

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

**ΜΕΛΕΤΗ ΡΥΘΜΩΝ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗΣ
ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ**





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

Αριθ. Εισ.: 6622/1

Ημερ. Εισ.: 07-10-2008

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ

2008

ΤΖΑ

ΤΖΑΛΑΜΟΥΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΒΟΛΟΣ, 2008

ΜΕΛΕΤΗ ΡΥΘΜΩΝ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ
ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

Τριμελής επιτροπή
Καθηγητής Νικόλαος Δαναλάτος (επιβλέπων)
Επ. καθηγητής Αβραάμ Χα
Επ. καθηγητής Α.θανάσιος Σφουγγάρης

Τζαλαμούρας Ιωάννης

Εργαστήριο Γεωργίας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής

Και Αγροτικού περιβάλλοντος

Ιούνιος 2008

Email: jalamouras@gmail.com

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4-5
------------------	-----

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
---------------	---

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά.....	7
1.2 Μορφολογική περιγραφή του φυτού.....	7
1.3 Έδαφος –φυτό ατμόσφαιρα.....	8-9
1.4 Διαπνόη και εξάτμιση.....	9
1.5 Διαπνόη (transpiration).....	9-11
1.6 Φωτοσύνθεση.....	11-12
1.7 Σκοπός της εργασίας.....	12

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματική Περιοχή – Έδαφος.....	13
2.2 Πειράματα Αγρού	13
2.3 Άρδευση.....	13
2.4 Μετρήσεις – Παρατηρήσεις.....	14
2.5 Μετρήσεις φωτοσύνθεσης και διαπνόης.....	14-16

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Κλιματολογικές συνθήκες.....	17-18
3.2 Ύψους φυτού και αριθμός κυριών κόμβων.....	19

3.3 Διαπνοή.....	19-20
3.4 Φωτοσύνθεση.....	21-23
3.5 Water use efficiency.....	24

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	25
----------------------------	-----------

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	26-28
----------------------------	--------------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή διατριβή αναφέρεται στον Ηλίανθο (*helianthus annuus*) μια ελαιοδοτική - ενεργειακή καλλιέργεια στην Ελλάδα. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθούν οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης και διαπνοής τεσσάρων υβριδίων ηλίανθου κάτω από θεσσαλικές συνθήκες.

Αρχικά δίνεται μια γενική περιγραφή της καλλιέργειας και των απαιτήσεων της σε περιβαλλοντολογικές συνθήκες και καλλιεργητικές φροντίδες (Εισαγωγή). Ακολουθεί το πειραματικό μέρος (Υλικά και μέθοδοι) που περιγράφει τις εργασίες που έγιναν στον αγρό και το εργαστήριο κατά την καλλιεργητική περίοδο 2004. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα του πειράματος (Αποτελέσματα και συζήτηση)

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου 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 γεωργίας και προσομοίωσης 'ανάπτυξης καλλιεργειών

Ευχαριστώ θερμά τους κυρίους Α. Χα και Α. Σφουγγάρη για την εμπιστοσύνη τους να αναλάβουν μέλη της επιτροπής αξιολόγησης και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις και διορθώσεις τους που βελτίωσαν αυτή τη διατριβή

Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Σ. Αρχοντούλη για την βοήθεια που μου παρείχε στη λήψη παρατηρήσεων καθώς και για την αρωγή του στις δυσκολίες που αντιμετώπισα κατά τη συγγραφή αυτής της διατριβής.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη που με προσέφερε σε όλη αυτή τη περίοδο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Ο ηλίανθος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ελαιοδετικά φυτά παγκοσμίως (περιεκτικότητα σε έλαιο περί το 40%, Geronikolou et al., 2004, 2005). Επιπλέον στις μέρες μας ο ηλίανθος αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία ως ενεργειακό φυτό, καθώς η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι μια πολιτική που προωθείται από τις κυβερνήσεις. Η οδηγία 2003/30 της ευρωπαϊκής ένωσης υποχρεώνει τις κυβερνήσεις να στραφούν σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας δίνοντας ώθηση στα βιοκαύσιμα (Geronikolou et al., 2004, Danalatos et al., 2005).

Από αγρονομικής πλευράς, στόχος είναι να βρεθεί ο κατάλληλος γενοτύπος, που να επιτυγχάνει υψηλή απόδοση κάτω από τις υφιστάμενες περιβαλλοντικές συνθήκες της Θεσσαλίας. Η απόδοση εξαρτάται σημαντικά από τον τύπο εδάφους, τους κλιματικούς παράγοντες που επικρατούν καθώς και από την καλλιεργητική πρακτική (π.χ. ποσότητα άρδευσης, εποχή σποράς, κ.α, Archontoulis et al., 2007, Giannoulis et al., 2008, Danalatos et al., 2008).

Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση ηλιάνθου στην Βόρεια Ελλάδα το 2000 έφτανε τα 260.000 στρέμματα με μέσο όρο συγκομιδής σπόρου τα 150 κιλά/στρ, ενώ από το 2007 η καλλιεργούμενη έκταση αυξήθηκε ραγδαία (πάνω από 900.000 στρ). Η παραγωγή επικεντρώνεται κυρίως στο βορειότερο μέρος της χώρας (70% της συνολικής καλλιεργουμένης έκτασης)

1.2 Μορφολογική ανάπτυξη του φυτού

Ο ηλίανθος ανήκει στο είδος *Helianthus annuus* της οικογένειας Compositae. Είναι φυτό μικρής σχετικά βλαστικής περιόδου. Κατά μέσο όρο και αναλόγως την ποικιλία και των οικολογικών συνθηκών απαιτούνται 10 ημέρες από τη σπορά ως το φύτευμα, 33 έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 27 ως την έναρξη της άνθησης και 8 για την ολοκλήρωση της, ενώ απαιτούνται έως και ένας μήνας για την ωρίμανση του σπόρου (αναλόγως της ποικιλίας ή του υβριδίου και των κλιματικών συνθηκών), με την θερμοκρασία να αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα.

1.3 Έδαφος φυτό ατμόσφαιρα

Το εσωτερικό περιβάλλον του φυτού αποτελείται κατά 80–90% από νερό. Τα φυτά έχουν εξελίξει διαφόρους μηχανισμούς, όπως οι κέρινες επιδερμίδες, ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν στεγνώνουν, και έχουν στην διάθεση τους νερό για τη θεμελιώδη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η οποία περιγράφεται από την ακολουθεί σχέση:



Η γλυκόζη που παράγεται κατά την φωτοσύνθεση είναι η δομική μονάδα για την αύξηση των φυτών και επομένως για όλες τις ανώτερες μορφές ζωής στη γη. Το σημαντικότερο πρόβλημα για τα φυτά δεν είναι το νερό που χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση, και ως επακόλουθο στην αύξηση (λιγότερο από 2% της συνολικού νερού του φυτού), αλλά το νερό που εξατμίζεται από το φύλλο (διαπνοή) δεδομένου ότι συλλαμβάνει το CO₂ από την ατμόσφαιρα που περιέχει μόνο 0,035% του CO₂. Η εξάτμιση του νερού από το φυτό στην ατμόσφαιρα καλείται διαπνοή (transpiration). Τα σχετικά ποσά φωτοσύνθεσης (CO₂ in) και διαπνοής (H₂O out) εξαρτώνται από την πίεση ατμών του CO₂ και του νερού στην ατμόσφαιρα μμέσα και έξω από το φύλλο, αντίστοιχα. Κατά μέσον όρο, για κάθε 100 λίτρα νερού που χρησιμοποιούνται από το φυτό, οι ακόλουθες διαδικασίες λαμβάνουν χώρα:

Φωτοσύνθεση	0,1 λίτρα
Αύξηση (νέα φύλλα, ρίζες κ.λπ.)	1,9 λίτρα
Διαπνοή	98 λίτρα

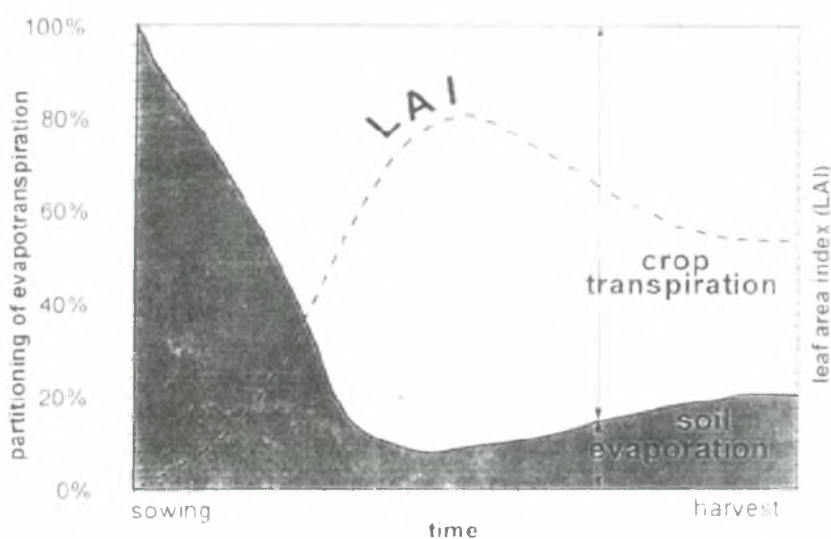
Σύνολο	100 λίτρα

Η ροή του νερού στο φυτό γίνεται από ένα καλά κατασκευασμένο διασυνδεδεμένο σύστημα σωλήνων που λέγεται «xylem», με ταχύτητα από ένα έως αρκετά μετρά ανά ώρα. Τα ποσοστά είναι συνήθως γρηγορότερα στα δέντρα από ότι στα ποώδη, ετήσια φυτά, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των αγγείων τους. Το σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτού του υδραυλικού συστήματος είναι ότι και οι δύο άκρες (ρίζες και φύλλα) είναι κλειστά από κυτταρικά τοιχώματα, με 3 δομές κυτταρίνης. Οι ρίζες αποτελούν τα όργανα απορρόφησης νερού από το έδαφος. Η δυνατότητα των φυτών να απορροφούν ύδωρ από το έδαφος εξαρτάται από τον αριθμό των ριζιδίων και άλλων εδαφολογικών παραγόντων. Ακόμη και η

κατανομή της ρίζας είναι σημαντική και για την απορρόφηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από το εδάφους με το εδαφικό διάλυμα. Η κίνηση του νερού προς την ρίζα σε καλά ποτισμένα εδάφη κυμαίνεται από 0,01 έως 0,2 μέτρων ανά ώρα, ενώ σε ξηρό έδαφος (όπως στις περισσότερες φορές) είναι 10 έως 100 φορές πιο αργή. Έχοντας υπόψη ότι η κίνηση του νερού στο χυLEM της χλόης είναι περίπου 1 μέτρο ανά ώρα, μπορούμε να εκτιμήσουμε ότι το νερό κινείται 50 έως 1000 φορές πιο αργά στο χώμα από τις ρίζες.

1.4 Διαπνοή και εξάτμιση

Μπορεί και με τις δυο διαδικασίες να έχουμε απώλεια νερού αλλά είναι δυο διαφορετικές έννοιες και φυσικά ακολουθούν διαφορετικές πορείες. Διαπνοή είναι η απώλεια νερού από το φυτό ενώ η εξάτμιση είναι η απώλεια νερού από το έδαφος. Στο παρακάτω σχήμα περιγράφονται οι πορείες αυτές σε σχέση με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών (leaf area index).

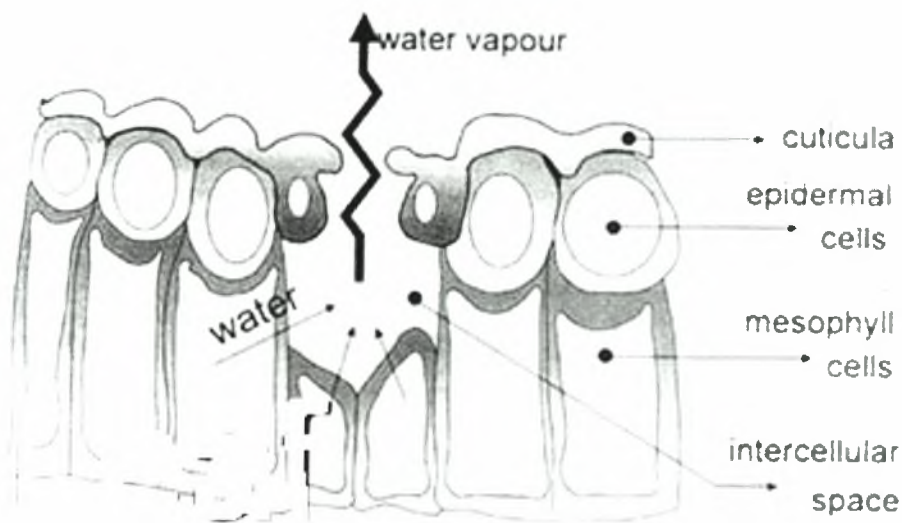


Σχήμα 1. Η πορεία της εξάτμισης και της διαπνοής (πηγή: FAO, 1998)

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, στα αρχικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας όπου η βλάστηση είναι μικρή, η κύρια διεργασία απώλειας νερού είναι η εξάτμιση. Αργότερα, με την ανάπτυξη της φυλλοστοιβάδας η διαπνοή αποτελεί την κύρια διεργασία απωλειών νερού από την καλλιέργεια. Όπως γίνεται σαφές στις μέρες όπου η εξοικονόμηση νερού είναι ύψιστης σημασίας, μελέτες που αφορούν στους ρυθμούς διαπνοής και παραγόντων που επιδρούν σε αυτές είναι μεγάλης σημασίας (Kramer, 1983)

1.5 Διαπνοή (*Transpiration*)

Ο μηχανισμός με τον οποίο το νερό διαφεύγει μέσω των στοματίων στην ατμόσφαιρα είναι σχετικά απλός. Η διαπνοή παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση με την ώρα της ημέρας (αυξάνεται από το πρωί έως το μεσημέρι, μετά σταθεροποιείται για λίγο και μειώνεται μέχρι το βράδυ. Τις νυκτερινές ώρες δεν μηδενίζεται αλλά εξακολουθεί σε πολύ μικρά επίπεδα ($<0,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Η διάχυση αποτελεί την κύρια διαδικασία με την οποία οι υδρατμοί διαφεύγουν από την στοματική κοιλότητα στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή διαφέρει από την εξάτμιση διότι η διαφυγή των υδρατμών εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό και από την αντίσταση του φύλλου και δεν περιορίζεται μόνο σε εδαφο-κλιματικούς παράγοντες.



Σχήμα 2. Η πορεία της διαπνοής από τη στοματική κοιλότητα στην ατμόσφαιρα. (cuticula = επιδερμίδα, epidermal cells = επιδερμικά κύτταρα, mesophyll cells = κύτταρα του μεσόφυλλου, intercellular space= μμεσοκυττάριος χώρος)(Πηγή: FAO, 1998)

Η διαπνοή, όπως και η εξάτμιση, εξαρτώνται από την ενέργεια που εισρέει, την πίεση των υδρατμών στον αέρα. ως εκ τούτου, η ακτινοβολία, η θερμοκρασία αέρα, η υγρασία αέρα και η ταχύτητα του ανέμου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πορεία της διαπνοής των φύλλων. Επίσης η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, η ικανότητα του εδάφους να τροφοδοτεί τις ρίζες με νερό, και η ποιότητα του νερού (π.χ. προβλήματα αλατότητας και όσμωσης), επηρεάζουν την πορεία της διαπνοής. Ο ρυθμός διαπνοής επηρεάζεται επίσης από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, από περιβαλλοντικές συνθήκες. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και τέλος από τις καλλιεργητικές τεχνικές. Διαφορετικά είδη φυτών έχουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής.

Στην παράγραφο που ακολουθεί θα αναφέρουμε μερικά απλά παραδείγματα για να γίνουν πιο κατανοητοί οι παράγοντες που επιδρούν στην διαπνοή των φυτών

- Ο δυνατός αέρας μειώνει την αντίσταση των φύλλων, αύξάνει την διαφορά πίεσης υδρατμών και αυξάνει την διαπνοή
- Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα αυξάνει την διαφορά συγκεντρώσεως υδρατμών άρα και τους ρυθμούς διαπνοής

1.6 Φωτοσύνθεση

Η όλη διαδικασία της φωτοσύνθεσης πραγματοποιείται με μια σειρά αλληλοδιαδοχικών φυσικών και χημικών φαινομένων τα οποία δεν έχουν πλήρως διαλευκανθεί. Η αλυσίδα των επιμέρους αντιδράσεων οδηγεί στο σχηματισμό της τελικής ουσίας που κατά κανόνα είναι η γλυκόζη από το CO₂ της ατμόσφαιρας. Μεγάλο μέρος των αντιδράσεων αυτών (αναπνοή) είναι ανεξάρτητο του φωτός, με αλλά λόγια μπορούν να συμβούν τόσο παρουσία φωτός όσο και στο σκοτάδι, γ' αυτό και ονομάζονται "σκοτεινές αντιδράσεις (dark respiration)" σε αντίθεση προς της "φωτεινές αντιδράσεις" (Atwell *et al.*, 1999). Η αφομοίωση του CO₂ είναι σημαντικός παράγοντας διότι με αυτήν πραγματοποιείται η παραγωγή οργανικών ουσιών, καθώς επίσης και η αποταμίευση ενέργειας με χημική μορφή. Η αναγωγή του άνθρακα πραγματοποιείται στο στρώμα του χλωροπλάστη με μια σειρά πολύπλοκων αντιδράσεων, που είναι γνωστές ως κύκλος του Calvin και πραγματοποιούνται σε τρία στάδια: α) στο πρώτο γίνεται η καρβοξυλίωση του αποδέκτη του CO₂, β) το δεύτερο περιλαμβάνει την αναγωγή των καρβοξυλικών οξέων σε αλδευδική μορφή, γ) στο τρίτο αναγεννάται ο αποδέκτης του CO₂ (Horskins, 1995). Η φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού μπορεί να επηρεασθεί από διάφορους παράγοντες, είτε εξωτερικούς είτε εσωτερικούς, οι οποίοι με τη σειρά τους έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή κάθε καλλιέργειας. Μερικοί από τους παράγοντες επηρεάζουν άμεσα τη φωτοσύνθεση όπως το φως και το CO₂, ενώ άλλοι όπως το νερό και τα θρεπτικά συστατικά έχουν έμμεσες επιδράσεις. Το φως είναι απαραίτητο αφού παρέχει την ενέργεια. Η φωτοσύνθεση αυξάνει γενικά όσο αυξάνει η ένταση του φωτός μέχρι ένα ορισμένο σημείο, το σημείο κορεσμού πέρα από το οποίο παύει να αυξάνεται η φωτοσύνθεση. Με την αύξηση του CO₂ αυξάνεται και η φωτοσύνθεση εφόσον οι άλλοι παράγοντες δεν είναι περιοριστικοί, εμπλουτισμός ενός συστήματος με CO₂ δεν ωφελεί παρά μόνο εάν ταυτόχρονα εξασφαλίσουμε και ικανοποιητικό φωτισμό. Επίσης σε υψηλές εντάσεις θερμοκρασίας έχουμε αύξηση της φωτοσύνθεσης, φωτοσύνθεση δεν γίνεται αν η θερμοκρασία δεν είναι μεγαλύτερη από μια ορισμένη τιμή ελάχιστη, μετά το σημείο αυτό όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία τόσο αυξάνεται και η φωτοσύνθεση. Το νερό επίσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την

φωτοσύνθεση, όλα τα κύτταρα κανονικά έχουν πάντα άφθονο νερό, έτσι όσο τα κύτταρα είναι σε σπαργή και ενεργά το νερό δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τη φωτοσύνθεση. Έλλειψη νερού περιορίζει την είσοδο CO₂ στα φύλλα, την κίνηση e⁻ και την επιφάνεια των φύλλων. Η κατασκευή και διάταξη του φύλλου, η πυκνότητα των χλωροπλαστών, η θρεπτική κατάσταση του φυτού, ένζυμα, συνένζυμα κ.α. επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση. Τέλος, με τη μείωση της φωτοαναπνοής, θα έχουμε αύξηση της φωτοσύνθεσης, και αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με : αύξηση της συγκέντρωσης CO₂, μείωση της συγκέντρωσης του O₂ από 21% σε 2% και χρήση χημικών ουσιών(Hall *et all.*, 1993).

1.7 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθούν οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης και διαπνοής τεσσάρων υβριδίων ηλιάνθου. Οι ρυθμοί μετρηθήκαν σε δυο διαφορετικά φύλλα (ηλιόλουστο και σκιαγμένο) καθώς και σε δυο εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας (πλήρες ηλιόλουστη ημέρα, 1400 μmol m⁻²s⁻¹ και σε μερικώς συννεφιασμένη ημέρα, 792 μmol m⁻²s⁻¹) καθολη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2004.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματική Περιοχή – Έδαφος

Η παρούσα μελέτη έλαβε χώρα στον Παλαμά–Καρδίτσας (συντεταγμένες 39° 25'43.4" Βόρειο, 22° 05'09.7" Ανατολικό, Υψόμετρο 107,5 μέτρα) το 2004, σε βαθύ, γόνιμο, πηλώδες έδαφος. Το έδαφος ταξινομείται ως Aquic Xerofluent σύμφωνα με USDA (1975), έχοντας υπόγειο νερό που κυμαίνεται 150-200 cm από την επιφάνεια του εδάφους την περίοδο Μάιος-Ιούνιος. Το υπό μελέτη έδαφος είναι ελλειπώς αποστραγγιζόμενο, πηλώδες (άμμος 40-42%, πηλός 40-41%, άργιλος 18-19%) με pH=8-8.2 που σχηματίστηκε σε πρόσφατες αλλούβιες αποθέσεις και αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο μέρος της πεδιάδας της Δυτικής Θεσσαλίας. Το έδαφος αποστραγγίζεται τεχνητά και έχει οργανική ουσία περισσότερο από 1% σε ένα βάθος 50 εκατοστών.

2.2 Πειράματα Αγρού

Την καλλιεργητική περίοδο του 2004 έγινε εγκατάσταση 4 υβριδίων ηλίανθου (1=Sanluka, 2=Sanbro, 3=Golden και 4=Favorite). Πριν από τη σπορά εφαρμόστηκε βασική λίπανση με 5 μονάδες φωσφόρου και καλίου, ενώ εφαρμογή N-ουχου λίπανσης πραγματοποιήθηκε όταν το φυτό βρισκόταν περί τα 50 εκατοστά (βλαστική περίοδος). Η σπορά πραγματοποιήθηκε με πνευματική μηχανή ακρίβειας τύπου "GASPARTO". Ακολούθησε έλεγχος ζιζανίων με μηχανικό τρόπο (φρεζοσκαλιστήρι) καθώς και έλεγχος ζιζανίων πάνω στην γραμμή με το χέρι κατά την διάρκεια του πρώτου μήνα της αύξησης του φυτού.

2.3 Άρδευση

Η άρδευση των πειραμάτων έγινε με τη χρήση σταλακτηφόρων σωλήνων (διαμέτρου Φ20, απόσταση σταλάκτη 1m και παροχή 4 lt/h). Η άρδευση γινόταν κάθε 6-7 ημέρες περίπου (με βάση την μέθοδο του εξατμισιμετρου) ενώ η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε ήταν 190 χιλιοστά. Στον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας άρδευσης ελήφθησαν υπόψη συντελεστές εξατμίσσης της λεκάνης 0,75, η Kc του φυτού (min 0,7 και max 1,2, αναλόγως με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και τον δείκτη φιλικής επιφάνειας).

2.4 Μετρήσεις – Παρατηρήσεις

Οι μετρήσεις γινόταν σε επιλεγμένα φυτά τα οποία είχαν εντοπιστεί στην αρχή της πειραματικής εργασίας.

2.5 Μετρήσεις φωτοσύνθεσης και διαπνοής

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις φωτοσύνθεσης και διαπνοής τις πρωινές ώρες (από τις 7.30 έως τις 11.00 βλέπε 1^η στις 27/6, 2^η στις 4/7, 4^η στις 3/8 και 5^η στις 13/8/2004), με εξαίρεση μιας μέτρησης η οποία έγινε το απόγευμα (βλέπε 3^η μέτρηση και ώρα 4.30-7.30). Η καταγραφή των ρυθμών φωτοσύνθεσης και διαπνοής έγινε ως εξής: Στην αρχή επιλέχθηκαν και «σημαδεύτηκαν» ορισμένα φυτά στα οποία θα πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Τα φυτά ήταν στο κέντρο κάθε πειραματικού τεμαχίου ώστε να έχουμε πλήρη αφομοίωση στις συνθήκες του μικρό-κλίματος της καλλιέργειας, και απάλειψης της επίδρασης του περιθωρίου "border effect". Η λίπανση ήταν η ίδια σε όλα τα πειραματικά τεμάχια. Σε κάθε τεμάχιο μετρήθηκαν οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης σε δυο ύψη πάνω στο ίδιο φυτό (σημαδεμένα φύλλα, απόσταση 2 φύλλων 50-80 cm) και σε δυο εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας (450 και 800 W m⁻², τεχνητή ακτινοβολία). Προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα, η θερμοκρασία του θαλάμου (του μηχανήματος) κρατήθηκε σταθερή και η θερμοκρασία του φύλλου διακυμάνθηκε σε ένα μικρό εύρος 27-30 °C (LCpro παρέχει αυτή τη δυνατότητα). Οι μετρήσεις κάλυψαν ένα μεγάλο εύρος της καλλιεργητικής περιόδου, και έγιναν ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Όλες οι παρατηρήσεις καταγράφηκαν κατά κανόνα 3-4 ημέρες μετά το πότισμα.

Για τους σκοπούς της μελέτης χρησιμοποιήθηκε σύγχρονο μηχάνημα φωτοσύνθεσης (LC-pro Leaf Chamber Analysis System, England). Το LCpro είναι ειδικά σχεδιασμένο για να μεταφέρεται παντού και για χρήση στον αγρό και περιέχει εσωτερική μπαταρία ικανή για συνεχή χρήση από 4 έως 16 ώρες ανάλογα με της ρυθμίσεις. Ο σκοπός του είναι να μετρά και να ελέγχει το περιβάλλον ενός φύλλου το οποίο βρίσκεται στο θάλαμο του μηχανήματος και να υπολογίζει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φύλλου. Το όργανο περιλαμβάνει μια κεντρική κονσόλα με ενδείξεις διαχείρισης του μηχανήματος, τροφοδοσία αέρα, μικροεπεξεργαστή, κάρτα αποθήκευσης δεδομένων (PCMC), πληκτρολόγιο πέντε πλήκτρων και ένα θάλαμο φύλλου συνδεδεμένο με καλώδιο. Ο θάλαμος είναι εφοδιασμένος με ρυθμιστή θερμοκρασίας και αποσπώμενη μονάδα φωτισμού. Η κεντρική κονσόλα προμηθεύει αέρα με ελεγχόμενη συγκέντρωση CO₂ και H₂O, στο θάλαμο με μετρήσιμο ρυθμό.



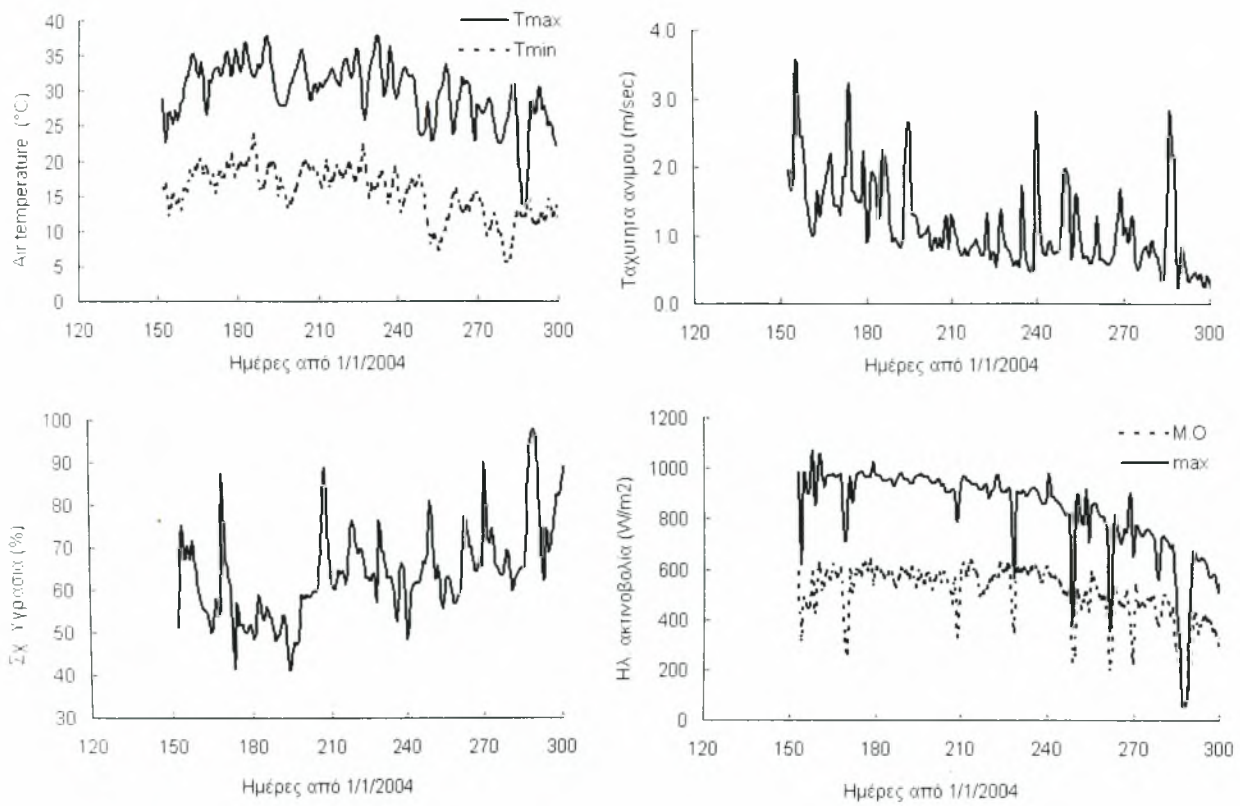
Από τις διαφορές στη συγκέντρωση αερίων και ρυθμού παροχής αέρα, οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης και διαπνοής υπολογίζονται περίπου κάθε 20 δευτερόλεπτα. Ένας μικρός ανεμιστήρας στο θάλαμο διασφαλίζει την όμοια κατανομή του αερίου πέριξ τον φύλλον. Η μέτρηση του CO₂ γίνεται με έναν υπέρυθρο αναλυτή αερίων (IRGA) ενώ η μέτρηση του

ρυθμού διαπνοής γίνεται από δυο υψηλής ποιότητας ανιχνευτές υγρασίας. Το σύστημα επίσης υπολογίζει τη θερμοκρασία του φύλου, τη θερμοκρασία του αέρα στο θάλαμο, την PAR (φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία) και την ατμοσφαιρική πίεση. Τα δεδομένα (μετρημένες και υπολογισμένες τιμές) προβάλλονται σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) στο εμπρόσθιο τμήμα της κονσόλας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Κλιματολογικές συνθήκες

Γενικά, η πειραματική περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα τυπικό μεσογειακό κλίμα, με ζεστά καλοκαίρια και υγρούς χειμώνες. Η συνολική βροχόπτωση κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το 2004 ήταν 190 mm, (83 mm λιγότερη από την μέση κλιματική τιμή για την περιοχή). Το 35% από τις βροχοπτώσεις σημειώθηκαν περί τα τέλη Ιουλίου. Σε γενικές γραμμές η περίοδος του 2004 χαρακτηρίζεται από χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζονται ημερήσια δεδομένα θερμοκρασίας, ακτινοβολίας, ταχύτητας άνεμου και σχετικής υγρασίας. Η μέση θερμοκρασία κατά την καλλιεργητική περίοδο ήταν κοντά στους 25° C (μέγιστες το μεσημέρι 35 °C ενώ ελάχιστες λίγο πριν ξημερώσει 17 °C). Ως γνωστόν, η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας (Heuvelink *et al.*, 2005), (πέραςμα από το ένα φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης στο άλλο) επηρεάζοντας τους ρυθμούς αύξησης (growth rates) μέσω της επιδρασής της στην αναπνοή. Με βάση τα διαγράμματα (Σχ. 3.1) αναμένονται μεγάλες απώλειες την ημέρα (light respiration and photorespiration). Η μέση ακτινοβολία ήταν περί τα 550 Wm⁻², ενώ η μέγιστη ξεπέρασε τα 1000 Wm⁻², γεγονός που σημαίνει ότι η ακτινοβολία που φτάνει στο αγρό αγγίζει το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης. Επιπλέον τα ποσά ακτινοβολίας προδιαθέτουν σε μεγάλους ρυθμούς φωτοσύνθεσης εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες που να την περιορίζουν (μειωμένη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών ουσιών). Η ταχύτητα του άνεμου κυμάνθηκε περί τα 1–2 m/sec, ενώ η σχετική υγρασία του αέρα ήταν χαμηλή κατά την διάρκεια του θέρους 2004 επιφέροντας μεγάλες απώλειες νερού λόγω διαπνοής.



Σχήμα 3.1. Θερμοκρασία αέρα (άνω αριστερά), ταχύτητα ανέμου (άνω δεξιά), σχετική υγρασία αέρα (κάτω αριστερά) και ηλιακή ακτινοβολία (κάτω δεξιά). Ημερήσιες τιμές όπως καταγράφηκαν στο μετεωρολογικό σταθμό στο πειραματικό αγρόκτημα το 2004.

3.2 Ύψος φυτού

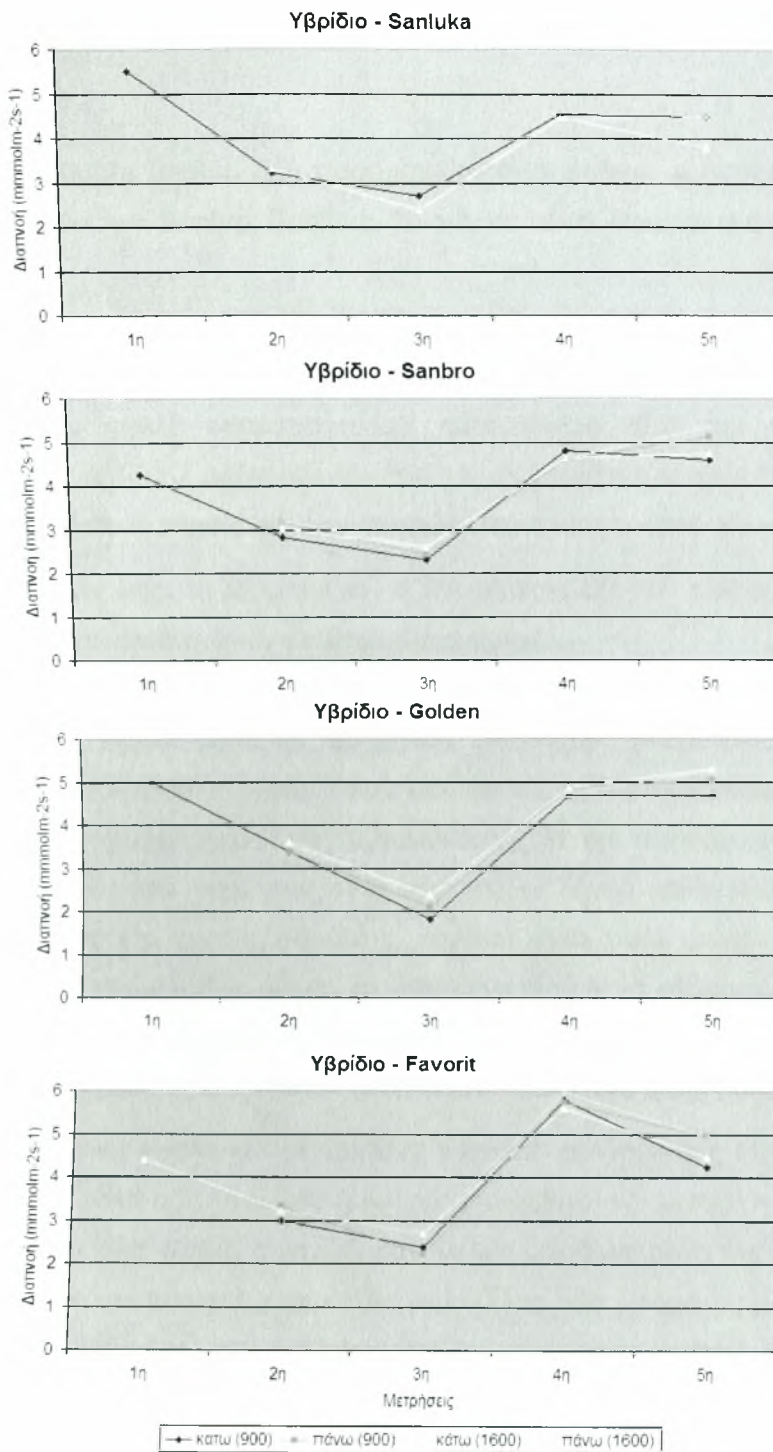
Όλα τα μελετούμενα υβριδία αυξήθηκαν με γοργούς ρυθμούς (3-4 εκατοστά/ημέρα) κατά τη διάρκεια του Ιουνίου (περίοδος εκθετικής αύξησης, το φυτό προσπαθεί να κλείσει την φυλλοστοιβάδα). Από εκεί και πέρα και έως το τέλος της καλλιεργητικής τους περιόδου οι ρυθμοί αύξησης σε ύψος σχεδόν σταμάτησαν και ήταν περίπου οι ίδιοι για όλες τις μεταχειρίσεις. Η μείωση αυτή έχει να κάνει με την αλλαγή στην κατανομή ξηρής ουσίας. Καθώς αυξάνεται η φυτομάζα, αυξάνεται και η ζήτηση για κατανάλωση ενέργειας προς συντήρηση (maintenance respiration) καθώς και για την αύξηση της κεφαλής των φυτών. Το τελικό ύψος για όλες τις μελετούμενες μεταχειρίσεις κυμάνθηκε από 207-212 cm (μη στατιστικές σημαντικές διαφορές, δεδομένα δεν φαίνονται). Το τελικό ύψος και η πορεία αύξησης των υπό μελέτη υβριδίων είναι σε συμφωνία με προηγούμενα δεδομένα σε άλλες ποικιλίες ηλιάνθου στην ίδια περιοχή (Danalatos et al., 2004).

3.3 Διαπνοή (*transpiration*)

Στα σχήματα παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έλαβαν χώρα την καλλιεργητική περίοδο του 2004 στον Παλαμά Καρδίτσας και αφορούνε την διαπνοη. Οι παρακάτω μετρήσεις πάρθηκαν ύστερα από προγραμματισμό του μηχανήματος και η καταγραφή γινόταν κάθε 4 λεπτά (LC-pro).

Οι μετρήσεις έδειξαν ρυθμούς διαπνοής ηλιάνθου από 2 έως 6 mmol H₂O m⁻² (φύλλου) s⁻¹, κ αναλόγως την χρονική περίοδο των μετρήσεων (δηλαδή διάρκεια ζωής φύλλου) και την ώρα της ημέρας. Για παράδειγμα η 3^η μέτρηση που έγινε το απόγευμα έδειξε σαφώς μειωμένους ρυθμούς διαπνοής καθώς τα στόματα είχανε μερικώς κλείσει κατά την διάρκεια του μεσημεριού (προφύλαξη φύλλων από τις υψηλές θερμοκρασίες και την υψηλή ναρour pressure deficit). Δεν παρατηρηθήκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υβριδίων ($P > 0,05$) στους ρυθμούς διαπνοής, ενώ παρατηρήθηκαν κάποιες υψηλότερες τιμές διαπνοής στα ανώτερα (βλ. πάνω) και ηλιόλουστα (βλ. 1600 PAR) φύλλα, από ότι τα αλλά (κατώτερα σκασμένα φύλλα).

Όσο αφορά το ύψος του φύλλου πάνω στο φυτό, δηλαδή την ηλικία του φύλου, παρατηρήθηκε και εκεί μια διάφορα. Βρέθηκαν μεγαλύτεροι ρυθμοί διαπνοής στα άνω φύλλα έναντι των κάτω φύλλων κάτω από την ίδια ακτινοβολία Αυτό ερμηνεύεται με το γεγονός ότι τα πάνω φύλλα είναι πιο εύκολα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή υψηλότερη θερμοκρασία και χαμηλότερη σχετική υγρασία. . Ακόμα παρατηρούμε ότι έχουμε υψηλότερες τιμές διαπνοής για 1600 par από ότι για 900 par για το ίδιο φύλλο .



Σχήμα 3.2.... Ρυθμοί διαπνοής φύλλων ηλίανθου (4 υβριδίων). Οι μετρήσεις αφορούν μετρήσεις σε 2 διαφορετικά φύλλα / φυτό (πάνω και κάτω) και επίσης αφορούν 2 εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιόλουστη ημέρα βλ. 1600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ και ελαφρώς συννεφιασμένη βλ. 900 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Κάθε μέτρηση είναι μέσος όρος 10 μετρήσεων

3.4 Φωτοσύνθεση (*assimilation rate*)

Στα παρακάτω γραφήματα (σχήμα 3.3) παρουσιάζονται οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης τεσσάρων υβριδίων ηλιάνθου (Golden, Sanbro, Sanluka, favorit) σε πέντε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας.

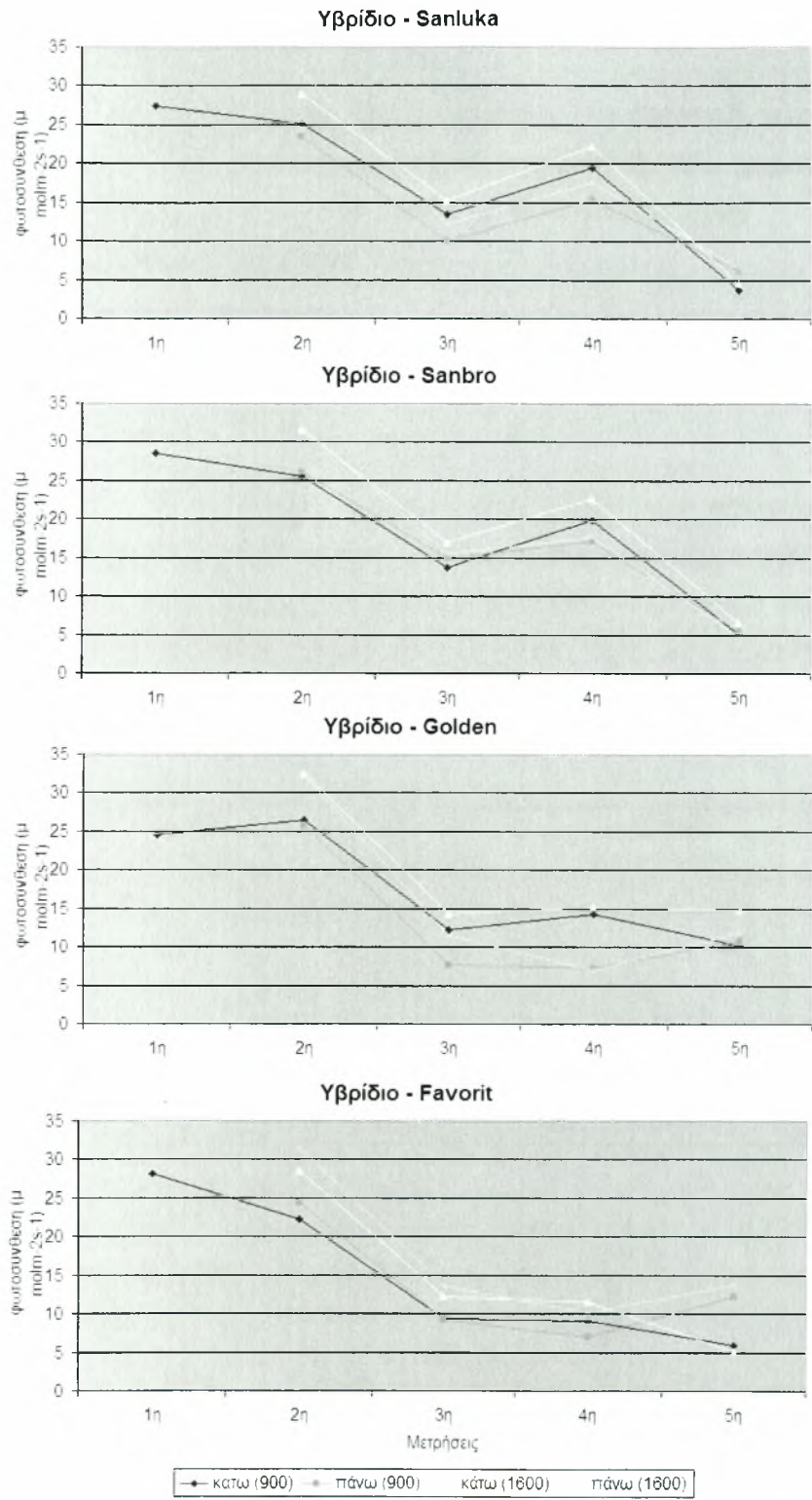
Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ίδια σημαδεμένα φύλλα. Στις 27/06 (1^η μέτρηση έλαβε μέρος), το ύψος του φυτού (μέσο όρο όλων των μεταχειρίσεων) ήταν κοντά στα 165 εκατοστά. Ως πάνω φύλλο ονομάστηκε το τρίτο φύλλο από την κορυφή (πλήρως ανεπτυγμένο). Όπως άλλωστε φαίνονται και από τα γραφήματα η πορεία της φωτοσύνθεσης ακολούθησε μια καθοδική πορεία με την πάροδο του χρόνου (*leaf life span*). Στην αρχή σημείωσε υψηλές τιμές περί τα $32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($= 50 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ leaf h}^{-1}$), δείχνοντας την μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα του μελετουμένου φυτού.

Η πτώση της φωτοσύνθεσης με την πάροδο του χρόνου δικαιολογείται με την ηλικία του φυτού (μάρανση, αλλάζει η χημική σύσταση του φύλλου, λιγότερους χλωροπλάστες, περισσότερα δομικά συστατικά, καθώς επίσης λιγότερο φως μιας και νέα φύλλα εκφύονται πάνω από αυτό). Σημαντικό επίσης ρολό στην μείωση της φωτοσύνθεσης με την πάροδο του χρόνου παίζει ο σχηματισμός κεφαλών (που περιέχουν σπόρους) της εν λόγω καλλιέργειας. Ως γνωστό η σύνθεση του σπόρου (το κόστος σύνθεσης καρπού είναι πολύ μεγαλύτερο από ότι το βλαστικό μέρος) ζητά περισσότερο άζωτο, με αποτέλεσμα το N να φεύγει πιο γρήγορα από τα φυλά προς τον καρπό (μείωση σφοδρή της φωτοσύνθεσης).

Αναφορικά με τις μεταχειρίσεις μας (πάνω κάτω φύλλα, πολύ λίγο φως), όλες οι μέγιστες τιμές σημειώθηκαν στα πάνω φύλλα και σε μεγάλες εντάσεις ακτινοβολίας ($1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Μικρή (2-3 μονάδες) αλλά αξία τονισμού διαφορά σημειώθηκε και μεταξύ των μεταχειρίσεων. Μεταξύ των ποικιλιών ίδιοι ρυθμοί σημειώθηκαν, με μια μικρή υπεροχή της ποικιλίας Sanbro. Αυτό ίσως να οφείλετε σε γενετικά χαρακτηριστικά. Τέλος όσο αφορά τις άλλες μεταχειρίσεις (στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας) η μεταχείριση πάνω φύλλα με ηλιακή ακτινοβολία $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ακολούθησε με σαφώς μικρότερους ρυθμούς φωτοσύνθεσης (σχ. 3.5.1 και 3.5.2) έναντι της προηγούμενης (πάνω φύλλα και 1600 PAR), ακολούθησε η μεταχείριση κάτω φύλλα με ηλιακή ακτινοβολία $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ και τελευταία η πάνω φύλλα με ηλιακή ακτινοβολία $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. ακτινοβολία $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ έδειξε να υπερέχει από την επέμβαση πάνω φύλλα με ηλιακή ακτινοβολία $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, αλλά οι διαφορές αυτές είναι μικρές και αγγίζουν το όριο του πειραματικού σφάλματος.

Από τα παραπάνω οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην φυλλική επιφάνεια του φύλλου να μεν διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην πορεία της

φωτοσύνθεσης αλλά έως ένα όριο μιας και η ηλικία του φύλλου (ή αλλιώς η περιεκτικότητα σε άζωτο το φύλλου) φαίνεται να υπερτερεί (πάνω φύλλα με 900 PAR έδωσαν υψηλότερους ρυθμούς φωτοσύνθεσης από ότι τα κάτω φύλλα με διπλάσια ακτινοβολία, 1600 PAR), σε όλες τις μεταχειρίσεις νερού. Τα παραπάνω αποτελέσματα απαντούν και στην ερώτηση που τέθηκε πριν ακόμα οι μετρήσεις προγραμματιστούν και υλοποιηθούν. Η μείωση της φωτοσύνθεσης με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι απολύτως φυσιολογικό μιας και η φωτοσύνθεση οδηγείται από το φως (όσο περισσότερο φως τόσο πιο πολύ το φυτό φωτοσυνθέτει). Η μείωση της φωτοσύνθεσης με το ύψος του μετρημένου φυτού πάνω στο φύλλο εξηγείται με την ηλικία του φύλλου, την γήρανση, και τον εγκλιματισμό του σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Επίσης ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας των κάτω φύλλων ήταν κατά πολύ μεγαλύτερος από τα πάνω, σημαίνοντας ότι ο όλος μηχανισμός που εμπλέκετε στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης έχει εξασθενήσει. Για το λόγο αυτό τα κάτω φύλλα έδωσαν μικρότερους ρυθμούς αφομοίωσης διοξειδίου του άνθρακα.



Σχήμα 3.3.... Ρυθμοί φωτοσύνθεσης φύλλων ηλιάνθου (4 υβριδίων). Οι μετρήσεις αφορούν μετρήσεις σε 2 διαφορετικά φύλλα / φυτό (πάνω και κάτω) και επίσης αφορούν 2 εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιόλουστη ημέρα βλ. 1600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ και ελαφρώς συννεφιασμένη βλ. 900 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Κάθε μέτρηση είναι μέσος ορός 10 μετρήσεων

3.5 Water use efficiency

Διαιρώντας την φωτοσύνθεση ως προς την διαπνοή, περνούμε ένα δείκτη ο οποίος αποτελεί ευρέως αναγνωρισμένο συντελεστή που χαρακτηρίζει την ικανότητα του φυτού να φωτοσυνθετεί σε σχέση με το νερό που χάνει

1. πέφτει με το χρόνο
2. τι κάνει με το φως
3. τι κάνει με το φύλλο (πάνω και κάτω)

Πίνακας ...1.. Ικανότητα χρήσης νερού (water use efficiency $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$), τεσσάρων ποικιλιών ηλιάνθου, κάτω από διαφορετικές μεταχειρίσεις. Οι μετρήσεις αφορούν μετρήσεις σε 2 διαφορετικά φύλλα / φυτό (πάνω και κάτω) και επίσης αφορούν 2 εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιόλουστη ημέρα βλ. 1600 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ και ελαφρώς συννεφιασμένη βλ. 900 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Κάθε μέτρηση είναι μέσος ορός 10 μετρήσεων

	Sanluka		Sanbro		Golden		Favorit	
	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο	κτώ φύλλο
	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR
2η	7.78	8.76	9.03	10.39	7.79	9.06	7.44	8.85
3η	4.97	6.34	5.94	6.54	6.71	6.00	3.92	4.50
4η	4.30	4.96	4.14	4.88	3.05	3.13	1.56	2.06
5η	0.84	1.18	1.09	1.39	2.17	2.81	1.41	1.14
	πάνω φύλλο		πάνω φύλλο		πάνω φύλλο		πάνω φύλλο	
	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR	900 PAR	1600 PAR
2η	7.10	9.19	8.18	9.99	7.60	9.15	7.40	9.79
3η	4.23	4.72	6.21	5.94	3.70	4.95	4.16	5.00
4η	3.48	3.71	3.73	3.85	1.49	1.49	1.22	1.69
5η	1.36	1.40	1.07	0.89	2.16	2.26	2.49	2.78

4. Συμπεράσματα

Το κεντρικό συμπέρασμα από αυτή την μελέτη είναι ότι το μέγιστο της φωτοσύνθεσης του ηλίανθου είναι περί τα 30 mmol- 2s-1 Και παρατηρείται στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φύλλου, και χαρακτηριστικά πριν το φυτό αρχίσει να σχηματίζει κεφαλιά. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι αποτελεί δομικό συστατικό πολλών μοντέλων προσομοίωσης καλλιεργειών. Το δεύτερο μήνυμα από αυτή την μελέτη είναι ότι και τα 4 υβρίδια έχουν παρόμοιες φωτοσυνθετικές ιδιότητες και αυτό εξηγεί τις μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές που βρεθήκαν στην παραγωγή ηλιόσπορου από το πείραμα από τους Danalato et al., 2005.

Βιβλιογραφία

K.D. Giannoulis, S.V. Archontoulis, L. Bastiaans, P.C. Struik, N.G. Danalatos., 2008. Potential growth and seed yield of sunflower as affected by sowing time, irrigation and N-fertilization in central Greece. International conference on Agricultural Engineering and Industry exhibition to be held in Hersonissos, Crete, Greece, June, 2008

N.G. Danalatos, S.V. Archontoulis, K.D. Giannoulis, K. Pasxonis, D. Tsalikis, B. Pazaras, N. Papadoulis, and D. Zaitoudis., 2008. Cynara, sunflower, sweet and fiber sorghum on-farm yields in north, central and south Greece in 2007. International conference on Agricultural Engineering and Industry exhibition to be held in Hersonissos, Crete, Greece, June, 2008

Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, Tsalikis D, 2007. Irrigation and N-fertilization effects on the growth and productivity of sunflower in an aquic soil in central Greece. 15th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 7–11 May, Berlin, Germany (in press).

Geronikolou L, Papadakis G, Danalatos NG, Archontoulis, SV, Kyritsis S, 2005. Economic Opportunity for Seed Oil Production in S. Europe by New Sunflower Varieties and under New C.A.P. Conditions. 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. *Proceedings of the 14th European Biomass Conference*, 17–21 October Paris, France, pp. 1917–1920.

Danalatos NG, Archontoulis, SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Biomass and seed yield of sunflower as alternative energy crop in Greece. 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. *Proceedings of the 14th European Biomass Conference*, 17–21 October Paris, France, pp. 308–311.

Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Irrigation and N-fertilization effects on growth and productivity of three sunflower hybrids in an aquic soil in central Greece. In: M.J Pascual-Villalobos, F.S. Nakayama, C.A. Bailey, E. Correal and W.W.

Schloman, Jr. *Proceeding of 2005 Annual Meeting of the Association for Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development 17–21 September 2005, Murcia, Spain, pp 129–138.*

Geronikolou L, Danalatos NG, Archontoulis SV, Kalavriotou P, Papadakis G, 2004. An experiment study of sunflower oil production in Greece to be used as an alternative fuel. In: Van Swaalj, W.P.M, Fjalistrom, T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.), *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference, 10–14 May, Roma, Italy, pp 612–615.*

Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2004. Potential growth and productivity of three Sunflower hybrids in a soil with aquic moisture regime in central Greek conditions. In: Van Swaalj, W.P.M, Fjalistrom, T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.), *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference, 10–14 May, Roma, Italy, pp 315–318.*

N.G. Danalatos¹, S.V. Archontoulis^{1,2}, L. Geronikolou³, and G. Papadakis³
BIOMASS AND SEED YIELD OF SUNFLOWER AS ALTERNATIVE ENERGY CROP
IN GREECE 14th European Biomass Conference, 17-21 October 2005, Paris, France

N.G. Danalatos¹, S.V. Archontoulis^{1,2}, L. Geronikolou³, and G. Papadakis³ 14th
European Biomass Conference, 17-21 October 2005, Paris, France
BIOMASS AND SEED YIELD OF SUNFLOWER AS ALTERNATIVE ENERGY CROP
IN GREECE

M. P. Bange,* G. L. Hammer, and K. G. Rickert
Effect of Specific Leaf Nitrogen on Radiation Use Efficiency and Growth of Sunflower

N.G. Danalatos^{1,2}, S.V. Archontoulis¹, L. Geronikolou³ and G. Papadakis³ 2nd
World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May
2004, Rome, Italy
POTENTIAL GROWTH AND PRODUCTIVITY OF THREE SUNFLOWER HYBRIDS
IN A SOIL WITH AQUIC
MOISTURE REGIME IN CENTRAL GREECE

L. Geronikolou¹, N.G. Danalatos², S. Archontoulis², P. Kalavriotou², and G.
Papadakis¹ 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate
Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy

AN EXPERIMENTAL STUDY OF SUNFLOWER OIL PRODUCTION IN GREECE
TO BE USED AS AN ALTERNATIVE FUEL

Christos A. Dordas*, Christos Sioulas Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Agriculture, Laboratory of Agronomy, University Campus, 54124 Thessaloniki, Greece
Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions

E.A. Tambussi¹, J. Bort² & J.L. Araus²

¹ Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), Universidad Nacional de La Plata-CONICET, Argentina ² Unitat de Fisiologia Vegetal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain
Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects

M. López Pereiraa, V.O. Sadrasb, N. TraĀpania,*

aUniversidad de Buenos Aires, Facultad de AgronomĀa, Av. San MartĀn 4453 (1417), Buenos Aires, Argentina bUniversidad de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina Received 14 August 1998; accepted 1 February 1999
Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components

InĀes CechinĀ, Terezinha de FĀtima Fumis

Departamento de CiĀncias BiolĀgicas, Faculdade de CiĀncias, Universidade Estadual Paulista, CEP 17033-360, Bauru-SP, Brazil

Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse

Received 31 July 2003; received in revised form 27 January 2004; accepted 28 January 2004

S.V. Archontoulis^{1,2}, N.G. Danalatos², P.C. Struik¹, and D.A. Tsalikis²

IRRIGATION AND N-FERTILIZATION EFFECTS ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER IN AN AQUIC SOIL IN CENTRAL GREECE



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097333