

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

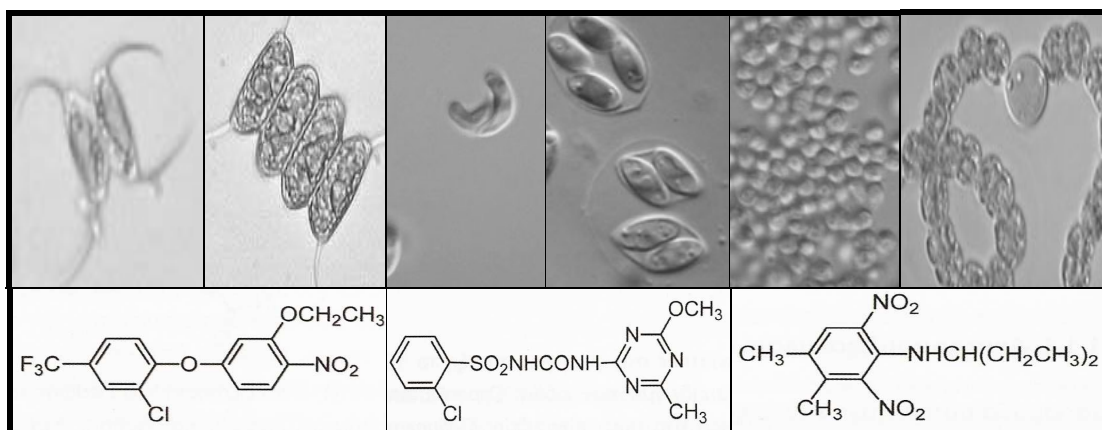
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΘΕΜΑ:

**ΧΡΗΣΗ ΦΥΚΩΝ ΩΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**



ΑΡΩΝΗ ΑΝΝΑ

Σεπτέμβριος 2008

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΧΡΗΣΗ ΦΥΚΩΝ ΩΣ ΒΙΟΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

ΑΡΩΝΗ ANNA

Σεπτέμβριος 2008

ΠΕΝΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αράπης Γεράσιμος, Καθηγητής

Καρανδεινού – Ρήγα Αντωνία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Χρυσάγη Μαρία, Καθηγήτρια

Ζιώγας Βασίλειος, Καθηγητής

Εμμανουήλ Νικόλαος, Καθηγητής

Στον Σταμάτη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Τα αίτια της οικολογικής κρίσης – Οικοτοξικολογία	1
1.1.1 Εισαγωγή στις Έννοιες Τοξικολογίας και της Οικοτοξικολογίας.....	1
1.1.2 Διασπορά και διάχυση ρύπων στο περιβάλλον.....	3
1.1.3 Επιδράσεις χημικών ρύπων σε έμβιους οργανισμούς και οικοσυστήματα.....	3
1.1.4 Μερικά Βασικά Προβλήματα των Οικοτοξικολογικών Ερευνών.....	4
1.2 Υδρόβια τοξικολογία	5
1.2.1 Πηγές ρύπανσης των υδάτων των ποταμών και των λιμνών.....	6
1.2.2 Ρύπανση ανθρωπογενούς προέλευσης	7
1.3 Εκτίμηση Περιβαλλοντικού και Οικολογικού Κινδύνου.....	8
1.3.1 Εκτίμηση της τοξικότητας των ρύπων.....	8
1.4 Βιοδείκτες	10
1.4.1 Κριτήρια για την επιλογή του δείκτη	12
1.4.2 Βιοδείκτες του υδάτινου περιβάλλοντος	13
1.4.3 Χρήση φυκών για μελέτες τοξικότητας.....	13
1.5 Φύκη	14
1.5.1 Κυτταρική οργάνωση	16
1.5.2 Αναπαραγωγή φυκών	16
1.5.2.1 Εγγενής αναπαραγωγή	16
1.5.2.2 Αγενής αναπαραγωγή	17
1.5.3 Μορφολογία φυκών	17
1.5.4 Προκαρυωτικά φύκη και Ευκαρυωτικά φύκη	18
1.5.4.1 Προκαρυωτικά φύκη	18
1.5.4.1 Ευκαρυωτικά φύκη	19
1.5.5 Ταξινόμηση φυκών	21
1.5.5.1 Διαιρέσεις φυκών	21
1.5.6 Οικολογία των φυκών	24
1.5.7 Οικονομική και βιολογική σημασία	24
1.5.7.1 Χρησιμότητα των φυκών.....	25

1.5.8 Γένος: <i>Scenedesmus</i>	26
1.5.9 Γένος: <i>Selenastrum</i>	27
1.5.10 Γένος: <i>Oocystis</i>	28
1.5.11 Γένος: <i>Chlorella</i>	29
1.5.12 Γένος: <i>Anabaena</i>	30
1.6 Περιγραφή του φωτοσυνθετικού μηχανισμού.....	31
1.6.1 Φωτοσυνθετικές χρωστικές	31
1.7 Ζιζανιοκτόνα με εξειδικευμένη δράση στις κυτταρικές ή τις μεταβολικές λειτουργίες.....	35
1.7.1 Παρεμπόδιση της Φωτοσύνθεσης και Σχετικών με τη Φωτοσύνθεση Λειτουργιών	35
1.7.1.1 Παρεμποδιστές Βιοσύνθεσης Χλωροφύλλης	35
1.7.2 Παρεμπόδιση της Βιοσύνθεσης Αμινοξέων.....	36
1.7.2.1 Παρεμποδιστές της Βιοσύνθεσης Αμινοξέων της Ομάδας του Πυροσταφυλικού	36
1.7.3 Παρεμπόδιση της Διαίρεσης των Κυττάρων	37
1.7.3.1 Παρεμποδιστές του Πολυμερισμού της Τουμπουλίνης	37
Σκοπός του πειράματος	39
2. Υλικά και μέθοδοι	39
2.1 Πείραμα εύρεσης της οπτικής πυκνότητας	41
2.1.1 Υλικά	41
2.1.2 Ανάπτυξη των βιοδεικτών – πειραματισμός	43
2.1.3 Αξιοπιστία πειράματος	48
2.1.4 Δοκιμές	48
2.1.4.1 Επεμβάσεις που έγιναν με το Pendimethalin	49
2.1.4.2 Επεμβάσεις που έγιναν με το Oxyfluorfen	49
2.1.4.3 Επεμβάσεις που έγιναν με το Chlorsulfuron	49
2.1.5 Εκτίμηση των παραμέτρων ρυθμού ανάπτυξης και αύξησης της βιομάζας	50

2.2 Πείραμα εύρεσης της επίδρασης των σκευασμάτων	
στο επίπεδο του βιοσημαντή χλωροφύλλη	51
2.2.1 Υλικά	51
2.2.2 Μέθοδος	51
2.2.3 Υπολογισμός της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης	52
3. Αποτελέσματα	53
3.1 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων	
στην ανάπτυξη των φυκών	53
3.1.1 Επίδραση του Pendimethalin στην	
ανάπτυξη των φυκών.....	53
3.1.2 Επίδραση του Oxyfluorfen στην	
ανάπτυξη των φυκών.....	66
3.1.3 Επίδραση του Chlorsulfuron στην	
ανάπτυξη των φυκών.....	78
3.2 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων	
στην αύξηση της βιομάζας των φυκών	88
3.2.1 Επίδραση του Pendimethalin στην παρεμπόδιση	
της αύξησης της βιομάζας των φυκών.....	88
3.2.2 Επίδραση του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση	
της αύξησης της βιομάζας των φυκών	95
3.2.3 Επίδραση του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση	
της αύξησης της βιομάζας των φυκών.....	102
3.3 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων	
στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης	110
3.3.1 Επίδραση του Pendimethalin στην	
συγκέντρωση της χλωροφύλλης	110
3.3.1 Επίδραση του Oxyfluorfen στην	
συγκέντρωση της χλωροφύλλης	119
3.3.1 Επίδραση του Chlorsulfuron στην	
συγκέντρωση της χλωροφύλλης	124
4. Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	130
Παράρτημα	133
Βιβλιογραφία.....	136

Περίληψη

Οι πολυποίκιλες επιδράσεις των ζιζανιοκτόνων σε μη στοχευόμενα φυτά έχουν ειδικό ενδιαφέρον, εξαιτίας της ετήσιας παγκόσμιας αύξησης και εξάπλωσης της χρήσης αυτών των χημικών.

Τα φύκη είναι βασικά συστατικά των υδρόβιων οικοσυστημάτων. Τα φύκη παράγουν οξυγόνο και οργανικές ουσίες από τις οποίες οι περισσότερες μορφές ζωής βασίζονται, για να παρέχουν τροφή και σε άλλους οργανισμούς. Τα ζιζανιοκτόνα μπορούν να επιδράσουν στην δομή και λειτουργία των υδρόβιων κοινοτήτων, διαμέσου της μεταβολής της σύστασης των ειδών μιας κοινότητας φυκών.

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές της παρεμπόδισης της αύξησης για 3 ζιζανιοκτόνα (**pendimethalin**, **oxyfluorfen** και **chlorsulfuron**) στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda* και *Scenedesmus obliquus* και έγινε σύγκριση της ποικιλότητας της ευαισθησίας των έξι φυκών στα παραπάνω ζιζανιοκτόνα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι την οξεία τοξικότητα του **chlorsulfuron** να είναι η μεγαλύτερη μεταξύ όλων των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Η φθίνουσα σειρά κατάταξης της μέσης τοξικότητας στα έξι φύκη, των 3 ζιζανιοκτόνων ήταν η παρακάτω: **chlorsulfuron** > **pendimethalin** > **oxyfluorfen**

Συγκρίνοντας τα είδη φυκών που χρησιμοποιήθηκαν, δεν υπάρχει είδος που να είναι ως "συνεχώς το πιο ευαίσθητο" ή "συνεχώς το λιγότερο ευαίσθητο", αλλά σε αυτή την εργασία το *Anabaena flos-aquae* - κυανοβακτήριο ήταν το πιο ανεκτικό στα ζιζανιοκτόνα από τα άλλα πράσινα φύκη.

Abstract

Adverse effects of herbicides on nontarget plants are of particular concern because of the annual, widespread and increasingly worldwide use of these chemicals.

Algae are essential components of aquatic ecosystems. They produce oxygen and organic substances on which most other life forms depend to provide food for other organisms. Herbicides can affect the structure and function of aquatic communities through altering species composition of an algal community.

Growth-inhibiting tests were carried out for 3 herbicides (**pendimethalin**, **oxyfluorfen** and **chlorsulfuron**) in the algae *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda* and *Scenedesmus obliquus* and the differential sensitivities of the six algae to those herbicides were compared.

The results indicate that the acute toxicity of **chlorsulfuron** is the highest among all of the herbicides tested.

The decreasing order of average acute toxicity to six green algae, of 3 herbicides was as follows: **chlorsulfuron** > **pendimethalin** > **oxyfluorfen**

Compared with the algal species tested, there are no species that are always the most sensitive or always the least sensitive, but in this work, *Anabaena flos-aquae* – cyanobacteria, was more tolerant to herbicides than the green algae.

1. Εισαγωγή

1.1 Τα αίτια της οικολογικής κρίσης – Οικοτοξικολογία

Είναι γνωστό ότι ο άνθρωπος πάντα βίωνε κάποιες αλλαγές, “υποβαθμίσεις”, στο περιβάλλον του και στην υπόλοιπη φύση. Μετά την Αγροτική επανάσταση (9000 π.Χ) άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα προβλήματα του περιβάλλοντος, ενώ μετά την Βιομηχανική επανάσταση (1750 μ.Χ) τα περιβαλλοντικά προβλήματα έγιναν πιο έντονα χωρίς να πάρουν βέβαια τις σημερινές τους διαστάσεις. Μετά τους δύο παγκοσμίους πολέμους κυρίως τις δεκαετίες του '40 και του '50 τα πράγματα άλλαξαν και πραγματοποιήθηκε μια αλματώδης οικονομική, τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη χωρίς συχνά σύνεση και προγραμματισμό. Η ανάπτυξη αυτή μοιραία οδήγησε σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος η οποία αρχικά εκδηλώθηκε με τη μείωση ή την εξαφάνιση ορισμένων πληθυσμών ευπαθών ειδών φυτών και ζώων και στη συνέχεια σε καταστροφή της δομής και της λειτουργίας των οικοσυστημάτων από τα οποία εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα η επιβίωση του ανθρώπου.

Τα αίτια της οικολογικής κρίσης είναι, (Καρανδεινός, 1995):

- η καλπάζουσα αύξηση του πληθυσμού της γης
- η αστικοποίηση
- η εξάντληση νέων τόπων του πλανήτη για μεταναστεύσεις και εποίκιση
- η άνιση κατανομή του πλούτου της γης
- η αντικατάσταση της παραδοσιακής οικονομίας και εκμετάλλευσης του πλούτου από την σύγχρονη τεχνολογία και την οικονομία του κέρδους.
- Η διεύρυνση του χάσματος μεταξύ τεχνολογικής ικανότητας και οικολογικής γνώσης
- Η θρησκευτικοφιλοσοφική θεώρηση του ανθρώπου σε σχέση με την φύση.

1.1.1 Εισαγωγή στις Έννοιες Τοξικολογίας και της Οικοτοξικολογίας.

Η περιβαλλοντική ρύπανση και η έκθεση σε τοξικές και επικίνδυνες χημικές ουσίες, φυσικούς παράγοντες, (π.χ. ακτινοβολία) και παθογόνους οργανισμούς είναι γνωστό ότι μπορούν να προκαλέσουν φθορές, νοσηρότητα και θνησιμότητα στα βιολογικά συστήματα. Οι επιστημονικοί τομείς που αναπτύχθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες για την έρευνα των ποικίλων τοξικών επιδράσεων, κυρίως χημικών ουσιών, καλύπτονται κάτω από τον όρο της επιστήμης της Τοξικολογίας, με ιδιαίτερη έμφαση στα τοξικολογικά προβλήματα του ανθρώπου.

Ο πατέρας της τοξικολογίας θεωρείται ο Παράκελσος (1493-1541), στον οποίο οφείλεται η βασική αρχή της τοξικολογίας «όλες οι ουσίες είναι δηλητήρια και η δόση διαφοροποιεί την τοξική δράση». Θεωρητικά λοιπόν όλες οι ουσίες, φυσικές ή συνθετικές ή παραγόμενες από καύση ή άλλη φυσική ή τεχνολογική διεργασία, μπορούν να παρέμβουν στις φυσιολογικές διεργασίες μεταβολισμού ζωντανών οργανισμών και να προκαλέσουν βλάβες ή το θάνατο, ανάλογα με την έκθεση, τη χρονική διάρκεια και τον τρόπο εισόδου στον οργανισμό.

Ο τρόπος έκθεσης ενός οργανισμού σε μία χημική ουσία και η συγκέντρωση ή η ποσότητα της ουσίας, αποτελούν τις δύο πιο χαρακτηριστικές παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη διερεύνηση της τοξικολογικής της δράσης, (Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία, Βαλαβανίδης Α., 2007).

Οι εφαρμογές των βασικών αρχών της Τοξικολογίας και των πειραματικών μεθοδολογιών που μελετούσαν τις επιβλαβείς επιδράσεις των χημικών ρύπων, αλλά με έμφαση την περιβαλλοντική ρύπανση δημιούργησαν τις επιστήμες της Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Οικοτοξικολογίας, (Βαλαβανίδης Αθ., 1999).

Η **Οικοτοξικολογία** εμφανίσθηκε το 1969 ως μία φυσική προέκταση της τοξικολογίας. Έχει ως αντικείμενο την μελέτη των ρύπων μέσα στα διάφορα οικοσυστήματα συμπεριλαμβανομένων και εκείνων όπου λείπει η ανθρώπινη παρουσία (Αράπης Γ. 1998).

Η οικοτοξικολογία έχει σαν στόχο:

- 1) τη διευκρίνιση των ιδιοτήτων και κατανόηση των μηχανισμών της ρύπανσης των διαφόρων οικοσυστημάτων και της βιόσφαιρας από τις σημαντικότερες κατηγορίες τοξικών ρύπων.
- 2) τη μελέτη της μεταφοράς τους, όπως και της βιογεωργικής μετατροπής τους, μέσα στα οικοσυστήματα.
- 3) την ανάλυση των συνεπειών τους στις βιοκοινωνίες και, επίσης, των ανωμαλιών που προκαλούν στις βασικές οικολογικές διαδικασίες, και συγκεκριμένα σ' αυτές που εξασφαλίζουν την βιολογική παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων και της βιόσφαιρας γενικότερα (Αράπης Γ., 1998).

1.1.2 Διασπορά και διάχυση ρύπων στο περιβάλλον

Οι χημικές ουσίες όταν απελευθερωθούν στο φυσικό περιβάλλον υπόκεινται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα, τα υδάτινα συστήματα, το έδαφος και στα ιζήματα ανάλογα με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Οι χημικοί ρύποι μέσω διασκορπισμού, διάχυσης, διείσδυσης και βιοσυσσώρευσης σε ζωντανούς οργανισμούς δημιουργούν προβλήματα περιβαλλοντικής τοξικολογίας που απαιτούν συστηματική ανάλυση. Συγχρόνως υπάρχουν πορείες βιοαποικοδόμησης, ιζηματοποίησης, οξειδωτικής διάσπασης ή εξαέρωσης που κάνουν πιο σύνθετη την εικόνα της οικοτοξικολογικής δράσης. Εάν ληφθούν υπόψη και οι τοξικολογικές επιπτώσεις σε επίπεδο οργανισμού, κοινοτήτων και οικοσυστημάτων, τότε κατανοούμε την πολυπλοκότητα των οικοτοξικολογικών ερευνών, (De Henau H., 1998).

Η διασπορά των χημικών ρύπων στο φυσικό περιβάλλον είναι μία φάση για την οποία υπάρχουν μεθοδολογικές προσεγγίσεις, τόσο για τους υπολογισμούς των συγκεντρώσεων πέρα από την πηγή ρύπανσης, όσο και τη μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Οι δύο διαδικασίες για τις οποίες ενδιαφέρεται η οικοτοξικολογική έρευνα είναι η **βιοσυσσώρευση** μέσω της τροφικής αλυσίδας ή στους διάφορους ιστούς και όργανα των οργανισμών, καθώς και της **βιοαποικοδόμησης** ή διάσπασης με την επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος, (McKay D., 1998, Van Straalen NM., 2003).

1.1.3 Επιδράσεις χημικών ρύπων σε έμβιους οργανισμούς και οικοσυστήματα

Οι ζωντανοί οργανισμοί σε ένα οικοσύστημα μπορούν να εκδηλώσουν διαφορετικές ευαισθησίες στις τοξικές χημικές ουσίες λόγω των πολυσύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ έμβιων και αβιογενών παραμέτρων του περιβάλλοντος. Παράδειγμα τέτοιων δράσεων είναι τα ζιζανιοκτόνα, τα οποία έχουν επιλεκτική τοξικότητα στα φυτά και στα ζιζάνια. Εάν τα ζιζανιοκτόνα δεν είναι βιοδιασπάσιμα τότε συγκεντρώνονται επιλεκτικά σε ορισμένα έμβια όντα και υπόκεινται σε βιομεγεθυνση μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Οι μελέτες με χημικούς ρύπους στο περιβάλλον έδειξαν ότι υπάρχουν όρια κάτω από τα οποία συμβαίνουν υποθανατηφόρες δράσεις ή άλλες επιδράσεις στους οργανισμούς. Οι κρίσιμες συγκεντρώσεις για κάθε χημικό ρύπο διαφέρουν από είδος σε είδος οργανισμού και εξαρτώνται άμεσα από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος και τον τρόπο έκθεσης.

Η οικοτοξικολογική δράση των χημικών ρύπων μπορεί να μεταβληθεί σημαντικά όταν υπάρχει μίγμα χημικών ουσιών στο περιβάλλον, λόγω των προσθετικών, συνεργικών και ανταγωνιστικών δράσεων.

1.1.4 Μερικά Βασικά Προβλήματα των Οικοτοξικολογικών Ερευνών

(α) Τα βιολογικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοποικιλότητα. Η ποικιλότητα δυσκολεύει την συστηματοποίηση των οικοτοξικολογικών αποτελεσμάτων από την χρήση μικρόκοσμων και μεσοκόσμων. Εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της ποικιλότητας είναι να περιορισθεί ο αριθμός των ειδών και οι φυσικοχημικές παράμετροι.

(β) Η ωριμότητα ενός συστήματος και ο εγκλιματισμός των οργανισμών στο τεχνητό περιβάλλον παίζει σημαντικό ρόλο στις οικοτοξικολογικές έρευνες. Τα τροφικά επίπεδα πρέπει να αποκατασταθούν, οι οργανισμοί πρέπει να πετύχουν δυναμική ισορροπία με το περιβάλλον τους, ώστε να αρχίσουν οι δόσεις των χημικών ρύπων και οι μετρήσεις.

(γ) Η χρήση μακροφύτων, μακροφυτικών πολυκυτταρικών φυκών και υδρόβιων φυτών σε τεχνητά οικοσυστήματα παίζει σημαντικό ρόλο. Ο πληθυσμός και η πυκνότητα των φυκών και των υδρόβιων φυτών σε τεχνητά οικοσυστήματα είναι απαραίτητα στοιχεία προσομοίωσης των φυσικών συνθηκών.

(δ) Η χρήση διαφόρων πληθυσμών και ειδών ψαριών σε τεχνητά οικοσυστήματα για έρευνες είναι μια άλλη διάσταση του πειραματισμού.

(ε) Οι κλίμακες πειραματικών συστημάτων έχουν άμεσα επιπτώσεις στα αποτελέσματα οικοτοξικολογικών μεθόδων. Το μέγεθος των τεχνητών υδρόβιων συστημάτων, η ποικιλία των ειδών, η διάρκεια των πειραμάτων και δειγματοληψιών επηρεάζουν τις μετρήσεις στα τελικά σημεία των συστημάτων.

(στ) Η δοσολογία και η μέθοδος εφαρμογής έχουν μεγάλη σημασία στις οικοτοξικολογικές έρευνες. Η κατανομή και τύχη των χημικών ρύπων μετά την εφαρμογή των δόσεων στο σύστημα είναι σημαντικοί παράγοντες.

(ζ) Ο τρόπος που οι χημικές ουσίες διαχέονται στο υδάτινο σύστημα και η συσσώρευση, εξουδετέρωση ή διάσπαση κατά την διάρκεια των πειραμάτων έχουν μεγάλη σημασία.

(η) Ο πειραματικός σχεδιασμός και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πρέπει να προσαρμοσθούν στις ανάγκες και τις παραμέτρους των πειραματικών οικοσυστημάτων και το είδος των χημικών ρύπων.

1.2 Υδρόβια τοξικολογία

Η υδρόβια τοξικολογία ασχολείται με την ποιοτική και ποσοτική μελέτη τοξικών επιπτώσεων ρυπαντών σε υδάτινα οικοσυστήματα και οργανισμούς, (Adams, 1995). Ως ρύπους θεωρούμε διάφορες χημικές ουσίες, όπως τα εντομοκτόνα και τα ζιζανιοκτόνα, (Rand and Petrocelli, 1985; Roux, 1990). Επίσης, μελετώνται οι συγκεντρώσεις ή οι ποσότητες των χημικών, οι οποίες μπορεί να βρεθούν στα υδάτινα οικοσυστήματα και στο ίζημα.

Οι πιο απλές υδροοικοτοξικολογικές μελέτες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση του αν κάποια χημική ουσία μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον. Όμως για τον προσδιορισμό των επιδράσεων αυτών των ουσιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν πειράματα όπου δημιουργούνται πραγματικές περιβαλλοντικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας τεχνητές λίμνες ή ποτάμια. Πρόσφατα πολλά εργαστηριακά πειράματα που βρίσκονται ανάμεσα στις απλές μελέτες και τις μελέτες που δημιουργούν τεχνητές συνθήκες, μπορούν να αποδώσουν χρήσιμα συμπεράσματα και να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα οικοσυστήματα από αυτά που προήλθαν, (Boxall et al 2002).

Για τις απλές μελέτες πρέπει να ακολουθηθούν ορισμένα κριτήρια ώστε να είναι αποτελεσματικές, όπως

- τα συμπεράσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε κάποιο επιλεγμένο μεμονωμένο είδος ή οργανισμό να αφορούν και μεγαλύτερες τάξεις οργανισμών και
- τα επιλεγμένα σημεία στα οποία μελετάται ένα είδος να είναι τα πιο ευαίσθητα.

Συνήθως όμως αυτές οι μελέτες δεν καλύπτουν τα κριτήρια αυτά, αφού εμπλέκονται πολλοί απροσδιόριστοι παράγοντες. Αν όμως μέσω αυτών των μελετών παρουσιάζεται κάποια χημική ουσία να αποτελεί περιβαλλοντικό κίνδυνο οι επιπτώσεις της μπορούν να προσδιοριστούν με περισσότερη ακρίβεια χρησιμοποιώντας δοκιμές με πιο ρεαλιστικές συνθήκες όπου χρησιμοποιούνται τεχνητές λίμνες ή ποτάμια.

Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται για χημικές ουσίες, όπως τα εντομοκτόνα και τα διάφορα απολυμαντικά και έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως: **α)** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερο εύρος οργανισμών, **β)** να προσδιορίσουν τις αλληλεπιδράσεις των διαφόρων ειδών και **γ)** να προσδιορίσουν έμμεσες επιπτώσεις των ουσιών αυτών.

Όμως και αυτές οι μελέτες έχουν κάποιους περιορισμούς αφού τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα σε διαφορετικές συνθήκες από αυτές που έχουν εξαχθεί, αφού οι μελέτες αυτές μπορεί να διαφέρουν στην διάρκεια και το χρόνο πραγματοποίησής τους, ενώ η πολυπλοκότητα τους μειώνει και τα επίπεδα αξιοπιστίας τους.

Επίσης πολύ σημαντικό μειονέκτημά τους είναι ότι για την ακριβέστερη προσομοίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών σε τεχνητές κατασκευές απαιτείται μεγάλο κόστος.

Μπορούμε να πούμε ότι οι μελέτες που βρίσκονται ανάμεσα στις απλές μελέτες ενός είδους και τις μελέτες όπου χρησιμοποιούνται τεχνητές λίμνες ή ποτάμια μπορούν να παρέχουν ποικίλες πληροφορίες για την τοξικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Τα αντικείμενα αυτών των εργαστηριακών μελετών συμπεριλαμβάνουν ένα τουλάχιστον από τα παρακάτω: **α)** την μέτρηση των επιπτώσεων μη συνεχών εκθέσεων σε ρυπογόνα, **β)** την βελτίωση της εκτίμησης της ευαισθησίας διαφόρων ειδών σε εντομοκτόνα, **γ)** την εκτίμηση των επιδράσεων των ρυπογόνων σε ευαίσθητα βιολογικά στάδια και πληθυσμούς, **δ)** την αξιολόγηση της δυνατότητας ενός οικοσυστήματος να επανέλθει μετά από έκθεση του σε κάποιο εντομοκτόνο, και **ε)** τον προσδιορισμό των έμμεσων επιπτώσεων των ουσιών στο οικοσύστημα.

1.2.1 Πηγές ρύπανσης των υδάτων των ποταμών και των λιμνών

Οι ποταμοί και οι λίμνες είναι αποδέκτες των νερών απορροής των λεκανών τους. Η φυσική κατάσταση της ποιότητας των νερών ενός ποταμού ή μίας λίμνης σπάνια διατηρείται και επηρεάζεται από την βιομηχανική ή αγροτική χρήση της γης της λεκάνης απορροής του. Την δεκαετία του 1960 παρουσιάστηκαν οι πρώτες εργασίες με θέμα την ύπαρξη υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων, (οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων DDT) και τις τοξικές τους επιδράσεις στους υδρόβιους οργανισμούς, (Carson, 1962; Cope 1965).

Οι πηγές ρύπανσης των υδάτων των ποταμών και των λιμνών μπορούν να διαχωριστούν σε μη σημειακές και σημειακές.

- Σημαντικές πηγές **μη σημειακής ρύπανσης** επιφανειακών νερών αποτελούν η επιφανειακή απορροή (surface run off) υδάτων, τα στραγγιστικά νερά αγροτικής γης, η κατακρήμνιση οργανικών κυρίως ρύπων με το νερό της βροχής.
- Αντιθέτως, σημαντικές πηγές **σημειακής ρύπανσης** αποτελούν οι αγροτικές και αστικές βιομηχανίες που απορρίπτουν τα απόβλητα τους στα νερά παρακειμένων ποταμών, μη ορθολογικές αγροτικές δραστηριότητες, όπως προετοιμασία ή καθαρισμός ψεκαστικών μηχανημάτων, μη ασφαλή αποθήκευση αγροχημικών.

1.2.2 Ρύπανση ανθρωπογενούς προέλευσης

Ρύπανση ανθρωπογενούς προέλευσης ορίζεται κάθε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών, η οποία έχει βλαπτική επίδραση στους ζωντανούς οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία ή παρεμποδίζει τη χρήση των υδάτων ή αλλοιώνει την ποιότητα του νερού ή υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρησιμοποίησής τους για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του οικοσυστήματος είναι τα βιομηχανικά και αστικά λύματα και οι γεωργικές καλλιέργειες.

Γεωργική ρύπανση

Η σύγχρονη γεωργία παρασύρεται ολοένα και περισσότερο στην αλόγιστη χρήση ανόργανων ή οργανικών χημικών ουσιών. Έτσι, η γεωργία κατέληξε να αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων, (Vinten et al. 1991).

Η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία αποτελούν τους κύριους παράγοντες της γεωργικής ρύπανσης. Η ρύπανση των επιφανειακών νερών από τη γεωργία αναγνωρίζεται παγκοσμίως ότι αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της ολικής ρύπανσης των φυσικών υδατορευμάτων.

Οι κυριότερες κατηγορίες που απαντούν ως ρύποι στα νερά είναι τα οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα, τα οργανοφωσφορικά, τα καρβαμιδικά, τα πυρεθροειδή κλπ. Σημαντικές ποσότητες φυτοφαρμάκων απαντούν και σε υπόγεια νερά.

i) Φυτοφάρμακα: Το γεγονός ότι η χρήση των φυτοφαρμάκων στις γεωργικές καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί κατακόρυφα εγκυμονεί κινδύνους για πιθανή ρύπανση του περιβάλλοντος. Η επίδραση των φυτοφαρμάκων στο οικοσύστημα εξαρτάται από τις ιδιότητες του υπολείμματος, τη διαλυτότητα των ενώσεων τους, την αντοχή στις διασπάσεις και την τοξικότητά τους, (Κουϊμτζής και συν. 1993).

ii) Ζιζανιοκτόνα: Η κυριότερη κατηγορία των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι οι τριαζίνες (27% του ολικού ποσού των ζιζανιοκτόνων). Η επόμενη κατηγορία είναι τα υποκατεστημένα παράγωγα της ουρίας (3%) και τα όξινα ζιζανιοκτόνα (8%). Τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα θεωρούνται ήπια τοξικά, καθώς το LC50 κυμαίνεται μεταξύ 10-100 mg/l. Παρ' όλα αυτά δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής ότι όλα είναι ειδικά τοξικά για τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, επειδή ακριβώς έχουν σχεδιαστεί ειδικά να καταστρέφουν φυτά και να εμποδίζουν την ανάπτυξή τους. Έτσι, είναι συνήθως πολύ τοξικά στα φυτά και όλους τους υπόλοιπους οργανισμούς, (Κουϊμτζής και συν. 1993).

1.3 Εκτίμηση Περιβαλλοντικού και Οικολογικού Κινδύνου

Η ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων χημικών ουσιών και παρασκευασμάτων στο περιβάλλον και τα οικοσυστήματα καλείται Εκτίμηση Περιβαλλοντικού και Οικολογικού Κινδύνου, (Assessment of environmental and ecological risk).

Η εκτίμηση κινδύνου είναι ένα εργαλείο διαχείρισης που χρησιμοποιείται για να λαμβάνονται κρίσιμες αποφάσεις κατά την εμπορία και τη χρήση νέων χημικών υλικών, παρασκευασμάτων, συσκευασιών κ.λπ, για τα οποία υπάρχουν ή δεν υπάρχουν τοξικολογικά και οικοτοξικολογικά δεδομένα περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η περιβαλλοντική τοξικολογία προσπαθεί να λύσει ειδικά επιστημονικά προβλήματα, ιδιαίτερα για τις επιβλαβείς επιδράσεις χημικών ουσιών-ρύπων σε οργανισμούς και οικοσυστήματα (Βαλαβανίδης Αθ., 1999).

Ο ρόλος της τοξικολογίας και της οικοτοξικολογίας στην εκτίμηση του περιβαλλοντικού και οικολογικού κινδύνου είναι ακρογωνιαίας σημασίας. Παρά τη μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών, εκθέσεων, φυσικών συνθηκών, έμβιων όντων και οικοσυστημάτων, η τοξικολογία έχει καταφέρει να προσδιορίσει πρότυπα δοκιμασιών και σταθερές τοξικολογικών αποτελεσμάτων, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποσοτικές εκτιμήσεις και με μαθηματικά μοντέλα και να περιγράψουν τις πιθανότητες βλαβών στην υγεία και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα τοξικολογικά δεδομένα ξεκινούν με τη διάγνωση των επιβλαβών επιπτώσεων στα έμβια όντα (hazard identification), επιβεβαιώνουν με πειράματα σε πειραματόζωα ή οικοτοξικολογικές έρευνες την δόση-αποτέλεσμα και εκτιμούν τις διάφορες τοξικολογικές παραμέτρους, όπως **LC50**, **NOAEL**, κλπ, εκτιμούν το βαθμό και τη συχνότητα έκθεσης (exposure assessment), και με βάση όλα αυτά χαρακτηρίζουν τον κίνδυνο, (risk characterization).

1.3.1 Εκτίμηση της τοξικότητας των ρύπων

Δοκιμές τοξικότητας: Έχουν σαν στόχο την εκτίμηση του βαθμού ευαισθησίας (ή αντοχής) των διαφόρων ζωικών ή φυτικών ειδών στον έναν ή τον άλλο τοξικό ρύπο (Αράπης Γ.,1998).

Ουσιαστικά την πράξη ψάχνουμε:

- 1) Να καθορίσουμε τις διαφορετικές μορφές τοξικότητας δια αναπνοής, κατάποσης η και (επιδερμικής) επαφής.
- 2) Μια ποσοτική εκτίμηση των κυριότερων συνεπειών (θανατηφόρων ή άλλων) των τοξικών ουσιών.

Ο καθορισμός του τοξικού δυναμικού ενός ρύπου είναι να εκτιμηθούν διάφοροι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την δράση του ρύπου όχι τόσο σε επίπεδο απομονωμένου ατόμου αλλά κυρίως επάνω σε ένα πληθυσμό. Ακόμα και οι κυριότερη συνέπεια που δεν είναι άλλη από τον θάνατο του οργανισμού, εκτιμάτε με ένα ποσοστό (ή συντελεστή θνησιμότητας ο οποίος όμως δεν πρέπει να έχει χαρακτήρα ατομικό αλλά αντίθετα να εκφράζει κατά γενικό κανόνα τον πληθυσμό. Είναι λοιπόν ένα κριτήριο καθαρά δημο-οικολογικό.

Οικοτοξικολογικοί παράμετροι

α) Τρόποι εισόδου τοξινών στους οργανισμούς:

i) Αναπνευστική οδός, **ii)** Επιδερμική οδός, **iii)** Τροφική

β) Τρόποι εκδήλωσης τοξικότητας:

Το αποτέλεσμα της τοξικότητας μιας ουσίας μπορεί να είναι:

- Οξύ: Σύντομος θάνατος (και στους τρεις τρόπους: Αναπνευστικό, Επιδερμικό Τροφικό)
- Υπό-οξύ: Διαφέρει στο ότι ένα μέρος του πληθυσμού επιβιώνει.
- Μακροπρόθεσμο: Οι συνέπειες εκδηλώνονται με τον καιρό.

γ) Εκτίμηση τοξικότητας:

Γίνεται με την χρήση τοξικολογικών τεστ σε: **i)** υδρόβιους οργανισμούς, **ii)** είδη άγριας πανίδας και χλωρίδας, **iii)** ιζήματα, **iv)** έδαφος, **v)** φύκη (algae) και φυτά, **vi)** έρευνα με δείκτες γεωλογικού τοπίου και **vii)** υδρόβιους και χερσαίους οργανισμούς και εφαρμόζονται στα 4 στάδια της βιολογικής οργάνωσης:

α) βιοχημικό και κυτταρικό στάδιο των ζωντανών οργανισμών, όπου χρησιμοποιούνται **βιοσημαντές** (biomarkers) για βιοχημικές, φυσιολογικές και ιστολογικές μεταβολές

β) ολόκληρος ο οργανισμός

γ) πληθυσμοί βιολογικών ειδών και

δ) βιοκοινότητες που περιέχουν μεγάλη ποικιλία οργανισμών.

Πρέπει να πληρούνται οι εξής όροι:

- Ομοιογένεια δειγμάτων
- Χρήση τεχνικών που εξασφαλίζουν ίδιες συνθήκες καθόλη την διάρκεια του πειράματος
- Χρήση των κατάλληλων στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

δ) Μέθοδοι καθορισμού τοξικότητας:

- Καθορισμός της επίδρασης που παρατηρείται πάνω σε συγκεκριμένο πειραματικό οργανισμό μετά από συγκεκριμένο χρόνο σε συνάρτηση με αυξανόμενες ποσότητες ή συγκεντρώσεις τοξικής ουσίας. Εκφράζεται με τα σύμβολα (LD₅₀, LC₅₀, LD₉₀, EC₅₀ κλπ)
- Επίδραση που προκαλείται από μια σταθερή ποσότητα ή συγκέντρωση της τοξικής ουσίας σε αυξανόμενη διάρκεια χρόνου. Εκφράζεται με τα σύμβολα (LT₅₀, LT₉₀ κλπ).

Οι αριθμοί 50, 90, κλπ. στα παραπάνω σύμβολα υποδηλώνουν το % ποσοστό επίδρασης των οργανισμών, που παρατηρείται στο τέλος του πειράματος.

1.4 Βιοδείκτες

Τα μέσα για την καταγραφή των αλλαγών του περιβάλλοντος σε διάφορα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης και της εκτίμησης της ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι οι βιοδείκτες. Οι δείκτες αυτοί βασίστηκαν στην αφθονία, παρουσία ή απουσία διαφόρων ειδών, δηλαδή στη συχνότητα κατανομής ειδών σε μια κοινότητα.

Ορισμένα είδη οργανισμών σε ένα οικοσύστημα διατηρούν κεντρικό ρόλο για την κατάσταση που επικρατεί και τις ισορροπίες με το αβιοτικό περιβάλλον. Η παρακολούθηση των ειδών αυτών μπορεί να ληφθεί ως αντιπροσωπευτική και για το σύνολο των ειδών και με βάση τα είδη αυτά μπορεί να προσδιορισθεί ο βαθμός ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος.

Με τους βιοδείκτες μελετάμε :

- τις βιοχημικές και φυσιολογικές αντιδράσεις τους
- τις παρεκκλίσεις από τον κανόνα στους ανατομικούς, μορφολογικούς, βιορυθμικούς όρους και στους όρους συμπεριφοράς τους
- τις αλλαγές στις βιοκοινωνίες περιλαμβανομένης της κατανομής τους
- τις αλλαγές στην δομή και λειτουργία των οικοσυστημάτων
- τις αλλαγές στα χαρακτηριστικά του τοπίου.

Η βιοκαταγραφή της διασποράς και των συγκεντρώσεων των ρύπων γίνεται με κατάλληλα επιλεγόμενους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς οι οποίοι:

α) Παρέχουν στους ερευνητές ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες για τα δυνητικά και επιβλαβή στοιχεία ή ενώσεις στο περιβάλλον.

β) Βοηθούν στην αξιολόγηση των αθροιστικών επιπτώσεων των ρύπων στους οργανισμούς και στα οικοσυστήματα.

γ) Συμβάλλουν στην άμεση ή έμμεση αξιολόγηση των βιολογικών επιπτώσεων των ρύπων.

δ) Βοηθούν στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της ρύπανσης σε δεδομένη περιοχή ή οικοσύστημα σε σχέση με τις λοιπές συνθήκες του συγκεκριμένου περιβάλλοντος.

ε) Παρέχουν τη δυνατότητα εκτίμησης απόλυτων τιμών συγκεντρώσεων των ρύπων μετά από βαθμονόμηση του βιοδείκτη με την παράλληλη χρήση καταγραφικού οργάνου ή άλλων αναλυτικών μεθόδων.

Οι βιοδείκτες διακρίνονται στους Θετικούς Βιοδείκτες και τους Αρνητικούς Βιοδείκτες:

Θετικοί βιοδείκτες: χαρακτηρίζονται εκείνοι οι οργανισμοί που παρέχουν την πληροφορία για την αλλοίωση ή την αποκατάσταση του περιβάλλοντος με την παρουσία τους, την κατανομή τους, την αφθονία τους ή την επανεμφάνισή τους, π.χ. η έντονη ανάπτυξη ορισμένων ειδών κυανοφυκών μας πληροφορεί για το επίπεδο ευτροφισμού των λιμνών.

Αρνητικοί βιοδείκτες: χαρακτηρίζονται εκείνοι οι οργανισμοί που μας πληροφορούν για διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες με την απουσία τους σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον ή οικοσύστημα ή με την εξάλειψη τους από αυτό, π.χ. η εξάλειψη ειδών λειχήνων σε ένα ημιφυσικό ή αστικό οικοσύστημα όπου υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις SO₂.

Επίσης οι βιοδείκτες διακρίνονται και ανάλογα του τρόπου χρήσης τους σε δύο κατηγορίες:

Τους **Φυσικούς** ή **Παθητικούς** βιοδείκτες: όταν η ανίχνευση και η καταγραφή (monitoting) γίνεται στο φυσικό τους περιβάλλον και αυτό μας επιτρέπει την παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος για μεγάλες χρονικές περιόδους.

Τους **Ενεργούς** ή **Πειραματικούς** βιοδείκτες: όταν τους εγκαθιστούμε σε δίκτυο σταθμών βιοκαταγραφής ή τους μετεγκαθιστούμε από το φυσικό τους περιβάλλον σε ένα δίκτυο σταθμών σε ένα διαταραγμένο περιβάλλον. Η βιοκαταγραφή στην περίπτωση αυτή διαρκεί μικρές χρονικές περιόδους (4-12 μήνες) ανάλογα με το είδος του βιοδείκτη και τον τύπο της πληροφορίας που πρόκειται να αποκομίσουμε από την χρήση του (Καρανδεινός και Σύν, Ρήγα-Καρανδεινού Α., 1996).

1.4.1 Κριτήρια για την επιλογή του δείκτη

Συγκεκριμένα για την βιολογική παρακολούθηση μετρώντας την συγκέντρωση των ρύπων σε βιολογικό δείκτη τα κριτήρια για την επιλογή του δείκτη είναι, (Walker, et al 1996):

1. Είδη που μπορούν να έχουν έκθεση στους ρυπαντές.
2. Είδη που είναι ευαίσθητα στη συγκεκριμένη έκθεση.
3. Είδη για τα οποία μία επίδραση θα προκαλέσει σημαντική ζημιά.
4. Είδη που αντιπροσωπεύουν τυπικά χαρακτηριστικά ενός μεγάλου αριθμού άλλων ειδών στην κοινότητα.
5. Άφθονος αριθμός ειδών επιτρέπουν μεγάλα μεγέθη δειγμάτων για τη συλλογή στοιχείων.
6. Είδη στα οποία η οικολογία τους και η συμπεριφορά τους μας παρέχει εύκολο προσδιορισμό των επιδράσεων.

Το είδος του οργανισμού που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να πληρεί τα παρακάτω κριτήρια:

- να είναι ευρύτατα διαδεδομένοι και σε αφθονία
- εύκολο να βρεθούν στο συγκεκριμένο οικοσύστημα και να συλλεγούν
- να υπάρχουν σε αρκετές ποσότητες ώστε να διευκολύνουν τις αναλύσεις και τις τοξικολογικές παρατηρήσεις
- Να είναι επιδημικά είδη (δηλαδή να παραμένουν στην ίδια περιοχή ή χώρα σε αντίθεση με τα αποδημικά πτηνά) στα περισσότερα στάδια του κύκλου της ζωής τους
- να γηράσκουν εύκολα ώστε να γίνονται παρατηρήσεις και σε σχέση με την ηλικία τους μέσα στα πλαίσια των οικοτοξικολογικών ερευνών
- να περιέχουν τέτοιες συγκεντρώσεις του χημικού ρύπου ή ρύπων ώστε να διευκολύνεται η ανάλυση, αλλά και σε ποσότητες που να μην προκαλούν διαταραχές ή να σκοτώνουν τα άτομα του πληθυσμού
- να είναι κατάλληλα για εργαστηριακές μελέτες
- να είναι είδη που να χρειάζεται να προστατεύσουμε από την ρύπανση και για τα οποία να υπάρχουν αρκετές μελέτες και πληροφορίες
- να είναι είδη που να βρίσκονται στην πρώτη φάση επίδρασης της ρύπανσης, εκτός και αν απαιτούνται πειράματα σε ζώα που βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας

1.4.2 Βιοδείκτες του υδάτινου περιβάλλοντος

Σήμερα υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για έναν αριθμό βιολογικών μετρήσεων, που περιλαμβάνει δείκτες βασισμένους στα ασπόνδυλα και στα ψάρια.

Ως βιοδείκτες για την εκτίμηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων χρησιμοποιούν τα βενθικά μακροασπόνδυλα για τους παρακάτω λόγους:

α) Αυτά είναι ζώα έχουν σχέση με το βυθό, μετακινούνται λίγο και δεν μεταφέρονται παθητικά όπως το πλαγκτόν, επομένως δέχονται και αντιδρούν στις τοπικές συνθήκες των σταθμών στους οποίους ανήκουν αλλά και σε ρύπους που προέρχονται από απομακρυσμένες σημειακές πηγές ρύπανσης. Το γεγονός αυτό τα κάνει μοναδικά.

β) Η σύνθεση των βιοκοινωνιών τους μας πληροφορεί για αλλαγές που έχουν συμβεί στο οικοσύστημα, εφόσον όμως γνωρίζουμε καλά ποια είναι αυτή η σύνθεση σε αδιατάρακτη και μη επιβαρημένη από οποιουδήποτε ρύπους κατάσταση.

Συγχρόνως όμως, για να είμαστε σίγουροι ότι η εξαφάνιση ορισμένων ειδών από αυτά οφείλεται στη ρύπανση και σε άλλες φυσικοχημικές παραμέτρους, θα πρέπει να γνωρίζουμε το βιολογικό κύκλο και τις προτιμήσεις τους. Στους υδρόβιους οργανισμούς τα πειράματα διενεργούνται σε ψάρια (πέστροφα-Rainbow trout), σε υδρόβια ασπόνδυλα (*Daphnia magna*), σε φύκη (*Selenastrum spp.* και *Anabaena spp.*), σε οργανισμούς που διαβιούν σε ιζήματα (*Chironomus spp.*) και σε υδρόβια φυτά (*Lemna spp.*).

1.4.3 Χρήση φυκών για μελέτες τοξικότητας

Τα μονοκύτταρα φύκη θεωρούνται ιδανικά για τις μελέτες τοξικότητας στο περιβάλλον σε σύγκριση με την χρήση ανώτερων φυτών. Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των φυκών στις περιβαλλοντικές μελέτες είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για πολλές γενεές και σε σχετικά σύντομα χρονικά διαστήματα. Παλιότερες μελέτες έχουν αποδείξει την υψηλή ευαισθησία των περισσότερων φυκών στις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών και ειδικότερα στην ρύπανση των υδάτων. Τα φύκη αποκρίνονται γρήγορα και με τρόπο προβλέψιμο σε ένα ευρύ φάσμα ρυπαντών και παρέχουν χρήσιμες και έγκαιρες προειδοποιήσεις πριν την επιδείνωση των συνθηκών. Λόγω των θρεπτικών τους αναγκών τα φύκη δείκτες παρέχουν μοναδικές πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες του οικοσυστήματος που διαβιούν. Οι περισσότερες χρήσεις τους αφορούν την διερεύνηση για το αν οι αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών είναι αποδεκτές ή μη αποδεκτές για το ίδιο το οικοσύστημα. Τα φύκη δείκτες είναι επίσης οικονομικά αποδεκτά.

1.5 Φύκη

Τα φύκη, (και όχι φύκια), (ενικός: το φύκος, alga, πληθυντικός: τα φύκη, algae) είναι υδρόβιοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί οι οποίοι δεν έχουν βλαστούς, μίσχους, φύλλα, ρίζες και δεν σχηματίζουν σπέρματα, άνθη ή καρπούς, όπως τα ανώτερα φυτά, (Raven et al, 1986).

Αντίθετα, έχουν πρωτόγονες μεθόδους αναπαραγωγής, πρωτόγονη οργάνωση, πολύ απλή στις κατώτερες ταξινομικές ομάδες, πιο πολύπλοκη στις ανώτερες. Σχηματίζουν σπόρια αντί σπέρματα. Ορισμένα έχουν πολύπλοκους βιολογικούς κύκλους. Διαφέρουν πολύ από τα Σπερματοφύτα, τόσο από τα χερσαία όσο και από τα θαλάσσια, αυτά που οι περισσότεροι από άγνοια αποκαλούμε «φύκια», (ΕΛ.Φ.Ε., 2008).

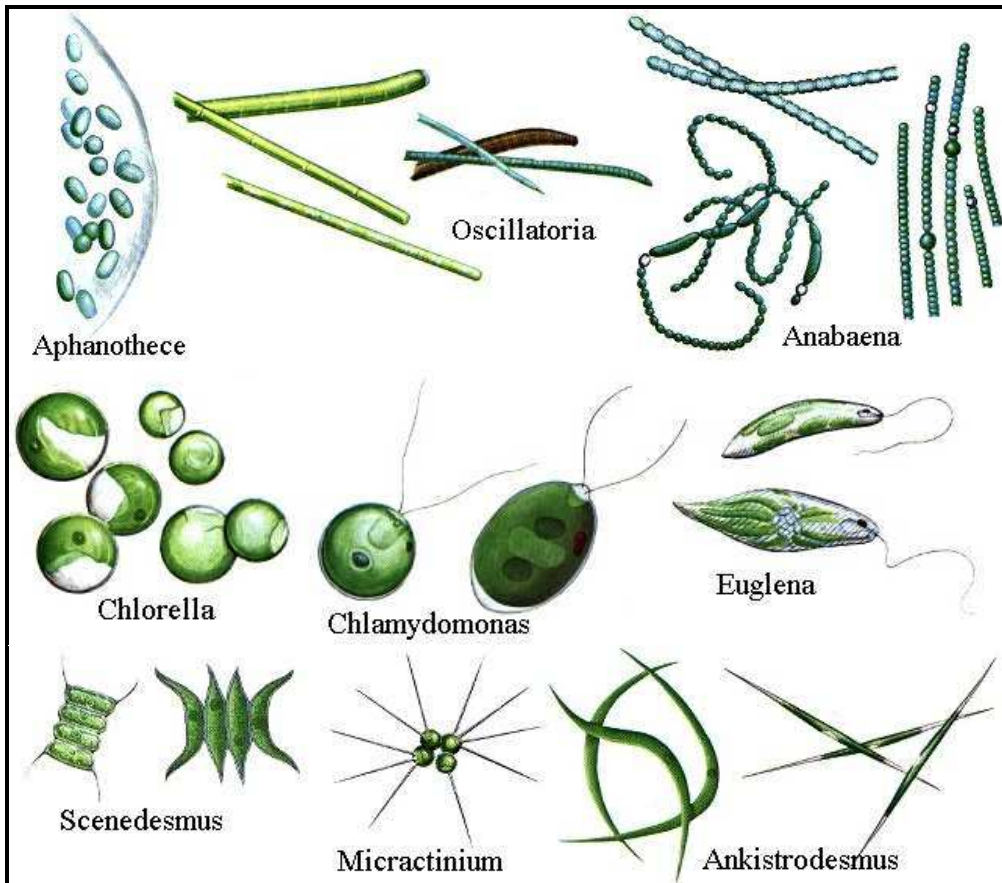
Τα φύκη, και κυρίως τα μικροσκοπικά, συναντώνται παντού (Εικόνα 1.1). Ιδιαίτερα στα νερά, γλυκά και αλμυρά, θάλασσες, λίμνες, ποτάμια και λιμνοθάλασσες. Ορισμένα, μικροσκοπικά, έχουν προσαρμοστεί και ζουν στο έδαφος, σε βράχους, πέτρες, ξύλα, ακόμα και σε ψυχρές ερημικές περιοχές. Τα μεγάλων διαστάσεων φύκη βρίσκονται στη θάλασσα. Ορισμένα φαιοφύκη σχηματίζουν πραγματικά θαλάσσια δάση.

Πολλά είδη αναπτύσσονται στο χιόνι, στα νέφη ή συμβιωτικά με φυτά, ζώα ή μύκητες. Πολλά φύκη ζουν επιφυτικά σε υδρόβια, σε τροπικά φυτά ενώ άλλα ζουν στο τρίχωμα ζώων. Τα υδρόβια φύκη βρίσκονται στα γλυκά ή θαλάσσια νερά. Περίπου το 70% παγκοσμίως είναι μη εδαφικά, τα περισσότερα βρίσκονται σε βαθιά νερά και αποτελούν τους μοναδικούς παραγωγούς στο βυθό γι' αυτό καλούνται και ως το γρασίδι του βυθού.

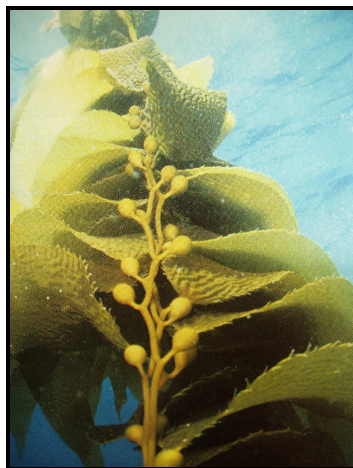
Το μέγεθός τους κυμαίνεται από τα γιγάντια φύκη, (Εικόνα 1.2) που φτάνουν σε μέγεθος τα 60 μέτρα ως τα μικροσκοπικά μονοκύτταρα μικροφύκη που μπορούν να φτάσουν το μέγιστο 50 μm σε διάμετρο.

Το είδος που επικρατεί κάθε φορά εξαρτάται από τις συνθήκες ανάπτυξης που επικρατούν στην λίμνη, κυρίως την θερμοκρασία, την οργανική ύλη, το επίπεδο οξυγόνου και την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Τα φύκη είναι αερόβιοι οργανισμοί οι οποίοι φωτοσυνθέτουν και αναπτύσσονται με απλά ανόργανα συστατικά (CO_2 , NH_3 , NO_3^- , και PO_4^{--}) χρησιμοποιώντας το φως ως πηγή ενέργειας. Σημειωτέον ότι τα φύκη παράγουν οξυγόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και καταναλώνουν οξυγόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας.



Εικόνα 1.1: Διάφορα γένη φυκών



Εικόνα 1.2: Γιγάντια φύκια

1.5.1 Κυτταρική οργάνωση

Τα φύκη ποικίλουν αρκετά σε μέγεθος, μορφή και ανάπτυξη. Μπορούν να:

- Είναι μονοκύτταρα.
- Είναι πολυκύτταρα, σαν αποικίες ή ομάδες νηματοειδών κυττάρων.
- Διαμορφώνουν φυτικά σώματα με διαφοροποιημένες μορφές κυττάρων. (Moore et al 1995).

1.5.2 Αναπαραγωγή φυκών

Τα φύκη αναπαράγονται αγενώς και εγγενώς. Παράγουν κινητά σπόρια που κολυμπούν με τη βοήθεια μαστιγίων καθώς και ακίνητα αγενή σπόρια. Ορισμένα φύκη παράγουν ωάρια και σπερματοζωΐδια τα οποία βρίσκονται σε ξεχωριστά κύτταρα ή όργανα. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι γαμέτες των φυκών και τα όργανα τα οποία φέρουν τα σπόρια είναι μονοκύτταρα. Στα κατώτερα φύκη οι γαμέτες και τα σπόρια είναι μαστιγοφόρα ενώ στα ανώτερα φύκη μόνο οι αρσενικοί γαμέτες φέρουν μαστίγια. Συνήθως τα μαστίγια αυτά είναι δύο, ίσα ή άνισα (Moore et al 1995, Mauseth 2003).

1.5.2.1 Εγγενής αναπαραγωγή

Μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους κύκλων ζωής, ανάλογα με τη σχέση της μείωσης με την γονιμοποίηση, μεταξύ των φυκών.

Ο πρώτος τύπος μοιάζει με τον κύκλο ζωής των ανώτερων φυτών επειδή μερικά κύτταρα της διπλοειδούς πολυκυτταρικής φάσης υποβάλλονται σε μείωση για να δημιουργήσουν σπόρια. Αυτός ο τύπος κύκλου ζωής βασίζεται στη σποριακή μείωση (*sporic meiosis*) επειδή η μείωση παράγει σπόρια.

Ο δεύτερος τύπος εγγενούς αναπαραγωγής μοιάζει με αυτόν των ζώων. Ορισμένα κύτταρα της πολυκυτταρικής διπλοειδούς φάσης υποβάλλονται σε μείωση για να δημιουργήσουν γαμέτες και όχι σπόρια. Για το λόγο αυτό ο τύπος ονομάζεται γαμετική μείωση (*gametic meiosis*). Ο τύπος αυτός είναι σπάνιος στα φύκη.

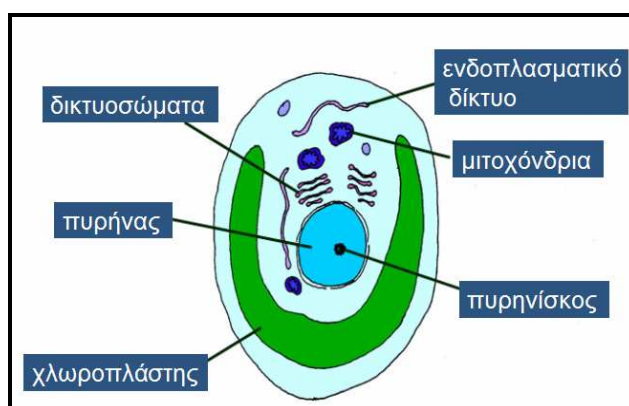
Ο τρίτος τύπος μοιάζει με τον κύκλο των μυκήτων στον οποίο τα μόνα διπλοειδή κύτταρα είναι τα ζυγωτά. Αυτό σημαίνει ότι η επικρατέστερη φάση του κύκλου ζωής είναι η απλοειδής ανεξάρτητα από το εάν οι οργανισμοί είναι πολυκύτταροι ή μονοκύτταροι. Ο τύπος αυτός ονομάζεται ζυγωτική μείωση (*zygotic meiosis*) για να διακριθεί από τη σποριακή μείωση της πολυκυτταρικής διπλοειδούς φάσης. Τα περισσότερα από τα πράσινα φύκη συμπεριλαμβανομένων όλων των μονοκυτταρικών ειδών αναπαράγονται με ζυγωτική μείωση.

1.5.2.2 Αγενής αναπαραγωγή

Η αγενής αναπαραγωγή εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα. Τα μονοκυτταρικά φύκη αναπαράγονται αγενώς με μίτωση και κυτταρική διαίρεση. Και τα πολυκυτταρικά φύκη αναπαράγονται αγενώς, άλλα με βλαστικά σπόρια, που διαδίδονται φυτικά και αναπτύσσονται σε νέα άτομα και άλλα μιτωτικά παράγοντας σπόρια τα οποία αποτελούν κλώνους των γονέων. Βλαστική αναπαραγωγή και μιτωτική παραγωγή συμβαίνει συνεχώς κατά τη διάρκεια της αυξήσεως των φυκών. Επειδή η αγενής αναπαραγωγή είναι γενικώς πιο γρήγορη από την εγγενή οι περισσότεροι πληθυσμοί φυκών αποτελούνται από αρκετούς κλώνους. Οι επτά γνωστοί μηχανισμοί αγενούς αναπαραγωγής είναι: i) Ζωοσπόρια, ii) Απλανοσπόρια (*Chlorella*), iii) Υπνοσπόρια, iv) Ακίνητα σπόρια, v) Αυτοσπόρια (*Scenedesmeaceae*), vi) Κύστεις, (Moore et al 1995, Mauseth 2003).

1.5.3 Μορφολογία φυκών

Με εξαίρεση τα κυανοβακτήρια (Cyanobacteria) τα φύκη είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί δηλαδή το εσωτερικό των κυττάρων τους είναι οργανωμένο σε διαχωρισμένα μεμβρανοειδή οργανίδια που περιλαμβάνουν πυρήνα με πυρηνίσκο και μιτοχόνδρια (Εικόνα 1.3). Ακόμα περιλαμβάνουν ενδοπλασματικό δίκτυο δικτυοσώματα και διατάξεις κύστεων γνωστά ως κενοτόπια. Ένα σημαντικό οργανίδιο που βρίσκεται στα ευκαρυωτικά κύτταρα είναι ο χλωροπλάστης. Στα περισσότερα φύκη η κυριότερη χρωστική ουσία είναι η χλωροφύλλη. Πολλά φύκη περιέχουν δευτερεύουσες χρωστικές όπως τα καροτενοειδή που μπορεί να είναι καφέ ή κίτρινα και οι φυκομπιλίνες που μπορεί να είναι κόκκινες ή μπλε.



Εικόνα 1.3: Σχηματική παράσταση ενός ευκαρυωτικού κυττάρου φύκου.

Τα φύκη ποικίλουν σε σχήματα και μορφές. Η απλούστερη μορφή είναι το απλό αυτότροφο κύτταρο. Τα πολυάριθμα μονοκύτταρα φύκη μπορούν να ενωθούν για να δημιουργήσουν αποικία. Αν και όλα τα κύτταρα σε μια αποικία είναι ενωμένα το καθένα συνεχίζει να λειτουργεί ανεξάρτητα. Άλλα φύκη είναι πολυκύτταρα. Ακόμα και στα πιο απλά φύκη τα κύτταρα ενώνονται σχηματίζοντας νημάτια που πολλές φορές διακλαδίζονται και άλλες όχι. Οι πιο σύνθετες δομές μπορούν να μορφοποιηθούν σαν ένας μικρός δίσκος, σωλήνας ή δενδροειδής σχηματισμός.

Τα περισσότερα συμπλέγματα φυκών έχουν έντονα ειδικευμένα κύτταρα. Μερικά ανώτερα φύκια για παράδειγμα έχουν ποικιλία από εξειδικευμένους ιστούς που περιλαμβάνουν ριζοειδείς κατασκευές, τα *stipes*, τα οποία μοιάζουν με φυτικούς μίσχους και φυλλοειδή πτερύγια.

Ενώ τα περισσότερα φύκη κατασκευάζουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά μέσω της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης μερικά δεν είναι σε θέση να φωτοσυνθέσουν. Αυτά τα φύκη λαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά τους από εξωτερικές πηγές απορροφώντας τα δια μέσω της μεμβράνης τους. Μερικά φύκη είναι παράσιτα ζώντας μόνα τους ή πάνω σε άλλους οργανισμούς από τους οποίους παίρνουν τα τρόφιμά τους. Μερικά παρασιτικά κόκκινα φύκη παρασιτούν άλλα κόκκινα φύκη και μερικά παρασιτικά δινομαστιγωτά ζουν στα έντερα μερικών θαλάσσιων οργανισμών όπως τα *Copepoda* και τα *Annelids*, (Moore et al 1995, Mauseth 2003).

1.5.4 Προκαρυωτικά φύκη και Ευκαρυωτικά φύκη

Τα φύκη μπορούν να διακριθούν σε προκαρυωτικά ή ευκαρυωτικά αν δεν παρουσιάζουν ή αν παρουσιάζουν πυρηνική μεμβράνη, αντίστοιχα.

1.5.4.1 Προκαρυωτικά φύκη (Cyanophyta ή blue-green algae)

Προκαρυωτικά φύκη αποτελούν τα κυανοβακτήρια, (κυανοφύκη). Τα κυανοβακτήρια είναι μια από τις πρώτες ομάδες έμβιων όντων που εμφανίστηκε πριν 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια και έπαιξε σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του οξυγόνου της ατμόσφαιρας. Έχουν προκαρυωτική κυτταρική δομή αντιπροσωπευτική των βακτηρίων, με ένα μονό και μακρύ χρωμόσωμα, σε κυκλική μορφή. Το χρωμόσωμα που αποτελείται από μια διπλή έλικα DNA έχει πολύ μεγάλο μήκος και αναδιπλώνεται σε μια περιοχή που ονομάζεται νουκλεοειδής περιοχή.

Τα προκαρυωτικά φωτοσυνθετικά κύτταρα στερούνται χλωροπλαστών. Τα φωτοσυνθετικά τους συστήματα είναι κυρίως χρωστικές και ένζυμα που βρίσκονται στην κυτοπλασματική τους μεμβράνη ή σε ειδικές δομές, που πιθανότατα είναι προεκτάσεις της κυτοπλασματικής τους μεμβράνης και καλούνται χρωματοφόρα, (Ζιώγας Β., Μαρκόγλου Α., 2007).

Φωτοσυνθέτουν άμεσα μέσα στο κυτόπλασμα εντός εξειδικευμένων οργανιδίων.

Τα κυανοφύκη είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, οι οποίοι είτε ζουν μεμονωμένα είτε σε αποικίες. Τα κυανοφύκη είναι αυτότροφα φωτοσυνθετικά αλλά έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν οργανικές ενώσεις και κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης αποβάλλουν μοριακό οξυγόνο. Ορισμένα από τα κυανοφύκη έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν μοριακό άζωτο.

Συναντώνται κυρίως σε λίμνες και θάλασσες, όπου επιπλέον ή βρίσκονται προσκολλημένα σε διάφορα αντικείμενα, στο έδαφος και σε βράχους. Ορισμένα επιζούν σε θερμοκρασία 85°C και άλλα συμβιώνουν με μύκητες και σχηματίζουν διάφορα είδη λειχήνων, (Mauseth, 2003).

1.5.4.2 Ευκαρυωτικά φύκη

Όλα τα άλλα μονοκύτταρα φύκη είναι ευκαρυωτικά, (Εικόνα 1.4) και φωτοσυνθέτουν μέσα σε μεμβρανοειδείς κατασκευές που καλούνται χλωροπλάστες. Οι χλωροπλάστες παίζουν ρόλο στον ενεργειακό μεταβολισμό των φυκών και μέσα σε αυτούς βρίσκεται η χλωροφύλλη και άλλα μόρια της φωτοσύνθεσης. Οι διαφορές μεταξύ προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.1.

Στα φύκη, το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από κυτταρίνη, η οποία βρίσκεται και στα φυτικά κύτταρα. Ο πυρήνας είναι συνήθως ελλειψοειδής ή σφαιρικός. Συστατικά του είναι το DNA και η πρωτεΐνη και διαχωρίζεται από το κυτταρόπλασμα από την πυρηνική μεμβράνη.

Τα μονοκύτταρα φύκη περιλαμβάνουν τα Διάτομα, τα οποία είναι πολύ σημαντικά καθότι βρίσκονται στην βάση της τροφικής αλυσίδας και έχουν τη δυνατότητα να φωτοσυνθέτουν, (Mauseth, 2003).



Εικόνα 1.4: Ευκαρυωτικά φύκη, (ευγλενοειδή, μικροφύκη)

Πίνακας 1.1: Διαφορές προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων φυκών

Χαρακτήρας	Προκαρυωτικά	Ευκαρυωτικά
DNA		
μορφή	μικρή περιστροφή	χρωμοσώματα
introns	σπάνια	συνήθη
ιστόνη	απουσιάζουν	εμφανίζονται
Πυρήνας		
Πυρηνική μεμβράνη	καμία	εμφανίζεται
Σφαιρικό σώμα	κανένα	εμφανίζεται
μεταβολικού πυρήνα	κανένας	εμφανίζεται
αληθινός πυρήνας		
Μίτωση		
άτρακτος	καμία	εμφανίζεται αλλά μεταβάλλεται
κεντρομερή	κανένα	εμφανίζεται
Μείωση	καμία	εμφανίζεται στα περισσότερα
Ανταλλαγή γονιδίων	σύζευξη ή καμία	εγγενής στα περισσότερα
Μεμβρανοειδή οργανίδια	κανένα ή μεμβράνη σε μερικά	Πλαστίδια, δικτυοσώματα, ενδοπλασματικό δίκτυο, δικτυοσώματα, κενοτόπια
Ριβοσώματα	70S	80S κυτοπλασματικά, 70S σε οργανίδια
Μαστίγια	όχι 9+2	9+2

1.5.5 Ταξινόμηση φυκών

Η ταξινόμηση των φυκών στηρίζεται στους εξής παράγοντες:

- Φωτοσυνθετικές χρωστικές
- Αποθησαυριστικές ουσίες
- Ύπαρξη μαστιγίων
- Κυτταρικό τοίχωμα

1.5.5.1 Διαιρέσεις φυκών

Έξι διαφορετικές διαιρέσεις περιγράφουν τους διαφορετικούς τύπους των ευκαρυωτικών φυκών: *Chrysophyta*, *Pyrrrophyta*, *Phaeophyta*, *Rhodophyta*, *Chlorophyta* και *Euglenophyta*. Οι διαιρέσεις αυτές υποδιαιρούνται σε κλάσεις.

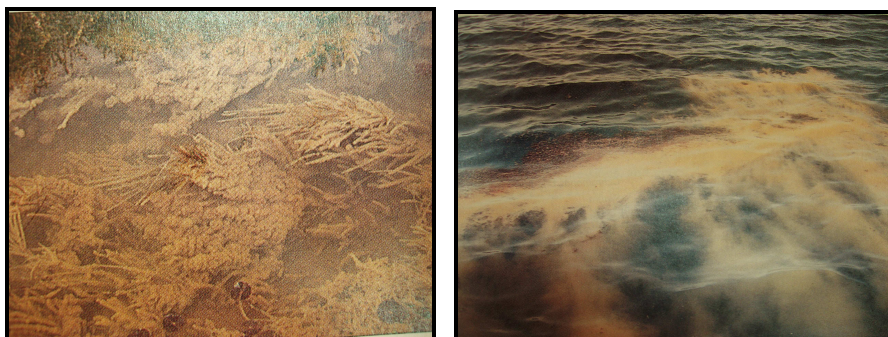
i) Χρυσόφυτα - (Chrysophyta): (χρυσά, κιτρινοπράσινα φύκη και τα διάτομα): Η διαίρεση αυτή περιέχει 6650 μονοκύτταρα είδη που περιλαμβάνει τα χρυσά, κιτρινοπράσινα φύκη και τα διάτομα. Υποδιαιρείται στις κλάσεις:

α) Χρυσοφύκη - (Chrysophyceae) (χρυσά φύκη - golden algae): Βρίσκονται σε γλυκά και θαλάσσια νερά και περιλαμβάνουν 500 είδη (εικόνα 1.5).

β) Ξανθοφύκη (Xanthophyceae) (κιτρινοπράσινα φύκη - yellow-green algae): Βρίσκονται σε αλμύρα, υφάλμυρα και γλυκά νερά και περιλαμβάνουν 550 είδη.

γ) Βακιλλαριοφύκη (Bacillariophyceae) (Diatoms-Διάτομα): Βρίσκονται σε αλατούχα και γλυκά νερά και περιέχουν 5600 είδη.

ii) Πυρόφυτα (Pyrrrophyta) (δινομαστιγωτά): Είναι μονοκύτταρα ή σχηματίζουν αποικίες. Ζουν κυρίως στη θάλασσα και μερικά από αυτά φωσφορίζουν ή εκκρίνουν τοξίνες. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως “κόκκινες παλίρροιες” (Raven et al, 1986). Περιλαμβάνει 1000 είδη (εικόνα 1.5).

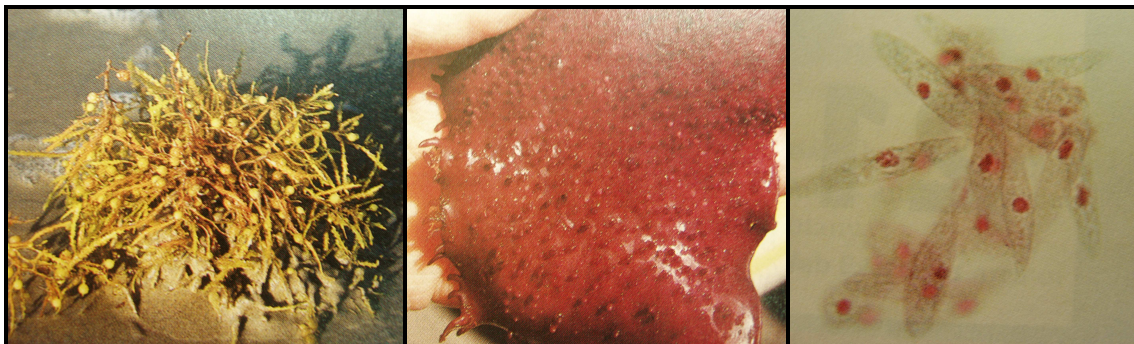


Εικόνα 1.5: Χρυσοφύκη - Δινομαστιγωτά

iii) Φαιόφυτα (Phaeophyta) (καφέ φύκη - brown algae): Τα φαιοφύκη είναι όλα πολυκύτταρα. Μερικά σχηματίζουν βλαστόμορφα, ριζόμορφα και φυλλόμορφα όργανα στα βάθη κυρίως των θαλασσών γιατί λίγα είδη ζουν στα γλυκά νερά. Μερικά από τα φύκη αυτά περιέχουν αλγινίνη η οποία χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων, πλαστικών και ελαστικών. Πολλά επίσης φύκη χρησιμοποιούνται για τροφή. Περιλαμβάνει 1500 είδη (εικόνα 1.6).

iv) Ροδόφυτα (Rhodophyta) (κόκκινα φύκη - red algae): Πρόκειται για τα κόκκινα φύκη, είναι πολυκύτταρα, βρίσκονται κυρίως στη θάλασσα. 3900 είδη βρέθηκαν στο αλμυρό και 100 στο γλυκό νερό.

v) Ευγλενόφυτα (Euglenophyta) (euglenoids): Είναι ίσως το πιο γνωστό μέλος των μονοκύτταρων μαστιγοφόρων ή μη φυκών. Μοιάζουν με τα πράσινα φύκη στις φωτοσυνθετικές χρωστικές και τα πλαστίδια τους θεωρείται ότι προήλθαν από αυτά. Περιλαμβάνει περισσότερα από 800 είδη (εικόνα 1.6).



Εικόνα 1.6: Καφέ και κόκκινα και Ευγλενοειδή φύκη

vi) Χλωρόφυτα (Chlorophyta) (πράσινα φύκη - green algae): Τα περισσότερα πράσινα φύκη εμφανίζονται στο γλυκό νερό, αν και μερικές ομάδες είναι θαλάσσιες. Μερικά πράσινα φύκη βρίσκονται στο χιόνι, στο χώμα, καθώς και σε σκιερές υγρές θέσεις δέντρων και κτιρίων. Επίσης τα φύκη αυτά ζουν συμβιωτικά με μερικά διαφορετικά είδη ζώων ή με μύκητες και σχηματίζουν λειχήνες. Αυτή η διαίρεση περιέχει 7500 γνωστά είδη. Τα χλωρόφυτα είναι υποδιαιρεμένα σε τρεις σημαντικές κλάσεις:

- α)** Χαροφύκη (Charophyceae): Το γένος *Spirogyra* είναι το πιο γνωστό αυτής της κλάσης.
- β)** Ουλβοφύκη (Ulvophyceae): Αυτά τα μαστιγοφόρα κύτταρα εμφανίζονται μόνο στο θαλάσσιο περιβάλλον.

γ) Χλωροφύκη (Chlorophyceae): Τα περισσότερα πράσινα φύκη ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία. Εμφανίζονται κυρίως στο γλυκό νερό εκτός από μερικές πλαγκτονικές θαλάσσιες ομάδες. Μερικά είναι χερσόβια ενώ άλλα σχηματίζουν άμυλο σαν αποταμιευτική ουσία. Τα πράσινα φυτά πιστεύεται ότι προήλθαν από τα χλωροφύκη.

Στον παρακάτω πίνακα 1.2, γίνεται μια σύγκριση των κυριότερων χαρακτηριστικών των διαιρέσεων των φυκών: (Moore et al 1995, Mauseth 2003, Βαρδαβάκης 1993).

Πίνακας 1.2: Σύγκριση των κυριότερων χαρακτηριστικών των διαιρέσεων των φυκών

Διαίρεση	Περιβάλλον	Φωτοσυνθετικές χρωστικές	Συστατικά κυτταρικού τοιχώματος	Αποθησαυριστικές ουσίες	Μαστίγια
Chlorophyta (Green algae)	Τα περισσότερα γλυκά νερά, μερικά θαλάσσια, χερσαία ή αερομεταφερόμενα	Χλωροφύλλες a και b, καροτενοειδή	Πολυσακχαρίτες που περιλαμβάνουν κυτταρίνη	άμυλο	Κανένα, 1-8 ή δωδεκάδα, σε λωρίδα
Phaeophyta (brown algae)	Όλα τα θαλάσσια, σπάνια του γλυκού νερού	Χλωροφύλλη a και c φυκοξανθίνη και άλλα καροτενοειδή	Κυτταρίνη, αλγινικό οξύ, πολυσακχαρίτες	λαμιναρίνη και μαννιτόλη	2 πλευρικά εμπρόσθια σε ταινίες, οπίσθια σε λωρίδες
Rhodophyta (red algae)	τα περισσότερα θαλάσσια, σπάνια του γλυκού νερού	Χλωροφύλλη a, καροτενοειδή, φυκοπιλίνες	Κυτταρίνη, πηκτίνη, άλατα ασβεστίου	αμυλοπηκτίνη	Κανένα
Chrysophyta (diatoms, yellow-green & golden-brown algae)	Θαλάσσια και γλυκού νερού, χερσαία και μερικά αερομεταφερόμενα	Χλωροφύλλη a και c φυκοξανθίνη και άλλα καροτενοειδή	Κυτταρίνη ή πυρίτιο: μερικές φορές απουσιάζει	Χρυσολαμιναρίνη	Κανένα, 1 ή 2: σε λωρίδα ή ταινία
Euglenophyta (euglenoids)	Θαλάσσια και γλυκού νερού, χερσαία και μερικά αερομεταφερόμενα	Χλωροφύλλες a και b, καροτενοειδή	απουσιάζει	παράμυλο	1-3, σε ταινία
Pyrrophyta (dinoflagellates)	Τα περισσότερα γλυκά νερά, μερικά θαλάσσια	Χλωροφύλλη a και c, περιδινίνη και άλλα καροτενοειδή	Κυτταρίνη: μερικές φορές απουσιάζει	άμυλο	Κανένα ή 2, σε ταινία

1.5.6 Οικολογία των φυκών

Ο πιο σημαντικός οικολογικός ρόλος των φυκών είναι ότι αποτελούν το πλαγκτόν. Τα φύκη και άλλοι μονοκύτταροι οργανισμοί καταναλώνονται από μικρά ζώα τα οποία καταναλώνονται από μεγαλύτερα, αποτελούν δηλαδή τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Έτσι τα φύκη αποτελούν τους πρωτογενείς παραγωγούς οι οποίοι συντηρούν τη ζωή σε θαλάσσια και του γλυκού νερού οικοσυστήματα.

Το οξυγόνο το οποίο παράγεται από τα πλαγκτονικά φύκη είναι πολύ σημαντικό για τη διατήρηση της ζωής. Περίπου το 50-70% του ατμοσφαιρικού οξυγόνου παράγεται από τα μονοκύτταρα θαλάσσια φύκη. Η επίδρασή τους στην εξέλιξη της ζωής αλλά και της διαμόρφωσης του κλίματος στον πλανήτη είναι τεράστιας σημασίας. Τα χερσαία φυτά υποστηρίζεται ότι είναι απόγονοι των Χλωροφυκών.

Η πλαγκτονική βιομάζα συνήθως μετριέται με το ποσό της χλωροφύλλης *a* στο νερό. Κατά μέσο όρο το 1,5% της φυκώδους οργανικής μάζας αποτελείται από χλωροφύλλη *a* (Raschke 1993). Έτσι αν τα επίπεδα της χλωροφύλλης *a* είναι γνωστά μπορούμε να υπολογίσουμε το επίπεδο της πλαγκτονικής βιομάζας στο νερό. Υψηλό ποσοστό βιομάζας μπορεί να αποχρωματίσει το νερό. Στον πίνακα 1.3 εξηγείται το ποσό αποχρωματισμού που αναμένεται λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα της χλωροφύλλης *a*.

Πίνακας 1.3: Αποχρωματισμός του νερού σε σχέση με τα επίπεδα της χλωροφύλλης *a*

Επίπεδο χλωροφύλλης <i>a</i> (μικρογραμμάρια/λιτρο)	Βαθμός αποχρωματισμού νερού
<10	Αποχρωματισμός
10-15	μερικός αποχρωματισμός μερική ανάπτυξη φυκώδων αφρών
20-30	βαθύς αποχρωματισμός συχνή διαμόρφωση φυκώδους αφρού
>30	πολύ βαθύς αποχρωματισμός έντονο στρώμα φυκώδους αφρού

1.5.7 Οικονομική και βιολογική σημασία

Τα φύκη είναι σημαντικά για δύο βασικούς, αλλά αρκετά διαφορετικούς, λόγους. Είναι σημαντικά σε ολόκληρη τη βιόσφαιρα εξαιτίας των οικολογικών ουσιωδών λειτουργιών που επιτελούν: Την παραγωγή του διοξειδίου του αζώτου, η οποία τοποθετεί τα φύκη στη βάση της τροφικής αλυσίδας και το επίπεδο του αζώτου. Έχει επίσης και οικονομική σημασία για τους ανθρώπους γιατί αποτελούν τροφή, λίπασμα αλλά και τροφή για τα ζώα και έχουν πολλές βιομηχανικές και φαρμακευτικές χρήσεις, (Moore et al, 1995).

1.5.7.1 Χρησιμότητα των φυκών

Τα φύκη έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, (www.phycology.gr):

1. Τροφή για τον άνθρωπο και τα ζώα, (Σούσι, Spirulina).
2. Αποτελούν πηγή νατρίου, καλίου, ιωδίου, αμμωνίας, άνθρακα και φυκικαλάτων του νατρίου, καλίου, μαγνησίου και λιθίου.
3. Το σημαντικότερο ίσως εμπορικό προϊόν που προέρχεται από τα φύκη είναι οι κολλοειδείς ουσίες που περιέχουν τα Φαιοφύκη και Ροδοφύκη. Τέτοια είναι τα αλγινικά άλατα, οι καραγενάνες και το άγαρ.
4. Στη γεωργία, τα φύκη χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα επειδή είναι πλούσια σε κάλιο φώσφορο και ιχνοστοιχεία.
5. Δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας και χρησιμοποιούνται στις ορυζοκαλλιέργειες.
6. Χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν εδάφη αλκαλικής αντίδρασης σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις.
7. Είναι βιοδείκτες, αποτελούν δηλαδή δείκτες της ποιότητας των νερών.
8. Ορισμένα φύκη παράγουν διάφορα αντιβιοτικά.
9. Η γη των διατόμων η οποία παράγεται από τα διάτομα χρησιμοποιείται για τη διήθηση των πετρελαίων και για τη διάγνωση διαφόρων διαλυτών.
10. Είναι δυνατό να καλλιεργηθούν σε απόβλητα για να τα καθαρίσουν από βαρέα μέταλλα που περιέχουν.
11. Χρησιμοποιούνται τόσο στην κτηνοτροφία ως συμπλήρωμα διατροφής, (π.χ. «αλεύρι» από Scenedesmus και Chlorella), όσο και στην καλλιέργεια ψαριών και οστρακοειδών.
12. Παρέχουν οξυγόνο, (>50% του οξυγόνου που ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα).
13. Από τα φύκη απομονώνονται χρωστικές ουσίες με ευρεία εφαρμογή ως αντιοξειδωτικά συστατικά.
14. Παρασκευάζονται ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών, αλλά και για την ενίσχυσή τους κατά των ασθενειών.
15. Παράγουν πρωτογενές οργανικό υλικό, (Βαρδαβάκης 1993).

1.5.8 Γένος: *Scenedesmus*

Ανήκει στα Ευκαρυωτικά

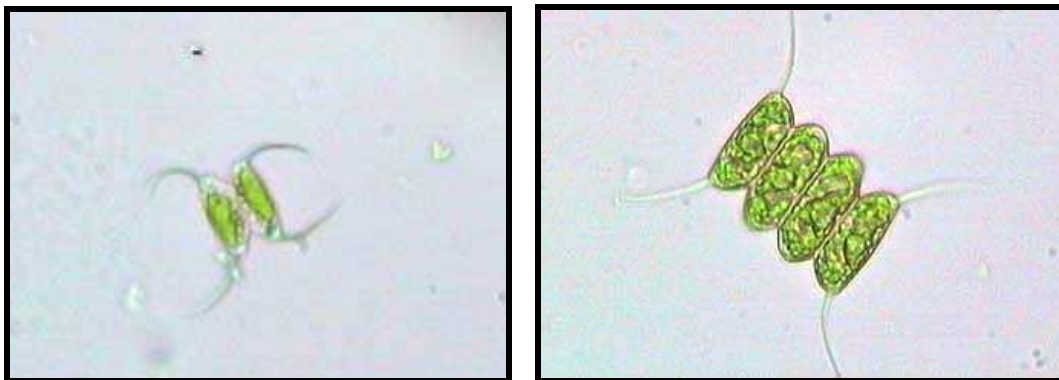
Βασίλειο	Υποβασίλειο	Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια
<i>Plantae</i>	<i>Viridaeplantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Scenedesmaceae</i>

Σε αυτό το γένος υπάρχουν 385 διαφορετικά ονόματα ειδών από τα οποία τα 170 έχουν αναγνωρισθεί.

Βρίσκεται σε μεμονωμένα κύτταρα ή σε ομάδες 2-32 κυττάρων (συνήθως 4 ή 6 κύτταρα ανά αποικία). Τα κύτταρα τακτοποιούνται γραμμικά. Μπορούν να σχηματιστούν 2-3 γραμμές ενωμένες μεταξύ τους. Έχουν σφαιρικό ή ελλειψοειδές σχήμα με τους πόλους τους να οξύνονται. Είναι μονοπύρρηνα με ένα χλωροπλάστη.

Η αγενής αναπαραγωγή γίνεται με σχηματισμό 2-32 σπορίων, τα οποία βρίσκονται μεμονωμένα ή οργανώνονται και σε ομάδες. Εγγενής αναπαραγωγή παρουσιάζεται στο είδος *S. obliquus* αλλά αυτό είναι σπάνιο, (Εικόνα 1.7).

Τα πλακτονικά είδη διαβιούν παγκόσμια και σε κάτω από όλες τις κλιματολογικές συνθήκες κυρίως σε ευτροφικές λίμνες. Σπάνια βρίσκονται σε υφάλμυρα νερά. Οι άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξής τους είναι 28-30°C. Μερικά είδη αποκτούν ιδιαίτερη πολυμορφία κάτω από διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης.



Εικόνα 1.7: *Scenedesmus obliquus* και *Scenedesmus quadricauda*.

1.5.9 Γένος: *Selenastrum*

Ανήκει στα Ευκαρυωτικά

Βασίλειο	Υποβασίλειο	Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια
<i>Plantae</i>	<i>Viridaeplantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Oocystaceae</i>

Σε αυτό το γένος υπάρχουν 10 διαφορετικά ονόματα ειδών από τα οποία τα 3 έχουν αναγνωριστεί.

Τα κύτταρα σπάνια βρίσκονται μεμονωμένα. Συνήθως δημιουργούν αποικίες με 4-16 κύτταρα. Μοιάζουν να είναι σφαιρικά αλλά μπορούμε να πούμε και χωρίς συγκεκριμένο σχήμα. Τα κύτταρα που διαμορφώνουν τις συστάδες συνήθως δεν φαίνεται να έχουν κάποια σύνδεση μεταξύ τους και συχνά αποκόπτονται από την αποικία. Είναι μονοπύρρηνα με ένα χλωροπλάστη.

Η αγενής αναπαραγωγή γίνεται με σχηματισμό σπορίων και τεμαχισμό των αποικιών. Η εγγενής αναπαραγωγή του μας είναι άγνωστη.

Τα πλακτονικά είδη είναι παγκόσμια διαδεδομένα σε λίμνες και ποτάμια και προτιμούν τα θερμά ύδατα (Εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8: *Selenastrum capricornutum*

1.5.10 Γένος: *Oocystis*

Ανήκει στα Ευκαρυωτικά

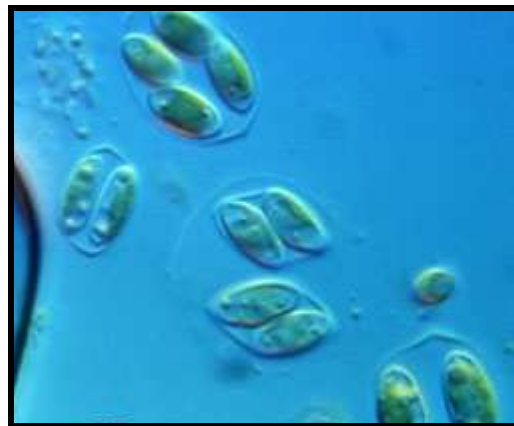
Βασίλειο	Υποβασίλειο	Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια
<i>Plantae</i>	<i>Viridaeplantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Oocystaceae</i>

Σε αυτό το γένος υπάρχουν 82 διαφορετικά ονόματα ειδών από τα οποία τα 60 έχουν αναγνωριστεί (Εικόνα 1.9).

Βρίσκεται σε μεμονωμένα κύτταρα ή σε ομάδες 2-4-8-16... κυττάρων μέσα σε μία διαφανή θήκη ή σε ένα διασταλμένο μητρικό κυτταρικό τοίχος. Η αποικία που δημιουργείται έχει οβάλ με ελλειψοειδές σχήμα.

Η αγενής αναπαραγωγή τους γίνεται με 2-4-8-16 σπόρια τα οποία απελευθερώνονται μετά από ρήξη του μητρικού κυτταρικού τοίχους. Η εγγενής αναπαραγωγή του μας είναι άγνωστη.

Τα πλακτονικά είδη βρίσκονται παγκοσμίως κυρίως σε γλυκά νερά.



Εικόνα 1.9: *Oocystis parva*

1.5.11 Γένος: *Chlorella*

Ανήκει στα Ευκαρυωτικά

Βασίλειο	Υποβασίλειο	Φύλο	Κλάση	Τάξη	Οικογένεια
<i>Plantae</i>	<i>Viridaeplantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Trebouxiophyceae</i>	<i>Chlorellales</i>	<i>Chlorellaceae</i>

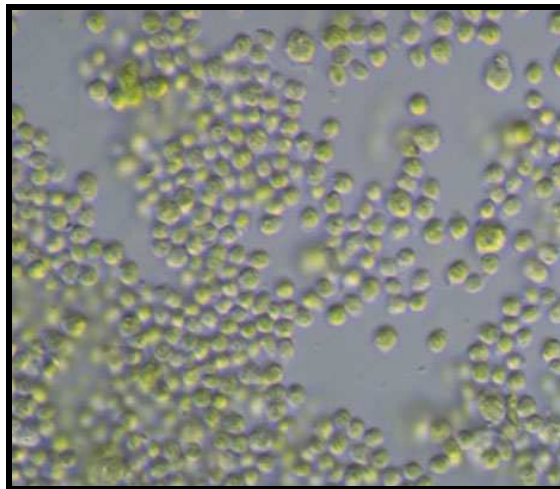
Σε αυτό το γένος υπάρχουν 69 διαφορετικά ονόματα ειδών από τα οποία τα 32 έχουν αναγνωρισθεί (Εικόνα 1.10).

Βρίσκεται σε μεμονωμένα κύτταρα ή αυτά συναθροίζονται σε μικρές ομάδες.

Τα κύτταρα έχουν ελλειψοειδές σχήμα.

Η αγενής αναπαραγωγή τους γίνεται με σπόρια 2-8 ανά κύτταρο τα οποία απελευθερώνονται μετά από ρήξη του κυτταρικού τοίχους. Η εγγενής αναπαραγωγή του μας είναι άγνωστη.

Διαβιεί σε όλους τους υδροβιότοπους και σε θαλάσσιους και σε γλυκά νερά.



Εικόνα 1.10: *Chlorella vulgaris*

1.5.12 Γένος: *Anabaena*

Ανήκει στα κυανοβακτήρια. Τα κυανοβακτήρια είναι προκαρυωτικά κύτταρα που περιέχουν χλωροφύλλη α (Chla).

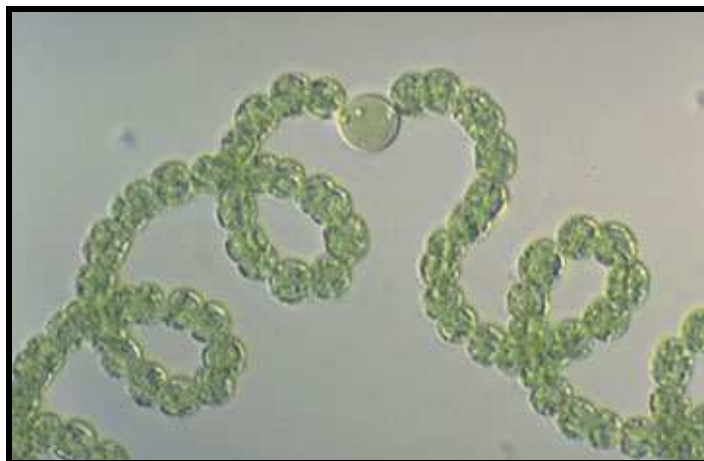
Βασίλειο	Υποβασίλειο	Φύλο	Κλάση	Υποκλάση	Τάξη	Οικογένεια
<i>Bacteria</i>	<i>Negibacteria</i>	<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Nostocophycideae</i>	<i>Nostocales</i>	<i>Nostocaceae</i>

Σε αυτό το γένος υπάρχουν 526 διαφορετικά ονόματα ειδών από τα οποία τα 94 έχουν αναγνωρισθεί (Εικόνα 1.11).

Βρίσκετε σε ελεύθερες συστάδες ή δημιουργεί μεμονωμένες ίνες.

Τα κύτταρα είναι κυλινδρικά, βαρελοειδή ή σφαιρικά, περισσότερο μακρόστενα παρά πεπλατυσμένα, άχρωμα ή φωτεινά γαλαζοπράσινα ή λαδί. Διαιρούνται εγκαρσίως και αυξάνονται στο αρχικό μέγεθος πριν από την επόμενη διαίρεσή τους χωρίς την δημιουργία μεριστωματικών ζωνών.

Τα πλακτονικά είδη μερικές φορές δημιουργούν άνθη και στρώσεις πάνω σε διάφορα υποστρώματα όπως ξύλα, πέτρες κλπ. Αρκετά είδη υδρόβια η όχι, διαβιούν σε υφάλμυρους βιότοπους. Σε γενικές γραμμές αυτό το γένος είναι ευρύτατα διαδεδομένο ενώ πολλά είδη έχουν την συνήθεια να περιορίζονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές.



Εικόνα 1.11: *Anabaena flos-aquae*

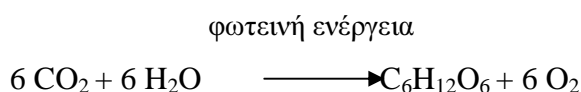
1.6 Περιγραφή του φωτοσυνθετικού μηχανισμού

Οι ετερότροφοι οργανισμοί, όπως τα θηλαστικά και οι περισσότεροι μικροοργανισμοί τρέφονται από άλλους οργανισμούς ή προϊόντα άλλων οργανισμών. Αντίθετα, τα φυτά και μερικά είδη βακτηρίων, ως αυτότροφοι οργανισμοί, έχουν την ικανότητα να βιοσυνθέτουν οργανικές ενώσεις για την ανάπτυξή τους. Η βιοσύνθεση των οργανικών ενώσεων στα φυτά γίνεται με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, του CO₂ της ατμόσφαιρας και του H₂O.

Η βιολογική λειτουργία που δίνει τη μοναδική αυτή ικανότητα στα φυτά να απορροφούν φωτεινή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική ονομάζεται **φωτοσύνθεση**. Την ικανότητα της φωτοσύνθεσης έχουν επίσης και μερικοί αυτότροφοι, (φωτότροφοι) προκαρυωτικοί οργανισμοί και τα μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα φύκη. Τα "εργοστάσια" δέσμευσης και αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας των φωτοσυνθετικών φυτικών κυττάρων είναι οι χλωροπλάστες. Εντός των χλωροπλαστών υπάρχουν πεπλατυσμένοι δισκοειδούς μορφής σάκοι που ονομάζονται **θυλακοειδή**, στις μεμβράνες των οποίων βρίσκονται φωτοσυνθετικές χρωστικές των χλωροπλαστών, οι χλωροφύλλες.

Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης περιλαμβάνει τη δέσμευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, από την χλωροφύλλη και άλλες βοηθητικές χρωστικές και τη μετατροπή της σε χημική. Στα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια ο αρχικός δότης ηλεκτρονίων είναι το νερό.

Η γενική εξίσωση της φωτοσύνθεσης είναι :



1.6.1 Φωτοσυνθετικές χρωστικές

Οι χρωστικές είναι χημικές ενώσεις, οι οποίες αντανακλούν μόνο συγκεκριμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός. Περισσότερο σημαντικό από την αντανάκλαση του φωτός είναι η ικανότητά τους να το απορροφούν σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Για το λόγο αυτό είναι χρήσιμες στα φυτά και στους άλλους αυτότροφους οργανισμούς στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Οι χρωστικές βρίσκονται στους χλωροπλάστες. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες χρωστικών:

α) Χλωροφύλλες: Είναι οι πράσινες χρωστικές που απαντώνται στα ανώτερα φυτά και στα φύκη. Αποτελεί τον κύριο φυτουποδοχέα στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

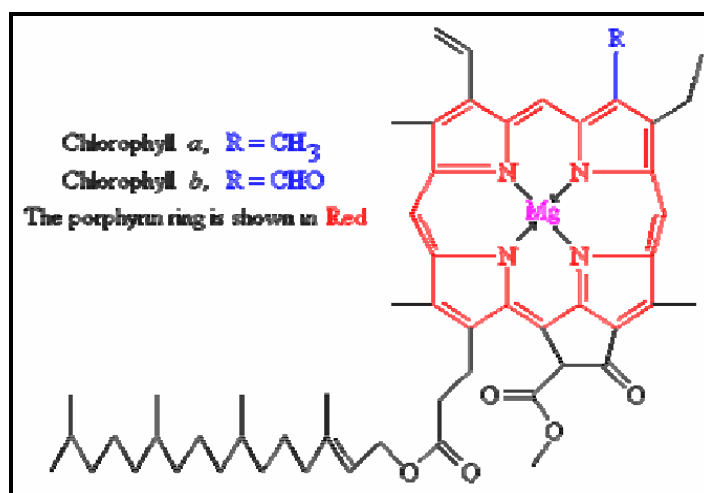
Περιέχουν πορφυρινικό δακτύλιο και το κεντρικό ιόν μετάλλου στο μόριό τους είναι το μαγνήσιο. Ο δακτύλιος αυτός αποτελεί τη θεμελιώδη διαδικασία με την οποία αιχμαλωτίζεται η ενέργεια του φωτός (Εικόνα 1.12).

Υπάρχουν μερικά είδη χλωροφυλλών με πιο σημαντική την χλωροφύλλη α. Η χρωστική αυτή δίνει την δυνατότητα στον οργανισμό κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης να δημιουργήσει σάκχαρα. Όλα τα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια που φωτοσυνθέτουν περιέχουν χλωροφύλλη α. Το δεύτερο είδος χρωστικής που εμφανίζεται μόνο στα φυτά και στα πράσινα φύκη είναι η χλωροφύλλη β. Το τρίτο είδος, η χλωροφύλλη γ βρέθηκε μόνο στα φωτοσυνθετικά μέλη των δινομαστιγωτών. Επιπλέον υπάρχει και ένα τέταρτο είδος χλωροφύλλης, η χλωροφύλλη δ, η οποία είναι παρόμοια με την χλωροφύλλη α αλλά έχει διαφορετικό φάσμα απορρόφησης, (Kingsley S. Rowan, 1989).

Τα φυτά περιέχουν χλωροφύλλη α και την χλωροφύλλη β. Τα ανώτερα φυτά και τα φύκη, όπως η *Chlorella* sp. περιέχουν χλωροφύλλη α και χλωροφύλλη β, σε αναλογία 3:1.

Η διαφορά μεταξύ των δύο, έγκειται στην πλευρική ομάδα μεθυλίου που υπάρχει στην χλωροφύλλη α και που έχει αντικατασταθεί από μια φορμυλομάδα στο μόριο της χλωροφύλλης β.

Η χλωροφύλλη α απαντάται μαζί με την χλωροφύλλη γ στα διάτομα, στα δινομαστιγωτά και στα φαιοφύκη, ενώ στα ροδοφύκη απαντάται η χλωροφύλλη α, μαζί με την χλωροφύλλη δ, (Hendry GAF, 1996).



Εικόνα 1.12: Δομή χλωροφύλλης, (www.chm.bris.ac.uk/motm/chlorophyll/chlorophyll.pdb)

β) Καροτενοειδή: Είναι συνήθως κόκκινες, πορτοκαλί ή κίτρινες χρωστικές και περικλείουν τις γνωστές ουσίες καροτένιου. Δεν διαλύονται στο νερό και είναι συνδεδεμένες με τις μεμβράνες ανάμεσα στα κύτταρα. Δεν μπορούν να προσφέρουν την απορροφημένη ενέργειά τους στη φωτοσυνθετική διαδικασία αλλά την περνούν στη χλωροφύλλη γι' αυτό και ονομάζονται και συμπληρωματικές χρωστικές. Παράδειγμα αυτών αποτελεί η φυκοξανθίνη που βρίσκεται στα καφέ φύκη και στα διάτομα.

γ) Φυκομπιλίνες: Είναι υδροδιαλυτές χρωστικές που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα ή στο στρώμα του χλωροπλάστη και εμφανίζονται κυρίως στα κυανοβακτήρια. Οι κύριες ομάδες χρωστικών όπως φυκοκυανίνη και φυκοερυθρίνη δίνουν το όνομα στα κυανοβακτήρια και στα κόκκινα φύκη αντίστοιχα.

Στον πίνακα 1.4 φαίνονται οι κυριότερες χλωροφύλλες που βρέθηκαν στις διάφορες διαιρέσεις φυκών (Raven et al 1976, Bold and Wynne 1978, Rowan 1989) και στον πίνακα 1.5 οι χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται από μερικές ομάδες φυκών, (After Bold and Wynne, 1978).

Πίνακας 1.4: Εξάπλωση χλωροφυλλών στις διαιρέσεις

Χλωροφύλλες							
		a	b	c ₁	c ₂	c ₃	d
Διαίρεση	Κλάση						
<i>Prokaryota</i>							
Cyanophyta	Cyanophyceae	+	-	-	-	-	-
Prochlorophyta	Prochlorophyceae	+	+	-	-	-	-
<i>Eukaryota</i>							
Rhodophyta	Rhodophyceae	+	-	-	-	-	±
Chromophyta	Cryptophyceae	+	-	-	+	-	-
	Dinophyceae	+	±	±	+	-	-
	Chrysophyceae	+	-	±	±	±	-
	Synurophyceae	+	-	+	-	-	-
	Prymnesiophyceae	+	-	+	+	±	-
	Bacillariophyceae	+	-	+	+	±	-
	Tribophyceae	+	-	+	+	-	-
	Eustigmatophyceae	+	-	-	-	-	-
Chlorophyta	Phaeophyceae	+	-	+	+	-	-
	Chlorophyceae	+	+	-	-	-	-
	Prasinophyceae	+	+	±	-	-	-
	Charophyceae	+	+	-	-	-	-

Πίνακας 1.5: Χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται από ομάδες φυκών

Ομάδα	Χρωστικές
Πράσινα φύκη	Χλωροφύλλη <i>a</i> και <i>b</i> α-, β-,γ-καροτένια, μερικές ξανθοφύλλες
Καφέ φύκη	Χλωροφύλλη <i>a</i> και <i>c</i> β- καροτένιο, φυκοξανθίνη και μερικές άλλες ξανθοφύλλες
Διάτομα	Χλωροφύλλη <i>a</i> και <i>c</i> α-, β-,ε- καροτένια, φυκοξανθίνη και μερικές άλλες ξανθοφύλλες
Πυρόφυτα - Δινομαστιγωτά	Χλωροφύλλη <i>a</i> και <i>c</i> β- καροτένιο, μερικές ξανθοφύλλες
Κόκκινα φύκη	Χλωροφύλλη <i>a</i> και <i>d</i> α-, β- καροτένια, μερικές ξανθοφύλλες R- και C-φυκοκυανίνη, R- and B-φυκοερυθρίνη
Κυανοβακτήρια	Χλωροφύλλη <i>a</i> β- καροτένιο, μερικές ξανθοφύλλες C-φυκοκυανίνη, αλλοφυκοκυανίνη,C-φυκοερυθρίνη

1.7 Ζιζανιοκτόνα με εξειδικευμένη δράση στις κυτταρικές ή τις μεταβολικές λειτουργίες

Η ανάπτυξη των ζιζανιοκτόνων με εξειδικευμένη δράση στον κυτταρικό μεταβολισμό ξεκίνησε με τη χρησιμοποίηση της δινιτροορθοκρεζόλης, (DNOC) για την καταπολέμηση ζιζανίων στα σιτηρά και του diposeb στα ψυχανθή στη δεκαετία του '30. Σήμερα, ένας μεγάλος αριθμός οργανικών ενώσεων, συνθετικής ή φυσικής προέλευσης, επιδεικνύει ζιζανιοκτόνο δράση, παρεμποδίζοντας εξειδικευμένα σημαντικές κυτταρικές λειτουργίες ή μεταβολικές διεργασίες των ζιζανίων.

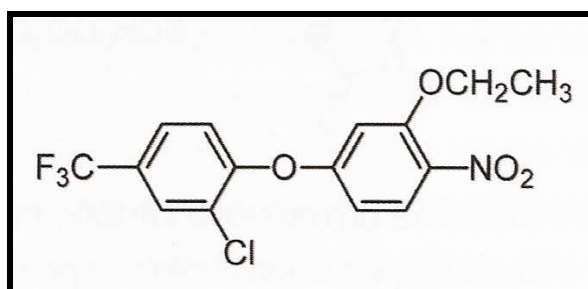
1.7.1 Παρεμπόδιση της Φωτοσύνθεσης και Σχετικών με τη Φωτοσύνθεση Λειτουργιών

Ένας μεγάλος αριθμός οργανικών συνθετικών ζιζανιοκτόνων, από διαφορετικές χημικές ομάδες, παρεμποδίζουν τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης.

1.7.1.1 Παρεμποδιστές Βιοσύνθεσης Χλωροφύλλης

Η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς γίνεται μέσω των χρωστικών. Οι χλωροφύλλες (χλωροφύλλες a και b) είναι οι κύριες χρωστικές δέσμευσης του φωτός. Στη διαδικασία της λειτουργίας αυτής συμμετέχουν και άλλες βοηθητικές χρωστικές, όπως τα καροτενοειδή (ξανθοφύλλες και καροτένια) και οι φυκοβιλίνες, οι οποίες βρίσκονται μόνο στα φύκη.

- Διφαινυλικοί Αιθέρες - **Oxyfluorfen**



Εικόνα 1.13 : Συντακτικός τύπος δραστικής ουσίας Oxyfluorfen.

Είναι ζιζανιοκτόνο επαφής που εισήχθηκε στη γεωργική πράξη στα μέσα της δεκαετίας του 1970, με το εμπορικό όνομα Goal (εικόνα 1.13).

Χρησιμοποιείται προ- ή μεταφυτρωτικά για τον έλεγχο ετήσιων πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων σε πολλά τροπικά και υποτροπικά είδη, στα οπωροφόρα, το αμπέλι, τα σιτηρά, το καλαμπόκι, τη σόγια, την αραχίδα, το ρύζι, το βαμβάκι, σε βολβώδη λαχανικά, καλλωπιστικούς θάμνους και δένδρα, και σε φυτώρια κωνοφόρων.

Η μηχανική κατεργασία του εδάφους θα πρέπει να αποφεύγεται για αρκετό χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή του. Έχει υπολειμματική διάρκεια από 3 μέχρι 12 μήνες.

Παρεμποδίζει τη δράση της οξείδωσης του πρωτοπορφυρινογόνου (PPO), η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της μεταβολικής οδού για τη βιοσύνθεση της πρωτοπορφυρίνης και στη συνέχεια των χλωροφυλλών και των κυτοχρωμάτων.

Επιπλέον, η προκαλούμενη συσσώρευση του πρωτοπορφυρινογόνου και των άλλων πορφυρινών επάγει το σχηματισμό ριζών οξυγόνου, που με τη σειρά τους προκαλούν υπεροξείδωση των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών και τελικά καταστροφή των κυττάρων.

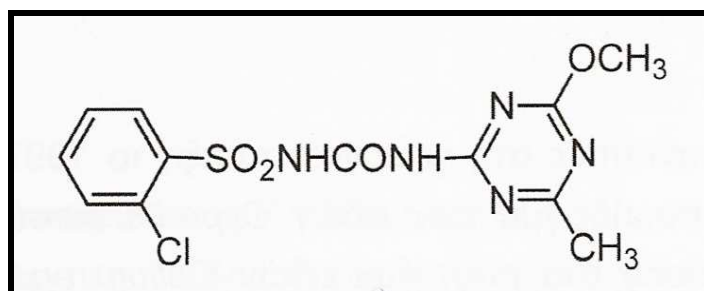
1.7.2 Παρεμπόδιση της Βιοσύνθεσης Αμινοξέων

Τα αμινοξέα είναι οργανικές ενώσεις και αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών. Όλες οι πρωτεΐνες όλων των ειδών, από βακτήρια μέχρι τον άνθρωπο, αποτελούνται από το ίδιο σύνολο των είκοσι κυρίων αμινοξέων. Όλα τα αμινοξέα προκύπτουν από λίγα ενδιάμεσα προϊόντα κεντρικών μεταβολικών οδών. Όλοι οι οργανισμοί δεν είναι ικανοί να βιοσυνθέσουν το σύνολο των είκοσι αμινοξέων που απαιτούνται για τη σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Τα φυτά και οι μικροοργανισμοί μπορούν να συνθέτουν όλα τα αμινοξέα.

1.7.2.1 Παρεμποδιστές της Βιοσύνθεσης Αμινοξέων της Ομάδας του Πυροσταφυλικού

Η ομάδα του πυροσταφυλικού περιλαμβάνει αμινοξέα που χαρακτηρίζονται από διακλαδισμένη αλυσίδα ατόμων άνθρακα.

- Σουλφονυλουρίες - **Chlorsulfuron**



Εικόνα 1.14: Συντακτικός τύπος δραστικής ουσίας Chlorsulfuron.

Το Chlorsulfuron, (Glean, Telar) είναι διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται προσπαρτικά, προφυτρωτικά ή νωρίς μεταφυτρωτικά για την καταπολέμηση πλατύφυλλων και μερικών αγρωστωδών (*Phalaris* sp., *Lolium temulentum* κ.α.) ζιζανίων στα χειμερινά σιτηρά και το λινάρι (εικόνα 1.14). Χρησιμοποιείται επίσης και σε ακαλλιέργητες εκτάσεις.

Για αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των αγρωστωδών ζιζανίων η εφαρμογή του συνίσταται να γίνεται προφυτρωτικά. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί και μεταφυτρωτικά όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο στάδιο των 3 φύλλων και μέχρι το τέλος του αδελφώματος. Τα ζιζάνια κατά τη μεταφυτρωτική εφαρμογή θα πρέπει να είναι μικρά και οι συνθήκες ανάπτυξής τους ευνοϊκές. Είναι φυτοτοξικό στα περισσότερα δικοτυλήδονα φυτά, και κυρίως στα ζαχαρότευτλα, τα σκιαδανθή και τα σταυρανθή. Ο χρόνος παραμονής του στο έδαφος μερικές φορές είναι μεγαλύτερος από 24 μήνες, γι' αυτό κατά τις επόμενες δύο καλλιεργητικές περιόδους η σπορά ή η φύτευση άλλων καλλιεργειών, εκτός των χειμερινών σιτηρών, θα πρέπει να αποφεύγεται.

1.7.3 Παρεμπόδιση της Διαίρεσης των Κυττάρων

Οι φυτικοί ιστοί διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τους μεριστωματικούς και τους μόνιμους. Το κριτήριο διάκρισης είναι η ικανότητα διαίρεσης και διαφοροποίησης των κυττάρων τους. Προϋπόθεση της κυτταρικής διαίρεσης είναι η διαίρεση του πυρήνα και η ισοκατανομή των χρωματοσωμάτων σε δύο όμοιους θυγατρικούς πυρήνες (πυρηνική διαίρεση ή μίτωση). Η ισοκατανομή των χρωματοσωμάτων στους θυγατρικούς πυρήνες επιτυγχάνεται με το σχηματισμό της πυρηνικής ατράκτου, η οποία είναι ένα σύστημα ινιδίων (μικροσωληνίσκων). Οι μικροσωληνίσκοι σχηματίζονται με πολυμερισμό της πρωτεΐνης τουμπουλίνης, η οποία είναι ένα ετεροδιμερές δύο υπομονάδων, της α - και β -tubulin.

Ενώσεις που προσκολλώνται στις υπομονάδες της τουμπουλίνης ή που δρουν στο κέντρο οργάνωσης των μικροσωληνίσκων, παρεμποδίζουν το σχηματισμό των μικροσωληνίσκων της μιτωτικής ατράκτου.

1.7.3.1 Παρεμποδιστές του Πολυμερισμού της Τουμπουλίνης

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των δινιτροανιλινών.

Δινιτροανιλίνες

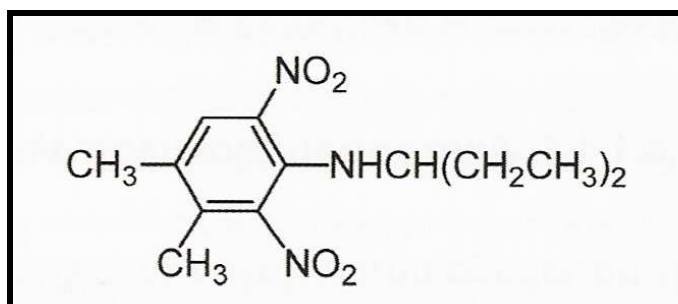
Οι ενώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός φαινυλικού δακτυλίου με δύο νιτροομάδες στις θέσεις 2 και 6 και με διάφορους υποκαταστάτες στη θέση 4.

- Δινιτροαλκυλοανιλίνες

2,6-δινιτρο-4-αλκυλοανιλίνες, όπου ο υποκαταστάτης είναι κάποια αλκυλομάδα (-R).

Σε αυτή την υποομάδα υπάγεται, μεταξύ άλλων, και η ένωση:

Pendimethalin



Εικόνα 1.15: Συντακτικός τύπος δραστικής ουσίας Pendimethalin.

Το Pendimethalin εισήχθηκε στη γεωργική πράξη με τα εμπορικά ονόματα Stomp, Herbadox και Prowl, (Εικόνα 1.15).

Απορροφάται από τις ρίζες και τα φύλλα και χρησιμοποιείται προσπαρτικά με ενσωμάτωση, προφυτρωτικά, πριν τη μεταφύτευση ή νωρίς μεταφυτρωτικά για τον έλεγχο πολλών ετήσιων αγρωστωδών και ετήσιων πλατύφυλλων ζιζανίων σε σιτηρά, βολβώδη λαχανικά, μάραθο, καλαμπόκι, σόργο, ρύζι, σόγια, αραχίδα, καρότο, σέλινο, φασόλι, λούπινα, μαρούλι, τομάτα, ηλίανθο, καπνό, πατάτα, βαμβάκι, εσπεριδοειδή, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα κ.α.. Στην προφυτρωτική εφαρμογή χρειάζεται βροχόπτωση ή άρδευση λίγες μέρες μετά τον ψεκασμό.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως αντιφυλλιδιακό (παρεμπόδιση της ανάπτυξης μασχαλιαίων οφθαλμών) στον καπνό.

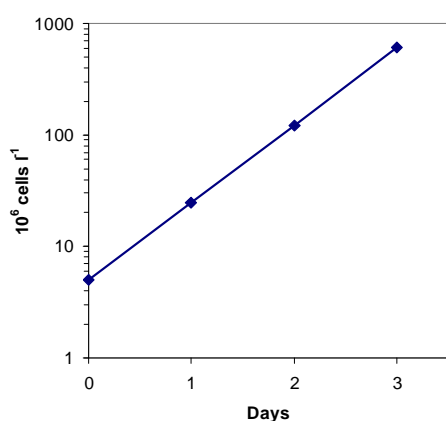
Σκοπός του πειράματος

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να προσδιορίσει την επίδραση φυτοπροστατευτικών προϊόντων με ζιζανιοκτόνο δράση (pendimethalin, oxyfluorfen, chlorsulfuron) στην ανάπτυξη, στην βιομάζα και στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης των φυκών βιοδεικτών *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Oocystis parva*, *Selenastrum capricornutum*, *Scenedesmus quadricauda* και *Scenedesmus obliquus*, (OECD, 2002).

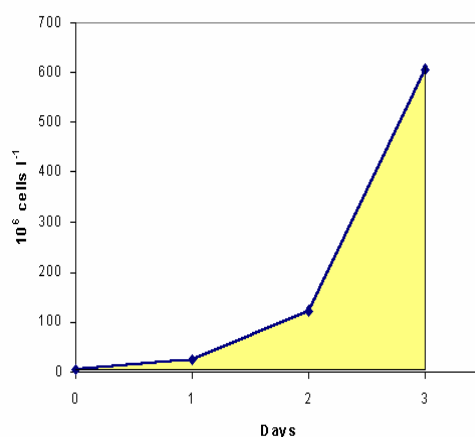
2 Υλικά και μέθοδοι

Η διενέργεια της βιοδοκιμής έγινε σύμφωνα με την μέθοδο πειραματισμού OECD 201, Freshwater Alga and Cyanobacteria Growth Inhibition Test, κατά την οποία εκτιμούμε δύο παράγοντες οι οποίοι δεν αντιπροσωπεύουν τίποτα άλλο παρά δύο διαφορετικές μαθηματικές προσεγγίσεις για να εκφράσουν την ανάπτυξη των φυκών:

- τον ρυθμό ανάπτυξης του φύκους, που ορίζεται ως η λογαριθμική αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας, (Εικόνα 2.1) και
- την αύξηση της βιομάζας που ορίζεται ως η περιοχή κάτω από την γραφική παράσταση, η οποία αντιπροσωπεύει τον αριθμό των κυττάρων του φύκους σε σχέση με το χρόνο, δηλαδή την καμπύλη ανάπτυξης, (Εικόνα 2.2) και είναι μια εξίσωση που μας δίνει την περιοχή κάτω από την γραφική παράσταση.



Εικόνα 2.1: Ρυθμός ανάπτυξης



Εικόνα 2.2: Αύξηση της βιομάζας

Η σχέση που συνδέει το ρυθμό ανάπτυξης και την αύξηση της βιομάζας είναι η ακόλουθη, (Nyholm, 1985):

$$\frac{E_b C_{50}}{E_r C_{50}} = 10^{\left(\frac{1}{a} \left[\frac{\ln 2}{m \cdot t} - 0,5 \right] \right)}$$

όπου :

$E_b C_{50}$: η μέση αποτελεσματική συγκέντρωση που αναφέρεται στη βιομάζα.

$E_r C_{50}$: η μέση αποτελεσματική συγκέντρωση που αναφέρεται στο ρυθμό ανάπτυξης.

a : η εκτίμηση της παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας.

μ : η εκτίμηση της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης.

t : ο χρόνος της τελευταίας μέτρησης της δοκιμής σε ημέρες.

Από την λογαριθμική αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας, (δηλαδή το μέσο ρυθμό της ανάπτυξης) και την συγκέντρωση στην οποία υπάρχει παρεμπόδιση της ανάπτυξης 50% προσδιορίζεται και εκφράζεται το EC_{50} (Effect Concentration) – μέση δόση επίδρασης, η συγκέντρωση δηλαδή του ρυπαντή που προκαλεί 50% επίδραση στα φύκη - βιοδείκτες, (OECD, 2002).

Επιπλέον, στατιστικά υπολογίζουμε την συγκέντρωση στην οποία υπάρχει η πρώτη επίδραση στα φύκη, **LOEC**, (Lowest Observed Effect Concentration), καθώς και τη μέγιστη συγκέντρωση στην οποία δεν υπάρχει καμία επίδραση στα φύκη **NOEC**, (No Observed Effect Concentration).

2.1 Πείραμα εύρεσης της οπτικής πυκνότητας

2.1.1 Υλικά

Πειραματικοί βιοδείκτες:

Αρκετά είδη μικροφυκών και κυανοβακτηρίων, τα οποία δεν είναι στόχοι των φυτοπροστατευτικών προϊόντων αποτελούν βιοδείκτες για τον έλεγχο τοξικότητας διαφόρων δραστικών ουσιών.

Για την διεξαγωγή αυτού του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα πέντε είδη φυκών και ένα είδος κυανοβακτηρίου, (Πίνακας 2.1):

Πίνακας 2.1: Είδη φυκών – βιοδεικτών που χρησιμοποιήθηκαν

Πράσινα φύκη	Κυανοβακτήρια
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>
<i>Selenastrum capricornutum</i>	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	
<i>Scenedesmus obliquus</i>	
<i>Oocystis parva</i>	

Τα παραπάνω φύκη, (Εικόνα 2.3) τα παραλάβαμε από το εργαστήριο Aquatic Ecotoxicological Laboratory of Hungry και καλλιεργούνται στο εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Εικόνα 2.3: Φύκη – βιοδείκτες σε κωνικές φιάλες

Φυτοπροστατευτικά προϊόντα:

Για την εφαρμογή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω ζιζανιοκτόνα:

- **pendimethalin** (Stomp 330 E) της εταιρίας BASF
- **oxyfluorfen** (Goal 48 SC) της εταιρείας BASF
- **chlorsulfuron** (Glean 75 WG) της εταιρείας Du Pont

Η χημική ομάδα και ο τρόπος δράσης, (Ζιώγας Β., Μαρκόγλου Α., 2007) φαίνονται στον πίνακα 2.2.

Για να καταλήξουμε στις επιθυμητές συγκεντρώσεις, πραγματοποιήσαμε διαδοχικές αραιώσεις με απεσταγμένο νερό. Στην πρώτη αραιώση με απεσταγμένο νερό, διαλύσαμε τα ζιζανιοκτόνα pendimethalin και oxyfluorfen σε λίγη ποσότητα ακετόνης, ($\leq 0,05\% \text{ V/V}$).

Αυτός ο όγκος συμμορφώνεται και με τις συστάσεις της ASTM, (American Society for Testing and Materials) δηλαδή η συγκέντρωση του διαλύτη στην καλλιέργεια δεν πρέπει να υπερβεί τα 0,5 ml/l, (ASTM, 1993).

Ως μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα διαλύτη για πειράματα οξείας τοξικότητας συστήνεται το 0,05% V/V και για πειράματα χρόνιας τοξικότητας το 0,01% V/V, (Jay, 1996). Αυτές οι ποσότητες του διαλύτη δεν έχουν καμία επίδραση στην εμφάνιση ή όχι τοξικότητας, (Ma and Liang, 2001).

Πίνακας 2.2: Επιλεγμένα ζιζανιοκτόνα, χημική ομάδα και τρόπος δράσης τους.

A/A	Ζιζανιοκτόνο	Μορφή σκευάσματος	Χημική ουσία	Επηρεαζόμενος μηχανισμός
1	pendimethalin	33%EC ^a	Δινιτροανιλίνες	Παρεμποδίζουν το σχηματισμό των μικροσωληνίσκων της μιτωτικής ατράκτου
2	oxyfluorfen	48%SC ^b	Διφαινυλικοί Αιθέρες	Παρεμπόδιση της δράσης της οξειδωσης του πρωτοπορφυρινογόνου
3	chlorsulfuron	75%WG ^γ	Σουλφονουλουρίες	Παρεμπόδιση της δράσης της συνθέσεως του οξικογαλακτικού, (ALS)

^aEC (emulsifiable concentrate): γαλακτωματοποιήσιμο συμπύκνωμα

^bSC (suspension concentrate): εναιωρηματοποιήσιμο συμπύκνωμα

^γWG (water dispersible granules): εναιωρηματοποιήσιμοι κόκκοι

Εξοπλισμός:

Επιπλέον, απαιτείται να υπάρχει και ο ακόλουθος εξοπλισμός:

- Θάλαμος στον οποίο διατηρούνται τα φύκη του γλυκού νερού σε θερμοκρασία 25°C και ψυχρό - λευκό φως που φθορίζει, με φωτοπερίοδο 16:8.
- Φασματοφωτόμετρο για τον προσδιορισμό της οπτικής πυκνότητας των φυκών.
- Κυβέτες μεγάλου μήκους, (10cm μήκος και τουλάχιστον 4cm βάθος) για να εξασφαλίσουμε αξιόπιστες μετρήσεις, ακόμα και όταν ο αριθμός των κυττάρων είναι πολύ χαμηλός.
- Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες, δοκιμαστικοί σωλήνες, πιπέτες, μικροπιπέτες, ηλεκτρονική ζυγαριά, αποστειρωτής για την αποστείρωση του θρεπτικού διαλύματος και μαγνητικός αναδευτήρας.

Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν και τα οποία ήρθαν σε επαφή με τα διαλύματά μας είναι κατασκευασμένα από γυαλί ή άλλα χημικά αδρανή υλικά.

Όλα τα αντικείμενα πλένονται σχολαστικά πριν από κάθε χρήση, έτσι ώστε κανένα οργανικό ή ανόργανο κατάλοιπο να μην επηρεάσει την ανάπτυξη των φυκών ή τη σύνθεση του διαλύματος.

2.1.2 Ανάπτυξη των βιοδεικτών – πειραματισμός

i) Ανάπτυξη καλλιέργειας

Στο στάδιο αυτό παρασκευάζουμε το θρεπτικό διάλυμα Zehnder, στο οποίο μετά την αποστείρωση εμβολιάζουμε τα φύκη για ανάπτυξη, διατήρηση και πειραματισμό, (Εικόνα 2.4).

Το pH ρυθμίστηκε στο οκτώ.

Η σύνθεση αυτού του διαλύματος, παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3.



Εικόνα 2.4: Προετοιμασία διαλύματος Zehnder-8

Πίνακας 2.3: Θρεπτικό διάλυμα Zehnder-8

<u>Αριθμών βημάτων</u>	<u>Εκτέλεση των βημάτων</u>
1.	<p><u>Προετοιμασία του διαλύματος 1:</u> Διαλύουμε 46,7g νιτρικό νάτριο [NaNO₃], 5,9g νιτρικό ασβέστιο [Ca(NO₃)₂·4H₂O] και 2,5g θειικό μαγνήσιο [MgSO₄·7H₂O] σε 300ml απεσταγμένο νερό.</p>
2.	<p><u>Προετοιμασία του διαλύματος 2:</u> Διαλύουμε 9,3g όξινο φωσφορικό κάλιο [K₂HPO₄] και 6,3g ανθρακικό νάτριο [Na₂CO₃] σε 300ml απεσταγμένο νερό.</p>
3.	<p><u>Προετοιμασία του διαλύματος 3:</u> Διαλύουμε 5ml από το Α-διάλυμα και 5ml Β- διάλυμα σε 490ml απεσταγμένο νερό.</p>
3.1.	<p><u>Προετοιμασία του Α-διαλύματος:</u> 150ml απεσταγμένο νερό + 1,5ml HCl + 1,3515g χλωριούχος σίδηρος [FeCl₃·6H₂O].</p>
3.2	<p><u>Προετοιμασία του Α-διαλύματος:</u> 150ml απεσταγμένο νερό + 2,1915g [Na₂-EDTA·2H₂O].</p>
4.	<p><u>Προετοιμασία του διαλύματος 3:</u> Διαλύουμε 25,0mg [Na₂SiO₃·9H₂O], 1550,0mg βορικό οξύ [H₃BO₃], 1115,0mg χλωριούχο μαγγάνιο [MnCl₂·4H₂O], 44,0mg [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O], 59,6mg βρωμιούχο κάλιο [KBr], 41,5mg ιωδιούχο κάλιο [KI], 143,5mg θειικού ψευδάργυρου [ZnSO₄·7H₂O], 73,0mg [Co(NO₃)₂·6H₂O], 62,5mg θειικό χαλκό [CuSO₄·5H₂O], 237,0mg θειικό αργίλιο Al₂(SO₄)₃ και 25,0mg χλωριούχο λίθιο [LiCl·H₂O] σε 500 ml απεσταγμένο νερό.</p>
5.	<p>Τοποθετούμε 3 ml από το διάλυμα 1, 1 ml από το διάλυμα 2, 10 ml από το διάλυμα 3 και 0.08 ml από το διάλυμα 4 σε 1000 ml απεσταγμένο νερό.</p>

ii) Αποστείρωση θρεπτικού μέσου ανάπτυξης

Το θρεπτικό μέσο όπου θα αναπτυχθούν οι καλλιέργειες των φυκών τοποθετήθηκε σε κωνικές φιάλες χωρητικότητας 100ml. Το άνοιγμα των φιαλών καλύφθηκε με πώμα από υδρόφοβο βαμβάκι και έπειτα με αλουμινόχαρτο και αποστειρώθηκε σε κλίβανο υγρής αποστείρωσης στους 121°C για 20min. Η αποστείρωση αυτή έγινε τουλάχιστον 24 ώρες πριν από τον εμβολιασμό με τα μικροφύκη.

Η αποστείρωση των φιαλών είναι απαραίτητη για να μειωθεί στο ελάχιστο η μόλυνση των φυκών από άλλα είδη και από βακτήρια. Τα βακτήρια μπορούν να διασπάσουν την τοξική ουσία και να μεταβάλλουν την τοξικότητα στο διάλυμα.

Ο εμβολιασμός των καλλιεργειών έγινε με πιπέττα Pipetman της εταιρίας Gilson, στην οποία τοποθετήθηκαν αποστειρωμένα ρύγγη μιας χρήσης με κύτταρα της αμέσως προηγούμενης καλλιέργειας.

iii) Ανάπτυξη και διατήρηση των φυκών:

Οι κωνικές φιάλες που περιείχαν τις καινούργιες καλλιέργειες, τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο του εργαστηρίου Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, (Εικόνα 2.5) που περιείχε νερό θερμοκρασίας 25°C, συνεχούς κίνησης (100rpm) και με συνεχές ψυχρό-λευκό φως (24:0) που μας εξασφάλιζαν λάμπες φθορίου. Οι καλλιέργειες παρέμειναν σε αυτό το θάλαμο για ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό για δύο εβδομάδες περίπου, πριν την εκτέλεση του πειράματος.



Εικόνα 2.5: Θάλαμος επώασης του εργαστηρίου

iv) Έκθεση των φυκών σε υδατικά παρασκευάσματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων:

Παρασκευάσαμε για κάθε φυτοπροστατευτικό προϊόν και για κάθε φύκος, πέντε με έξι διαφορετικές συγκεντρώσεις των 100ml και ένα υδατικό παρασκεύασμα 100ml που περιείχε θρεπτικό διάλυμα Zehnder, χωρίς παρουσία δηλαδή δραστικής ουσίας – μάρτυρας – και τα τοποθετήσαμε σε κωνικές φιάλες, (Εικόνα 2.6).

Οι συγκεντρώσεις στις οποίες καταλήξαμε και οι οποίες ακολουθούν γεωμετρική σειρά, καθορίστηκαν από μια σειρά προπειραμάτων.

Η χαμηλότερη συγκέντρωση, δεν πρέπει να παρουσιάσει διαφορά από τον μάρτυρα. Η υψηλότερη συγκέντρωση πρέπει να παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυκών το λιγότερο κατά 50% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Σε κάθε ένα από αυτά τα υδατικά παρασκευάσματα, προσθέσαμε 1ml από την καλλιέργεια του φύκου, το οποίο είχε οπτική πυκνότητα ένα στα 675nm, το οποίο αντιστοιχεί σε συγκέντρωση των κυττάρων των φυκών της τάξης του 10^4 cells/ml.

Η αρχική αυτή συγκέντρωση των κυττάρων των φυκών είναι αρκετά χαμηλή ώστε να επιτρέπει την εκθετική αύξηση καθόλη την διάρκεια επώασης, χωρίς να υπάρχει έλλειψη "τροφής" και σε καμία περίπτωση η βιομάζα να μην υπερβαίνει τα 0,5mg/l του ξηρού βάρους, (OECD, 2002).

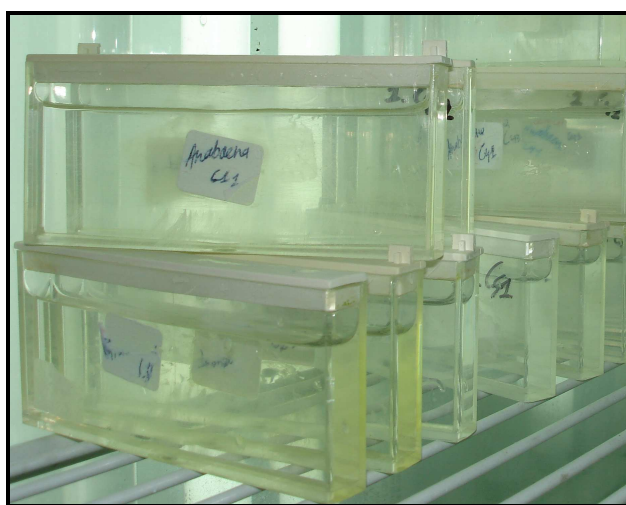
Το περιεχόμενο των κωνικών φιαλών τοποθετήθηκε σε τέσσερις κυβέτες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τέσσερις επαναλήψεις και τις κλείσαμε με ειδικά πώματα.



Εικόνα 2.6: Προετοιμασία υδατικών παρασκευασμάτων

ν) Μεταφορά κυβετών σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών:

Στη συνέχεια οι κυβέτες μεταφέρθηκαν σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού (16:8), θερμοκρασίας 25 °C και παρέμειναν εκεί για 4 ημέρες, (Εικόνα 2.7). Με σεβασμό στους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα μέσα στις κυβέτες και συνεπώς και τα αποτελέσματα του πειράματος, όλες οι δοκιμές θα πρέπει να έχουν όσον το δυνατόν την ίδια μεταχείριση στο θάλαμο επώασης, (ίδιο φωτισμό, ίδια θερμοκρασία, ίδια φωτοπερίοδο κ.τ.λ.), μέχρι και το πέρας των 96 ωρών.



Εικόνα 2.7: Κυβέτες σε θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες

vi) Καταγραφές των παρατηρήσεων:

Η καταγραφή των παρατηρήσεων έγινε με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου - Hitachi U-1100 spectrophotometer, (Εικόνα 2.8) το οποίο μετράει την οπτική απορρόφηση στα 675nm. Αρχικά το φασματοφωτόμετρο βαθμονομήθηκε με τη βοήθεια μιας κυβέτας του μάρτυρα.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, (Ma et al. 2001, Ma and Liang 2001, Ma et al., 2002a:b), όταν μετρήθηκαν τα κύτταρα των φυκών *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus*, *Chlorella pyrenoidosa* και *Chlorella vulgaris* στο μικροσκόπιο, ο αριθμός των κυττάρων ήταν ανάλογος με αυτόν που βρέθηκε μέσω της οπτικής πυκνότητας.

Επομένως, το επί τοις εκατό ποσοστό της ανάπτυξης υπολογίστηκε έμμεσα χρησιμοποιώντας την οπτική πυκνότητα, (Glenn and Tara, 1988, Ma et al., 2002a).

Η καταγραφή των παρατηρήσεων ξεκίνησε από την στιγμή που τοποθετήθηκαν τα παρασκευάσματα στις κυβέτες, (μέτρηση ώρα μηδέν) και στη συνέχεια, σε 24ωρη βάση μετρούσαμε την οπτική πυκνότητα των δειγμάτων στο φασματοφωτόμετρο. Δηλαδή, καταγράφηκε η οπτική πυκνότητα σε 0, 24, 48, 72 και 96 ώρες από τη στιγμή του εμβολιασμού των φυκών στις διάφορες συγκεντρώσεις και στον μάρτυρα.

Μετά από κάθε καταγραφή οι κυβέτες φυλάσσονταν στο θάλαμο σταθερών συνθηκών.



Εικόνα 2.8: Φασματοφωτόμετρο εργαστηρίου

2.1.3 Αξιοπιστία πειράματος

Για την εγκυρότητα του πειράματος, πρέπει η βιομάζα του μάρτυρα να έχει αυξηθεί το λιγότερο 16 φορές μέχρι το τέλος του πειράματος.

2.1.4 Δοκιμές

Η τοξικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων δεν είναι γνωστή, επομένως δεν μπορούμε να προχωρούσαμε αμέσως στην τελική δοκιμή.

Για να βρούμε το εύρος των συγκεντρώσεων που θα μας οδηγήσει πιο κοντά στον καθορισμό τελικών σημείων με οικολογική σημασία, (EC₅₀, NOEC ή LOEC) πραγματοποιήσαμε τις ακόλουθες επεμβάσεις σε όλα τα φύκη – βιοδείκτες και στον βιοσημαντή - χλωροφύλλη των φυκών αυτών.

2.1.4.1 Επεμβάσεις που έγιναν με το Pendimethalin

Ξεκινώντας το πείραμα με το πρώτο σκεύασμα, το Pendimethalin, εξετάσαμε ένα αρκετά μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων (Πίνακας 2.4), για να βρούμε ένα ικανοποιητικό εύρος τοξικότητας.

Τελικά καταλήξαμε στις συγκεντρώσεις της 6^{ης} επέμβασης, τα αποτελέσματα της οποίας είχαν οικοτοξικολογική σημασία

Πίνακας 2.4: Επεμβάσεις που έγιναν με το Pendimethalin

mg/l	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
Επέμβαση 1 ^η	Μάρτυρας	0,046	0,022	0,01	0,0046	0,0022	0,001
Επέμβαση 2 ^η	Μάρτυρας	0,1	0,046	0,022	0,01	0,0046	
Επέμβαση 3 ^η	Μάρτυρας	1	0,46	0,22	0,1	0,046	0,022
Επέμβαση 4 ^η	Μάρτυρας	0,46	0,22	0,1	0,046	0,022	0,01
Επέμβαση 5 ^η	Μάρτυρας	2,2	1				
Επέμβαση 6 ^η	Μάρτυρας	4,6	2,2	1	0,46	0,22	

2.1.4.2 Επεμβάσεις που έγιναν με το Oxyfluorfen

Όσον αφορά αυτό το σκεύασμα, πραγματοποιήσαμε αρχικά δύο επεμβάσεις. Επειδή δεν παρατηρήσαμε καμία τοξικότητα στα φύκη, προβήκαμε σε ένα προ-πείραμα και τελικά καταλήξαμε ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις συγκεντρώσεις της 4^{ης} επέμβασης (Πίνακας 2.5), στις οποίες παρατηρήσαμε παρεμπόδιση στην ανάπτυξη των φυκών.

Πίνακας 2.5: Επεμβάσεις που έγιναν με το Oxyfluorfen

mg/l	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Επέμβαση 1 ^η	Μάρτυρας	0,001	0,00046	0,00022	0,0001	0,000046
Επέμβαση 2 ^η	Μάρτυρας	0,1	0,046	0,022	0,01	0,0046
Επέμβαση 3 ^η (Προπείραμα)	Μάρτυρας	100	10	1	0,1	0,01
Επέμβαση 4 ^η	Μάρτυρας	10	4,6	2,2	1	0,46

2.1.4.3 Επεμβάσεις που έγιναν με το Chlorsulfuron

Για το σκεύασμα Chlorsulfuron, έγινε από την αρχή ένα προ-πείραμα για να καταλήξουμε στις τελικές συγκεντρώσεις. Επειδή δεν παρατηρήθηκε καμία τοξικότητα σε αυτές τις συγκεντρώσεις, συνεχίσαμε με δεύτερο προ-πείραμα και καταλήξαμε στις συγκεντρώσεις της 3^{ης} επέμβασης (Πίνακας 2.6).

Πίνακας 2.6: Επεμβάσεις που έγιναν με το Chlorsulfuron

mg/l	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
Επέμβαση 1 ^η (Προπείραμα)	Μάρτυρας	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001	
Επέμβαση 2 ^η (Προπείραμα)	Μάρτυρας	0,001	0,0001	0,00001	0,000001	0,0000001	0,00000001
Επέμβαση 3 ^η	Μάρτυρας	0,00001	0,0000032	0,000001	0,00000032	0,00000001	

2.1.5 Εκτίμηση των παραμέτρων ρυθμού ανάπτυξης και αύξησης της βιομάζας

Η ανάπτυξη των κυττάρων των φυκών υπολογίστηκε έμμεσα μέσω της οπτικής πυκνότητας στα 675 nm.

Η εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών έγινε με βάση τον τύπο:

$$\mu = (\ln N_n - \ln N_0) / t_n$$

όπου: t_n = ο χρόνος της τελευταίας μέτρησης της δοκιμής σε ημέρες

N_n = η οπτική πυκνότητα την n ημέρα

N_0 = η οπτική πυκνότητα τη στιγμή του εμβολιασμού

μ = εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης

Το ποσοστό παρεμπόδισης του ρυθμού της ανάπτυξης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\% \text{ παρεμπόδιση} = [(\mu_e - \mu_l) / \mu_e] \times 100$$

όπου: μ_l = εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης παρουσία τοξικού παράγοντα περιεκτικότητας 1 mg/l

μ_e = εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης του μάρτυρα

Η εκτίμηση της αύξησης της βιομάζας των φυκών έγινε με βάση τον τύπο:

$$A = \frac{\ln B_1 - \ln B_0}{2} \times t_1 + \frac{\ln B_1 - \ln B_2 - 2 \ln B_0}{2} \times (t_2 - t_1) + \dots + \frac{\ln B_{n-1} - 1 + \ln B_n - 2 \ln B_0}{2} \times (t_n - t_{n-1})$$

όπου: A: εκτίμηση της αύξησης της βιομάζας

B_0 : η συγκέντρωση βιομάζας την χρονική στιγμή 0

B_1 : η συγκέντρωση βιομάζας την χρονική στιγμή t_1

B_n : η συγκέντρωση βιομάζας την χρονική στιγμή t_n

t_1 : ο χρόνος πρώτης καταγραφής μετρήσεων

t_n : ο χρόνος της n καταγραφής μετρήσεων

Το ποσοστό παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας δίνεται από τον τύπο:

$$\% \text{ παρεμπόδιση} = [(A_e - A_l) / A_e] \times 100$$

όπου: A_e : εκτίμηση της αύξησης της βιομάζας του μάρτυρα

A_l : εκτίμηση της αύξησης της βιομάζας παρουσία τοξικού παράγοντα περιεκτικότητας 1 mg/l

2.2 Πείραμα εύρεσης της επίδρασης των σκευασμάτων στο επίπεδο του βιοσημαντή χλωροφύλλη

Παράλληλα μελετήσαμε την επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο επίπεδο του βιοσημαντή χλωροφύλλη των φυκών – βιοδεικτών.

2.2.1 Υλικά

Τα υδατικά παρασκευάσματα του προηγούμενου πειράματος, καθώς και αιθανόλη, διάλυμα HCl, κυβέτες χωρητικότητας 4ml, δοκιμαστικό σωλήνα των 10ml, φυγόκεντρο, ειδικά γυάλινα σωληνάρια που προσαρμόζονται στη φυγόκεντρο, πλαστικά κουτάκια, φούρνο και το φασματοφωτόμετρο.

2.2.2 Μέθοδος

Η διενέργεια της βιοδοκιμής έγινε σύμφωνα με την επίσημη μέθοδο πειραματισμού ISO 10260:1992 Water quality: Measurement of biochemical parameters- Spectrometric determination of chlorophyll-a concentration, καθώς και με την μέθοδο των Wintermans & De Mots, 1965.

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο υπολογίσαμε την συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και σύμφωνα με την δεύτερη μέθοδο υπολογίσαμε την συγκέντρωση των χλωροφυλλών a και b.

i) Τα στάδια αυτής της μεθόδου είναι τα εξής:

Ογκομετρούμε με το δοκιμαστικό σωλήνα 10ml από το κάθε παρασκευάσμα μας και τα τοποθετούμε στα σωληνάρια. Τα κλείνουμε με ειδικό πώμα και τα τοποθετούμε στη φυγόκεντρο, για φυγοκέντρωση, η οποία γίνεται στις 4.500 r.p.m. για 10 λεπτά.

Όταν φυγοκεντρήσουμε όλα τα δείγματά μας, πετάμε προσεχτικά το αιώρημα και γεμίζουμε τα σωληνάρια με 10ml αιθανόλη. Κλείνουμε πάλι καλά τα σωληνάρια και τα τοποθετούμε αυτή τη φορά σε πλαστικά κουτάκια με νερό, τα οποία βάζουμε μέσα στον φούρνο, στους 75°C για 5 λεπτά.

Μόλις περάσει το χρονικό αυτό διάστημα, αφήνουμε τα σωληνάρια σε θερμοκρασία δωματίου για 15 λεπτά.

Στη συνέχεια, τα τοποθετούμε πάλι στη φυγόκεντρο, για φυγοκέντρωση (4.500 r.p.m. για 10 λεπτά).

ii) Καταγραφές των παρατηρήσεων:

Γεμίζουμε κυβέτες χωρητικότητας 4ml με το αιώρημα των σωληναρίων και μετράμε την οπτική πυκνότητα του αιωρήματος στα 665nm, 750nm και 649nm.

Κατόπιν, προσθέτουμε σε κάθε σωληνάριο 10ml διαλύματος HCl, αφήνουμε για 5 λεπτά να δράσει το οξύ και στη συνέχεια, μετράμε την οπτική πυκνότητα του αιωρήματος στα 665nm και 750nm.

Ακολούθησε ο υπολογισμός της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης, (ολικής, a και b).

2.2.3 Υπολογισμός της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης

➤ Για τον υπολογισμό της ολικής χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$pc = (A - A_a) * 29.6 * V_e / V_s * d$$

όπου: A = Η απορρόφηση στα 665nm – την απορρόφηση στα 750nm, χωρίς την προσθήκη

HCl στο αιώρημα.

A_a = Η απορρόφηση στα 665nm – την απορρόφηση στα 750nm, μετά την προσθήκη

HCl στο αιώρημα

V_e = Ο όγκος της αιθανόλης, V_s = Ο όγκος του παρασκευάσμάτος μας

d = το μήκος της κυβέτας σε cm

➤ Για τον υπολογισμό της a χλωροφύλλης, σε διαλύτη αιθανόλη χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$a = 13,70 E_{665} - 5,76 E_{649}$$

➤ Για τον υπολογισμό της b χλωροφύλλης, σε διαλύτη αιθανόλη χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$b = 25,80 E_{649} - 7,60 E_{665}$$

όπου: E₆₆₅ η απορρόφηση στα 665nm, E₆₄₉ η απορρόφηση στα 649nm

Το ποσοστό παρεμπόδισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης δίνεται από τον τύπο:

$$\% \text{ παρεμπόδιση} = [(pc_e - pc_i) / pc_e] \times 100$$

όπου: pc_e: εκτίμηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης του μάρτυρα

pc_i: εκτίμηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης παρουσία τοξικού παράγοντα περιεκτικότητας 1 mg/l

Από τις γραμμικές παλινδρομήσεις των συγκεντρώσεων και του ποσοστού των παρεμποδίσεων υπολογίστηκε το 50% της επίδρασης, (EC₅₀). Ακολούθησε στατιστική επεξεργασία για την ύπαρξη σημαντικότητας με τη γενική δοκιμασία του F και σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων με το μάρτυρα, (Dunnet test, 2-sided).

3. Αποτελέσματα

Σε αυτή την ενότητα, παραθέτονται τα αποτελέσματα των πειραματισμών σε πίνακες, καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα και διαγράμματα από την στατιστική επεξεργασία.

3.1 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην ανάπτυξη των φυκών

3.1.1 Επίδραση του Pendimethalin στην ανάπτυξη των φυκών

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της ανάπτυξης των φυκών για τις τέσσερις διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.1: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, σε διάφορα είδη φυκών – 1^η διερευνητική δοκιμή.

Scenedesmus quadricauda

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,1 mg/l					C2=0,046 mg/l					C3=0,022 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	30,86	128,14	0,50	128,14	53,19	4,22	12,19	0,50	0,50	4,22	-43,43	-48,30	-6,10	25,24	-23,18
48	88,49	82,61	19,42	64,54	50,95	17,58	17,58	25,69	29,61	22,20	19,21	4,79	7,12	39,87	15,09
72	50,49	35,50	7,96	34,91	26,73	15,83	14,18	23,93	19,53	18,07	6,08	4,00	6,30	23,40	8,79
96	11,95	8,79	-2,05	19,65	7,96	2,66	1,17	5,42	-0,61	2,03	0,10	-2,02	0,32	4,56	0,59
Χρόνος (h)	C4=0,01 mg/l					C5=0,0046 mg/l									
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
24	-12,39	-58,67	-62,76	-66,65	-52,72	1,42	-68,53	-53,28	81,34	-26,95					
48	-2,56	-5,96	-14,74	-20,11	-11,60	20,48	-43,38	-16,97	-37,11	-26,93					
72	-7,25	-4,53	-7,86	-14,69	-8,90	14,99	-31,63	-18,69	-25,57	-20,53					
96	-10,54	-11,57	-11,48	-11,66	-11,32	5,98	-16,85	-13,41	-8,75	-9,99					

Scenedesmus obliquus

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,1 mg/l					C2=0,046 mg/l					C3=0,022 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	44,58	-10,17	197,42	186,04	44,11	88,62	100,00	88,62	88,62	91,23	162,43	188,50	127,07	27,80	86,85
48	50,89	31,23	88,74	82,35	54,02	71,03	83,97	83,97	83,97	80,15	125,41	129,82	67,98	48,41	74,10
72	53,13	37,91	63,20	59,47	51,03	82,92	82,92	85,40	80,70	82,92	88,04	96,58	81,98	49,28	70,27
96	59,85	30,14	35,11	41,55	38,70	83,76	85,63	83,76	83,76	84,21	89,93	97,12	82,75	40,42	61,85
Χρόνος (h)	C4=0,01 mg/l					C5=0,0046 mg/l									
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
24	182,11	126,06	170,73	97,51	132,9	175,59	140,23	63,49	140,23	111,68					
48	119,85	67,60	68,54	88,39	79,79	70,33	63,03	59,66	110,97	70,44					
72	114,60	65,69	45,19	129,19	66,80	47,99	55,05	42,72	116,60	53,78					
96	112,29	34,57	24,07	112,29	40,68	30,98	24,13	25,88	113,98	31,82					

Selenastrum capricornutum

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,1 mg/l					C2=0,046 mg/l					C3=0,022 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	-43,45	-27,73	68,62	-39,35	-23,08	-35,72	26,05	-37,20	-15,50	-20,25	40,72	-39,62	61,39	38,80	11,43
48	-15,86	-12,38	37,32	-6,36	-4,66	3,69	2,52	2,91	-0,77	2,04	19,42	8,82	33,42	25,33	20,52
72	0,88	2,62	28,80	13,62	9,01	16,64	12,99	21,01	11,01	15,09	23,29	21,63	23,29	26,03	23,50
96	-4,68	-5,98	3,91	-7,92	-4,16	0,21	1,91	2,42	1,82	1,57	17,63	16,39	17,54	16,86	17,10
Χρόνος (h)	C4=0,01 mg/l					C5=0,0046 mg/l									
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
24	-10,66	175,17	47,44	87,02	44,08	53,19	10,61	188,15	46,71	49,86					
48	8,63	37,12	16,94	25,31	20,37	18,16	22,08	57,50	11,05	23,22					
72	18,41	17,89	17,96	20,45	18,65	16,09	26,22	34,71	14,55	21,47					
96	12,74	12,98	7,86	9,85	10,74	15,53	16,73	30,23	12,28	17,61					

Πίνακας 3.2: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, σε διάφορα είδη φυκών – 2^η διερευνητική δοκιμή.
Anabaena flos-aquae

Πείραμα 2 ^ο Χρόνος (h)	C1=1 mg/l					C2=0,46 mg/l					C3=0,22 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	-861,4	-	-82,93	1238,6	200	437,41	-238,66	862,82	-664,07	259,15	-359,82	-213,18	558,73	622,34	242,22
48	-3,43	176,22	126,02	-82,61	19,95	80,72	52,01	-13,38	41,22	36,11	144,54	22,82	-27,80	-48,75	6,52
72	-12,26	45,44	41,15	-12,26	11,56	59,76	-44,80	0,86	38,23	5,13	57,80	21,39	-13,04	-34,58	1,80
96	-33,12	1,02	-14,49	-30,31	-20,40	26,58	-90,22	-17,11	12,49	-31,61	13,46	-10,78	-11,96	-58,15	-21,45
Χρόνος (h)	C4=0,1 mg/l					C5=0,046 mg/l					C6=0,022 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	-46,64	4,55	-773,9	-	-384,1	234,12	0,00	-727,3	-837,8	-234,1	950,83	-627,3	-627,3	-627,3	32,29
48	145,11	-15,87	60,35	60,35	51,89	270,88	35,04	147,52	270,88	147,52	-101,2	20,82	-3,43	256,7	-1,55
72	7,46	-47,47	4,29	15,85	-8,45	186,27	20,76	33,10	95,71	65,36	-74,53	-40,78	0,62	33,10	-28,85
96	-15,10	-63,17	-20,93	11,82	-26,68	93,28	0,24	29,19	66,36	39,31	-50,37	-63,06	-37,16	29,19	-37,32

Selenastrum capricornutum

Πείραμα 2 ^ο Χρόνος (h)	C1=1 mg/l					C2=0,46 mg/l					C3=0,22 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	20,85	189,79	165,10	91,84	87,16	59,28	139,88	75,99	60,65	77,72	20,19	-50,16	21,80	42,37	-0,82
48	36,28	69,13	76,63	55,62	56,45	56,61	118,03	89,51	68,29	77,17	45,36	6,49	56,15	59,49	35,76
72	48,63	66,42	84,87	66,42	63,58	66,27	103,68	86,23	74,75	79,38	56,29	28,17	66,27	70,18	49,53
96	46,20	55,13	63,81	63,81	56,05	64,77	83,80	84,57	70,41	74,33	55,30	27,84	72,17	67,42	48,64
Χρόνος (h)	C4=0,1 mg/l					C5=0,046 mg/l					C6=0,022 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	23,85	23,85	138,93	165,10	62,74	136,13	70,25	75,90	41,42	73,73	71,16	-14,17	54,79	122,02	42,03
48	29,65	36,28	107,99	72,71	51,51	39,15	27,45	50,47	23,00	33,68	39,68	10,47	36,30	55,83	32,22
72	31,22	39,96	50,52	57,77	42,96	21,74	24,29	26,91	16,95	22,22	22,06	13,27	23,36	20,72	19,55
96	12,28	28,67	43,60	39,86	27,73	4,55	4,20	10,48	2,66	5,29	10,58	8,45	7,41	14,20	10,02

Chlorella vulgaris

Πείραμα 2 ^ο Χρόνος (h)	C1=1 mg/l					C2=0,46 mg/l					C3=0,22 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	228,24	67,71	83,16	125,78	100	100	80,02	24,54	14,90	42,88	134,15	55,85	91,02	95,30	86,60
48	115,39	62,24	77,56	124,32	85,50	85,15	58,92	39,70	37,40	50,54	81,38	48,86	68,21	71,57	65,30
72	104,91	64,27	73,98	90,58	78,77	75,23	62,67	38,33	47,70	52,08	63,97	57,08	68,66	57,08	61,21
96	87,47	62,58	71,06	83,76	73,78	64,87	54,48	41,78	41,78	48,63	59,43	57,71	57,83	53,68	57,05
Χρόνος (h)	C4=0,1 mg/l					C5=0,046 mg/l					C6=0,022 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	151,73	52,92	151,73	68,38	87,07	140,73	89,01	140,73	43,86	86,60	42,69	76,84	179,3	65,85	72,43
48	100	55,58	66,95	58,32	66,34	63,45	82,59	74,92	56,02	67,69	40,38	39,65	56,17	48,74	45,57
72	82,23	49,02	55,16	53,38	57,08	55,39	72,70	58,62	46,39	56,52	31,66	30,76	32,60	40,47	33,58
96	63,56	42,98	41,78	46,32	47,06	53,17	72,12	51,46	36,23	49,54	20,00	15,41	12,96	27,49	18,25

Πίνακας 3.3: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, σε διάφορα είδη φυκών – 3^η διερευνητική δοκιμή.

Anabaena flos-aquae

Πείραμα 3 ^ο	C1=0,46 mg/l					C2=0,22 mg/l					C3=0,1 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	-42,62	-46,25	21,95	17,66	-21,44	53,21	43,70	63,79	-19,93	23,77	-19,31	-16,33	-27,99	-49,53	-29,96
48	14,99	7,01	19,27	27,48	16,13	45,17	39,99	43,59	24,41	36,85	-4,89	-4,24	-1,25	-5,90	-4,13
72	19,47	17,66	22,40	34,19	22,55	38,63	33,85	31,83	20,52	30,10	-8,59	-11,57	-10,25	-11,14	-10,42
Χρόνος (h)	C4=0,046 mg/l					C5=0,022 mg/l					C6=0,01 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	-6,04	-30,73	-55,02	-17,17	-30,47	-11,01	2,55	-8,34	-13,05	-7,79	-63,28	-32,14	-66,98	-51,16	-55,02
48	-6,63	-4,48	-19,18	0,44	-8,54	-4,17	0,37	-8,67	-1,01	-3,61	-37,18	-25,45	-39,47	-34,36	-34,63
72	-8,73	-11,10	-16,83	-6,77	-11,20	-5,28	-4,20	-6,91	-3,46	-5,00	-29,68	-30,03	-25,35	-28,18	-28,39

Scenedesmus quadricauda

Πείραμα 3 ^ο	C1=0,46 mg/l					C2=0,22 mg/l					C3=0,1 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	6,26	77,93	11,33	7,62	16,32	12,74	16,55	14,32	-12,04	5,53	25,14	20,01	10,75	27,77	20,23
48	17,31	29,92	20,35	29,29	23,44	16,34	19,70	18,56	18,86	18,32	25,30	21,76	20,58	24,75	22,99
72	20,18	33,21	23,94	30,94	26,25	21,89	19,21	18,62	20,32	19,96	13,76	10,16	13,94	13,77	12,83
Χρόνος (h)	C4=0,046 mg/l					C5=0,022 mg/l					C6=0,01 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	16,90	-3,73	19,84	32,24	13,57	-4,54	32,50	-2,90	22,71	8,12	12,74	9,80	25,14	11,73	14,32
48	19,78	5,75	9,69	17,98	12,44	-2,30	3,49	-2,96	-1,65	-1,01	-10,54	-7,01	-11,82	-11,97	-10,44
72	6,75	2,06	3,96	7,91	5,01	-8,57	-1,87	-8,66	-6,88	-6,71	-11,91	-11,96	-8,09	-16,04	-12,24

Scenedesmus obliquus

Πείραμα 3 ^ο	C1=0,46 mg/l					C2=0,22 mg/l					C3=0,1 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	-61,25	-60,72	-60,17	-66,25	-62,17	-3,41	-22,14	-33,00	-30,12	-23,67	-39,26	-19,47	-48,94	-26,56	-35,13
48	15,55	16,70	20,72	22,35	18,63	30,42	36,97	20,31	27,43	27,85	10,95	15,71	-1,37	17,61	9,18
72	21,46	22,96	31,62	34,46	26,70	28,47	41,33	20,04	38,03	29,78	9,20	12,33	0,89	23,19	9,54
Χρόνος (h)	C4=0,046 mg/l					C5=0,022 mg/l					C6=0,01 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	-18,34	48,71	71,62	83,40	24,97	-8,05	-23,67	-3,41	-34,95	-19,47	18,42	-3,96	3,08	-6,06	1,82
48	6,98	11,04	24,00	19,27	14,18	1,33	0,12	2,99	-11,34	-2,63	8,24	2,75	1,48	-1,09	2,55
72	3,59	6,78	26,20	16,26	11,03	-5,19	-5,88	-6,83	-10,43	-7,21	0,99	-4,76	-4,78	-4,89	-3,54

Oocystis parva

Πείραμα 3 ^ο	C1=0,46 mg/l					C2=0,22 mg/l					C3=0,1 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4
24	29,12	8,24	8,24	35,55	26,43	6,00	-9,12	58,98	44,24	35,55	42,74	20,66	66,16	86,83	48,46
48	26,29	9,25	18,24	46,98	29,04	10,25	2,55	42,22	41,83	31,33	27,60	20,70	51,17	60,34	35,20
72	39,19	28,14	21,16	48,53	38,09	22,44	26,39	52,65	51,40	44,03	27,12	29,36	51,87	45,37	35,15
Χρόνος (h)	C4=0,46 mg/l					C2=0,22 mg/l					C6=0,01 mg/l				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
24	33,84	14,97	25,60	65,12	40,30	48,81	125,6	81,14	-2,38	46,37	-54,15	-17,36	62,36	71,19	34,53
48	28,90	6,66	16,16	50,41	28,63	6,81	28,90	42,22	14,65	22,64	-25,90	-11,48	44,08	27,60	22,89
72	25,57	14,53	17,98	48,59	29,28	13,49	18,32	28,76	7,80	17,02	-18,53	-2,43	38,67	27,11	22,22

Πίνακας 3.4: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, σε διάφορα είδη φυκών – 4^η διερευνητική δοκιμή.

%	Πείραμα 4 ^ο	C1=2,2 mg/l					C2=1 mg/l				
	Χρόνος (h)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
<i>Anabaena flos-aquae</i>	96	24,51	31,08	40,05	44,14	35,77	17,03	19,58	3,64	24,78	17,58
<i>Chlorella vulgaris</i>	96	28,15	4,30	18,56	1,97	16,97	17,00	9,14	41,25	20,76	29,12
<i>Selenastrum capricornutum</i>	96	12,39	-11,38	37,17	48,64	29,78	-12,38	0,93	15,63	24,38	4,93
<i>Oocystis parva</i>	96	27,41	32,59	3,05	12,88	24,16	30,47	27,60	6,29	16,90	24,37
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	96	48,01	41,82	52,32	45,07	47,55	59,00	24,84	35,45	1,78	35,77
<i>Scenedesmus obliquus</i>	96	12,47	-0,36	40,38	28,13	22,07	15,87	34,62	31,01	43,66	29,24

Πίνακας 3.5: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Anabaena flos-aquae* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	258,76%	287,82%	103,37%	249,45%	205,50%
	48	86,25%	63,08%	6,69%	31,94%	40,45%
	72	49,28%	64,56%	46,99%	61,77%	54,82%
	96	48,72%	55,14%	53,77%	49,85%	51,74%
C2=2,2	24	77,20%	56,53%	66,51%	79,23%	69,59%
	48	14,15%	-33,80%	-23,75%	-43,89%	-25,02%
	72	11,79%	29,08%	17,05%	9,41%	16,05%
	96	25,94%	35,43%	29,88%	23,85%	28,43%
C3=1	24	122,64%	-37,52%	67,71%	72,64%	44,23%
	48	-49,03%	-72,19%	-52,81%	-20,93%	-51,10%
	72	3,62%	13,66%	1,29%	14,65%	7,80%
	96	10,62%	21,90%	8,50%	19,04%	14,45%
C4=0,46	24	45,53%	-17,48%	137,05%	42,30%	42,30%
	48	-40,87%	-50,33%	-48,63%	-64,32%	-51,57%
	72	18,62%	10,70%	4,12%	6,16%	9,47%
	96	20,97%	15,17%	8,19%	7,62%	12,46%

Πίνακας 3.6: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Chlorella vulgaris* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	84,92%	84,46%	81,69%	165,41%	100,76%
	48	0,06%	-16,66%	-57,02%	-42,73%	-31,96%
	72	37,51%	42,51%	27,87%	46,63%	38,02%
	96	58,18%	61,44%	61,93%	62,71%	61,01%
C2=2,2	24	45,54%	104,43%	78,15%	70,62%	73,41%
	48	-22,30%	-3,40%	-50,79%	-34,43%	-29,48%
	72	25,80%	53,46%	18,66%	4,03%	21,92%
	96	57,89%	65,45%	61,86%	41,68%	55,11%
C3=1	24	145,09%	5,73%	34,79%	-17,45%	31,98%
	48	-118,98%	-89,99%	-81,26%	-125,36%	-105,93%
	72	-2,47%	41,55%	12,91%	33,82%	17,80%
	96	17,06%	57,43%	49,69%	52,90%	38,95%
C4=0,46	24	-76,57%	23,71%	-24,09%	-107,90%	-53,37%
	48	-97,48%	-95,02%	-78,58%	-63,38%	-84,70%
	72	32,54%	33,75%	26,79%	13,78%	25,92%
	96	22,79%	24,65%	22,34%	39,53%	26,51%
C5=0,22	24	45,28%	-65,84%	-48,65%	-138,23%	-63,79%
	48	-116,01%	-70,66%	-109,58%	-85,51%	-97,37%
	72	13,13%	8,37%	10,38%	-4,35%	6,31%
	96	11,16%	44,22%	30,78%	10,89%	20,98%

Πίνακας 3.7: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Oocystis parva* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	98,11%	100,64%	95,89%	94,71%	97,29%
	48	50,37%	55,78%	55,32%	53,48%	53,66%
	72	59,96%	66,04%	66,74%	61,27%	63,30%
	96	65,74%	70,33%	72,57%	65,97%	68,43%
C2=2,2	24	27,90%	17,57%	12,97%	31,65%	22,00%
	48	20,76%	20,68%	30,25%	22,42%	23,26%
	72	41,93%	44,52%	71,95%	39,84%	46,47%
	96	52,11%	62,99%	79,26%	48,46%	57,39%
C3=1	24	-100,11%	-104,36%	-104,60%	-107,41%	-104,18%
	48	-4,02%	-17,88%	-17,74%	-14,65%	-14,11%
	72	33,68%	28,20%	35,49%	32,34%	32,25%
	96	53,62%	30,69%	40,65%	47,57%	41,11%
C4=0,46	24	-99,18%	-86,93%	-84,16%	-83,94%	-88,92%
	48	34,00%	38,48%	29,63%	57,75%	38,14%
	72	34,76%	58,21%	35,70%	95,12%	46,12%
	96	46,83%	53,09%	42,26%	55,15%	48,61%
C5=0,22	24	-66,37%	-61,02%	-51,62%	-53,14%	-58,36%
	48	32,69%	58,53%	67,16%	50,54%	49,18%
	72	37,71%	76,82%	106,40%	48,33%	54,65%
	96	28,24%	45,90%	-	33,70%	34,57%

Πίνακας 3.8: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Scenedesmus obliquus* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	93,65%	100,31%	101,84%	85,80%	95,08%
	48	48,05%	51,31%	51,03%	46,15%	49,05%
	72	56,43%	60,68%	61,58%	55,25%	58,33%
	96	63,48%	67,65%	68,34%	65,39%	66,12%
C2=2,2	24	-1,54%	35,26%	37,98%	20,22%	20,95%
	48	31,54%	22,84%	24,78%	104,62%	33,73%
	72	80,27%	39,33%	68,08%	71,87%	59,08%
	96	80,46%	50,44%	77,82%	71,88%	66,08%
C3=1	24	-103,03%	-126,60%	-98,50%	-111,22%	-110,77%
	48	-6,29%	-7,86%	-6,67%	-3,97%	-6,23%
	72	50,89%	28,50%	47,91%	24,52%	35,16%
	96	44,37%	36,47%	49,47%	31,78%	39,34%
C4=0,46	24	-131,02%	-143,16%	-124,42%	-135,95%	-134,01%
	48	38,56%	1,09%	12,08%	11,42%	12,87%
	72	44,58%	15,31%	14,20%	27,63%	22,60%
	96	46,40%	7,22%	27,20%	38,35%	23,95%
C5=0,22	24	-123,51%	-120,27%	-113,85%	-133,26%	-123,11%
	48	-2,68%	11,11%	30,80%	15,31%	11,20%
	72	6,69%	8,02%	20,60%	22,39%	13,35%
	96	6,52%	8,97%	7,22%	15,75%	9,29%

Πίνακας 3.9: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκους *Scenedesmus quadricauda* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	129,92%	134,47%	125,04%	143,00%	132,94%
	48	99,33%	53,43%	76,05%	9,43%	48,91%
	72	72,77%	64,64%	65,65%	43,45%	59,59%
	96	80,43%	75,77%	74,52%	61,06%	71,71%
C2=2,2	24	180,63%	143,41%	166,96%	-5,57%	95,65%
	48	3,93%	-20,57%	-22,76%	-33,55%	-19,88%
	72	42,39%	25,68%	30,81%	26,97%	30,82%
	96	56,75%	46,71%	60,80%	54,14%	54,00%
C3=1	24	-19,89%	-83,41%	-25,36%	-72,15%	-53,30%
	48	-6,02%	-29,71%	-30,37%	-16,38%	-21,55%
	72	41,86%	35,63%	41,50%	39,42%	39,50%
	96	50,01%	48,99%	54,60%	49,05%	50,55%
C4=0,46	24	-206,41%	-56,89%	-164,27%	-129,50%	-150,44%
	48	-39,89%	-48,81%	-62,63%	-48,81%	-50,66%
	72	32,72%	17,62%	5,94%	29,75%	19,69%
	96	33,82%	27,65%	31,84%	39,98%	32,90%
C5=0,22	24	-159,21%	-121,14%	-127,56%	-242,31%	-172,73%
	48	-27,56%	-29,07%	-25,61%	-47,76%	-33,28%
	72	45,27%	39,96%	25,65%	16,51%	29,82%
	96	47,74%	39,57%	26,98%	26,50%	33,53%

Πίνακας 3.10: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκους *Selenastrum capricornutum* - Τελική Δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=4,6	24	98,92%	94,82%	102,67%	105,94%	100,40%
	48	61,26%	60,68%	61,06%	63,71%	61,65%
	72	65,61%	68,00%	66,60%	69,48%	67,37%
	96	68,50%	70,05%	69,45%	70,40%	69,58%
C2=2,2	24	34,93%	37,50%	34,55%	32,13%	34,74%
	48	32,79%	35,70%	37,82%	36,33%	35,59%
	72	47,40%	57,89%	72,26%	66,11%	58,51%
	96	55,91%	73,81%	84,01%	71,54%	68,21%
C3=1	24	-45,46%	-41,80%	-43,36%	-46,90%	-44,42%
	48	31,80%	31,19%	29,30%	29,14%	30,33%
	72	54,75%	87,60%	73,16%	89,07%	70,60%
	96	51,70%	63,98%	71,31%	65,92%	61,59%
C4=0,46	24	-84,08%	-77,59%	-78,04%	-73,57%	-78,48%
	48	35,61%	34,17%	48,33%	42,49%	39,47%
	72	56,54%	71,86%	46,05%	52,92%	54,70%
	96	32,78%	46,92%	38,70%	43,16%	39,56%
C5=0,22	24	-49,37%	-59,10%	-54,35%	-68,87%	-58,50%
	48	54,23%	32,56%	42,07%	14,15%	31,00%
	72	47,33%	33,54%	47,52%	20,79%	33,82%
	96	25,19%	26,61%	41,92%	17,85%	25,91%

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Ρυθμός Ανάπτυξης

Πίνακας 3.11: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin κατά τις διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή			2 ^η Διερευνητική δοκιμή			3 ^η Διερευνητική δοκιμή			
	Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			
	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>	<i>S.c.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>C.v.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>	<i>O.p.</i>
1				E	E	E				
0,46				E	E	E	+	+	+	+
0,22				E	E	E	+	+	+	+
0,1	-	E	-	E	E	E	+	+	-	+
0,046	-	E	-	E	E	E	+	-	-	(+)
0,022	-	E	+	E	E	E	-	+	-	-
0,01	+	E	+				+	+	-	-
0,0046	-	E	+							
Συγκ/σεις (mg/l)	4 ^η Διερευνητική δοκιμή									
	Χρόνος (ημέρες): 4									
	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>	<i>S.c.</i>	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>O.p.</i>				
2,2	+	(+)	(+)	+	-	-				
1	+	+	-	+	+	(+)				

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.12: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin κατά την τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή						
Συγκεντρώσεις (mg/l)	Χρόνος (ημέρες): 4					
	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>	<i>S.c.</i>	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>O.p.</i>
4,6	+	+	+	+	+	+
2,2	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+
0,46	+	+	+	+	+	+
0,22	+	-	+		(+)	+

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα >20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι <20%

Αναλυτικότερα, στις διερευνητικές δοκιμές στην περίπτωση της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών, δεν παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα, σε όλες τις συγκεντρώσεις, μεγαλύτερη από 50% ή οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R^2).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αποτελέσματα, το EC_{50} αναμένεται

- στην 1^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,1mg/l για τα φύκη *Scenedesmus quadricauda* και *Selenastrum capricornutum* και <0,022 mg/l για το φύκος *Scenedesmus obliquus*.
- στην 2^η διερευνητική δοκιμή να είναι < 0,22 mg/l για το *Selenastrum capricornutum* και < 0,046 mg/l για το *Chlorella vulgaris*.
Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* δεν έτρεξε ο μάρτυρας.
- στην 3^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,46mg/l και
- στην 4^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 2,2 mg/l

Στην τελική δοκιμή παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε όλες τις συγκεντρώσεις.

Αναλυτικότερα:

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (12,46% - 51,74% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 5mg/l, οριακά πάνω από την ανώτερη τιμή δοκιμής, (3,703 – 8,445 mg/l, $R^2 = 0,791$) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,46mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (20,98% – 61,01% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 1,74mg/l, (1,129 – 3,274 mg/l, $R^2 = 0,606$) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,22mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (25,91 – 69,58 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,741mg/l, (0,512 – 1,015 mg/l, $R^2 = 0,73$) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,22mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (34,57% – 68,43% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,676mg/l, (0,337 – 1,106 mg/l, $R^2 = 0,667$) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,22mg/l.

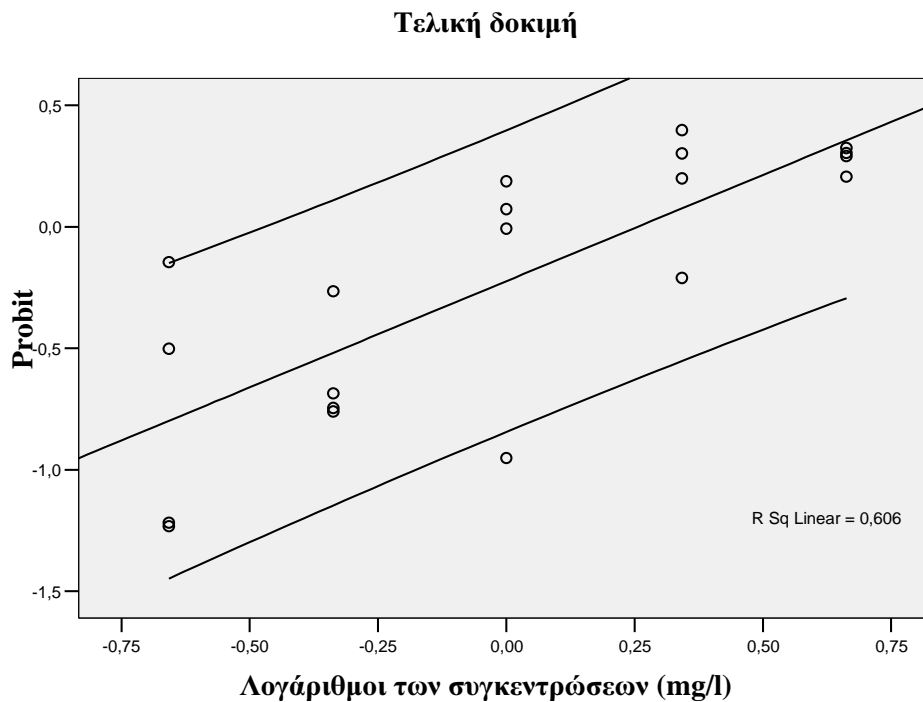
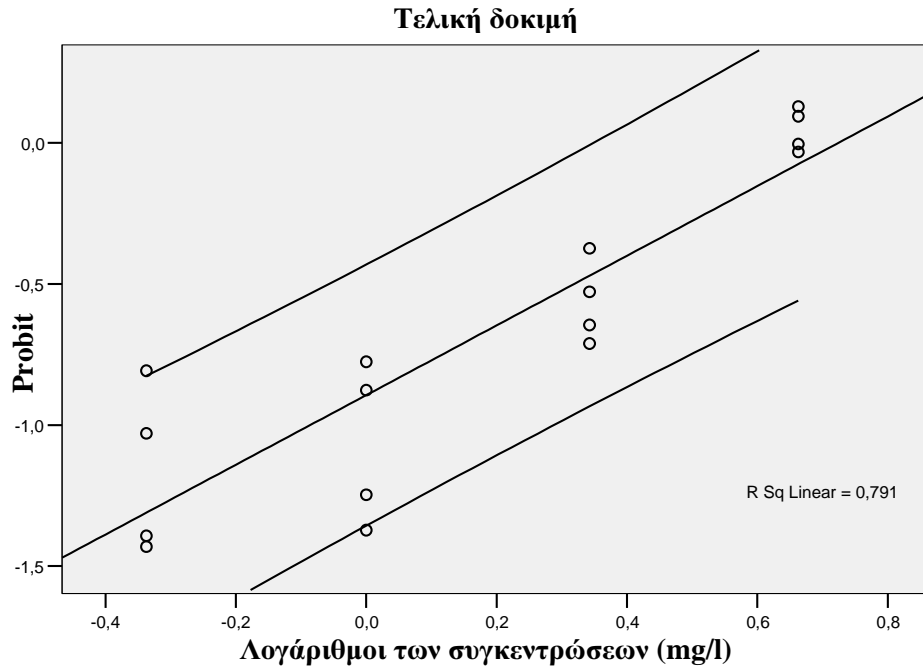
Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (32,90 – 71,71 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 1,056mg/l, (0,766 – 1,468 mg/l, $R^2 = 0,755$) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,22mg/l.

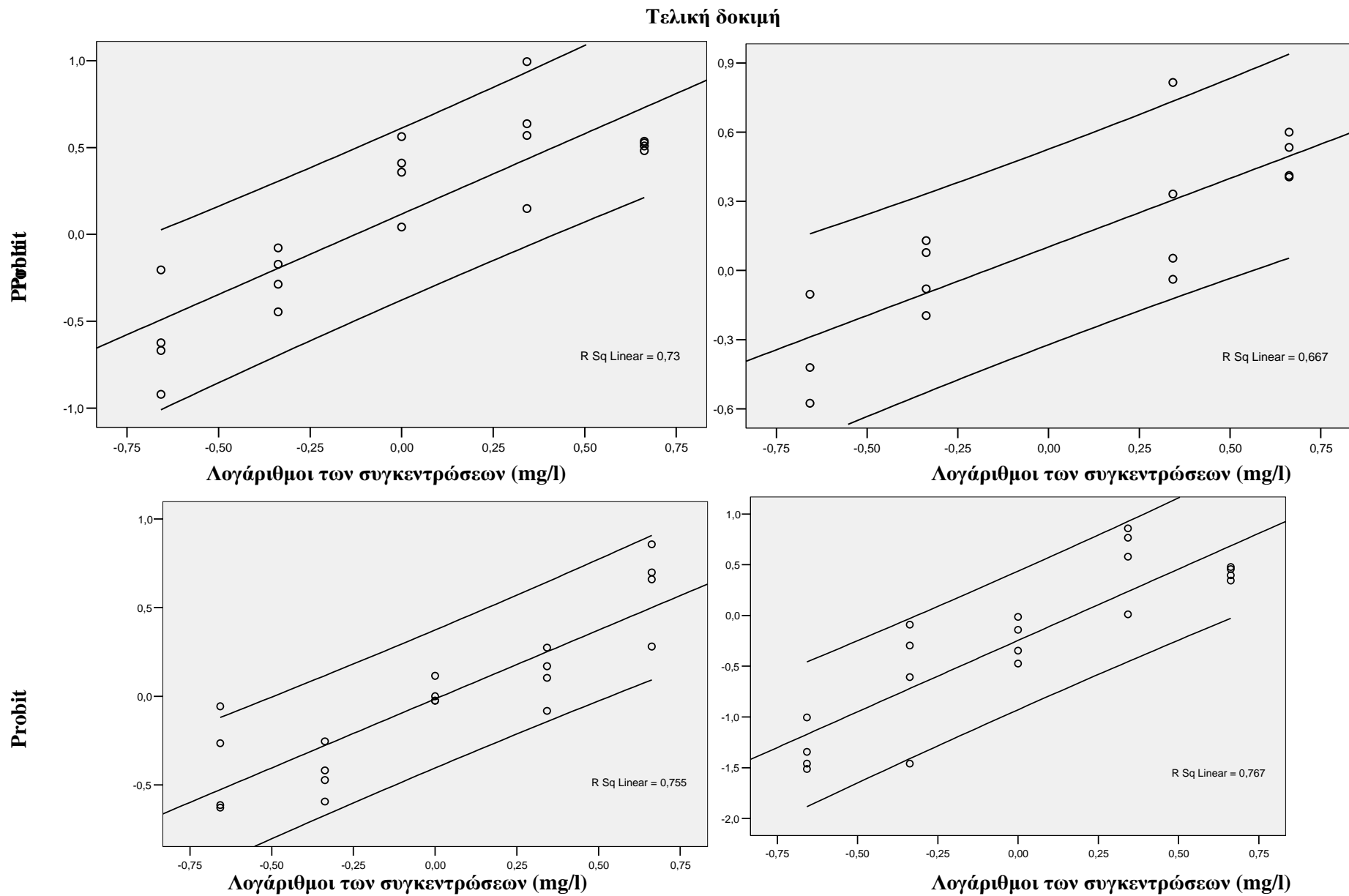
Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (9,29-66,12% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 1,448mg/l, (1,079 – 2,034 mg/l, $R^2 = 0,767$) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,22mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.



Εικόνα 3.1: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*.



Εικόνα 3.2: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

3.1.2 Επίδραση του Oxyfluorfen στην ανάπτυξη των φυκών

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της ανάπτυξης των φυκών για τις τρεις διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακες

Πίνακας 3.13: Επίδραση του Οxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης , σε διάφορα είδη φυκών – 1^η διερευνητική δοκιμή.

Anabaena flos-aquae

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,001 mg/l				C2=0,00046 mg/l				C3=0,00022 mg/l				C4=0,0001 mg/l				C5=0,000046 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	8,00	4,69	15,38	9,84	26,42	27,48	20,87	23,13	28,32	23,41	34,73	28,28	37,82	22,46	35,05	29,29	9,03	11,66	23,42	14,23
48	7,78	9,82	17,39	11,73	28,68	26,67	20,95	23,18	24,93	27,65	27,90	25,49	26,60	19,74	30,05	24,22	8,86	11,53	25,21	14,83
72	6,62	4,51	10,63	6,66	20,53	17,29	13,40	16,06	13,41	20,92	20,70	18,04	16,93	14,28	22,02	17,98	8,78	12,18	18,42	13,31

Oocystis parva

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,001 mg/l				C2=0,00046 mg/l				C3=0,00022 mg/l				C4=0,0001 mg/l				C5=0,000046 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	-17,12	-25,35	15,67	-10,71	8,31	44,21	2,63	14,55	19,34	-9,19	0,18	2,93	2,82	11,17	1,47	7,24	4,46	-10,04	21,35	5,29
48	-13,42	-27,23	8,51	-11,83	1,17	36,56	16,82	14,84	15,55	-8,70	-0,21	1,62	-1,04	3,39	3,78	3,68	2,26	-13,42	15,62	1,67
72	-7,68	-22,73	8,90	-8,06	7,46	37,63	15,94	17,40	18,02	3,16	7,77	9,79	2,06	8,33	15,14	9,00	3,86	-10,72	13,94	3,09

Selenastrum capricornutum

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,001 mg/l				C2=0,00046 mg/l				C3=0,00022 mg/l				C4=0,0001 mg/l				C5=0,000046 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	29,29	21,90	19,20	21,10	-0,27	4,75	-9,96	0,15	25,35	22,89	-45,21	-13,22	42,68	23,57	45,58	37,08	-10,96	-2,03	-3,36	-4,00
48	22,34	10,61	14,83	15,80	-0,40	10,24	-12,84	-0,23	26,53	23,69	6,74	18,31	33,23	20,80	35,64	31,11	-17,53	-4,15	-14,66	-10,10
72	29,89	11,38	16,81	16,74	6,90	13,92	-3,95	6,59	27,40	28,93	9,92	19,60	30,60	27,20	30,37	32,29	-15,04	-4,76	-24,06	-13,56

Πίνακας 3.14: Επίδραση του Οxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης , σε διάφορα είδη φυκών – 2^η διερευνητική δοκιμή.

Anabaena flos-aquae

Πείραμα 2 ^ο	C1=0,1 mg/l				C2=0,046 mg/l				C3=0,022 mg/l				C4=0,01 mg/l				C5=0,046 mg/l			
	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
Χρόνος (h)																				
24	0,70	-2,89	-1,62	-13,08	14,36	-33,32	4,97	-10,34	23,94	22,05	11,09	-54,45	-17,07	2,83	-38,61	-16,18	-20,56	-14,50	-21,87	-16,19
48	27,19	16,88	15,54	20,00	23,12	17,10	23,65	22,02	33,71	35,44	31,30	32,00	14,41	27,06	16,73	19,79	25,60	22,28	16,26	19,84
72	43,28	30,09	18,50	28,33	22,42	27,73	30,82	29,15	41,23	36,80	32,20	35,92	10,01	36,63	21,79	21,27	32,20	31,62	13,95	24,26

Oocystis parva

Πείραμα 2 ^ο	C1=0,1 mg/l				C2=0,046 mg/l				C3=0,022 mg/l				C4=0,01 mg/l				C5=0,046 mg/l			
	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
Χρόνος (h)																				
24	6,34	7,15	1,75	-1,74	0,67	18,76	50,52	22,63	33,64	9,52	-2,05	14,75	17,95	27,51	40,74	27,30	-5,72	16,64	-4,53	7,24
48	3,37	5,20	-8,15	-0,35	10,46	26,42	44,90	25,90	21,10	14,87	9,73	12,19	13,97	17,24	18,59	17,36	-5,43	8,72	7,16	7,10
72	22,37	1,53	-8,44	4,90	12,81	42,11	56,01	33,80	28,99	16,82	22,33	14,48	13,14	16,65	26,57	18,97	-7,31	3,85	16,49	7,64

Selenastrum capricornutum

Πείραμα 2 ^ο	C1=0,1 mg/l				C2=0,046 mg/l				C3=0,022 mg/l				C4=0,01 mg/l				C5=0,046 mg/l			
	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
Χρόνος (h)																				
24	18,72	35,85	56,57	39,33	-7,52	19,03	20,49	12,82	23,21	30,20	45,80	31,81	140,66	89,34	91,78	91,57	5,68	-7,88	29,17	5,84
48	0,69	-1,44	2,95	2,27	-3,93	11,49	5,10	4,56	10,67	14,09	13,76	11,05	63,31	45,60	61,40	51,92	-7,47	-18,12	14,63	-5,22
72	2,35	-1,27	-9,49	0,87	4,02	16,63	2,47	6,62	18,49	24,52	10,26	13,99	59,55	24,55	59,22	38,99	-5,42	-29,65	27,44	-7,84

Πίνακας 3.15: Επίδραση του Οxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, σε διάφορα είδη φυκών – 3^η διερευνητική δοκιμή.

Anabaena flos-aquae

Πείραμα 3 ^ο	C1=100 mg/l				C2=10 mg/l				C3=1 mg/l				C4=0,1 mg/l				C5=0,01 mg/l			
	Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3
24	104,88	111,14	73,72	94,43	67,25	96,10	93,62	84,29	-75,79	-44,22	-52,80	-59,01	36,21	7,71	24,36	21,70	-8,65	-10,55	201,33	15,50
48	122,27	74,84	77,03	85,50	65,89	91,60	77,20	76,60	24,68	30,47	20,08	24,81	153,34	60,10	40,62	61,68	11,07	13,04	98,30	24,27
72	120,67	138,82	86,83	106,10	74,11	79,17	82,08	78,23	45,80	26,28	24,70	30,59	74,51	28,25	44,34	42,66	14,10	12,72	40,51	19,61

Oocystis parva

Πείραμα 3 ^ο	C1=100 mg/l				C2=10 mg/l				C3=1 mg/l				C4=0,1 mg/l				C5=0,01 mg/l			
	Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3
24	120,80	109,54	103,64	110,93	94,00	63,06	90,20	80,83	-106,64	-95,50	-87,45	-97,03	-97,10	7,62	35,80	-45,21	56,78	-122,56	2,85	-64,91
48	132,23	108,12	86,61	104,96	109,40	48,37	89,49	74,45	-8,97	-1,38	-10,46	-7,1	-62,97	63,57	57,15	-21,35	-22,54	-67,52	33,02	-36,64
72	151,17	128,77	101,10	119,06	101,24	62,74	81,94	77,29	12,02	43,86	7,75	16,94	-11,02	14,14	8,36	1,41	-25,90	-11,25	36,37	-10,74

Selenastrum capricornutum

Πείραμα 3 ^ο	C1=100 mg/l				C2=10 mg/l				C3=1 mg/l				C4=0,1 mg/l				C5=0,01 mg/l			
	Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3
24	125,55	94,41	90,45	101,22	61,57	81,63	61,57	67,41	-38,65	-31,49	-24,27	-31,81	15,79	23,55	43,94	26,42	-31,55	85,53	74,30	13,74
48	100,65	86,95	87,20	91,00	46,40	73,75	50,01	54,65	-16,52	-4,16	22,64	-3,11	55,88	72,15	41,23	54,00	-8,47	35,32	83,60	18,07
72	125,40	103,83	103,31	108,77	67,44	58,38	57,55	60,70	33,80	17,28	49,44	29,78	53,01	64,04	36,19	48,12	-4,35	45,75	70,97	17,26

Πίνακας 3.16: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Anabaena flos-aquae* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	183,51%	19,78%	39,28%	150,92%	86,71%
	48	35,45%	24,76%	38,85%	128,69%	44,16%
	72	45,94%	53,77%	53,41%	72,18%	54,86%
	96	47,01%	49,57%	48,04%	62,95%	51,07%
C2=4,6	24	-118,86%	-126,89%	-138,66%	-125,67%	-127,64%
	48	25,84%	9,26%	7,48%	31,09%	17,32%
	72	55,02%	43,41%	29,15%	35,87%	39,34%
	96	45,11%	37,20%	34,27%	47,28%	40,32%
C3=2,2	24	-78,16%	34,41%	-269,05%	-121,07%	-137,55%
	48	-40,30%	-18,64%	-11,77%	-32,73%	-27,20%
	72	48,11%	27,90%	12,24%	0,29%	17,08%
	96	42,80%	19,01%	18,86%	18,08%	22,69%
C4=1	24	100,00%	-411,82%	-587,25%	-67,03%	-390,95%
	48	-37,99%	-81,83%	-50,72%	-71,32%	-63,52%
	72	11,52%	-9,18%	-12,31%	27,60%	0,28%
	96	7,76%	-12,34%	-14,40%	22,21%	-3,67%
C5=0,46	24	-381,85%	-300,80%	-172,24%	-150,54%	-273,30%
	48	-16,23%	-38,30%	-36,73%	-8,74%	-26,71%
	72	6,70%	-1,68%	-0,92%	3,59%	1,72%
	96	-0,81%	-4,58%	-8,50%	-0,49%	-3,84%

Πίνακας 3.17: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Chlorella vulgaris* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	110,02%	109,68%	59,57%	-22,68%	41,91%
	48	27,82%	74,74%	53,64%	31,45%	42,30%
	72	46,47%	70,71%	47,67%	47,79%	51,40%
	96	53,12%	66,19%	55,86%	52,78%	56,37%
C2=4,6	24	144,12%	132,90%	9,37%	114,61%	77,18%
	48	89,27%	103,30%	28,19%	54,47%	56,73%
	72	61,63%	51,67%	34,81%	40,43%	45,07%
	96	55,96%	55,15%	42,16%	49,51%	49,98%
C3=2,2	24	192,23%	101,03%	45,07%	91,31%	91,08%
	48	75,29%	23,90%	56,44%	83,92%	51,66%
	72	40,24%	48,09%	52,64%	52,85%	47,90%
	96	33,60%	59,22%	60,65%	41,40%	45,73%
C4=1	24	103,55%	87,31%	2,64%	33,99%	45,74%
	48	31,96%	36,38%	20,31%	43,65%	32,01%
	72	41,00%	32,95%	32,04%	42,61%	36,70%
	96	39,87%	28,74%	40,55%	48,50%	38,27%
C5=0,46	24	14,63%	61,70%	34,43%	52,40%	38,52%
	48	-6,61%	-1,76%	-5,11%	-1,05%	-3,71%
	72	16,08%	27,86%	12,55%	25,99%	19,78%
	96	17,09%	27,74%	17,87%	22,03%	20,80%

Πίνακας 3.18: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Selenastrum capricornutum* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	80,47%	98,37%	43,78%	99,06%	74,58%
	48	63,78%	67,67%	54,31%	65,50%	62,25%
	72	63,16%	61,98%	60,37%	72,13%	63,95%
	96	58,75%	59,71%	59,56%	64,50%	60,49%
C2=4,6	24	74,21%	59,28%	74,80%	102,06%	75,24%
	48	31,44%	45,63%	26,60%	61,89%	37,93%
	72	46,45%	39,77%	42,76%	55,54%	45,35%
	96	45,97%	43,39%	46,07%	43,82%	44,77%
C3=2,2	24	84,43%	45,38%	8,16%	119,21%	47,28%
	48	42,48%	61,27%	18,77%	24,19%	31,70%
	72	28,56%	54,48%	23,08%	51,45%	35,10%
	96	25,59%	48,44%	24,98%	56,44%	33,93%
C4=1	24	-32,85%	-2,79%	-35,64%	-48,07%	-32,49%
	48	-6,18%	-5,46%	6,29%	-5,70%	-3,28%
	72	3,53%	6,83%	11,93%	2,06%	5,75%
	96	1,68%	2,45%	12,55%	10,82%	6,21%
C5=0,46	24	13,16%	100,00%	-39,53%	89,43%	8,64%
	48	17,60%	17,81%	19,33%	26,88%	20,13%
	72	7,80%	18,18%	17,57%	34,67%	17,52%
	96	5,24%	9,43%	6,67%	14,59%	8,63%

Πίνακας 3.19: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Oocystis parva* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	79,88%	106,41%	73,98%	52,69%	74,06%
	48	66,85%	82,00%	34,99%	30,01%	46,36%
	72	64,02%	80,48%	52,61%	46,01%	57,51%
	96	63,43%	62,99%	64,67%	64,74%	63,94%
C2=4,6	24	16,00%	-0,56%	36,29%	42,45%	20,03%
	48	26,64%	19,44%	29,42%	54,86%	30,01%
	72	41,85%	40,85%	40,42%	47,59%	42,51%
	96	40,03%	40,59%	40,75%	51,73%	42,70%
C3=2,2	24	165,62%	90,66%	107,63%	34,45%	76,09%
	48	17,46%	7,47%	12,44%	17,23%	13,36%
	72	28,85%	22,85%	18,56%	22,35%	22,87%
	96	21,80%	25,89%	21,64%	25,65%	23,63%
C4=1	24	20,63%	-22,44%	-32,37%	20,63%	-10,16%
	48	-38,23%	-37,94%	-39,37%	-36,95%	-38,14%
	72	-15,56%	-15,73%	-18,69%	-1,38%	-13,71%
	96	-2,18%	-11,16%	-11,60%	-6,09%	-8,15%
C5=0,46	24	32,67%	78,63%	-51,44%	-85,86%	-45,32%
	48	-5,18%	-13,76%	-15,87%	-28,64%	-17,07%
	72	13,54%	15,14%	11,86%	-19,22%	0,23%
	96	10,99%	-3,85%	22,00%	-8,22%	1,72%

Πίνακας 3.20: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Scenedesmus quadricauda* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	96,82%	104,80%	97,52%	45,58%	82,84%
	48	105,28%	75,90%	92,33%	10,69%	54,25%
	72	73,39%	53,18%	78,16%	24,64%	50,80%
	96	68,72%	58,48%	69,67%	43,91%	58,40%
C2=4,6	24	107,92%	79,69%	136,91%	-10,95%	59,86%
	48	35,55%	28,20%	76,99%	-6,61%	24,38%
	72	20,25%	29,00%	29,60%	11,42%	21,79%
	96	43,23%	44,17%	32,49%	32,93%	37,73%
C3=2,2	24	94,64%	7,67%	105,69%	87,16%	64,48%
	48	18,74%	-12,76%	52,38%	32,41%	16,28%
	72	8,98%	10,43%	17,16%	31,70%	16,03%
	96	5,58%	27,16%	32,25%	36,58%	22,93%
C4=1	24	28,50%	-6,61%	9,26%	123,30%	27,17%
	48	-23,39%	-26,74%	-19,98%	3,87%	-18,02%
	72	2,34%	6,35%	-12,16%	6,98%	0,00%
	96	13,33%	18,55%	7,35%	-1,62%	8,50%
C5=0,46	24	314,03%	41,35%	214,03%	167,53%	133,71%
	48	-27,85%	-20,51%	-11,55%	-4,55%	-16,98%
	72	7,65%	-13,19%	-8,73%	13,19%	-1,90%
	96	25,69%	-11,94%	6,47%	11,74%	5,07%

Πίνακας 3.21: Επίδραση του Oxyfluorfen στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Scenedesmus obliquus* - Τελική δοκιμή.

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=10	24	84,11%	118,36%	118,86%	73,56%	96,70%
	48	46,14%	33,78%	95,87%	91,95%	58,71%
	72	56,74%	39,76%	77,31%	61,50%	55,94%
	96	48,56%	52,31%	68,79%	64,81%	57,34%
C2=4,6	24	116,55%	52,22%	43,12%	9,24%	48,42%
	48	72,37%	40,72%	18,99%	18,80%	32,92%
	72	36,13%	50,37%	19,55%	29,41%	31,91%
	96	44,14%	43,95%	31,53%	44,74%	40,49%
C3=2,2	24	35,26%	166,68%	173,66%	93,25%	100,88%
	48	8,96%	26,65%	47,46%	14,16%	21,97%
	72	20,99%	30,97%	32,24%	14,70%	23,86%
	96	25,83%	28,97%	27,66%	13,22%	23,14%
C4=1	24	47,86%	24,17%	29,89%	163,29%	53,64%
	48	35,35%	23,06%	-8,21%	0,73%	9,39%
	72	21,18%	15,14%	36,88%	29,72%	24,64%
	96	12,64%	13,22%	40,15%	32,74%	22,14%
C5=0,46	24	-30,59%	91,20%	-57,12%	-71,60%	-33,08%
	48	-56,48%	-11,31%	-39,11%	-28,33%	-36,87%
	72	-16,05%	-5,80%	-0,90%	-10,19%	-8,74%
	96	2,97%	6,77%	-1,56%	-2,71%	1,11%

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Ρυθμός Ανάπτυξης

Πίνακας 3.22: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Oxyfluorfen κατά τις διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή			2 ^η Διερευνητική δοκιμή			3 ^η Διερευνητική δοκιμή		
	Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3		
	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>
100							+		+
10							+		+
1							(+)		(+)
0,1							+		
0,046				E	E	E			
0,022				E	E	E			
0,01				E	E	E	(+)		-
0,0046				E	E	E			
0,001	E	E	E						
0,00046	E	E	E						
0,00022	E	E	E						
0,0001	E	E	E						
0,000046	E	E	E						

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.23: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Oxyfluorfen κατά την τελική δοκιμή

Συγκ/σεις (mg/l)	Τελική δοκιμή					
	Χρόνος (ημέρες): 4					
	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>S.q.</i>	<i>S.o.</i>
10	+	+	+	+	+	+
4,6	+	+	+	+	+	+
2,2	+	+	+	+	(+)	(+)
1	-	+	-	-	-	(+)
0,46	-	(+)	-	-	-	-

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Στις δύο πρώτες διερευνητικές δοκιμές στην περίπτωση της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών, οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα και δεν μπορούσαμε να εντοπίσουμε ακριβώς το εύρος των συγκεντρώσεων που θα μας έδιναν μια διαβάθμιση στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα, (% ποσοστό παρεμπόδισης < 20%).

Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήσαμε την τρίτη διερευνητική δοκιμή πειραματιζόμενοι με ένα πολύ μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων και έτσι καταλήξαμε στις συγκεντρώσεις της τελικής δοκιμής.

Επομένως, το EC_{50} αναμένεται στην 1^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,001 mg/l και στην 2^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,1 mg/l.

Στην 3^η διερευνητική δοκιμή, μετά από στατιστική επεξεργασία το EC_{50} των 3 ημερών για το φύκος *Anabaena flos-aquae* βρέθηκε 0,578 mg/l, (0,071 – 6,139 mg/l, $R^2 = 0,586$) και το αντίστοιχο NOEC 1mg/l. Για το φύκος *Oocystis parva* το EC_{50} των 3 ημερών βρέθηκε 8,448 mg/l, ($R^2 = 0,28$) και το αντίστοιχο NOEC 1mg/l και για το φύκος *Selenastrum capricornutum* το EC_{50} των 3 ημερών βρέθηκε 84,319 mg/l, ($R^2 = 5,636E-4$) και το αντίστοιχο NOEC 1mg/l.

Στην τελική δοκιμή παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε όλες τις συγκεντρώσεις.

Αναλυτικότερα:

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-3,84% - 51,07% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 8,469 mg/l, (6,011 – 15,855 mg/l, R² = 0,734) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (20,80% – 56,37% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 3,996mg/l, (2,688 – 7,084 mg/l, R² = 0,666) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,46mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (8,63 – 60,49 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 5,659mg/l, (4,256 – 8,339 mg/l, R² = 0,744) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (1,72% – 63,94% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 6,133mg/l, (4,700 – 8,724 mg/l, R² = 0,845) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

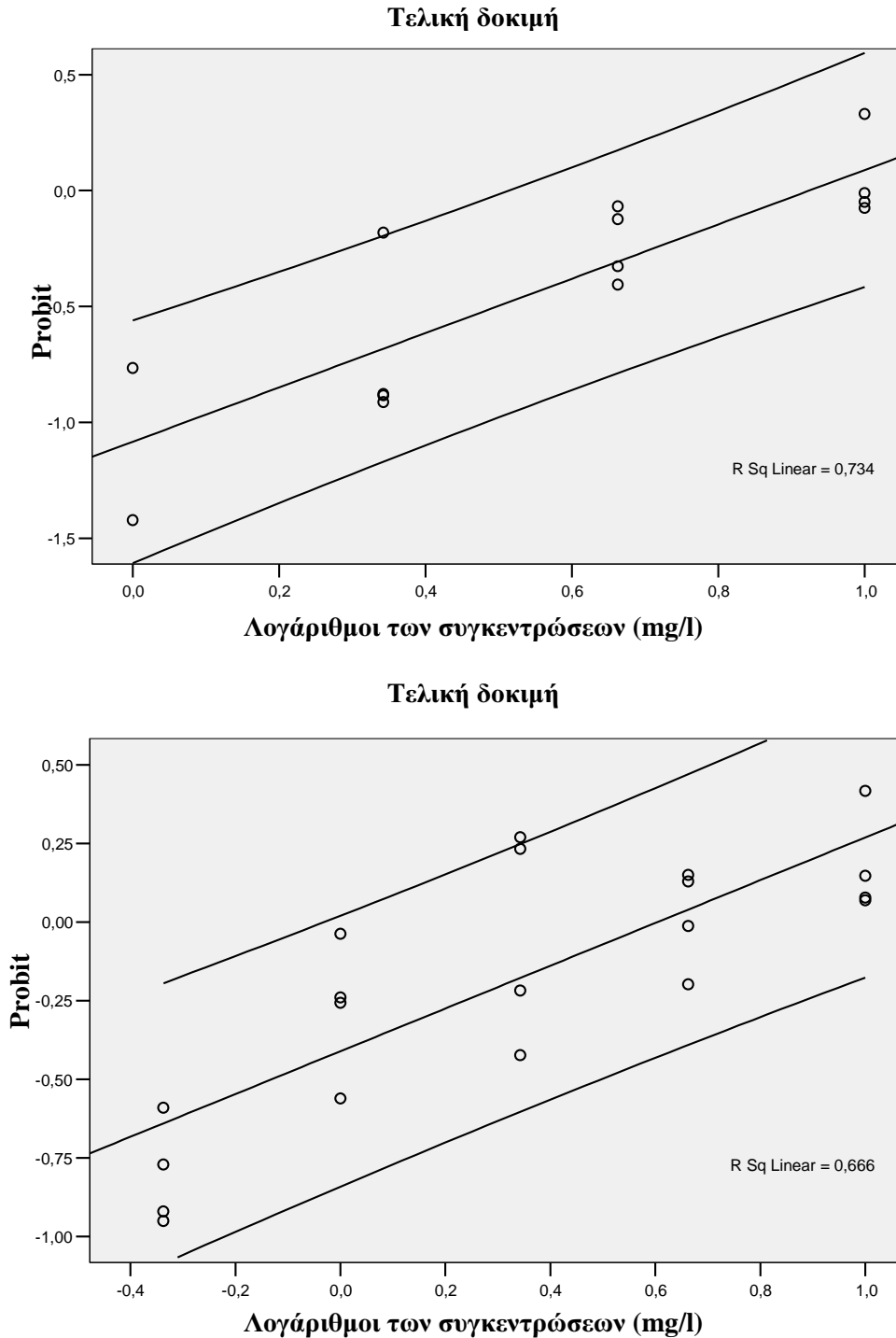
Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (5,07 – 58,40 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 7,410mg/l, (4,967– 14,381 mg/l, R² = 0,669) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 2,2 mg/l.

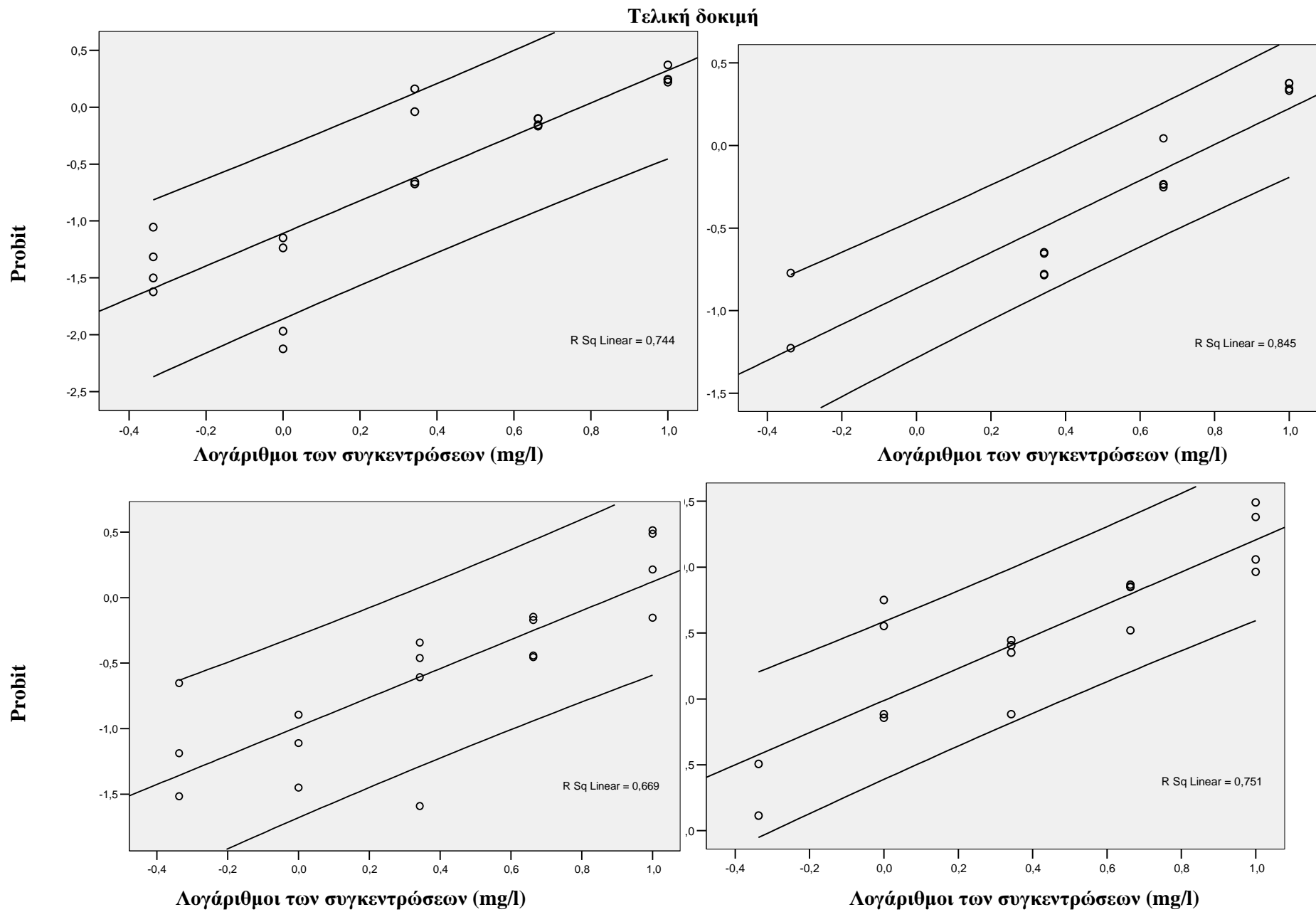
Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (1,11-57,34% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 6,922mg/l, (4,781 – 12,649 mg/l, R² = 0,751) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 2,2mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.



Εικόνα 3.3: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*.



Εικόνα 3.4: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Οχυφλουορfen στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

3.1.3 Επίδραση του Chlorsulfuron στην ανάπτυξη των φυκών

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της ανάπτυξης των φυκών για τις δύο διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.24: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε δύο είδη φυκών – 1^η διερευνητική δοκιμή.
Anabaena flos-aquae

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,1 mg/l				C2=0,01 mg/l				C3=0,001 mg/l				C4=0,0001 mg/l				C5=0,00001 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	37,27	24,91	21,61	26,97	34,07	17,82	31,76	26,64	48,12	32,59	26,32	33,92	32,42	32,09	30,04	31,49	31,76	19,15	23,53	24,21
48	32,35	21,63	18,76	23,41	29,58	15,47	27,57	23,13	41,77	28,29	22,85	29,45	28,14	27,86	26,08	27,34	27,57	16,62	20,43	21,02
72	37,02	28,54	27,67	30,53	39,22	23,04	37,02	31,29	46,24	34,16	30,83	35,78	36,16	35,13	35,49	35,58	34,88	22,85	26,91	27,43

Oocystis parva

Πείραμα 1 ^ο	C1=0,1 mg/l				C2=0,01 mg/l				C3=0,001 mg/l				C4=0,0001 mg/l				C5=0,00001 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	12,60	7,87	-0,04	6,31	21,28	21,28	48,52	27,75	21,28	32,24	55,74	33,03	25,52	38,57	35,77	32,70	-9,83	4,90	35,33	4,54
48	10,58	6,61	-0,03	5,30	17,88	17,88	40,75	23,31	17,88	27,08	46,81	27,74	21,44	32,40	30,05	27,46	-8,26	4,12	29,68	3,82
72	28,11	21,39	20,30	22,95	33,82	33,82	55,42	38,59	30,74	36,22	66,42	39,18	22,31	41,09	38,98	32,02	-5,65	16,34	35,71	8,11

Πίνακας 3.25: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε δύο είδη φυκών – 2^η διερευνητική δοκιμή.
Anabaena flos-aquae

Πείραμα 2 ^ο	C1=0,001 mg/l				C2=0,0001 mg/l				C3=0,00001 mg/l				C4=0,000001 mg/l				C5=0,0000001 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	78,63	66,15	81,37	75,12	29,26	33,33	51,96	37,61	46,90	14,70	-29,60	4,74	-1,12	12,35	-18,68	-3,45	-46,05	-38,45	-41,06	-41,91
48	71,92	69,19	78,18	72,88	59,85	58,32	60,92	59,68	55,91	38,69	38,15	43,27	31,92	39,96	31,36	34,18	5,58	11,03	1,43	5,78
72	71,96	72,52	75,57	73,30	63,27	58,28	60,86	60,71	57,48	28,55	46,95	41,14	33,50	40,48	26,40	32,74	7,36	8,89	-2,14	4,16
96	65,35	64,24	61,53	63,65	55,85	46,71	47,04	49,48	50,36	7,60	42,85	25,25	20,08	37,50	6,97	18,20	-2,63	-3,09	-3,68	-3,14

Oocystis parva

Πείραμα 2 ^ο	C1=0,001 mg/l				C2=0,0001 mg/l				C3=0,00001 mg/l				C4=0,000001 mg/l				C5=0,0000001 mg/l			
Χρόνος (h)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
24	7,59	19,36	26,07	17,26	81,98	97,13	40,33	68,89	47,75	38,35	51,19	45,55	46,64	44,48	69,90	52,77	-2,48	2,38	10,36	3,22
48	23,57	38,18	34,20	31,47	61,81	71,54	47,66	59,05	52,70	14,61	44,07	33,42	54,55	47,04	54,55	51,87	3,17	25,03	1,54	8,50
72	26,26	46,08	38,88	35,83	53,46	63,75	48,14	54,38	49,96	15,60	31,85	29,03	55,50	47,97	46,63	49,77	4,59	29,36	12,04	13,50
96	18,96	39,77	35,34	29,59	39,91	56,24	43,77	45,68	44,51	16,74	20,46	24,48	45,21	37,21	42,66	41,46	-1,66	22,61	10,35	8,42

Πίνακας 3.26: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Anabaena flos-aquae* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,00001	24	44,70%	18,68%	38,13%	26,25%	30,95%
	48	53,16%	38,80%	51,68%	38,12%	44,60%
	72	54,71%	50,25%	60,58%	46,31%	52,33%
	96	44,39%	44,13%	63,96%	44,65%	47,80%
C2=0,0000032	24	38,87%	37,76%	18,78%	52,91%	35,62%
	48	53,14%	46,29%	28,97%	43,54%	41,57%
	72	57,09%	53,58%	37,98%	45,06%	47,13%
	96	51,07%	45,97%	26,75%	25,88%	34,47%
C3=0,000001	24	35,13%	25,44%	10,26%	64,38%	30,28%
	48	43,02%	34,52%	35,53%	55,54%	41,02%
	72	50,83%	33,61%	45,03%	62,02%	45,48%
	96	40,76%	11,99%	35,45%	48,61%	29,08%
C4=0,00000032	24	1,87%	25,64%	24,15%	30,39%	19,26%
	48	18,44%	40,21%	23,32%	31,79%	27,28%
	72	22,61%	42,41%	20,43%	33,46%	28,04%
	96	9,60%	25,72%	6,87%	31,58%	15,88%
C5=0,0000001	24	19,93%	24,15%	17,29%	6,86%	16,65%
	48	28,58%	26,10%	17,70%	13,08%	20,69%
	72	28,10%	18,02%	10,61%	18,64%	17,98%
	96	8,02%	10,21%	7,17%	6,89%	8,03%

Πίνακας 3.27: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Chlorella vulgaris* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,00001	24	44,58%	47,38%	33,43%	39,36%	40,94%
	48	55,58%	53,59%	50,81%	36,94%	48,35%
	72	62,12%	51,02%	67,07%	46,42%	55,27%
	96	49,53%	35,00%	51,34%	100,00%	43,99%
C2=0,0000032	24	22,22%	34,57%	10,53%	56,72%	28,58%
	48	38,12%	43,67%	42,27%	58,83%	44,85%
	72	45,11%	55,45%	73,29%	72,79%	58,70%
	96	43,01%	45,08%	100,00%	59,72%	48,11%
C3=0,000001	24	39,72%	-5,56%	-6,21%	9,25%	6,57%
	48	40,43%	20,85%	18,71%	31,19%	26,68%
	72	50,34%	28,98%	30,23%	45,64%	37,06%
	96	33,22%	13,62%	26,73%	29,89%	24,49%
C4=0,00000032	24	12,37%	6,82%	15,80%	30,87%	15,80%
	48	34,27%	30,02%	28,55%	44,56%	33,78%
	72	40,98%	31,22%	37,03%	50,07%	38,90%
	96	19,36%	11,27%	25,38%	100,00%	17,90%
C5=0,0000001	24	0,40%	9,53%	18,82%	-0,72%	6,48%
	48	-0,09%	20,38%	16,06%	35,68%	15,52%
	72	3,03%	19,63%	10,13%	51,20%	15,55%
	96	0,90%	3,98%	3,07%	100,00%	2,61%

Πίνακας 3.28: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Selenastrum capricornutum* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,000032	24	239,60%	9,98%	71,91%	100,00%	68,53%
	48	180,82%	20,08%	55,93%	72,20%	54,40%
	72	156,97%	34,82%	35,23%	52,89%	48,83%
	96	62,01%	100,00%	37,01%	45,85%	46,39%
C2=0,00001	24	75,29%	50,02%	-8,68%	82,59%	39,55%
	48	57,49%	43,26%	9,16%	62,12%	37,08%
	72	25,89%	38,39%	9,33%	58,28%	28,20%
	96	29,24%	41,42%	13,96%	50,16%	30,14%
C3=0,0000032	24	89,04%	37,71%	23,88%	50,02%	46,28%
	48	65,85%	36,14%	28,13%	43,26%	41,10%
	72	37,48%	24,42%	15,00%	25,89%	24,72%
	96	22,99%	13,24%	12,29%	35,12%	19,43%
C4=0,000001	24	22,13%	39,79%	16,58%	28,16%	26,14%
	48	26,95%	37,34%	22,84%	30,61%	29,08%
	72	24,28%	31,15%	14,72%	18,70%	21,62%
	96	20,53%	23,64%	15,10%	23,57%	20,47%
C5=0,00000032	24	56,18%	-20,66%	12,62%	45,19%	16,64%
	48	46,51%	2,34%	21,61%	40,46%	23,89%
	72	36,56%	1,34%	7,58%	43,66%	17,37%
	96	19,67%	1,45%	11,19%	33,21%	13,94%
C6= 0,0000001	24	16,58%	46,43%	9,98%	-94,92%	-29,24%
	48	23,90%	58,23%	21,00%	-40,65%	-1,31%
	72	25,74%	112,89%	-11,81%	-35,84%	-7,16%
	96	2,80%	-	-20,26%	-30,39%	-19,23%

Πίνακας 3.29: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκου *Oocystis parva* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,00001	24	25,56%	57,49%	71,09%	11,14%	35,04%
	48	38,89%	58,87%	49,22%	31,24%	42,76%
	72	40,10%	67,53%	35,99%	40,25%	43,32%
	96	-	51,50%	42,51%	38,63%	43,52%
C2=0,0000032	24	56,63%	48,57%	61,29%	45,89%	52,67%
	48	43,13%	48,54%	51,47%	46,84%	47,34%
	72	40,10%	50,69%	60,26%	59,65%	51,21%
	96	-	40,40%	62,38%	62,38%	52,13%
C3=0,000001	24	53,01%	67,09%	53,82%	67,09%	59,72%
	48	45,32%	61,31%	50,73%	57,35%	53,04%
	72	43,26%	52,91%	55,98%	68,56%	53,55%
	96	42,92%	48,12%	58,50%	53,72%	49,96%
C4=0,00000032	24	-10,91%	14,42%	35,66%	24,06%	12,30%
	48	14,49%	24,23%	41,38%	32,99%	26,59%
	72	19,61%	27,19%	43,98%	38,43%	30,44%
	96	17,82%	30,41%	52,97%	40,31%	31,35%
C5=0,0000001	24	35,51%	17,24%	22,28%	38,71%	27,53%
	48	57,43%	24,60%	28,06%	34,81%	33,84%
	72	62,19%	34,88%	34,72%	41,76%	41,18%
	96	-	30,01%	35,54%	27,87%	30,88%

Πίνακας 3.30: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκους *Scenedesmus quadricauda* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,000032	24	150,42%	10,86%	86,46%	107,34%	63,82%
	48	116,93%	8,38%	63,37%	78,55%	47,22%
	72	129,84%	0,42%	87,39%	74,99%	34,39%
	96	73,88%	100,00%	89,28%	54,07%	68,23%
C2=0,00001	24	16,91%	84,72%	91,81%	61,01%	54,83%
	48	12,78%	62,10%	67,72%	44,60%	40,36%
	72	20,47%	45,61%	73,05%	57,55%	42,02%
	96	-	24,49%	55,20%	36,01%	35,55%
C3=0,000001	24	20,33%	18,47%	22,76%	43,07%	25,30%
	48	15,27%	13,91%	17,03%	32,07%	18,93%
	72	1,79%	13,22%	18,76%	43,86%	15,52%
	96	-2,26%	1,52%	2,94%	30,91%	5,42%
C4=0,0000032	24	16,91%	64,67%	37,84%	23,48%	32,82%
	48	12,78%	47,52%	28,00%	17,69%	24,39%
	72	7,82%	16,70%	25,49%	15,99%	15,76%
	96	5,90%	5,53%	8,04%	6,41%	6,45%
C5=0,00000032	24	-11,85%	23,63%	-22,32%	17,37%	-1,75%
	48	-8,02%	17,67%	-15,76%	13,11%	-0,76%
	72	-6,69%	23,84%	-13,64%	7,86%	-0,74%
	96	-4,34%	0,24%	-12,79%	-8,96%	-6,94%

Πίνακας 3.31: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης του φύκους *Scenedesmus obliquus* – Τελική δοκιμή

Επαναλήψεις						Μ.Ο.
Συγκέντρωση (mg/l)	Χρόνος (h)	1η	2η	3η	4η	
C1=0,000032	24	87,93%	66,61%	51,13%	65,69%	66,38%
	48	75,43%	47,40%	36,65%	46,75%	49,28%
	72	63,10%	27,07%	27,49%	58,32%	39,63%
	96	46,44%	-	31,17%	48,63%	40,80%
C2=0,00001	24	-24,05%	49,54%	67,25%	65,21%	25,25%
	48	-17,19%	35,51%	47,83%	46,73%	18,07%
	72	-18,24%	23,32%	25,17%	55,48%	10,05%
	96	-	25,42%	22,10%	55,85%	30,58%
C3=0,000001	24	-28,05%	-11,62%	23,40%	37,25%	-0,63%
	48	-20,06%	-8,46%	16,48%	26,31%	-0,58%
	72	-15,10%	-3,53%	10,40%	21,05%	0,20%
	96	-	3,05%	-1,28%	14,26%	4,52%
C4=0,0000032	24	13,52%	-0,13%	-2,34%	65,85%	13,66%
	48	5,08%	-3,16%	-1,80%	47,19%	7,57%
	72	4,77%	-7,18%	-6,40%	31,42%	2,31%
	96	-4,15%	-5,93%	-8,63%	8,92%	-3,29%
C5=0,00000032	24	-3,16%	31,73%	8,07%	-12,89%	3,66%
	48	-2,38%	22,49%	5,64%	-9,32%	2,49%
	72	-0,77%	14,64%	5,89%	-11,77%	0,47%
	96	0,21%	2,68%	-0,53%	-5,35%	-0,93%

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Ρυθμός Ανάπτυξης

Πίνακας 3.32: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Chlorsulfuron κατά τις διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή		2 ^η Διερευνητική δοκιμή	
	Χρόνος (ημέρες): 3		Χρόνος (ημέρες): 3	
	<i>A.f.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>O.p.</i>
0,1	+	(+)		
0,01	+	+		
0,001	+	+	+	(+)
0,0001	+	(+)	+	(+)
0,00001	+	-	+	(+)
0,000001			(+)	(+)
0,0000001			-	-

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.33: Εμφάνιση παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών σε διάφορες δόσεις Chlorsulfuron κατά την τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή						
Συγκ/σεις (mg/l)	Χρόνος (ημέρες): 4					
	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>
0,000032			+		+	+
0,00001	+	+	+	+	+	+
0,0000032	+	+	(+)	+	-	-
0,000001	+	+	(+)	+	-	-
0,00000032	-	+	-	+	-	-
0,0000001	-	-	-	+		

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Αναλυτικότερα, στην πρώτη διερευνητική δοκιμή στην περίπτωση της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης των φυκών, δεν παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα, σε όλες τις συγκεντρώσεις, μεγαλύτερη από 50% ή οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ μικρό R^2).

Επομένως, το EC_{50} αναμένεται να είναι $> 0,1$ mg/l.

Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήσαμε και δεύτερη διερευνητική δοκιμή, στην οποία παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις εκτός από την τελευταία, ($C=0,0000001$ mg/l).

Σύμφωνα με την στατιστική επεξεργασία το EC_{50} των 3 ημερών στην δεύτερη διερευνητική δοκιμή για το φύκος *Anabaena flos-aquae* βρέθηκε 0,00012 mg/l, (0,00003 – 0,00128 mg/l, $R^2 = 0,577$) και το αντίστοιχο NOEC 0,000001 mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* το EC_{50} των 3 ημερών βρέθηκε 5,142 mg/l, ($R^2 = 0,093$) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,001mg/l.

Στην τελική δοκιμή παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης στις συγκεντρώσεις 0,000032 mg/l και 0,00001 mg/l για όλα τα φύκη.

Αναλυτικότερα:

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (8,03% - 47,80% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00000867 mg/l, (0,00000421– 0,00003306 mg/l, R² = 0,677) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,00000032mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (2,61% – 43,99% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,0000072mg/l, (0,00000394 – 0,00002007 mg/l, R² = 0,773) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000001mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-19,23 – 46,39 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00006115mg/l, (0,00001841 – 1,46492 mg/l, R² = 0,512) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000032mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (30,88% – 43,52% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00000481mg/l, (R² = 0,265) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,0000001mg/l.

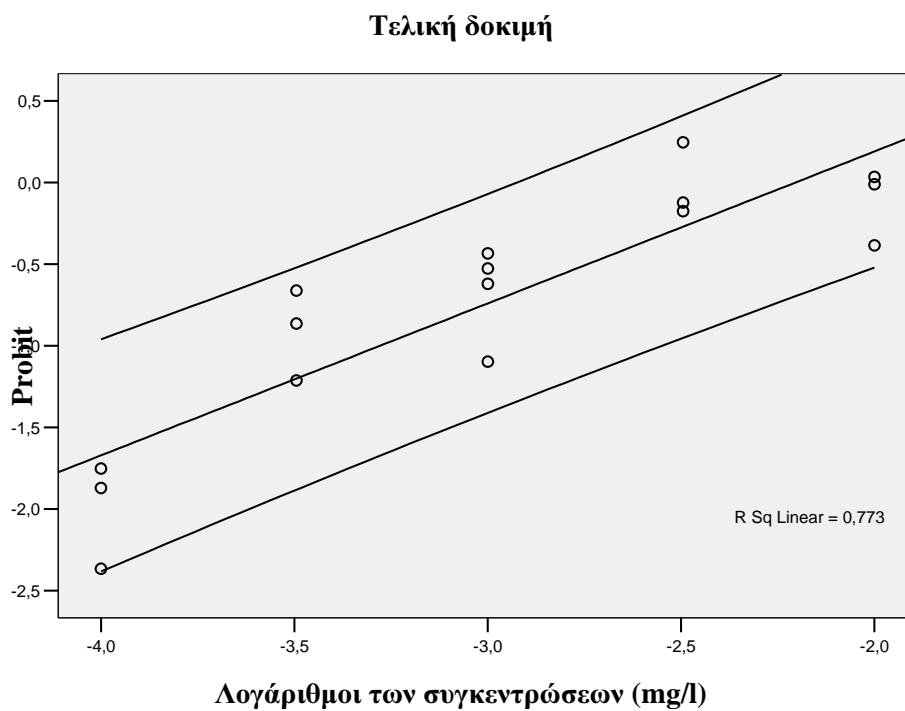
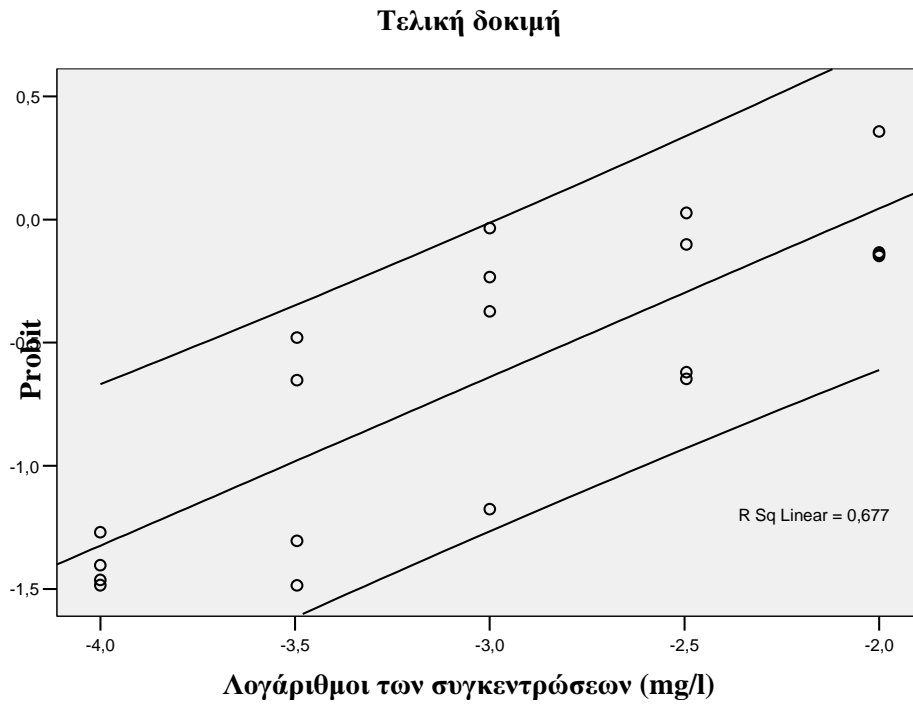
Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-3,38 – 68,23 % παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00001451mg/l, (0,00000957– 0,00002589 mg/l, R² = 0,782) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000032mg/l.

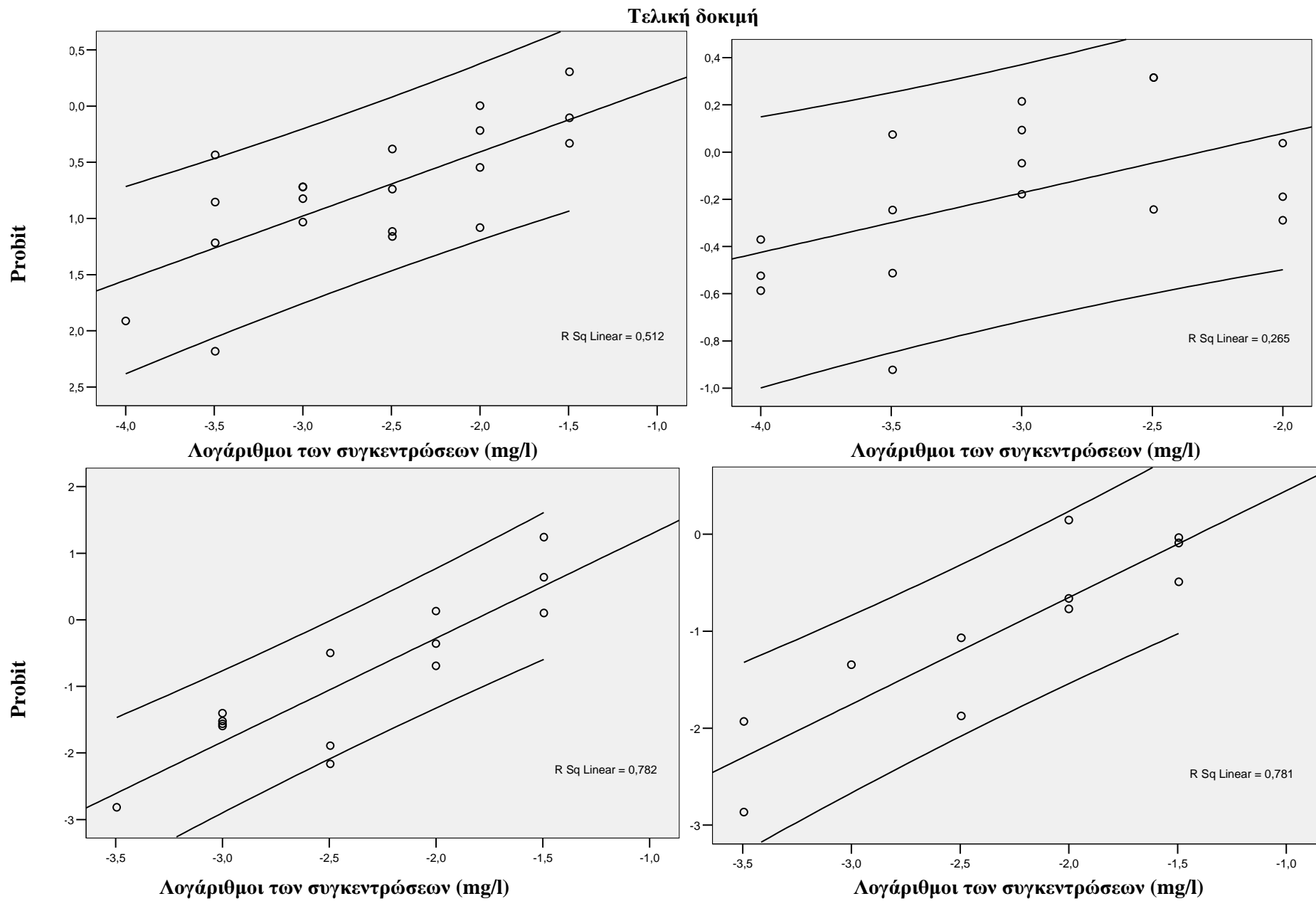
Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-0,93 – 40,80% παρεμπόδιση της ανάπτυξης).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00004mg/l, (0,00001969 – 0,00025255 mg/l, R² = 0,781) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000032mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.



Εικόνα 3.5: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*



Εικόνα 3.6: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης της *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

3.2 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην αύξηση της βιομάζας των φυκών

3.2.1 Επίδραση του Pendimethalin στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών για τις τέσσερις διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.34: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας διαφόρων ειδών φυκών κατά τις τρεις διερευνητικές δοκιμές.

Πείραμα 1 ^ο - Χρόνος 96h		Scenedesmus quadricauda					Scenedesmus obliquus					Selenastrum capricornutum				
Συγκέντρωση (mg/l)		1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,1		49,34	51,56	6,99	48,86	39,19	43,97	13,76	81,25	77,23	54,05	-15,97	-12,36	27,74	-8,46	-2,26
C2=0,046		11,05	10,91	16,72	14,67	13,34	77,22	83,84	82,41	80,38	80,96	-2,13	5,41	-0,29	-2,29	0,17
C3=0,022		1,99	-3,86	2,77	22,91	5,95	111,45	123,04	82,44	33,54	87,62	19,86	4,44	26,59	22,09	18,25
C4=0,01		-8,44	-13,54	-17,69	-22,31	-15,50	130,41	62,74	59,46	111,63	91,06	6,44	40,81	15,76	25,19	22,05
C5=0,0046		12,01	-36,81	-21,97	-14,71	-15,37	63,87	56,54	36,91	121,42	69,68	17,94	17,19	58,92	13,73	26,95
Πείραμα 2 ^ο - Χρόνος 96h		Anabaena flos-aquae					Selenastrum capricornutum					Chlorella vulgaris				
Συγκέντρωση (mg/l)		1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=1		-37,69	169,90	23,42	-229,83	-18,55	40,57	81,80	89,35	66,41	69,53	126,03	63,08	75,28	104,06	92,11
C2=0,46		-2,63	-108,65	-150,07	33,35	-57,00	62,20	108,05	85,11	69,93	81,32	79,40	62,06	35,42	36,53	53,36
C3=0,22		80,10	-33,76	-143,77	-199,03	-74,12	47,79	10,86	58,42	62,65	44,93	79,19	53,74	69,40	65,91	67,06
C4=0,1		3,58	-149,88	7,75	60,37	-19,55	24,95	33,70	75,63	72,42	51,67	94,83	48,86	71,48	54,66	67,46
C5=0,046		242,75	-38,08	96,61	235,81	134,27	37,86	26,47	35,52	18,04	29,47	71,13	77,41	74,98	44,93	67,11
C6=0,022		-277,60	-79,71	-46,53	145,22	-64,65	30,24	6,83	26,87	41,83	26,44	31,69	36,27	59,05	42,88	42,47
Πείραμα 3 ^ο - Χρόνος 72h		Anabaena flos-aquae					Scenedesmus quadricauda					Scenedesmus obliquus				
Συγκέντρωση (mg/l)		1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,46		2,45	-2,77	20,31	26,72	11,68	14,85	44,10	18,65	23,56	25,29	-5,40	-4,24	0,56	0,80	-2,07
C2=0,22		44,78	38,69	44,48	12,56	35,13	16,66	18,56	17,26	10,48	15,74	18,14	20,88	3,35	13,11	13,87
C3=0,1		-9,95	-9,82	-10,68	-18,17	-12,15	22,09	18,08	15,95	22,58	19,68	-6,20	1,92	-17,31	4,47	-4,28
C4=0,046		-7,76	-13,12	-27,51	-6,35	-13,69	15,41	1,98	10,87	19,18	11,86	-4,91	14,17	32,14	29,54	17,73
C5=0,022		-6,71	-1,07	-8,74	-5,13	-5,42	-4,74	10,03	-4,61	3,62	1,08	-7,99	-12,55	-6,53	-22,46	-12,38
C6=0,01		-41,87	-29,10	-42,56	-37,26	-37,70	-4,57	-3,79	-0,68	-6,60	-3,91	3,74	-6,15	-5,12	-8,65	-4,05
		Oocystis parva														
Συγκέντρωση (mg/l)		1	2	3	4	M.O.										
C1=0,46		31,40	15,08	16,96	44,63	27,02										
C2=0,22		13,28	6,74	50,51	45,75	29,07										
C3=0,1		32,55	23,87	56,17	64,22	44,20										
C4=0,046		30,10	12,15	20,21	54,64	29,28										
C5=0,022		21,69	54,57	50,29	8,67	33,80										
C6=0,01		-30,78	-9,58	48,40	40,75	12,20										

Πίνακας 3.35: Επίδραση του Pendimethalin στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών - Τελική δοκιμή

Χρόνος 96h	Anabaena flos-aquae					Chlorella vulgaris				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	77,05	83,20	44,75	70,00	68,75	43,95	43,64	30,35	48,17	41,53
C2=2,2	21,10	18,64	15,14	7,11	15,49	31,57	53,31	27,64	18,62	32,78
C3=1	4,21	-9,32	-3,63	12,38	0,91	0,12	21,13	12,25	8,12	10,40
C4=0,46	7,59	-5,69	5,29	-6,80	0,10	-1,23	9,47	4,81	-0,14	3,23
C5=0,22	13,10	10,37	33,80	20,08	19,34	-4,24	1,64	-7,14	-22,24	-7,99
	Selenastrum capricornutum					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	70,44	70,85	71,46	73,89	71,66	63,63	68,74	68,67	64,55	66,40
C2=2,2	44,27	52,67	59,94	54,57	52,86	35,65	37,43	53,06	35,11	40,31
C3=1	34,34	48,75	44,26	48,34	43,92	7,61	-3,85	0,97	1,77	1,62
C4=0,46	26,91	35,60	28,81	31,08	30,60	17,43	30,42	17,71	50,32	28,97
C5=0,22	32,43	20,21	31,54	7,33	22,88	18,86	45,11	-	30,87	31,61
	Scenedesmus quadricauda					Scenedesmus obliquus				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	86,38	71,23	75,74	48,82	70,54	61,47	65,62	66,19	59,91	63,30
C2=2,2	49,71	30,42	38,39	14,61	33,28	56,44	38,08	54,75	75,37	56,16
C3=1	24,57	9,55	19,33	15,45	17,23	14,79	1,83	15,29	2,55	8,61
C4=0,46	-11,03	-5,63	-23,50	-4,70	-11,22	22,23	-8,45	0,87	6,23	5,22
C5=0,22	5,80	4,89	-4,29	-25,23	-4,71	-10,17	-4,84	5,65	1,14	-2,06

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Αύξηση βιομάζας

Πίνακας 3.36: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin κατά τις τέσσερις διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή			2 ^η Διερευνητική δοκιμή			3 ^η Διερευνητική δοκιμή			
	Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			
	S.g.	S.o.	S.c.	A.f.	S.c.	C.v.	A.f.	S.g.	S.o.	O.p.
1				E	+	+				
0,46				E	+	+	-	+	-	(+)
0,22				E	+	+	+	+	-	(+)
0,1	+	(+)	-	E	+	+	-	+	-	(+)
0,046	-	+	-	E	(+)	+	-	-	-	(+)
0,022	-	+	-	E	(+)	+	-	-	-	(+)
0,01	-	+	(+)				+	-	-	-
0,0046	-	+	(+)							

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.37: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin κατά την τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή						
Συγκεντρώσεις (mg/l)	Χρόνος (ημέρες): 4					
	A.f.	C.v.	S.c.	O.p.	S.g.	S.o.
4,6	+	+	+	+	+	+
2,2	-	+	+	+	+	+
1	-	-	+	-	-	-
0,46	-	-	+	+	-	-
0,22	-	-	+	+	-	-

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Αναλυτικότερα, στην πρώτη διερευνητική δοκιμή στην περίπτωση της παρεμπόδισης αύξησης της βιομάζας των φυκών, οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R²).

Στην δεύτερη διερευνητική δοκιμή, στην περίπτωση της παρεμπόδισης αύξησης της βιομάζας των φυκών, για το φύκος *Anabaena flos-aquae* δεν έτρεξε ο μάρτυρας και για τα δύο άλλα φύκη, (*Selenastrum capricornutum* και *Chlorella vulgaris*) οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R²).

Επίσης, και στην τρίτη διερευνητική δοκιμή, οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R²).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αποτελέσματα, το EC₅₀ αναμένεται

- στην 1^η διερευνητική δοκιμή για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* και *Selenastrum capricornutum* να είναι > 0,1mg/l και για το φύκος *Scenedesmus obliquus* > 0,01mg/l.
- στην 2^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,046 mg/l για το *Selenastrum capricornutum* και <0,046 mg/l για το *Chlorella vulgaris*.
Για το φύκος *Anabaena flos-aquae*, δεν έτρεξε ο μάρτυρας.
- στην 3^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,46 mg/l, και για τα τέσσερα φύκη.

Όσον αφορά την τελική δοκιμή:

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα μόνο στην μεγαλύτερη συγκεντρώση (4,6 mg/l), με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (0,10% - 68,75% παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 3,687mg/l, (2,644 – 6,701 mg/l, R² = 0,68) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 2,2mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 4,6mg/l και 2,2mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-7,99 – 41,53 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών είναι > 4.6 mg/l, (3,888 – 13,005 mg/l, R² = 0,562) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες της συγκεντρώσεις και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (22,88 – 71,66 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 1,454 mg/l, (1,159 – 1,879 mg/l, R² = 0,828) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,22mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (1,62 – 66,40 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 2,221 mg/l, (1,133 – 8,197 mg/l, R² = 0,536) και το αντίστοιχο LOEC την τιμή 0,22 mg/l.

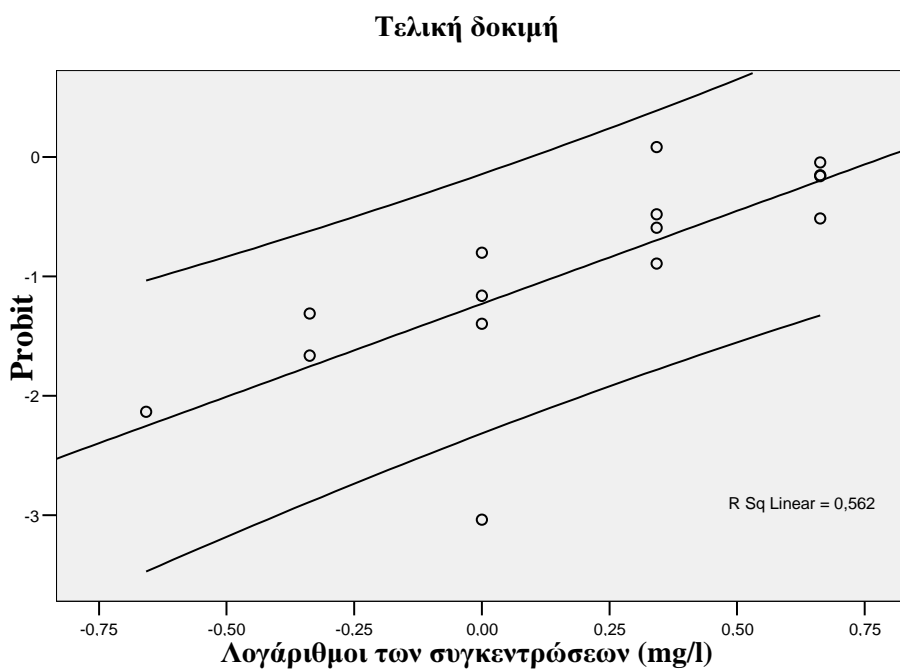
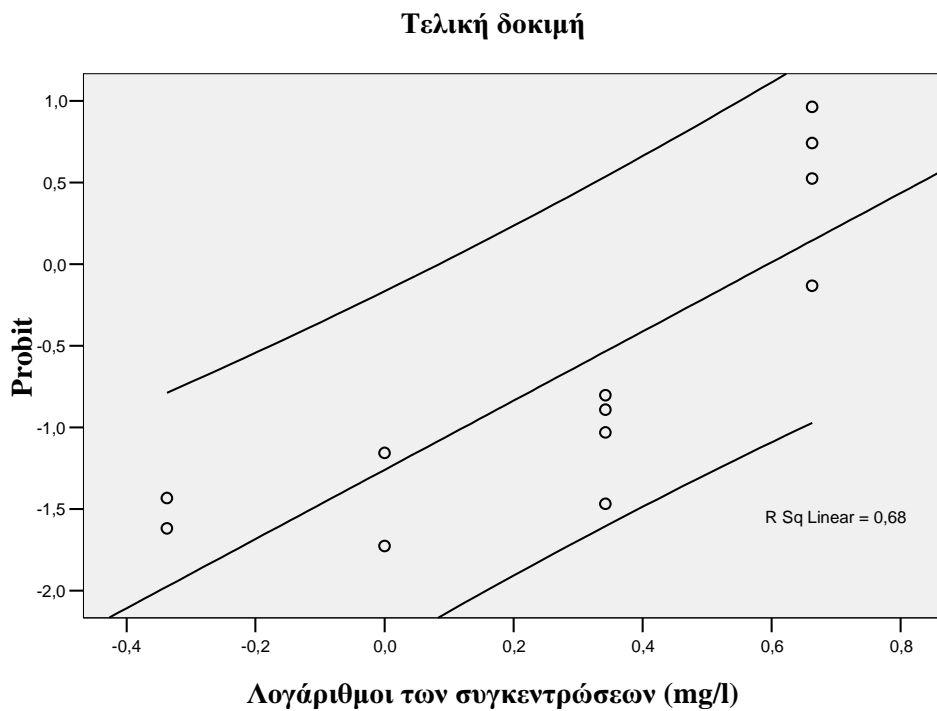
Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 4,6mg/l και 2,2mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-11,22 – 70,54 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 2,949 mg/l, (2,200 – 4,478 mg/l, R² = 0,762) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

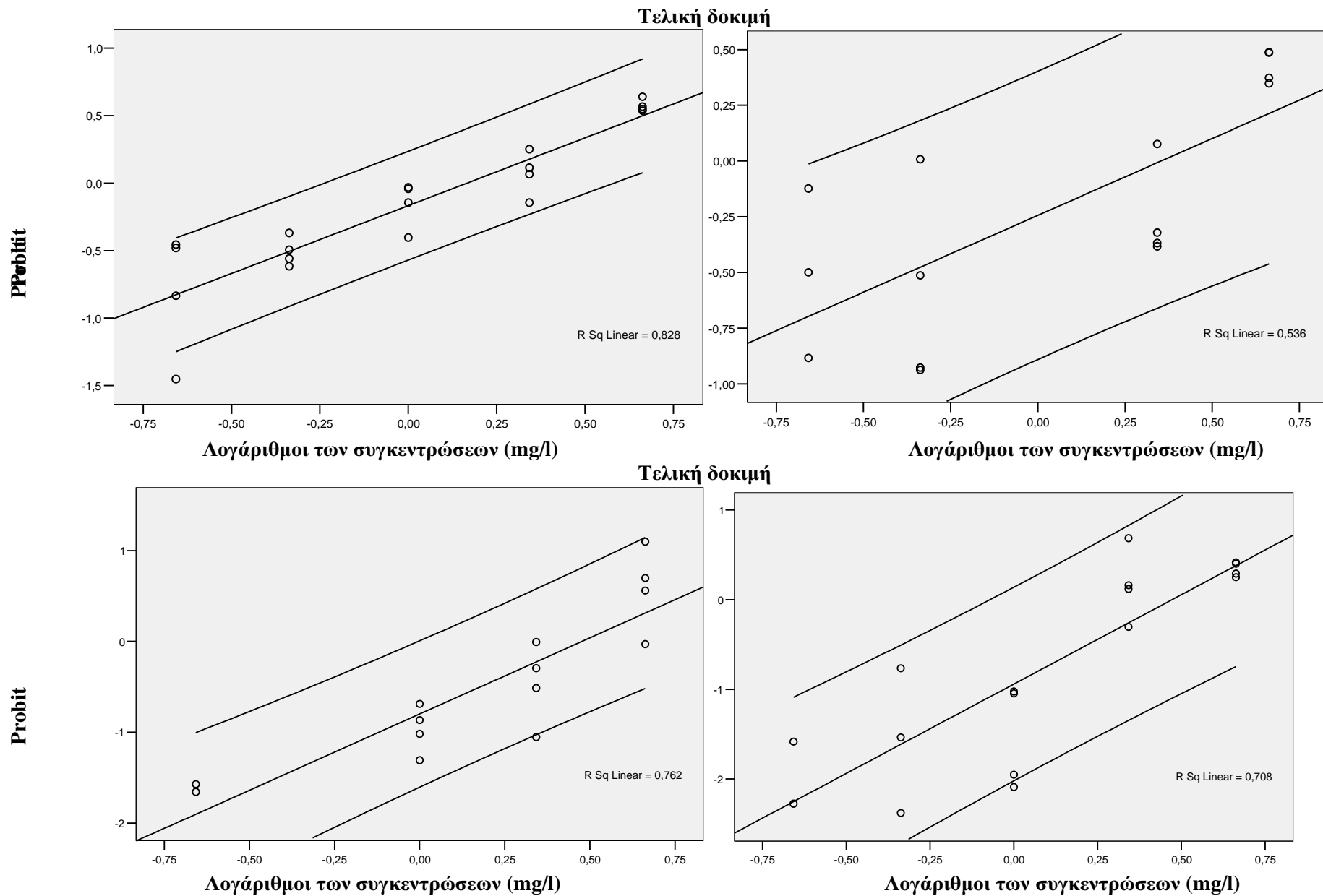
Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 4,6mg/l και 2,2mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-2,06 – 63,30 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 2,695 mg/l, (2,009 – 4,038 mg/l, R² = 0,708) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.



Εικόνα 3.7: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*



Εικόνα 3.8: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Pendimethalin στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

3.2.2 Επίδραση του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών για τις τρεις διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.38: Επίδραση του Οxyfluorfen στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας φυκών κατά τις τρεις διερευνητικές δοκιμές.

Πείραμα 1° - Χρόνος 72h		Anabaena flos-aquae					Selenastrum capricornutum					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	
C1=0,001	7,47	6,66	11,28	15,00	10,10	24,64	12,45	13,40	14,61	16,28	-13,66	-25,96	-0,19	10,66	-7,29	
C2=0,00046	25,89	24,68	17,45	19,06	21,77	-1,22	6,78	9,18	-12,61	0,53	4,79	39,16	16,89	11,47	18,08	
C3=0,00022	23,34	24,49	23,26	28,53	24,91	24,35	22,67	18,36	-13,62	12,94	17,12	-6,28	8,17	1,56	5,14	
C4=0,0001	28,20	19,32	22,75	29,85	25,03	34,16	21,28	40,31	36,15	32,98	0,65	6,89	12,21	5,51	6,31	
C5=0,000046	8,78	11,62	16,37	22,90	14,92	-17,71	-6,34	-2,49	-16,05	-10,65	3,02	-12,05	14,49	16,79	5,56	
Πείραμα 2° - Χρόνος 72h		Anabaena flos-aquae					Selenastrum capricornutum					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	
C1=0,1	25,50	11,21	12,71	12,13	15,39	5,55	9,23	25,20	15,80	13,95	5,60	1,00	-5,08	-9,54	-2,00	
C2=0,046	20,62	8,19	19,25	21,15	17,30	-4,53	13,99	12,22	8,10	7,44	4,55	25,44	35,07	47,44	28,12	
C3=0,022	33,42	32,51	-4,97	26,63	21,90	15,44	20,71	12,85	22,03	17,76	23,92	10,37	6,53	5,98	11,70	
C4=0,01	5,49	23,98	17,03	5,04	12,88	86,81	53,69	47,24	70,12	64,47	11,52	16,89	19,01	24,25	17,92	
C5=0,0046	16,53	16,19	13,06	6,41	13,05	-4,20	-19,32	-0,24	21,35	-0,60	-10,24	6,15	28,15	2,44	6,63	
Πείραμα 3° - Χρόνος 72h		Anabaena flos-aquae					Selenastrum capricornutum					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.				
C1=100	117,87	103,01	79,08	99,99	115,23	94,00	92,85	100,69	137,79	116,36	95,70	116,62				
C2=10	68,45	88,73	82,38	79,85	56,07	70,63	54,56	60,42	102,74	54,22	86,33	81,10				
C3=1	6,83	10,92	3,59	7,11	-9,29	-7,10	16,49	0,04	-36,66	-18,99	-33,33	-29,66				
C4=0,1	101,75	37,50	37,39	58,88	43,05	55,66	39,26	45,99	-65,17	27,73	30,98	-2,15				
C5=0,01	6,55	6,58	104,69	39,27	-15,70	51,15	76,78	37,41	-9,21	-74,46	21,15	-20,84				

Πίνακας 3.39: Επίδραση του Οxyfluorfen στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών - Τελική δοκιμή

Χρόνος 96h	Anabaena flos-aquae					Chlorella vulgaris					
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	
C1=10	50,24	41,64	45,95	88,50	56,58	46,80	73,82	48,48	29,61	49,68	
C2=4,6	32,89	20,89	12,80	26,26	23,21	76,84	75,08	25,30	52,01	57,31	
C3=2,2	14,31	11,57	-11,61	-13,58	0,17	65,38	46,46	50,45	60,75	55,76	
C4=1	0,29	-56,44	-60,69	-7,66	-31,12	41,76	34,85	20,48	38,09	33,79	
C5=0,46	-27,36	-32,94	-25,55	-12,72	-24,64	2,09	17,55	4,04	14,35	9,51	
		Selenastrum capricornutum					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	
C1=10	62,43	66,37	52,58	70,63	63,00	67,49	81,98	54,35	46,80	62,65	
C2=4,6	42,09	41,10	39,31	59,20	45,42	32,31	27,07	36,55	49,21	36,29	
C3=2,2	36,07	50,38	13,92	51,34	37,93	49,86	31,91	34,07	23,66	34,87	
C4=1	-13,15	-6,62	-4,11	-13,99	-9,47	-12,36	-22,38	-25,73	-8,07	-17,14	
C5=0,46	4,29	23,33	0,18	31,75	14,89	11,29	15,08	-5,64	-32,44	-2,93	
		Scenedesmus quadricauda					Scenedesmus obliquus				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	
C1=10	83,85	65,77	81,97	21,86	63,36	52,24	46,79	84,46	70,12	63,40	
C2=4,6	37,43	34,37	56,13	0,12	32,01	54,46	42,91	19,73	22,58	34,92	
C3=2,2	17,35	-0,60	38,70	36,20	22,91	15,05	41,68	48,88	18,33	30,99	
C4=1	-6,92	-10,68	-15,80	14,75	-4,66	21,36	12,41	19,28	34,02	21,7	
C5=0,46	40,70	-15,69	19,67	24,36	17,26	-33,12	0,61	-26,17	-28,95	-21,91	

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Αύξηση βιομάζας

Πίνακας 3.40: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας φυκών σε διάφορες δόσεις Oxyfluorfen κατά τις τρεις διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή			2 ^η Διερευνητική δοκιμή			3 ^η Διερευνητική δοκιμή		
	Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3			Χρόνος (ημέρες): 3		
	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>
100							+	+	+
10							+	+	(+)
1							-	-	-
0,1							(+)	(+)	-
0,046				E	E	E			
0,022				E	E	E			
0,01				E	E	E	(+)	(+)	-
0,0046				E	E	E			
0,001	E	E	E						
0,00046	E	E	E						
0,00022	E	E	E						
0,0001	E	E	E						
0,000046	E	E	E						

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.41: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών σε διάφορες δόσεις Oxyfluorfen κατά την τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή						
Συγκ/σεις (mg/l)	Χρόνος (ημέρες): 4					
	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>
10	+	+	+	+	+	+
4,6	(+)	+	+	+	(+)	+
2,2	-	+	+	+	(+)	(+)
1	-	(+)	-	-	-	(+)
0,46	-	-	-	-	-	-

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Στις δύο πρώτες διερευνητικές δοκιμές στην περίπτωση της παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών, οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα και δεν μπορούσαμε να εντοπίσουμε ακριβώς το εύρος των συγκεντρώσεων που θα μας έδιναν μια διαβάθμιση στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών σε σχέση με τον μάρτυρα. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήσαμε την τρίτη διερευνητική δοκιμή πειραματιζόμενοι με ένα πολύ μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων και έτσι καταλήξαμε στις συγκεντρώσεις της τελικής δοκιμής.

Επομένως, το EC₅₀ αναμένεται στην 1^η διερευνητική δοκιμή να είναι > 0,001 mg/l και στην 2^η διερευνητική δοκιμή να είναι >0,1 mg/l.

Στην 3^η διερευνητική δοκιμή, μετά από στατιστική επεξεργασία το EC₅₀ των 3 ημερών για το φύκος *Anabaena flos-aquae* βρέθηκε 3,094 mg/l (0,448 – 120,425 mg/l, R² = 0,504) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l. Για το φύκος *Oocystis parva* το EC₅₀ των 3 ημερών βρέθηκε 0,667 mg/l, (0,042 – 8,209 mg/l, R² = 0,857) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 10mg/l και για το φύκος *Selenastrum capricornutum* το EC₅₀ των 3 ημερών βρέθηκε 0,058 mg/l, (R² =0,262) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 1mg/l.

Όσον αφορά την τελική δοκιμή:

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα μόνο στην μεγαλύτερη συγκέντρωση 10 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-31,12 % - 56,58 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 8,748 mg/l, (6,534 – 15,313 mg/l, R² = 0,791) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 4,6 mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 10, 4,6 και 2,2 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (9,51 – 57,31 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών είναι 4,17731 mg/l, (2,255 – 13,842 mg/l, R² = 0,467) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 10, 4,6 και 2,2 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-9,47 – 63% παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 5,024 mg/l, (3,150 – 10,221 mg/l, R² = 0,583) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 10, 4,6 και 2,2 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-17,14 – 62,65 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 6,311 mg/l, (4,121 – 12,961 mg/l, R² = 0,676) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 1mg/l.

Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στη συγκέντρωση 10 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-4,66 – 63,36 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 8,145mg/l, με R² = 0,097 και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 4,6mg/l.

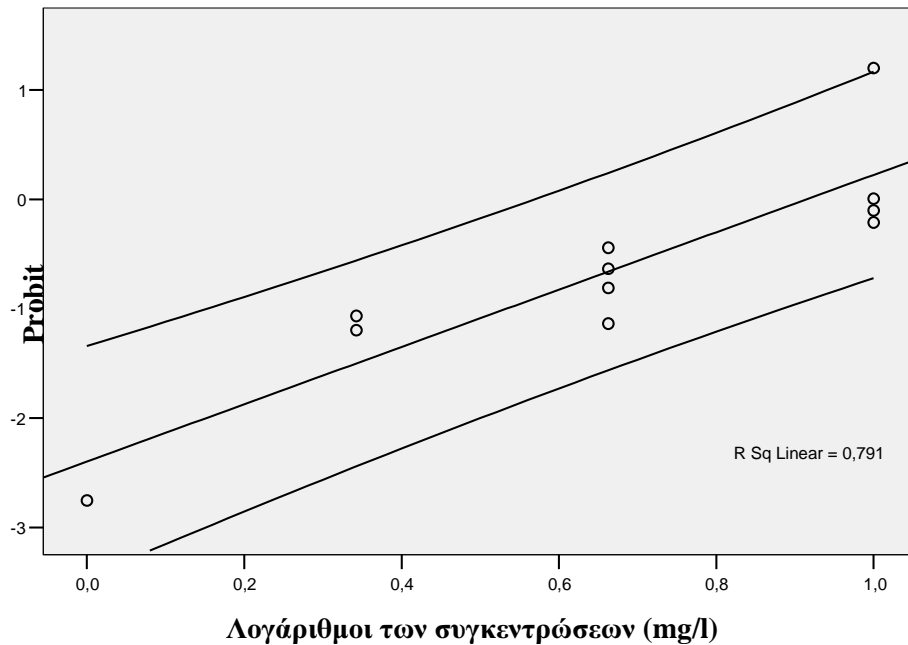
Η τιμή του R² είναι χαμηλή, παρόλα αυτά το EC₅₀ είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τα αποτελέσματα που πήραμε από τα άλλα φύκη.

Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 10mg/l και 4,6mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-21,91 – 63,4 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

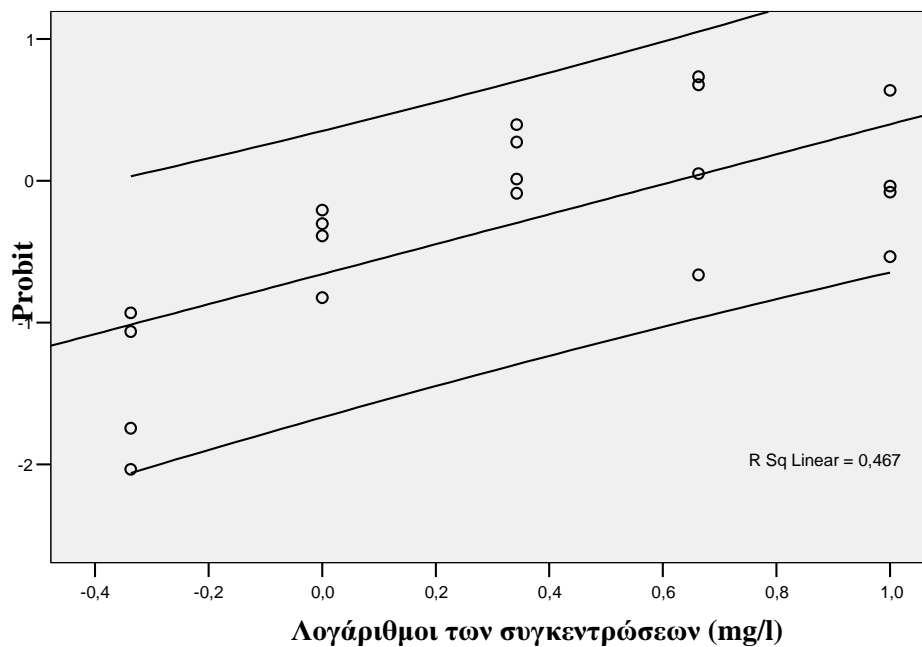
- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 6,347mg/l, (4,039 – 15,377 mg/l, R² = 0,607) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 2,2mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

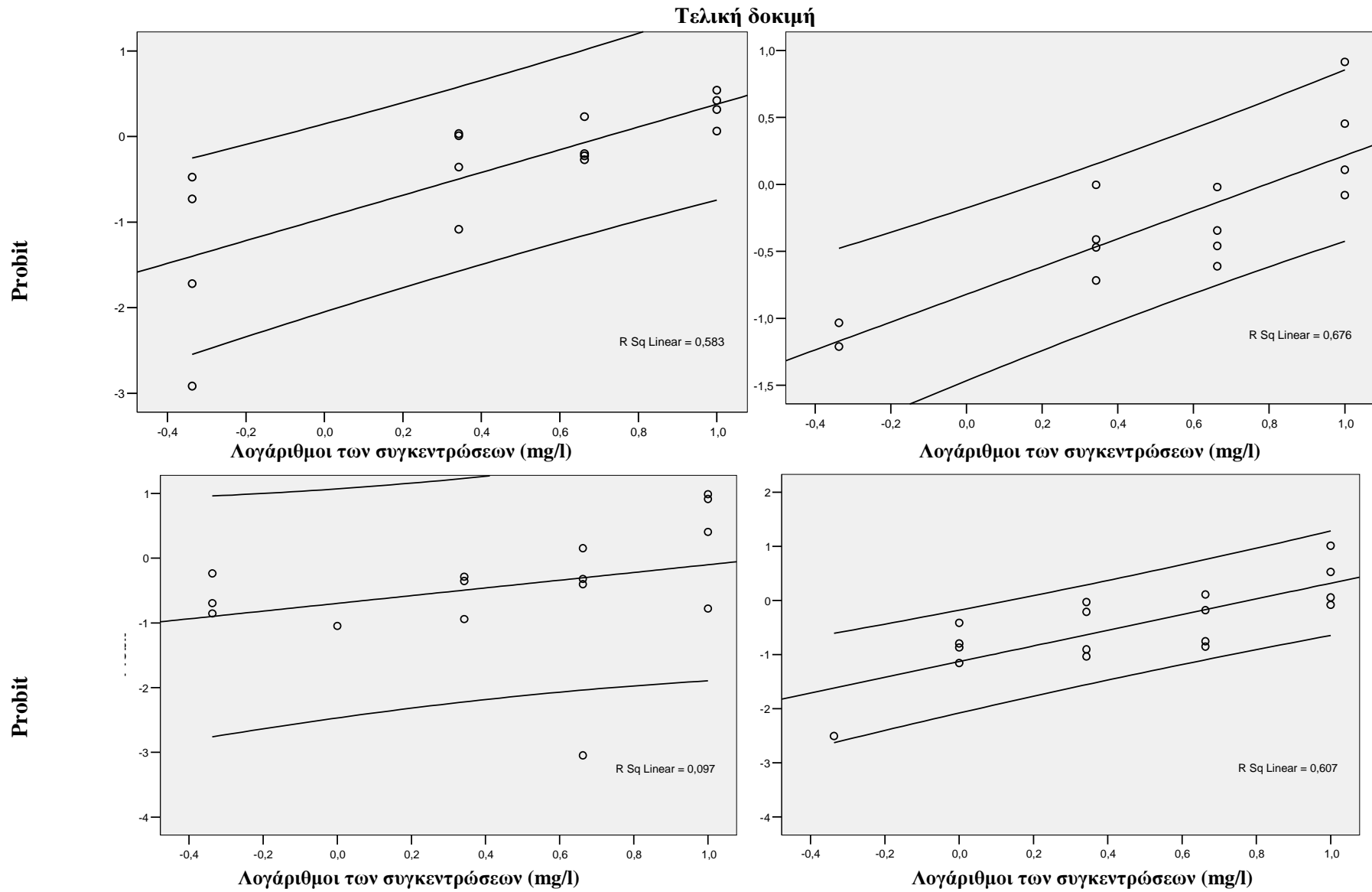
Τελική δοκιμή



Τελική δοκιμή



Εικόνα 3.9: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*



Εικόνα 3.10: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Oxyfluorfen στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

3.2.3 Επίδραση του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών για τις δύο διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.42: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών, κατά τις δύο διερευνητικές δοκιμές.

Πείραμα 1° - Χρόνος 72h	Anabaena flos-aquae				Oocystis parva			
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
C1=0,1	34,97	24,20	21,67	26,94	15,75	10,80	5,17	10,57
C2=0,01	33,29	17,85	31,12	27,42	23,11	23,11	47,15	31,12
C3=0,001	44,88	30,98	25,76	33,87	22,31	31,14	54,88	36,11
C4=0,0001	31,36	30,87	29,53	30,59	22,99	36,70	34,25	31,31
C5=0,00001	30,58	18,73	22,82	24,04	-8,19	7,48	33,11	10,80
Πείραμα 2° - Χρόνος 96h	Anabaena flos-aquae				Oocystis parva			
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	M.O.	1	2	3	M.O.
C1=0,001	71,19	69,04	73,92	71,39	21,04	38,55	34,82	31,47
C2=0,0001	56,87	52,97	56,86	55,57	56,81	68,98	45,79	57,19
C3=0,00001	54,22	25,25	34,98	38,15	49,07	18,63	35,32	34,34
C4=0,000001	26,19	36,39	18,51	27,03	51,62	44,75	51,14	49,17
C5=0,0000001	-1,46	1,44	-6,13	-2,05	1,55	22,61	8,33	10,83

Πίνακας 3.43: Επίδραση του Chlorsulfuron στην % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας των φυκών - Τελική δοκιμή

Πείραμα 1° - Χρόνος 96h	Anabaena flos-aquae					Chlorella vulgaris					Oocystis parva				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,00001	50,41	40,63	55,04	40,26	46,59	54,79	47,61	53,93	-	52,11	60,73	48,33	33,29	47,45	60,73
C2=0,0000032	51,71	47,31	29,90	41,75	42,67	38,89	46,58	-	63,60	49,69	48,52	59,20	54,97	54,23	48,52
C3=0,000001	43,93	27,92	34,74	57,71	41,07	42,16	17,82	20,28	32,46	28,18	57,59	55,46	62,84	55,60	57,59
C4=0,00000032	15,19	35,54	18,68	31,77	25,30	29,91	22,62	28,65	-	27,06	26,01	44,57	35,83	30,05	26,01
C5=0,0000001	22,57	19,23	12,45	12,46	16,68	0,80	14,62	11,19	-	8,87	29,09	31,99	37,56	32,88	29,09
Πείραμα 2° - Χρόνος 96h	Selenastrum capricornutum					Scenedesmus quadricauda					Scenedesmus obliquus				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,000032	-	-	43,97	62,13	53,05	119,78	-	81,08	77,07	92,64	66,91	-	34,19	54,06	51,72
C2=0,00001	39,79	38,65	1,58	59,15	34,80	-	51,48	70,86	49,38	57,24	-	30,90	37,37	54,53	40,93
C3=0,0000032	47,53	22,94	14,49	32,59	29,39	5,36	9,74	13,73	36,58	16,35	-	-6,22	10,77	23,00	9,18
C4=0,000001	19,14	28,48	12,20	19,85	19,92	8,01	29,20	22,96	13,69	18,47	3,36	-5,89	-6,26	36,27	6,87
C5=0,00000032	35,12	-8,25	7,63	37,13	17,91	-10,30	15,43	-18,60	5,18	-2,08	-2,70	16,24	3,66	-11,37	1,46
C6=0,0000001	13,87	-	-7,26	-54,61	-16,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Τα συμπτώματα σχετικά με την παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Αύξηση βιομάζας

Πίνακας 3.44: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας φυκών σε διάφορες δόσεις Chlorsulfuron κατά τις δύο διερευνητικές δοκιμές

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή		2 ^η Διερευνητική δοκιμή	
	Χρόνος (ημέρες): 3		Χρόνος (ημέρες): 3	
	<i>A.f.</i>	<i>O.p.</i>	<i>A.f.</i>	<i>O.p.</i>
0,1	+	-		
0,01	+	(+)		
0,001	+	+	+	+
0,0001	+	(+)	+	+
0,00001	+	-	+	+
0,000001			+	+
0,0000001			-	-

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Πίνακας 3.45: Εμφάνιση παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας των φυκών σε διάφορες δόσεις Chlorsulfuron κατά την τελική δοκιμή

Συγκ/σεις (mg/l)	Τελική δοκιμή					
	Χρόνος (ημέρες): 4					
	<i>A.f.</i>	<i>C.v.</i>	<i>S.c.</i>	<i>O.p.</i>	<i>S.q.</i>	<i>S.o.</i>
0,000032			(+)		+	+
0,00001	+	+	(+)	+	+	+
0,0000032	+	+	(+)	+	-	-
0,000001	+	+	-	+	-	-
0,00000032	+	+	-	+	-	-
0,0000001	-	-	-	+		

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Αναλυτικότερα, στην πρώτη διερευνητική δοκιμή στην περίπτωση της παρεμπόδισης της αύξησης βιομάζας των φυκών, δεν παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας σε σχέση με τον μάρτυρα, σε όλες τις συγκεντρώσεις, μεγαλύτερη από 50%.

Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήσαμε και δεύτερη διερευνητική δοκιμή, στην οποία παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις εκτός από την τελευταία, (C=0,0000001mg/l).

Σύμφωνα με την στατιστική επεξεργασία το EC₅₀ των 3 ημερών στην δεύτερη διερευνητική δοκιμή, για το φύκος *Anabaena flos-aquae* βρέθηκε 0,00005 mg/l, (0,00002 – 0,00012 mg/l, R² = 0,814) και το αντίστοιχο NOEC 0,0000001 mg/l.

Για το φύκος *Oocystis parva* το EC₅₀ βρέθηκε 0,00379 mg/l, (R² = 0,203) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000001mg/l.

Όσον αφορά την τελική δοκιμή, παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης στη συγκέντρωση 0,00001 mg/l για όλα τα φύκη.

Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις, εκτός αυτής των 0,0000001mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων,(16,68-46,59% παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00000925mg/l, (0,00000401 – 0,0000505 mg/l, R² = 0,618) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000001mg/l.

Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις, εκτός αυτής των 0,0000001 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (8,87 – 52,11 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών είναι 0,00000568 mg/l, (0,00000304 – 0,00001643 mg/l, R² = 0,655) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 0,0000001mg/l.

Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις σε όλες τις συγκεντρώσεις, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-16 – 53,05% παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,0000744 mg/l με $R^2 = 0,144$ και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 0,00001mg/l.

Η τιμή του R^2 είναι χαμηλή, παρόλα αυτά το EC₅₀ είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τα αποτελέσματα που πήραμε από τα άλλα φύκη.

Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα σε όλες τις συγκεντρώσεις, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (26,01 – 60,73 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00000329 mg/l, (0,00000090 – 0,00316 mg/l, $R^2 = 0,292$) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 0,0000001mg/l.

Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 0,000032 και 0,00001 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (-2,08 – 92,64 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

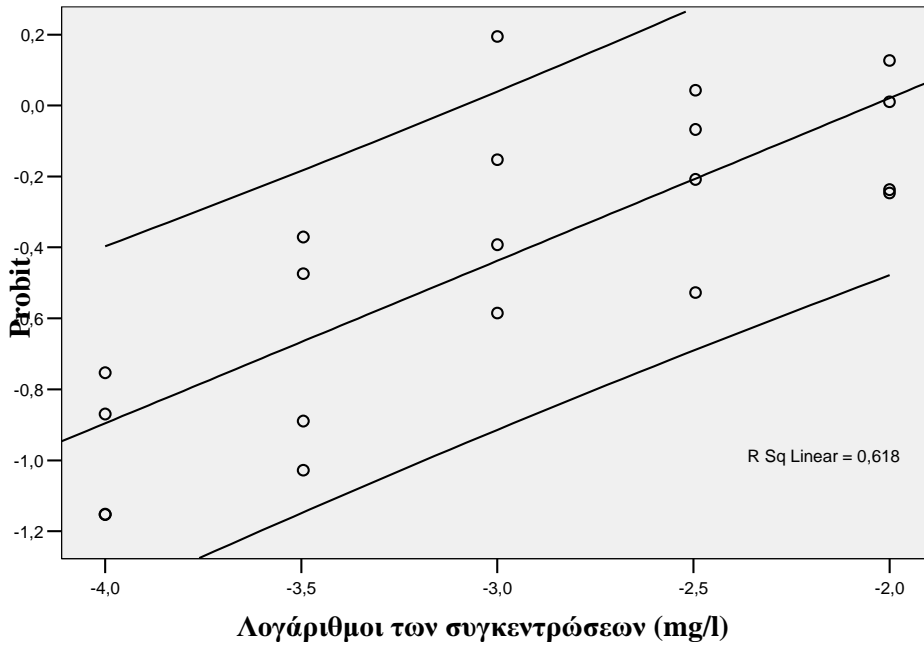
- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,00000909mg/l, (0,00000529 – 0,00002152 mg/l, $R^2 = 0,66$) και το αντίστοιχο NOEC έλαβε την τιμή 0,0000032mg/l.

Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε παρεμπόδιση αύξησης της βιομάζας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα στις συγκεντρώσεις 0,000032 και 0,00001 mg/l, με καλό εύρος αποτελεσμάτων, (1,46 – 51,72 % παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας).

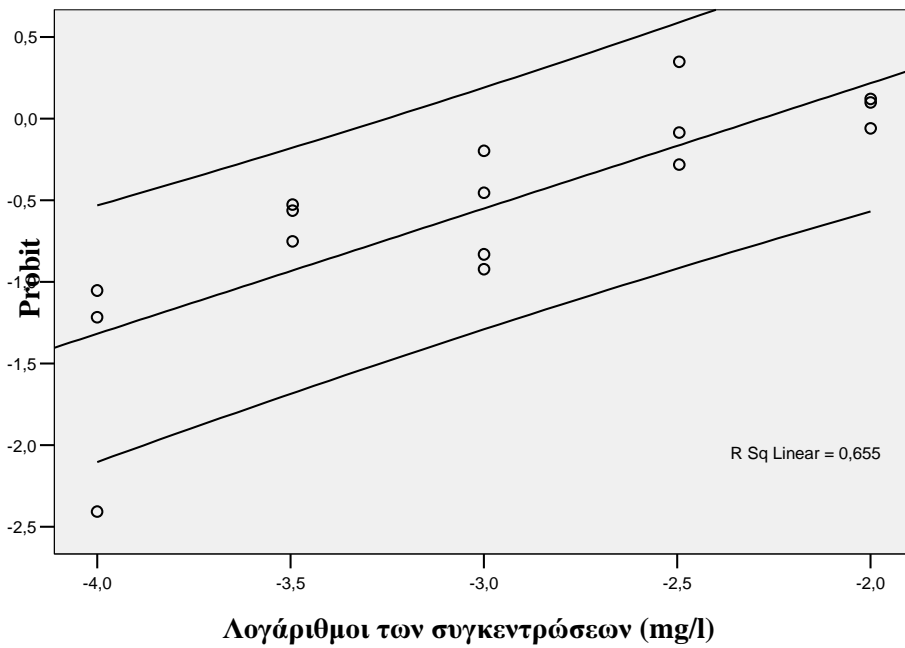
- Το EC₅₀ των 4 ημερών έλαβε την τιμή 0,0000284mg/l, (0,00001037 – 0,0005445 mg/l, $R^2 = 0,601$) και το αντίστοιχο NOEC την τιμή 0,0000032mg/l.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα φύκη *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*, *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

Τελική δοκιμή

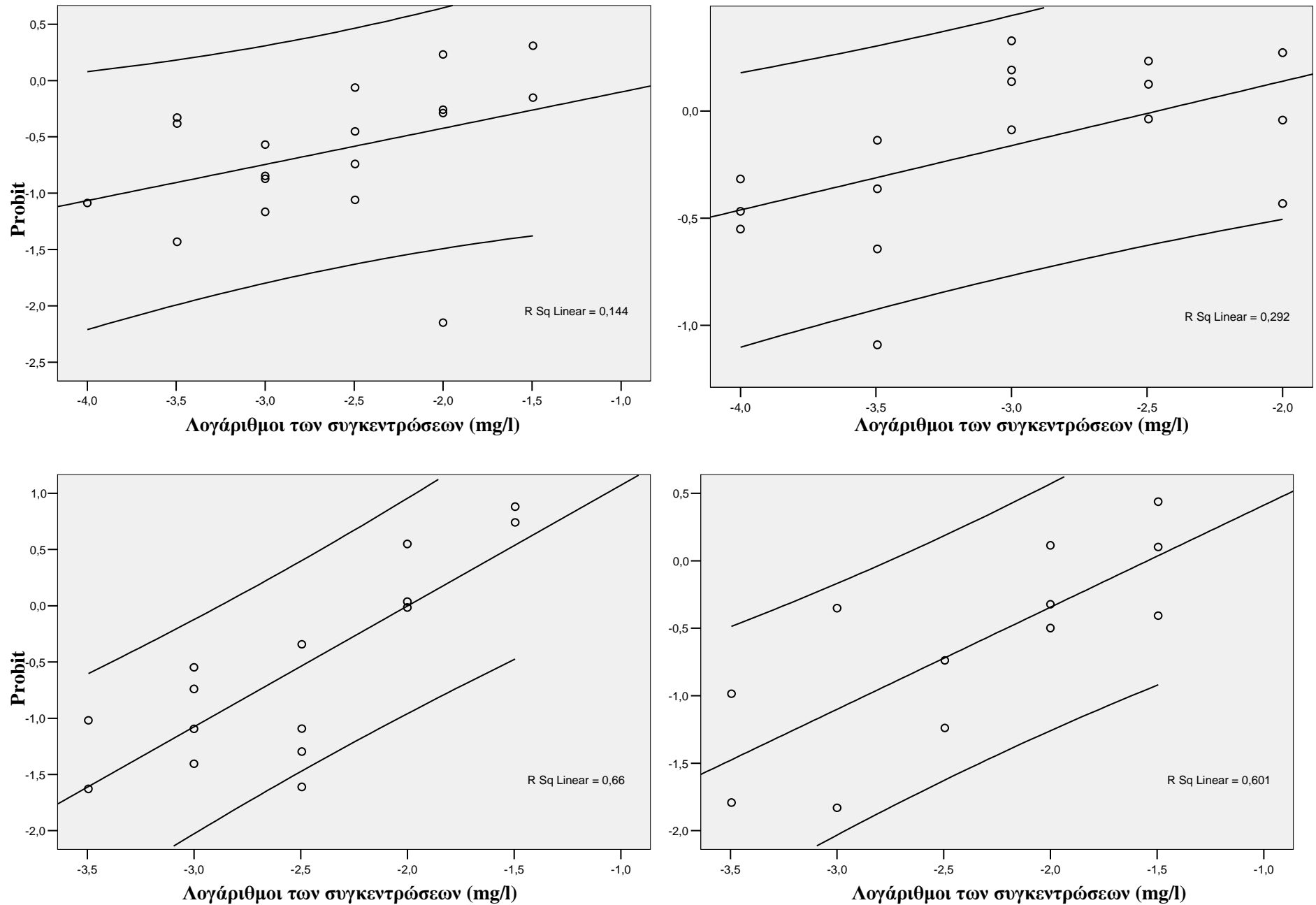


Τελική δοκιμή



Εικόνα 3.11: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας της *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris*

Τελική δοκιμή



Εικόνα 3.12: Γραφική παράσταση της ανάλυσης της τροποποιημένης παρεμπόδισης σε Probit της επίδρασης του Chlorsulfuron στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας στα *Selenastrum capricornutum*, *Oocystis parva*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* για την τελική δοκιμή.

Στον πίνακα 3.46 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι τιμές των EC50 (παρεμπόδιση ανάπτυξης και παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας) και των NOEC (παρεμπόδιση ανάπτυξης και παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας), για τα φύκη και τις δραστικές ουσίες που μελετήθηκαν.

Πίνακας 3.46: Συγκεντρωτικός πίνακας με τις τιμές EC50 και NOEC, για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης και την παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας.

	<i>Anabaena flos-aquae</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Oocystis parva</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i>
Pendimethalin						
EC50 παρεμπόδιση ανάπτυξης	5	1,74	0,741	0,676	1,056	1,448
NOEC παρεμπόδιση ανάπτυξης	0,46	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
EC50 παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	3,687	> 4,6	1,454	2,221	2,949	2,695
NOEC παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	2,2	1	2,2	0,22	1	1
Oxyfluorfen						
EC50 παρεμπόδιση ανάπτυξης	8,46924	3,99595	5,65919	6,13326	7,41044	6,92160
NOEC παρεμπόδιση ανάπτυξης	1	0,46	1	1	2,2	2,2
EC50 παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	8,748	4,177	5,024	6,311	8,145	6,347
NOEC παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	4,6	1	1	1	4,6	2,2
Chlorsulfuron						
EC50 παρεμπόδιση ανάπτυξης	0,00000867	0,0000072	0,00006115	0,00000481	0,00001451	0,00004
NOEC παρεμπόδιση ανάπτυξης	0,00000032	0,0000001	0,0000032	0,0000001	0,0000032	0,0000032
EC50 παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	0,00000925	0,00000568	0,0000744	0,00000329	0,00000909	0,0000284
NOEC παρεμπόδιση αύξησης βιομάζας	0,0000001	0,0000001	0,00001	0,0000001	0,0000032	0,0000032

3.3 Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης

3.3.1 Επίδραση του Pendimethalin στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) μείωσης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών για τις τρεις διερευνητικές δοκιμές και την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.47: Επίδραση του Pendimethalin στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών, κατά τις δύο διερευνητικές δοκιμές.

Πείραμα 1° - Χρόνος 96h	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus obliquus</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Selenastrum capricornutum</i> Ολική χλωροφύλλη				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
Συγκέντρωση (mg/l)															
C1=0,1	-	-	20,88	78,02	49,45	100	60,61	63,64	84,85	77,27	-114,81	-18,52	33,33	-188,89	-72,22
C2=0,046	7,69	60,44	-9,89	20,88	19,78	96,97	96,97	90,91	93,94	94,70	-85,19	-33,33	-159,26	-33,33	-77,78
C3=0,022	38,46	-31,87	-18,68	51,65	9,89	96,97	100	96,97	84,85	94,70	-48,15	-11,11	-85,19	-70,37	-53,70
C4=0,01	-71,43	-5,49	-9,89	42,86	-10,99	96,97	60,61	42,42	109,09	77,27	-174,07	-174,07	40,74	40,74	-66,67
C5=0,0046	-	34,07	34,07	-27,47	13,55	69,70	84,85	84,85	100,00	84,85	-62,96	-144,44	48,15	-314,81	-118,52

Πείραμα 2° - Χρόνος 96h	<i>Chlorella vulgaris</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη a					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη b				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
Συγκέντρωση (mg/l)															
C1=1	73,33	46,67	73,33	100	73,33	95,40	86,35	86,35	94,29	90,60	64,43	96,09	96,09	81,24	84,46
C2=0,46	73,33	20,00	-	100	64,44	88,16	81,33	-	91,64	87,04	33,81	31,86	-	86,19	50,62
C3=0,22	-33,33	20,00	20,00	100	26,67	76,04	85,93	79,11	84,40	81,37	41,76	67,43	65,47	55,57	57,56
C4=0,1	-60,00	46,67	73,33	73,33	33,33	80,91	66,15	55,57	76,04	69,67	3,19	16,09	35,90	41,76	24,23
C5=0,46	73,33	46,67	73,33	73,33	66,67	94,71	95,82	91,64	57,79	84,99	-	93,09	86,19	2,28	60,52
C6= 0,022	20,00	-140	-113,33	-60,00	-73,33	31,76	-3,62	-3,62	39,28	15,95	80,46	-15,31	-15,31	36,94	21,69
	<i>Selenastrum capricornutum</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη a					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=1	100	111,76	76,47	52,94	85,29	83,42	86,69	93,35	74,42	84,47	63,64	100,00	100	4,87	67,13
C2=0,46	100,00	100	100,00	88,24	97,06	94,28	96,50	95,56	95,56	95,48	98,62	95,11	100	100	98,43
C3=0,22	64,71	100	76,47	88,24	82,35	76,51	67,90	100,00	92,99	84,35	-71,44	88,19	100	90,22	51,74
C4=0,1	64,71	41,18	76,47	88,24	67,65	66,61	66,61	79,92	87,27	75,10	79,79	79,79	58,75	88,84	76,79
C5=0,46	52,94	29,41	17,65	52,94	38,24	24,22	20,14	20,14	-12,67	12,96	0,81	28,12	28,12	-24,29	8,19
C6= 0,022	-64,71	-5,88	29,41	64,71	5,88	-5,11	5,42	12,20	41,16	13,42	-244,82	-32,04	30,24	57,46	-47,29

Πίνακας 3.48: Επίδραση του Pendimethalin στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών, κατά την τρίτη διερευνητική δοκιμή.

Πείραμα 3 ^ο - Χρόνος 96h	<i>Anabaena flos-aquae</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Anabaena flos-aquae</i> Χλωροφύλλη a									
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
Συγκέντρωση (mg/l)															
C1=0,46	94,12	76,47	100,00	82,35	88,24	82,89	84,20	87,47	82,14	84,18					
C2=0,22	64,71	94,12	88,24	82,35	82,35	74,76	67,84	47,36	82,33	68,07					
C3=0,1	29,41	64,71	-17,65	-29,41	11,76	49,98	-8,81	11,29	-9,55	10,73					
C4=0,46	58,82	-64,71	58,82	-58,82	-1,47	49,42	-9,37	62,31	-2,45	24,98					
C5= 0,022	29,41	47,06	-	58,82	45,10	0,07	24,75	19,32	-15,73	7,10					
C6= 0,01	-5,88	-11,76	76,47	-	19,61	2,88	-10,86	53,82	69,23	28,77					
	<i>Oocystis parva</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη a					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,46	100,00	100,00	80,95	100,00	95,24	85,43	94,13	89,34	83,47	88,09	75,82	77,08	91,10	68,18	78,04
C2=0,22	100,00	80,95	61,90	100,00	85,71	94,13	93,60	80,63	88,80	89,29	77,08	58,61	89,84	72,63	74,54
C3=0,1	-	80,95	100,00	61,90	80,95	-	73,35	73,35	59,12%	68,60	-	77,75	77,75	5,79	53,76
C4=0,46	23,81	80,95	61,90	100,00	66,67	53,98	79,56	64,10	85,96	70,90	67,59	52,90	58,02	94,29	68,20
C5= 0,022	80,95	100,00	80,95	61,90	80,95	82,05	94,13	68,90	72,81	79,47	79,01	77,08	44,00	59,28	64,84
C6= 0,01	42,86	42,86	4,76	23,81	28,57	-14,44	-25,64	7,42	-5,20	-9,46	-19,56	-46,94	16,71	0,17	-12,41
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,46	100	100	100	94,34	98,58	85,29	89,46	92,75	83,96	87,86	69,82	65,43	68,49	19,03	55,69
C2=0,22	77,36	94,34	71,70	94,34	84,43	68,28	82,33	79,03	75,74	76,34	74,66	79,45	76,40	73,34	75,96
C3=0,1	60,38	20,75	71,70	88,68	60,38	45,77	25,35	26,89	37,10	33,78	33,11	-10,63	7,31	29,19	14,75
C4=0,46	88,68	-30,19	77,36	88,68	56,13	56,62	-6,92	53,66	67,50	42,71	-43,53	-15,83	-33,89	3,74	-22,38
C5= 0,022	43,40	105,66	-64,15	20,75	26,42	-9,24	17,22	-72,33	-26,89	-22,81	-104,70	-34,70	-18,77	-1,34	-39,88
C6= 0,01	-1,89	49,06	37,74	26,42	27,83	-17,01	21,84	36,22	-82,87	-10,45	7,83	19,15	36,63	-53,34	2,57
	<i>Scenedesmus obliquus</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,46	100	87,50	93,75	93,75	93,75	84,58	80,17	87,64	93,27	86,41	63,45	35,81	85,98	74,49	64,93
C2=0,22	93,75	-	81,25	93,75	89,58	81,28	-	67,94	95,96	81,73	72,81	-	66,03	84,70	74,51
C3=0,1	75,00	87,50	81,25	93,75	84,38	62,32	76,63	47,87	89,96	69,20	77,52	77,07	33,74	83,85	68,04
C4=0,46	68,75	81,25	93,75	93,75	84,38	65,25	76,63	91,31	87,27	80,11	55,82	77,07	88,96	73,65	73,88
C5= 0,022	37,50	-	43,75	12,50	31,25	33,56	33,19	42,25	-8,77	25,05	34,18	21,85	45,23	15,96	29,31
C6= 0,01	31,25	0,00	6,25	-	12,50	28,54	-1,20	-19,55	31,84	9,91	26,11	-9,99	-24,85	16,75	2,00

Πίνακας 3.49 (α): Επίδραση του Pendimethalin στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Anabaena flos-aquae</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Anabaena flos-aquae</i> Χλωροφύλλη α									
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
C1=4,6	16,67	66,67	16,67	16,67	29,17	-8,39	50,29	-7,41	-4,31	7,55					
C2=2,2	33,33	66,67	50,00	-16,67	33,33	-22,57	25,03	7,27	-73,09	-15,84					
C3=1	83,33	100	33,33	66,67	70,83	22,25	53,39	36,43	70,66	45,68					
C4=0,46	83,33	83,33	83,33	33,33	70,83	56,48	48,81	50,11	70,66	56,52					
	<i>Chlorella vulgaris</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη α					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	100	90,00	100	100	97,50	89,25	96,30	92,05	94,52	93,03	53,65	78,87	84,76	98,84	79,03
C2=2,2	100	100	100	90,00	97,50	93,28	86,23	90,48	96,64	91,66	91,80	66,57	60,69	95,90	78,74
C3=1	30,00	90,00	100	100	80,00	47,51	90,48	89,25	94,52	80,44	41,42	60,69	53,65	98,84	63,65
C4=0,46	60,00	70,00	-	100	76,67	62,51	76,50	100	96,64	83,91	81,89	71,29	100	95,90	87,27
C5= 0,22	70,00	100	100	60,00	82,50	69,44	96,64	90,48	79,52	84,02	46,06	95,90	60,69	58,37	65,25
	<i>Selenastrum capricornutum</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη α					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	100	100	50,00	50,00	75,00	97,97	99,34	98,71	99,57	98,90	93,99	86,41	93,01	97,67	92,77
C2=2,2	100	50,00	100	50,00	75,00	98,09	94,47	96,26	82,04	92,71	99,62	89,92	84,67	77,33	87,88
C3=1	50,00	50,00	50,00	100	62,50	88,15	84,49	95,09	99,57	91,83	60,61	85,67	83,31	97,67	81,82
C4=0,46	-50,00	100	100	0,00	37,50	77,48	96,69	95,52	81,61	87,82	77,53	87,00	85,64	75,00	81,29
C5= 0,22	0,00	-50,00	50,00	-50,00	-12,50	86,09	66,10	76,04	-0,93	56,83	89,35	60,67	99,67	1,22	62,73

Πίνακας 3.49 (β): Επίδραση του Pendimethalin στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Oocystis parva</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη a					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	100	100	100	86,21	96,55	99,78	97,73	98,13	98,92	98,64	90,80	93,18	95,09	98,89	94,49
C2=2,2	100	86,21	100	100	96,55	99,10	91,76	99,50	98,31	97,16	91,60	93,04	93,50	87,79	91,48
C3=1	72,41	86,21	86,21	86,21	82,76	87,73	92,73	92,62	96,36	92,36	85,91	89,55	84,95	94,77	88,79
C4=0,46	58,62	58,62	72,41	100	72,41	81,93	76,14	93,52	96,54	87,03	78,47	71,02	93,35	87,48	82,58
C5= 0,22	58,62	72,41	72,41	86,21	72,41	50,94	60,84	87,73	59,47	64,74	60,13	62,81	85,91	64,39	68,31
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	100	100	85,19	100	96,30	97,82	97,60	97,02	93,47	96,48	97,45	86,85	93,06	92,34	92,42
C2=2,2	100	100	85,19	100	96,30	77,42	79,02	93,47	90,49	85,10	70,08	78,85	92,34	85,40	81,67
C3=1	70,37	85,19	100	100	88,89	82,00	90,49	93,47	78,22	86,04	85,79	85,40	92,34	74,47	84,50
C4=0,46	85,19	100	100	100	96,30	80,40	82,00	84,54	91,65	84,64	77,02	85,79	71,53	72,97	76,83
C5= 0,22	100	-	100	85,19	95,06	92,67	-	89,33	91,51	91,17	87,96	-	97,83	100	95,26
	<i>Scenedesmus obliquus</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=4,6	100	26,53	100	91,84	79,59	98,81	92,10	99,92	98,30	97,28	93,93	89,01	96,33	94,56	93,46
C2=2,2	100	91,84	83,67	59,18	83,67	99,19	97,95	96,67	95,94	97,44	99,12	102,54	92,79	95,58	97,51
C3=1	75,51	83,67	91,84	100	87,76	94,97	95,56	95,73	98,67	96,23	87,36	90,39	97,73	99,75	93,81
C4=0,46	100	75,51	91,84	100	91,84	97,27	92,70	93,00	96,16	94,78	95,83	92,04	93,56	93,43	93,72
C5= 0,22	75,51	83,67	67,35	91,84	79,59	49,34	79,58	49,78	90,94	67,41	53,16	83,72	48,86	96,10	70,46

Τα συμπτώματα σχετικά με την μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.50: Εμφάνιση παρεμπόδισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin, κατά τις διερευνητικές δοκιμές.

Συγκ/σεις (mg/l)	1 ^η Διερευνητική δοκιμή			2 ^η Διερευνητική δοκιμή						3 ^η Διερευνητική δοκιμή											
	<i>S.g.</i>	<i>S.o.</i>	<i>S.c.</i>	<i>A.f.</i>	<i>S.c.</i>			<i>C.v.</i>			<i>A.f.</i>		<i>S.g.</i>			<i>S.o.</i>			<i>O.p.</i>		
	Ολική Χλωρ/λη				Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b
1				E	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)											
0,46				E	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,22				E	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,1	E	E	E	E	(+)	+	(+)	(+)	(+)	-	-	-	(+)	(+)	-	+	+	+	+	+	+
0,046	E	E	E	E	(+)	-	-	(+)	(+)	(+)	-	(+)	(+)	(+)	-	+	+	+	+	+	+
0,022	E	E	E	E	-	-	-	-	-	(+)	(+)	-	(+)	-	-	(+)	(+)	(+)	+	+	+
0,01	E	E	E															(+)	-	-	
0,0046	E	E	E																		

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E : επανάληψη πειραματισμού

Πίνακας 3.51: Εμφάνιση παρεμπόδισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών σε διάφορες δόσεις Pendimethalin, κατά την τελική δοκιμή.

Τελική δοκιμή																	
Συγκ/σεις (mg/l)	<i>A.f.</i>		<i>C.v.</i>			<i>S.c.</i>			<i>O.p.</i>			<i>S.g.</i>			<i>S.o.</i>		
	Ολ.	a	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b
4,6	(+)	-	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2,2	(+)	-	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	(+)	(+)	+	+	(+)	+	+	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+
0,46	+	(+)	(+)	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,22			(+)	+	+	-	+	+	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%

Στην πρώτη διερευνητική δοκιμή, μετρήσαμε την συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης και για τα τρία φύκη.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.47, δεν παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης σε σχέση με τον μάρτυρα, σε όλες τις συγκεντρώσεις μεγαλύτερη από 50% για το φύκος *Selenastrum capricornutum* και *Scenedesmus quadricauda*.

Επομένως, το EC₅₀ αναμένεται να είναι > 0,1 mg/l για το *Selenastrum capricornutum* και > 0,0046 mg/l για το *Scenedesmus quadricauda*.

Αντίθετα, για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης σε σχέση με τον μάρτυρα, σε όλες τις συγκεντρώσεις μεγαλύτερη από 50%, επομένως το EC₅₀ αναμένεται να είναι < 0,0046.

Στην δεύτερη διερευνητική δοκιμή, μετρήσαμε την συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης, καθώς και τις συγκεντρώσεις των χλωροφυλλών a και b.

➤ Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* δεν έτρεξε ο μάρτυρας, επομένως δεν μετρήσαμε την ποσότητα της χλωροφύλλης.

➤ Για το φύκος *Chlorella vulgaris* οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έδωσαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R²), επομένως EC50_{total}, EC50_a, EC50_b < 0,46 mg/l.

➤ Για το φύκος *Selenastrum capricornutum*, μετά από στατιστική επεξεργασία πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

EC50_{total} ίσο με 0,04939 mg/l, (R² = 0,309) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,1 (Duncan).

EC50_a ίσο με 0,0684 mg/l, (R² = 0,679) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή και 0,046.

EC50_b ίσο με 0,03494 mg/l, (R² = 0,076) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,022.

Στην τρίτη διερευνητική δοκιμή, μετρήσαμε την ποσότητα της ολικής χλωροφύλλης, καθώς και την ποσότητα των χλωροφυλλών a και b.

➤ Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* μετά από στατιστική επεξεργασία πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

EC50_{total} ίσο με 0,03905 mg/l, (R² = 0,643) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,46.

EC50_a ίσο με 0,07296 mg/l, (R² = 0,448) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,1.

➤ Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* μετά από στατιστική επεξεργασία πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

EC50_{total} ίσο με 0,0257 mg/l, (R² = 0,472) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,1.

EC50_a ίσο με 0,07207 mg/l, (R² = 0,67) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή και 0,1.

EC50_b ίσο με 0,19696 mg/l, (R² = 0,546) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,1.

- Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* μετά από στατιστική επεξεργασία πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

EC50_{total} ίσο με 0,02845 mg/l, ($R^2 = 0,619$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,022.

EC50_a ίσο με 0,02841mg/l, ($R^2 = 0,59$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή και 0,022.

EC50_b ίσο με 0,04838 mg/l, ($R^2 = 0,406$) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,022.

- Για το φύκος *Oocystis parva* αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία ήταν αυτά της ολικής χλωροφύλλης.

Επομένως, EC50_{total} ίσο με 0,012 mg/l, ($R^2 = 0,322$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,01.

Για την χλωροφύλλη a και b οι τιμές που καταγράφηκαν δεν έδωσαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία, (πολύ χαμηλό R^2), επομένως EC50_a, EC50_b < 0,022 mg/l.

Στην τελική δοκιμή, σύμφωνα με τον πίνακα 3.49 (α) και 3.49 (β), παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης, (ολικής, a και b) σε όλες τις συγκεντρώσεις.

Αναλυτικότερα:

- Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με καλό εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (29,17 – 70,83% μείωση της χλωροφύλλης) και την χλωροφύλλη a (-15,84 – 56,52% μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_{total} < 0,46mg/l, ($R^2 = 0,419$) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

EC50_a < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή και 0,46.

- Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (76,67 – 97,50% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (80,44 – 93,03% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (63,65 – 87,27% μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_{total} < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 1.

EC50_a < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.

EC50_b < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.

- **Για το φύκος *Selenastrum capricornutum*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (-12,50 - 75% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (56,83 – 98,90% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (62,73 – 92,77% μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:
EC50_{total} ίσο με 0,384 mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 4,6.
EC50_a < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_b < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
- **Για το φύκος *Oocystis parva*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (72,41 – 96,55% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (64,74 – 98,64% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (68,31 – 94,49% μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:
EC50_{total} < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_a < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_b < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
- **Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (95,06 – 96,30% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (84,64 – 96,48% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (76,83 – 95,26 % μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:
EC50_{total} < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22 (Duncan).
EC50_a < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_b < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
- **Για το φύκος *Scenedesmus obliquus*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (79,59 – 91,84% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (67,41 – 97,44% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (70,46 – 97,51% μείωση της χλωροφύλλης). Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:
EC50_{total} < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_a < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.
EC50_b < 0,22 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,22.

3.3.2 Επίδραση του Oxyfluorfen στην μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) μείωσης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών για την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.52 (α): Επίδραση του Oxyfluorfen στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Anabaena flos-aquae</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Anabaena flos-aquae</i> Χλωροφύλλη a									
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
C1=10	100	-50,00	100	100	62,50	-108,97	14,23	39,69	53,92	-0,28					
C2=4,6	-50,00	-50,00	-50,00	100	-12,50	0,00	-98,87	-49,80	-35,57	-46,06					
C3=2,2	-50,00	100	-50,00	100	25,00	14,23	-11,24	-18,35	-18,35	-8,43					
C4=1	100	100	-50,00	100	62,50	27,73	-25,46	47,94	60,31	27,63					
C5= 0,46	-200	-200	100	-200	-125	-23,61	25,46	52,06	60,31	28,56					
	<i>Chlorella vulgaris</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη a					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=10	90,91	100	90,91	81,82	90,91	98,43	87,88	82,02	94,14	90,62	100,00	96,89	83,25	86,36	91,62
C2=4,6	90,91	90,91	100	90,91	93,18	90,35	98,43	92,99	91,01	93,20	100	100	64,84	91,62	89,12
C3=2,2	72,73	100	100	45,45	79,55	34,70	94,14	97,53	71,72	74,52	92,32	86,36	96,33	92,73	91,94
C4=1	81,82	45,45	100	100	81,82	87,88	64,71	96,62	93,90	85,78	96,89	57,57	90,03	71,14	78,91
C5= 0,46	90,91	100	90,91	90,91	93,18	86,97	94,39	94,14	92,83	92,08	90,59	100	86,36	100	94,24
	<i>Selenastrum capricornutum</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη a					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=10	60,00	20,00	100	100	70,00	45,13	65,29	28,93	-0,50	34,71	98,03	47,82	93,81	-30,94	52,18
C2=4,6	60,00	20,00	60,00	20,00	40,00	75,21	24,47	41,49	68,43	52,40	62,73	100	72,43	42,48	69,41
C3=2,2	100	100	-20,00	100	70,00	80,16	82,48	52,73	88,26	75,91	70,18	113,92	69,20	72,29	81,40
C4=1	100	100	100	60,00	90,00	63,97	77,52	83,80	80,16	76,36	65,96	106,47	95,78	70,18	84,60
C5= 0,46	-60,00	100	20,00	100	40,00	59,01	74,71	59,51	77,02	67,56	58,51	31,79	89,45	75,53	63,82

Πίνακας 3.52 (β): Επίδραση του Oxyfluorfen στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Oocystis parva</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη a					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη b				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
Συγκέντρωση (mg/l)															
C1=10	100	100	81,25	81,25	90,63	89,42	95,24	67,48	84,66	84,20	89,04	98,64	78,80	87,68	88,54
C2=4,6	100	81,25	81,25	100	90,63	8,26	9,14	46,12	65,63	32,29	46,01	100,00	100,00	82,25	82,07
C3=2,2	62,50	100	81,25	81,25	81,25	70,39	69,03	78,83	81,45	74,93	83,61	55,43	78,08	62,95	70,02
C4=1	100	81,25	81,25	81,25	85,94	85,73	88,35	79,61	82,52	84,05	95,92	80,80	66,39	71,20	78,58
C5= 0,46	100	100	81,25	81,25	90,63	90,49	88,35	95,24	86,50	90,15	97,28	80,80	98,64	84,24	90,24
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=10	57,14	100	100	57,14	78,57	99,26	95,36	95,36	66,02	89,00	66,21	100	100	73,27	84,87
C2=4,6	100	100	-28,57	57,14	57,14	79,95	82,64	76,04	80,69	79,83	55,76	69,74	95,39	89,55	77,61
C3=2,2	57,14	100	-	100	85,71	6,86	80,69	-	77,26	54,93	95,55	89,55	-	41,78	75,63
C4=1	14,29	57,14	100	100	67,86	58,68	80,69	75,30	55,99	67,66	65,13	89,55	61,60	51,15	66,86
C5= 0,46	57,14	-71,43		57,14	14,29	80,69	39,37	-	86,07	68,71	89,55	54,69	-	100	81,41
	<i>Scenedesmus obliquus</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=10	100	20,00	100	-	73,33	95,54	98,90	92,60	-	95,68	66,64	100	95,65		87,43
C2=4,6	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	99,36	97,17	91,96	93,70	95,55	95,23	99,21	90,89	93,66	94,75
C3=2,2	100	20,00	100	20,00	60,00	78,25	91,96	88,49	78,43	84,28	80,20	90,89	85,34	91,73	87,04
C4=1	-1412	-140	100	20,00	-358,00	80,45	83,46	94,16	97,80	88,97	76,22	88,53	86,91	100	87,92
C5= 0,46	20,00	20,00	20,00	-140,00	-20,00	90,23	94,97	96,70	90,23	93,03	88,11	100	100	88,11	94,06

Τα συμπτώματα σχετικά με την μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.53: Εμφάνιση παρεμπόδισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών σε διάφορες δόσεις Oxyfluorfen, κατά την τελική δοκιμή.

Τελική δοκιμή																	
Συγκ/σεις (mg/l)	<i>A.f.</i>		<i>C.v.</i>			<i>S.c.</i>			<i>O.p.</i>			<i>S.g.</i>			<i>S.o.</i>		
	Ολ.	a	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b
10	E	?	(+)	+	+	E	(+)	(+)	+	+	+	E	+	+	E	+	+
4,6	E	?	(+)	+	+	E	(+)	(+)	+	(+)	+	E	+	+	E	+	+
2,2	E	?	(+)	+	+	E	(+)	(+)	+	+	(+)	E	(+)	+	E	+	+
1	E	?	(+)	+	+	E	(+)	(+)	+	+	+	E	(+)	+	E	+	+
0,46	E	?	(+)	+	+	E	(+)	(+)	+	+	+	E	(+)	+	E	+	+

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E: Επανάληψη πειράματος

Στην τελική δοκιμή, σύμφωνα με τον πίνακα 3.52 (α) και 3.52 (β), παρατηρήθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

➤ Για το φύκος *Anabaena flos-aquae* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (-125 – 62,50% μείωση της χλωροφύλλης) και την χλωροφύλλη a (-46,06 – 28,56% μείωση της χλωροφύλλης). Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

➤ Για το φύκος *Chlorella vulgaris* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (81,82 – 93,18% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (74,52 – 93,20% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (78,91 – 94,24% μείωση της χλωροφύλλης).

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_{total} < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 10.

EC50_a < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

EC50_b < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

➤ Για το φύκος *Selenastrum capricornutum* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (40 - 90% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (34,71 – 76,36% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (52,18 – 84,60% μείωση της χλωροφύλλης). Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_a < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 10.

EC50_b < 0,46 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

- Για το φύκος *Oocystis parva* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (81,25 – 90,63% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (32,29 – 90,15% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (70,02 – 90,24% μείωση της χλωροφύλλης).

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_{total} < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

$EC50_a < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

$EC50_b < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

- Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (14,29 – 85,71% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (54,93 - 89% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (66,86 – 84,87% μείωση της χλωροφύλλης).

Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_a < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 2,2.

$EC50_b < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

- Για το φύκος *Scenedesmus obliquus* παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (-358 – 73,33% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (84,28 – 95,68% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (87,04 – 94,75% μείωση της χλωροφύλλης).

Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_a < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

$EC50_b < 0,46$ mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,46.

3.3.3 Επίδραση του Chlorsulfuron στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης

Πρωτογενή αποτελέσματα

Το επί τοις εκατό ποσοστό (%) μείωσης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών για την τελική δοκιμή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3.54 (α): Επίδραση του Chlorsulfuron στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Anabaena flos-aquae</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Anabaena flos-aquae</i> Χλωροφύλλη a									
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.					
C1=0,00001	100	100	100	100	100	97,56	96,50	93,07	92,29	94,85					
C2=0,000032	100	95,56	95,56	82,22	93,33	97,72	95,17	90,79	89,74	93,36					
C3=0,000001	95,56	51,11	95,56	86,67	82,22	93,34	57,66	94,39	94,06	84,86					
C4=0,0000032	24,44	86,67	20,00	86,67	54,44	50,39	82,74	24,81	90,62	62,14					
C5= 0,0000001	28,89	33,33	-	-24,44	12,59	35,85	57,94	30,14	19,20	35,78					
	<i>Chlorella vulgaris</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη a					<i>Chlorella vulgaris</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,00001	100	100	100	100	100	98,09	99,81	100	90,07	96,99	97,31	88,84	93,45	64,23	85,96
C2=0,000032	93,10	100	100	100	98,28	98,09	99,81	100	100	99,47	97,31	88,84	93,45	93,45	93,26
C3=0,000001	93,10	65,52	86,21	93,10	84,48	93,76	81,80	93,06	92,55	90,30	98,48	88,89	93,86	100	95,31
C4=0,0000032	93,10	65,52	93,10	93,10	86,21	84,92	57,87	93,06	96,88	83,18	89,65	69,71	93,86	99,24	88,11
C5= 0,0000001	51,72	79,31	37,93	-	56,32	7,21	22,48	18,98	-	16,22	12,88	34,39	11,30	-	19,52
	<i>Selenastrum capricornutum</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη a					<i>Selenastrum capricornutum</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,000032	-14,29	-71,43	42,86	42,86	0,00	88,86	65,50	83,51	87,17	81,26	100	76,07	100	100	94,02
C2=0,00001	42,86	-14,29	-14,29	-14,29	0,00	66,21	80,84	53,65	88,86	72,39	69,49	98,88	89,64	100	89,50
C3=0,000032	-	-14,29	42,86	-14,29	4,76	65,06	22,71	52,40	74,95	53,78	93,88	32,81	73,78	71,02	67,87
C4=0,000001	-14,29	42,8	-14,29	-14,29	0,00	53,38	58,46	38,58	52,57	50,75	78,42	72,60	78,06	44,74	68,46
C5= 0,0000032	-14,29	42,86	-14,29	-14,29	0,00	46,51	-17,14	16,65	67,46	28,37	45,92	3,47	33,98		27,79
C6=0,0000001	42,86	3700	-14,29	-14,29	928,57	75,66	-	44,28	39,37	53,10	64,44		25,41	2,19	30,68

Πίνακας 3.54 (β): Επίδραση του Chlorsulfuron στην % μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών – Τελική δοκιμή

Τελική δοκιμή - Χρόνος 96h	<i>Oocystis parva</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη a					<i>Oocystis parva</i> Χλωροφύλλη b				
	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
Συγκέντρωση (mg/l)															
C1=0,00001	100	100	-	85,71	95,24	100	95,80	-	100	98,60	-9,30	81,54	69,83	-5,72	34,09
C2=0,000032	28,57	57,14	100	100	71,43	59,68	81,80	94,40	95,80	82,92	28,24	19,99	75,38	81,54	51,29
C3=0,000001	100	71,43	100	100	92,86	68,71	96,05	98,22	98,60	90,39	41,56	43,05	78,97	93,85	64,36
C4=0,0000032	28,57	85,71	100	100,00	78,57	59,04	83,97	96,18	99,62	84,70	51,84	55,90	96,42	85,12	72,32
C5= 0,0000001	100	85,71	85,71	100	92,86	91,35	98,22	97,20	98,60	96,34	100	78,97	87,69	93,85	90,13
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus quadricauda</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,000032	50,00	-50,00	50,00	50,00	25,00	98,44		98,44	94,33	97,07	98,25	-	98,25	96,01	97,51
C2=0,00001	0,00	-50,00	0,00	0,00	-12,50	49,98	81,02	93,50	93,50	79,50	62,88	90,55	104,51	104,5	90,61
C3=0,0000032	-50,00	0,00	50,00	-50,00	-12,50	10,98	46,86	29,13	87,36	43,58	19,24	59,39	37,19	78,79	48,65
C4=0,000001	50,00	0,00	-50,00	0,00	0,00	43,17	13,27	16,97	25,60	24,75	52,90	31,23	37,71	37,94	39,95
C5= 0,00000032	0,00	50,00	0,00	-50,00	0,00	40,05	69,43	-3,63	9,17	28,75	49,41	94,07	0,53	28,99	43,25
	<i>Scenedesmus obliquus</i> Ολική χλωροφύλλη					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη a					<i>Scenedesmus obliquus</i> Χλωροφύλλη b				
Συγκέντρωση (mg/l)	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.	1	2	3	4	M.O.
C1=0,000032	33,33	33,33	-100	-33,33	-16,67	76,35	72,96	76,59	90,78	79,17	72,89	94,63	84,14	100,4	88,02
C2=0,00001	-233,3	33,33	-33,33	-33,33	-66,67	-39,9	70,99	65,00	92,28	47,08	-42,12	74,06	81,84	98,47	53,06
C3=0,0000032	33,33	-33,33	33,33	33,33	16,67	-7,84	34,02	41,59	62,64	32,60	20,30	35,34	65,98	79,13	50,19
C4=0,000001	-33,33	-100	-33,33	33,33	-33,33	-20,7	-8,95	-34,09	44,58	-4,81	-9,17	4,39	-20,78	62,09	9,13
C5= 0,00000032	33,33	-33,33	-33,33	33,33	0,00	15,57	18,96	15,33	-6,97	10,72	36,16	14,41	24,90	24,95	25,11

Τα συμπτώματα σχετικά με την μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.53: Εμφάνιση παρεμπόδισης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών σε διάφορες δόσεις Chlorsulfuron, κατά την τελική δοκιμή.

Συγκ/σεις (mg/l)	Τελική δοκιμή																
	<i>A.f.</i>		<i>C.v.</i>			<i>S.c.</i>			<i>O.p.</i>			<i>S.q.</i>			<i>S.o.</i>		
	Ολ.	a	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b	Ολ.	a	b
0,000032						E	+	+				E	+	+	E	+	+
0,00001	+	+	+	+	+	E	+	+	+	+	+	E	+	+	E	(+)	(+)
0,0000032	+	+	+	+	+	E	+	+	+	+	+	E	(+)	(+)	E	(+)	(+)
0,000001	+	+	+	+	+	E	+	+	+	+	+	E	(+)	(+)	E	-	-
0,00000032	(+)	+	+	+	+	E	+	(+)	+	+	+	E	(+)	(+)	E	-	(+)
0,0000001	-	(+)	+	-	-	E	+	(+)	+	+	+						

+ : υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα
 (+) : υπάρχει επίδραση χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα > 20%
 - : δεν υπάρχει επίδραση. Η % παρεμπόδιση σε σχέση με τον μάρτυρα είναι < 20%
 E: Επανάληψη πειραματισμού

Στην τελική δοκιμή, σύμφωνα με τον πίνακα 3.54 (α) και 3.54 (β), παρατηρήθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- **Για το φύκος *Anabaena flos-aquae*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα και με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (12,59 - 100% μείωση της χλωροφύλλης) και την χλωροφύλλη a (35,78 – 94,85% μείωση της χλωροφύλλης).

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_{total} ίσο με 0,00000025 mg/l, (0,00000009 – 0,00000044 mg/l, $R^2 = 0,498$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,00000032.

EC50_a ίσο με 0,00000018 mg/l (0,00000007 – 0,00000031 mg/l, $R^2 = 0,652$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

- **Για το φύκος *Chlorella vulgaris*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (56,32 - 100% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (16,22 – 99,47% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (19,52 – 95,31% μείωση της χλωροφύλλης).

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_{total} < 0,0000001 mg/l και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

EC50_a ίσο με 0,00000018 mg/l (0,00000002 – 0,00000041 mg/l, $R^2 = 0,632$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

EC50_b < 0,00000032 mg/l και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

- **Για το φύκος *Selenastrum capricornutum*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (0 – 928,57% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (28,37 – 81,26% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (27,79 – 89,50% μείωση της χλωροφύλλης).

Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

EC50_a ίσο με 0,00000035 mg/l ($R^2 = 0,313$) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

EC50_b ίσο με 0,00000055mg/l (0,00000015– 0,00000122 mg/l, $R^2 = 0,436$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,00000032.

- **Για το φύκος *Oocystis parva*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (71,43 – 95,24% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (82,92 – 98,60% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (34,09 – 90,13% μείωση της χλωροφύλλης).

Το EC50 και το LOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_{total} < 0,0000001 \text{ mg/l}$ και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

$EC50_a < 0,0000001 \text{ mg/l}$ και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

$EC50_b < 0,0000001 \text{ mg/l}$ και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000001.

- **Για το φύκος *Scenedesmus quadricauda*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (-12,50 - 25% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (24,75 – 97,07% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (43,25 – 97,51% μείωση της χλωροφύλλης).

Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_a$ ίσο με 0,00000206 mg/l (0,00000062 – 0,00000533 mg/l, $R^2 = 0,572$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,0000032.

$EC50_b$ 0,00000126 mg/l (0,00000017 – 0,00000412 mg/l, $R^2 = 0,456$) και το αντίστοιχο LOEC πήρε την τιμή 0,0000032.

- **Για το φύκος *Scenedesmus obliquus*** παρατηρήθηκε μείωση της ποσότητας της χλωροφύλλης με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τον μάρτυρα, με εύρος αποτελεσμάτων, για την ολική χλωροφύλλη (-66,67 – 16,67% μείωση της χλωροφύλλης), την χλωροφύλλη a (-4,81 – 79,17% μείωση της χλωροφύλλης) και για την χλωροφύλλη b (9,13 – 88,02% μείωση της χλωροφύλλης).

Παρ' όλα αυτά, οι τιμές που καταγράφηκαν για την ολική χλωροφύλλη, δεν έβγαζαν αξιόπιστα αποτελέσματα για στατιστική επεξεργασία και για το λόγο αυτό τις απορρίψαμε.

Το EC50 και το NOEC έλαβε τις ακόλουθες τιμές:

$EC50_a$ ίσο με 0,00000301 mg/l (0,00000171 – 0,00000494 mg/l, $R^2 = 0,797$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,00001.

$EC50_b$ ίσο με 0,00000209 mg/l (0,00000082– 0,00000460 mg/l, $R^2 = 0,557$) και το αντίστοιχο NOEC πήρε την τιμή 0,00001.

Πίνακας 3.54: Συγκεντρωτικός πίνακας με τις τιμές EC50 και NOEC, για την παρεμπόδιση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης.

	<i>Anabaena flos-aquae</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Oocystis parva</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i>
Pendimethalin						
EC50 _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,039	<0,22	0,049	0,012	0,026	0,028
EC50 _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,073	<0,22	0,068	<0,022	0,072	0,028
EC50 _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		<0,22	<0,22	<0,022	0,197	0,048
NOEC _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	LOEC=0,01	1	0,1	0,01	0,1	0,022
NOEC _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,1	LOEC=0,22	0,046	LOEC=0,22	0,1	0,022
NOEC _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		LOEC=0,22	LOEC=0,022	LOEC=0,22	0,1	0,022
Oxyfluorfen						
EC50 _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	E	<0,46	E	<0,46	E	E
EC50 _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	E	<0,46	<0,46	<0,46	<0,46	<0,46
EC50 _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		<0,46	<0,46	<0,46	<0,46	<0,46
LOEC _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	E	0,46	E	0,46	E	E
LOEC _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	E	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
LOEC _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Chlorsulfuron						
EC50 _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,00000025	<0,0000001	E	<0,0000001	E	E
EC50 _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,00000018	0,00000018	0,00000035	<0,0000001	0,00000206	0,00000301
EC50 _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		<0,00000032	0,00000055	<0,0000001	0,00000206	0,00000209
NOEC _{total} παρεμπόδιση χλωροφύλλης	EC20= 0,0000007	LOEC= 0,0000001	E	LOEC= 0,0000001	E	E
NOEC _a παρεμπόδιση χλωροφύλλης	0,0000001	0,0000001	LOEC= 0,0000001	LOEC= 0,0000001	EC20= 0,00000031	EC20= 0,00000035
NOEC _b παρεμπόδιση χλωροφύλλης		0,0000001	0,00000032	LOEC= 0,0000001	EC20= 0,000000120	EC20= 0,00000026

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα για το κάθε φύκος - βιοδείκτη και το κάθε φυτοπροστατευτικό προϊόν προκύπτουν συμπεράσματα ανάλογα με το εύρος των παρεμποδίσεων της ανάπτυξης, της αύξησης της βιομάζας και της μείωσης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης.

Μεταξύ των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, από τα αποτελέσματα του πειραματισμού της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης και της παρεμπόδισης της αύξησης της βιομάζας, των φυκών σε διάφορες δόσεις, φαίνεται ότι η πιο τοξική δραστική ουσία είναι το **chlorsulfuron** γιατί επέδρασε ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (10^{-5} – 10^{-7} φορές τοξικότερο) σε όλα τα φύκη, σε σύγκριση με τις άλλες δύο δραστικές ουσίες, (πίνακας 3.46).

Επομένως, η τοξικότητα των ALS – παρεμποδιστών, (παρεμποδιστών της δράσης της συνθετάσης του οξικογαλακτικού) στα φύκη, είναι μεγαλύτερη από αυτή των παρεμποδιστών του σχηματισμού των μικροσωλινίσκων της μιτωτικής ατράκτου, (Jianyi Ma, et al., 2002).

Το EC₅₀ για το pendimethalin, στην περίπτωση του φύκου *Selenastrum capricornutum* είναι ίσο με 0,1793 mg/l σύμφωνα με τους Jianyi Ma, et al., 2006, το οποίο είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με αυτό που βρήκαμε στην παρούσα εργασία, (0,741 mg/l).

Μικρότερη τοξικότητα σε σχέση με το **chlorsulfuron** παρουσιάζουν τα **pendimethalin** και **oxyfluorfen**, η οποία σύμφωνα με τον πίνακα 3.33, είναι της ίδιας τάξης μεγέθους. Ειδικότερα για το **oxyfluorfen**, παρατηρήθηκε επίδραση σε λίγο υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων δραστικής ουσίας από ότι παρατηρήσαμε στο **pendimethalin**.

Η παρουσία των ζιζινιοκτόνων στο θρεπτικό διάλυμα, επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη των φυκών - βιοδεικτών. Σύμφωνα με τους Grossmann et al., 1992, αυτό οφείλεται στην απορρόφηση ανόργανων ιόντων από τα κύτταρα των φυκών.

Μεταξύ των φυκών – βιοδεικτών, όσον αφορά την ευαισθησία τους στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης και στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας, όλα τα φύκη – βιοδείκτες έδειξαν ανάλογη ευαισθησία στην επίδραση των δραστικών ουσιών **oxyfluorfen** και **pendimethalin**.

Στην επίδραση του **chlorsulfuron** τα *Anabaena flos-aquae*, *Chlorella vulgaris* και *Oocystis parva* είναι δέκα φορές πιο ευαίσθητα από τα *Selenastrum capricornutum*, *Scenedesmus quadricauda* και *Scenedesmus obliquus*.

Κανένα φύκος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως “συνεχώς το πιο ευαίσθητο” ή “συνεχώς το λιγότερο ευαίσθητο”, σύμφωνα με τους Hungnes J.S., Erb K., 1989. Παρόλα αυτά, σε αυτή την εργασία παρατηρούμε ότι στις δύο τουλάχιστον δραστικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν (*oxyfluorfen* και *pendimethalin*), το *Anabaena flos-aquae* να είναι σε μικρό βαθμό, το λιγότερο ευαίσθητο από τα άλλα φύκη.

Όσον αφορά την παρεμπόδιση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης παρατηρήσαμε επίδραση στην συγκέντρωση των χλωροφυλλών σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις ζιζανιοκτόνων από αυτές που παρεμπόδισαν το ρυθμό ανάπτυξης και την αύξηση της βιομάζας.

Επομένως, η φωτοσύνθεση των φυκών είναι η πιο ευαίσθητη διαδικασία στην παρουσία του τοξικού παράγοντα, (Jianyí Ma, et al., 2006).

Και σε αυτή την περίπτωση, το **chlorsulfuron** είναι η πιο τοξική δραστική ουσία.

Μικρότερη τοξικότητα σε σχέση με το **chlorsulfuron** παρουσιάζουν τα **pendimethalin** και **oxyfluorfen**, η οποία σύμφωνα με τον πίνακα 3.54, είναι της ίδιας τάξης μεγέθους.

Σε σύγκριση με τα αντίστοιχα πειράματα για την εύρεση της παρεμπόδισης του ρυθμού ανάπτυξης και της παρεμπόδισης της αύξησης βιομάζας,

- για το **pendimethalin**, οι χλωροφύλλες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία (μείωση της συγκέντρωσης), από 10-100 φορές.
- για το **oxyfluorfen** τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερη ευαισθησία και
- για το **chlorsulfuron** από 10 έως τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερη ευαισθησία.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που πήραμε από τη μέθοδο υπολογισμού της ολικής χλωροφύλλης (ISO 10260:1992) και από τη μέθοδο υπολογισμού των χλωροφυλλών a και b, (Wintermans & De Mots, 1965) παρατηρούμε ότι αυτά είναι περίπου ίδια μεταξύ τους – της ίδιας τάξης μεγέθους, με ποιο αξιόπιστη την δεύτερη μέθοδο.

Συμπεράσματα

1. Η πιο τοξική δραστική ουσία στην παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης, στην παρεμπόδιση της αύξησης της βιομάζας και στην μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης των φυκών είναι το **chlorsulfuron** γιατί επέδρασε ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλα τα φύκη. Μικρότερη τοξικότητα σε σχέση με τη **chlorsulfuron**, παρουσιάζουν κατά σειρά το **pendimethalin** και η **oxyfluorfen**.
2. Κανένα φύκος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως "συνεχώς το πιο ευαίσθητο" ή "συνεχώς το λιγότερο ευαίσθητο". Σε αυτή την εργασία παρατηρούμε ότι τα κυανοφύκη παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία από τα φύκη.
3. Ο πειραματισμός με τον βιοσημαντή χλωροφύλλη είναι πιο ευαίσθητη μέθοδος από τον πειραματισμό με τα φύκη - βιοδείκτες.
4. Τα πρωτόκολλα πειραματισμού για τον υπολογισμό της ολικής χλωροφύλλης και για τον υπολογισμό των χλωροφυλλών a και b, έδωσαν αποτελέσματα της ίδιας τάξης μεγέθους, με ποιο αξιόπιστο αυτό για τον υπολογισμό των χλωροφυλλών a και b.

Παράρτημα

Δείκτες τοξικότητας:

LD50 (Lethal Dose)

Είναι η δόση της τοξικής ουσίας (σε mg τοξικής ουσίας / Kgr σωματικού βάρους), που προκαλεί το θάνατο στο 50% του πληθυσμού που έρχεται σε επαφή με την τοξική ουσία.

ED50 (Effective Dose)

Είναι η δόση μιας ουσίας που προκαλεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα (π.χ. Αναισθησία), στο 50% των ζώων που εκτίθενται σ' αυτήν.

TD 50 (Toxic Dose)

Είναι η δόση της ουσίας που προκαλεί κάποιο τοξικό αποτέλεσμα (π.χ. βλάβη στο συκώτι), στο 50% του πληθυσμού που εκτίθεται σε αυτή.

LT50 (Lethal time)

Είναι ένας δείκτης που δείχνει το χρόνο που απαιτείται για το θάνατο του 50% των ζώων που εκτέθηκαν σε τοξική ουσία . Η LT50 δείχνει το χρόνο δράσης μιας χημικής ουσίας αλλά δε δείχνει αν μια χημική ουσία είναι τοξικότερη μιας άλλης. Όταν τα ζώα εκτίθενται στις χημικές ουσίες μέσω του αέρα που αναπνέουν ή του νερού που διαβιώνουν (π.χ. ψάρια), η δόση που λαμβάνουν δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί. Στις περιπτώσεις αυτές καθορίζεται η συγκέντρωση του χημικού στο νερό ή στον αέρα.

LC50 (Lethal concentration)

Είναι η συγκέντρωση της τοξικής ουσίας (σε μονάδες συγκέντρωσης) που προκαλεί το θάνατο στο 50% του πληθυσμού που εκτίθεται στην τοξική ουσία.

EC50 (Effective concentration)

Η συγκέντρωση δραστικής ουσίας στην τροφή που προκαλεί ορατά συμπτώματα. Τα συμπτώματα που καταγράφονται είναι κυρίως βιοχημικά και ιστολογικά (νεκροψία επιζώντων) (Ακριώτης Τ., 2001).

Κατηγορίες τοξικότητας:

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες τοξικότητας (Klassen, 1986):

Οξεία: Έκθεση στην χημική ουσία για λιγότερο από 24 h. Η χορήγηση γίνεται μόνο μια φορά ή και περισσότερες όταν η τοξική ουσία είναι ελαφρά τοξική. Όταν η έκθεση γίνεται μέσω του αναπνευστικού συστήματος, διαρκεί λιγότερο από 24 h και συνηθέστερα 4 h.

Υποξεία: Επαναλαμβανόμενη έκθεση στη χημική ουσία για ένα μήνα ή λιγότερο.

Υποχρόνια: Επαναλαμβανόμενη έκθεση στη χημική ουσία για ένα έως τρεις μήνες.

Χρόνια: Επαναλαμβανόμενη έκθεση στη χημική ουσία για περισσότερο των τριών μηνών.

Πρέπει να τονιστεί πως οι παραπάνω δείκτες δεν είναι σταθεροί αλλά εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος, το φύλλο και η ηλικία του πειραματόζωου, αλλά και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η έκθεση σε άλλες χημικές ουσίες, κ.τ.λ.

Φυσικοχημικές ιδιότητες, οικοτοξικολογικά δεδομένα, έγκριση κυκλοφορίας στην Ελλάδα
των δραστικών ουσιών

Pendimethalin

Ομάδα στην οποία ανήκει: 2, 6- Δινιτροανιλίνες

Κοινό όνομα: pendimethalin (BSI, ANSI, E-ISO, WSSA); pendimethaline ((m) F-ISO); [penoxalin] (former WSSA name)

IUPAC name: N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine

➤ Φυσικοχημικές ιδιότητες

MB: 281,3

Μοριακός τύπος: C₁₃H₁₉N₃O₄

KowlogP= 5,18

Διαλυτότητα στο νερό: 0,3 mg/l (20 °C)

➤ Οικοτοξικολογία

Πτηνά: (8d) LC₅₀ για το bobwhite ορτύκι 4167, για την αγριόπαπια 10388 mg/kg . Για τα ψάρια LC₅₀ (96h) για την πέστροφα 0,14, bluegill sunfish 0,2, channel cutfish 0,42 mg/l. Για τις μέλισσες LD₅₀ (topical)>50μg/μέλισσα.

Oxyfluorfen

Ομάδα στην οποία ανήκει: διφαινυλικοί αιθέρες

Κοινό όνομα: oxyfluorfen (BSI, E-ISO, ANSI, WSSA); oxyfluorfen ((m) F-ISO)

IUPAC name: 2-chloro- α,α,α -trifluoro-p-tolyl 3-ethoxy-4-nitrophenyl ether.

➤ Φυσικοχημικές ιδιότητες

MB: 361,7

Μοριακός τύπος: C₁₅H₁₁ClF₃NO₄

KowlogP= 4,47

Διαλυτότητα στο νερό: 0,116 mg/l (25° C)

DT₅₀: 3d σε θερμοκρασία δωματίου.

➤ Οικοτοξικολογία

Πτηνά: Οξεία LD₅₀ >2150 mg/kg για την bobwhite quail. 8 ημέρες διατροφής LC₅₀ για mallard duck και την bobwhite quail >5000 mg/kg. Για τα ψάρια LC₅₀ (96h) bluegill sunfish 0,2, trout 0,41, channel catfish 0,4 mg/l. Για τις μέλισσες δεν είναι τοξικό στη δόση των 0,025 mg ai/μέλισσα. Daphnia LC₅₀ (48h) 1,5 mg ai/l.

➤ Τύχη στο περιβάλλον

Στο έδαφος προσροφάται ισχυρά, δεν διασπάται εύκολα, και δείχνει ασήμαντη απόπλυση. Η φωτοδιάσπαση στο νερό είναι γρήγορη. Στον αγρό DT₅₀ 5-55, στο χώμα DT₅₀ (στο σκοτάδι) (αερόβια) 292 d, (αναερόβια) 580d.

➤ Κίνδυνοι για το οικοσύστημα

RO2 Μέτρια τοξικό για τις μέλισσες.

RO4/7 Πολύ τοξικό για τα ψάρια και γενικά τους υδρόβιους οργανισμούς.

RO12/14 Επικίνδυνο για τα άγρια ζώα και πουλιά.

Chlorsulfuron

Ομάδα στην οποία ανήκει: σουλφονουλουρίες

Κοινό όνομα: chlorsulfuron (BSI, draft E-ISO, (m) draft F-ISO, ANSI, WSSA,)

IUPAC name: 1-(2-chlorophenylsulfonyl)-3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)urea.

➤ Φυτοκοχημικές ιδιότητες

MB: 357,8

Μοριακός τύπος: C₁₂H₁₂ClN₅O₄S

KowlogP= -0,99 (pH 7)

Διαλυτότητα στο νερό: 587 mg/l (pH 5), 3,18 g/100g (pH 7) (both 25°C)

Σε υδατικά διαλύματα DT₅₀ 4-8w at pH 5.7-7.0, (20° C).

➤ Οικοτοξικολογία

Πτηνά: Οξεία από στόμα LD₅₀ mg/l για την bobwhite quail και mallard ducks >5000 mg/kg. 8 ημέρες διατροφής LC₅₀ για την bobwhite quail και mallard ducks >5000 mg/kg διατροφής. Για τα ψάρια LC₅₀ (96h) rainbow trout >50, sheepshead minnow>980 mg/l. Για τις μέλισσες επαφής LD₅₀ >25μg/μέλισσα., γαιοσκώληκες LC₅₀>2000 mg/kg, Daphnia LC₅₀ (48h) 370 mg/l.

➤ Τύχη στο περιβάλλον

Έδαφος / περιβάλλον: Αποδομείται μέσω υδρόλυσης κα μεταβολίζεται πλήρως από τους μικροοργανισμούς εδάφους. Το DT₅₀ αγρού κυμαίνεται από 4-6 εβδομάδες. Κοc 40 (pH 7).

➤ Κίνδυνοι για το οικοσύστημα

-

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Αράπης Γ., 1998.** Σημειώσεις γεωργικής οικοτοξικολογίας. Γ.Π.Α.
2. **Ακριώτης Τ., 2001.** Σημειώσεις Οικοτοξικολογίας , Μυτιλήνη.
3. **Βαλαβανίδης Αθ., 1999.** Βασικές Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Οικοτοξικολογίας και Εκτίμησης Οικολογικού Κινδύνου. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
4. **Βαλαβανίδης Αθ., 2007.** Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία: Ερευνητική Μεθοδολογία και Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου από Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
5. **Βαρδαβάκης Μ., 1993.** Συστηματική βοτανική (Κρυπτόγαμα- Σπερματόφυτα), σελ.51-58
6. **ΕΛ.Φ.Ε., 2008.** Ελληνική Φυκολογική Εταιρεία. Μια βουτιά μια ματιά στους κήπους του νερού. Εκδόσεις Σταμούλη.
7. **Ζιώγας Ν. Βασίλειος / Μάρκογλου Ν. Αναστάσιος,** Αθήνα 2007. Γεωργική Φαρμακολογία.
8. **Καρανδεινός Γ. Μ, 1995.** Στοιχεία οικολογίας. 7-23 σελ.
9. **Καρανδεινός Μ. και Συνεργάτες, 1996.** Εργαστηριακές σημειώσεις Οικολογίας και Περιβάλλοντος. Ρήγα-Καρανδεινού Αντωνία, 1996. Βιοδείκτες-Βιομετρητές-Οικολογικοί Δείκτες, σελ. 90-95.
10. **Καρύδης Μ., 1989.** α΄ τόμος, «Κυτταρικοί Μηχανισμοί», Μηχανισμοί.
11. **Κουϊμτζής Θ., Σαμαράς Κ., Σκλαβούνος Σ., Αλμπάνης Τ., Βουτσά Δ. και Ζαχαριάδης Γ., 1993.** Αναλυτικοί προσδιορισμοί και χαρακτηρισμός της ποιότητας των επιφανειακών νερών – Περίπτωση Αλιάκμονα. Συνολική έκθεση πεπραγμένων ερευνητικού έργου του Εργαστηρίου Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
12. **Λαμπαδαρίου Νικόλαος, 2001.** Μελέτη του μειοβενθικού οικοσυστήματος του Αιγαίου με ιδιαίτερη έμφαση στους νηματώδεις. διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Κρήτης Τμήμα Βιολογίας.
13. **Adams W.J., (1995).** Aquatic toxicology testing methods. In: Handbook of Ecotoxicology.Eds. Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, G.A. Jr. and Cairns, J. Jr. Lewis Publishers, London. pp 25-46.
14. **ASTM, 1993.** ‘ASTM standards on aquatic toxicology and hazard evaluation’, ASTM, Philadelphia.

15. **Boxall A., Brown C. and Barrett K., 2002.** Higher-tier laboratory methods for assessing the aquatic toxicity of pesticides. *Pest Management Science* 58:637-648.
16. **Bricker O.P. and Jones B.F., 1995.** Main factors affecting the composition of natural waters. In: Salbu, B., E. Steinnes, (Eds). *Trace elements in natural waters*. Boca Raton: CRC Press, 1-5.
17. **Carson R.L., 1962.** *Silent Spring*. Riverside Press, Cambridge, MA, USA.
18. **Cope O.B., 1965.** Agricultural chemicals and freshwater ecological systems. In: *Research in Pesticides* (C Chincester Ed). Academic Press, New York, pp.115-128.
19. **De Henau H., 1998.** Biodegradation. In: Calow P, ed. *Handbook of Ecotoxicology*. Blackwell Science, Oxford: 355-377.
20. **Glenn W.S., Tara M.S., 1988.** Interaction of organic solvents with the green alga *Chlorella pyrenoidosa*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 40, 736–742.
21. **Grossmann K., Berghaus R., Retzlaff G., 1992.** Heterotrophic plant cell suspension cultures for monitoring biological activity in agrochemical research: comparison with screens using alga, germinating seeds and whole plants. *Pestic. Sci.* 35, 283–289.
22. **Hendry GAF, 1996.** Chlorophylls and chlorophyll derivatives. In: *Natural Food Colorants*. Hendry GAF and Houghton JD (eds). Blackie Academic & Professional, New York, 1996, pp. 131-156.
23. **Hunghes J.S., Erb K., 1989.** The relative sensitivity of five nontarget aquatic plant species to various pesticides. Presented at the 10th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, October 28, 1989 Toronto.
24. **Jay AE., 1996.** Toxic effect of organic solvents on the growth of *Chlorella vulgaris* and *Selenastrum capricornutum*. *Bull Environ Contam Toxicol* 57:191-198.
25. **Jianyi Ma, Ligen Xu, Shufeng Wang, Rongquan Zheng, Shuihu Jin, Songqi Huang and Youjun Huang, 2002.** Toxicity of 40 Herbicides to the Green Alga *Chlorella vulgaris*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 51, 128-132.
26. **Jianyi Ma, Shufeng Wang, Pinwei Wang, Liangjin Ma, Xiling Chen, Ruifu Xu, 2006.** Toxicity assessment of 40 herbicides to the green alga *Raphidocelis subcapitata*, *Ecotoxicology and Environmental, Safety* 63, 456–462.
27. **Klassen C., 1986.** Principles of toxicology, in: Klaasen C., Ambur M., Doull J., (eds), «*Toxicology The basic Science of poisons*», Mac Millan, New York, p.p 11-32.
28. **Kingsley S. Rowan, 1989.** *Photosynthetic Pigments of algae*. Cambridge University Press.

29. **Ma J., Liang W., 2001.** Acute toxicity of 12 herbicides to the green alga *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus*. *Bull Environ Contam Toxicol* 67:347-351.
30. **Ma J., Liang W., Xu L., Wang S., Wie Y., Lu J., 2001.** Acute toxicity of 33 herbicides to the green alga *Chlorella pyrenoidosa*. *Bull Environ Contam Toxicol* 66:536-541.
31. **Ma J., Xu L., Wang S., Zheng Y., Jin S., Huang Y, 2002.** Toxicity of 40 herbicides to the green alga *Chlorella vulgaris*. *Ecotoxicol Environ Saf* 51:128-132.
32. **Mauseth D. J., 2003.** BOTANY an introduction to plant biology. 617-654 pp.
33. **Mckay D., 1998.** Fate models. In: Calow P, ed. *Handbook of Ecotoxicology*. Blackwell Science, Oxford: 812-831.
34. **Moore R., Clark W.D., Stern R.K., 1995.** BOTANY. 623-650 pp.
35. **OECD, 2002.** (Organization for Economic Co-operation and Development) Guidelines for the testing of chemicals.
36. **Rand G.M. and Petrocelli S.R. 1985.** Introduction. In: *Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods and Applications*. Eds, Rand, G.M. and Petrocelli, S.R. Hemisphere Publishing Corporation, Washington. pp 1-28.
37. **Raven P.H., Evert R.F., Eichorn S.E., 1986.** *Biology of plants*. Worth Inc. New York.
38. **Ribeyre F., Amiard-Triquet C., Boudou A. and Amiard J-C., 1995.** Experimental study of interactions between five trace elements – Cu, Ag, Se, Zn, and Hg – toward their bioaccumulation by fish (*Brachydanio rerio*) from the direct route. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 32: 1-11.
39. **Roux D.J., 1990.** National water quality monitoring: The feasibility of implementing aquatic toxicity monitoring as part of surveillance monitoring in South Africa: A literature survey. Project Number N3/0601/4: Hydrological Research Institute, DWAf.
40. **Tanaka M., 2002.** *Illustrations of the Japanese freshwater plankton*. The university of Nagoya press. (in Japanese)
41. **Thomas KV, Fileman TW, Readman J, Waldock MJ, 2001.** Antifouling paint booster biocides in the UK coastal environment and potential risks of biological effects. *Mar Pollut Bull* (in press).
42. **Torstensson L. & Castillo Md.P., 1997.** Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment, *Pesticide Outlook* 8: 24-27.
43. **Van Straalen NM., 2003.** Ecotoxicology becomes stress ecology. *Environ Sci Technol.*, 37: 325A-330A.

44. **Vinten A. J. A., Howard R. S. & Redman M. H., 1991.** Measurement of nitrate leaching losses from arable plots under different nitrogen input regimes. *Soil Use Magmt.* 7: 3-14.
45. **Walker C.H. Hopkin S.P., Sibly R.M. and Peakall D.B., 1996.** Principles of ecotoxicology. 73 pp.
46. **Wintermans J.F.G.H. & De Mots, 1965.** Spectrophotometric characteristic of chlorophylls a and b and their phaeophytins in ethanol. *Biochem. Biophys. Acta* 109: 448-53.
47. **Yamagishi T., 1998.** Guide book to photomicrographs of the fresh algae. Unchida Rokakuho Pub. (in Japanese)

Διαδικτυακοί τόποι

www.chm.bris.ac.uk/motm/chlorophyll/chlorophyll.pdb

www.scitec.uwichill.edu.bb

www.water.ncsu.edu

www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/oikotoxikologia/oiktxk2_K05.pdf

www.chem.uoa.gr