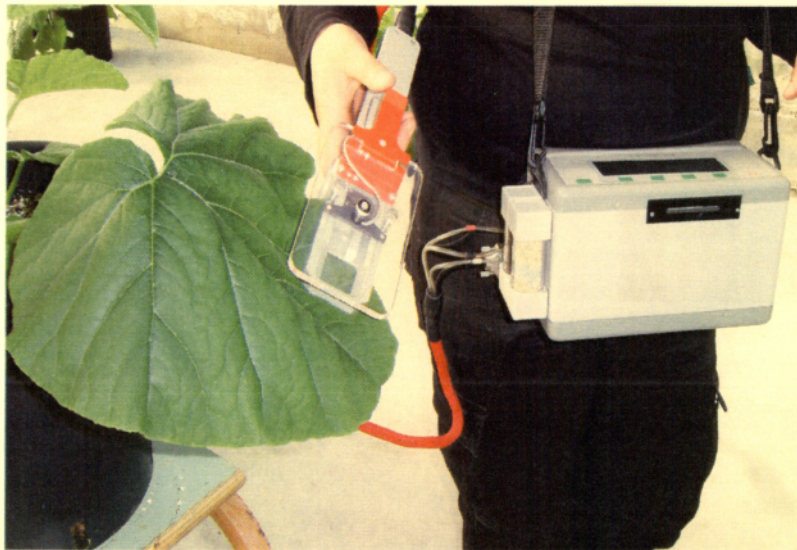


Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας

Πτυχιακή Εργασία της σπουδάστριας:
Δήμητρας Δούκα

**Αξιολόγηση ντόπιων και εμπορικών ποικιλιών
κολοκυθιού βάσει χαρακτηριστικών της διαπνοής και
του ρυθμού αφομοίωσης**



Εισηγητής Καθηγητής:
Δ. Βελισσαρίου

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

Νοέμβριος, 2007

Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας

Πτυχιακή Εργασία της σπουδάστριας:
Δήμητρας Δούκα

**Αξιολόγηση ντόπιων και εμπορικών ποικιλιών
κολοκυθιού βάσει χαρακτηριστικών της διαπνοής και
του ρυθμού αφομοίωσης**

Εισηγητής Καθηγητής:
Δ. Βελισσαρίου

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

Νοέμβριος, 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
Θεωρητικό μέρος	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1. ΤΟ ΓΕΝΟΣ Cucurbita	3
1.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	3
1.2 Κλιματικές απαιτήσεις	4
1.3 Καλλιεργητικές φροντίδες	6
1.4 Σπορά	6
1.5 Εγκατάσταση στον αγρό	7
1.6 Αμειψισπορά	8
1.7 Λίπανση	8
1.8 Αραίωμα-Σκάλισμα	9
1.9 Άδρευση.....	10
1.10 Αποφύλλωση	10
1.11 Υποστύλωση	11
1.12 Συγκομιδή	11
1.13 Ποικιλίες- Υβρίδια.....	12
2. ΔΙΑΠΝΟΗ.....	13
2.1 Είδη Διαπνοής	15
2.2 Παράγοντες που επιδρούν στις στοματικές κινήσεις	17
2.3 Φυσιολογική σημασία της Διαπνοής	20
2.4 Μέτρηση Διαπνοής	21
2.4.1 Μέθοδοι μέτρησης	22
2.4.2 Αρχές και βαθμονόμηση πορομέτρων διάχυσης	24
3. ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ.....	27
3.1 Ορισμός και διάκριση	27
3.2 Φωτοσυνθετικός μηχανισμός	29
3.2.1 Χλωροπλάστης	29
3.2.2 Φωτοσυνθετική μονάδα	29
3.3 Λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού.....	32
3.3.1 Φωτεινές αντιδράσεις	33
3.3.2 Σκοτεινές αντιδράσεις	35
3.3.3 Συντονισμός φωτεινών και σκοτεινών αντιδράσεων	37

Πειραματικό μέρος	41
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	42
1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	42
1.1 Καλλιεργητική Τεχνική.....	42
1.2 Μετρήσεις φωτοσύνθεσης και διαπνοής	44
1.3 Μετρήσεις παραγωγής και ανάπτυξης	45
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	46
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
ΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	57

Ευχαριστίες

Στη διάρκεια της εκπόνησης και της συγγραφής της μελέτης είχα την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη του καθηγητή του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας Δημήτρη Βελισσαρίου. Εκτός των παραπάνω τον ευγνωμονώ και για τις εποικοδομητικές συζητήσεις μας στη διάρκεια των συναντήσεων συνεργασίας που είχαμε, παρά τον φόρτο εργασίας του ως αντιπρόεδρος του Ιδρύματος. Δεν θα ήταν δυνατή η δημιουργία και η ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής μελέτης, χωρίς τη βοήθεια αυτή.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να εκφράσω για το κ. Ιωάννη Σάλμα Ειδικό Τεχνικό Προσωπικό του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Φυτών, για την συνεχή και πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την Επιστημονική Συνεργάτιδα του ΤΕΙ Καλαμάτας Αντριάνα Νικολούδη, για τις συμβουλές της στη χρήση του οργάνου μέτρησης αφομοίωσης και διαπνοής .

Καλαμάτα, Δεκέμβριος, 2007

Δήμητρα Δούκα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση δύο εμπορικών και δύο ντόπιων ποικιλιών κολοκυθιού από την άποψη της απόδοσης (συγκομιδή, ανάπτυξη φυτού), σε σχέση με την ικανότητα διαπνοής (μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας gs) και με τον συνολικό ρυθμό αφομοίωσης (assimilation rate = A) κάθε ποικιλίας. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Φυτών του ΤΕΙ Καλαμάτας, 80 φυτά κολοκυθιού (είκοσι από κάθε ποικιλία) και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους μέχρι τη συγκομιδή έγιναν μετρήσεις της διαπνευστικής και φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών με τη χρησιμοποίηση υπέρυθρου αναλυτή αερίων – πορομέτρου (Infra Red Gas Analyzer) του οίκου ADC, UK, μοντέλο LCi 2003. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μία από τις ντόπιες ποικιλίας και μία από τις εμπορικές έδωσαν τις μεγαλύτερες συγκομιδές παρά το γεγονός ότι η εμπορική αυτή ποικιλία είχε την μικρότερη φυτική ανάπτυξη καθώς επίσης και τον μικρότερο ρυθμό αφομοίωσης από όλες τις άλλες. Σε κάποια περίπτωση οι μετρήσεις έδειξαν επίσης και μικρότερη στοματική αγωγιμότητα από όλες τις άλλες. Αυτά τα χαρακτηριστικά έδειξαν ότι η απόδοση της ποικιλίας αυτής θα πρέπει να οφείλεται στον μεγάλο βαθμό μετατόπισης των παραγομένων φωτοσυνθετικών προϊόντων (κυρίως σακχάρων) προς τους καρπούς παρά προς τον βλαστό και τα φύλλα, πράγμα που χρειάζεται παραπέρα διερεύνηση.

Θεωρητικό μέρος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΤΟ ΓΕΝΟΣ *Cucurbita*

Φυτά του γένους *Cucurbita* κατάγονται από την Αμερική και πρώτο καλλιεργήθηκαν μεταξύ Αργεντινής και Μεξικού. Στην Ευρώπη η κολοκυθιά ήλθε το 1560 και σήμερα καλλιεργείται σ'όλο τον κόσμο. Οι πιο παραγωγικές χώρες του κόσμου είναι οι Ινδίες, Κίνα, Ουκρανία, Ρουμανία κ.ά. Στην Ε.Ε. καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες με πρώτη την Ιταλία (150.000στρ). Στην Ελλάδα σήμερα καλλιεργούνται περίπου 40.000στρ με ετήσια παραγωγή γύρω στους 100.000 τόνους.

1.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η κολοκυθιά είναι ετήσιο, ποώδες φυτό με έρποντες βλαστούς μεγάλου μήκους που φέρουν έλικες. Αντιπροσωπεύεται κυρίως από τέσσερα βοτανικά είδη (*Cucurbita pepo*, *C. mixta*, *C. maxima* *C. moschata*) από τα οποία μόνο το πρώτο (*C.pepo*) παράγει σχετικά μικρούς καρπούς που καταναλίσκονται ανώριμοι (τα γνωστά φρέσκα κολοκυθάκια). Τα άλλα είδη δίνουν τις κολοκύθες, τα καλλωπιστικά και τα βιομηχανικά κολοκύθια.

Στο *C. pepo* (καλοκαιρινό), οι βλαστοί είναι σχετικά περιορισμένης ανάπτυξης και καταλήγουν σε άνθος. Στα άλλα είδη (χειμερινά) οι βλαστοί είναι απεριόριστου ανάπτυξης γιατί δεν καταλήγουν σε άνθος. Το ριζικό σύστημα είναι πασσαλώδες και μπορεί να ξεπεράσει και το 1 m βάθος. Το 70-80% όμως του ριζικού συστήματος βρίσκεται σε βάθος 0-40cm. Η ρίζα έχει εκτεταμένη ανάπτυξη και σε πλάτος, με πλούσια δικτύωση, γι' αυτό δεν πρέπει να φυτεύεται σε αποστάσεις μικρότερες των 80 cm. Ο βλαστός είναι είτε κληματώδης μακρής και λεπτός που έρπει ή αναρριχάται είτε κοντός, παχύς και όρθιος, συμπαγής, θυσανωτός, με αδρές τρίχες θαμνοφόρος και ελάχιστα ή καθόλου κληματώδης. Είναι κυλινδρικός και η διατομή του είναι γωνιώδης ή κυκλική. Τα φύλλα είναι συνήθως μεγάλα παλαμοειδή με 3-5 οξείς λοβούς, με αβαθείς ή πολύ βαθύς κόλπους, με ισχυρές νευρώσεις που φέρουν αδρές μέχρι ακανθωτές τρίχες στο κάτω μέρος του ελάσματος. Ο μίσχος είναι μεγάλος, κοίλος (κούφιος), χονδρός και φέρει και αυτός ακανθωτές τρίχες.

Είναι φυτό μόνικο και δικλινές. Τα άνθη του διακρίνονται σε αρσενικά και σε θηλυκά. Τα αρσενικά άνθη εμφανίζονται πρώτα στη βάση του βλαστού και αργότερα διάσπαρτα κατά μήκος του βλαστού σε μακρύ λεπτό ποδίσκο. Τα θηλυκά εμφανίζονται μετά τα πρώτα αρσενικά πάνω στο βλαστό και έχουν κοντό ποδίσκο. Μέτριες θερμοκρασίες (17- 18 C⁰) καθώς και υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο βραχύνουν την περίοδο διαφορετικού χρόνου εμφάνισης αρσενικών και θηλυκών ανθέων εις όφελος της πρώιμης δημιουργίας θηλυκών ανθέων.

Το φυτό σταυρογονιμοποιείται κυρίως με τις μέλισσες αλλά και με άλλα έντομα ακόμη και με τα μυρμήγκια. Το στίγμα είναι επιδεκτικό για επικονίαση μόνο για 24 ώρες περίπου. Η μη κανονική επικονίαση μειώνει την παραγωγή και δίνει μη εμπορικούς καρπούς (παραμορφωμένους).

Τα νέα υβρίδια δεν έχουν σχεδόν καθόλου αρσενικά άνθη αλλά μόνο θηλυκά που δένουν παρθενοκαρπικά. Οι ποικιλίες και τα υβρίδια που δίνουν τα κολοκυθάκια είναι συνήθως θαμνώδεις. Οι ποικιλίες που δίνουν κολοκύθες έχουν κληματίδες μεγάλου μήκους αναρριχώμενες. Ο καρπός είναι ράγα ή πέπων και περιέχει: 93-95% νερό, 1-2% πρωτεΐνες, 2-3% υδατάνθρακες και 1% περίπου τέφρα. Ο καρπός θεωρείται καλή πηγή βιταμίνης C και είναι πλούσιος και στην προβιταμίνη A.

1.2 Κλιματικές απαιτήσεις

Θερμοκρασία

Είναι φυτό θερμής εποχής και πολύ ευπαθές στον παγετό, γι' αυτό σαν πολύ πρώιμη ή όψιμη καλλιέργεια πρέπει να καλλιεργείται με κάλυψη. Αντέχει πιο πολύ στις χαμηλές θερμοκρασίες από το αγγούρι και πεπόνι. Χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνθιση προκαλούν πτώση των ανθέων. Η άριστη θερμοκρασία εδάφους είναι 15-20 C⁰. Για το φύτευμα του σπόρου: ελάχιστη 14-16C⁰, άριστη 20-30 C⁰. Κάτω από 10 C⁰ ή πάνω από 38 C⁰ δεν φυτρώνει. Σε θερμοκρασίες 18-25 C⁰ φυτρώνει σε 7 ημέρες και αν έχει διαβρέχει ο σπόρος σε 5 ημέρες. Στο σπορείο απαιτούμενη θερμοκρασία: ημέρας 21-27 C⁰, νύχτας 18-22 C⁰. Η θανατηφόρος θερμοκρασία είναι: 0-4 C⁰. Βιολογική: ελάχιστη 10-12 C⁰, μέγιστη 30-35 C⁰, άριστη ημέρας 24-30 C⁰ άριστη νύχτας 15-18 C⁰. Μέση μηνιαία: 18-27 C⁰. Λόγω θερμοκρασιών η βλαστική περίοδος που απαιτείται για υψηλές αποδόσεις είναι για τα χειμωνιάτικα 80-140 ημέρες και για τα θερινά 40-60 ημέρες.

Σχετική υγρασία

Είναι φυτό ευπαθές στην ξηρασία. Αποδίδει καλά σε δροσερό και υγρό περιβάλλον. Επιθυμητή σχετική υγρασία 70-85%. Σε χαμηλές τιμές της σχετικής υγρασίας (κάτω από 60%), αποβάλλει τα άνθη και χάνει τη σπαργή του. Η σχετική υγρασία παίζει ρόλο και στη διάρκεια της δεκτικότητας του στίγματος του υπέρου για επικονίαση.

Ηλιοφάνεια

Η ηλιοφάνεια ευνοεί κατά τρόπο θεαματικό την ανάπτυξη των κολοκυθιών, γι' αυτό με ημέρες μεγάλης ηλιοφάνειας τα κολοκύθια γίνονται πολύ γρήγορα μετά την άνθιση (1-5 ημέρες). Για καλύτερη επικονίαση απαιτείται καλός καιρός με ηλιοφάνεια ο οποίος ευνοεί και την αυξημένη κινητικότητα των εντόμων.

Άνεμος

Η κολοκυθιά είναι πάρα πολύ ευαίσθητο φυτό στον άνεμο λόγω του εύθραυστου των βλαστών και της μεγάλης επιφάνειας του φυλλώματος, που αυξάνει τις ανάγκες διαπνοής, σε μια καλλιέργεια που θέλει επάρκεια υγρασίας στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα για να περιορίσει τις ανάγκες της εξατμισοδιαπνοής. Γι' αυτό οι ανεμοθραύστες στην καλλιέργεια της κολοκυθιάς βοηθούν πάρα πολύ τόσο στη μεγαλύτερη όσο και στην πρωϊμότερη παραγωγή. Θερμοί άνεμοι προκαλούν πτώση των ανθέων.

Έδαφος

Καλλιεργείται σ' όλα τα εδάφη που στραγγίζονται καλά. Τις πιο καλές αποδόσεις δίνει σε χώματα μέσης σύστασης, πλούσια σε οργανική ουσία, γόνιμα, αρδευόμενα. Θεωρείται από τα πλέον απαιτητικά φυτά σε οργανική ουσία εδάφους. Για τις πρώιμες καλλιέργειες θα πρέπει να προτιμώνται τα ελαφριά εδάφη γιατί ζεσταίνονται εύκολα και στραγγίζουν καλά. Στα βαριά εδάφη η παραγωγή οψιμίζει

γι' αυτό θα πρέπει να προτιμώνται στις όψιμες καλλιέργειες. Το άριστο pH είναι το ελαφρώς όξινο 5,5-6,8. Μπορεί όμως να καλλιεργηθεί με επιτυχία και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη (μέχρι 7,5). Είναι φυτό μικρής ανθεκτικότητας στα άλατα. Η αγωγιμότητα του εδάφους θα πρέπει να είναι κάτω από 400 μμhos/cm στα αργιλώδη και κάτω από 2.500 στα αμμώδη.

1.3. Καλλιεργητικές φροντίδες

Για την καλλιέργεια του εδάφους θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη ότι: Η πασσαλώδης ρίζα μπορεί να ξεπεράσει το 1 m βάθος. Οι πλευρικές και πλούσιες δικτύωσης ρίζες καταλαμβάνουν μία σφαίρα εδάφους διαμέτρου 40 cm. • Απαιτεί έδαφος που να στραγγίζει καλά. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι θα πρέπει το έδαφος να καλλιεργηθεί βαθιά. Είναι απαραίτητη η χρήση υπεδαφοκαλλιεργητή (ρίπερ) για να σχισθεί το έδαφος σε μεγάλο βάθος (70-100 cm). Η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται όταν το έδαφος είναι ξερό για να μην κλείσουν τα ανοίγματα (σχισίματα) και χρονικά το φθινόπωρο για την ανοιξιάτικη καλλιέργεια και αρχές καλοκαιριού για την όψιμη φθινοπωρινή καλλιέργεια του κολοκυθιού. Η μετέπειτα καλλιέργεια θα πρέπει να γίνεται με καλλιεργητή πρώτα βαρέος και μετά ελαφρού τύπου και οδοντωτή σβάρνα. Στο τέλος θα πρέπει να γίνεται χρήση της δισκοσβάρνας με ξύλινη σβάρνα στην οποία να έχουν τοποθετηθεί βάρη. Αν πρόκειται να γίνει εδαφοκάλυψη καλά θα είναι να γίνονται αναχώματα πλάτους 80-90 cm και ύψους 20 cm και σε απόσταση μεταξύ τους 1-1,5 m. Η φύτευση γίνεται στις δύο άκρες των αναχωμάτων.

1.4. Σπορά

Για την «εκτός εποχής» παραγωγή γίνεται σπορά σε σακουλάκια διαμέτρου 8-10 cm με απολυμασμένο φυτόχωμα, τοποθετώντας σ' αυτά ένα σπόρο σε κάθε σακουλάκι. Πάντοτε κατά τη σπορά τόσο στα σακουλάκια, όσο και απ' ευθείας στο χωράφι, ο σπόρος τοποθετείται πλαγίως (πλακέ) και όχι όρθιος γιατί έτσι διευκολύνεται τόσο το φύτευμα όσο και η αποφυγή λαθών (το ίδιο ισχύει για όλα τα κολοκυνθοειδή). Η θερμοκρασία καθορίζει το χρόνο βλάστησης του σπόρου. Σε κανονικές θερμοκρασίες φυτρώνει μέσα σε 7 ημέρες. Για πιο πρώιμο φύτευμα ο

σπόρος μπορεί να προβλαστηθεί με τοποθέτησή του μέσα σε υγρές λινάτσες κοντά σε πηγή θέρμανσης (καλοριφέρ, σόμπες) ή να διαβρέχει επί 24-28 ώρες. Ο σπόρος τοποθετείται σε βάθος 1-2 cm και σε απ' ευθείας σπορά στον αγρό τοποθετούνται 2-3 σπόροι ανά θέση και μετά το αραίωμα μένει ένα φυτό ανά θέση.

Ένα κιλό σπόρου περιέχει 6-8.000 σπόρους. Για ένα στρέμμα απαιτούνται 200-300 gr σπόρου (1 κιλό για 4 περίπου στρέμματα). Τα σπορεία θα πρέπει να είναι καλά οργανωμένα, δηλαδή να έχουν πάγκους, επαρκή αερισμό και θέρμανση, σήτες στα παράθυρα, πολύ καθαρό φωτεινό υλικό κάλυψης κ.ά.

Οι καλλιεργητικές εργασίες στο σπορείο θα πρέπει να γίνονται με πολύ φροντίδα γιατί πρόκειται για πολύ ευπαθές φυτό. Το αραίωμα των φυτών να γίνεται συχνά, πάνοντας το σακουλάκι και όχι το φυτό. Το πότισμα θα πρέπει να είναι ελαφρύ και συχνό ανάλογα και με τις καιρικές συνθήκες, με νερό καλής ποιότητας και κανονικής θερμοκρασίας (βαρέλια με νερό μέσα στο σπορείο).

Χρειάζεται συνεχής έλεγχος για πρόληψη ασθενειών και εχθρών. Προληπτική τοποθέτηση ποντικοφάρμακου. Πλήρη καθαριότητα μέσα και στον περιβάλλοντα χώρο του σπορείου. Καταστροφή των ζιζανίων σε όσο είναι δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση γύρω από το σπορείο

1.5. Εγκατάσταση στο αγρό

Στις πρώιμες καλλιέργειες η φύτευση γίνεται σε χαμηλά τούνελ το 1^ο δεκαήμερο του Μαρτίου και η καλλιέργεια συνήθως μένει σε παραγωγή μέχρι τέλη Ιουλίου ανάλογα με τις επικρατούσες τότε τιμές στην αγορά. Σε ανοικτές υπαίθριες καλλιέργειες η φύτευση των φυταρίων στον αγρό γίνεται τον Απρίλιο για τη θερινή καλλιέργεια και τον Αύγουστο για την φθινοπωρινή. Οι απ' ευθείας σπορές στον αγρό αρχίζουν το Μάρτιο για την καλοκαιρινή καλλιέργεια και τον Αύγουστο για την φθινοπωρινή.

Οι αποστάσεις φύτευσης κυμαίνονται μεταξύ των γραμμών 1-1,8 m και επί των γραμμών 60-80 cm. Στα θερμοκήπια συνήθως εφαρμόζονται μικρότερες αποστάσεις και στο ύπαιθρο μεγαλύτερες. Κατά μέσο όρο έχουμε πυκνότητα 1.500 φυτά/στρ. Λιγότερα στην υπαίθρια (1000-1500) και περισσότερα (1500-2000) στην υπό κάλυψη καλλιέργεια. Σε εδάφη με κακή στράγγιση συνιστάται η φύτευση σε αναχώματα σε μεγέθη και αποστάσεις που προαναφέρθηκαν.

Σε ψυχρές περιοχές και ανάλογα με την εποχή φύτευσης, εκτός της χαμηλής κάλυψης (τούνελ) γίνεται και εδαφοκάλυψη για αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους. Θα πρέπει να παίρνονται μέτρα για αποφυγή των ζιζανίων και των εντομολογικών προσβολών (λιριόμυζα, θρίπες κ.ά.).

1.6. Αμειψισπορά

Πρέπει να είναι τετραετής. Θα πρέπει να καλλιεργηθούν φυτά άλλων οικογενειών π.χ. σολανώδη, σιτηρά, ψυχανθή. Καλά θα είναι πριν την καλλιέργεια του κολοκυθίου να έχουν καλλιεργηθεί βαθύρριζα φυτά (π.χ. μηδική).

1.7. Λίπανση

1.7.1 Βασική λίπανση

Η βασική λίπανση απαιτεί εδαφική ανάλυση και γνώση του ιστορικού του αγρού (δηλαδή προηγούμενες καλλιέργειες και λιπάνσεις, αποδόσεις, προβλήματά τους κ.ά.). Η βασική λίπανση εξαρτάται από τη γονιμότητα του εδάφους, την αναμενόμενη απόδοση και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού. Για τη βασική λίπανση θα πρέπει ακόμη να ληφθούν υπ' όψη ότι:

- έχει βρεθεί ότι με παραγωγή 5 τον./στρ κολοκυθάκια, απομακρύνονται από την καλλιέργεια λόγω συγκομιδής ανά στρέμμα:

$N=10$ kgr,

$P_2 O_5=6$ kgr,

$K_2O=16$ kgr και

$MgO=4,2$ kgr.

- είναι φυτό αζωτοκαλιόφιλο.

- έχει μεγάλες απαιτήσεις σε οργανική ουσία.

Η βασική λίπανση που εφαρμόζεται στο κολοκύθι, όταν δεν γίνεται εδαφική ανάλυση και η οποία αποτελεί και οδηγό (βοηθητικό στοιχείο) όταν γίνεται, είναι:

-4-6 τον./στρ καλά χωνεμένη κοπριά. Αν είναι λιγότερη προσθέτουμε και 25-50 kgr/στρ θειική αμμωνία (21-0-0).

-78 kgr/στρ αραιό φωσφορικό (0-21-0).

-50 kgr/στρ θειϊκό κάλι (0-0-48).

1.7.2. Επιφανειακή λίπανση

Η επιθυμητή σχέση των τριών βασικών στοιχείων στη λίπανση της κολοκυθιάς είναι $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0,7 : 1,1$.

Ο φώσφορος δίνεται όλος βασικός εκτός των ασβεστούχων εδαφών στα οποία δεν συνιστάται να καλλιεργείται η κολοκυθιά. Η επιφανειακή λίπανση περιορίζεται στην ίση ποσότητα N και K_2O . Για το σκοπό αυτό προστίθενται 250–500 gr/m³ νερού νιτρική αμμωνία και νιτρικό κάλι το καθένα (συνολικά 0,5-1κιλό λιπασμάτων/m³ νερού).

Η συχνότητα των λιπάνσεων (συνήθως κάθε δεύτερο πότισμα) και η ποσότητα εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης, την πορεία της καλλιέργειας, τις καιρικές συνθήκες, την ποιότητα του νερού και κυρίως την αγωγιμότητα του εδάφους τα όρια της οποίας αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η επιφανειακή λίπανση ξεκινά με τα πρώτα άνθη με μικρές ποσότητες (250+250) και ανάλογα με την πορεία της καλλιέργειας, τη συχνότητα των αρδεύσεων, το ύψος της παραγωγής και την ηλικία της καλλιέργειας μπορεί να φθάσουμε και στο 500+500, προσέχοντας να μην περάσουμε τα όρια της εδαφικής αγωγιμότητας. Είκοσι (20) ημέρες πριν το πιθανό τέλος της καλλιέργειας σταματάμε κάθε λίπανση.

Όταν δεν υπάρχει σύστημα υδρολίπανσης και γίνεται ξηρή λίπανση, τότε προσθέτουμε 5-7 kg/στρ νιτρική αμμωνία και 5-7 kg/στρ νιτρικό κάλι πριν από πότισμα και για 4-5 φορές. Με την έναρξη της συγκομιδής καλό θα είναι να γίνεται και μία φυλλοδιαγνωστική.

1.8. Αραίωμα –Σκάλισμα

Όταν τα φυτά γίνουν 20-30 εκατοστά ύψος, αραιώνονται όπου είχαν φυτρωθεί περισσότερα του ενός ανά θέση. Αφαιρούνται τα ασθενέστερα ή μεταφυτεύονται σε κενές θέσεις ώστε τελικά να έχουμε ένα φυτό ανά θέση. Λόγω των αυξημένων αναγκών του φυτού σε αερισμό εδάφους και της καταπολέμησης των ζιζανίων γίνονται 1-2 σκαλίσματα μέχρι να κλείσουν τα φυτά. Τα σκαλίσματα μπορεί να

γίνουν με μικρή χειρόφρεζα. Με τα σκαλίσματα επιδιώκεται και κάποιο παράχωμα των φυτών.

1.9. Άρδευση

Η κολοκυθιά είναι φυτό:

- υψηλής περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (95%)
- αυξημένων αναγκών σε αερισμό του εδάφους
- έντονης διαπνοής, όταν οι καιρικές συνθήκες διαφοροποιούνται από περιορισμένα όρια κανονικότητας (π.χ. όταν σχετική υγρασία κάτω από 60%) λόγω πλούσιας και μεγάλου μεγέθους φυλλικής επιφάνειας.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι θα πρέπει να εφαρμόζονται ποτίσματα με μεγάλη συχνότητα και σε μικρές δόσεις. Παράλληλα όμως θα πρέπει να υπάρχει και επάρκεια ανταλλάξιμου καλίου που επιβραδύνει τη διαπνοή. Καλά θα είναι να γίνεται χρήση τασιμέτρου γιατί πρόκειται για φυτό πολύ ευαίσθητο τόσο στην έλλειψη όσο και στην περίσσεια της εδαφικής υγρασίας. Οι ανάγκες σε νερό ενός στρέμματος κολοκυθιάς υπολογίζονται με στάγδην άρδευση κ.μ.ο. στο ύπαιθρο 300 m³ /στρ και στο θερμοκήπιο 400 m³ /στρ. Η άρδευση σε όλες τις καλλιέργειες είναι η πιο σπουδαία (κρίσιμη) καλλιεργητική φροντίδα.

Στην καλλιέργεια όμως της κολοκυθιάς είναι όλη η καλλιέργεια

1.10. Αποφύλλωση

Στην κολοκυθιά το φυτό αναπτύσσεται μονοστέλεχα και δεν εφαρμόζεται κανένα κλάδεμα. Στην κολοκυθιά είναι όμως απαραίτητη η αποφύλλωση. Τα φύλλα της βάσης μόλις γεράσουν θα πρέπει να αφαιρούνται. Σε μερικές ποικιλίες για να διευκολύνουμε την ανάπτυξη του φυτού προς τα πάνω αφαιρούμε και υγιή χαμηλά φύλλα (έτσι διευκολύνεται και ο αερισμός του εδάφους). Ακόμη μπορεί να αφαιρεθούν υγιή φύλλα και ψηλά όπου είναι πυκνά γιατί έτσι διευκολύνονται ο αερισμός του φυτού, ο φωτισμός, όλες οι καλλιεργητικές εργασίες και κυρίως η συγκομιδή (γίνεται γρήγορα και χωρίς ζημιές στο φυτό), η πρόληψη των ασθενειών, η καλλίτερη εφαρμογή των ψεκασμών κ.ά.

1.11. Υποστύλωση

Στο θερμοκήπιο τα φυτά δένονται με σπάγκο από το οριζόντιο πλέγμα της οροφής ή στηρίζονται σε πασσάλους στα τύπου τούνελ (Φυλιατρών – Πρεβέζης). Στο ύπαιθρο δεν γίνεται κατά κανόνα υποστύλωση γιατί έχουμε μικρότερη πυκνότητα φυτών και τα καλλιεργούμενα κυρίως υβρίδια είναι θαμνώδη και όρθια λόγω μικρών μεσογονατίων. Ορισμένα όμως πολύ παραγωγικά υβρίδια όταν καλλιεργούνται στο ύπαιθρο πρέπει να υποστύλωνονται και εκεί για καλύτερης ποιότητας παραγωγή, πιο άνετη εκτέλεση των καλλιεργητικών φροντίδων και χωρίς απώλειες παραγωγής κατά τη συγκομιδή.

1.12. Συγκομιδή

Οι καρποί συλλέγονται άγουροι όταν αποκτήσουν το εμπορικό μέγεθος, ανάλογα με τις απαιτήσεις της προοριζόμενης να διατεθούν αγοράς. Το εμπορικό μέγεθος κυμαίνεται 10-20 cm μήκος και 4-8 cm διάμετρος. Αναγκαστικά ο καρπός κόβεται με τμήμα του ποδίσκου (μήκους 2,5-5 cm) γιατί η πρόσφυσή του στον καρπό είναι τέτοια που η ολική αφαίρεσή του θα προκαλούσε ταχεία αφυδάτωση και σήψη του καρπού.

Κυρίως από την εποχή καλλιέργειας (θερμοκρασία) και δευτερεύοντος από την ποικιλία εξαρτώνται:

- α) Ο χρόνος από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή (30-60 ημέρες).
 - β) Η συχνότητα συγκομιδής (1-8 ημέρες). Από την εμφάνιση του θηλυκού άνθους μέχρι την απόκτηση του εμπορικού μεγέθους (15 cm) απαιτούνται μέχρι 10 ημέρες το χειμώνα και 1-4 ημέρες το καλοκαίρι.
 - γ) Η διάρκεια συγκομιδής, η οποία όταν οι τιμές διατηρούνται υψηλές μπορεί να φθάσει μέχρι τις 100 ημέρες ιδιαίτερα στο ανοιξιάτικο (Απρίλιο – Ιούλιο).
- Το ύψος της παραγωγής παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, από 3-8 τον/στρ.

Καλά θα είναι η συγκομιδή να γίνεται με δροσιά το πρωί ή αργά το απόγευμα τη ζεστή περίοδο γιατί διευκολύνεται η εργασία της συγκομιδής (το φυτό είναι σε πλήρη σπαργή). Η κοπή των καρπών πρέπει να γίνεται με κοφτερό μαχαίρι, με εργατές που χρησιμοποιούν γάντια, κουβάδες και κιβώτια πλαστικά για αποφυγή πληγών που γίνονται αφετηρία σήψεων. Είναι αναγκαία η τακτική αφαίρεση των καρπών γιατί αυξάνει τις αποδόσεις, βοηθώντας τη συνεχή παραγωγή νέων καρπών.

Για τον ίδιο λόγο πρέπει να αφαιρούνται αμέσως μόλις γίνονται αντιληπτοί οι μειονεκτικοί καρποί λόγω κακού δεσίματος.

Η συγκομιδή χρειάζεται πολύ προσεκτική εργασία για αποφυγή τόσο του τραυματισμού των καρπών όσο και των φυτών. Ακόμη πολλές αγορές θέλουν να διατηρείται ακέραιο και το άνθος που είναι δείκτης της φρεσκάδας του προϊόντος. Η μεταφορά επίσης ενέχει κινδύνους τραυματισμού των καρπών γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται προσεκτική συσκευασία όταν πρόκειται να ταξιδέψουν σε μεγάλες αποστάσεις. Μεγαλύτερου μεγέθους κολοκυθάκια γίνονται δεκτά στην αγορά για τηγανιτά ή γεμιστά.

Ο καρπός μπορεί να διατηρηθεί για 7-10 ημέρες σε θερμοκρασία 10 C⁰ και Σ.Υ. 90%. Υπάρχει όμως κίνδυνος να εμφανίσουν χαρακτηριστικά συμπτώματα ζημιών από το ψύχος αν η διατήρηση γίνει σε θερμοκρασία κάτω από 10 C⁰.

1.13. Ποικιλίες- Υβρίδια

Οι παραγωγοί αγοράζουν το σπόρο ενδιαφερόμενοι για την πρωιμότητα (40-60 ημέρες), την παραγωγικότητα, το χρώμα, το σχήμα, την αντοχή στις ασθένειες, το κρύο, τις υψηλές θερμοκρασίες, το κράτημα του άνθους κ.ά.

Όσον αφορά το χρώμα, υπάρχει ευρύ φάσμα χρωμάτων από το καθαρό λευκό μέχρι το βαθύ πράσινο (λευκό, λευκοκίτρινο, κρεμ), λευκοπράσινο (ψαρό), απαλό – φωτεινό πράσινο, βαθύ πράσινο. Η Βόρεια Ελλάδα προτιμά τα λευκά και η νότια Ελλάδα τα πράσινα. Όσον αφορά αντοχή στις ασθένειες, υπάρχουν υβρίδια με αντοχή κυρίως στις ιώσεις (CMV, WMV-2, ZYMV) και στους μύκητες του ωιδίου και του βοτρύτη. Όσον αφορά τον τύπο βλάστησης, υβρίδια με κατακόρυφη ανάπτυξη (μικρά μεσογονάτια) προτιμώνται για καλλιέργεια στο θερμοκήπιο γιατί στηρίζονται εύκολα με τη βοήθεια σχοινιού και μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών ανά στρέμμα η οποία δίνει μεγαλύτερη παραγωγή. Η θαμνώδης προτιμάται για καλλιέργεια στο ύπαιθρο.

Μερικές από τις σημαντικότερες ποικιλίες:

α) **Κομποκολόκυθο** (του Ινστιτούτου Κηπευτικών Β. Ελλάδος). Χρώμα λευκό έως πολύ ανοιχτό πράσινο (ψαρό). Σχήμα κυλινδρικό, γωνιώδους τομής, με στένωση στη μέση. Πρώιμη και παραγωγική ποικιλία.

β) **Υπόλευκο Θεσσαλονίκης**. Διαφέρει από το προηγούμενο στο ότι δεν έχει γωνίες, ούτε στένωση στη μέση. Οι καρποί είναι μακροί κυλινδρικοί. Παραγωγική και αρκετά πρώιμη ποικιλία.

γ) **Ντόπια πράσινα**. έχουν πράσινο χρώμα και κυλινδρικό σχήμα. Υπάρχουν τοπικοί πληθυσμοί με γωνιώδη τομή και στένωση στη μέση και υπάρχουν και άλλοι πληθυσμοί καθαρά κυλινδρικοί και χωρίς στένωση.

Ορισμένα από τα υβρίδια που διατίθενται είναι τα εξής:

Chivas F1. Πρώιμο υβρίδιο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Φυτό με κοντά μεσογονάτια και μεγάλη παραγωγή. Καρπός ανοικτοπράσινος, κυλινδρικός – οβάλ (κατάλληλος για γέμισμα), μήκους περίπου 18 cm. Υψηλά ανεκτικό στην ιώσεις CMV, ZYMV, WMV-2 και στο Ωίδιο.

Otto F1. Πρώιμο υβρίδιο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Φυτό με κοντά μεσογονάτια και μεγάλη παραγωγή. Καρπός ανοικτοπράσινος, απολύτως κυλινδρικός, μήκους 20 cm. Αρκετά ανεκτικό στις Ιώσεις ZYMV, WMV-2 και στο Ωίδιο.

Carisma F1. Πρώιμο υβρίδιο για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια. Δυνατό φυτό, παραγωγικό, με καρπούς κυλινδρικούς, μήκους 17 cm, ανοικτού πράσινου χρώματος. Υψηλά ανεκτικό στις Ιώσεις ZYMV, CMV, WMV-2 και στο Ωίδιο.

Arlika F1. Πρώιμο υβρίδιο για όψιμη υπαίθρια καλλιέργεια. Μέτρια δυνατό φυτό το οποίο παράγει κυλινδρικούς, ανοικτού πράσινου χρώματος καρπούς, μήκους 17 cm. Πολύ παραγωγικό.

Άλλα γνωστά υβρίδια είναι τα Abondanza, Super Abondanza, Jedida, Alba, Grize, Elite κ.ά.

2. ΔΙΑΠΝΟΗ

Όπως είναι γνωστό, η επιδερμίδα των φύλλων καλύπτεται από ένα κηρώδες στρώμα, γνωστό ως εφυμενίδα, με ιδιαίτερα μικρή διαπερατότητα στο CO₂. Η απαραίτητη επικοινωνία ανάμεσα στο εσωτερικό του φύλλου (όπου βρίσκονται τα κέντρα της φωτοσύνθεσης) και στην εξωτερική ατμόσφαιρα αποκαθίσταται μέσω χαρακτηριστικών πόρων της φυλλικής επιφάνειας, που ονομάζονται στόματα. Τα δύο κύτταρα που σχηματίζουν και περιβάλλουν τον στοματικό πόρο είναι γνωστά ως καταφρακτικά. Αναπόφευκτο τμήμα, για την απρόσκοπτη είσοδο του CO₂, αποτελεί

η ταυτόχρονη απώλεια -μέσω των στομάτων- του νερού, που πολλές φορές καθίσταται περιοριστική για την ανάπτυξη των φυτών.

Διαπνοή είναι η απώλεια νερού από τα φυτά, κυρίως από τα φύλλα. Το φαινόμενο είναι σύνθετο και συντελείται σε δύο φάσεις. Κατ' αρχάς, το νερό που εμποτίζει τα τοιχώματα των κυττάρων του μεσοφύλλου εξατμίζεται προς την εσωτερική ατμόσφαιρα του φύλλου, η οποία απαρτίζεται τόσο από τους κενούς χώρους μεταξύ των κυττάρων όσο και από τον υποστομάτιο θάλαμο. Είναι προφανές ότι το υδατικό δυναμικό στη σχετικά περιορισμένη εσωτερική ατμόσφαιρα τείνει να εξισωθεί με το υδατικό δυναμικό των κυττάρων του φύλλου.

Με τη βοήθεια των τραχειακών κυττάρων (αγγειώδης ιστός) το νερό κινείται από τις ρίζες προς τους βλαστούς για να καταλήξει στα φύλλα, από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος διαφεύγει με τη μορφή των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Για να αντιληφθούμε το μηχανισμό, με τον οποίο γίνεται η διαφυγή των υδρατμών προς την ατμόσφαιρα, πρέπει να θυμηθούμε τη δομή του φύλλου. Είναι γνωστό ότι το μεσόφυλλο των περισσότερων φύλλων είναι ένας πολύ χαλαρός ιστός με μεγάλους μεσοκυττάριους χώρους. Οι χώροι αυτοί συνδέονται μεταξύ τους σε όλη την έκταση του φύλλου.

Έτσι το νερό εξατμίζεται συνεχώς στους αεροφόρους χώρους από τα τοιχώματα των κυττάρων του μεσόφυλλου με αποτέλεσμα να είναι οι χώροι αυτοί σχεδόν πάντοτε κορεσμένοι από υδρατμούς. Συνήθως στην κάτω επιφάνεια των φύλλων υπάρχουν τα στόματα, τα οποία επικοινωνούν με τους μεσοκυττάριους χώρους. Με τη βοήθεια επομένως των στομάτων γίνεται επικοινωνία του εσωτερικού μέρους των φύλλων με τον ατμοσφαιρικό αέρα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται η ανταλλαγή των αερίων. Ο αέρας των μεσοκυττάριων χώρων. Όπως είδαμε, είναι σχεδόν πάντοτε κορεσμένος από υδρατμούς και παρουσιάζει **ψηλό υδατικό δυναμικό**. Αντίθετα ο ατμοσφαιρικός αέρας λόγω της περιορισμένης περιεκτικότητας σε υδρατμούς παρουσιάζει **χαμηλό υδατικό δυναμικό**. Έτσι τα μόρια των υδρατμών **διαχέονται** από τον κορεσμένο αέρα των μεσοκυττάριων χώρων μέσω των στομάτων προς τον λιγότερο κορεσμένο ατμοσφαιρικό αέρα. Συνεπώς έχουμε μια συνεχή ροή υδρατμών κατά μήκος της **διαβάθμισης του υδατικού δυναμικού**, όταν τα στόματα είναι ανοιχτά. Το νερό εξατμιζόμενο από τους πόρους των τοιχωμάτων των κυττάρων του μεσόφυλλου αναπληρώνεται με τη δράση τριχοειδών φαινομένων και ώσμωσης. Η πλησιέστερη πηγή νερού, από την οποία θα αντικατασταθεί το νερό, που χάθηκε με τη διαπνοή, είναι το πρωτόπλασμα των κυττάρων του μεσόφυλλου. Πράγματι το νερό

των κυτταρικών τοιχωμάτων (με χαμηλό υδατικό δυναμικό) αναπληρώνεται από το νερό του πρωτοπλάσματος των κυττάρων του μεσόφυλλου (με ψηλό υδατικό δυναμικό) μέσω των πλασματικών τους μεμβρανών, με **ωσμωτικές** διαδικασίες. Διαφορετικά το νερό μπορεί να απορροφηθεί και με τη βοήθεια των **τριχοειδών φαινομένων**. Με οποιοδήποτε όμως τρόπο και αν αναπληρωθεί το νερό, τελικά αντλείται από κάποιο μικρότερο ή μεγαλύτερο αγγείο του αγγειώδους ιστού του φύλλου. Συνεπώς η διαπνοή έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας **αναρροφητικής δύναμης των φύλλων**, με την οποία μετακινείται το νερό από τα αγγεία προς τα φύλλα. Με τη σειρά τους τα αγγεία των φύλλων ξαναγεμίζουν απορροφώντας νερό από τα αγγεία του βλαστού και αυτά από τα αγγεία της ρίζας. Έτσι δημιουργείται ένα **ρεύμα διαπνοής**, το οποίο τροφοδοτεί το βλαστό με άφθονο νερό και με τα εν διαλύσει ανόργανα ιόντα

2.1. Είδη Διαπνοής

Πειραματικά έχει επιβεβαιωθεί ότι το 99% του προσλαμβανόμενου νερού από ένα χερσαίο φυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή. Περισσότερο από 90% του συνολικού νερού, που χάνεται με τη διαπνοή, οφείλεται στη στοματική διαπνοή. Η εξάτμιση του νερού μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί, αφού διασχίσει την επιδερμίδα του συστήματος του βλαστού (επιφάνεια φύλλων + επιφάνεια νεαρών βλαστών). Η εξάτμιση όμως αυτή κανονικά παρεμποδίζεται από την κηρώδη επιστρώση της εφυμενίδας και γι αυτό ακριβώς είναι πολύ περιορισμένη. Συνήθως δεν υπερβαίνει το 5% του συνολικού νερού, που εξατμίζεται. Το είδος της διαπνοής αυτής είναι γνωστό ως διαπνοή εφυμενίδας .

Διαπνοή εφυμενίδας

Τα φύλλα και οι νεαροί βλαστοί καλύπτονται από ένα αδιαπέραστο στρώμα υμενίνης, το οποίο περιορίζει την εξάτμιση του νερού, αλλά και την είσοδο του CO₂. Μόνο ένα μικρό μέρος από το νερό, που διαπνέουν τα φυτά, χάνεται μέσω αυτού του προστατευτικού καλύματος. Η ποσότητα του νερού, που διαπνέεται, εξαρτάται κυρίως από το πάχος και τη φύση του εξωτερικού τοιχώματος των κυττάρων της επιδερμίδας, αλλά και της εφυμενίδας. Κατά συνέπεια τα τρυφερά φύλλα, τα οποία έχουν λεπτή εφυμενίδα, διαπνέουν πολύ περισσότερο από τα ηλικιωμένα φύλλα και τα φύλλα των ξηρόφυτων, που έχουν εφυμενίδα παχιά.

Το λίγο νερό, που χάνεται από τα αφυμενιωμένα επιδερμικά κύτταρα, αναπληρώνεται από τα υποκείμενα γειτονικά κύτταρα του δρυφακτοειδούς παρεγχύματος. Είναι φανερό ότι η διαπνοή μέσω της εφυμενίδας είναι μια παθητική διαδικασία, που δε μπορεί να ρυθμιστεί από το φυτό. Κατά συνέπεια ο όγκος του νερού, που διαπνέεται μ' αυτό τον τρόπο εξαρτάται κυρίως από το πόσο κορεσμένος είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, που το περιβάλλει και όχι από το ίδιο το φυτό.

Στοματική διαπνοή

Η κατ' εξοχή διαπνοή του φυτού γίνεται μέσω των στομάτων, όταν αυτά είναι "ανοιχτά". Το "άνοιγμα" και "κλείσιμο" των στομάτων ρυθμίζεται από τη σπαργή των καταφρακτικών κυττάρων.

Οι μεσοκυττάριοι χώροι του φύλλου καταλήγουν στις αναπνευστικές κοιλότητες των στομάτων, τις οποίες τροφοδοτούν συνεχώς με υδρατμούς. Έχει υπολογιστεί ότι ο συνολικός όγκος, που καταλαμβάνεται από τους μεσοκυττάριους αυτούς χώρους, ανέρχεται σε 15 μέχρι 40% του συνολικού όγκου του φύλλου. Επομένως, όταν τα καταφρακτικά κύτταρα είναι ανοιχτά έχουμε άμεση επικοινωνία των αναπνευστικών κοιλοτήτων με τον ατμοσφαιρικό αέρα και συνεπώς μαζική απώλεια υδρατμών

Παρόλο, που τα στοματικά ανοίγματα καταλαμβάνουν περίπου το 1 % της συνολικής επιφάνειας των φύλλων, εντούτοις η ποσότητα του διαπνεόμενου νερού από τα στόματα ξεπερνάει το 90% της συνολικής διαπνοής. Πράγματι υπάρχουν μερικά φυτικά είδη, όπως για παράδειγμα τα φύλλα του καπνού, που περιέχουν μεγάλο αριθμό στομάτων ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου ($12.000/\text{cm}^2$). Σε άλλα φυτικά είδη ο αριθμός αυτός μπορεί να είναι μικρότερος ή και μεγαλύτερος. Όμως ο μεγάλος αριθμός στομάτων ανά μονάδα επιφάνειας έχει ως αποτέλεσμα την αλληλοκάλυψη της επιφάνειας διάχυσης των υδρατμών, με αποτέλεσμα η επιφάνεια διαπνοής των φύλλων να συγκρίνεται με μια ελεύθερη υδατική επιφάνεια εξάτμισης των ιδίων διαστάσεων.

Τα φυτά γενικά αναπτύσσουν μια σημαντική επιφάνεια φύλλων στην ατμόσφαιρα, που είναι απαραίτητη για τη δέσμευση και αφομοίωση του CO_2 (φωτοσύνθεση). Μεγάλη όμως επιφάνεια φύλλων σημαίνει αντίστοιχα και μεγάλη διαπνοή, γι αυτό και τα ανώτερα φυτά καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού. Έχει υπολογιστεί ότι ένα ηλικιωμένο δέντρο οξυάς μπορεί να διαπνεύσει κατά την περίοδο

ενός μονάχα θέρους περισσότερα από 9.000 λίτρα νερού. Ένα φυτό καλαμποκιού σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του μπορεί να διαπνεύσει 200 περίπου λίτρα νερού. Επομένως, όπου υπάρχουν καλλιεργούμενες εκτάσεις ή δάση, το 80% περίπου του εδαφικού νερού αποδίδεται στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή των φυτών.

Και ενώ η μεγαλύτερη απώλεια του νερού πραγματοποιείται μέσω των στομάτων, ταυτόχρονα και το περισσότερο CO₂, που χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση, εισέρχεται στο φυτό από τον ίδιο δρόμο. Επομένως με το κλείσιμο των στομάτων όχι μόνο εμποδίζεται η απώλεια της εξάτμισης του νερού από τα φύλλα, αλλά επίσης εμποδίζεται και η είσοδος του CO₂ στα φύλλα.

2.2. Παράγοντες που επιδρούν στις στοματικές κινήσεις

Τα στόματα, εκτός από πύλες εξόδου των υδρατμών, είναι και πύλες εισόδου του CO₂ προς τα φωτοσυνθετικά κύτταρα, τα οποία παρέχουν οργανικό άνθρακα και χρήσιμη ελεύθερη ενέργεια προς το υπόλοιπο φυτό. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να υπάρχει ένας λεπτός ρυθμιστικός μηχανισμός που να συμβιβάζει επιτυχώς δύο αντιτιθέμενες λειτουργίες: ανοικτά στόματα σημαίνει φωτοσύνθεση και ανάπτυξη, αλλά συγχρόνως και κίνδυνο αφυδάτωσης. Αντίθετα, τα κλειστά στόματα μειώνουν τον κίνδυνο αφυδάτωσης, αλλά συγχρόνως περιορίζουν τη φωτοσύνθεση. Όπως θα γίνει φανερό παρακάτω, οι κατευθύνσεις των στοματικών κινήσεων είναι τέτοιες ώστε, όταν υπάρχει επάρκεια νερού, βελτιστοποιείται η φωτοσύνθεση, με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες σε νερό. Όταν όμως τα φυτά υφίστανται υδατική καταπόνηση, τότε προέχει η επιβίωση, δηλαδή η αποφυγή της αφυδάτωσης και τα στόματα παραμένουν κλειστά, έστω και αν οι υπόλοιποι περιβαλλοντικοί παράγοντες ευνοούν τη φωτοσύνθεση.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στις στοματικές κινήσεις είναι το φως, το CO₂, η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, το νερό στο έδαφος και η θερμοκρασία

Φως

Στα περισσότερα φυτά, τα στόματα ανοίγουν την ημέρα και κλείνουν τη νύχτα. Το άνοιγμα και το κλείσιμο γίνονται σταδιακά και για να ολοκληρωθούν απαιτείται συνήθως περί τη μία ώρα. Η ελάχιστη απαιτούμενη φωτονιακή ροή

εξαρτάται από το είδος του φυτού και κυμαίνεται από 4 έως 60 $\mu\text{moles. m}^{-2}$. S-I . Υπενθυμίζεται ότι η μέγιστη φωτονιακή ροή που μπορεί να μετρηθεί με αισθητήριο κάθετο προς τις ηλιακές ακτίνες, μια ημέρα με αίθριο ουρανό, είναι γύρω στα 2000 $\mu\text{moles. m}^{-2}$. S-I. Η παρατήρηση ότι τα στόματα ανοίγουν μόνο στο φως είναι συμβατή με την απαίτηση για ελαχιστοποίηση των αντιστάσεων στην είσοδο του CO_2 , όταν υπάρχει η κινητήρια δύναμη (φως) για την αφομοίωσή του, καθώς και με την απαίτηση για ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού, όταν η κινητήρια δύναμη απουσιάζει. Έτσι, οι κινήσεις των στομάτων μπορούν να προβλεφθούν και να γίνουν αντιληπτές με όρους οικονομικούς, δηλαδή ως μια προσπάθεια για την ελαχιστοποίηση του κόστους της φωτοσύνθεσης σε νερό.

CO_2

Σε αρκετά φυτά, τα στόματα φαίνεται να ανοίγουν όταν το CO_2 της εξωτερικής ατμόσφαιρας είναι χαμηλό και αντίθετα να κλείνουν όταν το CO_2 αυξάνεται. Μια χρήσιμη παρατήρηση σε σχέση με το φαινόμενο αυτό είναι ότι αν, για οιονδήποτε λόγο, τα στόματα είναι ερμητικά κλειστά, η μείωση της συγκέντρωσης του CO_2 στην ατμόσφαιρα δεν προκαλεί το άνοιγμά τους. Αν όμως είναι ελαφρώς ανοικτά, αντιδρούν στις μεταβολές της εξωτερικής συγκέντρωσης του CO_2 . Αυτό υποδεικνύει ότι η θέση ανίχνευσης του CO_2 από τα κύτταρα βρίσκεται προς το εσωτερικό του φύλλου.

Η φυσιολογική σημασία της χρήσης των επιπέδων του CO_2 ως ρυθμιστή του στοματικού ανοίγματος γίνεται φανερή αν εξετασθούν οι φυσιολογικές διαδικασίες που συμβάλλουν στην αύξηση ή τη μείωση του CO_2 στην εσωτερική ατμόσφαιρα του φύλλου. Αύξηση συντελείται με την αναπνοή και τη φωτοαναπνοή, ενώ μείωση με τη φωτοσύνθεση. Και οι τρεις διαδικασίες λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ τη νύχτα συμβαίνει μόνον η αναπνοή. Η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης, υπό κανονικές συνθήκες, είναι 2-10 φορές μεγαλύτερη του αθροίσματος των ταχυτήτων αναπνοής και φωτοαναπνοής. Κατά συνέπεια, η συγκέντρωση του CO_2 στο εσωτερικό του φύλλου τείνει να μειωθεί στη διάρκεια της ημέρας, προκαλώντας άνοιγμα των στομάτων, ενώ τείνει να αυξηθεί τη νύχτα, προκαλώντας το κλείσιμό τους.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι το φως, πέρα από την άμεση επίδραση στα καταφρακτικά κύτταρα, έχει και έμμεση, που όμως δρα συνεργιστικά προς την ίδια

κατεύθυνση. Ενεργοποιεί τη φωτοσύνθεση, μειώνει τη συγκέντρωση του CO₂ στον υποστομάτιο θάλαμο και προκαλεί περαιτέρω αύξηση του στοματικού ανοίγματος.

Σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας

Σε μερικά φυτά, τα καταφρακτικά κύτταρα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη σχετική υγρασία της εξωτερικής ατμόσφαιρας και κλείνουν όταν αυτή μειωθεί κάτω από μια ορισμένη τιμή, χαρακτηριστική για κάθε είδος. Προσεκτικότερες μελέτες έδειξαν ότι, στην πραγματικότητα, κρίσιμη παράμετρος είναι η διαφορά των μερικών πιέσεων των υδρατμών ανάμεσα στο εσωτερικό του φύλλου και στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η προστατευτική λειτουργία αυτής της αντίδρασης είναι προφανής, αν θυμηθούμε ότι η διαφορά μερικών πιέσεων των υδρατμών ανάμεσα στην εσωτερική και στην εξωτερική ατμόσφαιρα ενός φύλλου αποτελεί και την κινούσα δύναμη για τη διαπνοή.

Επάρκεια νερού στο έδαφος

Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, οι στοματικές κινήσεις σχετίζονται με την ωσμωτική πίεση και την πίεση σπαργής των καταφρακτικών κυττάρων. Υψηλή ωσμωτική πίεση οδηγεί σε απορρόφηση νερού, αύξηση της πίεσης σπαργής και αύξηση του όγκου των κυττάρων αυτών. Αύξηση της σπαργής και του όγκου των καταφρακτικών κυττάρων προκαλεί άνοιγμα του στόματος. Έτσι, οι αυξομειώσεις στο υδατικό δυναμικό των φύλλων ενδέχεται να μεταβάλλουν την πίεση σπαργής των καταφρακτικών κυττάρων και, επομένως, το άνοιγμα του στόματος.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία φαίνεται πως έχει έμμεσες επιδράσεις στις στοματικές κινήσεις, που σχετίζονται με τις μεταβολές των μερικών πιέσεων των υδρατμών και της συγκέντρωσης του CO₂ στο εσωτερικό του φύλλου. Γενικά, αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει και αύξηση της διαφοράς των μερικών πιέσεων των υδρατμών ανάμεσα στο εσωτερικό του φύλλου και στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Όταν

π.χ. η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, συμπαρασύρεται και αυτή των φύλλων. Επειδή στο εσωτερικό των φύλλων η ατμόσφαιρα διατηρείται πάντοτε κορεσμένη σε υδρατμούς, η δε πίεση κορεσμού αυξάνεται με τη θερμοκρασία, έπεται ότι αυξάνεται και η διαφορά των μερικών πιέσεων, οπότε τα στόματα τείνουν να κλείσουν

Όσον αφορά το CO₂, για σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τη φωτοσύνθεση και έτσι το CO₂ στην εσωτερική ατμόσφαιρα του φύλλου μειώνεται, με αποτέλεσμα τα στόματα να ανοίγουν. Για σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, η αύξηση της ταχύτητας της αναπνοής και της φωτοαναπνοής είναι εντονότερη από αυτήν της φωτοσύνθεσης, με αποτέλεσμα να εμπλουτίζεται το εσωτερικό του φύλλου με CO₂ και τα στόματα να κλείνουν. Τέλος, οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν θετικά τη διαπνοή ως φυσικό φαινόμενο εξάτμισης, προκαλώντας υδατική καταπόνηση στα φύλλα αν το διαπνευστικό ρεύμα δεν καταφέρει να αντικαταστήσει τις απώλειες. Έτσι, το υδατικό δυναμικό των φύλλων μειώνεται, έχουμε απώλεια σπαργής και κλείσιμο των στομάτων.

2.3. Φυσιολογική σημασία της διαπνοής

Μερικοί φυσιολόγοι διατύπωσαν την άποψη ότι η διαπνοή είναι αναγκαίο κακό για το φυτό, αφού το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων ρυθμίζει την ανταλλαγή των αερίων. Επιπλέον επισήμαναν ότι μια διαδικασία τόσο πολύπλοκη και τόσο μεγάλης σημασίας πρέπει να έχει και κάποια βιολογική σημασία. Πράγματι η σημασία της διαπνοής είναι μεγάλη, αφού θεωρείται απαραίτητη για την ανταλλαγή των αερίων. Όμως, όταν αυτή είναι έντονη, είναι δυνατό να οδηγήσει στο θάνατο του φυτού λόγω αποξήρανσης.

Είδαμε προηγουμένως ότι η ενεργός διαπνοή ενός φυτού είναι σε θέση να μετακινήσει μεγάλες ποσότητες νερού από τις ρίζες στα φύλλα. Επιπλέον η διαπνοή συμβάλλει στην απορροφητική δύναμη των κυττάρων και συνεπώς διευκολύνεται ο εμπλουτισμός των κυττάρων με θρεπτικές ουσίες, αφού το νερό περιέχει σε διαλυμένη κατάσταση και διάφορα θρεπτικά στοιχεία. Έτσι με τη διαδικασία αυτή μεταφέρεται στο φύλλωμα του φυτού το απαραίτητο νερό και ένα μέρος ανόργανων αλάτων και οργανικών ουσιών, των οποίων η ταχεία μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις είναι σπουδαίας σημασίας για το φυτό. Παρόλα αυτά σήμερα γνωρίζουμε ότι οι περισσότερες θρεπτικές ουσίες μπορούν να μεταφέρονται στο φυτό ανεξάρτητα

της διαπνοής (ωσμωτικά), έτσι ώστε η διαπνοή να μη θεωρείται ότι είναι ο κύριος τρόπος μεταφοράς των θρεπτικών ουσιών.

Η εξάτμιση από την επιφάνεια των φύλλων συνοδεύεται και από ένα σημαντικό ποσό απώλειας θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια η διαπνοή συντελεί στην ελάττωση της θερμοκρασίας των φύλλων. Πράγματι, αν κατά τη διάρκεια μιας θερμής και ηλιόλουστης μέρας μετρήσουμε τη θερμοκρασία των φύλλων, θα διαπιστώσουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές του περιβάλλοντος αέρα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η διαπνοή προστατεύει το φυτικό σώμα από την υπερθέρμανση.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις είναι λογικό να υποθέσουμε ότι η διαπνοή είναι μια ενδιαφέρουσα φυσιολογική διαδικασία με βασικής σημασίας επιπτώσεις πάνω στην κανονική λειτουργία του φυτού.

2.4. Μέτρηση Διαπνοής

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η διαπνοή είναι ο κύριος παράγοντας, που επηρεάζει την ποσότητα του νερού, που θα κινηθεί μέσα στο φυτό. Έτσι τα εξωτερικά κύτταρα της ρίζας προσλαμβάνοντας νερό από το έδαφος φτάνουν σε σημείο κορεσμού. Η πρόσληψη όμως συνεχίζεται γιατί τα κύτταρα του φλοιώδους παρεγχύματος απορροφούν το νερό αυτό από τα εξωτερικά κύτταρα της ρίζας μεταφέροντάς το προς τον κεντρικό κύλινδρο. Επομένως η ρίζα προσλαμβάνει κάποια ποσότητα νερού, την οποία όμως μπορούμε να προσδιορίσουμε επακριβώς με τη βοήθεια ειδικού οργάνου του **ποτόμετρου**. Καθώς ο βλαστός διαπνέει, οι υδρατμοί που χάνονται αντικαθίστανται από το νερό, που προσλαμβάνεται από το ποτόμετρο. Επομένως στον τριχοειδή βαθμολογημένο σωλήνα του μπορούμε να μετρήσουμε την ποσότητα του νερού, που έχει καταναλωθεί. Εάν ο φυλλοφόρος βλαστός αντικατασταθεί από πορώδες πήλινο δοχείο πλήρες νερού, παίρνουμε συγκρίσιμα αποτελέσματα. Το νερό στην περίπτωση αυτή εξατμίζεται από τους στενούς πόρους του δοχείου και αντικαθίσταται λόγω τριχοειδών φαινομένων. Η τριχοειδής μετακίνηση του νερού οφείλεται εν μέρει στις δυνάμεις συνάφειας μεταξύ των μορίων του νερού και των τοιχωμάτων των πόρων και εν μέρει σε δυνάμεις συνοχής (= δυνάμεις έλξης που συγκρατούν τα μόρια του νερού μεταξύ τους). Συνεπώς είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι οι ίδιες υπεύθυνες δυνάμεις λειτουργούν και στο βλαστό του φυτού.

2.4.1. Μέθοδοι μέτρησης

Η στοματική αγωγιμότητα μπορεί να υπολογιστεί από το ρυθμό της απώλειας νερού. Ο πιο ακριβής τρόπος είναι μετρώντας την απώλεια υδρατμών από φύλλα εγκλεισμένα σε θαλάμους χρησιμοποιώντας τεχνικές 'ανταλλαγής αερίων'. Όμως η 'ανταλλαγή αερίων', η οποία είναι κυρίως εργαστηριακή τεχνική, είναι ακριβή και απαιτεί καλή τεχνική υποστήριξη, ειδικά αν χρησιμοποιείται στον αγρό. Απλούστερες, αν και λιγότερο ακριβείς τεχνικές, απαιτούνται για μετρήσεις στον αγρό όπου συνήθως απαιτούνται πολλοί υπολογισμοί αν ο σκοπός της έρευνας είναι ο καθορισμός της αγωγιμότητας. Επί πλέον, τα όργανα θα πρέπει να είναι φορητά, να λειτουργούν με μπαταρίες και να είναι σχετικά φτηνά. Εδώ θα περιγραφούν τρεις τέτοιες τεχνικές.

Χαρτί γλωριούχου κοβαλτίου

Χαρτί εμποτισμένο με χλωριούχο κοβάλτιο είναι μπλε όταν είναι στεγνό και ροζ όταν είναι υγρό. Ο χρόνος που παίρνει για να αλλάξει το χρώμα όταν το χαρτί κρατιέται κοντά στην επιφάνεια ενός φύλλου είναι δείκτης του ρυθμού με τον οποίο χάνεται το νερό, άρα και της στοματικής αγωγιμότητας. Η τεχνική είναι γρήγορη, φτηνή, αλλά μόνο ημι-ποσοτική. Ο χρόνος για την αλλαγή του χρώματος έχει γραμμική συσχέτιση με την 'αντίσταση στη διάχυση' όπως αυτή μετρήθηκε με πορόμετρο διάχυσης για το σόργο ($r=0,91$) και τη σόγια ($r=0,92$). Η σχέση όμως, μπορεί να ποικίλει με το φυτικό είδος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι Kanemasu και Wiebe περιγράφουν τη τεχνική και δίνουν οδηγίες για την κατασκευή χαρτιού χλωριούχου κοβαλτίου.

Πορόμετρα μαζικής ροής

Υπάρχουν βασικά δυο τύποι πορομέτρων, μαζικής ροής και διάχυσης. Τα πορόμετρα μαζικής ροής μετρούν το ρυθμό με τον οποίο αέρας αναγκάζεται [να κινηθεί] μέσω (κατά την εγκάρσια τομή) των φύλλων. Αυτού του τύπου τα πορόμετρα είναι απλά φτηνά και συνήθως δεν περιλαμβάνουν ηλεκτρικά κυκλώματα.

Έτσι είναι χρήσιμα για διδασκαλία και για δουλειά σε απομακρυσμένα σημεία του αγρού.

Όμως έχουν τα ακόλουθα μειονεκτήματα,

- i) χρησιμοποιούνται καλύτερα για συγκριτικές παρά για απόλυτες μετρήσεις εξ' αιτίας των λαθών και των περιορισμών
- ii) η χρήση τους περιορίζεται σε «αμφιστοματικά» φύλλα (δηλ. με στόματα και στις δυο επιφάνειες) παρ' όλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ειδικές προφυλάξεις και σε «υποστοματικά» φύλλα,
- iii) διαρροή αέρα έξω από το όργανο, ή ακόμα πιο σημαντικό, από το σημείο πρόσφυσης του φύλλου, μπορεί να προκαλέσει σοβαρά λάθη.

Η αντίσταση μαζικής ροής μπορεί να συσχετιστεί με το άνοιγμα των στομάτων ή με την αντίσταση στη διάχυση για κάθε φυτικό είδος, εξαρτώμενη από την κατανομή των στομάτων και το υπό μελέτη αέριο. Η viscous αντίσταση (ή αντίσταση μαζικής ροής) Ω σε $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ δίνεται από τον τύπο: $\Omega = \Delta P / f$, όπου ΔP και f είναι αντίστοιχα, η διαβάθμιση της πίεσης (kg m s^{-2}) και η ροή του αέρα μέσω του φύλλου ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Μια απλή γενίκευση της σχέσης ανάμεσα στην αντίσταση διάχυσης και τη viscous αντίσταση στη ροή των υδρατμών είναι: $r_s[\text{H}_2\text{O}] \propto n\Omega$, όπου n υπολογίζεται εμπειρικά και είναι 0,4

Πορόμετρα διάχυσης

Η πορομετρία διάχυσης βασίζεται σε μετρήσεις του ρυθμού απώλειας υδρατμών από ένα φύλλο ή τμήμα φύλλου κλεισμένου σε πορομετρικό θάλαμο και η αντίσταση που μετριέται είναι αντίσταση διάχυσης. Ο ρυθμός απώλειας [υδρατμών] προσδιορίζεται από το ρυθμό αύξησης της υγρασίας η οποία μετριέται σαν μεταβατικός χρόνος, ή από το ρυθμό με τον οποίο προστίθεται ξηρός αέρας για να αντισταθμίσει την αύξηση της υγρασίας λόγω διαπνοής (null balance porometer). Και στις δύο περιπτώσεις, απώλεια νερού συμβαίνει και από τα στόματα και από την εφυμενίδα. Γενικά είναι παραδεκτό ότι η μεγαλύτερη απώλεια [υδρατμών] συμβαίνει από τα στόματα, αλλά η διαπνοή εφυμενίδας γίνεται σημαντική καθώς τα στόματα κλείνουν.

2.4.2 Αρχές και βαθμονόμηση πορομέτρων διάχυσης

Πορόμετρα transit time (χρόνου μετάβασης)

Τα πορόμετρα αυτά έχουν έναν αισθητήρα υγρασίας στον θάλαμο που περικλείει το φύλλο. Οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες είναι χλωριούχου λιθίου, θειωμένο πολυστειρένιο και ημιαγωγοί στερεάς φάσης λεπτού φιλμ. Ο θάλαμος μπορεί να είναι μη αεριζόμενος, ή μπορεί να έχει έναν μικρό ανεμιστήρα που ή αναδύει τον αέρα μέσα στο θάλαμο ή εξαναγκάζει τον αέρα [να κινηθεί] μέσα από μια παρεμβολή που περιλαμβάνει τον αισθητήρα και πίσω στο θάλαμο. Τα αεριζόμενα πορόμετρα έχουν πολύ μικρή boundary layer αντίσταση γεγονός που αυξάνει την ευαισθησία μέτρησης της στοματικής αντίστασης. Επιπλέον, ο αέρας στο θάλαμο ανακατεύεται καλά. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα για τη μέτρηση βελονοειδών φύλλων ή μικρών βραχιόνων τα οποία δεν μπορούν να μετρηθούν με μη αεριζόμενα πορόμετρα. Τα μη αεριζόμενα πορόμετρα είναι απλά, σχετικά φτηνά και αρκετά κατάλληλα για πλατύφυλλα φυτά. Ένας αριθμός οργάνων του εμπορίου είναι αυτού του τύπου: π.χ LICOR LI-700 Porometer (Licor Inc., Lincoln, Nebraska, USA), Delta-T Automatic Porometer Mk III (Delta-T Devices, Cambridge, UK).

Και τα δύο είδη πορομέτρων (αεριζόμενα ή μη-αεριζόμενα) επηρεάζονται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, η διαφορά ανάμεσα στην θερμοκρασία του φύλλου και του αισθητήρα πρέπει να είναι λιγότερο από 1C° γιατί [η μέτρηση] προϋποθέτει ισόθερμες συνθήκες. Στην πράξη, αυτό επιτυγχάνεται σκιάζοντας το φύλλο για 1-2 λεπτά πριν τη μέτρηση και διατηρώντας το δοχείο σκιασμένο κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Επί πλέον τα πορόμετρα αυτά πρέπει να βαθμονομηθούν σε ακριβείς ελεγχόμενες θερμοκρασίες (ακρίβεια μεγαλύτερη του 0.1C°) και για ένα εύρος θερμοκρασιών. [Τα πορόμετρα] αυτά βαθμονομούνται με διάτρητους μεταλλικούς δίσκους γνωστής αντίστασης. Το πορόμετρο στερεώνεται στην μια πλευρά του δίσκου και ένα υγρό διηθητικό χαρτί στην άλλη. Ο ρυθμός αύξησης της υγρασίας μετριέται σε κάθε θερμοκρασία για μια σειρά συνδυασμών μεγέθους και αριθμού τρυπών. Ο χρόνος [που απαιτείται] για την υγρασία να αυξηθεί σε μια προκαθορισμένη τιμή (πχ 20-30% σχετική υγρασία) –και γι αυτό [ο όρος] χρόνου μετάβασης- απεικονίζεται γραφικά σε συνάρτηση με την

υπολογιζόμενη φυσική αντίσταση . [Με τον τρόπο αυτό] λαμβάνεται μια σειρά από ευθείες γραμμές με κοινό σημείο τομής στον άξονα χ ([το σημείο] αυτό είναι το “cup resistance”). Μια πολυνομιακή [εξίσωση] μπορεί περιγράψει αυτές τις σχέσεις και να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της κλίσης για κάθε θερμοκρασία μέτρησης. Οι κλίσεις [των ευθειών] στη συνέχεια, απεικονίζονται γραφικά σε συνάρτηση με την θερμοκρασία . Εναλλακτικά, η κλίση μπορεί να υπολογιστεί γραφικά και να γίνει αντικατάσταση στην ακόλουθη εξίσωση για να υπολογιστεί η στοματική αντίσταση (ή αγωγιμότητα):

$$r_s = (\Delta t / \text{slope}_t) - r_{\text{cup}}$$

όπου t είναι ο χρόνος μετάβασης (σε sec),

slope είναι η κλίση για κάθε θερμοκρασία μέτρησης και r_{cup} είναι η “cup resistance” που καθορίζεται από τη σχέση του χρόνου μετάβασης και της υπολογιζόμενης φυσικής αντίστασης .

Η βαθμονόμηση είναι το πιο δύσκολο μέρος της πορομετρίας που βασίζεται στα πορόμετρα χρόνου μετάβασης. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος που στηρίζεται στη φυσική αντίσταση και η οποία περιγράφεται πιο πάνω, ή μια [μέθοδος] που στηρίζεται στη έγχυση γνωστής ποσότητας υδρατμών στο δοχείο του πορομέτρου. Οι κατασκευαστές αυτών των οργάνων παρέχουν τα εργαλεία και τις λεπτομέρειες για τις τεχνικές της βαθμονόμησης.

Πορόμετρα null-balance (μηδενικού σημείου ή σημείου εξισορρόπησης)

Τα πορόμετρα null-balance ή συνεχούς ροής απαιτούν έναν αισθητήρα υγρασίας και είναι αεριζόμενα για να εξασφαλίζουν γρήγορη προσέγγιση και ακριβή μέτρηση του μηδενικού σημείου. Στον πιο κοινό τύπο, ο ρυθμός με τον οποίο ξηρός αέρας (0% σχετική υγρασία) προστίθεται στο δοχείο του πορομέτρου ή στο θάλαμο για να εξισορροπήσει την αύξηση της υγρασίας εξ’ αιτίας της διαπνοής και να διατηρήσει την σχετική υγρασία στο σημείο εξισορρόπησης σταθερή, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της στοματικής αντίστασης. (Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχετική υγρασία στο σημείο εξισορρόπησης με τη χρήση ξηρού αέρα σταθερής ροής).

Αν ένας ρυθμός ροής του ξηρού αέρα f ($\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$) απαιτείται για να διατηρηθεί μια υγρασία h σε έναν θάλαμο που περικλείει μια φυλλική επιφάνεια s (cm^2), ο ρυθμός διαπνοής (E) θα είναι:

$$E = fe_a/s$$

όπου e_a = η πίεση ατμών του αέρα στο θάλαμο

Στο σημείο ισορροπίας, το E μπορεί να γραφτεί κατ' αναλογία με το νόμο του Ohm

$$E = (e_l - e_a)/r_l$$

Όπου, e_l είναι η πίεση κορεσμού στην θερμοκρασία του φύλλου και r_l είναι η αντίσταση στην απώλεια νερού από το φύλλο.

Συνδυάζοντας τις δυο εξισώσεις έχουμε:

$$r_l = \{(e_l/e_a) - 1\} * s/f$$

Αν το δοχείο αερίζεται ικανοποιητικά η αντίσταση του boundary layer (r_a) είναι μικρή. Μπορεί είτε να αγνοηθεί, ή να καθοριστεί αντικαθιστώντας το φύλλο με υγρό χαρτί ή παρόμοιο υλικό. Επιπλέον, αν η θερμοκρασία του φύλλου και του αέρα είναι ίδιες η διαφορά $e_l - e_a$ γίνεται $1/h$, το αντίστροφο της σχετικής υγρασίας. Έτσι η αντίσταση των στομάτων (r_s) είναι:

$$r_s = \{(1/h) - 1\} * s/f - r_a$$

Η βαθμονόμηση του πορομέτρου είναι μάλλον βαθμονόμηση του ρυθμού ροής παρά της αντίστασης. Αυτό απλά απαιτεί έναν μετρητή ροής και ένα χρονόμετρο. Παρ' όλα αυτά μπορεί να είναι απαραίτητο να γίνει βαθμονόμηση του αισθητήρα υγρασίας. Η απλούστερη μέθοδος είναι να τοποθετηθεί το δοχείο πάνω από κορεσμένο διάλυμα άλατος σε σταθερή θερμοκρασία.

Τα πλεονεκτήματα των πορομέτρων μηδενικού σημείου είναι:

Η υγρασία είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της μέτρησης και είναι μέτρηση σε σημείο ισορροπίας παρά μια δυναμική μέτρηση. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό αν τα στόματα αντιδρούν στην θερμοκρασία. Εμπορικά όργανα είναι τώρα διαθέσιμα τα οποία επιτρέπουν το σημείο εξισορρόπησης να καθοριστεί στην υγρασία του περιβάλλοντος (πχ LI 1600 Licor Inc., Lincoln, Nebraska, USA). (Κάποια πορόμετρα χρόνου μετάβασης διαθέτουν μεγάλο εύρος υγρασίας στο οποίο ο χρόνος μετάβασης μπορεί να μετρηθεί Μπορούν να γίνουν μετρήσεις σε διαφορετικές σταθερές υγρασίες Η βαθμονόμηση είναι πιο άμεση και εξαρτάται λιγότερο από υποθέσεις και αβεβαιότητες Μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βελονοειδή φύλλα ή μικρούς βραχίονες.

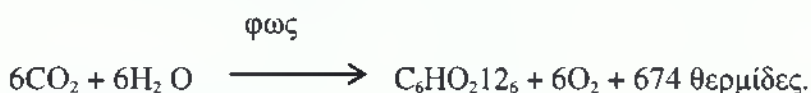
Τα μειονεκτήματα τους σε σχέση με άλλα είδη πορομέτρων είναι ότι είναι περισσότερο πολύπλοκα, απαιτούν περισσότερη ενέργεια και τεχνική υποστήριξη και είναι πιο ακριβά.

3. ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

3.1. Φωτοσύνθεση: ορισμός και διάκριση

Φωτοσύνθεση είναι η φυσικοχημική διαδικασία μέσω της οποίας τα φυτά και τα φωτοσυνθετικά βακτήρια χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να συνθέσουν οργανικές ενώσεις. Η φωτοσύνθεση είναι μια πολύπλοκη φυσικοχημική διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε ζωντανούς οργανισμούς και οδηγεί τελικά στη μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε χημική.

Είναι η φυσιολογική λειτουργία με την οποία τα πράσινα φυτά προμηθεύονται τον άνθρακα και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητα για τη θρέψη τους. Τα χλωροφυλλούχα φυτά έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας σε ανθρακούχες ενώσεις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους. Η φωτοσυνθετική λειτουργία γίνεται με παρουσία οξυγόνου και με την ενέργεια του ηλιακού φωτός. Η χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης είναι:



Στην πραγματικότητα όμως η φωτοσύνθεση γίνεται με μια σειρά πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, που συνοψίζονται στο πιο πάνω σχήμα. Ο τόπος όπου γίνονται οι αντιδράσεις αυτές είναι οι χλωροπλάστες.

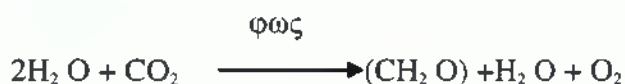
Οι πρώτες παρατηρήσεις του φαινομένου της φωτοσύνθεσης έγιναν από τον Πρίστλεϊ, το 1771. Αυτός πρώτος παρατήρησε ότι τα πράσινα φυτά καθάριζαν τον αέρα που είχε μολυνθεί από την αναπνοή των ζώων. Τις παρατηρήσεις του Πρίστλεϊ συνέχισε ο Ολλανδός γιατρός Ινκενχάους. Ο Ντε Σοσόρ απέδειξε, το 1804, ότι το βάρος του οξυγόνου, που έχει αποβληθεί μαζί με το βάρος του φυτού μετά τη φωτοσύνθεση, είναι μεγαλύτερο από το βάρος του διοξειδίου του άνθρακα που απορροφήθηκε. Κατά τον 20^ο αι. το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης μελετήθηκε από κάθε πλευρά (βιοχημική, χημική, φυσιολογική κ.λπ.). Το 1941 για πρώτη φορά έγιναν πειράματα με ραδιενεργά ισότοπα και ερευνήθηκε η πολύπλοκη σειρά που ακολουθούν οι διάφορες αντιδράσεις.

Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης σε γενικές γραμμές σήμερα είναι ο ακόλουθος: το νερό διαλύει και μεταφέρει το διοξείδιο του άνθρακα μέχρι τα κύτταρα

και τους χλωροπλάστες των φύλλων. Εκεί με την ενέργεια του φωτός ($h\nu$) που απορροφά η χλωροφύλλη, διασπάται το νερό (φωτόλυση) στα στοιχεία του: $H_2O \xrightarrow{h\nu} [H] + 1/2 O_2$. Το οξυγόνο απελευθερώνεται, ενώ το ατομικό υδρογόνο δεσμεύεται από διάφορα ένζυμα. Έπειτα το υδρογόνο οδηγείται στις αντιδράσεις με το διοξείδιο του άνθρακα: $CO_2 + [H] \rightarrow (CH_2O)_x$. Στο δεύτερο στάδιο αντιδράσεων δε χρειάζεται ηλιακή ενέργεια, γι' αυτό οι αντιδράσεις αυτές ονομάζονται "σκοτεινές". Το άμυλο είναι μια από τις πρώτες ενώσεις που σχηματίζονται. Αυτό μεταφέρεται σ' άλλες θέσεις του φυτού κατά τη νύχτα, όταν σταματά το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης. Φωτοσυνθετικοί οργανισμοί είναι τα φυτά και τα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Οι οργανισμοί αυτοί δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια και τη χρησιμοποιούν για να συνθέσουν οργανικές ενώσεις. Εκτός από τα ανώτερα πράσινα φυτά, υπάρχουν άλλα κατώτερα χωρίς χλωροφύλλη, που διασπούν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και συνθέτουν οργανικές ουσίες. Οι λειτουργίες τους αυτές ονομάζονται χημειοσύνθεση και φωτοχημειοσύνθεση. Τέτοια φυτά είναι μερικά βακτήρια (σιδηροβακτήρια, θειοβακτήρια κ.λπ.).

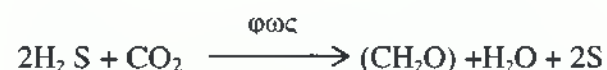
Η φωτοσύνθεση χαρακτηρίζεται ως:

A. Οξυγονική (Wolfe and Hooper, 1996), αν ο φωτοσυνθετικός οργανισμός δεσμεύει από το περιβάλλον του φως, διοξείδιο του άνθρακα και νερό, απελευθερώνει σε αυτό οξυγόνο και συνθέτει υδατάνθρακες σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Τέτοιοι οργανισμοί είναι τα φυτά και τα κυανοβακτήρια τα οποία χρησιμοποιούν σαν πρωτογενή ηλεκτρονιοδότη το νερό.

B. Ανοξυγονική (Wolfe and Hooper, 1996), αν ο φωτοσυνθετικός οργανισμός δεσμεύει από το περιβάλλον του φως, διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο, απελευθερώνει σε αυτό θείο και συνθέτει υδατάνθρακες, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Τέτοιοι οργανισμοί είναι τα φωτοσυνθετικά θειοβακτήρια τα οποία χρησιμοποιούν σαν πρωτογενή ηλεκτρονιοδότη το υδρόθειο. Τόσο το οξυγόνο όσο και το θείο χαρακτηρίζονται παραπροϊόντα της φωτοσύνθεσης αφού το κύριο προϊόν της είναι οι υδατάνθρακες. Παρότι οι παραπάνω χημικές εξισώσεις μοιάζουν, υπάρχει μικρή ομοιότητα των φωτοσυστημάτων των αντίστοιχων οργανισμών.

Στην παρούσα μελέτη θα ασχοληθούμε με την οξυγονική φωτοσύνθεση. Η οξυγονική φωτοσύνθεση μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια:

A. Το στάδιο των “φωτεινών αντιδράσεων” που περιλαμβάνει την απορρόφηση του φωτός, τη μεταφορά της δεσμευμένης ενέργειας στα φωτοσυνθετικά κέντρα αντίδρασης και τις αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων και πρωτονίων για να παραχθούν NADPH, ATP και O₂.

B. Το στάδιο των “σκοτεινών αντιδράσεων” που περιλαμβάνει την αναγωγή του CO₂ και τη σύνθεση υδατανθράκων, χρησιμοποιώντας το NADPH και το ATP που παράγονται κατά τις φωτεινές αντιδράσεις.

3.2 Φωτοσυνθετικός μηχανισμός

3.2.1. Χλωροπλάστης

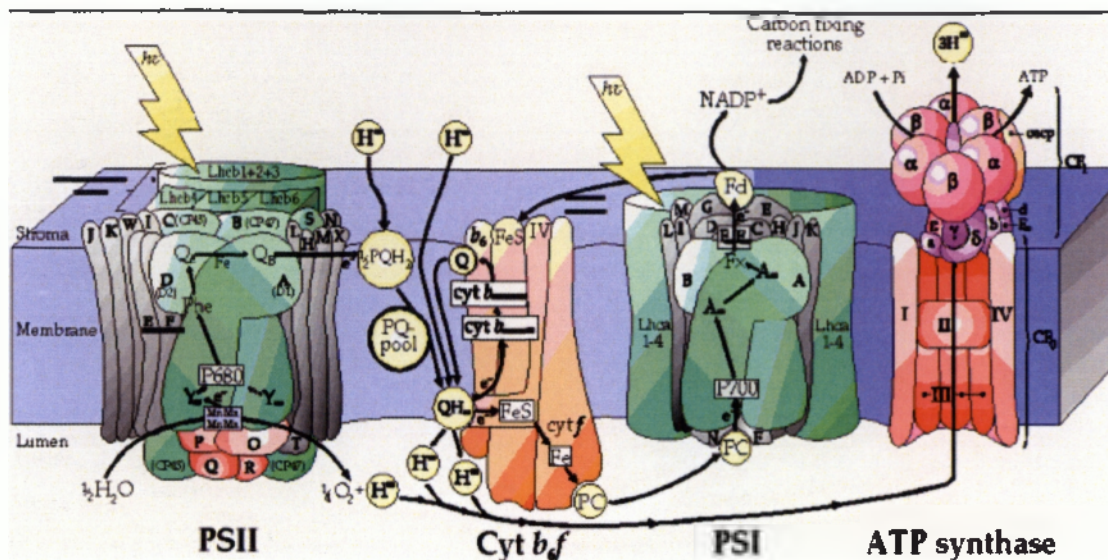
Ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός των ευκαρυωτικών φωτοσυνθετικών κυττάρων βρίσκεται μέσα σε ειδικά οργανίδια, τους χλωροπλάστες (Staehelein and van Der Staay, 1996). Ο χλωροπλάστης περιβάλλεται από διπλή μεμβράνη, τον πλαστιδιακό φάκελο, που είναι αρκετά διαπερατός στο CO₂ (το CO₂ είναι το υπόστρωμα για τη σύνθεση των υδατανθράκων στη διάρκεια των σκοτεινών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης). Το θεμελιώδες υλικό του χλωροπλάστη ονομάζεται στρώμα. Στο στρώμα βρίσκονται τα περισσότερα από τα ένζυμα που καταλύουν τις σκοτεινές αντιδράσεις. Το στρώμα διακόπτεται από αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του πλαστιδιακού φακέλου που ονομάζονται ελασμάτια. Κατά διαστήματα, τα ελασμάτια δημιουργούν μεμβρανώδεις σάκους, τα θυλακοειδή, που περιέχουν ένα εσωτερικό χώρο γνωστό ως μικροχώρο. Τα θυλακοειδή οργανώνονται σε στιβάδες που ονομάζονται grana. Στις μεμβράνες των θυλακοειδών βρίσκονται οι φωτοσυνθετικές μονάδες.

3.2.2. Φωτοσυνθετική Μονάδα (PSU)

Κάθε φωτοσυνθετικός οργανισμός περιέχει οργανικές ενώσεις που έχουν την ικανότητα να απορροφούν την ορατή ακτινοβολία. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται φωτοσυνθετικές χρωστικές. Στα ανώτερα φυτά οι φωτοσυνθετικές χρωστικές είναι χλωροφύλλες (a και b) και καροτενοειδή (Douce and Joyard , 1996). Η χλωροφύλλη a (chl a) είναι πράσινη και η χλωροφύλλη b (chl b) κιτρινοπράσινη. Τα μέγιστα

απορρόφησης σε διάλυμα ακετόνης είναι 663/430nm για τη chl a και 645/455nm για τη chl b. Τα καροτενοειδή είναι κίτρινες και πορτοκαλί χρωστικές και βρίσκονται σε όλα τα φωτοσυνθετικά κύτταρα. Τα καροτενοειδή είναι είτε υδρογονάνθρακες (καροτένια) είτε οξυγονωμένοι υδρογονάνθρακες (καροτενόλες ή ξανθοφύλλες) που περιέχουν αλυσίδες με 40 άτομα άνθρακα. Τα καροτενοειδή μπορούν να δώσουν την ενέργεια που απορροφούν στις χλωροφύλλες και επιπλέον έχουν την δυνατότητα να προστατεύουν τα μόρια των χλωροφυλλών όταν το κύτταρο βρεθεί σε συνθήκες έντονου φωτισμού (Φωτοαναστολή). Παρότι ακούγεται παράδοξο, οι υψηλές εντάσεις ορατής ακτινοβολίας μπορεί να επιφέρουν ζημιές στο φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Η Φωτοαναστολή είναι ένα σύνολο διεργασιών που ξεκινά με απενεργοποίηση αντιδράσεων μεταφοράς ηλεκτρονίων στο φωτοσύστημα II (PS II) και καταλήγει σε υποβάθμιση των πρωτεϊνών D1 και D2 του πυρήνα του φωτοσυστήματος (Whitmarsh and Pakrasi, 1996). Η Φωτοαναστολή αποσκοπεί στην προστασία και επιδιόρθωση του φωτοσυνθετικού μηχανισμού σε καταστάσεις έντονου φωτισμού και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από βιολογική σκοπιά όσο και από τη σκοπιά της μαθηματικής μοντελοποίησής της. Εκτός από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές, ο φωτοσυνθετικός οργανισμός διαθέτει διάφορες πρωτεΐνες, λιπίδια, κινόνες και ιόντα που είναι σημαντικά στη φωτοσυνθετική διαδικασία.

Κάθε φωτοσυνθετική μονάδα αποτελείται από 4 σύμπλοκα ενζύμων/ πρωτεϊνών : το φωτοσύστημα II (PS II) με το σύμπλοκο συλλογής φωτός (LHC II), το φωτοσύστημα I (PS I), το κυτόχρωμα b6 f (cyt b6 f) και την ATP-άση (ATP synthase) (Ort et al., 1996).



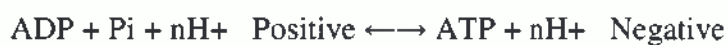
Λειτουργική δομή της φωτοσυνθετικής μονάδας (PSU)

Το PS II είναι ένα πολυπρωτεϊνικό σύμπλοκο που αποτελείται από το σύμπλοκο συλλογής φωτός (Light Harvesting Complex, LHC II) και τον πυρήνα του PS II (PS II core). Το LHC II εντοπίζεται περιφερειακά του PS II, και περιέχει πρωτεΐνες, μόρια χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b και καροτενοειδών. Το LHC II συνδέει τις μεμβράνες των θυλακοειδών και ελέγχει την κατανομή της δεσμευμένης φωτεινής ενέργειας μεταξύ του PS II και του PS I. Ο πυρήνας του PS II είναι ένα πολυπεπτιδικό σύμπλοκο που περιλαμβάνει: το κέντρο αντίδρασης (περιοχή όπου πραγματοποιείται ο πρωτογενής διαχωρισμός φορτίου), το σύμπλοκο έκλυσης οξυγόνου (περιοχή συσσώρευσης των οξειδωτικών ισοδύναμων που δημιουργούνται κατά τις φωτοχημικές αντιδράσεις), τις υδρόφοβες ή μεμβρανικές πρωτεΐνες και τις υδρόφιλες ή εξωτερικές πρωτεΐνες.

Το PS I, στους ευκαρυωτικούς φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αποτελείται από το σύμπλοκο συλλογής φωτός (Light Harvesting Complex, LHC I) και τον πυρήνα του PS I. Το LHC I περιέχει χλωροφύλλη b και δρα σαν βοηθητική φωτοσυλλεκτική κεραία. Το LHC I μεταφέρει την ενέργειά του στον πρωτογενή ηλεκτρονιοδότη του κέντρου αντίδρασης, P700, που βρίσκεται στον πυρήνα του PS I. Ο πυρήνας του PS I περιέχει επίσης φωτοσυνθετικές χρωστικές (χλωροφύλλη a και β-καροτένιο) και οξειδοαναγωγικούς παράγοντες. Οι ενώσεις αυτές είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί η μεταφορά ηλεκτρονίων στο PS I (Ort et al., 1996).

Το κυτόχρωμα b6 f αποτελεί το ενδιάμεσο πρωτεϊνικό σύμπλοκο στην μη κυκλική φωτοσυνθετική μεταφορά ηλεκτρονίων. Στους χλωροπλάστες, η ATP-άση βρίσκεται κυρίως στα θυλακοειδή του στρώματος. Η ATP-άση είναι ένα πρωτεϊνικό σύμπλοκο που καταλύει (σε μορφή συνθάσης) τη σύνθεση του ATP από ADP, ανόργανο φωσφόρο (Pi) και πρωτόνια. Η ροή πρωτονίων κατά μήκος της μεμβράνης ρίχνει την πρωτονιακή βαθμίδα που δημιουργείται από τη μεταφορά των ηλεκτρονίων. Η πρωτονιακή ροή έχει κατεύθυνση από το υψηλό φωτοχημικό δυναμικό (Positive) προς το χαμηλό φωτοχημικό δυναμικό (Negative). Η ATP-άση (σε μορφή υδρολάσης) καταλύει και την υδρόλυση του ATP σε ADP και Pi όπως φαίνεται στη χημική εξίσωση που ακολουθεί (Crofts A., 1996).

φως



3.3 Λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού

Η λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού βασίζεται στην απορρόφηση ενός μέρους της ενέργειας που μεταφέρεται από το φως. Κάθε στοιχειώδες ποσό (quantum) ενέργειας E_{ϕ} , όπως ορίστηκε από τον Planck, που μεταφέρεται από το φως λέγεται φωτόνιο.

$$E_{\phi} = h \nu = h c / \lambda$$

όπου, h η σταθερά του Planck ($h=6.6256 \times 10^{-34} \text{ J s}$), c η ταχύτητα του φωτός ($c=3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$), λ το μήκος κύματος και ν η συχνότητά του. Κάθε φωτεινή δέσμη αποτελείται από πολλές μονοχρωματικές ακτινοβολίες. Κάθε μια από αυτές μεταφέρει φωτόνια της ίδιας συχνότητας ή ισοδύναμα του ίδιου μήκους κύματος. Το φως λόγω της κυματοσωματιδιακής του φύσης μπορεί, ανάλογα με τις συνθήκες, να συμπεριφερθεί είτε ως κύμα είτε ως σωματίδιο. Κατά την απορρόφησή του στη διάρκεια της φωτοσύνθεσης συμπεριφέρεται ως σωματίδιο. Ένα φωτόνιο που πέφτει πάνω σε μόριο φωτοσυνθετικής χρωστικής είτε απορροφάται ολόκληρο είτε δεν απορροφάται καθόλου. Τα φωτόνια που έχουν τη δυνατότητα να απορροφηθούν από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές αποτελούν την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (Photosynthetic Active Radiation, PAR: 400 έως 700nm). Επίσης, φωτόνια της PAR με διαφορετικό μήκος κύματος έχουν διαφορετική δυνατότητα απορρόφησης από τα

μόρια των φωτοσυνθετικών χρωστικών. Η χλωροφύλλη *a*, για παράδειγμα, εμφανίζει μέγιστα απορρόφησης φωτονίων όταν αυτά έχουν μήκη κύματος 663nm ή 430nm. Τέλος, η απορρόφηση ή μη ενός φωτονίου από το μόριο μιας φωτοσυνθετικής χρωστικής εξαρτάται από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το μόριο της. Αν το μόριο βρίσκεται σε κατάσταση ανάπαυλας (resting state) έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει ένα φωτόνιο κατάλληλου μήκους κύματος που πέφτει πάνω σ' αυτό και να διεγερθεί, ενώ το φωτόνιο δεν απορροφάται αν το μόριο βρίσκεται σε διεγερμένη κατάσταση (excited state).

Η φωτονιακή ποιότητα μιας ακτινοβολίας καθορίζεται από το ποια είναι τα διαφορετικά μήκη κύματος των φωτονίων που μεταφέρει, ενώ η φωτεινή ένταση *I*, από την ποσότητα των φωτονίων που μεταφέρει η ακτινοβολία ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας. Τα φωτόνια που ανακλώνται πάνω στο φωτοσυνθετικό οργανισμό, τα φωτόνια που τον διαπερνούν χωρίς να συναντήσουν μόρια φωτοσυνθετικών χρωστικών και τα φωτόνια που δεν απορροφώνται γιατί έπεσαν σε διεγερμένα μόρια φωτοσυνθετικών χρωστικών περνούν ανεκμετάλλευτα για το φωτοσυνθετικό οργανισμό. Ένα μικρό ποσοστό (<10%) μόνο της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει σε φωτοσυνθετικούς οργανισμούς είναι φωτοσυνθετικά αξιοποιήσιμο.

Η φωτοσυνθετική διαδικασία μπορεί να χωριστεί, σε γενικές γραμμές, στις φωτεινές και στις σκοτεινές αντιδράσεις.

3.3.1 Φωτεινές αντιδράσεις

Φωτεινές αντιδράσεις είναι όλες εκείνες οι διαδικασίες που συμβαίνουν σε ένα φωτοσυνθετικό οργανισμό και εξαρτώνται άμεσα από την απορρόφηση φωτός. Το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας, που χρησιμοποιείται στη φωτοσυνθετική διαδικασία, απορροφάται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές του σύμπλοκου συλλογής φωτός LHC II. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης αρχίζει όταν απορροφηθεί ένα φωτόνιο που πέφτει πάνω σε ένα μόριο φωτοσυνθετικής χρωστικής που βρίσκεται σε κατάσταση ανάπαυλας. Το φωτόνιο δίνει την ενέργειά του σε ένα ηλεκτρόνιο, του μορίου, που βρίσκεται σε χαμηλή ενεργειακή στάθμη. Το ηλεκτρόνιο παίρνοντας την ενέργεια πηγαίνει σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη. Η διαδικασία αυτή λέγεται διέγερση του μορίου της φωτοσυνθετικής χρωστικής. Στη συνέχεια, το διεγερμένο μόριο αποδιεγείρεται, καθώς το ηλεκτρόνιο επιστρέφει στη χαμηλή

ενεργειακή στάθμη, επανεκπέμποντας την ενέργεια που είχε απορροφήσει κατά τη διέγερσή του. Η εκπεμπόμενη κατά την αποδιέγερση ενέργεια μπορεί να είναι είτε θερμότητα, είτε ορατή αλλά μη αξιοποιήσιμη (φθορισμός) φωτοσυνθετικά ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είτε φωτονιακή ενέργεια που μπορεί να απορροφηθεί από γειτονικά μόρια χρωστικών και να αξιοποιηθεί φωτοσυνθετικά. Αν όλα τα μόρια των φωτοσυνθετικών χρωστικών βρεθούν ταυτόχρονα σε διεγερμένη κατάσταση δε μπορεί να γίνει μεταφορά ενέργειας μεταξύ γειτονικών μορίων φωτοσυνθετικών χρωστικών και έχουμε φθορισμό. Ο μειωμένος φθορισμός δείχνει ότι η φωτονιακή ενέργεια που απορροφά ο οργανισμός αξιοποιήθηκε φωτοσυνθετικά. Η ενέργεια που απορροφούν τα μόρια των φωτοσυνθετικών χρωστικών του σύμπλοκου συλλογής φωτός, και αξιοποιείται φωτοσυνθετικά, δεν απελευθερώνεται αλλά μεταφέρεται σε γειτονικά μόρια χρωστικών και τα διεγείρει. Η μεταφορά της διέγερσης από μόριο σε μόριο των χρωστικών του σύμπλοκου συλλογής φωτός συνεχίζεται μέχρι να φτάσει η απορροφηθείς ενέργεια στα κέντρα αντίδρασης των φωτοσυστημάτων. Η φωτονιακή ενέργεια που καταφθάνει στα φωτοσυνθετικά κέντρα αντίδρασης ενεργοποιεί την αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων (electrons chain reaction). Η απορροφούμενη φωτονιακή ενέργεια που καταλήγει στο κέντρο αντίδρασης (P680) του φωτοσυστήματος II προκαλεί τη διέγερσή του. Το διεγερμένο κέντρο αντίδρασης P*680 δρα σαν πρωτογενής ηλεκτρονιοδότης απελευθερώνοντας ένα ηλεκτρόνιο και μεταπίπτει στην ισχυρή οξειδωτική μορφή P+680. Το ηλεκτρόνιο που απελευθερώθηκε αναπληρώνεται από ένα ηλεκτρόνιο που απελευθερώνεται από τη διάσπαση (φωτόλυση) του νερού. Κατά τη φωτόλυση δύο μορίων νερού απελευθερώνονται 4 ηλεκτρόνια (e-) και 4 κατιόντα υδρογόνου (H+) και παράγεται σαν παραπροϊόν ένα μόριο O₂ όπως φαίνεται στη παρακάτω χημική εξίσωση:



Το πρωτεϊνικό σύμπλοκο στο οποίο συσσωρεύονται τα φορτία και γίνεται η οξείδωση του νερού ονομάζεται σύμπλοκο έκλυσης οξυγόνου (Oxygen Evolving Complex, OEC). Τα 4H⁺ απελευθερώνονται στο μικροχώρο και συντελούν στη δημιουργία πρωτονιακής βαθμίδωσης κατά μήκος της θυλακοειδούς μεμβράνης (Ort et al., 1996). Τα 4e⁻ μεταφέρονται με ηλεκτρονιομεταφορείς από το PS II στο κυτόχρωμα 6 b f , στη συνέχεια στο κέντρο αντίδρασης (P700) του PS I και καταλήγουν στο NADP⁺ για να πραγματοποιηθεί η σύνθεση 4 μορίων NADPH (μη κυκλική ροή ηλεκτρονίων) (Diner B.A. and Babcock G.T., 1996). Ορισμένες φορές, ο φωτοσυνθέτων

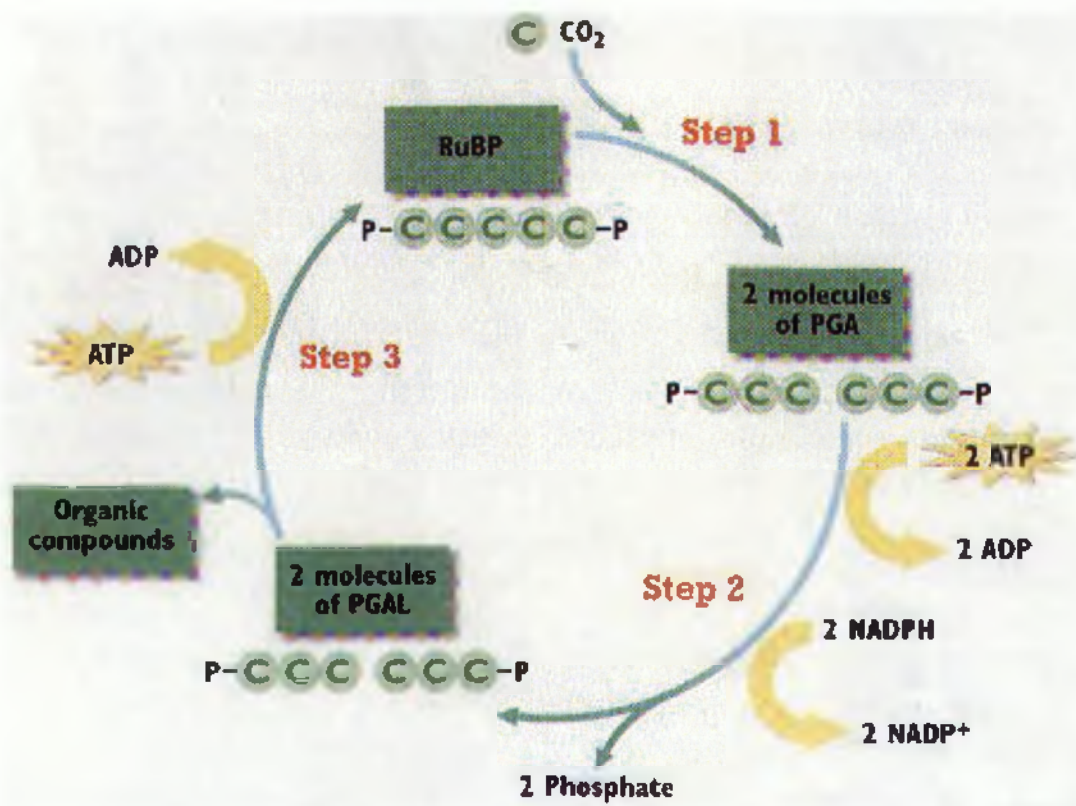
οργανισμός έχει όλη την αναγωγική ενέργεια (NADPH) που χρειάζεται για να συνθέσει οργανικές ενώσεις αλλά, έχει ανάγκη του ATP για τις άλλες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο χλωροπλάστη. Στις περιπτώσεις αυτές απενεργοποιείται το φωτοσύστημα II και παράγεται ATP μέσω της κυκλικής ροής ηλεκτρονίων που ονομάζεται κυκλική φωτοφωσφορυλίωση.

Εκτός από τη μη κυκλική και την κυκλική ροή ηλεκτρονίων υπάρχει μια εναλλακτική ροή ηλεκτρονίων, η ψευδοκυκλική ροή ηλεκτρονίων ή αντίδραση Mehler. Στην ψευδοκυκλική ροή ηλεκτρονίων δεν ανάγεται το NADP + αλλά το O₂ ,με αποτέλεσμα τον ελεγχόμενο σχηματισμό ενεργών ριζών οξυγόνου και την μετατροπή, με τη χρήση NADPH, σε νερό. Ο ανεξέλεγκτος σχηματισμός ενεργών ριζών οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή του φωτοσυνθετικού μηχανισμού. Η ψευδοκυκλική ροή ηλεκτρονίων ενεργοποιείται μόνο όταν υπάρχει αυξημένη ποσότητα O₂ στο περιβάλλον του φωτοσυνθετικού οργανισμού οπότε είναι αυξημένη και η πιθανότητα σχηματισμού ενεργών ριζών οξυγόνου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα κύρια προϊόντα των φωτεινών αντιδράσεων είναι το ισχυρό αναγωγικό NADPH και το ATP , ενώ το O₂ αποτελεί παραπροϊόν της φωτόλυσης του νερού. Το NADPH συμμετέχει στη σύνθεση των υδατανθράκων στη διάρκεια των σκοτεινών αντιδράσεων.

3.3.2 Σκοτεινές αντιδράσεις

Οι σκοτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης πραγματοποιούνται ανεξάρτητα από την παρουσία ή μη φωτός, όμως χρησιμοποιούν προϊόντα των φωτεινών αντιδράσεων (NADPH και ATP) για να μετατρέψουν ανόργανο άνθρακα (ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα) σε οργανική ύλη. Οι σκοτεινές αντιδράσεις (ή αλλιώς κύκλος Calvin-Benson) συμβαίνουν στο στρώμα του χλωροπλάστη. Σε κάθε επανάληψη του κύκλου Calvin-Benson ενσωματώνεται 1 άτομο C στον συντιθέμενο υδατάνθρακα, επομένως ο κύκλος πρέπει να επαναληφθεί 6 φορές για να συντεθεί ένα μόριο υδατάνθρακα με 6 άτομα C (εξόζη). Οι Melvin Calvin και Andy Benson ανακάλυψαν το 1950 το βιοσυνθετικό μονοπάτι της γλυκόζης. Στην Εικόνα φαίνονται τα τρία κύρια βήματα που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί, μια φορά, ο κύκλος Calvin-Benson.



Κύκλος Calvin-Benson: Τα τρία κύρια βήματα του κύκλου

Βήμα 1: Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) διαχέεται από το κυτταρόπλασμα του κυττάρου στο στρώμα του χλωροπλάστη. Το ένζυμο καρβοξυλάση/οξυγενάση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης (Rubisco) καταλύει την αντίδραση 1 μορίου CO_2 με 1 μόριο της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης (RuBP).

Η Rubisco είναι το μοναδικό ένζυμο που έχει την ικανότητα να πραγματοποιήσει την ενσωμάτωση του CO_2 . Το τελικό προϊόν αυτής της αντίδρασης είναι δύο μόρια 3-φωσφογλυκερικού οξέος, ένα ενδιάμεσο προϊόν της γλυκογένεσης και της γλυκόλυσης.

Βήμα 2: Κάθε ένα από τα δύο μόρια του 3-φωσφογλυκερικού οξέος μετασχηματίζεται σε 1,3-διφωσφογλυκερικό (BPG) και μετά σε 3-φωσφογλυκεριναλδεύδη (PGAL ή αλλιώς G3P) με τη βοήθεια των ενζύμων κινάση του φωσφογλυκερικού και υδρογενάση της 3-φωσφογλυκεριναλδεύδης, αντίστοιχα. Στη διάρκεια αυτών των αντιδράσεων απορροφώνται 2 μόρια ATP και 2 μόρια NADPH, προϊόντα των φωτεινών αντιδράσεων, και απελευθερώνονται 2 μόρια ADP, 2 μόρια NADP+ και 2 μόρια φωσφορικού οξέος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις φωτεινές αντιδράσεις. Επειδή απαιτούνται 6 μόρια CO_2 για τη σύνθεση 1 μορίου

γλυκόζης, χρησιμοποιούνται 12 μόρια ATP και 12 μόρια NADPH για να παραχθούν 12 μόρια PGAL.

Βήμα 3: Δύο από τα 12 μόρια της PGAL χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση ενός μορίου γλυκόζης. Τα υπόλοιπα 10 μόρια της PGAL χρησιμοποιούνται για την επανασύνθεση των 6 μορίων RuBP που είναι απαραίτητα για τις επαναλήψεις του κύκλου Calvin-Benson. Για την επανασύνθεση των 6 μορίων RuBP χρησιμοποιούνται και 6 μόρια ATP. Η συνολική χημική αντίδραση για την παραγωγή 1 μορίου γλυκόζης παριστάνεται από την ακόλουθη χημική εξίσωση:



Οι παραγόμενοι, από τον κύκλο Calvin-Benson, υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται από το κύτταρο για τη σύνθεση αμινοξέων, λιπιδίων, πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων αλλά και άλλων υδατανθράκων.

Με κάποιο τρόπο πρέπει να ελέγχεται ο κύκλος Calvin-Benson σε μια ευρεία κλίμακα περιβαλλοντικών συνθηκών (από συνθήκες υψηλής έντασης φωτισμού και ελάχιστης παρουσίας CO₂ μέχρι συνθήκες χαμηλής έντασης φωτισμού και αφθονίας CO₂). Η Rubisco, το ένζυμο που από τη μία καταλύει το πρώτο βήμα της ενσωμάτωσης του ατμοσφαιρικού CO₂ δρώντας σαν καρβοξυλάση και από την άλλη ενεργοποιεί τη φωτοαναπνοή δρώντας σαν οξυγενάση, έχει τον πλήρη έλεγχο των ροών εισόδου και εξόδου του κύκλου Calvin-Benson. Το 70%, τουλάχιστον, των πρωτεϊνών του στρώματος των C₃ φυτών είναι Rubisco (Gutteridge S. and Douglas B.J., 2001).

Μελέτες του ενζύμου, *in vitro*, έδειξαν ότι η παρουσία μικρής γραμμομοριακής μάζας ενδιάμεσων και προϊόντων της φωτοσύνθεσης που συσσωρεύονται κατά τη διάρκεια της ανθρακοενσωμάτωσης επηρεάζουν την ισορροπία μεταξύ CO₂, και ενζύμου. Κάποια ευνοούν το σχηματισμό της ενεργοποιημένης μορφής του ECM (Enzyme.CO₂ Mg₂₊) ενώ άλλα την παρεμποδίζουν (Gutteridge et al., 1982). Υπάρχουν πειραματικές μαρτυρίες ότι σε συνθήκες υψηλής φωτεινής έντασης I το 80% της Rubisco είναι καταλυτικά ενεργό.

3.3.3. Συντονισμός φωτεινών και σκοτεινών αντιδράσεων

Οι φωτεινές και οι σκοτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης αλληλεξαρτώνται και αλληλοεπηρεάζονται. Οι σκοτεινές αντιδράσεις εξαρτώνται άμεσα από τα προϊόντα των φωτεινών αντιδράσεων (NADPH και ATP). Μπορούν να

πραγματοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα στο σκοτάδι μόνο όταν προστίθενται εξωγενώς NADPH και ATP. Από την άλλη μεριά, αν παρεμποδιστούν οι σκοτεινές αντιδράσεις (π.χ. λόγω έλλειψης CO_2), η έλλειψη των ενδιάμεσων ADP και NADP^+ αναστέλλει τις φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης. Στη διάρκεια των φωτεινών αντιδράσεων μεταφέρονται πρωτόνια (H^+) από το στρώμα στο μικροχώρο με αποτέλεσμα να αυξάνεται το pH του στρώματος. Η αύξηση του pH ενεργοποιεί μέχρι και 8 φορές ένζυμα κλειδιά των σκοτεινών αντιδράσεων, όπως η καρβοξυλάση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης (Rubisco), με αποτέλεσμα τον εν μέρει συντονισμό των φωτεινών και σκοτεινών αντιδράσεων. Ο κύριος μηχανισμός συντονισμού γίνεται μέσω μιας αναγωγικής ουσίας (θειορεδοξίνης) που βρίσκεται στο στρώμα και του τελευταίου ηλεκτρονιοδότη (φερρεδοξίνη) πριν το σχηματισμό του NADPH.

Η δραστηριότητα του φωτοσυνθετικού μηχανισμού (συντονισμένη λειτουργία φωτεινών και σκοτεινών αντιδράσεων) μπορεί να καταγραφεί ως δέσμευση CO_2 ή ως απελευθέρωση O_2 , συναρτήσει της φωτεινής έντασης I. Η καμπύλη που προκύπτει ονομάζεται καμπύλη της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (P-I curve). Στο απόλυτο σκοτάδι ($I=0$) η τιμή της απελευθέρωσης O_2 είναι αρνητική και υποδηλώνει την κυτταρική αναπνοή όπου έχουμε δέσμευση O_2 και απελευθέρωση CO_2 . Με τη σταδιακή αύξηση της φωτεινής έντασης I η παραγωγή οξυγόνου αυξάνεται και σε κάποια τιμή της η παραγωγή οξυγόνου μηδενίζεται λόγω αντιστάθμισης του φωτοσυνθετικά παραγόμενου οξυγόνου και του οξυγόνου που καταναλώνεται κατά την κυτταρική αναπνοή. Το σημείο αυτό ονομάζεται σημείο αντιστάθμισης. Για μεγάλες τιμές της φωτεινής έντασης I επέρχεται κορεσμός, οπότε έχουμε τη μέγιστη φωτοσυνθετική δραστηριότητα.

Η σωστή λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού σε διαφορετικά φωτονιακά περιβάλλοντα εξαρτάται άμεσα από τη δυνατότητα προσαρμογής του σε διαφορετικές εντάσεις και ποιότητες φωτισμού (Φωτοπροσαρμογή). Για να επιβιώσουν και να ευδοκιμήσουν οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί αποκρινόμενοι στα διαφορετικά φωτονιακά περιβάλλοντα έχουν αναπτύξει βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες στρατηγικές προσαρμογής (Staelin L.A. and van der Staay, 1996). Η φωτοπροσαρμογή ρυθμίζεται στο επίπεδο των μορίων που συμμετέχουν στη φωτοσυνθετική διαδικασία.

Η μακροχρόνια προσαρμογή (long-term acclimation) απαιτεί αλλαγές στη σύσταση των φωτοσυνθετικών μεμβρανών. Φυτά που αναπτύσσονται σε σκιερά

περιβάλλοντα περιέχουν περισσότερα θυλακοειδή ανά χλωροπλάστη και έχουν μεγαλύτερη αναλογία grana/στρώμα σε σχέση με τα φυτά που αναπτύσσονται σε υψηλής έντασης φωτισμό. Αυτές οι μορφολογικές διαφορές είναι το αποτέλεσμα υποκείμενων αλλαγών σε μοριακό επίπεδο που βελτιστοποιούν τις αναλογίες των διαφορετικών λειτουργικών συμπλοκών σε ένα φωτοπεριοριστικό περιβάλλον (Staehelin L.A. and van der Staay, 1996). Για το λόγο αυτό οι 'σκιασμένοι χλωροπλάστες' περιέχουν μεγαλύτερα σύμπλοκα συλλογής φωτός (LHC II) ανά κέντρο αντίδρασης σε σχέση με τους 'ηλιόλουστους χλωροπλάστες'. Επιπλέον, υπάρχουν αλλαγές στην αναλογία PS II / PS I. Το γενικό αποτέλεσμα των αλλαγών στην αναλογία σύμπλοκα συλλογής φωτός /κέντρο αντίδρασης είναι η μεγιστοποίηση του ρυθμού ολοκλήρωσης της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων σε Low Light (LL) συνθήκες. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί από μετρήσεις της φωτεινής έντασης I που απαιτείται για να κορεστεί η λειτουργία των PS II και PS I (Staehelin L.A. and van der Staay, 1996). Η ένταση κορεσμού είναι πολύ μικρότερη σε LL συνθήκες. Επειδή ο ρυθμός μεταφοράς ηλεκτρονίων σε LL συνθήκες είναι μικρότερος (σε σχέση με τις High Light συνθήκες), συμβαίνει σημαντική μείωση των ηλεκτρονιομεταφορέων (Cyt b6f, πλαστοκινόνη, πλαστοκυανίνη, φερεδοξίνη), καθώς και στα σύμπλοκα της ATP-συνθάσης. Αντιστρόφως, οι υψηλότερες φωτοσυνθετικές δραστηριότητες των 'ηλιόλουστων χλωροπλαστών' υποστηρίζονται από την ανάλογη αύξηση των συμπλοκών και των μεταφορέων τους ανά μονάδα χλωροφύλλης, καθώς απαιτούνται λιγότερα πλούσια σε χλωροφύλλη σύμπλοκα συλλογής φωτός για να υποστηρίξουν τους υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς ηλεκτρονίων.

Η φωτοπροσαρμογή ρυθμίζεται στο κυτταρικό επίπεδο. Ο ρυθμός προσαρμογής δεν είναι ίδιος για όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς και δεν είναι γνωστός για αρκετούς από αυτούς. Πάντως, για το μικροφύκος *Dunaliella* η προσαρμογή από υψηλής σε χαμηλής έντασης φωτισμό και αντιστρόφως συμβαίνει περίπου σε μία μέρα (Staehelin L.A. and van der Staay, 1996). Η μικρής διάρκειας προσαρμογή (Short-term adaptation) επιτυγχάνεται με τη χωρική αναδιάταξη των συστατικών των μεμβρανών. Οι αλλαγές που συμβαίνουν αποσκοπούν στο να αλλάξει, πρωταρχικά, το μέγεθος της φωτοσυλλεκτικής κεραίας του PS II, δευτερευόντως του PS I καθώς και ο επιμερισμός ηλεκτρονιομεταφορέων μεταξύ στρώματος και grana (Staehelin L.A. and van der Staay, 1996).

Σύμφωνα με το σχηματικό μοντέλο Z (ή αλλιώς μη κυκλική ροή ηλεκτρονίων) της φωτοσύνθεσης, τα PS I και PS II δρουν διαδοχικά στη μεταφορά

ηλεκτρονίων από το νερό στη φερεδοξίνη και μετά στο NADP⁺ . Απαιτούνται τουλάχιστον 8 φωτόνια (4 για κάθε φωτοσύστημα) για να παραχθεί 1 μόριο οξυγόνου από την οξείδωση του νερού στο PS II και δημιουργηθούν τα 4 αναγωγικά ισοδύναμα που απαιτούνται για την ενσωμάτωση 1 μορίου CO₂ στον κύκλο Calvin-Benson. Επομένως το Z σχηματικό μοντέλο προβλέπει ότι η μέγιστη απόδοση είναι ίση με 0.125 μόρια εκλυόμενου O₂ ή δεσμευμένου CO₂/ δεσμευμένο φωτόνιο. Μετρήσεις της απόδοσης σε C₃ φυτά είναι κοντά σε αυτή τη μέγιστη τιμή (Genty and Harbinson, 1996).

Πειραματικό μέρος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση δύο εμπορικών και δύο ντόπιων ποικιλιών κολοκυθιού από την άποψη της απόδοσης (συγκομιδή, ανάπτυξη φυτού), σε σχέση με την ικανότητα διαπνοής (μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας = gs) και με τον συνολικό ρυθμό αφομοίωσης (assimilation rate = A) κάθε ποικιλίας. Χρησιμοποιήθηκαν κλασικές ποικιλίες και όχι υβρίδια κολοκυθιού για λόγους σύγκρισης με τις ντόπιες ποικιλίες η μία εκ των προερχόταν από την περιοχή της Αρτεμισίας του Ταϊγέτου, οπότε και στο πείραμα αναφέρεται ως **“Αρτεμισία”** η δε άλλη προέρχονταν από την ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας και στο πείραμα αναφέρεται ως **“Καλαμάτα”**. Τέλος από τις ποικιλίες του εμπορίου η μία ήταν κίτρινη κολοκύθα οπότε αναφέρεται ως **“Κίτρινη”** και η άλλη ήταν ένα πράσινο στρογγυλό κολοκυθάκι προτεινόμενο για γέμισμα και το αναφέρουμε ως **“Πράσινο”**.

1.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1.1 Καλλιεργητική Τεχνική

Το πειραματικό σχέδιο περιλάμβανε την τοποθέτηση 80 φυτών κολοκυθιάς στο πειραματικό χώρο του θερμοκηπίου, με σκοπό την σύγκριση των διαφορετικών ποικιλιών (ντόπιων και εμπορίου).

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι 20 σπόροι κολοκυθιάς από τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες, δύο ντόπιες και δύο του εμπορίου. Αρχικά έγινε προενυδάτωση των σπόρων (τοποθέτηση των σπόρων σε νερό σε ποτήρι ζέσεως), στις 13 / 11 /2006. Μετά από 24 ώρες προενυδάτωσης 20 σπόροι από κάθε ποικιλία φυτεύτηκαν σε jiffy pots που περιείχαν compost (1 σπόρος ανά jiffy pot), και καλύφθηκαν με compost. Στη συνέχεια ακολούθησε πότισμα και τοποθέτηση των jiffy pots στο θάλαμο ανάπτυξης στον οποίο επικρατούσαν οι εξής συνθήκες:

24:00 - 8:00 είχαμε 18 °C και σκοτάδι
8:00 - 10:00 είχαμε 20° C και φως
10:00 - 20:00 είχαμε 24° C και φως
20:00 - 24:00 είχαμε 20° C και σκοτάδι



Για την εγκατάσταση του πειράματος ορίστηκε ο χώρος του θερμοκηπίου φυσιολογίας φυτών. Ο χώρος καθαρίστηκε από τα ζιζάνια. Τοποθετήθηκαν πάγκοι (καθαρισμένοι από εδαφικά υπολείμματα) ύψους 80 cm, ως υπόβαθρο των φυτο-

Εικόνα 1: Πειραματόφυτα στο θάλαμο ανάπτυξης

δοχείων που τα γεμίσαμε με ομοιόμορφο μίγμα compost, τύρφη και περλίτη.

Μετά από τρεις εβδομάδες (στις 7/12/06) τα φυτά μεταφυτεύτηκαν σε δοχεία ανάπτυξης (γλάστρες) χωρητικότητας 12lt στο χώρο του θερμοκηπίου. Τα δοχεία περιείχαν μίγμα compost, τύρφη και περλίτη σε αναλογία 1 : 1 :1. Μετά τη μεταφύτευση όλα τα φυτά ποτίστηκαν και ταχτοποιήθηκαν στους πάγκους του

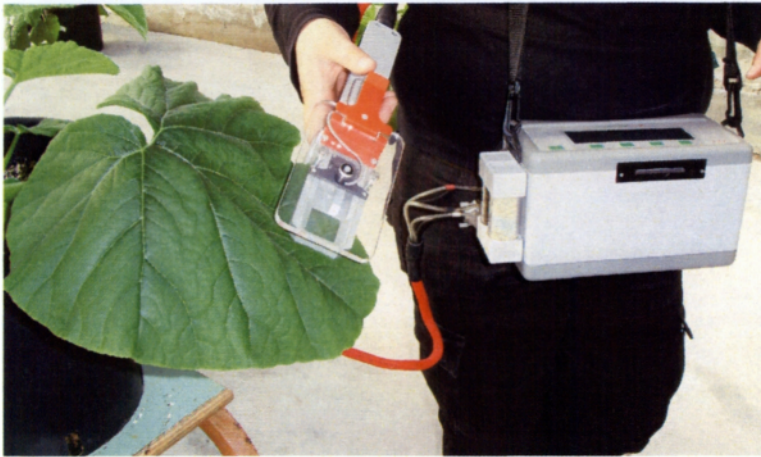
θερμοκηπίου. Τα φυτά αναπτύχθηκαν στο θερμοκήπιο για πέντε (5) εβδομάδες μέχρι την έναρξη των μετρήσεων και δέχονταν: πότισμα τρεις φορές την εβδομάδα και λίπανση κάθε δεκαπέντε (15) ημέρες με λίπασμα 12-12-18 και ιχνοστοιχεία (Complezal). Σε όσα φυτά κρίθηκε απαραίτητο



έγινε και υποστύλωση. Καθη-μερινά γινόταν έλεγχος για το *Εικόνα 2: Πειραματόφυτα στο θερμοκήπιο*

ποσοστό εδαφικής υγρασίας και την εμφάνιση ασθενειών και μολύνσεων. Για την πραγματοποίηση του πειράματος στο τέλος της πέμπτης εβδομάδας έγινε επιλογή των δέκα καλύτερων φυτών από κάθε ποικιλία.

1.2. Μετρήσεις φωτοσύνθεσης και διαπνοής



Το όργανο μέτρησης φωτοσύνθεσης και διαπνοής ήταν ένας υπέρυθρος αναλυτής αερίων – πορόμετρο (I.R.G.A. = Infra Red Gas Analyzer) του οίκου ADC, UK, μοντέλο LCI 2003.

Εικόνα 3: Μέτρηση με το I.R.G.A.

Είναι φορητό, βάρους περίπου δύο κιλών και αυτονομίας λειτουργίας περίπου δέκα ωρών. Αποτελείται από την κεντρική μονάδα, τον θάλαμο εγκλωβισμού και μέτρησης του φύλλου και τον σωλήνα-αγωγό αερίων αναφοράς για τις μετρήσεις. Επάνω στην κεντρική μονάδα βρίσκονται δύο στήλες αφύγρανσης των εισερχομένων αερίων αναφοράς. Επίσης υπάρχει η κάρτα μνήμης όπου εκεί αποθηκεύονται τα δεδομένα και η οθόνη που απεικονίζονται τα αποτελέσματα καθώς και τυχόν προβλήματα στη λειτουργία του οργάνου. Στο πάνω μέρος της οθόνης βρίσκονται τα πλήκτρα χειρισμού, ενώ στα πλάγια βρίσκονται τα σημεία σύνδεσης με τον θάλαμο-λαβίδα, τον αεραγωγό και το φορτιστή της μπαταρίας.

Η μέτρηση γινόταν ως εξής:

Τμήμα του ελάσματος του φύλλου τοποθετείται στον ειδικό θάλαμο του οργάνου και αφήνεται για περίπου ένα λεπτό να δεχθεί ηλιακή ακτινοβολία από το διαφανές άνω μέρος του θαλάμου και να εγκλιματιστεί στις συγκεκριμένες συνθήκες. Μετά από ένα λεπτό και ενώ η μέτρηση είχε σταθεροποιηθεί γινόταν καταγραφή της. Καταγράφονταν η θερμοκρασία του φύλλου, ο ολικός ρυθμός αφομοίωσης του CO₂ (A) και η αγωγιμότητα των στοματίων (gs). Στον θάλαμο του οργάνου κατά τη σταθεροποίηση μετριέται ουσιαστικά η περίσσεια υγρασίας σχετικά με την υγρασία αναφοράς και το έλλειμμα CO₂ πάλι σε σχέση με τα αέρια αναφοράς. Με τον τρόπο

αυτό το όργανο υπολογίζει όλες τις παραπάνω παραμέτρους και άλλες που εμείς δεν αξιολογήσαμε ή δεν μετρήσαμε σε αυτό το πείραμα.

Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε καθημερινό πότισμα των φυτών στις 8:00 το πρωί. Κατά τη διάρκεια της ημέρας γινόντουσαν τέσσερις μετρήσεις με το φορητό σύστημα μέτρησης φωτοσύνθεσης και διαπνοής, ξεκινώντας την πρώτη μέτρηση στις 9:00 και ακολουθούσαν διαδοχικές μετρήσεις στις 11:00 , 13:00 και στις 16:00.

Την πρώτη εβδομάδα μετρούσαμε τα 10 από τα 20 φυτά κάθε ποικιλίας και από κάθε φυτό επιλέξαμε το τέταρτο φύλλο για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Την δεύτερη εβδομάδα επιλέξαμε από κάθε ποικιλία πέντε φυτά. Σε αυτά συνεχίσαμε να κάνουμε μετρήσεις στο φύλλο της προηγούμενης εβδομάδας (παλιό φύλλο) και στο επόμενο στη σειρά φύλλο (καινούριο φύλλο). Όμοια πράξαμε και τις επόμενες τρεις εβδομάδες, κρατώντας το καινούριο φύλλο της προηγούμενης εβδομάδας σαν παλιό φύλλο και σαν καινούριο φύλλο επιλέγαμε το επόμενο φύλλο στη σειρά. Αυτό έγινε ώστε να υπάρχει συνέχεια στις μετρήσεις.

Σε όλη την διάρκεια του πειράματος η διαδικασία που ακολουθήσαμε ήταν η ίδια. Παράλληλα γινότανε αφαίρεση των ζιζανίων από τα δοχεία και έλεγχος αυτών.

1.3. Μετρήσεις παράγωγης και ανάπτυξης

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε δυο φορές το ύψος των φυτών, μία ενδιάμεση και μία τελική. Ουσιαστικά για κάποιες ποικιλίες μετρήθηκε το μήκος των φυτών διότι αναπτύχθηκε πλούσια έρπουσα βλάστηση που ήταν αδύνατον να υποστυλωθεί, κυρίως στην ποικιλία 'Αρτεμισία'. Η συγκομιδή των καρπών έγινε σταδιακά όσο οι καρποί ωρίμαζαν και το τελικό βάρος της παραγωγής ήταν το άθροισμα των επί μέρους συγκομιδών σε διάφορες ημερομηνίες. Τέλος το ύψος (μήκος) και η συγκομιδή μετρήθηκε στα φυτά όπου γίνονταν και οι μετρήσεις του οργάνου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα έχουν χωριστεί εκ των πραγμάτων σε δύο κατηγορίες:

A. σε αποτελέσματα μετρήσεων που έγιναν στο διάστημα 15/1/2007 έως και 19/1/2007, διότι κατά την περίοδο εκείνη μετρούσαμε 10 φυτά από κάθε ποικιλία (ένα φύλλο ανά φυτό)

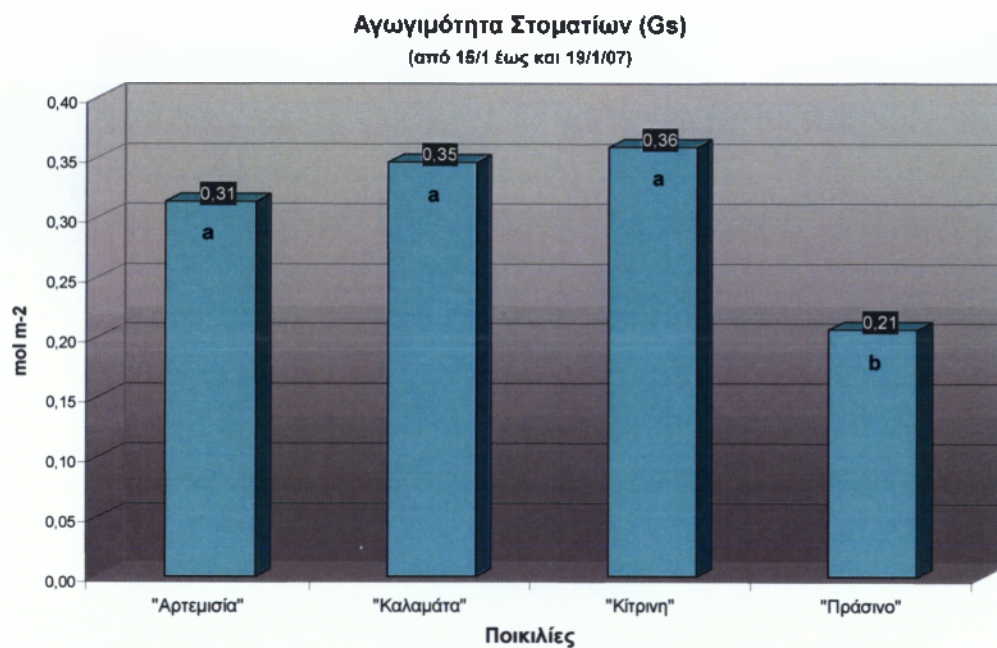
B. σε αποτελέσματα μετρήσεων που έγιναν στο διάστημα 22/1/2007 έως και 15/2/2007, διότι κατά την περίοδο εκείνη μετρούσαμε 5 φυτά από κάθε ποικιλία (δύο φύλλα ανά φυτό).

Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω Πίνακες και Γραφήματα. Οι στατιστικές αναλύσεις για τη σύγκριση των μέσων όρων έγιναν με ONE-WAY ANOVA (LSD 0,05), με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus και χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτό οι πρωτογενείς μετρήσεις (παραδείγματα των οποίων φαίνονται στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας) και όχι οι επεξεργασμένοι μέσοι όροι όπως εμφανίζονται στους Πίνακες.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΜΑΤΙΩΝ (gs) από 15/1-19/1/07				
Ημερ. Μετρ.	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
15/1/2007	0,31	0,27	0,25	0,15
16/1/2007	0,40	0,42	0,45	0,29
17/1/2007	0,21	0,25	0,19	0,08
18/1/2007	0,29	0,38	0,59	0,29
19/1/2007	0,36	0,41	0,32	0,23
Μ.Ο.	0,31	0,35	0,36	0,21
LSD (0,05)	a	a	a	b

Πίνακας 1 : Αγωγιμότητα των στοματιών στην περίοδο 15/1-19/1/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)



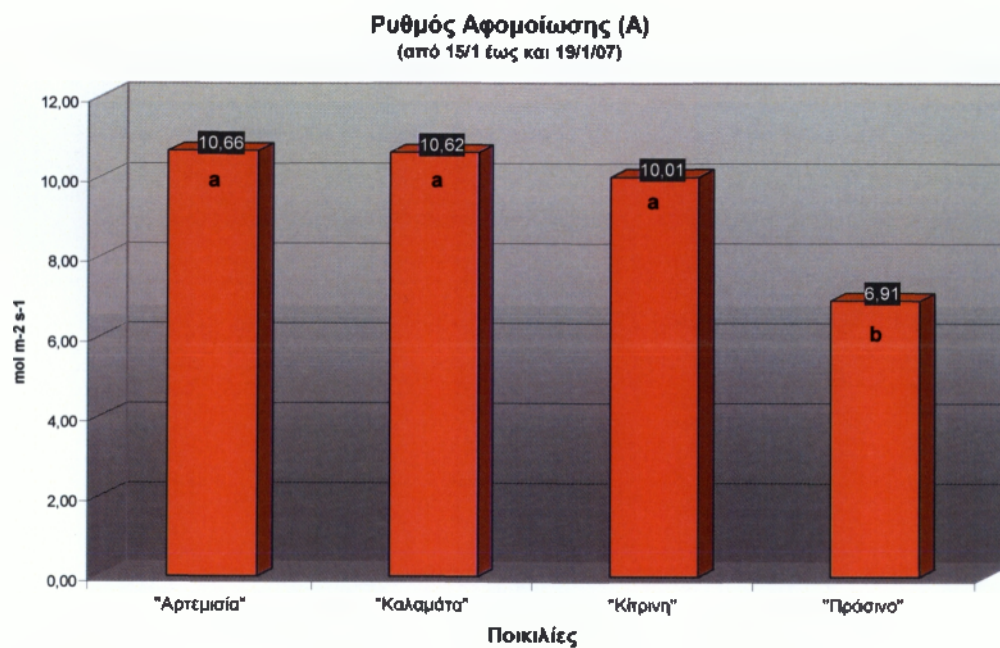
Γράφημα 1 : Αγωγιμότητα των στοματιών στην περίοδο 15/1-19/1/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)

ΡΥΘΜΟΣ ΑΦΟΜΟΙΩΣΗΣ (A) από 15/1-19/1/07				
Ημερ. Μετρ.	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
15/1/2007	13,25	12,39	12,42	9,19
16/1/2007	14,24	14,03	13,33	9,13
17/1/2007	11,31	12,47	11,00	6,67
18/1/2007	9,57	9,55	8,92	5,53
19/1/2007	4,96	4,68	4,36	4,05
Μ.Ο.	10,66	10,62	10,01	6,91
LSD (0,05)	a	a	a	b

Πίνακας 2 : Ρυθμός αφομοίωσης CO₂ στην περίοδο 15/1-19/1/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)



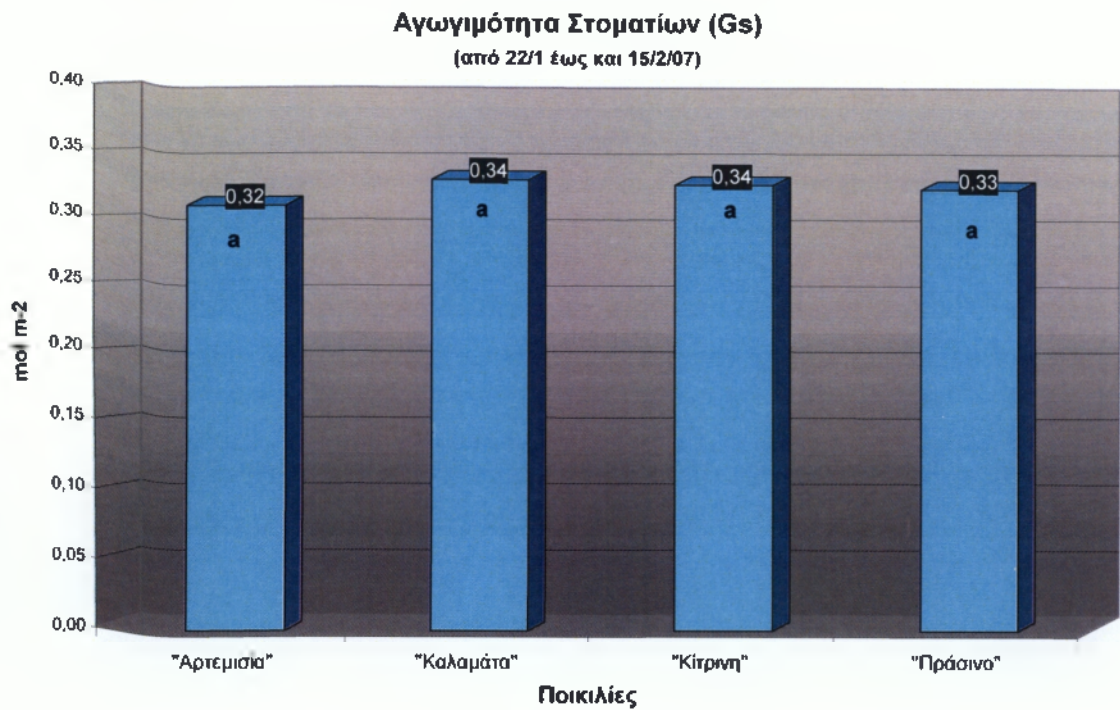
Γράφημα 2 : Ρυθμός αφομοίωσης CO₂ στην περίοδο 15/1-19/1/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί του συνόλου των μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΜΑΤΙΩΝ (gs) από 22/1-15/2/07				
Ημερ. Μετρ.	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
22/1/2007	0,72	0,52	0,50	0,25
23/1/2007	0,45	0,54	0,58	0,27
24/1/2007	0,56	0,53	0,48	0,38
25/1/2007	0,60	0,58	0,64	0,95
26/1/2007	0,67	0,49	0,42	0,32
29/1/2007	0,19	0,41	0,36	0,17
30/1/2007	0,28	0,34	0,34	0,24
31/1/2007	0,19	0,30	0,16	0,09
5/2/2007	0,05	0,08	0,08	0,07
6/2/2007	0,08	0,10	0,09	0,10
7/2/2007	0,15	0,22	0,16	0,21
9/2/2007	0,29	0,24	0,35	0,75
12/2/2007	0,16	0,26	0,37	0,41
13/2/2007	0,33	0,34	0,35	0,58
15/2/2007	0,11	0,18	0,20	0,24
M.O.	0,32	0,34	0,34	0,33
LSD (0,05)	a	a	a	a

Πίνακας 3 : Αγωγιμότητα των στοματιών στην περίοδο 22/1-15/2/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)

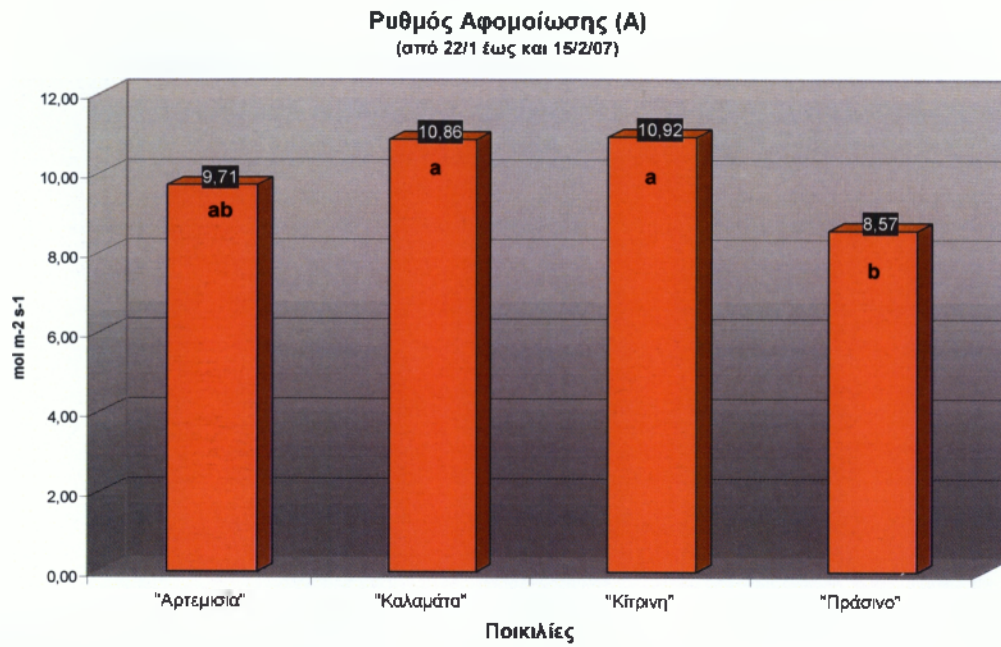


Γράφημα 3 : Αγωγιμότητα των στοματίων στην περίοδο 22/1-15/2/07
(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)

ΡΥΘΜΟΣ ΑΦΟΜΟΙΩΣΗΣ (A) από 22/1-15/2/07				
Ημερ. Μετρ.	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
22/1/2007	13,66	14,47	13,55	9,49
23/1/2007	12,77	15,04	14,35	10,21
24/1/2007	12,68	12,90	11,35	8,96
25/1/2007	9,50	12,60	12,18	9,77
26/1/2007	10,01	9,05	7,15	5,02
29/1/2007	11,10	12,99	13,24	9,53
30/1/2007	13,04	15,33	14,67	11,73
31/1/2007	11,95	14,42	9,74	8,74
5/2/2007	6,59	7,82	8,10	7,19
6/2/2007	8,29	8,15	8,34	8,19
7/2/2007	5,98	5,52	5,23	5,40
9/2/2007	8,57	8,16	18,07	7,37
12/2/2007	10,23	12,08	3,11	13,55
13/2/2007	4,15	3,63	14,07	3,21
15/2/2007	7,18	10,72	10,69	10,15
M.O.	9,71	10,86	10,92	8,57
LSD (0,05)	ab	a	a	b

Πίνακας 4: Ρυθμός αφομοίωσης CO₂ στην περίοδο 22/1-15/2/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)



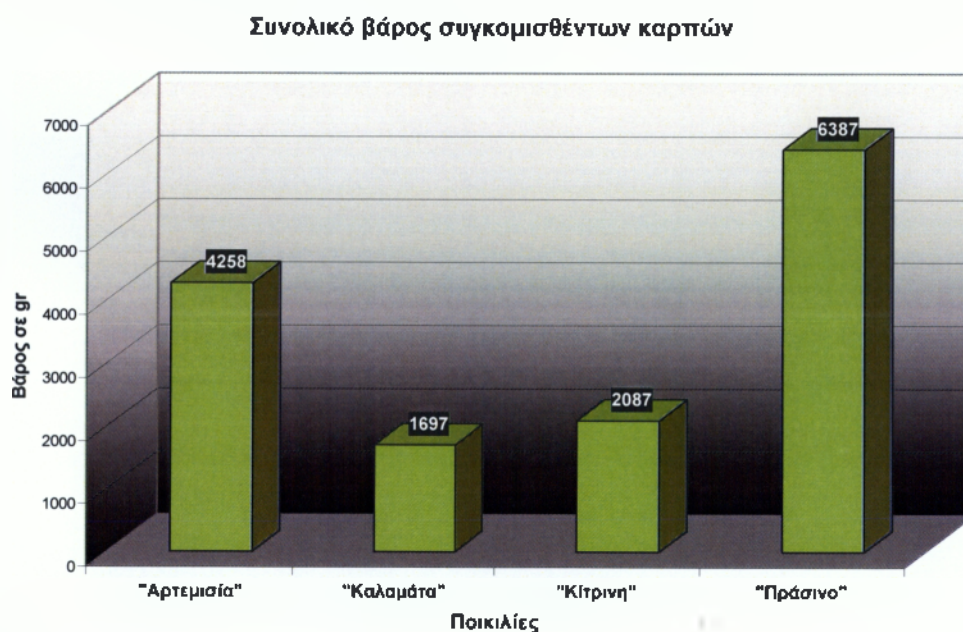
Γράφημα 4 : Ρυθμός αφομοίωσης CO₂ στην περίοδο 22/1-15/2/07

(Στατιστική ανάλυση ANOVA, Statgraphics επί των πρωτογενών μετρήσεων – βλέπε Παράρτημα)

Βάρος σε gr των καρπών που συγκομίστηκαν από κάθε ποικιλία				
α/α Φυτού*	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
1	580	169	448	1065
2	175	303	356	1629
3	1345	245	628	1483
4	1122	612	402	1206
5	1036	368	253	1004
Σύνολο	4.258	1.697	2.087	6.387
Μ.Ο.	851,6	339,4	417,4	1277,4

* = Συγκομίστηκαν τα φυτά στα οποία έγιναν οι μετρήσεις

Πίνακας 5 : Βάρος συνολικής συγκομιδής των καρπών από κάθε ποικιλία

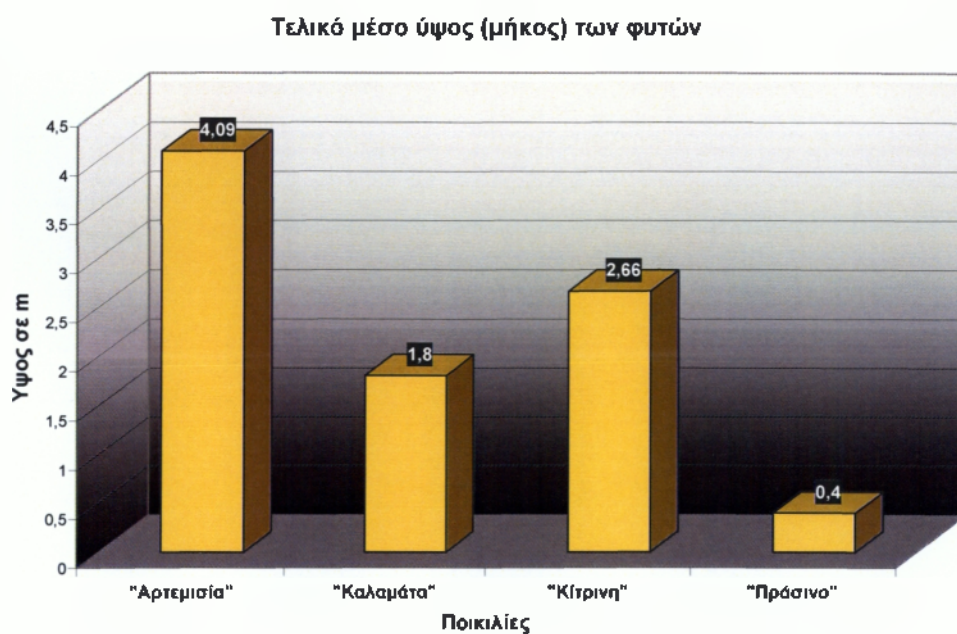


Γράφημα 5 : Βάρος συνολικής συγκομιδής των καρπών από κάθε ποικιλία

Υψος σε m των φυτών στο τέλος του πειράματος				
α/α Φυτού*	"Αρτεμισία"	"Καλαμάτα"	"Κίτρινη"	"Πράσινο"
1	4,35	1,7	3,4	0,48
2	4	1,7	2,3	0,32
3	2,9	1,8	2,4	0,39
4	4,4	2	2,5	0,33
5	4,8	1,8	2,7	0,48
Μ.Ο.	4,09	1,8	2,66	0,4

* = Μετρήθηκαν τα φυτά στα οποία έγιναν οι μετρήσεις

Πίνακας 6 : Τελικό μέσο ύψος (μήκος) των φυτών από κάθε ποικιλία



Γράφημα 6 : Τελικό μέσο ύψος (μήκος) των φυτών από κάθε ποικιλία

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των μετρήσεων, προκύπτει εμφανέστατα ότι δύο ποικιλίες έδειξαν σαφή υπεροχή έναντι των άλλων όσον αφορά στην απόδοση της συγκομιδής που είναι και το τελικό ζητούμενο μιας καλλιέργειας (Πίνακας 5 και Γράφημα 5). Είναι η ντόπια ποικιλία “Αρτεμισία” και η εμπορική ποικιλία “Πράσινο”.

Από τις δύο αυτές ποικιλίες η μεν “Αρτεμισία” δεν έδειξε καμία στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από τις άλλες δύο “Καλαμάτα” και “Κίτρινη” στην αγωγιμότητα των στοματιών και στο ρυθμό αφομοίωσης (Πίνακες 1,2,3 και 4, Γραφήματα 1,2,3 και 4), το δε “Πράσινο” έδειξε χαμηλότερο ρυθμό αφομοίωσης του CO₂ με στατιστικά σημαντική διαφορά από όλες τις άλλες (Πίνακες 2 και 4, Γραφήματα 2 και 4), ενώ και σε μία περίπτωση έδειξε μικρότερη αγωγιμότητα των στοματιών με στατιστικά σημαντική διαφορά από όλες τις άλλες (Πίνακας 1 και Γραφήματα 1). Το φαινόμενο αυτό, αν ληφθεί υπόψη η υψηλή απόδοση του “Πράσινου”, μπορεί να εξηγηθεί ως προς την διαπνοή ότι η ποικιλία αυτή κάνει καλύτερη διαχείριση του νερού.

Όμως αν ληφθούν υπόψη και τα αποτελέσματα της μέτρησης του μέσου ύψους (Πίνακας 6 και Γραφήματα 6), όπου η ποικιλία αυτή εμφανίζεται να έχει σαφώς μικρότερη ανάπτυξη βλαστών και φυλλώματος από όλες τις άλλες, τότε το φαινόμενο του χαμηλότερου ρυθμού αφομοίωσης και της υψηλότερης παραγωγής της ποικιλίας “Πράσινο” δείχνει να είναι “παράδοξο”.

Η μόνη εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι ότι η ποικιλία αυτή έχει επιλεγεί με βάση την ικανότητά της να μετατοπίζει τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης (κυρίως σάκχαρα), περισσότερο στους καρπούς παρά στους βλαστούς πετυχαίνοντας καλύτερη απόδοση ακόμα και κάτω από οριακές συνθήκες. Αυτό όμως χρειάζεται να επιβεβαιωθεί με παραπέρα πειραματικές μελέτες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γιαννακόπουλος, Ι. Α 2005 Πτυχιακή εργασία Τ.Ε.Ι Καλαμάτας .
- Κανάκης Γ. Α. 2004 Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα 363p
- Καραμπέτσος, Ι.Χ. 1999. Φυσιολογία φυτών.
- Καράταγλης, Σ 1999 Φυσιολογία φυτών. Art of Text.470p
- Μπουρνάκας Β. Η καλλιέργεια του κολοκυθίου ,Γεωργία και Κτηνοτροφία Οκτώβριος 2002 p. 185-192
- Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ. 2003 Φυσιολογία φυτών από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. 673p
- Τραχανάς, Σ. (1985). Κβαντομηχανική Ι. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Andersson (eds.), Regulation of Photosynthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Coombs, J. D. O Hall S. P Long J. M. O Scurlock Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis.
- Crofts, A. (1996). Lecture 10, ATP synthase, University of Illinois
- Douce, R., and J. Joyard. (1996). Biosynthesis of Thylacoid Membrane Lipids.in: D.R. Ort, and C.F. Yocum (eds.). Oxygenic Photosynthesis: The Light Reactions. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherland
- Genty, B., and J. Harbinson (1996). Regulation of light utilization for photosynthetic electron transport. In: Baker NR
- Gutteridge, S., and B.J Douglas (2001). Dynamics of Photosynthetic CO₂ Fixation: Control, Regulation and Productivity. in: E.A Aro., and B.
- Staehein, L.A., and van der Staay (1996). Stucture, Composition, Functional Organization and Dynamic Properties of Thylakoid Membranes. in: D.R. Ort, and C.F. Yocum (eds.). Oxygenic Photosynthesis: The Light Reactions. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Whitmarch, J., and H.B. Pakrasi (1996). Form and Function of Cytochrome b-559. in: D.R. Ort and C.F. Yocum (eds.). Oxygenic Photosynthesis: The Light Reactions. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- [www. sciencedirect.com/ science?](http://www.sciencedirect.com/science?)
- [www. elsevier.com/locate/eja. .](http://www.elsevier.com/locate/eja.)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρουσιάζονται τέσσερις από τις είκοσι ημέρες δειγματοληψίας, ως παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις.

Τα υπόλοιπα πρωτογενή στοιχεία βρίσκονται στη διάθεση όποιου τα χρειαστεί.

15-1-2007

ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ

		9:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	16	14,9	1,33	309	0,32
2	16	14,12	1,76	338	0,43
3	18	13,53	1,72	323	0,3
4	17	13,25	1,21	271	0,17
5	18	12,15	1,64	325	0,28
6	19	12,62	2,27	367	0,53
7	19	16,83	2,23	326	0,44
8	19	12,7	2,03	340	0,35
9	20	18,09	2,53	324	0,53
10	20	15,24	1,98	307	0,3

		11:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	24	12	1,45	202	0,13
2	24	17,6	2,96	278	0,58
3	25	16,59	2,6	257	0,36
4	25	17,7	2,58	248	0,35
5	26	17,06	2,84	256	0,35
6	26	10,79	2,6	312	0,37
7	26	7,35	3,92	354	0,93
8	27	18,31	3,05	244	0,32
9	27	18,02	3,53	254	0,36
10	28	16,42	2,49	180	0,17

		13:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	26	11,71	1,84	203	0,13
2	26	18,71	3,87	267	0,59
3	27	14,05	2,75	239	0,25
4	28	14,44	2,41	212	0,2
5	28	9,33	2,29	254	0,17
6	28	14,31	4,36	296	0,65
7	28	7	3,43	324	0,32

8	29	18,93	4,76	276	0,64
9	29	15,51	4,77	294	0,6
10	31	8,73	1,87	150	0,07

16:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	25	12,22	1,89	197	0,12
2	26	16,54	3,45	266	0,35
3	27	12,54	2,21	230	0,15
4	27	7,82	1,29	184	0,07
5	28	9,87	1,68	177	0,09
6	28	8,11	1,98	242	0,1
7	28	5,14	1,65	259	0,08
8	28	14,65	3,25	226	0,22
9	29	8,97	2,69	258	0,15
10	29	6,16	1,15	152	0,05

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

9:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	22	12,06	2,85	381	0,41
2	22	16,07	2,66	326	0,33
3	21	17,4	2,47	337	0,37
4	21	13,56	2,73	373	0,58
5	21	12,55	1,58	290	0,19
6	21	8,05	2,59	409	0,4
7	22	9,51	2,65	394	0,43
8	22	12,52	2,48	362	0,34
9	22	11,76	3,15	397	0,6
10	22	12,07	2,75	378	0,38

11:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	28	15,82	3,62	255	0,31
2	29	20,22	3,99	230	0,31
3	30	19,83	4,36	244	0,35
4	30	20,84	4,5	240	0,34
5	30	16,9	4,06	257	0,27
6	30	12,53	3,82	279	0,25
7	30	12,92	6,48	254	0,2
8	30	11,8	3,23	252	0,17
9	30	14,65	4,52	302	0,32
10	29	14,83	3,95	276	0,34

13:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	30	15,59	4,16	249	0,28
2	31	14,3	3,72	235	0,21

3	31	14,36	3,77	226	0,21
4	31	16,05	4,58	250	0,29
5	31	15,3	4,13	228	0,22
6	32	15,48	4,74	260	0,28
7	32	14,03	4,26	255	0,22
8	32	9,81	3,1	240	0,13
9	32	13,69	5,32	295	0,33
10	32	13,68	6,1	332	0,46

16:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	29	6,68	2,59	314	0,13
2	29	8,52	2,86	286	0,14
3	28	3,62	2,03	306	0,1
4	28	7,11	2,55	271	0,14
5	28	7,12	1,85	22	0,09
6	28	9,13	3,01	285	0,2
7	28	8,6	2,39	264	0,14
8	28	6,58	2,09	270	0,12
9	28	6,41	2,02	275	0,11
10	28	3,53	1,38	285	0,06

ΚΙΤΡΙΝΗ

9:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	23	13,31	1,38	196	0,1
2	24	12,43	2,44	288	0,23
3	24	14,7	2,82	295	0,29
4	25	10,19	2,54	326	0,24
5	25	18,04	3,11	279	0,34
6	24	16,31	3,08	301	0,35
7	24	13,57	2,91	322	0,32
8	24	16,43	3,32	311	0,42
9	24	17,14	2,85	298	0,31
10	23	17,98	3,58	333	0,62

11:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	30	18,87	5,74	307	0,58
2	31	8,78	3,48	291	0,16
3	31	22,04	6,42	270	0,59
4	32	16,95	5,29	252	0,3
5	32	18,52	4,77	217	0,24
6	32	17,42	5,54	263	0,36
7	32	15,89	4,76	249	0,26
8	32	13,51	3,33	197	0,14
9	32	12,35	3,58	241	0,16
10	31	16,16	5,51	293	0,41

13:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	32	15,32	4,75	255	0,25
2	32	13,52	3,61	217	0,14
3	32	14,58	5,8	297	0,36
4	33	14,77	6,12	287	0,37
5	33	13,7	4,66	245	0,21
6	33	16,5	5,87	255	0,33
7	33	16	5,36	248	0,27
8	33	13,91	5,11	264	0,25
9	33	12,29	4,12	246	0,17
10	32	17,67	6,51	287	0,46

16:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	28	2,42	1,67	325	0,08
2	28	1,98	0,91	293	0,04
3	28	5,45	1,46	271	0,07
4	28	1,98	0,9	291	0,04
5	28	2,38	0,7	244	0,03
6	28	4,86	1,49	272	0,06
7	28	3,94	1,25	257	0,05
8	28	4,74	1,37	246	0,06
9	28	4,71	1,08	227	0,05
10	28	5,58	1,84	310	0,09

ΠΡΑΣΙΝΟ

10:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	26	14,17	2,26	262	0,15
2	26	21,15	3,62	319	0,39
3	25	15,55	2,75	291	0,33
4	25	9,06	2,52	330	0,22
5	25	15,42	3,14	306	0,33
6	27	15,73	2,75	288	0,22
7	27	17,26	3,32	280	0,29
8	27	16,52	3,34	296	0,32
9	27	18,17	3,75	281	0,36
10	27	11,74	2,18	240	0,14

12:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	33	12,55	3,15	205	0,12
2	33	12,01	3,82	248	0,16
3	33	8,84	1,85	141	0,06
4	33	7,31	1,97	188	0,06
5	33	11,38	4,06	288	0,18
6	32	10,75	4,03	266	0,18
7	33	12,88	4,65	264	0,23
8	33	8,35	3,28	277	0,13

9	32	11,41	3,87	261	0,17
10	32	9,3	2,29	176	0,08

14:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	34	8,05	2	171	0,06
2	33	9,07	2,86	224	0,09
3	34	9,39	2,1	131	0,06
4	33	12,05	3,05	165	0,1
5	33	14,39	4,43	226	0,19
6	33	11,34	4,36	257	0,18
7	33	10,27	2,75	192	0,09
8	33	7,67	2,53	232	0,08
9	33	11,48	4,2	264	0,18
10	33	2,28	1,81	341	0,05

17:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	27	1,67	1,36	325	0,07
2	27	1,46	2,11	380	0,11
3	28	2,04	1,39	334	0,06
4	28	1,57	1,35	343	0,06
5	22	0,85	0,89	386	0,06
6	22	0,92	1,15	393	0,09
7	22	0,94	0,94	413	0,07
8	22	1,36	1,27	423	0,1
9	22	0,59	1,22	411	0,09
10	22	0,49	0,59	396	0,04

16-1-2007

ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ

		9:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	13	7,54	9,19	382	0,29
2	14	11,31	1,29	352	0,3
3	14	11,48	162	372	0,45
4	15	10,65	1,35	354	0,28
5	15	9,87	1,52	371	0,34
6	15	13,74	1,92	366	0,52
7	16	11,39	2,39	402	0,94
8	16	15,99	2,16	361	0,6
9	17	15,16	2,06	355	0,47
10	17	10,36	1,06	297	0,13

		11:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	22	17,87	2,32	290	0,43
2	23	23,48	3	267	0,81
3	24	20,52	3,25	277	0,99
4	25	17,48	2,57	260	0,47
5	26	16,09	2,18	242	0,27
6	27	20,62	3,38	302	0,88
7	27	22,85	3,79	351	0,94
8	28	22,28	3,93	350	0,74
9	28	22,71	4,47	326	0,95
10	29	18,11	3,05	245	0,27

		13:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	25	14,69	2,37	235	0,2
2	26	18,34	3,9	276	0,63
3	27	14,55	2,76	234	0,25
4	27	11,13	1,94	205	0,14
5	28	12,2	2,09	196	0,14
6	28	18,24	3,11	202	0,26
7	28	8,96	2,71	267	0,18
8	29	19,3	4,76	259	0,57
9	29	15,19	3,74	244	0,29
10	30	8,81	1,78	178	0,08

		16:00			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	23	11,55	1,48	192	0,12
2	24	20,3	3,32	255	0,51
3	25	11,24	2,4	268	0,22
4	26	3,91	0,68	202	0,04
5	26	7,42	1,14	175	0,06

6	27	9,83	1,72	202	0,11
7	27	11,44	2,66	255	0,2
8	27	12,87	3,48	281	0,31
9	28	14,5	4,17	288	0,42
10	28	5,48	1,08	194	0,05

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

		9:20			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	18	12,28	1,63	332	0,24
2	18	16,53	1,78	289	0,25
3	19	16,63	2	302	0,3
4	19	16,19	2,23	322	0,36
5	19	15,2	2,48	347	0,47
6	20	13,21	3,49	406	1,54
7	20	8,94	2,39	394	0,42
8	19	10,43	3,12	398	0,91
9	20	16,67	2,4	326	0,37
10	19	13,93	2,66	363	0,58

		11:20			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	30	22,69	4,9	281	0,7
2	30	27,52	7,04	343	2,09
3	31	23,11	5,55	308	0,52
4	32	20,99	4,81	258	0,31
5	32	16,19	4,88	287	0,31
6	32	9,13	5,76	362	51
7	32	19,34	5,4	292	0,41
8	31	20,14	5,06	292	0,4
9	30	19,64	4,68	268	0,47
10	30	17,38	4,47	288	0,47

		13:20			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	29	17,75	4,66	254	0,43
2	29	16,27	4,82	267	0,45
3	30	12,62	3,52	241	0,22
4	30	17,49	4,37	226	0,3
5	30	14,41	4,45	251	0,3
6	31	15,18	3,95	231	0,21
7	30	15,75	5,13	276	0,36
8	30	16,72	4,68	235	0,31
9	30	14,53	5,91	293	0,63
10	30	16,21	4,78	248	0,35

		16:20			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs

1	28	7,6	3,77	320	0,28
2	29	7,85	3,46	315	0,23
3	29	8,1	2,35	259	0,12
4	29	6,65	3,24	313	0,19
5	29	8,13	2,56	260	0,13
6	29	8,39	3,62	328	0,24
7	29	5,06	2,43	318	0,12
8	29	7,74	3,03	310	0,17
9	29	5,2	2,67	323	0,14
10	29	3,51	3,11	344	0,18

KITPINH

		9:40			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	21	15,46	3,33	386	0,9
2	22	17,75	3,26	354	0,66
3	22	19,92	3,7	357	0,93
4	22	19,45	3,67	355	0,88
5	23	15,33	3,85	389	0,97
6	23	15,59	3,95	410	1,19
7	22	14,53	3,96	384	1,33
8	22	15,75	3,8	371	1,05
9	22	14,3	3,88	385	1,13
10	22	19,47	3,99	371	1,35

		11:40			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	32	14,01	5,34	324	0,41
2	33	16,97	4,33	242	0,22
3	33	23,07	6,47	264	0,54
4	33	24,16	7,19	270	0,74
5	33	20,71	6,14	258	0,45
6	33	20,51	6,51	295	0,5
7	33	17,05	5,51	278	0,33
8	33	21,33	6,39	296	0,51
9	33	13,86	3,5	231	0,15
10	33	14,52	5,89	309	0,44

		13:40			
	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	31	15,75	4,98	250	0,31
2	32	8,54	2,85	227	0,11
3	32	16,92	5,5	241	0,31
4	32	17,24	5,61	244	0,33
5	32	12,72	3,69	211	0,15
6	32	14,73	5,28	255	0,29
7	32	15,39	5,27	250	0,29
8	32	12,08	4,48	251	22
9	32	10,99	3,42	219	0,14
10	31	16,72	5,65	263	0,37

		16:40			
ΘΕΡΜ ΦΥΛ		A	E	ci	gs
1		4,18	2,29	324	0,11
2		3,2	1,02	257	0,04
3		4,64	1,88	297	0,09
4		0,65	1,28	395	0,05
5		4,03	0,88	222	0,03
6		7,19	2,01	259	0,1
7		1,28	1,6	354	0,07
8		4,24	1,76	299	0,08
9		4,27	1,22	256	0,05
10		4,58	1,92	307	0,09

ΠΡΑΣΙΝΟ

		10:00			
ΘΕΡΜ ΦΥΛ		A	E	ci	gs
1	25	13,7	3,48	334	0,53
2	24	14,59	3,84	362	0,82
3	24	13,43	3,67	368	0,64
4	23	16,91	3,87	363	0,91
5	24	14,76	3,95	377	1,08
6	24	12,31	3,96	385	0,99
7	24	16,07	3,96	360	0,83
8	24	16,63	4	341	0,85
9	25	16,7	3,98	334	0,86
10	25	12,46	3,96	358	0,8

		12:00			
ΘΕΡΜ ΦΥΛ		A	E	ci	gs
1	34	12,38	2,71	172	0,1
2	34	7,05	2,1	219	0,07
3	34	7,76	3,3	296	0,12
4	35	14,15	3,61	198	0,13
5	33	13,33	5,31	291	0,3
6	33	14,73	5,58	278	0,32
7	33	12,22	3,46	215	0,16
8	34	9,68	3,94	291	0,17
9	33	13	4,32	274	0,21
10	33	8,78	2,37	199	0,08

		16:00			
ΘΕΡΜ ΦΥΛ		A	E	ci	gs
1	33	8,57	2,28	162	0,07
2	33	10,3	4,05	248	0,17
3	33	8,57	2,55	184	0,08
4	33	5,93	2,07	208	0,06
5	32	12,34	3,25	190	0,12
6	32	11,55	3,64	216	0,14

7	33	7	2,2	199	0,07
8	33	8,94	2,46	184	0,08
9	33	8,21	2,5	195	0,08
10	33	6,08	1,65	159	0,05

17:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	28	1,35	1,41	355	0,06
2	28	1,47	1,08	335	0,05
3	28	1,78	1,32	334	0,06
4	28	2,27	1,13	305	0,05
5	28	1,32	1,66	356	0,08
6	28	2,46	1,36	322	0,06
7	28	1,06	0,94	366	0,04
8	28	1,84	1,48	353	0,07
9	28	2,69	1,78	333	0,09
10	28	0,9	0,65	329	0,03

17-1-2007

ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ

9:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	18	13,63	4,08	267	0,28
2	18	8,52	1,6	295	0,22
3	19	11,11	1,59	254	0,19
4	22	9,92	2,65	328	0,45
5	19	17,15	2,69	243	0,31
6	22	20,14	3,49	271	0,58
7	20	11,57	2,24	297	0,27
8	23	14,66	2,92	290	0,34
9	21	15,48	2,88	288	0,42
10	24	2,76	0,72	243	0,04

11:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	23	14,67	2,28	199	0,17
2	25	16,78	2,72	203	0,21
3	26	17,94	3,51	229	0,29
4	25	15,43	2,73	215	0,21
5	27	16,71	3,85	245	0,31
6	27	19,39	4,13	232	0,35
7	28	17,63	4,61	267	0,48
8	29	15,82	3,3	206	0,2
9	29	11,28	2,3	177	0,1
10	30	0,61	0,35	271	0,01

13:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	24	6,29	0,78	119	0,04
2	24	9,95	1,75	210	0,12
3	24	13,1	2,46	230	0,21
4	26	8,33	1,3	168	0,07
5	27	12,51	2,27	210	0,15
6	28	13,45	2,6	208	0,17
7	27	8,38	3,68	332	0,33
8	29	12,56	3,56	274	0,24
9	28	12,23	4,39	314	0,47
10	30	5,2	1,19	205	0,05

16:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	23	5,11	0,59	132	0,04
2	23	15,87	2,45	206	0,22
3	27	9,39	2,01	218	0,12
4	24	5,06	0,8	169	0,04
5	28	3,8	0,8	188	0,04

6	25	6,03	1,08	187	0,06
7	28	6,22	2,06	268	0,12
8	26	10,58	2,37	237	0,12
9	28	10,31	2,85	264	0,2
10	28	6,79	1,39	185	0,07

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

9:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs	
1	24	16,34	3,17	242	0,28	
2	25	15,78	2,82	205	0,21	
ΣΚΙΑ	3	25	10,43	2,21	218	0,14
4	26	15,21	2,84	197	0,19	
5	26	12,17	2,48	205	0,15	
6	26	11,22	2,95	246	0,19	
7	26	11,44	4,52	311	0,47	
8	26	13,12	4,71	303	0,54	
9	26	13,65	4,59	296	0,5	
10	26	14,06	4,52	290	0,5	

11:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	31	20,58	5,85	290	0,42
2	32	20,83	5,48	205	0,34
3	32	18,87	5,23	200	0,28
4	33	18,67	5,36	201	0,28
5	33	14,04	4,73	223	0,22
6	33	9,96	3,56	256	0,13
7	33	12,34	4,92	247	0,24
8	33	13,23	4,74	229	0,21
9	33	12,71	4,08	200	0,16
10	33	17,35	5,43	217	0,27

13:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	30	19,09	4,91	260	0,38
2	30	16,25	4,89	256	0,35
3	31	12,7	3,94	235	0,21
4	31	14,54	4,87	244	0,3
5	32	12,01	3,74	221	0,18
6	32	10,41	3,28	222	0,14
7	31	11,98	4,66	258	0,27
8	31	12,41	3,84	227	0,2
9	31	11,23	4,02	261	0,23
10	30	14,77	4,28	264	0,28

16:20

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
--	----------	---	---	----	----

1	28	9,87	3,61	281	0,27
2	28	6,44	3,42	322	0,22
3	28	7,41	3,01	285	0,16
4	28	4,82	3,37	324	0,19
5	29	7,39	2,76	266	0,13
6	29	7,82	3,2	277	0,17
7	29	7,18	2,6	266	0,12
8	29	7,79	2,85	261	0,14
9	28	7,15	2,93	291	0,16
10	28	5,46	2,57	309	0,14

KITPINH

9:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	26	6,98	3,2	303	0,22
2	26	9,4	3,74	289	0,29
3	26	9,46	3,44	281	0,24
4	26	9,44	3,37	277	0,23
5	26	13,66	3,86	266	0,29
6	26	11,69	3,64	275	0,25
7	26	9,63	3,37	283	0,23
8	26	9,78	3,16	275	0,2
9	27	10,83	3,41	268	0,22
10	27	14,77	3,7	228	0,24

11:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	33	14,57	5,24	232	0,25
2	34	11,68	3,67	184	0,13
3	33	19,4	6,14	208	0,32
4	34	19,95	6,29	204	0,32
5	34	16,4	4,93	192	0,2
6	33	10,96	4,37	254	0,17
7	33	12,03	3,8	204	0,13
8	34	9,47	3,68	224	0,13
9	33	13,11	4,82	229	0,2
10	33	14,76	4,51	194	0,18

13:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	32	15,31	4,18	204	0,2
2	33	14,16	3,98	197	0,17
3	33	17,38	5,71	234	0,33
4	33	17,59	5,62	235	0,3
5	34	12,72	4,05	207	0,16
6	34	13,35	5,98	260	0,3
7	34	13,53	5,59	247	0,26
8	34	9,79	4,42	240	0,17
9	34	10,41	3,78	208	0,13
10	33	15	5,56	236	0,28

16:40

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	29	5,22	2	259	0,08
2	29	4,1	1,57	255	0,06
3	29	6,53	2,2	243	0,1
4	29	5,12	1,87	249	0,08
5	29	4	1,47	250	0,06
6	29	6,56	2,3	250	0,1
7	29	5,38	2,11	265	0,09
8	29	4,89	2,12	270	0,09
9	29	4,85	1,67	236	0,07
10	29	6,16	2,26	253	0,1

ΠΡΑΣΙΝΟ

10:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	27	10,47	2,94	230	0,16
2	28	11,26	3,07	238	0,17
3	28	10,18	2,79	231	0,14
4	28	10,95	2,74	212	0,14
5	28	12,81	3,64	258	0,23
6	29	11,11	2,69	213	0,13
7	29	12,46	3,34	222	0,17
8	29	12,65	3,28	207	0,17
9	29	12,41	3,32	217	0,17
10	29	7,67	1,62	151	0,06

12:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	33	10,89	3,35	188	0,09
2	33	4,95	1,54	171	0,04
3	34	3,48	1,63	225	0,04
4	35	6,87	1,81	114	0,05
5	34	10,73	3,28	174	0,11
6	34	8,21	2,63	174	0,08
7	34	6,75	2,58	206	0,07
8	34	5,85	2,23	208	0,1
9	33	7,71	3	215	0,02
10	33	1,79	0,71	197	

14:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	35	4,79	1,35	129	0,03
2	35	3,41	1,3	189	0,03
3	35	5,8	1,73	151	0,05
4	35	2,4	0,98	214	0,02
5	35	7,04	2,33	198	0,07
6	34	8,86	3,49	241	0,12

7	35	7,3	2,13	170	0,06
8	35	3,8	1,92	258	0,05
9	35	5,57	2,35	233	0,07
10	35	2,06	0,56	126	0,01

17:00

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1	29	2,82	1,71	298	0,07
2	29	1,82	1,27	306	0,05
3	29	2,2	1,44	303	0,06
4	29	3,36	1,05	227	0,04
5	28	5,88	1,88	241	0,08
6	28	4,42	1,63	258	0,07
7	28	2,83	1,09	259	0,04
8	28	5,68	1,14	269	0,05
9	28	4,61	1,39	229	0,06
10	28	2,8	0,82	220	0,03

22-1-2007

ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ

9:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 7,7

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
ΗΛΙΟΣ	1Π	26	12,93	3,67	352	0,63
ΗΛΙΟΣ	1K	21	7,79	0,62	222	0,07
ΗΛΙΟΣ	2Π	26	23,82	4,37	321	1,3
ΗΛΙΟΣ	2K	21	14,63	2,23	346	0,75
ΗΛΙΟΣ	3Π	26	22,24	4,38	332	1,66
ΗΛΙΟΣ	3K	21	15,35	2,36	350	1,08
ΗΛΙΟΣ	4Π	27	19,97	4,26	331	1
ΗΛΙΟΣ	4K	22	13,07	2,48	354	0,76
ΗΛΙΟΣ	8Π	27	23,2	4,05	303	0,69
ΗΛΙΟΣ	8K	22	15,54	2,84	357	1,14

11:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 29 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	25	13,36	2,37	283	0,35
	1K	24	13,7	3,05	273	0,26
	2Π	26	20,43	3,28	279	0,89
	2K	25	18,2	2,96	278	0,63
	3Π	27	25,04	3,9	271	1,39
	3K	27	20,53	3,74	290	1,29
	4Π	28	17,26	3,82	291	0,76
	4K	28	12,61	2,68	279	0,33
	8Π	29	21,25	4,1	275	0,69
	8K	29	19,1	3,58	256	48

13:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 36,7 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	25	8,59	1,96	272	0,2
	1K	25	10,81	1,88	254	0,18
	2Π	27	14,3	2,65	251	0,35
	2K	26	13,83	2,4	239	0,28
	3Π	27	17,72	3,43	267	0,73
	3K	28	13,71	3,19	279	0,53
	4Π	28	15,2	3,24	264	0,48
	4K	30	9,24	1,87	219	0,13
	8Π	30	20,46	4,11	272	0,58
	8K	30	16,74	3,45	262	0,39

16:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 30,1 ΣΥΝΝΕΦΙΑ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	26	4,5	0,7	204	0,05
	1K	26	8,18	1,26	221	0,1
	2Π	27	4,67	1,32	272	0,09
	2K	27	6,62	1,54	259	0,12
	3Π	27	5,25	2,28	307	0,19

3K	27	7,91	2,53	288	0,23
4Π	28	5,19	1,16	232	0,07
4K	27	3,4	1	265	0,06
8Π	27	5,71	1,72	276	0,11
8K	28	4,16	1,11	252	0,06

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

9:20 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 7,7

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
ΗΛΙΟΣ	1Π	27	23,01	4,38	324	0,85
ΗΛΙΟΣ	1K	23	18,07	3,11	345	1,05
ΗΛΙΟΣ	3Π	27	21,16	4,43	338	0,88
ΗΛΙΟΣ	3K	24	17,99	3,11	337	0,75
ΗΛΙΟΣ	4Π	28	22,2	4,81	326	1,07
ΗΛΙΟΣ	4K	24	14,74	3,08	345	0,67
ΗΛΙΟΣ	6Π	28	20,21	4,64	325	0,85
ΗΛΙΟΣ	6K	24	10,64	2,93	360	0,55
ΗΛΙΟΣ	7Π	28	18,75	4,35	319	0,7
ΗΛΙΟΣ	7K	24	14	2,99	332	0,52

11:20 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 29,8 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	30	18,91	4,39	279	0,6
	1K	30	22,18	4,29	265	0,62
	3Π	31	21,42	4,99	254	0,62
	3K	30	19,25	4,73	269	0,62
	4Π	31	21,96	5,14	251	0,6
	4K	31	16,32	4,89	283	0,6
	6Π	31	17,75	4,5	257	0,43
	6K	31	13,61	4,19	278	0,37
	7Π	31	18,51	4,75	262	0,5
	7K	31	15,34	4,3	270	0,4

13:20 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 36,8 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	31	19,04	4,69	267	0,63
	1K	31	20,74	4,58	265	0,65
	3Π	32	16,43	5,02	279	0,59
	3K	31	17,09	4,33	257	0,43
	4Π	32	18,25	5,22	269	0,61
	4K	32	18,45	5,53	259	0,58
	6Π	33	17,92	5,56	253	0,49
	6K	33	7,22	4,87	312	0,37
	7Π	33	16,5	5,65	271	0,59
	7K	33	15,76	4,92	250	0,37

16:20 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 27,7 ΣΥΝΝΕΦΙΑ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	27	5,68	2,89	325	0,25

1K	27	4,83	3	333	0,27
3Π	28	4,54	2,53	331	0,18
3K	27	4,2	2,35	321	0,17
4Π	27	4,35	2,61	336	0,19
4K	27	4,27	2,69	349	0,21
6Π	27	4,19	2,6	335	0,2
6K	27	3,32	2,3	340	0,16
7Π	27	4,9	3,1	340	0,27
7K	27	5,02	2,49	326	0,18

ΚΙΤΡΙΝΗ

9:40 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 8,2

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs	
ΗΛΙΟΣ	1Π	28	22,95	5,08	314	1,03
ΗΛΙΟΣ	1K	25	18,8	3,7	316	0,64
ΗΛΙΟΣ	4Π	28	17,59	4,58	316	0,67
ΗΛΙΟΣ	4K	25	13,62	3,46	337	0,54
ΗΛΙΟΣ	7Π	27	12,72	4,65	359	1,04
ΗΛΙΟΣ	7K	24	6,65	3,84	388	0,93
ΗΛΙΟΣ	8Π	27	15,02	4,43	338	0,79
ΗΛΙΟΣ	8K	25	19,62	3,8	316	0,75
ΗΛΙΟΣ	10Π	28	21,02	4,79	325	0,87
ΗΛΙΟΣ	10K	25	16,36	3,68	330	0,79

11:40 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 30,9 ΗΛΙΟΣ

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1Π	31	21,55	5,27	254	0,59
1K	31	14,29	4,26	277	0,39
4Π	32	21,49	5,39	252	0,52
4K	32	16,96	4,99	263	0,42
7Π	32	17,7	5,29	273	0,48
7K	32	18,58	5,33	263	0,48
8Π	32	16	5,15	275	0,43
8K	32	16,63	5,58	288	0,57
10Π	32	13,24	4,87	301	0,42
10K	32	14,7	5,02	292	0,45

13:40 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 36,7 ΗΛΙΟΣ

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1Π	34	20,91	6,7	256	0,68
1K	33	18,45	5,73	244	0,48
4Π	34	18,09	6,32	265	0,52
4K	34	20,79	6,28	244	0,52
7Π	34	16,74	7,18	288	0,66
7K	35	18,19	6,84	273	0,53
8Π	35	15,09	5,96	267	0,39
8K	35	15,73	5,84	271	0,38
10Π	34	15,22	6,59	300	0,57
10K	34	20,32	7,51	287	0,96

16:40 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 26,1 ΣΥΝΝΕΦΙΑ

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
16:12					
1Π	27	3,16	2,51	338	0,18
1K	27	2,03	1,6	334	0,09
4Π	27	3,78	2,13	323	0,14
4K	27	2,82	1,61	325	0,09
7Π	27	2,92	3,1	350	0,27
7K	27	3,09	2,88	347	0,23
8Π	27	2,51	2,5	347	0,18
8K	27	1,93	1,35	327	0,07
10Π	27	2,52	2,41	347	0,18
10K	27	2,4	2,14	343	0,14

ΠΡΑΣΙΝΟ

10:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 10,7

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
ΗΛΙΟΣ	1Π	29	18,35	4,69	313	0,66
ΗΛΙΟΣ	1K	25	4,36	2,61	385	0,28
ΗΛΙΟΣ	2Π	29	22	5,11	317	0,89
ΗΛΙΟΣ	2K	26	10,84	2,95	339	0,34
ΗΛΙΟΣ	4Π	29	20,62	4,89	306	0,81
ΗΛΙΟΣ	4K	26	11,65	2,71	324	0,29
ΗΛΙΟΣ	6Π	29	16,24	4,02	297	0,42
ΗΛΙΟΣ	6K	26	12,47	3,32	345	0,45
ΗΛΙΟΣ	8Π	28	15,35	4,38	326	0,58
ΗΛΙΟΣ	8K	25	3,96	2,57	395	0,33

12:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 31,8 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	32	18,08	4,95	251	0,38
	1K	32	8,95	3,29	280	0,18
	2Π	33	14,78	3,85	225	0,22
	2K	33	6,67	3,83	303	0,22
	4Π	33	18,67	5	235	0,38
	4K	33	8,45	2,58	220	0,11
	6Π	32	10,63	3,81	270	0,22
	6K	32	10,18	3,08	238	0,15
	8Π	32	15,04	5,6	310	0,53
	8K	33	9,77	4,15	306	0,27

14:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 36,8 ΗΛΙΟΣ

		ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
	1Π	35	12,3	4,62	230	0,2
	1K	36	13,33	1,47	228	0,04
	2Π	36	14,22	5,29	235	0,25
	2K	36	6,7	2,86	229	0,09
	4Π	35	16,79	6,87	236	0,49
	4K	36	6,75	2,99	181	0,1
	6Π	36	11,53	3,31	225	0,11
	6K	36	7,21	2,9	244	0,09

8Π	35	15,25	5,7	265	0,3
8Κ	36	7,95	4,02		0,15

17:00 ΘΕΡΜ. ΧΩΡΟΥ 24,5 ΣΥΝΝΕΦΙΑ

	ΘΕΡΜ ΦΥΛ	A	E	ci	gs
1Π	27	1,68	0,72	298	0,04
1Κ	27	1,04	1	341	0,05
2Π	27	1,16	0,85	339	0,04
2Κ	27	0,52	1,09	366	0,06
4Π	27	1,69	1,85	360	0,12
4Κ	27	0,9	0,79	345	0,04
6Π	27	0,93	0,76	340	0,04
6Κ	27	0,82	0,93	351	0,05
8Π	27	0,76	0,74	349	0,03
8Κ	27	1,12	1,32	368	0,07