βοήθεια προς τον καλλιεργητή, ως προς την αποφυγή σφαλμάτων κατά την άρδευση.

Έτσι αποδεικνύεται η δυνατότητα ανάπτυξης του ινώδους σόργου ως ενεργειακού φυτού για την παραγωγή υψηλών ποσοτήτων βιο-καυσίμου στην Κεντρική Ελλάδα με τη χρήση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Τέλος, οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης και παραγωγικότητας που παρατηρήθηκαν στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με σταγόνα επιφανειακά πραγματοποιήθηκαν με την ταυτόχρονη εξοικονόμηση νερού σε ποσοστά 6,7 έως 8,1% έναντι της άρδευσης με κανόνι βροχής, για αναλογικά ίσες τιμές ξηρών βάρων (τα ποσοστά αυτά αναφέρονται για την περίοδο από 15/7 έως 22/9).

Παράλληλα για την παραγωγή ενός ισοδύναμου πετρελαίου απαιτήθηκαν  $165\text{m}^3$  αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην και  $186\text{ m}^3$  αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με το κανόνι βροχής (οι τιμές αυτές αναφέρονται για την ημερομηνία της μέγιστης παραγωγής σε ξηρή βιομάζα του συνόλου των μεταχειρίσεων – 22 Σεπτεμβρίου). Απαιτήθηκαν δηλαδή 66,1 λίτρα αρδευτικού νερού για την παραγωγή ενός κιλού ξηρής βιομάζας στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις, όταν η αντίστοιχη κατανάλωση στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής ήταν

74,3 λίτρα αρδευτικού νερού. Αντίστοιχα η αξία κατανάλωσης αρδευτικού νερού για την παραγωγή ενός τόνου ισοδυνάμου πετρελαίου στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις ήταν με τα σημερινά δεδομένα 34,6 euro και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με κανόνι βροχής 39 euro.

Με την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου πειράματος προέκυψαν ορισμένα νέα πεδία και γεγονότα, τα οποία μας δίνουν την δυνατότητα για περαιτέρω έρευνα, και είναι τα εξής:

Ο καθορισμός του βέλτιστου χρόνου εγκατάστασης και συγκομιδής της καλλιέργειας όσον αφορά την κεντρική Ελλάδα (Panoutsou, *et al.*, 2000 ; Νικολάου και συνεργάτες, 2000 ; Sakellariou – Makrantonaki, *et al.*, 2003). Στη συγκεκριμένη έρευνα ο χρόνος αυτός υπολογίστηκε μεταξύ των 115 – 125 ημερών με τη σπορά να πραγματοποιείται στις 28 Μαΐου.

Επιπρόσθετα, προτείνεται η υποκατάσταση των φυσικών κατακρημνισμάτων με τη χρήση της άρδευσης με κανόνι βροχής, ειδικότερα για το κρίσιμο μήνα του Ιουλίου, στις επιφανειακές στάγδην μεθόδους άρδευσης, αποσκοπώντας έτσι στην αποδέσμευση των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος (ορυκτοποίηση αζώτου), εκμεταλλευόμενοι βέβαια το πλούσιο και μεγάλο ριζικό σύστημα του ινώδους σόργου, και επιτυγχάνοντας τη μείωση των εισροών σε χημικά λιπάσματα (η λιπαντική αγωγή θα πραγματοποιείται μόνο όταν οι δείκτες των στοιχείων και ιχνοστοιχείων το επιβάλλουν).

Τέλος, αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός, το οποίο παρατηρήθηκε στα πειραματικά τεμάχια, τα οποία δεν αρδεύτηκαν καθόλου. Οι υψηλές τιμές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας και ενέργειας αυτών (1,97 t στρ.<sup>-1</sup> και 0,79 ΤΙΠ αντίστοιχα), σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης που είχε ως αποτέλεσμα την απορρόφηση σημαντικών ποσοτήτων αζώτου από το έδαφος, αποδεικνύει τη σημασία χρήσης της εν λόγω καλλιέργειας σε αμειψισπορές σε συνδυασμό με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων. Ακόμη περισσότερο στις περιπτώσεις υποβαθμισμένων εδαφών η εναλλαγή του ινώδους σόργου με διάφορα ψυχανθή, εφαρμόζοντας ταυτόχρονα τις αρχές της 0 – καλλιέργειας (αδιατάρακτο έδαφος, χλωρά λίπανση, ελλείψει οποιασδήποτε χημικής προσθήκης, κτλ.) θα μπορούσε να βελτιώσει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών αυτών, διατηρώντας την κερδοφορία τους. Οι αλλαγές άλλωστε των καιρών (αύξηση ημερήσιας θερμοκρασίας – μείωση κατακρημνισμάτων – αύξηση ενεργειακών αναγκών – ρύπανση των εδαφών και των υπόγειων υδάτων) οδηγούν στην αναθεώρηση όλων αυτών που έως σήμερα θεωρούνταν λογικά και αυτονόητα.

Συμπερασματικά τονίζεται ότι, οι αποδόσεις αυτές, της καλλιέργειας, σε βιομάζα των μεταχειρίσεων σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση νερού (επιφανειακή άρδευση), καθιστά φανερή τη δυναμική του ινώδους σόργου ως εναλλακτικής καλλιέργειας για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας, ενθαρρύνοντας έτσι την εισαγωγή της σε μελλοντικές αμειψισπορές, στα πλαίσια της νέας αιφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών, προσδίδοντας ένα επιπλέον στρατηγικό πλεονέκτημα στην οικοδόμηση μίας σύγχρονης και συνεχώς εξελισσόμενης Ελληνικής γεωργίας σε Ευρωπαϊκά πλαίσια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

### ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

**20/5/2002, Δευτέρα:** Τοποθέτηση επιφανειακού στάγδην δικτύου άρδευσης και του ειδικού εξοπλισμού (βαλβίδες, φίλτρα), καθώς επίσης και των ηλεκτροβανών της αυτόματης έναρξης και λήξης της άρδευσης και του ειδικού μικροϋπολογιστή miracle της εταιρίας Netafim.

**27/5/2002, Δευτέρα:** Οριοθέτηση των 16 πειραματικών τεμαχίων. Ελαφριά αναμόχλευση του εδάφους με μικρό αυτοκίνητο σκαπτικό (δισκοσβάρνα) και ισοπέδωση του εδάφους με ελαφρύ καλλιεργητή.

**28/5/2002, Τρίτη:** Σπορά των 16 πειραματικών και άρδευση για 5 min όλων των επαναλήψεων με αυτοπροωθούμενο συγκρότημα με περιστρεφόμενο εκτοξευτή (κανόνι).

**30/5/2002, Πέμπτη:** Άρδευση με το κανόνι όλων των επαναλήψεων για 5 min.

**3/6/2002, Δευτέρα:** Τοποθέτηση υδρομετρητών στο σύνολο των πειραματικών. Εμφάνιση των πρώτων 2 φύλλων. Τυχαία επιλογή φυτών σήμανση τους και πρώτη μέτρηση υψών.

**6/6/2002, Πέμπτη:** Δεύτερη κατά σειρά μέτρηση υψών των τυχαίων φυτικών δειγμάτων.

**9/6/2002, Κυριακή:** Άρδευση για 5 min όλων των πειραματικών με το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Ικανοποιητικό έως καλό φύτρωμα της καλλιέργειας.

**14/6/2002, Παρασκευή:** Τρίτη κατά σειρά μέτρηση των υψών και άρδευση για 5 min όλων των πειραματικών τεμαχίων.

**16/6/2002, Παρασκευή:** Πότισμα για 6 min όλων των πειραματικών τεμαχίων.

**20/6/2002, Πέμπτη:** Πρώτη μέτρηση δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) στο χωράφι στο σύνολο των προεπιλεγμένων τυχαίων φυτικών δειγμάτων.

**21/6/2002, Παρασκευή:** Τέταρτη κατά σειρά μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των πειραματικών τεμαχίων.

**25/6/2002, Τρίτη:** Άρδευση όλων των πειραματικών για 10 min με το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**27/6/2002, Πέμπτη:** Πέμπτη κατά σειρά μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων.

**28/6/2002, Παρασκευή:** Τοποθέτηση των ειδικών μεταλλικών σωλήνων για την μέτρηση της υγρασίας του εδάφους με την μέθοδο T.D.R. (ένας για κάθε μία μεταχείριση).

**3/7/2002, Τετάρτη:** Πρώτη κατά σειρά μέτρηση της υγρασίας του εδάφους μέχρι βάθους 75 cm με τη μέθοδο T.D.R.

**4/7/2002, Πέμπτη:** Έκτη κατά σειρά μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Άρδευση των πειραματικών για 6 min συνολικά.

**10/7/2002, Τετάρτη:** Έβδομη και δεύτερη κατά σειρά μέτρηση του ύψους και του L.A.I. των φυτικών δειγμάτων. Τελευταία άρδευση του συνόλου των πειραματικών με το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα διάρκειας 5 min. Σύνολο προ-φυτρωτικού αρδευτικού νερού  $17,93 \text{ m}^3 \text{ str}^{-1}$  ή  $14,34 \text{ m}^3$  στα 0,8 str (συνολική επιφάνεια πειραματικών 0,8 str). Δηλαδή το κάθε πειραματικό δέχτηκε συνολικά 896,5 l αρδευτικού νερού πριν την έναρξη της αυτοματοποιημένης άρδευσης.

**15/7/2002, Δευτέρα:** Πρώτη κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας πριν την έναρξη της αυτοματοποιημένης άρδευσης. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε δείγματος, μέτρηση του L.A.I. με το ειδικό όργανο εμβοδομέτρησης LI-COR, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους  $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Προηγήθηκε επίσης στο χωράφι η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. για την επιβεβαίωση των ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας σε ολόκληρο το βάθος της εδαφικής κατατομής.

**18/7/2002, Πέμπτη:** Έναρξη αυτοματοποιημένης άρδευσης. Εφαρμογή 32 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις της τεχνητής βροχής. Συνολική διάρκεια άρδευσης 7 ώρες και 12 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 1 ώρα και 5 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.



**19/7/2002, Παρασκευή:** Όγδοη και τρίτη κατά σειρά μέτρηση του ύψους και του L.A.I. των τυχαίων φυτικών δειγμάτων στο σύνολο των επαναλήψεων. Ψεκασμός με ειδικό φάρμακο για την καταπολέμηση της μυκητιάσεως (*Helminthosporium sp.*) που εμφανίστηκε στο σύνολο των επαναλήψεων.

**20/7/2002, Σάββατο:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**21/7/2002, Κυριακή:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 21 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 4 ώρες και 43 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 41 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**22/7/2002, Δευτέρα:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**23/7/2002, Τρίτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 10 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 2 ώρες και 15 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 19 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**24/7/2002, Τετάρτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 5 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 1 ώρα και 7 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 10 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**26/7/2002, Παρασκευή:** Ένατη και τέταρτη κατά σειρά μέτρηση του ύψους και του L.A.I. των φυτικών δειγμάτων για το σύνολο των επαναλήψεων. Εξαγωγή των ξηρών δειγμάτων από τα ξηραντήρια και ζύγισμα τους με σκοπό τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων.

**31/7/2002, Τετάρτη:** Εμφάνιση εκ νέου της μυκητιάσεως. Προγραμματισμός για αριανή εφαρμογή ειδικού σκευάσματος καταπολέμησης.

**1/8/2002, Πέμπτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 20 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 4 ώρες και 30 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 39 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Ψεκασμός των επιφανειακών στάγδην επαναλήψεων και του μάρτυρα με ειδικό σκεύασμα κατά της μυκητιάσεως. Δεν έγινε το ίδιο στις επαναλήψεις της τεχνητής βροχής λόγω άρδευσης.

**2/8/2002, Παρασκευή:** Δέκατη και πέμπτη μέτρηση του ύψους και του L.A.I. των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων. Μέτρηση επίσης της υγρασίας του εδάφους με τη μέθοδο T.D.R. Ακολούθησε η εφαρμογή ειδικού φαρμάκου κατά της μυκητιάσεως και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή.

**4/8/2002, Κυριακή:** : Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 17 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 49 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 33 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**5/8/2002, Δευτέρα:** Μέτρηση της υγρασίας του εδάφους με τη μέθοδο T.D.R.

**7/8/2002, Τετάρτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 16 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 36 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 31 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**9/8/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση ύψους φυτών και εδαφικής υγρασίας (T.D.R.).

**10/8/2002, Σάββατο:** Μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων.

**11/8/2002, Κυριακή:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 29 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή . Συνολικός χρόνος λειτουργίας 6 ώρες και 32 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 57 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**12/8/2002, Δευτέρα:** Μέτρηση εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**15/8/2002, Πέμπτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 24 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 5 ώρες και 24 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 47 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**16/8/2002, Παρασκευή:** Δεύτερη κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε δείγματος, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της

θερμοκρασίας στους 90 °C. Προηγήθηκε μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων με το αυτόματο όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR.

**17/8/2002, Σάββατο:** Μέτρηση εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**19/8/2002, Δευτέρα:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 15 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 22 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 29 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**23/8/2002, Παρασκευή:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 17 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 49 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 33 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. και του ύψους των φυτικών δειγμάτων.

**15/8/2002, Κυριακή:** Εξαγωγή των ξηρών δειγμάτων από τα ξηραντήρια και ζύγισμα τους με σκοπό τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων όσον αφορά τη δεύτερη κατά σειρά κοπή.

**26/8/2002, Δευτέρα:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 14 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 9 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 28 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα. Προηγήθηκε μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**27/8/2002, Τρίτη:** Μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων.

**28/8/2002, Τετάρτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 9 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 2 ώρες και 2 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 18 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**30/8/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. και του ύψους των φυτικών δειγμάτων.

**2/9/2002, Δευτέρα:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 9 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 2 ώρες και 2 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 18 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**3/9/2002, Τρίτη:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. και του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτικών δειγμάτων.

**4/9/2002, Τετάρτη:** Τρίτη κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε δείγματος, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 90 °C. Προηγήθηκε μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων με το αυτόματο όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR. Ακολούθησε άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 5 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 1 ώρα και 7 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 10 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**5/9/2002, Πέμπτη:** Μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των μεταχειρίσεων.

**6/9/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**11/9/2002, Τετάρτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 14 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 3 ώρες και 9 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 28 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**13/9/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των μεταχειρίσεων.

**15/9/2002, Κυριακή:** Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στον πειραματικό αγρό. Εξαγωγή των ξηρών δειγμάτων από τα ξηραντήρια και ζύγισμα τους με σκοπό τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων όσον αφορά τη τρίτη κατά σειρά κοπή.

**20/9/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R.

**21/9/2002, Σάββατο:** Μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των μεταχειρίσεων.

**22/9/2002, Κυριακή:** Τέταρτη κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε

δείγματος, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 90 °C. Προηγήθηκε μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων με το αυτόματο όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR.

**26/9/2002, Πέμπτη:** Άρδευση των μεταχειρίσεων. Συνολικά εφαρμόστηκαν 23 mm αρδευτικού νερού στις επιφανειακές στάγδην επαναλήψεις και στις επαναλήψεις που αρδεύτηκαν με τεχνητή βροχή. Συνολικός χρόνος λειτουργίας 5 ώρες και 10 λεπτά για το επιφανειακό στάγδην δίκτυο και 45 λεπτά για το αυτοπροωθούμενο συγκρότημα.

**Ολοκλήρωση των αρδεύσεων.**

**28/9/2002, Σάββατο:** Μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των μεταχειρίσεων.

**29/9/2002, Κυριακή:** Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στον αγρό.

**5/10/2002, Σάββατο:** Μέτρηση του ύψους των φυτικών δειγμάτων όλων των μεταχειρίσεων. **Ολοκλήρωση των μετρήσεων λόγω σταθεροποίησης των υψών.**

**8/10/2002, Τρίτη:** Πέμπτη κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε δείγματος, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 90 °C. Προηγήθηκε μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων των μεταχειρίσεων με το αυτόματο όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR.

**15/10/2002, Τρίτη:** Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στον αγρό.

**20/10/2002, Κυριακή:** Εξαγωγή των ξηρών δειγμάτων από τα ξηραντήρια και ζύγισμα τους με σκοπό τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων όσον αφορά τη πέμπτη κατά σειρά κοπή.

**25/10/2002, Παρασκευή:** Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας στον αγρό.

**4/11/2002, Δευτέρα:** Έκτη και τελευταία κατά σειρά κοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας. Τοποθέτηση εν συνεχεία δύο φυτών από το σύνολο των τυχαίων δειγμάτων της κάθε επανάληψης σε ειδικές πλαστικές σακούλες και μεταφορά τους στο Εργαστήριο της Σχολής. Διαχωρισμός των φύλλων και των βλαστών του κάθε δείγματος, τοποθέτηση τους σε ειδικές χάρτινες σακούλες και εισαγωγή τους ξεχωριστά σε ειδικό ξηραντήριο για την αποξήρανση τους. Σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 90 °C. Προηγήθηκε μέτρηση L.A.I. όλων των φυτικών δειγμάτων

των μεταχειρίσεων με το αυτόματο όργανο εμβαδομέτρησης LI-COR. **Ολοκλήρωση των κοπών και των μετρήσεων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.**

**18/11/2002, Δευτέρα:** Εξαγωγή των ξηρών δειγμάτων από τα ξηραντήρια και ζύγισμα τους με σκοπό τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων όσον αφορά την έκτη και τελευταία κατά σειρά κοπή.

**6/2/2003, Πέμπτη:** Κοπή όλων των υπόλοιπων φυτών που παρέμειναν στο χωράφι μετά την ολοκλήρωση του πειράματος. Εξαγωγή των ειδικών μεταλλικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας και τοποθέτηση παράπλευρα των επιφανειακών πλαστικών σωλήνων άρδευσης. Κλείσιμο του μικροϋπολογιστή miracle και μηδενισμός των χρόνων. **Ολοκλήρωση των εργασιών στο χωράφι.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

#### 8.1. Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αλεξίου, Ι., Καλφούντζος, Δ., Κωτσόπουλος, Σ., Βύρλας, Π. και Καμπέλη, Σ., 2003. *Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού*. 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 199-206.
2. Βάλμης, Σ., 1990. *Διαβρώσεις – συντήρηση εδαφών*. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
3. Βύρλας, Π., Καλφούντζος, Δ. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2003. *Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισρόφησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης*. 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 225-232.
4. Δ.Ε.Β., 2000. *Μέτρα για την πρόληψη των της μείωσης των υπογείων υδάτων*. Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Περιφέρεια Θεσσαλίας. Δημοσίευτα στοιχεία.
5. Κωτσόπουλος, Σ., Σπανός, Α. και Χατζηκωνσταντίνου, Β., 1996. *Αποτελεσματικότητα των συστημάτων άρδευσης με σταγόνες σε περιοχές του Ν. Λάρισας*. Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου με θέμα "Έγγειοβελτιωτικά έργα – Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Εκμηχάνιση Γεωργίας" σελ 286-297.

6. Λουϊζάκης, Α., 1991. Έκθεση επεξεργασίας δεδομένων κατόχων καρουλιών. Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων.
7. Λουϊζάκης, Α., 1996. Άρδευση με μετακινούμενο εκτοξευτήρα. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα "Έγγειοβελτιωτικά έργα – Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Εκμηχάνιση Γεωργίας" σελ 298-306.
8. Μήτσιος, Ι., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
9. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα 2000.
10. Μήτσιος, Ι., 2001. Γονιμότητα – Θρέψη φυτών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
11. Νικολάου, Α., Νάματοβ, Ε., Καβαδάκης, Γ., Τσιώτας, Κ., Πανούτσου, Κ. και Δαναλάτος, Ν., 2000. Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενοτύπων Σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ 197-204.
12. Ντιούδης, Π., Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Τερζίδης, Γ., Μασλάρης, Ν. και Νούσιος, Γ., 2003. Διαφορετικές διατάξεις άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαροτεύλων. 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 159-166.
13. Ντιούδης, Π., Φιλίντας, Α., Λέλλης, Θ. και Κόκκορας, Ι., 2003. Επίδραση της συχνότητας άρδευσης με σταγόνες στην απόδοση της καλλιέργειας του Αραβόσιτου (ZEA MAYS L.). 9<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ 167-174.
14. Οργανισμός Βάμβακος, 2001. Συνολική παραγωγή σύσπορου βαμβακιού στην Ελληνική επικράτεια. Προσωπική Επαφή.
15. Πανώρας, Α. και Ηλίας Α., 1999. Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. ISBN: 960-91087-0-9, Θεσσαλονίκη.
16. Σακελλαρίου – Μκραντωνάκη Μ., 1996. Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου, Υδροτεχνικά, 6, 62-77.
17. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος, Χ., Καλφούντζος, Δ., 1997. Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Πρακτικά 1<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα σελ. 271-280.
18. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρουδής, Ι., Μανούδης, Ν. και Πογιαρίδης, Θ., 1996. Καμπύλες ίσων τιμών εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο Ν. Λάρισας. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα

“Εγγειοβελτιωτικά έργα – Διαχείριση Υδατικών Πόρων – Εκμηχάνιση Γεωργίας” σελ 155-173.

19. 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 ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα*. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (EYE), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 183-190.

20. Τερζίδης, Γ., και Παπαζαφειρίου, Ζ., 1997. *Γεωργική Υδραυλική*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

## 8.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Amaducci, M. T., Gucci, G., Caro De, A., Gherbin, P., Mambelli, S., Venturi, G., 1989. *Sugar beet yield response to irrigation in different environmental conditions*. *Irrigazione E drainaggio* Vol. 36 No.

2. Bravdo, B.A. & Hepner, Y. 1987. *Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance*. *Acta Horticulturae* 206: 49-67.

3. Chatziathanassiou, A., Christou, M., Alexopoulou, E., Zafiris, C., 1998. *Biomass and sugar yields of sweet sorghum in Greece*. In: Chartier *et al.* (Ed.), *Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Conference.*, C.A.R.M.E.N. Press. Germany, 209-212.

4. Conley, M.M., Kimball, B.A., Brooks, T.J., Pinter, Jr, P.J., Hunsaker, D.J., Wall, G.W., Adam, N.R., LaMorte, R.L., Matthias, A.D., Thompson, T.L., Leavitt, S.W., Ottman, M.J., Cousins, A.B., and Triggs, J.M., 2001. *Free air carbon dioxide enrichment (FACE) effects on Sorghum evapotranspiration in well-watered and water-stressed treatments*. *New Phytologist* (submitted).

5. Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M., 1995. *Productivity and water use efficiency of sweet sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) cv. Keller in relation to water regime*, *Biomass and Bioenergy* 8(6), 401-409.

6. Curt, D., 1998. *Environmental studies on sweet and fiber sorghum sustainable crops for biomass production and energy*. Project FAIR CT3-CT96 1913. Spanish contribution. In: BioBase.



7. Dalianis, C., 1996, *Adaptation, productivity and agronomic aspects of sweet sorghum under E.U. conditions*. Proceedings of the First European Seminar on Sorghum for Energy and Industry, held in France, 1-3 April 1996. p. 15-25.
8. Danalatos, N.G., 1993 *Quantified analysis for selected land use systems in the Larissa region*. Greece. PhD. Thesis. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 370 pp.
9. Dercas, N., Liakatas A., 1999. *Sorghum water loss relation to irrigation treatment*. Water Resources Management. 13: p. 39-57.
10. Dercas, N., Panoutsou, C., Dalianis, C., Sooter, C., 1995. *Sweet Sorghum (Sorghum bicolor [L.] Moench). Response to four irrigation and two nitrogen fertilisation rates*. In: Chartier *et al.* (Ed.). Biomass for Energy, Environment, Agriculture. Proceedings of the 8<sup>th</sup> E.C Conference Vol. 1. Pergamon Press. U.K., 629-639.
11. Devitt, D. and Miller, W., 1988. *Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with Saline Water*. Applied Agricultural Res. Vol. 3, No 3, pp. 133-143.
12. Dinneen, R., 1991. *Congress acts to increase the production of ethanol*. Biologue 8(1): 11-14.
13. Dolcioti, I., Mambelli, S., Grandi, S., and Venturi, G., 1996. *Comparison of two Sorghum genotypes for sugar and fiber production*. Industrial Crops and Products, 7: 265-272.
14. FAO, 1977. *Guidelines for predicting crop water requirements*, by J. Doorenbos & W.O. Pruitt. Irrigation and Drainage Paper 24. Rome.
15. Gushiken, E., 1993. *Effluent Disposal Through Subsurface Drip Irrigation Systems*. Hawaii Water Pollution Control Ass. Proceedings of the 15<sup>th</sup> Annual Conf. Honolulu, Hawaii.
16. Hutmacher, R. B., C. J. Phene, R. M. Mead, D. Clark, P. Shouse, S. S. Vail, R. Swain, M. van Genuchten, T. Donovan, and J. Jobes. 1992. *Subsurface drip irrigation of alfalfa in the Imperial Valley*. Proc. 22<sup>nd</sup> California/Arizona Alfalfa Symposium 22:20-32, University of California and University of Arizona Cooperative Extension, Holtville, CA, December, 9-10.
17. I-Pai Wu, 1994. *Low Energy Subsurface Drip Irrigation (system for Pasture)*. Department of Animal Sc. Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.
18. Johannson, T.B.J., Kelly, H., Reddy, A.K.N and Williams, R.H., 1993. *Renewable fuels and electricity of a growing world economy*. In: Johannson.

19. Karlson, P., 1980. Βιοχημεία Ιατρικής Σχολής. Αθήνα.
20. Kimball, B.A., LaMorte, R.L., Seay, R.S., Pinter, Jr, P.J., Rokey, R.R., Hunsaker, D.J., Dugas, W.A., Heuer, M.L., Maunel, J.R., Hendrey, G.R., Lewin, K.F., and Nagy, J., 1994. *Effects of free-air CO<sub>2</sub> enrichment on energy balance and evapotranspiration of cotton*. *Agric. For. Meteorol.* 70:259-278.
21. Kimball, B.A., Pinter, Jr, P.J., Garcia, R.J., LaMorte, R.L., Wall, G.W., and Hunsaker, D.J., 1995. *Productivity and water use of wheat under free air CO<sub>2</sub> enrichment*. *Global Change Biol.* 1:429-442.
22. Kimball, B.A., LaMorte, R.L., Pinter, Jr, P.J., Wall, G.W., Hunsaker, D.J., Adamsen, F.J., Leavitt, S.W., Thompson, T.L., Matthias, A.D., and Brooks, T.J., 1999. *Free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) and soil nitrogen effects on energy balance and evapotranspiration of wheat*. *Water Research* 35:1179-1190.
23. Lamm, F.R., Spurgeon, W.E., Manges, H.L., and Rogers, D.H., 1992. *Drip irrigation for Corn: A promising Prospect*. *Irrigation Jour.*, 3pp, 12-16.
24. Lamm, F. R. and T. P. Trooien, 1999. *SDI research in Kansas after ten years*. In *Proc. Irrigation Assoc. International Irrigation Show and Conf.*, pp. 1-8., Fairfax, Va.:Irrigation Assoc.
25. Larson, K., 2003. *Subsurface drip irrigation boosts efficiency and crop yields*. In: [www.agrotypos.gr](http://www.agrotypos.gr).
26. Larson, K., and Thompson D., 2003. *Limited and full subsurface drip irrigation on corn and grain sorghum at Walsh*. In: [Kevin.Larson@colostate.edu](mailto:Kevin.Larson@colostate.edu). Colorado State University, Department of Agriculture.
27. Maas, E.V., and Hoffman, G.J., 1977. *Crop salt tolerance*. Current assessment. *Journal Irrigation and Drainage Division, A.S.C.E.*, 103:115-134.
28. Mass, E.V., 1985. *Crop tolerance to saline sprinkling water*. *Plant and Soil*, 89:273-284.
29. Mass, E.V., 1990. *Crop salt tolerance*. In: *Agricultural Salinity Assessment and Management Manual*. K.K. Tanji (ed.), A.S.C.E., New York.
30. Mastroilli, M., Katerji, N., Rana, G., Steduto, P., 1995. *Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies*. *Industrial Crops and Products* 3, 253-260.
31. Maxey, H.T., Covey, B., McKinnon and Allen A., 1989. *West central district crop budgets*. Virginia Cooperative Extension Service Periodic Extension Memorandum. Va Poly. Tec. Inst. & State Univ., Blacksburg.

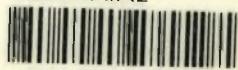
32. Meyer, L., 1985. *Cleaning drip irrigation systems*. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:41-42.
33. Mullins, M.G., Bouquet, A., & Williams, L.E., 1992. *Biology of the grapevine*. Cambridge, U.K., Press Syndicate of the University of Cambridge.
34. Nakayama, S., 1986. *Trickle irrigation for crop production, design, operation and management*. Elsevier, Amsterdam.
35. NOVEM, (Netherlands Agency for Energy and the environment), 1992. The feasibility of biomass production for the Netherlands energy economy. Proj.No. 71.140/0130.
36. Nye, P.H., 1968. *Processes in the root environment*. J., Soil Sci., 19: 205-215.
37. Nye, P.H., 1981. *Plant and Soil*, 61,7.
38. Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z. Karen, H. Hartman, HY., and Planzer, H., 1990. *Waste water disposal by subsurface trickle irrigation*. Water Science Technology, 23:2149-2158.
39. Panoutsou, C., 1996. *Greek Agriculture over the coming C.A.P. reform. Biomass future role*. FAIR CT 961389.
40. Panoutsou, C., 1999. *Fiber Sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece*. European Energy Crops (BioBase). Document I.D. B10466.
41. Panoutsou, C., Kavadakis, G., Namatov, I., Ntrioti, H., Nikolaou, A., Thiveou, H., Tsiotas, K., and Danalatos, N., 2000. *Environmental studies on sweet and fiber Sorghum sustainable crops for biomass and energy*, FAIR-3-CT96-1913, 3<sup>rd</sup> annual report, CRES Biomass Dept.
42. Philip, J.R., 1968. *Steady infiltration from buried point sources and spherical cavities*. Water Resources Research 4(5):1039-1047.
43. Phene, C. J., Blume, M. F., Hile M. M. S., Meek D. W. and Re, J. V., 1983. *Management of subsurface trickle irrigation systems*. ASAEpaper No. 83-2598.
44. Phene, C. J. *et al.*, 1986. *Fertilization of high yielding subsurface trickle irrigated tomatoes*. Proceedings of the 34<sup>th</sup> Fertilizer Conf. California Fertilizer Ass. Fresno California. pp. 33-43.
45. Phene, C. J., R. Yue, I-Pai Wu, J. E. Ayars, R. A. Schoneman, B. Meso. 1992. *Distribution uniformity of subsurface drip irrigation systems*. ASAE Paper No. 92-2569, 14 pp. St. Joseph, Mich.:ASAE.

46. Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Davis, K.R., Mead, R.M., and Schoneman, R.A., 1992. *Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation*. International summer meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 922090. St. Joseph Michigan.
47. Rajvanshi, A.K., and Nimbkar, N., 1995. *Sweet Sorghum R&D at the Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI)*. Published by Nimbkar Agricultural Research Institute. Phaltan, India.
48. Rolland, L., *Mechanized sprinkler irrigation*. F.A.O. Rome.
49. Roman, G., Hall, D., Gosse, G., Roman, A., Ion, V. and Alexe, G., 1998. *Researches on Sweet – Sorghum Productivity in the South Romanian Plain*. Federation for Inf. Tec. in Agriculture. Agricultural Technology in Asia and Oceania, 1998.
50. Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. and Papanikos N., 2000. *Evaluation of surface and subsurface Drip Irrigation Effect on Sugar-Beet Yield*. Proc. 2th National Congress. Hell. Soc. Agric. Eng. (HelAgEng), Volos. pp. 157-164 (in Greek).
51. Sakellariou-Makrantonaki, M., Danalatos, N., Dassios, S. and Chatzinikos, A., 2001. *The effect of different irrigation methods on growth and productivity of Fiber Sorghum in Central Greece*. For XXXIAHR Congress, Thessaloniki.
52. Sakellariou-Makrantonaki, M., Danalatos, N., Dassios, S. and Chatzinikos, A., 2003. *The effect of different irrigation methods on growth and productivity of Fiber Sorghum in Central Greece (2003)*. Proceedings of XXX Congress of IAHR (International Association of Hydraulic Engineering and Research), August 24-29, Thessaloniki, Theme B, pp. 777-784.
53. Sakellariou-Makrantonaki, M., Tentas, I., Koliou, A., Kalfountzos, D., Vyrlas, P., 2003. *Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater*. Proceedings of 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Sci. and Tech. (CEST), September 8-11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707-714.
54. Sander, B., 2003. *SDI on corn?*. In: [www.agrotypos.gr](http://www.agrotypos.gr).
55. Scheneider, D.A., Howell, T.A., and Evett, S.R., 2003. *SDI, LEPA AND SPRAY IRRIGATION OF GRAIN SORGHUM*. Soil and Water Manag. Res. Unit Newsletter, U.S.D.A.–ARS Con. And Prod. Res. Lab. Vol. 5, No 1.
56. Shani, U., Xue, S., Gordin-Katz, R. and Warrick, A., 1996. *Soil-limiting from subsurface emitters*. I Pressure measurement. J. of Irrigation and Drainage.

57. Smart, R.E., & Coombe, B.G., 1983. *Water relations of grapevines*. In: T.T. Kozlowski ed. *Water deficits and plant growth*, Vol. 7. New York. U.S.A., Academic Press.
58. Smith Ron, 2002. *Drip irrigation helps conserve water*. Southwest Farm Press, Oct 17, 2002.
59. Solomon, K., 1993. *Subsurface drip irrigation: Product selection and performance*. In: subsurface Drip Irrigation Theory, Practices and Application, Jorgansen, G. S. and K.N. Norum (Eds.). CATI Publication No 921001.
60. Solomon Kenneth H. and Jorgensen Greg. 1993. *Subsurface Drip Irrigation*. Center For Irrigation Tech. CATI Publication #930405.
61. Subhra Chakravarty and Lalita B., 1994. *Water economy through drip irrigation*. 20th W.E.D.C. Conference: Colombo, Sri Lanka, Singh, India.
62. Undersander, D.J., Smith, L.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A., and Doll, J.D., 1990. *Sorghum – Forage*. For Alternative Field Crop Manual. University of Minnesota: Center of Alternative Plants and Animal Products.
63. U.S.D.A. 1990. USDA backgrounder. News division, Office of Public Affairs, Room 404-A, Washington, D.C.
64. Venturi, P., 1999. *Comparison between miscanthus, kenaf and sorghum with regards to water and N availability*. Document ID B10545. In : BioBase.
65. Williams, L.E. & Matthews, M.A., 1990. *Grapevine*. In: B.A. Stewart and D.R. Nielsen eds. *Irrigation of Agricultural crops, agronomy Monograph No. 30*, Madison, Wisconsin, U.S.A., ASA-CSSA-SSSA.
66. Worley, J.W., Cundiff, J.S., 1991. *System analysis of Sweet Sorghum harvest for ethanol production in the Piedmont*. Trans. Amer. Soc. Arg. Eng. 34(2) : 539-547.
67. Zachmann, D. W., and A. W. Thomas, 1973. *A mathematical investigation of steady infiltration from line sources*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37(4):495-500.
68. Zimmerman Rick and Mahbub Alam, 2000. *Influence of Plastic Mulch and Subsurface Drip Irrigation on Yield and Brix Levels of Kabocha Squash*. W.S.R.S. 2000 Annual Report.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074937