

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΤΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αριθμ. Πρωτοκ. 44  
Ημερομηνία 19-2-2004

**ΑΡΧΟΝΤΟΥΛΗ ΣΩΤΗΡΗ**

**ΜΕ ΘΕΜΑ:**

**ΑΥΞΗΣΗ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΜΙΣΧΑΝΘΟΥ  
(MISCANTUS SINENSIS x GIGANTEUS) ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ  
ΔΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2001 – 2002.**

Επιβλέπων :

**ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ Ν.Γ., Επ. Καθηγητής**

**Βόλος, Ιούλιος 2003**



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

Αριθ. Εισ.: 3880/1  
Ημερ. Εισ.: 30-08-2004  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2003  
ΑΡΧ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Εργαστήριο Γεωργίας

---

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΤΟΥ

**ΑΡΧΟΝΤΟΥΛΗ ΣΩΤΗΡΗ**

ΜΕ ΘΕΜΑ:

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ *MISCANTHUS SINENSIS*  
x *GIGANTEUS* ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ  
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ  
ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑ ΤΟ 2001 ΚΑΙ ΤΟ 2002.**

Επιβλέπων :

**ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ Ν.Γ., Επ. Καθηγητής**

Μέλη:

Ι. ΜΗΤΣΙΟΣ, Καθηγητής

Θ. ΓΕΜΤΟΣ, Αναπλ. Καθηγητής

Βόλος, Ιούλιος 2003

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή διατριβή αναφέρεται στον Μίσχανθο (*Miscanthus sinensis x giganteus*), μια νέα, πολλά υποσχόμενη ενεργειακή καλλιέργεια. Μελετάται η επίδραση τριών πυκνοτήτων πληθυσμού και δυο επιπέδων αζωτούχου λίπανσης, σε χαρακτηριστικά αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας κάτω από Θεσσαλικές συνθήκες.

Αρχικά δίνεται μια γενική περιγραφή της καλλιέργειας και των απαιτήσεων της σε περιβαλλοντικές συνθήκες και καλλιεργητικές φροντίδες (Εισαγωγή). Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις πιθανές χρήσεις του Μίσχανθου για ενεργειακούς σκοπούς. Ακολουθεί το πειραματικό μέρος (Υλικά και Μέθοδοι) που περιγράφει τις εργασίες που έγιναν στον αγρό και το εργαστήριο κατά τις καλλιεργητικές περιόδους του 2001 και 2002. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα του πειράματος (Αποτελέσματα και Συζήτηση).

Τέλος σε μια προσπάθεια τονισμού της σημαντικότητας του Μίσχανθου ως ενεργειακού φυτού παραγωγής θερμότητας παρατίθενται στοιχεία από την καύση του, καθώς και στοιχεία οικονομικού ισολογισμού σε επίπεδο αγροτικής εκμετάλλευσης (farm budget). Αναλυτικοί πίνακες των κλιματολογικών δεδομένων, των παρατηρήσεων των δειγματοληψιών, της στατιστικής ανάλυσης καθώς και σχετικό φωτογραφικό υλικό παρατίθενται στα Παραρτήματα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επ. Καθηγητή **κ. Ν. Δαναλάτο** για τις πολύτιμες συμβουλές, τη συνεχή καθοδήγηση κατά την διεξαγωγή του πειράματος, για τη βοήθεια που μου παρείχε μέχρι την ολοκλήρωση της Πτυχιακής μου Διατριβής, καθώς και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα στα μαθήματα Γενικής Γεωργίας και Προσομοίωση Καλλιεργειών.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή **κ. Ι. Μήτσιο** για την εμπιστοσύνη του να αναλάβει ως μέλος της επιτροπής, τις χρήσιμες παρατηρήσεις του, αλλά και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα στα μαθήματα Εδαφολογίας και Γονιμότητας Εδαφών.

Ευχαριστώ τον Αν. Καθηγητή **κ. Θ. Γέμτο** για το ενδιαφέρον που έδειξε για την εργασία αυτή, τις χρήσιμες παρεμβάσεις του, αλλά και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα στα μαθήματα Μηχανολογίας και Διαχείρισης Γεωργικού Εξοπλισμού.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Δ. Μπαρτζιάλη για την βοήθεια που μου παρείχε στην εξοικείωση με τα στατιστικά πακέτα, και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Μ. Πολυχρονίδη για την βοήθεια που μου παρείχε στην λήψη ορισμένων παρατηρήσεων. Τέλος νιώθω υποχρεωμένος να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια και το ενδιαφέρον που έδειξε για την πορεία της Διατριβής μου, και τέλος τον φίλο και συμφοιτητή μου Παναγιώτη Σκούρα για τη χρήσιμη βοήθειά του κατά την διεξαγωγή των εργαστηριακών μετρήσεων.

Η Εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στον ανηψιό μου Βαγγέλη.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	1
----------------	---

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	3
-------------------	---

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά .....	5
1.2 Καταγωγή του Μίσχανθου .....	6
1.3 Μέθοδοι πολλαπλασιασμού .....	7
1.4 Εδαφικές και κλιματικές ανάγκες .....	9
1.5 Εχθροί και ασθένειες .....	10
1.6 Μέθοδοι φύτευσης .....	11
1.7 Εκμηχάνιση της καλλιέργειας .....	11
1.8 Παραγωγικότητα – απόδοση .....	13
1.9 Κόστος .....	14
1.10 Ελληνικά δεδομένα .....	15
1.11 Σκοπός της εργασίας .....	16

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικό σχέδιο .....	18
2.2 Εργασίες στον αγρό .....	20
Ιστορικό φύτευσης – Πυκνότητα φυτών .....	20
Έδαφος .....	21
Λίπανση .....	22
Άρδευση .....	22
Έλεγχος ζιζανίων .....	23
2.3 Συλλογή πειραματικών δεδομένων .....	24
2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις .....	25
Επεξεργασία φύλλων .....	25
2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων .....	26
2.6 Μέτρηση ρυθμού αφομοίωσης CO <sub>2</sub> .....	26
2.7 θερμική απόδοση – καύση .....	28
2.8 Υπολογισμοί .....	29
A.H.U. ....	29
S.L.A. ....	30
L.A.I. ....	30
Στατιστική ανάλυση .....	30

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

3.1 Κλιματολογικά δεδομένα .....	31
3.2 Μετρημένα χαρακτηριστικά του Μίσχανθου .....	33
3.2.1 Ύψος φυτών .....	33
3.2.1 Αριθμός αδελφιών .....	36
3.2.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας .....	38
3.2.4 Ειδική φυλλική επιφάνεια .....	41
3.2.5 Παραγωγή βιομάζας .....	43
3.2.6 Λόγος ξηρού / χλωρού βάρους .....	47
3.2.7 Ρυθμός αφομοίωσης CO <sub>2</sub> .....	49
3.2.8 Καύση .....	50
3.2.9 Οικονομικό ισοζύγιο .....	51

<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>58</b>
--------------------------	-----------

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>59</b>
---------------------------	-----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>63</b>
--------------------------	-----------

<b>Παράρτημα Α. Κλιματολογικά δεδομένα .....</b>	<b>64</b>
<b>Παράρτημα Β. Αναλυτικά αποτελέσματα μετρήσεων .....</b>	<b>70</b>
<b>Παράρτημα Γ. Ανάλυση παραλλακτικότητας .....</b>	<b>76</b>
<b>Παράρτημα Δ. Φωτογραφικό υλικό.....</b>	<b>88</b>

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>94</b>
-----------------------	-----------

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

### 1.1 Γενικά

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει υλικά που προέρχονται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων. Σε παγκόσμια κλίμακα η βιομάζα είναι η σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Στις μέρες μας η συνεισφορά της στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στο 14%. Η βιομάζα αποτελεί την σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και στην Ελλάδα συμμετέχοντας κατά 5% στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση (Κ.Α.Π.Ε 1998).

Στην πράξη υπάρχουν δυο τύποι βιομάζας: α) Τα γεωργικά υπολείμματα, και β) οι ενεργειακές καλλιέργειες. Γεωργικά υπολείμματα είναι τα κάθε είδους φυτικά ή ζωικά υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό μετά τη συγκομιδή του πρωτεύοντος προϊόντος (π.χ. βαμβακοστέχη, άχυρο, κλπ) καθώς και τα υπολείμματα των γεωργικών βιομηχανιών (π.χ. ελαιοπυρήνας, πριονίδι, κλπ).

Ο όρος 'ενεργειακή καλλιέργεια' αναφέρεται σε οποιοδήποτε φυτό που καλλιεργείται, και το κύριο προϊόν χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς.

Τα περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών είναι: Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> γιατί η βιομάζα εκπέμπει χαμηλότερες ποσότητες CO<sub>2</sub> συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα (Lewandowski and Heinz, 2003), προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους, εξοικονόμηση νερού, χαμηλές εισροές λιπασμάτων, μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων, εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας, ενδυνάμωση της γεωργικής βιομηχανίας, αύξηση του αγροτικού εισοδήματος, εξασφάλιση αειφορικής περιφερειακής ανάπτυξης, και μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο (Κ.Α.Π.Ε., 1998).

Η βιομάζα των ενεργειακών φυτών μπορεί να μετατραπεί σε θερμότητα και ηλεκτρισμό με θερμό-χημικές διαδικασίες όπως καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει ακόμη διαμορφωμένη αγορά για τις ενεργειακές καλλιέργειες, και όλες οι προσπάθειες που έχουν γίνει είναι σε πειραματικό επίπεδο.



Υπολογίζεται όμως ότι εάν 2.000.000 στρέμματα καλλιεργούνταν με ενεργειακά φυτά, με παραγωγή ξηρής ουσίας κατά μέσο όρο 3 τόνους ανά στρέμμα ετησίως, θα παράγονταν 6 εκατομμύρια τόνοι βιομάζας ή 2,4 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) (ΚΑΠΕ 1998).

Οι περιορισμένοι πλέον πόροι ορυκτών καυσίμων αλλά και οι γρήγορες αλλαγές του παγκόσμιου κλίματος (green-house effect) υποκίνησαν τις έρευνες για την παραγωγή ενέργειας από τις ενεργειακές καλλιέργειες (Van Zeijts, 1995).

Για το λόγο αυτό διεξήχθησαν πολλές έρευνες σε Ευρωπαϊκό επίπεδο για να μελετηθεί η προσαρμογή και η παραγωγικότητα ενός αριθμού C4 φυτών κάτω από ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες και καλλιεργητικές τεχνικές, και να καταγραφεί το ενεργειακό τους δυναμικό καθώς και η καταλληλότητά τους για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις. Τα φυτά που ακολουθούν το κύκλο C4 (η ενέργεια συγκεντρώνεται σε ουσίες με 4 άτομα άνθρακα όπως το σπαρτικό και το μηλικό οξύ) θεωρούνται υψηλής φωτοσυνθετικής ικανότητας, αντίθετα με τα φυτά C3 (όπου η ενέργεια συγκεντρώνεται σε ουσίες με 3 άτομα άνθρακα, όπως φωσφογλυκερικό οξύ) που θεωρούνται χαμηλής φωτοσυνθετικής ικανότητας.

Μια νέα πολλά υποσχόμενη πολυετής καλλιέργεια του τύπου C4, για παραγωγή βιομάζας θεωρείται ο *Miscanthus sinensis* με πολλαπλές χρήσεις που κατακτά τελευταίως όλο και περισσότερο έδαφος σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες. Ο Μίσχανθος είναι καλλιέργεια που ήδη μελετάται σε πολλά προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης της Ε.Ε., λόγω των υψηλών του αποδόσεων σε εύκρατες Ευρωπαϊκές περιοχές.

## 1.2 Καταγωγή του Μίσχανθου

Ο Μίσχανθος ανήκει στο γένος των εύκρατων γρασιδιών που περιλαμβάνει αποκλειστικά C4 είδη. Το γένος *Miscanthus* περιλαμβάνει 20 περίπου είδη με μια φυσική διασπορά στην Ασία, τη Μαλαισία και την Πολυνησία. Γενικά, το γένος αυτό αποτελείται από εύρωστα, πολυετή φυτά με επιμήκη γραμμικά, λογχοειδή φύλλα. Ένας αριθμός από τα είδη του γένους υβριδίζονται και διασταυρώνονται ελεύθερα. Το γένος του Μίσχανθου είναι στενά συγγενικό με το *Saccharum* που ανήκει στο ζαχαροκάλαμο. Ο *Miscanthus sinensis* είναι διαδεδομένος στη μεγαλύτερη περιοχή της Ιαπωνίας και είναι το πιο σημαντικό και επικρατέστερο φυτό στους ημιφυσικούς λιβαδότοπους τόσο σε κρύες όσο και σε θερμές περιοχές. Οι λιβαδότοποι με υψηλούς τύπους γρασιδιών κυριαρχούνται από το *M. sinensis* και διατηρούνται από τις

ανθρώπινες δραστηριότητες όπως ο θερισμός και το κάψιμο. Η παραγωγικότητα τέτοιων περιοχών έχει αναφερθεί ότι πλησιάζει τους 10 t ha<sup>-1</sup> ετησίως (Jones *et al.*, 1996).

Ο Μίσχανθος εμφανίστηκε στην Ευρώπη το 1930 ως διακοσμητικό φυτό κήπων. Στην κεντρική Ευρώπη, η καλλιέργεια Μίσχανθου ερευνήθηκε σε υπαίθρια πειράματα για να λύσει τα αγρονομικά προβλήματα όπως η καθιέρωση νέων φυτών, ο θρεπτικός ανεφοδιασμός, η ανάπτυξη παραγωγής και οι ιδιότητες βιομαζών (Greef, 1996; Himken *et al.*, 1997; Jorgensen, 1997; Walsh and McCarthy, 1998). Η ποικιλία *M. sinensis giganteus* προερχόμενη από τη Δανία έτυχε ευρείας διάδοσης. Η ποικιλία αυτή είναι τριπλοειδής και άγονη, και θεωρήθηκε ότι είναι υβρίδιο του *M. sinensis* και του *M. sacchariflorus*.

### 1.3 Μέθοδοι πολλαπλασιασμού

Ο *Miscanthus sinensis* μπορεί να πολλαπλασιαστεί με τρεις τρόπους:

- Με **σπόρους** που είναι φθηνότεροι, εξασφαλίζουν υψηλή παραγωγικότητα καθώς και ανθεκτικότητα στις ασθένειες. Επειδή το πλήθος των συλλεγόμενων σπόρων αποτελείται και από πλήθος γενοτύπων, απαιτείται μια περαιτέρω διαλογή για να εντοπιστούν οι βελτιωμένοι τύποι φυτών. Αυτή τη στιγμή, τα περισσότερα φυτά είναι ετεροζύγωτα για απευθείας χρήση των σπόρων τους.

- Με **ριζώματα**. Είναι η καταλληλότερη μέθοδος πολλαπλασιασμού, συνδυάζοντας ταχύτητα στην εφαρμογή, ομοιομορφία στον αγρό και σχετικά μικρό κόστος. Τα ριζώματα πρέπει να έχουν μήκος 5-10 cm για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες (Rutheford and Heath, 1992). Βέβαια η τεχνική αυτή χρειάζεται να βελτιωθεί με περισσότερα πειράματα. Όπως θα περιγραφεί παρακάτω, στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί για πρώτη φορά πολλαπλασιασμός ριζωμάτων στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας το 1998 (Πτυχιακή Διατριβή Σακελλάρη, 1999).

- Με **μικροπολλαπλασιασμό φυταρίων**. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλη αποτελεσματικότητα. Τα φυτάρια προέρχονται από την ανάπτυξη ριζωμάτων (Jones *et al.*, 1996), και θα πρέπει να έχουν ύψος περί τα 30-35 cm και αναπτυγμένες ρίζες. Όμως η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται και από μεγάλο κόστος, που σύμφωνα με τους Venturi *et al.*, (1999) είναι πενταπλάσιο του κόστους εγκατάστασης της φυτείας με ριζώματα.

Επειδή η ποικιλία *M. sinensis giganteus* είναι άγονη, μπορεί να πολλαπλασιαστεί μόνο με τις τελευταίες δυο μεθόδους.

Σε ερευνητικά προγράμματα που διεξήχθησαν σε Ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιήθηκαν ριζώματα και φυτάρια. Σε ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε 18 Ευρωπαϊκές περιοχές, τα πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 10 m x 10m συμπληρώθηκαν με ριζώματα και φυτάρια εναλλάξ σε μια απόσταση 50 cm (Jones *et al.*, 1996). Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι είναι πιθανή η εγκατάσταση της φυτείας του Μίσχανθου κάτω από ένα πλατύ εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών στην Ευρώπη. Η ετήσια παραγωγικότητα είναι χαμηλή τη χρονιά της εγκατάστασης αλλά αυξάνει γρήγορα και φθάνει τη μέγιστη τιμή της μετά την τρίτη χρονιά της καλλιέργειας. Ως τώρα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με έναν μόνο γενότυπο Μίσχανθου, την ποικιλία *Giganteus*, γιατί καμία άλλη από τις επιλεγόμενες ποικιλίες δεν έχει ερευνηθεί ώστε να διαπιστωθεί το παραγωγικό δυναμικό της. Μια προσέγγιση του παραπάνω πειράματος που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της έρευνας του Δικτύου Παραγωγικότητας του Μίσχανθου είναι να αναγνωρισθούν γενότυποι ανθεκτικοί στο κρύο και ικανοί να επεκτείνουν την καλλιεργητική περίοδο (Jones *et al.*, 1996).

Το 1990 ένα μεγαλύτερο πείραμα εγκαταστάθηκε στο Cashel της Ιρλανδίας όπου έγινε σύγκριση ανάμεσα στα φυτάρια και τα μικροπολλαπλασιασμένα φυτάρια. Το ποσοστό επιβίωσης και για τις δυο αυτές μορφές ήταν περίπου 90% (Jones *et al.*, 1996).

Τα ριζώματα του Μίσχανθου γενικά απέτυχαν να παράγουν ικανοποιητικό αριθμό φυτών στις περισσότερες περιοχές και μόνο στο Monte de Caparico (Πορτογαλία) και στο Braunschweig της Γερμανίας σημειώθηκαν επιτυχή ποσοστά φυτρώματος 75% και 72% αντίστοιχα. Ο λόγος αποτυχίας των ριζωμάτων δεν είναι συγκεκριμένος, αλλά ίσως η χρονική στιγμή της φύτευσής τους την αρχή του θέρους (Ιούνιο) να είναι πολύ καθυστερημένη ώστε να αποτυγχάνουν να επιβιώνουν. Τα ποσοστά επιβίωσης των φυταρίων είναι πολύ υψηλότερα και κυμαίνονται από 88% έως 100% (Jones *et al.*, 1996). Δεδομένα από Δανία και Γερμανία φανερώνουν ότι τα ριζώματα και τα νεαρά φυτάρια πρέπει να φυτεύονται όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι μεγαλύτερη των 10 °C (Rutheford and Heath, 1992).

## 1.4 Εδαφικές και κλιματικές ανάγκες

### Έδαφος

Υψηλές παραγωγικότητες στην Ευρώπη έχουν αναφερθεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφικών τύπων από αμμώδη έως αργιλώδη και εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία. Παρόλο που τα ελαφρά εδάφη δίδουν καλή παραγωγή μόνο όταν η βροχόπτωση είναι ικανοποιητική, στα βαριά εδάφη ίσως να υπάρχουν προβλήματα συμπίεσης του εδάφους κατά την περίοδο θερισμού της φυτείας εξαιτίας της συγκράτησης μεγάλου ποσοστού υγρασίας. Σκουρόχρωμα εδάφη προτιμούνται στη Κ. Ευρώπη από τα ανοιχτόχρωμα επειδή ζεσταίνονται γρηγορότερα, ενώ εδάφη με νότιο προσανατολισμό είναι προτιμότερα γιατί είναι πιο ζεστά από εκείνα με βόρειο προσανατολισμό (Rutheford and Heath, 1992), παράγοντες οι οποίοι όμως δεν είναι σημαντικοί για την Ελλάδα.

Πείραμα που διεξήχθη στην περιοχή της Σπερχειάδας Φθιώτιδας σε αμμώδες, άγονο έδαφος, έδειξε ότι υψηλές παραγωγές Μίσχανθου, μπορούν να επιτευχθούν με ποσά άρδευσης περί τα 400-500 mm (Danalatos *et al.*, 1997). Ένα πλατύ εύρος του εδαφικού pH είναι ανεκτό στον Μίσχανθο. Η παραγωγή ξηρής ουσίας δεν φάνηκε να επηρεάζεται σε εύρος pH από 5.0 έως 8.0 σύμφωνα με τον Nielsen (1987).

Η χειμερινή θνησιμότητα και η μείωση της ανάπτυξης μετά από δριμύ ψύχος ήταν υψηλότερη σε εδάφη πλούσια σε άργιλο. Απαραίτητη προτεραιότητα για την εγκατάσταση του Μίσχανθου σε χουμικά εδάφη είναι να στραγγίζουν καλά (Nielsen, 1987).

Σε μια έρευνα για την βιομετακίνηση βαρέων μετάλλων από το έδαφος φάνηκε ότι ο Μίσχανθος είναι ικανός να μετακινήσει ένα σημαντικό ποσό μετάλλων που παραμένουν συσσωρευμένα στα εδαφικά κλάσματα κάτω από τα φυτά (Fernando *et al.*, 1997). Η καλλιέργεια του Μίσχανθου ενισχύει την ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών στο εδαφικό σύστημα. Σύμφωνα με τους Kahle *et al.*, (2001) ενσωμάτωση των φύλλων στο έδαφος είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας οργανικού άνθρακα και αζώτου στο έδαφος. Επιπλέον, τα υπολείμματα της καλλιέργειας Μίσχανθου έχουν επιπτώσεις και στην ποιότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους (soil organic matter) (Kahle *et al.*, 2001).

## Υγρασία

Ο Μίσχανθος αναπτύσσει βαθύ ριζικό σύστημα που φτάνει τα 1-2 m και έτσι μπορεί να εκμεταλλευτεί το διαθέσιμο νερό και στα βαθιά αμμώδη εδάφη (Sloth, 1986). Όμως η ανάπτυξη του Μίσχανθου μπορεί να μειωθεί σημαντικά από την έλλειψη εδαφικής υγρασίας τόσο στις ήδη εγκαταστημένες φυτείες (Horney, 1991) όσο και κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης (Knoblouch *et al.*, 1991).

Την περίοδο 1995 διεξήχθηκε πείραμα άρδευσης του Μίσχανθου στη περιοχή Σπερχειάδας, με επίπεδα άρδευσης 0, 300, 500, 750, και 850 mm. Ο μάρτυρας έκλεισε το βιολογικό του κύκλο μόλις 60 ημέρες μετά την αναβλάστηση με παραγωγή μόλις 291,2 kg/στρέμμα. Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου οι επεμβάσεις με 300, 500, και 750 mm ξεπέρασαν τους 3 τόνους ξηρής ουσίας ανά στρέμμα. Φαίνεται ότι για τα Ελληνικά κλιματολογικά δομένα, άρδευση περί τα 500 mm μπορεί να εξασφαλίσει υψηλές αποδόσεις του Μίσχανθου (Danalatos *et al.*, 1997).

## Άνεμος

Σε περιοχές της Κ. Ευρώπης, ο άνεμος αναφέρεται ότι μειώνει την ανάπτυξη του *M.sinensis giganteus* εξαιτίας της μείωσης της θερμοκρασίας που προκαλεί και ίσως να συντελεί στην καθήλωση της καλλιέργειας. Αντίθετα σε Μεσογειακά κλίματα ζημιές που προκαλούνται από τον άνεμο οφείλονται κυρίως στην αποξηραντική επίδραση όπως: απώλεια εδαφικής υγρασίας, λόγω αυξημένης εξάτμισης και διαπνοής, και πρόωρη ωρίμανση με μειωμένη απόδοση. Οι ώριμοι βλαστοί είναι ανθεκτικοί στον άνεμο και οι κορυφές των καλάμιών μπορούν να λυγίζουν και να ακουμπούν στο έδαφος χωρίς να σπάνε (Rutheford and Heath, 1992).

### 1.5 Εχθροί και ασθένειες

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ζωτικής σημασίας για την εγκατάσταση, αλλά λιγότερο σημαντικός μετά το δεύτερο χρόνο της καλλιέργειας, ενώ τα πολυετή ζιζάνια θα πρέπει να έχουν καταστραφεί πριν τη φύτευση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εύρος ζιζανιοκτόνων όπως atrazine, promyzamide, mecoprop, flyoxypyr, sulfonil, κ.α. (Rutheford and Heath, 1992).

Οι ασθένειες του Μίσχανθου είναι αμελητέες στην Ευρώπη. Τα ριζώματα περιστασιακά προσβάλλονται από *Fusarium spp.* αλλά μπορούν να προστατευτούν

αν εμβαπτιστούν στο κατάλληλο μυκητοκτόνο. Στην Άπω Ανατολή ο Μίσχανθος προσβάλλεται από ένα πλήθος σκωριάσεων καθώς και από ασθένειες που προσβάλουν το στέλεχος του φυτού. Εξαιτίας της συνεκτικής επιδερμίδας των φύλλων, ο Μίσχανθος είναι ανθεκτικός στις ασθένειες του φυλλώματος. Μόνο ένας ιός έχει βρεθεί στον Μίσχανθο (*Miscanthus streak virus*) και τα συμπτώματά του είναι καθήλωση του φυτού και ραβδώσεις στα φύλλα (Rutheford and Heath, 1992).

Δεν έχουν αναφερθεί έντομα στο φύλλωμα του Μίσχανθου εξαιτίας της μορφολογίας του φύλλου του που είναι ινώδες και σκληρό. Στη Δανία παρατηρήθηκαν περιστασιακά προσβολές από σφήκες αλλά και προνύμφες λεπιδοπτέρων (Rutheford and Heath, 1992).

## 1.6 Μέθοδοι φύτευσης

Από δεδομένα που έχουν προκύψει από πειράματα στη Δανία και την Γερμανία φαίνεται ότι 0,8-1 φυτό ανά  $m^2$  είναι ένας ικανοποιητικός πληθυσμός αν και μεγαλύτεροι πληθυσμοί δίνουν ακόμα μεγαλύτερες παραγωγές στα πρώτα δυο ως τρία χρόνια. Αν και το μέγεθος της πειραματικής δουλειάς που έχει γίνει ίσως είναι μικρό, θεωρητικά η φύτευση πρέπει να γίνεται όσο πιο κοντά στο τετράγωνο για να εκμεταλλεύονται τα φυτά καλύτερα το φωτισμό και τα θρεπτικά συστατικά. Στη Δανία εφαρμόζεται ένα σύστημα με διπλές γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 75 cm και ανάμεσά τους έχουν αυλάκια διαστάσεων 175 cm (Rutheford and Heath, 1992). Από ελληνικής πλευράς μεγάλες αποδόσεις σε ξηρή ουσία (πάνω από 3 τόνους) έδειξε και πληθυσμός 850 φυτά στο στρέμμα (Danalatos *et al.*, 1997).

## 1.7 Εκμηχάνιση της καλλιέργειας

Η συγκομιδή των πολυετών ενεργειακών φυτών διαφέρει αρκετά από εκείνη των συμβατικών καλλιεργειών. Μερικές από τις σημαντικότερες διαφορές είναι οι ακόλουθες: 1) Χρόνος συγκομιδής 2) Μέθοδοι συγκομιδής 3) Απαιτούμενος εξοπλισμός.

Ο Μίσχανθος συγκομίζεται από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συγκομιστεί είναι η υγρασία του φυτού να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (< 25%), έτσι ώστε να είναι εφικτή και η αποθηκευσή του. Η χειμερινή συγκομιδή δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης εργατικού προσωπικού και μηχανημάτων σε μια περίοδο που οι αγροτικές εργασίες είναι περιορισμένες.

Όσον αφορά στον κατάλληλο χρόνο συγκομιδής, πειράματα που διεξήχθησαν στην Ν. Γερμανία παρουσίασαν ενεργειακή παραγωγή 187-528 GJ ha<sup>-1</sup> (ή 4,4 – 12,5 t/ha) συγκομιδής του Μίσχανθου τον Δεκέμβριο. Με την καθυστερημένη συγκομιδή μεταξύ Δεκεμβρίου και Φεβρουάριου η παραγωγή μειώθηκε 14-15%. Η παραγωγή σημείωσε περαιτέρω πτώση κατά 13% μεταξύ του Φεβρουάριου και του Μαρτίου (Lewandowski and Heinz, 2003). Καθυστερημένη συγκομιδή σημαίνει απώλειες σε βιομάζα που οφείλεται σε πτώση των φύλλων κατά την διακοπή των ακραίων μίσχων ενώ η παραγωγή μπορεί να μειωθεί έως και 35% (Thiemann, 1995; Beuch, 1998).

Από την άλλη πλευρά, μια καθυστερημένη συγκομιδή βελτιώνει την ποιότητα της καύσης της βιομάζας λόγω μειωμένης περιεκτικότητας σε υγρασία, και την διύλιση των ανεπιθύμητων τμημάτων βιομάζας όπως Cl, K και τέφρας (Jorgensen and Sander, 1997; Lewandowski and Kicherer, 1997; Boelke *et al.*, 1998). Επίσης, η μείωση της περιεκτικότητας του Cl, N και του νερού εκτός από τις μειωμένες εκπομπές επιβλαβών ουσιών κατά την διάρκεια της καύσης, μειώνει και την ενέργεια που απαιτείται για την ξήρανση της βιομάζας (Struschka, 1993; IPCC, 1997; Kaltschmitt and Reinhardt, 1997). Ως εκ τούτου, κατά την επιλογή κατάλληλης ημερομηνίας συγκομιδής, ο παραγωγός βιομάζας αντιμετωπίζει μια σύγκρουση μεταξύ της παραγωγής και της ποιοτικής βελτιστοποίησης.

Η συγκομιδή μπορεί να γίνει με τις παρακάτω μεθόδους:

- Η πρώτη μέθοδος περιλαμβάνει θερισμό, συγκέντρωση σε γραμμές και δεματοποίηση. Ο θερισμός του χόρτου γίνεται με χορτοκοπτικά μηχανήματα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες χορτοκοπτικών μηχανημάτων: α) με μαχαίρια που παλινδρομούν και β) με περιστρεφόμενα εργαλεία κοπής (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, εικόνες 17,18) τα οποία πλεονεκτούν σε απόδοση εργασίας (μεγαλύτερη ταχύτητα) και ακρίβεια κοπής των φυτών (Γέμτος, 2002).

Το χόρτο αφήνεται στην επιφάνεια του χωραφιού για να ξεραθεί. Μια σειρά μηχανημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιτάχυνση της ξήρανσης του χόρτου, τα λεγόμενα μηχανήματα περιποίησης του χόρτου. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, εικ. 21). Κατά την δεματοποίηση αυξάνεται η πυκνότητα του χόρτου για ευκολότερη

διακίνηση. Διακρίνουμε δυο κατηγορίες μηχανημάτων: Των ορθογωνίων και των κυλινδρικών δεμάτων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, εικ 19,20). Σε κάθε κατηγορία υπάρχουν μηχανές που παράγουν δεματά από 20 kg μέχρι πολλές εκατοντάδες κιλά (Γέμτος, 2002).

- Η δεύτερη μέθοδος περιλαμβάνει κοπή, ψιλοτεμαχισμό (2-25 cm) και μεταφορά του υλικού στο όχημα μεταφοράς. Τα μηχανήματα αυτά λέγονται σιλοκοπτικά. Κατασκευάζονται ελκόμενα ή αναρτόμενα, συνήθως εργάζονται έξω από τον γεωργικό ελκυστήρα, ώστε ο τελευταίος να κινείται πάνω σε ήδη συγκομισμένο μέρος του χωραφιού (Γέμτος, 2002).

## 1.8 Παραγωγικότητα – Απόδοση

Διεθνώς, ο Μίσχανθος μελετάται ως φυτό βιοενέργειας από εικοσαετίας, και σχετικά δημοσιεύματα υπάρχουν από Ιαπωνικής και Ευρωπαϊκής πλευράς. Συγκεκριμένα στην Ευρώπη έχει αναπτυχθεί το Δίκτυο Παραγωγικότητας του Μίσχανθου. Ο κύριος και αντικειμενικός σκοπός του δικτύου είναι να παράγει πληροφορίες πάνω στο δυναμικό του Μίσχανθου ως καλλιέργεια βιομάζας για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Το δίκτυο καθιερώθηκε μέσω του προγράμματος JOULE το 1989 και περιλαμβάνει 18 τοποθεσίες σε ολόκληρη την Ευρώπη, όπου συλλέγονται δεδομένα παραγωγικότητας κάτω από διάφορες εδαφο-κλιματικές συνθήκες. Σχετικό πρόγραμμα υποστήριξης της Ε.Ε ήταν το πρόγραμμα AIR, ενώ στην Ελλάδα ερευνητικά προγράμματα έχουν εκπονηθεί από το ΚΑΠΕ, το ΓΠΑ και το Π.Θ.

Παρόλη την επιτυχή ανάπτυξη του Μίσχανθου στις περισσότερες περιοχές, τα δεδομένα παραγωγής έως τώρα δείχνουν μια μεγάλη διακύμανση, που οφείλεται σε έναν αριθμό παραγόντων, εδαφικών, κλιματικών και μεταχειρίσεων. Επίσης η μέγιστη παραγωγικότητα επιτυγχάνεται δύο-τρία χρόνια μετά τη φύτευση. Σημαντική διακύμανση της ανεκτικότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρήθηκε, που ίσως να οφείλεται στην παραλλακτικότητα των γενοτύπων του Μίσχανθου. Αυτό προσδίδει μεγάλη σημασία στην επιλογή ποικιλιών που θα ανταποκριθούν καλύτερα στις ανάγκες μας από το τωρινό δοκιμασμένο υλικό.

Η παραγωγή ξηρής ουσίας του Μίσχανθου τη χρονιά της εγκατάστασης είναι πολύ χαμηλή, 500-750 kg/στρέμμα (Σακελλάρη, 1999). Αυτό είναι αναμενόμενο εξαιτίας του stress που υφίστανται τα φυτά κατά την φύτευσή τους. Επίσης μικρός



είναι και ο αριθμός των αδελφιών. Στο τέλος της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου, ο μέσος όρος των αδελφιών ποικίλει μεταξύ 2,5 (στο Cashel της Ιρλανδίας), 15,8 (στο Brounschweig της Γερμανίας) (Jones *et al.*, 1996) και 31,4 στο Βελεστίνο (Σακελλάρη, Πτυχιακή Διατριβή, 1999).

Αναφέρεται ότι η καλλιέργεια του Μίσχανθου δεν έχει μόνο υψηλή παραγωγή αλλά και υψηλή περιεκτικότητα ξηρής ουσίας, και μάλιστα τόση όση περιέχεται σε μια φυτεία από ιτιές ή λεύκες. Πειραματικά αποτελέσματα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο καλλιέργεια με ιτιά, η οποία συγκομίζεται ανά 4 χρόνια (Venturi *et al.*, 1999) ή λεύκα μπορεί να φτάσει τους 10-12 t/ha/year ξηρής ουσίας (Cannell, 1988; Hytonen, 1996), ενώ η καλλιέργεια Μίσχανθου (C4) έχει σημαντικά υψηλότερα δυναμικά απόδοσης. Η παραγωγικότητα σε εύκρατες περιοχές (temperate regions) κυμάνθηκε στους 20-30 t/ha/year ξηρής ουσίας και με άρδευση έφτασε τους 40 t/ha/year σε ξηρή ουσία στη Ν. Ευρώπη ο γενότυπος *Miscanthus sinensis* x *Giganteus* (Schwarz *et al.*, 1995; Lewandowski and Kicherer, 1997; Christou *et al.*, 1998).

Επίσης ο Μίσχανθος έχει καλά χαρακτηριστικά καύσης και χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και άζωτο, μικρότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> και SO<sub>2</sub> σε σύγκριση με τη συμβατική παραγωγή θερμότητας από καύση πετρελαίου (Lewandowski and Heinz, 2003), έτσι ώστε η χρήση του να είναι ευεργετική για το περιβάλλον. Παραγωγή Μίσχανθου 20 τόνων ξηρής ουσίας δίνει ακαθάριστη ενέργεια περί τους 7 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Rutheford and Heath, 1992).

## 1.9 Κόστος

Το κόστος ανάπτυξης του Μίσχανθου ως ενεργειακή καλλιέργεια συνδέεται στενά με το κόστος της εγκατάστασης των φυτών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ζωή της καλλιέργειας δεν είναι ακόμα γνωστή, ενώ τα δεδομένα δείχνουν επίδραση της πυκνότητας πληθυσμού φυτών στο κόστος (Rutheford and Heath, 1992).

Το μεγαλύτερο τμήμα του κόστους παραγωγής του Μίσχανθου βασίζεται στα γεωργικά μηχανήματα, στην αποθήκευση και τη μεταφορά του για ποικίλες χρήσεις. Απαιτείται συστηματική έρευνα για το σχεδιασμό χρονοδιαγράμματος έτσι ώστε να υπολογιστεί ο χρόνος έναρξης και λήξης της περιόδου του θερισμού, να υπολογιστούν οι απώλειες, η ποιότητα, και η πυκνότητα του προϊόντος ως ενεργειακά καταναλώσιμου. Επειδή έως τώρα δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα και διαθέσιμη

εμπειρία, πολλές από τις παραπάνω παραμέτρους πρέπει να υπολογιστούν από μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις καιρικές συνθήκες (Venturi *et al.*, 1997).

Ένα από τα πρότυπα αυτά για το κόστος χρησιμοποιεί καιρικά δεδομένα προηγούμενων ετών, ώστε να υπολογίσει τις ημέρες που θα πρέπει να ξεκινήσει αλλά και να τελειώσει ο θερισμός του Μίσχανθου, και λαμβάνει υπόψη και τις μεθόδους ξήρανσης που προσδιορίζονται από το προορισμό του προϊόντος. Η περιεκτικότητα σε υγρασία του φυτού κατά τον θερισμό υπολογίζεται για να εκτιμηθεί το κόστος ξήρανσης και μεταφοράς. Επίσης εκτιμάται και το ποσό της αλλαγής της ποσότητας και της ποιότητας του προϊόντος με το χρόνο θερισμού (Venturi *et al.*, 1997).

### 1.10 Ελληνικά δεδομένα

Σχετικά λίγα δεδομένα είναι διαθέσιμα για τη καλλιέργεια κάτω από Ελληνικές συνθήκες. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι ο Μίσχανθος θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό φυτό στη χώρα μας για έναν αριθμό βιομηχανικών χρήσεων (κατασκευαστικό ή μονωτικό υλικό) αλλά και ως καύσιμη ύλη (βιοενέργεια). Τα πρώτα Ελληνικά αποτελέσματα την τριετία 1993-1996 παρείχαν σοβαρές ενδείξεις ότι ο Μίσχανθος έχει μεγάλο δυναμικό παραγωγής στη Β. Ελλάδα και μπορεί να ξεπεράσει και το διπλάσιο από αυτό των χωρών της Κ. και Β. Ευρώπης (Danalatos *et al.*, 1996).

Συγκεκριμένα, σε πειραματική φυτεία Μίσχανθου που εγκαταστάθηκε το 1993 στο Κουτσό της Ξάνθης, με πληθυσμό 1000 φυτών ανά στρέμμα και ευνοϊκές συνθήκες λίπανσης και άρδευσης, το δυναμικό παραγωγής ξεπέρασε τους 8 τόνους χλωρής βιομάζας και 4,36 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα στο τέλος του δεύτερου χρόνου καλλιέργειας. Αντίστοιχα, μέγιστοι ρυθμοί αύξησης περί τα 40 kg ξηρής ουσίας/στρ/ημέρα μετρήθηκαν σε περιόδους με μεγάλη ηλιοφάνεια και ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Σε άλλο πείραμα αύξησης του Μίσχανθου κάτω από δυο επίπεδα λίπανσης και πέντε επίπεδα άρδευσης, σε αμμώδες άγονο έδαφος της περιοχής Λαμίας, προέκυψε ότι η λίπανση δεν επέδρασε στη ανάπτυξη και παραγωγή της βιομάζας καθώς επίσης δεν παρατηρήθηκαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δυο παραγόντων. Αντίθετα μια ισχυρή επίδραση της άρδευσης βρέθηκε στο εύρος των 0-500mm (Danalatos *et al.*, 1997), ενώ η μέγιστη παραγωγή βιομάζας πραγματοποιήθηκε την τρίτη καλλιεργητική περίοδο.

Παρόμοιο πείραμα πραγματοποιήθηκε σε εύφορη παραλιακή περιοχή της Κεφαλονιάς. Εφαρμόστηκαν δυο επίπεδα λίπανσης και δυο επίπεδα άρδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες επιδράσεις των δύο επιπέδων άρδευσης και των δύο επιπέδων λίπανσης, ενώ η παραγωγή βιομάζας ήταν αξιόλογη (Dalianis *et al.*,1994).

Σε πειράματα που διεξήχθησαν σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, ο μέσος όρος ύψους της φυτείας έφτασε τα τρία μέτρα, η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμάνθηκε από 2,6 έως 3.2 τόνους ανά στρέμμα ετησίως και το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανήλθε στα 1,38 ΤΠΠ ανά στρέμμα (Κ.Α.Π.Ε.,1998).

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών προέκυψε ότι η άρδευση αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα για την επίτευξη μεγάλης παραγωγικότητας, αλλά ακόμη και με χαμηλά επίπεδα άρδευσης αναμένεται ικανοποιητική παραγωγή βιομάζας. Η εφαρμογή αζωτούχου λιπάνσεως στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου δεν επηρέασε την ανάπτυξη του φυτού και την παραγωγή βιομάζας αν και κάποιες φορές παρατηρήθηκαν καλύτερα αποτελέσματα με υψηλά επίπεδα λίπανσης (Κ.Α.Π.Ε.,1998).

Το αυξημένο δυναμικό παραγωγής σε βιομάζα του Μίσχανθου στα Ελληνικά εδάφη φανερώνει νέες μελλοντικές προοπτικές για το φυτό αυτό στη χώρα μας, ως εναλλακτική καλλιέργεια χαμηλών εισροών και προστασίας του περιβάλλοντος.]

### 1.11 Σκοπός της εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη τη σπουδαιότητα του Μίσχανθου ως πολλά υποσχόμενη εναλλακτική καλλιέργεια για παραγωγή βιοενέργειας στο εγγύς μέλλον, αλλά και την σχετικά περιορισμένη υπάρχουσα βιβλιογραφία ιδίως όσον αφορά στην ανάπτυξη του φυτού υπό Ελληνικές συνθήκες, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην περαιτέρω έρευνα της αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας αυτής κάτω από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της Κεντρικής Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα μελετάται η αύξηση και ανάπτυξη του Μίσχανθου (*Miscanthus sinensis x giganteus*) κάτω από τρεις πυκνότητες πληθυσμού και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τις

καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002 στο Πειραματικό Αγρόκτημα του Π.Θ. στο Βελεστίνο.

Η εργασία συμπληρώνεται με στοιχεία ξήρανσης και θερμικής απόδοσης του προϊόντος κάτω από πραγματικές συνθήκες παραγωγής θερμότητας σε θερμοκήπιο, καθώς και με μια απλή μελέτη οικονομικού ισοζυγίου (σε επίπεδο αγροκτήματος-farm budget) της εγκατάστασης φυτείας και παραγωγής βιομάζας για καύση και κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός θερμοκήπιου 35 στρεμμάτων στην κ. Ελλάδα.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

---

### 2.1 Πειραματικό σχέδιο

Για τους σκοπούς της μελέτης έγινε πείραμα αγρού στο Πειραματικό Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Το πειραματικό σχέδιο είναι παραγοντικό 3 x 2 διχαζομένων τεμαχίων (split-plot) με τέσσερις επαναλήψεις (blocks).

Οι παράγοντες είναι:

α) Πυκνότητα φυτών (D):

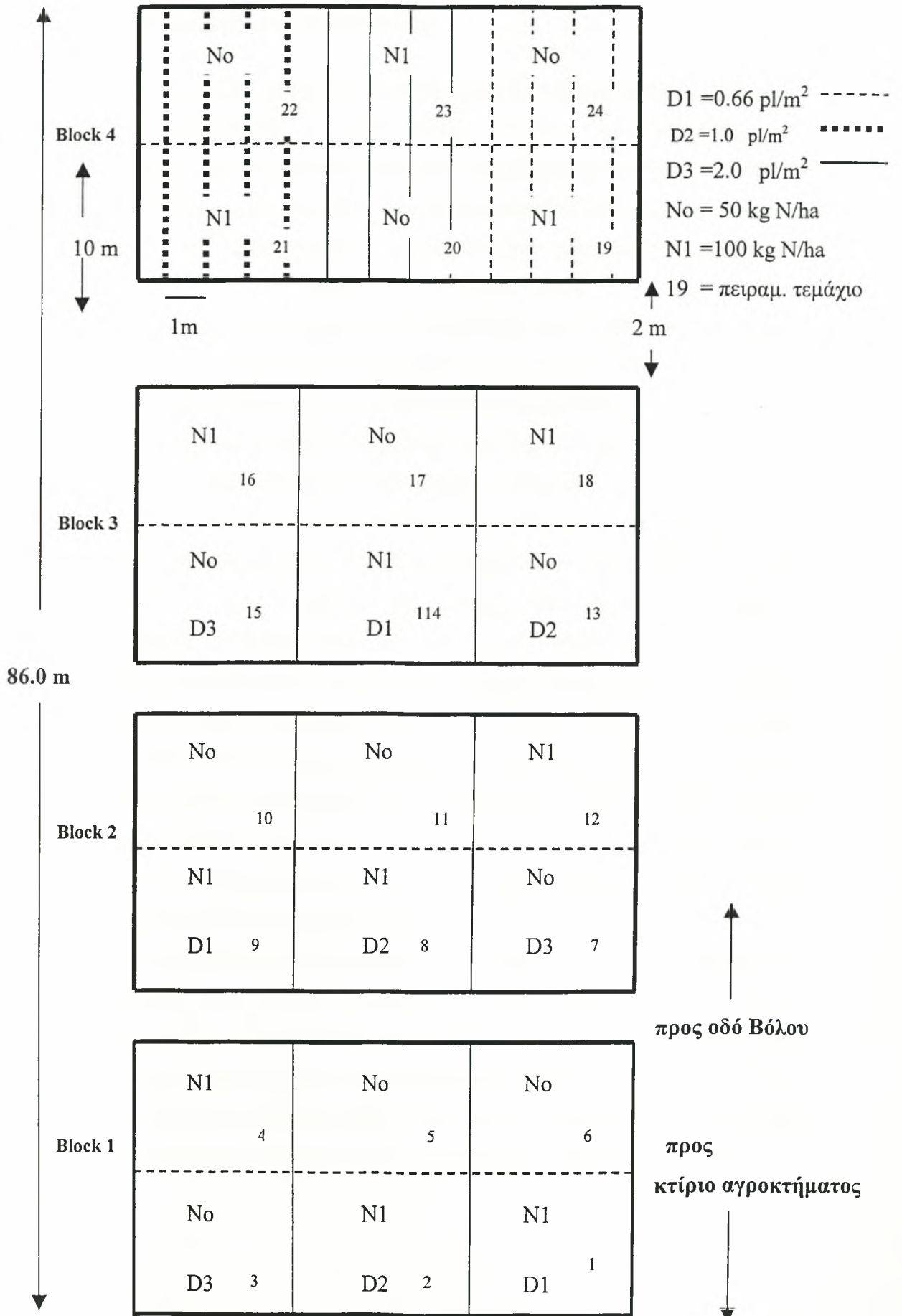
- Επίπεδο D<sub>1</sub>: 667φυτά/στρ (αποστάσεις 1.5 m x 1 m)
- Επίπεδο D<sub>2</sub>: 1000 φυτά/στρ (αποστάσεις 1 m x 1 m)
- Επίπεδο D<sub>3</sub>: 2000φυτά/στρ (αποστάσεις 0,5 m x 1 m)

β) Αζωτούχος λίπανση (N):

- Επίπεδο N<sub>0</sub>: 5 kg N/στρ
- Επίπεδο N<sub>1</sub>: 10 kg N/στρ.

Κάθε επανάληψη έχει διαστάσεις 20 m x 12 m δηλαδή εμβαδόν 240 m<sup>2</sup>, και την αποτελούν 6 τεμάχια διαστάσεων 4 m x 10 m. Επομένως, η συνολική έκταση του πειράματος είναι 240 m<sup>2</sup> x 4 = 960 m<sup>2</sup> και μαζί με τους διαδρόμους (πλάτους 2 m) 1032 m<sup>2</sup>. Το πειραματικό σχέδιο παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ ΜΙΣΧΑΝΘΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ**



## 2.2 Εργασίες στον αγρό

### *Ιστορικό φύτευσης - πυκνότητα φυτών*

Το 2001 και το 2002 αποτελούν το τέταρτο και πέμπτο έτος της καλλιέργειας. Η φυτεία είχε εγκατασταθεί το έτος 1998. Τα φυτά του Μίσχανθου που χρησιμοποιήθηκαν για την φύτευση προήλθαν από ριζώματα, που είχαν προμηθευτεί από μητρική φυτεία στην αγροτική περιοχή Σπερχειάδας. Πιο συγκεκριμένα στις 3/3/1998 έγινε μια πρώτη εξαγωγή ριζωμάτων που μεταφέρθηκαν άμεσα στο θερμοκήπιο (Βελεστίνο) και κόπηκαν σε μικρότερα τεμάχια με 2-3 οφθαλμούς και μήκος 3-5 cm το καθένα. Τα τεμάχια αυτά τοποθετήθηκαν σε τράπεζα υδρονέφωσης και καλύφθηκαν με λεπτή άμμο. Τα ριζώματα ποτίζονταν καθημερινά ώστε το υπόστρωμα να βρίσκεται συνεχώς σε κατάσταση υδατοικανότητας.

Η μεταφύτευση των φυταρίων στις τελικές τους θέσεις έλαβε χώρα στις 6/4/1998 και διήρκεσε δύο ημέρες. Επειδή με τα φυτάρια καλύφθηκαν μόνο οι δύο πρώτες από τις τέσσερις επαναλήψεις, έγινε νέα εξαγωγή ριζωμάτων από τη μητρική φυτεία στις 8/4/1998. Τα ριζώματα αυτά δεν μεταφέρθηκαν πλέον στην υδρονέφωση αλλά φυτεύτηκαν (με το χέρι) κατευθείαν στις μόνιμες θέσεις τους στα πειραματικά τεμάχια, και δέχτηκαν εφεξής τις ίδιες μεταχειρίσεις με τα υπόλοιπα φυτά.

Λόγω παρατεταμένης ξηρασίας παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό απωλειών λόγω μη εκβλάστησης των περισσότερων μοσχευμάτων στην τρίτη και τέταρτη επανάληψη. Έτσι έγινε νέα εξαγωγή φυταρίων από τη μητρική φυτεία στις 25/5/1998. Τα φυτάρια αυτά είχαν μήκος ριζώματος 5 cm, κατά μέσον όρο 4 φύλλα, και ύψος περί τα 20 cm. Ακολούθησε επαναφύτευση της τρίτης και τέταρτης επανάληψης με εγκατάσταση των φυταρίων στις κενές θέσεις, ενώ μετά από σύντομο χρονικό διάστημα άρχισε η άρδευση του πειραματικού αγρού.

Όλα τα φυτά φυτεύτηκαν σε γραμμές (12 γραμμές σε κάθε επανάληψη) που απέχουν μεταξύ τους 1 m, ώστε οι διαφορετικές πυκνότητες φυτών πραγματοποιήθηκαν με διαφοροποίηση του αριθμού φυταρίων επί της γραμμής. Έτσι η φύτευση των φυταρίων / μοσχευμάτων επί των γραμμών έγινε σε αποστάσεις 1,50 m, 1.0 m και 0,5 m για τις πυκνότητες D1, D2 και D3, αντίστοιχα. Συνολικά και για τις τέσσερις επαναλήψεις χρειάστηκαν 13 ανθρωποώρες. (Σακελλάρη, 1999).

## Έδαφος

Το έδαφος όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα κατατάσσεται ταξινομικά στα Xerochrept και συγκεκριμένα στις υποομάδες Typic και Calcic Xerochrept (Μήτσιος κ.α., 2000) και χαρακτηρίζεται από μέσης έως λεπτόκοκκης μηχανικής σύστασης και εμφανίζεται με υφή που είναι: πηλώδης, αμμοαργιλοπηλώδης, αργιλοπηλώδης έως αργιλώδης. Η περιεκτικότητα των ανθρακικών αλάτων μειώνεται με το βάθος και στα επιφανειακά τμήματα όπου και το ριζόστρωμα των φυτών, βρίσκεται σε ποσοστά που δεν προκαλούν προβλήματα στην καλλιέργεια. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι άριστη (Μήτσιος κ.α., 2000).

Το έδαφος είναι επίπεδο οριζόντιο, χωρίς προβλήματα διάβρωσης, αλλά με κάποιο κίνδυνο απόθεσης νέων υλικών σε συνθήκες έντονων και πλημμυρικών βροχοπτώσεων. Ο βαθμός οξύτητας είναι αλκαλικός, αλλά κάτω των ορίων επικινδυνότητας για απόθεση αλάτων και δημιουργία παθογένειας. Το έδαφος είναι εφοδιασμένο με θρεπτικά στοιχεία σε ικανοποιητικά μέχρι μέτρια επίπεδα (Μήτσιος κ.α., 2000). Λεπτομερειακά στοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Υποομάδα : Typic Xerochrept

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα Υφους	Κοκκομετρική σύσταση %			Υφή	Δομή	Όριο Οριζόντων
			S	Si	C			
0-33	Ap	10YR 4/6	37	28	35	CL	massive	A
33-60	BA	10YR 3/4	27	30	43	C	2f sbk	G
60-87	Bw	10YR 3/3	33	27	40	CL	2m sbk	G
87-114	BC	10YR 3/4	31	29	40	CL	2f sbk	C
114-141	C1	10YR 4/4	39	31	30	CL	1f sbk	C
141-160	C2	10YR 5/6	53	25	22	SCL	1f sbk	



Βάθος (cm)	Οργανική ουσία (OY) g/100g εδάφους	CaCO <sub>3</sub> %	pH (H <sub>2</sub> O 1:1)	P mg/kg (Olsen)	Ανταλλάξιμα κατιόντα						ΙΑΚ me/100g εδάφους
					K		Na	Ca	Mg		
					me/100 g εδαφ.	mg/kg εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	
0-33	1,44	2,8	7,9	17	0,76	297	0,17	17,07	6,20	753	24,20
33-60	1,1	5,3	8,1	15	0,37	145	0,17	25,06	7,50	911	33,10
60-87	0,73	7,3	8,1	6	0,26	102	0,31	25,74	7,29	885	33,60
87-114	0,73	11,4	8,0	10	0,24	94	0,53	21,09	6,49	788	28,35
114-141	0,63	15,4	8,0	9	0,18	70	0,56	17,38	6,58	800	24,70
141-160	0,40	13,2	8,1	14	0,20	78	0,45	18,65	6,45	784	25,72

Βάθος (cm)	Ιχνοστοιχεία (mg/kg)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0-33	5,40	2,28	0,92	9,40
33-60	7,20	2,72	0,32	7,50

Πηγή: Μήτσιος και συνεργάτες, 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου.

#### Υπομάδα : Calcic Xerochrept

Βάθος (cm)	Ορίζοντας	Χρώμα Υφουγρο	Κοκκομετρική σύσταση %			Υφή	Δομή	Όριο Οριζόντων
			S	Si	C			
0-30	Ap	10YR 5/6	47	32	21	L	3m sbk	D
30-53	A <sub>1</sub>	10YR 5/6	47	28	25	SCL/L	3m sbk	A
53-70	BA	10YR 3/4	31	30	39	CL	2m sbk	G
70-99	Bw	10YR 3/4	31	8	61	C	2m sbk	G
99-126	BC	10YR 4/3	27	30	43	C	1m sbk	C
126-158	C	10YR 5/6	29	36	35	CL	1f sbk	

Βάθος (cm)	Οργανική ουσία (OY) g/100g εδάφους	CaCO <sub>3</sub> %	pH (H <sub>2</sub> O 1:1)	P mg/kg (Olsen)	Ανταλλάξιμα κατιόντα						ΙΑΚ me/100g εδάφους
					K		Na	Ca	Mg		
					me/100 g εδαφ.	mg/kg εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	me/100 g εδαφ.	
0-30		3,1	7,9	17	0,15	59	0,17	23,27	3,71	450	27,30
30-53	1,50	6,1	8,0	9	0,16	62	0,19	21,06	4,84	588	26,25
53-70	1,17	14,1	8,1	10	0,29	113	0,26	23,12	7,83	951	31,50
70-99	1,10	19,3	7,9	14	0,26	102	0,24	25,04	8,66	1052	34,20
99-126	0,93	10,3	8,0	5	0,23	90	0,39	27,43	9,45	1148	37,50
126-158	0,53	23,7	8,1	8	0,16	62	0,45	24,09	8,40	1020	33,10

Βάθος (cm)	Ιχνοστοιχεία (mg/kg)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0-30	3,40	1,32	0,78	7,40
30-53	4,00	1,36	0,58	4,80

Πηγή: Μήτσιος και συνεργάτες, 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου.

### Λίπανση

Τα δύο επίπεδα λίπανσης (No=5 kg N/στρ και N1=10 kg N/στρ) πραγματοποιήθηκαν με εφαρμογή νιτρικής αμμωνίας (33-0-0) στις 11/6/2001 και στις 22/5/2002. Έτσι σε κάθε υποτεμάχιο έκτασης 40 m<sup>2</sup> εφαρμόστηκαν 606 και 1212 gr του ανωτέρω λιπάσματος υπό στερεή μορφή (κοκκώδες) για τα επίπεδα No και N1, αντίστοιχα.

### Άρδευση

Ο πειραματικός αγρός αρδεύτηκε με αυτόματο σύστημα στάγδην άρδευσης που το αποτελούσαν 11 σωλήνες μήκους 86 m και δυο κεφαλές. Εφαρμόστηκαν συνολικά εννιά (9) αρδεύσεις την καλλιεργητική περίοδο 2001 και έξι (6) αρδεύσεις την περίοδο 2002, για πλήρη κάλυψη της εξατμισοδιαπνοής κατά τις ημερομηνίες:

Ημερομηνία	mm H <sub>2</sub> O	Ημερομηνία	mm H <sub>2</sub> O
1-6-01	48	12-6-02	20

12-6-01	72	19-6-02	50
22-6-01	48	24-6-02	46
29-6-01	72	26-6-02	17
11-7-01	72	27-6-02	50
19-7-01	72	1-7-02	46
25-7-01	72	5-7-02	66
3-8-01	72	9-8-02	40
20-8-01	72	14-8-02	66
<b>Σύνολο 2001</b>	<b>600 mm</b>	<b>Σύνολο 2002</b>	<b>401 mm</b>

Η μέση παροχή του συστήματος είναι  $4 \text{ l h}^{-1}$  ανά σταλάκτη, με 1 σταλάκτη ανά τρέχον μέτρο, ενώ τα λάστιχα τοποθετήθηκαν ανά γραμμή. Κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου του Μίσχανθου το 2001 και το 2002 σημειώθηκαν 201 και 350 mm βροχής αντίστοιχα. Αυτό εξηγεί τα μικρότερο ποσό άρδευσης που εφαρμόστηκε την δεύτερη περίοδο καλλιέργειας (λεπτομερειακά βλέπε παράγραφο 3,1).

### *Έλεγχος ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών*

Σε αντίθεση με την πρώτη χρονιά εγκατάστασης του πειράματος (1998) όπου ο έλεγχος ζιζανίων ήταν απαραίτητος (βλ. πέντε σκαλίσματα, Σακελλάρη, 1999), κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων 2001 και 2002 δεν παρατηρήθηκε καμία σοβαρή προσβολή των φυτών από εχθρούς και ασθένειες και κατά συνέπεια δεν χρειάστηκε εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων. Επίσης λόγω ταχείας αρχικής αύξησης της καλλιέργειας δεν αντιμετωπίστηκε κίνδυνος από την ανάπτυξη ζιζανίων καθόλη την διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων του 2001 και το 2002, και έτσι δεν πραγματοποιήθηκε καμία εφαρμογή ζιζανιοκτόνου ή σκαλίσματος.

### **2.3 Συλλογή πειραματικών δεδομένων**

Η αύξηση και ανάπτυξη του Μίσχανθου μελετήθηκε κατά τη διάρκεια των δυο καλλιεργητικών περιόδων (2001 και 2002). Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις (4) και (7) κοπές – δειγματοληψίες αντίστοιχα:

2001	2002
1 <sup>η</sup> στις 30-5-01	1 <sup>η</sup> στις 15-5-02
2 <sup>η</sup> στις 10-7-01	2 <sup>η</sup> στις 7-6-02
3 <sup>η</sup> στις 28-8-01	3 <sup>η</sup> στις 5-7-02
4 <sup>η</sup> στις 29-9-01	4 <sup>η</sup> στις 1-8-02
	5 <sup>η</sup> στις 11-9-02
	6 <sup>η</sup> στις 21-10-02
	7 <sup>η</sup> στις 11-11-02

Σε κάθε κοπή συγκομίστηκε η φυτική μάζα σε επιφάνεια 2 m<sup>2</sup> (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 1,2), από τις κεντρικές γραμμές κάθε υποτεμαχίου, με προσοχή ώστε η επιφάνεια δειγματοληψίας να μην συνορεύει με επιφάνεια όπου είχε προηγηθεί δειγματοληψία φυτών. Κάθε υποτεμάχιο αποτελούνταν από 4 γραμμές. Η επιλογή των φυτών έγινε όπως αναφέρθηκε από τις κεντρικές γραμμές κάθε υποτεμαχίου, για το λόγο ότι παράγοντες όπως λίπανση απαιτούν μεγάλα τεμάχια, γιατί η επίδραση τους επεκτείνεται και στα άλλα τεμάχια, ώστε μεταξύ των τεμαχίων, πρέπει να υπάρχουν περιθωριακές γραμμές, που να εξομαλύνουν την επίδραση του περιθωρίου – border effect – (Γαλανοπούλου, 2002).

Επί τόπου μετρήθηκε το ύψος και ο αριθμός των αδελφιών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 3,4,5,6). Στη συνέχεια μετρήθηκε το χλωρό βάρος με ηλεκτρονική ζυγαριά, που μεταφέρθηκε στον αγρό για το σκοπό αυτό. Στην συνέχεια λήφθηκε υπόδειγμα περί το 1 kg χλωρού βάρους για τις περαιτέρω παρατηρήσεις (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 7). Το υπόδειγμα αυτό αυτό ζυγίστηκε και πάλι χλωρό και μεταφέρθηκε σε πλαστικές σακούλες στο εργαστήριο.

## 2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις

Στο εργαστήριο έγινε ο διαχωρισμός των βλαστών από τα φύλλα. Όλες οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν κατά επανάληψη και με τη σειρά που ελήφθησαν τα δείγματα. Στις τρεις τελευταίες κοπές του 2002, ο διαχωρισμός αφορούσε και τα ξερά φύλλα και τα όργανα καρποφορίας που εμφανίστηκαν στα προχωρημένα στάδια ανάπτυξης (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 8). Μετά το διαχωρισμό τους τα διάφορα φυτικά όργανα (έχοντας τοποθετηθεί σε χαρτοσακούλες) ανά υπόδειγμα, ζυγίστηκαν χλωρά σε ζυγαριά ακριβείας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 9,10) και στη συνέχεια ξηράθηκαν σε θερμοκρασία 90 °C (για 3-5 ημέρες) μέχρι την επίτευξη ίσων βαρών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 12). Πριν την ξήρανση των ενεργών (πράσινων) φύλλων έγινε μέτρηση της επιφάνειάς τους (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 11) (βλ. παρακάτω).

### *Επεξεργασία φύλλων*

Η επιφάνεια των χλωρών φύλλων κάθε φυτού μετρήθηκε με τη βοήθεια αυτόματου μετρητή φύλλων (leaf area meter) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 11,13). Το σύστημα αυτό αποτελείται από:

-Το LI-COR model LI-3000A portable area meter, που είναι ο υπολογιστής του συστήματος και περιέχει την οθόνη, τα πλήκτρα, τον υπολογιστή καθώς και τις υποδοχές για τις συνδέσεις με παράπλευρα όργανα.

-Την κεφαλή σάρωσης του συστήματος μέσα από την οποία περνούν τα φύλλα.

-Το εξάρτημα LI-3050A Transparent Belt Conveyer με πλαστική διαφανή ζώνη, η οποία περιστρέφεται βοηθώντας τη μεταφορά των φύλλων μέσα από την κεφαλή σάρωσης για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας. Τα τρία αυτά όργανα συνδέονται μεταξύ τους με ειδικά καλώδια, και το όλο σύστημα αποτελεί μια ηλεκτρονική μέθοδο υπολογισμού του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών.

Το LI-COR που έχει σχεδιαστεί και για απευθείας χρήση στον αγρό, έχει τη δυνατότητα μέτρησης της φυλλικής επιφάνειας, του μήκους και του πλάτους των φύλλων. Οι μετρήσεις αποθηκεύονται στο LI-COR και μπορούν να μεταφερθούν σε Η/Υ ή σε εκτυπωτή.

## 2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων

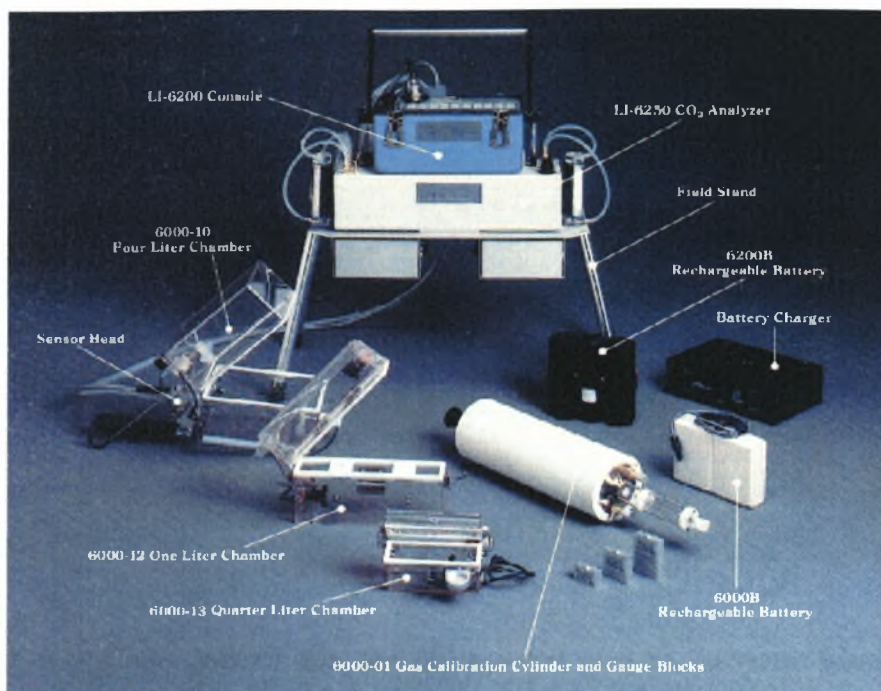
Η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων έγινε σε αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Π.Θ στο Βελεστίνο, σε απόσταση 50 m από τον πειραματικό αγρό του Μίσχανθου. Ο μετεωρολογικός σταθμός περιλαμβάνει καταγραφέα τύπου DATAHOG2 SERIES της εταιρίας SKYE INSTRUMENTS LTD, ο οποίος απαρτίζεται από τους παρακάτω αισθητήρες μέτρησης :

- ✓ Ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (PYRANOMETER)
- ✓ Θερμοκρασίας (THERMISTORS)
- ✓ Βροχόπτωσης (ARG 100)
- ✓ Ταχύτητας ανέμου (THIES CLIMA)

Τα παραπάνω δεδομένα καταγράφηκαν αυτόματα στον καταγραφέα (data logger) σε διαστήματα μιας ώρας, καθόλη την καλλιεργητική περίοδο του 2001 και 2002.

## 2.6 Μέτρηση ρυθμού αφομοίωσης CO<sub>2</sub>.

Σε συγκεκριμένες ημέρες μετά την εφαρμογή άρδευσης μετρήθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των νεώτερων φύλλων της καλλιέργειας, σε τυχαίες θέσεις στον αγρό με την χρήση της συσκευής LI-COR (leaf chamber) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ, Εικ. 15,16). Το φορητό σύστημα μέτρησης Φωτοσύνθεσης (LI-6200), όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:



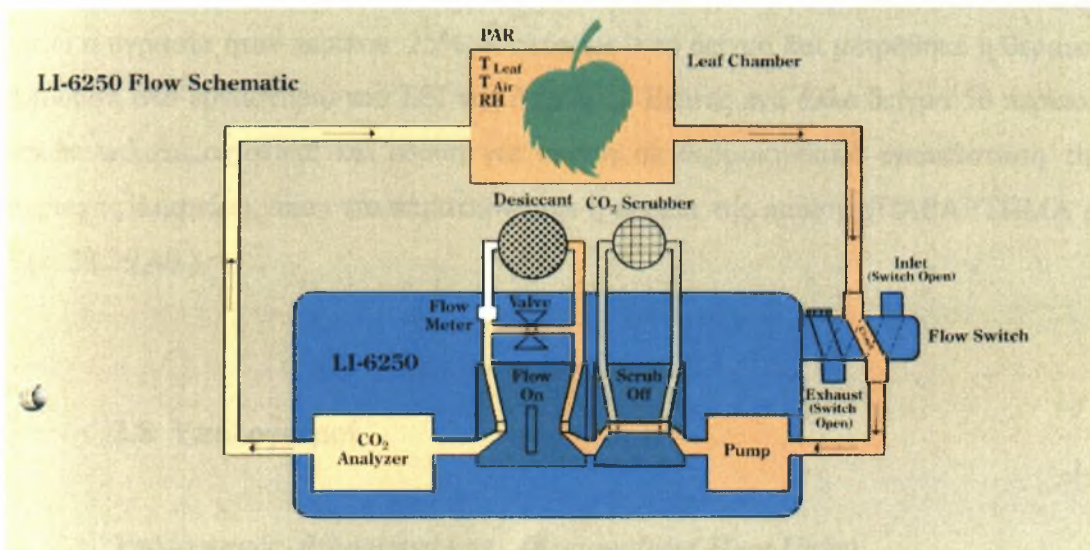
1. Έναν αναλυτή CO<sub>2</sub> (υπέρυθρου τύπου για εύρος μετρήσεων από 0-1500 ppm και διακριτική ικανότητα 0,1 ppm) που εξασφαλίζει την ευχρηστία και σταθερότητα που είναι αναγκαίες για μετρήσεις στον αγρό αλλά και την ακρίβεια που χρειάζονται οι εργαστηριακές μετρήσεις. Έτσι, με ελάχιστη μεταβολή στο περιβάλλον του φυτικού υλικού (μείωση περιεκτικότητας CO<sub>2</sub> από 2 έως 10 ppm) μπορούμε να εξασφαλίσουμε μέτρηση της φωτοσύνθεσης.

2. Την κονσόλα του συστήματος που είναι ένας μικρός Η/Υ για την επεξεργασία, την αποθήκευση και την επικοινωνία των δεδομένων.

3. Τον θάλαμο μέτρησης, όπου εσωκλείεται το προς μέτρηση φύλλο και διαθέτει: α) θερμοζεύγος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του φύλλου και του αέρα του θαλάμου, β) αισθητήρα σχετικής υγρασίας και γ) αισθητήρα της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR).

4. Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες για μεγάλη αυτονομία στον αγρό.

Ο τρόπος μέτρησης του ρυθμού αφομοίωσης CO<sub>2</sub> περιγράφεται με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Ο αέρας απορροφάται από τον θάλαμο του φύλλου, διέρχεται μέσα από τον αναλυτή και επιστρέφει στον θάλαμο κάνοντας ένα κύκλο. Σε κανονική λειτουργία, ελεγχόμενο μέρος του ανακυκλώμενου όγκου αέρα διέρχεται από τον ξηραντήρα με σκοπό να διατηρείται σταθερή η σχετική υγρασία του θαλάμου κατά την διάρκεια της μέτρησης. Ο έλεγχος ροής γίνεται μέσω ροόμετρου και βαλβίδας ελέγχου ροής του αέρα. Η ροή του αέρα μπορεί επίσης να αλλάξει κατεύθυνση προς το φίλτρο του CO<sub>2</sub> (για να πετύχουμε την δέσμευσή του) όταν υπάρχει ανάγκη ρύθμισης μηδενικής συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>.

Με το συγκεκριμένο όργανο μετράμε την καθαρή ανταλλαγή του CO<sub>2</sub> μεταξύ ενός φύλλου και της ατμόσφαιρας (κατά την φωτοσύνθεση απορροφάται CO<sub>2</sub> ενώ κατά την αναπνοή παράγεται CO<sub>2</sub>) εσωκλείοντας το φύλλο στον κλειστό θάλαμο και παρακολουθώντας τον ρυθμό με τον οποίο αλλάζει η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στον αέρα του θαλάμου σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια ο καθαρός φωτοσυνθετικός ρυθμός υπολογίζεται χρησιμοποιώντας αυτόν τον ρυθμό αλλαγής, το εμβαδόν της φυλλικής επιφάνειας που μετρήθηκε, την PAR, την θερμοκρασία και την πίεση.

## 2.7 Θερμική απόδοση – καύση.

Μετά την τελική συγκομιδή της καλλιέργειας, (27-11-2002) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ Εικ. 17,18,37 ) και σε τακτά χρονικά διαστήματα συλλέχθηκαν δείγματα βιομάζας, που είχε αφηθεί στον αγρό για φυσική ξήρανση, και μετρήθηκε η υγρασία τους έως



αύτη μειωθεί στα επιθυμητά επίπεδα για καύση (<25%). Στην τελική δειγματοληψία, όπου η υγρασία ήταν περίπου 25%, < αλέσαμε > το δείγμα και μετρήθηκε η θερμική απόδοση στο εργαστήριο του ΤΕΙ της Λάρισας. Επίσης ένα άλλο δείγμα 50 περίπου κιλών ψιλοτεμαχίστηκε και εδόθη για καύση σε θερμοκηπιακή εγκατάσταση της περιοχής Διμηνίου, όπου και παρατηρήθηκε η πορεία της καύσης (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ Εικ. 38,39,40 ).

## 2.8 Υπολογισμοί

### *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 την μέθοδο αυτή, οι απαιτούμενες θερμομονάδες από το φύτρωμα (στην συγκεκριμένη περίπτωση 5/4/2001 και 8/8/2002 αντίστοιχα) έως ένα δεδομένο φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας (π.χ άνθιση, ωρίμανση), υπολογίζονται από τον ακόλουθο τύπο :

$$A.H.U = \sum [(T_{max} + T_{min})/2 - T_o]$$

όπου  $T_{max}$  και  $T_{min}$  είναι η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα αντίστοιχα και  $T_o$  είναι η βασική θερμοκρασία ( $^{\circ}C$ ) (Ntzanis *et al.*, 1996).

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην διεθνή βιβλιογραφία δεν αναφέρονται τιμές βασικής θερμοκρασίας για το Μίσχανθο. Με βάση πειραματικά αποτελέσματα καλλιέργειας Μίσχανθου στην περιοχή της Ξάνθης και της Λαμίας (Danalatos *et al.*, 1996) ελήφθη η τιμή των  $10^{\circ}C$  ως βασικής θερμοκρασίας ανάπτυξης, ενώ ως βασική θερμοκρασία φυτρώματος η τιμή των  $5^{\circ}C$ . Με βάση τις τιμές αυτές για το φύτρωμα χρειάστηκαν για το 2001 και το 2002 493,7 και 475,9  $^{\circ}C$ -days αντίστοιχα, ενώ για την πλήρη ωρίμανση της καλλιέργειας, χρειάστηκαν 2184 και 2188 θερμομονάδες για το 2001 και το 2002, αντίστοιχα.

### ***Υπολογισμός Ειδικής φυλλικής επιφάνειας (Specific Leaf Area, SLA)***

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) αντιπροσωπεύει τη συνολική φυλλική επιφάνεια (m<sup>2</sup>) ανά μονάδα ξηρού βάρους (kg) της φυλλικής μάζας. Πρόκειται για βασικό μορφολογικό χαρακτηριστικό της καλλιέργειας που εξαρτάται από την ένταση ακτινοβολίας, τη θερμοκρασία και το σχετικό στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (DVS) (βλέπε αποτελέσματα). Ο υπολογισμός της SLA έγινε με βάση τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας και του ξηρού βάρους των ενεργών πράσινων φύλλων.

### ***Υπολογισμός του Δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI)***

Η φυλλική επιφάνεια και επομένως η αποτελεσματικότητα μιας καλλιέργειας ως προς την φωτοσυνθετική ικανότητα εκφράζεται με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), ο οποίος ισούται με την συνολική επιφάνεια των φύλλων (m<sup>2</sup>) που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μονάδα επιφάνειας του εδάφους. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας του Μίσχανθου υπολογίστηκε με βάση την SLA σύμφωνα με τη σχέση :

$$LAI = (SL \times SLA) / 1000,$$

όπου LAI εκφράζεται σε m<sup>2</sup> επιφάνειας φύλλων / m<sup>2</sup> επιφάνειας εδάφους, SL είναι το ξηρό βάρος των (πράσινων) φύλλων (kg/str ξηρού βάρους) και SLA = m<sup>2</sup>/kg ξηρού φύλλου.

### ***Στατιστική ανάλυση***

Μετά την συλλογή των πειραματικών δεδομένων, έγινε στατιστική ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με την χρήση του στατιστικού πακέτου MSTAT (Version 3.00/EM; Michigan State University, 1982). Για τις γραφικές παραστάσεις έγινε χρήση του Microsoft Excel

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

---

#### 3.1 Κλιματολογικά δεδομένα

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η θερμοκρασία και η βροχόπτωση που σημειώθηκαν στο Βελεστίνο κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων του 2001 και 2002. Τα αναλυτικά δεδομένα (ημερήσια και μέσες τιμές) δίδονται στο Παράρτημα Α.

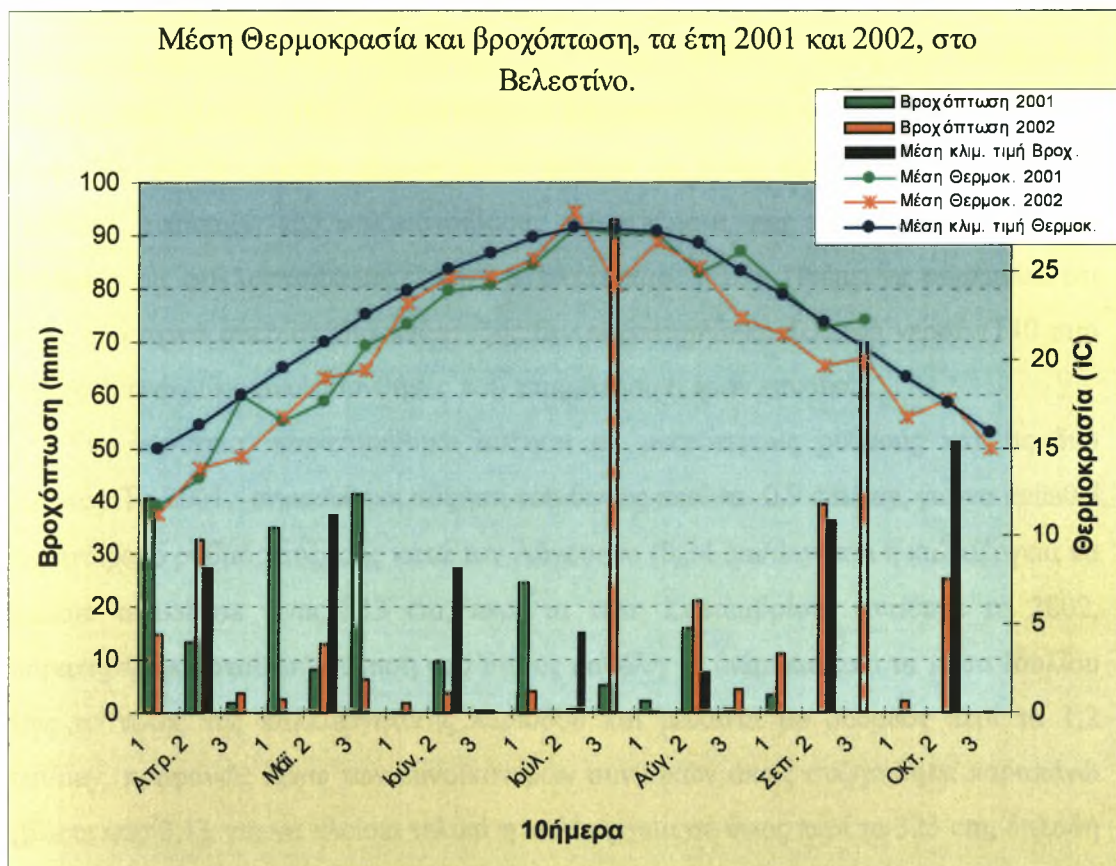
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, η μέση θερμοκρασία αέρα κυμάνθηκε 0 - 3,5 °C κάτω από την κλιματική τιμή για τους μήνες Απρίλιο και Μάιο και για τις δυο χρονιές, για να ανέβει αργότερα κατά τον Ιούνιο έως τα μέσα Ιουλίου και να πλησιάσει τις κλιματικές τιμές. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία κυμάνθηκε στα μέσα επίπεδα για το 2001, ενώ παρέμεινε αισθητά κάτω από την κλιματική τιμή καθόλη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο του 2002.

Από άποψη βροχόπτωσης, η καλλιεργητική περίοδος του 2001 ήταν σχετικά ξηρή, με εξαίρεση τον Απρίλιο και τον Μάιο που σημειώθηκαν έντονες βροχοπτώσεις (55 mm και 84 mm, αντίστοιχα, βλ. Σχ 1). Συνολικά κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου του 2001 έπεσαν 201 mm βροχής.

Το 2002 ήταν μια χρονιά με συχνές και μεγάλης διάρκειας βροχοπτώσεις. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, τον Απρίλιο (όπου η καλλιέργεια αναβλάστησε) η ποσότητα της βροχής ήταν διπλάσια της κλιματικής τιμής. Μετά από ένα σχετικά ξηρό Μάιο και Ιούνιο σημειώθηκαν έντονες βροχοπτώσεις κατά τα τέλη Ιουλίου (93 mm βροχής, έναντι 15 mm σε μέση χρονιά). Κατά τον Αύγουστο οι βροχοπτώσεις συνεχίστηκαν σε πιο χαμηλά επίπεδα, αλλά πάνω από τη κλιματική τιμή (Σχ.1) για να φτάσουμε στο Σεπτέμβριο όπου έπεσαν συνολικά 118 mm βροχής (τριπλάσιο της κλιματικής τιμής), με συχνές (σχεδόν καθημερινές) βροχοπτώσεις, μικρής έντασης. Τον Οκτώβριο η βροχόπτωση μειώθηκε αισθητά και περίπου στο μισό της κλιματικής τιμής.

Με βάση τα παραπάνω, το 2001 χαρακτηρίζεται μάλλον ως μια μέση χρονιά για την ανάπτυξη του Μίσχανθου. Η έλλειψη βροχοπτώσεων και η παρουσία έντονων θερμών ανέμων 'λίβας' σε μια κρίσιμη περίοδο της ανάπτυξης του φυτού μας (20/8 έως 15/9) περιόρισαν την τελική παραγωγή. Αντίθετα οι συνθήκες της καλλιεργητικής περιόδου του 2002 χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη του

Μίσχανθου, λόγω των βροχοπτώσεων αλλά και των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών, που περιόρισαν τις ανάγκες εξατμισοδιαπνοής και επιμήκυναν τον βιολογικό κύκλο, με τελικό αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή βιομάζας.



**Σχήμα 1:** Η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας αέρα (°C) και της βροχόπτωσης (mm) κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002 στο Βελεστίνο σε σύγκριση με την κλιματική τιμή (Μ.Ο 30 ετών, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία).

## 3.2 Χαρακτηριστικά του Μίσχανθου που μετρήθηκαν

### 3.2.1 Ύψος φυτών

Όπως φαίνεται στον Πιν. 1 και το Σχ. 2, το ύψος του Μίσχανθου αυξήθηκε από το φύτευμα (5-8 Απριλίου) και μέχρι τον Ιούνιο, με ιδιαίτερα μεγάλους ρυθμούς (περίπου 3 cm/day), για να φτάσει περί τα 170 cm στο πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου και στις δυο χρονιές (Πιν. 1), με συνολικό άθροισμα θερμομονάδων περί τις 400 °C-days (Σχ. 1). Η μεγάλη αρχική αυτή αύξηση σε ύψος αποδίδεται στην αρχική εκθετική ανάπτυξη της φυλλοστοιβάδας και αύξησης της καλλιέργειας μέχρι το κλείσιμο της φυλλοστοιβάδας ( $LAI \approx 5$ , βλέπε παρ. 3.2.3). Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά το αρχικό αυτό στάδιο ανάπτυξης δεν παρατηρήθηκε έλλειψη νερού (140 mm βροχής), ενώ οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν ήταν ευνοϊκές.

Στη συνέχεια, παρατηρήθηκε αύξηση με μικρότερους ρυθμούς και τις δυο χρονιές. Το 2001, σημειώθηκε αύξηση του ύψους περί τα 0,9 cm/day, για να μειωθεί περαιτέρω ο ρυθμός αύξησης κατά τον Αύγουστο (0,34 cm/day) και η καλλιέργεια να φτάσει τελικά σε ύψος 233 cm, περί τα τέλη Σεπτεμβρίου. Αντίθετα το 2002, παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση του ύψους καθόλη τη διάρκεια από τα μέσα Ιουλίου έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και μάλιστα με ρυθμούς περί τα 1,2 cm/day, προφανώς λόγω των ευνοϊκότερων συνθηκών όπως συζητήθηκε παραπάνω (βλέπε παρ 3.1), για να κλείσει τελικά η καλλιέργεια σε ύψος περί τα 323 cm, δηλαδή 90 cm υψηλότερη από την προηγούμενη χρονιά.

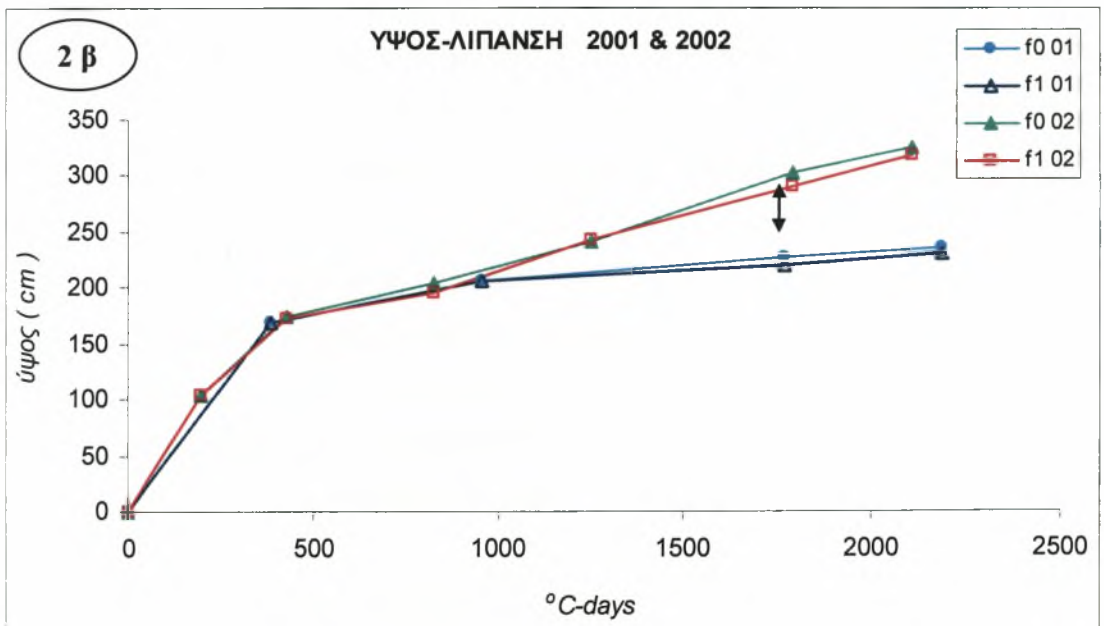
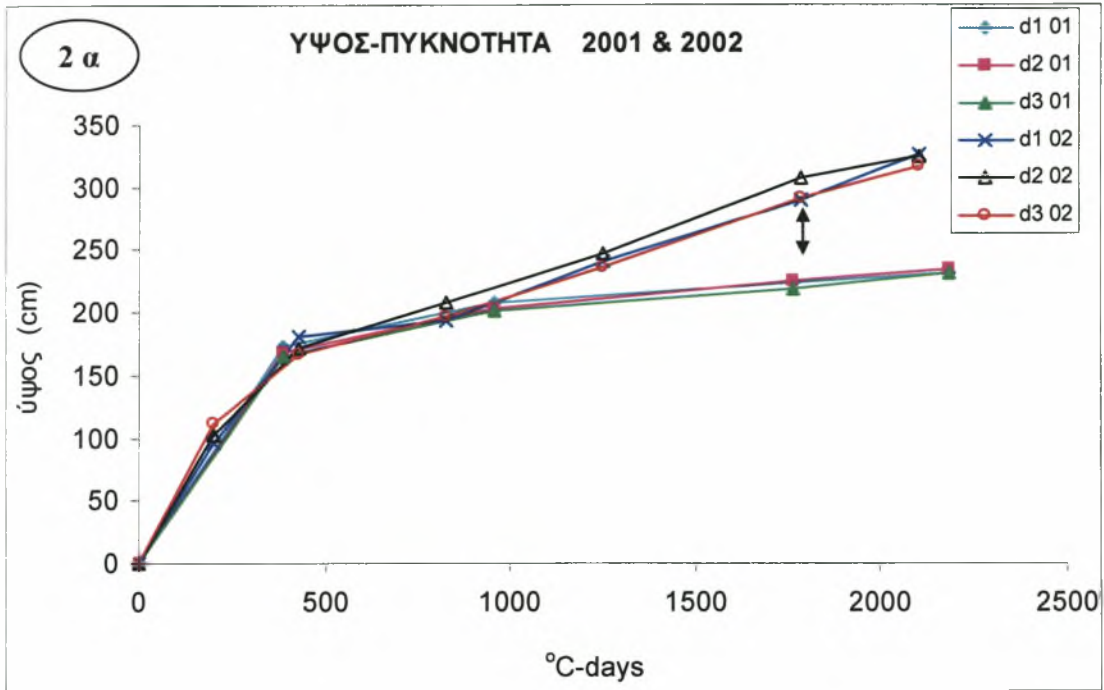
Όπως φαίνεται στον Πιν. 1 και στο Σχ 2, η αύξηση του Μίσχανθου δεν επηρεάστηκε από την αζωτούχο λίπανση και την πυκνότητα πληθυσμού (μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές,  $P= 0,05$ ) για τα επίπεδα που μελετήθηκαν και για τις δυο καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002. Αυτό είναι σε συμφωνία με προηγούμενα πειραματικά δεδομένα υπό Ελληνικές συνθήκες (Danalatos *et al.*, 1997 και Σακελλάρη, 1999).

Επιχειρώντας μια σύγκριση των δυο καλλιεργητικών περιόδων παρατηρούμε τη μεγάλη υπεροχή του 2002 σε σχέση με το 2001, η διάφορα αυτή αποδείχτηκε στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο  $P= 0,01$  με  $LSD= 11,553$  μεταξύ της τρίτης κοπής του 2001 και της πέμπτης κοπής του 2002, όπου η καλλιέργεια βρίσκεται στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης (ίδιο άθροισμα θερμομονάδων) (βλ. σχήμα 2, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ).

Πρέπει εδώ να αναφερθεί η μεγάλη αύξηση σε ύψος που παρουσίασε το φυτό σε σχέση με την χρονιά της εγκατάστασης (1998) όπου έφτασε μόλις τα 177 cm (Σακελλάρη, 1999). Κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2001, η αύξηση σε ύψος του φυτού ολοκληρώθηκε από τα τέλη Αυγούστου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου όπου παρατηρήθηκε και το μέγιστο ύψος, ενώ το 2002 ένα μήνα αργότερα (που οφείλεται κυρίως στις καιρικές συνθήκες).

**Πίνακας 1.** Η μεταβολή του ύψους των φυτών (cm) για τις τρεις πυκνότητες φύτευσης (D1,D2,D3) και τα δυο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0,F1) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001 και το 2002.

DAY	GDD	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	LSD	D1	D2	D3	LSD	C.V%
05/4/01	0	0	0	---	0	0	0	---	---
30/5/01	384	169,5	169,5	---	174,2	169,2	165	Ns	3,65
10/7/01	954	205,0	205,0	---	208,5	204,0	202,5	Ns	3,34
28/8/01	1765	226,2	220,4	Ns	224,3	225,6	219,7	Ns	3,81
29/9/01	2184	235	230,8	Ns	231,8	234,3	232,5	Ns	2,88
08/4/02	0	0	0	-----	0	0	0	-----	-----
15/5/02	195	103,3	103,3	---	96,2	102	111,7	Ns	15,12
07/6/02	428	174,2	172	Ns	180,7	171,5	167,2	Ns	6,76
05/7/02	828	204	194,7	Ns	193,2	208,1	196,8	Ns	10,84
01/8/02	1248	241,5	243	Ns	241,8	248,3	236,5	*8,42	4,81
11/9/02	1786	302	290,3	Ns	290,7	306,8	291,3	Ns	5,07
21/10/02	2105	325,5	318,9	Ns	325,6	324	316,7	Ns	6,53



**Σχήμα 2.** Η μεταβολή του ύψους φυτών σε σχέση με τις θερμομονάδες για τρεις διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού (D1=667, D2=1000, D3=2000 φυτά / στρέμμα, (2α), και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0=5, F1=10 kg N /στρέμμα, (2β), κατά το τέταρτο (2001) και πέμπτο έτος (2002) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο .

### 3.2.2 Αριθμός αδελφιών

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 και σχηματικά στο Σχήμα 3α, ο αριθμός των αδελφών ανά  $m^2$  πρακτικά δεν επηρεάστηκε από την πυκνότητα και την λίπανση καθόλη τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων του 2001 και 2002. Το 2002, ο αριθμός αδελφιών από μια αρχικά υψηλή τιμή (βλέπε Πιν. 2, περί τα 100), μειώθηκε (tiller mortality) για να σταθεροποιηθεί περί τα 74 μετά το Σεπτέμβριο (Σχήμα 3β). Περίπου η ίδια διακύμανση παρατηρήθηκε και το 2001 με εξαίρεση των σχετικά μικρό αρχικό αριθμό αδελφιών περί τα 75 (Πιν. 2), γεγονός που δεν μπορεί να εξηγηθεί, και πιθανώς να οφείλεται σε σφάλμα δειγματοληψίας.

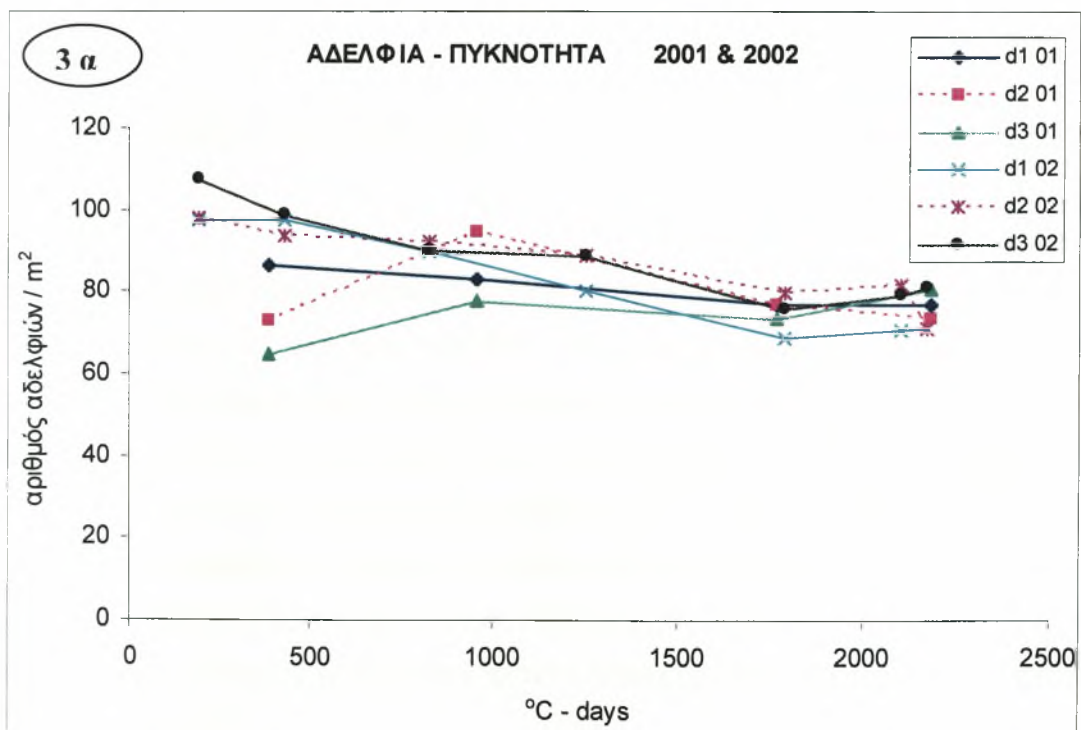
Όσο αφορά στην λίπανση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές με εξαίρεση μόνο την καλλιεργητική περίοδο του 2001 και συγκεκριμένα στις 28/8/01 σε επίπεδο  $P= 0,01$  (Πιν. 2). Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι η λίπανση δεν παίζει σημαντικό ρόλο στον αριθμό αδελφιών (Σχήμα 3β), γεγονός που συμφωνεί και με προηγούμενα πειραματικά δεδομένα (Danalatos *et al.*, 1997). Η πυκνότητα παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές ( $P= 0,01$ ) μόνο στις τελευταίες 2 δειγματοληψίες του 2002.

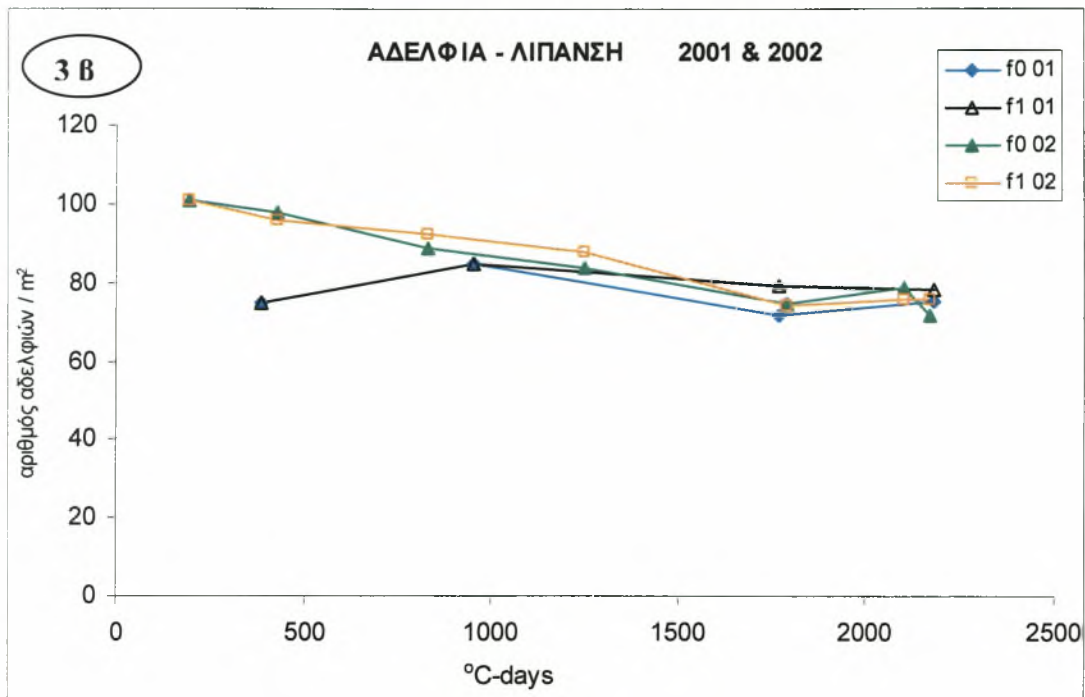
Επιχειρώντας μια σύγκριση των δυο καλλιεργητικών περιόδων 2001 και 2002, παρατηρείται μια σταθεροποίηση του αριθμού των αδελφιών με προβάδισμα της πυκνής ( $D3=81$  tillers /  $m^2$ ) και να ακολουθούν οι  $D1$  με 73,8 και η  $D2$  με 72,3 tillers /  $m^2$ ). Οι τιμές αυτές είναι σαφώς πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του 1998 (χρονιά εγκατάστασης) με περίπου 31 αδέρφια ανά μεταχείριση (Σακελλάρη, 1999).

**Πίνακας 2.** Η μεταβολή του αριθμού αδελφιών για τρεις πυκνότητες φύτευσης ( $D1$ ,  $D2$ ,  $D3$ ) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης ( $F0$ ,  $F1$ ) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001 και το 2002.



DAY	GDD	Fo	F1	LSD	D1	D2	D3	LSD	C.V%
30/5/01	384	74,7	74,7	---	86,2	73	65	Ns	16,14
10/7/01	954	85,1	85,1	---	83	94,5	78	Ns	12,25
28/8/01	1765	72	79,5	*6,6	76,8	76,8	73,6	Ns	9,44
29/9/01	2184	75,5	78,4	Ns	76,7	73,6	80,6	Ns	7,35
15/5/02	195	101	101	---	97,5	98	107	Ns	13,54
07/6/02	428	98	96	Ns	97,5	93,8	99,1	Ns	6,23
05/7/02	828	88,9	92,5	Ns	89,8	92	90,2	Ns	10,89
01/8/02	1248	83,7	88	Ns	80	88,8	88,8	Ns	12,24
11/9/02	1786	74,7	74,5	Ns	68,8	79,5	75,8	Ns	11,33
21/10/02	2105	78,8	75,6	Ns	70,8	81,6	79,2	**8,65	9,32
11/11/02	2173	72	76	Ns	71	71	81	**7,53	5,87





**Σχήμα 3.** Η μεταβολή του αριθμού αδελφιών με το άθροισμα θερμομονάδων για τις τρεις διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού (D1, D2, D3, 3α) και τα δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0 και F1, 3β) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001 και το 2002.

### 3.2.3 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας

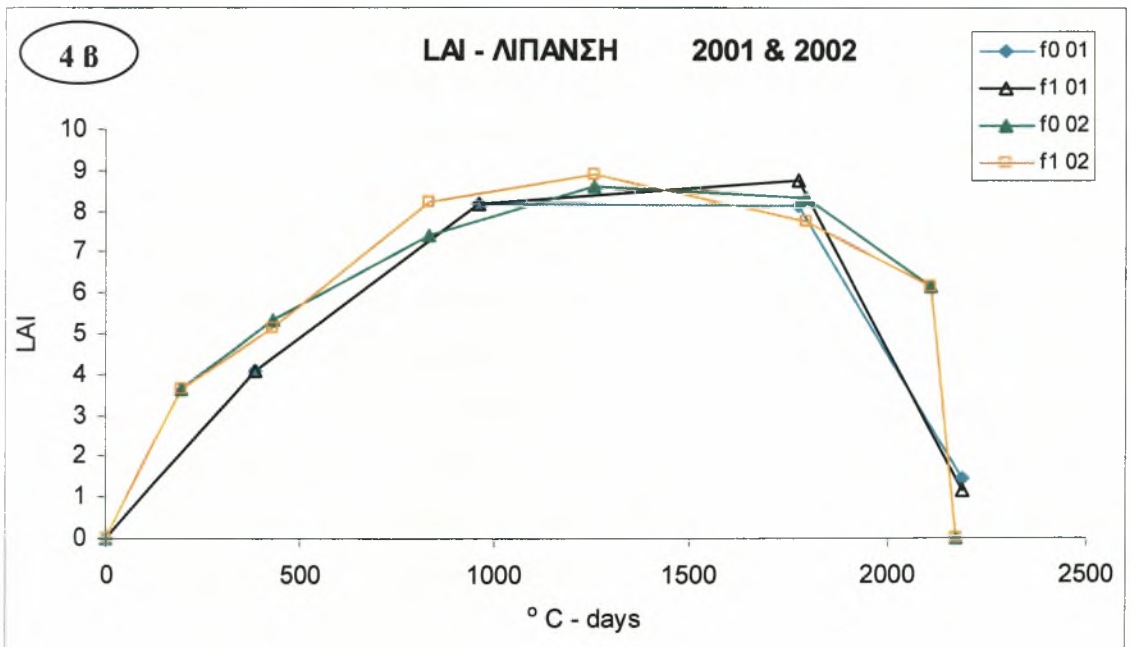
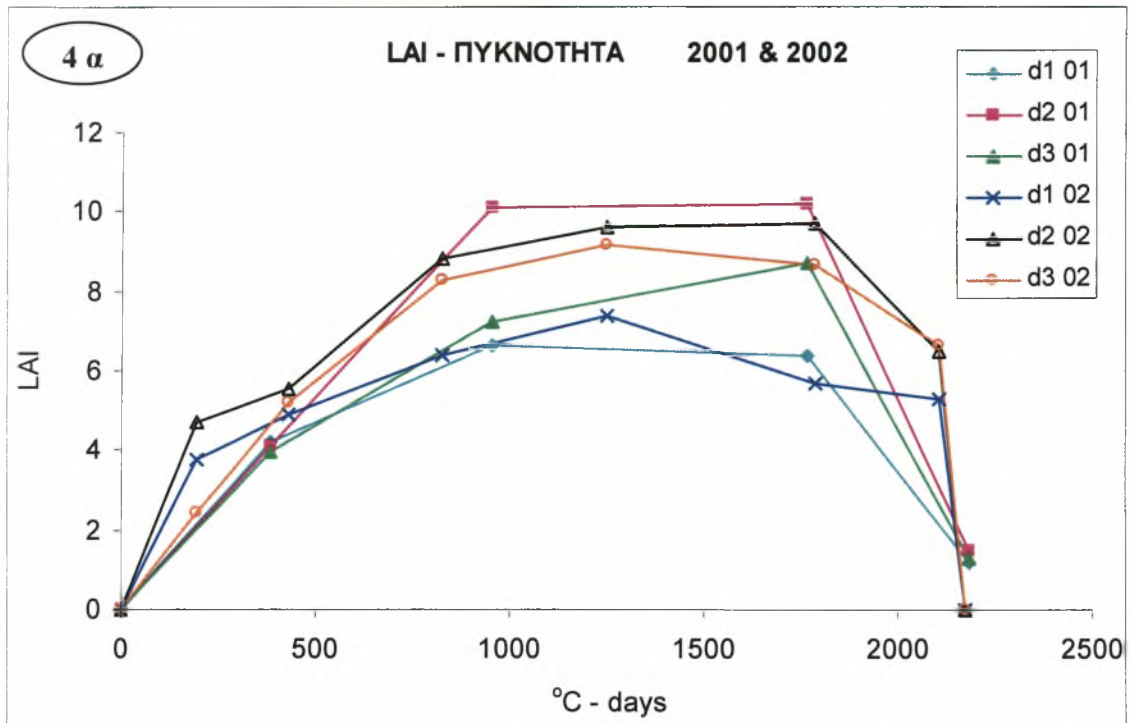
Όπως παρουσιάζεται στον Πιν. 3 και το Σχ. 4, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) αυξήθηκε με μεγάλους ρυθμούς από την αναβλάστηση έως το πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου που έφτασε τις μέγιστες τιμές, που κυμαίνονται από 6,4 - 10 ανάλογα την χρόνια και την πυκνότητα. Ήδη όμως από το πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου είχε επιτευχθεί κλειστή φυλλοστοιβάδα (LAI > 5) σε όλες τις περιπτώσεις. Οι τιμές LAI διατηρήθηκαν σε μέγιστο επίπεδο καθόλη την διάρκεια του θέρους, για να μειωθούν αισθητά στη συνέχεια λόγω γήρανσης και πτώσης των φύλλων και να φθάσουν πολύ μικρές τιμές ( $\geq 2$ ) περί τα τέλη Σεπτεμβρίου το 2001, και περί τα τέλη Οκτωβρίου το 2002.

Από τα αποτελέσματα δεν φαίνεται διαφοροποίηση των τιμών του LAI για τα δυο επίπεδα λίπανσης και για τις δυο καλλιεργητικές περιόδους. Αντίθετα η πυκνότητα φαίνεται να παίζει πιο σημαντικό ρόλο, με την μεσαία πυκνότητα D<sub>2</sub> να επιτυγχάνει τις υψηλότερες τιμές LAI  $\approx 10$  και τις 2 καλλιεργητικές περιόδους. Ελαφρά μικρότερες τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας μετρήθηκαν στις πυκνές φυτείες ειδικότερα το 2001 όπου οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές (Πιν. 3).

Στις αραιότερες φυτείες ο LAI κυμάνθηκε περί το 6,5-7,4 δηλαδή αρκετά μικρότερος από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, αλλά όπως ελέχθη σε όλες τις περιπτώσεις οι φυλλοστοιβάδα ήταν κλειστή καθόλη την περίοδο από αρχές Ιουνίου έως μέσα Σεπτεμβρίου, που σημαίνει μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλες τις περιπτώσεις.

**Πίνακας 3.** Η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας για 3 πυκνότητες φύτευσης (D1,D2,D3) και τα δυο επίπεδα αζωτούχο λίπανσης (F0,F1) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο τα έτη 2001 και 2002.

DAY	GDD	D1	D2	D3	LSD	Fo	F1	LSD	C.V%
05/4/01	0	0	0	0	---	0	0	---	---
30/5/01	384	4,206	4,101	3,985	Ns	4,097	4,097	---	20,55
10/7/01	954	6,634	10,11	7,26	**2,24	8,181	8,181	---	10,7
28/8/01	1765	6,418	10,19	8,704	**2,98	8,128	8,749	Ns	8,11
29/9/01	2184	1,17	1,476	1,272	Ns	1,436	1,175	Ns	39,53
08/4/02	0	0	0	0	---	0	0	---	---
15/5/02	195	3,763	4,713	2,413	Ns	3,63	3,63	---	43,36
07/6/02	428	4,921	5,574	5,198	Ns	5,316	5,146	Ns	16,16
05/7/02	828	6,413	8,805	8,267	Ns	7,418	8,239	Ns	13,15
01/8/02	1248	7,399	9,622	9,186	Ns	8,584	8,887	Ns	12,32
11/9/02	1786	5,71	9,74	8,86	**2,7	8,32	7,76	Ns	16,21
21/10/02	2105	5,3	6,52	6,62	Ns	6,13	6,16	Ns	23,35
11/11/02	2173	0	0	0	---	0	0	---	---



**Σχήμα 4.** Η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με το άθροισμα θερμομονάδων για τρεις διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού (D1=667, D2=1000, D3=2000 φυτά / στρέμμα, 4α) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0=5, F1=10 kg N /στρέμμα, 4β) το τέταρτο (2001) και πέμπτο (2002) έτος καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο.

### 3.2.4 Ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA)

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA  $m^2/kg$ ) είναι ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό που μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του φυτού (Danalatos, 1993 ; Danalatos *et al.*, 1994).

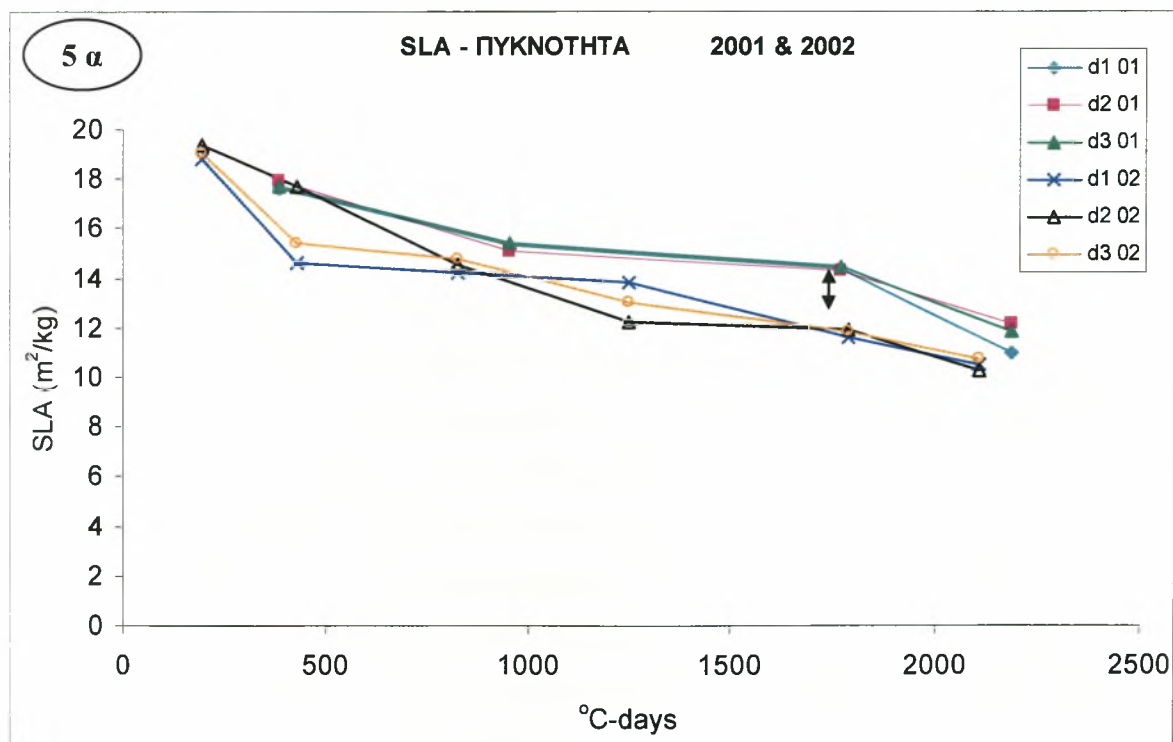
Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της ειδικής φυλλικής επιφάνειας του Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001. Όπως φαίνεται η SLA έλαβε αρχικά μεγάλες τιμές ( $17 m^2 / kg$ , σχήμα 5, πίνακας 4 ) για να μειωθεί με το χρόνο και να λάβει τιμές περί τα  $10-12 m^2 / kg$  κατά την ωρίμανση. Όπως φαίνεται επίσης οι τιμές της SLA ήταν παρόμοιες και για τις τρεις πυκνότητες φύτευσης χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

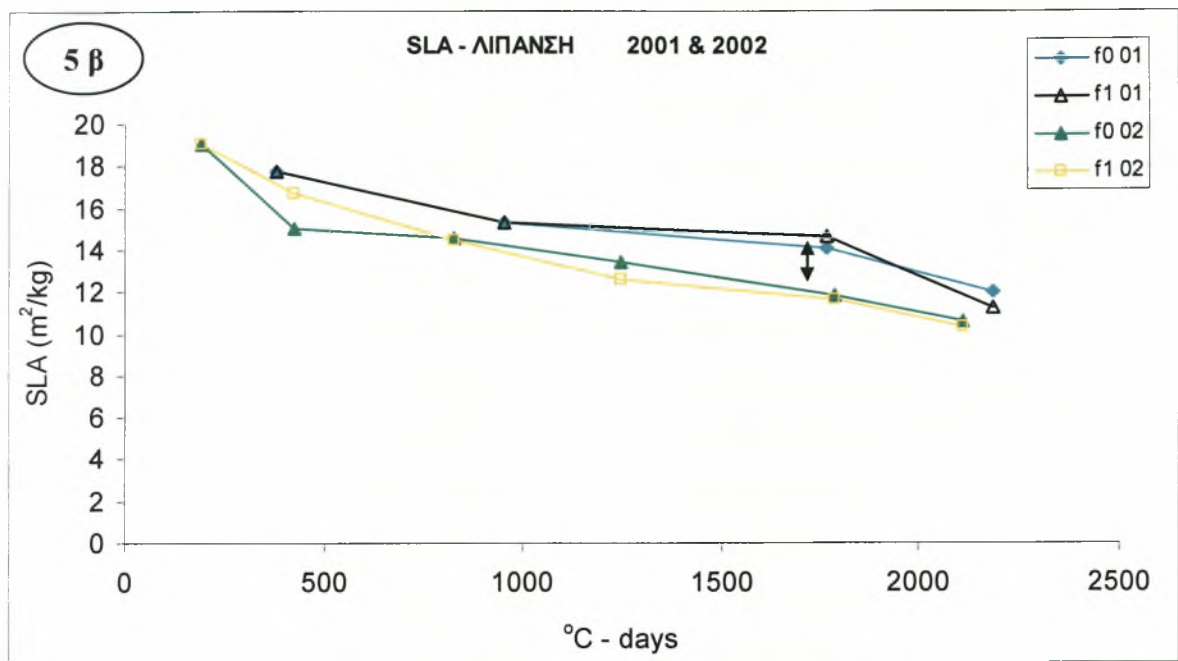
Όσον αφορά στην καλλιεργητική περίοδο του 2002, (Σχ 5, Πιν 4) η τιμή της SLA ξεκίνησε επίσης από ψηλά επίπεδα ( $19 m^2 / kg$ ) στις 15/5/02 για να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου και να λάβει τιμές κοντά στο 10 στις 21/10/02. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στις 1/8/02 σε επίπεδο  $p=0,05$  μεταξύ της D1 και της D2 πυκνότητας φύτευσης καθώς και στις 11/9/02 σε επίπεδο  $p=0,01$  μεταξύ της D2 και των D1 και D3. Και στις δυο καλλιεργητικές περιόδους δεν φάνηκε επίδραση της N-χου λίπανσης στη μεταβολή της SLA.

Συνδυασμένη ανάλυση των επιμέρους τιμών της τρίτης κοπής του 2001 και της πέμπτης του 2002 (αναλυτικά αποτελέσματα βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ) όπου τα φυτά βρισκονταν στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης (ίδιο άθροισμα θερμομονάδων), έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δυο έτη για πιθανότητα πειραματικού σφάλματος 1% και  $L.S.D = 1,426$  με προβάδισμα της τέταρτης καλλιεργητικής περιόδου (2001). Αυτό ίσως πρέπει να αποδίδεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες που επικράτησαν το 2001 (Danalatos, 1993), αλλά το θέμα χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.

**Πίνακας 4.** Η μεταβολή της ειδικής φυλλικής επιφάνειας για τις τρεις πυκνότητες φύτευσης (D1,D2,D3) και τα δυο επίπεδα αζωτούχο λίπανσης (F0,F1) καλλιέργειας του Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001 και το 2002.

DAY	GDD	D1	D2	D3	LSD	Fo	F1	LSD	C.V.%
30/5/01	384	17,612	17,963	17,686	Ns	17,754	17,754	---	5,35
10/7/01	954	15,339	15,044	15,434	Ns	15,272	15,272	---	5,43
28/8/01	1765	14,393	14,289	14,412	Ns	14,059	14,670	Ns	9,36
29/9/01	2184	10,947	12,178	11,821	Ns	12,028	11,270	Ns	12,79
15/5/02	195	18,821	19,372	19,067	Ns	19,036	19,036	---	6,41
07/6/02	428	14,582	17,731	15,408	Ns	15,054	16,670	Ns	30,4
05/7/02	828	14,197	14,551	14,793	Ns	14,596	14,431	Ns	9,33
01/8/02	1248	13,80	12,26	12,98	*0,978	13,468	12,567	Ns	15,15
11/9/02	1786	11,553	11,880	11,845	Ns	11,857	11,661	Ns	7,24
21/10/02	2105	10,47	10,25	10,75	Ns	10,630	10,350	Ns	20,52
11/11/02	2173	0	0	0	---	0	0	---	---





**Σχήμα 5.** Η μεταβολή της ειδικής φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με το άθροισμα θερμομονάδων για τρεις διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού (D1=667, D2=1000, D3=2000 φυτά / στρέμμα, 5α) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0=5, F1=10 kg N /στρέμμα, 5β) κατά το τέταρτο (2001) και πέμπτο (2002) έτος καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο .

### 3.2.5 Παραγωγή βιομάζας

Όπως φαίνεται στον Πιν. 6 και το Σχ. 6 η αύξηση και η παραγωγικότητα του Μίσχανθου δεν επηρεάστηκε από την λίπανση για τα δυο μελετούμενα επίπεδα N-χου εφαρμογής. Αυτό είναι σε συμφωνία με προηγούμενα ερευνητικά δεδομένα (Danalatos *et al.*, 1997 ; Dalianis *et al.*, 1994), που δείχνουν ότι περί τις 5-7 μονάδες N ανά στρέμμα επαρκούν για μεγιστοποίηση των αποδόσεων του Μίσχανθου υπό Ελληνικές συνθήκες, λόγω των περιορισμένων απαιτήσεων (συγκεντρώσεων) της καλλιέργειας σε άζωτο. Για το λόγο αυτό ο Μίσχανθος μπορεί να προσαρμοστεί σε λιγότερο γόνιμα εδάφη (αμμώδη, χαλικώδη πτωχά σε οργανική ουσία κλπ), ως εναλλακτική καλλιέργεια χαμηλών εισροών.

Αντίθετα με την λίπανση, η πυκνότητα πληθυσμού φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά την αύξηση και παραγωγικότητα ξηρής ουσίας, με τον αραιό πληθυσμό

( $D_1 = 667$  φυτά / στρ) να μένει αρκετά πίσω σε παραγωγικότητα από τους άλλους δύο, και τις δυο χρονιές (2,0-2,2 t/στρ τελική παραγωγή, και περί τα 900-1600 kg/στρ μικρότερη παραγωγή ξηρής ουσίας από τους πυκνότερους πληθυσμούς βλ. Πιν. 6). Πραγματικά οι πυκνότεροι πληθυσμοί  $D_2$  και  $D_3$  έφτασαν το 2001 τους 2,7 και 3,0 t/στρ, και το 2002 τους 4,0 και 3,7 t/στρ σε ξηρή ουσία αντίστοιχα, με μικρή υπέροχη της μεσαίας ( $D_2$ ), έναντι της μεγάλης ( $D_3$ ) πυκνότητας, δείχνοντας ότι τα 1000 φυτά/στρ (φύτευση 1m x 1m) επαρκούν για μέγιστη παραγωγικότητα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ρυθμοί αύξησης (στους πυκνότερους πληθυσμούς) κυμάνθηκαν περί τα 30-32 kg str<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>, για τα πρώτα στάδια ανάπτυξης και τις δυο χρονιές (μέχρι περίπου τα τέλη Ιουλίου). Υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης συνεχίστηκαν μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου του 2002. Οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν αποδείχτηκαν ευνοϊκές για την καλλιέργεια, π.χ. 134 mm βροχής, χαμηλές θερμοκρασίες και νεφοσκεπείς ημέρες, με επακόλουθο μικρότερους ρυθμούς αναπνοής και διαπνοής, οψίμηση της παραγωγή και αύξηση του δυναμικού, σε αντίθεση με το 2001 όπου η καλλιέργεια αυξήθηκε μέχρι τα τέλη Αυγούστου με μικρότερους ρυθμούς, πιθανώς λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών και των έντονων νοτιάδων που επικράτησαν καθόλη την περίοδο από τα τέλη Αυγούστου μέχρι τα τέλη Σεπτεμβρίου (2,5-3 °C υψηλότερη το 2001 σε σχέση με το 2002) (Σχ.1), που δημιούργησαν κατάσταση υψηλών αναγκών αναπνοής αλλά και διαπνοής.

Έπειτα από στατιστική ανάλυση των επιμέρους καλλιεργητικών περιόδων Πιν. 6, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών φύτευσης με υπέροχη της  $D_2$  και σε επίπεδο σημαντικότητας  $p=0,01$ . Οι διαφορές που παρουσιάστηκαν στα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης δεν αποδείχτηκαν στατιστικώς σημαντικές. Συνδυασμένη ανάλυση των επιμέρους τιμών (Πιν. 5) όπου τα φυτά βρίσκονταν στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης (ίδιο άθροισμα θερμομονάδων), παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο έτη για πιθανότητα πειραματικού σφάλματος 5% με προβάδισμα της περιόδου 2002. Ο παράγοντας πυκνότητα αποδείχτηκε και αυτός στατιστικώς σημαντικός ( $p=0,01$ ).

**Πίνακας 5.** Η μεταβολή της ξηρής βιομάζας kg/στρ το 2001 και το 2002, όπου τα φυτά βρίσκονται το ίδιο στάδιο ανάπτυξης (ίδιο άθροισμα θερμομονάδων) για τρεις πυκνότητες φύτευσης ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης ( $F_0$ ,  $F_1$ ) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο.



°C-days	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	LSD	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	LSD	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	LSD	C.V%
1775	2589	3138	*534	2101	3422	3065	**504	2859	2869	NS	15,64
2178	2328	2788	*307	2090	2827	2756	**370	2566	2550	NS	10,01

Όπου Y<sub>1</sub> και Y<sub>2</sub> οι δύο καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002.



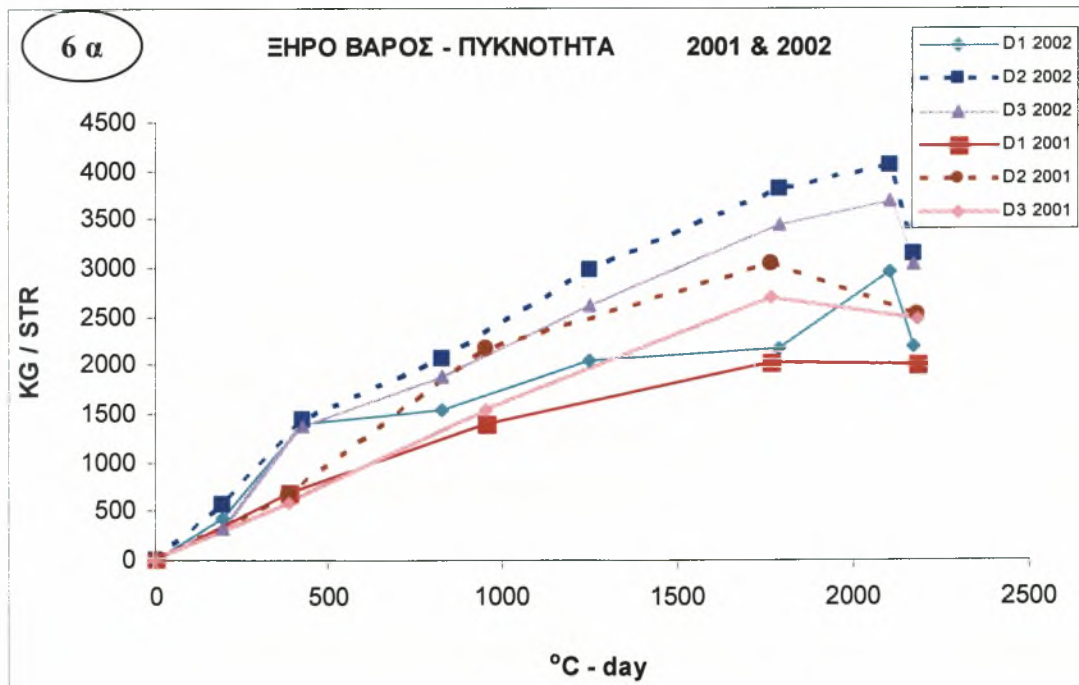
Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μεγαλύτερη παραγωγή της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου έναντι της πρώτης (πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπήρξαν αλληλεπιδράσεις).

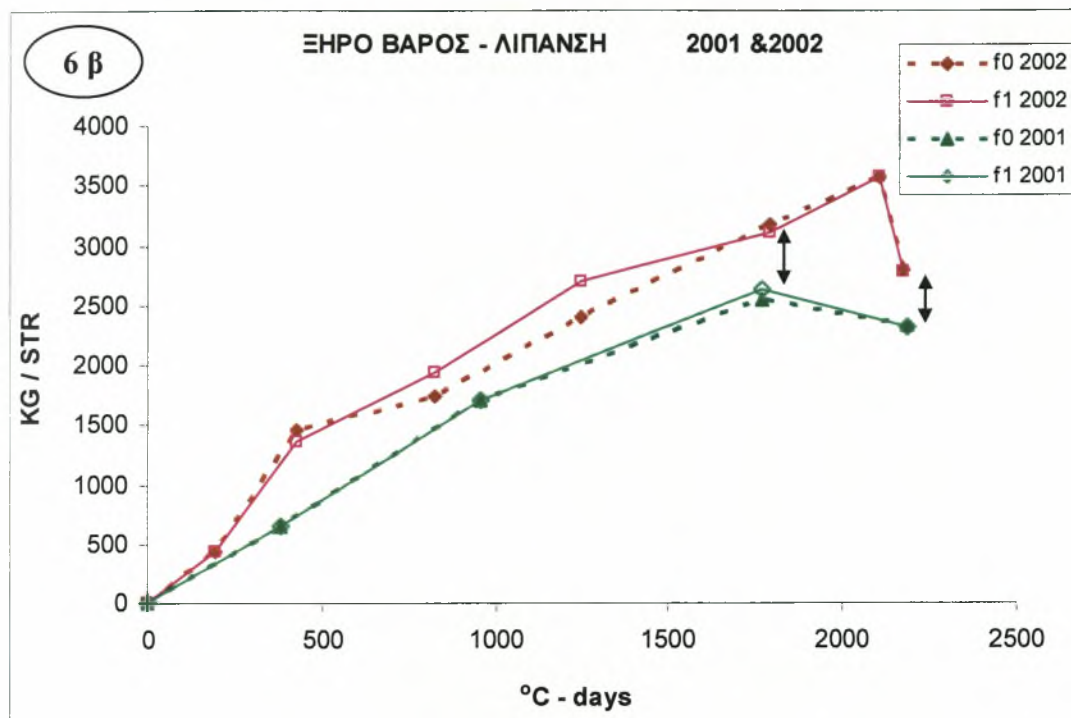
Χαρακτηριστικό είναι ότι και τις δυο χρονιές μετά την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής ξηρής ουσίας (βλέπε περί τα τέλη Αυγούστου 2001 και τα μέσα Οκτωβρίου 2002) παρατηρείται μια απότομη πτώση της παραγωγικότητας (αρνητικοί ρυθμοί αύξησης), που πιθανώς να οφείλονται στα μεγάλα ποσά αναπνοής, που δεν μπορούν να καλυφθούν από την φωτοσύνθεση λόγω των δυσμενέστερων συνθηκών φωτοσύνθεσης.

Έτσι καθυστέρηση της τελικής συγκομιδής μπορεί να προκαλέσει απώλειες ξηρής ουσίας, (γεγονός που όπως έχει ελεγχθεί επιβεβαιώνεται και από τους Lewandowski and Heinz, 2003) της τάξης των 500-900 kg ξηρής ουσίας (200-360 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου), και που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην ορθή επιλογή της τελικής συγκομιδής, μαζί με την υγρασιακή κατάσταση του τελικού προϊόντος για την περαιτέρω επεξεργασία (συλλογή, ξήρανση, μεταφορά κ.λ.π.) (βλέπε παρακάτω).

**Πίνακας 6.** Η μεταβολή της ξηρής βιομάζας kg/str για τρεις πυκνότητες φύτευσης (D1, D2, D3) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0, F1) καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2001 και το 2002.

DAY	GDD	D1	D2	D3	LSD	F0	F1	LSD	C.V%
05/4/01	0	0	0	0	---	0	0	---	---
30/5/01	384	680	679	586	Ns	648	648	---	21,44
10/7/01	954	1391	2167	1547	**565	1702	1702	---	12,7
28/8/01	1765	2036	3040	2693	**295	2546	2633	Ns	10,4
29/9/01	2184	1997	2517	2473	Ns	2338	2320	Ns	9,22
08/4/02	0	0	0	0	---	0	0	---	---
15/5/02	195	432	562	319	Ns	437	437	Ns	44,59
07/6/02	428	1402	1444	1378	Ns	1458	1358	Ns	10,72
05/7/02	828	1538	2076	1887	Ns	1736	1932	Ns	14,57
01/8/02	1248	2054	2977	2606	*683	2395	2696	Ns	17,37
11/9/02	1786	2168	3806	3442	**1185	3172	3105	Ns	18,27
21/10/02	2105	2957	4052	3688	**530	3570	3562	Ns	14,34
11/11/02	2173	2185	3138	3041	**604,6	2795	2781	Ns	10,46





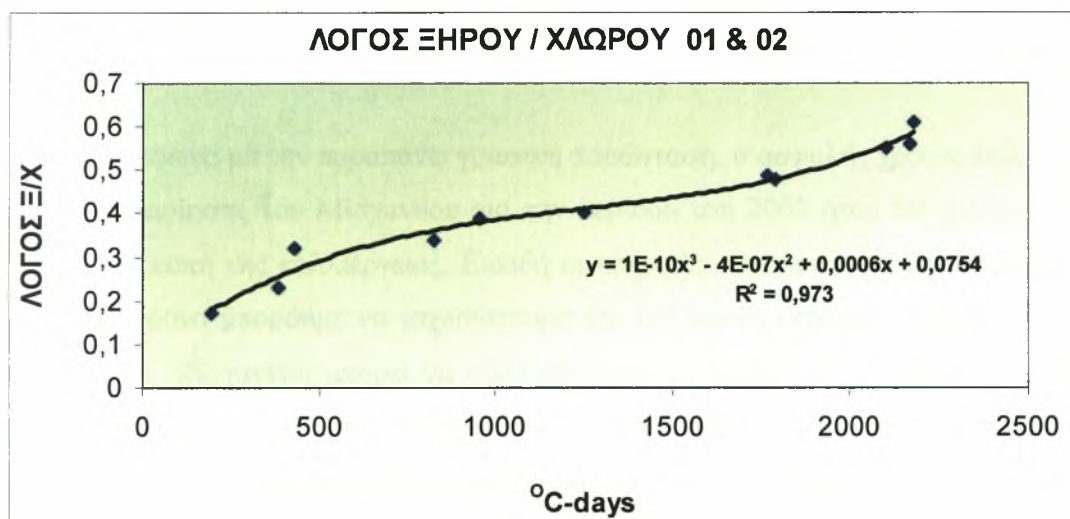
**Σχήμα 6.** Η μεταβολή της παραγόμενης ξηρής βιομάζας ως προς το άθροισμα θερμομονάδων για τρεις διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού (D1=667, D2=1000, D3=2000 φυτά / στρέμμα, 6α) και δύο επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (F0=5, F1=10 kg N / στρέμμα, 6β) κατά το τέταρτο (2001) και πέμπτο (2002) έτος καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο .

### 3.2.6 Λόγος ξηρού / χλωρού βάρους

Όπως αναφέρθηκε η υγρασία της φυτικής μάζας είναι σημαντικό χαρακτηριστικό, ιδιαίτερα για την αποθήκευση, τεμαχισμό, μεταφορά αλλά και καύση του υλικού. Παρουσιάζει επίσης ενδιαφέρον για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής ανάλογα με την επιθυμητή υγρασία, υψηλές τιμές της οποίας αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της βιομάζας για βιομηχανική χρήση.

Στον Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο λόγος ξηρού προς χλωρό βάρος του φυτού κατά τις διάφορες δειγματοληψίες το 2001 και το 2002.

ΕΤΟΣ 2001	°C-days	Ξηρό/χλωρό	ΕΤΟΣ 2002	°C-days	Ξηρό/χλωρό
30/5/2001	384	0,23	15/5/2002	195	0,17
10/7/2001	954	0,39	7/6/2002	428	0,32
28/8/2001	1765	0,49	5/7/2002	828	0,34
29/9/2001	2184	0,61	1/8/2002	1248	0,4
			11/9/2002	1786	0,48
			21/10/2002	2105	0,55
			11/11/2002	2173	0,56

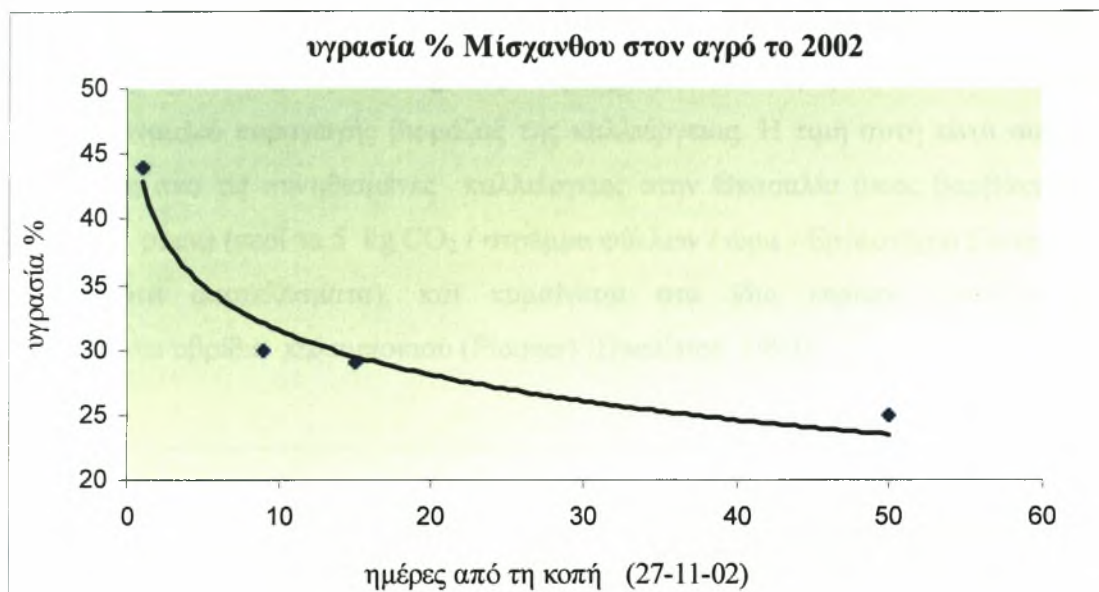


**Σχήμα 7:** Μεταβολή του λόγου ξηρού προς χλωρού βάρους τα έτη 2001 και 2002 σε σχέση με τις θερμομονάδες.

Στις 27/11/2002 έγινε κοπή του Μίσχανθου στο Βελεστίνο με χορτοκοπτικό μηχάνημα (Παράρτημα Δ, Εικ. 17,18,37). Στη συνέχεια μετρήθηκε η υγρασία του υλικού, για να προσδιορισθεί το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να μειωθεί η υγρασία και να φθάσει περί το 20-25%, για την ασφαλή αποθηκευσή του. Οι τιμές της υγρασίας κυμάνθηκαν ως εξής:

27/11/02 = 44% → 5/12/02 = 30% → 11/12/02 = 29% → 15/1/03 = 25%

και τα αποτελέσματα παρουσιάζεται διαγραμματικά στο παρακάτω Σχήμα:



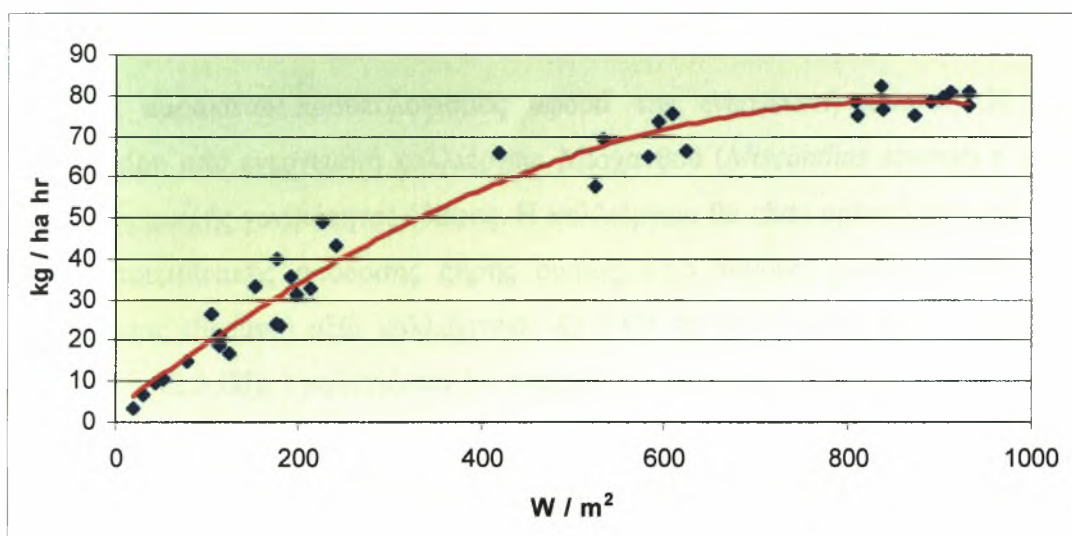
**Σχήμα 8:** Μεταβολή της υγρασίας του Μίσχανθου με το χρόνο μετά την συγκομιδή.

Σύμφωνα με την παραπάνω γραφική παράσταση, ο ασφαλής χρόνος συλλογής και δεματοποίησης του Μίσχανθου για την περίοδο του 2002 ήταν 50 ημέρες μετά την τελική κοπή της καλλιέργειας. Επειδή οι καιρικές συνθήκες μεταβάλλονται από χρόνο σε χρόνο μπορούμε να ισχυριστούμε ότι 1-2 μήνες μετά την τελική κοπή, η καλλιέργεια Μίσχανθου μπορεί να συλλεχθεί από τον αγρό και να μεταφερθεί σε αποθηκευτικούς χώρους ή σε εργοστάσιο πελετοποίησης και στην συνέχεια να τροφοδοτηθεί σε κατάλληλα διαμορφωμένους καυστήρες για καύση.

### 3.2.7 Μέτρηση ρυθμού αφομοίωσης CO<sub>2</sub>

Όπως είναι γνωστό, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε βιομάζα μέσω της διεργασίας της φωτοσύνθεσης, που καλείται επίσης αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα. Την καλλιεργητική περίοδο του 2002 και συγκεκριμένα τις πρώτες μέρες του Αυγούστου, που η καλλιέργεια είχε πλήρη φυτοκάλυψη (LAI > 7,5), ικανοποιητική υγρασία εδάφους, θερμοκρασία περί τους 25 °C, μετρήθηκε ο ρυθμός αφομοίωσης CO<sub>2</sub> κάτω από διαφορετικές εντάσεις ακτινοβολίας (Σχ. 9).

Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης του Μίσχανθου ( $C_4$  plant) κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, ξεπερνώντας τα  $8,1 \text{ kg CO}_2 / \text{στρέμμα φύλλων} / \text{ώρα}$ , αποδεικνύοντας το μεγάλο δυναμικό παραγωγής βιομάζας της καλλιέργειας. Η τιμή αυτή είναι σαφώς υψηλότερη από τις συνηθισμένες καλλιέργειες στην Θεσσαλία όπως βαμβάκι και σιτάρι ( $C_3$  plant) (περί τα  $5 \text{ kg CO}_2 / \text{στρέμμα φύλλων} / \text{ώρα}$  - Εργαστήριο Γεωργίας, αδημοσίευτα αποτελέσματα), και κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα με Αμερικάνικα υβρίδια καλαμποκιού (Pioneer) (Danalatos, 1993).



Σχήμα 9: Ρυθμός αφομοίωσης  $\text{CO}_2$  φύλλων σε σχέση με την ολική ηλιακή ακτινοβολία καλλιέργειας Μίσχανθου στο Βελεστίνο το 2002.

### 3.2.8 Θερμική απόδοση – καύση.

Σε μια προσπάθεια τονισμού της σημαντικότητας του Μίσχανθου ως ενεργειακού φυτού παραγωγής θερμότητας παρατηρήθηκαν στοιχεία από τη φυσική ξηρανσή του στον αγρό και την μετέπειτα καύση σε θερμοκήπιο στην περιοχή του Διμηνίου στο Βόλο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θερμικής απόδοσης μας συμπίπτουν με αυτά της Διεθνούς βιβλιογραφίας και είναι περί τα  $17 \text{ MJ/kg}$ .

Τα αποτελέσματα από αυτή την εμπειρική καύση (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ Εικ. 38,39,40) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η καύση του προϊόντος είναι αρκετά καλή,

αλλά το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η αποθήκευση του προϊόντος, διότι από την μια πλευρά καταλαμβάνει πολύ μεγάλο όγκο και από την άλλη δεν μπορεί να τροφοδοτηθεί αυτόματα στον καυστήρα αν δεν είναι συμπυκνωμένο σε μικρά κυβάκια (πελέτες). Έτσι η ανάγκη συμπύκνωσης είναι απαραίτητη για να προωθηθεί το προϊόν. Στην παράγραφο που ακολουθεί παρατίθενται στοιχεία οικονομικού ισολογισμού, όπου λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράμετροι.

### **3.2.9 Οικονομικό ισοζύγιο παραγωγής ενέργειας για την κάλυψη 35 στρεμμάτων θερμοκηπίου από Μίσχανθο.**

Ο παρακάτω προϋπολογισμός αφορά την ενεργειακή κάλυψη 35 στρεμμάτων θερμοκηπίου από ενεργειακή καλλιέργεια Μίσχανθου (*Miscanthus sinensis x giganteus*) σε μέσης έως μικρής γονιμότητας έδαφος. Η καλλιέργεια θα είναι αρδευόμενη για την επίτευξη μέσης στρεμματικής απόδοσης ξηρής ουσίας >2.5 τόνους, μετά το δεύτερο έτος της καλλιέργειας (θερμική αξία καλλιέργειας  $42.5 \text{ GJ str}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ), ( $2500 \text{ kg} * 17 \text{ MJ/kg}$  θερμική απόδοση =  $42,5 \text{ GJ}$ ). Υπολογίζεται ότι απαιτούνται περί τα 350 στρέμματα με την παραπάνω στρεμματική απόδοση.

Ένα πρώτο σχέδιο (draft) κοστολογίου της καλλιέργειας του Μίσχανθου περιλαμβάνει:

- ενοίκιο αγρού
- αγορά εξοπλισμού και υλικών
- προμήθεια φυταρίων
- φύτευση, μόνο μια φορά
- ετήσια εφαρμογή λιπάσματος
- ετήσια συγκομιδή – αποθήκευση - μεταφορά
- κόστος εργασίας
- Συμπύκνωση - παλέτα
- τελική καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας μετά το τέλος της διάρκειας ζωής.

Στην Ελλάδα δεν έχει ξεπεραστεί η διάρκεια ζωής του μίσχανθου στις υπάρχουσες πειραματικές καλλιέργειες. Η διάρκεια ζωής θεωρείται ότι ξεπερνά τα 15 έτη και φθάνει τα 20 έτη. Για τους υπολογισμούς εδώ θεωρούμε διάρκεια ζωής 20 ετών.

## 1) Προμήθεια – Πολλαπλασιασμός φυταρίων

### 1.α) Προμήθεια και εισαγωγή γενετικού υλικού από το εξωτερικό

Πειραματικές καλλιέργειες μίσχανθου σε ερευνητικό επίπεδο και επίπεδο demonstration field από το 1993 βασίστηκαν στην αγορά και εισαγωγή φυταρίων από τη Γερμανία και Ολλανδία. Τα φυτάρια αγοράστηκαν προς 0,60 € έκαστο και φυτεύτηκαν σε πυκνότητα 1000 φυτάρια ανά στρέμμα. Για την προμήθεια πρωτογενούς υλικού για καλλιέργεια 350 στρεμμάτων χρειάζονται:

$$350 \text{ στρ.} * 1000 \text{ φυτά/στρ} * 0,60 \text{ €/φυτό} = \underline{210.000 \text{ €}}$$

### Εναλλακτικά Προτείνεται:

#### 1.β) Πολλαπλασιασμός φυταρίων στο Π.Θ.

Για πρώτη φορά το 1998 πολλαπλασιάστηκε επιτυχώς Μίσχανθος με ριζώματα στην Ελλάδα (αδημοσίευτα αποτελέσματα Σακελλάρη, 1998 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) και η καλλιέργεια ήταν επιτυχής. Το κόστος εργασίας για τον πολλαπλασιασμό 350.000 φυταρίων (+40% απώλειες) στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας εκτιμάται στα 41085 €, περίπου το 1/5 της αξίας των φυταρίων, το οποίο επιβεβαιώθηκε και από τον Venturi *et al.*, 1999. Υπολογίζοντας τα έξοδα μεταφοράς (εργατικά) του υλικού από και προς τον αγρό τροφοδοσίας στο θερμοκήπιο πολλαπλασιασμού και από το θερμοκήπιο πολλαπλασιασμού στον αγρό εγκατάστασης περί τα 3.000 €, και γενικά και απρόβλεπτα έξοδα (+20%) 9.000€, το συνολικό κόστος παραγωγής του υλικού στο Π.Θ. θα φθάσει τα 53.085 €.

## 2) Φύτευση

Η φύτευση πρέπει να γίνει κατά τα μέσα Απριλίου και δεν πρέπει να διαρκέσει περισσότερο από 4 εβδομάδες. Υπολογίζοντας περί τις 1.5 ανθρωπο-ημέρες ανά φύτευση ενός στρέμματος (αποστάσεις φύτευσης 1 x 1 m), θα χρειαστούν συνολικά περί τις 525 ανθρωπο-ημέρες και περί τους  $525/4 = 132$  εργάτες για 4 βδομάδες, ή 66 εργάτες σε ολόημερη βάση. Στην πρώτη περίπτωση το ημερομίσθιο είναι 25 € και στη δεύτερη 35 €. Επομένως ανάλογα τη διαθεσιμότητα εργατικών χεριών το κόστος εγκατάστασης θα κυμανθεί μεταξύ  $25 * 525 = 13.125$  και  $35 * 525 = 18.375$  €. Θεωρώντας τη δεύτερη περίπτωση ως περισσότερο εφικτή και γενικά και απρόβλεπτα έξοδα περί το 20%, το τελικό κόστος εγκατάστασης 350 στρεμμάτων εκτιμάται περί τα 22.000 €.



### 3) Λίπανση και άρδευση

Τα φυτά χρειάζονται μόνο μικρά ποσά λιπάσματος και παρασιτοκτόνων μετά το δεύτερο έτος εγκατάστασης. Εκτιμάται ότι αρκούν 7 μονάδες αζώτου και 3.5 μονάδες φωσφόρου κατ' έτος που θα εφαρμοστούν ως βασική εφαρμογή. Αν χρησιμοποιηθεί φωσφορική αμμωνία (20-10-0) θα χρειαστούν περί τα 35 κιλά λιπάσματος 20-10-0 ανά στρέμμα ή  $35 \times 350 = 12.250$  κιλά ή 245 τσουβάλια. Η τιμή του λιπάσματος εκτιμάται στα 10 € το τσουβάλι ή (0.2 €/κιλό) και επομένως το συνολικό κόστος λιπάσματος περί τα  $10 \times 245 = 2.450$  €. Προσθέτοντας το συνολικό κόστος εργασίας (man and machine) για λίπανση περί τα 300 €, το συνολικό ετήσιο κόστος λίπανσης περιλαμβανομένων και γενικών και απρόβλεπτων εξόδων (20%) εκτιμάται σε 3.000 €. Αν η περίοδος ζωής του προγράμματος είναι 20 έτη, το συνολικό κόστος λίπανσης αφορά 19 έτη και είναι 57.000 €. Η παραπάνω τιμή αν αυξηθεί κατά το κόστος των απαιτούμενων ζιζανιοκτονιών κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης (3.000 €) το συνολικό κόστος καλλιεργητικών φροντίδων για τα 350 στρέμματα καλλιέργειας (πλην της άρδευσης) φθάνει τις 60.000 €. Το κόστος άντλησης ανέρχεται σε 1.500 € ανά έτος ή συνολικά 30.000 €.

**Σύνολο 90.000 €.**

### 4) Ετήσια συγκομιδή – αποθήκευση

Για τη συγκομιδή απαιτείται χορτοκοπτικό μηχάνημα καθώς και ένας δεματοποιητής. Το μέγεθος του δέματος είναι  $0,5 * 0,8 * 2$  μέτρα. Το κόστος του μηχανήματος συμπεριλαμβάνεται στα έξοδα εργασίας (βλ. εξοπλισμός). Τα ορθογώνια δέματα, μετά την παραγωγή τους από το μηχάνημα συγκομιδής, αφήνονται στον αγρό, από όπου πρέπει να μεταφερθούν και να αποθηκευθούν προσωρινά σε επιλεγμένες θέσεις, στην άκρη της φυτείας ή σε άλλες θέσεις εκτός της φυτείας. Στην περίπτωση αυτή, η μεταφορά τους στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής θα γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες της. Η συλλογή και η μεταφορά μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση γεωργικών ελκυστήρων στους οποίους θα έχει ενσωματωθεί κατάλληλο εξάρτημα, για τη φόρτωση των δεμάτων και που θα έλκουν πλατφόρμα μεταφοράς. Το κόστος συλλογής και μεταφοράς των ορθογώνιων δεμάτων σε προσωρινές θέσεις αποθήκευσης συμπεριλαμβάνεται στα έξοδα εργασίας (μόνιμος εργάτης, βλ. κατωτέρω).

### 5) Μεταφορά

Για φόρτωση και εκφόρτωση του υλικού και μεταφορά με πλατφόρμα σε απόσταση 10-20 km από την μονάδα προβλέπεται κόστος περί τα 4.500 € ετησίως, ή **85.000 €** για τη διάρκεια των 20 ετών.

### 6) Συμπύκνωση

Τελική συμπύκνωση υλικού προς καύση (παλέτα), κόστος 0,0023 €/κιλό ή  $2.500 \cdot 350 \cdot 0,023 = 20.125$  €/χρόνο ή **382.375 €** για 19 χρόνια.

### 7) Τελική καταστροφή υπολειμμάτων καλλιέργειας

Υπάρχει ήδη σχετική εμπειρία (Π.Θ. - αδημοσίευτα αποτελέσματα) καταστροφής των υπολειμμάτων μίσχανθου μετά το τέλος διάρκειας ζωής της καλλιέργειας και ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός. Το κόστος εργασίας για εκρίζωση 350 στρ. εκτιμάται στα **6.000 €**.

### 8) Ενοίκιο αγρού

Ενοικίαση 2 αγρών συνολικής έκτασης 350 στρ. προς 45 €/στρ ή 15.750 €. Προϋπολογισμός για 20 έτη **315.000 €**.

### 9) Αγορά κύριου εξοπλισμού

Μικρός γεωργικός ελκυστήρας (80 Hp)	22.000 €
Εξοπλισμός κοπής, συλλογής και δεματοποίησης	50.000 €
Αντλία βαθέων υδάτων	15.000 €
Καρούλια κλπ αρδευτικός εξοπλισμός	30.000 €
Λοιπός εξοπλισμός	15.000 €
<b>Σύνολο :</b>	<b><u>132.000 €</u></b>

### 10) Εργασία και αναλώσιμα

Ένας μόνιμος τεχνο-εργάτης που θα απασχολείται σε μόνιμη βάση. Αμοιβή 600 €/μήνα\*12 μήνες=7.200 € ανά έτος από το 2<sup>ο</sup> έτος. Συνολική δαπάνη  $7.200 \cdot 19 = 136.800$  €.

Αμοιβή εποχιακών εργασιών κυρίως κατά την συγκομιδή και αποθήκευση 1.500 € από το 2<sup>ο</sup> έτος, ή συνολική δαπάνη 28.500 €. Συνολική δαπάνη εργασίας: 165.300 €.

Αναλώσιμα  $1.500 \text{ €/έτος} \cdot 19 = 28.500$  €.

Συνολικά 193.800 €.

ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ: 1279760 € ή (63988 € /ΕΤΟΣ).

*Συνοπτικός πίνακας κόστους μέχρι την μονάδα μετατροπής.*

Ενέργεια	€	€/έτος	€/MJ	€/ kg
Πολλαπλασιασμός	53.085			
Φύτευση	22.000			
<b>Σύνολο Εγκατάστασης</b>	<b>75.085</b>	<b>3754</b>	<b>0,00023</b>	<b>0,004</b>
Λίπανση	60.000			
Άρδευση	30.000			
Μεταφορά	85.500			
Τελική καταστροφή	6.000			
Εξοπλισμός	132.000			
Εργασία	165.300			
Αναλώσιμα	28.500			
<b>Σύνολο καλλιέργειας</b>	<b>507.300</b>	<b>25.365</b>	<b>0,00164</b>	<b>0,028</b>
<b>Ενοίκιο αγρών</b>	<b>315.000</b>	<b>15750</b>	<b>0,00105</b>	<b>0,018</b>
<b>Πελετοποίηση</b>	<b>382.375</b>	<b>20.125</b>	<b>0,00135</b>	<b>0,023</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1279760</b>	<b>63.988</b>	<b>0,00429</b>	<b>0,073</b>

Δηλαδή θα κοστίζει στον επιχειρηματία 0,073 €/kg ή (25 Δρχ/ κιλό) όλη η διαδικασία παραγωγή-συγκομιδή – αποθήκευση – πελετοποίηση - προώθηση.

Στον παραπάνω προϋπολογισμό, αναφερόμαστε στην καλλιέργεια του μίσχανθου ως μια νέα επιχείρηση κάποιου-κάποιων που δεν έχουν ασχοληθεί με την γεωργία. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια πραγματοποιηθεί από μια ομάδα αγροτών, όπου ο κύριος εξοπλισμός είναι ήδη διαθέσιμος (τρακτέρ, καλλιεργήσιμη έκταση κτλ), ο προϋπολογισμός παίρνει την εξής μορφή, συμπεριλαμβανομένου και την πρόσφατη επιδότηση των ενεργειακών φυτών ( 45 €/ha ) :

Ενέργεια	€	€/ έτος	€/ MJ	€/ kg
Πολλαπλασιασμός	53.085			
Φύτευση	22.000			
<b>Σύνολο Εγκατάστασης</b>	<b>75.085</b>	<b>3754</b>	<b>0,00023</b>	<b>0,004</b>
Λίπανση	60.000			
Άρδευση	30.000			
Μεταφορά	85.500			
Τελική καταστροφή	6.000			
Εξοπλισμός	60.000			
Εργασία	30.000			
Αναλώσιμα	28.500			
<b>Σύνολο καλλιέργειας</b>	<b>300.000</b>	<b>15.000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,017</b>
Ενοίκιο αγρών	0	0	0	0
Πελετοποίηση	382.375	20.125	0,00135	0,023
επιδότηση	-31.500	-1.575	-0,0001	-0,0018
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>725960</b>	<b>36298</b>	<b>0,00241</b>	<b>0,041</b>

### Σύγκριση Μίσγανθου – πετρέλαιο

**Πετρέλαιο:** Ένα στρέμμα θερμοκήπιο στην περιοχή της Θεσσαλίας (συγκεκριμένα στην περιοχή Διμηνίου στο Βόλο), όπου ο χειμώνας χαρακτηρίζεται ήπιος, έχει ανάγκες σε πετρέλαιο κίνησης αξίας 6.000 € / έτος (δηλαδή  $6.000 \text{ €} / 0,6\text{€} * \text{lt}^{-1} = 10000 \text{ lt} = 10000 \text{ lt} * 40 \text{ MJ} / \text{lt} = 400000 \text{ MJ}/\text{έτος}$ ). Στοιχεία παραγωγού.

**Μίσχανθος:** Ακολουθώντας αντίστροφη πορεία, θα αποδείξουμε ότι η καλλιέργεια μίσχανθου για ενεργειακούς σκοπούς είναι κερδοφόρα.

**1<sup>η</sup> περίπτωση** (ΕΠΕΝΔΥΤΗΣ):  $10 \text{ στρ} * 2500 \text{ κιλά/στρ/έτος} * 17 \text{ MJ / κιλό} = 425000 \text{ MJ / έτος}$ . Σε ευρώ είναι:  $425000 \text{ MJ / έτος} * 0,00429 \text{ € / MJ} = \underline{1823 \text{ € / έτος}}$ .

υποθέτοντας ότι ο επιχειρηματίας επιδιώκει κέρδος 200 € το στρέμμα το έτος, άρα 2000 € τα 10 στρέμματα κέρδος θα πουλά τον Μίσχανθο  $2000 + 1823 = \underline{3823 \text{ €}}$ .

Είναι φανερό ότι τον παραγωγό θερμοκηπίου τον συμφέρει να αγοράσει Μίσχανθο για την θέρμανση του θερμοκηπίου του.

**2<sup>η</sup> περίπτωση** (ΟΜΑΔΑ ΑΓΡΟΤΩΝ) :  $10 \text{ στρ} * 2500 \text{ κιλά/στρ/έτος} * 17 \text{ MJ / κιλό} = 425000 \text{ MJ / έτος}$ . Σε ευρώ είναι:  $425000 \text{ MJ / έτος} * 0,00241 \text{ € / MJ} = \underline{1024 \text{ € / έτος}}$

υποθέτοντας ότι η ομάδα επιδιώκει κέρδος 200 € το στρέμμα το έτος, άρα 2000 € τα 10 στρέμματα κέρδος θα πουλά τον Μίσχανθο  $2000 + 1024 = \underline{3024 \text{ €}}$ .

Είναι φανερό ότι τον παραγωγό θερμοκηπίου τον συμφέρει να αγοράσει Μίσχανθο για την θέρμανση του θερμοκηπίου του. Μάλιστα η διάφορα είναι στο μισό της τιμής του πετρελαίου.

**3<sup>η</sup> περίπτωση.** Αν η ομάδα παραγωγών Μίσχανθου έχουν δικές τους μονάδες θερμοκηπίων τότε το κόστος θέρμανσης, ανέρχεται στο 1/6 της τιμής του πετρελαίου, δηλαδή 1000 €/στρ θερμοκηπίου.

### Πλεονεκτήματα:

1. Χαμηλότερο κόστος παραγωγής, άρα τα προϊόντα γίνονται πιο ανταγωνιστικά.
2. Καύση φυτικών υλικών φιλικά με το περιβάλλον.
3. Εναλλαγή καλλιεργειών (το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα οξύ στις μέρες μας).
4. Ικανοποιητικό κέρδος παραγωγών μίσχανθου (200 €/στρ).
5. Ελάχιστες καλλιεργητικές φροντίδες στον αγρό.
6. Ο Μίσχανθος είναι πολυετές φυτό και σε περιοχές όπου το πρόβλημα της διάβρωσης είναι μεγάλο, η καλλιέργεια θα είχε ευεργετικά αποτελέσματα.
7. Το έδαφος μετά από μια τέτοια καλλιέργεια, γίνεται πιο γόνιμο.
8. Νέες θέσεις εργασίας.
9. Ανάπτυξη βιομηχανίας (πελετοποίησης).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Μίσχανθος με μέγιστη παραγωγικότητα που κυμαίνεται από 2,8 – 4,0 τόνους ξηρής ουσίας / στρέμμα ( ή 1,12 - 1,60 ΤΠΠ / στρέμμα), και κάτω από συνθήκες μειωμένων εισροών νερού (< 500 mm), και λίπανσης (< 6 μονάδες αζώτου), μηδενικές ανάγκες φυτοπροστασίας, ελάχιστες καλλιεργητικές φροντίδες, προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα σε άγονα εδάφη, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εναλλακτικές προτάσεις στα πλαίσια της αειφορικής Γεωργίας μειωμένων εισροών και προστασίας του περιβάλλοντος σύμφωνα με τους σύγχρονους άξονες τις ΚΑΠ και τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής.

Η μεγάλη παραγωγικότητα του Μίσχανθου κάτω από Ελληνικές συνθήκες και η μεγάλη του θερμική αξία, σε σύγκριση με την θερμική αξία και το κόστος του πετρελαίου κίνησης αφήνει ανοικτό το ενδεχόμενο αντικατάστασης του πετρελαίου με Μίσχανθο ως καύσιμο για παραγωγή θερμότητας σε θερμοκήπια και άλλες εγκαταστάσεις. Το κόστος για τη θέρμανση ενός θερμοκήπιου όλο το χρόνο με Μίσχανθο μπορεί να ανέλθει ακόμη και στο 1/6 του κόστους θέρμανσης του θερμοκηπίου με πετρέλαιο κίνησης.

Για να πραγματοποιηθεί όμως αυτό χρειάζεται περαιτέρω βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ γεωργικού και ενεργειακού τομέα για την παραγωγή και χρήση βιο-καυσίμων με συγκεκριμένες προδιαγραφές που προβλέπονται από τον ενεργειακό τομέα, καθώς επίσης διάφορα κίνητρα (φοροαπαλλαγές, μεγαλύτερη επιδότηση) στους παραγωγούς-αγρότες από το κράτος. Τέλος η ανάπτυξη βιομηχανίας όπου η συλλεγόμενη βιομάζα θα προωθείται και θα επεξεργάζεται (δημιουργία πελέτας), κρίνεται απολύτως αναγκαία προϋπόθεση προκειμένου να γίνει εφικτή η χρησιμοποίηση του Μίσχανθου για καύση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Beuch, S., 1998. Zum Einfluß des Anbaus und der Biomassestruktur von *Miscanthus x giganteus* (GREEF et DEU.) auf den Nährstoffhaushalt und die organische Bodensubstanz. Shaker Verlag, Aachen, p. 163.
2. Boelke, B., Beuch, S., Zacharias, S., Kahle, P., Belan, L., Amelung, D., 1998. Bewertung der Umweltwirkungen des Anbaus von *Miscanthus* als nachwachsenden Rohstoff. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, p. 184.
3. Cannell, M.G.R., 1988. The scientific background. In: Hummel, F.C., Palz, W., Grassi, G. (Eds.), Biomass forestry in Europe: a strategy for the future. (Commission of the European Communities, 3. EC Biomass development Programme) Energy from Biomass 3. Elsevier, London.
4. Christou, M., Papavassiliou, D., Alexopoulou, E., Chatziathanassiou, A., 1998. Comparative Studies of Two Potential Energy Crops in Greece. In: Kopetz, H., Weber, T., Palz, W., Chartier, P., Ferrero, G.L. (Eds.), Biomass for Energy and Industry. CARMEN, Wurzburg, Germany, pp. 935-938.
5. Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Σ., 2002. Γεωργικός Πειραματισμός. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Βόλος, 24 σελ.
6. Γέμτος, Θ.Α., 2002. Ειδικά Γεωργικά Μηχανήματα. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Βόλος, 41-69 σελ.
7. Dalianis, C., M. Christou, Ch. Sooter, and S. Kyritsis, 1994. *Miscanthus sinensis giganteus* under Greek conditions, in Biomass for Energy and Industry, eds. Hallet *et al.* (Bochum Germany : Ponte Press, 1994):1229-1234.
8. Danalatos, N.G., C. Dalianis, and S. Kyritsis, 1996. Growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis x giganteus* under optimum cultivation management in north-eastern Greece. In Chartier *et al.* (Eds.): Biomass for Energy and the Environment. Pergamon Press, UK, 548-553.

9. Danalatos, N.G., C. Dalianis, and S. Kyritsis, 1997. Influence of fertilisation and irrigation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis giganteus* under Greek conditions. International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. Braunschweig 22-28 June 1997.
10. Danalatos, N.G., 1993. Quantified analysis for selected land use systems in the Larissa region, Greece Ph.D Thesis. Agricultural University of Wageningen, the Netherlands. 370 p.
11. Danalatos, N.G., Kosmas, C.S., Driessen, P.M., Yassoglou, N., 1994. The chance in the SLA of maize grown under mediterranean conditions. *Agronomy* 14: 433-443.
12. Fernando, A., P. Duarte & J. Oliveira, 1997. Bioremediation of contaminated soils by *Miscanthus sinensis giganteus*. International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. Braunschweig 22-28 June 1997.
13. Greef, J.M., 1996. Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus x giganteus*. Cuvillier, Gottingen.
14. Himken, M., Lammel, J., Neukirchen, D., Czypionka-Krause, U., Olf, H.-W., 1997. Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant Soil* 189, 117–126.
15. Horvey, J. J., 1991. Narrative account of visit to Bavaria to study *Miscanthus* for biomass. (ADAS internal document). ADAS Starcross, Exeter, England. 16pp.
16. Hytonen, J., 1996. Biomass production and nutrition of short rotation plantations. Dissertation University of Helsinki. The Finish Forest Research Institute, Research Papers 589, Kannus.
17. IPCC, 1997. Intergovernmental Panel on Climate Change: Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workshop. Module 4: Agriculture. <http://www.iea.org/ipcc/general/invs5c.htm>.
18. Jones, M. B., S. McCarthy, R. Keane and C. Halbert 1996. *Miscanthus* productivity network. *Miscanthus Net Work Overview & Results to Date*. Trinity College, Dublin, 15pp.
19. Joergensen, U., 1997. Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in *Miscanthus* in Denmark. *Biomass Bioenergy* 12, 155–169.
20. Jorgensen, U., Sander, B., 1997. Biomass requirements for power production: how to optimise the quality by agricultural management. *Biomass Bioenergy* 12, 145–147.



21. Kahle, P., Beuch, S., Boelcke, B., Leinweber, P., and Hans-Rolf Schulten., 2001. Cropping of *Miscanthus* in Central Europe: biomass production and influence on nutrients and soil organic matter. *European Journal of Agronomy* 15 (2001) 171–184.
22. Kaltschmitt, M., Reinhardt, G.A., 1997. *Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung.* Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, p. 527.
23. Κ.Α.Π.Ε., 1998. Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα. Πικέρμι, 42 σελ.
24. Knoblouch, F., K. Tychsen, J. Kjeldsen, 1991. *Miscanthus sinensis "Giganteus"* (elefantgræs). Landbrug Gron Viden 85, 6pp. [English version entitled 'Manual for Growing *Miscanthus sinensis "Giganteus"* . Danish Research Service for Plant and Soils Science, Institute of Landscape Plants, Hornum, Denmark, Dk-9600 Ars. 5pp.].
25. Lewandowski, I., Kicherer, A., 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *Eur. J. Agron.* 6, 163–177.
26. Lewandowski, I., Heinz, A., 2003. Delayed harvest of miscanthus—influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy* 19 (2003) 45–63
27. Μήτσιος, Ι.Κ., Τούλιος, Μ.Γ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ., Φλωράς, Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα. 19,32,33,37,38,44 σελ.
28. Nielsen, N. P., 1987. The productivity of *Miscanthus sinensis "Giganteus"* on different soils types. *Saetrik af Tidsskrift for Planteavl* 91: 275-281.
29. Ntzanis, E., Danalatos, N.G., Ntzani, S., 1996. Accumulated heat units as a method for predicting tobacco maturity. *Tobacco Science* 40: 37-43
30. Ritchie, J. T., Nesmith, D., 1991. Temperature and crop development. In: Hanks, J., Ritchie, J. T. (Eds.): *Modeling plant and soil systems.* Agronomy 31, ASA, CSSA, SSSA, Madison WI. 5-29 p
31. Rutheford, I. & M. Heath, 1992. The potential of *Miscanthus* as a fuel crop. *Adas, Food, Farming, Land & Leisure.* Crown, 180 pp.

32. Σακελλάρη, Μ., 1999. Αύξηση και ανάπτυξη του Μίσχανθου (*Miscanthus sinensis x Giganteus*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες λίπανσης και πληθυσμού φυτών στη Θεσσαλία. Πτυχιακή Διατριβή. ✓
33. Schwarz, K.U., Greef, J.M., Schnug, E., 1995. Untersuchungen zur Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus x giganteus* unter verschiedenen Umweltbedingungen. Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 155. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL, Braunschweig- Volkenrode. ✓
34. Sloth, A., 1986. Production of plant fibres from elephant grass. Tidsskrift for Landokomomi 2, 113-116. [Institute of Landscape Plants, Hornum, Denmark.] ✓
35. Struschka, M., 1993. Holzverbrennung in Feuerungsanlagen, Grundlagen-Emissionen -Entwicklung schadstoffarmer Kachelöfen, Fortschungs-Berichte VDI Reihe 15, Nr. 108, VDI-Verlag, Dusseldorf, p. 161. ✓
36. Thiemann, R., 1995. Produktionstechnik von *Miscanthus* Symposium *Miscanthus*-Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Schriftenreihe 'Nachwachsende Rohstoffe' 4. Landwirtschaftsverlag Münster, pp. 103-111. ✓
37. Van Zeijts, H., 1995. Energy production on farms — sustainability of energy crops. In: Climate Change Research: Evaluation and Policy Implications. Proceedings of the International Climate Change Research Conference, Maastricht, 6-9 December 1995. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 1113-1116.
38. Venturi, P., Gigler, J.K., Huisman, W., 1999. Economical and technical comparison between Herbaceous (*Miscanthus x Giganteus*) and Woody crops (*Salix x viminalis*). Renewable Energy 16 (1999) 1023-1026. ✓
39. Ventury, P., W. Huisman and A. Atzema, 1997. The effect of harvest of *Miscanthus x giganteus* on available harvest time. International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. Braunschweig 22-28 June 1997.
40. Walsh, M., McCarthy, S., 1998. *Miscanthus* handbook. In: Biomass for Energy and Industry. Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Bioenergy Conference, Würzburg, June 1998. C.A.R.M.E.N, Rimpf/Würzburg, pp. 1071-1074. ✓

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (Σταθμός : Βελεστίνου , Ύψος 31m).**

**Α.1 Ημερήσια δεδομένα για την καλλιεργητική περίοδο 2001-2002.**

<b>Joulian day 200</b>	<b>T max (°C)</b>	<b>T min (°C)</b>	<b>Prec (mm/d)</b>	<b>Joulian day 2001.</b>	<b>T max (°C)</b>	<b>T min (°C)</b>	<b>Prec (mm/d)</b>
95	21,33	3,55	0,19	139	30,14	18,45	0,59
96	19,69	7,4	0,78	140	25,8	18,63	0
97	21,53	5,56	0	141	23,38	15,02	0
98	22,02	8,43	0,19	142	27,01	12,51	0,19
99	16,96	10,48	26,01	143	28,81	13,96	6,36
100	16,94	9,17	5,35	144	21,24	14,55	0
101	18,13	10,06	0	145	22,3	13,17	0
102	19,51	7,5	3,54	146	26,6	13,34	9,72
103	19,62	9,56	8,13	147	23,15	14,15	24,83
104	15,74	5,16	0	148	27,5	11,29	0
105	15,05	8,73	1,56	149	32,02	14,22	0
106	17,64	3,54	0	150	34,07	16,66	0
107	16,38	6,11	0	151	33,98	17,19	0
108	21,94	7	0	152	35,56	20,3	0
109	22,92	7,04	0	153	27,79	17,69	0
110	22,42	11,54	0	154	29,03	17,76	0
111	24,84	16,97	0	155	30,65	17,96	0
112	21,22	10,88	1,77	156	24,94	11,09	0
113	19,58	7,52	0	157	27	10,62	0
114	22,15	12,37	0	158	28,83	11,68	0,19
115	25,43	8,56	0	159	27,15	11,89	0
116	27,78	9,68	0	160	30,2	12,95	0
117	26,96	11,91	0	161	32,42	14,71	0
118	27,29	11,6	0	162	35,32	15,66	0
119	25,22	13,2	0	163	36,19	15,27	0
120	22,15	14,52	0	164	30,1	21,58	0
121	22,48	11,63	0	165	30,92	18,09	0
122	24,27	7,68	0	166	27,82	17,2	0
123	25,58	7,72	0	167	30,57	16,66	0
124	26,08	7,85	0	168	30,65	14,28	0
125	25,2	9,92	0	169	31,89	16,27	0
126	21,64	13,5	19,84	170	27,52	19,75	0
127	22,83	13,7	1,17	171	26,58	15,31	9,54
128	18,05	12,33	2,56	172	27,13	14,34	0,19
129	23,47	10,53	3,38	173	29,5	16,63	0
130	14,99	10,48	8,09	174	33,45	17,92	0
131	12,19	6,92	0	175	30,83	17,71	0
132	22,88	9,18	0	176	29,61	22,36	0
133	15,27	12,19	1,76	177	29,23	19,28	0
134	18,18	11,01	5,95	178	31,12	17,49	0
135	22,7	9,87	0	179	32,82	16,76	0
136	26,19	13,94	0	180	32,85	16,18	0
137	26,94	13,79	0	181	30,59	18,64	0
138	22,8	15,96	0	182	30,76	18,17	0

183	25,93	17,77	24,25	233	33,45	18,65	0
184	27,74	16,86	0,19	234	33,27	18,01	0,79
185	29,82	16,6	0	235	32,75	19,35	0
186	32,19	17,76	0	236	31,93	18	0
187	33,47	18,96	0	237	30,88	19,15	0
188	31,68	22,08	0	238	31,95	18,57	0
189	35,23	19,15	0	239	31,6	20,94	0
190	36,23	20,29	0	240	33,32	28,16	0
191	35,32	19,9	0	241	34,97	17,69	0
192	35,07	21,07	0	242	30,72	22,69	0
193	35,65	19,65	0	243	29,45	19,72	0
194	32,6	19,99	0	244	31,51	16,13	0
195	32,96	19,36	0	245	35,13	18,01	0
196	33,32	19,5	0	246	31,08	19,64	0
197	36,28	19,92	0	247	30,16	15,55	0
198	37,46	21,03	0	248	31,23	15,69	3,16
199	34,34	21,05	0	249	28,87	17,22	0
200	34,12	19,57	0	250	28,86	17,75	0
201	35,27	19,51	0	251	27,71	18,91	0
202	33,82	22,14	0	252	31,32	13,35	0
203	29,67	18,18	0	253	32,57	18,61	0
204	31,76	18,93	0	254	29,8	20	0
205	32,93	19,35	0	255	25,67	12,22	0
206	34,97	19,69	0	256	27,2	10,5	0
207	34,79	21,08	4,97	257	27,56	11,38	0
208	34,63	19,19	0	258	27,92	11,97	0
209	34,68	20,33	0	259	30,13	14,24	0
210	33,84	24,73	0	260	30,35	14,59	0
211	34,32	24,33	0	261	30,61	14,88	0
212	30,08	22,49	0,19	262	30,47	17,05	0
213	32,59	21,2	2,37	263	33,42	16,47	0
214	33,73	21,05	0	264	29,03	15,96	0
215	32,29	22,22	0	265	28,41	16,85	0
216	33,17	18,6	0	266	29,32	16,85	0
217	33,27	17,04	0	267	33,57	16,04	0
218	35,8	19,72	0	268	37,33	17,96	0
219	33,34	21,62	0	269	31,55	18,51	0
220	34,86	19,28	0	270	25,82	15,75	0
221	36,55	19,66	0	271	23,98	11,35	0
222	36,07	20,2	0	272	26,96	10,74	0
223	36,18	18,84	0	273	27,34	10,92	0
224	32,07	20,14	6,55				
225	27,05	18,5	9,33				
226	29,73	17,47	0				
227	29,91	18,61	0				
228	30,05	17,65	0				
229	30,68	18,2	0				
230	31,16	17,56	0				
231	32,75	18,25	0				
232	34,21	18,17	0				

Joulian day 2002.	T max ( °C)	T min ( °C)	Prec (mm/d)
98	14,65	5,8	0
99	12,92	5,19	0
100	15,94	9,6	0
101	16,26	5,53	0
102	12,25	8,64	3,94
103	14,71	10,62	2,96
104	21,29	12,91	0
105	17,8	13,02	1,15
106	19,48	12,81	13,67
107	15,74	12,22	8,52
108	14,79	10,8	1,95
109	19,75	7,78	0,19
110	21,01	8,94	0,19
111	18,67	7,74	0
112	18,76	5,97	0
113	20,36	5,67	0
114	19,85	8,94	0,96
115	18,93	7,63	0
116	19,87	7,73	0
117	23,62	6,37	0
118	22,35	11,71	2,75
119	23,01	7,77	0
120	25,74	9,56	0
121	24,47	11,27	0
122	24,83	9,07	0
123	25,55	9,02	0
124	25,64	9,07	0
125	23,93	9,11	0,19
126	23,15	9,34	0
127	22,45	9,87	0
128	18,54	10,72	2,31
129	23,31	11,01	0,19
130	22,88	11,15	0
131	22,96	10,17	0
132	24,95	11,45	1,77
133	19,82	11,23	1,97
134	25,27	10,1	6,94
135	26,77	10,4	0
136	26,39	9,99	0
137	26,59	11,67	0
138	30,22	11,1	0
139	31,56	14,22	0
140	28,46	14,9	2,38
141	22,98	14,35	1,15
142	22,08	13,5	1,57
143	26,45	11,29	0
144	27,1	13,79	0
145	22,12	15,92	0,78
146	20,49	12,55	2,74
147	26,46	11,89	0

Joulian day 2002.	T max ( °C)	T min ( °C)	Prec (mm/d)
148	29,44	13,12	0
149	28,28	13,56	0
150	26,16	15	0
151	25,67	13,5	0
152	28,65	16,28	0
153	29,11	13,73	0,39
154	26,37	13,1	0,19
155	28,34	14,21	0
156	30,72	12,98	0
157	32,57	15,96	0
158	29,56	19,38	0
159	34,81	19,88	0
160	34,34	17,31	0
161	27,05	20,07	1,38
162	29,7	13,58	0
163	29,74	15,87	0
164	29,49	16,97	0
165	30,01	17,07	0
166	32,78	17,08	0
167	33,48	19,73	3,76
168	35,47	18,56	0
169	32,4	22,69	0
170	29,46	18,81	0
171	30,46	18,55	0
172	31	15,54	0
173	31,95	17,29	0
174	34,1	18,14	0
175	34,84	18,54	0
176	31,16	18,41	0,39
177	29,8	16,55	0
178	28,06	19,5	0
179	30,03	14,82	0
180	34,41	16,92	0
181	32,35	19,23	0
182	30,58	19,81	0,59
183	30,75	17,61	0
184	32,19	18,14	0
185	33,44	19,4	0
186	33,73	18,83	0
187	33,7	16,83	0
188	33,98	18,21	2,57
189	31,13	18,44	0,96
190	33,59	20,08	0
191	35,13	18,48	0
192	35,76	19,08	0
193	36,43	20,73	0
194	33,94	23,26	0,39
195	35,26	19,77	0
196	35,91	20,42	0
197	39,71	21,47	0

198	35,95	20,65	0	250	28,21	15,8	4,75
199	34,76	22,78	0	251	25,69	16,46	0,76
200	34,78	20,41	0	252	28,4	14,56	0
201	34,62	20,23	0,19	253	28,58	14,47	0,38
202	33,05	18,69	0	254	27,74	12,81	0
203	36,71	18,93	0	255	27,02	17,36	0
204	34,1	19,67	0	256	24,65	15,62	21,08
205	35,3	17,01	0	257	22,52	15,53	0,19
206	27,33	19,42	2,36	258	19,44	15,58	17,45
207	31,01	17,62	2,76	259	25,46	15,25	0,57
208	24,25	16,88	56,62	260	25,41	11,05	0
209	23,61	17,16	25,98	261	25,93	11,51	0
210	26,18	18,09	1,56	262	26,88	12,92	0
211	27,84	19,65	0	263	27,51	13,38	0
212	30,72	19,36	3,57	264	28,44	14,54	0
213	32,44	18,09	0,19	265	28,84	14,82	0
214	33,04	19,25	0	266	28,64	17,36	1,57
215	34,53	19,3	0	267	27,72	15,01	0,19
216	35,23	20,06	0	268	25,07	17,08	15,51
217	36,94	20,07	0	269	28,09	16,93	0
218	35,67	20,4	0	270	25,98	12,94	0
219	35,63	20,16	0	271	22,75	11,82	19,89
220	32,17	19,81	0	272	21,18	11,71	28,61
221	31,59	17,08	0	273	22,95	10,37	2,17
222	32,26	18,99	0	274	21,73	9,33	0,19
223	34,09	20,4	0	275	19,84	7,13	0
224	32,34	22,38	0	276	21,3	9,85	0
225	32,04	19,54	0	277	22,82	8,55	0
226	30,88	19,59	0	278	23,26	9,08	0,19
227	30,47	18,26	0	279	22,36	15,62	1,54
228	30,92	17,76	14,91	280	24,31	13,47	0
229	30	21	0,2	281	25,52	9,8	0
230	28	21	0,09	282	24,78	9,53	0
231	28,2	19	1,9	283	24,31	11,32	0,19
232	27,2	20	4,2	284	26,04	11,32	0
233	27,4	18,2	1	285	22,55	16,92	24,23
234	29,94	16,39	0	286	22,57	14,13	0,19
235	30,23	18,09	0	287	22,28	10,15	0,19
236	30,84	17,54	0	288	23,06	11,06	0
237	30,91	17,04	0	289	23,64	11,91	0,19
238	29,57	15,24	0	290	24,65	9,95	0
239	27,71	15,62	0	291	24,6	12,55	0,19
240	29,06	15,13	0	292	26,35	11,07	0,19
241	25,27	15,13	2,56	293	21,6	9,26	0
242	25,96	15,6	0,19	294	21,7	6,4	0
243	23,19	15,95	0,58	295	21,68	6,87	0,19
244	25,27	16,75	0	296	24,75	10,57	0
245	25,01	16,21	1,55	297	27,94	15,14	0
246	25,42	17,62	0,19	298	23,17	9,14	0
247	27,82	16,28	0	299	22,3	8,03	0
248	26,53	15,27	3,57	300	23,28	8,68	0
249	28,37	15,45	0	301	24,76	6,75	0,19

302	18,68	6,83	0
303	18,22	1,67	0
304	22,73	0,78	0
305	18,17	5	0
306	19	3,65	0,19
307	20,6	4,14	0
308	20,4	7,2	0
309	21,4	12,7	0
310	13,6	8,1	0
311	9,2	7,5	1,93
312	16,49	9,07	0,93
313	11,62	7,48	0
314	16,19	3,14	0
315	14,01	3,95	0
316	17,76	1,07	0



Α.2 Μέσες θερμοκρασίες αέρα (°C) ανά δεκαήμερο κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002 στο Βελεστίνο, και αντίστοιχα οι μέσοι όροι των τελευταίων 30 ετών .

10-days		2001 (°C) θερμοκρ.	2002 (°C) θερμοκρ.	κλιματική τιμή (°C)	2001 (mm) βροχη	2002 (mm) βροχη	κλιματική τιμή (mm)
	1	11,67	11,28	14,9	40,4	15,05	0
2 Απρ.		13,28	13,82	16,3	13,23	32,57	27,6
	3	17,99	14,51	17,9	1,77	3,71	0
	1	16,5	16,72	19,5	35,04	2,69	0
2 Μάιο.		17,65	18,91	21	8,3	13,06	37,5
	3	20,73	19,35	22,5	41,1	6,24	0
	1	22,01	23,22	23,9	0,19	1,96	0
2 Ιουν.		23,88	24,6	25,1	9,54	3,76	27,4
	3	24,22	24,63	26	0,19	0,39	0
	1	25,3	25,7	26,9	24,44	4,12	0
2 Ιουλ.		27,39	28,3	27,4	0	0,58	15,3
	3	27,09	24,21	27,3	5,16	92,85	0
	1	27,11	26,64	27,2	2,37	0,19	0
2 Αυγ.		24,86	25,15	26,5	15,88	21,3	7,8
	3	26,15	22,27	25	0,79	4,33	0
	1	23,97	21,41	23,6	3,16	11,2	0
2 Σεπτ.		21,82	19,68	22,1	0	39,29	36,3
	3	22,21	20,11	20,6	0	67,94	0
	1		16,7	19		2,11	0
2 Οκτ.			17,78	17,5		25,18	51,2
	3		15	15,8		0,38	0
	1			14,3			0
2 Νοε.				12,9			50,8
	3			11,25			0

Α.3 Υπολογισμός θερμομονάδων (Α.Η.Υ., °C-days) κατά τις διάφορες δειγματοληψίες πάνω από την βασική θερμοκρασία (T=10 °C) από την αρχή της αναβλάστησης του Μίσχανθου (5/4/2001) και (8/4/2002) για τις δυο καλλιεργητικές περιόδους 2001 και 2002 στο Βελεστίνο .

Ημερομην.	Δειγματολ.	Α.Η.Υ.	Ημερομην.	Δειγματολ.	Α.Η.Υ.
30/5/01	1 <sup>η</sup>	384	15/5/02	1 <sup>η</sup>	195
10/7/01	2 <sup>η</sup>	954	7/6/02	2 <sup>η</sup>	428
28/8/01	3 <sup>η</sup>	1765	5/7/02	3 <sup>η</sup>	828
29/9/01	4 <sup>η</sup>	2184	1/8/02	4 <sup>η</sup>	1248
			11/9/02	5 <sup>η</sup>	1786
			21/10/02	6 <sup>η</sup>	2105
			11/11/02	7 <sup>η</sup>	2188

Την καλλιεργητική περίοδο του 2001 χρειάστηκαν 493,7 °C-days με T=5 °C και έπεσαν 106 mm βροχής .Την καλλιεργητική περίοδο του 2002 χρειάστηκαν 475,9 °C-days με Th=5 °C και έπεσαν 109 mm βροχής.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β** . Μετρημένες και υπολογισμένες τιμές Μίσχανθου το 2001 και το 2002.

B.1 Δειγματοληψία 1<sup>η</sup> 30-5-2001

		<i>tillers</i> στο <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>ύψος</i> ( <i>cm</i> )	<i>S L A</i> ( <i>m</i> <sup>2</sup> / <i>kg</i> )	<i>L A I</i>	<i>ολ.ξηρό</i> ( <i>kg/str</i> )
BI	D1	73	174	17,284	3,363	572
	D2	77	172	16,044	4,361	751
	D3	71	167	17,475	4,941	746
BII	D1	105	185	16,547	5,658	872
	D2	82	175	17,450	4,336	724
	D3	62	160	17,432	3,758	523
BIII	D1	97	171	17,361	4,569	803
	D2	63	170	16,755	3,961	681
	D3	60	175	16,499	3,245	489
BIV	D1	70	167	19,256	3,236	473
	D2	70	160	21,605	3,745	561
	D3	67	158	19,339	3,997	586

B.2 Δειγματοληψία 2<sup>η</sup> 10-7-2001

		<i>tillers</i> στο <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>ύψος</i> ( <i>cm</i> )	<i>S L A</i> ( <i>m</i> <sup>2</sup> / <i>kg</i> )	<i>L A I</i>	<i>ολ.ξηρό</i> ( <i>kg/str</i> )
BI	D1	99	204	14,821	7,051	1840
	D2	109	198	14,962	10,995	2431
	D3	79	190	15,549	7,707	1582
BII	D1	73	210	16,645	6,340	1148
	D2	105	210	14,360	11,227	2376
	D3	70	215	15,371	7,803	1421
BIII	D1	74	205	15,449	5,961	1182
	D2	75	201	15,162	9,486	1821
	D3	74	210	14,832	5,592	1541
BIV	D1	86	215	14,442	7,186	1394
	D2	89	207	15,691	8,766	2040
	D3	89	195	15,982	7,936	1645

B.3 Δειγματοληψία 3<sup>η</sup>

28-8-2001

		tillers		ύψος (cm)	S L A (m <sup>2</sup> /kg)	L A I	ολ.ξηρό (kg/str)
		στο	m <sup>2</sup>				
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	75		235	12,798	6,784	2187
	<b>D2F0</b>	85		235	13,519	10,078	3620
	<b>D3F0</b>	78		210	14,578	10,166	3240
	<b>D1F1</b>	85		220	14,225	6,451	2367
	<b>D2F1</b>	87		230	13,657	10,221	3248
	<b>D3F1</b>	82		215	15,915	10,252	3097
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	88		210	13,378	7,105	2067
	<b>D2F0</b>	66		230	13,051	8,931	2588
	<b>D3F0</b>	66		215	15,588	9,312	2282
	<b>D1F1</b>	70		220	15,607	7,035	1760
	<b>D2F1</b>	80		220	15,269	10,157	2925
	<b>D3F1</b>	85		215	14,408	8,903	2806
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	77		250	15,128	5,923	2034
	<b>D2F0</b>	60		215	14,355	7,504	2456
	<b>D3F0</b>	68		228	16,010	8,634	2473
	<b>D1F1</b>	75		215	15,794	6,504	2000
	<b>D2F1</b>	86		220	14,359	11,299	3367
	<b>D3F1</b>	75		225	11,432	8,317	2688
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	73		230	13,425	5,857	2033
	<b>D2F0</b>	71		225	14,306	10,445	3020
	<b>D3F0</b>	57		230	12,571	6,802	2551
	<b>D1F1</b>	72		215	14,790	5,688	1837
	<b>D2F1</b>	80		230	15,797	12,919	3092
	<b>D3F1</b>	78		220	14,791	7,244	2410

B.4 Δειγματοληψία 4<sup>η</sup>

29-9-2001

		tillers		ύψος (cm)	S L A (m <sup>2</sup> /kg)	L A I	ολ.ξηρό (kg/str)
		στο	m <sup>2</sup>				
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	81		230	11,725	1,217	2229
	<b>D2F0</b>	85		240	11,588	2,845	3125
	<b>D3F0</b>	85		230	12,505	0,755	2509
	<b>D1F1</b>	86		230	6,628	0,913	2470
	<b>D2F1</b>	84		230	11,321	1,040	2780
	<b>D3F1</b>	85		225	11,980	1,816	2238
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	68		220	11,276	1,553	1597
	<b>D2F0</b>	63		240	12,934	1,055	2511
	<b>D3F0</b>	85		245	13,370	1,225	2540
	<b>D1F1</b>	76		240	12,297	0,864	2022
	<b>D2F1</b>	74		235	12,612	0,887	2575
	<b>D3F1</b>	85		230	11,819	0,845	2613
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	73		235	10,675	1,244	1944
	<b>D2F0</b>	60		240	11,527	1,630	2189
	<b>D3F0</b>	70		240	10,901	0,910	2358
	<b>D1F1</b>	69		235	11,699	1,044	1884
	<b>D2F1</b>	80		240	11,757	1,689	1829
	<b>D3F1</b>	75		230	12,933	1,755	2682
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	88		240	13,042	1,862	2087
	<b>D2F0</b>	68		230	14,271	1,317	2446
	<b>D3F0</b>	81		230	10,524	1,622	2521
	<b>D1F1</b>	73		225	10,235	0,660	1745
	<b>D2F1</b>	75		220	11,417	1,340	2678
	<b>D3F1</b>	79		230	10,537	1,248	2320

B.5 Δειματοληψία 1<sup>η</sup> 15-5-2002

		<i>tillers</i> στο <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>ύψος</i> ( <i>cm</i> )	<i>S L A</i> ( <i>m</i> <sup>2</sup> / <i>kg</i> )	<i>L A I</i>	ολ. ξηρό ( <i>kg/str</i> )
BI	D1	101	105	18,315	3,028	341
	D2	116	108	17,933	3,407	479
	D3	111	120	19,282	3,039	426
BII	D1	123	110	19,667	4,716	606
	D2	105	105	18,675	6,382	847
	D3	116	105	18,804	1,972	242
BIII	D1	68	100	18,302	1,753	227
	D2	95	80	18,769	3,836	384
	D3	107	102	19,116	3,639	483
BIV	D1	98	70	19,000	5,553	553
	D2	76	115	22,108	5,229	536
	D3	96	120	18,466	1,002	125

B.6 Δειγματοληψία 2<sup>η</sup> 7-6-2002

	tillers στο m <sup>2</sup>	ύψος (cm)	SLA (m <sup>2</sup> /kg)	LAI	ολ.ξηρό (kg/str)
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	98	15,252	5,179	1523
	<b>D2F0</b>	80	14,447	4,124	1430
	<b>D3F0</b>	92	13,094	3,822	1239
	<b>D1F1</b>	98	13,753	4,374	1323
	<b>D2F1</b>	93	20,829	5,605	1236
	<b>D3F1</b>	90	16,976	5,248	1344
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	103	15,249	4,973	1480
	<b>D2F0</b>	105	14,625	6,590	1921
	<b>D3F0</b>	110	11,941	6,654	1960
	<b>D1F1</b>	105	14,117	5,212	1442
	<b>D2F1</b>	111	34,208	7,503	2008
	<b>D3F1</b>	109	15,006	6,710	1569
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	88	14,328	5,308	1346
	<b>D2F0</b>	102	15,578	6,785	1390
	<b>D3F0</b>	108	25,721	4,895	1157
	<b>D1F1</b>	87	15,586	4,537	1256
	<b>D2F1</b>	86	13,791	4,251	1172
	<b>D3F1</b>	105	14,431	4,644	1431
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	103	13,906	5,696	1649
	<b>D2F0</b>	94	13,587	5,016	1293
	<b>D3F0</b>	97	12,919	4,754	1109
	<b>D1F1</b>	98	14,463	4,093	1201
	<b>D2F1</b>	80	14,780	4,716	1103
	<b>D3F1</b>	92	13,174	4,859	1214

B.7 Δειγματοληψία 3<sup>η</sup> 5-7-2002

	tillers στο m <sup>2</sup>	ύψος (cm)	SLA (m <sup>2</sup> /kg)	LAI	ολ.ξηρό (kg/str)
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	106	16,083	7,804	1744
	<b>D2F0</b>	95	14,516	8,430	2084
	<b>D3F0</b>	81	14,646	7,305	1582
	<b>D1F1</b>	92	13,580	7,044	1528
	<b>D2F1</b>	100	12,972	9,417	2314
	<b>D3F1</b>	96	14,552	8,352	1925
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	84	13,825	5,291	1337
	<b>D2F0</b>	101	12,238	7,909	2277
	<b>D3F0</b>	74	14,397	6,518	1499
	<b>D1F1</b>	104	12,242	6,242	1910
	<b>D2F1</b>	109	16,033	10,320	2470
	<b>D3F1</b>	105	11,108	8,368	2562
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	81	14,437	5,144	1453
	<b>D2F0</b>	90	12,405	7,281	2107
	<b>D3F0</b>	113	13,955	10,168	2198
	<b>D1F1</b>	76	13,684	4,491	1220
	<b>D2F1</b>	99	14,083	10,227	2542
	<b>D3F1</b>	107	14,968	10,243	2360
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	93	15,472	7,457	1582
	<b>D2F0</b>	74	14,972	6,631	1436
	<b>D3F0</b>	75	18,204	9,075	1527
	<b>D1F1</b>	83	14,256	7,830	1528
	<b>D2F1</b>	68	19,187	10,223	1382
	<b>D3F1</b>	71	16,514	6,108	1440

B.8 Δεγματοληψία 4<sup>η</sup> 1-8-2002B.9 Δεγματοληψία 5<sup>η</sup> 11-9-2002

	tillers στο m <sup>2</sup>	ύψος (cm)	SLA (m <sup>2</sup> /kg)	LAI	ο.λ.ξηρό (kg/str)
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	83	13,526	7,402	1943
	<b>D2F0</b>	69	10,915	7,061	2167
	<b>D3F0</b>	72	10,766	6,169	1940
	<b>D1F1</b>	80	10,935	6,043	1912
	<b>D2F1</b>	99	11,576	10,630	2891
	<b>D3F1</b>	78	11,815	7,575	2599
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	74	14,915	8,283	1943
	<b>D2F0</b>	97	12,342	11,563	3620
	<b>D3F0</b>	100	14,616	10,879	2480
	<b>D1F1</b>	88	12,876	8,310	2460
	<b>D2F1</b>	118	12,928	12,910	3823
	<b>D3F1</b>	108	11,801	8,946	3474
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	81	13,858	6,785	2029
	<b>D2F0</b>	95	10,760	8,969	3187
	<b>D3F0</b>	113	12,085	10,616	3486
	<b>D1F1</b>	78	14,858	8,774	2068
	<b>D2F1</b>	109	11,697	11,271	4130
	<b>D3F1</b>	73	13,706	8,584	2430
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	75	19,170	7,055	1649
	<b>D2F0</b>	59	14,830	7,323	1951
	<b>D3F0</b>	87	13,833	10,904	2346
	<b>D1F1</b>	81	10,258	6,541	2425
	<b>D2F1</b>	65	13,076	7,249	2045
	<b>D3F1</b>	80	15,278	9,810	2094

	tillers στο m <sup>2</sup>	ύψος (cm)	SLA (m <sup>2</sup> /kg)	LAI	ο.λ.ξηρό (kg/str)
<b>BI</b>	<b>D1F0</b>	76	9,567	5,378	2409
	<b>D2F0</b>	97	11,720	10,993	4706
	<b>D3F0</b>	79	13,500	7,795	3307
	<b>D1F1</b>	70	11,875	6,938	2277
	<b>D2F1</b>	95	11,600	12,644	4552
	<b>D3F1</b>	69	9,952	8,856	3430
<b>BII</b>	<b>D1F0</b>	81	12,436	7,357	3034
	<b>D2F0</b>	68	11,510	8,621	3113
	<b>D3F0</b>	86	11,892	9,337	4506
	<b>D1F1</b>	68	11,810	4,944	2359
	<b>D2F1</b>	72	12,800	7,480	3676
	<b>D3F1</b>	86	11,752	9,116	3796
<b>BIII</b>	<b>D1F0</b>	58	10,910	3,872	1823
	<b>D2F0</b>	74	11,370	9,108	4343
	<b>D3F0</b>	73	11,810	8,890	2682
	<b>D1F1</b>	74	10,987	5,374	1838
	<b>D2F1</b>	78	10,810	8,517	3247
	<b>D3F1</b>	84	10,320	7,151	4038
<b>BIV</b>	<b>D1F0</b>	66	12,045	6,328	1981
	<b>D2F0</b>	65	12,132	11,240	2871
	<b>D3F0</b>	74	13,400	10,968	3290
	<b>D1F1</b>	58	12,796	5,474	1624
	<b>D2F1</b>	87	13,100	9,341	3938
	<b>D3F1</b>	56	12,098	7,317	2487

B.10 Δεγματοληψία 6<sup>η</sup> 21-10-2002

	tillers		ύψος (cm)	S LA (m <sup>2</sup> /kg)	L AI	ολ.ξηρό (kg/str)
	στο	m <sup>2</sup>				
<b>BI</b>	D1F0	68	335	8,598	4,099	2910
	D2F0	85	320	10,848	7,268	4032
	D3F0	94	320	11,601	7,922	4162
	D1F1	84	280	14,271	7,693	2928
	D2F1	85	300	9,799	6,352	3909
	D3F1	65	305	10,719	6,698	3151
<b>BII</b>	D1F0	73	310	9,552	3,812	2851
	D2F0	72	337	8,192	4,888	3706
	D3F0	98	280	10,131	6,370	3816
	D1F1	72	310	9,169	4,696	2981
	D2F1	87	353	10,522	7,312	5304
	D3F1	69	345	9,615	4,625	3524
<b>BIII</b>	D1F0	61	360	8,646	2,832	3024
	D2F0	71	340	10,840	4,626	3404
	D3F0	77	330	14,235	7,538	3642
	D1F1	62	365	10,343	4,487	2794
	D2F1	89	320	12,061	8,000	4020
	D3F1	71	328	9,266	5,521	3800
<b>BIV</b>	D1F0	72	340	14,258	8,978	3070
	D2F0	85	332	10,035	6,819	4549
	D3F0	90	300	10,625	8,413	3672
	D1F1	75	305	8,922	5,824	3099
	D2F1	79	290	9,737	6,879	3495
	D3F1	70	326	9,828	5,858	3734

B.11 Δεγματοληψία 7<sup>η</sup> 11-11-2002

	tillers		ολ.ξηρό (kg/str)
	στο	m <sup>2</sup>	
<b>BI</b>	D1F0	80	2321
	D2F0	74	3299
	D3F0	68	2458
	D1F1	69	1803
	D2F1	63	2664
	D3F1	92	3494
<b>BII</b>	D1F0	67	2051
	D2F0	67	3304
	D3F0	77	3357
	D1F1	67	2207
	D2F1	74	3410
	D3F1	87	3275
<b>BIII</b>	D1F0	74	2236
	D2F0	75	3548
	D3F0	73	3119
	D1F1	68	2158
	D2F1	77	3258
	D3F1	90	3452
<b>BIV</b>	D1F0	73	2707
	D2F0	67	2734
	D3F0	72	2405
	D1F1	67	1994
	D2F1	70	2890
	D3F1	89	2769

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.

Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) μετρημένων χαρακτηριστικών Μίσχανθου στο Βελεστίνο κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2001 και του 2002.

REPLICATION=ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ

FACTOR A = ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

FACTOR B = ΛΙΠΑΝΣΗ

AB = ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.

### Γ.1 αριθμός αδελφιών ανά m<sup>2</sup>.

#### 21-10-2002

#### ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	245.833	81.944	3.7413	0.0794
2	Factor A	2	510.250	255.125	11.6481	0.0086
-3	Error	6	131.417	21.903		
4	Factor B	1	60.167	60.167	1.1601	0.3095
6	AB	2	958.083	479.042	9.2370	0.0066
-7	Error	9	466.750	51.861		
Total		23	2372.500			

Coefficient of Variation: 9.32%

#### 11-11-2002

#### ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	38.333	12.778	0.7712	
2	Factor A	2	560.583	280.292	16.9162	0.0034
-3	Error	6	99.417	16.569		
4	Factor B	1	88.167	88.167	4.6471	0.0595
6	AB	2	556.083	278.042	14.6552	0.0015
-7	Error	9	170.750	18.972		
Total		23	1513.333			

Coefficient of Variation: 5.87%



Γ.2 Υψος Μίσγανθου.

**1-8-2002**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	2110.833	703.611	14.7654	0.0035
2	Factor A	2	565.750	282.875	5.9362	0.0378
-3	Error	6	285.917	47.653		
4	Factor B	1	13.500	13.500	0.0996	
6	AB	2	256.750	128.375	0.9472	
-7	Error	9	1219.750	135.528		
Total		23	4452.500			

Coefficient of Variation: 4.81%

Γ.3 Είδική φυλλική επιφάνεια (SLA)

**1-8-2002**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	24.370	8.123	12.6287	0.0053
2	Factor A	2	9.423	4.712	7.3248	0.0245
-3	Error	6	3.860	0.643		
4	Factor B	1	4.871	4.871	1.2529	0.2920
6	AB	2	15.026	7.513	1.9326	0.2003
-7	Error	9	34.988	3.888		
Total		23	92.538			

Coefficient of Variation: 15.15%

Γ. 4 Δείκτης φιλικής επιφάνειας (LAI)

**10-7-2001**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	4.576	1.525	2.0794	0.2044
2	Factor A	2	27.604	13.802	18.8134	0.0026
-3	Error	6	4.402	0.734		
Total		11	36.582			

Coefficient of Variation: 10.70%

**28-8-2001**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	3.425	1.142	0.4399	
2	Factor A	2	57.880	28.940	11.1497	0.0095
-3	Error	6	15.574	2.596		
4	Factor B	1	2.325	2.325	4.9679	0.0528
6	AB	2	4.995	2.498	5.3368	0.0296
-7	Error	9	4.212	0.468		
Total		23	88.412			

Coefficient of Variation: 8.11%

**11-9-2002**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	9.207	3.069	1.4341	0.3227
2	Factor A	2	69.967	34.983	16.3470	0.0037
-3	Error	6	12.840	2.140		
4	Factor B	1	1.890	1.890	1.1122	0.3191
6	AB	2	1.193	0.597	0.3511	
-7	Error	9	15.293	1.699		
Total		23	110.391			

Coefficient of Variation: 16.21%

Γ.5 Ολικό ζηρό βάρος (kg/str).

**10-7-2001**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	300166.917	100055.639	2.1430	0.1961
2	Factor A	2	1347573.500	673786.750	14.4313	0.0051
-3	Error	6	280135.833	46689.306		
Total		11	1927876.250			

Coefficient of Variation: 12.70%

**28-8-2001**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	1131560.333	377186.778	14.8193	0.0035
2	Factor A	2	4160540.250	2080270.125	81.7318	0.0000
-3	Error	6	152714.417	25452.403		
4	Factor B	1	45588.167	45588.167	0.6283	
6	AB	2	108559.083	54279.542	0.7480	
-7	Error	9	653057.750	72561.972		
Total		23	6252020.000			

Coefficient of Variation: 10.40%

**11-9-2002**

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	2310684.458	770228.153	1.8767	0.2344
2	Factor A	2	11831699.250	5915849.625	14.4143	0.0051
-3	Error	6	2462490.417	410415.069		
4	Factor B	1	26867.042	26867.042	0.0817	
6	AB	2	156352.583	78176.292	0.2378	
-7	Error	9	2958723.875	328747.097		
Total		23	19746817.625			

Coefficient of Variation: 18.27%

21-10-2002

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	211145.458	70381.819	0.8545	
2	Factor A	2	4976654.333	2488327.167	30.2112	0.0007
-3	Error	6	494185.667	82364.278		
4	Factor B	1	408.375	408.375	0.0016	
6	AB	2	280975.000	140487.500	0.5376	
-7	Error	9	2351748.125	261305.347		
Total		23	8315116.958			

Coefficient of Variation: 14.34%

11-11-2002

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	640064.458	213354.819	1.9973	0.2159
2	Factor A	2	4407170.333	2203585.167	20.6285	0.0020
-3	Error	6	640932.667	106822.111		
4	Factor B	1	1134.375	1134.375	0.0133	
6	AB	2	560713.000	280356.500	3.2989	0.0842
-7	Error	9	764860.125	84984.458		
Total		23	7014874.958			

Coefficient of Variation: 10.46%

Function: FACTOR

Experiment Model Number 9:

Randomized Complete Block Design for Factor A, with  
Factor B a Split Plot on A

Data case no. 1 to 24.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 2: REPLICATION) with values from 1 to 4  
Factor A (Var 3: PYKNOTHTA) with values from 1 to 3  
Factor B (Var 4: LIPANSH) with values from 1 to 2

Variable 1: 1-8-2002 SHPO BAPOE

Grand Mean = 2545.500    Grand Sum = 61092.000    Total Count = 24

T A B L E    O F    M E A N S

2	3	4	7	Total
1	*	*	2242.000	13452.000
2	*	*	2966.667	17800.000
3	*	*	2888.333	17330.000
4	*	*	2085.000	12510.000
*	1	*	2053.625	16429.000
*	2	*	2976.750	23814.000
*	3	*	2606.125	20849.000
*	*	1	2395.083	28741.000
*	*	2	2695.917	32351.000
*	1	1	1891.000	7564.000
*	1	2	2216.250	8865.000
*	2	1	2731.250	10925.000
*	2	2	3222.250	12889.000
*	3	1	2563.000	10252.000
*	3	2	2649.250	10597.000

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	3	3594531.333	1198177.111	3.8140	0.0766
2	Factor A	2	3452743.750	1726371.875	5.4954	0.0440
-3	Error	6	1884903.917	314150.653		
4	Factor B	1	543004.167	543004.167	2.7774	0.1300
6	AB	2	165611.083	82805.542	0.4235	
-7	Error	9	1759571.750	195507.972		
Total		23	11400366.000			

Coefficient of Variation: 17.37%

s<sub>y</sub> for means group 1: 228.8197    Number of Observations: 6

s<sub>y</sub> for means group 2: 198.1636    Number of Observations: 8

s<sub>y</sub> for means group 4: 127.6414    Number of Observations: 12

s<sub>y</sub> for means group 6: 221.0814    Number of Observations: 4

Συνδυασμένη Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) μετρημένων χαρακτηριστικών Μίσχανθου στο Βελεστίνο κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2001 και του 2002.

LOCATION= ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ

REPLICATION=ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ

FACTOR A = ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

FACTOR B = ΛΙΠΑΝΣΗ

AB = ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ & ΛΙΠΑΝΣΗΣ.

LA= ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ & ΠΕΡΙΟΔΟΥ

LB= ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΟΔΟΥ & ΛΙΠΑΝΣΗΣ

LAB= ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ, ΛΙΠΑΝΣΗΣ & ΠΕΡΙΟΔΟΥ

hight 1775 qdd

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	64094.083	64094.083	450.4856	0.0000
3	R(L)	6	697.167	116.194	0.8167	
4	Factor A	2	1033.042	516.521	3.6304	0.0585
5	LA	2	455.292	227.646	1.6000	0.2421
-7	Error	12	1707.333	142.278		
8	Factor B	1	936.333	936.333	6.2853	0.0220
9	LB	1	120.333	120.333	0.8078	
12	AB	2	313.292	156.646	1.0515	0.3699
13	LAB	2	345.542	172.771	1.1598	0.3359
-15	Error	18	2681.500	148.972		
Total		47	72383.917			

Coefficient of Variation: 4.70%

sla 1775 qdd

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	72.437	72.437	83.7287	0.0000
3	R(L)	6	10.698	1.783	2.0608	0.1349
4	Factor A	2	1.532	0.766	0.8855	
5	LA	2	2.497	1.249	1.4434	0.2743
-7	Error	12	10.382	0.865		
8	Factor B	1	1.356	1.356	1.0221	0.3254
9	LB	1	10.775	10.775	8.1208	0.0106
12	AB	2	8.425	4.213	3.1749	0.0659

13	LAB	2	0.005	0.003	0.0020
-15	Error	18	23.883	1.327	
Total		47	141.990		
Coefficient of Variation: 8.77%					

Function: FACTOR

Experiment Model Number 20:

Two Factor Randomized Complete Block Design with Split Plot  
Combined over Locations

Data case no. 1 to 48.

Factorial ANOVA for the factors:

Location (Var 2: YEAR) with values from 1 to 2  
Replication (Var 3: REPLICATIONS) with values from 1 to 4  
Factor A (Var 4: PYKNOTHTA) with values from 1 to 3  
Factor B (Var 5: LIPANSH) with values from 1 to 2

**Variable 1: 1775 °C-days (3<sup>η</sup> κοπή 2001 με 5<sup>η</sup> κοπή 2002)**

Grand Mean = 2864.063    Grand Sum = 137475.000    Total Count = 48

T A B L E   O F   M E A N S

	2	3	4	5	10	Total
1	*	*	*		2589.500	62148.000
2	*	*	*		3138.625	75327.000
1	1	*	*		2959.833	17759.000
1	2	*	*		2404.667	14428.000
1	3	*	*		2503.000	15018.000
1	4	*	*		2490.500	14943.000
2	1	*	*		3446.833	20681.000
2	2	*	*		3414.000	20484.000
2	3	*	*		2995.167	17971.000
2	4	*	*		2698.500	16191.000
*	*	1	*		2101.875	33630.000
*	*	2	*		3422.625	54762.000
*	*	3	*		3067.688	49083.000
1	*	1	*		2035.625	16285.000
1	*	2	*		3039.500	24316.000
1	*	3	*		2693.375	21547.000
2	*	1	*		2168.125	17345.000

2	*	2	*	3805.750	30446.000
2	*	3	*	3442.000	27536.000
-----					
*	*	*	1	2859.000	68616.000
*	*	*	2	2869.125	68859.000
-----					
1	*	*	1	2545.917	30551.000
1	*	*	2	2633.083	31597.000
2	*	*	1	3172.083	38065.000
2	*	*	2	3105.167	37262.000
-----					
*	*	1	1	2196.000	17568.000
*	*	1	2	2007.750	16062.000
*	*	2	1	3339.625	26717.000
*	*	2	2	3505.625	28045.000
*	*	3	1	3041.375	24331.000
*	*	3	2	3094.000	24752.000
-----					
1	*	1	1	2080.250	8321.000
1	*	1	2	1991.000	7964.000
1	*	2	1	2921.000	11684.000
1	*	2	2	3158.000	12632.000
1	*	3	1	2636.500	10546.000
1	*	3	2	2750.250	11001.000
2	*	1	1	2311.750	9247.000
2	*	1	2	2024.500	8098.000
2	*	2	1	3758.250	15033.000
2	*	2	2	3853.250	15413.000
2	*	3	1	3446.250	13785.000
2	*	3	2	3437.750	13751.000
-----					

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	3618459.188	3618459.188	12.6035	0.0015
3	R(L)	6	3442244.792	573707.465	2.6325	0.0725
4	Factor A	2	14950159.875	7475079.938	34.2998	0.0000
5	LA	2	1042079.625	521039.813	2.3908	0.1337
-7	Error	12	2615204.833	217933.736		
8	Factor B	1	1230.188	1230.188	0.0061	
9	LB	1	71225.021	71225.021	0.3550	
12	AB	2	261823.625	130911.813	0.6524	
13	LAB	2	3088.042	1544.021	0.0077	
-15	Error	18	3611781.625	200654.535		
Total		47	29617296.813			

Coefficient of Variation: 15.64%

s\_ for means group 1: 95.2920  
y

Number of Observations: 24



s <sub>Y</sub> for means group 3:	190.5841	Number of Observations: 6
s <sub>Y</sub> for means group 4:	116.7084	Number of Observations: 16
s <sub>Y</sub> for means group 5:	165.0506	Number of Observations: 8
s <sub>Y</sub> for means group 8:	91.4363	Number of Observations: 24
s <sub>Y</sub> for means group 9:	129.3105	Number of Observations: 12
s <sub>Y</sub> for means group 12:	158.3724	Number of Observations: 8
s <sub>Y</sub> for means group 13:	223.9724	Number of Observations: 4

=====

**Variable 1: 2178 °C-days (4<sup>η</sup> κοπή 2001 με 7<sup>η</sup> κοπή 2002)**

Grand Mean = 2558.438    Grand Sum = 122805.000    Total Count = 48

T A B L E   O F   M E A N S

	2	3	4	5	11	Total
1	*	*	*		2328.833	55892.000
2	*	*	*		2788.042	66913.000
1	1	*	*		2558.500	15351.000
1	2	*	*		2309.667	13858.000
1	3	*	*		2147.667	12886.000
1	4	*	*		2299.500	13797.000
2	1	*	*		2673.167	16039.000
2	2	*	*		2934.000	17604.000
2	3	*	*		2961.833	17771.000
2	4	*	*		2583.167	15499.000
*	*	1	*		2090.938	33455.000
*	*	2	*		2827.500	45240.000
*	*	3	*		2756.875	44110.000
1	*	1	*		1997.250	15978.000
1	*	2	*		2516.625	20133.000
1	*	3	*		2472.625	19781.000
2	*	1	*		2184.625	17477.000
2	*	2	*		3138.375	25107.000
2	*	3	*		3041.125	24329.000
*	*	*	1		2566.458	61595.000
*	*	*	2		2550.417	61210.000

1	*	*	1	2338.000	28056.000
1	*	*	2	2319.667	27836.000
2	*	*	1	2794.917	33539.000
2	*	*	2	2781.167	33374.000
*	*	1	1	2146.500	17172.000
*	*	1	2	2035.375	16283.000
*	*	2	1	2894.500	23156.000
*	*	2	2	2760.500	22084.000
*	*	3	1	2658.375	21267.000
*	*	3	2	2855.375	22843.000
1	*	1	1	1964.250	7857.000
1	*	1	2	2030.250	8121.000
1	*	2	1	2567.750	10271.000
1	*	2	2	2465.500	9862.000
1	*	3	1	2482.000	9928.000
1	*	3	2	2463.250	9853.000
2	*	1	1	2328.750	9315.000
2	*	1	2	2040.500	8162.000
2	*	2	1	3221.250	12885.000
2	*	2	2	3055.500	12222.000
2	*	3	1	2834.750	11339.000
2	*	3	2	3247.500	12990.000

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

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Location	1	2530467.521	2530467.521	13.4161	0.0006
3	R(L)	6	1160840.125	193473.354	1.6374	0.2199
4	Factor A	2	5285253.125	2642626.563	22.3654	0.0001
5	LA	2	449031.292	224515.646	1.9001	0.1919
-7	Error	12	1417885.250	118157.104		
8	Factor B	1	3088.021	3088.021	0.0471	
9	LB	1	63.021	63.021	0.0010	
12	AB	2	273367.042	136683.521	2.0859	0.1532
13	LAB	2	315654.542	157827.271	2.4085	0.1183
-15	Error	18	1179515.875	65528.660		
Total		47	12615165.813			

Coefficient of Variation: 10.01%

$s_y$  for means group 1: 70.1656      Number of Observations: 24

$s_y$  for means group 3: 140.3312      Number of Observations: 6

$s_y$  for means group 4: 85.9350      Number of Observations: 16

$s_y$  for means group 5: 121.5304      Number of Observations: 8

Y  
s\_ for means group 8: 52.2529 Number of Observations: 24  
Y  
s\_ for means group 9: 73.8967 Number of Observations: 12  
Y  
s\_ for means group 12: 90.5046 Number of Observations: 8  
Y  
s\_ for means group 13: 127.9928 Number of Observations: 4  
Y

---

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Φωτογραφικό υλικό υπό Σωτήρη Αρχοντούλη.



Εικ : δειγματοληψία-επιλογή φυτού



Εικ 2 :δειγματοληψία-κοπή του φυτού



Εικ 3 : δειγματοληψία-συγκέντρωση φυτών



Εικ 4 : δειγματοληψία- μεταφορά φυτών



Εικ 5 : συγκέντρωση φυτών για επεξεργασία



Εικ 6 : μέτρηση αδελφιών-βάρους



Εικ 7 : επιλογή φυτών για περαιτέρω επεξεργασία



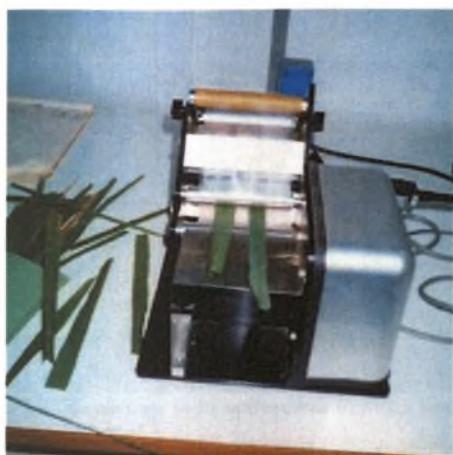
Εικ 8 : διαχωρισμός βλαστών-ξηρών,χλωρών φύλλων



Εικ 9 : τοποθέτηση δειγμάτων σε χαρτοσακούλες



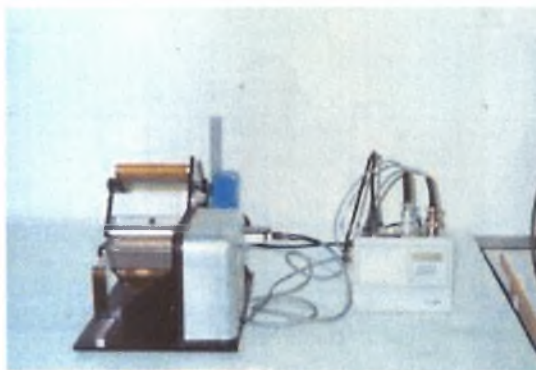
Εικ 10 : ζυγός ακριβείας (Εργαστ. Γεωργίας)



Εικ 11 : μέτρηση φυλ. επιφάνειας στο Εργ. Γεωργίας



Εικ 12 : κλίβανος για ξήρανση φυτών στο Εργ. Γεωργ. Μηχανολογίας.



Εικ 13 : μέτρηση φυλ. επιφάνειας στο Εργ. Γεωργίας



Εικ 14 : μικρό χορτοκοπτικό μηχανήμα.



Εικ 15,16 : μέτρηση ρυθμού αφομοίωσης CO<sub>2</sub>, εξοπλισμός Εργαστηρίου Γεωργίας



Εικ 17 : κοπή καλλιέργειας 27-11-2002 στο Βελεστίνο.



Εικ 18 : κοπή καλλιέργειας 27-11-02 στο Βελεστίνο.



Εικ 19 : δεματοποίηση ορθογώνια δεματα Μίσχανθου  
( πηγη: internet )



Εικ 20 : κυλινδρικά δέματα  
(πηγη: Αγροτόραμα)



Εικ 21 : μηχανήμα περιποίησης χόρτου  
( πηγη: Αγροτοραμα)



Εικ 22 : αρχικό στάδιο ανάπτυξης 22-5-02



Εικ 23 : Μίσχανθος – Βελεστίνο 22-5-02



Εικ 24 : μια ρίζα Μίσχανθου 22-5-02



**Εικ 25 : Μίσχανθος – Βελεστίνο 11-9-2002**



**Εικ 26 : Μίσχανθος - Βελεστίνο 11-9-2002**



**Εικ 27 : Μίσχανθος – Βελεστίνο 15-9-2002**



**Εικ 28 : Έναρξη ανθοφορίας Μίσχανθου 15-9-02**



**Εικ 29 : Μίσχανθος στο στάδιο ανθοφορίας 30-9-02**



**Εικ 30 : Ανθοφορία Μίσχανθου - Βελεστίνο 5-10-02**



**Εικ 31 : Μίσχανθος ανθοφορία– Βελεστίνο 5-10-2002**



**Εικ 32 : Μίσχανθος – όργανα καρποφορίας**





Εικ 33 : Καλλιέργεια Μίσχανθος – Βελεστίνο 27-10-02



Εικ 34 : Καλλιέργεια Μίσχανθος - Βελεστίνο 11-11-02



Εικ 35 : Πειραματικός αγρός Μίσχανθου 11-11-2002



Εικ 36 : Μίσχανθος - Βελεστίνο 27-11-2002



Εικ 37 : Μίσχανθος – Βελεστίνο 27-11-2002



Εικ 38 : Μίσχανθος- ψιλοτεμαχισμένος (υγρασία <20%)



Εικ 39 : καύση Μίσχανθου (καυστήρας)



Εικ 40 : σύστημα τροφοδοσίας υλικού για καύση

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Μίσχανθος, ένα αγροστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας, μελετάται διεθνώς ως εναλλακτική καλλιέργεια παραγωγής ενέργειας και κατασκευαστικών υλών.

Μελετήθηκε η επίδραση τριών διαφορετικών πληθυσμών φυτών (670, 1000, 2000 φυτά/στρέμμα) και δυο επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (5 και 10 kg N /στρέμμα) στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του Μίσχανθου (*Miscanthus sinensis x giganteus*) στον πειραματικό αγρό του Π.Θ στο Βελεστίνο Μαγνησίας, τα έτη 2001 και 2002 (4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> έτος καλλιέργειας).

Έγιναν δειγματοληψίες – κοπές κατά την διάρκεια των δύο καλλιεργητικών περιόδων, όπου μετρήθηκαν το ύψος των φυτών, ο αριθμός αδελφιών, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), η ειδική φυλλική επιφάνεια, και το ξηρό βάρος. Βρέθηκε ότι η λίπανση (μέσα στα μελετημένα επίπεδα) δεν επηρέασε την ανάπτυξη και την παραγωγή βιομάζας καθώς επίσης δεν παρατηρήθηκε καμία αλληλεπίδραση με την πυκνότητα πληθυσμού.

Αντίθετα σημειώθηκε σημαντική επίδραση της πυκνότητας των φυτών, με τους μεσαίους και τους πυκνούς πληθυσμούς να δίνουν μέγιστη παραγωγικότητα. Το 2002 παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτοι ρυθμοί αύξησης, που ξεπέρασαν τους 4 τόνους/στρέμμα ξηρής βιομάζας προς το τέλος Οκτωβρίου στην μεσαία πυκνότητα (1000 φυτά/στρέμμα), ενώ το ύψος των φυτών έφτασε τα 3,25 m. Ο αριθμός αδελφιών έδειξε να ποικίλει με τις διαφορετικές πυκνότητες μεταξύ των 70-80 αδελφιών / m<sup>2</sup>. Διαφοροποιήθηκε επίσης και το LAI μεταξύ των διαφορετικών πυκνοτήτων φύτευσης, φτάνοντας μέγιστη τιμή το 10. Η καλλιέργεια δύο μήνες μετά την αναβλάστηση της είχε κλειστή φυλλοστοιβάδα με LAI >5 και τις δυο χρονιές, και διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα μέχρι σχεδόν την τελική συγκομιδή της καλλιέργειας. Επίσης μετρήθηκε και ο φωτοσυνθετικός ρυθμός κάτω από διαφορετικά επίπεδα ακτινοβολίας και βρέθηκε ότι ο μέγιστος φωτοσυνθετικός ρυθμός ξεπέρασε τα 8 kg CO<sub>2</sub> / στρέμμα φύλλων / ώρα.

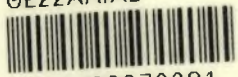
Με τέτοιο υψηλό δυναμικό παραγωγής που κυμαίνεται από 2,8-4 τόνους ξηρής ουσίας / στρέμμα ( ή 1,12-1,60 TΠΠ / στρ), και κάτω από συνθήκες μειωμένων εισροών νερού (<500 mm), και λίπανσης (<6 μονάδες αζώτου), και μηδενικές ανάγκες φυτοπροστασίας, ελάχιστες καλλιεργητικές φροντίδες, προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα σε άγονα εδάφη, αποτελεί μια από τις

σημαντικότερες εναλλακτικές προτάσεις στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας χαμηλών εισροών και προστασίας του περιβάλλοντος σύμφωνα με τους σύγχρονους άξονες της ΚΑΠ και τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής.

Η μεγάλη παραγωγικότητα του Μίσχανθου κάτω από Ελληνικές συνθήκες, και η μεγάλη του θερμική αξία, σε σύγκριση με τη θερμική αξία και το κόστος του πετρελαίου κίνησης αφήνει ανοικτό το ενδεχόμενο οικονομικά εφικτής αντικατάστασης του πετρελαίου με Μίσχανθο ως καύσιμο για παραγωγή θερμότητας σε θερμοκήπια και άλλες εγκαταστάσεις στο εγγύς μέλλον.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000072281