



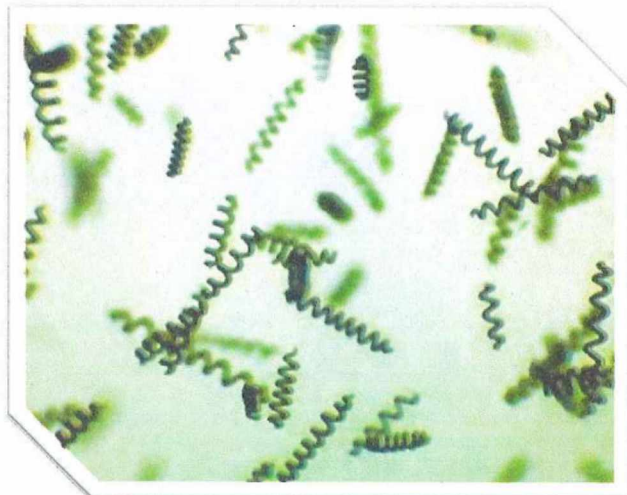
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

**Θέμα: Επίδραση της αλατότητας και του φωτισμού στην
καλλιέργεια της σπιρουλίνας (*Arthrospira platensis*)**



Δημήτριος Χατήρας, 2019

Επιβλέπων καθηγητής: Λεονάρδος Ιωάννης

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- 1) ΛΕΟΝΑΡΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ,
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
- 2) DR.ΤΖΟΒΕΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
- 3)

Abstract

In this thesis, an attempt was made to study the development of *Arthrospira platensis* (spirulina) culture under different lighting and salinity conditions at a controlled constant temperature and to compare crop yields.

Arthrospira platensis is a prokaryotic microflora and belongs to the cyanobacteria. Its unique chemical composition, rich in protein, γ -linolenic acid, vitamins, iron and more, is a catalyst for its commercial exploitation. Due to the global depletion of water resources and the increasing seawater penetration into the aquifer, the prospect of growing spirulina on a commercial scale using brackish or seawater is of particular interest.

The experiment was carried out in a temperature controlled laboratory, in two zones of different light intensity, 5 klux and 15 klux, and in scaled salinity, with added NaCl 0gr/l, 10gr/l, 20gr/l and 30gr/l.

The strains used are SAG 257.80 freshwater *Arthrospira platensis*, coming from Lake Huacachina, Peru (South America), and SAG 21.99 brackish *Arthrospira platensis*, coming from Namibia (Africa), supplied by Experimental Phycology and Culture Collection, University of Goettingen, Germany (SAG University).

Growth rate was calculated by using an Optical Density (OD) and Dry Weight (DW) curve.

Statistical analysis of the results showed that light intensity affects significantly the productivity and growth rate of the crop, with 15 klux being better and this result is consistent with previous studies (Vonshak A. 1997, Soletti et al. 2008, Trabelsi et al. 2009).

The fluctuation of salinity, by contrast, did not give statistically significant differences in crop growth within the range studied ($S = 0-30 \text{ ‰}$).

The results of the experiment show that a spirulina strain such as Brackish SAG 21.99, could be cultivated in areas where water is unsuitable for irrigation or even using seawater. This cultivation can lead to the production of high quality protein in areas degraded and unsuitable for any type of cultivation, while saving the precious water resources of our planet.

Especially for our country, with 16,000 kilometers of coastline, the prospect of the development of spirulina coastal crops could give a great boost to the regional and national economy.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	7
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή	11
2. Μορφολογία – Ταξινόμηση	16
2.1 Χημική σύσταση.....	17
2.2 Διατροφική αξία	18
3. Σκοπός Πειράματος	19
4. Υλικά και Μέθοδοι.....	19
4.1 Συνθήκες πειράματος.....	19
4.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός	21
4.2.1 Strains	21
4.2.2 Διάλυμα θρεπτικών	21
4.2.3 Πειραματική διάταξη.....	24
5. Περιγραφή πειράματος.....	26
5.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης OD – DW	26
5.1.1 Μετρήσεις για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης OD-DW του στελέχους 257.80 ...	30
5.1.2 Μετρήσεις για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης OD-DW του στελέχους 21.99	31
5.2 Αραιώσεις-Εμβολιασμοί.....	32
5.3 Γενική περιγραφή μεθοδολογίας μετρήσεων πειράματος & εργαστηριακού εξοπλισμού	35
6. Αποτελέσματα & Συζήτηση	37
6.1 Διαγράμματα αύξηση βάρους καλλιέργειας (DW)	38
6.2 Στατιστική επεξεργασία.....	44
6.1.3 Συμπεράσματα-Συζήτηση.....	46
Βιβλιογραφία.....	39
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	41
Πίνακες μετρήσεων πειράματος	42

αντί προλόγου

Η Spirulina απευθύνεται στο ανθρώπινο είδος εκ μέρους όλων των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών:

«Για δισεκατομμύρια χρόνια εμπλουτίσαμε την ατμόσφαιρα της Γης με αρκετό οξυγόνο,
έτσι ώστε να μπορέσουν να αναπτυχθούν νέες μορφές ζωής.

Παρατηρούσαμε και συμμετείχαμε επίσης, στη εξέλιξη των ειδών σε αυτόν τον πλανήτη
για δισεκατομμύρια χρόνια ακόμα. Δημιουργήθηκε ένας παράδεισος και τον αγαπήσαμε.

Μόλις πριν μερικά λεπτά, εμφανίστηκε το είδος σας.

Τα τελευταία 50 χρόνια, εσείς οι άνθρωποι, κλείσατε το σύστημα
υποστήριξη της ζωής του πλανήτη μας.

Η ασυνήθιστη ικανότητά σας, να αναστατώνετε τη βιόσφαιρα, να μειώνετε το στρώμα του όζοντος,
να προκαλείτε υπερθέρμανση του πλανήτη, να καταστρέφετε τα δάση, να μετατρέπετε σε έρημο όλο
και περισσότερα μέρη, να μολύνετε το έδαφος, το νερό και τον αέρα, τράβηξε την προσοχή μας.

Δεν στηριχθήκαμε στη δική σας βοήθεια για να σας δώσουμε αυτό τον όμορφο πλανήτη,
αλλά λίγη συνεργασία είναι απαραίτητη.

Η λεηλασία σας στον πλανήτη δε δίνει την ευκαιρία στη ζωή να εξελιχθεί σε όλες της μορφές της.

Αν επιμείνετε, το είδος σας θα αφανιστεί επίσης.

Εμείς, οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί, θα επιζήσουμε και στο πέρασμα των αιώνων
θα δημιουργήσουμε και πάλι ζωή.

Αναγνωρίζουμε, ωστόσο, τη μοναδική σας μοίρα πάνω στον πλανήτη.

Είστε το πιο ανώριμο αλλά ταυτόχρονα και το πιο αξιοπερίεργο είδος.

Το μέλλον του πλανήτη εξαρτάται από εσάς.

Η επιβίωσή και η εξέλιξή σας απαιτεί να γιατρέψετε τον πλανήτη μας για τα επόμενα 20 χρόνια.

Γιατρέψτε τους εαυτούς σας, τις σχέσεις σας μέσα στο ίδιο σας το είδος
και γιατρέψτε τον πλανήτη μας.

Μέσα από αυτή τη πρόκληση, αναδείξτε την υψηλότερη δημιουργικότητά σας.

Το εξελικτικό αυτό άλμα, θα γίνει η απαρχή πολύ ενδιαφέροντων πραγμάτων
και θέλουμε να συμμετάσχουμε και εμείς μαζί σας.

Σας προσφέρουμε τη σοφία μας για την προσωπική σας υγεία αλλά και την υγεία του πλανήτη.

Αγκαλιάστε μας, συμπαρασταθείτε μας και διδαχθείτε από εμάς.

Ανακαλύψτε εκ νέου την αρχαία σοφία των βιολογικών σας προγόνων.»

Robert Henrikson

Earth Food Σπιρουλίνα

1. Εισαγωγή

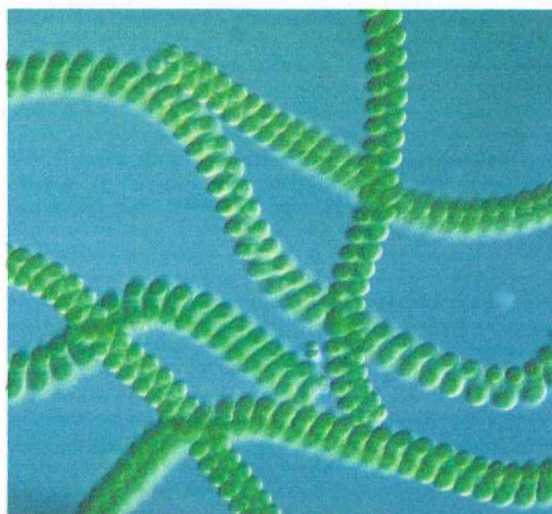
Η μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού των τελευταίων δεκαετιών σε συνδυασμό με την αναζήτηση καλύτερης ποιότητας ζωής του ανθρώπου, την υπερκατανάλωση των ανεπτυγμένων χωρών έχουν δημιουργήσει μεγάλες απαιτήσεις για παγκόσμια παραγωγή τροφής και κυρίως τροφής πλούσιας σε πρωτεΐνες. Ταυτόχρονα, η κατασπατάληση των φυσικών πόρων του πλανήτη μας και κυρίως του γλυκού νερού, αποτελεί το τίμημα της «ανάπτυξης» και δημιουργεί έντονο προβληματισμό για το μέλλον μας.

Η επιτακτική ανάγκη για εναλλακτικές μορφές καλλιέργειας υψηλής απόδοσης για την παραγωγή πρωτεΐνης, έστρεψε το ενδιαφέρον του επιστημονικού κόσμου στις καλλιέργειες των μικροφυκών. Τα μικροφύκη και ειδικότερα τα κυανοβακτήρια, όπως η σπιρουλίνα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή πρωτεΐνης, λόγω του μεγάλου ρυθμού ανάπτυξής τους και της αυξημένης περιεκτικότητας τους σε αυτές. Έχει υπολογιστεί ότι μπορούν να παραχθούν 50 τόνοι/εκτάριο ετησίως (Bhattacharjee, 1970).

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η παραγωγικότητα μιας έκτασης σε πρωτεΐνες με καλλιέργεια σπιρουλίνα είναι 20 φορές μεγαλύτερη από την καλλιέργεια σόγιας στην ίδια έκταση ή 40 φορές μεγαλύτερη από την καλλιέργεια καλαμποκιού (Henrikson, 1989).

Παράλληλα, η παγκόσμια τάση για αυξημένη ζήτηση προϊόντων «υγιεινής» διατροφής, δημιούργησε μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον για τα κυανοβακτήρια, τα διαιτητικά χαρακτηριστικά των οποίων ικανοποιούν τις απαιτήσεις της σύγχρονης αυτής αγοράς.

Ο όρος «σπιρουλίνα» εμπορικά, αναφέρεται σε είδη του γένους *Arthrospira* και *Σπιρουλίνα*. Ο διαχωρισμός των γενών *Arthrospira* και *σπιρουλίνα* ωστόσο, έχει γίνει από πολλούς συγγραφείς (Desikachary 1959, Rippka et al., 1981, Anagnostidis and Komarek, 1988) και έχει γίνει αποδεκτός από το "Bergey's Manual of Systematic Bacteriology" (Castenholz, 1989).

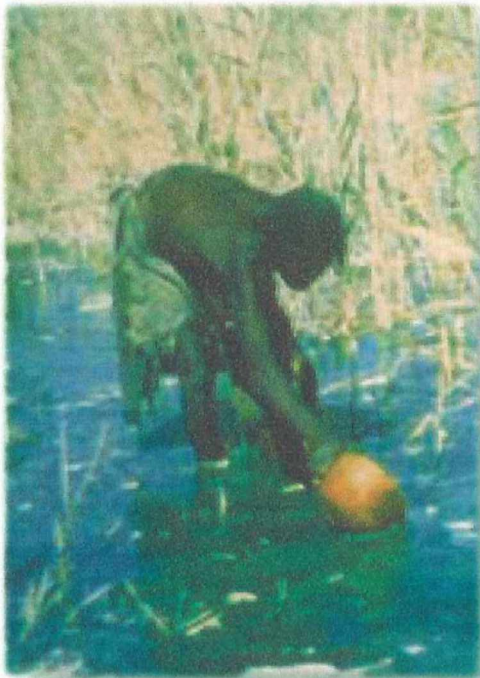


Εικόνα 1

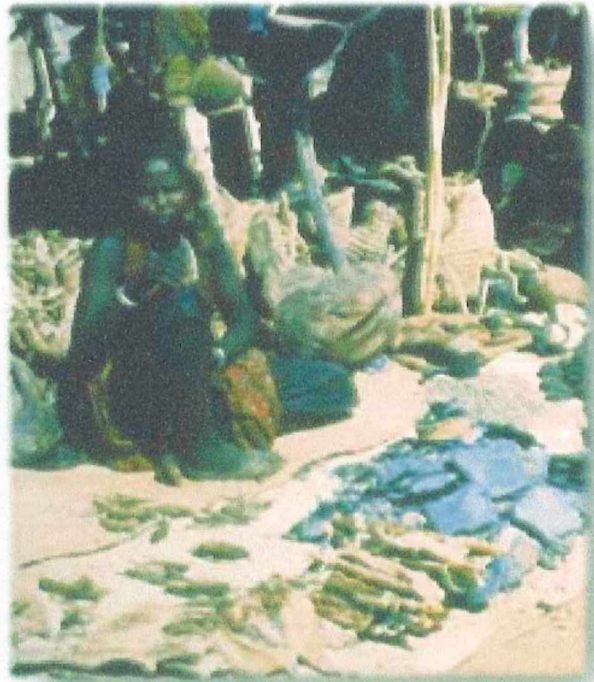
Ο ταξινομικός όρος «σπιρουλίνα», αναφέρεται σε κυανοβακτήρια που μορφολογικά εμφανίζονται ως πολυκύτταρα μη διακλαδισμένα τριχώματα, με σπειροειδή συνήθως περιέλιξη (Vonshak et al., 1982) (εικόνα 1).

Απαντάται σε αλκαλικές λίμνες με υψηλές συγκεντρώσεις CO και CO₂, της Αφρικής, της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής καθώς και της Ευρώπης.

Παρά το ότι υπάρχουν αναφορές και ενδείξεις ότι η σπιρουλίνα είχε χρησιμοποιηθεί για τη διατροφή του ανθρώπου εδώ και αιώνες, «ανακαλύφθηκε» εκ νέου από το Δυτικό κόσμο, κατά τα μέσα της δεκαετίας του '60, όταν μια αναφορά του βοτανολόγου Jean Leonard, μέλους Γαλλο-Βελγικής εξερευνητικής ομάδας στην Αφρική, περιέγραφε ένα κυανοπράσινο είδος βρώσιμης «πίτας», γνωστή ως «dihé», που συνάντησε στις τοπικές αγορές του Τσαντ.



Εικόνα 2



Εικόνα 3

Μελετώντας τη σύσταση αυτής της «πίτας», διαπίστωσε ότι επρόκειτο για κυανοφύκη του

γένους *Spirulina* (Leonard & Compere, 1967). Το «dihé», συλλέγεται στη λίμνη Τσαντ, που είναι μία αλκαλική λίμνη, αποξηραίνεται και πωλείται ως πίτα στις τοπικές αγορές (εικόνες 2 & 3).



Εικόνα 4

Την ίδια εποχή, η εταιρεία Sosa Texcoco, με έδρα στο Μεξικό, ζήτησε από το Γαλλικό Ινστιτούτο Πετρελαίου

(Institute Francais du Petrole , IFP), να μελετήσει την ανάπτυξη ενός φυτοπλακτονικού οργανισμού, στις εγκαταστάσεις παραγωγής διττανθρακικού νατρίου (NaHCO_3), στη λίμνη Texcoco (εικόνα 4), κοντά στην πόλη του Μεξικό (Duran-Chastel, 1980; Ciferi, 1983; Ciferi & Tiboni, 1985). Η μελέτη αυτή, που ήταν μέρος της διδακτορικής διατριβής του Ph.D. Zargouk, αποτέλεσε ουσιαστικά την πρώτη συστηματική προσέγγιση της φυσιολογίας της σπιρουλίνα και τη βάση για την εμπορικής κλίμακας παραγωγή του είδους.

Από τότε, πολλές εταιρείες ασχολήθηκαν με επιτυχία με την παραγωγή σπιρουλίνα, κυρίως σε εξωτερικές χερσαίες εγκαταστάσεις (εικόνα 5). Οι μεγαλύτερες από αυτές αναφέρονται στον πίνακα 1. Σήμερα παράγεται παγκοσμίως και θεωρείται πολύτιμο συμπλήρωμα διατροφής (Cifelli, 1983; Belay et al., 1993).

Αποτελεί μία εξαιρετική επιλογή για εμπορικής κλίμακας καλλιέργεια γιατί είναι ταυτόχρονα θερμόφιλη και βασεόφιλη, με ιδανική θερμοκρασία μεταξύ 35°C - 37°C και pH 10 με 11. Στις συνθήκες αυτές μπορούν να γίνουν μονοκαλλιέργειες σε εξωτερικές δεξαμενές, χωρίς μεγάλο κίνδυνο επιμόλυνσης από άλλα είδη. Ενώ ταυτόχρονα, η υψηλή βέλτιστη θερμοκρασία καλλιέργειας ευνοεί την μεγάλη παραγωγικότητα.



Εικόνα 5

Χρησιμοποιείται επίσης στην ιχθυοκαλλιέργεια και στη βιομηχανία παραγωγής ζωοτροφών σαν διατροφικό συμπλήρωμα, στην παραγωγή καλλυντικών και τέλος χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων, σαν κυανή χρωστική.

Η παγκόσμια παραγωγή σπιρουλίνα έχει ξεπεράσει τους 3000 τόνους ξηρού βάρους (Hidenori Shimamatsu, Hydrobiologia 512: 39–44, 2004, “Mass production of Spirulina, an edible microalga”) και σχηματικά η διαδικασία παραγωγής παρουσιάζεται στο σχήμα 1 (Hidenori Shimamatsu, 2004)



Πίνακας 1: Εταιρείες παραγωγής σπιρουλίνα

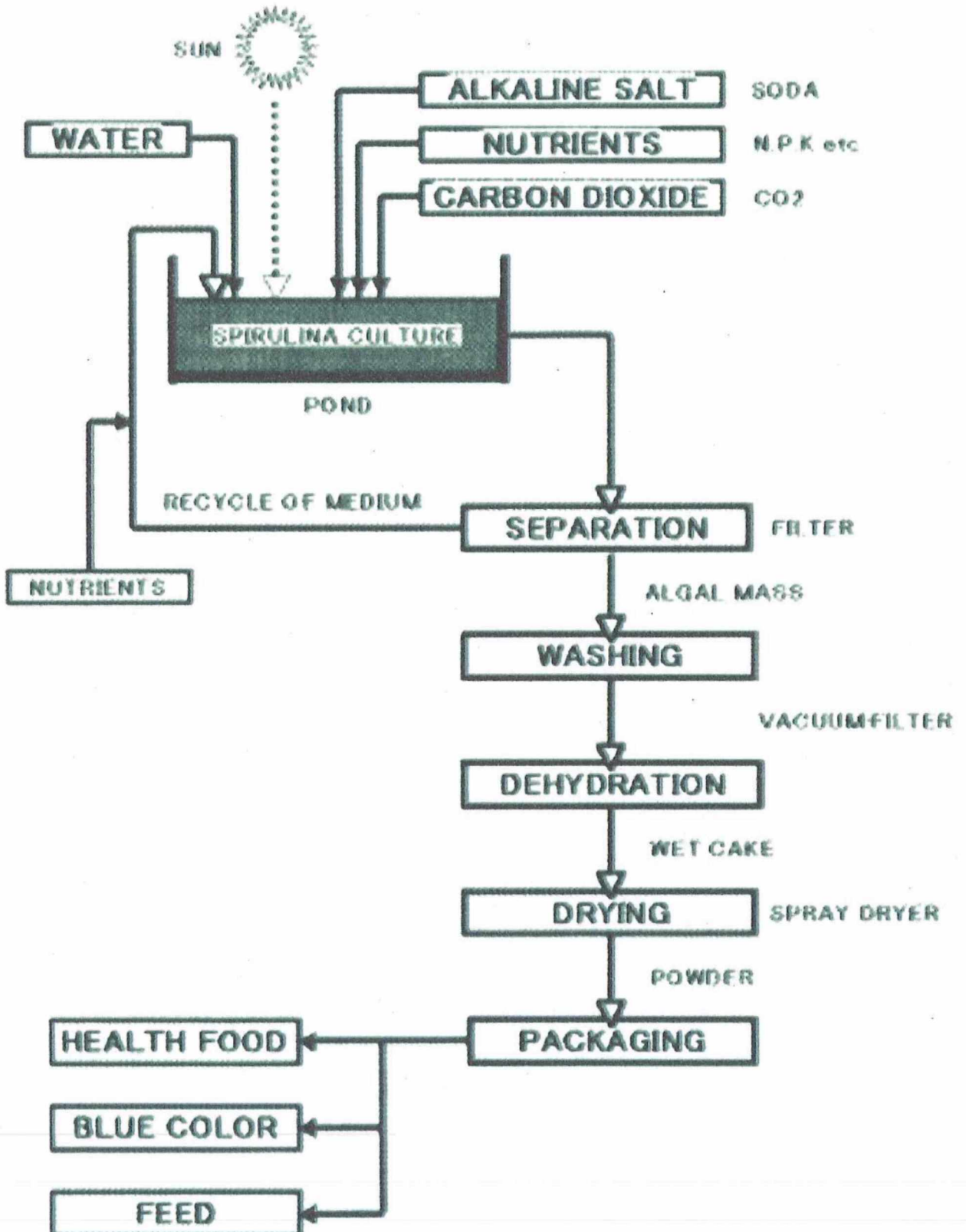
Εταιρεία	Περιοχή	Επιφάνεια (m ²)	Ετήσια Παραγωγή (Kg)
<i>Chenghai Spirulina Co.</i>	Κίνα	-	44.000
<i>Cyanotech Bioproducts Ltd</i>	Ινδία	-	10.000
<i>Cyanotech Corporation</i>	Η.Π.Α.	33.600	110.000
<i>Earthrise Farms</i>	Η.Π.Α.	75.000	143.000
<i>Hainan Haiwen Pharm.I Research Center</i>	Κίνα	-	110.000
<i>Hainan Ocean Research Institute</i>	Κίνα	2.000	13.200
<i>Imade S.L.</i>	Ισπανία	5.000	-
<i>Murugappa Chettir Research Center</i>	Ινδία	5.000	-
<i>Nan Pao Resins Chemical Co., Ltd</i>	Ταϊβάν	66.000	200.000
<i>Nanhua Bio-Tech Development Labs</i>	Κίνα	300	1.100
<i>Nanotech Food Co.</i>	Ταϋλάνδη	14.000	24.000
<i>New Ambadi Estates Private Ltd</i>	Ινδία	4.000	6.500
<i>Provimin (από λίμνες)</i>	Μyanmar	-	25.000-30.000
<i>Sanya Hainang Biological Develop. Co.</i>	Κίνα	10.000	110.000
<i>Shenzhen Alginate Biological Co.</i>	Κίνα	12.000	33.000
<i>Shenzhen Blue-Algae Biotechnology Co..</i>	Κίνα	12.000	10.000
<i>Siam Algae Co., Ltd</i>	Ταϋλάνδη	20.000	75.000
<i>Solarium</i>	Χιλή	760	500
<i>Sosa Texcoco SA</i>	Μεξικό	430.000	300.000 ^a
<i>Sun Farms</i>	Ιαπωνία	13.500	30.000
<i>Tian Microalgae Co.</i>	Κίνα	-	55.000
<i>Wuhan Lanbao Microbial Algae Techn.Co.</i>	Κίνα	10.000	110.000
Αποτυχημένα projects			
<i>Blue Continent Co., Ltd</i>	Ταϊβάν	30.000	60.000
<i>Ein-Yahav</i>	Ισραήλ	5.500	10.000
<i>Far East Microalgae Co., Ltd</i>	Ταϊβάν	33.000	-
<i>Koor Foods Co., Ltd</i>	Ισραήλ	12.000	17.000
<i>Nippon spirulina Co., Ltd</i>	Ιαπωνία	13.500	60.000
<i>Photo Bioreactor Ltd</i>	Ισπανία	-	-
<i>Proteal</i>	Ινδία	12.000	-
<i>Tung Hai Chlorella Co., Ltd</i>	Ταϊβάν	30.000	60.000
<i>Cal Alga^b</i>	Η.Π.Α.	30.000	-
<i>Spirutec^c</i>	Η.Π.Α.	-	-

^a συμπεριλαμβάνεται η παραγωγή για ζωοτροφή

^{b,c} εταιρείες που δεν λειτούργησαν ποτέ

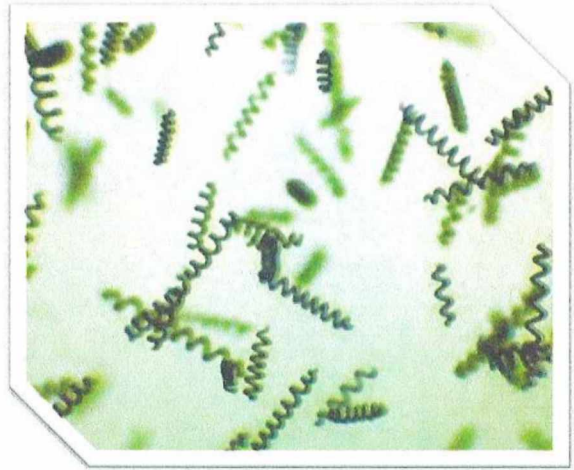
Σχήμα 1

Διαδικασία παραγωγής (Hidenori Shimamatsu, 2004)



2. Μορφολογία – Ταξινόμηση

Το γένος *Spirulina* αποτέλεσε και αποτελεί για χρόνια σημείο αντιπαράθεσης μεταξύ των ταξινόμων, οι οποίοι βασιζόμενοι κυρίως σε μορφολογικά διαγνωστικά γνωρίσματα, επανειλημμένα αναθεώρησαν ταξινομικά το γένος. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση της πολυφασικής προσέγγισης στην ταξινόμηση των κυανοβακτηρίων η οποία συνδυάζει μορφολογικά, κυτταρολογικά,



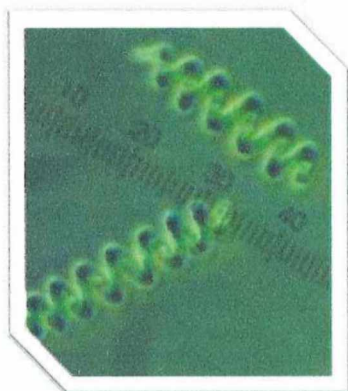
οικολογικά, βιοχημικά και φυλογενετικά γνωρίσματα οδήγησε στη ταξινομική τοποθέτηση των κυανοβακτηρίων με τριχώματα σπειροειδώς συνεστραμμένα σε δύο διακριτά γένη, τα *Arthrospira* και *Spirulina*. Για το λόγο αυτό πολλά είδη που ανήκαν στο γένος *Spirulina* όπως για παράδειγμα τα σημαντικά από οικονομικής απόψεως καλλιεργούμενα είδη *Spirulinamaxima* και *Spirulina platensis*, ανήκουν με τη νέα ταξινομική προσέγγιση στο γένος *Arthrospira* και τα παραπάνω είδη μετονομάστηκαν σε *Arthrospira maxima* και *Arthrospira platensis*.

Ο πρώτος διαχωρισμός έγινε με βάση τα εγκάρσια τοιχώματα των τριχωμάτων (Stizenberger, 1854, Gomont 1892-1893). Τα τριχώματα με ορατά (σε οπτικό μικροσκόπιο) εγκάρσια τοιχώματα κατατάχθηκαν στο γένος *Arthrospira* (Stizenberger, 1852) και εκείνα με μη ορατά τοιχώματα, στο γένος *Spirulina* (Turpin, 1829)

Μεταγενέστερα, (Desikachary 1959, Rippka et al., 1981, Anagnostidis and Komarek, 1988, Castenholz, 1989) τα κυριότερα διαγνωστικά γνωρίσματα που επικράτησαν για το διαχωρισμό των γενών *Arthrospira* και *Spirulina* είναι:

1. Το μέγεθος έλικας και τριχώματος (Desikachary, 1959, Hindak, 1985)
2. Η δομή κυτταρικού τοιχώματος και κατανομή των πόρων στα κυτταρικά τοιχώματα (Guglielmi and Cohen-Bazire, 1982a, 1982b)
3. Η παρουσία αεροτοπίων (Guglielmi et al., 1993)
4. Ο τρόπος διαμόρφωσης των θυλακοειδών (Anagnostidis and Komarek, 1988)
5. Η κινητικότητα και η κατάτμηση των τριχωμάτων (Anagnostidis and Komarek, 1988)
6. Η περιεκτικότητα σε GC (γουανίνη-κυτοσίνη) (Herdman et al., 1979)
7. Η διαφορετική αλληλουχία των 16S rRNA (Guglielmi et al., 1993, Giovannoni et al., 1988, Waterbury, 1992)

8. Η παρουσία γ-λινολενικού οξέος (GLA) αποκλειστικά στην *Arthrospira* (Clement, 1975, Nichols and Wood, 1968, Paoletti et al., 1971, Materassi et al., 1980, Tredici et al., 1988, Cohen and Vonshak, 1991).



Με δεδομένο ότι ο φαινότυπος των κυανοβακτηρίων επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Vonshak, 1997), ορισμένα από τα παραπάνω διαγνωστικά γνωρίσματα μεταβάλλονται σε συνθήκες καλλιέργειας (π.χ. απώλεια της σπειροειδής δομής των τριχωμάτων). Το γεγονός αυτό, καθιστά την μοριακή προσέγγιση (DNA/DNA ή DNA/RNA hybridization, DNA base composition, αλληλούχιση 16S rRNA και 5S rRNA κ.α.) πιο αντικειμενικό

κριτήριο για την ασφαλή αναγνώριση των γενών.

Η επικρατούσα ταξινόμηση για την *Arthrospira* είναι:

Βασίλειο: Bacteria
Τάξη: Cyanobacteria
Φύλο: Oscillatoriales
Γένος: *Arthrospira*

2.1 Χημική σύσταση

Τα μικροφύκη γενικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη μαζική παραγωγή δυσεύρετων και ακριβών χημικών ουσιών. Σε αυτή την κατεύθυνση, η σπιρουλίνα αποτελεί ένα από τους πιο ελπιδοφόρους μικροοργανισμούς καθώς είναι πολύ πλούσια, σε σχέση με άλλες πηγές, σε πολυακόρεστο λιπαρό οξύ, γ-λινολεϊκό (GLA) και σε χρωστικές όπως η φυκοκυανίνη, μυξοξανθοφύλλη και ζεαξανθίνη. Έχει επίσης μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (60-70%), βιταμίνες (κυρίως B12 και β-καροτένιο) και μέταλλα (Switzer 1980, Ciferri, 1983).

Ειδικότερα τα είδη *Arthrospira platensis* και *Arthrospira maxima*, θεωρούνται οι μοναδικοί οργανισμοί παραγωγής γ-λινολεϊκού οξέος (GLA) με περιεκτικότητα 13.5 mg/g ή 1.35% επί ξηρού βάρους (Vonshak, 1997), χωρίς όμως την παρουσία χοληστερόλης και κορεσμένων λιπαρών οξέων, που έχουν τα ιχθυέλαια (Crosby, 1992).

Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι το GLA συμβάλει στη μείωση της χοληστερόλης (Ishikawa et al., 1989), προστατεύει από κάποια είδη καρκίνου, ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα του

οργανισμού, αυξάνει τον εντερικό λακτοβάκιλο, μειώνει την νεφροτοξικότητα των βαρέων μετάλλων και των φαρμάκων και βοηθά στην καταπολέμηση της παχυσαρκίας (Belay et al., 1993).

Επίσης, έχει αναφερθεί (Ayehunie et al. 1998) ότι εκχύλισμα από *Spirulina platensis* μείωσε την αναπαραγωγική ικανότητα του ιού HIV-1 σε ανθρώπινα κύτταρα (C. Jiménez et al./ Aquaculture 217 (2003) 179–190).

2.2 Διατροφική αξία

Η σπιρουλίνα περιέχει περισσότερες από 100 πολύτιμες θρεπτικές ουσίες και αποτελεί ισορροπημένο και πλήρες τρόφιμο, ένα από τα πιο πλούσια που έχει δώσει η φύση. Έχει υψηλή πεπτικότητα (95%) σε σύγκριση με αυτή των περισσότερων τροφίμων, που είναι μόνο 10 - 15%.

Το κυανό χρώμα της οφείλεται στην χρωστική φυκοκυανίνη, ενώ το πράσινο στην χλωροφύλλη.

Είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνες, με περιεκτικότητα 64-74% επί του ξηρού βάρους (Paoletti et al., 1980). Εκτός από πρωτεΐνες, περιέχει λιπίδια (5 - 7%), σάκχαρα (15 - 25%), βιταμίνες (B1, B5 και B6), ιχνοστοιχεία και μέταλλα. Επίσης περιέχει Βιταμίνη B12, Σίδηρο, Βιταμίνη E, β-καροτένιο, αντιοξειδωτικά, λιπαρά οξέα και χλωροφύλλη. Περιέχει όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται ο οργανισμός, όχι μόνο βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία. Αποτελεί πηγή βιοχημικού οργανικού σιδήρου και ως τροφή, δεν είναι καθόλου τοξική. Είναι 58 φορές πιο πλούσια σε σχέση με το ωμό σπανάκι και 28 φορές πιο πλούσια σε σχέση με το ήπαρ του ωμού βοδινού. Είναι, επίσης, πηγή βιταμίνης E. Είναι 3 φορές πιο πλούσια σε σύγκριση με το σπόρο του σιτάλευρου και η βιολογική της αξία είναι 49% μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη της συνθετικής βιταμίνης E. Περιέχει σε υψηλές ποσότητες και β-καροτίνη (προβιταμίνη A) σε τέσσερις διαφορετικές μοριακές μορφές σε ένα φυσικά σχηματισμένο χημικό σύμπλεγμα, το οποίο είναι πολύ πιο εύκολα απορροφήσιμο από ότι το β-καροτένιο του μπρόκολου ή του καρότου. Είναι 25 φορές πλουσιότερη σε σχέση τα ωμά καρότα. Αντίθετα από την συνθετική βιταμίνη A και εκείνη των ιχθυελαίων, το β-καροτένιο είναι μη τοξικό, ακόμη και σε μεγάλες ποσότητες.

Τα αντιοξειδωτικά είναι συστατικά τα οποία βοηθούν στην ελαχιστοποίηση των ζημιών, οι οποίες οφείλονται στην οξειδωτική δράση των τοξικών ελευθέρων ριζών. Περιέχει ένα ευρύ φάσμα όλων των γνωστών αντιοξειδωτικών παραγόντων, όπως βιταμίνες B1 και B6, τα μεταλλικά



στοιχεία ψευδάργυρος, μαγγάνιο, και χαλκός, το αμινοξύ μεθειονίνη και τα αντιοξειδωτικά συστατικά β-καροτένιο, βιταμίνη E και το ιχνοστοιχείο σελήνιο.

3. Σκοπός Πειράματος

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η ανάπτυξη καλλιέργειας *Arthrospira platensis* σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και αλατότητας, με ελεγχόμενη σταθερή θερμοκρασία και να συγκριθούν οι αποδόσεις των καλλιεργειών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αποδοτικότητα της καλλιέργειας με χρήση νερού αυξημένης αλατότητας, καθώς θα μπορούσε να εφαρμοστεί είτε σε περιοχές όπου το νερό άρδευσης είναι πλέον ακατάλληλο για άλλες γεωργικές εφαρμογές (λόγω αλατότητας), είτε σε παράκτιες περιοχές με χρήση υφάλμυρου ή θαλασσινού νερού.

Έχοντας υπόψη την παγκόσμια τάση για αποδάσωση με σκοπό την δημιουργία καλλιεργήσιμου εδάφους, την ερημοποίηση μεγάλων περιοχών του πλανήτη λόγω των κλιματικών αλλαγών, τη κατασπατάληση του νερού για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων – έχει υπολογιστεί ότι το 80% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού χρησιμοποιείται στη γεωργία - η εμπορική καλλιέργεια σπιρουλίνα, θα μπορούσε να είναι η «πράσινη» απάντηση για μέλλον του πλανήτη.

Για την καλλιέργεια σπιρουλίνα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν άγονες και ακατάλληλες για οποιαδήποτε άλλη γεωργική εκμετάλλευση εκτάσεις, χωρίς τη σπατάλη πολύτιμων αποθεμάτων γλυκού νερού, για ένα τελικό προϊόν εξαιρετικής ποιότητας και υψηλής διατροφικής αξίας.

4. Υλικά και Μέθοδοι

4.1 Συνθήκες πειράματος

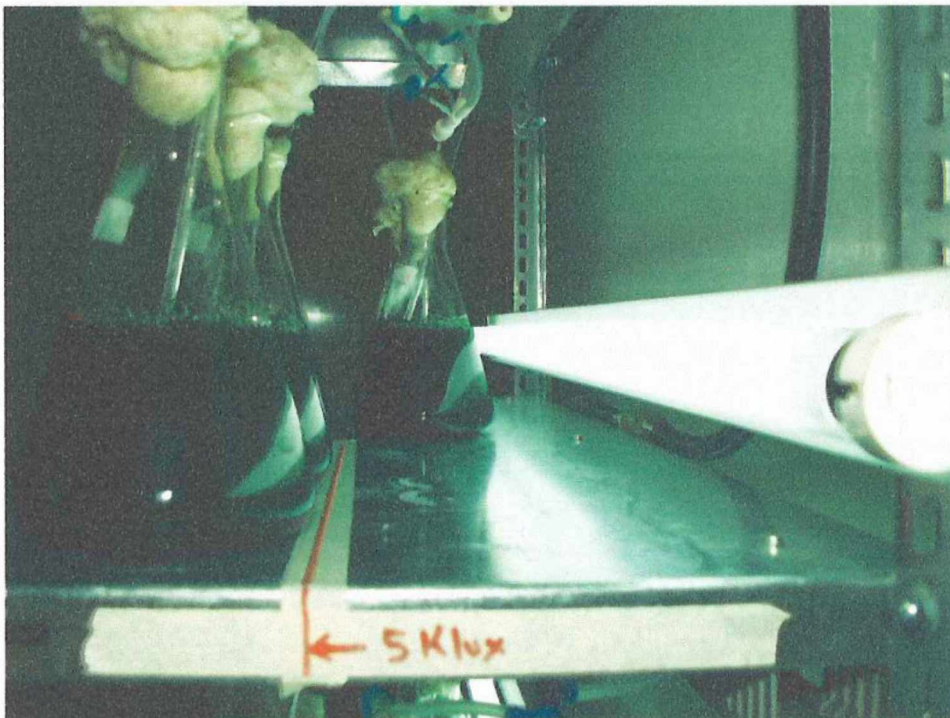
Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε κλειστό εργαστηριακό χώρο, ελεγχόμενης θερμοκρασίας (28°C) και ελεγχόμενου φωτισμού.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου έγινε με τη χρήση κλιματιστικού και καταγράφονταν ανά ώρα με τη χρήση ηλεκτρονικού καταγραφικού θερμοκρασίας χώρου.

Ο φωτισμός των καλλιεργειών έγινε με χρήση λαμπτήρων τύπου TL-D ισχύος 36 Watt, με θερμοκρασία φωτός 6200K. Η λειτουργία των λαμπτήρων ελέγχονταν με ψηφιακό χρονοδιακόπτη για τον καθορισμό της φωτοπεριόδου, η οποία καθορίστηκε στις 16 ώρες φωτός και 8 ώρες σκοτάδι (Pareek & Srivastava, 2001).

Επιλέχθηκαν δύο συνθήκες έντασης φωτισμού για κάθε καλλιέργεια.

Η πρώτη ήταν της τάξεως των 15 klux και η δεύτερη της τάξεως των 5 klux. Για τον καθορισμό των κατάλληλων αποστάσεων των καλλιεργειών από τους λαμπτήρες, χρησιμοποιήθηκε φωτόμετρο και ορίστηκαν οι δύο ζώνες εντάσεως φωτισμού (εικόνα 6).



Εικόνα 6

Για την αποφυγή επιμόλυνσης των καλλιεργειών, η προσθήκη αερισμού γίνονταν μόνο στις φιάλες του τελικού όγκου (κωνικές των 500 mL).

Η καθημερινή ανάδευση των μικρότερων όγκων γίνονταν με χρήση vortex για τους δοκιμαστικούς σωλήνες, ενώ για τις κωνικές φιάλες μικρότερες των 500 mL, με το χέρι.

4.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εργαστηριακός εξοπλισμός:

- Όργανο μέτρησης pH, O₂, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας τύπου *Hach multi HQ40d*.
- Φασματοφωτόμετρο τύπου *Hach Odyssey DR/2500*.
- Αυτόκαυστο τύπου *ASAL Autoclave 760*.
- Ζυγός ακριβείας (4 δεκαδικών)
- Συσκευή διήθησης τύπου *Pall Life Sciences*
- Κλίβανος αποστείρωσης τύπου *Memmert 100-800*
- Κλίβανος επώασης τύπου *Memmert*
- Θερμαντική πλάκα
- Ψηφιακό φωτόμετρο τύπου *Tondaj LX-1010B*.
- Μικροσκόπιο τύπου *Olympus BH-2*
- Στερεοσκόπιο τύπου *Olympus VM-ILA-2*
- Vortex τύπου
- Συσκευή αποσταγμένου νερού τύπου *SCHOTT D55122*.
- Ηλεκτρονικό καταγραφικό θερμοκρασίας χώρου τύπου *Omega TC-4000*.

4.2.1 Strains

Επιλέχθηκε το είδος *Arthrospira platensis*, που αποτελεί ένα από τα ευρέως καλλιεργήσιμα είδη, η προμήθεια του οποίου έγινε από το *Experimental Phycology and Culture Collection, University of Goettingen, Germany* (SAG, <http://www.epsag.uni.goettingen.de>).

Τα strains που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα:

- 1) **SAG 257.80 *Arthrospira platensis* freshwater (257.80 FW)** από τη λίμνη Huacachina του Περού (Ν.Αμερική), το οποίο είναι και ένα από τα στελέχη που καλλιεργούνται σε εμπορική κλίμακα
- 2) **SAG 21.99 *Arthrospira platensis* brackish (21.99 BW)** με προέλευση από τις ακτές της Ναμίμπια (Ατλαντικός Ωκεανός - Αφρική).

4.2.2 Διάλυμα θρεπτικών

Το διάλυμα θρεπτικών (medium) που χρησιμοποιήθηκε είναι το *Spirulina Medium, Modified* (*Aiba and Ogawa, 1977 & Schlosser, 1994*) (πίνακας 2).

Το διάλυμα αυτό είναι μία παραλλαγή του *Spirulina platensis* Medium (Ogawa and Terui 1970), που αποτρέπει το σχηματισμό ιζήματος.

Για τη παρασκευή του καλλιεργητικού μέσου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία (Aiba and Ogawa, 1977 & Schlosser, 1994).

Διάλυμα Θρεπτικών I και II

Προετοιμάζουμε τα διαλύματα I και II σύμφωνα με τις ποσότητες που αναφέρονται στον πίνακα 2. Το διάλυμα II περιέχει και 1 mL διαλύματος ιχνοστοιχείων, όχι όμως διάλυμα βιταμίνης.

Αποστειρώνουμε τα διαλύματα I και II χωριστά (με τη χρήση αυτόκαυστου) και τα αναμειγνύουμε (σε ασηπτικές συνθήκες) μόλις κρυώσουν.

Τέλος προσθέτουμε 1 mL διαλύματος βιταμίνης (πίνακας 4), φιλτραρισμένο με φίλτρο 0,2μm.

Διάλυμα Ιχνοστοιχείων

Το διάλυμα ιχνοστοιχείων (πίνακας 3) παρασκευάζεται και αυτό σε δύο επιμέρους διαλύματα:

- 1) Διαλύουμε 0,4 g $\text{Na}_2\text{EDTA}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ και 0,7 g $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ σε 100 mL dH_2O
- 2) Διαλύουμε 0,4 g $\text{Na}_2\text{EDTA}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ και τα υπόλοιπα συστατικά του πίνακα 2 σε 900 mL dH_2O

Τα δύο αυτά διαλύματα ιχνοστοιχείων αποστειρώνονται χωριστά και τα αναμειγνύουμε όταν κρυώσουν.

Πίνακας 2: Διάλυμα Θρεπτικών I και II

Συστατικό (g L ⁻¹ dH ₂ O)	Όγκος διαλύματος	Ποσότητα	Συγκέντρωση στο τελικό μέσο (M)
Διάλυμα I	500 mL	-	-
NaHCO₃	-	13,61 g	$1,62 \times 10^{-1}$
Na₂CO₃	-	4,03 g	$3,80 \times 10^{-2}$
K₂HPO₄	-	0,50 g	$2,87 \times 10^{-3}$
Διάλυμα II	500 mL	-	-
NaNO₃	-	2,5 g	$2,94 \times 10^{-2}$
K₂SO₄	-	1,0 g	$5,74 \times 10^{-3}$
NaCl	-	1,0 g	$1,71 \times 10^{-2}$
MgSO₄·7H₂O	-	0,2 g	$8,11 \times 10^{-4}$
CaCl₂·2H₂O	-	0,04 g	$2,72 \times 10^{-4}$
FeSO₄·7H₂O	-	0,01 g	$3,60 \times 10^{-5}$

Na₂EDTA•2H₂O	-	0,08 g	2,15 x 10 ⁻⁴
Διάλυμα Ιχνοστοιχείων	-	1 mL	-
Διάλυμα Βιταμινών	-	1 mL	-

Πίνακας 3: Διάλυμα Ιχνοστοιχείων

Συστατικό	Αρχικό διάλυμα (g L ⁻¹ dH ₂ O)	Χρησιμοποιούμενη Ποσότητα	Τελική Συγκέντρωση
Na₂EDTA•2H₂O	-	0,8 g	2,15 x 10 ⁻⁶
FeSO₄•7H₂O	-	0,7 g	2,52 x 10 ⁻⁶
ZnSO₄•7H₂O	1,0	1 mL	3,48 x 10 ⁻⁹
MnSO₄•7H₂O	2,0	1 mL	8,97 x 10 ⁻⁹
H₃BO₃	10,0	1 mL	1,62 x 10 ⁻⁷
Co(NO₃)₂•6H₂O	1,0	1 mL	3,44 x 10 ⁻⁹
Na₂MoO₄•2H₂O	1,0	1 mL	4,13 x 10 ⁻⁹
CuSO₄•5H₂O	0,005	1 mL	2,00 x 10 ⁻¹¹

Πίνακας 4: Διάλυμα Βιταμινών

Συστατικό	Διάλυμα	Χρησιμοποιούμενη Ποσότητα	Τελική Συγκέντρωση
Cyanocobalamin (Vitamin B₁₂)	1,0 L	5 mg	3,69 x 10 ⁻⁹

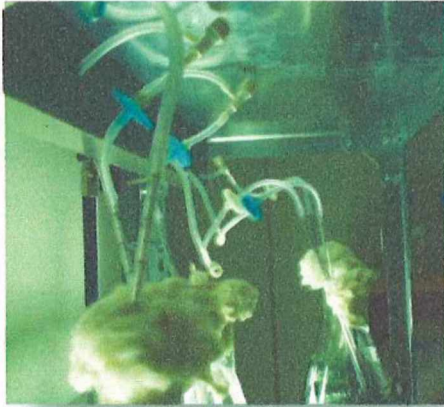
4.2.3 Πειραματική διάταξη

Κατασκευάστηκε μεταλλική διάταξη τύπου Dexion, διαστάσεων 1,80m(Υ)×0,80m(Π)×0,35m(Β), με 5 φωτιζόμενα οριζόντια ράφια (εικόνα 7).



Εικόνα 7

Για τον αερισμό των καλλιεργειών, κατασκευάστηκαν 6 παροχές αέρα ανά ράφι (εικόνα 8). Σε κάθε παροχή, πριν την πιπέτα εισαγωγής αέρα της καλλιέργειας, προστέθηκε μικροφίλτρο 0,20 μm, τύπου *Whatman Puradisc 25 PES* (εικόνα 9,10), για την αποφυγή τυχόν επιμόλυνσης των καλλιεργειών μέσω του αέρα.



Εικόνα 8



Εικόνα 9

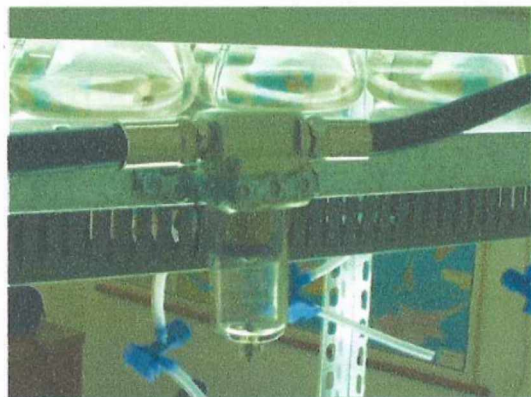


Εικόνα 10

Η κεντρική παροχή του αέρα συνδέθηκε σε αεροσυμπιεστή 2HP, ο δε παραγόμενος αέρας διοχετεύονταν στις επιμέρους παροχές μέσω σύνθετου κεντρικού φίλτρου κατακράτησης ελαίου-στερεών 0,40μm και φίλτρο ενεργού άνθρακα, τύπου *Norgren* (εικόνα 11). Στο δίκτυο του αέρα τοποθετήθηκε και υδατοπαγίδα για την απομάκρυνση της υγρασίας (εικόνα 12).



Εικόνα 11



Εικόνα 12

5. Περιγραφή πειράματος

Όπως προαναφέρθηκε, έγινε προσπάθεια να γίνει σύγκριση της ανάπτυξης των καλλιέργειών, κάτω από διαφορετικές συνθήκες έντασης φωτισμού και με διαφορετικές αλατότητες (περιεκτικότητα σε NaCl) του θρεπτικού διαλύματος (medium).

Αναλυτικά:

Οι συνθήκες που δοκιμάστηκαν για το **strain SAG 21.99 Brackish water** είναι:

- Καλλιέργεια σε medium χωρίς προσθήκη NaCl σε φωτισμό 5 klux
- Καλλιέργεια σε medium χωρίς προσθήκη NaCl σε φωτισμό 15 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 10g NaCl/L σε φωτισμό 5 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 10g NaCl/L σε φωτισμό 15 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 20g NaCl/L σε φωτισμό 5 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 20g NaCl/L σε φωτισμό 15 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 30g NaCl/L σε φωτισμό 5 klux
- Καλλιέργεια σε medium με προσθήκη 30g NaCl/L σε φωτισμό 15 klux

Οι συνθήκες που δοκιμάστηκαν για το **strain SAG 257.80 Freshwater** είναι:

- Καλλιέργεια σε medium χωρίς προσθήκη επιπλέον NaCl σε φωτισμό 5 klux
- Καλλιέργεια σε medium χωρίς προσθήκη επιπλέον NaCl σε φωτισμό 15 klux

Η κάθε μία από τις παραπάνω συνθήκες, εφαρμόστηκε σε τρεις φιάλες καλλιέργειας των 450mL. Συνολικά λήφθηκαν μετρήσεις από 30 καλλιέργειες, σε τελικό όγκο καλλιέργειας 450mL έκαστη.

Ο προσδιορισμός της ανάπτυξης της καλλιέργειας έγινε με καθημερινή μέτρηση της OD (Optical Density/Οπτική Πυκνότητα) και αντιστοίχιση αυτής στη πρότυπη καμπύλη OD-DW, για τον προσδιορισμό του DW (Dry Weight/Ξηρό Βάρος) της κάθε φάσης της καλλιέργειας (Leduy and Therien, 1977). Για τη μέτρηση OD, σαν τυφλό, χρησιμοποιήθηκε διάλυμα θρεπτικών αντίστοιχο με αυτό της καλλιέργειας. Οι κυβέτες (10ml) επιστρέφονταν στην καλλιέργεια, για να μην επηρεάζεται η βιομάζα.

5.1 Κατασκευή πρότυπης καμπύλης OD – DW

Για την οπτική πυκνότητα (OD):

Για τον προσδιορισμό της οπτικής πυκνότητας, χρησιμοποιήθηκε δείγματα από πυκνές καλλιέργειες. Από το κάθε δείγμα αυτό ετοιμάστηκαν με αραιώσεις διαλύματα καλλιέργειας διαφορετικών συγκεντρώσεων, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.

Χρησιμοποιήθηκαν:

- Κυβέτα φασματοφωτόμετρου: **10 ml**
- Φασματοφωτόμετρο: **Hach Odyssey 2500**

Πίνακας 5

Όγκος Καλ/γείας	Όγκος medium	Τελικό όγκος
1 ml	9 ml	10 ml
2 ml	8 ml	10 ml
3 ml	7 ml	10 ml
4 ml	6 ml	10 ml
5 ml	5 ml	10 ml
6 ml	4 ml	10 ml
7 ml	3 ml	10 ml
8 ml	2 ml	10 ml
9 ml	1 ml	10 ml
10 ml	0 ml	10 ml

Στη συνέχεια στα δείγματα έγινε φασματοφωτομέτρηση στα **550nm** (Vonshak,1993).

Για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους κάθε πυκνής καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκαν:

- Αντλία κενού
- Φίλτρα διήθησης τύπου *Whatman GF/C* (Φ 47mm) (Vonshak A. p 214)
- Κλίβανος επώασης-ξήρασης
- Ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων
- Διάλυμα φορμικού αμμωνίου κατάλληλης συγκέντρωσης



Διήθηση καλλιέργειας με αντλία ΚΕΝΟΥ

Το δείγμα κάθε πυκνής καλλιέργειας όγκου 100-150mL (ανάλογα την πυκνότητα της καλλιέργειας), διηθήθηκε με χρήση αντλίας κενού και προζυγισμένων αριθμημένων φίλτρων διήθησης. Στο τέλος κάθε διήθησης, το

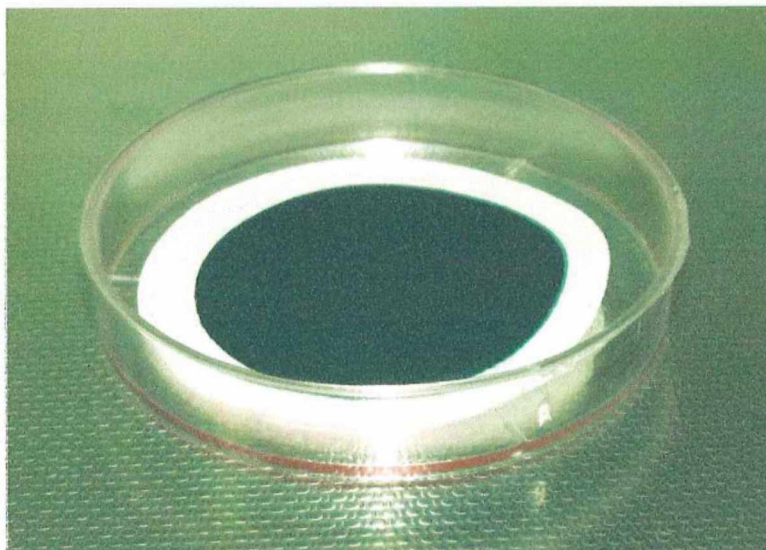
φίλτρο ξεπλένονταν με διάλυμα φορμικού αμμωνίου για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων αλάτων του θρεπτικού διαλύματος (Vonshak, 1993).

Τα φίλτρα στη συνέχεια τοποθετούνται σε κλίβανο ξήρανσης για 24 ώρες, στους 70°C. Ακολουθεί ζύγιση σε ζυγό ακριβείας (4 δεκαδικών) και υπολογισμός DW (ξηρού βάρους).

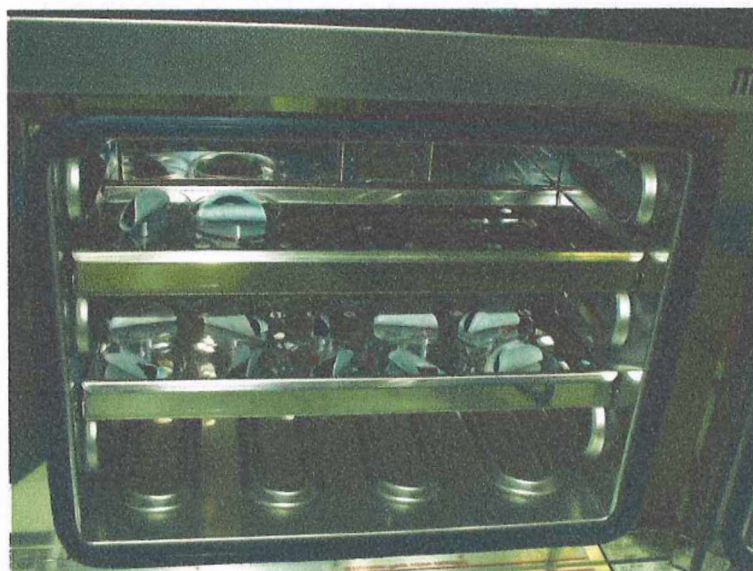


Φωτογραφίες από τη διαδικασία της διήθησης





Φίλτρο μετά την ξήρανση



Εικόνα 13 – κλίβανος ξήρανσης με τα φίλτρα της καλλιέργειας

Τα αποτελέσματα παραστάθηκαν γραφικά για τη δημιουργία πρότυπης καμπύλης $OD=f(\text{cell density})$ ή $OD=f(dw)$. Από την ευθύγραμμη περιοχή της καμπύλης, θα προσδιοριστούν τα όρια της συγκέντρωσης που μπορούν να αντιστοιχηθούν ευθέως και χωρίς σφάλμα με το ξηρό βάρος. Πέρα από αυτό το όριο, το δείγμα αραιώνεται και η αραιώση να συνυπολογίζεται στον υπολογισμό του ξηρού βάρους.

5.1.1 Μετρήσεις για την κατασκευή της πρώτης καμπύλης OD-DW του στελέχους 257.80

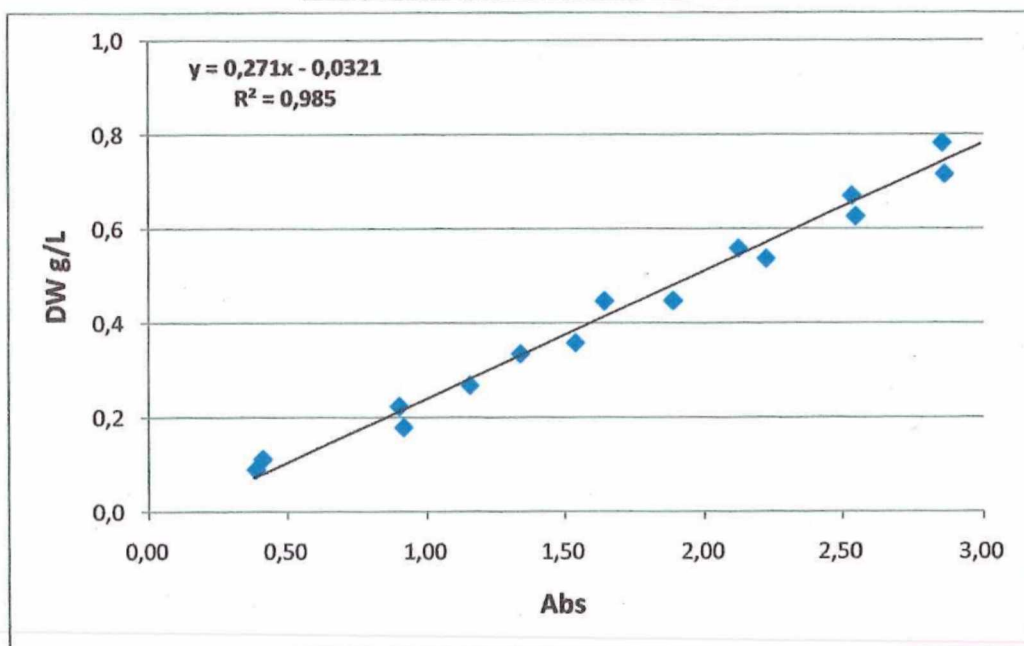
Ημερομηνία: 27/5/2009

κωνική 601, 609

Όγκος διηθημένης καλλιέργειας: 500ml

strain: 257.80 Freshwater

ml	A	DW g/L
1	0,387	0,0894
1	0,411	0,1116
2	0,899	0,2232
2	0,915	0,1788
3	1,157	0,2682
3	1,339	0,3347
4	1,539	0,3576
4	1,644	0,4463
5	1,887	0,4470
5	2,121	0,5579
6	2,221	0,5364
6	2,534	0,6695
7	2,547	0,6258
7	2,852	0,7811
8	2,861	0,7152
9	3,181	0,8046
8	3,188	0,8926



- Η συσχέτιση οπτικής πυκνότητας και ξηρού βάρους, για το strain 257.80 Freshwater, προσδιορίστηκε από τη γραμμική εξίσωση: $DW=(0,271*OD)-0,032$ ($r^2=0,985$).

5.5.2 Μετρήσεις για την κατασκευή της πρώτυπης καμπύλης OD-DW του στελέχους 21.99

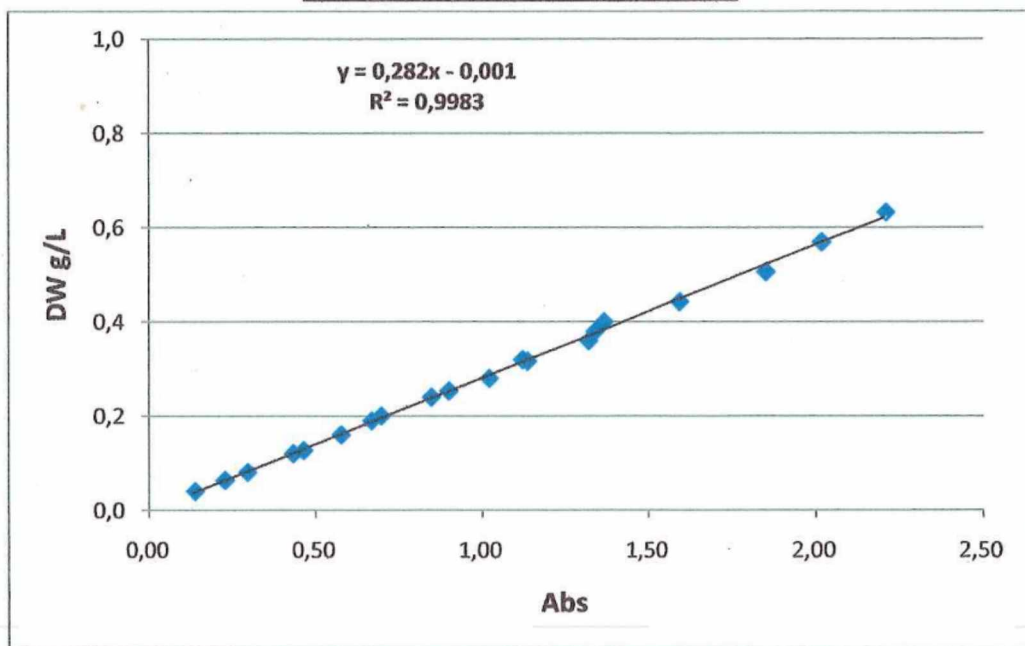
Ημερομηνία: 27/5/2009

κωνική 613, 616

Όγκος διηθημένης καλλιέργειας: 400ml

strain: 21.99 Brackish

ml	A	DW g/L
1	0,140	0,0399
1	0,228	0,0632
2	0,295	0,0799
3	0,432	0,1198
2	0,464	0,1264
4	0,577	0,1597
3	0,669	0,1896
5	0,698	0,1997
6	0,849	0,2396
4	0,901	0,2528
7	1,021	0,2795
8	1,120	0,3194
5	1,135	0,3160
9	1,316	0,3594
6	1,335	0,3792
10	1,362	0,3993
7	1,595	0,4424
8	1,851	0,5056
9	2,017	0,5688
10	2,208	0,6320

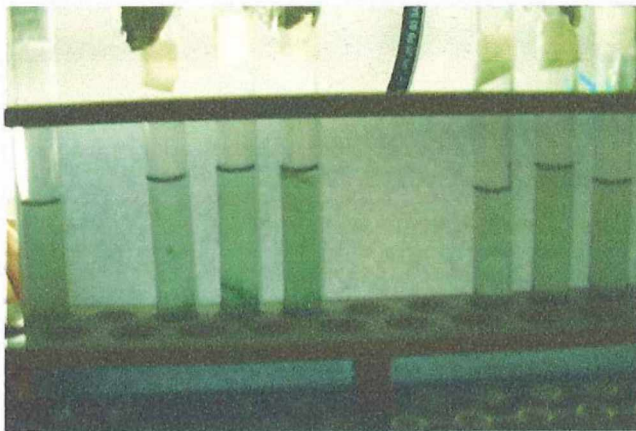


- Η συσχέτιση οπτικής πυκνότητας και ξηρού βάρους, για το strain 21.99 Brackish, προσδιορίστηκε από τη γραμμική εξίσωση: $DW=(0,282*OD)-0,001$ ($r^2=0,9983$).

5.2 Αραιώσεις-Εμβολιασμοί

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή των απαιτούμενων για την διεξαγωγή του πειράματος ποσοτήτων πυκνής καλλιέργειας Σπιρουλίνα έχει ως εξής:

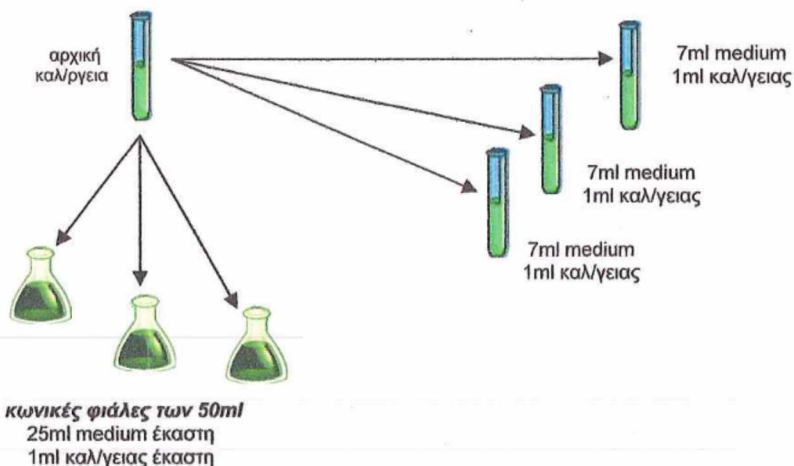
- Παρελήφθησαν από το SAG University 2 δύο δοκιμαστικοί σωλήνες με αραιές καλλιέργειες *Arthrospira platensis*, ένας δοκιμαστικός με 7 mL καλλιέργειας *Arthrospira platensis* 257.80 Freshwater και ένας με 7 mL καλλιέργειας *Arthrospira platensis* 21.99 Brackish water.
- Οι αρχικοί δοκιμαστικοί (masters) διατηρήθηκαν για 48 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου χωρίς περαιτέρω χειρισμούς, για εγκλιματισμό.



Εικόνα 14: Αρχικά στάδια καλλιέργειών σε δοκιμαστικούς σωλήνες

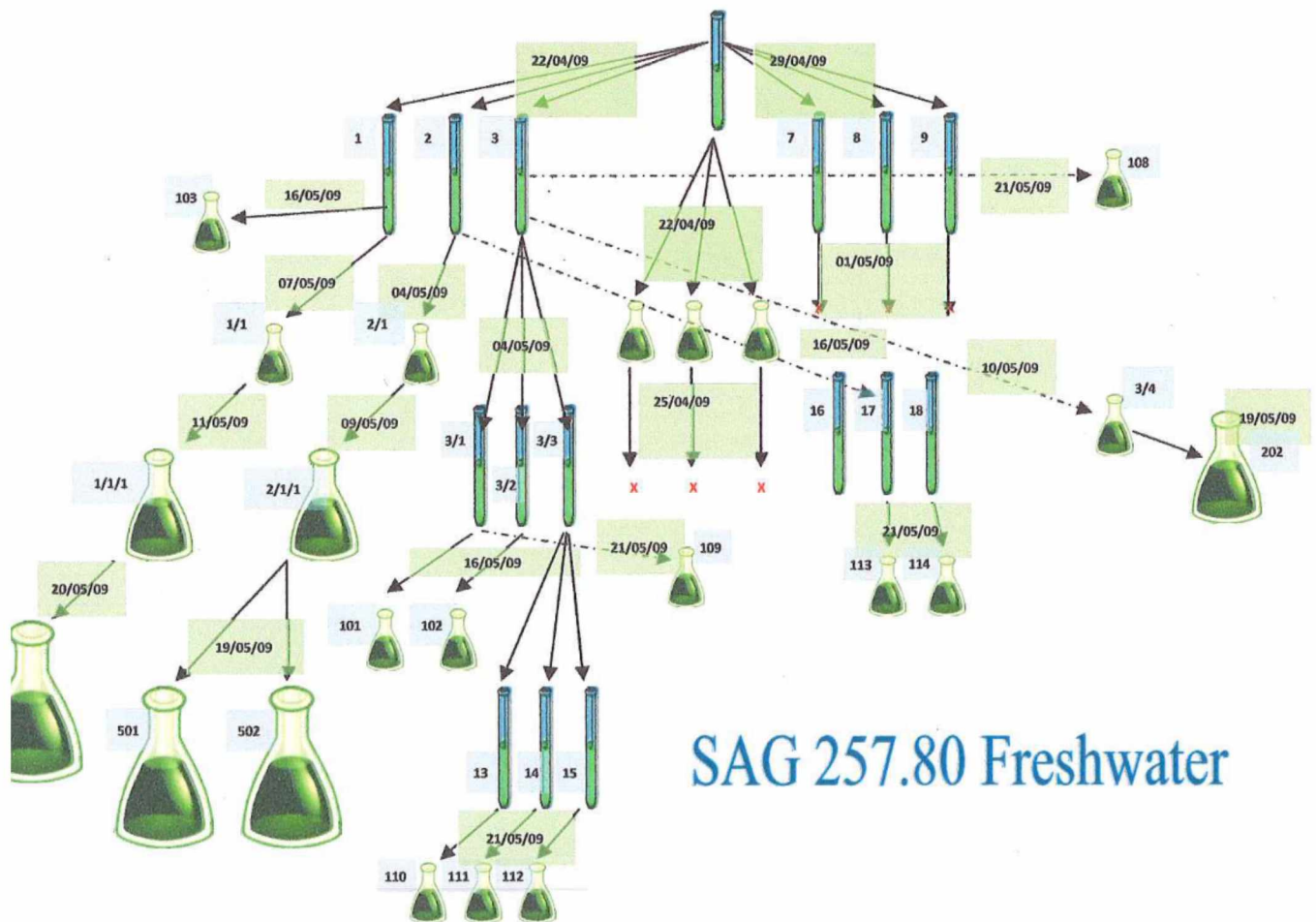
- Από το κάθε strain εμβολιάστηκαν με 1 ml αρχικής καλλιέργειας (master), 3 κωνικές φιάλες (των 50ml) με 25 ml medium και 3 δοκιμαστικοί σωλήνες με 7 ml medium, επίσης με 1 ml καλλιέργειας έκαστος (σχήμα 2).

Σχήμα 2: Αρχικοί εμβολιασμοί - αραιώσεις

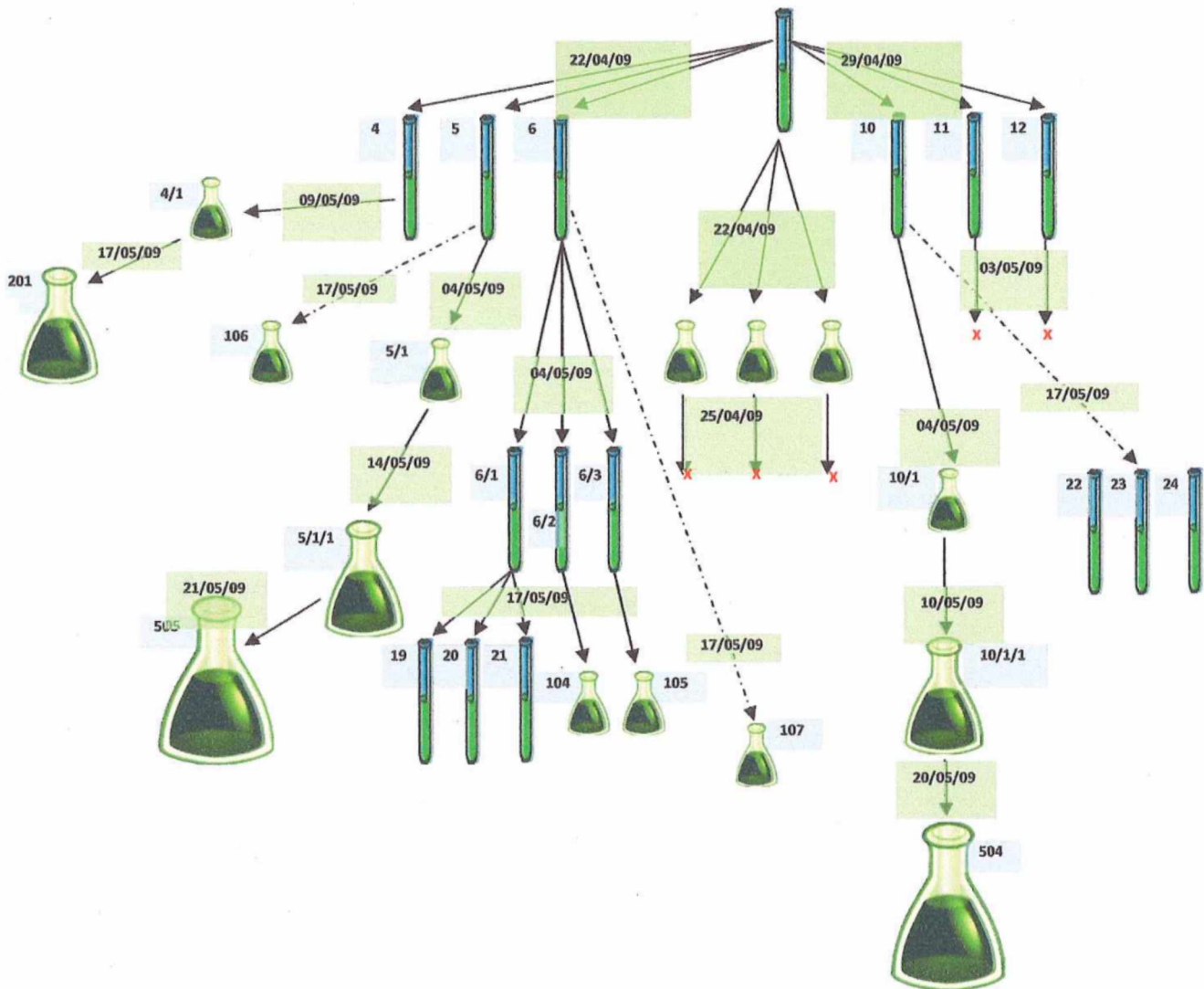


- Με τη διαδικασία των διαδοχικών αραιώσεων, οι καλλιέργειες από τους δοκιμαστικούς αραιώθηκαν σε καλλιέργειες των 25mL (κωνικές των 50 mL), στη συνέχεια σε καλλιέργειες των 200mL (κωνικές των 250mL) και τέλος σε καλλιέργειες των 450 mL (κωνικές των 500mL). Οι καλλιέργειες αυτές των 450mL, αποτέλεσαν τις αρχικές καλλιέργειες με τις οποίες εμβολιάστηκαν οι τελικοί όγκοι (450mL) για τις ανάγκες του πειράματος (ενδεικτική πορεία αραιώσεων φαίνεται στα παρακάτω σχήματα)
- Όλη η διαδικασία παρασκευής θρεπτικού διαλύματος, εμβολιασμών, αραιώσεων γίνονταν σε ασηπτικές συνθήκες και με τη χρήση αποστειρωμένων σκευών, για την αποφυγή της επιμόλυνσης των καλλιεργειών.

Ενδεικτική πορεία εμβολιασμών



SAG 21.99 Brackish



5.3 Γενική περιγραφή μεθοδολογίας μετρήσεων πειράματος & εργαστηριακού εξοπλισμού

Οι μετρήσεις του πειράματος γίνονται ανά 24ωρο, σε συγκεκριμένη ώρα της ημέρας (12:00 μμ). Αναλυτικά:

- **pH και αγωγιμότητα:**

Για τη μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε φορητό *Hach multi HQ40d*. Το ηλεκτρόδιο του οργάνου, μετά από κάθε μέτρηση εμβαπτίζονταν σε όξινο διάλυμα HCl και στη συνέχεια σε αποσταγμένο νερό, για την αποφυγή επιμόλυνσης των καλλιεργειών.

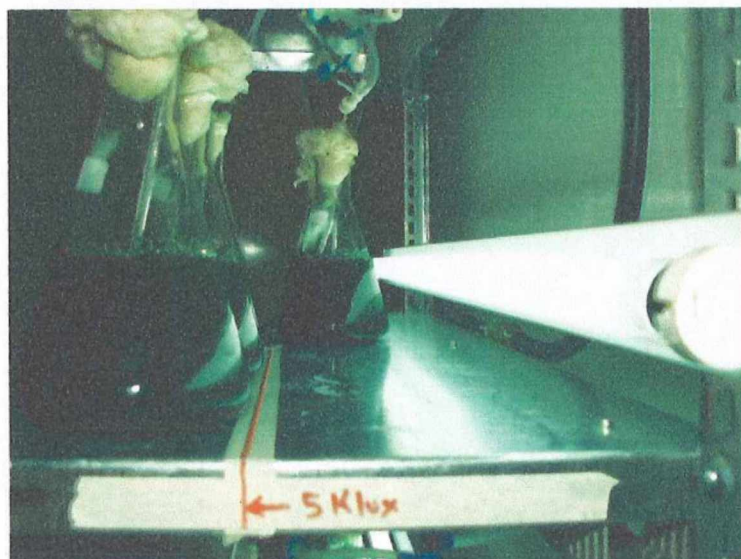
- **Θερμοκρασία:**

Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε στους 28°C (με χρήση κλιματιστικού χώρου) και καταγράφονταν με ηλεκτρονικό καταγραφικό χώρου τύπου *Omega TC-4000* ανά μία ώρα. Ταυτόχρονα υπήρχε και υδραργυρικό θερμόμετρο χώρου, για τον άμεσο έλεγχο της θερμοκρασίας.

- **Φωτισμός:**

Η ένταση του φωτισμού μετρήθηκε με ψηφιακό όργανο μέτρησης lux τύπου *Tondaj LX-1010B*. Μετρήθηκαν οι αποστάσεις για τις καλλιέργειες, με ένταση φωτός 5 klux και 15 klux και ορίστηκαν με ειδική σήμανση 2 ζώνες έντασης φωτισμού (εικόνα 15):

- i) Ζώνη 1, ένταση φωτισμού 15 klux
- ii) Ζώνη 2, ένταση φωτισμού 5 klux



Εικόνα 15: Ζώνες φωτισμού 5 klux & 15 klux

- **Μέτρηση οπτικής πυκνότητας (OD):** Λαμβάνονταν δείγματα όγκου 10ml/καλλιέργεια, με αποστειρωμένη πιπέτα και ακολουθούσε φασματοφωτομέτρηση στα 550nm.
- **Έλεγχος καθαρότητας καλλιέργειας:** Εξέταση δείγματος καλλιέργειας σε οπτικό μικροσκόπιο για την ύπαρξη τυχόν επιμολύνσεων από άλλους μικροοργανισμούς.
- **Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων:** Statistica της εταιρίας StatSoft.

6. Αποτελέσματα & Συζήτηση

6.1 Διαγράμματα αύξηση βάρους καλλιέργειας (DW)

Από τις μετρήσεις της Οπτικής Πυκνότητας και την αντιστοίχσή της στην πρότυπη καμπύλη OD-DW που κατασκευάστηκε, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα σε ότι αφορά την αύξηση ανά ημέρα του Ξηρού Βάρους (DW).

Όλες οι μετρήσεις του πειράματος αναλυτικά παρουσιάζονται στο «Παράρτημα» της παρούσας διατριβής.

Στα παρακάτω διαγράμματα έχει παρασταθεί γραφικά η αύξηση του βάρους της καλλιέργειας ανά ημέρα, έχουν χρησιμοποιηθεί δε, οι μέσοι όροι κάθε τριπλέτας του πειράματος, με τις τυπικές τους αποκλίσεις (Standard Deviation).

Στον τίτλο κάθε γραφήματος συνοπτικά παρουσιάζονται οι συνθήκες που εφαρμόστηκαν.

FW= στέλεχος Freshwater SAG 257.80

BW= στέλεχος Brackish water SAG 21.99

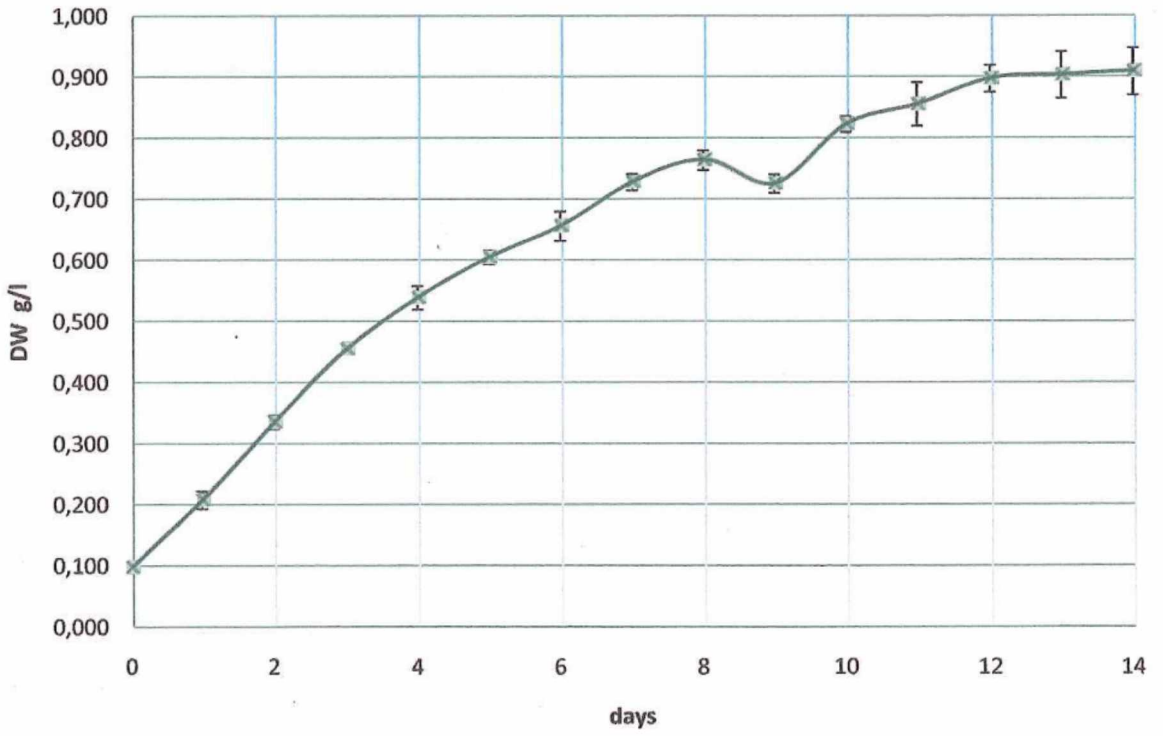
S= αλατότητα (προσθήκη 0,10,20,30 g/l NaCl)

5 klux-15 klux= η αντίστοιχη ένταση φωτισμού

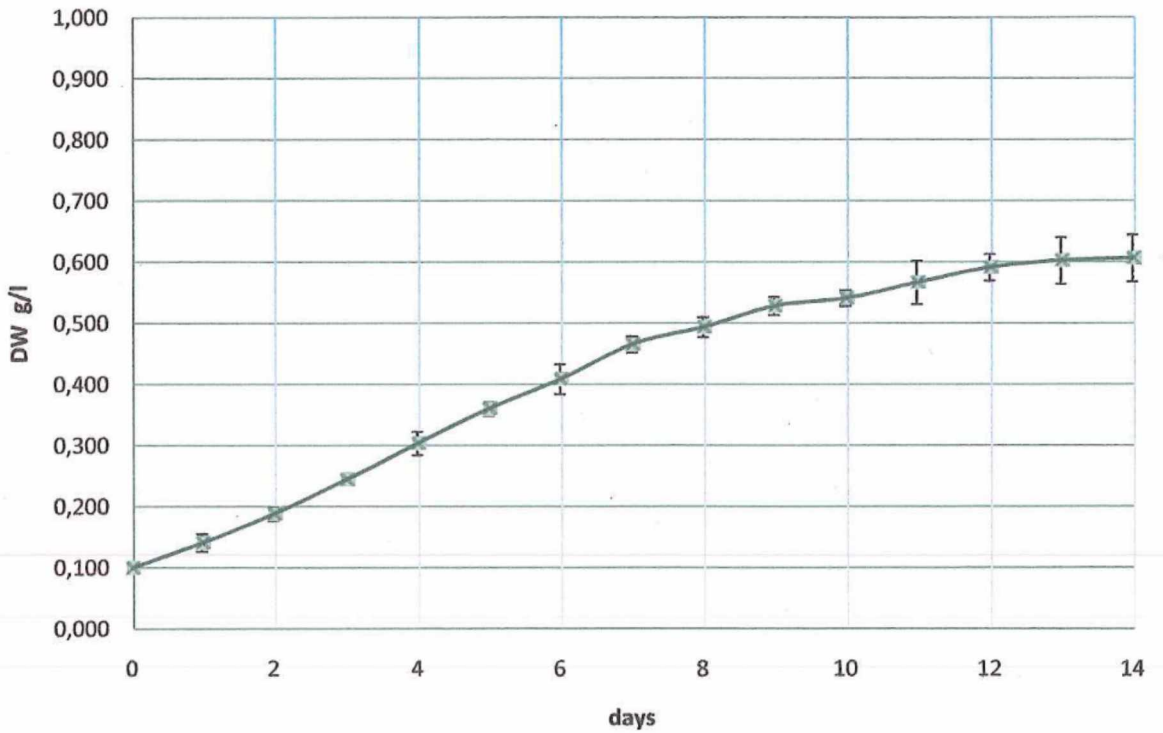
#: ο αριθμός της κωνικής φιάλης στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις

Τα πειράματα είχαν διάρκεια 14 ημερών για κάθε καλλιέργεια.

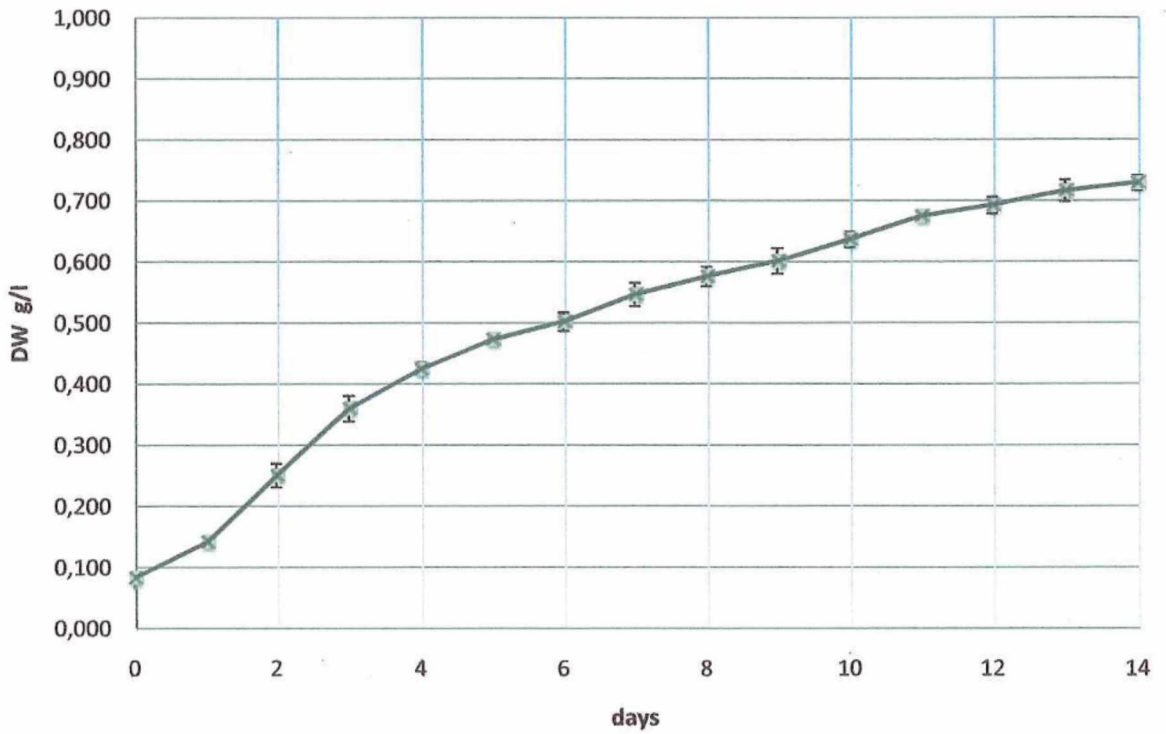
FW S0 15klux #607-608-609



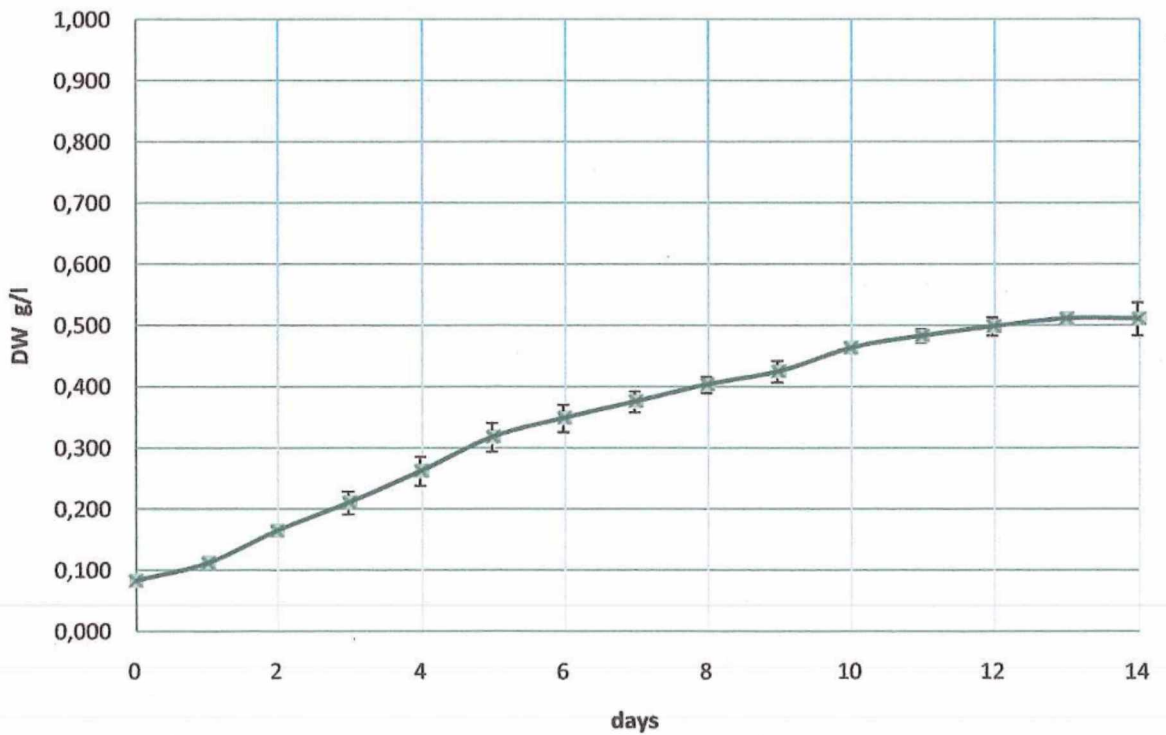
FW S0 5klux #610-611-612



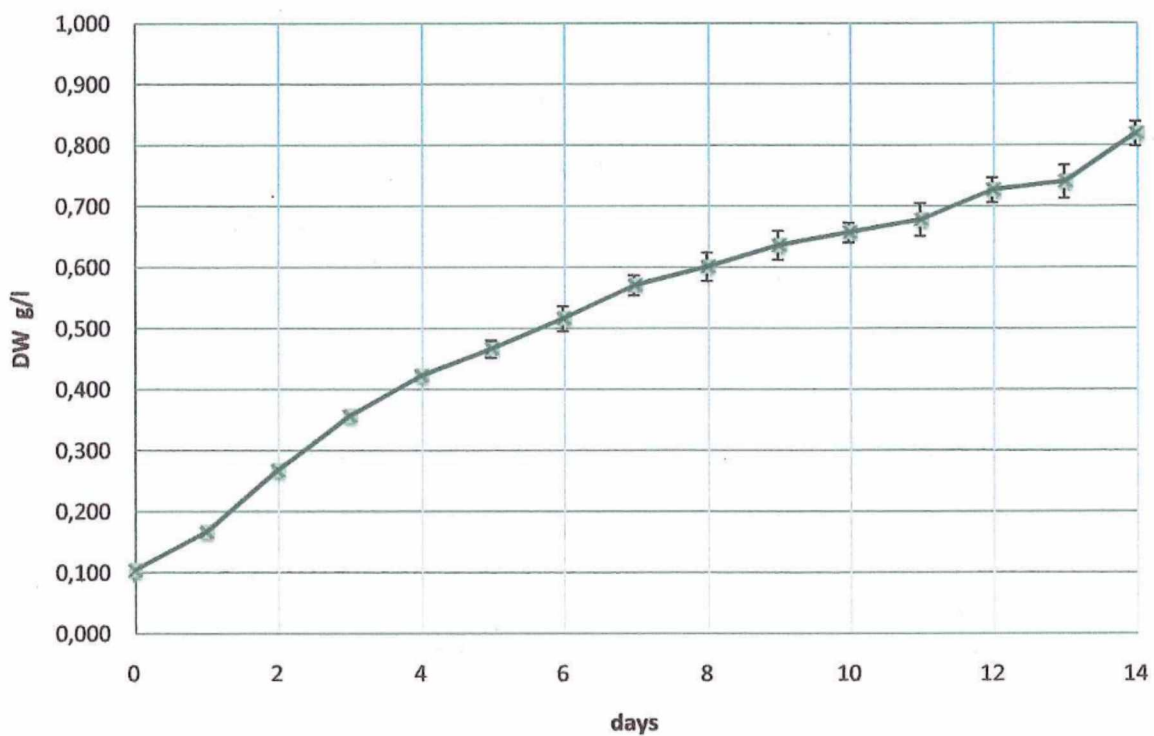
BW S0 15klux #631-632-633



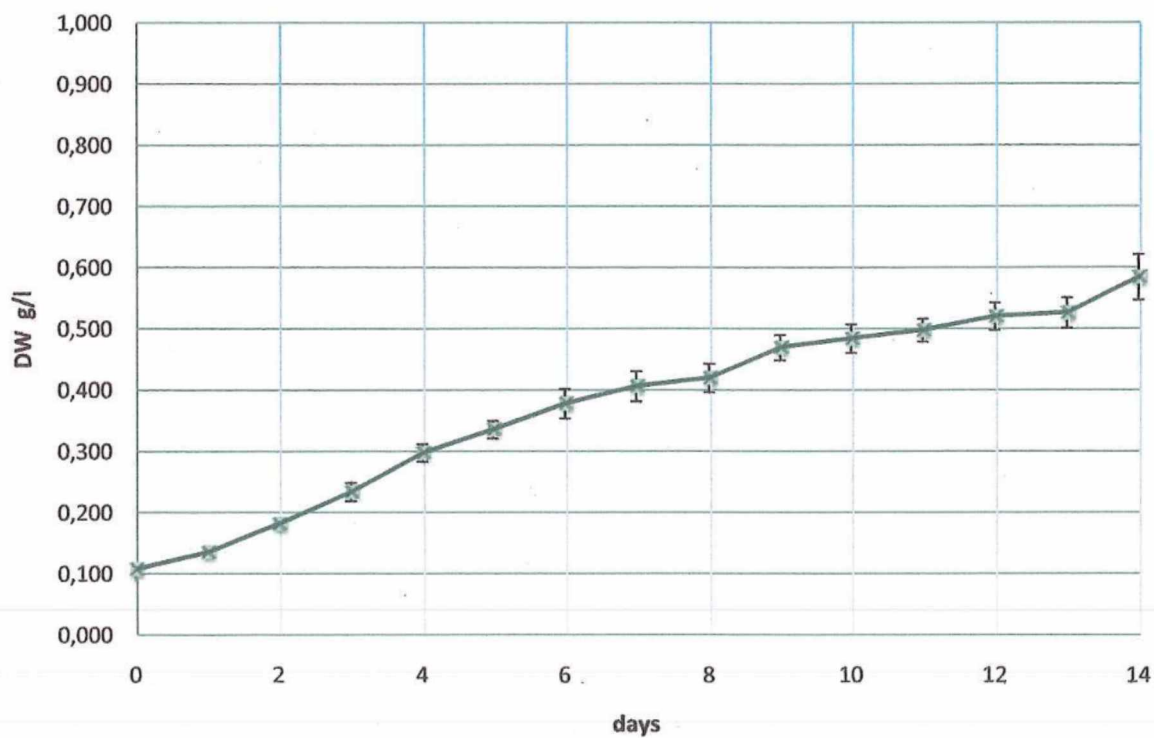
BW S0 5klux #634-635-636



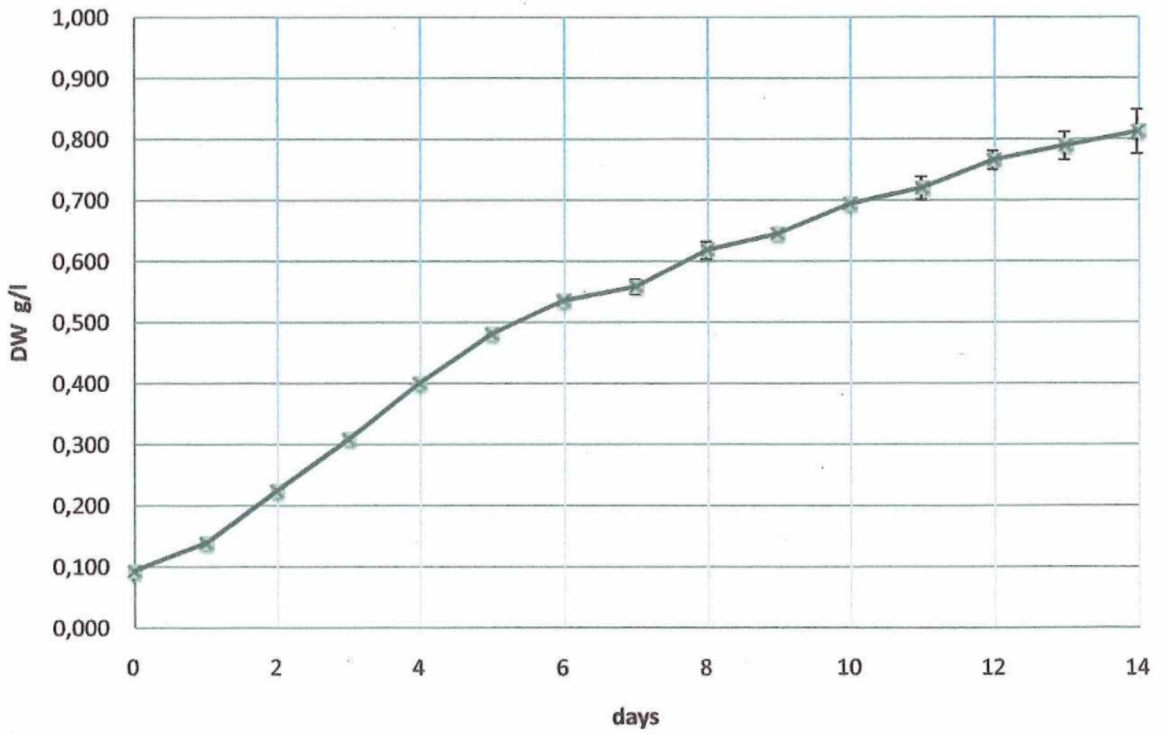
BW S10 15klux #625-626-627



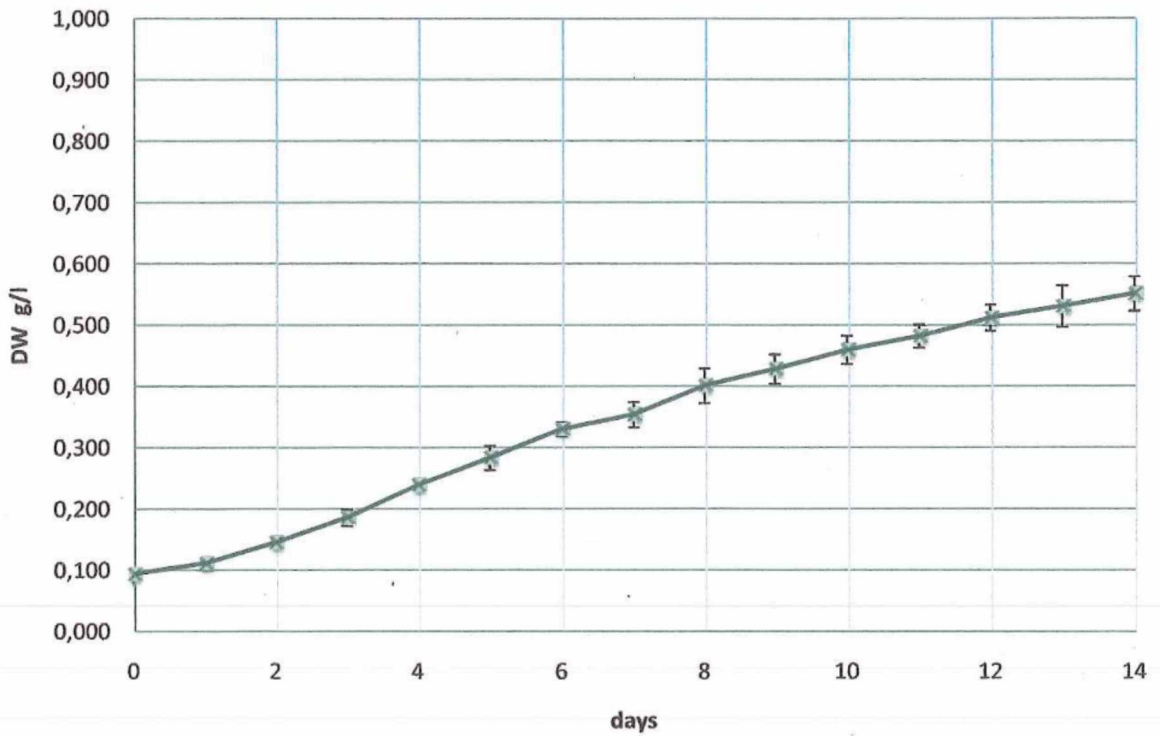
BW S10 5klux #628-629-630



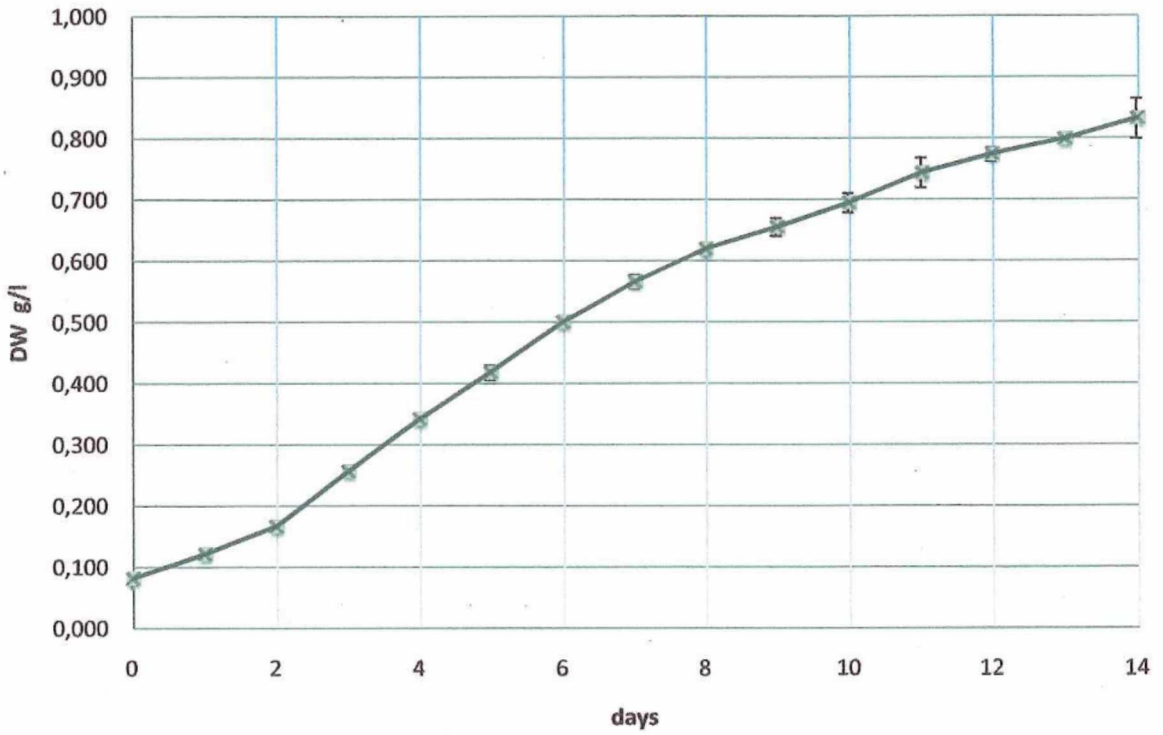
BW S20 15klux #637-638-639



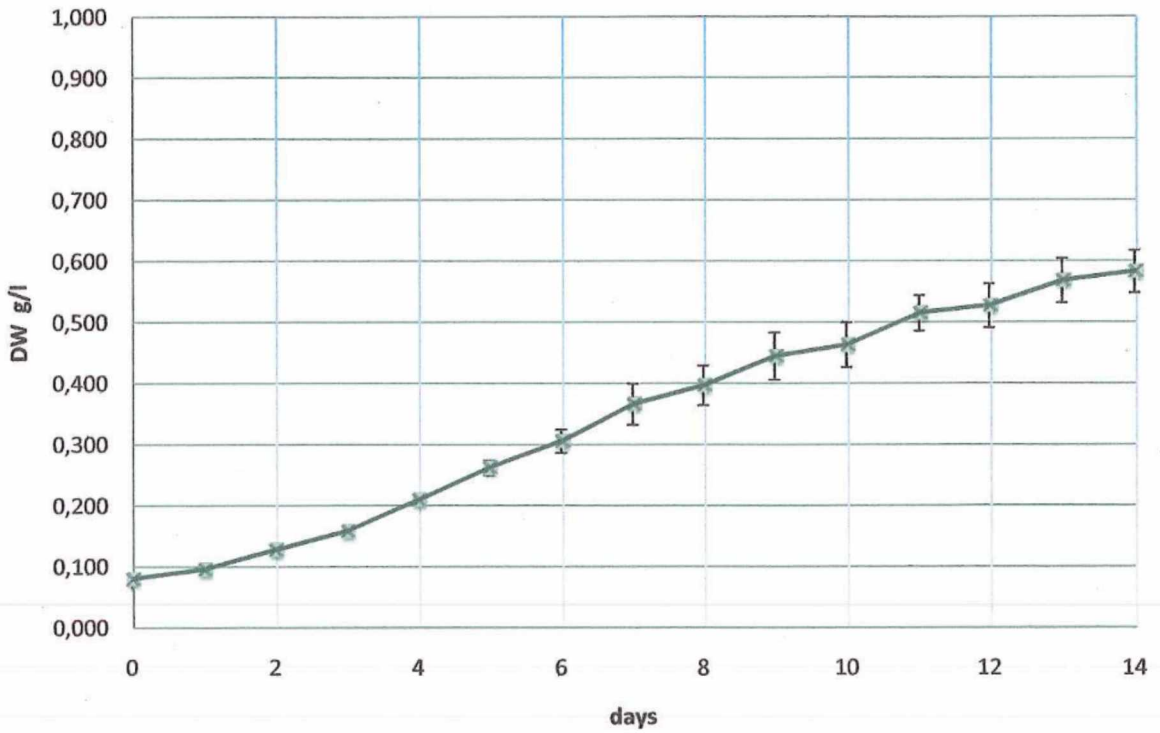
BW S20 5klux #640-641-642



BW S30 15klux #643-644-645



BW S30 5klux #646-647-648



6.2 Στατιστική επεξεργασία

Η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του προγράμματος Statistica της StatSoft.

Εφαρμόστηκε Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA) και οι προϋποθέσεις κανονικότητας κρίθηκαν με τα Bartlett's, Cochran's, and Hartley's Test καθώς και το Levene's test. Μετά την ανάλυση, έγινε ιεράρχηση των τιμών με βάση το Tukey's HSD (Honestly Significant Difference) test. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ήταν το 0,05 ($p < 0,05$).

Έγινε σύγκριση της παραγωγικότητας (P) και του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης (μ_{max}) μεταξύ των στελεχών SAG 257.80 Freshwater και SAG 21.99 Brackish, σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς προσθήκη NaCl (S=0), στα δύο επίπεδα φωτισμού, των 5 και 15 klux.

Επίσης, έγινε σύγκριση της παραγωγικότητας (P) και του μέγιστου ρυθμού (μ_{max}) ανάπτυξης στις καλλιέργειες του στελέχους SAG 21.99 Brackish, στις 4 διαφορετικές αλατότητες.

Ο ρυθμός ανάπτυξης μ_{max} των καλλιεργειών υπολογίστηκε βάσει του τύπου (Vonshak 1986,1991, Stein,1973):

$$\mu_{max} = \frac{\ln x_2 - \ln x_1}{t_2 - t_1}$$

όπου: x_1 και x_2 η συγκέντρωση της βιομάζας κατά το χρόνο t_1 και t_2 .

Η παραγωγικότητα της καλλιέργειας προσδιορίστηκε από τον τύπο:

$$P = \frac{X_t - X_0}{T}$$

όπου: X_t το τελικό ξηρό βάρος, X_0 το αρχικό ξηρό βάρος της καλλιέργειας και T, η διάρκεια της καλλιέργειας (σε ημέρες).

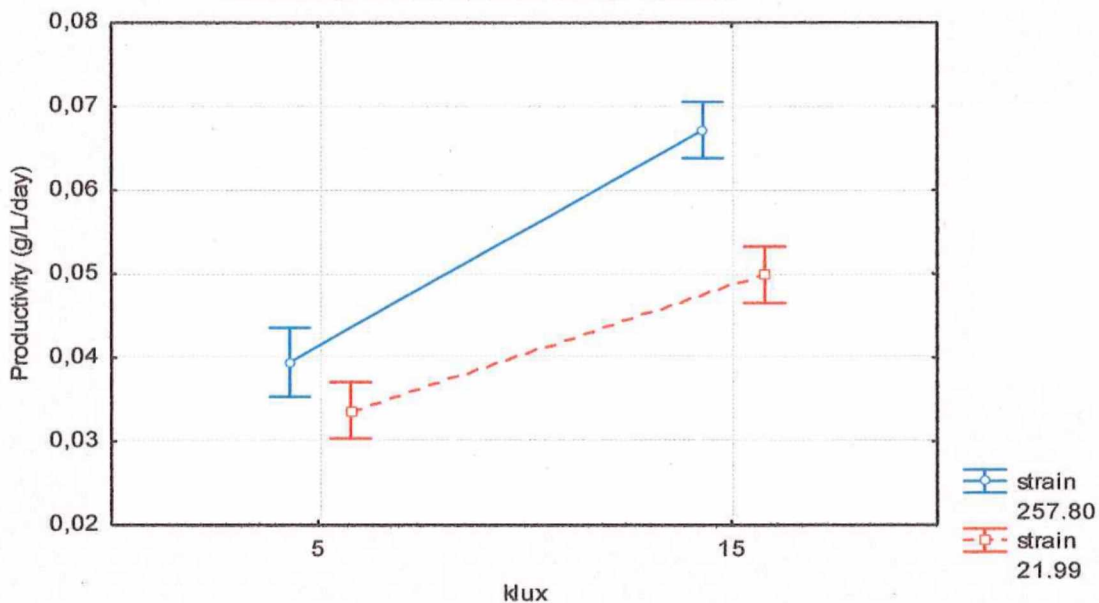
Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όλες οι καλλιέργειες, που εκτέθηκαν σε μεγαλύτερης έντασης φωτισμό (15 klux) είχαν μεγαλύτερη παραγωγικότητα σε σχέση με τις αντίστοιχες με της χαμηλότερης έντασης φωτισμό (5 klux), ανεξάρτητα από το στέλεχος και την αλατότητα, επιβεβαιώνοντας παλαιότερες σχετικές μελέτες (Vonshak A, 1997 & Markou et al, 2004).

Το στέλεχος SAG 21.99 Brackish, δείχνει να μην επηρεάζεται από την αυξημένη αλατότητα και έχει μια σταθερή παραγωγικότητα και στις τέσσερις αλατότητες. Αντίστοιχα σε προηγούμενες μελέτες, με άλλα στελέχη, έχει βρεθεί ότι μετά από μία περίοδο εγκλιματισμού της *Arthrospira* στη μεταβολή της αλατότητας, κατά τη διάρκεια της οποίας δεν αναπτύσσεται η καλλιέργεια, η ανάπτυξη επανέρχεται (Vonshak et al, 1988).

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, έχει προηγηθεί η προσαρμογή του στελέχους Brackish στη νέα αλατότητα, σε 2 κύκλους καλλιέργειας, διάρκειας 14 ημερών . Για το λόγο αυτό, μετά των εμβολιασμό των τελικών καλλιεργειών, όλες οι καλλιέργειες μπήκαν στην εκθετική φάση.

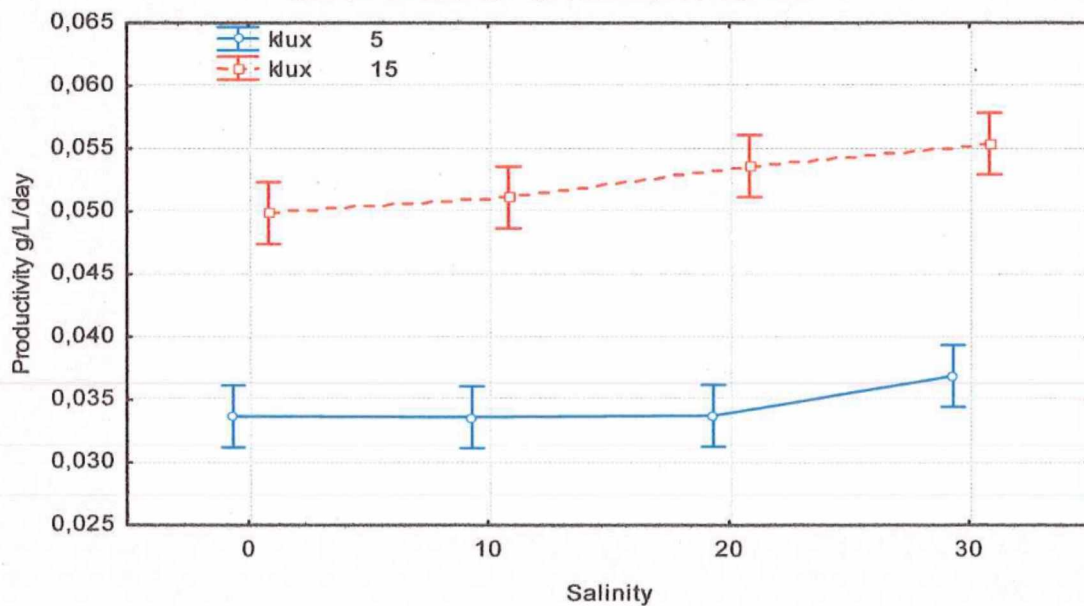
Διάγραμμα 1: Productivity FW*BW

strain*klux; LS Means
 Current effect: $F(1, 7)=14,608$, $p=,00653$
 Effective hypothesis decomposition
 Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



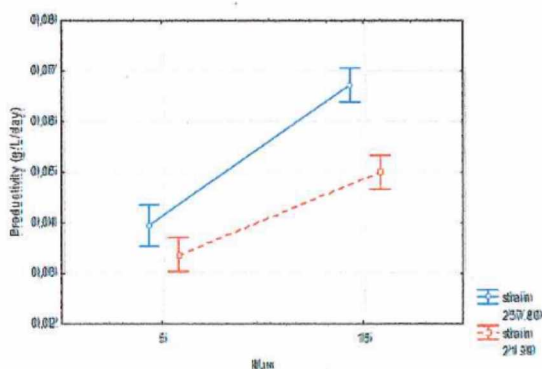
Διάγραμμα 2: Productivity BW

klux*Salinity; LS Means
 Current effect: $F(3, 16)=,90504$, $p=,46043$
 Effective hypothesis decomposition
 Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



6.1.3 Συμπεράσματα-Συζήτηση

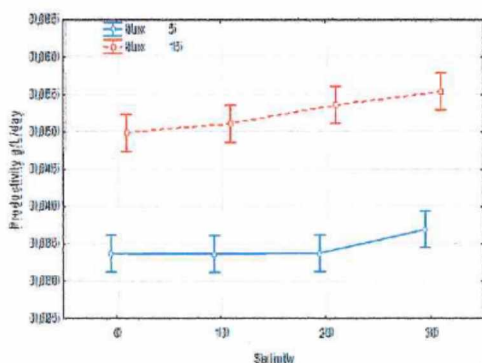
Τα αποτελέσματα του πειράματος σχετικά με την παραγωγικότητα των καλλιέργειών, μεταξύ των 2 στελεχών, σε μηδενική αλατότητα, απεικονίζονται γραφικά στο διάγραμμα.



Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η ένταση του φωτισμού επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα της καλλιέργειας, όπως πρώτος μελέτησε αναλυτικά ο Zargouk (Zargouk, 1966) και σε όλες τις περιπτώσεις, η μεγαλύτερη ένταση φωτισμού μας έδωσε υψηλότερη παραγωγικότητα.

Στα 15 Klux η παραγωγικότητα των δύο στελεχών (Freshwater –Brackish water) έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές, με αυτή του στελέχους SAG 257.80 να είναι μεγαλύτερη, κατά περίπου 20%. Αντίθετα, στη φωτεινότητα των 5 klux, τα δύο στελέχη δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην παραγωγικότητά τους.

Οι καλλιέργειες του στελέχους SAG 21.99 Brackish, στις 4 επιλεγμένες αλατότητες του πειράματος (S=0, S=10, S=20, S=30) έδωσαν και αυτές σημαντική διαφορά στην παραγωγικότητα



στα δύο επίπεδα έντασης φωτισμού των 15 και 5 klux, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα, εκτός της αρχικής μελέτης του Zargouk και άλλων μεταγενέστερων (Pedrosa et al, 2011). Στο στέλεχος αυτό, οι καλλιέργειες με την υψηλή ένταση φωτισμού, παρουσίασαν να σημαντικά μεγαλύτερη παραγωγικότητα, κατά περίπου 45%.

Η παραγωγικότητα των καλλιέργειών στις αυξημένες συγκεντρώσεις NaCl, για το συγκεκριμένο στέλεχος, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά και στατιστικά είναι σταθερή σε όλες τις αλατότητες.

Το στέλεχος SAG 21.99 Brackish του πειράματος, αρχικά εγκλιματίστηκε στις νέες αλατότητες για τουλάχιστον 2 κύκλους, διάρκειας 14 ημερών. Αυτό έγινε για να αποφευχθεί το στάδιο στασιμότητας που παρουσιάζει η *Spirulina*, σύμφωνα με μελέτες (Zeng & Vonshak, 1997), καθώς οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις του NaCl, επηρεάζουν τη λειτουργία του φωτοσυνθετικού μηχανισμού PSII (Lu & Vonshak, 2002).

Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων έδειξε ότι τα διαφορετικά επίπεδα αλατότητας δεν έδωσαν σημαντικές διαφορές στις τιμές της παραγωγικότητας των καλλιέργειών. Η μεγάλη διαφορά των καλλιέργειών εμφανίζεται μεταξύ των δυο επιπέδων φωτισμού. Σύμφωνα με τους Zeng & Vonshak, σε μεγαλύτερη ένταση φωτός, η υψηλή συγκέντρωση του NaCl δημιουργεί

λιγότερα προβλήματα στον φωτοσυνθετικό μηχανισμό PSII, δικαιολογώντας έτσι την αυξημένη παραγωγικότητα του στελέχους SAG 21.99 Brackish στα 15 klux (Zeng & Vonshak, 1997).

Για την καλύτερη σύγκριση των συνθηκών του πειράματος με αυτές άλλων μελετών, παραθέτουμε και την αντιστοίχιση των klux σε PFD. Για τα 5 klux, είναι $67,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ και για τα 15 klux, $202,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Thimijan, et al. 1982).

Τα αποτελέσματα της εργασίας, δείχνουν ότι, πιθανόν το στέλεχος SAG 21.99 Brackish, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια σπιρουλίνα, με τη χρήση υφάλμυρου ή θαλασσινού νερού και παρά το ότι η παραγωγικότητα του συγκεκριμένου στελέχους, είναι κατά περίπου 20% μικρότερη, από αυτή του freshwater, θα μπορούσε να αντισταθμιστεί, από τα οφέλη της χρήσης θαλασσινού νερού. Για βέλτιστα αποτελέσματα, είναι απαραίτητο, στις αυξημένες αλατότητες, να έχουμε ικανοποιητική ένταση του φωτισμού (πχ. νησιά και παράκτιες περιοχές της νότιας Ελλάδας).

Η κατασπατάληση των υδάτινων πόρων έχει δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στη γεωργία, καθώς η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα και η εισχώρηση θαλασσινού νερού σε αυτό, έχει μετατρέψει μεγάλο μέρος των υδάτων σε υφάλμυρο, καθιστώντας το ακατάλληλο για άρδευση. Παράλληλα, το έντονο ενδιαφέρον σε παγκόσμια κλίμακα, για την παραγωγή της *Arthrospira* - σε συνδυασμό με την προοπτική καλλιέργειάς της με θαλασσινό νερό, θα μπορούσε να αποτελέσει την απάντηση για «πράσινη» ανάπτυξη στον πλανήτη.

Η παγκόσμια παραγωγή, σύμφωνα με τους τελευταίους υπολογισμούς, έχει ήδη ξεπεράσει τους 10.000 τόνους ξηρού βάρους (Tzovenis, personal communication), με την Κίνα, την Ινδία και τις Η.Π.Α. να είναι οι 3 κυριότεροι παραγωγοί.

Ειδικότερα για τη χώρα μας, η εκμετάλλευση της τεράστιας ακτογραμμής των 16.000 χιλιομέτρων, σε περιοχές χωρίς τουριστικό ενδιαφέρον, έχει μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον, ενώ η εξοικονόμηση των πολύτιμων υδάτινων πόρων, καθιστά τις καλλιέργειες αυτές «φιλικές» προς το περιβάλλον.

Με την εργασία αυτή δεν ελέγχθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καλλιεργειών (φυκοκυανίνη, γ-λινολεϊκό οξύ GLA, ανάλυση λιπαρών οξέων, ποσοστό πρωτεϊνών κ.α.), βάσει των οποίων μπορεί να συνεκτιμηθεί στη συνολική απόδοση της καλλιέργειας σε νερό αυξημένης αλατότητας και θα μπορούσε να αποτελέσει το αντικείμενο μελλοντικής μελέτης.

Τέλος, στο Παράρτημα της μελέτης, παραθέτουμε όλες τις μετρήσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος. Επιπλέον, στις μετρήσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται και η λήψη καθημερινών μετρήσεων του pH και της αγωγιμότητας, οι οποίες όμως δεν έχουν εκτιμηθεί στατιστικά στη παρούσα μελέτη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μετρήσεις του pH, οι τιμές του οποίου δείχνουν να ακολουθούν την αύξηση της βιομάζας της καλλιέργειας και θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής μελέτης.

Βιβλιογραφία

- Ahsan M, Habib B, Parvin M, Huntington T, Hasan M, 2008, A REVIEW ON CULTURE, PRODUCTION AND USE OF SPIRULINA AS FOOD FOR HUMANS AND FEEDS FOR DOMESTIC ANIMALS AND FISH, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034 FIMA/C1034 (En)
- Anagnostidis, K. and Komarek, J. (1985) Modern approach to the classification system of cyanophytes
- Carr, N.G. and Whitton, B.A. (1982) The biology of Cyanobacteria, Oxford Blackwell Scientific
- Castenholz, R.W., (1989). Subsection III, Order Oscillatoriales. In: Staley JT, Bryant MP, Pfenning N and Holt JG (eds) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 3. – Williams and Wilkins Co, Baltimore
- Congming L, Jianhua Z, Journal of Experimental Botany, Vol.51, No346, pp.911-917, May 2000
- Congming L, Vonshak, A., Effects of salinity stress on photosystem II function in cyanobacterial *Spirulina platensis* cells, *Physiologia Plantarum*, Volume 114 (3) – Jan 1, 2002
- Danesi EDG, Rangel-Yagui, CO., Carvalho, JCM., Sato, S., 2004, Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. *Biomass Bioenerg* 26(4):329–335.
- Guglielmi, G. et al. (1993) Main properties that justify the different taxonomic position of *Spirulina* spp. and *Arthrospira* spp. among cyanobacteria. *Bull Inst Oceanogr Monaco* 12:13-23
- Henrikson, R., «Earth Food Spirulina: How this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet. Ronore Enterprises, Inc. 1989
- Hidenori Shimamatsu , “Mass production of Spirulina, an edible microalga”, *Hydrobiologia* 512: 39–44, (2004)
- Jung F, Kruger-Genge A, Waldeck P, Kupper, J.H., *Spirulina platensis*, a super Food?, *Journal of Cellular Biotechnology* 5 (2019) 43-45, DOI 10.3233/JCB-189012, IOS Press
- Kebede, Elizabeth, Response of *Spirulina platensis* (= *Arthrospira fusiformis*) from Lake Chitu, Ethiopia, to salinity stress from sodium salts, *Journal of Applied Phycology*, Volume 9 (6) – Sep 6, 2004
- Kim, Kisok, Hoh, Donghee Ji, Yosep; Do, Hyunki; Lee, Bongju; Impact of light intensity, CO₂ concentration and bubble size on growth and fatty acid composition of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* KMMCC CY-007, *Biomass and Bioenergy*, Volume 49 – Feb 1, 2013
- Lamia Trabelsi, Hatem Ben Ouada, Hassen Bacha, Mohamed Ghouli. Combined effect of temperature and light intensity on growth and extracellular polymeric substance production by the cyanobacterium *Arthrospira platensis*, *Journal of Applied Phycology*, August 2009, Vol.21, Issue 4, pp 405–412
- LeDuy, A., Therien, N., An improved method for optical density measurement of the semimicroscopic blue algae *Spirulina maxima*, *Biotechnol. Bioeng.* 19 (1977) 1219-1224
- Lu C, Vonshak A, (2002) Effects of salinity stress on photosystem II system in cyanobacterial *Spirulina platensis* cells, *Physiologia Plantarum* 114, 405–412, 2002

- M.A.C.L. de Oliveira, M.P.C. Monteiro, P.G. Robbs, S.G.F. Leite,** Growth and chemical composition of *Spirulina maxima* and *Spirulina platensis* biomass at different temperatures, *Aquaculture International*, July 1999, Volume 7, Issue 4, pp 261–275
-
- Markou, G., Chatzipavlidis I., Georgakakis D.,** Effects of phosphorus concentration and light intensity on the biomass composition of *Arthrospira (Spirulina) platensis*, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, August 2012, Volume 28, Issue 8, pp 2661–2670
-
- Olguín EJ, Galicia S, Angulo-Guerrero O, Hernández E (2001)** The effect of low light flux and nitrogen deficiency on the chemical composition of *Spirulina* sp. (*Arthrospira*) grown on digested pig waste. *Bioresour Technol* 77(1):19–24.
-
- Pedrosa R, Ortiz E, Sato S, Perego P, Monteiro JC, Converti A, (2011)** Effects of light intensity and dilution rate on the semicontinuous cultivation of *Arthrospira (Spirulina) platensis*. A kinetic onod-type approach
-
- Shao et al, 2019,** Pharmaceutical applications and consequent environmental impacts of *Spirulina (Arthrospira)*
-
- Szwarc, D, Zieliński, M,** Effect of Lighting on the Intensification of Phycocyanin Production in a Culture of *Arthrospira platensis*, *Proceedings*, Volume 2 (20) – Oct 22, 2018
-
- Thimijan, Richard W., and Royal D. Heins. (1982)** Photometric, Radiometric, and Quantum Light Units of Measure: A Review of Procedures for Interconversion. *HortScience* 18:818-822
-
- Vonshak A, Guy R, Guy M.** The response of the filamentous cyanobacterium *Spirulina platensis* to salt stress. *Plant Physiol*, 1988
-
- Vonshak A,** *Spirulina platensis (Arthrospira)*, Taylor & Francis, 1997
-
- Vonshak A.** Laboratory techniques for the culturing of microalgae, In: Richmond A, editor, *Handbook for Microalgal Mass Culture*, Boca Raton FL, CRC press, 1986.
-
- Vonshak, A, Tomaselli L.** *Arthrospira (Spirulina): Systematics and Ecophysiology, The Ecology of Cyanobacteria* pp 505-522
-
- Zarrouk C,** Contribution a l' etude d' une cyanophycee. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de *Spirulina maxima* (Setch. Et Gardner) eitler, PhD Thesis, University of Paris, Paris, France (1996).
-
- Zeng MT, Vonshak A, (1997)** Adaption of *Spirulina platensis* to salinity-stress, *Comperative Biochemistry and Physiology*, part A 120 (1998) 113-118
-

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακες μετρήσεων πειράματος
(Απορρόφηση, αγωγιμότητα, pH,
Θερμοκρασία)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Strain: SAG 257.80 Freshwater

Αλατότητα: 0 ‰ (μόνο το NaCl που περιέχεται στο θρεπτικό διάλυμα).

Ημερομηνία Έναρξης καλλιέργειας τελικού όγκου: 08 Ιουνίου 2009

A) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 607, 608, 609

Ένταση φωτισμού: 15 klux

B) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 610, 611, 612

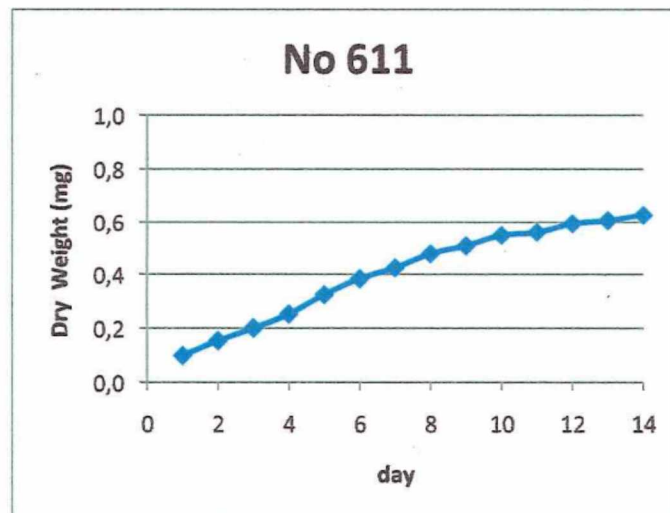
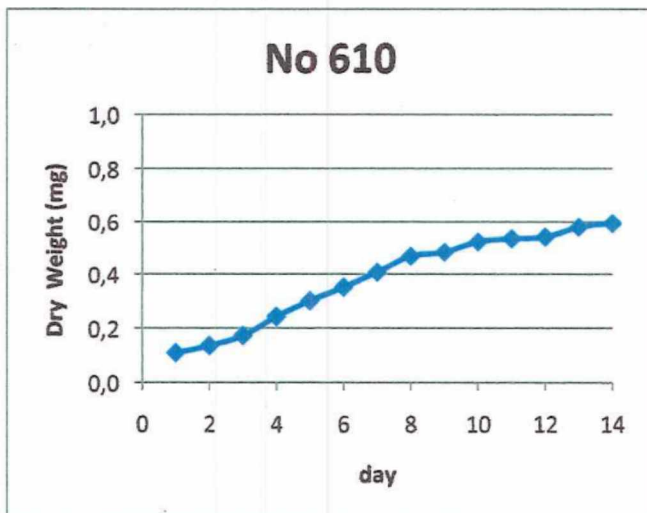
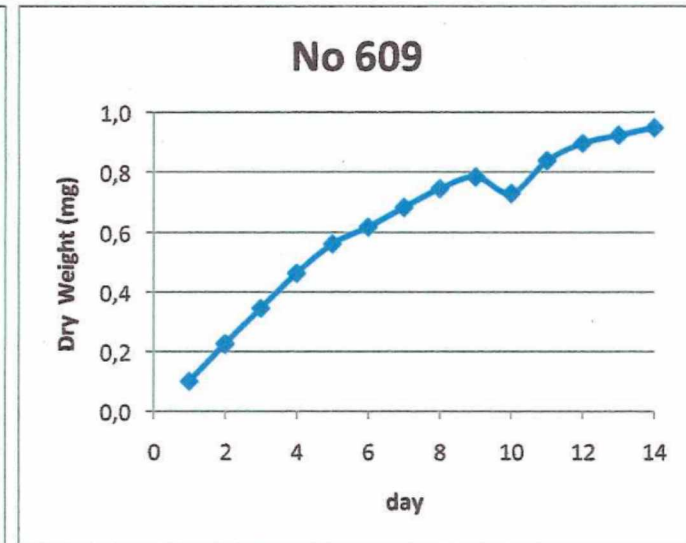
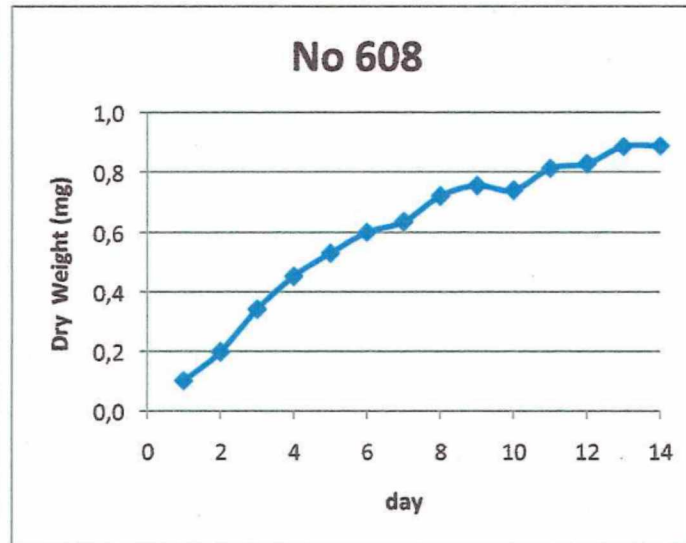
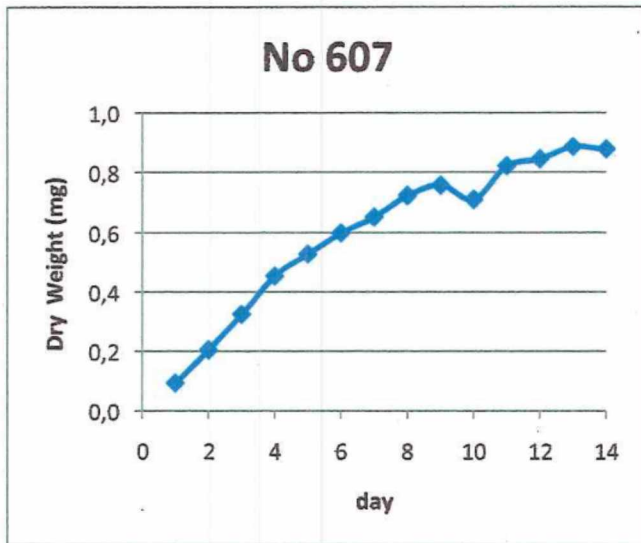
Ένταση φωτισμού: 5 klux

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 07,608,009,610,611,612

		8-louv				9-louv				10-louv				11-louv				12-louv			
		day 0				day 1				day 2				day 3				day 4			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 607	0,462	10,22	26,2	33,8	0,869	10,54	25,8	28,7	1,311	10,64	25,9	28,5	1,789	10,75	26,0	29,8	2,064	10,82	24,9	30,0
	No 608	0,492	10,22	26,6	33,4	0,847	10,58	25,9	28,7	1,374	10,66	26,3	28,6	1,786	10,78	26,2	29,4	2,074	10,84	26,0	30,0
	No 609	0,491	10,22	26,4	33,8	0,949	10,61	26,0	28,9	1,390	10,70	26,0	28,7	1,826	10,81	26,1	29,8	2,191	10,86	26,0	30,0
5 Klux	No 610	0,518	10,22	25,9	34,1	0,618	10,61	25,2	27,9	0,755	10,66	25,1	27,8	1,010	10,73	25,4	28,4	1,225	10,79	25,3	28,6
	No 611	0,479	10,22	26,6	34,0	0,681	10,58	25,9	28,2	0,855	10,61	26,3	28,1	1,045	10,70	26,5	28,8	1,313	10,78	26,1	29,0
	No 612	0,469	10,22	26,5	33,7	0,622	10,60	26,1	27,7	0,836	10,65	26,0	27,6	1,010	10,73	25,8	28,4	1,183	10,79	26,0	28,4

		13-louv				14-louv				15-louv				16-louv				17-louv			
		day 5				day 6				day 7				day 8				day 9			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 607	2,327	10,87	25,4	30,2	2,525	10,89	25,6	30,1	2,784	10,94	25,7	30	2,910	10,93	25,8	30,1	0,380	10,93	25,8	30,2
	No 608	2,334	10,89	26,1	30,2	2,464	10,92	25,9	29,2	2,776	10,94	26,1	29,7	2,902	10,94	25,7	29,8	0,391	10,93	25,9	30,6
	No 609	2,400	10,91	25,9	30,4	2,640	10,93	25,6	29,7	2,865	10,96	26,0	30,7	3,009	10,95	26,0	30,8	0,387	10,94	25,9	31,0
5 Klux	No 610	1,412	10,84	25,3	29,4	1,621	10,88	25,2	28,5	1,844	10,91	25,4	29,7	1,900	10,90	25,4	29,6	2,048	10,89	25,8	29,7
	No 611	1,532	10,83	26,3	29,6	1,685	10,88	26,0	28,9	1,882	10,91	26,1	29,3	1,996	10,90	26,1	29,4	2,145	10,90	26,0	29,6
	No 612	1,405	10,84	26,1	29,0	1,580	10,88	26,1	28,4	1,787	10,91	26,2	29,3	1,930	10,91	26,0	29,5	2,013	10,90	25,7	29,5

		18-louv				19-louv				20-louv				21-louv				22-louv			
		day 10				day 11				day 12				day 13				day 14			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 607	1,633	10,95	25,1	30,7	1,676	10,93	24,9	30,2	1,752	10,95	24,5	30,4	1,737	10,93	24,6	29,4	1,755	10,95	24,6	29,1
	No 608	1,616	10,94	25,1	30,6	1,645	10,93	25,1	30,5	1,751	10,94	24,8	30,6	1,754	10,93	24,8	29,6	1,756	10,93	25	29,5
	No 609	1,663	10,96	25,2	30,8	1,771	10,94	25,2	30,9	1,821	10,95	24,9	30,9	1,866	10,94	24,9	30,0	1,879	10,95	24,9	29,8
5 Klux	No 610	1,105	10,91	25,1	30,0	1,117	10,89	24,7	30,0	1,188	10,9	24,7	30,0	1,214	10,88	24,6	29,1	1,222	10,88	24,6	29,6
	No 611	1,153	10,92	26,0	29,9	1,214	10,90	25,4	30,0	1,236	10,91	25,3	30,0	1,274	10,9	25	29,0	1,281	10,90	24,8	29,0
	No 612	1,093	10,91	25,9	29,8	1,162	10,90	25,4	29,9	1,205	10,90	25,4	29,9	1,203	10,9	24,9	29,0	1,210	10,90	24,9	29,5



Strain: SAG 21.99 Brackish water

Αλατότητα: 0‰ (μόνο το NaCl που περιέχεται στο θρεπτικό διάλυμα, 26‰)

Ημερομηνία Έναρξης καλλιέργειας τελικού όγκου: 21 Ιουνίου 2009

A) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 631, 632, 633

Ένταση φωτισμού: 15 klux

B) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 634, 635, 636

Ένταση φωτισμού: 5 klux

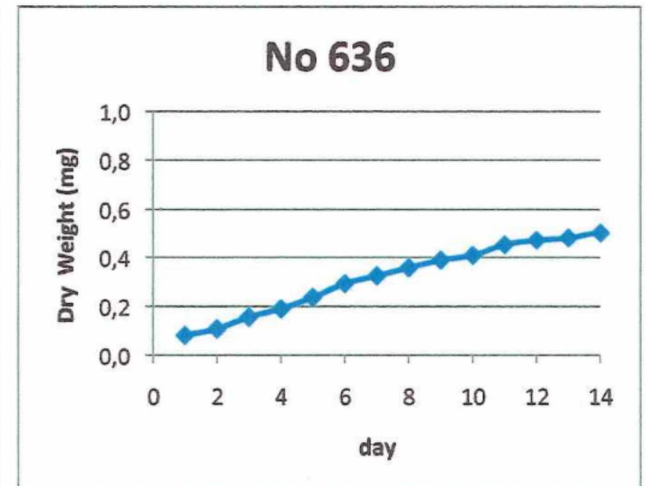
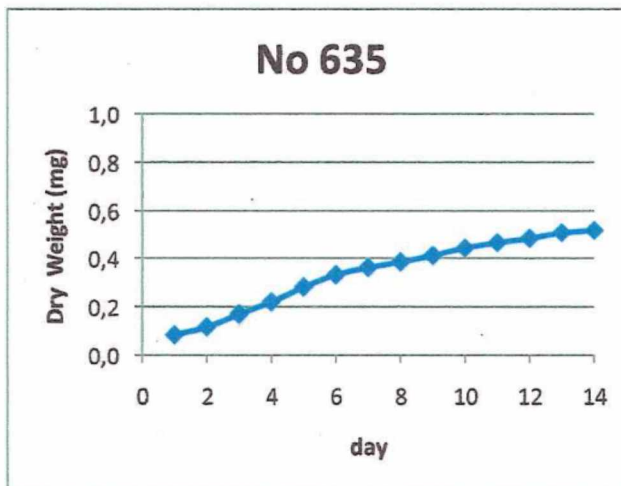
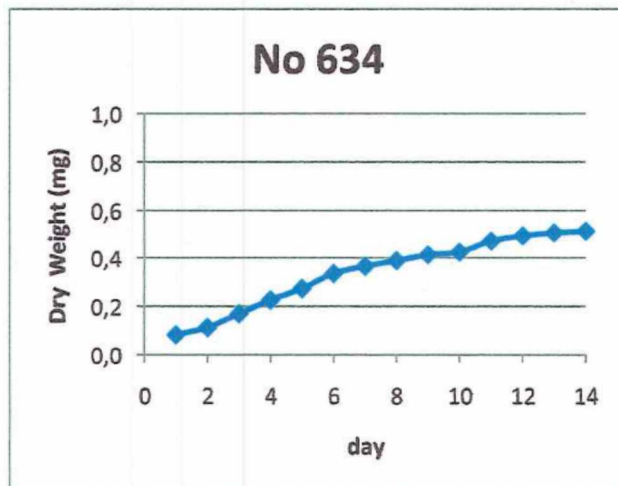
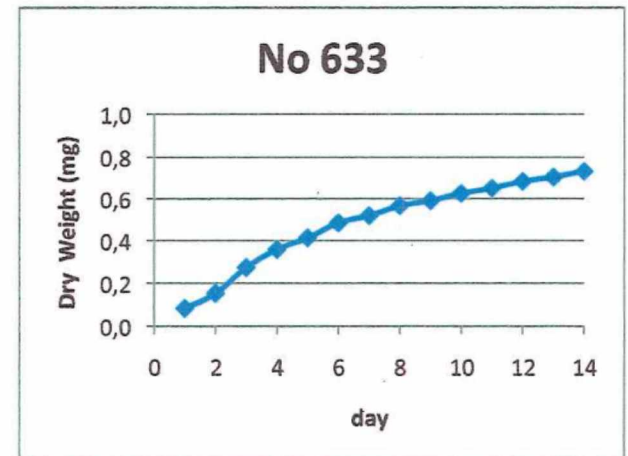
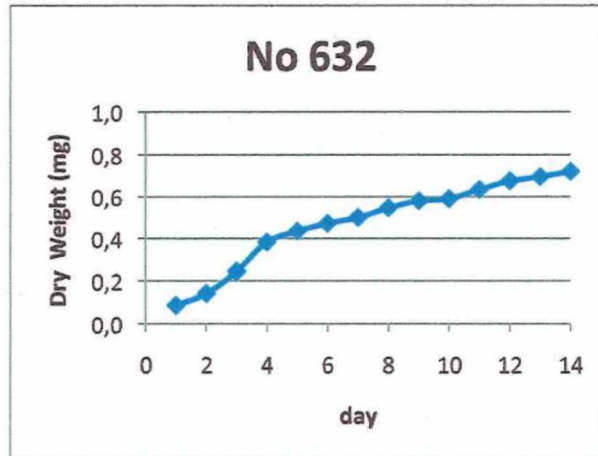
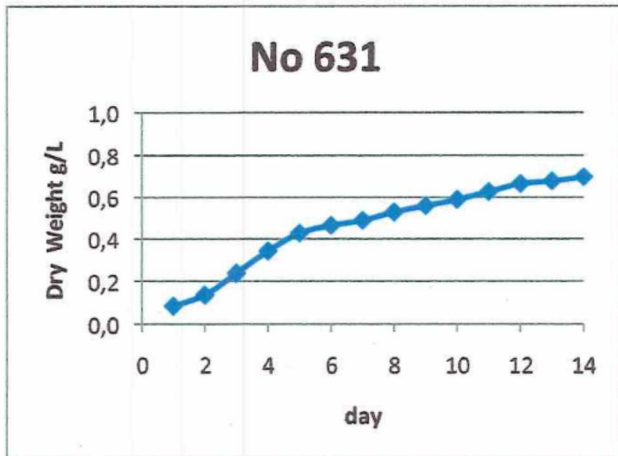
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΤΟΣ: ΚΑΝ/ΛΙΕΥΤΙΣΣ Νο 031, 632, 033, 034, 635, 036

		21-Ιουβ				22-Ιουβ				23-Ιουβ				24-Ιουβ				25-Ιουβ			
		day 0				day 1				day 2				day 3				day 4			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 631	0,300	10,11	24,9	27,4	0,483	10,43	25,4	30,0	0,844	10,63	25,2	29,5	1,216	10,75	25,2	29,5	1,520	10,83	25,0	29,4
	No 632	0,306	10,10	24,9	27,3	0,503	10,43	25,2	29,6	0,869	10,63	24,8	29,6	1,362	10,75	24,8	29,6	1,547	10,84	25,3	29,3
	No 633	0,296	10,10	25,0	27,3	0,543	10,45	25,3	30,6	0,973	10,66	29,4	30,3	1,274	10,77	29,4	30,3	1,471	10,83	24,5	30,0
5 Klux	No 634	0,295	10,10	25,0	27,6	0,402	10,43	25,1	29,7	0,602	10,60	25,0	29,3	0,800	10,72	25,0	29,3	0,968	10,78	25,0	29,1
	No 635	0,301	10,09	24,9	28,1	0,414	10,41	25,2	29,5	0,603	10,59	25,1	28,8	0,780	10,72	25,1	28,8	0,998	10,79	25,0	28,8
	No 636	0,295	10,09	25,0	28,1	0,388	10,48	25,1	28,9	0,557	10,65	25,0	28,1	0,677	10,74	25,0	28,1	0,840	10,81	24,7	27,8

		26-Ιουβ				27-Ιουβ				28-Ιουβ				29-Ιουβ				30-Ιουβ			
		day 5				day 6				day 7				day 8				day 9			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 631	1,652	10,87	25,1	29,3	1,740	10,9	25,2	29,3	1,881	10,89	25,1	30,2	1,989	10,93	25,1	30,1	2,095	10,94	24,8	30,0
	No 632	1,680	10,88	25,1	29,4	1,780	10,9	24,6	29,4	1,942	10,89	24,8	30,3	2,062	10,93	24,7	30,3	2,098	10,94	24,4	30,2
	No 633	1,724	10,87	24,7	29,8	1,845	10,9	24,8	29,8	2,015	10,89	25,0	30,7	2,100	10,93	25,0	30,3	2,224	10,95	24,6	30,6
5 Klux	No 634	1,188	10,83	25,1	29,7	1,294	10,86	24,9	29,7	1,379	10,85	25,0	29,6	1,464	10,88	24,9	29,8	1,508	10,90	24,8	29,6
	No 635	1,174	10,84	24,6	28,7	1,282	10,86	24,9	28,7	1,365	10,86	24,9	29,4	1,462	10,9	24,5	29,6	1,575	10,90	24,9	28,5
	No 636	1,038	10,86	24,9	27,6	1,151	10,87	24,8	27,6	1,268	10,86	24,8	28,7	1,381	10,89	24,8	28,8	1,450	10,90	24,5	28,4

		1-Ιουλ				2-Ιουλ				3-Ιουλ				4-Ιουλ				5-Ιουλ			
		day 10				day 11				day 12				day 13				day 14			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 631	2,226	10,94	25,0	30,1	2,365	10,95	24,7	30,2	2,409	10,96	24,7	30,0	2,478	10,92	24,8	30,1	2,544	10,96	24,7	29,5
	No 632	2,253	10,94	24,6	30,2	2,401	10,95	24,8	30,5	2,474	10,95	25,2	30,4	2,562	10,92	25,3	30,5	2,608	10,97	24,8	29,3
	No 633	2,313	10,94	24,8	30,7	2,431	10,95	24,6	30,7	2,504	10,96	24,3	30,8	2,601	10,92	24,5	30,9	2,624	10,97	24,4	29,6
5 Klux	No 634	1,675	10,90	24,6	29,8	1,753	10,91	24,8	29,5	1,798	10,92	24,8	29,6	1,823	10,89	25,0	29,5	1,881	10,94	25,0	28,8
	No 635	1,655	10,91	24,8	29,8	1,722	10,92	24,8	29,5	1,807	10,93	24,8	29,5	1,842	10,9	24,6	29,4	1,862	10,95	24,7	28,6
	No 636	1,610	10,90	24,7	28,9	1,678	10,90	24,5	28,5	1,712	10,91	24,5	28,7	1,786	10,88	24,6	28,4	1,707	10,93	24,4	28,1

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 631, 632, 633, 634, 635, 636



Strain: SAG 21.99 Brackish water

Αλατότητα: 10‰ (προσθήκη 20 gr NaCl/lit επιπλέον της ποσότητας που περιέχει το θρεπτικό διάλυμα)

Ημερομηνία Έναρξης καλλιέργειας τελικού όγκου: 20 Ιουνίου 2009

A) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 625, 626, 627

Ένταση φωτισμού: 15 klux

B) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 628, 629, 630

Ένταση φωτισμού: 5 klux

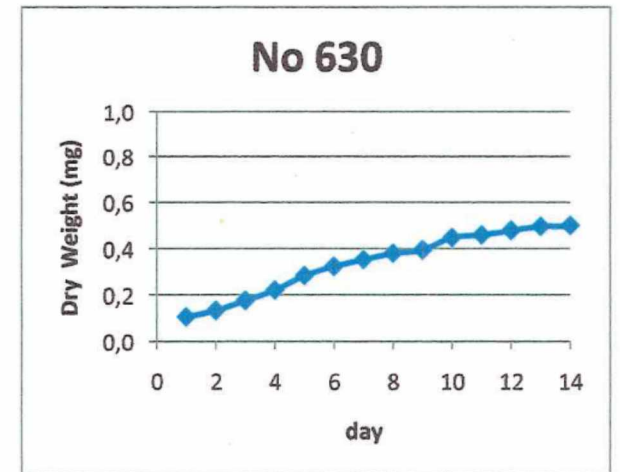
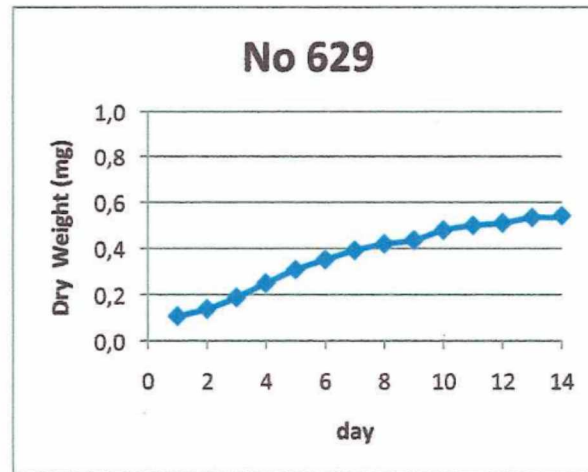
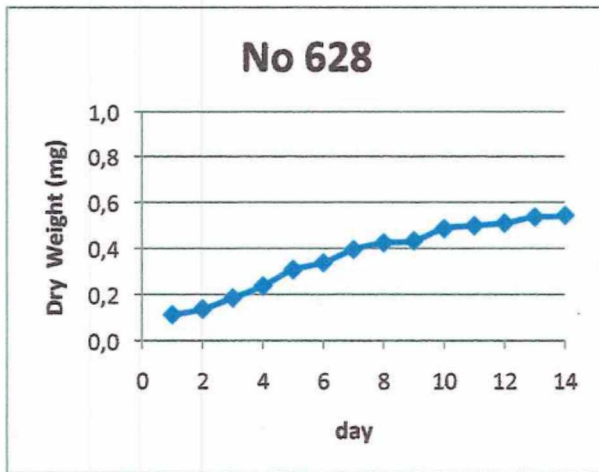
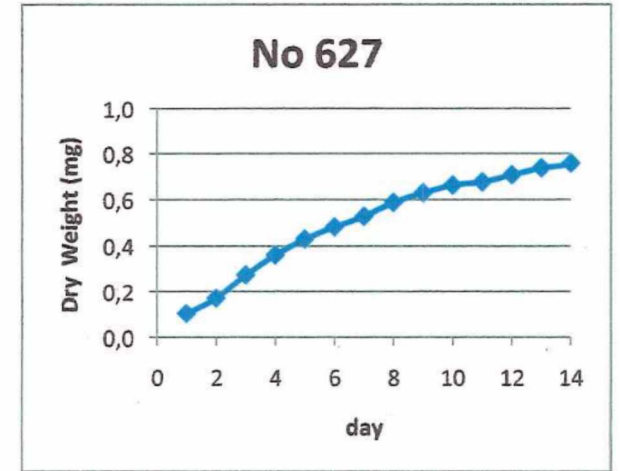
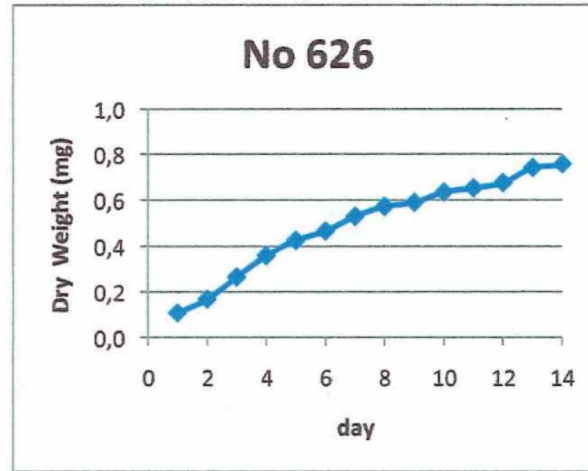
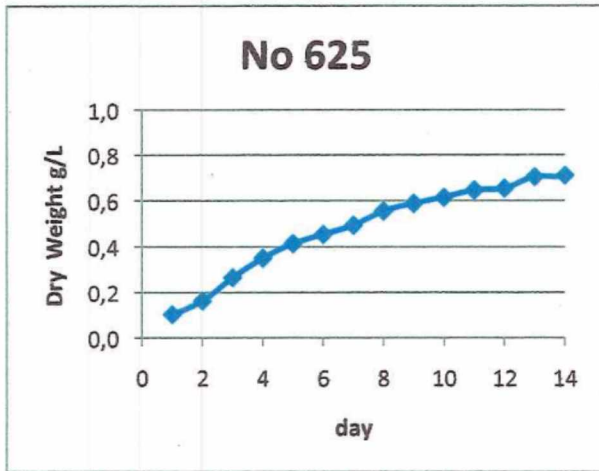
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 625, 626, 627, 628, 629, 630

		20-Ιουβ				21-Ιουβ				22-Ιουβ				23-Ιουβ				24-Ιουβ			
		day 0				day 1				day 2				day 3				day 4			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 625	0,366	10,02	39,1	28,9	0,579	10,38	39,2	29,1	0,944	10,56	38,3	28,9	1,248	10,68	39,2	28,3	1,472	10,74	39,2	28,3
	No 626	0,385	10,02	39,5	29,6	0,599	10,39	39,2	29,0	0,947	10,51	39,6	29,3	1,278	10,64	39,4	28,3	1,512	10,70	39,4	28,3
	No 627	0,372	10,02	39,6	29,6	0,612	10,36	40,1	29,2	0,974	10,55	39,1	29,7	1,283	10,67	39,5	28,7	1,529	10,73	39,5	28,7
5 Klux	No 628	0,404	10,02	39,5	29,6	0,489	10,34	39,3	28,4	0,659	10,51	39,0	28,5	0,842	10,62	39,1	27,8	1,091	10,68	39,1	27,8
	No 629	0,384	10,02	39,5	29,7	0,492	10,32	38,8	28,0	0,667	10,49	38,7	28,2	0,886	10,61	38,9	27,7	1,092	10,67	38,9	27,7
	No 630	0,376	10,02	39,5	29,6	0,476	10,36	38,7	27,8	0,625	10,53	38,6	28,1	0,782	10,64	38,8	27,4	1,004	10,70	38,8	27,4

		25-Ιουβ				26-Ιουβ				27-Ιουβ				28-Ιουβ				29-Ιουβ			
		day 5				day 6				day 7				day 8				day 9			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 625	1,614	10,78	37,8	28,2	1,755	10,80	37,7	27,8	1,973	10,80	38,4	26,7	2,088	10,81	37,7	28,8	2,183	10,81	37,8	28,9
	No 626	1,656	10,76	40,5	29,0	1,882	10,79	40,2	28,4	2,031	10,80	40,4	26,1	2,094	10,80	40,3	29,4	2,251	10,82	39,0	29,5
	No 627	1,713	10,77	40,0	27,9	1,876	10,80	38,7	28,0	2,087	10,81	39,7	28,1	2,233	10,81	39,1	29,2	2,351	10,82	39,2	29,4
5 Klux	No 628	1,200	10,73	38,6	28,4	1,404	10,75	40,8	27,5	1,505	10,77	40,8	26,5	1,539	10,77	40,8	28,5	1,724	10,78	41,2	28,5
	No 629	1,248	10,72	40,0	27,5	1,391	10,75	39,4	27,4	1,491	10,77	39,3	26,4	1,548	10,77	39,7	28,3	1,701	10,79	40,0	28,3
	No 630	1,146	10,74	39,1	27,5	1,250	10,76	30,4	27,2	1,348	10,78	39,5	26,3	1,401	10,77	39,8	28,1	1,588	10,79	39,7	28,1

		30-Ιουβ				1-Ιουλ				2-Ιουλ				3-Ιουλ				4-Ιουλ			
		day 10				day 11				day 12				day 13				day 14			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 625	2,293	10,82	37,8	28,7	2,322	10,83	37,7	28,4	2,499	10,83	37,1	29,2	2,521	10,85	39,9	29,1	2,828	10,82	37,5	29,0
	No 626	2,314	10,83	39,5	28,3	2,395	10,83	40,2	28,8	2,627	10,84	39,9	29,1	2,684	10,85	39,9	29,1	2,956	10,82	40,0	29,1
	No 627	2,401	10,83	39,4	29,2	2,511	10,83	39,3	29,0	2,619	10,84	39,0	29,3	2,689	10,85	38,9	29,1	2,948	10,82	39,7	29,2
5 Klux	No 628	1,769	10,80	40,6	28,4	1,809	10,80	40,8	28,3	1,902	10,81	40,4	28,4	1,927	10,83	40,5	28,1	2,121	10,79	40,7	28,3
	No 629	1,772	10,80	40,2	28,2	1,811	10,80	40,0	28,2	1,894	10,82	39,3	28,1	1,920	10,82	39,7	28,1	2,186	10,79	40,1	28,1
	No 630	1,629	10,80	39,4	28,0	1,696	10,80	39,7	28,0	1,760	10,81	39,0	27,7	1,772	10,82	38,9	27,8	1,932	10,78	39,8	27,7

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 625, 626, 627, 628, 629, 630



Strain: SAG 21.99 Brackish water

Αλατότητα: 20‰ (προσθήκη 20 gr NaCl/lit επιπλέον της ποσότητας που περιέχει το θρεπτικό διάλυμα)

Ημερομηνία Έναρξης καλλιέργειας τελικού όγκου: 20 Ιουνίου 2009

A) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 637, 638, 639

Ένταση φωτισμού: 15 klux

B) Αριθμός Καλλιέργειας (κωνική φιάλη 500ml): 640, 641, 642

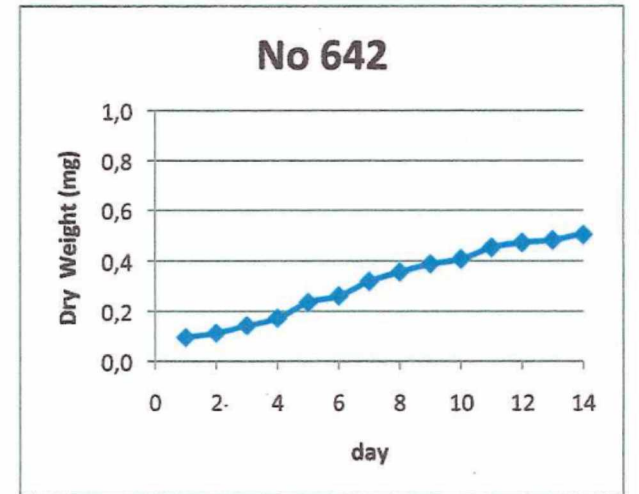
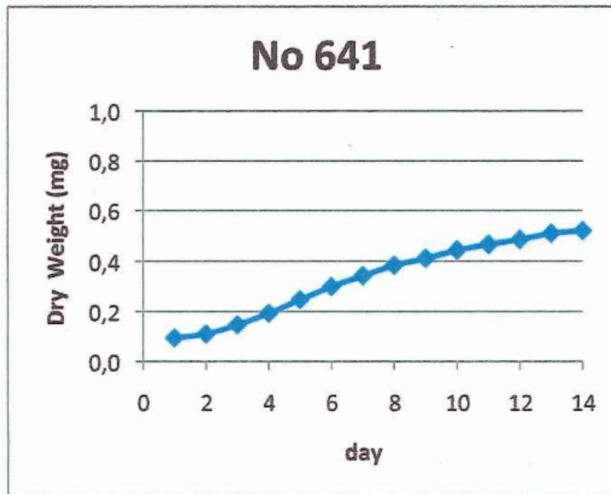
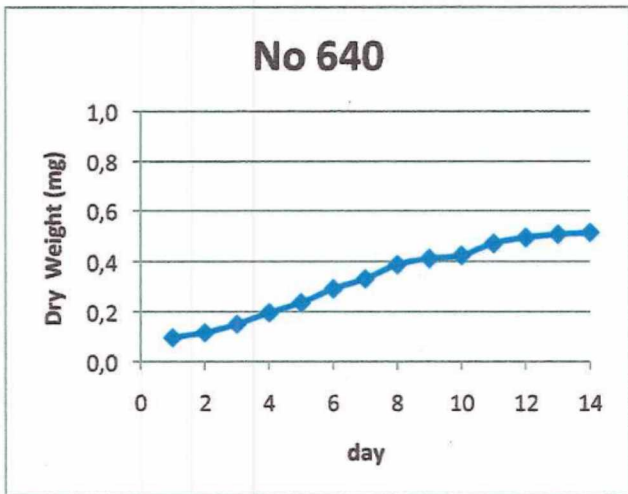
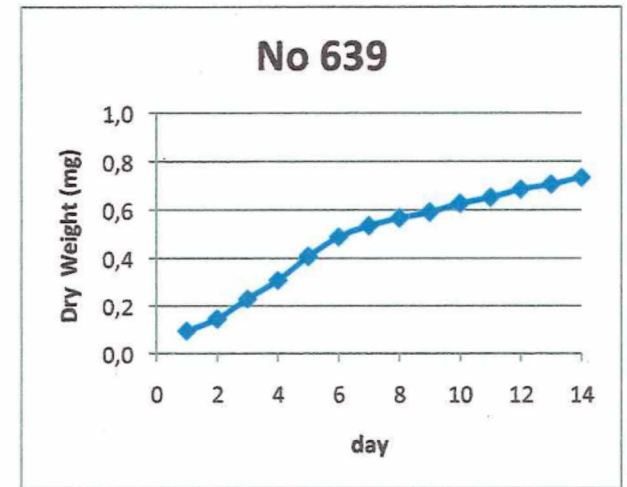
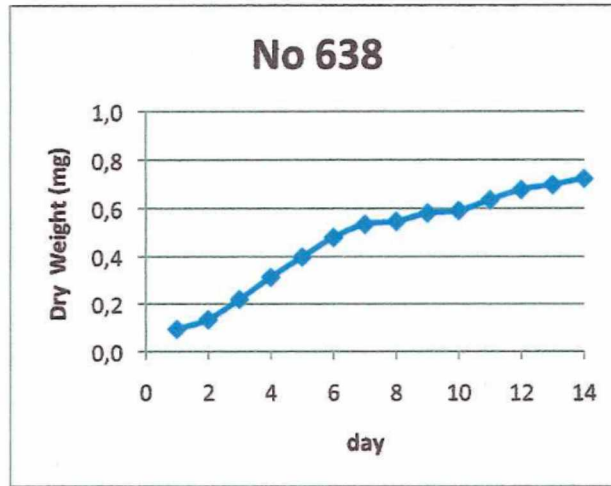
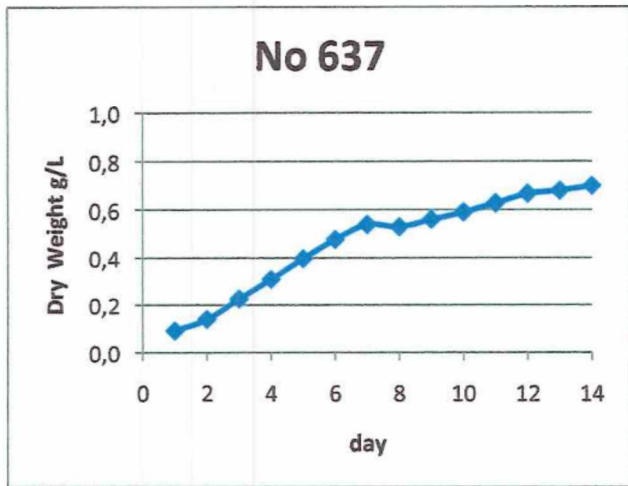
Ένταση φωτισμού: 5 klux

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ: ΚΑΥΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 637, 638, 639, 640, 641, 642

		27-Ιουν				28-Ιουν				29-Ιουν				30-Ιουν				1-Ιουλ			
		day 0				day 1				day 2				day 3				day 4			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 637	0,326	9,91	53,4	28,3	0,496	10,23	53,2	29,4	0,801	10,41	53,4	29,8	1,098	10,56	53,2	29,4	1,410	10,66	52,7	29,0
	No 638	0,336	9,92	53,3	27,1	0,478	10,26	53,0	29,2	0,780	10,45	53,7	29,3	1,112	10,59	52,4	29,4	1,416	10,67	53,0	29,8
	No 639	0,340	9,93	53,1	27,1	0,517	10,27	52,7	29,1	0,818	10,46	52,9	30,0	1,094	10,60	52,6	29,8	1,451	10,67	54,0	29,7
5 Klux	No 640	0,341	9,92	53,5	27,3	0,413	10,22	53,1	28,9	0,535	10,40	53,2	29,2	0,701	10,51	53,2	29,3	0,843	10,58	54,1	29,1
	No 641	0,333	9,92	53,5	26,9	0,389	10,26	52,9	28,4	0,521	10,44	52,9	28,8	0,686	10,55	52,6	29,1	0,881	10,61	52,6	29,4
	No 642	0,340	9,93	53,4	26,9	0,402	10,20	53,1	28,7	0,508	10,37	53,1	29,0	0,613	10,49	52,5	29,0	0,841	10,56	53,3	29,0

		2-Ιουλ				3-Ιουλ				4-Ιουλ				5-Ιουλ				6-Ιουλ			
		day 5				day 6				day 7				day 8				day 9			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 637	1,694	10,71	53	30,0	1,915	10,77	53,0	29,2	1,945	10,76	51,7	29,4	2,182	10,80	51,8	28,9	2,266	10,80	51,5	28,8
	No 638	1,705	10,72	53,3	29,4	1,899	10,75	53,3	29,3	1,990	10,76	51,8	29,1	2,158	10,81	51,7	29,0	2,289	10,80	52,1	29,7
	No 639	1,737	10,73	52,7	30,0	1,903	10,78	52,5	29,7	2,026	10,78	50,8	29,9	2,256	10,82	51,3	29,5	2,323	10,80	51,4	29,4
5 Klux	No 640	1,039	10,65	52,6	29,4	1,179	10,7	53,2	29,1	1,266	10,71	51,2	29,2	1,478	10,76	52,0	28,8	1,562	10,76	52,1	29,2
	No 641	1,067	10,67	53	28,8	1,218	10,72	53,1	28,7	1,333	10,72	51,5	28,6	1,496	10,77	51,7	28,5	1,585	10,76	51,9	29,0
	No 642	0,933	10,63	53,5	28,9	1,138	10,68	53,6	28,8	1,187	10,70	51,4	28,7	1,315	10,77	51,7	28,5	1,429	10,75	51,9	28,6

		7-Ιουλ				8-Ιουλ				9-Ιουλ				10-Ιουλ				11-Ιουλ			
		day 10				day 11				day 12				day 13				day 14			
		A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C	A	pH	mS/cm	T°C
15 Klux	No 637	2,502	10,80	52,0	28,8	2,634	10,80	51,8	28,7	2,783	10,81	50,8	29,0	2,895	10,83	51,3	28,7	3,034	10,83	51,9	28,5
	No 638	2,443	10,81	51,6	29,6	2,508	10,83	50,9	29,8	2,691	10,82	51,7	29,8	2,740	10,84	50,9	29,7	2,807	10,84	53,3	28,9
	No 639	2,454	10,82	51,1	29,4	2,534	10,83	50,6	29,5	2,688	10,82	51,1	29,6	2,775	10,83	51	29,5	2,815	10,85	50,7	29,1
5 Klux	No 640	1,692	10,78	52,0	29,2	1,746	10,80	51,9	29,3	1,862	10,80	52,1	29,2	1,936	10,81	51,4	29,2	2,010	10,82	52,2	28,9
	No 641	1,673	10,78	51,6	29,1	1,760	10,80	51,0	29,0	1,867	10,79	51,4	29,0	1,976	10,8	51,2	28,9	2,026	10,82	50,2	28,7
	No 642	1,541	10,77	52,2	28,5	1,639	10,79	51,8	28,5	1,735	10,79	51,1	28,6	1,752	10,8	51,4	28,4	1,848	10,82	50,9	28,4



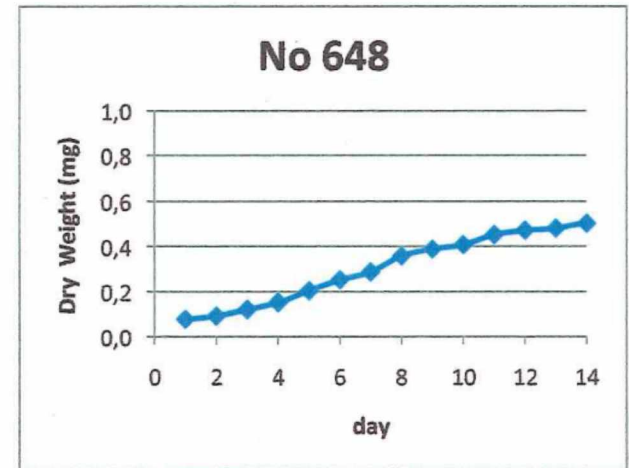
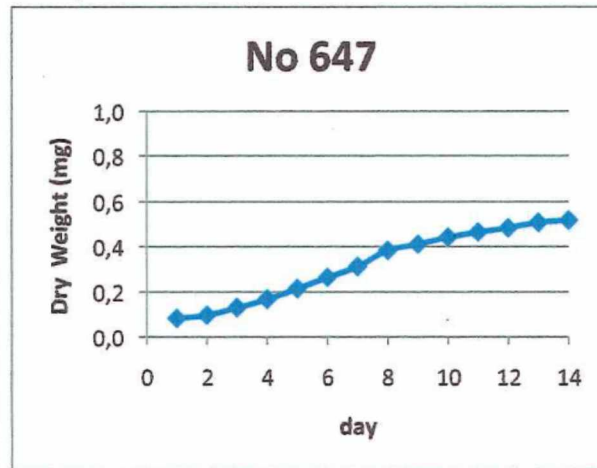
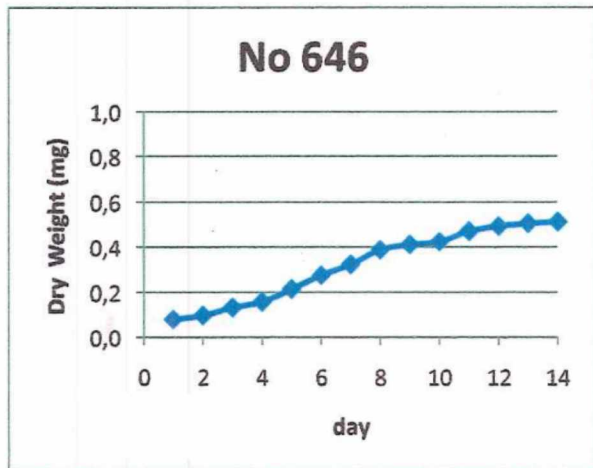
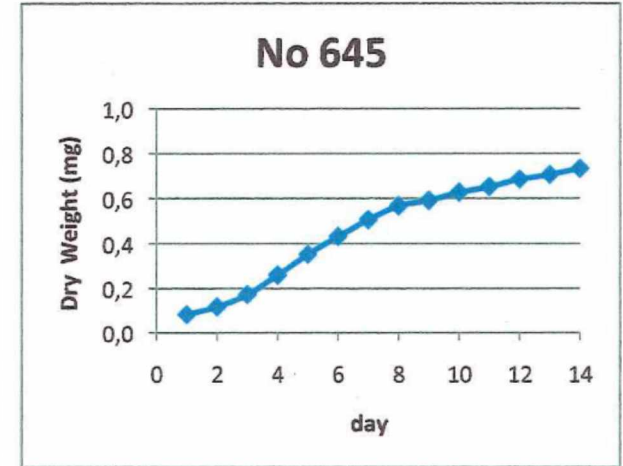
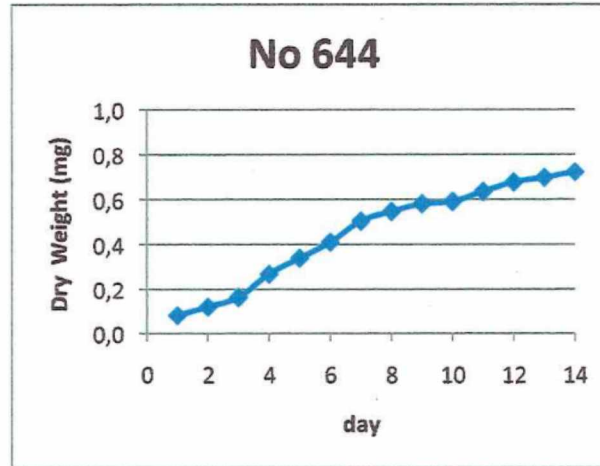
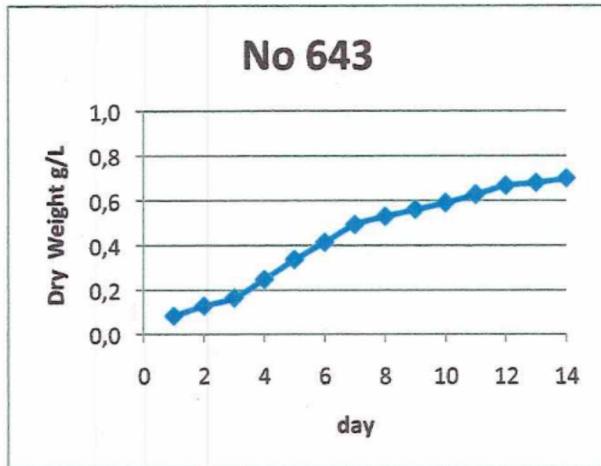
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ: ΚΑΛΙΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 643, 644, 645, 646, 647, 648

		27-Ιουβ				28-Ιουβ				29-Ιουβ				30-Ιουβ				1-Ιουλ			
		day 0				day 1				day 2				day 3				day 4			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 643	0,299	9,84	64,8	26,9	0,458	10,19	64,5	27,6	0,589	10,40	64,9	27,9	0,880	10,51	64,5	28,0	1,197	10,62	64,5	27,6
	No 644	0,293	9,84	65,1	26,7	0,430	10,19	65,2	27,7	0,583	10,40	64,6	27,9	0,950	10,51	65,2	28,1	1,206	10,61	64,8	27,6
	No 645	0,295	9,84	64,9	26,6	0,420	10,19	64,4	28,0	0,615	10,39	64,5	28,4	0,919	10,52	64,1	28,4	1,253	10,62	64,0	28,0
5 Klux	No 646	0,288	9,83	64,8	26,6	0,351	10,14	64,7	27,6	0,474	10,35	64,7	27,7	0,562	10,47	62,5	27,7	0,761	10,53	64,2	27,3
	No 647	0,302	9,83	65,0	26,7	0,353	10,18	64,8	26,9	0,469	10,36	65,3	27,3	0,600	10,47	64,6	27,5	0,763	10,55	64,6	27,2
	No 648	0,281	9,83	64,9	26,4	0,333	10,17	64,2	26,9	0,434	10,35	64,8	27,4	0,542	10,45	64,6	27,5	0,725	10,53	64,4	27,2

		2-Ιουλ				3-Ιουλ				4-Ιουλ				5-Ιουλ				6-Ιουλ			
		day 5				day 6				day 7				day 8				day 9			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 643	1,472	10,68	63,8	28,4	1,752	10,73	63,5	27,5	1,984	10,71	65,4	28,3	2,191	10,76	65,0	27,5	2,275	10,73	64,3	28,4
	No 644	1,459	10,68	63,1	28,5	1,792	10,72	64,5	27,9	1,999	10,70	65,0	28,3	2,196	10,74	65,7	27,7	2,333	10,73	65,3	28,1
	No 645	1,537	10,69	63,4	28,7	1,797	10,73	64,4	27,4	2,058	10,70	65,1	28,4	2,220	10,75	65,1	28,0	2,378	10,74	64,9	28,9
5 Klux	No 646	0,976	10,59	64,2	28,0	1,147	10,65	63,5	27,5	1,322	10,64	64,8	27,7	1,477	10,70	64,6	27,3	1,642	10,69	65,3	27,9
	No 647	0,938	10,61	63,9	27,5	1,109	10,65	64,4	27,0	1,415	10,64	66,5	27,2	1,482	10,70	66,4	26,9	1,680	10,70	66,8	27,4
	No 648	0,894	10,59	64	27,4	1,016	10,63	64,3	27,4	1,178	10,63	64,1	27,2	1,282	10,69	63,8	26,9	1,425	10,70	63,0	27,2

		7-Ιουλ				8-Ιουλ				9-Ιουλ				10-Ιουλ				11-Ιουλ			
		day 10				day 11				day 12				day 13				day 14			
		A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C	A	pH	mS/cm	T °C
15 Klux	No 643	2,483	10,77	65,5	28,4	2,602	10,8	64,6	28,6	2,706	10,80	63,6	28,8	2,848	10,8	64,7	28,6	2,909	10,82	63,7	28,5
	No 644	2,406	10,76	65,6	27,7	2,584	10,78	64,4	28,3	2,766	10,77	65,1	28,6	2,805	10,79	63,5	28,3	2,872	10,80	64,9	28,4
	No 645	2,516	10,77	64,7	28,5	2,742	10,79	65,3	28,9	2,778	10,79	64,5	28,9	2,861	10,8	63,4	28,8	3,088	10,80	65,5	28,9
5 Klux	No 646	1,638	10,73	63,9	27,3	1,841	10,74	64,5	27,7	1,911	10,74	64,5	27,8	2,095	10,75	65,1	27,4	2,146	10,77	64,3	27,6
	No 647	1,783	10,73	65,8	27,0	1,930	10,75	66,4	27,4	1,981	10,75	65,5	27,6	2,096	10,76	64,9	27,3	2,141	10,77	65,7	27,5
	No 648	1,523	10,72	63,3	27,0	1,725	10,74	63,9	27,3	1,734	10,73	63,1	27,4	1,872	10,74	63,3	27,2	1,930	10,75	64,1	27,5

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Νο 643, 644, 645, 646, 647, 648



607 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	33,8	10,22	26,2	0,462	0,09320	0
1	28,7	10,54	25,8	0,869	0,20350	0,78089
2	28,5	10,64	25,9	1,311	0,32328	0,46286
3	29,8	10,75	26,0	1,789	0,45282	0,33697
4	30,0	10,82	24,9	2,064	0,52734	0,15236
5	30,2	10,87	25,4	2,327	0,59862	0,12677
6	30,1	10,89	25,6	2,525	0,65228	0,08584
7	30,0	10,94	25,7	2,784	0,72246	0,10220
8	30,1	10,93	25,8	2,910	0,75661	0,04618
9	30,2	10,93	25,8	0,380	0,70980	-0,06386
10	30,7	10,95	25,1	1,633	0,82109	0,14564
11	30,2	10,93	24,9	1,676	0,84439	0,02799
12	30,4	10,95	24,5	1,752	0,88558	0,04763
13	29,4	10,93	24,6	1,737	0,87745	-0,00922
14	0,0	0	0,0			

608 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	33,4	10,22	26,6	0,492	0,10133	0
1	28,7	10,58	25,9	0,847	0,19754	0,66752
2	28,6	10,66	26,3	1,374	0,34035	0,54406
3	29,4	10,78	26,2	1,786	0,45201	0,28371
4	30,0	10,84	26,0	2,074	0,53005	0,15928
5	30,2	10,89	26,1	2,334	0,60051	0,12481
6	29,2	10,92	25,9	2,464	0,63574	0,05701
7	29,7	10,94	26,1	2,776	0,72030	0,12487
8	29,8	10,94	25,7	2,902	0,75444	0,04632
9	30,6	10,93	25,9	0,391	0,73961	-0,01986
10	30,6	10,94	25,1	1,616	0,81187	0,09322
11	30,5	10,93	25,1	1,645	0,82759	0,01918
12	30,6	10,94	24,8	1,751	0,88504	0,06712
13	29,6	10,93	24,8	1,754	0,88667	0,00184
14	0,0	0	0,0			

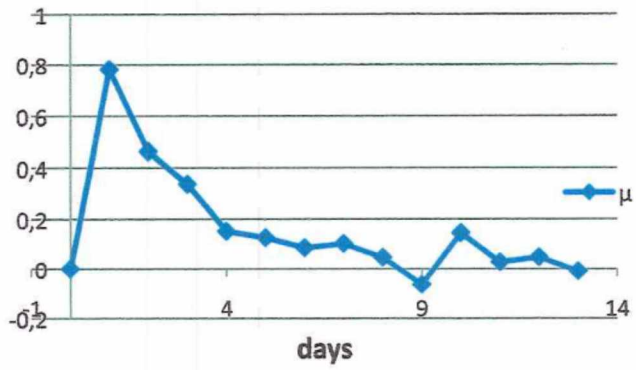
609 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	33,8	10,22	26,4	0,491	0,10106	0
1	28,9	10,61	26,0	0,949	0,22518	0,80117
2	28,7	10,70	26,0	1,390	0,34469	0,42575
3	29,8	10,81	26,1	1,826	0,46285	0,29475
4	30,0	10,86	26,0	2,191	0,56176	0,19368
5	30,4	10,91	25,9	2,400	0,61840	0,09606
6	29,7	10,93	25,6	2,640	0,68344	0,10000
7	30,7	10,96	26,0	2,865	0,74442	0,08546
8	30,8	10,95	26,0	3,009	0,78344	0,05109
9	31,0	10,94	25,9	0,387	0,72877	-0,07234
10	30,8	10,96	25,2	1,663	0,83735	0,13888
11	30,9	10,94	25,2	1,771	0,89588	0,06757
12	30,9	10,95	24,9	1,821	0,92298	0,02980
13	30,0	10,94	24,9	1,866	0,94737	0,02608
14	0,0	0	0,0			

610 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	34,1	10,22	25,9	0,518	0,10838	0
1	27,9	10,61	25,2	0,618	0,13548	0,22318
2	27,8	10,66	25,1	0,755	0,17261	0,24220
3	28,4	10,73	25,4	1,010	0,24171	0,33673
4	28,6	10,79	25,3	1,225	0,29998	0,21596
5	29,4	10,84	25,3	1,412	0,35065	0,15610
6	28,5	10,88	25,2	1,621	0,40729	0,14973
7	29,7	10,91	25,4	1,844	0,46772	0,13835
8	29,6	10,90	25,4	1,900	0,48290	0,03193
9	29,7	10,89	25,8	2,048	0,52301	0,07979
10	30,0	10,91	25,1	1,105	0,53491	0,02250
11	30,0	10,89	24,7	1,117	0,54141	0,01209
12	30,0	10,9	24,7	1,188	0,57990	0,06866
13	29,1	10,88	24,6	1,214	0,59399	0,02401
14	0,0	0	0,0			

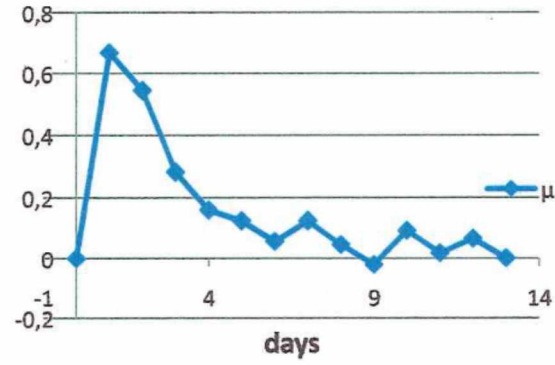
611 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	34	10,22	26,6	0,479	0,09781	0
1	28,2	10,58	25,9	0,681	0,15255	0,44448
2	28,1	10,61	26,3	0,855	0,19971	0,26934
3	28,8	10,70	26,5	1,045	0,25120	0,22939
4	29,0	10,78	26,1	1,313	0,32382	0,25397
5	29,6	10,83	26,3	1,532	0,38317	0,16829
6	28,9	10,88	26,0	1,685	0,42464	0,10275
7	29,3	10,91	26,1	1,882	0,47802	0,11843
8	29,4	10,90	26,1	1,996	0,50892	0,06263
9	29,6	10,90	26,0	2,145	0,54930	0,07635
10	29,9	10,92	26,0	1,153	0,56093	0,02095
11	30,0	10,9	25,4	1,214	0,59399	0,05727
12	30,0	10,91	25,3	1,236	0,60591	0,01988
13	29,0	10,9	25,0	1,274	0,62651	0,03343
14	0,0	0	0,0			

612 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	33,7	10,22	26,5	0,469	0,09510	0
1	27,7	10,6	26,1	0,622	0,13656	0,36186
2	27,6	10,65	26,0	0,836	0,19456	0,35394
3	28,4	10,73	25,8	1,010	0,24171	0,21702
4	28,4	10,79	26,0	1,183	0,28859	0,17728
5	29,0	10,84	26,1	1,405	0,34876	0,18935
6	28,4	10,88	26,1	1,580	0,39618	0,12750
7	29,3	10,91	26,2	1,787	0,45228	0,13243
8	29,5	10,91	26,0	1,930	0,49103	0,08221
9	29,5	10,90	25,7	2,013	0,51352	0,04479
10	29,8	10,91	25,9	1,093	0,52841	0,02857
11	29,9	10,9	25,4	1,162	0,56580	0,06838
12	29,9	10,9	25,4	1,205	0,58911	0,04037
13	29,0	10,9	24,9	1,203	0,58803	-0,00184
14	0,0	0	0,0			

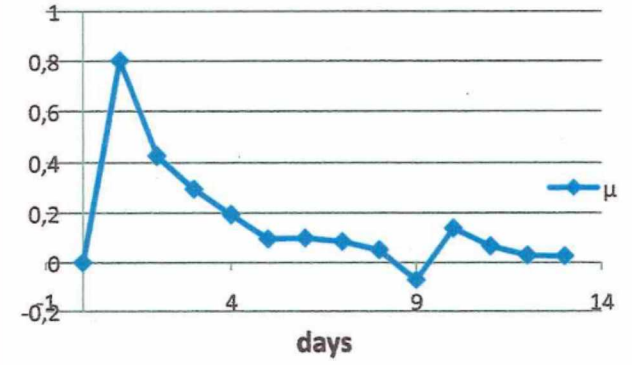
607 15Klux



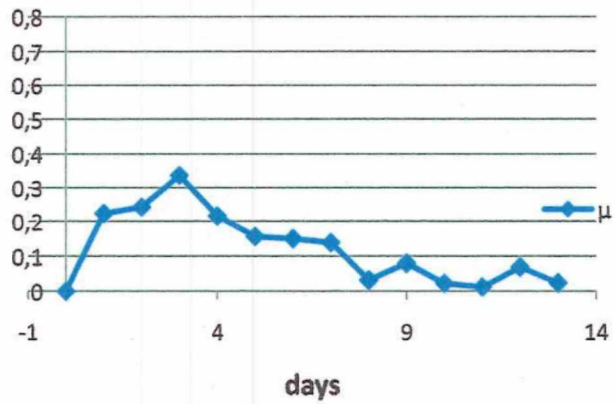
608 15Klux



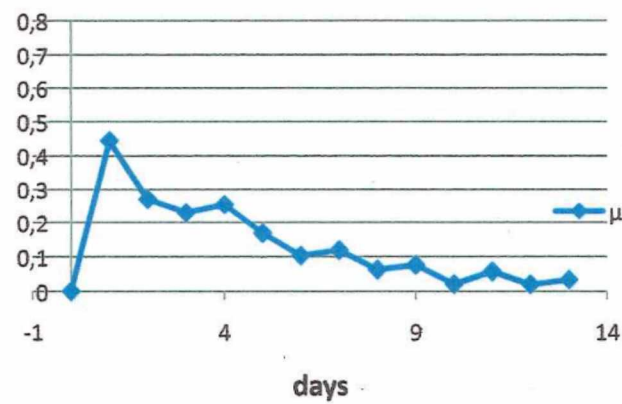
609 15Klux



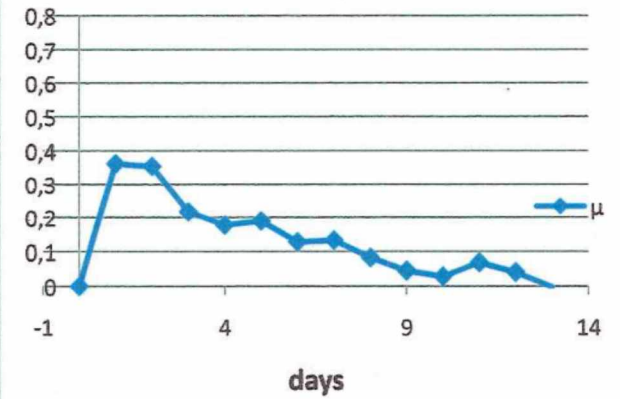
610 5Klux



611 5Klux



612 5Klux



631 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,4	10,11	24,9	0,300	0,08360	0
1	30,0	10,43	25,4	0,483	0,13521	0,48076
2	29,5	10,63	25,2	0,844	0,23701	0,56129
3	29,5	10,75	25,2	1,216	0,34191	0,36646
4	29,4	10,83	25,0	1,520	0,42764	0,22373
5	29,3	10,87	25,1	1,652	0,46486	0,08346
6	29,3	10,90	25,2	1,740	0,48968	0,05201
7	30,2	10,89	25,1	1,881	0,52944	0,07807
8	30,1	10,93	25,1	1,989	0,55990	0,05593
9	30,0	10,94	24,8	2,095	0,58979	0,05201
10	30,1	10,94	25,0	2,226	0,62673	0,06075
11	30,2	10,95	24,7	2,365	0,66593	0,06067
12	30,0	10,96	24,7	2,409	0,67834	0,01846
13	30,1	10,92	24,8	2,478	0,69780	0,02828
14	29,5	10,96	24,7	2,544	0,71641	0,02632

632 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,3	10,10	24,9	0,306	0,08529	0
1	29,6	10,43	25,2	0,503	0,14085	0,50159
2	29,6	10,63	24,8	0,869	0,24406	0,54974
3	29,6	10,75	24,8	1,362	0,38308	0,45085
4	29,3	10,84	25,3	1,547	0,43525	0,12768
5	29,4	10,88	25,1	1,680	0,47276	0,08266
6	29,4	10,90	24,6	1,780	0,50096	0,05794
7	30,3	10,89	24,8	1,942	0,54664	0,08727
8	30,3	10,93	24,7	2,062	0,58048	0,06006
9	30,2	10,94	24,4	2,098	0,59064	0,01734
10	30,2	10,94	24,6	2,253	0,63435	0,07139
11	30,5	10,95	24,8	2,401	0,67608	0,06372
12	30,4	10,95	25,2	2,474	0,69667	0,02999
13	30,5	10,92	25,3	2,562	0,72148	0,03500
14	29,3	10,97	24,8	2,608	0,73446	0,01782

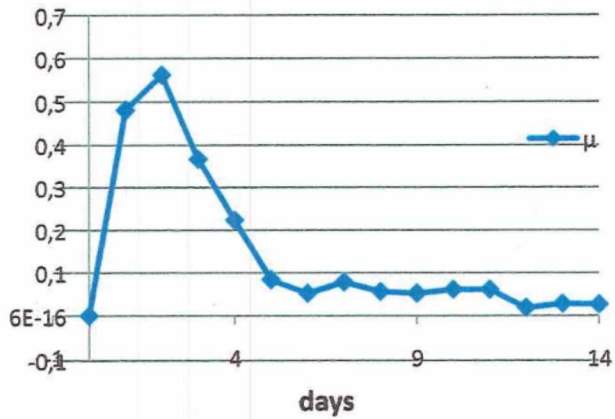
633 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,3	10,10	25,0	0,296	0,08247	0
1	30,6	10,45	25,3	0,543	0,15213	0,61225
2	30,3	10,66	29,4	0,973	0,27339	0,58618
3	30,3	10,77	29,4	1,274	0,35827	0,27040
4	30,0	10,83	24,5	1,471	0,41382	0,14415
5	29,8	10,87	24,7	1,724	0,48517	0,15906
6	29,8	10,90	24,8	1,845	0,51929	0,06797
7	30,7	10,89	25,0	2,015	0,56723	0,08830
8	30,3	10,93	25,0	2,100	0,59120	0,04139
9	30,6	10,95	24,6	2,224	0,62617	0,05746
10	30,7	10,94	24,8	2,313	0,65127	0,03930
11	30,7	10,95	24,6	2,431	0,68454	0,04983
12	30,8	10,96	24,3	2,504	0,70513	0,02963
13	30,9	10,92	24,5	2,601	0,73248	0,03806
14	29,6	10,97	24,4	2,624	0,73897	0,00882

634 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,6	10,10	25,0	0,295	0,08219	0
1	29,7	10,43	25,1	0,402	0,11236	0,31271
2	29,3	10,60	25,0	0,602	0,16876	0,40676
3	29,3	10,72	25,0	0,800	0,22460	0,28582
4	29,1	10,78	25,0	0,968	0,27198	0,19139
5	29,7	10,83	25,1	1,188	0,33402	0,20548
6	29,7	10,86	24,9	1,294	0,36391	0,08571
7	29,6	10,85	25,0	1,379	0,38788	0,06379
8	29,8	10,88	24,9	1,464	0,41185	0,05996
9	29,6	10,9	24,8	1,508	0,42426	0,02968
10	29,8	10,9	24,6	1,675	0,47135	0,10526
11	29,5	10,91	24,8	1,753	0,49335	0,04561
12	29,6	10,92	24,8	1,798	0,50604	0,02540
13	29,5	10,89	25,0	1,823	0,51309	0,01384
14	28,8	10,94	25,0	1,881	0,52944	0,03138

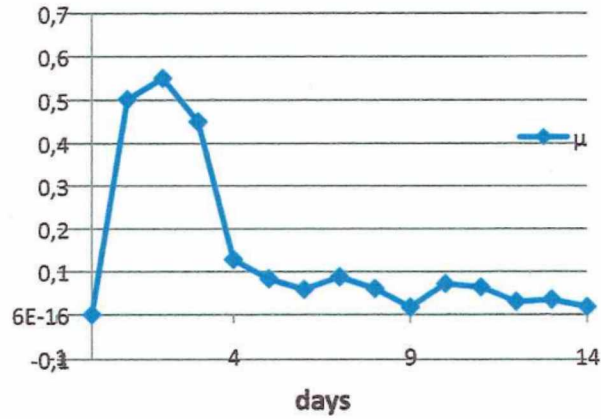
635 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	28,1	10,09	24,9	0,301	0,08388	0
1	29,5	10,41	25,2	0,414	0,11575	0,32200
2	28,8	10,59	25,1	0,603	0,16905	0,37876
3	28,8	10,72	25,1	0,780	0,21896	0,25872
4	28,8	10,79	25,0	0,998	0,28044	0,24746
5	28,7	10,84	24,6	1,174	0,33007	0,16295
6	28,7	10,86	24,9	1,282	0,36052	0,08826
7	29,4	10,86	24,9	1,365	0,38393	0,06290
8	29,6	10,9	24,5	1,462	0,41128	0,06882
9	28,5	10,9	24,9	1,575	0,44315	0,07462
10	29,8	10,91	24,8	1,655	0,46571	0,04965
11	29,5	10,92	24,8	1,722	0,48460	0,03977
12	29,5	10,93	24,8	1,807	0,50857	0,04828
13	29,4	10,9	24,6	1,842	0,51844	0,01922
14	28,6	10,95	24,7	1,862	0,52408	0,01082

636 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	28,1	10,09	25,0	0,295	0,08219	0
1	28,9	10,48	25,1	0,388	0,10842	0,27694
2	28,1	10,65	25,0	0,557	0,15607	0,36435
3	28,1	10,74	25,0	0,677	0,18991	0,19624
4	27,8	10,81	24,7	0,840	0,23588	0,21675
5	27,6	10,86	24,9	1,038	0,29172	0,21246
6	27,6	10,87	24,8	1,151	0,32358	0,10367
7	28,7	10,86	24,8	1,268	0,35658	0,09709
8	28,8	10,89	24,8	1,381	0,38844	0,08560
9	28,4	10,9	24,5	1,450	0,40790	0,04888
10	28,9	10,9	24,7	1,610	0,45302	0,10491
11	28,5	10,9	24,5	1,678	0,47220	0,04146
12	28,7	10,91	24,5	1,712	0,48178	0,02010
13	28,4	10,88	24,6	1,786	0,50265	0,04240
14	28,1	10,93	24,4	1,707	0,48037	-0,04533

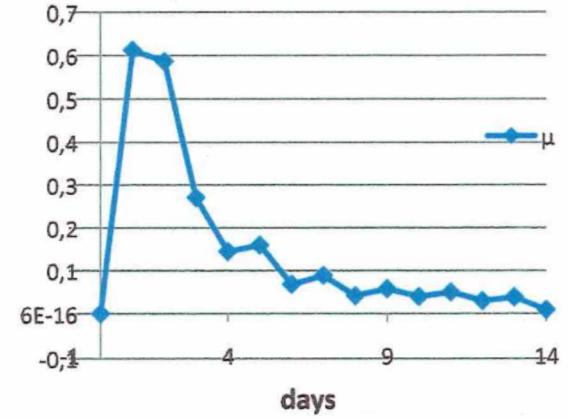
631 15Klux



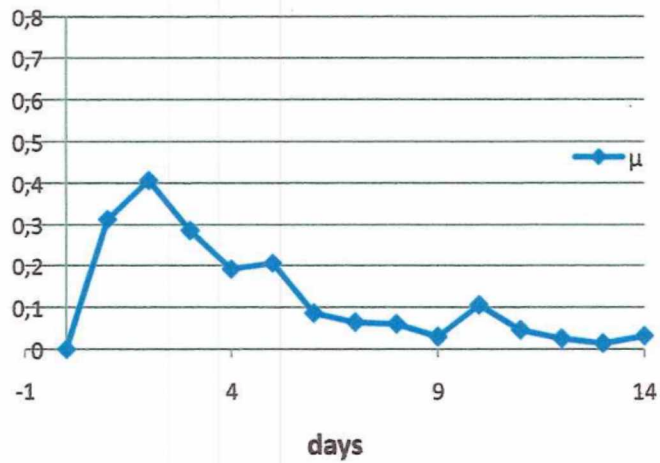
632 15Klux



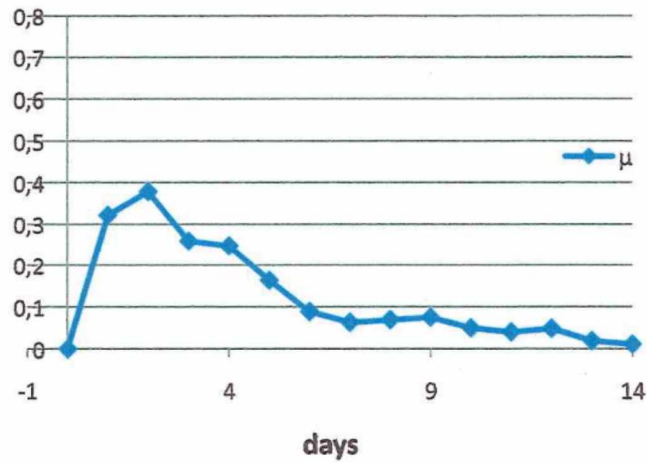
633 15Klux



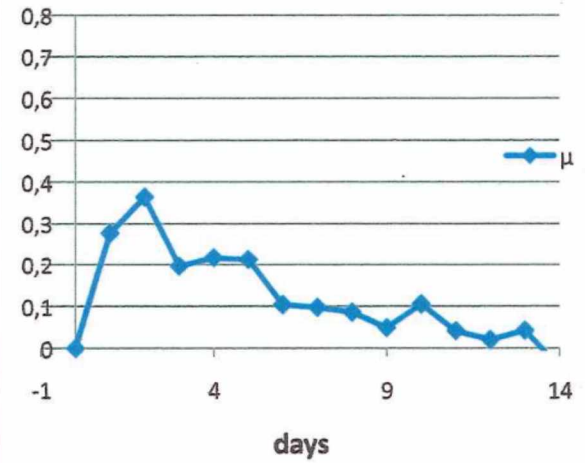
634 5Klux



635 5Klux



636 5Klux



625 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	28,9	10,02	39,1	0,366	0,10221	0
1	29,1	10,38	39,2	0,579	0,16228	0,46226
2	28,9	10,56	38,3	0,944	0,26521	0,49120
3	28,3	10,68	39,2	1,248	0,35094	0,28009
4	28,3	10,74	39,2	1,472	0,41410	0,16551
5	28,2	10,78	37,8	1,614	0,45415	0,09231
6	27,8	10,80	37,7	1,755	0,49391	0,08393
7	26,7	10,80	38,4	1,973	0,55539	0,11731
8	28,8	10,81	37,7	2,088	0,58782	0,05675
9	28,9	10,81	37,8	2,183	0,61461	0,04457
10	28,7	10,82	37,8	2,293	0,64563	0,04924
11	28,4	10,83	37,7	2,322	0,65380	0,01259
12	29,2	10,83	37,1	2,499	0,70372	0,07357
13	29,1	10,85	39,9	2,521	0,70992	0,00878
14	29,0	10,82	37,5	2,828	0,79650	0,11507

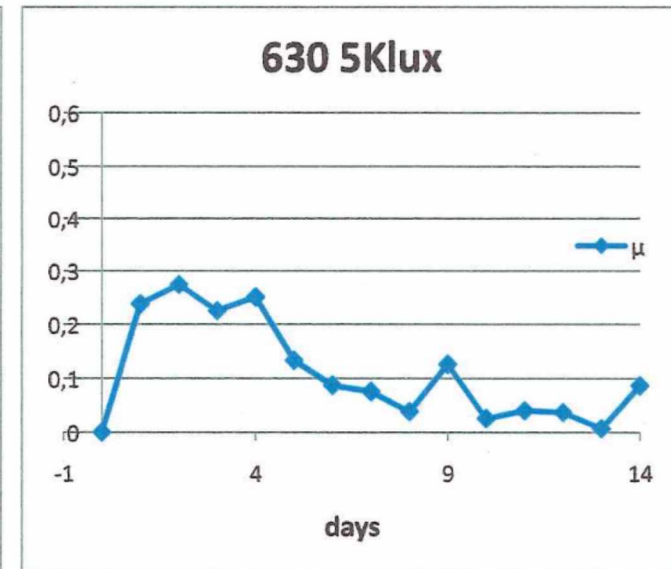
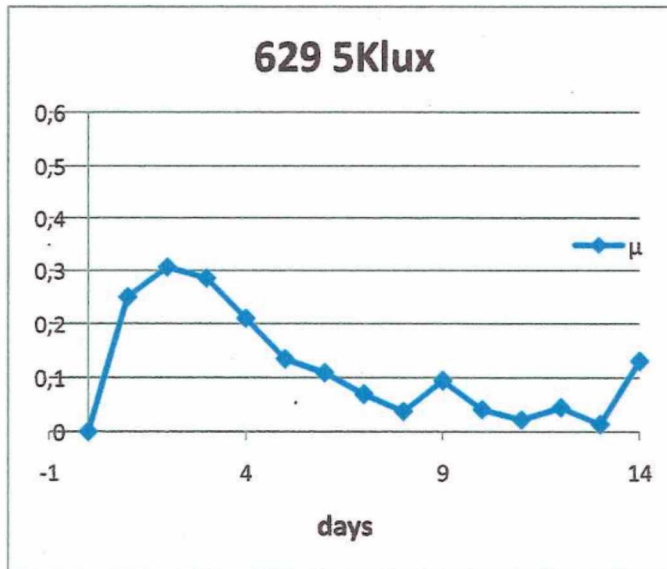
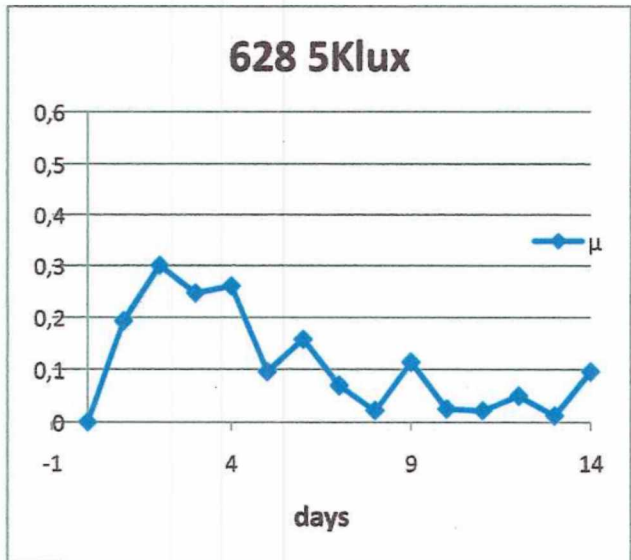
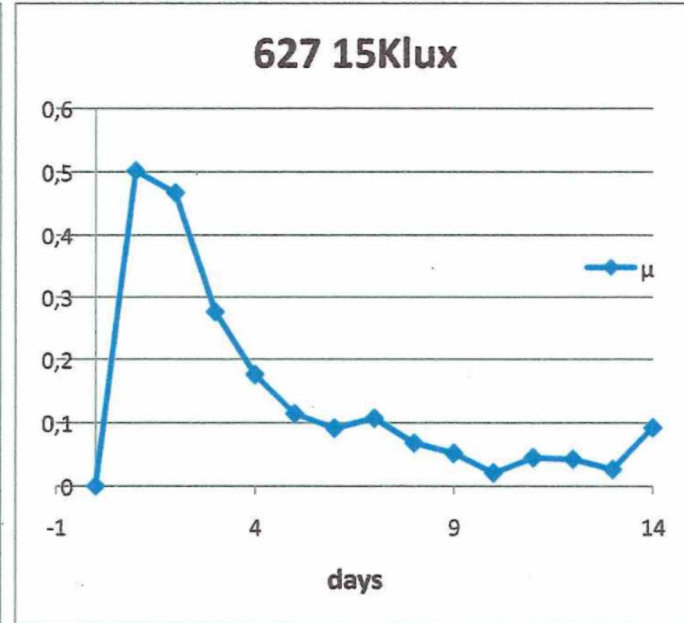
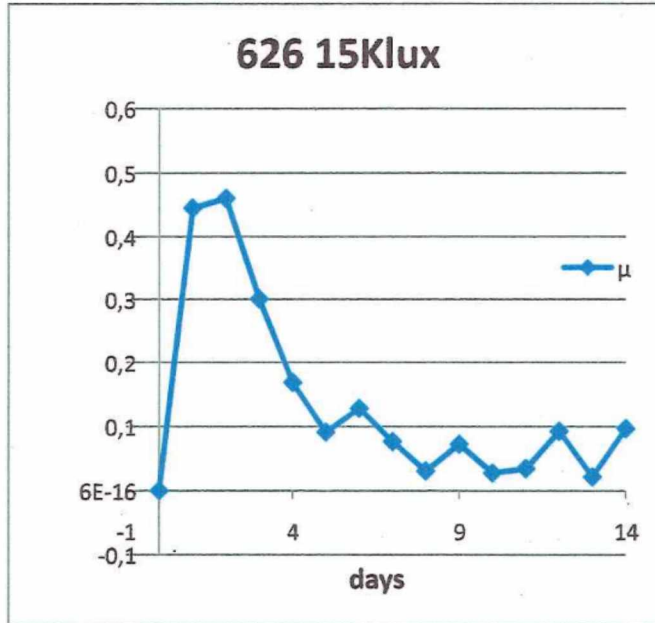
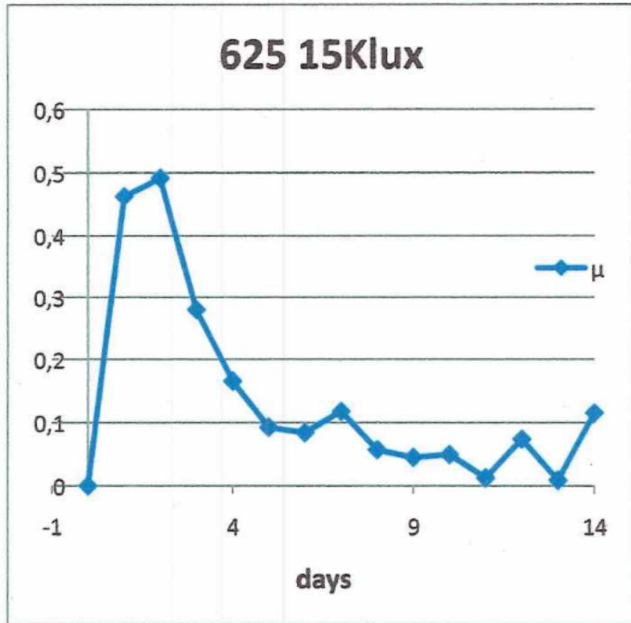
626 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	29,6	10,02	39,5	0,385	0,10757	0
1	29,0	10,39	39,2	0,599	0,16792	0,44533
2	29,3	10,51	39,6	0,947	0,26605	0,46022
3	28,3	10,64	39,4	1,278	0,35940	0,30073
4	28,3	10,7	39,4	1,512	0,42538	0,16857
5	29,0	10,76	40,5	1,656	0,46599	0,09118
6	28,4	10,79	40,2	1,882	0,52972	0,12819
7	26,1	10,80	40,4	2,031	0,57174	0,07633
8	29,4	10,80	40,3	2,094	0,58951	0,03060
9	29,5	10,82	39,0	2,251	0,63378	0,07242
10	28,3	10,83	39,5	2,314	0,65155	0,02765
11	28,8	10,83	40,2	2,395	0,67439	0,03446
12	29,1	10,84	39,9	2,627	0,73981	0,09259
13	29,1	10,85	39,9	2,684	0,75589	0,02149
14	29,1	10,82	40,0	2,956	0,83259	0,09665

627 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	29,6	10,02	39,6	0,372	0,10390	0
1	29,2	10,36	40,1	0,612	0,17158	0,50161
2	29,7	10,55	39,1	0,974	0,27367	0,46684
3	28,7	10,67	39,5	1,283	0,36081	0,27642
4	28,7	10,73	39,5	1,529	0,43018	0,17586
5	27,9	10,77	40,0	1,713	0,48207	0,11388
6	28,0	10,80	38,7	1,876	0,52803	0,09108
7	28,1	10,81	39,7	2,087	0,58753	0,10678
8	29,2	10,81	39,1	2,233	0,62871	0,06773
9	29,4	10,82	39,2	2,351	0,66198	0,05157
10	29,2	10,83	39,4	2,401	0,67608	0,02108
11	29,0	10,83	39,3	2,511	0,70710	0,04486
12	29,3	10,84	39,0	2,619	0,73756	0,04217
13	29,1	10,85	38,9	2,689	0,75730	0,02641
14	29,2	10,82	39,7	2,948	0,83034	0,09207

628 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	29,6	10,02	39,5	0,404	0,11293	0
1	28,4	10,34	39,3	0,489	0,13690	0,19249
2	28,5	10,51	39,0	0,659	0,18484	0,30024
3	27,8	10,62	39,1	0,842	0,23644	0,24623
4	27,8	10,68	39,1	1,091	0,30666	0,26003
5	28,4	10,73	38,6	1,200	0,33740	0,09552
6	27,5	10,75	40,8	1,404	0,39493	0,15743
7	26,5	10,77	40,8	1,505	0,42341	0,06964
8	28,5	10,77	40,8	1,539	0,43300	0,02239
9	28,5	10,78	41,2	1,724	0,48517	0,11376
10	28,4	10,80	40,6	1,769	0,49786	0,02582
11	28,3	10,8	40,8	1,809	0,50914	0,02240
12	28,4	10,81	40,4	1,902	0,53536	0,05023
13	28,1	10,83	40,5	1,927	0,54241	0,01308
14	28,3	10,79	40,7	2,121	0,59712	0,09609

629 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	29,7	10,02	39,5	0,384	0,10729	0
1	28	10,32	38,8	0,492	0,13774	0,24988
2	28,2	10,49	38,7	0,667	0,18709	0,30621
3	27,7	10,61	38,9	0,886	0,24885	0,28525
4	27,7	10,67	38,9	1,092	0,30694	0,20981
5	27,5	10,72	40,0	1,248	0,35094	0,13394
6	27,4	10,75	39,4	1,391	0,39126	0,10877
7	26,4	10,77	39,3	1,491	0,41946	0,06960
8	28,3	10,77	39,7	1,548	0,43554	0,03760
9	28,3	10,79	40,0	1,701	0,47868	0,09446
10	28,2	10,80	40,2	1,772	0,49870	0,04098
11	28,2	10,8	40,0	1,811	0,50970	0,02181
12	28,1	10,82	39,3	1,894	0,53311	0,04490
13	28,1	10,82	39,7	1,920	0,54044	0,01366
14	28,1	10,79	40,1	2,186	0,61545	0,12997

630 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	29,6	10,02	39,5	0,376	0,10503	0
1	27,8	10,36	38,7	0,476	0,13323	0,23783
2	28,1	10,53	38,6	0,625	0,17525	0,27412
3	27,4	10,64	38,8	0,782	0,21952	0,22525
4	27,4	10,7	38,8	1,004	0,28213	0,25090
5	27,5	10,74	39,1	1,146	0,32217	0,13272
6	27,2	10,76	30,4	1,250	0,35150	0,08712
7	26,3	10,78	39,5	1,348	0,37914	0,07569
8	28,1	10,77	39,8	1,401	0,39408	0,03866
9	28,1	10,79	39,7	1,588	0,44682	0,12559
10	28	10,80	39,4	1,629	0,45838	0,02555
11	28	10,8	39,7	1,696	0,47727	0,04039
12	27,7	10,81	39,0	1,760	0,49532	0,03712
13	27,8	10,82	38,9	1,772	0,49870	0,00681
14	27,7	10,78	39,8	1,932	0,54382	0,08661



637 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	28,3	9,91	53,4	0,326	0,09093	0
1	29,4	10,23	53,2	0,496	0,13887	0,42344
2	29,8	10,41	53,4	0,801	0,22488	0,48202
3	29,4	10,56	53,2	1,098	0,30864	0,31659
4	29	10,66	52,7	1,410	0,39662	0,25082
5	30	10,71	53,0	1,694	0,47671	0,18393
6	29,2	10,77	53,0	1,915	0,53903	0,12287
7	29,4	10,76	51,7	1,945	0,54749	0,01557
8	28,9	10,80	51,8	2,182	0,61432	0,11518
9	28,8	10,8	51,5	2,266	0,63801	0,03783
10	28,8	10,80	52,0	2,502	0,70456	0,09922
11	28,7	10,8	51,8	2,634	0,74179	0,05148
12	29	10,81	50,8	2,783	0,78381	0,05510
13	28,7	10,83	51,3	2,895	0,81539	0,03950
14	28,5	10,83	51,9	3,034	0,85459	0,04695

638 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,1	9,92	53,3	0,336	0,09375	0
1	29,2	10,26	53,0	0,478	0,13380	0,35566
2	29,3	10,45	53,7	0,780	0,21896	0,49257
3	29,4	10,59	52,4	1,112	0,31258	0,35598
4	29,8	10,67	53,0	1,416	0,39831	0,24236
5	29,4	10,72	53,3	1,705	0,47981	0,18615
6	29,3	10,75	53,3	1,899	0,53452	0,10798
7	29,1	10,76	51,8	1,990	0,56018	0,04689
8	29	10,81	51,7	2,158	0,60756	0,08119
9	29,7	10,8	52,1	2,289	0,64450	0,05903
10	29,6	10,81	51,6	2,443	0,68793	0,06521
11	29,8	10,83	50,9	2,508	0,70626	0,02630
12	29,8	10,82	51,7	2,691	0,75786	0,07052
13	29,7	10,84	50,9	2,740	0,77168	0,01807
14	28,9	10,84	53,3	2,807	0,79057	0,02419

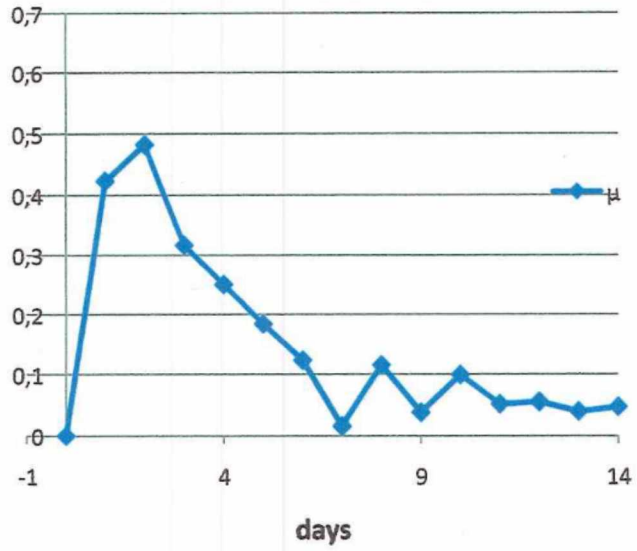
639 15 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,1	9,93	53,1	0,34	0,09488	0
1	29,1	10,27	52,7	0,517	0,14479	0,42270
2	30	10,46	52,9	0,818	0,22968	0,46136
3	29,8	10,60	52,6	1,094	0,30751	0,29183
4	29,7	10,67	54,0	1,451	0,40818	0,28321
5	30	10,73	52,7	1,737	0,48883	0,18031
6	29,7	10,78	52,5	1,903	0,53565	0,09145
7	29,9	10,78	50,8	2,026	0,57033	0,06275
8	29,5	10,82	51,3	2,256	0,63519	0,10771
9	29,4	10,8	51,4	2,323	0,65409	0,02931
10	29,4	10,82	51,1	2,454	0,69103	0,05494
11	29,5	10,83	50,6	2,534	0,71359	0,03213
12	29,6	10,82	51,1	2,688	0,75702	0,05908
13	29,5	10,83	51,0	2,775	0,78155	0,03189
14	29,1	10,85	50,7	2,815	0,79283	0,01433

640 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	27,3	9,92	53,5	0,341	0,09516	0
1	28,9	10,22	53,1	0,413	0,11547	0,19340
2	29,2	10,40	53,2	0,535	0,14987	0,26079
3	29,3	10,51	53,2	0,701	0,19668	0,27182
4	29,1	10,58	54,1	0,843	0,23673	0,18532
5	29,4	10,65	52,6	1,039	0,29200	0,20984
6	29,1	10,7	53,2	1,179	0,33148	0,12681
7	29,2	10,71	51,2	1,266	0,35601	0,07140
8	28,8	10,76	52,0	1,478	0,41580	0,15523
9	29,2	10,76	52,1	1,562	0,43948	0,05541
10	29,2	10,78	52,0	1,692	0,47614	0,08012
11	29,3	10,8	51,9	1,746	0,49137	0,03148
12	29,2	10,80	52,1	1,862	0,52408	0,06445
13	29,2	10,81	51,4	1,936	0,54495	0,03905
14	28,9	10,82	52,2	2,010	0,56582	0,03758

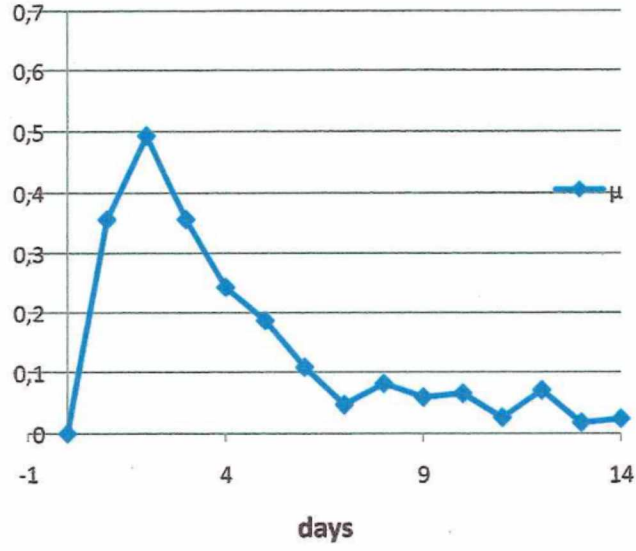
641 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,9	9,92	53,5	0,333	0,09291	0
1	28,4	10,26	52,9	0,389	0,10870	0,15699
2	28,8	10,44	52,9	0,521	0,14592	0,29450
3	29,1	10,55	52,6	0,686	0,19245	0,27677
4	29,4	10,61	52,6	0,881	0,24744	0,25133
5	28,8	10,67	53,0	1,067	0,29989	0,19225
6	28,7	10,72	53,1	1,218	0,34248	0,13277
7	28,6	10,72	51,5	1,333	0,37491	0,09047
8	28,5	10,77	51,7	1,496	0,42087	0,11565
9	29	10,76	51,9	1,585	0,44597	0,05792
10	29,1	10,78	51,6	1,673	0,47079	0,05415
11	29	10,8	51,0	1,760	0,49532	0,05080
12	29	10,79	51,4	1,867	0,52549	0,05913
13	28,9	10,8	51,2	1,976	0,55623	0,05685
14	28,7	10,82	50,2	2,026	0,57033	0,02503

642 5 klux						
days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,9	9,93	53,4	0,34	0,09488	0
1	28,7	10,20	53,1	0,402	0,11236	0,16913
2	29	10,37	53,1	0,508	0,14226	0,23588
3	29	10,49	52,5	0,613	0,17187	0,18909
4	29	10,56	53,3	0,841	0,23616	0,31780
5	28,9	10,63	53,5	0,933	0,26211	0,10423
6	28,8	10,68	53,6	1,138	0,31992	0,19931
7	28,7	10,70	51,4	1,187	0,33373	0,04229
8	28,5	10,77	51,7	1,315	0,36983	0,10270
9	28,6	10,75	51,9	1,429	0,40198	0,08335
10	28,5	10,77	52,2	1,541	0,43356	0,07564
11	28,5	10,79	51,8	1,639	0,46120	0,06179
12	28,6	10,79	51,1	1,735	0,48827	0,05704
13	28,4	10,8	51,4	1,752	0,49306	0,00977
14	28,4	10,82	50,9	1,848	0,52014	0,05345

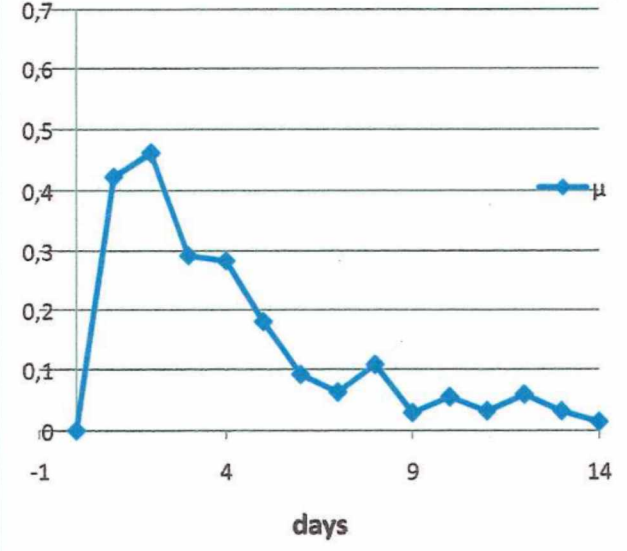
637 15Klux



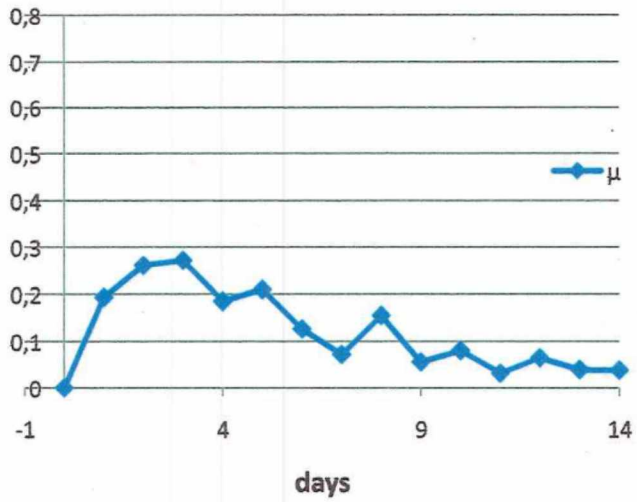
638 15Klux



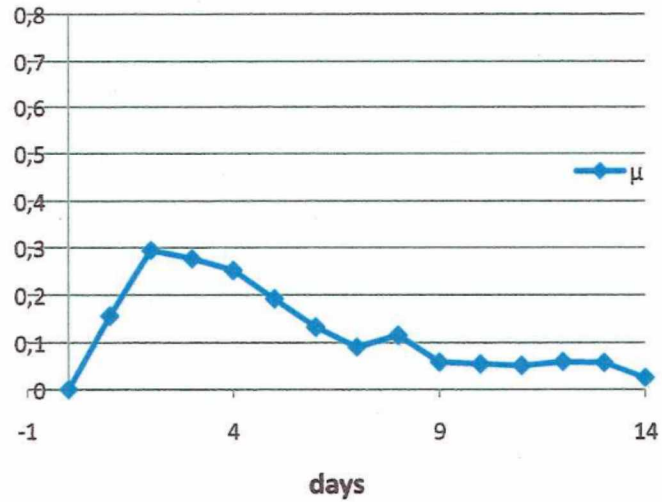
639 15Klux



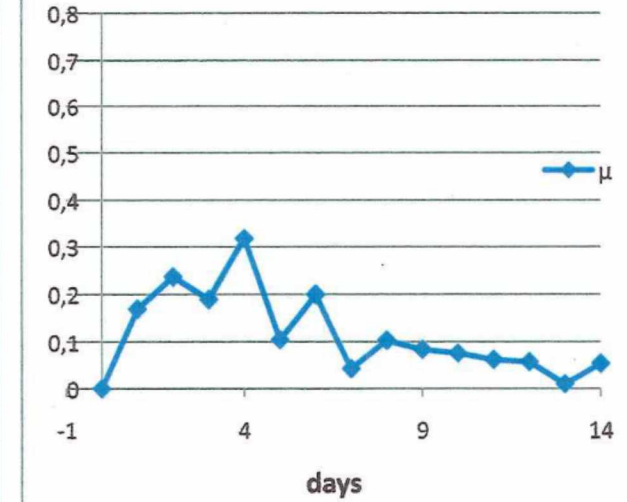
640 5Klux



641 5Klux



642 5Klux



643 15 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,9	9,84	64,8	0,299	0,08332	0
1	27,6	10,19	64,5	0,458	0,12816	0,43058
2	27,9	10,40	64,9	0,589	0,16510	0,25329
3	28,0	10,51	64,5	0,880	0,24716	0,40350
4	27,6	10,62	64,5	1,197	0,33655	0,30872
5	28,4	10,68	63,8	1,472	0,41410	0,20736
6	27,5	10,73	63,5	1,752	0,49306	0,17452
7	28,3	10,71	65,4	1,984	0,55849	0,12459
8	27,5	10,76	65,0	2,191	0,61686	0,09941
9	28,4	10,73	64,3	2,275	0,64055	0,03768
10	28,4	10,77	65,5	2,483	0,69921	0,08762
11	28,6	10,8	64,6	2,602	0,73276	0,04688
12	28,8	10,8	63,6	2,706	0,76209	0,03924
13	28,6	10,8	64,7	2,848	0,80214	0,05121
14	28,5	10,82	63,7	2,909	0,81934	0,02122

644 15 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,7	9,84	65,1	0,293	0,08163	0
1	27,7	10,19	65,2	0,430	0,12026	0,38751
2	27,9	10,40	64,6	0,583	0,16341	0,30658
3	28,1	10,51	65,2	0,950	0,26690	0,49064
4	27,6	10,61	64,8	1,206	0,33909	0,23940
5	28,5	10,68	63,1	1,459	0,41044	0,19095
6	27,9	10,72	64,5	1,792	0,50434	0,20603
7	28,3	10,70	65,0	1,999	0,56272	0,10952
8	27,7	10,74	65,7	2,196	0,61827	0,09415
9	28,1	10,73	65,3	2,333	0,65691	0,06061
10	27,7	10,76	65,6	2,406	0,67749	0,03086
11	28,3	10,78	64,4	2,584	0,72769	0,07147
12	28,6	10,77	65,1	2,766	0,77901	0,06815
13	28,3	10,79	63,5	2,805	0,79001	0,01402
14	28,4	10,8	64,9	2,872	0,80890	0,02363

645 15 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,6	9,84	64,9	0,295	0,08219	0
1	28,0	10,19	64,4	0,420	0,11744	0,35689
2	28,4	10,39	64,5	0,615	0,17243	0,38406
3	28,4	10,52	64,1	0,919	0,25816	0,40358
4	28,0	10,62	64,0	1,253	0,35235	0,31104
5	28,7	10,69	63,4	1,537	0,43243	0,20482
6	27,4	10,73	64,4	1,797	0,50575	0,15662
7	28,4	10,70	65,1	2,058	0,57936	0,13587
8	28,0	10,75	65,1	2,220	0,62504	0,07590
9	28,9	10,74	64,9	2,378	0,66960	0,06886
10	28,5	10,77	64,7	2,516	0,70851	0,05649
11	28,9	10,79	65,3	2,742	0,77224	0,08613
12	28,9	10,79	64,5	2,778	0,78240	0,01306
13	28,8	10,8	63,4	2,861	0,80580	0,02948
14	28,9	10,8	65,5	3,088	0,86982	0,07644

646 5 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,6	9,83	64,8	0,288	0,08022	0
1	27,6	10,14	64,7	0,351	0,09798	0,20006
2	27,7	10,35	64,7	0,474	0,13267	0,30307
3	27,7	10,47	62,5	0,562	0,15748	0,17147
4	27,3	10,53	64,2	0,761	0,21360	0,30479
5	28,0	10,59	64,2	0,976	0,27423	0,24986
6	27,5	10,65	63,5	1,147	0,32245	0,16199
7	27,7	10,64	64,8	1,322	0,37180	0,14241
8	27,3	10,70	64,6	1,477	0,41551	0,11115
9	27,9	10,69	65,3	1,642	0,46204	0,10614
10	27,3	10,73	63,9	1,638	0,46092	-0,00244
11	27,7	10,74	64,5	1,841	0,51816	0,11707
12	27,8	10,74	64,5	1,911	0,53790	0,03739
13	27,4	10,75	65,1	2,095	0,58979	0,09209
14	27,6	10,77	64,3	2,146	0,60417	0,02409

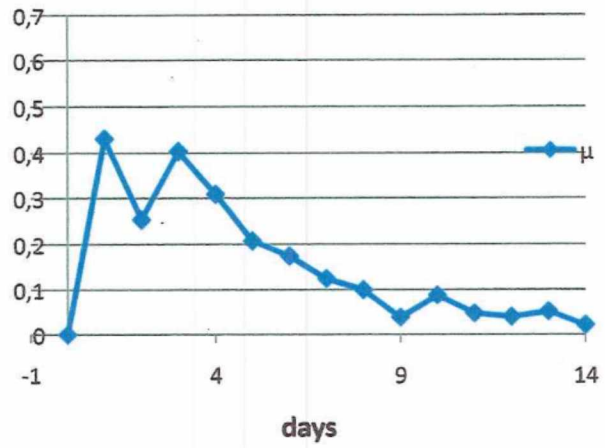
647 5 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,7	9,83	65,0	0,302	0,08416	0
1	26,9	10,18	64,8	0,353	0,09855	0,15776
2	27,3	10,36	65,3	0,469	0,13126	0,28664
3	27,5	10,47	64,6	0,600	0,16820	0,24799
4	27,2	10,55	64,6	0,763	0,21417	0,24160
5	27,5	10,61	63,9	0,938	0,26352	0,20736
6	27,0	10,65	64,4	1,109	0,31174	0,16805
7	27,2	10,64	66,5	1,415	0,39803	0,24436
8	26,9	10,70	66,4	1,482	0,41692	0,04638
9	27,4	10,70	66,8	1,680	0,47276	0,12568
10	27,0	10,73	65,8	1,783	0,50181	0,05963
11	27,4	10,75	66,4	1,930	0,54326	0,07937
12	27,6	10,75	65,5	1,981	0,55764	0,02613
13	27,3	10,76	64,9	2,096	0,59007	0,05653
14	27,5	10,77	65,7	2,141	0,60276	0,02128

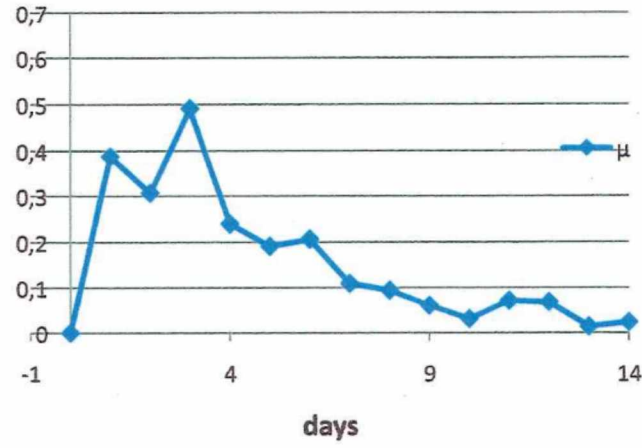
648 5 klux

days	ToC	pH	mS/cm	Abs	DW g/L	μ
0	26,4	9,83	64,9	0,281	0,07824	0
1	26,9	10,17	64,2	0,333	0,09291	0,17178
2	27,4	10,35	64,8	0,434	0,12139	0,26740
3	27,5	10,45	64,6	0,542	0,15184	0,22386
4	27,2	10,53	64,4	0,725	0,20345	0,29257
5	27,4	10,59	64,0	0,894	0,25111	0,21046
6	27,4	10,63	64,3	1,016	0,28551	0,12840
7	27,2	10,63	64,1	1,178	0,33120	0,14843
8	26,9	10,69	63,8	1,282	0,36052	0,08485
9	27,2	10,70	63,0	1,425	0,40085	0,10603
10	27,0	10,72	63,3	1,523	0,42849	0,06667
11	27,3	10,74	63,9	1,725	0,48545	0,12482
12	27,4	10,73	63,1	1,734	0,48799	0,00521
13	27,2	10,74	63,3	1,872	0,52690	0,07673
14	27,5	10,75	64,1	1,930	0,54326	0,03057

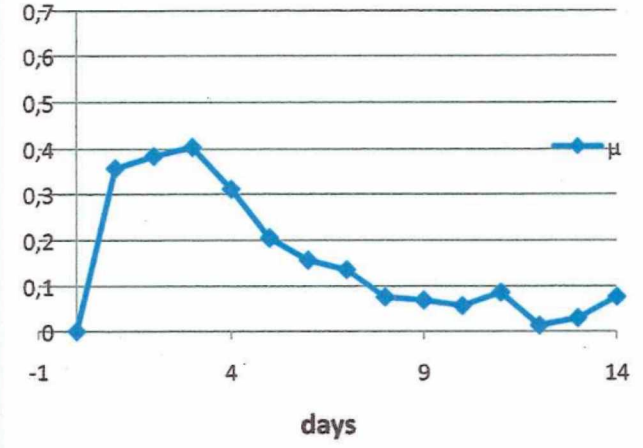
643 15Klux



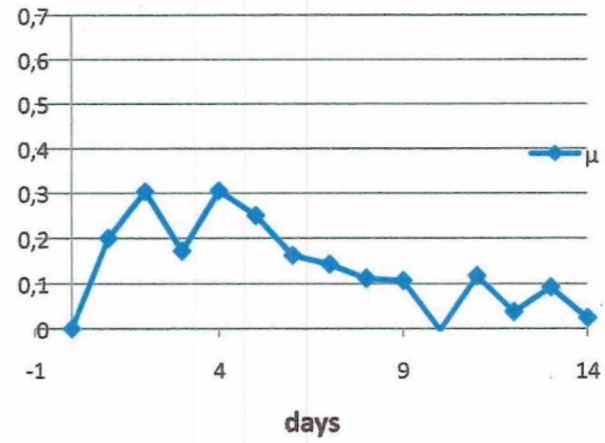
644 15Klux



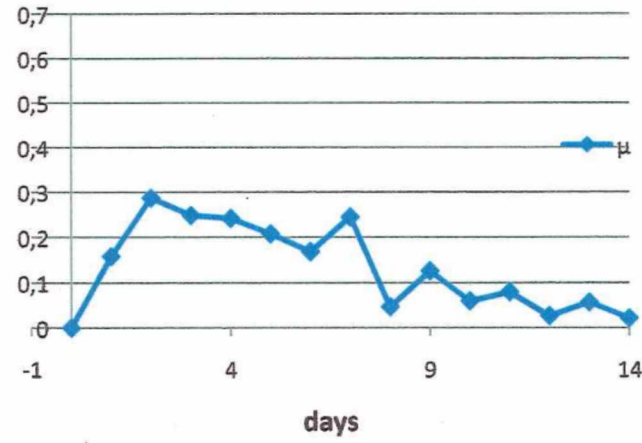
645 15Klux



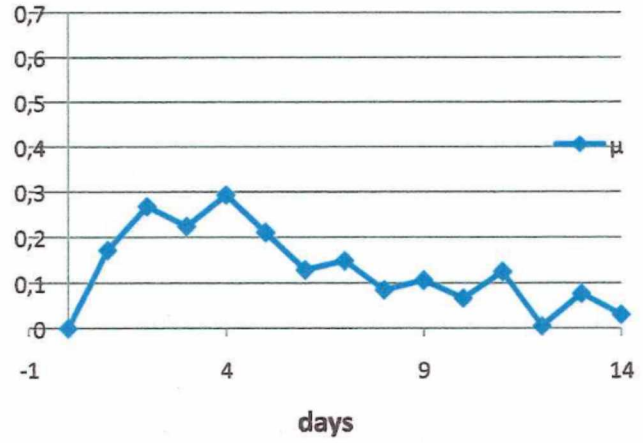
646 5Klux



647 5Klux



648 5Klux



Πίνακες Υπολογισμού X_t , μ_{max} , Απόδοσης & Παραγωγικότητας καλλιέργειας

SAG 257.80 S0 15klux

15 klux	607			608			609								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,09320	-2,37299	0,00000	0,10133	-2,28935	0,00000	0,10106	-2,29203	0,00000		0	0,099	0,005	0,00000	0,000
1	0,20350	-1,59209	0,78089	0,19754	-1,62183	0,66752	0,22518	-1,49086	0,80117		1	0,209	0,015	0,74986	0,072
2	0,32328	-1,12923	0,46286	0,34035	-1,07777	0,54406	0,34469	-1,06511	0,42575		2	0,336	0,011	0,47756	0,061
3	0,45282	-0,79226	0,33697	0,45201	-0,79406	0,28371	0,46285	-0,77036	0,29475		3	0,456	0,006	0,30514	0,028
4	0,52734	-0,63990	0,15236	0,53005	-0,63478	0,15928	0,56176	-0,57668	0,19368		4	0,540	0,019	0,16844	0,022
5	0,59862	-0,51313	0,12677	0,60051	-0,50997	0,12481	0,61840	-0,48062	0,09606		5	0,606	0,011	0,11588	0,017
6	0,65228	-0,42729	0,08584	0,63574	-0,45296	0,05701	0,68344	-0,38062	0,10000		6	0,657	0,024	0,08095	0,022
7	0,72246	-0,32509	0,10220	0,72030	-0,32809	0,12487	0,74442	-0,29516	0,08546		7	0,729	0,013	0,10418	0,020
8	0,75661	-0,27891	0,04618	0,75444	-0,28178	0,04632	0,78344	-0,24406	0,05109		8	0,765	0,016	0,04786	0,003
9	0,70980	-0,34277	-0,06386	0,73961	-0,30163	-0,01986	0,72877	-0,31640	-0,07234		9	0,726	0,015	-0,05202	0,028
10	0,82109	-0,19713	0,14564	0,81187	-0,20841	0,09322	0,83735	-0,17752	0,13888		10	0,823	0,013	0,12591	0,029
11	0,84439	-0,16914	0,02799	0,82759	-0,18924	0,01918	0,89588	-0,10995	0,06757		11	0,856	0,036	0,03825	0,026
12	0,88558	-0,12151	0,04763	0,88504	-0,12212	0,06712	0,92298	-0,08015	0,02980		12	0,898	0,022	0,04818	0,019
13	0,87745	-0,13073	-0,00922	0,88667	-0,12028	0,00184	0,94737	-0,05406	0,02608		13	0,904	0,038	0,00623	0,018
14	0,88721	-0,11967	0,01106	0,88775	-0,11906	0,00122	0,95442	-0,04665	0,00741		14	0,910	0,039	0,00656	0,005
		μ max	0,78089		μ max	0,66752		μ max	0,80117						
Xt max	0,88233			0,88721			0,94159								
yield	0,79021			0,78516			0,84053								
productivity	0,06585			0,06543			0,07004								
		Xt 0	0,099	g/L	STD	0,005	g/L								
		Xt max	0,904	g/L		0,030	g/L								
		Yield	0,805	g/L		0,031	g/L								
		Productivity	0,067	g/L/day		0,003	g/L/day								
		μ max	0,750	per day		0,072	per day								

SAG 257.80 S0 5klux

5 klux	610			611			612								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,10838	-2,22213	0,00000	0,09781	-2,32474	0,00000	0,09510	-2,35284	0,00000		0	0,100	0,007	0,00000	0,000
1	0,13548	-1,99895	0,22318	0,15255	-1,88026	0,44448	0,13656	-1,99098	0,36186		1	0,142	0,010	0,34318	0,112
2	0,17261	-1,75675	0,24220	0,19971	-1,61091	0,26934	0,19456	-1,63704	0,35394		2	0,189	0,014	0,28849	0,058
3	0,24171	-1,42002	0,33673	0,25120	-1,38153	0,22939	0,24171	-1,42002	0,21702		3	0,245	0,005	0,26105	0,066
4	0,29998	-1,20406	0,21596	0,32382	-1,12756	0,25397	0,28859	-1,24274	0,17728		4	0,304	0,018	0,21574	0,038
5	0,35065	-1,04796	0,15610	0,38317	-0,95927	0,16829	0,34876	-1,05339	0,18935		5	0,361	0,019	0,17124	0,017
6	0,40729	-0,89823	0,14973	0,42464	-0,85653	0,10275	0,39618	-0,92589	0,12750		6	0,409	0,014	0,12666	0,024
7	0,46772	-0,75988	0,13835	0,47802	-0,73810	0,11843	0,45228	-0,79346	0,13243		7	0,466	0,013	0,12973	0,010
8	0,48290	-0,72795	0,03193	0,50892	-0,67547	0,06263	0,49103	-0,71125	0,08221		8	0,494	0,013	0,05892	0,025
9	0,52301	-0,64816	0,07979	0,54930	-0,59912	0,07635	0,51352	-0,66646	0,04479		9	0,529	0,019	0,06698	0,019
10	0,53491	-0,62566	0,02250	0,56093	-0,57817	0,02095	0,52841	-0,63789	0,02857		10	0,541	0,017	0,02401	0,004
11	0,54141	-0,61357	0,01209	0,59399	-0,52090	0,05727	0,56580	-0,56951	0,06838		11	0,567	0,026	0,04591	0,030
12	0,57990	-0,54491	0,06866	0,60591	-0,50102	0,01988	0,58911	-0,52914	0,04037		12	0,592	0,013	0,04297	0,024
13	0,59399	-0,52090	0,02401	0,62651	-0,46759	0,03343	0,58803	-0,53098	-0,00184		13	0,603	0,021	0,01853	0,018
14	0,59832	-0,51362	0,00727	0,63030	-0,46156	0,00604	0,59182	-0,52455	0,00643		14	0,607	0,021	0,00658	0,001
		μ max	0,33673		μ max	0,44448		μ max	0,36186						
Xt max	0,59616			0,62841			0,58965								
yield	0,48778			0,53060			0,49455								
productivity	0,03752			0,04082			0,04121								
		Xt 0	0,100	g/L	STD	0,007	g/L								
		Xt max	0,603	g/L		0,017	g/L								
		Yield	0,504	g/L		0,023	g/L								
		Productivity	0,040	g/L/day		0,002	g/L/day								
		μ max	0,343	per day		0,112	per day								

SAG 21.99 S0 15klux

15 klux	631			632			633								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,08360	-2,48171	0,00000	0,08529	-2,46167	0,00000	0,08247	-2,49530	0,00000		0	0,084	0,001	0,00000	0,000
1	0,13521	-2,00096	0,48076	0,14085	-1,96009	0,50159	0,15213	-1,88305	0,61225		1	0,143	0,009	0,53153	0,000
2	0,23701	-1,43966	0,56129	0,24406	-1,41035	0,54974	0,27339	-1,29687	0,58618		2	0,251	0,019	0,56574	0,000
3	0,34191	-1,07320	0,36646	0,38308	-0,95950	0,45085	0,35827	-1,02647	0,27040		3	0,361	0,021	0,36257	0,000
4	0,42764	-0,84947	0,22373	0,43525	-0,83183	0,12768	0,41382	-0,88232	0,14415		4	0,426	0,011	0,16519	0,000
5	0,46486	-0,76601	0,08346	0,47276	-0,74917	0,08266	0,48517	-0,72326	0,15906		5	0,474	0,010	0,10839	0,000
6	0,48968	-0,71400	0,05201	0,50096	-0,69123	0,05794	0,51929	-0,65529	0,06797		6	0,503	0,015	0,05930	0,000
7	0,52944	-0,63593	0,07807	0,54664	-0,60396	0,08727	0,56723	-0,56699	0,08830		7	0,548	0,019	0,08455	0,000
8	0,55990	-0,58000	0,05593	0,58048	-0,54389	0,06006	0,59120	-0,52560	0,04139		8	0,577	0,016	0,05246	0,000
9	0,58979	-0,52799	0,05201	0,59064	-0,52656	0,01734	0,62617	-0,46814	0,05746		9	0,602	0,021	0,04227	0,000
10	0,62673	-0,46724	0,06075	0,63435	-0,45516	0,07139	0,65127	-0,42884	0,03930		10	0,637	0,013	0,05715	0,000
11	0,66593	-0,40657	0,06067	0,67608	-0,39144	0,06372	0,68454	-0,37901	0,04983		11	0,676	0,009	0,05807	0,000
12	0,67834	-0,38811	0,01846	0,69667	-0,36145	0,02999	0,70513	-0,34938	0,02963		12	0,693	0,014	0,02603	0,000
13	0,69780	-0,35983	0,02828	0,72148	-0,32645	0,03500	0,73248	-0,31132	0,03806		13	0,717	0,018	0,03378	0,000
14	0,71641	-0,33351	0,02632	0,73446	-0,30863	0,01782	0,73897	-0,30250	0,00882		14	0,730	0,012	0,01765	0,000
		μ max	0,56129		μ max	0,54974		μ max	0,61225						
Xt max	0,69751			0,71754			0,72553								
yield	0,61391			0,63224			0,64305								
productivity	0,04722			0,04863			0,05359								
		Xt 0	0,084g/L	STD		0,001g/L									
		Xt max	0,714g/L			0,020g/L									
		Yield	0,630g/L			0,015g/L									
		Productivity	0,050g/L/day			0,003g/L/day									
		μ max	0,566per day			0,071per day									

SAG 21.99 S0 5klux

5 klux	634			635			636								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,08219	-2,49872	0,00000	0,08388	-2,47834	0,00000	0,08219	-2,49872	0,00000		0	0,083	0,001	0,00000	0,000
1	0,11236	-2,18601	0,31271	0,11575	-2,15634	0,32200	0,10842	-2,22178	0,27694		1	0,112	0,004	0,30389	0,000
2	0,16876	-1,77925	0,40676	0,16905	-1,77758	0,37876	0,15607	-1,85743	0,36435		2	0,165	0,007	0,38329	0,000
3	0,22460	-1,49343	0,28582	0,21896	-1,51887	0,25872	0,18991	-1,66118	0,19624		3	0,211	0,019	0,24693	0,000
4	0,27198	-1,30204	0,19139	0,28044	-1,27141	0,24746	0,23588	-1,44443	0,21675		4	0,263	0,024	0,21853	0,000
5	0,33402	-1,09657	0,20548	0,33007	-1,10846	0,16295	0,29172	-1,23197	0,21246		5	0,319	0,023	0,19363	0,000
6	0,36391	-1,01085	0,08571	0,36052	-1,02020	0,08826	0,32358	-1,12830	0,10367		6	0,349	0,022	0,09255	0,000
7	0,38788	-0,94706	0,06379	0,38393	-0,95730	0,06290	0,35658	-1,03121	0,09709		7	0,376	0,017	0,07460	0,000
8	0,41185	-0,88710	0,05996	0,41128	-0,88847	0,06882	0,38844	-0,94561	0,08560		8	0,404	0,013	0,07146	0,000
9	0,42426	-0,85742	0,02968	0,44315	-0,81385	0,07462	0,40790	-0,89673	0,04888		9	0,425	0,018	0,05106	0,000
10	0,47135	-0,75215	0,10526	0,46571	-0,76419	0,04965	0,45302	-0,79182	0,10491		10	0,463	0,009	0,08661	0,000
11	0,49335	-0,70654	0,04561	0,48460	-0,72442	0,03977	0,47220	-0,75036	0,04146		11	0,483	0,011	0,04228	0,000
12	0,50604	-0,68115	0,02540	0,50857	-0,67614	0,04828	0,48178	-0,73026	0,02010		12	0,499	0,015	0,03126	0,000
13	0,51309	-0,66731	0,01384	0,51844	-0,65692	0,01922	0,50265	-0,68786	0,04240		13	0,511	0,008	0,02515	0,000
14	0,52944	-0,63593	0,03138	0,52408	-0,64610	0,01082	0,48037	-0,73319	-0,04533		14	0,511	0,027	-0,00104	0,000
		μ max	0,40676		μ max	0,37876		μ max	0,36435						
Xt max	0,51619			0,51703			0,48827								
yield	0,43400			0,43315			0,41003								
productivity	0,03338			0,03332			0,03417								
		Xt 0	0,083	g/L	STD	0,001	g/L								
		Xt max	0,507	g/L		0,017	g/L								
		Yield	0,426	g/L		0,014	g/L								
		Productivity	0,034	g/L/day		0,000	g/L/day								
		μ max	0,383	per day		0,022	per day								

SAG 21.99 S10 15klux

15 klux	625			626			627								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,10221	-2,28071	0,00000	0,10757	-2,22961	0,00000	0,10390	-2,26429	0,00000		0	0,105	0,003	0,00000	0,000
1	0,16228	-1,81844	0,46226	0,16792	-1,78428	0,44533	0,17158	-1,76268	0,50161		1	0,167	0,005	0,46973	0,029
2	0,26521	-1,32724	0,49120	0,26605	-1,32406	0,46022	0,27367	-1,29584	0,46684		2	0,268	0,005	0,47276	0,016
3	0,35094	-1,04715	0,28009	0,35940	-1,02333	0,30073	0,36081	-1,01941	0,27642		3	0,357	0,005	0,28575	0,013
4	0,41410	-0,88164	0,16551	0,42538	-0,85476	0,16857	0,43018	-0,84356	0,17586		4	0,423	0,008	0,16998	0,005
5	0,45415	-0,78933	0,09231	0,46599	-0,76359	0,09118	0,48207	-0,72967	0,11388		5	0,467	0,014	0,09912	0,013
6	0,49391	-0,70540	0,08393	0,52972	-0,63540	0,12819	0,52803	-0,63860	0,09108		6	0,517	0,020	0,10106	0,024
7	0,55539	-0,58809	0,11731	0,57174	-0,55907	0,07633	0,58753	-0,53182	0,10678		7	0,572	0,016	0,10014	0,021
8	0,58782	-0,53134	0,05675	0,58951	-0,52847	0,03060	0,62871	-0,46409	0,06773		8	0,602	0,023	0,05169	0,019
9	0,61461	-0,48677	0,04457	0,63378	-0,45605	0,07242	0,66198	-0,41252	0,05157		9	0,637	0,024	0,05619	0,014
10	0,64563	-0,43753	0,04924	0,65155	-0,42840	0,02765	0,67608	-0,39144	0,02108		10	0,658	0,016	0,03265	0,015
11	0,65380	-0,42495	0,01259	0,67439	-0,39395	0,03446	0,70710	-0,34658	0,04486		11	0,678	0,027	0,03064	0,016
12	0,70372	-0,35138	0,07357	0,73981	-0,30136	0,09259	0,73756	-0,30441	0,04217		12	0,727	0,020	0,06944	0,025
13	0,70992	-0,34260	0,00878	0,75589	-0,27986	0,02149	0,75730	-0,27800	0,02641		13	0,741	0,027	0,01889	0,009
14	0,79650	-0,22753	0,11507	0,83259	-0,18321	0,09665	0,83034	-0,18592	0,09207		14	0,820	0,020	0,10126	0,012
		μ max	0,49120		μ max	0,46022		μ max	0,50161						
Xt max	0,73671			0,77610			0,77506								
yield	0,65100			0,66853			0,67116								
productivity	0,05008			0,05143			0,05163								
		Xt 0	0,105	g/L	STD	0,003	g/L								
		Xt max	0,763	g/L		0,048	g/L								
		Yield	0,664	g/L		0,011	g/L								
		Productivity	0,051	g/L/day		0,001	g/L/day								
		μ max	0,473	per day		0,022	per day								

SAG 21.99 S10 5klux

5 klux	628			629			630								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,11293	-2,18100	0,00000	0,10729	-2,23224	0,00000	0,10503	-2,25349	0,00000		0	0,108	0,004	0,00000	0,000
1	0,13690	-1,98852	0,19249	0,13774	-1,98236	0,24988	0,13323	-2,01566	0,23783		1	0,136	0,002	0,22673	0,030
2	0,18484	-1,68828	0,30024	0,18709	-1,67614	0,30621	0,17525	-1,74154	0,27412		2	0,182	0,006	0,29353	0,017
3	0,23644	-1,44204	0,24623	0,24885	-1,39090	0,28525	0,21952	-1,51629	0,22525		3	0,235	0,015	0,25224	0,030
4	0,30666	-1,18201	0,26003	0,30694	-1,18109	0,20981	0,28213	-1,26539	0,25090		4	0,299	0,014	0,24025	0,027
5	0,33740	-1,08649	0,09552	0,35094	-1,04715	0,13394	0,32217	-1,13267	0,13272		5	0,337	0,014	0,12073	0,022
6	0,39493	-0,92905	0,15743	0,39126	-0,93838	0,10877	0,35150	-1,04555	0,08712		6	0,379	0,024	0,11778	0,036
7	0,42341	-0,85941	0,06964	0,41946	-0,86878	0,06960	0,37914	-0,96986	0,07569		7	0,407	0,025	0,07164	0,004
8	0,43300	-0,83702	0,02239	0,43554	-0,83118	0,03760	0,39408	-0,93120	0,03866		8	0,421	0,023	0,03289	0,009
9	0,48517	-0,72326	0,11376	0,47868	-0,73672	0,09446	0,44682	-0,80561	0,12559		9	0,470	0,021	0,11127	0,016
10	0,49786	-0,69744	0,02582	0,49870	-0,69574	0,04098	0,45838	-0,78006	0,02555		10	0,485	0,023	0,03078	0,009
11	0,50914	-0,67504	0,02240	0,50970	-0,67393	0,02181	0,47727	-0,73967	0,04039		11	0,499	0,019	0,02820	0,011
12	0,53536	-0,62481	0,05023	0,53311	-0,62903	0,04490	0,49532	-0,70255	0,03712		12	0,521	0,022	0,04408	0,007
13	0,54241	-0,61173	0,01308	0,54044	-0,61537	0,01366	0,49870	-0,69574	0,00681		13	0,527	0,025	0,01118	0,004
14	0,59712	-0,51563	0,09609	0,61545	-0,48540	0,12997	0,54382	-0,60913	0,08661		14	0,585	0,037	0,10423	0,023
		μ max	0,30024		μ max	0,30621		μ max	0,27412						
Xt max	0,55830			0,56300			0,51262								
yield	0,44537			0,45571			0,40758								
productivity	0,03426			0,03505			0,03135								
		Xt 0	0,108	g/L	STD	0,004	g/L								
		Xt max	0,545	g/L		0,040	g/L								
		Yield	0,436	g/L		0,025	g/L								
		Productivity	0,034	g/L/day		0,002	g/L/day								
		μ max	0,294	per day		0,017	per day								

SAG 21.99 S20 15klux

15 klux	637			638			639								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,09093	-2,39764	0,00000	0,09375	-2,36710	0,00000	0,09488	-2,35514	0,00000		0	0,093	0,002	0,00000	0,000
1	0,13887	-1,97420	0,42344	0,13380	-2,01144	0,35566	0,14479	-1,93244	0,42270		1	0,139	0,006	0,40060	0,039
2	0,22488	-1,49218	0,48202	0,21896	-1,51887	0,49257	0,22968	-1,47109	0,46136		2	0,225	0,005	0,47865	0,016
3	0,30864	-1,17559	0,31659	0,31258	-1,16288	0,35598	0,30751	-1,17925	0,29183		3	0,310	0,003	0,32147	0,032
4	0,39662	-0,92478	0,25082	0,39831	-0,92052	0,24236	0,40818	-0,89604	0,28321		4	0,401	0,006	0,25880	0,022
5	0,47671	-0,74085	0,18393	0,47981	-0,73437	0,18615	0,48883	-0,71573	0,18031		5	0,482	0,006	0,18346	0,003
6	0,53903	-0,61798	0,12287	0,53452	-0,62639	0,10798	0,53565	-0,62428	0,09145		6	0,536	0,002	0,10743	0,016
7	0,54749	-0,60241	0,01557	0,56018	-0,57950	0,04689	0,57033	-0,56154	0,06275		7	0,559	0,011	0,04174	0,024
8	0,61432	-0,48723	0,11518	0,60756	-0,49831	0,08119	0,63519	-0,45383	0,10771		8	0,619	0,014	0,10136	0,018
9	0,63801	-0,44940	0,03783	0,64450	-0,43928	0,05903	0,65409	-0,42452	0,02931		9	0,646	0,008	0,04206	0,015
10	0,70456	-0,35018	0,09922	0,68793	-0,37407	0,06521	0,69103	-0,36957	0,05494		10	0,695	0,009	0,07312	0,023
11	0,74179	-0,29869	0,05148	0,70626	-0,34778	0,02630	0,71359	-0,33745	0,03213		11	0,721	0,019	0,03664	0,013
12	0,78381	-0,24359	0,05510	0,75786	-0,27725	0,07052	0,75702	-0,27837	0,05908		12	0,766	0,015	0,06157	0,008
13	0,81539	-0,20409	0,03950	0,77168	-0,25919	0,01807	0,78155	-0,24648	0,03189		13	0,790	0,023	0,02982	0,011
14	0,85459	-0,15714	0,04695	0,79057	-0,23500	0,02419	0,79283	-0,23215	0,01433		14	0,813	0,036	0,02849	0,017
		μ max	0,48202		μ max	0,49257		μ max	0,46136						
Xt max	0,81793			0,77337			0,77713								
yield	0,72700			0,67962			0,68225								
productivity	0,05592			0,05228			0,05248								
		Xt 0	0,093	g/L	STD	0,002	g/L								
		Xt max	0,789	g/L		0,030	g/L								
		Yield	0,696	g/L		0,027	g/L								
		Productivity	0,054	g/L/day		0,002	g/L/day								
		μ max	0,479	per day		0,016	per day								

SAG 21.99 S20 5klux

5 klux	640			641			642							
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,09516	-2,35217	0,00000	0,09291	-2,37617	0,00000	0,09488	-2,35514	0,00000	0	0,094	0,001	0,00000	0,000
1	0,11547	-2,15878	0,19340	0,10870	-2,21918	0,15699	0,11236	-2,18601	0,16913	1	0,112	0,003	0,17317	0,019
2	0,14987	-1,89799	0,26079	0,14592	-1,92468	0,29450	0,14226	-1,95013	0,23588	2	0,146	0,004	0,26373	0,029
3	0,19668	-1,62617	0,27182	0,19245	-1,64791	0,27677	0,17187	-1,76104	0,18909	3	0,187	0,013	0,24589	0,049
4	0,23673	-1,44085	0,18532	0,24744	-1,39658	0,25133	0,23616	-1,44324	0,31780	4	0,240	0,006	0,25148	0,066
5	0,29200	-1,23101	0,20984	0,29989	-1,20433	0,19225	0,26211	-1,33901	0,10423	5	0,285	0,020	0,16878	0,057
6	0,33148	-1,10419	0,12681	0,34248	-1,07155	0,13277	0,31992	-1,13970	0,19931	6	0,331	0,011	0,15297	0,040
7	0,35601	-1,03279	0,07140	0,37491	-0,98108	0,09047	0,33373	-1,09741	0,04229	7	0,355	0,021	0,06805	0,024
8	0,41580	-0,87756	0,15523	0,42087	-0,86543	0,11565	0,36983	-0,99471	0,10270	8	0,402	0,028	0,12453	0,027
9	0,43948	-0,82215	0,05541	0,44597	-0,80750	0,05792	0,40198	-0,91136	0,08335	9	0,429	0,024	0,06556	0,015
10	0,47614	-0,74203	0,08012	0,47079	-0,75335	0,05415	0,43356	-0,83572	0,07564	10	0,460	0,023	0,06997	0,014
11	0,49137	-0,71055	0,03148	0,49532	-0,70255	0,05080	0,46120	-0,77393	0,06179	11	0,483	0,019	0,04802	0,015
12	0,52408	-0,64610	0,06445	0,52549	-0,64342	0,05913	0,48827	-0,71689	0,05704	12	0,513	0,021	0,06021	0,004
13	0,54495	-0,60706	0,03905	0,55623	-0,58657	0,05685	0,49306	-0,70712	0,00977	13	0,531	0,034	0,03522	0,024
14	0,56582	-0,56948	0,03758	0,57033	-0,56154	0,02503	0,52014	-0,65366	0,05345	14	0,552	0,028	0,03869	0,014
		μ max	0,27182		μ max	0,29450		μ max	0,31780					
Xt max	0,54495			0,55069			0,50049							
yield	0,44979			0,45778			0,40561							
productivity	0,03460			0,03521			0,03120							
		Xt 0	0,094	g/L	STD	0,001	g/L							
		Xt max	0,532	g/L		0,030	g/L							
		Yield	0,438	g/L		0,028	g/L							
		Productivity	0,034	g/L/day		0,002	g/L/day							
		μ max	0,264	per day		0,023	per day							

SAG 21.99 S30 15klux

15 klux	643			644			645								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ		days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,08332	-2,48509	0,00000	0,08163	-2,50561	0,00000	0,08219	-2,49872	0,00000		0	0,082	0,001	0,00000	0,000
1	0,12816	-2,05451	0,43058	0,12026	-2,11810	0,38751	0,11744	-2,14183	0,35689		1	0,122	0,006	0,39166	0,037
2	0,16510	-1,80122	0,25329	0,16341	-1,81152	0,30658	0,17243	-1,75776	0,38406		2	0,167	0,005	0,31465	0,066
3	0,24716	-1,39772	0,40350	0,26690	-1,32088	0,49064	0,25816	-1,35418	0,40358		3	0,257	0,010	0,43257	0,050
4	0,33655	-1,08900	0,30872	0,33909	-1,08148	0,23940	0,35235	-1,04314	0,31104		4	0,343	0,008	0,28639	0,041
5	0,41410	-0,88164	0,20736	0,41044	-0,89053	0,19095	0,43243	-0,83833	0,20482		5	0,419	0,012	0,20104	0,009
6	0,49306	-0,70712	0,17452	0,50434	-0,68450	0,20603	0,50575	-0,68170	0,15662		6	0,501	0,007	0,17906	0,025
7	0,55849	-0,58252	0,12459	0,56272	-0,57498	0,10952	0,57936	-0,54584	0,13587		7	0,567	0,011	0,12333	0,013
8	0,61686	-0,48311	0,09941	0,61827	-0,48083	0,09415	0,62504	-0,46994	0,07590		8	0,620	0,004	0,08982	0,012
9	0,64055	-0,44543	0,03768	0,65691	-0,42021	0,06061	0,66960	-0,40108	0,06886		9	0,656	0,015	0,05572	0,016
10	0,69921	-0,35781	0,08762	0,67749	-0,38936	0,03086	0,70851	-0,34459	0,05649		10	0,695	0,016	0,05832	0,028
11	0,73276	-0,31093	0,04688	0,72769	-0,31788	0,07147	0,77224	-0,25845	0,08613		11	0,744	0,024	0,06816	0,020
12	0,76209	-0,27169	0,03924	0,77901	-0,24973	0,06815	0,78240	-0,24539	0,01306		12	0,775	0,011	0,04015	0,028
13	0,80214	-0,22048	0,05121	0,79001	-0,23571	0,01402	0,80580	-0,21592	0,02948		13	0,799	0,008	0,03157	0,019
14	0,81934	-0,19926	0,02122	0,80890	-0,21208	0,02363	0,86982	-0,13947	0,07644		14	0,833	0,033	0,04043	0,031
		μ max	0,43058		μ max	0,49064		μ max	0,40358						
Xt max	0,79452			0,79264			0,81934								
yield	0,71120			0,71102			0,73715								
productivity	0,05471			0,05469			0,05670								
		Xt 0	0,082	g/L	STD	0,001	g/L								
		Xt max	0,802	g/L		0,031	g/L								
		Yield	0,720	g/L		0,015	g/L								
		Productivity	0,055	g/L/day		0,001	g/L/day								
		μ max	0,433	per day		0,045	per day								

SAG 21.99 S30 15klux

5 klux	646			647			648								
days	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Xt	lnXt	μ	Td	days	Xt mean	stdev X	μ mean	Stdev μ
0	0,08022	-2,52303	0,00000	0,08416	-2,47499	0,00000	0,07824	-2,54795	0,00000		0	0,081	0,003	0,00000	0,000
1	0,09798	-2,32297	0,20006	0,09855	-2,31723	0,15776	0,09291	-2,37617	0,17178		1	0,096	0,003	0,17653	0,022
2	0,13267	-2,01991	0,30307	0,13126	-2,03059	0,28664	0,12139	-2,10876	0,26740		2	0,128	0,006	0,28570	0,018
3	0,15748	-1,84843	0,17147	0,16820	-1,78260	0,24799	0,15184	-1,88490	0,22386		3	0,159	0,008	0,21444	0,039
4	0,21360	-1,54364	0,30479	0,21417	-1,54100	0,24160	0,20345	-1,59234	0,29257		4	0,210	0,006	0,27965	0,034
5	0,27423	-1,29378	0,24986	0,26352	-1,33364	0,20736	0,25111	-1,38187	0,21046		5	0,263	0,012	0,22256	0,024
6	0,32245	-1,13179	0,16199	0,31174	-1,16559	0,16805	0,28551	-1,25347	0,12840		6	0,307	0,019	0,15281	0,021
7	0,37180	-0,98939	0,14241	0,39803	-0,92123	0,24436	0,33120	-1,10504	0,14843		7	0,367	0,034	0,17840	0,057
8	0,41551	-0,87824	0,11115	0,41692	-0,87485	0,04638	0,36052	-1,02020	0,08485		8	0,398	0,032	0,08079	0,033
9	0,46204	-0,77210	0,10614	0,47276	-0,74917	0,12568	0,40085	-0,91417	0,10603		9	0,445	0,039	0,11262	0,011
10	0,46092	-0,77454	-0,00244	0,50181	-0,68954	0,05963	0,42849	-0,84750	0,06667		10	0,464	0,037	0,04128	0,038
11	0,51816	-0,65747	0,11707	0,54326	-0,61017	0,07937	0,48545	-0,72268	0,12482		11	0,516	0,029	0,10709	0,024
12	0,53790	-0,62008	0,03739	0,55764	-0,58404	0,02613	0,48799	-0,71746	0,00521		12	0,528	0,036	0,02291	0,016
13	0,58979	-0,52799	0,09209	0,59007	-0,52751	0,05653	0,52690	-0,64074	0,07673		13	0,569	0,036	0,07512	0,018
14	0,60417	-0,50390	0,02409	0,60276	-0,50623	0,02128	0,54326	-0,61017	0,03057		14	0,583	0,035	0,02531	0,005
		μ max	0,30479		μ max	0,28664		μ max	0,29257						
Xt max	0,57729			0,58349			0,51938								
yield	0,49707			0,49933			0,44114								
productivity	0,03824			0,03841			0,03393								
		Xt 0	0,081	g/L	STD	0,003	g/L								
		Xt max	0,560	g/L		0,040	g/L								
		Yield	0,479	g/L		0,033	g/L								
		Productivity	0,037	g/L/day		0,003	g/L/day								
		μ max	0,286	per day		0,009	per day								

Στατιστική Ανάλυση και tests

SAG 257.80

case	case	strain	klux	Xt 0	Xt max	Yield	Prod	μ max
FW51	FW51	257.80	5	0,108378	0,59616	0,487778	0,037521	0,007273
FW52	FW52	257.80	5	0,097809	0,62841	0,530596	0,040815	0,006038
FW53	FW53	257.80	5	0,095099	0,589652	0,494553	0,041213	0,006431
FW151	FW151	257.80	15	0,093202	0,882332	0,790214	0,065851	0,780892
FW152	FW152	257.80	15	0,101332	0,88721	0,785155	0,06543	0,667524
FW153	FW153	257.80	15	0,101061	0,941591	0,84053	0,070044	0,801171
BW51	BW51	21.99	5	0,08219	0,516188	0,433998	0,033384	0,406758
BW52	BW52	21.99	5	0,083882	0,517034	0,433152	0,033319	0,378755
BW53	BW53	21.99	5	0,08219	0,48827	0,410028	0,034169	0,364355
BW151	BW151	21.99	15	0,0836	0,697514	0,613914	0,047224	0,561294
BW152	BW152	21.99	15	0,085292	0,717536	0,632244	0,048634	0,549739
BW153	BW153	21.99	15	0,082472	0,725526	0,643054	0,053588	0,61225

Productivity

Univariate Tests of Significance for Prod (freshwater stats.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

fischel test

	SS	Degr. Of freedom	MS mean squares	F statistic	p
Intercept	0,024045	1	0,024045	3949,322	0
strain	0,000354	1	0,000354	58,104	0,000124
klux	0,001287	1	0,001287	211,336	0,000002
strain*klux	0,000089	1	0,000089	14,608	0,006525
Error	0,000043	7	0,000006		

Tests of Homogeneity of Variances (freshwater stats.sta) Effect: strain*klux

	Hartley	Cochran	Bartlett	df	p
Prod	49,95853	0,451957	4,080207	3	0,252932

Levene's Test for Homogeneity of Variances (freshwater stats.sta) Effect: strain*klux Degrees of freedom for all F's: 3, 7

	MS	MS	F	p
Prod	0,000003	0,000001	3,574439	0,074943

Tukey HSD test; variable Prod (freshwater stats.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00001, df = 7,0000

	strain	klux	{1}	{2}	{3}	{4}
1	257.80	5		0,000267	0,135346	0,009981
2	257.80	15	0,000267		0,000252	0,000451
3	21.99	5	0,135346	0,000252		0,000578
4	21.99	15	0,009981	0,000451	0,000578	

μ max

Univariate Tests of Significance for μ max (freshwater stats.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	1,959517	1	1,959517	1014,702	0
strain	0,026935	1	0,026935	13,948	0,007314
klux	0,581756	1	0,581756	301,252	0,000001
strain*klux	0,203041	1	0,203041	105,141	0,000018
Error	0,013518	7	0,001931		

Tukey HSD test; variable μ max (freshwater stats.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00193, df = 7,0000

	strain	klux	{1}	{2}	{3}	{4}
1	257.80	5		0,000252	0,000352	0,000253
2	257.80	15	0,000252		0,000304	0,007560
3	21.99	5	0,000352	0,000304		0,004767
4	21.99	15	0,000253	0,007560	0,004767	

SAG 21.99

cases	cases	klux	Salinity	Xt 0	Xt max	Yield	Prod	μ max
L5S0T1	L5S0T1	5	0	0,08219	0,516188	0,433998	0,033384	0,406758
L5S0T2	L5S0T2	5	0	0,083882	0,517034	0,433152	0,033319	0,378755
L5S0T3	L5S0T3	5	0	0,08219	0,48827	0,410028	0,034169	0,364355
L15S0T1	L15S0T1	15	0	0,0836	0,697514	0,613914	0,047224	0,561294
L15S0T2	L15S0T2	15	0	0,085292	0,717536	0,632244	0,048634	0,549739
L15S0T3	L15S0T3	15	0	0,082472	0,725526	0,643054	0,053588	0,61225
L5S10T1	L5S10T1	5	10	0,112928	0,5583	0,445372	0,034259	0,300244
L5S10T2	L5S10T2	5	10	0,107288	0,563	0,455712	0,035055	0,306214
L5S10T3	L5S10T3	5	10	0,105032	0,512616	0,407584	0,031353	0,274122
L15S10T1	L15S10T1	15	10	0,102212	0,736712	0,650997	0,050077	0,491204
L15S10T2	L15S10T2	15	10	0,10757	0,776098	0,668528	0,051425	0,460224
L15S10T3	L15S10T3	15	10	0,103904	0,775064	0,67116	0,051628	0,501606
L5S20T1	L5S20T1	5	20	0,095162	0,544952	0,44979	0,034599	0,27182
L5S20T2	L5S20T2	5	20	0,092906	0,550686	0,45778	0,035214	0,294499
L5S20T3	L5S20T3	5	20	0,09488	0,50049	0,40561	0,031201	0,317803
L15S20T1	L15S20T1	15	20	0,090932	0,817928	0,726996	0,055923	0,482023
L15S20T2	L15S20T2	15	20	0,093752	0,773372	0,67962	0,052278	0,492573
L15S20T3	L15S20T3	15	20	0,09488	0,777132	0,682252	0,052481	0,461358
L5S30T1	L5S30T1	5	30	0,080216	0,577288	0,497072	0,038236	0,304791
L5S30T2	L5S30T2	5	30	0,084164	0,583492	0,499328	0,03841	0,286641
L5S30T3	L5S30T3	5	30	0,078242	0,519384	0,441142	0,033934	0,292567
L15S30T1	L15S30T1	15	30	0,083318	0,794522	0,711204	0,054708	0,430584
L15S30T2	L15S30T2	15	30	0,081626	0,792642	0,711016	0,054694	0,490636
L15S30T3	L15S30T3	15	30	0,08219	0,819338	0,737148	0,056704	0,40358

Productivity

Univariate Tests of Significance for Prod (Brackish stats.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. Of freedom	MS mean squares	F statistic	p
Intercept	0,024045	1	0,024045	3949,322	0
strain	0,000354	1	0,000354	58,104	0,000124
klux	0,001287	1	0,001287	211,336	0,000002
strain*klux	0,000089	1	0,000089	14,608	0,006525
Error	0,000043	7	0,000006		

Tests of Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: klux*Salinity

	Hartley	Cochran	Bartlett	df	p
Prod	49,95853	0,343331	7,053141	7	0,423368

Levene's Test for Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: klux Degrees of freedom for all F's: 1, 22

	MS	MS	F	p
Prod	0,000003	0,000003	1,078742	0,31026

Levene's Test for Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: Salinity Degrees of freedom for all F's: 3, 20

	MS	MS	F	p
Prod	0,000004	0,000003	1,131304	0,360276

Levene's Test for Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: klux*Salinity Degrees of freedom for all F's: 7, 16

	MS	MS	F	p
Prod	0,000002	0,000001	2,82256	0,040585

Tukey HSD test; variable Prod (Brackish stats.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00000, df = 16,000

	klux	Salinity	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	5	0		1	1	0,531114	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175
2	5	10	1		1	0,5069	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175
3	5	20	1	1		0,54785	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175
4	5	30	0,531114	0,5069	0,54785		0,000182	0,000176	0,000175	0,000175
5	15	0	0,000175	0,000175	0,000175	0,000182		0,993843	0,362613	0,059185
6	15	10	0,000175	0,000175	0,000175	0,000176	0,993843		0,782211	0,215794
7	15	20	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175	0,362613	0,782211		0,948197
8	15	30	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175	0,059185	0,215794	0,948197	

μ max

Univariate Tests of Significance for μ max (Brackish stats.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	3,949276	1	3,949276	6101,558	0
klux	0,19055	1	0,19055	294,396	0
Salinity	0,044438	3	0,014813	22,885	0,000005
klux*Salinity	0,002006	3	0,000669	1,033	0,4045
Error	0,010356	16	0,000647		

Tests of Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: klux*Salinity

	Hartley	Cochran	Bartlett	df	p
μ max	23,18259	0,383483	5,008819	7	0,658887

Levene's Test for Homogeneity of Variances (Brackish stats.sta) Effect: klux*Salinity Degrees of freedom for all F's: 7, 16

	MS	MS	F	p
μ max	0,000202	0,000124	1,626049	0,198674

Tukey HSD test; variable μ max (Brackish stats.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00065, df = 16,000

	klux	Salinity	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	5	0		0,009657	0,010783	0,010742	0,000175	0,003431	0,005755	0,160949
2	5	10	0,009657		1	1	0,000175	0,000175	0,000175	0,000209
3	5	20	0,010783	1		1	0,000175	0,000175	0,000175	0,000214
4	5	30	0,010742	1	1		0,000175	0,000175	0,000175	0,000213
5	15	0	0,000175	0,000175	0,000175	0,000175		0,009374	0,00554	0,000339
6	15	10	0,003431	0,000175	0,000175	0,000175	0,009374		0,999991	0,477863
7	15	20	0,005755	0,000175	0,000175	0,000175	0,00554	0,999991		0,638512
8	15	30	0,160949	0,000209	0,000214	0,000213	0,000339	0,477863	0,638512	

