

ΒΙΟΛΟΓΙΑ (MultiLog)
Φωτοσύνθεση: Η σημαντικότερη μεταβολική πορεία στη
Βίωση

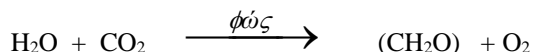
<p><i>Γιώργος Α. Χαλκιάπουλος</i> <i>Βιολόγος MSc</i> ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ Mail: mail@ekfe-n-ionias.att.sch.gr Τηλ: 2102758108 6977211608</p>	<p><i>Τασία Γκοτσοπούλου</i> <i>Χημικός</i> ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ Mail: mail@ekfe-n-ionias.att.sch.gr Τηλ: 2102758108 6977211608</p>
--	--

ΒΙΟΛΟΓΙΑ (MultiLog)
Φωτοσύνθεση: Η σημαντικότερη μεταβολική πορεία στη
Βιόσφαιρα

<i>Γιόργος Α. Χαλκιάπουλος</i> <i>Βιολόγος MSc</i> ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ Mail: mail@ekfe-n-ionias.att.sch.gr Τηλ: 2102758108 6977211608	<i>Τασία Γκοτσοπούλου</i> <i>Χημικός</i> ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ Mail: mail@ekfe-n-ionias.att.sch.gr Τηλ: 2102758108 6977211608
--	--

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όλη η ελεύθερη ενέργεια που καταναλώνεται από τα βιολογικά συστήματα πηγάζει από την ηλιακή ενέργεια που παγιδεύεται από ζωντανούς οργανισμούς μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η βασική εξίσωση της φωτοσύνθεσης είναι απλή, μάλιστα δε παραπλανητικά απλή:



Σ' αυτή την εξίσωση η ένωση (CH₂O) αντιπροσωπεύει υδατάνθρακα, κυρίως ζαχαρόζη και άμυλο. Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης είναι πραγματικά πολύπλοκος και απαιτεί τη συμμετοχή και αλληλεπίδραση πολλών πρωτεϊνικών συμπλόκων, φωτοϋποδοχέων, μεταφορείς ηλεκτρονίων και μικρών μορίων. Με αυτή την περίπλοκη λειτουργία 10¹¹ τόνοι διοξειδίου του άνθρακα δεσμεύονται παγκοσμίως κάθε χρόνο.

Με απλά πειράματα στην τάξη επιχειρείται διδακτική προσέγγιση για τι δεσμεύει ένα φυτό όταν φωτοσυνθέτει, ποιος είναι ο ρόλος του φωτός και πόσο υπεύθυνη είναι η χλωροφύλλη. Τέλος ελέγχεται, με πείραμα ελέγχου, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, μετρώντας το παραγόμενο οξυγόνο, από αισθητήρα πίεσης με το σύστημα MultiLog. Το παραγόμενο οξυγόνο φαίνεται ότι εξαρτάται γραμμικά από την ποσότητα του φυτού *Elodea* που φωτοσυνθέτει.

Τέτοια πειράματα, μέσα από τον έλεγχο προϊόντων της αντίδρασης έδωσαν ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα της διαδικασίας της "αντίδρασης" της φωτοσύνθεσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φωτοσύνθεση, απορρόφηση, water plant, διαλυμένο οξυγόνο, κορεσμένο διάλυμα, μερική πίεση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ήλιος είναι η σημαντικότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

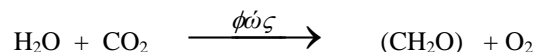
Οι άνθρωποι από νωρίς είχαν αντιληφθεί ότι αυτοί και όλα τα άλλα ζώα μεγαλώνουν και αναπτύσσονται τρώγοντας φυτά, ή τρώγοντας άλλα ζώα που με την σειρά τους τρώνε φυτά. Αλλά ποια είναι η «τροφή» των φυτών;

Υπάρχουν δύο πιθανές πηγές, το έδαφος και ο αέρας. Όμως, τροφή δεν υπάρχει ούτε στην μία πηγή ούτε στην άλλη, αλλά μόνον απλά ανόργανα υλικά όπως διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Αυτό που κάνουν τα φυτά, λοιπόν, είναι να χρησιμοποιούν αυτά τα απλά υλικά από το περιβάλλον τους και να φτιάχνουν ζάχαρη και άλλα σύμπλοκα μόρια στα φύλλα τους. Η παρασκευή συμπλοκών μορίων από απλά υλικά καλείται σύνθεση και τα φυτά χρειάζονται

τον ήλιο για να το κάνουν αυτό. Η διαδικασία με την οποία φτιάχνουν την τροφή τους τα φυτά καλείται φωτοσύνθεση.

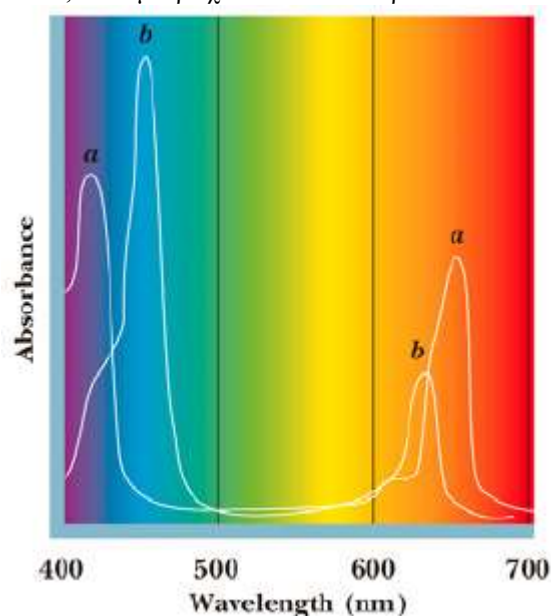
Όλη η ελεύθερη ενέργεια που καταναλώνεται από τα βιολογικά συστήματα πηγάζει από την ηλιακή ενέργεια που παγιδεύεται από ζωντανούς οργανισμούς μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η βασική εξίσωση της φωτοσύνθεσης είναι απλή, μάλιστα δε παραπλανητικά απλή:



Σε αυτή την εξίσωση η ένωση (CH₂O) αντιπροσωπεύει υδατάνθρακα, κυρίως ζαχαρόζη και άμυλο. Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης είναι πραγματικά πολύπλοκος και απαιτεί τη συμμετοχή και αλληλεπίδραση πολλών πρωτεϊνικών συμπλόκων, φωτοϋποδοχέων, μεταφορέων ηλεκτρονίων και μικρών μορίων (Stryer, 1997).

Ο ήλιος μας στέλνει καθημερινά 1000W/m², ενέργεια ισοδύναμη με 17000 φορές την ενέργεια που καταναλώνει ημερησίως ο πλανήτης μας. Τα φύλλα των φυτών, οι καλύτεροι ηλιοσυλλέκτες, φωτοσυνθέτουν με απόδοση ενέργειας που φθάνει το 40% της προσλαμβανόμενης ενέργειας. Με αυτή την περίπλοκη λειτουργία 10¹¹ τόνοι διοξειδίου του άνθρακα δεσμεύονται παγκοσμίως κάθε χρόνο.

Ένα σύνολο ποικίλων οργανισμών μπορεί να φωτοσυνθέσει, από τα κυανοβακτήρια μέχρι τα ψηλότερα δέντρα. Η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα στις εσωτερικές μεμβράνες των κυττάρων. Στα φωτοσυνθετικά βακτήρια η πρωτοπλασματική μεμβράνη, εσωτερικά, είναι η έδρα της φωτοσύνθεσης, ενώ στα ευκαρυωτικά πράσινα φυτά η φωτοσύνθεση λαμβάνει μέρος σε ειδικά οργανίδια, που εμπεριέχονται στα κύτταρα και καλούνται χλωροπλάστες.



Πίνακας (Miles B. 2003).

Το πλήθος των ενζύμων που συμμετέχουν και οι παράγοντες που λαμβάνουν μέρος, επηρεάζοντας θετικά ή αρνητικά την απόδοση της αντίδρασης, κάνουν αυτόν τον μεταβολικό δρόμο από βιοχημικής, φυσιολογικής και συνθετικής πλευράς εξαιρετικά περίπλοκο.

Υπάρχει, όμως το πείραμα, διδακτική μέθοδος, που βοηθάει στην παρατήρηση, ανακάλυψη, βιωματική και διαδικασιακή μάθηση. Τέτοια πειράματα, μέσα από έλεγχο προϊόντων ή αντιδρώντων της αντίδρασης δίνουν ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης (Αργύρης, 1991).

Σκοπός είναι, με απλά πειράματα επιστημονικής δεοντολογίας (στο εργαστήριο και στο σπίτι) να παρασύρει ο εκπαιδευτικός τον μαθητή του στον μεταβολικό δρόμο του διοξειδίου του άνθρακα μέσα στην βίοςφαιρα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Με οδηγούς το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και στοιχεία από το Βρετανικό Αναλυτικό πρόγραμμα των High Schools και δραστηριότητες (activities) από την Ελληνική και Βρετανική βιβλιογραφία, σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ με την συμμετοχή των συνεργατών του, ένα πρόγραμμα με απλά διδακτικά πειράματα για την φωτοσύνθεση.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

Το πείραμα αποτελείται από δύο μπουκάλια, το ένα χρησιμοποιήθηκε σαν μάρτυρας (αναφορά). Προσθέσαμε στο ένα Elodea (Canadian pondweed). Η οικονομική λάμπα που χρησιμοποιήσαμε, είχε δύο επιπρόσθετα πλεονεκτήματα. Το ένα επειδή παράγει ψυχρό φωτισμό δεν μετέβαλλε την θερμοκρασία του νερού του υδρόβιου φυτού, ούτε κατά έναν βαθμό της κλίμακας Κελσίου και το άλλο πήραμε τελικά μεγάλη τιμή έντασης (300W) με μέγιστα απορρόφησης στα πικ απορρόφησης της χλωροφύλλης (Πίνακας 1, Miles). Με το φασματόμετρο το φάσμα εκπομπής της λάμπας (γραμμικό λόγω ατμών μετάλλου, πιθανόν Hg) παρουσιάζει κόκκινες γραμμές από 605nm μέχρι 655nm και μπλέ γραμμές από 430nm μέχρι 440nm.

Το χρονικό διάστημα των 13min (5min για να κορεσθεί το διάλυμα με οξυγόνο και 8min ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης) είναι αρκετά ικανοποιητικό για τις συνθήκες διδακτικής ώρας στην τάξη.

Οργανώνουμε τα απαραίτητα όργανα και θερμομετρούμε το κορεσμένο με διττανθρακικό νάτριο διάλυμα, όπου τοποθετούμε σε κομμάτια το υδρόβιο φυτό.



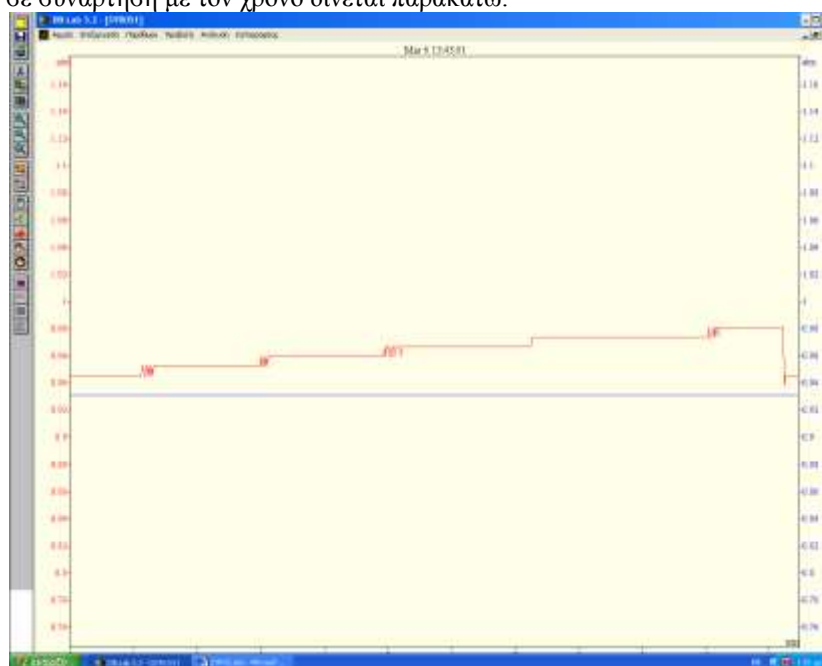
Εικόνα 1, ΕΚΦΕ Ν. ΙΩΝΙΑΣ

Η διάταξη που στήνεται με το Multilog ενεργοποιημένο, είναι όπως στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2, ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ

Τα δείγματα είναι πολλά, 5000 και ο ρυθμός 1/sec. Το γράφημα των δύο αισθητήρων πίεσης σε συνάρτηση με τον χρόνο δίνεται παρακάτω.

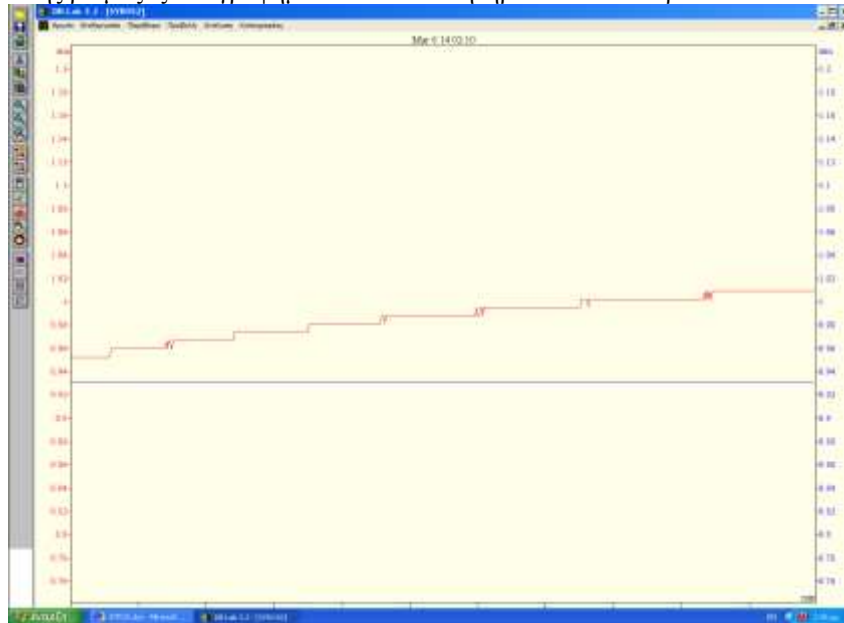


Σχήμα 1 : Γράφημα Πίεσης παραγόμενου οξυγόνου(2gr ελόντια)

Η ανάλυση των δεδομένων που ακολουθεί, οδηγεί στο παρακάτω διαφορικό γράφημα του οποίου η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης αποτελεί τον καθαρό ρυθμό αντίδρασης του πειράματος. Ο **συντελεστής συσχέτισης είναι $R^2=0,739$** .



Σχήμα 2: Διαφορικό γράφημα Πίεσης παραγόμενου οξυγόνου Διατηρώντας τους άλλους παράγοντες σταθερούς, επαναλαμβάνουμε το ίδιο πείραμα θέτοντας και δεύτερο στέλεχος του φυτού Elodea, διπλασιάζοντας σχεδόν την ποσότητα της φυτικής βιομάζας. Το γράφημα των δύο αισθητήρων είναι το παρακάτω.



Σχήμα 3 : Γράφημα πίεσης παραγόμενου οξυγόνου (4 gr ελόντια)

Η ανάλυση των δεδομένων που ακολουθεί, οδηγεί στο παρακάτω παράγωγο του οποίου η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης αποτελεί τον καθαρό ρυθμό αντίδρασης του πειράματος. Ο **συντελεστής συσχέτισης τώρα είναι $R^2=0,967$** .



Σχήμα 4 : Διαφορικό γράφημα πίεσης παραγόμενου οξυγόνου(4gr ελόντια)

Η κανονικότητα των σημείων εξομαλύνεται και ο συντελεστής συσχέτισης τείνει στην μονάδα. Με την διαδικασία copy + paste, παίρνουμε κοινό γράφημα των δύο παραγώγων. Η κόκκινη με την μικρότερη κλίση αφορά την μικρότερη φυτική βιομάζα.

Υπολογίζουμε την κλίση στο γράφημα με m μάζα υδρόβιου φυτού και την κλίση στο δεύτερο γράφημα με $2m$ μάζα φυτού (με όλους τους άλλους παράγοντες αμετάβλητους). Η σύγκριση στις κλίσεις των δύο διαφορετικών μαζών:

$$R^2=0,739$$

$$dy=14,106\text{matm}$$

$$dt=295\text{sec}$$

$$\text{οπότε η κλίση} = \frac{dy}{dt} = 0,0478 \frac{\text{matm}}{\text{sec}}$$

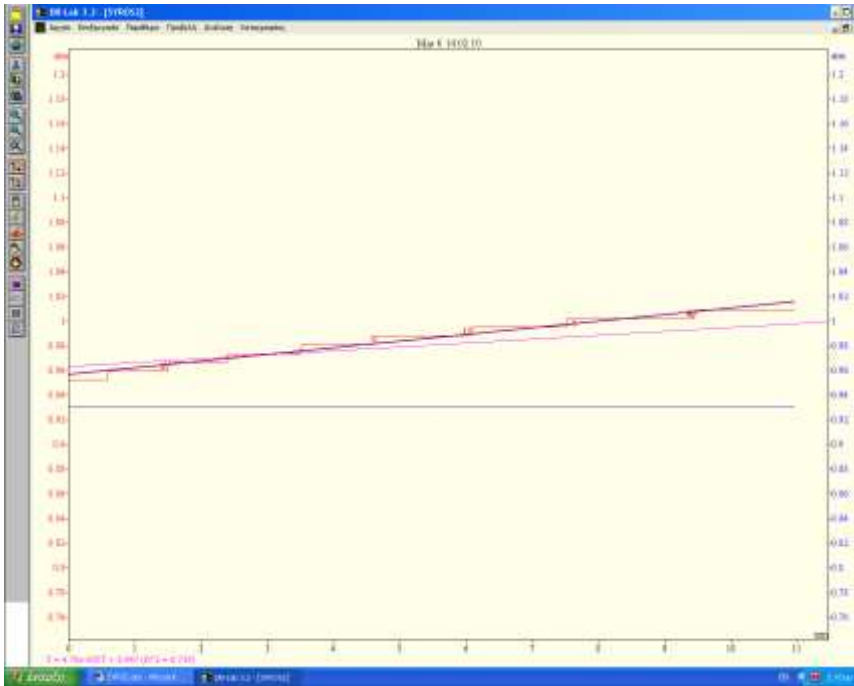
$$R^2=0,967$$

$$dy'=21,346\text{matm}$$

$$dt'=238\text{sec}$$

$$\text{οπότε η κλίση} = \frac{dy'}{dt'} = 0,0897 \frac{\text{matm}}{\text{sec}}$$

$$\text{από τον λόγο των δύο παίρνουμε: } \frac{m}{2m} = \frac{0,0478}{0,0897} = 0,53 \approx 0,5.$$



Σχήμα 5 : Γραφήματα γραμμικής παλινδρόμησης δύο ποσοτήτων φυτού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μπορούμε να εντάξουμε, ευρύτερα την διαδικασία της φωτοσύνθεσης στα σχολικά πειράματα. Όσο περισσότερη ποικιλία παρουσιάζει η πειραματική προσέγγιση, τόσο αυξάνει το ενδιαφέρον γι' αυτόν τον μεταβολικό δρόμο, που αποτελεί την βάση της αλυσίδας τροφής της Βιόσφαιρας. Οι δεξιότητες και πειραματικές επιλογές αναπτύσσονται στην πορεία.

Για μικρής κλίμακας διατάξεις φαίνεται ότι, διπλασιάζοντας την ποσότητα του υδροχαρούς φυτού *Elodea*, διπλασιάζεται και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης. Η σχέση φαίνεται να είναι γραμμική.

Το παραγόμενο οξυγόνο από την μικρότερη ποσότητα φυτού, δίνει διαφορετικό γράφημα και η κλίση του συντελεστή συσχέτισης 0,732 (περίπου 2gr φυτού). Το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) για να βρεθεί στον χώρο της αισθητοποίησης, αναδύεται. Αυτό μπορεί να επηρεάζεται από την ποσότητά του, τις δυνάμεις τριβής και συνάφειας νερού και αέριου. Όταν, όμως, η ποσότητα διπλασιαστεί το γράφημα δίνει κλίση με συντελεστή συσχέτισης 0,967 (περίπου 4gr φυτού). Τότε ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης αποτυπώνεται ορθότερα από τον ρυθμό του αισθητήρα του Multilog. Τέλος προβλήματα καταγραφής του ρυθμού της φωτοσύνθεσης, μπορεί να οφείλονται και στον αισθητήρα πίεσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αργύρης Π. Ι., (1991). *Θεματική Βιολογία*, Θεσσαλονίκη.
- Ίδρυμα Ευγενίδου., (1990). *Η Βιολογική Επιστήμη Μοριακή προσέγγιση*, Αθήνα.
- Μαργαρίτης Χ. Α. , Γαλανόπουλος Β. Κ., Κεραμάρης Κ.Ε., Μαρίνος Ε.Σ., Παπασιδέρη Ι.Σ., Στραβοπόδης Δ.Ι., Τρουγκάκος Ι.Π. (2004). *Βιολογία Κυττάρων*, Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2000). *Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης*, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2006). *Επιμόρφωση στελεχών Δ.Ε.Τεύχος Επιμορφωτικού Υλικού*, Αθήνα 2006
- Σαλαμαστράκης Σ., Καψάλης Α., Μπουρμπουχάκης Ι.-Ε., Περάκη Β. (2007). *Βιολογία Γενικής Παιδείας Β΄ Γεν.*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Συντυχάκης Μ. Φαλτσέτας Ν. (1986). *Βιολογία και πείραμα*, Αθήνα.
- Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης., (1996). *MultiLog Πειράματα.*, Αμαξοτεχνική Α.Ε.Β.Ε., Θεσσαλονίκη.
- Nuffield J., (1970). *Combined Science teachers' Guide II*, Penguin Books.
- Clark N. J.Jr, Switzer L. R. (1992). *Πειραματική Βιοχημεία*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Clarke E., *Biology Objective and Completion Tests for O level* .John Murray Albemarle Street London.
- Kilgour O. F. G., *Work Out Biology GCSE*. MACMILLAN.
- Liffen C. L., (1990). *Structured Questions for GCSE Biology*. Hodder and Stoughton, London.
- Roberts M. B. V., (1984). *Biology, a functional approach*, Nelson.
- Roberts M., (1995). *Biology Nelson Science*, Nelson.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ (MultiLog)

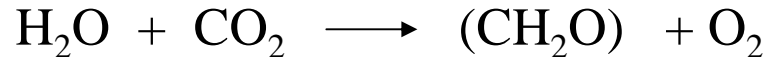
Φωτοσύνθεση: Η σημαντικότερη μεταβολική πορεία στη Βιόσφαιρα

Γιώργος Α. Χαλκιάπουλος - Βιολόγος MSc ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ

Τασία Γκοτσοπούλου - Χημικός ΕΚΦΕ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ

Θεωρητική Προσέγγιση

- Όλη η ελεύθερη ενέργεια που καταναλώνεται από τα βιολογικά συστήματα πηγάζει από την ηλιακή ενέργεια που παγιδεύεται από ζωντανούς οργανισμούς μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η βασική εξίσωση της φωτοσύνθεσης είναι απλή, μάλιστα δε παραπλανητικά απλή:



- Σ' αυτή την εξίσωση η ένωση (CH₂O) αντιπροσωπεύει υδατάνθρακα, κυρίως ζαχαρόζη και άμυλο. Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης είναι πραγματικά πολύπλοκος και απαιτεί τη συμμετοχή και αλληλεπίδραση πολλών πρωτεϊνικών συμπλόκων, φωτοϋποδοχέων, μεταφορείς ηλεκτρονίων και μικρών μορίων. Με αυτή την περίπλοκη λειτουργία 10¹¹ τόνοι διοξειδίου του άνθρακα δεσμεύονται παγκοσμίως κάθε χρόνο.
- Ελέγχεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης, μετρώντας το παραγόμενο οξυγόνο, από αισθητήρα πίεσης με το σύστημα MultLog. Το παραγόμενο οξυγόνο φαίνεται ότι εξαρτάται γραμμικά από την ποσότητα του υδροχαρούς φυτού που φωτοσυνθέτει.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

- Το πείραμα αποτελείται από δύο μπουκάλια, το ένα χρησιμοποιήθηκε σαν μάρτυρας (αναφορά). Προσθέσαμε στο ένα Elodea (Canadian pondweed).
- Η οικονομική λάμπα που χρησιμοποιήσαμε, παράγει ψυχρό φωτισμό και δεν μετέβαλλε την θερμοκρασία του νερού του υδρόβιου φυτού, ούτε κατά έναν βαθμό Κελσίου και πήραμε τελικά μεγάλη τιμή έντασης (300W) με μέγιστα απορρόφησης κοντά στα πικ απορρόφησης της χλωροφύλλης (Πίνακας 1, Miles). Με το φασματόμετρο το φάσμα εκπομπής της λάμπας (γραμμικό λόγω ατμών μετάλλου, πιθανόν Hg) παρουσιάζει κόκκινες γραμμές από 605nm μέχρι 655nm και μπλέ γραμμές από 430nm μέχρι 440nm.
- Το χρονικό διάστημα των 13 min (5 min για να κορεσθεί το διάλυμα με οξυγόνο και 8 min ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης) είναι αρκετά ικανοποιητικό για τις συνθήκες διδακτικής ώρας στην τάξη.
- Οργανώνουμε τα απαραίτητα όργανα και θερμομετρούμε το κορεσμένο με διττανθρακικό νάτριο διάλυμα, όπου τοποθετούμε σε κομμάτια το υδρόβιο φυτό.

Πειραματική Διάταξη



Γράφημα των δύο Αισθητήρων Πίεσης σε συνάρτηση με τον χρόνο



Τα δείγματα είναι πολλά, 5000 και ο ρυθμός 1/sec.

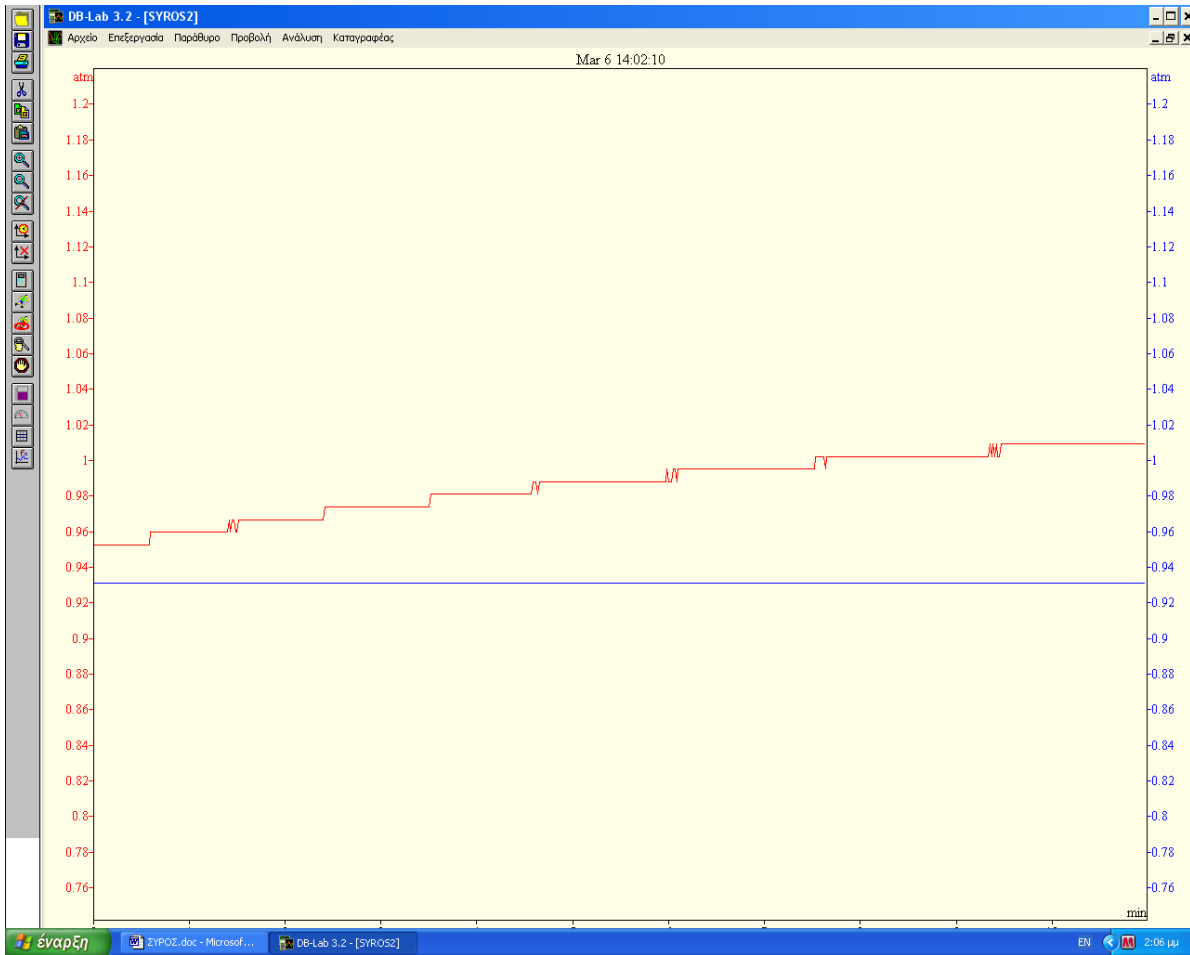
Διαφορικό Διάγραμμα



Η ανάλυση των δεδομένων οδηγεί στο παραπάνω διαφορικό γράφημα του οποίου η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης αποτελεί τον καθαρό ρυθμό αντίδρασης του πειράματος.

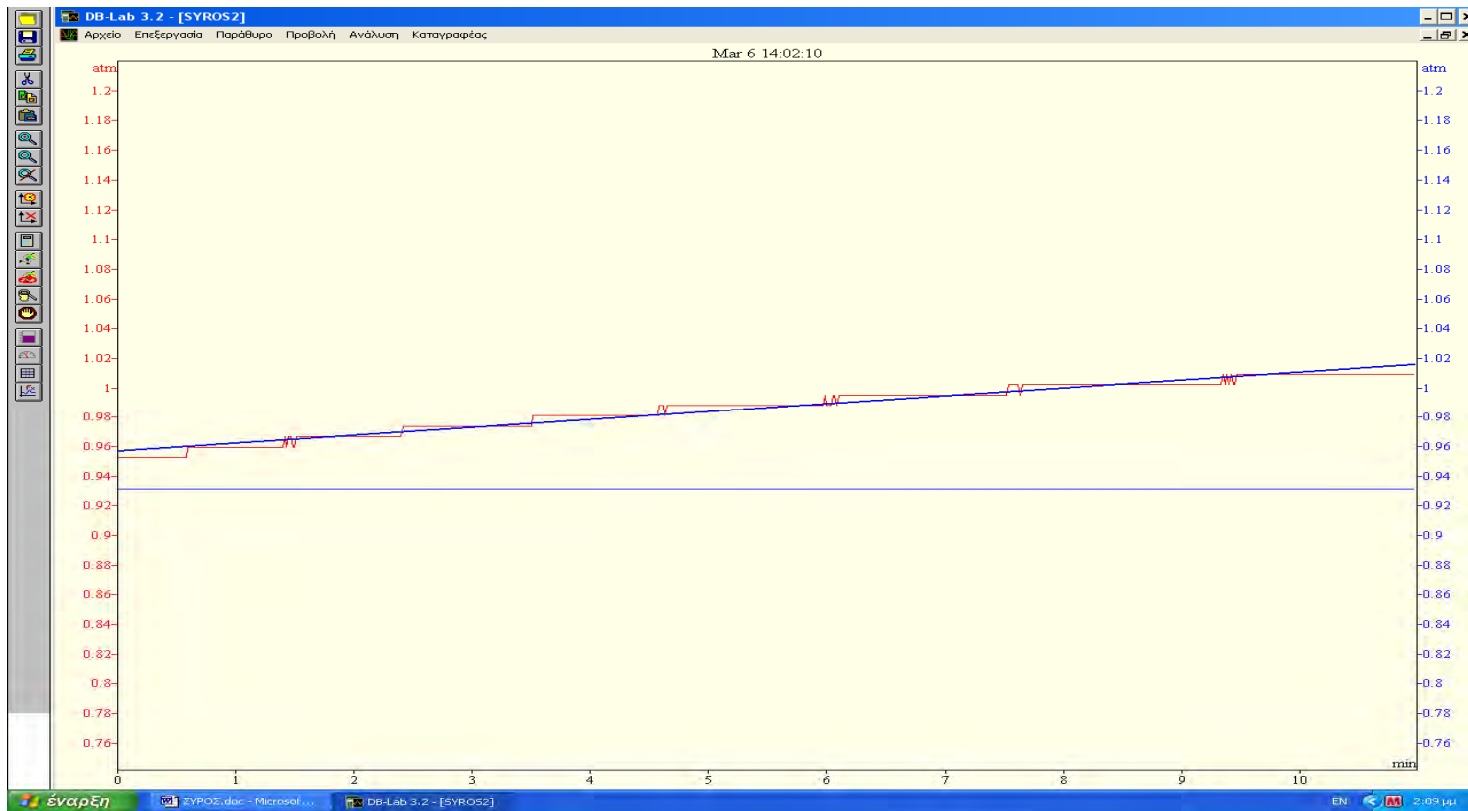
Ο συντελεστής συσχέτισης είναι $R^2=0,739$.

Γράφημα των δύο αισθητήρων όταν διπλασιάζεται η Φυτική μάζα

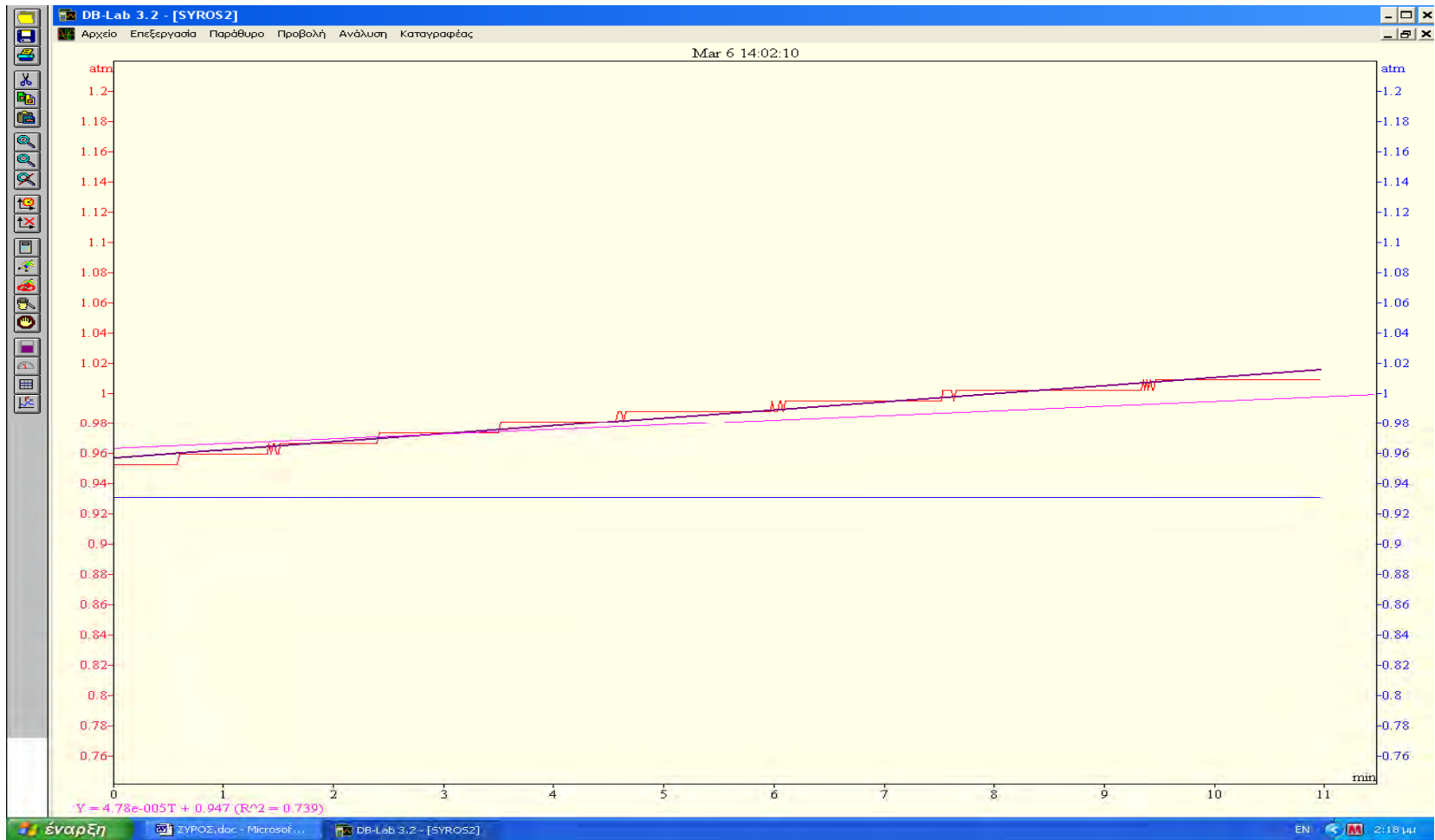


Διαφορικό Διάγραμμα

- Η ανάλυση των δεδομένων που ακολουθεί, οδηγεί στο παρακάτω παράγωγο του οποίου η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης αποτελεί τον καθαρό ρυθμό αντίδρασης του πειράματος. Ο συντελεστής συσχέτισης τώρα είναι $R^2=0,967$.



- Υπολογίζουμε την κλήση στο γράφημα με m μάζα υδρόβιου φυτού και την κλήση στο δεύτερο γράφημα με $2m$ μάζα φυτού (με όλους τους άλλους παράγοντες αμετάβλητους). Η σύγκριση στις κλήσεις των δύο διαφορετικών μαζών:
- **$R^2=0,739$** , $dy=14,106matm$, $dt=295sec$
- οπότε η κλήση $\frac{dy}{dt} = 0,0478matm / sec$
- **$R'^2 =0,967$**
- $dy'=21,346 matm$
- $dt'= 238sec$
- οπότε η κλήση $\frac{dy}{dt} = 0,0897matm / sec$
- από τον λόγο των δύο παίρνουμε: $\frac{m}{2m} = \frac{0,0478}{0,0897} = 0,53 \approx 0,5$



Γραφήματα γραμμικής παλινδρόμησης δύο ποσοτήτων φυτού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Μπορούμε να εντάξουμε, ευρύτερα την διαδικασία της φωτοσύνθεσης στα σχολικά πειράματα. Όσο περισσότερη ποικιλία παρουσιάζει η πειραματική προσέγγιση, τόσο αυξάνει το ενδιαφέρον γι' αυτόν τον μεταβολικό δρόμο, που αποτελεί την βάση της αλυσίδας τροφής της Βιόσφαιρας. Οι δεξιότητες και πειραματικές επιλογές αναπτύσσονται στην πορεία.
- Για μικρής κλίμακας διατάξεις φαίνεται ότι, διπλασιάζοντας την ποσότητα του υδροχαρούς φυτού *Elodea*, διπλασιάζεται και ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης. Η σχέση φαίνεται να είναι γραμμική.
- Το παραγόμενο οξυγόνο από την μικρότερη ποσότητα φυτού, δίνει διαφορετικό γράφημα και η κλίση του συντελεστή συσχέτισης 0,732 (περίπου 2gr φυτού). Το διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) για να βρεθεί στον χώρο της αισθητοποίησης, αναδύεται. Αυτό μπορεί να επηρεάζεται από την ποσότητά του, τις δυνάμεις τριβής και συνάφειας νερού και αέριου. Όταν, όμως, η ποσότητα διπλασιαστεί το γράφημα δίνει κλίση με συντελεστή συσχέτισης 0,967 (περίπου 4gr φυτού). Τότε ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης αποτυπώνεται ορθότερα από τον ρυθμό του αισθητήρα του Multilog. Τέλος προβλήματα καταγραφής του ρυθμού της φωτοσύνθεσης, μπορεί να οφείλονται και στον αισθητήρα πίεσης.