



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 376  
Θεσσαλονίκη 5-10-11

**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού**  
**Περιβάλλοντος**

**Αύξηση και ανάπτυξη του Switchgrass υπό διαφορετικά επίπεδα  
άρδευσης και λίπανσης στην κ. Ελλάδα.**



**Κετικίδου Όλγα**

**Επιβλέπων καθηγητής: Δαναλάτος Νικόλαος**

**Βόλος 2011**



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

Αριθ. Εισ.: 10146/1

Ημερ. Εισ.: 22-11-2011

Δωρεά: Συγγραφέας

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ

2011

ΚΕΤ

## **ΕΙΣΗΓΗΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Νικόλαος Δαναάτος Καθηγητής, Επιβλέπων.

Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Καθηγήτρια, Μέλος.

Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια, Μέλος

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	2
Περίληψη .....	5
1. Εισαγωγή .....	6
1.1 Γενικά.....	6
1.2 Περιγραφή.....	7
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά .....	7
1.4 Ποικιλίες.....	8
1.5 Σπορά .....	9
1.6 Αποστάσεις φύτευσης .....	10
1.7 Λίπανση.....	10
1.8 Ζιζανιοκτονία .....	12
1.9 Συγκομιδή.....	12
1.10 Αποδόσεις.....	13
1.11 Χρήσεις του switchgrass .....	14
1.11.1 Ενέργεια από βιομάζα κεχριού.....	14
1.11.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης από switchgrass .....	15
1.11.3 Καύση.....	16
1.11.4 Η χρήση των pellets ως νέας μορφής καύσιμο.....	17
2. Υλικά και μέθοδοι.....	19
2.1 Πειραματικό σχέδιο.....	19
2.2 Εργασίες στον αγρό.....	20
2.2.1 Σπορά.....	20
2.2.2 Λίπανση .....	20
2.2.3 Άρδευση.....	20
2.2.4 Έλεγχος ζιζανίων .....	21

2.2.5 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών .....	21
2.3 Συλλογή πειραματικών δεδομένων .....	21
2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις .....	22
2.4.1 Επεξεργασία φύλλων .....	22
2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων .....	24
2.6 Υπολογισμοί.....	24
2.6.1 Υπολογισμός θερμομονάδων (Accumulated Heat Units) .....	24
2.6.2 Υπολογισμός SLA (Specific Leaf Area) .....	25
2.6.3 Υπολογισμός LAI (Leaf Area Index) .....	26
3. Αποτελέσματα και Συζήτηση .....	27
3.1 Κλιματολογικές συνθήκες.....	27
3.2 Αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας.....	29
3.2.1 Ύψος φυτών.....	29
3.2.2 Ειδική Φυλλική Επιφάνεια και Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας .....	32
3.2.3 Συνολικό Χλωρό Βάρος Φυτών .....	35
3.2.4 Συνολικό ξηρό βάρος φυτών .....	38
Βιβλιογραφία .....	43

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα μέσα από αυτές τις λιγοστές γραμμές να εκφράσω ευχαριστίες πρωτίστως στον Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την πολύτιμη βοήθειά του ώστε να έρθει εις πέρας το πείραμα αυτό.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κα. Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και την Καθηγήτρια κα. Ανθούλα Δημήρκου για τον χρόνο που διέθεσαν για τη διόρθωση και τις παρατηρήσεις στη πτυχιακή μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γιαννούλη Κυριάκο για την πολύτιμη βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μεταπτυχιακό Παπαδούλη Νικόλαο-Χρυσοβαλάντη για την άριστη συνεργασία καθ' όλη την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και για την βοήθειά του κατά την συγγραφή της παρούσας εργασίας.

## Περίληψη

Το switchgrass, είναι μία ντόπια, θερμής περιόδου και πολυετής καλλιέργεια, η οποία καλλιεργείται ως επί το πλείστο στις Η.Π.Α. Ως ένα C4 φυτό, το switchgrass είναι πολύ αποδοτικό σε βιομάζα, η οποία είναι πλούσια σε κυτταρίνη, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη καλλιέργεια να είναι πολύ σημαντική για την αιθανόλη και γενικότερα για την παραγωγή ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί, ότι η καλλιέργεια φτάνει στη μέγιστη δυνατή απόδοση στον τρίτο χρόνο καλλιέργειας και συνεχίζει να παράγει βιομάζα για χρονικό διάστημα μέχρι και δώδεκα χρόνων. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να παρεμποδιστεί σοβαρά από την ύπαρξη ζιζανίων, ειδικά κατά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης και ενώ δεν έχει αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα.

Στην παρούσα μελέτη, εξετάζεται η αύξηση και ανάπτυξη του switchgrass κάτω από δύο διαφορετικά επίπεδα άρδευσης  $I_1$  (0 mm άρδευσης) και  $I_2$  (250 mm άρδευσης) όπως και τεσσάρων διαφορετικών επιπέδων λίπανσης  $N_1$  (0 μονάδες αζώτου),  $N_2$  (8 μονάδες αζώτου Επίπεδο),  $N_3$  (16 μονάδες αζώτου) και  $N_4$  (24 μονάδες αζώτου) στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας η οποία χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες.

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Γενικά

Το επιστημονικό όνομα του switchgrass είναι *Panicum virgatum* και ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Είναι ένα πολυετές C4 αγρωστώδες φυτό και το ύψος του όταν καλλιεργείται σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να ξεπεράσει τα 2m, είναι αρκετά φυλλώδες και έχει πολυάριθμες ρίζες, που επιτρέπουν το φυτό να αδελφώσει. Η καλλιέργεια παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Συναντάται κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική, αλλά έχει βρεθεί σε Νότια Αμερική και Αφρική. Το switchgrass μπορεί να βρεθεί σε λιβάδια, κατά μήκος των ακρών του δρόμου, και ως διακοσμητικό στους κήπους. Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε πειραματικό στάδιο για την παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες. Το switchgrass είναι πολύ ανθεκτικό φυτό και προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες. Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Ως ένα πολυετές C<sub>4</sub> φυτό, το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξής του εμφανίζεται από το τέλος της άνοιξης με αρχές φθινοπώρου και πέφτει σε αδράνεια κατά τους κρύους μήνες. Το switchgrass αποτελεί σημαντική ενεργειακή καλλιέργεια με δυνατότητα αξιόπιστης παροχής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ενώ επίσης δεσμεύει τον C στο έδαφος (Skinner R. H. and Adler P.R., 2010).



## 1.2 Περιγραφή

Το switchgrass (*Panicum virgatum* L.) είναι πολυετές C<sub>4</sub>, αγροστώδες φυτό ιθαγενές της Β. Αμερικής και απαντάται νότια του 55° βόρειου γεωγραφικού πλάτους έως τα μέσα του Μεξικού. Συναντάται επίσης τόσο στη Ν. Αμερική όσο και στη Β. Αφρική. Χρησιμοποιείται κυρίως ως χορτοδοτικό λόγω της μεγάλης φυτομάζας που παράγει, ως διακοσμητικό σε πολλά μέρη του κόσμου και ως φυτό εδαφοκάλυψης για προστασία από την διάβρωση. Μετά τη εγκατάστασή του, το switchgrass μπορεί να επιβιώσει για δέκα χρόνια ή και περισσότερο.

Το switchgrass είναι πολύ ανθεκτικό φυτό και προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες. Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Ως ένα πολυετές C<sub>4</sub> φυτό, το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξής του εμφανίζεται από το τέλος της άνοιξης με αρχές φθινοπώρου και πέφτει σε αδράνεια κατά τους κρύους μήνες. Έτσι, η παραγωγική σεζόν στις βόρειες περιοχές μπορεί να είναι η συντομότερη από τρεις μήνες, αλλά μπορεί και να φτάσει μέχρι και τους οκτώ μήνες στην ακτή του Περσικού Κόλπου (Ball D.M. et al, 2002).

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90 άρχισε να διερευνάται η χρήση του ως ενεργειακό φυτό για την παραγωγή αιθανόλης και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση της παραγόμενης βιομάζας, στις ΗΠΑ και τον Καναδά. Στην Ευρώπη, η έρευνα για την καλλιέργεια του switchgrass ως ενεργειακό φυτό άρχισε το 1998 στο πλαίσιο ενός ευρωπαϊκού δικτύου (FAIR 5 CT97 3701). Στο πλαίσιο αυτού του έργου, δημιουργήθηκαν πειραματικοί αγροί switchgrass σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες, δύο στα νότια (Ελλάδα και Ιταλία) και τρεις στο Βορρά (Γερμανία, Ολλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο). (Lewandowski et al., 2003).

## 1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το Switchgrass είναι μια πολυετής πόα η οποία αναπτύσσεται σε ύψος 1,5 μέτρο περίπου, αλλά μπορεί να φθάσει και τα 3 μέτρα σε ευνοϊκά περιβάλλοντα. Το ριζικό του σύστημα είναι πλούσιο και φθάνει σε βάθος τα 3 μέτρα (Liebig et al, 2005), ενώ παράγει κάθε χρόνο πολλά νέα ριζίδια, τα οποία όταν νεκρώνονται εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανική ουσία. Μάλιστα η κάτω από το έδαφος παραγωγή βιομάζας στην πλήρη ανάπτυξη καλλιέργειας, είναι ίση ή και μεγαλύτερη με την υπέργεια.

Τα φύλλα του είναι λογχοειδή πάχους 6-12 χιλ. με ευδιάκριτη νεύρωση και με παρουσία τριχιδίων στην πάνω επιφάνεια χαρακτηριστικό που βοηθάει στη μείωση της εξατμισοδιαπνοής. Έχει γλωσσίδα μήκους 1,5-3 χιλ. μεμβρανώδη με τριχίδια.

Η ταξιανθία είναι σύνθετος βότρυς μήκους 15-45 εκατοστών, με κατάληξη σε σταχίδια στις άκρες των μακρών κλάδων, τα οποία είναι ανθισμένα ανά δύο, ένα γόνιμο και ένα στείρο, μήκους 3-5,5 χιλ.

Ο καρπός, είναι μικρός ωσειδής και οι σπόροι μικροί σε μέγεθος. Η καλλιέργεια του switchgrass για σπόρο μπορεί να παράγει 33-56 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Χρειάζεται μάλιστα σταυρογονιμοποίηση αφού είναι αυτόστειρο. (Frank et al, 2004). (Εικόνα).



#### 1.4 Ποικιλίες

Υπάρχουν δύο γενότυποι-οικότυποι. Ο ένας οικότυπος πεδινών περιοχών (lowland) είναι τετραπλοειδής (γενότυπος) και απαντάται σε περιοχές με εύρωστα φυτά και ο δεύτερος (upland) είναι εξαπλοειδής ή οχταπλοειδής (γενότυποι) ο οποίος βρίσκεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (οικότυπος ορεινών περιοχών). Οι upland ποικιλίες switchgrass σταματούν την αύξηση –ανάπτυξη το φθινόπωρο και κατά συνέπεια, η απόδοση είναι κατά κανόνα χαμηλότερη από άλλες πεδινές ποικιλίες switchgrass κάτω από ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες. Μία ποικιλία upland και μια lowland παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



1. Lowland ποικιλία



2. Upland ποικιλία

### 1.5 Σπορά

Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15 °C. Οι σπόροι του switchgrass, είναι μικροί και σκληροί και έχουν γυαλιστερό περίβλημα. Υπάρχουν 500-1000 σπόροι σε ένα γραμμάριο, με το εύρος αυτό να εξαρτάται, από τον γενότυπο, αλλά και την ποικιλία. Για την ποικιλία Alamo για παράδειγμα έχουμε περίπου 800 σπόρους ανά γραμμάριο. Κατά την σπορά θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η βλαστικότητα του σπόρου. Μελέτες έχουν δείξει ότι το φύτεμα εξαρτάται από την ηλικία του σπόρου (οι πρόσφατα μαζεμένοι σπόροι έχουν υψηλό ποσοστό λήθαργου και χρειάζεται να επιδράσουν θερμοκρασίες 5 °C για 2-4 εβδομάδες για να διακοπεί).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το φύτεμα του σπόρου είναι το βάθος, η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους. Το βάθος σποράς, πρέπει να είναι, από 10mm έως 15mm και σε καμία περίπτωση πάνω από 20mm. Η θερμοκρασία εδάφους πρέπει να είναι πάνω από 10 °C. Η υγρασία του εδάφους, η οποία είναι μεν απαραίτητη, αλλά πρέπει να αποφεύγεται η σπορά σε πολύ υγρά χωράφια.

Επιπρόσθετα κατά τη σπορά παίζει ρόλο η καλή επαφή του σπόρου με το έδαφος. Το κυλίνδρισμα, τόσο πριν όσο και μετά την σπορά γενικά ευνοεί, το

φύτρωμα, χρειάζεται προσοχή όμως, το ποσοστό της εδαφικής υγρασίας λόγω πιθανής συμπίεσης ή σχηματισμού επιφανειακής κρούστας. Οι σπόροι που σπάρθηκαν σε χαλαρή σποροκλίνη ήταν περισσότερο επιρρεπείς στο πλάγιασμα.

Η ποσότητα του απαιτούμενου σπόρου έχει υπολογισθεί για την βόρεια Ευρώπη περίπου στα 10 kg/ha και για την νότια 20 kg/ha, ενώ η ποσότητα μπορεί να μειωθεί στο μισό εφόσον η βλαστικότητα του σπόρου είναι άριστη (Monti A. et al, 2007).

Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 10 °C, όμως σε θερμοκρασίες κάτω από 15,5 °C το φύτρωμα καθυστερεί αρκετά, ενώ στους 29,5 °C οι περισσότεροι σπόροι φυτρώνουν σε 3 ημέρες (Lewandowski I. et al, 2003). Ο οικότυπος και η ποικιλία βέβαια είναι αυτό που καθορίζει τελικά τις ανεκτικές αλλά και τις βέλτιστες θερμοκρασίες φυτρώματος.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι εδαφικές συνθήκες θερμοκρασίας, και υγρασίας κατά την σπορά, πρέπει να είναι παρόμοιες με αυτές της σποράς του καλαμποκιού, το χώμα ψιλόχωματισμένο και κυλινδρισμένο. Το πότισμα φυτρώματος και κατόπιν ποτίσματα σε διαστήματα των 7-10 ημερών αύξησαν το ποσοστό των εγκατεστημένων φυτών (McLaughlin S.B., Kszos L.A., 2005).

## **1.6 Αποστάσεις φύτευσης**

Η σπορά μπορεί να γίνει με την σπαρτική των σιτηρών, οι δε αποστάσεις μεταξύ των σειρών πρέπει να είναι 15cm (Eldersen H. et al, 2004). Οι αποστάσεις των σειρών όπως και τα επίπεδο του αζώτου φαίνεται ότι επηρεάζουν την δέσμευση του C, αλλά και την κατανομή του μεταξύ υπέργειου μέρος του φυτού και ριζών. Η αποθήκευση του C στους βλαστούς ήταν μεγαλύτερη κατά 14% με διάστημα σειρών 80 cm από ότι με 20 cm. Στην Ευρώπη δεν έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο μεγάλες αποστάσεις σποράς. (Eldersen H. et al, 2004)

## **1.7 Λίπανση**

Οι περισσότερες έρευνες για την λίπανση της καλλιέργειας έχουν δώσει έμφαση για την χρήση του switchgrass ως ζωοτροφή. Η λίπανση επηρεάζει όχι μόνο την απόδοση αλλά και την ποιότητα της ζωοτροφής. Περισσότερη αζωτούχος

λίπανση μπορεί να δώσει όχι μόνο υψηλότερες αποδόσεις αλλά και ζωοτροφή καλύτερης ποιότητας. Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι η ποσότητα λιπάσματος N που προτείνεται για την καλλιέργεια είναι πολύ υψηλότερη απ' ό τι απαιτείται για την παραγωγή βιομάζας. Για την παραγωγή αιθανόλης υψηλής ποιότητας απαιτείται χαμηλή περιεκτικότητα σε N. Το N μειώνει την αποδοτικότητα μετατροπής του καυσίμου σε ενέργεια και μπορεί να μετατραπεί σε ατμοσφαιρικό ρύπο.

Υπερβολική λίπανση μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης και δυσκολίες στην συγκομιδή. Αντίθετα, η μειωμένη λίπανση ενδέχεται να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή. Στην κεντρική Ελλάδα η απόδοση καλλιεργειών που δεν δέχτηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,5τόνους ξηρής ουσίας το στρέμμα, ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιεργείας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12kg N το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής ουσίας, αντίστοιχα. Συνήθως 5-6 kg/στρ/ έτος επαρκούν για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. ( Samson,2007)

Το switchgrass θεωρείται πολύ αποδοτικό στην χρήση λιπασμάτων, διατηρεί συμβιωτική σχέση με μύκητες του εδάφους (**mycorrhizae**), οι οποίοι καθιστούν τις θρεπτικές ουσίες που βρίσκονται στο έδαφος διαθέσιμες στο ριζικό σύστημα του φυτού. Το switchgrass έχει την δυνατότητα να εξαγει άζωτο από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το switchgrass μπορεί να αυξήσει την γονιμότητα του εδάφους με καθόλου ή ελάχιστη λίπανση. Τα μυκόριζα θεωρούνται υπεύθυνα για την πρόσληψη του φωσφόρου από το έδαφος, εδάφη φτωγά σε P ίσως μειώσουν την παραγωγή βιομάζας. (ATTRA,2006)

Ο P και το K πρέπει να εφαρμόζονται την πρώτη χρονιά και μόνο αν οι εδαφολογικές αναλύσεις δείξουν χαμηλή διαθεσιμότητα εδάφους, συνήθως λίπανση με P και K πραγματοποιείται συνήθως το 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> έτος και μόνο αν κριθεί απαραίτητο. Η λίπανση με P εξαρτάται από το pH του εδάφους, συνήθως συστήνεται λίπανση με P από 0-35kg/ha ανάλογα με τις εδαφολογικές αναλύσεις. Όταν κρίνεται αναγκαίο γίνεται πριν ή κατά την σπορά ενώ δεν πρέπει να γίνει λίπανση με N στην σπορά γιατί κάτι τέτοιο θα προκαλέσει ταχύτερη ανάπτυξη ζιζανίων. Με την συγκομιδή αργά τον χειμώνα ή την άνοιξη οι απαιτήσεις σε P και K ελαχιστοποιούνται. (James et al,2000)



## 1.8 Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι κρίσιμος κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μπορεί να ολοκληρωθεί είτε με μηχανική κατεργασία είτε με ζιζανιοκτονία. Λόγω του μικρού μεγέθους του σπόρου, τα φυτά αναπτύσσονται αργά και είναι ευαίσθητα στον ανταγωνισμό των ζιζανίων. Τα ζιζάνια μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας κυρίως τις 8 πρώτες εβδομάδες δυστυχώς δεν υπάρχει κανένα ζιζανιοκτόνο αποτελεσματικό για τον έλεγχο των ζιζανίων στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. (Χρήστου et al, 2006)

Ο ανταγωνισμός των ζιζανίων είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για το πρώτο έτος της καλλιέργειας, από το δεύτερο έτος ο έλεγχος γίνεται λιγότερο δύσκολος και πιο οικονομικός. Το switchgrass ωφελείται επίσης από το κάψιμο των υπολειμμάτων της καλλιέργειας πριν την έναρξη της ανάπτυξης, την άνοιξη, καίγοντας τους αγρούς μια φορά ανά 3-5 έτη. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο ανταγωνισμός των ζιζανίων και υποκινείται η αύξηση των κομμένων φυτών.

Ο καλύτερος έλεγχος των ζιζανίων δόθηκε απ' το μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο picosulfuron που εφαρμόστηκε σε μειωμένες δόσεις (10-20g/ha) σύμφωνα με έρευνα σε προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα σε συνδυασμό με άλλες καλλιεργητικές πρακτικές σε καλλιέργεια 1<sup>ου</sup> έτους switchgrass. Πρακτικά συστήνεται:

1. Εφαρμογή glyphosate (Royn-d-up)
2. Κοπή ζιζανίων 2-3 φορές κατά την διάρκεια της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου, η κοπή είναι πιο αποτελεσματική για τα ετήσια ζιζάνια όταν γίνει στο στάδιο ωρίμανσης αλλά πριν δώσουν σπόρο, με αυτή την μέθοδο μειώνονται και τα πολυετή ζιζάνια. (Alexoroulou et al, 2008)

## 1.9 Συγκομιδή

Το switchgrass που προορίζεται για παραγωγή βιομάζας συγκομίζεται μια φορά το έτος στο στάδιο που τα φύλλα κιτρινίσουν. Στην χειμερινή συγκομιδή η κοπή γίνεται 10cm από την επιφάνεια του εδάφους για να επιβιώσει η καλλιέργεια τον χειμώνα. Η συγκομιδή γίνεται είτε στα μέσα χειμώνα (Νοέμβριο – Ιανουάριο) είτε νωρίς την άνοιξη (μέσα Απριλίου – τέλη Μάιου). Όταν η υγρασία είναι κάτω από

15% εξασφαλίζεται γρηγορότερη δεματοποίηση και καλύτερης ποιότητας πρώτη ύλη. Το switchgrass καίγεται με ποσοστό υγρασίας 12-13%. (A Publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, Switchgrass as a bioenergy crop)

Συνήθως στα βαριά εδάφη ο αγρός είναι υγρός κάτι που εμποδίζει την δεματοποίηση και μεταφορά, αντίθετα τα καλά στραγγιζόμενα εδάφη προσφέρουν μέγιστη ευελιξία στους παραγωγούς στην πρόσβαση στον αγρό ακόμη και με υγρό καιρό.

Η συγκομιδή την άνοιξη έχει το πλεονέκτημα έλεγχου των ζιζανίων και επιβίωσης της καλλιέργειας τον χειμώνα. Όταν η συγκομιδή γίνεται την άνοιξη η περιεκτικότητα σε τέφρα μειώνεται από 5% που έχει η φθινοπωρινή συγκομιδή σε 3% εξαιτίας της μείωσης της περιεκτικότητας σε N. Τα φυτά που συγκομίζονται την άνοιξη έχουν υγρασία 12-14% ενώ τα φυτά που συγκομίζονται τον χειμώνα η υγρασία κυμαίνεται από 16-17%. Στην ανοιξιάτικη συγκομιδή ίσως μειωθεί η απόδοση 20-30% λόγω χειμερινού παγετού και ανέμων παρόλο που το τελικό προϊόν θα είναι καλύτερης ποιότητας. (Samson, R., 2007)

### 1.10 Αποδόσεις

Η καλλιέργεια συγκομίζεται μια φορά τον χρόνο, τον χειμώνα και με σωστή διαχείριση η παραγωγή στην Αμερική μπορεί να φτάσει και τους 16 t/ha συνήθως όμως η απόδοση κυμαίνεται από 8-12t/ha. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε μεσογειακές χώρες η απόδοση στην Ελλάδα ήταν 17,9t/ha ενώ στην Ιταλία 12,3t/ha.

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Κεντρική Ελλάδα εκτιμήθηκαν 10 ποικιλίες ορεινές (upland) και πεδινές (lowland) για μια περίοδο έξι ετών (1998-2003). Η συγκομιδή γινόταν μια φορά τον χρόνο, τον χειμώνα, όταν η υγρασία ήταν λιγότερη από 30%. Όλες οι ποικιλίες μπήκαν στην παραγωγή το 2<sup>ο</sup> έτος με απόδοση 17,8t/ha, το 3<sup>ο</sup> έτος η απόδοση ήταν 17,9t/ha. Σημαντική μείωση της παραγωγής παρατηρήθηκε το 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> έτος της καλλιέργειας που έφτασε μέχρι και το 38%. Το 5<sup>ο</sup> έτος η απόδοση ήταν 48% χαμηλότερη (9,3t/ha) σε σχέση με την μέγιστη παραγωγή του 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> έτους. Το 6<sup>ο</sup> έτος της καλλιέργειας η παραγωγή ήταν παρόμοια με το προηγούμενο έτος (9,6t/ha). Σε πέντε από τις έξι πεδινές ποικιλίες που μελετήθηκαν (Cathage, Kanlow, SL-93-2, SL 93-3 and SL 94-1) ήταν πιο παραγωγικές σε σχέση με τις ορεινές ποικιλίες (Caddo, CIR, Forestburg, SU-94-1 and Summer) σε ποσοστό που έφτανε μέχρι και το 15%. (Alexopoulou et al 2008)

## 1.11 Χρήσεις του switchgrass

Το switchgrass είναι μια πολλά υποσχόμενη πρώτη ύλη λόγω της υψηλής προστιθέμενης αξίας των χρήσεων του, της υψηλής παραγωγικότητας, των χαμηλών απαιτήσεων σε γεωργικές εισροές και των θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Keshwani D. R. and Cheng J. J., 2009)

Το switchgrass χρησιμοποιείται για βόσκηση από ορισμένα ζώα, για προστασία από τη διάβρωση του εδάφους, ως βιότοπος για την άγρια φύση, αλλά και ως ζωοτροφή. Είναι πλούσιο σε κυτταρίνη, καθιστώντας το έτσι ελκυστικό ως πηγή για κυτταρινική αιθανόλη (Schmer M. R. et al, 2008).

Όσον αφορά την προστασία του εδάφους το switchgrass είναι χρήσιμο διότι έχει ένα βαθύ ινώδες σύστημα ρίζας σχεδόν όσο είναι και το ύψος του υπέργειου τμήματος . Οι βαθιές ινώδεις ρίζες του βοηθούν στην αύξηση της παραγωγικότητας, της διαπερατότητας, και της γονιμότητας των εδαφών. Επίσης το switchgrass προφυλάσσει από τη διάβρωση των εδαφών που καλλιεργείται, και από τον αέρα και από το νερό λόγω του ύψους του (United States Department of Agriculture, 2008).

Το switchgrass είναι μια άριστη ζωοτροφή για τα βοοειδή, ενώ έχει παρουσιάσει τοξικότητα στα άλογα και στα πρόβατα μέσω των χημικών ενώσεων γνωστών ως saponins, οι οποίες προκαλούν φωτοευαισθησία και ζημία στο συκώτι σε αυτά τα ζώα. (Johnson, A.L. et al, 2006)

### 1.11.1 Ενέργεια από βιομάζα κεχριού

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια με μια θέρμοχημική μετατροπή (απευθείας καύση, πυρόλυση και αεριοποίηση) ή με ζύμωση των υδρογονανθράκων και την παραγωγή μεθανίου και βιοαιθανόλης (Hamelinck et al, 2005). Η καταλληλότητα της συγκομιδής μιας καλλιέργειας για ενεργειακούς σκοπούς, είτε με την μετατροπή της σε κάποιο καύσιμο είτε με την απευθείας καύση, μπορεί να μετρηθεί από δείκτες που απεικονίζουν το ενεργειακό περιεχόμενο, την πυκνότητα και την ευκολία ανάκτησης της αποθηκευμένης ενέργειας. Αυτοί οι δείκτες είναι που καθορίζουν τελικά την καταλληλότητα και το είδος της χρήσης, της παραγόμενης βιομάζας.



### 1.11.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης από switchgrass

Η βιομηχανία παραγωγής βιοαιθανόλης χρησιμοποιεί δύο ειδών πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης: α) την παραγωγή από χλωρή βιομάζα πλούσια σε άμυλα ή ζάχαρα (καλαμπόκι ή το γλυκό σόργο) και β) την παραγωγή από βιομάζα προερχόμενη είτε από υπολείμματα καλλιεργειών είτε από φυτά καλλιεργούμενα για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιώντας την κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη και την λιγνίνη.

Η παραγωγή αιθανόλης από κυτταρινούχα υποστρώματα με την βοήθεια διαφόρων τεχνολογιών ενζύματικής υδρόλυσης, κατά τις οποίες πολυσακχαρίτες διασπώνται σε μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη) είναι μια διαδικασία που συνεχώς βελτιώνεται. Οι μονοσακχαρίτες αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης (Dien B.S. et al, 2006). Το 80% του ξηρού βάρους των ποωδών ενεργειακών φυτών αποτελείται από κυτταρίνη (30%-50%), από ημικυτταρίνη (πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων σε ποσοστό 10%-40%) και από λιγνίνη (5%-20%) από τα οποία με ενζυματική υδρόλυση εκμεταλλεύσιμα είναι μόνο η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη, ενώ η τεχνολογία ενεργειακής εκμετάλλευσης της λιγνίνης διαρκώς βελτιώνεται, αφού έχει μεγάλο ενεργειακό δυναμικό (26,1GJ/t) που πλησιάζει αυτή του κάρβουνου (McLaughlin and Walsh, 1998).

Κατά τη σύγκριση του switchgrass με το καλαμπόκι (κύρια καλλιέργεια που χρησιμοποιείται αυτή την στιγμή στις ΗΠΑ για την παραγωγή αιθανόλης) βρέθηκε ότι το switchgrass απαιτεί λιγότερη ενέργεια για τη γεωργική παραγωγή, παράγει περισσότερη ενέργεια σε βιομάζα και χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια για την επεξεργασία της βιομάζας σε αιθανόλη από ότι το καλαμπόκι. Το καθαρό ενεργειακό κέρδος υπό μορφή αιθανόλης, προερχόμενη από καλλιέργεια switchgrass, έχει βρεθεί ότι είναι υψηλότερο από αυτήν που παράγεται από καλαμπόκι, (McLaughlin, 1998).

Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης από switchgrass αποτελείται από τρία διαφορετικά μέρη. Το πρώτο είναι η αεριοποίηση των πρώτων υλών. Δύο διαφορετικές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται: (1) έμμεση αεριοποίηση με ατμό υπό πίεση, ή (2) άμεση αεριοποίηση με ατμό υπό πίεση και καθαρό οξυγόνο για να αποφευχθεί η αραίωση του αερίου. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει τον καθαρισμό του αερίου από στερεά καθώς και άλλες ενώσεις όπως υδρογονάνθρακες, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ή H<sub>2</sub>S και την προσαρμογή της σύνθεσης του αερίου. Στο τρίτο μέρος λαμβάνει χώρα η σύνθεση της αιθανόλης που περιλαμβάνει τη ζύμωση και τη παραγωγή

αερίου υψηλής περιεκτικότητας σε αλκοόλες (Keshwani, D. R. and Cheng, J.J., 2009).

Η βιοαιθανόλη αποτελεί σήμερα βιοκαύσιμο με ευρεία εφαρμογή σε κάποιες περιοχές του πλανήτη. Σε πολλές χώρες πανευρωπαϊκά, αλλά και παγκοσμίως έχουν κάνει πολλά βήματα μπροστά στον σχεδιασμό, αλλά και στην παραγωγή βιοκαυσίμων. Χαρακτηριστικά να αναφέρεται ότι το 2006 η κατανάλωση των χωρών της Ευρώπης ήταν 5.376.296 t, ενώ το 2003 όταν εφαρμόστηκε η πρώτη κοινοτική οδηγία ήταν 446.610 t (12πλασιάστηκε η παραγωγή - κατανάλωση). Στη χώρα μας απέκτησε ενδιαφέρον πρόσφατα με την εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 2003/30 για καύσιμα μεταφορών. Προκειμένου να καλυφθούν οι στόχοι της Οδηγίας αυτής εξετάζεται η εισαγωγή της βιοαιθανόλης στο ελληνικό σύστημα αξιοποιώντας εναλλακτικές ενεργειακές καλλιέργειες

Παρά την αυξημένη ζήτηση για βιοαιθανόλη τα τελευταία χρόνια λόγω του εθνικού στόχου υποκατάστασης συμβατικών καυσίμων από βιοκαύσιμα η εισαγωγή και διάθεση της στην ελληνική αγορά δεν αναμένεται να ξεκινήσει πριν από τις αρχές του 2010 (ΥΠΙΑΝ, *4<sup>η</sup> Εθνική Έκθεση για τα Βιοκαύσιμα*).

### **1.11.3 Καύση**

Εκτός από τη παραγωγή αιθανόλης, ένας άλλος τρόπος ενεργειακής αξιοποίησης της καλλιέργειας του switchgrass είναι και η καύση. Το ενεργειακό περιεχόμενο του είναι, συγκρίσιμο με αυτό του ξύλου, με σημαντικά χαμηλότερη αρχική περιεκτικότητα, σε υγρασία. Τα βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την καταλληλότητα των ενεργειακών καλλιεργειών για καύση ή αεριοποίηση είναι τα εξής: α) το συνολικό περιεχόμενο ενέργειας, β) η περιεκτικότητα σε υγρασία και γ) η χημική σύνθεση της στάχτης που παράγεται στην καύση.

Το συνολικό περιεχόμενο ενέργειας, καθορίζει την μέγιστη ποσότητα θερμότητας που μπορεί να παραχθεί και τελικά την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να δημιουργηθεί από την καύση. Για το switchgrass το περιεχόμενο ενέργειας, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ (Iowa) αναφέρεται ως 16,4 GJ/t σε γεωγραφικό πλάτος όμοιο με την Ελλάδα (Lemus R. et al, 2002), 17,4

GJ/t σε περιοχές του Καναδά (Madakadze I.C. et al, 1998) και 18,4 GJ/t σε πειράματα στην Αλαμπάμα των ΗΠΑ (McLaughlin S. et al, 1996).

Το περιεχόμενο υγρασίας κατά την συγκομιδή επηρεάζει το κόστος μεταφοράς και διαχείρισης καθώς και το ανακτήσιμο επίπεδο ενέργειας. Το switchgrass συνήθως συγκομίζεται σε μεγάλες μπάλες με περιεχόμενη υγρασία 13%-15%. Αυτό το ποσοστό της υγρασίας υποβιβάζει τα ενεργειακό επίπεδο του switchgrass σε λιγότερο από 18 GJ/t .

Η περιεκτικότητα της βιομάζας του switchgrass όπως και βιομάζας που προέρχεται από άλλες καλλιέργειες, σε νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, χλώριο και μαγνήσιο, επιδρά στην θερμική επεξεργασία, επηρεάζοντας την θερμοκρασία καύσης την περιεκτικότητα σε στάχτη και την διάβρωση των χώρων καύσης (Fahmi R. et al, 2007). Το κύριο χαρακτηριστικό της στάχτης που προάγει την διάβρωση είναι το αλκαλικό περιεχόμενο και η παρουσία πυριτικών αλάτων. Αυτά τα συστατικά χαμηλώνουν το σημείο τήξης της στάχτης με αποτέλεσμα να προσκολλάται στα εσωτερικά τοιχώματα του καυστήρα.

Όσον αφορά το ποσοστό της στάχτης, αυτό αναφέρεται 4,5%, καθώς και 6% σε. πείραμα 20 διαφορετικών ποικιλιών με τις πιο αποδοτικές (Alamo, Kanalow) να έχουν το μικρότερο ποσοστό 5,2% και 5,4% αντίστοιχα (Lemus R. et al, 2002). Υπάρχουν αναφορές για ποσοστό στάχτης κάτω και του 2,5% (Samson R. and Mehdi B., 1998) με ιδιαίτερες μεταχειρίσεις τόσο κατά την επιλογή εδάφους (αμμώδη), ποικιλίας (Alamo), εποχή συγκομιδής (πολύ αργά τον χειμώνα).

#### **1.11.4 Η χρήση των pellets ως νέας μορφής καύσιμο**

Τα συσσωματώματα ή σύμπηκτα ή πελλέτες (pellets) που παράγονται από το switchgrass είναι για βιομηχανική ή για οικιακή χρήση. Η παραγωγή των πελλετών γίνεται σε μονάδες επεξεργασίας. Οι πελλέτες είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια συμπιεσμένης βιομάζας (από διάφορες καλλιέργειες, δασική βιομάζα, υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου π.χ. πριονίδια) διαφόρων μεγεθών διαμέτρου 6-8mm και μήκους 12-15 mm . Με αυτό τον τρόπο η βιομάζα μετατρέπεται σε μορφή που εμπορεί να μεταφερθεί, να αποθηκευτεί, και γενικά να διαχειριστεί κατά την διαδικασία της καύσης της.

Οι πελλέτες έχουν υγρασία μέγιστο στο 8% και θερμική αξία περί τα 17-21 MJ/kg (ανάλογα με το είδος της βιομάζας), δηλαδή 2 κιλά πελλέτας ισοδυναμούν

περίπου με 1 λίτρο πετρελαίου. Οι πελλέτες από switchgrass παρουσιάζουν ποσοστό στάχτης από 2,5 έως 4% (Lemus R. et al, 2002) με το χαμηλότερο ποσοστό να προέρχεται από βιομάζα που συγκομίσθηκε σε ελαφριά εδάφη.

Λόγω της ραγδαίας αύξησης της αγοράς πελλέτας για θέρμανση στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη, η βιομηχανία παραγωγής καυστήρων πελλέτας έχει κάνει μεγάλα τεχνολογικά άλματα με αποτέλεσμα οι καυστήρες πελλέτας που κυκλοφορούν στο εμπόριο σήμερα να έχουν πολύ μεγάλη απόδοση, παρόμοια πλέον (ή και μεγαλύτερη) με την απόδοση των καυστήρων πετρελαίου (80-85%).

Ενδεικτικά στην Αυστρία οι 8 στους 10 νέους λέβητες που τοποθετούνται είναι λέβητες pellets. Η Γερμανία έκλεισε το 2009 με 102.000 λέβητες εν λειτουργία και με περισσότερες από 200.000 σόμπες. Στην Ιταλία που κυριαρχεί η σόμπα pellets, έχουν τεθεί σε λειτουργία περισσότερο από 1 εκατ. τεμάχια. Η κατανάλωση των 13 εκατ. τόνων pellets στην Ευρώπη, σημαίνει απεξάρτηση από 6,5 εκατ. τόνους πετρέλαιο. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανάλωση σε πελλέτες στην Ευρώπη την τελευταία δεκαετία.

Η νέα νομοθεσία περί εκπομπών αερίων επιβάλλει αυστηρές προδιαγραφές για την κατασκευή των pellets και των χαρακτηριστικών της καύσης τους. Επίσης η γρήγορη ανάπτυξη της αγοράς, οι διαφορετικοί τύποι εμπορίας, τα διαφορετικά συστήματα θέρμανσης και διανομής αλλά και η ανάγκη για συντονισμό ήταν λόγοι οι οποίοι συνέβαλαν στην δημιουργία προτύπων ποιότητας.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Πειραματικό σχέδιο

Για τους σκοπούς της μελέτης, έγινε πείραμα αγρού στον Παλαμά Καρδίτσας κατά την καλλιεργητική περίοδο 2009-2010.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν παραγοντικό 2x4 (split-plot), με 2 παράγοντες και 4 επαναλήψεις. Οι παράγοντες ήταν:

A) Δύο διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, και συγκεκριμένα:

- Επίπεδο I<sub>1</sub>: 0 mm άρδευσης
- Επίπεδο I<sub>2</sub> (100% ΕΤο): 250 mm άρδευσης

B) Αζωτούχος λίπανση (N) στα υπο-τεμάχια με τέσσερα επίπεδα και πιο συγκεκριμένα:

- Επίπεδο N<sub>1</sub>: 0 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N<sub>2</sub>: 8 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N<sub>3</sub>: 16 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N<sub>4</sub>: 24 μονάδες αζώτου

N - 0	N - 8	N - 16	N - 24
N - 8	N - 0	N - 24	N - 16
N - 16	N - 24	N - 0	N - 8
N - 24	N - 16	N - 8	N - 0
N - 24	N - 16	N - 8	N - 0
N - 16	N - 24	N - 0	N - 8
N - 8	N - 0	N - 24	N - 16
N - 0	N - 8	N - 16	N - 24
BLOCK I	BLOCK II	BLOCK III	BLOCK IV

I  
R  
R  
I  
G  
A  
T  
E  
D

R  
A  
I  
N  
F  
E  
D

Κάθε επανάληψη (block) είχε διαστάσεις 200 m x 3,2 m (εμβαδόν 640 m<sup>2</sup>) και αποτελούνταν από 8 πειραματικά υπο-τεμάχια εμβαδού 25 m x 3,2 m = 80 m<sup>2</sup>. Το σύνολο της έκτασης του πειραματικού αγρού ήταν 15 x 200 = 3000 m<sup>2</sup> (συμπεριλαμβανομένων και των διαδρόμων). Όπως φαίνεται και στο παραπάνω πειραματικό σχέδιο (σχήμα).

## **2.2 Εργασίες στον αγρό**

### **2.2.1 Σπορά**

Η φυτεία που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα είχε εγκατασταθεί στον αγρό το έτος 2009 και βρισκόταν στο δεύτερο έτος της. Για την εγκατάσταση της είχε χρησιμοποιηθεί σπόρος Switchgrass (variety Alamo). Η σπορά των τεμαχίων έγινε με σπαρτική σιτηρών. Ο απαιτούμενος σπόρος για την σπορά ήταν 800 γραμμάρια ανά στρέμμα.

### **2.2.2 Λίπανση**

Η λίπανση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο, όπου και προβλέπονται τέσσερα επίπεδα λίπανσης ( $N_1=0$  μονάδες N,  $N_2=8$  μονάδες N,  $N_3=16$  μονάδες N και  $N_4=24$  μονάδες N). Στα υποτεμάχια  $N_1$  δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση, ενώ για τη λίπανση των  $N_2$ ,  $N_3$  και  $N_4$  υποτεμαχίων χρησιμοποιήθηκε νιτρική αμμωνία (46-0-0). Σε κάθε  $N_1$  και  $N_2$  υποτεμάχια εφαρμόστηκαν 570gr και 1140gr αντιστοίχως του ανωτέρω λιπάσματος. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στις 7/5/2011.

### **2.2.3 Άρδευση**

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 αρδεύσεις στο αρδευόμενο τεμάχιο I2 (100%), αφού σκοπός του πειράματος ήταν και η μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης του switchgrass σε όλες τις συνθήκες, ξηρικές ( $I_1$ ) αλλά και αρδευόμενες ( $I_2$ ). Έτσι τα φυτά είχαν στη διάθεση τους το νερό των βροχοπτώσεων ( $I_1$ ) και 250mm για το αρδευόμενο τεμάχιο ( $I_2$ ). Η καλλιέργεια αρδεύτηκε με καταιονισμό (κανόνι).

#### **2.2.4 Έλεγχος ζιζανίων**

Λογώ του ότι η καλλιέργεια βρισκόταν στο δεύτερο έτος εγκατάστασης η ζιζανιοκτονία που πραγματοποιήθηκε ήταν μηχανική (σκαλιστήρι ανάμεσα στις επαναλήψεις-διαδρόμους) και χειρονακτική (τσάπισμα) με τη βοήθεια εργατών.

#### **2.2.5 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών**

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρατηρήθηκε καμία σοβαρή προσβολή των φυτών από εχθρούς ή ασθένειες και κατά συνέπεια δεν έγινε καμία εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων. Κρίνεται όμως σκοπιμο να αναφερθεί η ύπαρξη μεγάλης βιοποικιλότητας στην καλλιέργεια (όπως βατράχια, διάφορα είδη πουλιών κ.α).

### **2.3 Συλλογή πειραματικών δεδομένων**

Η αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας μελετήθηκε με επτά (7) δειγματοληψίες – κοπές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι δειγματοληψίες – κοπές πραγματοποιήθηκαν:

- Η πρώτη στις 17/5/2010
- Η δεύτερη στις 3/6/2010
- Η τρίτη στις 28/6/2010
- Η τέταρτη στις 14/7/2010
- Η πέμπτη στις 3/8/2010
- Η έκτη στις 19/8/2010
- Η έβδομη στις 20/9/2010

Σε κάθε κοπή επιλεγόντουσαν τυχαία όσα φυτά βρίσκονταν σε πλαίσιο 1 m<sup>2</sup> από το κάθε πειραματικό υποτεμάχιο. Η επιλογή των φυτών γινόταν συνήθως από το κέντρο του υποτεμαχίου. Αυτό έγινε γιατί παράγοντες όπως η λίπανση απαιτούν μεγάλα τεμάχια γιατί η επίδραση τους επεκτείνεται και στα αλλά τεμάχια, ώστε μεταξύ τεμαχίων πρέπει να υπάρχουν περιθωριακές γραμμές, που θα εξομαλύνουν την επίδραση του περιθωρίου – border effect – ενώ οι μετρήσεις θα γίνονται στο κεντρικό τμήμα του τεμαχίου δηλαδή στις πειραματικές γραμμές.

Μετά την κοπή των φυτών μετριόταν το ύψος τους και το βάρος τους, δείγμα 10 φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο τοποθετούνταν μέσα σε πλαστική σακούλα



πάνω στην οποία αναγραφόταν ο αριθμός του τεμαχίου από το οποίο λήφθηκε το δείγμα.

Στην πρώτη κοπή, δηλαδή πριν από την εφαρμογή άρδευσης ελήφθησαν 4 δείγματα από κάθε επανάληψη (1 από κάθε επίπεδο λίπανσης). Στις επόμενες κοπές, δηλαδή μετά την εφαρμογή και της άρδευσης, ελήφθησαν 32 δείγματα κάθε φορά.

## 2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις

Αμέσως μετά τις κοπές τα επιλεγέντα φυτά μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργίας. Εκεί με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού μετρήθηκε το χλωρό βάρος του δείγματος των 10 φυτών. Ακολούθως το κάθε φυτό του δείγματος τεμαχίζεται και διαχωρίζεται σε βλαστό και φύλλα από τα οποία μετρήθηκε το χλωρό βάρος και τοποθετήθηκαν μέσα σε χάρτινες σακούλες για ξήρανση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι από την 5<sup>η</sup> κοπή (3/8/2010) και έπειτα εκτός από τα φύλλα και τους βλαστούς τα φυτά είχαν αναπτύξει και ανθικό στέλεχος, οπότε και ακολουθήθηκε και για αυτό η ίδια διαδικασία.

Στο Εργαστήριο Γεωργίας μετρήθηκε το χλωρό βάρος τόσο των φύλλων όσο και των βλαστών αλλά και της ανθοταξίας. Η μεταφορά των υποδειγμάτων από τον αγρό στο εργαστήριο γινόταν σε όσο το δυνατό συντομότερο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό το υπόδειγμα ζυγίζόταν στο εργαστήριο. Στη συνέχεια οι βλαστοί και τα φύλλα (μετά από επεξεργασία) τοποθετήθηκαν μέσα σε χάρτινες σακούλες και ακολούθησε ξήρανση τους μέσα σε κλίβανο στους 70 °C μέχρι να αποκτήσουν σταθερά βάρη. Μετά την ξήρανση (6-7 ημέρες) μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας.

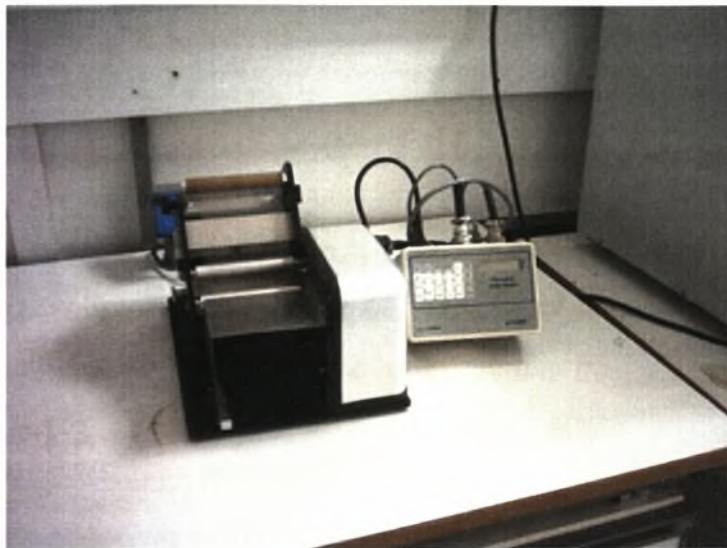
### 2.4.1 Επεξεργασία φύλλων

Από το κάθε δείγμα μετρήθηκε το χλωρό τους βάρος όλων των φυλλων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας. Στη συνέχεια μετρήθηκε η φυλλική τους επιφάνεια και κατόπιν τοποθετήθηκαν σε κλίβανο για ξήρανση στους 70 °C μέχρι να αποκτήσουν σταθερά βάρη. Μετά την ξήρανση (5-6 ημέρες) μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας.

Η επιφάνεια των χλωρών φύλλων μετρήθηκε με τη βοήθεια του αυτόματου μετρητή φύλλων (leaf area meter). Το σύστημα αποτελείται από:



- Το LI-COR model LI-3000A portable area meter, που είναι ο υπολογιστής του συστήματος και αποτελείται από την οθόνη, τα πλήκτρα του υπολογιστή και τις υποδοχές για τις συνδέσεις με τα παράπλευρα όργανα.
- Την κεφαλή σάρωσης του συστήματος μέσα από την οποία περνούν τα φύλλα.
- Το εξάρτημα LI-3050A Transparent Belt Conveyer με πλαστική διάφανη ζώνη η οποία περιστρέφεται βοηθώντας τη διέλευση των φύλλων μέσα από την κεφαλή σάρωσης, για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας.



Το σύστημα LICOR

Τα τρία αυτά όργανα συνδέονται μεταξύ τους και το όλο σύστημα αποτελεί μια ηλεκτρονική μέθοδο υπολογισμού κατά προσέγγιση της φυλλικής επιφάνειας.

Πριν από τη χρήση του ανωτέρω συστήματος για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας είναι σκόπιμο να γίνει βαθμονόμηση του LI-COR με τη βοήθεια δυο μεταλλικών δίσκων εμβαδού 50 και 10 cm<sup>2</sup> που το συνοδεύουν έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ακρίβεια μέτρησης.

Το LI-COR έχει τη δυνατότητα μέτρησης της φυλλικής επιφάνειας, του μήκους, του πλάτους και του συνολικού πλάτους των φύλλων. Οι μετρήσεις αποθηκεύονται στο LI-COR και μπορούν να μεταφερθούν σε Η/Υ ή σε εκτυπωτή. Το LI-COR έχει σχεδιαστεί και για απευθείας χρήση στον αγρό. Τα φύλλα στα οποία μετράται η φυλλική επιφάνεια πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση καθώς και όλοι οι χειρισμοί του οργάνου να γίνονται προσεκτικά.

Εφαρμογή: Αφού τοποθετήθηκε κατάλληλα η κεφαλή σάρωσης μέσα στο LI-3050A έγινε η σύνδεση με το LI-COR. Τα φύλλα τοποθετήθηκαν πάνω στην

περιστρεφόμενη ζώνη με προσοχή έτσι ώστε να είναι παράλληλα με τη ζώνη και να μη διπλώνουν. Μόλις αυτά περνούσαν μέσα από την κεφαλή σάρωσης το LI-COR παρείχε τις ενδείξεις. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα φύλλα από κάθε δείγμα. Οι μεμβράνες πάνω στις οποίες τοποθετούσαν τα φύλλα για να μετρηθεί η φυλλική τους επιφάνεια πρέπει να είναι πάντοτε καθαρές ώστε να μην επηρεάζεται το αποτέλεσμα.

## 2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων

Η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού που βρίσκεται εγκατεστημένος στον πειραματικό αγρό του Παλαμά Κρδίτσας. Ο μετεωρολογικός σταθμός περιλαμβάνει καταγραφέα τύπου DATALOG2 SERIES της εταιρίας SKYE INSTRUMENTS LTD., ο οποίος απαρτίζεται από τους παρακάτω αισθητήρες μέτρησης:

- Φωτός (PYRANOMETER)
- Θερμοκρασίας (THERMISTORS)
- Βροχόπτωσης (ARG 100)
- Ταχύτητας ανέμου (THIES CLIMA)

## 2.6 Υπολογισμοί

### 2.6.1 Υπολογισμός θερμομονάδων (Accumulated Heat Units)

Για την εκτίμηση του ρυθμού φυσιολογικής ωρίμανσης μιας καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος των προστιθέμενων θερμομονάδων (Accumulated Heat Units, A.H.U.) που υπερτερεί έναντι της ημερολογιακής μεθόδου (Ritchie & Nesmith, 1991).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι απαιτούμενες θερμομονάδες από το φύτευμα έως ένα δεδομένο φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας (π.χ. άνθιση, ωρίμανση), υπολογίζονται με την άθροιση των ημερήσιων αποτελεσματικών θερμοκρασιών πάνω από τη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της καλλιέργειας (threshold temperature) σύμφωνα με τον τύπο:

$$A.H.U. = \sum \left[ \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_0 \right]$$

όπου  $T_{max}$  και  $T_{min}$  είναι η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα αντίστοιχα και  $T_0$  είναι η βασική θερμοκρασία ( $^{\circ}C$ ). Στην περίπτωση του Switchgrass χρησιμοποιήθηκε ως βασική θερμοκρασία η τιμή των  $10^{\circ}C$ .

DATES	JD*	GDD**
11/3/2010 (Βλάστηση)	70	0
17/5/2010(1η κοπή)	137	303
3/6/2010(2η κοπή)	154	476
28/6/2010(3η κοπή)	179	835
14/7/2010(4η κοπή)	195	1095
3/8/2010(5η κοπή)	215	1439
19/8/2010(6η κοπή)	231	1740
20/9/2010(7η κοπή)	263	2199

\*JD=Julian days, \*\*GDD=Θερμομονάδες

### 2.6.2 Υπολογισμός SLA (Specific Leaf Area)

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) αντιπροσωπεύει την συνολική φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα ξηρού βάρους της φυλλικής μάζας. Πρόκειται για μορφολογικό χαρακτηριστικό της καλλιέργειας που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ένταση ακτινοβολίας και το σχετικό στάδιο ανάπτυξης (DVS). Μερικοί συγγραφείς αναφέρουν ότι η SLA μειώνεται από μια μέγιστη τιμή κατά την περίοδο του φυτρώματος (όταν το φυτό σχηματίζει λεπτά φύλλα), μέχρι μια ελάχιστη τιμή κατά την ωρίμανση. Με βάση τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της, η SLA μπορεί να προσδιοριστεί με τις εξισώσεις:

$$SLA = SLA_{min} - (SLA_{max} - SLA_{min}) \times \ln(DVS)/2$$

$$\text{If } SLA > SLA_{max} \text{ then } SLA = SLA_{max}$$

όπου

$SLA_{max}$  είναι η μέγιστη ειδική φυλλική επιφάνεια ( $m^2/kg$ )

$SLA_{min}$  είναι η ελάχιστη ειδική φυλλική επιφάνεια ( $m^2/kg$ )

DVS είναι το σχετικό στάδιο ανάπτυξης

Οι εξισώσεις που εισηγούνται είναι εμπειρικές και πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή. Συνιστάται η χρήση πραγματικών δεδομένων της SLA που έχουν προκύψει από πειραματισμό στον αγρό (Δαναλάτος, 1999).

Όπως προαναφέρθηκε η SLA ισούται με το πηλίκο της επιφάνειας των φύλλων προς το ξηρό τους βάρος. Κατά συνέπεια ο υπολογισμός της SLA έγινε με βάση τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας ενός αριθμού φύλλων που μετρήθηκαν και του ξηρού τους βάρους, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$SLA = \text{Φυλλική Επιφάνεια} / \text{Ξηρό Βάρος Φύλλων}$$

Η SLA εκφράζεται συνήθως σε (m<sup>2</sup>φύλλων/kg ξηρών φύλλων).

### 2.6.3 Υπολογισμός LAI (Leaf Area Index)

Η φυλλική επιφάνεια εκφράζεται με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), ο οποίος ισούται με τη συνολική επιφάνεια των φύλλων που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μονάδα επιφάνειας του εδάφους. Με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας αγνοούνται οι άλλες φωτοσυνθέτουσες επιφάνειες του φυτού (μίσχοι, στελέχη, κ.α.) οι οποίες όμως σε πρακτική κλίμακα αντιπροσωπεύουν μικρό ποσοστό. Ο LAI εκφράζει και την αποτελεσματικότητα μιας καλλιέργειας ως προς τη φωτοσυνθετική ικανότητα. Ο LAI αυξάνει από το φύτερωμα μέχρι ενός ορίου του ώριμου φυτού και η αύξηση αυτή συνδέεται εποχικός με τον ρυθμό αύξησης και βλαστικής ανάπτυξης των φυτών .

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) συνδέεται με την ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) με την σχέση:

$$L.A.I = \frac{SL \times SLA}{1000}$$

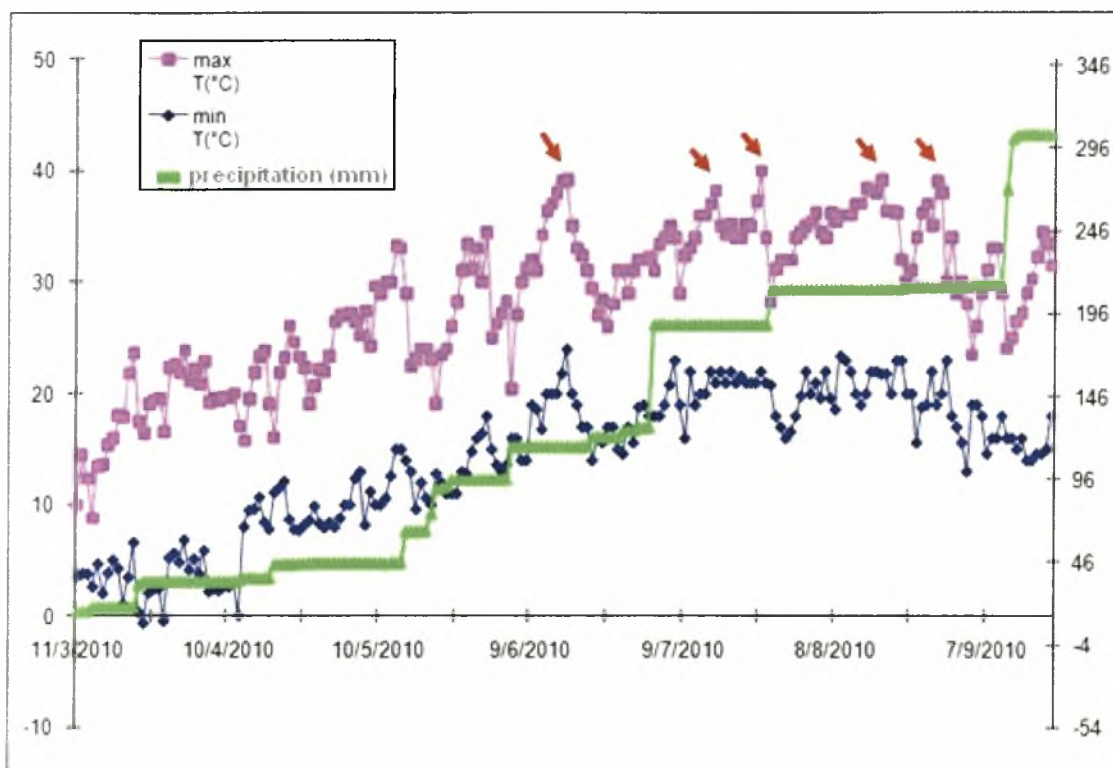
όπου SL είναι το ξηρό βάρος των (πράσινων) φύλλων (kg/στρέμμα) (Δαναλάτος, 1999).

Ο υπολογισμός του LAI έγινε με βάση την παραπάνω εξίσωση και η τιμή του LAI εκφράζεται σε m<sup>2</sup> επιφάνειας φύλλων/m<sup>2</sup>εδάφους επιφάνειας.

### 3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

#### 3.1 Κλιματολογικές συνθήκες

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται η θερμοκρασία και η βροχόπτωση που παρατηρήθηκαν στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2010. Τα αναλυτικά δεδομένα (ημερήσιες, μέσες τιμές, ύψος νετού κτλ.) δίνονται στον Πίνακα 1 στο παράρτημα.



Διάγραμμα 1. Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία και βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος (2010).

Η περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας, στην οποία έγινε το πείραμα, χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1, η μέγιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 30-38 °C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κυμάνθηκε από 12 έως 24 °C. Κρίνεται απαραίτητο να σημειωθεί ότι το καλοκαίρι αυτό χαρακτηρίστηκε ως πολύ θερμό με παραταϊταμένες περιόδους καύσωνα (>35°C) για τις ημερομηνίες (16/6, 15/7, 24/7, 17/8, 28/8), αναλυτικότερα στον Πίνακα 1 του παραρτήματος.

Η περίοδος ανάπτυξης της καλλιέργειας ήταν άκρως βροχερή για την περιοχή με συνολική βρόπτωση να ξεπερνάει τα 303 mm. Οι βροχοπτώσεις ξεκίνησαν από την αναβλάστηση ακόμη της καλλιέργειας στα μέσα Μαρτίου με ύψος υετού 40 mm. Κατά τη διάρκεια Απριλίου – Μαΐου οι βροχοπτώσεις που επικράτησαν ήταν σποραδικές. Στους καλοκαιρινούς μήνες που ακολούθησαν σημειώθηκε βροχόπτωση περί τα 200 mm με την μεγαλύτερη βροχόπτωση να σημειώνεται κατά τον μήνα Ιούλιο. Τέλος στα μέσα Σεπτεμβρίου επικράτησαν έντονες βροχοπτώσεις με 80 mm βροχής κάτι που καθυστέρησε την πλήρη ωρίμανση της καλλιέργειας.

Συνοψίζοντας αυτές τις καιρικές συνθήκες μπορεί κανείς να αναλογισθεί και να οδηγηθεί στο συμπέρασμα πριν ακόμη δει την ανάλυση αύξησης-ανάπτυξης του φυτού, ότι η καλλιέργεια του switchgrass σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες και άλλες περιοχές, μπορεί να εγκατασταθεί και ως ξηρική καλλιέργεια με τον παράγοντα της άρδευσης να έχει ελάχιστη έως μηδενική επίδραση.

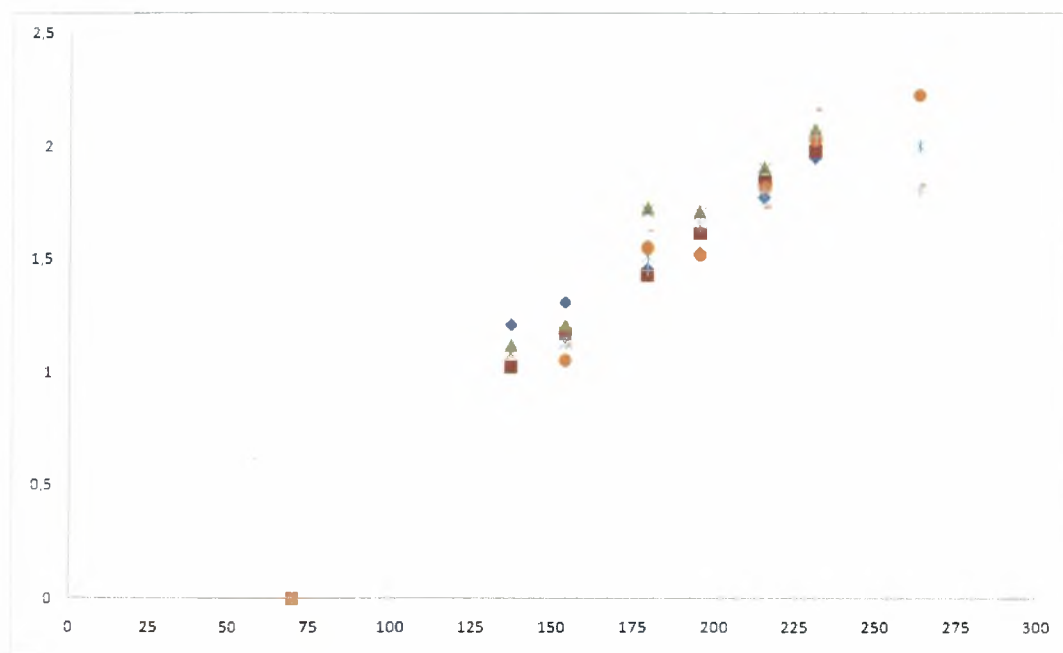


## 3.2 Αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας

### 3.2.1 Ύψος φυτών

Στο Διάγραμμα 2, παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 2, παράρτημα) στον Παλαμά (2009-2010).

Το switchgrass αναβλάστησε (>50% των φυτών της καλλιέργειας) στις 10/3/2010. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2, οι διαφορετικοί παράγοντες (άρδευση και λίπανση) δεν επέφεραν σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών. Το μεγαλύτερο ύψος στην καλλιέργεια (2,3m) σημειώθηκε στις 20 Σεπτεμβρίου για την αρδευόμενη καλλιέργεια με λίπανση 8 μονάδων αζώτου ( $I_2N_2$ ).



**Διάγραμμα 2.** Ύψος των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης (♦  $I_1N_1$ , ■  $I_1N_2$ , ▲  $I_1N_3$ , ×  $I_1N_4$ , †  $I_2N_1$ , ●  $I_2N_2$ , +  $I_2N_3$ , °  $I_2N_4$ ).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών για τις διαφορετικές επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης ούτε και για την αλληλεπίδραση άρδευσης-λίπανσης. Όπως προαναφέρθηκε στα κλιματολογικά δεδομένα η μη σημαντική αυτή διαφορά οφείλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στη μεγάλη διαθεσιμότητα νερού λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων κατά τον μήνα Ιούλιο και το Σεπτέμβριο.

**Πίνακας 1.** Μέσοι όροι ύψους φυτών (m) για τα 2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.

	28/6/2010	14/7/2010	3/8/2010	19/8/2010
Άρδευση				
<i>I1</i>	1,581	1,639	1,856	2,010
<i>I2</i>	1,534	1,612	1,777	2,070
<i>F pr</i>	0,498	0,678	0,236	0,218
Λίπανση				
<i>N1</i>	1,484	1,588	1,770	1,999
<i>N2</i>	1,489	1,565	1,829	2,005
<i>N3</i>	1,589	1,677	1,854	2,059
<i>N4</i>	1,669	1,670	1,812	2,097
<i>F pr</i>	0.084	0,476	0,782	0,722
Αλληλεπίδραση				
<i>I1N1</i>	1,457	1,527	1,775	1,950
<i>I1N2</i>	1,427	1,613	1,842	1,980
<i>I1N3</i>	1,727	1,712	1,907	2,075
<i>I1N4</i>	1,712	1,703	1,897	2,035
<i>I2N1</i>	1,510	1,650	1,765	2,047
<i>I2N2</i>	1,550	1,517	1,815	2,030
<i>I2N3</i>	1,450	1,643	1,800	2,042
<i>I2N4</i>	1,625	1,637	1,727	2,160
<i>F pr</i>	0.086	0,576	0,754	0,865

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2, η καλλιέργεια κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης είχε ρυθμό μεταβολής ύψους που κυμαινόταν από 1,25 έως 1,56 cm/ημέρα (11/3/2010 - 3/6/2010). Οι μεγαλύτεροι ρυθμοί αύξησης του ύψους των φυτών παρατηρήθηκαν για την αρδευόμενη καλλιέργεια κατά τη διάρκεια του Αυγούστου, όπου επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες αέρος και λιγοστή έως μηδενική βροχόπτωση (της τάξης των 10mm). Οι ρυθμοί αύξησης για την περίοδο αυτή κυμάνθηκαν για την ξηρική καλλιέργεια 1,4 - 1,7 cm/ημέρα και για την ποτιστική 2,1 - 4,3 cm/ημέρα με τον μεγαλύτερο ρυθμό να παρατηρείται για την αρδευόμενη μεταχείριση με τη μέγιστη λίπανση (*I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>*).



**Πίνακας 2.** Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρήσεις (2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2010.

<b>Jd*</b>	<b>I<sub>1</sub>N<sub>1</sub></b>	<b>I<sub>1</sub>N<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>1</sub>N<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>1</sub>N<sub>4</sub></b>	<b>I<sub>2</sub>N<sub>1</sub></b>	<b>I<sub>2</sub>N<sub>2</sub></b>	<b>I<sub>2</sub>N<sub>3</sub></b>	<b>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub></b>
70	0	0	0	0	0	0	0	0
137	1,21	1,02	1,12	1,08	-	-	-	-
154	1,31	1,17	1,21	1,13	1,13	1,05	1,15	1,12
179	1,46	1,43	1,73	1,71	1,51	1,55	1,45	1,63
195	1,53	1,61	1,71	1,70	1,65	1,52	1,64	1,64
215	1,78	1,84	1,91	1,90	1,77	1,82	1,80	1,73
231	1,95	1,98	2,08	2,04	2,05	2,03	2,04	2,16
263	-	-	-	-	2,00	2,23	1,80	1,83

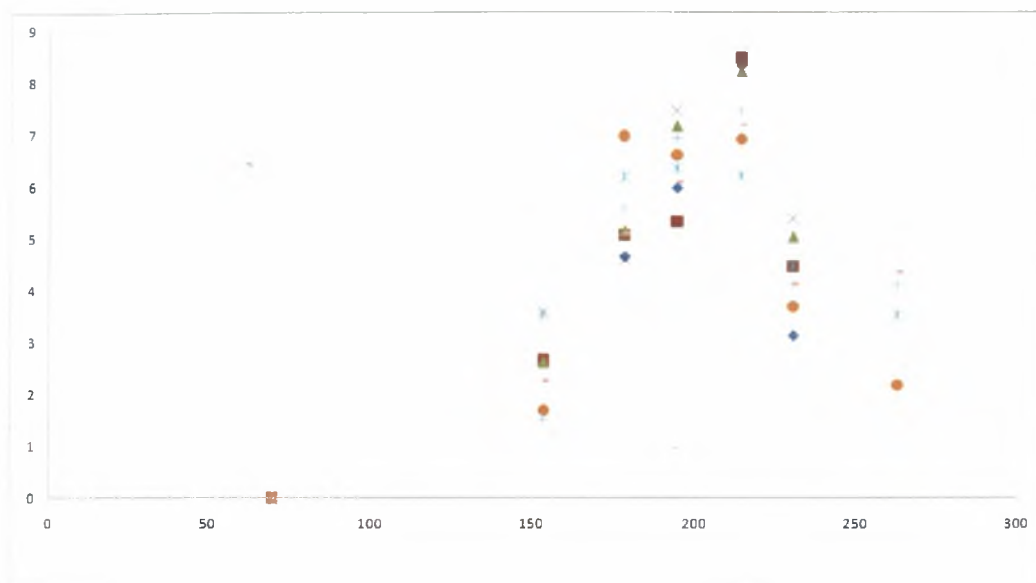
\*Jd= Julian days

### 3.2.2 Ειδική Φυλλική Επιφάνεια και Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Όπως είναι γνωστό, η ανάπτυξη της φυλλοστοιβάδας είναι μεγάλης σημασίας για την δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη φωτοσύνθεση. Εξαρτάται από το ποσό των φωτοσυνθετικών παραγώγων που επενδύονται για την ανάπτυξη των φύλλων και τον λόγο της παραγόμενης φυλλικής επιφάνειας ανά μονάδα ξηρού βάρους των φύλλων. Η Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (SLA,  $m^2/kg$ ), ή το αντίθετό της το Ειδικό Φυλλικό Βάρος ( $=1/SLA$ ) είναι ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό που μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του φυτού.

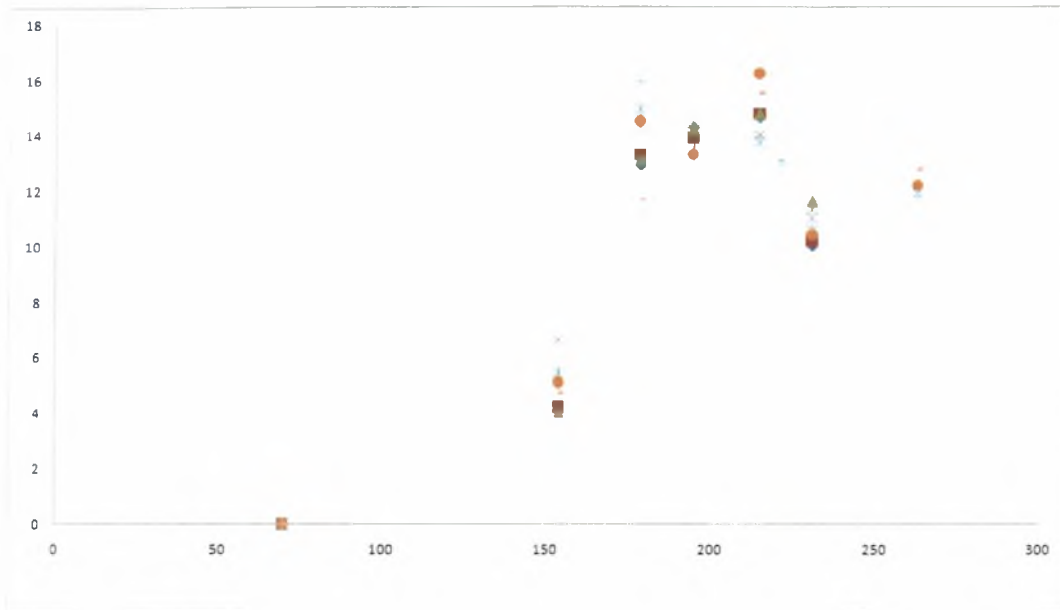
Πολλοί συγγραφείς υπογράμμισαν την αντίστροφη συσχέτιση της SLA με την ένταση του φωτός και τη θετική της εξάρτηση από τη θερμοκρασία (Brower *et al.*, 1973, Driessen & Konijn, 1992). Οι Danalatos *et al.* (1994) έδειξαν ότι η συνολική SLA του καλαμποκιού μειώνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Μελετώντας το φαινόμενο σε διαφορετικές περιοχές ο Sibma (1987) κατέληξε ότι η πάχυνση των υπαρχόντων φύλλων και ο σχηματισμός των νέων λεπτότερων φύλλων ευθύνονται για το γεγονός αυτό. Με βάση δεδομένα από την περιοχή της Λάρισας, ο Danalatos (1993) βρήκε ότι η SLA του σκληρού σίτου ποικιλίας «Μεξικάλι» μειώνεται με την ηλικία του φυτού με τη λογαριθμική συνάρτηση:  $SLA=15.16-14.62*\ln(DVS)$ , όπου DVS είναι το φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης.

Στα Διαγράμματα 3,4 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (αντίστοιχα) των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 2, παράρτημα) στον Παλαμά (2009-2010).



**Διάγραμμα 3.** Μεταβολή του LAI των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης του Switchgrass στον Παλαμά (♦ I<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, ■ I<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, ▲ I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>, × I<sub>1</sub>N<sub>4</sub>, \* I<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, ● I<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, + I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>, - I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>).

Όπως φαίνεται και από το Διάγραμμα 3, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) στις αρχές Ιουνίου κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,5 και στις αρχές Αυγούστου (3/8/2010) έφτασε περί το 8,5. Η ταχεία αυτή αύξηση της φυλλοστοιβάδας οφείλεται στον υψηλό υετό που σημειώθηκε κυρίως κατά τον μήνα Ιούλιο και τις αυξημένες θερμοκρασίες αέρα καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Κατά τη διάρκεια ωρίμανσης της καλλιέργειας ο LAI κυμάνθηκε σε τιμές 3-4 λόγω της ξήρανσης-πτώσης των φύλλων. Τιμή που αποδεικνύει ότι η καλλιέργεια κατά την τελευταία κοπή δεν βρισκόταν στην πλήρη ωρίμανσή της.

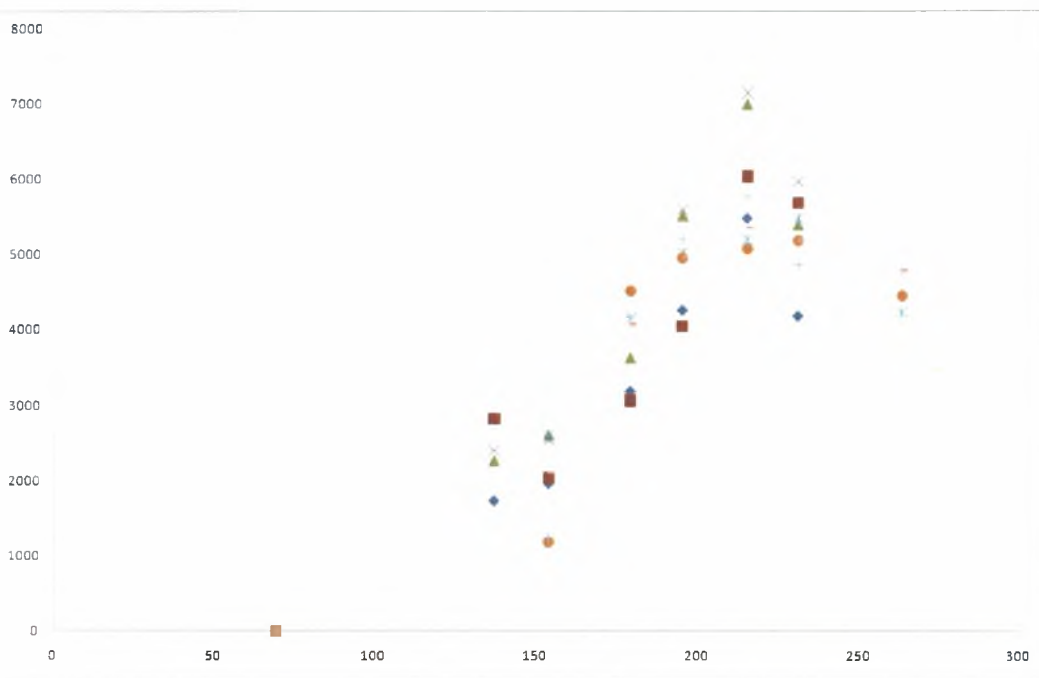


**Διάγραμμα 4.** Μεταβολή της ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA) των φυτών, για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης του Switchgrass στον Παλαμά (♦ I<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, ■ I<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, ▲ I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>, × I<sub>1</sub>N<sub>4</sub>, \* I<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, ● I<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, + I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>, - I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα ο SLA κατά τα πρώτα στάδια της καλλιέργειας στις αρχές Ιουνίου έλαβε τιμές περί τα 5,5 m<sup>2</sup>/kg. Με την άνοδο της θερμοκρασίας και λόγω των βροχοπτώσεων όταν δείκτης φυλλικής επιφάνειας είχε φτάσει στην μέγιστη τιμή τότε η ειδική φυλλική επιφάνεια έφτασε τα 15 m<sup>2</sup>/kg. Τέλος στα τέλη Σεπτεμβρίου, λόγω της ξήρανσης-πτώσης των φύλλων κατά την τελευταία κοπή, ο SLA πήρε τιμές γύρω στο 12 m<sup>2</sup>/kg.

### 3.2.3 Συνολικό Χλωρό Βάρος Φυτών

Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή του βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 2, Παράρτημα) στον Παλαμά (2009-2010).

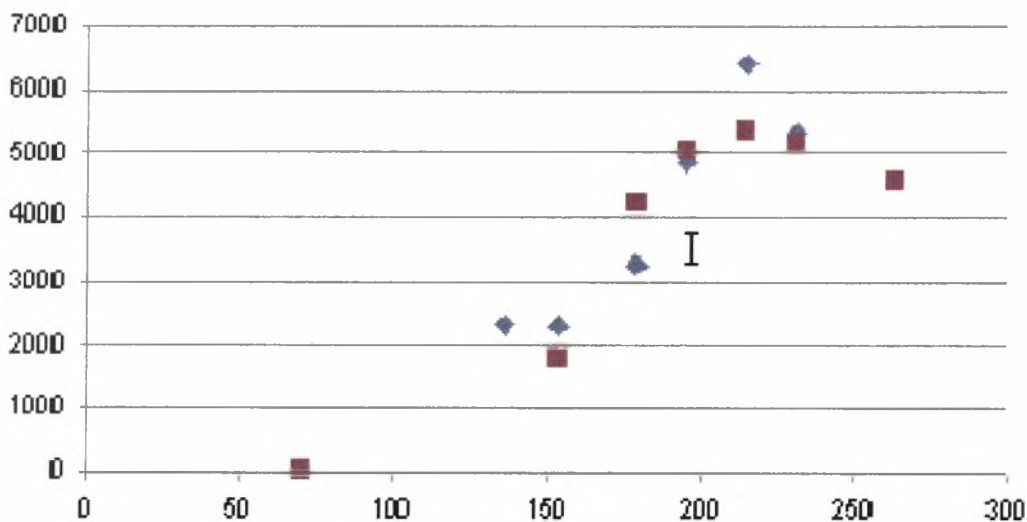


Διάγραμμα 5. Μεταβολή του χλωρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης (♦ I<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, ■ I<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, ▲ I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>, × I<sub>1</sub>N<sub>4</sub>, \* I<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, ● I<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, + I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>, - I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>)

Το φυτό κατά τη διάρκεια της πρώτης βλαστικής ανάπτυξης όπου επεκράτησαν ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας-βροχόπτωσης, σημειώσαυ υψηλούς ρυθμούς αύξησης έτσι ώστε μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού (3 Ιουνίου 2010) να έχει φτάσει περί τα 2031 kg (1180-2600 kg ανά στρέμμα) χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα. Κατά τη διάρκεια του Ιουνίου λόγω των λιγοστών βροχπτώσεων που σημειώθηκαν, το φυτό έχει μειωμένη αύξηση για την απότιστη καλλιέργεια. Οι δε ρυθμοί αύξησης της χλωρής βιομάζας εκείνη την περίοδο είναι περί τα 32 kg ανά ημέρα στην ξηρική έναντι των 88 kg ανά ημέρα στην ποτιστική. Κατά τη διάρκεια όμως του Ιουλίου και έπειτα η ξηρική καλλιέργεια ανακάμπτει και δίνει και παραγωγή ίση με την ποτιστική.

Κατά την πέμπτη δειγματοληψία στις αρχές Αυγούστου (3/8/2010) παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή χλωρής βιομάζας περί τα 5882 kg/στρ, εκ των οποίων τα 1440 kg/στρ αποτελούσαν τα φύλλα (25%), ανεξάρτητα από τα επίπεδα άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης. Η απόδοση της καλλιέργειας θεωρείται άκρως ικανοποιητική αν λάβουμε υπόψη ότι η καλλιέργεια βρισκόταν στο 2<sup>ο</sup> έτος της εγκατάστασής της και για να μπει στην πλήρη παραγωγή χρειάζεται τουλάχιστον 3 χρόνια.

Οι ρυθμοί αύξησης της χλωρής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (20/9/2010) ήταν περί τα 32,9 και 32,1 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.



Διάγραμμα 6. Μεταβολή του χλωρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης. (♦ I1, ■ I2)  
ΕΣΔ=823,7 (I).

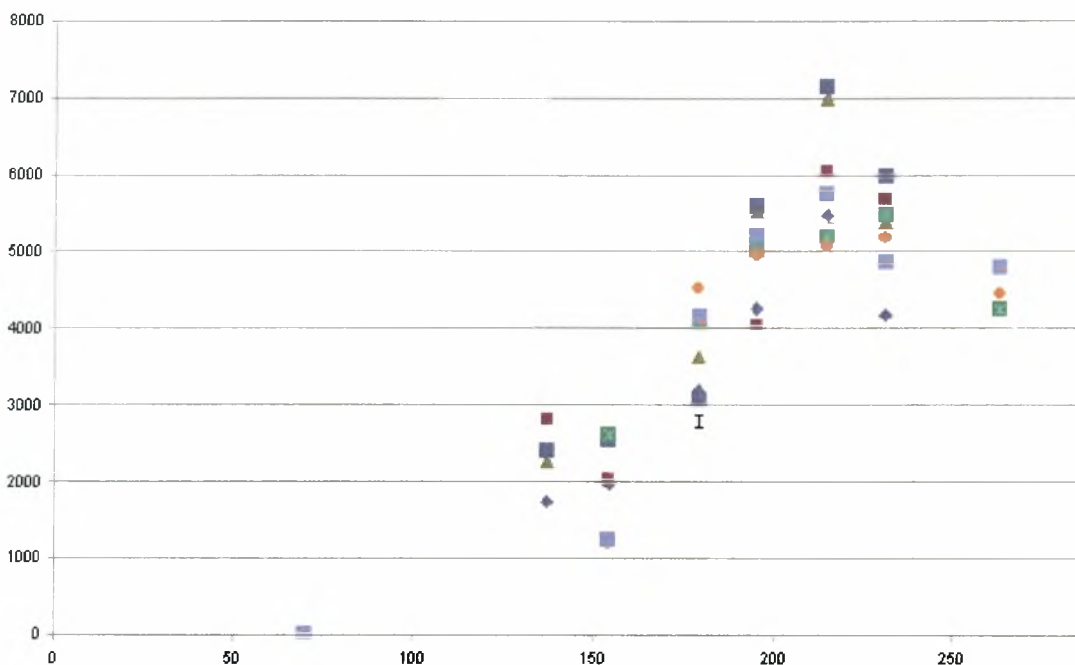
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην μεταβολή του χλωρού βάρους των φυτών μόνο κατά την τρίτη κοπή που πραγματοποιήθηκε στις 28/6/2010 και μόνο για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης.

**Πίνακας 3.** Μέσοι όροι χλωρού βάρους φυτών (kg/στρ) για τα 2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.

	28/6/2010	14/7/2010	3/8/2010	19/8/2010
Άρδευση				
<i>I1</i>	3239	4858	6414	5309
<i>I2</i>	4228	5035	5351	5186
<i>F pr</i>	* 0,032	0,682	0,343	0,823
Λίπανση				
<i>N1</i>	3668	4637	5340	4838
<i>N2</i>	3788	4508	5558	5435
<i>N3</i>	3898	5362	6380	5135
<i>N4</i>	3580	5279	6252	5582
<i>F pr</i>	0,436	0,296	0,456	0,505
Αλληλεπίδραση				
<i>IIN1</i>	3185	4262	5480	4185
<i>IIN2</i>	3062	4055	6040	5685
<i>IIN3</i>	3630	5515	6990	5395
<i>IIN4</i>	3080	5600	7145	5970
<i>I2N1</i>	4152	5012	5200	5490
<i>I2N2</i>	4514	4960	5075	5185
<i>I2N3</i>	4165	5210	5770	4875
<i>I2N4</i>	4080	4959	5360	5195
<i>F pr</i>	0,195	0,406	0,797	0,202

### 3.2.4 Συνολικό ξηρό βάρος φυτών

Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 2, παράρτημα) στον Παλαμά (2009-2010).



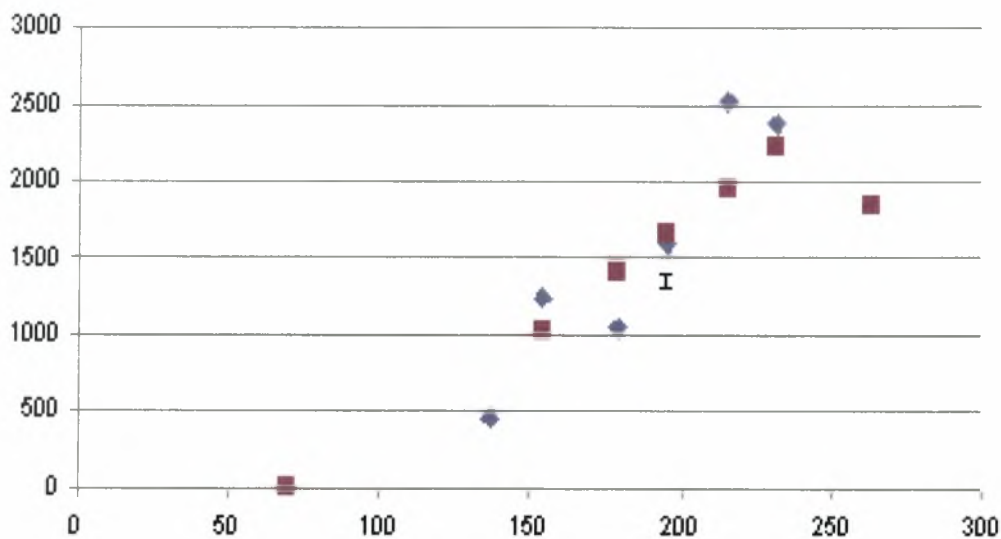
Διάγραμμα 7. Μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης (♦ I<sub>1</sub>N<sub>1</sub>, ■ I<sub>1</sub>N<sub>2</sub>, ▲ I<sub>1</sub>N<sub>3</sub>, × I<sub>1</sub>N<sub>4</sub>, \* I<sub>2</sub>N<sub>1</sub>, ● I<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, + I<sub>2</sub>N<sub>3</sub>, - I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>). ΕΣΔ=244 (I).

Το φυτό κατά τη διάρκεια της πρώτης βλαστικής ανάπτυξης όπου επεκράτησαν ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας-βροχόπτωσης, σημειώσαι υψηλούς ρυθμούς αύξησης έτσι ώστε μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού (3 Ιουνίου 2010) να έχει φτάσει περί τα 1135 kg (735-1440 kg ανά στρέμμα) ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα. Κατά τη διάρκεια του Ιουνίου λόγω των λιγοστών βροχπτώσεων που σημειώθηκαν, το φυτό όπως έχει προαναφερθεί, έχει μειωμένη αύξηση για την απότιστη καλλιέργεια. Οι ρυθμοί αύξησης της ξηρής βιομάζας εκείνη την περίοδο είναι περί τα 14,8 kg ανά ημέρα στην ξηρική έναντι των 12,2 kg ανά ημέρα στην ποτιστική. Κατά τη διάρκεια όμως του Ιουλίου και έπειτα η ξηρική καλλιέργεια ανακάμπτει και δίνει και παραγωγή ίση με την ποτιστική.



Κατά την πέμπτη δειγματοληψία στις αρχές Αυγούστου (3/8/2010) παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή ξηρής βιομάζας περί τα 2659 kg/στρ. Ο λόγος της ξερήςβιομάζας προς τη χλωρή κατά την τελική κοπή ισούται με 40%, κάτι που υποδηλώνει για ακόμη μία φορά πως η καλλιέργεια (λόγω των βροχοπτώσεων κατά τον Σεπτέμβριο) δεν είχε ωριμάσει πλήρως.

Οι ρυθμοί αύξησης της ξερής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (20/9/2010) ήταν περί τα 14,8 και 13,83 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.



**Διάγραμμα 8.** Μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης. (♦ I1, ■ I2)  
 $E\Sigma\bar{x}=227,5$  (I)

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών μόνο κατά την τρίτη κοπή που πραγματοποιήθηκε στις 28/6/2010 για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και για την αλληλεπίδραση άρδευσης - λίπανσης.

**Πίνακας 4.** Μέσοι όροι ξηρού βάρους φυτών (kg/στρ) για τα 2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.

	28/6/2010	14/7/2010	3/8/2010	19/8/2010
Άρδευση				
I1	1051	1595	2517	2377
I2	1407	1669	1955	2227
F pr	* 0.016	0,445	0,310	0,639
Λίπανση				
N1	1220	1574	2226	2234
N2	1288	1524	2122	2413
N3	1221	1734	2396	2190
N4	1186	1688	2200	2370
F pr	0.569	0,725	0,806	0,841
Αλληλεπίδραση				
I1N1	1096	1441	2476	2003
I1N2	1024	1367	2294	2561
I1N3	1142	1771	2658	2320
I1N4	941	1802	2641	2624
I2N1	1345	1707	1976	2465
I2N2	1552	1681	1951	2265
I2N3	1330	1714	2134	2059
I2N4	1432	1573	1759	2117
F pr	* 0.049	0,540	0,813	0,381

## Συμπεράσματα

Η καλλιέργεια του Switchgrass (*Panicum virgatum*) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως μια εναλλακτική καλλιέργεια που θα έχει πρωταρχικό ρόλο στην παραγωγή βιομάζας και ως πρώτη ύλη σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Ως καλλιέργεια μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Υπάρχει η δυνατότητα να καλλιεργηθεί σε σχετικά άγονα εδάφη, αμμώδη ή όξινα εκεί δηλαδή όπου οι παραδοσιακές καλλιέργειες έχουν πολύ χαμηλές αποδόσεις. Οι απαιτήσεις του σε νερό είναι χαμηλές, όπως και οι ανάγκες του σε φώσφορο και κάλιο. Επιπρόσθετα, οι ανάγκες του σε άζωτο δε ξεπερνούν αυτές των παραδοσιακών καλλιεργειών σε συνθήκες σαν τις ελληνικές, όπου μπορούν να επιτευχθούν και μέγιστες αποδόσεις. Έχει χαμηλές ανάγκες σε αγροχημικά εκτός από τη χρονιά της εγκατάστασης που χρειάζεται υψηλή φροντίδα ώστε να καταστεί ανταγωνίσιμο των ζιζανίων.

Στην χώρα μας μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εδαφικής ποιότητας εμπλουτίζοντας το έδαφος με άνθρακα. Ως πολυετής καλλιέργεια και λόγω του πλούσιου και βαθύ ριζικού συστήματος του έχει ευνοϊκές επιδράσεις στη διάβρωση των εδαφών και τη προστασία από το φαινόμενο της ερημοποίησης που θα αντιμετωπίσουν πολλές περιοχές στο άμεσο μέλλον λόγω της εντατικής γεωργίας και των υψηλών εισροών.

Η καλλιέργεια του switchgrass μπορεί να επιδράσει θετικά στη μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της αυξημένης αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα στις ρίζες και στην οργανική ύλη του εδάφους. Επιπλέον ως πολυετής καλλιέργεια συμβάλει στην μείωση του CO<sub>2</sub> λόγω της μειωμένης οξείδωσης του χώματος από τις ετήσιες προετοιμασίες αγρού (όργωμα, καλλιεργητής κτλ) που επικρατούν στις παραδοσιακές καλλιέργειες.

Τέλος, το switchgrass συμβάλλει στη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και των άγριων ειδών αφού αποτελεί ενδιαίτημα για την άγρια πανίδα, αλλά και καταφύγιο διαφορετικών ειδών πουλιών.

Συνοψίζοντας, καταλαβαίνουμε το πόσο σημαντική είναι η καλλιέργεια του Switchgrass και πόσο μπορεί να συμβάλει θετικά σε ένα μεγάλο εύρος τομέων (ενέργεια, ερημοποίηση, προστασία περιβάλλοντος, χαμηλές εισροές). Κρίνεται σκόπιμο όμως να διεξαχθεί περαιτέρω διεξοδική έρευνα για αυτή την καλλιέργεια

ώστε να μελετηθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση.

## Βιβλιογραφία

**A Publication of ATTRA** - National Sustainable Agriculture Information Service, 2006, Switchgrass as a bioenergy crop (<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/switchgrass.pdf>)

**Alan Teel, Stephen Barnhart** Switchgrass Seeding Recommendations for the Production of Biomass Fuel in Southern Iowa

**Alexopoulou A. and Cristou M.**, YEAR EFFECT ON SWITCHGRASS BIOMASS PRODUCTION

**Alexopoulou E. , Sharma N., Papatheohari Y.( 2008)**, Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region

**Alexopoulou N. Sharma, Y. Papatheohari<sup>c</sup>, (2008)**. Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region

**Ball D.M. Hoveland C.S., and Lacefield G.D. (2002)**, «Southern Forages, 3rd edition», International Plant Nutrition Institute, p. 26.

**Eldersen H., Cristian D., Bassam N., Sauerbeck G., Alexopoulou E., Sharma N., Fahmi R., Bridgwater A.V., Darvell L.I., Jones J.M., Yates N., Thain S. and Donnison I.S., (2007)**, «The effect of alkali metals on combustion and pyrolysis of Lolium and Festuca grasses, switchgrass and willow». Fuel, Vol.86, pages 1560-1569.

**Frank A.B., Berdahl J.D., Hanson J.D., Liebig M.A. and Johnson H.A., (2004)**, «Biomass and carbon partitioning in switchgrass», Crop Science, Vol.44, pages 1391-1396.

**James P. Muir<sup>\*a</sup>, Matt A. Sanderson<sup>b</sup>, William R. Ocumpaugh<sup>c</sup> (2000)**. Biomass Production of 'Alamo' Switchgrass in Response to Nitrogen, Phosphorus, and Row Spacing

**Lemus R, Bnnmer E.C, Moore K. J., Molstad N. E., Burras C.L., and Barker M. F. (2002)** "Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA", Biomass and Bioenergy, Volume 23, Pages 433-442.

**Lewandowski I., Scurlock J.O., Lindvall E. and Christou M. (2003)**, "The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe", Biomass and Bioenergy, Volume 25, Pages, 335-361

**Liebig M.A., Johnson H.A., Hanson J.D. and Frank A.B., (2005)**, "Soil carbon under switchgrass stands and cultivated cropland", Biomass and Bioenergy, Vol. 28, Pages 347-354.  
**M. Minelli, L. Rapparini and G. Venturi.,(2004)**, Weed management in switchgrass crop .

**Madakadze I.C., Stewart K., Peterson P.R., Coulman B.E., Samson R. and Smith D.L., (1998)**, "Light interception, use-efficiency and energy yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) grown in a, short season area". Biomass and Bioenergy, Volume 15, Pages 475-482.

**McLaughlin S. B. and Walsh M. E., (1998)**, "Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy", Biomass and Bioenergy, vol.14. pages 317-324.

**McLaughlin S. B., Kszos L. A., (2005)**, "Development of switchgrass (*Panicum virgatum*) as a bioenergy feedstock in the United States", Biomass and Bioenergy Vol. 28 pages 515-535.

**Monti A., Fazio S., Lychnaras V., Soldatos P. and Ventura G., (2007)**, “A full economic analysis of switchgrass under different scenarios in Italy estimated by BEE model”, *Biomass and Bioenerg.*, Vol. 31, pages 177-185.

**Piscioneri I., (2004)**, «A management guide for planting and production switchgrass as a biomass crop in Europe», 2nd Conference on Biomass for Energy Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome Italy.

**Ritchie, J.T., NeSmith, D.S., (1991)**. Temperature and crop development .

**Samson, R., (2007)**. Switchgrass Production in Ontario: A Management Guide.

**Schmer M. R., Vogel K. P., Mitchell R. B., and Perrin R. K. (2008)**. "Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass", *PNAS* 105 (2): 464-469

**USDA, United States Department of Agriculture, (2008)**, “Plant Fact Sheet, *Panicum virgatum*”, Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Program.

**Μ. Χρήστου, Ε. Αλεξοπούλου, Β. Λυχνάρας, Ε. Νάματοβ. (2006)** Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



# SWITCHGRASS, CARDOON AND MISCANTHUS PERENNIAL CROPS AS ALTERNATIVES FOR SOLID BIO-FUEL PRODUCTION IN CENTRAL GREECE

**Giannoulis K.D., Danalatos N.G. and Sakellariou M.**

University of Thessaly, Dept. of Agriculture, Crop Production & Rural Environment, Volos, Greece,  
19<sup>th</sup> European Biomass Conference & Exhibition, Berlin, Germany, 2011

**ABSTRACT:** In this work, the performance of alternative, environmental –friendly land use systems involving energy crops versus existing traditional monocultures were evaluated in Thessaly plain. The cropping systems under study include switchgrass (*Panicum virgatum*), cynara (*Cynara cardunculus*) and miscanthus (*Miscanthus sinensis*) all being perennial energy crops that ensure minimum production cost and therefore optimum cost-benefit ratios. On the other site, Thessaly plain comprises the major lowland formation of Greece and the country's centre of agricultural production.

The results, which were based on the crop life cycle analysis, demonstrated that cynara still comprises the best alternative crop for energy production, both in rainfed and irrigated lands. Switchgrass comprises a second alternative, producing good quality biofuel but the crop has moderate water needs for maximum productivity. Due to its high potential productivity (C<sub>4</sub> crop), switchgrass might be preferable in areas where irrigation water is available and cheap as in west Thessaly plain and elsewhere. Finally, miscanthus is also a C<sub>4</sub> crop characterized by high production potential which can be realized in less fertile, sandy soils. The crop however has greater irrigation water needs and is characterized by increased establishment cost. It seems that miscanthus will be a good solution in poor sandy and gravelly soils in deltas and estuaries where groundwater is present in the summer months.



Πίνακας1. Ιουλιανές ημέρες

DATE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

Πίνακας 2.Μετεωρολογικά δεδομένα 2010

Date	max T(°C)	min T(°C)	rain sum	Rainfall mm	%RH
11/3/2010	9,93	3,53	15,60	15,60	93,36
12/3/2010	14,47	3,83	15,60	0,00	82,12
13/3/2010	12,29	3,79	15,60	0,00	75,08
14/3/2010	8,74	2,6	18,40	2,80	82,25
15/3/2010	13,4	4,68	18,40	0,00	73,19
16/3/2010	13,57	2,03	18,40	0,00	67,08
17/3/2010	15,39	3,86	18,40	0,00	64,32
18/3/2010	15,93	5,03	18,40	0,00	67,63
19/3/2010	18,01	4,26	18,40	0,00	71,63
20/3/2010	17,89	1,03	18,40	0,00	77,85
21/3/2010	21,76	3,47	18,40	0,00	70,14
22/3/2010	23,63	6,61	18,40	0,00	65,84
23/3/2010	17,4	0,38	32,00	13,60	84,65
24/3/2010	16,37	-0,65	34,00	2,00	94,54
25/3/2010	19,08	2,06	34,00	0,00	83,44
26/3/2010	19,42	2,40	34,00	0,00	80,90
27/3/2010	19,49	2,47	34,00	0,00	82,93
28/3/2010	16,55	-0,47	34,00	0,00	61,34
29/3/2010	22,25	5,23	34,00	0,00	55,18
30/3/2010	22,66	5,64	34,00	0,00	65,92
31/3/2010	21,84	4,82	34,00	0,00	61,77
1/4/2010	23,86	6,84	34,00	0,00	60,93
2/4/2010	21,15	4,13	34,00	0,00	67,86
3/4/2010	22,16	5,14	34,00	0,00	68,14
4/4/2010	20,84	3,82	34,00	0,00	73,21
5/4/2010	22,91	5,89	34,00	0,00	71,40
6/4/2010	19,21	2,19	34,00	0,00	59,99
7/4/2010	19,5	2,48	34,00	0,00	62,71
8/4/2010	19,3	2,28	34,00	0,00	61,59
9/4/2010	19,72	2,70	34,00	0,00	64,48
10/4/2010	19,66	2,64	34,00	0,00	65,56
11/4/2010	19,99	2,97	34,00	0,00	68,76
12/4/2010	17,04	0,02	34,40	0,40	79,47
13/4/2010	15,69	8,02	35,80	1,40	80,44
14/4/2010	19,47	9,51	36,00	0,20	81,08
15/4/2010	21,87	9,63	36,00	0,00	81,25
16/4/2010	23,36	10,70	36,00	0,00	81,86
17/4/2010	23,81	8,45	36,00	0,00	78,32
18/4/2010	19,08	7,80	36,00	0,00	78,02
19/4/2010	15,99	11,12	44,40	8,40	94,47
20/4/2010	21,83	11,56	44,40	0,00	75,11



<b>21/4/2010</b>	23,15	12,12	44,40	0,00	51,68
<b>22/4/2010</b>	26,09	8,70	44,40	0,00	59,44
<b>23/4/2010</b>	24,61	7,80	44,40	0,00	63,67
<b>24/4/2010</b>	23,25	7,70	44,80	0,40	78,64
<b>25/4/2010</b>	22,26	8,20	44,80	0,00	71,35
<b>26/4/2010</b>	19,07	8,60	45,20	0,40	64,07
<b>27/4/2010</b>	20,63	9,87	45,20	0,00	62,86
<b>28/4/2010</b>	22,17	8,32	45,20	0,00	57,47
<b>29/4/2010</b>	21,94	7,96	45,20	0,00	56,64
<b>30/4/2010</b>	23,34	8,42	45,20	0,00	56,69
<b>1/5/2010</b>	26,4	8	45,20	0,00	58,57
<b>2/5/2010</b>	27	8,8	45,20	0,00	60,12
<b>3/5/2010</b>	27	10	45,20	0,00	62,35
<b>4/5/2010</b>	27,2	10	45,20	0,00	62,48
<b>5/5/2010</b>	26,4	12,4	45,20	0,00	62,86
<b>6/5/2010</b>	25,2	13	45,20	0,00	67,44
<b>7/5/2010</b>	27,4	8,2	45,20	0,00	56,12
<b>8/5/2010</b>	24,2	11,2	45,20	0,00	64,10
<b>9/5/2010</b>	29,6	10	45,20	0,00	49,38
<b>10/5/2010</b>	29	10	45,20	0,00	56,04
<b>11/5/2010</b>	30	10,6	45,20	0,00	59,29
<b>12/5/2010</b>	30	12,6	45,20	0,00	62,11
<b>13/5/2010</b>	33,2	15	45,20	0,00	20,96
<b>14/5/2010</b>	33	15	45,20	0,00	40,69
<b>15/5/2010</b>	29	14	64,40	19,20	70,82
<b>16/5/2010</b>	22,4	13	64,40	0,00	50,20
<b>17/5/2010</b>	23	9,6	64,40	0,00	49,49
<b>18/5/2010</b>	24	12	64,40	0,00	53,15
<b>19/5/2010</b>	24	10,6	64,40	0,00	54,27
<b>20/5/2010</b>	23	10	75,20	10,80	78,83
<b>21/5/2010</b>	19	12,8	90,00	14,80	88,49
<b>22/5/2010</b>	23,4	12	90,40	0,40	80,18
<b>23/5/2010</b>	24	11	91,60	1,20	83,75
<b>24/5/2010</b>	26	11	95,40	3,80	80,83
<b>25/5/2010</b>	28,2	11	95,40	0,00	71,14
<b>26/5/2010</b>	31	13	95,40	0,00	62,64
<b>27/5/2010</b>	33,4	12,8	95,40	0,00	50,84
<b>28/5/2010</b>	31,2	14,8	95,40	0,00	21,74
<b>29/5/2010</b>	33	16	95,40	0,00	32,01
<b>30/5/2010</b>	30	16,4	95,40	0,00	54,92
<b>31/5/2010</b>	34,4	18	95,40	0,00	38,39
<b>1/6/2010</b>	25	15	95,80	0,40	59,25
<b>2/6/2010</b>	26,2	13,6	95,80	0,00	60,77
<b>3/6/2010</b>	27,2	13	95,80	0,00	65,46
<b>4/6/2010</b>	28,2	13,6	95,80	0,00	61,49
<b>5/6/2010</b>	20,4	16	115,60	19,80	84,49

6/6/2010	27	16	115,60	0,00	72,33
7/6/2010	30	14	115,60	0,00	67,28
8/6/2010	31,2	14	115,60	0,00	61,05
9/6/2010	32	19	115,60	0,00	56,11
10/6/2010	31	18,6	115,60	0,00	57,72
11/6/2010	34,2	16,8	115,60	0,00	53,91
12/6/2010	36,4	20	115,60	0,00	22,02
13/6/2010	37	20	115,60	0,00	51,19
14/6/2010	38	20	115,60	0,00	31,04
15/6/2010	39	21,8	115,60	0,00	31,25
16/6/2010	39,2	24	115,60	0,00	69,04
17/6/2010	35	20	115,60	0,00	10,97
18/6/2010	33	19	115,60	0,00	60,03
19/6/2010	32,4	17	115,60	0,00	67,14
20/6/2010	31	17	115,60	0,00	56,69
21/6/2010	29,4	14	121,40	5,80	63,33
22/6/2010	27	16	121,40	0,00	59,80
23/6/2010	28,4	15,6	121,40	0,00	52,97
24/6/2010	26	17	121,40	0,00	50,53
25/6/2010	28	17	121,40	0,00	52,99
26/6/2010	31	15	121,40	0,00	52,59
27/6/2010	31	14,6	125,40	4,00	67,63
28/6/2010	29	17	125,40	0,00	73,78
29/6/2010	31	15,6	125,40	0,00	63,32
30/6/2010	32	18,8	127,00	1,60	62,62
1/7/2010	32	19	127,00	0,00	68,64
2/7/2010	32,2	18	127,00	0,00	75,76
3/7/2010	31	18	189,20	62,20	80,66
4/7/2010	33,4	18	189,20	0,00	76,52
5/7/2010	34	19	189,20	0,00	66,77
6/7/2010	35	20,8	189,20	0,00	61,06
7/7/2010	34	23	189,20	0,00	63,84
8/7/2010	29	19	189,20	0,00	60,78
9/7/2010	32,4	16	189,20	0,00	53,85
10/7/2010	33	22	189,20	0,00	55,11
11/7/2010	34	19	189,20	0,00	59,01
12/7/2010	36	20	189,20	0,00	58,49
13/7/2010	36	20	189,20	0,00	56,79
14/7/2010	37	22	189,20	0,00	55,10
15/7/2010	38,2	21	189,20	0,00	55,25
16/7/2010	35	22	189,20	0,00	55,65
17/7/2010	34,2	21	189,20	0,00	58,47
18/7/2010	35,2	22	189,20	0,00	56,62
19/7/2010	34	21	189,20	0,00	65,23
20/7/2010	34	21,6	189,20	0,00	68,85
21/7/2010	35,2	21	189,20	0,00	71,11



<b>22/7/2010</b>	35	21	189,20	0,00	70,54
<b>23/7/2010</b>	37,2	21	189,20	0,00	65,07
<b>24/7/2010</b>	40	22	189,20	0,00	59,09
<b>25/7/2010</b>	34	21	189,20	0,00	60,81
<b>26/7/2010</b>	28,2	20,8	210,60	21,40	84,30
<b>27/7/2010</b>	31,2	18	210,60	0,00	74,85
<b>28/7/2010</b>	32	17	210,60	0,00	61,71
<b>29/7/2010</b>	32	16	210,60	0,00	65,47
<b>30/7/2010</b>	32	16,6	210,60	0,00	66,52
<b>31/7/2010</b>	34	18	210,60	0,00	66,61
<b>1/8/2010</b>	34,4	19,8	210,60	0,00	64,21
<b>2/8/2010</b>	35	22	210,60	0,00	62,35
<b>3/8/2010</b>	35,4	20	210,60	0,00	63,08
<b>4/8/2010</b>	36,2	21	210,60	0,00	65,78
<b>5/8/2010</b>	34,4	19,6	210,60	0,00	71,94
<b>6/8/2010</b>	34	22	210,60	0,00	73,29
<b>7/8/2010</b>	36,2	19,6	210,60	0,00	56,73
<b>8/8/2010</b>	35,4	18,6	210,60	0,00	59,37
<b>9/8/2010</b>	36	23,4	210,60	0,00	62,04
<b>10/8/2010</b>	36	23	210,60	0,00	57,84
<b>11/8/2010</b>	36	22	210,60	0,00	58,25
<b>12/8/2010</b>	37	20	210,60	0,00	60,11
<b>13/8/2010</b>	37	19	210,60	0,00	59,46
<b>14/8/2010</b>	38,4	20	210,60	0,00	57,33
<b>15/8/2010</b>	38,2	22	210,60	0,00	56,68
<b>16/8/2010</b>	38	22	210,60	0,00	54,56
<b>17/8/2010</b>	39,2	21,8	210,60	0,00	51,57
<b>18/8/2010</b>	36,4	21,8	210,60	0,00	47,33
<b>19/8/2010</b>	36,4	20	210,60	0,00	57,85
<b>20/8/2010</b>	36,2	23	210,60	0,00	60,18
<b>21/8/2010</b>	32	23	210,60	0,00	61,03
<b>22/8/2010</b>	30	20	212,00	1,40	75,06
<b>23/8/2010</b>	31	20	212,00	0,00	66,48
<b>24/8/2010</b>	34	15,6	212,00	0,00	61,31
<b>25/8/2010</b>	36,2	18,8	212,00	0,00	59,17
<b>26/8/2010</b>	37	19	212,00	0,00	56,47
<b>27/8/2010</b>	35	22	212,00	0,00	57,79
<b>28/8/2010</b>	39	19	212,00	0,00	58,50
<b>29/8/2010</b>	38	20	212,00	0,00	40,72
<b>30/8/2010</b>	30	23	212,00	0,00	66,62
<b>31/8/2010</b>	34	18	212,00	0,00	62,40
<b>1/9/2010</b>	29	17	212,00	0,00	30,45
<b>2/9/2010</b>	30	15,6	212,00	0,00	51,50
<b>3/9/2010</b>	28	13	212,00	0,00	60,08
<b>4/9/2010</b>	23,4	19	213,40	1,40	82,28
<b>5/9/2010</b>	26	19	213,60	0,20	85,19

<b>6/9/2010</b>	29	18	213,60	0,00	76,86
<b>7/9/2010</b>	31	14,6	213,60	0,00	71,41
<b>8/9/2010</b>	33	16	213,60	0,00	65,17
<b>9/9/2010</b>	33	16	213,60	0,00	60,36
<b>10/9/2010</b>	29	18	213,60	0,00	65,46
<b>11/9/2010</b>	24	16	271,00	57,40	95,69
<b>12/9/2010</b>	25	16	301,40	30,40	88,02
<b>13/9/2010</b>	26,4	15	303,80	2,40	81,05
<b>14/9/2010</b>	27,2	16	303,80	0,00	79,97
<b>15/9/2010</b>	29	14	303,80	0,00	75,64
<b>16/9/2010</b>	30,2	14	303,80	0,00	72,13
<b>17/9/2010</b>	32,2	14,6	303,80	0,00	70,21
<b>18/9/2010</b>	34,4	14,6	303,80	0,00	66,89
<b>19/9/2010</b>	33,4	15	303,80	0,00	11,17
<b>20/9/2010</b>	31,4	18	303,80	0,00	68,83

**Πίνακας 5.** Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις

HEIGHT JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	1,21	1,02	1,12	1,08	-	-	-	-
154	476	1,31	1,17	1,21	1,13	1,13	1,05	1,15	1,12
179	835	1,46	1,43	1,73	1,71	1,51	1,55	1,45	1,63
195	1095	1,53	1,61	1,71	1,7	1,65	1,52	1,64	1,64
215	1439	1,78	1,84	1,91	1,9	1,77	1,82	1,8	1,73
231	1740	1,95	1,98	2,08	2,04	2,05	2,03	2,04	2,16
263	2199	-	-	-	-	2	2,23	1,8	1,83

**Πίνακας 6.** Χλωρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

GREEN BIOMASS JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	1730	2820	2260	2400	-	-	-	-
154	476	1960	2030	2600	2540	2600	1180	1240	2100
179	835	3185	3063	3630	3080	4152	4514	4165	4080
195	1095	4262	4055	5515	5600	5013	4960	5210	4959
215	1439	5480	6040	6990	7145	5200	5075	5770	5360
231	1740	4185	5685	5395	5970	5490	5185	4875	5195
263	2199	-	-	-	-	4240	4460	4790	4785

**Πίνακας 7.** Συνολικό ξηρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις.

TOTAL DRY WEIGHT JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	450,7	507,2	481,0	391,5	-	-	-	-
154	476	952,9	1367,2	1416,4	1251,5	1440,4	734,3	826,7	1086,9
179	835	1096,0	1023,6	1142,4	941,1	1344,5	1551,6	1299,7	1431,7
195	1095	1440,7	1367,5	1770,8	1802,5	1707,4	1681,1	1714,3	1573,3
215	1439	2475,6	2294,0	2658,5	2641,0	1976,3	1950,5	2134,3	1759,3
231	1740	2003,4	2560,8	2320,3	2623,7	2464,7	2264,8	2059,4	2117,3
263	2199	-	-	-	-	1775,9	1856,2	1864,1	1876,5

**Πίνακας 8.** Ο δείκτης LAI των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρήσεις

LAI JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	-	-	-	-	-	-	-	-
154	476	1,70	2,65	2,62	3,59	3,53	1,68	1,52	2,26
179	835	4,65	5,06	5,14	4,60	6,17	6,96	5,57	5,09
195	1095	5,97	5,32	7,16	7,44	6,34	6,60	6,92	6,07
215	1439	8,33	8,47	8,20	8,56	6,20	6,90	7,47	7,18
231	1740	3,14	4,46	5,03	5,37	4,46	3,70	4,11	4,11
263	2199	-	-	-	-	3,53	2,17	4,10	4,35

**Πίνακας 9.** SLA φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρήσεις

SLA JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	-	-	-	-	-	-	-	-
154	476	4,12	4,24	4,04	6,66	5,49	5,13	3,87	4,74
179	835	12,95	13,34	13,16	14,32	14,95	14,54	15,90	11,70
195	1095	14,32	13,93	14,19	14,48	13,56	13,34	14,36	13,33
215	1439	14,67	14,80	14,76	14,02	13,79	16,23	13,96	15,54
231	1740	10,06	10,22	11,65	11,04	11,35	10,47	10,75	11,48
263	2199	-	-	-	-	11,92	12,23	11,87	12,79



Πίνακας 10. Ρυθμός ξηρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρήσεις

DW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	6,73	7,57	7,18	5,84	-	-	-	-
154	476	11,34	16,28	16,86	14,90	17,15	8,74	9,84	12,94
179	835	10,06	9,39	10,48	8,63	12,33	14,23	11,92	13,14
195	1095	11,53	10,94	14,17	14,42	13,66	13,45	13,71	12,59
215	1439	17,07	15,82	18,33	18,21	13,63	13,45	14,72	12,13
231	1740	12,44	15,91	14,41	16,30	15,31	14,07	12,79	13,15
263	2199	-	-	-	-	6,75	7,06	7,09	7,14

Πίνακας 11. Ρυθμός χλωρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρήσεις

FW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	25,82	42,09	33,73	35,82	-	-	-	-
154	476	23,33	24,17	30,95	30,24	30,95	14,05	14,76	25,00
179	835	29,22	28,10	33,30	28,26	38,09	41,42	38,21	37,43
195	1095	34,10	32,44	44,12	44,80	40,10	39,68	41,68	39,67
215	1439	37,79	41,66	48,21	49,28	35,86	35,00	39,79	36,97
231	1740	25,99	35,31	33,51	37,08	34,10	32,20	30,28	32,27
263	2199	-	-	-	-	16,12	16,96	18,21	18,19

**Πίνακας 12.** Ο λόγος του ξηρού προς το χλωρό βάρος.

TDW/TFW JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	303	0,26	0,18	0,21	0,16	-	-	-	-
154	476	0,49	0,67	0,54	0,49	0,55	0,62	0,67	0,52
179	835	0,35	0,33	0,32	0,31	0,32	0,35	0,31	0,35
195	1095	0,34	0,34	0,32	0,32	0,34	0,34	0,33	0,32
215	1439	0,45	0,38	0,37	0,38	0,38	0,39	0,37	0,33
231	1740	0,47	0,44	0,43	0,44	0,45	0,44	0,42	0,41
263	2199	-	-	-	-	0,42	0,42	0,39	0,39

# Στατιστικά Αποτελέσματα

GenStat Release 7.1 (PC/Windows XP)  
12:00:11

26 September 2011

Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

---

GenStat Seventh Edition  
GenStat Procedure Library Release PL15

---

```
1 %CD 'C:/Documents and Settings/kyriakos/My Documents'  
2 "Data taken from File: \  
-3 C:/Documents and Settings/kyriakos/Desktop/Stattistic analysis  
switchgrass 2010.xls\  
-4 "  
5 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_  
6 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_  
10 PRINT [IPrint=*_] _stitle_; Just=Left
```

Data imported from Excel file: C:\Documents and  
Settings\kyriakos\Desktop\Statt  
istic analysis switchgrass 2010.xls  
on: 26-Sep-2011 12:00:23

taken from sheet ""kopi 3"", cells A2:F33

```
11 DELETE [redefine=yes]  
Blocks,Irrigation,Fertilization,Fresh_Weight,Height,\  
12 Dry_Weight  
13 UNITS [NVALUES=*]  
14 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] Blocks  
15 READ Blocks; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Blocks	32	0	4

```
17 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] Irrigation  
18 READ Irrigation; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Irrigation	32	0	2

```
20 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]  
Fertilization  
21 READ Fertilization; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Fertilization	32	0	4

```
23 VARIATE [nvalues=32] Fresh_Weight  
24 READ Fresh_Weight
```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Fresh_Weight	2480	3734	4869	32	0

```
28 VARIATE [nvalues=32] Height  
29 READ Height
```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Height	1.180	1.557	1.900	32	0

```
33 VARIATE [nvalues=32] Dry_Weight
34 READ Dry_Weight
```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Dry_Weight	738.1	1229	1570	32	0

```
43
44 "Split-Plot Design."
45 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
46 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
47 COVARIATE "No Covariate"
48 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
49 LSDLEVEL=5] Fresh_Weight
```

49.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	2253628.	751209.	1.40	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	7816990.	7816990.	14.58	0.032
Residual	3	1607923.	535974.	3.32	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	461658.	153886.	0.95	0.436
Irrigation.Fertilization	3	842146.	280715.	1.74	0.195
Residual	18	2906959.	161498.		
Total	31	15889303.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	-923.	s.e.
301.				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 1	-646.	s.e.
301.				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 2	837.	s.e.
301.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Grand mean 3734.

Irrigation	1	2			
	3239.	4228.			
Fertilization	1	2	3	4	
	3668.	3788.	3898.	3580.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	3185.	3062.	3630.	3080.
	2	4152.	4514.	4165.	4080.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	183.0	142.1	252.5
d.f.	3	18	9.57
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			200.9

d.f. 18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	258.8	200.9	357.2
d.f.	3	18	9.57

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 284.2  
d.f. 18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	823.7	422.1	800.6
d.f.	3	18	9.57

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 597.0  
d.f. 18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	306.4	8.2
Blocks.Irrigation	3	366.1	9.8
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	401.9	10.8

```
50 "Split-Plot Design."  
51 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization  
52 TREATMENTS Irrigation*Fertilization  
53 COVARIATE "No Covariate"  
54 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;  
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\  
55 LSDLEVEL=5] Dry_Weight
```

55.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	116198.	38733.	0.95	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	1014345.	1014345.	24.80	0.016
Residual	3	122694.	40898.	1.97	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	43089.	14363.	0.69	0.569
Irrigation.Fertilization					
Residual	3	197502.	65834.	3.17	0.049
Total	18	373651.	20758.		
Total	31	1867478.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	-305.	s.e.
108.				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 2	293.	s.e.
108.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Grand mean 1229.

Irrigation	1	2			
	1051.	1407.			
Fertilization	1	2	3	4	
	1220.	1288.	1221.	1186.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	1096.	1024.	1142.	941.
	2	1345.	1552.	1300.	1432.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	50.6	50.9	80.3
d.f.	3	18	13.77
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			72.0
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	71.5	72.0	113.6
d.f.	3	18	13.77

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 101.9  
d.f. 18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	227.5	151.3	244.0
d.f.	3	18	13.77

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 214.0  
d.f. 18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	69.6	5.7
Blocks.Irrigation	3	101.1	8.2
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	144.1	11.7

```
56 "Split-Plot Design."  
57 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization  
58 TREATMENTS Irrigation*Fertilization  
59 COVARIATE "No Covariate"  
60 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;  
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\n  
61 LSDLEVEL=5] Height
```



61.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.08404	0.02801	0.92	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.01805	0.01805	0.59	0.498
Residual	3	0.09174	0.03058	1.27	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	0.18815	0.06272	2.60	0.084
Irrigation.Fertilization					
Residual	3	0.18680	0.06227	2.58	0.086
Total	18	0.43496	0.02416		
Total	31	1.00375			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 1	0.261	s.e.
0.117				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 4	0.246	s.e.
0.117				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Height

Grand mean 1.557

Irrigation	1	2			
	1.581	1.534			
Fertilization	1	2	3	4	
	1.484	1.489	1.589	1.669	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	1.457	1.427	1.727	1.712
	2	1.510	1.550	1.450	1.625

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0437	0.0550	0.0803
d.f.	3	18	17.60
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.0777
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0618 *	0.0777	0.1135
d.f.	3	18	17.60
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.1099
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.1968	0.1633	0.2389
d.f.	3	18	17.60
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.2309
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.0592	3.8
Blocks.Irrigation	3	0.0874	5.6
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.1554	10.0

62 "Data taken from File: \  
 -63 C:/Documents and Settings/kyriakos/Desktop/Stattistic analysis  
 switchgrass 2010.xls\  
 -64 "

65 DELETE [Redefine=yes] \_stitle\_: TEXT \_stitle\_  
 66 READ [print=\*;SETNVALUES=yes] \_stitle\_  
 70 PRINT [IPrint=\*] \_stitle\_; Just=Left

Data imported from Excel file: C:\Documents and  
 Settings\kyriakos\Desktop\Statt  
 istic analysis switchgrass 2010.xls  
 on: 26-Sep-2011 12:03:01

taken from sheet ""Kopi 4"", cells A2:F33

71 UNITS [NVALUES=\*]  
 72 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] Blocks  
 73 READ Blocks; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
Blocks	32	0	4

75 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] Irrigation  
 76 READ Irrigation; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
------------	--------	---------	--------

Irrigation 32 0 2

78 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]  
Fertilization

79 READ Fertilization; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
Fertilization	32	0	4

81 VARIATE [nvalues=32] Fresh\_Weight

82 READ Fresh\_Weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Fresh_Weight	1940	4947	6760	32	0

86 VARIATE [nvalues=32] Height

87 READ Height

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Height	1.210	1.625	1.940	32	0

91 VARIATE [nvalues=32] Dry\_Weight

92 READ Dry\_Weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Dry_Weight	682.2	1632	2312	32	0

101

102 "Split-Plot Design."

103 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization

104 TREATMENTS Irrigation\*Fertilization

105 COVARIATE "No Covariate"

106 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;  
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\

107 LSDLEVEL=5] Fresh\_Weight

107.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	5062080.	1687360.	1.37	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	251360.	251360.	0.20	0.682
Residual	3	3694760.	1231587.	1.07	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	4577196.	1525732.	1.33	0.296
Irrigation.Fertilization					
Residual	3	3520976.	1173659.	1.02	0.406
Residual	18	20675284.	1148627.		
Total	31	37781656.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4      Irrigation 1      Fertilization 4      1823.      s.e.  
 804.

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Grand mean 4947.

Irrigation	1	2			
	4858.	5035.			
Fertilization	1	2	3	4	
	4637.	4508.	5362.	5279.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		4262.	4055.	5515.	5600.
2		5012.	4960.	5210.	4959.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	277.4	378.9	540.7
d.f.	3	18	18.78
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			535.9
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	392.4	535.9	764.6
d.f.	3	18	18.78
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			757.8
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	1248.7	1125.8	1601.7
d.f.	3	18	18.78
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1592.2
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	459.3	9.3
Blocks.Irrigation	3	554.9	11.2
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1071.7	21.7

```

108 "Split-Plot Design."
109 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
110 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
111 COVARIATE "No Covariate"
112 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
113 LSDLEVEL=5] Dry_Weight

```

113.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	471652.	157217.	2.79	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	43383.	43383.	0.77	0.445
Residual	3	169349.	56450.	0.31	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	242412.	80804.	0.44	0.725
Irrigation.Fertilization	3	406902.	135634.	0.74	0.540
Residual	18	3285271.	182515.		
Total	31	4618969.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 2	Irrigation 1	Fertilization 2	673.	s.e.
320.				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 4	656.	s.e.
320.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Grand mean 1632.

Irrigation	1	2			
	1595.	1669.			
Fertilization	1	2	3	4	
	1574.	1524.	1743.	1688.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	1441.	1367.	1771.	1802.
	2	1707.	1681.	1714.	1573.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	59.4	151.0	194.3
d.f.	3	18	20.59
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			213.6
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	84.0	213.6	274.8
d.f.	3	18	20.59
Except when comparing means with the same level(s) of Irrigation			302.1
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	267.3	448.8	572.1
d.f.	3	18	20.59
Except when comparing means with the same level(s) of Irrigation			634.7
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	140.2	8.6
Blocks.Irrigation	3	118.8	7.3
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	427.2	26.2

```

114 "Split-Plot Design."
115 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
116 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
117 COVARIATE "No Covariate"
118 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
119 LSDLEVEL=5] Height

```



119.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.18176	0.06059	2.21	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.00578	0.00578	0.21	0.678
Residual	3	0.08233	0.02744	0.92	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	0.07810	0.02603	0.87	0.476
Irrigation.Fertilization					
Residual	3	0.06116	0.02039	0.68	0.576
Total	18	0.53961	0.02998		
Total	31	0.94875			

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Height

Grand mean 1.625

Irrigation	1	2			
	1.639	1.612			
Fertilization	1	2	3	4	
	1.588	1.565	1.677	1.670	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		1.527	1.613	1.712	1.703
2		1.650	1.517	1.643	1.637

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0414	0.0612	0.0857
d.f.	3	18	19.67
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.0866
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0586	0.0866	0.1211
d.f.	3	18	19.67
Except when comparing means with the same level(s) of			

Irrigation 0.1224  
d.f. 18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.1864	0.1819	0.2529
d.f.	3	18	19.67

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 0.2572  
d.f. 18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.0870	5.4
Blocks.Irrigation	3	0.0828	5.1
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.1731	10.7

120 "Data taken from File: \  
-121 C:/Documents and Settings/kyriakos/Desktop/Statistic analysis  
switchgrass 2010.xls\  
-122 "

123 DELETE [Redefine=yes] \_stitle\_: TEXT \_stitle\_  
124 READ [print=\*;SETNVALUES=yes] \_stitle\_  
128 PRINT [IPrint=\*\_stitle\_; Just=Left

Data imported from Excel file: C:\Documents and  
Settings\kyriakos\Desktop\Statt  
istic analysis switchgrass 2010.xls  
on: 26-Sep-2011 12:04:22

taken from sheet ""Kopi 5"", cells A2:F33

129 UNITS [NVALUES=\*]  
130 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] Blocks  
131 READ Blocks; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
Blocks	32	0	4

133 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] Irrigation  
134 READ Irrigation; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
Irrigation	32	0	2

136 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]  
Fertilization

137 READ Fertilization; frepresentation=ordinal

Identifier	Values	Missing	Levels
Fertilization	32	0	4

139 VARIATE [nvalues=32] Fresh\_Weight  
140 READ Fresh\_Weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Fresh_Weight	3440	5883	12160	32	0

144 VARIATE [nvalues=32] Height  
145 READ Height

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Height	1.300	1.816	2.170	32	0

149 VARIATE [nvalues=32] Dry\_Weight  
150 READ Dry\_Weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Dry_Weight	1306	2236	4304	32	0

159  
160 "Split-Plot Design."  
161 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization  
162 TREATMENTS Irrigation\*Fertilization  
163 COVARIATE "No Covariate"  
164 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;  
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\n  
165 LSDLEVEL=5] Fresh\_Weight

165.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	12413700.	4137900.	0.58	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	9031250.	9031250.	1.27	0.343
Residual	3	21413450.	7137817.	3.10	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	6274700.	2091567.	0.91	0.456
Irrigation.Fertilization	3	2337250.	779083.	0.34	0.797
Residual	18	41389450.	2299414.		
Total	31	92859800.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 4	3069.	s.e.
1137.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Grand mean 5882.

Irrigation	1	2			
	6414.	5351.			
Fertilization	1	2	3	4	
	5340.	5558.	6380.	6252.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	5480.	6040.	6990.	7145.
	2	5200.	5075.	5770.	5360.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	667.9	536.1	936.6
d.f.	3	18	10.04
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			758.2
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	944.6	758.2	1324.6
d.f.	3	18	10.04
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1072.2
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	3006.1	1592.9	2949.8
d.f.	3	18	10.04
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			2252.7
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Fresh\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	719.2	12.2
Blocks.Irrigation	3	1335.8	22.7
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1516.4	25.8

```

166 "Split-Plot Design."
167 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
168 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
169 COVARIATE "No Covariate"
170 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
171 LSDLEVEL=5] Dry_Weight

```

171.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	3439566.	1146522.	0.67	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	2528018.	2528018.	1.48	0.310
Residual	3	5110392.	1703464.	5.22	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	320396.	106799.	0.33	0.806
Irrigation.Fertilization					
Residual	3	310656.	103552.	0.32	0.813
Total	18	5873608.	326312.		
Total	31	17582636.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 2	-1005.	s.e.
428.				
Blocks 2	Irrigation 1	Fertilization 2	968.	s.e.
428.				
Blocks 4	Irrigation 2	Fertilization 3	951.	s.e.
428.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Grand mean 2236.

Irrigation	1	2			
	2517.	1955.			
Fertilization	1	2	3	4	
	2226.	2122.	2396.	2200.	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	2476.	2294.	2658.	2641.
	2	1976.	1951.	2134.	1759.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	326.3	202.0	409.5
d.f.	3	18	7.05
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			285.6

d.f. 18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	461.4	285.6	579.1
d.f.	3	18	7.05

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 403.9  
d.f. 18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	1468.5	600.1	1367.2
d.f.	3	18	7.05

Except when comparing means with the same level(s) of  
Irrigation 848.6  
d.f. 18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	378.6	16.9
Blocks.Irrigation	3	652.6	29.2
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	571.2	25.5

172 "Split-Plot Design."  
173 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization  
174 TREATMENTS Irrigation\*Fertilization  
175 COVARIATE "No Covariate"  
176 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;  
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\n  
177 LSDLEVEL=5] Height

177.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.24377	0.08126	3.57	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.04961	0.04961	2.18	0.236
Residual	3	0.06831	0.02277	0.83	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	0.02973	0.00991	0.36	0.782
Irrigation.Fertilization					
	3	0.03301	0.01100	0.40	0.754
Residual	18	0.49371	0.02743		
Total	31	0.91815			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 1	-0.282	s.e.
0.124				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Height

Grand mean 1.816

Irrigation	1	2			
	1.856	1.777			
Fertilization	1	2	3	4	
	1.770	1.829	1.854	1.812	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
	1	1.775	1.842	1.907	1.897
	2	1.765	1.815	1.800	1.727

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0377	0.0586	0.0810
d.f.	3	18	20.10
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.0828
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*



Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0534	0.0828	0.1146
d.f.	3	18	20.10
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.1171
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.1698	0.1740	0.2390
d.f.	3	18	20.10
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.2460
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.1008	5.5
Blocks.Irrigation	3	0.0755	4.2
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.1656	9.1

```

178 "Data taken from File: \
-179 C:/Documents and Settings/kyriakos/Desktop/Stattistic analysis
switchgrass 2010.xls\
-180 "
181 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_
182 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_
186 PRINT [IPrint=*_stitle_; Just=Left

```

Data imported from Excel file: C:\Documents and Settings\kyriakos\Desktop\Statt istic analysis switchgrass 2010.xls on: 26-Sep-2011 12:05:10

taken from sheet ""Kopi 6"", cells A2:F33

```

187 UNITS [NVALUES=*_
188 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] Blocks
189 READ Blocks; frepresentation=ordinal

```

Identifier	Values	Missing	Levels
Blocks	32	0	4

```

191 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] Irrigation
192 READ Irrigation; frepresentation=ordinal

```

Identifier	Values	Missing	Levels
Irrigation	32	0	2

```

194 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]
Fertilization
195 READ Fertilization; frepresentation=ordinal

```

Identifier	Values	Missing	Levels
Fertilization	32	0	4

```

197 VARIATE [nvalues=32] Fresh_Weight
198 READ Fresh_Weight

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Fresh_Weight	1980	5248	7640	32	0

```

202 VARIATE [nvalues=32] Height
203 READ Height

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Height	1.400	2.040	2.400	32	0

```

206 VARIATE [nvalues=32] Dry_Weight
207 READ Dry_Weight

```

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Dry_Weight	865.4	2302	3818	32	0

```

216
217 "Split-Plot Design."
218 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
219 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
220 COVARIATE "No Covariate"
221 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
222 LSDLEVEL=5] Dry_Weight

```

222.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	1818899.	606300.	0.90	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	181185.	181185.	0.27	0.639
Residual	3	2011264.	670421.	2.04	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	273268.	91089.	0.28	0.841
Irrigation.Fertilization	3	1068619.	356206.	1.08	0.381
Residual	18	5911859.	328437.		
Total	31	11265093.			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 1	-886.	s.e.
430.				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 3	1030.	s.e.
430.				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Grand mean 2302.

Irrigation	1	2
	2377.	2227.

Fertilization	1	2	3	4
	2234.	2413.	2190.	2370.

Irrigation Fertilization	1	2	3	4
1		2003.	2561.	2320.
2		2465.	2265.	2059.
				2624.
				2117.

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	204.7	202.6	321.7
d.f.	3	18	13.45
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			286.5
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	289.5	286.5	454.9
d.f.	3	18	13.45
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			405.2
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	921.3	602.0	979.5
d.f.	3	18	13.45
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			851.4
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Dry\_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	275.3	12.0
Blocks.Irrigation	3	409.4	17.8
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	573.1	24.9

```

229 "Split-Plot Design."
230 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
231 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
232 COVARIATE "No Covariate"
233 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
234 LSDLEVEL=5] Height

```

234.....  
 .....

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: Height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.17653	0.05884	4.93	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.02880	0.02880	2.41	0.218
Residual	3	0.03582	0.01194	0.30	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	0.05267	0.01756	0.45	0.722
Irrigation.Fertilization	3	0.02858	0.00953	0.24	0.865
Residual	18	0.70520	0.03918		
Total	31	1.02760			

\* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 1	-0.425	s.e.
0.148				

\*\*\*\*\* Tables of means \*\*\*\*\*

Variate: Height

Grand mean 2.040

Irrigation	1	2
	2.010	2.070

Fertilization	1	2	3	4
	1.999	2.005	2.059	2.097

Irrigation Fertilization	1	2	3	4
1	1.950	1.980	2.075	2.035
2	2.047	2.030	2.042	2.160

\*\*\* Standard errors of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0273	0.0700	0.0900
d.f.	3	18	20.57
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.0990
d.f.			18

\*\*\* Standard errors of differences of means \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0386	0.0990	0.1272
d.f.	3	18	20.57
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.1400
d.f.			18

\*\*\* Least significant differences of means (5% level) \*\*\*

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.1230	0.2079	0.2649
d.f.	3	18	20.57
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.2940
d.f.			18

\*\*\*\*\* Stratum standard errors and coefficients of variation \*\*\*\*\*

Variate: Height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.0858	4.2
Blocks.Irrigation	3	0.0546	2.7
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.1979	9.7

# Φωτογραφίες

## 1. Σπορά του switchgrass.







## 2. Ανάπτυξη καλλιέργειας











ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108481