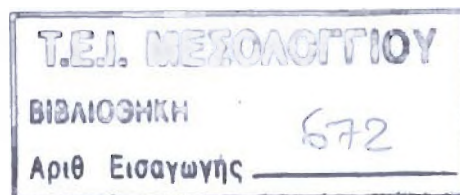


Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ – ΑΛΙΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ
ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ O_3 , Cl_2 ΚΑΙ UV ΣΤΙΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
Ν.Γ. ΒΛΑΧΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

ΠΟΛΥΔΩΡΑΤΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΓΙΟΥΛΤΟΥΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΚΑΡΑΜΑΝΙΩΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

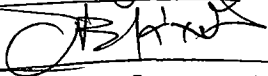
(4)

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 1999

υφρογιγγι 17/6/99.

Εμπόρευου

ο εισηγνισ



Ν.Γ. ΒΛΑΧΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κ.Νικόλαο Βλάχο για την μεγάλη βοήθεια που μας προσέφερε στην δημιουργία αυτής της εργασίας με την συνεχή παρουσία του σε κάθε ανάγκη και δυσκολία που μας παρουσιάστηκε. Άνθρωποι με το επιστημονικό υπόβαθρο και την κατάλληλη εκπαίδευση σαν τον κ.Νικόλαο Βλάχο είναι απαραίτητοι στην σημερινή εκπαίδευση για να μπορέσουν να μεταφέρουν τις γνώσεις τους στους σπουδαστές .

Σκοπός αυτής της πτυχιακής άσκησης είναι η κατανόηση της χρησιμότητας των μέσων απολύμανσης όσον αφορά την απόδοσή τους στις υδατοκαλλιέργειες αναλύοντας και επεξηγώντας μερικές από αυτές.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το όζον έχει βρεθεί χρήσιμο για διάφορες εφαρμογές που συσχετίζονται με τις ανθρώπινες εργασίες .Λόγω του μεγάλου οξειδωτικού δυναμικού , το όζον χρησιμοποιείται για την αποστείρωση του πόσιμου νερού και την περιποίηση του νερού πισίνας .Επίσης χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό για νερά λυμάτων .

Η εργασία αναφέρεται σε βασικές διεργασίες για την φύση του όζοντος, τις ιδιότητες του και τις αντιδράσεις του σε υδάτινα διαλύματα .Μελέτες που έγιναν για την τοξικότητα του όζοντος απέδειξαν ότι δεν είναι κατάλληλο για την περιποίηση του νερού σε καλλιέργειες ψαριών.

Παρόλα αυτά όμως χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό ιδιωτικών και δημόσιων ενυδρείων.Επίσης το όζον χρησιμοποιείται για σταθμούς καραντίνας και για καθαρισμό των φυτών στα μύδια.Εκτός από το όζον υπάρχουν και άλλες μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται όπως η χλωρίωση και η έκθεση σε υπεριώδης ακτινοβολία σύμφωνα με τις Μελέτες του Hubs (1930) και Doudoroff & Katz(1950), το όζον δεν είναι κατάλληλο για ιχθυοκαλλιέργειες .Ο Benoit & Matlin ήταν οι πρώτοι οι οποίοι επανεξέτασαν το όζον ως μέσο για τον έλεγχο των ασθενειών στα Αμερικανικά εκκολαπτήρια ψαριών .Σύμφωνα με όσα θα πούμε παρακάτω μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εγκλιματισμό των υδάτινων οργανισμών .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ

Το όζον δεν είναι παρά μια συγκεκριμένη μοριακή κατάσταση του οξυγονου. Το μόριο του όζοντος περιέχει 3 άτομα οξυγονου. Το μοριακό βάρος του είναι 48,00 grams/mole και έχει πολύ μικρή διπολική ροπή των 0,48-0,58 debye. Παρολο που το όζον γενικά είναι σταθερό σε οργανικούς διαλυτές, σε υδάτινα διαλύματα η διάλυση είναι σχετικά εύκολη και εξαρτάται από το οργανικό φορτίο και την τιμή του PH. O Spotte το 1979 ανέφερε 5 παράγοντες που επιδρούν στην διάλυση του όζοντος στο νερό :

- 1) Η συγκέντρωση του διαλυμένου οργανικού άνθρακα
- 2) Η συγκέντρωση συγκεκριμένου οργανικού άνθρακα

3) Η συγκέντρωση και τα είδη οργανικών ιόντων στο διάλυμα

4) Το μέγεθος του ΡΗ

5) Η θερμοκρασία

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΖΟΝΤΟΣ

Η παραγωγή όζοντος γίνεται με ηλεκτρικές εκκενώσεις. Ένα ρεύμα περνά ανάμεσα από δυο παράλληλες επιφάνειες. Για να εξασφαλίσουμε την ομοιομορφία του ρεύματος, τοποθετούμε ένα διηλεκτρικό υλικό που να ακουμπάει την μια ή και τις επιφάνειες. Στεγνός αέρας περνάει μέσα από τις επιφάνειες και με την ενέργεια στο κατάλληλο σημείο έχουμε τον σχηματισμό όζοντος. Επειδή το 90% της ενέργειας που χρειάζεται για να παραχθεί το όζον καταναλώνεται ως θερμότητα χρησιμοποιούμε ψυκτικά μέσα για να μην έχουμε απώλειες ενέργειας.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του όζοντος είναι δύσκολος τόσο στον αέρα , όσο και τα υδατικά διαλύματα. Από τις πιο σημαντικές μεθόδους για χαμηλό προσδιορισμό του όζοντος στον αέρα είναι μέθοδος αμύλου-ιωδίου, η μέθοδος της οξειδωσης της φαινολοφθαλείνης , η απορρόφηση των υπεριωδών ακτινοβολιών, η μέθοδος ισορρόπησης του νιτρογόνου και του διοξειδίου και η αντίδραση της sodium diphenylamine-sulphonate.

Πιο πρόσφατες μέθοδοι για συνεχή μέτρηση του όζοντος έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας αυτόματες συσκευές με ένδειξη .

Τα προβλήματα για τον προσδιορισμό του όζοντος προέρχονται από την ταχεία αποσύνθεση του , από απώλειες στην ατμόσφαιρα πάνω από το διάλυμα και από την αντίδραση του όζοντος με το συστατικό στο νερό .Όλα αυτά βοηθάνε στη λάθος μέτρηση .Η θερμοκρασία και ο

χρόνος που περνάει μεταξύ της συλλογής του δείγματος και της μέτρησης του όζοντος επηρεάζουν την ακρίβεια του προσδιορισμού .Ο Kinsman το 1975 προσδιόρισε τις επιπτώσεις ορισμένων ιόντων ,στον σχηματισμό των λευκοκρυστάλλων μοβ χρώματος που παράγεται από το όζον και βρέθηκε ότι μόνο θειούχα , θειικά άλατα και χρωματικά ιόντα παίρνουν μέρος σε συγκεντρώσεις σε απόβλητα νερά.

ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ

Ο Magnum και ο McRhenny αναφέρουν ότι το όζον παράγει κατάλοιπα οξειδίων μεγάλης διάρκειας στο θαλασσινό νερό.Επίσης έχουμε την υπόθεση ότι το βρωμιούχο ιόν , το οποίο είναι παρόν στο θαλασσινό νερό με 35% αλατότητα σε συγκέντρωση 60ppm, μπορεί να εναλλαχτεί σε βρωμιούχο ή υποβρωμιούχο οξύ. Κατά την οζονοποίηση οι Pichet και Hurtubise βρήκαν ότι οι τιμές των οξειδωτικών κατάλοιπων ήταν λιγότερες από ότι μια ολόκληρη εναλλαγή βρωμιούχων στο νερό .Όπως υποτέθηκε

αυτό το περίσσιο βρωμιούχο μπορεί να αντιδράσει με το όζον ως προς υποβρωμικά ιόντα. Οπότε η κύρια αντίδραση του όζοντος στο νερό είναι η οξειδωση των βρωμιούχων σε βρωμικά. Ο Blogoslawksi το 1976 μελέτησε τις συγκεντρώσεις βρωμιούχων στο οξειδωτικό σημείο. Αναφέρθηκαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1) Η σπεκτοφωτομετρική δουλειά, μας έδειξε για το όζον 253nm σε απεσταγμένο νερό. Καμία άλλη μέτρηση δεν είχε παρατηρηθεί σε τόσο μεγάλο βαθμό όσο αυτή. Αυτό επισημαίνει ότι υπολείμματα άλλων προϊόντων εκτός του όζοντος ήταν παρόν.

2) Με αύξηση στη συγκέντρωση των βρωμιούχων, τα οξειδωτικά υπολείμματα αυξάνονται μέχρι να φτάσουν μια συγκεκριμένη τιμή πέρα από την οποία δεν είχαμε άλλη αύξηση. Υποτέθηκε ότι σε αυτό το σημείο όλο το όζον έχει αντιδράσει με τα βρωμικά.

3) Τα υπόλοιπα μειωνόντουσαν πολύ σιγά με τον χρόνο. Υπήρχαν ακόμα 3,5ppm οξειδωτικών μέσα στο νερό μετά από 24 ώρες. Ο Johnson εξέφρασε αμφιβολίες ότι το υποβρωμικό οξύ ή υποβρωμιούχα ιόντα θα αντέχουν σε pH 8,0 ενώ ήταν πιο πιθανό να αποσυντεθούν βρωμικά ιόντα

. Ο Ingols το 1978 κατέληξε ότι τα βρώμικα σε θαλασσινό νερό οξειδώνονται σε βρωμιούχο από το όζον.

Ερευνητές στο ενυδρείο SEA WORLD του ORLANDO έκαναν τις εξής παρατηρήσεις, βρήκαν υψηλά επίπεδα κατάλοιπων όζοντος σε δεξαμενή τα οποία διαρκούσαν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (περίπου μια εβδομάδα), αλλά δεν βρήκαν οξειδωτικά κατάλοιπα μετά την οζονοποίηση νερού που περιείχε χλωριούχο κάλιο.

. Ο Ingols το 1978 κατέληξε ότι τα βρώμικα σε θαλασσινό νερό οξειδώνονται σε βρωμιούχο από το όζον.

Ερευνητές στο ενυδρείο SEA WORLD του ORLANDO έκαναν τις εξής παρατηρήσεις, βρήκαν υψηλά επίπεδα κατάλοιπων όζοντος σε δεξαμενή τα οποία διαρκούσαν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (περίπου μια εβδομάδα), αλλά δεν βρήκαν οξειδωτικά κατάλοιπα μετά την οζονοποίηση νερού που περιείχε χλωριούχο κάλιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΑΦΗΣ

Βασικά υπάρχουν μόνο τέσσερις τύποι μηχανημάτων επαφής υγρού με αερίου που χρησιμοποιούνται με διάφορες μετατροπές. Οι τέσσερις τύποι συστημάτων επαφής υγρού-αερίου είναι:

- 1) Πύργοι επαφής
- 2) Σύστημα τύπου 'συσκευασμένων κρεβατιών'
- 3) Πύργους με ανασηκωμένα ελάσματα
- 4) Μονάδες που να διοχετεύουν φυσαλίδες στο υγρό.

Στους πύργους ψεκασιού, το υγρό που πρέπει να καθαριστεί διανέμεται μέσω ψεκαστήρων. Στο κυκλικό τριβείο σπρέι το νερό διανέμεται από μια κεντρική σωλήνα, ενώ το όζον ψεκάζεται με την μορφή αερίου μέσω

εσοχής. Αυτά τα συστήματα διανέμουν το όζον υπό μορφή αερίου σε ένα ρεύμα νερού.

Για να ενισχύσουμε την μεταφορά του όζοντος στο αντιδραστήριο πρέπει να αυξήσουμε την πίεση. Το πιο πολύ όζον παράγεται σε πιέσεις από 0,7 έως 0,8 bar και αυτό μειώνει το ύψος του υγρού γύρω στα 5 μέτρα.

Σε σπιτικά ενυδρεία , η οζονοποίηση έχει συνδυαστεί με τον καθαρισμό του αφρού. Στον διαχωρισμό αφρού , το μάζεμα γίνεται μέσω μιας αεραντλίας . Οι απόβλητοι αφροί σε μεγαλύτερες μονάδες δεν μπορούν να καθαριστούν άμα μεγαλώσουμε τις αεραντλίες αυτές που τραβούν νερό. Συνήθως ο αέρας που περιέχει όζον εμβολιάζεται και το νερό τοποθετείται σε κυκλική δεξαμενή για να αντιδράσει. Ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η εξάρτηση του ρυθμού ροής. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα μια τροποποιημένη δεξαμενή δημιουργήθηκε. Σε αυτήν την δεξαμενή ο αέρας που περιέχει όζον οδηγείται με μεγάλη ταχύτητα μέσω ενός περιστρεφόμενου δίσκου στο κέντρο του αντιδραστήρα.

Σε σχέση με την μέθοδο του εμβολιασμού η διαδικασία αυτή έχει δυο πλεονεκτήματα .

1) Η ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου του νερού μέσα στον αντιδραστήρα είναι ανεξάρτητη από τον ρυθμό ροής του νερού, επιτρέποντας έτσι να έχουμε καλύτερο καθαρισμό.

2) Επειδή το μέγεθος των φυσαλίδων είναι πολύ μικρότερο από εκείνο της ένεσης, έχουμε σαν αποτέλεσμα καλύτερη επαφή του υγρού και του αερίου. Αυτός είναι σημαντικός παράγοντας που επιτρέπει μεγάλη αντίδραση του όζοντος με το νερό, ειδικά το θαλασσινό όπου η αποσύνθεση του όζοντος είναι γρήγορη. Ο τεμαχισμός του αφρού δουλεύει καλά στο θαλασσινό νερό αλλά λιγότερο αποτελεσματικά στο καθαρό νερό, κυρίως λόγω της σταθερότητας του που επηρεάζεται από την επιφανειακή τάση και το μέγεθος των φυσαλίδων. Η σταθερότητα του αφρού περιλαμβάνει ότι:

1) η συγκέντρωση του επιφανειακού στρώματος είναι διαφορετική από αυτήν του νερού και

2) το επιφανειακό στρώμα πρέπει να έχει υψηλή γλίτσα.

Αυτές οι ιδιότητες δεν ελέγχονται μόνο από ενεργά υλικά της επιφάνειας, αλλά επίσης από το pH, την

θερμοκρασία και το μέγεθος των φυσαλίδων. Πολλοί από αυτούς τους παράγοντες είναι πέρα από τον έλεγχο των ιχθυολόγων. Έχει αποδειχτεί ότι ο συνδυασμός της οζονοποίησης με τον τεμαχισμένο αφρό είναι από τους πιο αποτελεσματικούς. Αυξημένη σταθεροποίηση του αφρού προκλήθηκε ίσως από την οζονοποίηση του σιδηρού και υδροξειδίου του μαγγανίου.

ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΝΕΡΩΝ ΠΙΣΙΝΑΣ

Το όζον χρησιμοποιείται στο εμπόριο εδώ και 60 χρόνια για αποστείρωση του πόσιμου νερού. Το Παρίσι ήταν η πρώτη πόλη που χρησιμοποίησε την μέθοδο του όζοντος . Σήμερα το όζον χρησιμοποιείται για καθαρισμό στην Ιαπωνία, τις ΗΠΑ, τον Καναδά και ειδικά στην Ευρώπη , όπου κάποιες από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις όζοντος έχουν εγκατασταθεί. Στις αρχές του 1970 περισσότερες από

500 κοινότητες σε 50 χώρες χρησιμοποιούσαν όζον, σαν απολυμαντικό.

Σύμφωνα με τον Suchkov το 1964 μια δόση 4-5 mg όζοντος είναι ικανό να απενεργοποιήσει το 99,7-99,9% των ιών του πολυμελίτη και το *Shigella dysenterias* σε νερά ποταμών, μέσα σε λίγα λεπτά. Ο Periman ανέφερε ότι κατάλοιπα του όζοντος σε συγκεντρώσεις 0,7 mg μείωναν τους ιούς σε ένα ποσοστό του 0,01% σε 4 λεπτά. Ο Diaper το 1968 παρατήρησε ότι οξειδωτικά κατάλοιπα των 0,1-0,2 PPM ήταν υπεύθυνα για την απενεργοποίηση εντερικών ιών σε πόσιμο νερό μέσα σε 5 λεπτά . Μια αρχική συγκέντρωση του όζοντος των 1,27 ml και στην συνέχεια 0,23 mg/l μετά από 2.5 λεπτά επαφής βρήκαμε ότι το 99,9% ιών του πολυμελίτη απενεργοποιήθηκαν.

Πέρα από την συγκέντρωση ο χρόνος επαφής του όζοντος είναι πολύ σημαντικός για την απενεργοποίηση των ιών του πολυμελίτη . Σύμφωνα με τον Majumdar το 1972 υπήρχαν δυο ρυθμοί μηχανισμού απενεργοποίησης , ο ένας μεγαλύτερος των 1,0 mg και ο άλλος μικρότερος των 1,0 mg .

Ο Korke το 1965 έκανε επίδειξη του όζοντος ως προς την απενεργοποίηση των σπορών του E.coli, διαφορετικών τύπων αλγών και πρωτόζωων στα οποία το όζον δρα πιο γρήγορα από την χλωρίνη.

Κατάποση του νερού αποστειρωμένου με όζον δεν αφήνει πολλά ενεργά κατάλοιπα. Από την άλλη μεριά όμως χρειαζόμαστε ένα οξειδωτικό κατάλοιπο στην διανομή . Για αυτόν το λόγο προσθέτουμε και χλωρίνη . Η χλωρίνη έχει πολλές αποστειρωτικές ιδιότητες, αλλά θεωρείται δυνατόν ότι προκαλεί καρκινογενετικά προβλήματα. Έτσι χρησιμοποιούμε το όζον το οποίο αντιδρά με την ύλη μέσα στο νερό και μετά χρησιμοποιούμε χλωρίνη ,Έτσι ώστε αυτή να μην αντιδράσει με οργανικά συστατικά.

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΤΩΝ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΥΔΡΕΙΩΝ

Ο Hohm και ο Chavin το 1976 μελέτησαν την εφαρμογή του όζοντος στην συντήρηση του νερού σε κλειστά συστήματα τοπικών ενυδρείων. Ο Hohm περιέγραψε την συντήρηση για ολική αμμωνία, ανιονισμένη αμμωνία και νιτρώδη όταν το όζον χρησιμοποιείται σαν οξειδωτικό συμπλήρωμα στο βιολογικό φίλτρο και στις δυο κλίμακες (2.27m³) και (75.7m³). Μέσα σε 24 ώρες μετά την λήξη της επεξεργασίας του όζοντος, αυτές οι στάθμες αυξάνονται σημαντικά. Κατά την ομαλή διαχείριση του κλειστού συστήματος τα μικροβιακά φορτία είναι παρόμοια σε ένα ενυδρείο, αλλά μειώθηκαν αισθητά από την οζονοποίηση.

Ο Hohm το 1979 κατέληξε από τους 18μηνους υπολογισμούς του θαλάσσιου ανακυκλωμένου συστήματος ότι τα νιτρογενή απόβλητα που περιέχονται στην θάλασσα είναι ποικίλα. Αυτό δεν ήταν έκπληξη αν αναλογιστεί κανείς ότι δεν έγινε καμία προσπάθεια για διατήρηση συγκεκριμένης βιομάζας. Τελικά τα επίπεδα διατηρούνται μέσα σε αποδεκτά όρια και αυτό αποδίδεται στην ελαστικότητα που παρέχει στο σύστημα η οζονοποίηση. Με

την χρησιμοποίηση του όζοντος τα επίπεδα της αμμωνίας πέφτουν κάτω από τις οριακές τιμές .

Το όζον προσφέρει σταθερότητα στην ποιότητα του νερού , ειδικά σε ανακυκλώσιμα συστήματα. Η σημασία του να διατηρεί κανείς το νερό σταθερό είναι ότι δεν στρεσάρονται τα ψαριά . Υπάρχουν ορισμένες παρατηρήσεις που αναφέρονται στο ότι η οξειδωση της αμμωνίας λαμβάνει χώρα σε καθαρό νερό, παρόλο που η αντίδραση είναι αργή .

Ο Schleshner και ο Rhinheimer το 1974 μελέτησαν την αποτελεσματικότητα μονάδων οζονοποίησης , βασιζόμενοι πάνω στην μέτρηση των βακτηριών σε περιποιημένα ανακυκλώσιμα νερά στο Kiel. Βρήκαν σημαντική μείωση στην σαπροφυτική πλάκα . Εφόσον τα απόβλητα νερά είναι φορτωμένα με οργανικά απόβλητα, απέδωσαν την μείωση των βακτηριών στον παράγοντα ότι η οζονοποίηση συνδυάσθηκε με μάζεμα αφρού. Το όζον έχει μάλλον μια ουδέτερη δράση λόγω της οξειδωτικής του ποσότητας. Μια αύξηση στην επιφανειακή τάση που προκλήθηκε από μικρότερες φυσαλίδες στον αντιδραστήρα το οποίο σημαίνει πιο συνεκτική παραγωγή αφρού. Αυτός ο αφρός δρα σαν να μαζεύει βακτήρια .

Ένας συνδυασμός του όζοντος με αφρό , δείχνει να είναι η πιο ελπιδοφόρα για λειτουργία σε υδατοκαλλιέργειες για το μέλλον.

ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Σε ένα ενυδρείο μελετήθηκαν οι επιδράσεις ενός δοκιμαστικού συστήματος οζονοποίησης για φυτά . Η ανάλυση έδειξε ότι το όζον είχε καλύτερα αποτελέσματα από ότι το αντίστοιχο υπεριώδών ακτινών. Το όζον κατέστρεψε πολυκύτταρα άλγη που υπεριώδη ακτινοβολία δεν μπόρεσε . Τα επίπεδα της αμμωνίας έπεσαν κατά 70% με την χρησιμοποίηση του όζοντος.

Η επεξεργασία του ανακυκλωμένου νερού με όζον είχε αξιοσημείωτη επίδραση στο περιεχόμενο χαμηλών βιοδιασπώμενων οργανικών υλών στο περιβάλλον καλλιέργειας. Στις συγκεντρώσεις όζοντος μεταξύ 6,8 και 10,4 mg O₃ l⁻¹ το BOD₅ φορτίο του επεξεργασμένου νερού αυξήθηκε σημαντικά , υποδηλώνοντας ότι εκείνες οι ουσίες στις οποίες επιτίθενται εύκολα τα βακτήρια του

βιοφίλτρου διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια, που τότε είναι διαθέσιμα για βιολογική διάσπαση. Η επίδραση της οζονοποίησης στις χαμηλό-διασπώμενες οργανικές ύλες παρουσιάζεται πιο ξεκάθαρα όταν καθορίζουμε τις διασπάσεις COD και TOC στο σύστημα σποραδικά με και χωρίς οζονοποίηση. Χωρίς την επεξεργασία με όζον, οι ουσίες που είναι πολύ ανθεκτικές στην βιολογική διάσπαση θα συσσωρευτούν στο σύστημα ανακύκλωσης. Η διακοπτόμενη οζονοποίηση αποδείχτηκε να αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην διάσπαση εκείνων των ουσιών που δεν αποσυντίθενται εύκολα από τα βιοφίλτρα (Εικ. 12).

Παρόμοιες παρατηρήσεις αναφέρθηκαν από τον Malleviale κ.α. (1978), που μελέτησαν την καταστροφή των οργανικών ουσιών από το όζον ενώ διαφοροποίησαν ποικίλες πειραματικές παραμέτρους, όπως ο χρόνος επαφής, το χρώμα, το σύνολο οξύτητας και η συγκέντρωση παραγώγων με πολλά υδροξύλια. Αυτοί οι συγγραφείς βρήκαν χρωματική αφαίρεση περισσότερο από 90% μέσα σε 10 λεπτά. Σε αυτό το περιβάλλον, τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν από τους Narkis και Schneider-Rotel (1980) σε ικανότητα

βιοδιάσπασης με επεξεργασία με όζον μη-ιονισμένων απορρυπαντικών είναι πάρα πολύ ενδιαφέροντα. Αυτοί οι συγγραφείς ανακάλυψαν μια γενική αφαίρεση 70% COD και 23% του TOC με βιοδιάσπαση μετά την οζονοποίηση, σε σύγκριση με 8-25% αφαίρεση COD και 23% TOC κατά τη διάρκεια ενός τεστ βιοδιάσπασης μη-οζονοποιημένων μη-ιονισμένων απορρυπαντικών. Η βελτίωση της βιοδιάσπασης που προκλήθηκε από την οζονοποίηση εξηγείται από αλλαγές στη μοριακής δομής, που αυξάνει την ικανότητα βιοδιάσπασης.

Η συνεχόμενη μείωση του TOC έδειξε ότι υπήρχε σταδιακή οξείδωση των οργανικών μειγμάτων. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης διάσπασης πολυμερών, το BOD5 αυξήθηκε, πράγμα που σημαίνει ότι επιβεβαιώνονται οι παρατηρήσεις του Rosenthal κ.α. (1979) στο σχηματισμό πιο βιοδιασπώμενων ουσιών. Υπάρχουν επίσης και άλλες πειραματικές αποδείξεις ότι η οζονοποίηση διασπά οργανικές ύλες με μακριές αλυσίδες που διαλύονται σε απόβλητα.

Για παράδειγμα, η ποσότητα των οργανικών οξέων στο νερό της λίμνης Κόνστανς αυξήθηκε από 60 σε περίπου 72%

του συνολικού BOD φορτίου όταν εφαρμόστηκε η οζονοποίηση, μέσου της οποίας μεταφέρθηκαν σημαντικές ποσότητες διαλυτών οργανικών υλών σε πιο πολικές ουσίες με μικρότερα μοριακά βάρη (Maler, 1974), ένα γεγονός που μπορεί να χρησιμεύσει όταν συνδυάζεται η επεξεργασία με όζον με τον διαχωρισμό με χρήση αφρού.

Στις ΗΠΑ, η Sea World Oceanaria στο Οχάιο και στη Φλόριντα οζονοποιούν μεγάλες ποσότητες ανακυκλωμένου θαλάσσιου νερού συνεχώς (Murphy, 1975). Η Sea World στο Οχάιο εκθέτει μόνο θαλάσσια θηλαστικά. Τα απόβλητα από την δεξαμενή έκθεσης οζονοποιούνται σε ένα σύστημα επικοινωνίας και μετά περνούν μέσα από ένα φίλτρο άμμου, μετά επιστρέφουν στην δεξαμενή. Στο Sea World του Ορλάντο, χρησιμοποιούνται ισοδύναμα συστήματα. Ο Blogoslawski και άλλοι (1975) παρουσίασαν το σχέδιο του συστήματος φιλτραρίσματος θαλασσινού νερού που χρησιμοποιεί όζον.

ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΟΣΤΡΑΚΟΔΕΡΜΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΡΑΝΤΙΝΑΣ.

Η χλωρίωση έχει χρησιμοποιηθεί πολλά χρόνια σε πολλά εργοστάσια καθαρισμού στρειδιών. Τα αποτελέσματα που περιγράφηκαν από τους Dodgson (1928), Baird (1954), & Wood (1957) είναι πολύ γνωστά σαν κλασικά παραδείγματα ικανοποιητικής λειτουργίας τέτοιων μονάδων. Στις αρχές του '60, ωστόσο, η γενική κατεύθυνση ήταν προς την ανάπτυξη εργοστασίων καθαρισμού που χρησιμοποιούν άλλα μέσα καθαρισμού του νερού. Εφόσον δεν θεωρήθηκε πως η χλωρίωση παίζει σημαντικό ρόλο στη αποστείρωση του νερού για τους σκοπούς των ενυδρείων, αυτή η μέθοδος δεν θα μελετηθεί λεπτομερώς. Ο Wood (1961) πρότεινε πως ο υπεριώδης φωτισμός είναι καλύτερο μέσον για την αποστείρωση του νερού.

Παραδείγματα ποικίλων μεθόδων θαλάσσιου νερού με χλώριο παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Η πρώτη προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί όζον για την αποστείρωση θαλάσσιου νερού στο οποίο έχουν προστεθεί ανθρώπινοι παθογόνοι εξηγήθηκε από τον Violle (1929). Στη Γαλλία (Anon, 1972) και αργότερα σε άλλες περιοχές, η πρακτική

εφαρμογή του όζοντος οδήγησε στην ανάπτυξη των εμπορικών σταθμών καθαρισμού όζοντος για οστρακόδερμα. Για πολλά χρόνια, εφαρμόστηκε επιτυχώς αυτή η διαδικασία για τον καθαρισμό οστρακόδερμων που μολύνθηκαν από κολοβακτηρίδια (Salmon και άλλοι, 1937). Τα πειραματικά αποτελέσματα που έλαβε ο Fauvel (1963) χρησίμευσαν σαν οδηγός για την κατασκευή των εννέα εγκαταστάσεων καθαρισμού που υπάρχουν στη Γαλλία (Bogoslawski, 1977). Οι πιο παλιοί σταθμοί χρειάζονταν ένα μήνα για να καθαρίσουν τα μολυσμένα ζώα, ενώ εκείνοι οι σταθμοί που χρησιμοποιούσαν όζον μπορούσαν να καθαρίσουν οστρακόδερμα μέσα σε 48 ώρες. Τις λειτουργικές διαδικασίες και τα αποτελέσματα που πήραν κατά τη διάρκεια διάφορων εποχών του χρόνου, περιγράφηκαν πρόσφατα από τον Faurel κ.α. (1979)

Η απολύμανση με όζον των αποθεμάτων νερού στις εγκαταστάσεις καλλιέργειας θαλασσίων οργανισμών εξασφαλίζει όχι μονάχα την πρόληψη ασθενειών που προκαλούνται από μολυσμένο νερό, αλλά εξυπηρετεί και σαν μέτρο καραντίνας για να προστατευθεί το γύρω περιβάλλον του εκκολαπτηρίου από τη μετάδοση παθογόνων που

εισάγονται από εξωτικά είδη. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Αλιείας Prince Edward Island (Καναδάς) σκόπευε να εισάγει Argopecten irradians irradians στην περιοχή για εμπορική καλλιέργεια. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα κτένια του κόλπου δεν είναι ντόπια, θεωρήθηκε σημαντική μια περίοδος καραντίνας για να προστατευτεί το τοπικό θαλάσσιο περιβάλλον. Αυτή η περίοδος θα 'πρεπε να συνεχίσει με τακτικά τεστ για παθογόνα, μέχρι να αποκτηθεί μια F2 γενιά χωρίς ασθένειες. Αυτό θα δώσει προκαταρκτικά αποτελέσματα για την αποτελεσματικότητα των εκροών απολυμασμένου θαλάσσιου νερού σε αυτή την νέο-κατασκευασμένη μονάδα καραντίνας οστρακόδερμων (Townshend, 1980). Από εκτεταμένες έρευνες με αρκετές διαδικασίες επεξεργασίας, ο Blogoslawski κ.α. (1978) συμπέραναν ότι ο υπεριώδης φωτισμός και το αέριο όζον είναι δύο μέθοδοι που θα φαίνονταν πρακτικά και αποτελεσματικά βακτηριοκτόνα για την εφαρμογή σε εκκολαπτήρια οστρακόδερμων όπως και σε σταθμούς καραντίνας.

Πίνακας 1. : Παραδείγματα μεθόδων καθαρισμού θαλάσσιου νερού με χλώριο που χρησιμοποιούνται συνήθως

στις εγκαταστάσεις καθαρισμού οστρακόδερμων (μετά τον Blogoslawski, 1980)

| ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
|-------------------------|---|
| R.W.Dogson (Αγγλία) | <p>Οστρακόδερμα που εκτέθηκαν σε 3ppm χλωρίου βουτηγμένα σε θαλάσσιο νερό για 20 ώρες. Η διαδικασία επαναλήφθηκε. Τα οστρακόδερμα βυθίστηκαν σε διάλυμα υποχλωρίτη ασβεστίου και συσκευάστηκαν.</p> |
| Jacques Chabal (Γαλλία) | <p>Το εξωτερικό κέλυφος αποστειρώθηκε με ενεργό χλώριο, ακολούθησε καθαρισμός 3-ημερών σε φιλτραρισμένο θαλάσσιο νερό</p> |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <p>W. Firth Wells (Νέα Υόρκη)</p> | <p>Τα εξωτερικά κελύφη αποστειρώνονται σε χλωριωμένο θαλάσσιο νερό (2ppm χλωρίου). Εσωτερικοί ιστοί καθαρίστηκαν σε αποχλωριωμένο θαλάσσιο νερό. Η διαδικασία επαναλήφθηκε τέσσερις φορές σε 24 ώρες.</p> |
| <p>L.M. Fisher (Μασαχουσέτη)</p> | <p>Ψεκασμός ενεργού σε θαλάσσιο νερό κάθε 3 ώρες για να διατηρηθεί ένα υπόλειμμα 0,3 ppm. Τα οστρακόδερμα κρατήθηκαν για 3 ημέρες.</p> |
| <p>R.E. Tarbett (ΗΠΑ)</p> | <p>Τα κελύφη πλύθηκαν με 2ppm χλωριωμένο θαλάσσιο</p> |

| | |
|--|---|
| | νερό, καθαρίστηκαν για 20 ώρες σε θαλάσσιο νερό που χλωριώθηκε σε 2ppm και μετά αποχλωριώθηκε. Η διαδικασία επαναλήφθηκε. |
|--|---|

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ.

Οι Colberg και Lingg (1978) πρότειναν να χρησιμοποιηθεί το όζον όχι μόνο σαν απολυμαντικό για μεταποιημένο νερό σε εκκολαπτήρια ιχθύων αλλά επίσης για την καταστροφή βακτηριακών παθογόνων στα ψάρια στα συστήματα ανακύκλωσης, εφόσον τα εμπλουτισμένα επίπεδα μεταβολιτών λόγω του ό,τι συγκεντρώνονται σε τέτοια συστήματα αυξάνουν επίσης την πιθανότητα να ξεσπάσουν ασθένειες. Αυτοί οι συγγραφείς απόδειξαν βαθμούς θνησιμότητας για τέσσερις βακτηριακούς παθογόνους ιχθύων

(Aeromonas salmonicida, A. Liquefaciens, Pseudomonas fluorescens, Yersinia ruckeri) κατά τη διάρκεια ομαδοποιημένης και συνεχούς ροής οζονοποίησης. Παρατηρήθηκε θνησιμότητα των παθογόνων ψαριών πάνω από 99% μέσα σε 60 δευτερόλεπτα επαφής κατά τη διάρκεια έκθεσης σε συνεχόμενη ροή 1,0 και 0,1 mg O₂ l⁻¹.

Σύμφωνα με τους Golberg και Lingg (1978), η Aeromonas salmonicida, ήταν η πιο ευαίσθητη στο όζον στις μελέτες της συνεχόμενης ροής όζοντος, γεγονός που διαψεύδει τα ευρήματα των Wedemeyer και Nelson που ανέφεραν ότι A: η salmonicida, ήταν πιο ανθεκτική στο όζον απ' ό,τι ήταν ο αιτιολογικός παράγοντας της εντερικής ασθένειας (ERM). Αν και αυτές οι διαφορές εξηγούνται εκτενώς, μπορεί κανείς να υποθέσει ότι παράγοντες όπως οι διαφορές γένους, διαφορές PH, και διαφορές στις συνθήκες καλλιέργειας (θερμοκρασίας, προεπεξεργασία μέσων) πετυχαίνουν την αντίδραση στην έκθεση με όζον.

Σε αποσταγμένο νερό με απόσβεση φωσφορικών αλάτων, με 0,01 mg l⁻¹ όζον απενεργοποίησε 10³ κύτταρα ERM και A. salmonicida, σε ½ και 10 λεπτά, αντίστοιχα. Για να

καταστραφούν και οι δύο παθογόνοι χρειάστηκε οζονοποίηση των φυσικών νερών της λίμνης με $90 \text{ mg O}_3 \text{ l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (ισοδύναμα σε υπόλειμμα $0,01 \text{ mg l}^{-1}$) σε ελεύθερο νερό από ζήτηση όζον μέσα σε 10 λεπτά. Ο Wedemeyer κ.α. (1978) όρισε τις καμπύλες αδρανοποίησης του όζοντος σε τρεις τύπους νερού στους 10 βαθμούς Κελσίου για τους παθογόνους ιούς των ψαριών, την μολυσματική αιματοποιητική νέκρωση (IHNV) και τη μολυσματική παγκρεατική νέκρωση (IPNV).

Στο αποσταγμένο νερό με απόσβεση φωσφορικών αλάτων, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια δόση όζοντος $0,01 \text{ mg l}^{-1}$ για 30 και 60 δευτερόλεπτα για να αδρανοποιηθούν οι IHNV & IPNV, αντίστοιχα. Σε σκληρά (120 mg l^{-1} σαν CaCO_3) και μαλακά (30 mg l^{-1}) νερά λίμνης, ένας βαθμός εφαρμογής όζον από $70 \text{ mg l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ για 10 λεπτά κατέστρεψε τον IHNV. Η αδρανοποίηση του IPNV σε σκληρό νερό απαιτούσε $90 \text{ mg O}_3 \text{ l}^{-1} \cdot \text{h}$ για 10 λεπτά, αλλά μόνο 30 δευτερόλεπτα χρόνου επαφής σε μαλακά νερά.

Βασιζόμενος σε αυτά τα αποτελέσματα και σε συγκριτικές έρευνες με χλώριο, ο Wedemeyer κ.α. (1978) συνέστησαν τη χρήση όζοντος σαν παράγοντα ελέγχου

ασθενειών σε εκκολαπτήρια ψαριών. Ο Conrad κ.α. (1975) και ο Rosenlund (1974) μελέτησαν επίσης το όζον σαν παράγοντα ελέγχου ασθενειών μη-ανθεκτικό σε εντατική ιχθυοκαλλιέργεια για να καταστραφούν οι βακτηριακοί και προερχόμενοι από ιό παθογόνοι ψαριών σε εισερχόμενα και εξερχόμενα νερά εκκολαπτηρίων. Ο Conrad κ.α. (1975) έδειξαν πως το όζον κατέστρεψε αποτελεσματικά τον Flexibacter Columnaris σε 10^3 - 10^5 κύτταρα ml^{-1} , όμως δυστυχώς, ο αποτελεσματικός χρόνος επαφής και η πραγματική δόση δεν καθορίστηκαν.

Ο Burleson κ.α. (1975), μελετώντας τις επιδράσεις του όζοντος σε ανθρώπινους παθογόνους, περιέλαβε ένα παθογόνο ιχθύων στις έρευνες τους: Pseudomonas fluorescens. Βρήκαν πλήρη και γρήγορη καταστροφή (μέσα σε 1 με 2 λεπτά) σε σχετικά χαμηλή αλλά ποικίλη συγκέντρωση όζοντος όταν η : Pseudomonas fluorescens αιωρήθηκε σε δευτεροβάθμια επεξεργασία εξερχόμενων αποβλήτων σε περίπου 10^7 κύτταρα ml^{-1} .

Ο Straub (1975) ανέφερε επιτυχημένη καταστροφή των βακτηριδίων στο απόθεμα νερού του εκκολαπτηρίου από όζον, έτσι αυξήθηκε πολύ η επιβίωση των αυγών. Η

θνησιμότητα έφτασε το 45% του συνολικού αριθμού των αυγών που επώαστηκαν σε φυσικό νερό, ενώ οι απώλειες αυγών σε οζονοποιημένο νερό ήταν μόνο 4 με 5%.

Ο Danielsen (1975) μελέτησε την επίδραση της επεξεργασίας του θαλασσινού νερού με όζον στο σύστημα απορροής για την παραγωγή του σολομού *oncorhynchus kisutch*. Οι θνησιμότητες ασθενειών αναμένονταν να είναι σημαντικά μικρότερες στην ομάδα δοκιμής απ' ό,τι στην ομάδα ελέγχου σαν άμεσο αποτέλεσμα της επεξεργασίας του θαλασσινού νερού με όζον.

Το όζον εφαρμόστηκε σε βαθμό $3 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$, και οι βαθμίδες ροής νερού διατηρήθηκαν στα 5 gpm. Το υπολειμματικό όζον αφαιρέθηκε με ένα ενεργοποιημένο φίλτρο ξυλάνθρακα πριν μπει το νερό στην τελευταία δεξαμενή. Επειδή δεν βρέθηκε επιδημική μόλυνση από βακτήρια *vibrio* κατά τη διάρκεια πειραματισμών, η αρχική υπόθεση δεν αποδείχτηκε. Ωστόσο, υπήρχαν στοιχεία ότι είχε επιτευχθεί καλύτερη ανάπτυξη από την ομάδα δοκιμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΟΞΙΝΩΣΗ ΚΟΚΚΙΝΗΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ ΤΟΞΙΝΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΗΛΗΤΗΡΙΑ

Οι κόκκινες παλίρροιες, ή τα λεπτά στρώματα τοξικών φυκιών, λαμβάνουν χώρα σε θαλάσσια νερά σε ολόκληρο τον κόσμο. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτοί οι οργανισμοί συγκεντρώνονται σε μαλάκια, χωρίς να είναι βλαβερές στα ίδια τα ζώα, είναι όμως τοξικές στα σπονδυλωτά που τα καταναλώνουν. Έρευνες έδειξαν ότι τα δηλητηριώδη οστρακόδερμα είναι υπαίτια για τον θάνατο πολλών ανθρώπων και ζώων (Halstead, 1965).

Ο Dawson κ.α. (1976) βρήκαν ότι τα εκχυλίσματα από το Gonyaulax tamarensis, που περιείχαν την τοξίνη που προκαλεί PSP (παραλυτική δηλητηρίαση οστρακόδερμων), μπορούν να αποτοξινωθούν με την επεξεργασία με όζον. Τα μύδια που διατηρήθηκαν σε φυσικό θαλάσσιο νερό από την περιοχή red tide δημιούργησαν υψηλά επίπεδα τοξικότητας,

ενώ εκείνα που διατηρήθηκαν σε οζονοποιημένο νερό από κόκκινες παλίρροιες παρέμειναν μη-τοξικά.

Το αέριο όζον που προστέθηκε στο θαλάσσιο νερό μπορεί να αδρανοποιήσει αποτελεσματικά την παραλυτική δηλητηρίαση οστρακόδερμων (PSP) σε Mya arenaria που περιέχει > 250 mg/100 g σάρκα υπό εργαστηριακές συνθήκες σε επίπεδα δόσης μεταξύ 0,5 και 1,2 ppm O₃ χωρίς να προκαλέσουν αξιοσημείωτες φυσιολογικές ή ιστολογικές βλάβες στα οστρακόδερμα (Blogoslawski κα. 1979)

Στο μύδι (Spisula Solidissima) το PPS θα διατηρήσει ένα υψηλό επίπεδο για τουλάχιστον έξι μήνες. Η οζονοποίηση μείωσε το δηλητήριο 68 και 76% στον τοξικό μανδύα και στα βράγχια μέσα σε δύο εβδομάδες. Στο κάτω μέρος του μυδιού που χρησιμοποιείται στο εμπόριο για την κατασκευή λουρίδων, το νερό που είχε επεξεργαστεί με όζον καθάρισε τον ιστό σε ένα αποδεκτό επίπεδο για να το καταναλώσουν οι άνθρωποι στην ίδια περίοδο δύο εβδομάδων (Blogoslawski και Stewart, 1978).

Ο τεχνητός καθαρισμός του μυδιού μέσω οζονοποιημένου θαλάσσιου νερού φαίνεται να είναι μια γρήγορη μέθοδος γεμάτη υποσχέσεις. Περαιτέρω εργασία

είναι ουσιώδη για να διευκρινιστεί η διαδικασία που είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί πλήρη αποτοξίνωση κάθε ιστού από αέριο όζον.

Το όζον επίσης αποδείχτηκε πως είναι ικανό να αδρανοποιήσει την τοξίνη (Clostridium botulinum) (Miller κ.α. 1959) και την τοξίνη Gymnodinium breve, ένα τοξικό μεταβολίτη κόκκινης παλίρροιας (Blogoslawski κ.α. 1973). Ο Thurberg (1975) δοκίμασε την αδρανοποίηση των τοξινών κόκκινης παλίρροιας με την χρήση όζοντος, χρησιμοποιώντας απομονωμένες τοξίνες τριών φυκιών (Gymnodinium breve, G. catenella και G. tamarensis). Μετά την οζονοποίηση, δείγματα διαλύματος χορηγήθηκαν με ένεση σε ποντίκια και ψάρια killifish για να εκτιμηθεί η μειωμένη με όζον μείωση της τοξικότητας.

Οι μεταβολίτες που παράγονται από κάποιους οργανισμούς κόκκινης παλίρροιας παρουσιάζουν ενδεχομένως προβλήματα στην ποιότητα του νερού σε εκείνες τις εγκαταστάσεις που βασίζονται στα αποθέματα θαλάσσιου νερού για να διατηρηθούν ή να καλλιεργηθούν θαλάσσιοι οργανισμοί. Ο Thurberg (1975) ανέφερε περιοχές

οστρακόδεερμων που έκλεισαν για συγκομιδή από τοπικούς υπαλλήλους τον Σεπτέμβριο του 1974, όταν αναπτυσσόταν παραλυτική δηλητηρίαση οστρακόδεερμων σε μύδια και μαλάκια μετά την ανάπτυξη του Gonvaulax tamarensis. Τα αποτελέσματα προσφάτων ερευνών έδειξαν την εφαρμογή του όζοντος στην προ-επεξεργασία του θαλάσσιου νερού για εκείνες τις παράκτιες φάρμες οστρακόδεερμων ή για μονάδες καθαρισμού που συχνά εκτίθενται σε νερά κόκκινης παλίρροιας. Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα πριν να γίνει εισαγωγή των διαδικασιών επεξεργασίας με όζον σε μεγάλη κλίμακα.

Η αποτοξίνωση με όζον άλλων βιολογικά ενεργά θαλασσίων ενώσεων, όπως το δηλητήριο Tetradon, δοκιμάστηκε απ' τους Blogoslawski και Stewart (1977). Το δηλητήριο Tetradon, επίσης γνωστό σαν δηλητηρίαση από ψάρια φούγκου ή πάφερ δηλητηρίαση, προκαλείτε από την τετραοδοτοξίνη (TTX).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΧΛΩΡΙΟΥ

Η απολύμανση με οζονοποίηση επιτυγχάνεται πιο αποτελεσματικά σε προ-επεξεργασμένο νερό. Η απολύμανση των αποβλήτων χρειάζεται περισσότερο όζον εξαιτίας των απαιτήσεων που δημιουργούνται από άλλα υλικά που είναι παρόντα και συναγωνίζονται για το όζον. Η ποσότητα του όζοντος που απαιτείται βασίζεται επίσης στο επίπεδο απολύμανσης που επιθυμείται για να αδρανοποιηθούν οι οργανισμοί.

Η σχετική αποτελεσματικότητα του όζοντος, συγκριτικά με τις άλλες απολυμάνσεις, ενάντια σε ένα συγκεκριμένο είδος μικροοργανισμού παρουσιάστηκε από τον Μόρις (1975) και τον Ρόζεν (1978). Αυτές οι παρατηρήσεις αναφέρθηκαν από τους Snyder & Chang (1975), που κατέγραψαν ότι ο Echo 12 ίσως είναι ένας καλός ενδεικτικός οργανισμός για την αδρανοποίηση των ιών με όζον. Ο Coin κ.α. (1964) είχαν ήδη παρουσιάσει τον λίγο

χρόνο που χρειάζεται για να απενεργοποιηθούν οι ιοί πολιομυελίτιδας στο νερό συγκρινόμενοι με εκείνον που χρειάζεται όταν χρησιμοποιηθεί χλωρίωση.

Μια συγκριτική ανάλυση του απαιτούμενου χρόνου επαφής για απολύμανση με όζον και χλώριο φτιάχτηκε από τον Morris (1975) και περιγράφηκε λεπτομερώς από τους Scaccia & Rosen (1977): « Ο χρόνος που απαιτείται για να πετύχουμε 100% απολύμανση, αποδίδεται σαν χρόνος 'εξόντωσης,' και εκφράστηκε σαν :

$$t_{100} = 1/\lambda c \quad \text{Ln} (10N_0)$$

όπου

$$t_{100} = \text{χρόνος για 100\% σκότωμα}$$

(λεπτά)

$$c = \text{συγκέντρωση}$$

βακτηριοκτόνου παράγοντα (mg l^{-1})

$$\lambda = \text{ο συγκεκριμένος συντελεστής}$$

φονικότητας όταν συγκρίνουμε βακτηριοκτόνα ή τη σχετική

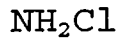
ισχύ των απολυμαντικών στη μονάδα συγκέντρωσης (mg l^{-1})

$(\text{min})^{-1}$

$N_0 = \text{αριθμός οργανισμών σε χρόνο } 0.$

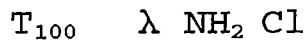
Χρησιμοποιώντας τις τιμές που αναφέρθηκαν απ' τον Morris (1975) για μια τυπική εισροή σε μία απολυμαντική σχέση, το λ είναι 500 για το όζον και 0,1 για το NH_2Cl . Στις ονομαστικές τιμές pH, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας και οι δόσεις χλωρίου, μπορεί να υποτεθεί πως ουσιαστικά όλο το χλώριο θα είναι παρόν σε μορφή μονοχλωραμίνης. Η συγκριτική ανάλυση των απολυμαντικών χρόνων επαφής για το όζον και το χλώριο βασίζεται σε μια υποτιθέμενη ίση δόση απολύμανσης των $6,0 \text{ mg l}^{-1}$. Χρησιμοποιώντας συντηρητικούς υπολογισμούς, η σταθερή κατάσταση υπολειμματικής συγκέντρωσης στο υγρό λαμβάνεται σαν $4,5 \text{ mg l}^{-1}$ για την μονοχλωραμίνη και $0,03 \text{ mg/l}$ για το όζον.

Οι τιμές του Morris για το λ είναι 500 για το όζον και 0,1 για το NH_2Cl . Για 100% εξόντωση στην απολύμανση η αναλογία χρόνου επαφής μεταξύ όζοντος και χλωρίου, αντικαθιστώντας τις κατάλληλες τιμές στην εξίσωση που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι τότε



$$t_{100}/O_3 = \frac{\lambda \text{ O}_3\text{Co}^3}{C} = (500/0,1) (0,03/4,5) =$$

30.



Έτσι, η ισοδύναμη απολύμανση θα χρειαστεί 30 φορές περισσότερο χρόνο επαφής για την μονοχλωραμίνη απ' ό,τι για το όζον.

Αυτές οι διαφορές στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης μπορούν μερικώς να εξηγηθούν απ' τις διαφορές στο δυναμικό της οξειδωσης, όπως τονίζεται απ' τους Symon κ.α. (1977) και Scaccia και Rosen (1977).

Στην περίπτωση των ειδών όζοντος και χλωρίου, οι συγγραφείς αυτοί καθόρισαν την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης σαν τις σχετικές απολυμαντικές συγκεντρώσεις που χρειάζονται για να αποκτηθεί ο ίδιος βαθμός απολύμανσης ή οι σχετικοί βαθμοί απολύμανσης που παράγονται απ' την ίδια συγκέντρωση παράγοντα μόλυνσης.

Τα απολυμαντικά μπορούν να καταγραφούν σε όρους σχετικής αποτελεσματικότητας στην παρακάτω ακολουθία: $O_3 > Cl-O_2 > HOCl > OCl^- > NHCl_2 > NH_2Cl$. Όλα τα συνηθισμένα είδη απολυμαντικών είναι λιγότερο αποτελεσματικά απ' το όζον.

Εργαστηριακές μελέτες απ' τον Ross κ.α. (1976) έδειξαν ότι οι Pseudomonas aeruginosa, Aeromonas hydrophila και Acinetobacter anitratum είναι πιο ανθεκτικοί στο χλώριο και στο όζον από την Escherichia coli. Η P. aeruginosa είναι σημαντικά πιο ανθεκτική και στα δύο απολυμαντικά απ' οποιαδήποτε από τα άλλα βακτήρια που δοκιμάστηκαν. Σε μια συγκέντρωση 1,0 mg/l όζον είναι περίπου 130 φορές πιο αποτελεσματική απ' τις χλωραμίνες για την αδρανοποίηση της P. aeruginosa. Ο Conrad κ.α. (1975) μπόρεσαν να μειώσουν τον αριθμό των βακτηρίων, Flexibacter columnaris, σε νερό από εκκολαπτήρια σολομών με συνεχόμενη οζονοποίηση.

Ωστόσο, η αποστείρωση του νερού με οζονοποίηση δεν είναι καθόλου σταθερή ακόμα κι αν χρησιμοποιούνται συνεχείς δόσεις όζοντος και χρόνοι επαφής. Οι λόγοι είναι πολλαπλοί. Πρόσφατα, ο Spotte (1979) συνόψισε τις

διαθέσιμες πληροφορίες πάνω στις δύο βασικές πορείες αντίδρασης που συζητήθηκαν νωρίτερα:

«... και η διαδικασία απολύμανσης περιορίζεται απ' τους βαθμούς χημικής αντίδρασης του όζοντος στις επιφάνειες των κυττάρων, και όχι απ' τη μεταφορά μάζας του O_3 μέσα απ' την κυτταρική μεμβράνη. Αυτό υποδηλώνει ότι: (1) απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι επαφής για να εξοντωθούν οι μικροοργανισμοί απ' το να οξειδωθεί DOC (διαλυμένος οργανικός άνθρακας) ή οργανικά ιόντα, και (2) η απολύμανση είναι πιο αποτελεσματική με αδιάσπαστο O_3 .

Από πρόσφατη φιλολογία, είναι επίσης προφανές ότι ο χρόνος επαφής που απαιτείται για την απολύμανση με όζον περιορίζεται επίσης απ' το σχέδιο της συσκευής επαφής (Rosen κ.α. 1973, Petrasek κ.α. 1973, Scassia & Rosen, 1977).

Ένα νέο μοντέλο αντιδραστήρα επαφής όζοντος (που δεν περιγράφηκε στην κατάλληλη παράγραφο) αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε απ' τον Parrish κ.α. (1976) για να μειωθεί η αρχική συγκέντρωση όζοντος και ο χρόνος επαφής που απαιτείται για απολύμανση.

Χρησιμοποιήθηκαν χαμηλοί βαθμοί δόσεων όζοντος $0,001 \text{ mg O}_3 \text{ l}^{-1}$ λεπτά $^{-1}$ για να αναπτυχθούν καμπύλες αδρανοποίησης για τους ιούς πολιομυελίτιδας Τύπου ΙΙ και τον Escherichia coli. Οι Katzenelsen & Biedermann (1976) βρήκαν ότι το όζον είναι ένα πολύ δραστικό απολυμαντικό ιών ακόμα και στο μολυσμένο νερό.

Οι παρατηρήσεις τους για τη χρησιμοποίηση φιλτραρισμένων αποβλήτων αποκάλυψαν μια γρήγορη μείωση στον τίτλο του ιού αμέσως μετά την ανάμειξη με το όζον. Με αυξανόμενες συγκεντρώσεις όζοντος και μειωμένη οργανική ύλη, ενεργοποιήθηκαν μεγαλύτερα ποσοστά των ιών. Η αδρανοποίηση των ιών άρχισε περίπου 30 sec μετά την οζονοποίηση. Η αδρανοποίηση 99,99% των ιών αποκτήθηκε όταν το υπόλειμμα επιπέδου όζοντος έφτασε περίπου τα $0,6 \text{ mg l}^{-1}$.

Τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος πιλότου ενός εργοστασίου στο New Hampshire για την μόλυνση από ιούς νερού απ' τη Λίμνη Winnepesaukee έδειξαν ότι μια δόση όζοντος περίπου 20 ppm εξασφαλίζει πλήρη αποστείρωση από ιούς. (Schaffernoth κ.α. 1976)

Ο Burleson κ.α (1975) και ο Burlseson και Pollard (1975) συνδύασαν την οζονοποίηση με την καταστροφή ιών με υπερήχους για να καταστραφούν τα φυτικά κύτταρα και τα σπόρια των βακτηρίων σε δευτεροβάθμιες εκροές. Τα φυτικά κύτταρα του Bacillus cereus και του clorstridium perrefringens αδρανοποιήθηκαν πάρα πολύ γρήγορα απ' το όζον και μόνο, όταν αιωρήθηκαν σε ρυθμιζόμενα περιβάλλοντα, ενώ ήταν απαραίτητοι μεγαλύτεροι χρόνοι επαφής όταν τα βακτήρια αιωρήθηκαν σε δευτεροβάθμιες εκροές. Η ταυτόχρονη επεξεργασία με οζονοποίηση και υπερήχους μείωσε σημαντικά τον χρόνο για πλήρη αδρανοποίηση, ενώ από μόνοι τους οι υπέρηχοι δεν παρείχαν αξιοσημείωτο επίπεδο αδρανοποίησης.

Τα σπόρια των βακτηρίων που μελετήθηκαν ήταν πιο ανθεκτικά στο όζον απ' ό,τι τα φυτικά κύτταρα. Ο Katzenelson (1974) ανέφερε ότι η προεπεξεργασία της πολιομυελίτιδας με ηχητικές συχνότητες αύξησαν την ευαισθησία της στο όζον δραματικά.

Ο Dahi (1976) χρησιμοποίησε ηχητικά κύματα 20 kHz για να εντατικοποιήσει την διαδικασία οζονοποίησης για απολύμανση και οξείδωση των οργανικών υλών. Η

υπερηχητική επεξεργασία των εκροών από ένα βιολογικό εργοστάσιο αποβλήτων μείωσε την δόση αποστείρωσης του όζοντος κατά 50% και αύξησε τη μισή διαταγμένη σταθερά της αποχρωμάτισης της ροδαμίνης Β κατά 55%.

Ο συγγραφέας απόδωσε αυτό το φαινόμενο στη δράση δύο φυσικοχημικών μηχανισμών : (α) οι υπερηχητικοί παλμοί αποσυνθέτουν το όζον προκαλώντας αύξηση της δραστηριότητας των πλήρων σταθερών, και (β) η ταυτόχρονη υπερηχητική ακτινοβολία επαυξάνει την σταθερά του αερισμού. Και οι δύο μηχανισμοί αυξάνουν την μεταφορά αέριου - υγρού όζον. Ο Boucher κ.α. (1976) υπέθεσαν πως η υπερηχητική επιτάχυνση της διάχυσης επιτρέπει ταχύτερη διείσδυση των μορίων του τοξικού αερίου στους μικροοργανισμούς.

Άλλοι πιστεύουν ότι η ρήξη των χημικών δεσμών ανάμεσα στις μοριακές χημικές ενώσεις των κυτταρικών μεμβρανών συμβαίνει κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας με υπερήχους, έτσι αυξάνεται η περατότητά τους από ποικίλες ουσίες (Kryszczuk, 1962). Η συνεργατική απολύμανση έχει ήδη συζητηθεί απ' τους Arvin & Dahi (1974) και τον Heckroth (1974).

Εφόσον η χλωρίωση χρησιμοποιείται συνήθως σε αντιδιαβρωτικά στην ψύξη του νερού των σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας, είναι αξιοσημείωτης σπουδαιότητας να καταλάβουμε τα βιολογικά αποτελέσματα μιας τέτοιας επεξεργασίας νερού όταν λαμβάνουμε υπόψη μας την χρησιμοποίηση της αποδιδόμενης θερμοκρασίας στην υδροκαλλιέργεια. Οι μέθοδοι για τον καθαρισμό των οστρακόδερμων με τη χρήση χλωρίου ή απολυμαντικού ποικίλουν σημαντικά.

Μια βακτηριολογική μελέτη για τις εκροές χλωριωμένων αποβλήτων έδειξαν ότι η χλωρίωση μείωσε τις ποσότητες των μικροοργανισμών μόνο στους σταθμούς όπου εφαρμόστηκε άμεσα το χλώριο, και οι βακτηριακοί πληθυσμοί συνήλθαν αμέσως μόλις σταμάτησε η χλωρίωση. (Silvey κ.α. 1974). Οι σχέσεις μεταξύ της περιόδου επαφής, της ζήτησης χλωρίου, του υπολειμματικού χλωρίου και της δόσης χλωρίου έχουν επαληθευτεί για τη χλωρίωση του θαλάσσιου νερού (Sriraman & Viswanathan, 1977).

Ωστόσο, η χημεία του χλωρίου του θαλάσσιου νερού είναι περίπλοκη και δεν έχει ακόμα κατανοηθεί πλήρως. (Carpenter & Macalady, 1976, Goldman 1978, Helz κ.α.

1978). Αρχικά, το χλώριο υποβάλλεται σε υδρόλυση για να σχηματιστεί υποχλωρίτης. Ο υποχλωρίτης με τη σειρά του αντιδρά με τον βρωμίτη για να σχηματίσει υδροβρωμίτη (Wong & Davidson, 1977). Ο Bean κ.α. απόδειξε ότι λίγος από τον υδροβρωμίτη που σχηματίστηκε αντιδρά με την οργανική ύλη στο θαλάσσιο νερό για να δώσει βρωμιούχες οργανικές χημικές ενώσεις. Ο Macalady κ.α. (1977) ανέφερε ότι βρωμίτης σχηματίζεται όταν χλωριωμένο θαλάσσιο νερό εκτίθεται στο φως του ήλιου. Ο Wong (1980) διερεύνησε τις επιδράσεις του φωτός στη διάλυση του χλωρίου στο θαλάσσιο νερό. Βρήκε ότι το φως αυξάνει το βαθμό διάλυσης του υποβρωμίτη που σχηματίζεται απ' το χλώριο που προστίθεται. Ο βαθμός και η ποσότητα του βρωμίτη που σχηματίζεται αυξάνει με την αύξηση της έντασης του φωτός.

Πραγματοποιήθηκαν πολλές μελέτες τα πρόσφατα χρόνια για την οξειδωτική ικανότητα του χλωρίου και των καταστρεπτικών επιδράσεων στους ακάθαρτους οργανισμούς. Η ακόλουθη λίστα παρέχει μερικά παραδείγματα: Waugh (1964), McLean (1973), Muchmore & Epel (1973), Burton

(1977), Macalady κ.α., Middaugh κ.α. (1977), Roberts
(1978) & Scott & Middaugh (1978).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ ΦΩΣ

Το υπεριώδες φως έχει εφαρμοστεί εκτενώς για την αποστείρωση του νερού σε δημόσια ενυδρεία και στα εκκολαπτήρια στρειδιών και ψαριών (Burrows και Combs , 19768, Herald κ.α. 1962). Γενικά θεωρείτε ως δεδομένο ότι το υπεριώδες φως είναι παρά πολύ αποτελεσματικό για την απομάκρυνση ή την καταστροφή των παθογόνων που είναι μικρότεροι από 15mm σε διάμετρο.

Ωστόσο, η ακτινοβολία του νερού με UV σε ένα κύμα μήκους 2537 a έχει καταστρέψει συγκεκριμένα πρωτόζωα που είναι μεγαλύτερα από 15mm. Σύμφωνα με τον Giese (1967) , τα κύματα μήκους πάνω από 3000a είναι λιγότερο αποτελεσματικά, ενώ τα κύματα μήκους κάτω από 2000a παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες όζοντος. Τα βιολογικά πιο ενεργά μήκη κυμάτων είναι εκείνα μεταξύ 1900 και 3000a (Εικ.16).

Σε ένα μήκος κύματος 2537α, ο φωτισμός UV αλληλεπιδρά ιδιαίτερα έντονα με τις χημικές ενώσεις πυρίνης και πυριμιδαμίνης του δεσοξυριβονουκλεϊνικό οξύ (DNA) των μικροοργανισμών (Flatow, 1980). Η δοσολογία UV που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία του νερού εκφράζεται συνήθως σε mW δευτερόλεπτα ανά τετραγωνικό εκατοστό. (mWS/cm²).

Η ακτινοβολία υπεριώδους φωτός μπορεί να διαπεράσει υψηλής ποιότητας αποσταγμένο νερό σε σημαντικά βάθη, όμως οι διασπώμενες ουσίες και το αδρανοποιημένο υλικό, είτε οργανικό είτε μεταλλικό, μπορεί να μειώσει πάρα πολύ την διείσδυση. Επομένως, η αποτελεσματική διείσδυση στο θαλάσσιο νερό θα φτάσει μόνο λίγα cm.

Αυτό το γεγονός είναι μεγάλης σημασίας όταν σχεδιάζουμε ένα τέτοιο μηχανισμό. Όπως τονίστηκε από τον Wood (1961), η άμεση βύθιση σωλήνων εκροής ατμού υδραργύρου προκαλεί ψύξη της επιφάνειας του σωλήνα, που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια αποτελεσματικότητας πάνω από 40% στο χειμερινό θαλάσσιο νερό, θερμοκρασίες που συχνά συναντιούνται στην Ακτή της Βόρειας θάλασσας (0-5 C°).

Οι καλύτερες θερμοκρασίες σε UV-λάμπες κυμαίνονται μεταξύ 37,8 C° και 49 C° (Flatow, 1980). Έξω απ' αυτή την κλίμακα, υπάρχει μια απότομη μείωση στην αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας. Η αποτελεσματικότητα με επεξεργασία UV εξαρτάται επίσης από άλλους παράγοντες.

Ο Flatow (1980) ανέφερε επίσης ότι οι λάμπες χαμηλής πίεσης υδραργύρου τύπου-ατμού UV, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην υδροκαλλιέργεια, θα χάσουν περίπου 10% της απόδοσης της αρχικής τους ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των πρώτων 100 ωρών λειτουργίας.

Η μακροζωία μιας λάμπας UV εξαρτάται απ' την ζωή των ηλεκτροδίων και την έκθεση σε ηλιακές ακτίνες. Ο χρόνος ζωής των ηλεκτροδίων εξαρτάται επίσης από τον αριθμό των φορών που ανοιγοκλείνεται η λάμπα. Ο σχηματισμός των βιολογικών μεμβρανών πάνω σε σκεπασμένες από νερό μονάδες μειώνει επίσης την ένταση της ακτινοβολίας UV.

Ο Pressnell και ο Cummins (1972) δοκίμασαν την αποτελεσματικότητα της βακτηριακής επεξεργασίας του θαλάσσιου νερού με πέντε διαφορετικές μονάδες υπεριώδους

ακτινοβολίας. Ανεξάρτητα από τον τύπο που χρησιμοποιήθηκε (βυθισμένες ή λάμπες, λάμπες που αιωρούνταν πάνω από το νερό, με ή χωρίς «καυτή» κάθοδο), η αποτελεσματικότητα επηρεάστηκε απ' τη θολότητα. Αυτοί οι συγγραφείς εξέφρασαν την ανάγκη για αποτελεσματικά συστήματα φιλτραρισμού και ακριβή έλεγχο πάνω στις βαθμίδες ροής που χρησιμοποιήθηκαν.

Ο βαθμός ροής θα 'πρεπε να υπαγορεύεται απ' την ολότητα που παρακολουθείται, για να εξασφαλιστεί ένα αποδεκτό χαμηλό επίπεδο βακτηριδιακών μετρήσεων για καλοσχεδιασμένα εργοστάσια καθαρισμού οστρακόδερμων. Θα 'πρεπε ωστόσο να τονιστεί ότι οι μονάδες που δοκιμάστηκαν ήταν χρήσιμες μόνο σε σχετικά χαμηλής ροής βαθμούς (μέσος όρος $17 \text{ με } 26 \text{ l min}^{-1}$), εξαρτάται από τη θολότητα, το μέγιστο στο $114 - 145 \text{ l min}^{-1}$. Για εμπορικά λειτουργικά μεγάλης κλίμακας συστήματα υδατοκαλλιέργειας, τέτοιες χωρητικότητες πρέπει να θεωρηθούν σχετικά χαμηλές.

Αυξημένης κλίμακας προβλήματα δεν θα έπρεπε να υποτιμηθούν εφόσον η διείσδυση του UV-φωτός στο θαλάσσιο

νερό είναι αρκετά περιορισμένη. Η θολότητα έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας με UV.

Αυτό παρατηρήθηκε απ' τον Sanders κ.α. (1972) για το νερό των εκκολαπτηρίων σολομών και από τον Hill κ.α. (1967) για ιούς πολιομυελίτιδας στο θαλάσσιο νερό. Η επίδραση της αιωρούμενης ύλης στην αποστείρωση του θαλάσσιου νερού σε πειραματικά εργοστάσια καθαρισμού στρειδιών έχει ερευνηθεί επίσης από τον Wood (1961). Έδειξε ότι θα μπορούσε να αναμένεται μόνο 52% μείωση του πληθυσμού E. Coli κατά τη διάρκεια ενός και μοναδικού περάσματος του νερού μέσα από τον αποστειρωτή σε 120 gal/h όταν το πιο θολό νερό του Ποταμού Crouch επεξεργάστηκε.

Ωστόσο, φαίνεται επίσης να υπάρχει εξάρτηση της αποτελεσματικότητας των UV λαμπών στον τύπο της θολότητας. Ο Flatow (1980) ισχυρίστηκε ότι πέτυχε πλήρη έλεγχο της Myxosoma cerebralis σε πολύ θολά νερά. Βρήκε μια μεγάλη κατοικήσιμη επίδραση της μετάδοσης UV από οργανικούς παράγοντες που παράγουν χρώμα στο νερό.

Ο Hoffman (1974) ερεύνησε την πιθανή εμπόδιση μόλυνσης της πολύχρωμης πέστροφας από την Myxosoma cerebralis χρησιμοποιώντας ακτινοβολία UV. Για να καθορίσει το αποτελεσματικό επίπεδο έκθεσης, συγκέντρωσε τα περισσότερα απ' τα δημοσιευμένα δεδομένα πάνω στις επιδράσεις του UV φωτός στα παράσιτα των ψαριών και σε άλλους οργανισμούς. Απ' αυτά τα δεδομένα, είναι φανερό ότι η αποτελεσματικότητα του φωτός UV εξαρτάται από το μέγεθος των οργανισμών. Δυστυχώς, υπήρξε μικρή τυποποίηση των καταγραμμένων δόσεων που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, πειραματικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στη βιβλιογραφία έδειξαν ότι η ακτινοβολία UV στα 35.0000 WMS θα απολυμάνει επιτυχώς τα νερά που περιέχουν Aeromonas Salmonicida, Myxosoma cerebralis, Saprolegnia sp., μικρή Trichodina sp. Και άλλους οργανισμούς παρόμοιου μεγέθους.

Πιο πρόσφατα, ο Kumura κ.α. (1976) πέτυχε 99,99% μείωση στις μετρήσει κυττάρων του Vibrio anguillarum, pseudomonas fluorescens, Aeromonas punctata, A. Hydrophila και A. salmonicida σε βαθμούς ροής κάτω από

8,5 l min⁻¹ και 23.100 mW sec cm², όταν χρησιμοποιήθηκε ένα ζεύγος σωληνοειδών μονάδων UV επεξεργασίας.

Ο Bullock & Stuckey (1977) επεξεργάστηκαν τους ίδιους παθογόνους σε καθαρό φιλτραρισμένο νερό, και εμφανίστηκε η ίδια αποτελεσματικότητα σε περίπου 4.500 mW sec cm⁻². Η ακτινοβολία του αφιλτράριστου νερού που περιέχει με ξεχωριστά σωματίδια ύλη ήταν λιγότερο αποτελεσματική. Ωστόσο, ο φιλτραρισμός και η 13.100 mW cm⁻² ακτινοβολία νερού που περιείχε A. Salmonicida εμπόδισε τη μετάδοση της δυθειήνωσης. Ο Maise κ.α. (1980) βρήκε μια αποτελεσματική δόση για τους σολομούς ότι είναι περίπου 10.000 mW sec cm⁻² και 330.000 mW sec cm⁻² για VHS και SPN, αντίστοιχα.

Ο Spotte (1979) συνόψισε πρόσφατα ευρήματα πάνω στην επεξεργασία με UV πολύ καθαρά και παρείχε μια μέθοδο για να υπολογιστεί πρόχειρα η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας στις μικρότερες θανατηφόρες δόσεις σε σχέση με το μέγεθος των οργανισμών. Αφού καθοριστεί το μέγεθος του οργανισμού, το κατά προσέγγιση MLD που χρειάζεται για να σκοτώσει μπορεί να υπολογιστεί άμεσα από το γράφημα.

Θα πρέπει κανείς να θυμάται επίσης ότι η ακτινοβολία UV είναι ελαφρά λιγότερο αποτελεσματική στο θαλάσσιο νερό απ' ό τι στο γλυκό νερό εξαιτίας της διαφοράς των συγκεντρώσεων των ανόργανων διαλυμάτων. Εφόσον οι ακτίνες UV πιθανόν να μη μπορούν να διεισδύσουν νερό σε ένα βάθος μεγαλύτερο από 5 cm (Spotte, 1979) ο έλεγχος της αποσυνθεμένης οργανικής ύλης και των καταλοίπων τριβής των μορίων είναι υψίστης σημασίας.

Πρόσφατα, από τους Blogoslowsky και Alleman εκτιμήθηκε ένα συνδυασμένο σύστημα επεξεργασίας νερού με όζον και UV για την χρήση καραντίνας. Αυτοί οι συγγραφείς παρουσίασαν ότι το συνδυασμένο σύστημα παρέχει μια αξιόπιστη και λεπτομερή μέθοδο επίτευξης πλήρους απολύμανσης της καλλιέργειας οστρακόδερμων σε εξερχόμενα νερά. Η τεχνική θα φαινόταν ως εκ τούτου να εμποδίζει την διάδοση οποιουδήποτε πιθανότητα βακτηριακού παθογόνου στο τοπικό οικοσύστημα που μπορεί να είχε μεταφερθεί απ' τα μη-ιθαγενή είδη:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΛΛΩΝ
ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥΣ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΕΣ.

Η τοξικότητα του όζοντος σε ζώα που αναπνέουν αέρα και στον άνθρωπο.

Οι περισσότερες μελέτες στις τοξικολογικές επιδράσεις του όζοντος δεν ασχολούνται με τους υδρόβιους οργανισμούς.

Ο Sachsenmaier (1960) ερεύνησε τις επιδράσεις του όζοντος στις πρωτεΐνες, στα νουκλεϊκά οξέα και πάνω σε ζωντανά κύτταρα. Βρήκε αρχικά καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών και πολυμερισμό των νουκλεϊκών οξέων και πρωτεϊνών.

Ο Schalm (1961) παρατήρησε σημαντικές αλλαγές στα επίπεδα αιμοσφαιρίνης και αιματοκρίτη στους

σκαντζόχοιρους που επέζησαν και είχαν εκτεθεί σε 2,4 mg όζον ανά m³ αέρα. Ωστόσο, ο McEwen και ο Geckler (1968) δεν βρήκαν αλλαγές για πολλές παραμέτρους στο αίμα όταν εξέθεσαν τα πειραματόζωα σε ένα επίπεδο όζον 0,19 mg m⁻³ για 90 ημέρες.

Ο Jones κ.α. (1970), εκθέτοντας αρουραίους, σκύλους, και μαϊμούδες σε διαφορετικά επίπεδα όζοντος επίσης για 90 ημέρες, απέδωσε τις διακυμάνσεις στα επίπεδα των τιμών της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη σε δευτεροβάθμιες αιτίες (όπως στην κατάσταση των πειραματόζωων) παρά στην έκθεση σε όζον μέχρι σε συγκεντρώσεις 3 mg ανά m³ αέρα.

Παρατηρήθηκαν υπερβολικά λευκά αιμοσφαίρια στο αίμα στα πνευμονικά τριχοειδή αγγεία μετά την έκθεση των ποντικιών σε 1,0 ppm για τέσσερις ώρες, και σημειώθηκε φλεγμονώδης έκκριση στα κυψελιδικά κενά του πνεύμονα μετά από έκθεση σε 1.0 ppm για 20 ώρες (Scheel κ.α. 1959). Οι Boatman & Frank (1972) εξέθεσαν γάτες σε χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος (0,26 , 0,5 και 1,5 ppm) για μικρές περιόδους (4,6 ώρες). Αλλοιώσεις που υπάρχουν από την απώλεια υποδιαιρεμένων κυττάρων σε όλη

την αναπνευστική οδό σημειώθηκαν σε όλες τις συγκεντρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν.

Όταν ο άνθρωπος εκτίθεται σε 8 - 5 ppm όζον, αναπτύσσει πνευμονικό οίδημα μέσα σε μερικές ώρες. Χαμηλότερες συγκεντρώσεις αρχικά επηρεάζουν την αναπνοή μέσω ερεθισμού, επίσης προκαλούν πονοκεφάλους και ναυτία. Η βιβλιογραφία δείχνει αρκετά συμπερασματικά ότι η μακρόχρονη έκθεση ανθρώπων σε συγκεντρώσεις όζοντος μεγαλύτερες από 1,5 ppm κατά βάρος αέρα είναι σίγουρα επιβλαβείς. (Hill, 1942,).

Πρέπει επίσης να δοθεί έμφαση στο ότι το όζον είναι μια πολύ εύοσμη χημική ένωση. Μια συγκέντρωση 0,1 ppm κατά βάρος αέρα ανιχνεύεται εύκολα με την αίσθηση της οσμής. Αυτό το επίπεδο μπορεί να θεωρηθεί μη-συμπτωματική κατά τη διάρκεια σύντομων περιόδων εκθέσεων, σύμφωνα με τον Goldsmith και τον Nagel (1969). Έτσι, το όζον είναι, κατά μια έννοια, αυτόαστυνευόμενο. Επί πρόσθετα, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για να παραχθεί όζον προστατεύεται συνήθως από συσκευές που παρέχουν ασφάλεια. Από την άλλη, το όζον χάνει την χαρακτηριστική του μυρωδιά

παρουσία άλλων οσμών, ιδιαίτερα σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Γύρω στα 1960, η ACGIH (Αμερικανική Διάσκεψη Κυβερνητικών Βιομηχανικών Υγιεινολόγων) μείωσαν την οριακή τιμή (TLV) για το όζον από 1,0 ppm σε 0,1 ppm για 8 ώρες βιομηχανικής έκθεσης και το 1963 η Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης, και Κλιματιστικών συνέστησε ότι οι ανώτατες συγκεντρώσεις όζοντος σε σπίτια και νοσοκομεία με κλιματιστικά δεν θα έπρεπε να υπερβαίνουν τα 0,05 ppm, όπου υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι άνθρωποι να εκτίθενται συνεχόμενα για 24 ώρες σε μια δεδομένη ημέρα. (Sottek, 1975)

Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, τα 0,01 - 0,1 ppm είναι δεκτά σαν οριακή συγκέντρωση.

Η επίδραση της οζονοποίησης σε ιούς και βακτηρίδια που είναι παθογενή στους ανθρώπους περιγράφηκαν από πολλούς συγγραφείς (Ingram & Haines, 1949, Ingols & Fetner, 1956, Scott & Leshner, 1963, Gevaudan κ.α., 1971, Broadwater κ.α. 1973, Majumdar κ.α. 1973, Nebel κ.α. 1973, Burleson κ.α. 1975)

Δεν βρέθηκε καμιά πειραματική απόδειξη ότι η τοξικότητα του όζοντος τροποποιείται σε ένα σημαντικό βαθμό απ' την παρουσία οξειδίων αζώτου που μπορεί να σχηματιστούν κατά την διάρκεια παραγωγής όζοντος (Stokinger, 1959). Βρέθηκαν πειραματικά επτά παράγοντες που μπορούν να τροποποιήσουν την τοξικότητα του όζοντος. Τέσσερις από αυτούς (ηλικία, σωματική άσκηση, αλκοόλ και αναπνευστική μόλυνση) τείνουν να αυξάνουν την βλαβερή αντίδραση. Ο Newill και ο Hyg (1975) συμπέραναν από την ευκρινή έρευνα ότι τα φωτοχημικά οξείδια, που το μεγαλύτερο συστατικό τους είναι το όζον, είναι ενδεχομένως επικίνδυνα μολυσματογόνα, και η έκθεση του ανθρώπινου πληθυσμού θα 'πρεπε να κρατηθεί στο ελάχιστο. Ένα σχετικό με το περιβάλλον στάνταρ για την ποιότητα του αέρα για τα φωτοχημικά οξείδια καθορίστηκε στα 0,08 ppm για μια ώρα, και να μην υπερβεί τη μια φορά το χρόνο. Πρόσφατα, η οξειδωτική έκθεση συζητήθηκε σε σχέση με τις πτήσεις μεγάλων αποστάσεων σε μεγάλα υψόμετρα.

Εξαιτίας του πιθανού κινδύνου, εκείνοι που σκοπεύουν να δουλέψουν με όζον στην υδροκαλλιέργεια θα 'πρεπε να εκπαιδευτούν στην χρήση και στον εντοπισμό του.

Η ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΡΟΒΙΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ.

Ο Hubbs (1930) και ο Doudoroff και ο Katz (1950) παρουσίασαν την τοξικότητα του οξυγόνου στη γένεσή του στην υδρόβια ζωή.

Έρευνες που έκαναν οι Giese & Christensen (1954) έδειξαν ότι οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος προκάλεσαν διαφορετικές αντιδράσεις σε ποικίλους οργανισμούς. Ακόμα και σε δόσεις σε θανατηφόρα επίπεδα, οι αντιδράσεις των οργανισμών ήταν περίπλοκες και ποικίλες. Τα αυγά του θαλάσσιου αχινού, Strongylocentrotus purpuratus, αντέδρασαν διαφορετικά στην έκθεση σε όζον σε διαφορετικά επίπεδα ανάπτυξης. Τα τροχόζωα (Philodina) ήταν πιο ανθεκτικά στην οζονοποίηση από τα πρωτόζωα.

Σε στατικές βιοδοκιμές, ο McLean κ.α. (1973) βρήκαν ότι τα αυγά του Αμερικανικού στρειδιού (Crassostrea virginica) παρουσίασαν αυξανόμενη παρθενογένεση,

καθυστερημένη διαίρεση κυττάρων και κυτταρικός διαχωρισμός και άλλες αναπτυξιακές ανωμαλίες σε οζονοποιημένο νερό (το υπολειμματικό επίπεδο του όζοντος είναι μικρότερο από $0,3 \text{ mg l}^{-1}$).

Οι Turner & Brooks (1975) περίγραψαν τις επιδράσεις του όζοντος σε (α) τέσσερα είδη φυτοπλαγκτόν (β) σε στάδια προνυμφών και megalop καβουριών, και (γ) η Αμερικανική Αθερίνα (Menidia menidia). Καλλιέργειες Nannochloris εκτέθηκαν σε 0,4-0,5 ppm όζοντος για 5 λεπτά που περιείχαν δυσμενώς προσβεβλημένα κύτταρα και μειώθηκαν από 7 σε 1 εκατομμύριο κύτταρα μέσα σε 48 ώρες.

Οι καλλιέργειες Monochrysis lutheri που εκτέθηκαν σε 1 ppm για 5 λεπτά παρήγαγαν μια αφύσικη ποσότητα αφρού στην επιφάνεια. Μετά από μερικές ημέρες, υπήρχαν σημαντικά λιγότερα κύτταρα στο επεξεργασμένο δείγμα απ' ό,τι υπήρχαν στους ελέγχους.

Η Chlorella sp. Είναι ακόμα πιο ευαίσθητη στην έκθεση όζοντος. Όταν επεξεργάστηκαν για 5-10 λεπτά σε ένα επίπεδο όζον μόνο 0,1 ppm, τα κύτταρα προσβλήθηκαν δυσμενώς 24 ώρες μετά, και ο αριθμός τους μειώθηκε

δραστικά όταν συγκρίθηκε με τον έλεγχο. Οι καλλιέργειες Skeletonema costatum πέθαναν μέσα σε 24 ώρες όταν επεξεργάστηκαν με τον ίδιο τρόπο.

Προνύμφες megalops εμφανίστηκαν να είναι πιο ευαίσθητες στο όζον από τις προνύμφες κάβουρα. Παράχθηκε θνησιμότητα 100% σε ένα και δύο λεπτά επεξεργασίας με 0,2 ppm υπολειμματικό επίπεδο όζοντος, ενώ για τις προνύμφες κάβουρα, ένα λεπτό έκθεσης σε 0,08 ppm όζον παρήγαγε μόνο μηδέν με 20% θνησιμότητα μετά από 24 ώρες.

Η Αμερικανική αθερίνα (Menidia menidia) φάνηκε να είναι πιο ευαίσθητη. Όλα τα πειραματόζωα πέθαναν μέσα σε 30 λεπτά όταν εκτέθηκαν σε 0,08 - 0,2 mg l⁻¹ υπολειμματικό όζον. Στις βιοδοκιμές εισροών, ο Arthur κ.α. (1975) παρατήρησαν πως δεν υπήρχαν δυσμενείς επιδράσεις οζονοποιημένων εκροών στους χοντροκέφαλους κυπρίνους (Pimephalus promelus), στα αμφίποδα (Cammarus pseudolimnaeus), και Daphnia magna σε μελέτες κύκλου ζωής όπου δεν υπήρχε υπολειμματικό όζον για να μετρηθεί στις δεξαμενές των δοκιμών. Ωστόσο, στην παρουσία συγκεντρώσεων υπολειμματικού όζοντος (0,2 με 0.3 mg l⁻¹), όλοι οι χοντροκέφαλοι κυπρίνοι ψόφησαν μέσα σε 3 ώρες.

Η επίδραση του όζοντος στις παραμέτρους του αίματος και σε ποικίλους ιστούς της πολύχρωμης πέστροφας έχουν μετρηθεί από τον Ollenschlager (1973) σε μια πραγματική συγκέντρωση όζοντος $0,024\text{mg l}^{-1}$.

Σε αντιπαραβολή με τα ευρήματα για τα ζώα άπου αναπνέουν αέρα, οι υδρόβιοι οργανισμοί, όπως η πέστροφα, αντιδρούν με στατικά σημαντικές αλλαγές στις παραμέτρους του αίματος όταν εκτέθηκαν σε υδατοδιάλυτα διαλύματα όζοντος. Ο αριθμός των ερυθρών κυττάρων αυξήθηκε μετά από 3,5 με 5,5 ώρες έκθεσης, ενώ οι συγκεντρώσεις γλυκόζης έπεσαν κατά προσέγγιση στα 50% της αρχικής τους τιμής.

Η πρωτεΐνη ορού παρουσίασε αναστάτωση στις συγκεντρώσεις λευκοματίνης και σφαιρίνης. Ωστόσο, το όζον στα υδατοδιάλυτα διαλύματα φαίνεται να επιτίθεται αρχικά στους ιστούς και όχι στο αίμα. Ενδεχομένως, η βλάβη στα βράγχια και στο δέρμα προκαλεί δευτεροβάθμιες αλλαγές στις παραμέτρους του αίματος.

Ο Ollenschlager (1973) παρατήρησε επίσης βλάβη στις μεμβράνες των αυγών της πολύχρωμης πέστροφας μετά από 6

ώρες έκθεσης σε όζον σε μια συγκέντρωση $0,024 \text{ mg l}^{-1}$. Η αποδυνάμωση της μεμβράνης πολύ πιθανόν επηρεάζει την διαπερατότητα και αλλάζει την ικανότητα προσαρμογής της οσμωτικής πίεσης του εμβρύου.

Παρά την ίδια την τοξικότητα του όζοντος, υπάρχει κάποια ανησυχία σχετικά με την τοξικότητα που ενέχεται στα οργανικά οξειδωτικά παράγωγα του όζοντος στο νερό (Hartemann κ.α. 1978). Ξέρουμε ότι οι οζονοποιημένες οργανικές χημικές ενώσεις είναι πιο βιοδιασπώμενες από τις parent χημικές ενώσεις, όμως θα μπορέσουν αυτές οι χημικές ενώσεις να παράγουν τοξικολογικές, καρκινογενετικές ή μεταλλαγμένες επιδράσεις;

Εξετάζοντας το κυτόχρωμα P 450 σύστημα σε εκτεθειμένα ποντίκια που τους έχουν κάνει ένεση ενδοπεριτοναϊκά με νερό που νωρίτερα επεξεργάστηκε με όζον. Ο Hartemann κ.α. (1978) δεν μπόρεσαν να λάβουν κάποια συμπερασματικά αποτελέσματα που θα έδιναν μια κατηγορηματική απάντηση στην ερώτηση.

Η ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ.

Η τοξικότητα του χλωρίου και τα προϊόντα της αντίδρασης του σε απολυμασμένες εκροές εσωτερικών αποβλήτων είναι προφανώς υψηλή. Η επιβίωση των υδρόβιων πολιτισμών επηρεάζεται έντονα.

Αυτό παρουσιάστηκε από τους Zillich (1972), Esvelt κ.α. (1973), Tsai (1968, 1973), Dickson κ.α (1977), και άλλους. Οι επιδράσεις του υπολειμματικού χλωρίου σε υδρόβιους οργανισμούς μελετήθηκαν μεταξύ άλλων από τον Mann (1950), Merkers (1958), Rainey (1972), Brungs (1978), Heath (1977/78), Brooks & Seegert (1978), Larrick κ.α. (1978), Larson & Schlesinger (1978).

Οι Arthur και Euton (1971) εξέθεσαν χοντροκέφαλους κυπρίνους πάνω σε ένα γενετικό κύκλο (21 εβδομάδες έκθεσης) σε χλωριωμένο νερό απ' τη Λίμνη Superior.

Ανακάλυψαν ότι η γέννηση επηρεάστηκε σημαντικά στα 43 ppb χλωραμίνης. Χρειάζονταν συγκριτικά υψηλά επίπεδα υπολειμματικού χλωρίου για αν επηρεαστεί η γέννηση (Arthur & Mount, 1975).

Η πιο λανθάνουσα σχεδόν θανατηφόρα επίδραση της χλωραμίνης (προερχόμενη από τη χλωρίωση εξερχόμενων αποβλήτων) ήταν η μείωση του αριθμού των νεογνών παρήχθησαν από τα αμφίποδα (Gammarus pseudolimnaeus) σε συγκεντρώσεις 3,4 και 16mg l⁻¹ σε μια έκθεση διάρκειας μεγαλύτερης της μιας εβδομάδας. Δεν παρήχθησαν νεογνά σε δεξαμενές που περιείχαν $\geq 35 \text{ mg l}^{-1}$ ολικές χλωραμίνες.

Οι Morgan και Prince (1978) εξέθεσαν αυγά της ραβδωτής ρέγκας (Alosa aestivalis) σε ποικίλες συγκεντρώσεις ολικού υπολειμματικού χλωρίου (0,05 με 0,84 ppm).

Όσο για τις τοξικολογικές επιδράσεις του χλωριωμένου νερού απ' τους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας στους υδρόβιους οργανισμούς, θα αναφερθούν εδώ μόνο λίγες μελέτες. Η παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης του φυτοπλαγκτόν στο θαλάσσιο νερό από το «χλώριο» μελετήθηκε απ' τον Erppley κ.α (1976) .

Αυτοί οι συγγραφείς ανακάλυψαν απαγορευτικές επιδράσεις στα 10 ppb υπολειμματικού χλωρίου όταν η φύκι του πλαγκτόν εκτέθηκε μέχρι 24 ώρες. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε επαναφορά της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας

όταν το χλώριο έπεσε σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα. Η παρεμπόδιση φαίνεται να είναι μη αναστρέψιμη. Η επίδραση της στατικής χλωρίωσης στο μεταβολισμό της μονοκύτταρης θαλάσσιας φύκης Dunaliella primalecta, ερευνήθηκε απ' το Videau κ.α.(1980). Η άμεση επίδραση του χλωρίου στην πρωτοσύνθεση και στην αναπνοή φαίνεται επίσης να εξαρτάται από το φως. Μικρές ποσότητες χλωρίου, αν και δεν προκάλεσαν θνησιμότητα, μείωσα σημαντικά την λήψη φωσφόρου.

Όπως τονίστηκε νωρίτερα από άλλους, ο υποχλωρίτης αντιδρά γρήγορα με τον ιόν του βρωμίτη στο θαλάσσιο νερό για να σχηματίσει υποβρωμικό οξύ και υποβρωμίτη. Τως αυτά και ο «υπολειμματικός βρωμίτης» είναι οι φυσιολογικά ενεργά ουσίες που σχηματίστηκαν χλωριώνοντας το θαλάσσιο νερό, (Dove, 1970).

Ο Murphy κ.α. (1975) ερεύνησαν τις επιδράσεις της χλωρίωσης σε διαλυτές οργανικές ύλες με δομές δαχτυλιδιού και ενεργοποιημένα υποκατάστατα ηλεκτρονίου, ή οι αμινό-διατάξεις είναι ικανές να αντιδράσουν με το χλώριο. Η συχνή παρουσία αμμωνίας ή αμινο-ομάδων

σημαίνει ότι είναι πιθανός ο σχηματισμός χλωραμίνης με την σχετιζόμενη τοξικότητα της.

Μελέτες που έγιναν από τον Stewart κ.α. (1979) σε υποπροϊόντα οξειδωτικών βιοκτόνων ανακάλυψαν 'τι μπορεί να φτάσουν επαρκώς υψηλά επίπεδα σε πολλά χλωριωμένες εκροές για να γίνουν τοξικά στα αυγά των στρειδιών και στις προνύμφες.

Φυσιολογικές επιδράσεις των οξειδωτικών που παρήχθησαν από χλωρίνη και η λήψη υποπροϊόντων χλωρίωσης στο Αμερικανικό στρείδι (Crassostrea virginica) ερευνήθηκαν απ' τον Σκοτ κ.α. (1980). Τα αποτελέσματα που πάρθηκαν υποδηλώνουν ότι η καλοκαιρινή έκθεση των στρειδιών σε συγκεντρώσεις 0,66 με 1,23 mg/l των οξειδωτικών του χλωρίου που παρήχθησαν αποδείχτηκαν πολύ τοξικά.

Alderson (1974) μελέτησε τις επιδράσεις της χλωρίωσης του θαλάσσιου νερού στην επιβίωση και ανάπτυξη των πρώτων σταδίων ανάπτυξης των (Pleuronectes platessa) και της γλώσσας του Ντόβερ (Solea solea).

Τα αυγά βρέθηκαν πως ήταν πιο ανθεκτικά απ' τις νεοεκκολαπτόμενες προνύμφες. Και για τα δύο είδη, η

αντοχή αυξήθηκε καθώς συνεχίστηκε η ανάπτυξή τους. Η ανάπτυξη των μεταμορφωμένων ψαριών και στα δύο είδη σε σχεδόν θανάσιμα επίπεδα κατέγραψαν πολύ έντονη καθίζηση μόνο σε κάποια ένδειξη προσαρμογής στο χλώριο κατά τη διάρκεια μακρά έκθεσης. Η εκτροφή ψαριών στις εκροές από σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι δυνατή, σε χαμηλά επίπεδα χλωρίωσης.

Ο Johnson κ.α. (197) περιέγραψαν έντονα θανατηφόρες επιδράσεις του υποχλωρίου του νατρίου, της χλωραμίνης και της 5-χλωρο-ουρακίλης σε αυγά και προνύμφες της θαλάσσιας διάστικτης πέστροφας Cynoscion nebulosus.

Τα εμβρυακά στάδια που εκτέθηκαν 2 ώρες και 10 ώρες μετά τη γονιμοποίηση ήταν το ίδιο ευαίσθητα στο υποχλωριούχο νάτριο (TLM(48 h) = 0,21 ppm) ενώ 1 ώρα μεταεπωασμένη προνύμφη έδειξε ενδιάμεσα όρια αντοχής στα 0,1 ppm .

Οι διαφορές στις τιμές TLM για τα αυγά και τις πρώιμες προνύμφες ήταν ακόμα πιο έντονες όταν αυτά τα στάδια κύκλου ζωής εκτέθηκαν σε χλωραμίνη (2 h αυγό = 14,1 ppm, 1C h αυγά = 1,1 ppm προνύμφη = 0,28 ppm.)

Ο Middaugh κ.α. (1977) ανέφεραν ένα 48ωρο αρχόμενο LC₅₀ από 0,04 - 0,07 ppm ολικό υπολειμματικό χλώριο για τα αυγά και τις προνύμφες της ραβδωτής θαλάσσιας πέρκας (*Morone Saxatilis*).

Johnson κ.α (1977) βρήκε χαμηλότερες βαθμίδες βιώσιμων νεοσσών στις προνύμφες της πιτσιλωτής θαλάσσιας πέστροφας (47,5 - 97) απ' τον Eymann κ,α, (1975) , για τον προνυμφικό κυπρίνο (97,7-98,2%) όταν εξέθεσε αυγά και προνύμφες σε 5-χλωρουασίλη σε συγκριτικές συγκεντρώσεις (0,5 - 10.0 ppm).

Ο Gehrs κ.α. (1974) ανέφερε ότι η 5-χλωρουασίλη δεν ήταν τοξική σε σκληρυσμένα από νερό αυγά κυπρίνου στους 21 βαθμούς Κελσίου όμως προκλήθηκε μείωση της επώασης και την επιβίωση της πιτσιλωτής θαλάσσιου πέστροφας. Αυτές οι διαφορές ίσως είναι αποτέλεσμα της ευαισθησίας των ειδών ή της αλληλεπίδρασης της 5-χλωρουασίλη και του θαλασσίου νερού για να παραχθούν πιο τοξικές συνθήκες.

Σχετικά με τη χρησιμοποίηση της αποδιδόμενης θερμοκρασίας απ' τα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας για υδροκαλλιέργεια, οι σχεδόν θανατηφόρες αντιδράσεις των πιθανών υποψηφίων υδατοκαλλιέργειας στην αποχλωρίωση του

δροσερού νερού είναι μεγάλης σημασίας. Ο Sprague και ο Drury (1969) ανακάλυψε ότι η πολύχρωμη πέστροφα (Salmo gairidneri) και ο σολομός του Ατλαντικού (Salmo salar) έδειξε διαφορετικά σχέδια αποφυγής στις συγκεντρώσεις του χλωρίου.

Ενώ η πέστροφα εμφάνισε αποφυγή στις συγκεντρώσεις που θα ήταν θανατηφόρες σε 3 ώρες ή 12 ημέρες αντιστρόφως, προσελκύνθηκαν σε επίπεδα που θα ήταν τοξικά σε 4 ημέρες. Αποφυγή καταγράφηκε σε ένα αριθμό ειδών σε επίπεδα πρόσθεσης χλωρίου (0,02-0,2 mg/l) που δεν είναι έντονα τοξικά (Cherry κ.α. 1977, Bogardus κ.α. 1978).

Οι Schumacher και Ney (1980) αποφυγή αντίδρασης της πολύχρωμης πέστροφας σε μια μονή δόση χλωρίου σε ένα κανάλι απόρριψης ενός εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πρώτες υποχωρήσεις απ' τις πρώτες σειρές του χλωρίου συνέβηκαν σε επίπεδα 0,05 mg/l ολικού υπολειμματικού χλωρίου.

Ο Caruzzo κ.α. (1977) ανέφεραν επιδράσεις του ελεύθερου ή συνδυασμένου χλωρίου στους νεοσσούς της χειμωνιάτικης γλώσσας (Pseudopleuronectes americanus),

τσιπούρα stenostomus versicolor), και ψάρια killifish (fundulus heteroclitus). Αυτοί οι συγγραφείς βρήκαν ότι η θερμοκρασία είχε συνεργατική επίδραση στην τοξικότητα του χλωρίου και της χλωραμίνης. Αυτά τα αποτελέσματα ήταν αντίθετα με εκείνα που αποκτήθηκαν απ' τις προνύμφες Homarus Americanus. (Caruzzo κ.α. 1976).

Μείωση της αντοχής των νεοσσών των ροζ σολομών και των σολομών του Ειρηνικού στο υπολειμματικό χλώριο με αυξήσεις στη θερμοκρασία και στο χρόνο έκθεσης αναφέρθηκαν από τους Stober και Hanson (1974) . Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν από τον Hoss κ.α. (1977) με αρκετά είδη ψαριών που αναπτύχθηκαν σε εκβολές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εμπορική και ιδιωτική χρήση του όζοντος σε θαλάσσια και γλυκού νερού συστήματα ενυδρείων έχει δείξει ότι οι διαδικασίες που αναπτύχθηκαν για την εφαρμογή του όζοντος έχουν πολλές θετικές επιδράσεις στην ποιότητα του νερού στα συστήματα ανακύκλωσης. Αποδείχτηκαν ευεργετικά για τα ζώα που συντηρήθηκαν σε τέτοια συστήματα. Και στο γλυκό νερό και στο θαλασσινό, η αποστείρωση θα ήταν ανολοκλήρωτη στην παρουσία οργανικών υλών και αδραντοποιημένων στερεών σωμάτων. Απαιτείται προ-επεξεργασία του νερού όταν χρησιμοποιείται η οζονοποίηση για την διατήρηση συνθηκών καραντίνας.

Εξαιτίας της ευρείας εφαρμογής του σαν απολυμαντικό για το πόσιμο νερό, πιστεύεται ευρέως ότι η αποτελεσματικότητα του όζοντος δεν θα έπρεπε να κριθεί απ' την αποστειρωτική του ικανότητα. Μου φαίνεται απαραίτητο να τονίσω ότι η οζονοποίηση μπορεί επίσης να

ενσωματωθεί στις διαδικασίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανακύκλωσης για πολλούς άλλους σκοπούς, περιλαμβανομένου:

A) μείωση λειτουργικών ρίσκων ενώ εξυπηρετεί σας εφεδρική συσκευή ασφάλειας για ταχεία οξειδωση πολλών ορφανικών υλών και νιτρικού άλατος (πχ. Κατά τη διάρκεια ασταθούς απόδοσης των βιοφίλτρων).

B) Μείωση των επιπέδων COD και TOC, όπως και στις συγκέντρωσης «κίτρινων ουσιών», που μερικές φορές συγκεντρώνονται σε πολύ υψηλής πυκνότητας καλλιέργειες.

Γ) Υποστήριξη της σταθεροποίησης του συστήματος με αδιάκοπη εφαρμογή, εφόσον οι συνθήκες «σταθερής κατάστασης» είναι δύσκολο να επιτευχθούν στα συστήματα ανακύκλωσης που χρησιμοποιούν μόνο βιοφίλτρα.

Δ) Παροχή συνθηκών καραντίνας για αποθεματικό υλικό όπως και έλεγχο βακτηριδίων σε μεταποιημένο νερό και τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό,

Ε) Η οξονοποίηση μπορεί να βοηθήσει ξεκάθαρα στη μείωση του αριθμού των βακτηριδίων στο περιβάλλον καλλιέργειας, αν και αυξανόμενοι βακτηριακοί πληθυσμοί στις εκροές των μη-επεξεργασμένων μονάδων μπορεί να μην

σημαίνουν απαραίτητα και αυξανόμενο αριθμό μολυσματικών παραγόντων. Ωστόσο, ψάρια που υποβλήθηκαν σε περιβαλλοντική ένταση συνήθως είναι πιο ευαίσθητα σε μολύνσεις που απορρέουν από την εισβολή της κοινής βακτηριακής χλωρίδας. Η οζονοποίηση του νερού θα εξασφαλίσει την διατήρηση μόνο χαμηλών επιπέδων βακτηριακής πυκνότητας, μειώνοντας τον πιθανό κίνδυνο ξεσπασμάτων μολυσματικών ασθενειών.

Στο θαλάσσιο νερό, ο πιθανός κίνδυνος από αρνητικές παρενέργειες της εφαρμογή του όζον, που προκαλείται από σχηματισμό υποβρωμικού οξέως και την παραγωγή άλλων μακράς διάρκειας σταθερών, πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω. Εξαιτίας των πολλών άλλων ευεργετικών επιδράσεων, η εφαρμογή του όζοντος μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πολλά υποσχόμενη επιπρόσθετη μέθοδο επεξεργασίας σε έντονα συστήματα καλλιέργειας.

Η ακτινοβολία UV έχει προταθεί από πολλούς συγγραφείς (Kelly, 1961, Hill 1965, Hill κ.α. 1967, Huff κ.α. 1965, Spotte 1979, Maisse κ.α. 1980) σαν βακτηριοκτόνος παράγοντας σε κλειστά συστήματα και χρησιμοποιείται επιτυχώς σε μικρής κλίμακας επωαστικές

μονάδες. Ωστόσο, ο προτεινόμενος βαθμός ροής των 0,2 γαλονιών ανά λεπτό ανά ίντσα UV λαμπών (Spotte, 1973) περιόρισε την εφαρμογή της σε μεγάλης κλίμακας λειτουργίες υδατοκαλλιέργειας. Περαιτέρω, η UV ακτινοβολία μπορεί να δράσει μόνο σαν φράγμα μέσα στο σύστημα. Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής δεν καταλήγει σε εντελώς αποστειρωμένο περιβάλλον, καθώς οι οργανισμοί που περιλαμβάνονται στο σύστημα είναι οι ίδιοι πηγές μικροοργανισμών.

Η εφαρμογή του χλωρίου, μακροπρόθεσμα, δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν υποσχόμενη εναλλακτική στο όζον για την επεξεργασία κλειστών συστημάτων όχι μόνο επειδή είναι λιγότερο αποτελεσματική απ' το όζον (σε βάση mg l^{-1}), αλλά επίσης επειδή το υπολειμματικό χλώριο και οι χλωριωμένες οργανικές χημικές ενώσεις στο περιβάλλον καλλιέργειας μπορεί να έχει βλαβερές επιδράσεις στην υδρόβια ζωή.

Το χλώριο χρησιμοποιείται συνήθως στον έλεγχο βιολογικής επίστρωσης στα συστήματα ψύξης νερού των εργοστασίων ηλεκτρικής ενέργειας και σε άλλες βιομηχανίες, ιδιαίτερα στο σύστημα πύκνωσης. Το χλώριο

και τα υπολειμματικά τους υποπροϊόντα είναι μακρόβια και τοξικά στους υδρόβιους οργανισμούς (Brungs, 1973, Becker & Thatcher, 1973, Whitehouse, 1978), και είναι σημαντικό να θυμόμαστε αυτό όταν σκεφτόμαστε να χρησιμοποιήσουμε την αποδιδόμενη θερμοκρασία απευθείας στην υδροκαλλιέργεια. Οι Burton και Linden (1978) τόνισαν ότι η βιολογική μόλυνση στους πυκνωτικούς τομείς των συστημάτων ψύξης νερού δεν είναι πρόβλημα στα περισσότερα εργοστάσια γλυκού νερού (με μερικές εξαιρέσεις).

Η βιολογική μόλυνση στους προ-πυκνωτικές κατασκευές ψύξης νερού των θαλάσσιων εγκαταστάσεων και εκείνων που είναι στις εκβολές, παίζει σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις με βαθμούς ροής νερού κατά προσέγγιση $1,5 \text{ m sec}^{-1}$ ή λιγότερο, εφόσον οι ταχύτητες κάτω από αυτούς τους βαθμούς ροής φαίνονται να είναι άριστες για την ανάπτυξη πολλών μολυσματογόνων οργανισμών.

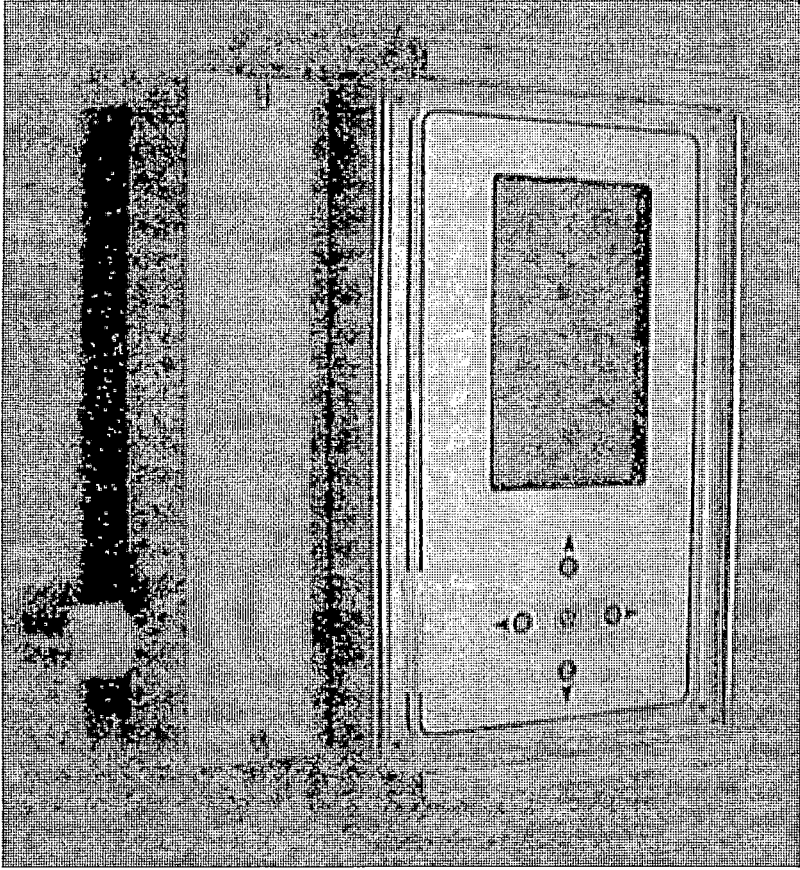
Η περιοδική χλωρίωση συνήθως εφαρμόζεται για να κρατηθούν ελεύθεροι από λάσπη οι πυκνωτές. Η συνεχόμενη χλωρίωση σε χαμηλά επίπεδα χρησιμοποιείται σε πολλές

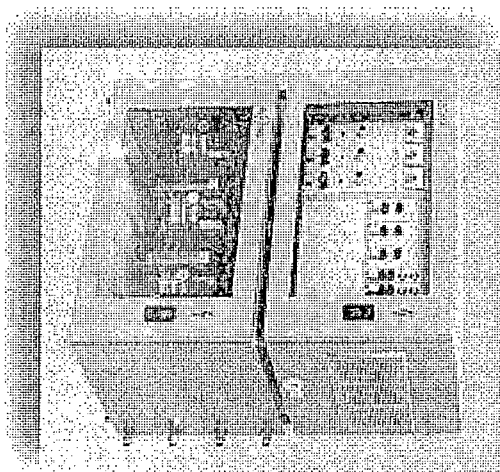
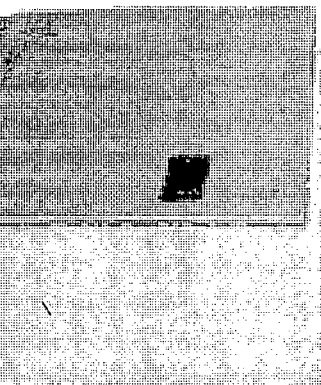
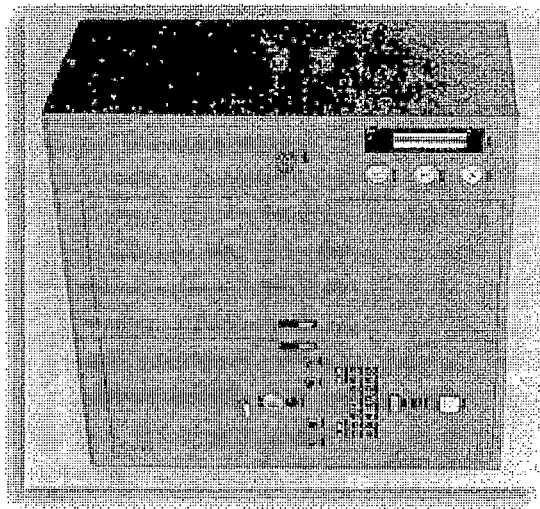
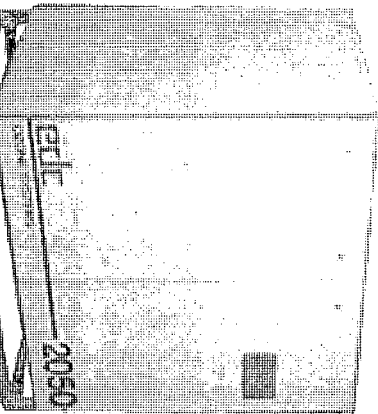
περιπτώσεις για να ελέγχονται οργανισμοί σε περιοχές χαμηλής ταχύτητας.

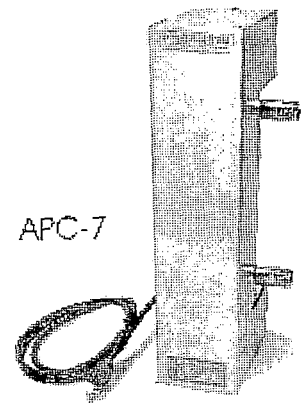
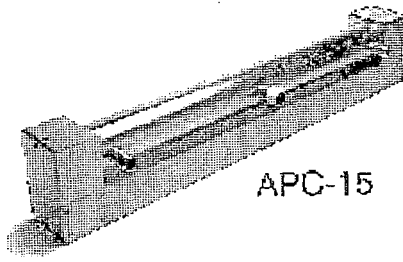
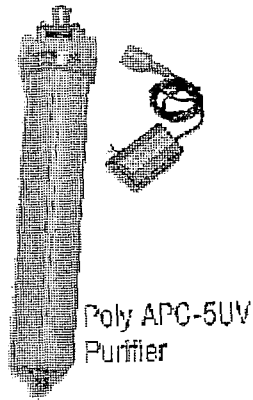
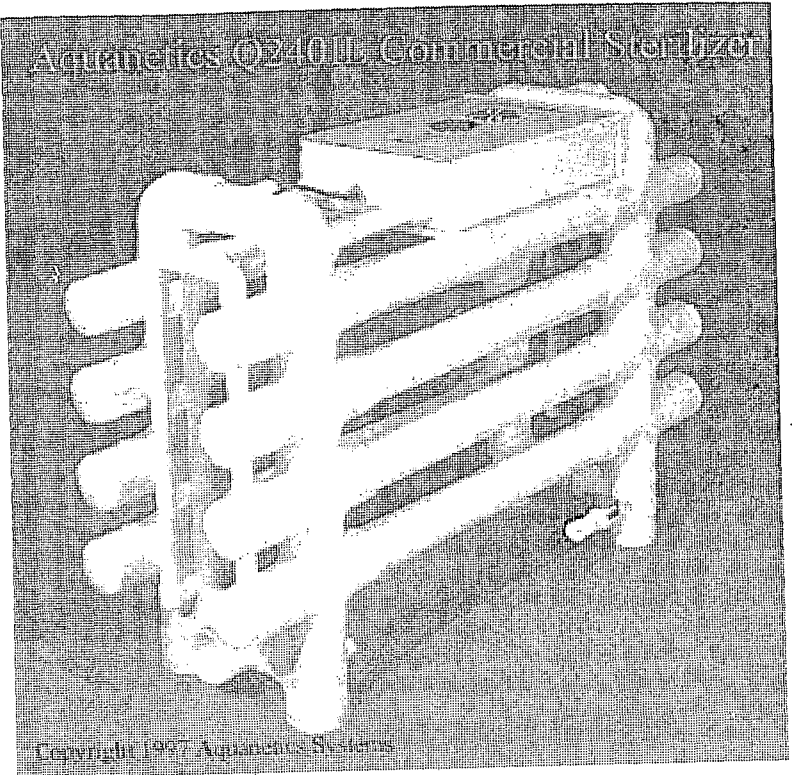
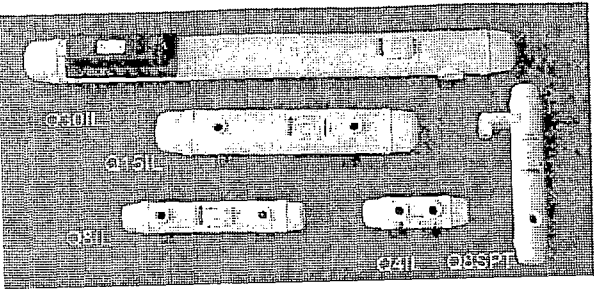
Απ' τις διαθέσιμες πληροφορίες στη βιβλιογραφία, μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι η χλωρίωση του νερού σαν μέσον απολύμανσης δεν θα πρέπει να συστήνεται για εφαρμογή στην υδροκαλλιέργεια όταν τα πρώτα στάδια του κύκλου ζωής πρέπει να αυξηθούν.

Ωστόσο, η ανάπτυξη των ψαριών σε εκροές σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας στις ακτές δεν θα πρέπει να επηρεάζεται από τη χρήση χαμηλού επιπέδου χλωρίωσης σαν αντιμολυσματικό μέτρο, εφόσον, συνήθως, το χλώριο απορροφάται ταχύτατα από αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο θαλάσσιο νερό.

Μεγάλες διακυμάνσεις στη δόση του χλωρίου μπορεί να παρουσιάσουν κίνδυνο, και η τοξικότητα των υποπροϊόντων της χλωρίωσης δεν θα έπρεπε να υποτιμηθούν.







ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bailey, Philip S. (1975). Reactivity of Ozone with various organic functional groups important to water purification.

Coventry F.L. The conditioning of a chloramine treated water supply for biological purposes.

Downs A. and T.P. Blunt. Research on the effects of light upon bacteria and other organisms.

Hann, Victor A. Disinfection of drinking waters with ozone.

Kelly C.B. Disinfection of sea water by ultraviolet radiation.

Koller, Lewis R. Ultraviolet radiation.

Spotte, Stephen. Fish and Invertebrate culture: Waste management in closed systems.

Zillich, John A. Toxicity of combined chlorine residuals to freshwater fish.

Sander, E. H. Rosenthal (1975). Application of ozone in water treatment for home aquaria, public aquaria and for aquaculture purposes in aquatic applications of ozone.

Smith Winslow Whitney and Richard E. Bodkin(1944). The influence of hydrogen ion concentration on the bactericidal action of ozone and chlorine.

Bailey, Philip S.(1975) . Reactivity of ozone with various organic functional groups important to water purification, in first international symposium on ozone for water and wastewater treatment.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ σελ.2
-
- ΕΙΣΑΓΩΓΗ σελ.3
-
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
- φύση του όζοντος και οι ιδιότητες του σελ.4
- παραγωγή όζοντος σελ.5
- αντίδραση του όζοντος στο θαλασσινό νερό σελ.7
-
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
- η εφαρμογή του όζοντος στην περιποίηση του νερού σελ.10
- συστήματα επαφής σελ.12
- πόσιμο νερό και απολύμανση νερών πισίνας σελ.14
- συστήματα ενυδρείων σελ.16
- δοκιμαστικά ανακυκλώσιμα συστήματα σελ.18
-
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 σελ.32
-
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 σελ.36

| | | |
|---|---------------|--------|
| □ | | |
| □ | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | σελ.48 |
| □ | υπεριώδες φως | σελ.49 |
| □ | | |
| □ | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 | σελ.56 |
| □ | | |
| □ | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 | σελ.74 |
| □ | | |
| □ | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | σελ.75 |
| □ | | |
| □ | ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ | σελ.82 |